

# Uloga organske tvari tla u agroekosustavu

---

**Bubalo, Ante**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:978282>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-07**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ante Bubalo, apsolvant

Diplomski studij Ekološka poljoprivreda

**ULOGA ORGANSKE TVARI TLA U AGROEKOSUSTAVU**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2018.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ante Bubalo, apsolvant

Diplomski studij Ekološka poljoprivreda

**ULOGA ORGANSKE TVARI TLA U AGROEKOSUSTAVU**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2018.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ante Bubalo, absolvent

Diplomski studij Ekološka poljoprivreda

**ULOGA ORGANSKE TVARI TLA U AGROEKOSUSTAVU**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, predsjednik
2. Prof.dr.sc. Irena Jug, mentor
3. Prof.dr.sc. Vesna Vukadinović, član

**Osijek 2018.**

**Zahvala:**

*Veliko hvala mentorici prof.dr.sc. Ireni Jug koja se nesebično trudila i uvelike pomogla pri izradi ovog diplomskog rada, mojoj obitelji koja me vodila i pomagala u svim poteškoćama i dragom Bogu što mi nije dao ono što sam želio već ono što mi je bilo potrebno.*

## SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD.....  | 1  |
| 2. ORGANSKA TVAR TLA .....  | 3  |
| 2.1. Definicija organske tvari.....   | 3  |
| 2.2. Nastajanje humusa i proces dekompozicije organske tvari .....                        | 4  |
| 3. UTJECAJ ABIOTSKIH ČIMBENIKA NA ORGANSKU TVAR.....                                      | 8  |
| 3.1. Temperatura.....   | 8  |
| 3.2. Vlaga u tlu.....   | 9  |
| 3.3. Tekstura tla .....   | 9  |
| 3.4. Topografija.....   | 9  |
| 3.5. pH reakcija tla.....   | 10 |
| 4. STANJE ORGANSKE TVARI TLA U HRVATSKOJ, EUROPI I SVIJETU .....                          | 11 |
| 4.1. Stanje organske tvari i organskog ugljika u Europi i Hrvatskoj.....                  | 12 |
| 4.2. Stanje organske tvari i organskog ugljika u Svijetu .....                            | 16 |
| 5. ANTROPOGENI UTJECAJ NA ORGANSKU TVAR TLA.....  | 20 |
| 5.1. Aktivnosti čovjeka koje smanjuju razinu organske tvari i bioraznolikosti tla.....    | 20 |
| 5.1.1. Smanjenje proizvodnje biomase.....   | 21 |
| 5.1.2. Zamjena plodoreda s monokulturnim sustavom poljoprivredne proizvodnje....          | 21 |
| 5.1.3. "Golo tlo" .....   | 22 |
| 5.1.4. Oranje.....  | 23 |
| 5.2. Smanjenje organske tvari u tlu.....  | 23 |
| 5.2.1. Osiromašenje tla.....  | 24 |
| 5.2.2. Erozija tla .....  | 24 |
| 5.3. Aktivnosti čovjeka koje povećavaju razinu organske tvari i bioraznolikosti tla ..... | 27 |
| 6. ULOGA MIKROORGANIZAMA TLA U OČUVANJU AGROEKOSUSTAVA .....                              | 29 |
| 7. ZNAČAJ I ULOGA ORGANSKE TVARI I BIORAZNOLIKOSTI TLAU OČUVANJU<br>AGROEKOSUSTAVA .....  | 31 |
| 7.1 Bioraznolikost.....   | 32 |

|  |    |
|--|----|
| 7.1.1. Promjene bioraznolikosti agroekosustava uzrokovane čovjekovom djelatnošću ..... | 34 |
| 7.2. Utjecaj humusa i mikroorganizama na očuvanje agroekosustava .....                 | 37 |
| 8. ZAKLJUČAK.....  | 40 |
| 9. LITERATURA.....   | 41 |
| 10. SAŽETAK.....   | 44 |
| 11. SUMMARY .....  | 45 |
| 12. POPIS TABLICA.....   | 46 |
| 13. POPIS SLIKA .....  | 47 |
| 14. POPIS GRAFIKONA.....   | 48 |
| 15. POPIS DIJAGRAMA.....   | 49 |
| TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....   | 50 |
| BASIC DOCUMENTATION CARD .....   | 51 |

## 1. UVOD

Tlo je rastresita tvorevina nastala djelovanjem različitih pedogenetskih čimbenika koji su se odvijali tijekom procesa pedogeneze na rastresitom matičnom supstratu ili na samoj trošini čvrste matične stijene. Tlo je "živa" i dinamička tvorevina koja nastaje postupnim i sporim razvojem iz trošina stijena djelovanjem bioloških, fizikalnih i kemijskih procesa (Vukadinović, 2015.).

Osnovna uloga tla ogleda se u tome što je ono osnovni i primarni supstrat za uzgoj bilja koji osigurava prehrambenu sigurnost šire populacije. Neophodnost tla, kao instrumenta opstanka životinjskih vrsta i čovjeka, je shvaćena već u davnoj povijesti i prvim etapama čovjekovog razvoja, no kontinuirana degradacija i osiromašenje tla dovode u pitanje sigurnost i opstanak globalnog stanovništva. Održavanje i unaprjeđenje kvalitete i plodnosti tla u poljoprivrednoj proizvodnji, ključ su osiguravanja stabilne proizvodnje dostatnih količina kvalitetne hrane, koje mogu zadovoljiti zahtjeve tržišta i produktivnosti same poljoprivredne proizvodnje. Iznimna važnost plodnosti tla ne ogleda se samo u sadašnjosti već današnji postupci poljoprivrednih proizvođača imaju dalekosežne posljedice i za buduće naraštaje (Reeves, 1997.).

Organska tvar tla je jedan od ključnih čimbenika u formiranju i održavanju plodnosti tla, a ona se ostvaruje kroz interakciju između bioloških faktora i matičnih stijena po određenim hidrotermnim uvjetima (Saljnikov i sur., 2013.).

Organska tvar je živog podrijetla, odnosno nastala je od ostataka biljnih i životinjskih organizama koji se nalaze u stupnju više ili niže razgrađenosti, a zajedno ponovno tvore organske spojeve koji su bitno različiti u odnosu na tvar od koje su nastali (Vukadinović i Vukadinović, 2016.). Organska tvar tla je komponenta plodnosti tla o kojoj ovise mnogobrojne vitalne funkcije tla, a kontinuiranim nesavjesnim iskorištavanjem tla došlo je do njegovog osiromašenja i do iscrpljivanja zaliha organske tvari. Najčešći uzrok pojave ovog procesa, osim nepravilne poljoprivredne proizvodnje, jest privođenje šumskih površina i travnjaka poljoprivrednoj proizvodnji (Jones i sur., 2012.).

Osiguravanjem provođenja mjera održavanja i unaprjeđenja plodnosti tla i količine organske tvari tla, kroz edukaciju poljoprivrednih proizvođača i kroz legislativu svake države, može se osigurati kvalitetnija i stabilnija proizvodnja te dostatna količina organske



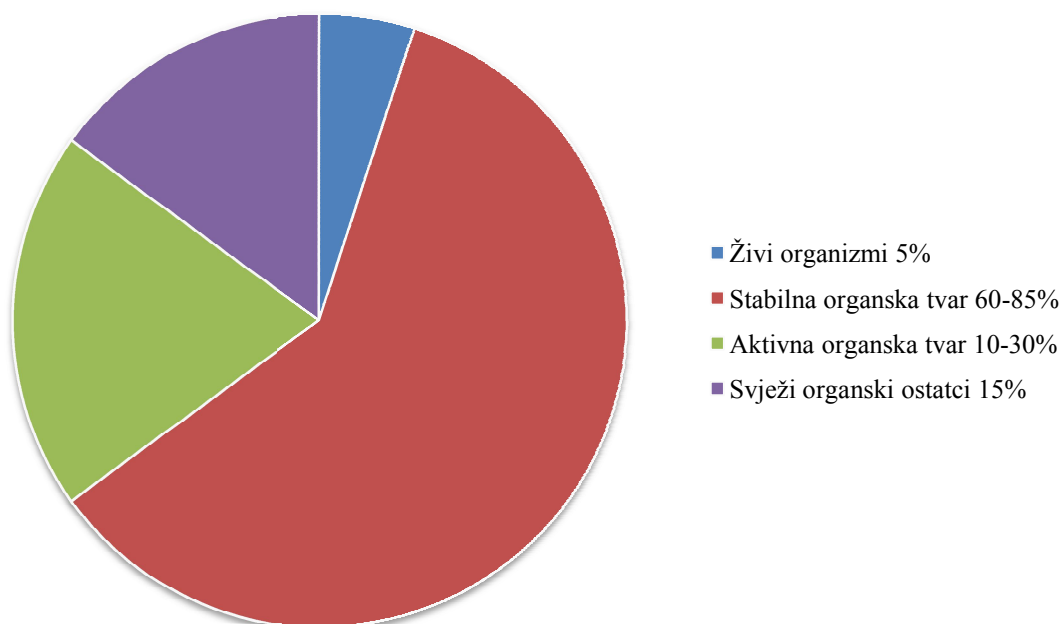
tvori u tlu, što će rezultirati osiguranjem opstanka agroekosustava te biološke raznolikosti tla u poljoprivrednoj proizvodnji.

Cilj ovoga rada bio je prikazati ulogu i značaj organske tvari tla u agroekosustavu s aspekta zaštite prirodnih resursa, očuvanja funkcija tla, biogenosti, biološke raznolikosti te produktivnosti usjeva.

## 2. ORGANSKA TVAR TLA

Zdravo, plodno i kvalitetno tlo je osnova stabilne poljoprivredne proizvodnje. Održavanje kvalitete tla od esencijalne je važnosti zbog toga što se unutar tla odvijaju važni ciklusi hraniva koji su potrebni za osnovni rast i razvoj te formiranje prinosa uzgajanih kultura.

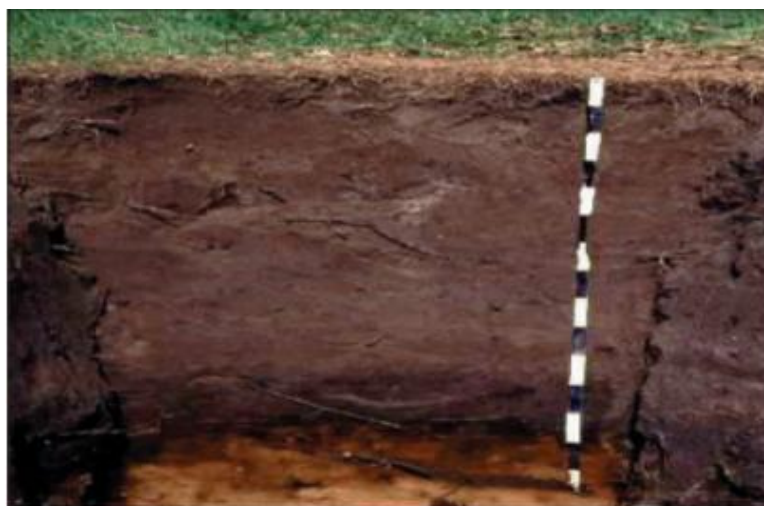
Sam proces poljoprivredne proizvodnje remeti prirodne procese kruženja hraniva, odnosno iscrpljuje tlo, koristeći hraniva koja mogu biti organskog ili mineralnog podrijetla. Važnost organske tvari u tlu ogleda se u tome što pruža potrebna hraniva biljkama, stanište je brojnim zemljišnim organizmima, sudjeluje u procesu vezivanja čestica tla u strukturne agregate i povećava vodni kapacitet tla (Bot i Benites,2015.).



Grafikon 1. Sastav dijelova organske tvari tla (Saljnikov i sur., 2013.)

### 2.1. Definicija organske tvari

Organska tvar predstavlja vrlo heterogenu grupu spojeva ugljika (od lako razgradivih šećera do složenih spojeva nastalih mikrobnom transformacijom, koji se obično nazivaju humusne tvari). Kemijska priroda i reaktivnost širokog raspona različitih humusnih komponenti govore o iznimnom utjecaju organske tvari na kemijska, fizikalna i biološka svojstva tla (Piccolo, 1996.).



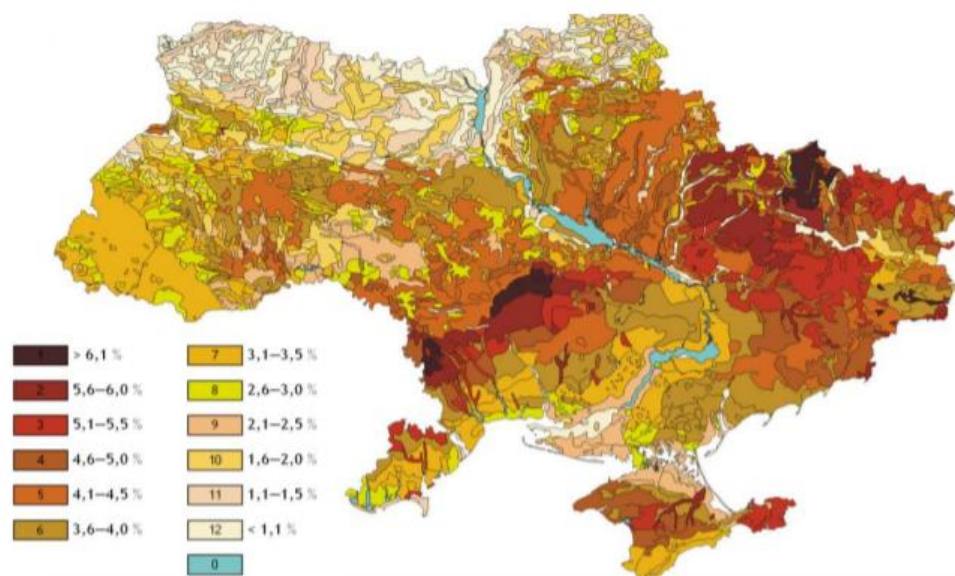
Slika 1. Primjer tla s dubokim humusno – akumulativnim slojem  
(Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network, 2005.)

Na Slici 1. je prikazano tlo tipično za područja Sjeverne Europe, točnije Njemačke i Nizozemske gdje se zbog posebne poljoprivredne prakse, koja se kroz povijest primjenjivala na navedenim područjima, formirao tip tla s izrazito dubokim humusno-akumulativnim horizontom kao rezultat aktivnosti poljoprivrednih proizvođača i primjene posebnog poljoprivrednog sustava: na ispranim, pješčanim, odnosno tlima kisele reakcije, došlo je do formiranja podzola koji se nalazio ispod vegetacije biljke vrijeska. Poljoprivrednici su vrijesak, zajedno s gornjim slojem tla, koristili kao podlogu (prostirku) u animalnoj proizvodnji, gdje se ona miješala s fekalijama domaćih životinja te se ta smjesa koristila kao gnojivo na obližnjim poljima. Koristeći smjesu podloge obogaćene fekalijama životinja došlo je do formacije tla s debelim slojem humusa, bogatog hranivima s velikim retencijskim kapacitetom (Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network, 2005.).

## **2.2. Nastajanje humusa i proces dekompozicije organske tvari**

Biljka tijekom svoga životnog ciklusa, za rast, razvoj i povećanje svoje biomase, usvaja potrebna hraniva koja se nalaze u tlu. Nakon što životni ciklus završi, biljni materijal podliježe procesu razgradnje i transformacije (Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network, 2005.). Količina potpuno razgrađene organske tvari ovisi o nizu abiotičkih i biotičkih čimbenika (primjer Slika 2.).

Proces razlaganja različitih organskih komponenti složen je biološki proces u kojemu dolazi do razgradnje i biokemijske transformacije kompleksnih organskih molekula u jednostavnije organske i anorganske molekule (Bot i Benites, 2015.).



Slika 2. Količina humusa u % u Ukrajini (Baliuk i sur., 2017.)

Razgradnja organskih komponenti ne bi bila moguća bez prisutnosti različitih organizama poput mikroorganizama (bakterije i gljive) i makrofaune (gujavice i mravi) (Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network, 2005.).

Biološka aktivnost tla iznimno je važna jer pospješuje procese razlaganja te se kontinuiranim dodavanjem organskih materijala ona povećava kao i kruženje ugljika u tlu. Proces razlaganja organske tvari je prirodna biološka pojava čija je dinamika uvjetovana kvalitetom dodavane organske mase, fiziološkom okruženju te količini i vrsti mikroorganizama koji se nalaze u tlu. Kod samog procesa razlaganja dolazi do izdvajanja različitih produkata poput vode, CO<sub>2</sub>, energije i biljnih hraniva. Nakon što su organski materijali uspješno razloženi, dolazi do formiranja kompleksnijeg organskog materijala koji se naziva humus (Bot i Benites, 2015.).

Jedan od važnijih faktora koji utječe na formaciju humusa jest kemijska reakcija tla. Ukoliko se proces formiranja humusa odvija u tlu optimalne reakcije (neutralne, slabo

kisele ili slabo alkalne) proces razgradnje je relativno brz, a gujavice sudjeluju u miješanju humusa s tlom što rezultira nastajanjem zrelog humusa. Na području Europe, ovakav se oblik humusa najčešće nalazi u tlima kontinentalnog dijela gdje su zastupljeni klimati s vrućim ljetima, hladnim zimama s malo snijega te gdje je maksimum godišnjih količina oborina zastupljen u proljeće. U ovakvim klimatskim uvjetima je osigurana formacija debelog sloja zrelog humusa koji doseže i do 1 metar debljine. Ukoliko se proces formiranja humusa odvija u tlu izrazito kisele reakcije, gljive preuzimaju dominantnu ulogu u razgradnji i transformaciji biljnih ostataka i organskih komponenti. Za razliku od formiranja humusa u tlima neutralne, blago kisele ili blago alkalne reakcije gdje je proces razgradnje relativno brz, u ovom je slučaju razgradnja znatno sporija, a količina gujavica manja. Zbog ovakvih uvjeta dolazi do formiranja sirovog humusa iznad sloja tla (Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network, 2005.). Proces koji dovodi do formiranja humusa naziva se humifikacija, a predstavlja proces razlaganja svježe organske tvari i mikrobiološke tvorbe humusa (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Organska tvar koja ulazi u proces dekompozicije i transformacije se sastoji od nedavno uginulih mikroorganizama, kukaca, gujavica, korijena biljaka koje su završile životni ciklus, žetvenih ostataka te dodanog stajskog gnojiva. Biljni ostatci uglavnom sadrže složene ugljikove spojeve koji potječu iz staničnih stjenki biljaka – celuloze i hemiceluloze. Osnovu u izgradnji organskih molekula predstavljaju ugljikovi lanci koji sadrže, u različitim omjerima i količinama, kisik, vodik, dušik, fosfor i sumpor.

Ovisno o kemijskoj strukturi vodikovih lanaca i proces dekompozicije može biti vrlo spor, spor ili brz (Tablica 1.).

Tablica 1. Dinamika dekompozicije prema kemijskoj strukturi vodikovih lanaca (Bot i Benites, 2015.)

|                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| Brza dekompozicija       | šećeri, proteini, škrob       |
| Spora dekompozicija      | celuloza, masti, vosak, smola |
| Vrlo spora dekompozicija | lignin                        |

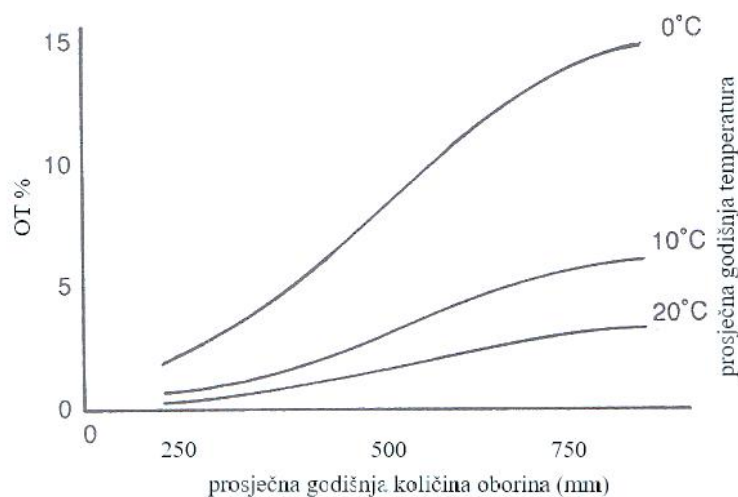
U tlu su zastupljene različite vrste organskih molekula koje imaju različite uloge u procesu razgradnje i transformacije organske tvari. Šećeri i aminokiseline predstavljaju važan izvor energije za mikroorganizme, stoga je njihova dekompozicija brza, za razliku od masti i vlakana čija je razgradnja znatno sporija. Humus je rezultat uspješne dekompozicije organske tvari, ali ga veliki broj mikroorganizama ne može koristiti kao izvor energije, zbog čega se u tlu zadržava dugo vremena (Bot i Benites, 2015.).

### 3. UTJECAJ ABIOTSKIH ČIMBENIKA NA ORGANSKU TVAR

Transformacija i kruženje organske tvari dinamičan je proces na kojeg utječu mnogobrojni faktori poput klimatskih uvjeta, vrste tla, količine i vrste zastupljenih mikroorganizama u tlu te vegetacije. Promatramo li ekosustave u kojima je izostavljen antropogeni utjecaj, poput šumskih ekosustava, može se uočiti pojava ravnoteže gdje se živa i neživa komponenta nalazi u podjednakim omjerima tzv. ekvilibrijumu. Ovakva točka ravnoteže stvara gotovo zatvoreni ciklus izmjene nutrijenata između tla i biljke. Postoji velika količina prirodnih faktora koji utječu na količinu organske tvari u pojedinom ekosustavu, a najvažniji su temperatura, vlaga, pH reakcija tla, teksturni sastav i topografija (Bot i Benites, 2015.).

#### 3.1. Temperatura

Temperatura ima snažan utjecaj na dinamiku razgradnje organske tvari u tlu. Tropska područja karakterizira brza i dinamična razgradnja organske tvari, što nije slučaj u umjerenijim klimatima. Ova karakteristika može stvoriti probleme po agroekosustave tropskih područja budući da je zbog brže razgradnje organske tvari potrebno dodavanje većih količina organske komponente kako bi se održala ravnoteža živih i neživih komponenti ekosustava (Bot i Benites, 2015.).



Grafikon 2. Akumulacija organske tvari u A horizontu travnjaka ovisno o godišnjoj količini oborina i godišnjoj temperaturi zraka

[\(http://oceanagrollc.com/overview-of-factors-affecting-humus-decomposition/](http://oceanagrollc.com/overview-of-factors-affecting-humus-decomposition/),

prilagođeno prema Troeh, 2005.)

Povećanjem godišnjih količina oborina povećava se i akumulacija organske tvari (Grafikon 2.) zbog zasićenost tla vodom što predstavlja dobre uvjete za povećanje biomase. Povećanjem temperature (Grafikon 2.) smanjuje se količina akumulirane organske tvari jer se povećanjem temperature ubrzava i proces dekompozicije organske tvari.

### **3.2. Vлага u tlu**

Uvjeti povećane vlage u tlu (kao posljedica veće količine oborina) idealni su za stvaranje veće količine biomase što ima direktan utjecaj i na količinu i vrstu mikroorganizama koji tu biomasu koriste kao izvor energije. Kisik i vlaga su osnovni preduvjeti za pojavu mikroorganizama koji su zaslužni za proces dekompozicije biljne mase, no ipak prevelika zasićenost tla vodom dovodi do slabe aeriranosti i do narušavanja vodo-zračnog režima tla što rezultira usporavanjem procesa dekompozicije i mineralizacije te do pojave anaerobnih uvjeta (Bot i Benites, 2015.).

### **3.3. Tekstura tla**

Tla s visokim udjelom gline imaju i veći sadržaj organske tvari. Ova korelacija ovisi o dva vrlo važna mehanizma: a) veze između površine gline i organske tvari usporavaju proces dekompozicije i b) tla s većim udjelom gline imaju povećani potencijal za formiranje strukturnih agregata tla – makroagregata – koji štite molekule organske tvari od procesa mineralizacije. Pjeskovita tla u istim ili sličnim klimatskim uvjetima imaju 2-4 puta manje organske tvari nego tla s većim udjelom gline (Bot i Benites, 2015.).

### **3.4. Topografija**

Značajno je veće nakupljanje organske tvari na dnu padine nego na vrhu ili sredini i to zbog toga što je tlo na dnu padine vlažnije, ali i zbog premještanja (translokacije) tla koje je uzrokovano erozijom ili odronom tla s vrha padine. Na sjevernoj hemisferi organska je tvar zastupljenija na sjevernoj strani, a na južnoj hemisferi je zastupljenija na južnoj strani jer je na tim stranama temperatura niža (Bot i Benites, 2015.).



### **3.5. pH reakcija tla**

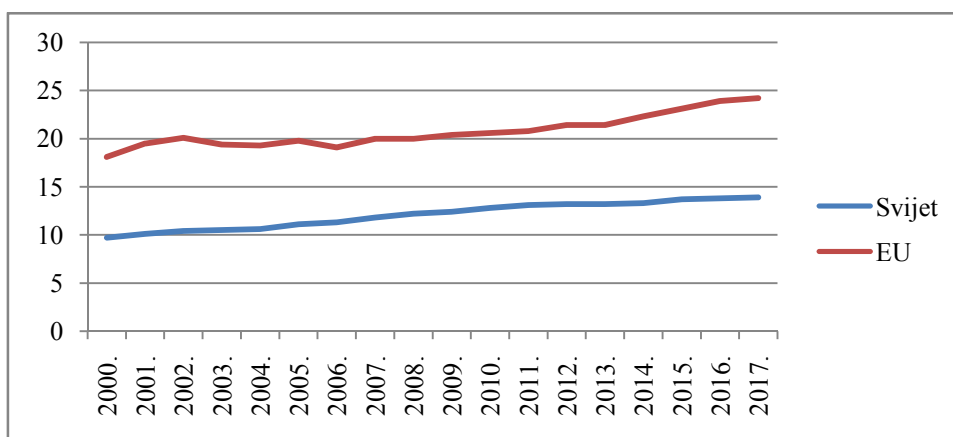
Ekstremne vrijednosti pH reakcije tla rezultiraju smanjenom produkcijom biomase što zauzvrat utječe i na smanjenje količine organske tvari u tlu. pH vrijednost tla na 2 načina utječe na formaciju humusa:

1. Smanjuje količinu proizvedene biomase
2. Smanjuje dinamiku razgradnje organske tvari

Kod izrazito kiselih ili alkalnih tala uvjeti za razvoj potrebnih mikroorganizama su slabi što direktno utječe na biološku aktivnost i na smanjenje dinamike razgradnje organske tvari tla. Kod izrazito kiselih ili alkalnih tala dolazi do imobilizacije pojedinih biljnih hraniva što rezultira smanjenjem količine i kvalitete prinosa te smanjenjem izvora energije za mnogobrojne mikroorganizme. Gljivice su značajno otpornije na kiselu reakciju tla nego bakterije te one u kiseloj sredini preuzimaju dominantnu ulogu u razgradnji organske tvari (Bot i Benites, 2015.).

#### 4. STANJE ORGANSKE TVARI TLA U HRVATSKOJ, EUROPI I SVIJETU

Kroz proteklih nekoliko desetljeća dolazi do sve većeg zanimanja za stanje i način gospodarenja tlom kao jednog od najvažnijih prirodnih resursa (Jones i sur., 2005.). Rapidnim povećanjem svjetske populacije u svijetu se osjeća rastući pritisak za očuvanjem kvalitete tla kao i uvođenjem održive poljoprivredne prakse. Problem ne predstavlja jedino povećanje globalnog stanovništva, kojeg mora pratiti i povećanje poljoprivrednih površina, nego i povećanje globalnog dohotka koji dovodi i do povećanja potreba svjetskog stanovništva. Kroz proteklih nekoliko desetljeća došlo je do velikog povećanja u količini proizvedenih žitarica kao osnove ljudskoj ishrani te do povećanja konzumacije mesa. Zemlje koje su kroz tih nekoliko desetljeća doživjele gospodarski i industrijski razvoj bilježe najveće povećanje potražnje za biljnim i životinjskim proizvodima, a uzrok tomu je povećanje prihoda državljana tih zemalja.



Grafikon 3. Konzumacija peradi u svijetu i Europskoj Uniji izražena u kilogramu mesa po glavi stanovnika u razdoblju od 2000. do 2017. godine  
(<https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>)

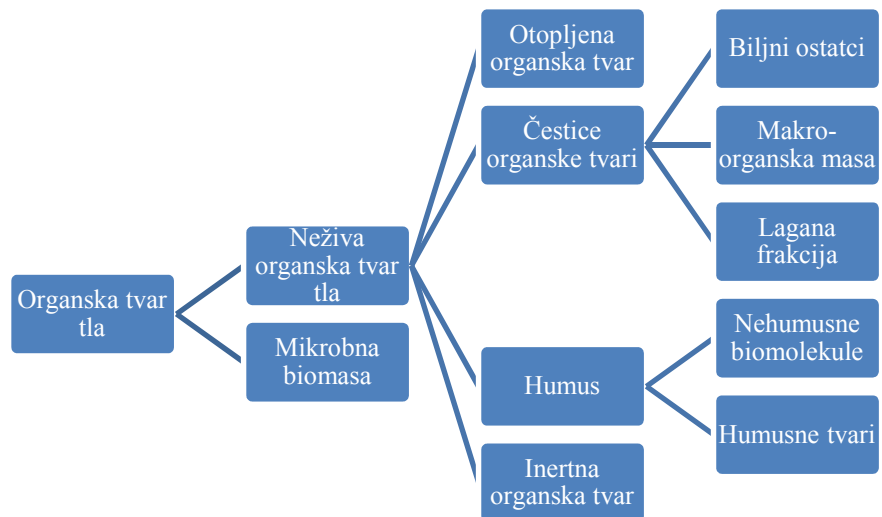
Od 2000. godine (Grafikon 3.), kada je konzumacija peradarskog mesa u EU iznosila 18,1 kg, do 2017. godine se prosječna konzumacija povećala za 6,1 kg po glavi stanovnika. U svijetu se prosječna konzumacija peradarskog mesa povećala za 4,2 kg po glavi stanovnika. Konzumacija svinjetine se u istom razdoblju u EU smanjila za otprilike 0,5 kg dok se u svijetu povećala za otprilike 400g. Iako se ovakvo povećanje ne čini značajno ono ima snažan utjecaj na količinu organske tvari u tlu budući da površine za animalni uzgoj

iziskuju mnogo više prostora nego one za biljnu proizvodnju. Znatno osiromašenje tla postiže se i intenzivnom poljoprivredom. Tako su se u periodu od 1994.-2017. godine u EU površine pod pšenicom povećale za 2 547 000 hektara dok su se u svijetu povećale za 7 434 000 hektara. Osim pšenice površine pod ostalim žitaricama također bilježe rast, tako su se površine u svijetu pod kukuruzom povećale za gotovo 39 milijuna hektara a površine pod rižom gotovo za 17,5 milijuna hektara (<https://data.oecd.org>). Ovakvim povećanjima površina pod poljoprivrednom proizvodnjom (animalnom i biljnom) bez nadgledanja i ulaganja napora u održavanje i poboljšavanje kvalitete tla dovodi do drastičnog smanjenja organske tvari u tlu što uzrokuje brojne štetne pojave poput smanjenja prinosa i erozija tla.

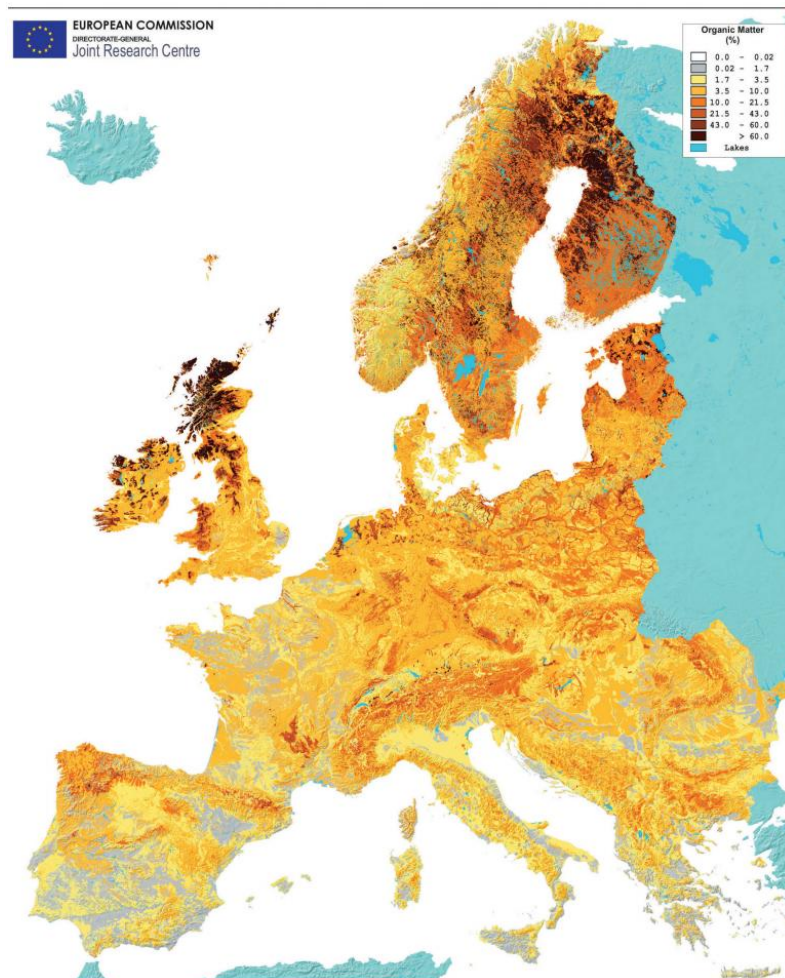
#### **4.1. Stanje organske tvari i organskog ugljika u Europi i Hrvatskoj**

Sve su veći zahtjevi i sve su izraženije potrebe za cjelovitim sustavom u kojemu su sadržane pregledne, dostupne i točne informacije vezane za organsku tvar u tlu. Ovakve potrebe su potaknute rastućom zabrinutošću za ekološke probleme izazvane neadekvatnim upravljanjem tla koji za posljedicu ima pojavu dezertifikacije, degradacije i erozije tla. Već se duži niz godina u Europi bilježi opadanje razine organske tvari u tlu i to ne samo u južnom dijelu Europe, gdje se već dugi niz godina provodi intenzivna poljoprivredna proizvodnja, već i u ostalim dijelovima Europe. Sama dinamika smanjenja razine organske tvari u tlu različita je ovisno o promatranom dijelu Europe, no u nekim regijama je ona alarmantna.

Upravo je organska tvar zaslužna za mnogobrojne prirodne funkcije tla koje su esencijalne za očuvanje agroekosustava kao i za nesmetano odvijanje poljoprivrednog proizvodnog procesa (Dijagram 1.). Osim klimatskih faktora, poput temperature, topografije i količine oborina, čovjek je znatno pridonio procesu osiromašenja organske tvari tla svojim aktivnostima (Rusco i sur., 2001.).

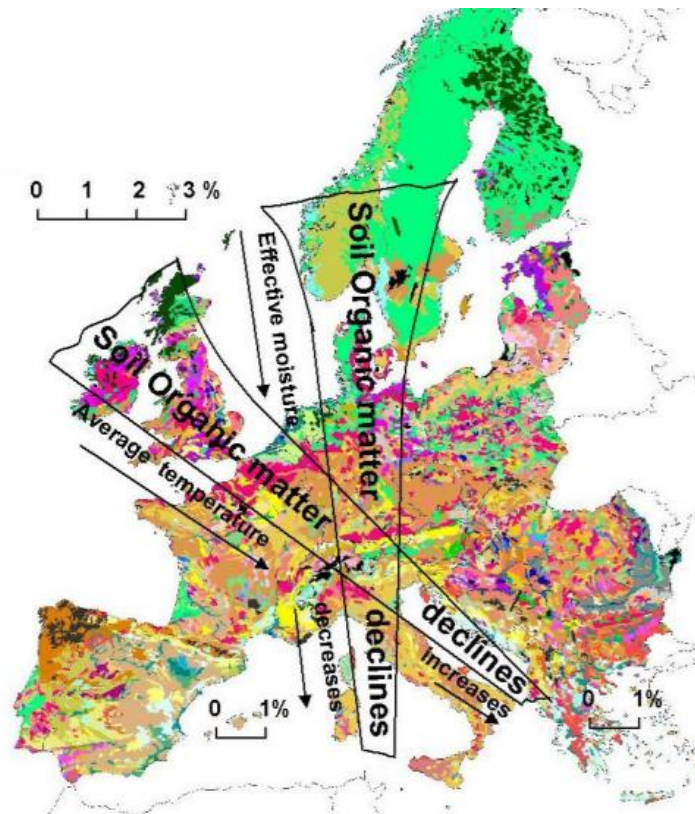


Dijagram 1. Sastav organske tvari tla  
(prilagođeno prema Gobin i sur., 2011., prema Baldocku i Skjemstadu, 1999.)



Slika 3. Sadržaj organske tvari u tlima Europe  
(Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network, 2005.)

Na Slici 3. je prikazana distribucija organske tvari, u tlima Europe, u gornjem sloju tla (0-30 cm) u razdoblju od 1980.-1990. godine. Prema podacima istraživanog razdoblja, najveća koncentracija organske tvari nalazi se u Škotskoj, Zapadne Irske i Skandinavskim zemljama (Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network, 2005.).



Slika 4 Utjecaj vlage i temperature na količinu organske tvari (Rusco i sur., 2001.)

Zbog klimatskim uvjeta koji su zastupljeni na sjeveru Europe, veća količina oborina (vlage) i niže temperature, količina organske tvari je znatno veća nego na jugu Europe gdje je temperatura viša što izrazito pogoduje dinamici razgradnje organske tvari u tlu (Slika 4.).

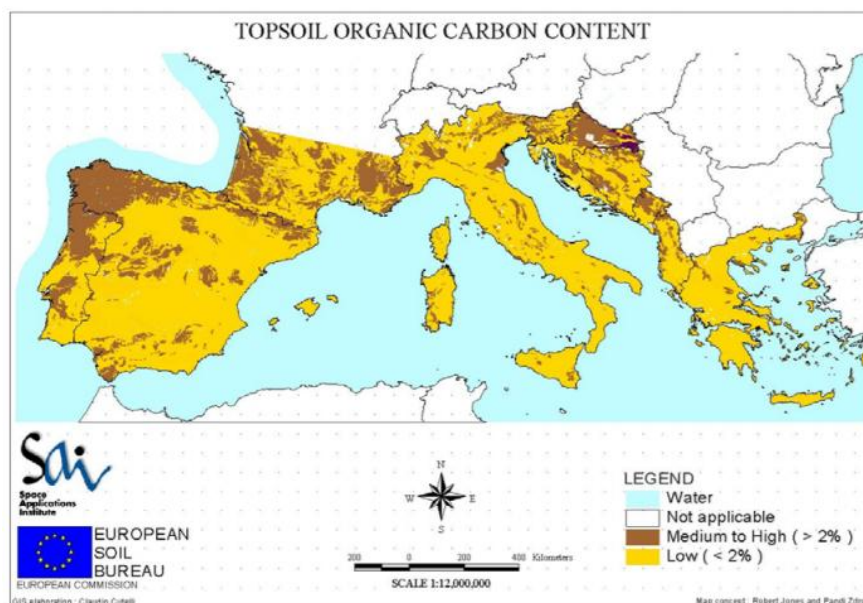
Gubitak organske tvari tla može nastupiti trenutno (npr. požari) dok je proces nastanka izrazito dugotrajan. Najvažniji, ujedno i prvi korak, u procesu restauracije organske tvari u tlu je određivanje njenog trenutnog sadržaja te jasno određivanje uzroka koji je doveo do njenog smanjenja (Rusco i sur., 2001.). Budući da se organska tvar tla sastoji od C, H, O, N, P i S, vrlo je teško izravno izmjeriti njezin sadržaj. Većina analitičkih metoda organske tvari obično mjeri samo sadržaj organskih spojeva ili koncentraciju ugljika, dok se

organska tvar procjenjuje preko konverzijskog faktora (1,724 do 2 jer je pretpostavka da se u organskoj tvari nalazi između 50 do 58% ugljika) (Rusco i sur., 2001.).

Tablica 2. Količina organskog ugljika u tlima Europe (Rusco i sur., 2001.).

| Površina u ha | Klasa opskrbljenosti organskim ugljikom | Sadržaj organskog ugljika | Površina (%) |
|---------------|---|---------------------------|--------------|
| 66558238      | Vrlo niska                              | < 1 %                     | 13           |
| 163 967 166   | Niska                                   | 1-2 %                     | 32           |
| 232 325 106   | Srednja                                 | 2-6 %                     | 45           |
| 22 173 470    | Visoka                                  | > 6 %                     | 5            |

Visoka razina organskog ugljika u tlima Europe zastupljena je sa samo 5% od ukupnih površina koje se nalaze pod poljoprivrednom proizvodnjom. Iako je srednja klasa opskrbljenosti organskim ugljikom (2-6%) izmjerene u većini tala Europe (45%) ipak na vrlo nizak i nizak sadržaj otpada gotovo jednaki postotak (45%). Izrazito intenzivna poljoprivredna proizvodnja u južnoj Europi (mediteranu) rezultirala je drastičnim opadanjem organske tvari, tako da 74% tala sadrže manje od 2% organskog ugljika, odnosno 3,4% organske tvari (Rusco i sur., 2001.). Ovakvo stanje organske tvari predstavlja izrazit problem kojim se treba pod hitno pozabaviti jer je degradacija tla u južnoj Europi izrazito velika.



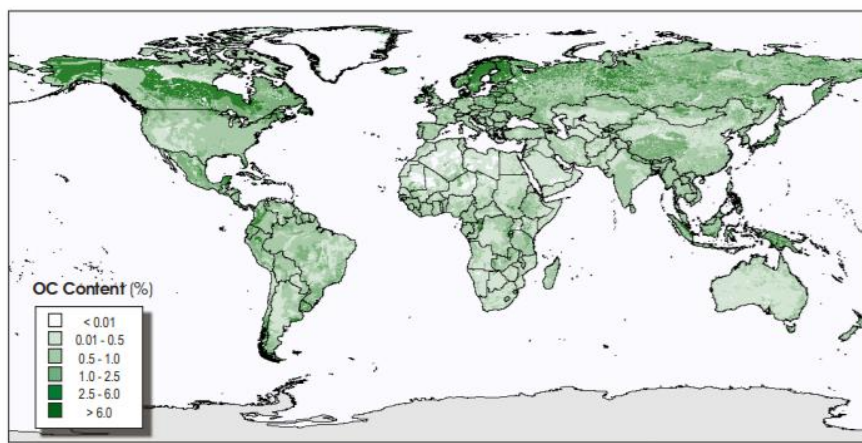
Slika 5. Sadržaj organskog ugljika na području južne Europe (Rusco i sur., 2001.)



Na Slici 5. je jasno vidljivo smanjenje razine organske tvari tla, gdje većina površina sadrži manje od 2% organskog ugljika u tlu. Područja sjeverozapadne Španjolske, sjevernog Portugala, jugoistoka Francuske te kontinentalnog dijela Hrvatske imaju nešto veći sadržaj organskog ugljika (veći od 2%). Iako tla kontinentalnog dijela Hrvatske pretežito sadrže srednje do visoke razine organskog ugljika u tlu, na njih otpada otprilike 48% od ukupne površine dok na tla s niskom razinom organskog ugljika otpada otprilike 50%. Iako se postotak površina sa srednjom ili visokom razinom organskog ugljika u tlu čini malen, Hrvatska je vodeća zemlja u ovoj regiji Europe. Država s najmanjim poljoprivrednim površinama sa srednjom do visokom razinom opskrbljenosti organskim ugljikom je Grčka koja ima samo 3,7% takvih površina, zatim slijede Italija s 12,4% te Španjolska s 23,5%. Osim Hrvatske, na vrhu se nalaze Crna Gora, Portugal i Slovenija. Statistički podatci za Mediteran govore kako su tla s niskim sadržajem organskog ugljika znatno zastupljenija, sa 74,6% površina, od tala sa srednjom do visokom razinom organskog ugljika kojih ima 24,6% (Rusco i sur., 2001.).

#### 4.2. Stanje organske tvari i organskog ugljika u Svijetu

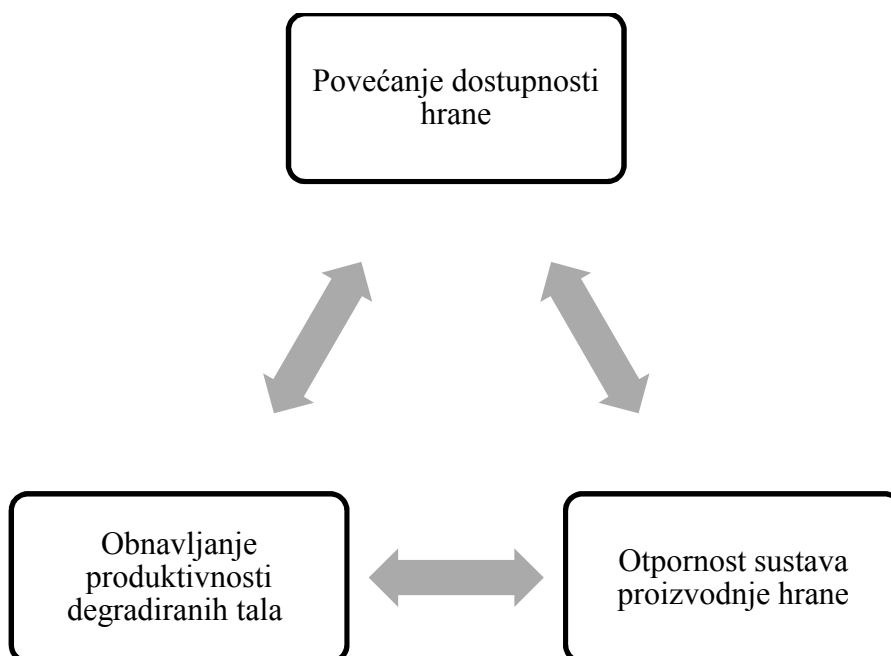
Procjenjuje se da zaliha organskog ugljika u svjetskim tlima, na dubini do 1 metra, iznosi 1.500 Pg (petagrama), što je jednako 1,5 bilijuna tona, a na dubini do 2 metra iznosi 2.500 Pg-a. Stvarne zalihe organskog ugljika u svjetskim tlima su znatno veće od procijenjenih vrijednosti jer se u borealnim tlima koja se nalaze u uvjetima permafrosta nalazi 2.000 Pg-a organskog ugljika na dubini do 1 metra tla.



Slika 6. Procjena razina sadržaja organskog ugljika u svjetskim tlima (Hiederer i Köchy, 2011.)

Količina organskog ugljika u tlu se određuje primjenjujući bilancu organskog ugljika koja predstavlja razliku između inputa (unos) ugljika u tlo, najčešće putem biljnih ostataka te iznošenja ugljika iz tla, najčešće putem erozije tla, mineralizacije organske tvari te različitim procesima mikroorganizama. Pored klimatskih uvjeta (temperatura i vlaga) bioturbacija ima snažan utjecaj na razinu organskog ugljika u svjetskim tlima. Bioturbacija ne utječe samo na količinu nego i na kemijska svojstva organskog ugljika u tlu. Znatno utječe na heterogenost tla tako što se stvaraju žarišta u kojima se inkorporacija i transformacija organske komponente znatno ubrzava.

Razina organske tvari tla i bioraznolikosti tla usko su vezane, a djeluju na sigurnost hrane na 3 dimenzije (FAO i ITPS, 2015.):



Znatne promjene, najčešće smanjenje razine organske tvari i organskog ugljika su česta pojava u cijelome svijetu. Iako su šumska predjela Azije bogata organskom tvari i organskim ugljikom, ipak se ukupna razina organskog ugljika u Aziji znatno smanjuje. Veliki problem, koji znatno pospješuje i ubrzava ovaj proces je upotreba biljnih ostataka za proizvodnju goriva i krmiva za domaće životinje, što značajno smanjuje razinu organske tvari zbog iznošenja biljnih ostataka.

Proizvodni procesi i upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom u Aziji su najčešće izrazito loši te se ne ulažu nikakvi naponi u održavanje kvalitete tla. Gospodarenje resursima je neodrživo što dovodi do osiromašenja tla te gubitka organske tvari tla. Japan



je u razdoblju od 1980.-1990. godine smanjio zalihi organskog ugljika u tlu za 0,95 Tg (teragrama), što iznosi gotovo milijun tona organskog ugljika, dok je u sljedećem desetljeću izgubljeno 1,06 Tg organskog ugljika iz tla. Afrika već kontinuirani niz godina trpi značajan gubitak zaliha organskog ugljika koji je najčešće uzrokovan deforestacijom i lošom poljoprivrednom praksom. U posljednja tri desetljeće su se poljoprivredne površine povećale za 65% što u kombinaciji s lošim gospodarenjem tлом dovodi do značajnih gubitaka organske tvari (FAO i ITPS, 2015.).

Tablica 3. Procijenjene vrijednosti smanjenja razina organskog ugljika tla (FAO i ITPS, 2015.)

| BIOM     | Promjena površina u milijunima hektara | Smanjenje razine organskog ugljika u petagramima |
|----------|--|--|
| Šume     | 1480                                   | 26-60  |
| Šikare   | 140                                    | 1-4  |
| Pašnjaci | 660                                    | 20-40  |
| Ukupno   |  | 47-104   |

Tablica 4. Procijenjene vrijednosti smanjenja razine organskog ugljika u tlu izgubljenog putem erozije(FAO i ITPS, 2015.)

| Erozija | Površine izgubljene erozijom |                          | Gubitak organskog ugljika u petagramima |
|---------|------------------------------|--------------------------|---|
|         | Erozija vodom (mil/ha)       | Erozija vjetrom (mil/ha) |   |
| Lakša   | 343                          | 269                      | 2-3                                     |
| Srednja | 527                          | 254                      | 10-16                                   |
| Teža    | 224                          | 26                       | 7-12                                    |
| Ukupno  |                              |                          | 19-31                                   |

Kroz povijest ljudskog djelovanja izgubljene su velike količine organskog ugljika iz tla. Iz Tablice 3. je vidljivo kako su najveće količine organskog ugljika izgubljene sa šumskih

područja što je uzrokovano deforestacijom i prenamjenom površina za poljoprivrednu proizvodnju.

Osiromašenjem tla i smanjenjem organske tvari tla dolazi do povećanja rizika od erozije tla i daljnjeg smanjenja razine organskog ugljika u tlu. Srednje teškom erozijom izgubljena je najveća količina tla, a samim time i najveća količina organskog ugljika.

## 5. ANTROPOGENI UTJECAJ NA ORGANSKU TVAR TLA

Čovjek je razvojem poljoprivredne proizvodnje kroz povijest, postepeno zaboravljao na organsku tvar, humus i biološku raznolikost tla. Raznim je aktivnostima i poljoprivrednim sustavima proizvodnje prouzrokovao degradaciju tla različitih stupnjeva. Proces osiromašenja i degradiranja tla je izrazito jednostavan proces no održavanje i povećanje organske tvari tla izrazito su složeni procesi koji iziskuju velike napore poljoprivrednih proizvođača. Kada se promatra čovjekova aktivnost koja ima utjecaj na razinu organske tvari u tlu u većini se slučajeva odnosi na smanjenje, a ne na povećanje organske tvari tla (Bot i Benites, 2015.).



Slika 7. Spaljivanje žetvenih ostataka je jedan od uzroka smanjenja organske tvari u tlu kao i biološke raznolikosti tla (Bot i Benites, 2015.)

### 5.1. Aktivnosti čovjeka koje smanjuju razinu organske tvari i bioraznolikosti tla

Mnoge su pogreške čovjeka dovele do degradacije i osiromašenja tla, a neke od najvažnijih aktivnosti koje imaju snažan utjecaj na razinu organske tvari u tlu su odnošenje i spaljivanje žetvenih ostataka, nepravilna i vremenski neadekvatna obrada tla, napuštanje plodoreda u korist monokulturnog uzgoja bilja te pretjerana upotreba pesticida. Svaki od ovih postupaka je doveo do smanjenja broja i vrsta mikroorganizama koji obitavaju u tlu i bez čije aktivnosti nema ni stvaranja humusa niti održivog proizvodnog procesa.

Narušavanjem uvjeta potrebnih za održavanje populacije mikroorganizama dolazi i do pada biološke raznolikosti tla, ali i smanjenja organske tvari tla (Bot i Benites, 2015.).

Prema Jug i sur. (2015.) zaoravanjem pašnjaka, kalcizacijom, navodnjavanjem, itd. dolazi do intenzivnog oslobađanja ugljika što uvjetuje njegov gubitak u obliku ugljikovog IV oksida. Isti autori navode kako je disanje mikroorganizama u vegetacijskom razdoblju vrlo nisko, što je djelomično posljedica slegnutosti tla te da nastali CO<sub>2</sub> ostaje uskladišten u porama tla sve do slijedećeg zahvata obrade nakon čega se nepovratno gubi u atmosferu. Od ukupnog sadržaja humusa u nekom tlu, ovim se putem može izgubiti 20-50% za 2 do 5 godina.

#### *5.1.1. Smanjenje proizvodnje biomase*

Krčenjem šuma, odnosno prenamjenom zemljišta, dolazi do značajnog gubitka organske tvari te pada biološke raznolikosti i aktivnosti u tlu. Određene vrste mikroorganizama se mogu adaptirati na novonastale promjene i uvjete no ipak dolazi do smanjenja bioraznolikosti.

Vrste koje su se uspjele prilagoditi postepeno zamjenjuju prijašnje organizme te se tako proces razgradnje i transformacije organske tvari drastično mijenja (Bot i Benites, 2015.).

#### *5.1.2. Zamjena plodoreda s monokulturnim sustavom poljoprivredne proizvodnje*

Smanjena raznolikost uzgajanih vrsta (kultura) dovodi i do smanjenja bioraznolikosti faune zastupljene u tlu.

Štetnost monokulturnog uzgoja bilja, osim osiromašenja tla, je u tome što korijen biljaka "privlači" manji broj vrsta mikroorganizama te se tako omogućuje nesmetana pojava predatorskih i štetnih vrsta koja se zbog smanjene bioraznolikosti tla lakše nastanjuju u području korijena biljaka (nedostatak kompeticije) (Bot i Benites, 2015.).



Slika 8. Pšenica je jedna od najčešćih kultura koja se uzgaja u monokulturnom sustavu proizvodnje (European atlas of soil biodiversity, 2010.)

### 5.1.3. "Golo tlo"

Tradicionalno "golo" tlo predstavlja period nakon proizvodnog ciklusa određene poljoprivredne kulture koji pruža "odmor" tlu.



Slika 9. Golo tlo

(<https://www.agric.wa.gov.au/identifying-wa-soils/soil-classification>)

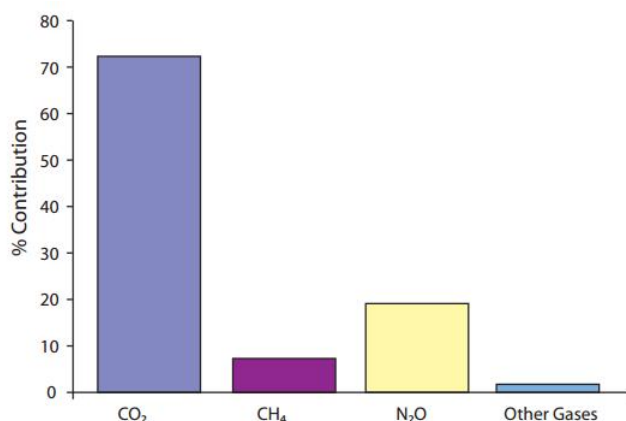
Ovaj oblik prakse je iznimno štetan jer dolazi do nekontroliranog rasta korova, a izostankom biljnog uzgoja povećani su gubitci vode i hraniva iz tla (Jug i sur., 2015.) te je onemogućena sinteza nove organske tvari koja je potrebna za normalan razvoj mikroorganizama u tlu (Bot i Benites, 2015.).

#### 5.1.4. Oranje

Konstantno oranje uzrokuje unošenje velikih količina kisika u tlo, odnosno aeracije, koja ubrzava proces dekompozicije organske tvari tla. Ubrzanom dekompozicijom organske tvari tla nastaje manje stabilan humus i povećava se oslobađanje CO<sub>2</sub> u atmosferu (Jug i sur., 2017.).

## 5.2. Smanjenje organske tvari u tlu

Zbog smanjenja sadržaja organske tvari u tlima u svjetskim razmjerima, već se kroz prethodnih nekoliko desetljeća mogu uočiti sve učestalije pojave degradacije kvalitete tla, ali i biološke aktivnosti. Zbog nepravilnog antropogenog ali i prirodnog utjecaja, funkcije tla se mogu trajno narušiti kroz procese degradacije tla uzrokovane erozijom, dezertifikacijom, salinizacijom, onečišćenjem te ubrzavanjem procesa klimatskih promjena (Grafikon 4.).



Grafikon 4. Utjecaj plinova na klimatske promjene (iz prirodnih i antropogenih izvora)  
(European atlas of soil biodiversity, 2010.)

Sve učestalije promijene i nestabilnije vremenske prilike opterećuju stabilnost procesa poljoprivredne proizvodnje te se promjene u gospodarenju tлом moraju implementirati u

što kraćem roku kako bi se osigurala prehrambena sigurnost globalne populacije i kako bi se održala biološka ravnoteža i raznolikost ekosustava.

#### *5.2.1. Osiromašenje tla*

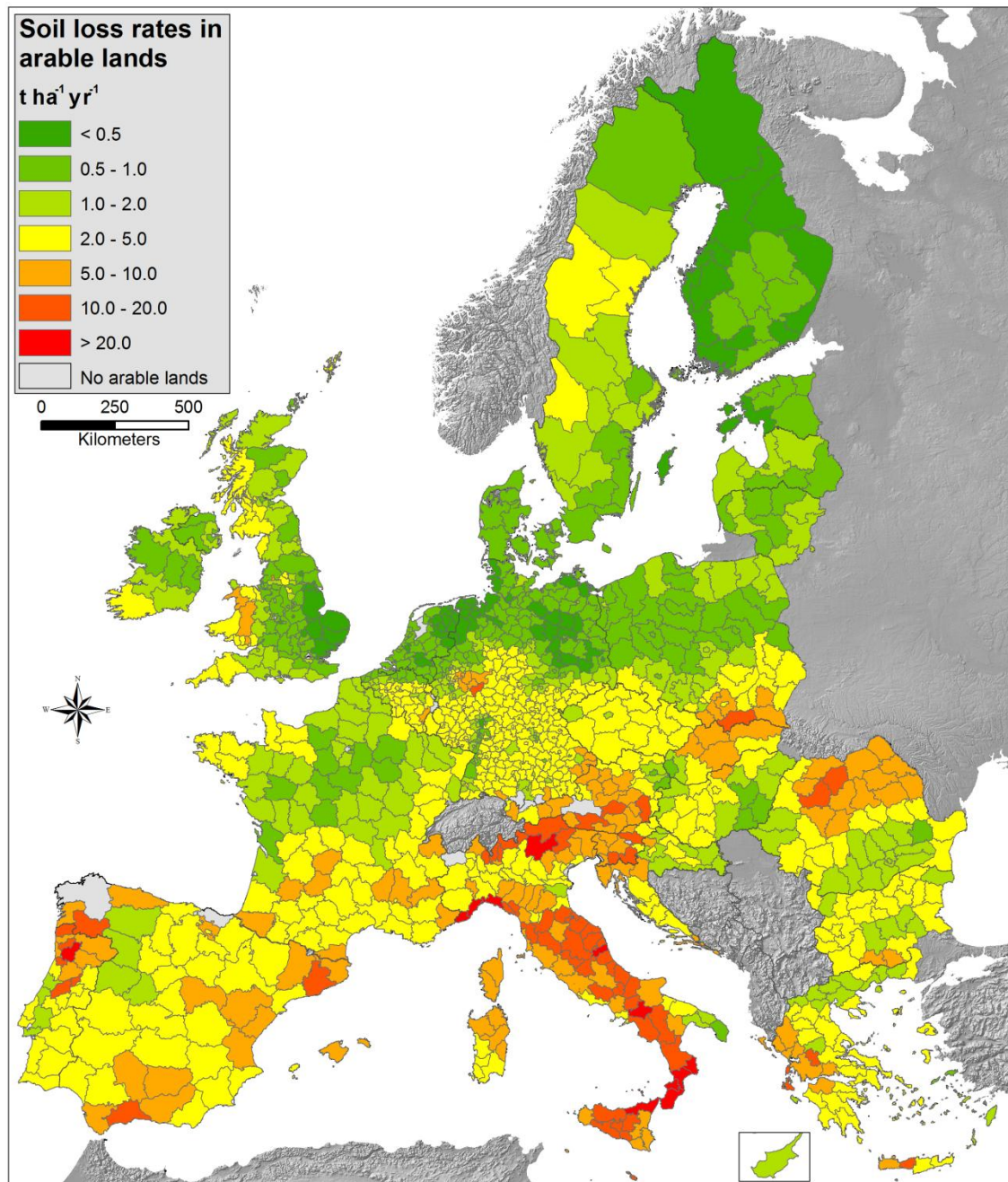
Gubitak organske tvari tla može postati limitirajući faktor u proizvodnji dostatne količine hrane potrebne za zadovoljavanje potreba čovječanstva. Neodgovorno iskorištavanje tla, odnošenje i spaljivanje biljnih ostataka, uzrokuje opadanje plodnosti i kvalitete tla koji u konačnici rezultiraju njegovom degradacijom. Smanjenjem organske tvari tla smanjenja je i količina hraniva prijeko potrebnih za rast i razvoj biljaka te formiranje zadovoljavajućih prinosa uzgajanih kultura.

#### *5.2.2. Erozijska tla*

Zbog smanjenje količine organske tvari u tlu smanjuje se kapacitet infiltracije vode u tlu što dovodi do povećanja rizika od odrona i erozije. Erozijska tla može biti uzrokovana vodom, vjetrom, gravitacijom ili različitim prirodnim ili antropogenim utjecajima, no posljedica erozije uvijek je ista i to je smanjenje organske tvari tla zbog premještanja tla.

Erozijom tlo može izgubiti i do 75-80% organskog ugljika koji se oslobađa u atmosferu što ima negativan učinak na globalne vremenske promjene. Erozijska tla je najzastupljeniji način erozije u EU te je čak 11,4% teritorija EU zahvaćeno srednjom ili jakom razinom erozije (5 tona po hektaru godišnje). Udio površina zahvaćen erozijom se kroz nekoliko desetljeća smanjio sa 16% što se može pripisati aktivnostima koje je EU primijenila u borbi protiv erozije. Postotak površina koji je zahvaćen snažnom razinom erozije (više od 50t po hektaru godišnje) iznosi 0,4%. Postotak poljoprivrednih površina koje su u EU zahvaćene srednjom do snažnom razinom erozije iznosi 12,7%, odnosno nešto više od 140 373 km<sup>2</sup>. Prosječne vrijednosti gubitka tla vodenom erozijom iznose 2,46 tona tla po hektaru dok je ukupna vrijednost gubitka tla procijenjena na 970 megatona. Reducirana obrada tla, povećanje organske mase tla, zimski usjevi i kameni suhozidovi su umanjili gubitak tla u EU za prosječno 9,5% (<https://ec.europa.eu>).

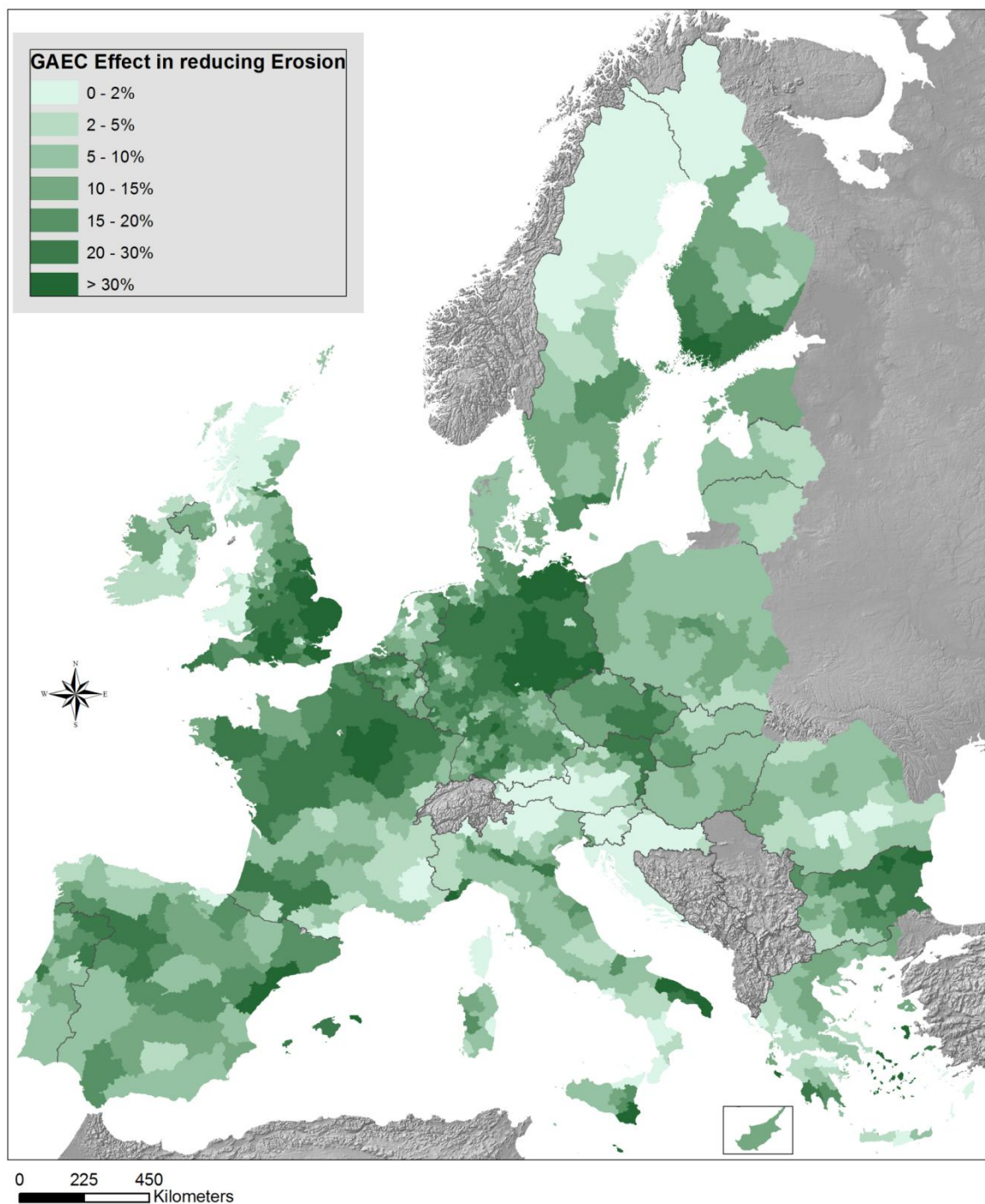




Slika 10. Prosječan gubitak tla na obradivim površinama u EU  
 ([https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural\\_environmental\\_indicator\\_-\\_soil\\_erosion#Indicator\\_definition](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural_environmental_indicator_-_soil_erosion#Indicator_definition))

Prema podacima iz literature, južnoj Europi prijete veći rizik od pojave erozije te su gubitci tla znatno veći u odnosu na sjever Europe (Slika 10.). U Hrvatskoj su najveći gubitci tla u Istri i Lici dok područje Slavonije ima najmanji gubitak tla erozijom.





Slika 11. Procijenjene vrijednosti smanjenja vodene erozije zbog implementacija mjera borbe protiv erozije u EU

([https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental\\_indicator\\_-\\_soil\\_erosion#Indicator\\_definition](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_soil_erosion#Indicator_definition))

### 5.3. Aktivnosti čovjeka koje povećavaju razinu organske tvari i bioraznolikosti tla

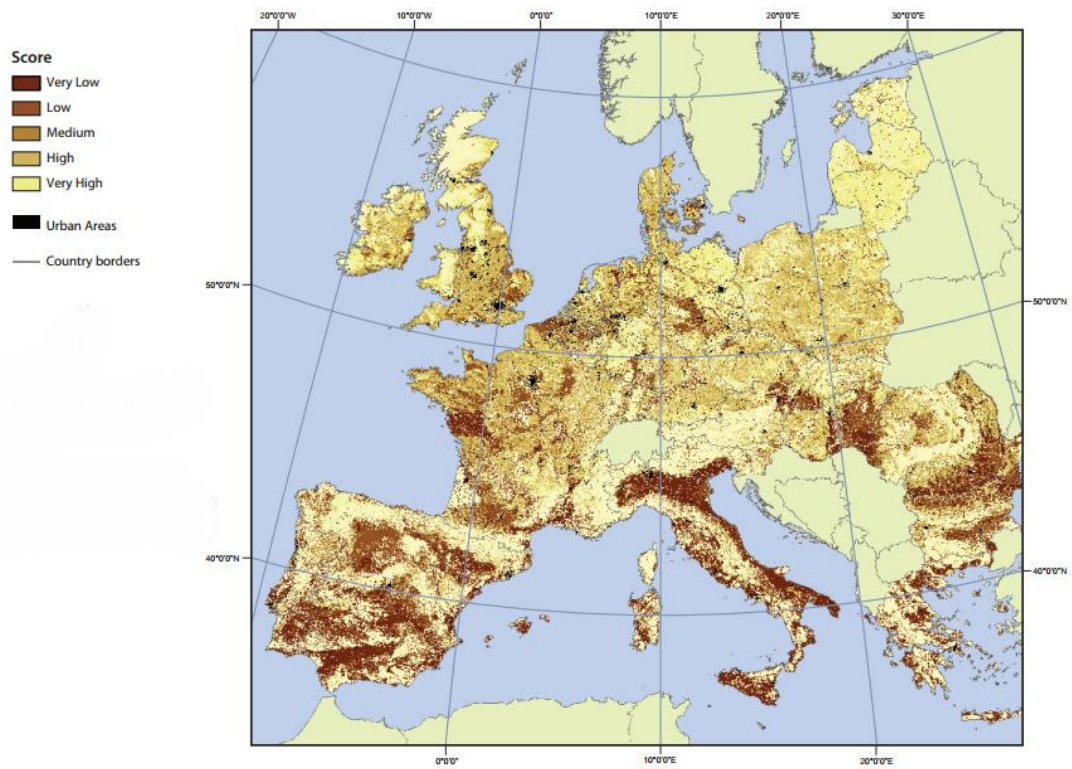
Zbog sve očitijih i ozbiljnijih posljedica koje su nastale zbog smanjenja organske tvari (Slika 12.), a time i biološke raznolikosti tla, te kao posljedica novonastalih ekonomskih i socijalnih problema, stimulira se prelazak na alternativne načine uzgoja koji smanjuju pritisak na okoliš tzv. ekološko opterećenje okoliša (Vukadinović i sur., 2014.).

Kako bi se očuvala biološka raznolikost tla mora se reducirati potrošnja fosilnih resursa, agrokemikalija (pesticida, mineralnih gnojiva, itd.) te intenzitet obrade tla. Kako bi poljoprivredna proizvodnja mogla biti sigurna, stabilna i održiva mora se adaptirati i postati otporna na sve izraženije klimatske fluktuacije te mora pratiti rastuće potrebe globalnog stanovništva.

Postoje različiti pristupi glede povećanja biogenosti tla, a zavise o klimatu u kojemu se agroekosustav nalazi i fizikalno-kemijsko-biološkim svojstvima tla. Sveopće prihvaćeni pristup za popravak tla je povećanje proizvodnje biomase koja pruža stanište i izvor je hrane potrebnim mikroorganizmima koji opet poboljšavaju strukturu tla, poroznost, sudjeluju u kruženju hraniva i povećavaju retencijski kapacitet tla. Ovaj sustav tvori zatvoreni krug međuovisnosti te povećava li se količina biomase povećat će se i količina i vrsta mikroorganizama s izravnim utjecajem na svojstva tla.

Načini kojima se može povećati sadržaj organske tvari u tlu su prema Bot i Benitesu (2015.) slijedeći:

- Upotreba komposta
- Zelena gnojidba (sideracija)
- Plodored
- Uzgoj višegodišnjih krmnih kultura
- Reducirana obrada ili potpuni izostanak obrade tla
- Agrošumarstvo



Slika 12. Rizik od gubitka organskog ugljika u tlima EU  
(European atlas of soil biodiversity, 2010.)

## 6. ULOGA MIKROORGANIZAMA TLA U OČUVANJU AGROEKOSUSTAVA

Mikroorganizmi u tlu predstavljaju važan regulator velikog broja procesa koji se odvijaju u agroekosustavu. Altieri (1999.) navodi neke od vitalnih funkcija koje reguliraju ili obavljaju organizmi tla (Tablica 5.):

- Razlaganje organske tvari
- Ciklus kruženja elemenata
- Kroz antagonizam sudjeluju u suzbijanju patogenih mikroorganizama u tlu
- Sudjeluju u sintezi hormona, enzima i vitamina
- Alelopatskim utjecajem reguliraju populaciju mikroorganizama
- Imaju direktno međusobno djelovanje s biljkama kroz mutualizam, komensalizam i kompeticiju

Tablica 5. Utjecaj organizama tla na zemljišne procese ekosustava (Altieri, 1999.)

| ORGANIZMI                                    | ULOGA U TLU  | UTJECAJ NA STRUKTURU TLA  |
|--|--|---|
| MIKROFLORA<br>- gljive, bakterije            | - Kataboliziraju organsku tvar, sudjeluju u mineralizaciji i imobilizaciji hranjivih tvari | - Tvore organske komponente koje vežu agregate  |
| MIKROFAUNA<br>- acarina, skokuni             | - Reguliraju populacije bakterija i gljiva   | - Mogu utjecati na strukturne agregate kroz interakciju s mikrofloram   |
| MAKROFAUNA<br>- jednakonošci, strige, gliste | - Stimuliraju mikrobnu aktivnost   | - Miješaju organsku i mineralnu komponentu tla, premještaju organsku tvar i mikroorganizme, unaprjeđuju proces humifikacije |

Održavati broj i raznovrsnost mikroorganizama u tlu je od iznimne važnosti ukoliko se želi postići održivost poljoprivredne proizvodnje. Neke od važnih uloga koju imaju organizmi u tlu su (Altieri, 1999.):

- simbiotski mikorizni odnosi,
- sudjelovanje u redoks reakcijama,
- sudjelovanje u biološkoj fiksaciji dušika,
- povećavaju dostupnost biljnih hraniva,
- sudjeluju u proizvodnji biljnih hormona rasta,
- sudjeluju u biološkoj kontroli štetnika i korova.

Organizmi u tlu također povećavaju otpornost tla na klimatske promjene te pomažu pri adaptaciji na novonastale uvjete.

## 7. ZNAČAJ I ULOGA ORGANSKE TVARI I BIORAZNOLIKOSTI TLAU OČUVANJU AGROEKOSUSTAVA

Važnost i uloga organske tvari tla, njezinih komponenti i biološke raznolikosti je vrlo velika te direktno i indirektno utječe na mnoge procese koji se odvijaju u tlu. Organska tvar ima direktan utjecaj na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla. Organski ugljik pruža energiju potrebnu za biološke procese u tlu dok je humusna frakcija glavni izvor esencijalnih hraniva u tlu i značajno doprinosi povećanju njegovog kationskog izmjenjivačkog kapaciteta. Tla bogata organskom tvari dobro su strukturirana te je time u poljoprivrednoj proizvodnji olakšana i obrada tla.

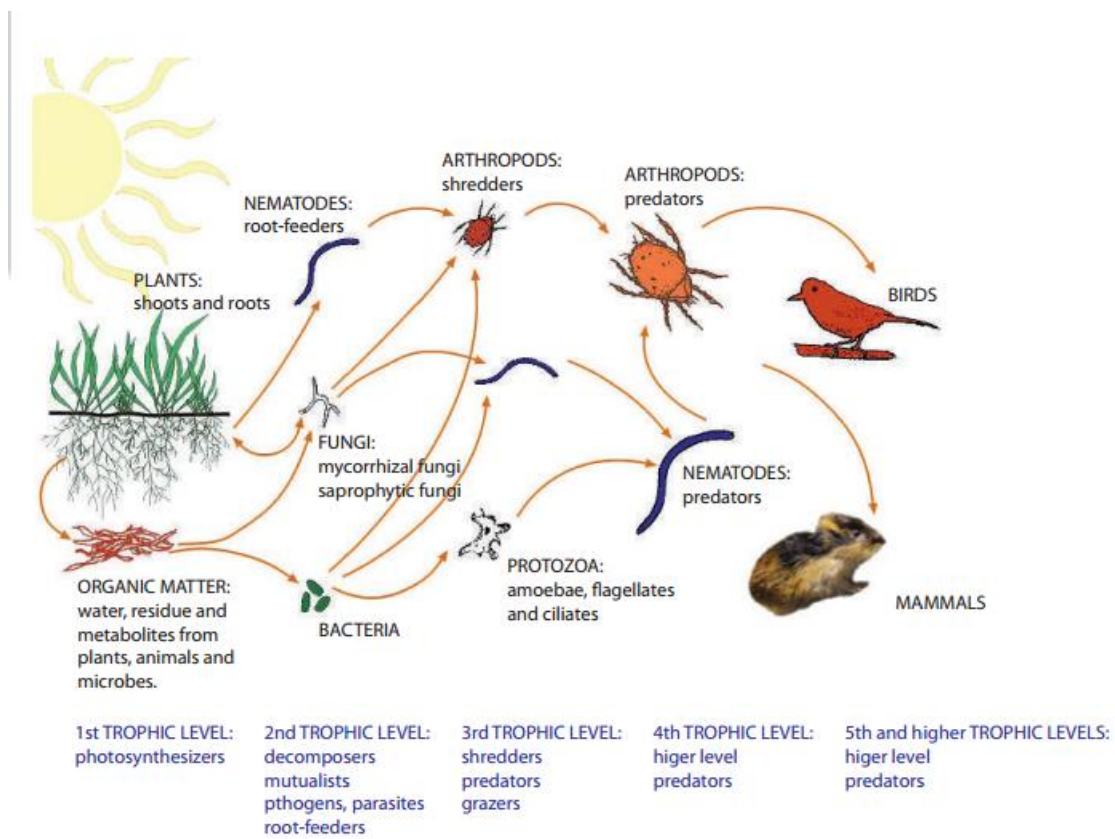
Organska tvar tla je glavni izvor hrane i energije za organizme uključene u hranidbenu mrežu tla (Jeffery i sur., 2010.). Organizmi u tlu su glavni posrednici kemijske konverzije u tlu kao što su ciklus hraniva, mineralizacija, sekvestracija, degradacija polutanata u tlu, kontrola populacije organizama u tlu koji uključuju i štetnike, stvaranje strukturnih agregata i fiksacija CO<sub>2</sub>. Tla bogata organskom tvari su tamnije boje te se u hladnijem klimatu brže zagrijavaju. Općenito se smatra kako su dobra svojstva tla povezana s tamnom bojom što je opet poveznica s količinom organske tvari, dobrom agregacijom tla i visokom razinom opskrbljenosti hranivima (Peverill i sur., 1999.). Organska tvar ima ključnu ulogu u otpuštanju dušika mineralizacijom. Temperatura, vlaga, poroznost i C/N omjer su glavni kontrolni čimbenici. Primjenom organske tvari s širokim C/N omjerom (>30:1) može imobilizirati dušik koji inkorporiraju mikroorganizmi u svoja tijela (pojava "dušične depresije"), dok primjena organske komponente, kao što je stajski gnoj, s C/N omjerom 20:1, može uzrokovati povećano otpuštanje dušika u tlo što je pozitivno ukoliko traje vegetacija. U suprotnom, oslobođeni dušik se ispire u podzemne vode ili se gubi volatizacijom u atmosferu.

Proizvodni procesi i upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom mora postati održivo ukoliko se želi osigurati kvaliteta tla a samim time i prehrambena sigurnost budućih naraštaja svjetskog stanovništva. Čovjek je svojim djelovanjem na tlo uzrokovao drastično smanjenje kvalitete tla, padom bioraznolikosti i razine organske tvari u tlu. Proces degradacije tla su često ireverzibilni no ipak se promjenom načina razmišljanja i djelovanja poljoprivrednih proizvođača, proces degradacije može zaustaviti. Moderna znanost još uvijek ne razumije opseg djelovanja i važnosti mikroorganizama u tlu te načine na koji oni sudjeluju u povećanju otpornosti tla na klimatske uvjete. Povećanje bioraznolikosti tla i

razine organske tvari tla su važni alati u prilagodbi agroekosustava na nastale klimatske promjene te one predstavljaju ključ za osiguranje prehrambene sigurnosti stanovništva.

## 7.1 Bioraznolikost

Bioraznolikost predstavlja i reflektira aktivnost različitih vrsta organizama (Tablica 6., Dijagram 2.) koji se nalaze u tlu. Mnogobrojni organizmi tla, različitim aktivnostima, imaju znatan međusoban utjecaj no imaju i utjecaj na različite biljke i sitne životinje koje se nalaze u tlu (Slika 13.). Mikroorganizmi u tlu, zajedno sa sudionicima svojih interakcija, tvore kompleksnu i gustu mrežu biološke aktivnosti koja uvelike potpomaže formaciji organske tvari tla, a samim time i poboljšava uvjete za razvoj korisnih organizama tla. Kvaliteta i razina organske tvari u tlu direktno utječe i na količinu i aktivnost mikroorganizama koji vrše interakciju s korijenovim sustavom biljaka (FAO, 2017.).



Slika 13. Hranidbena mreža tla

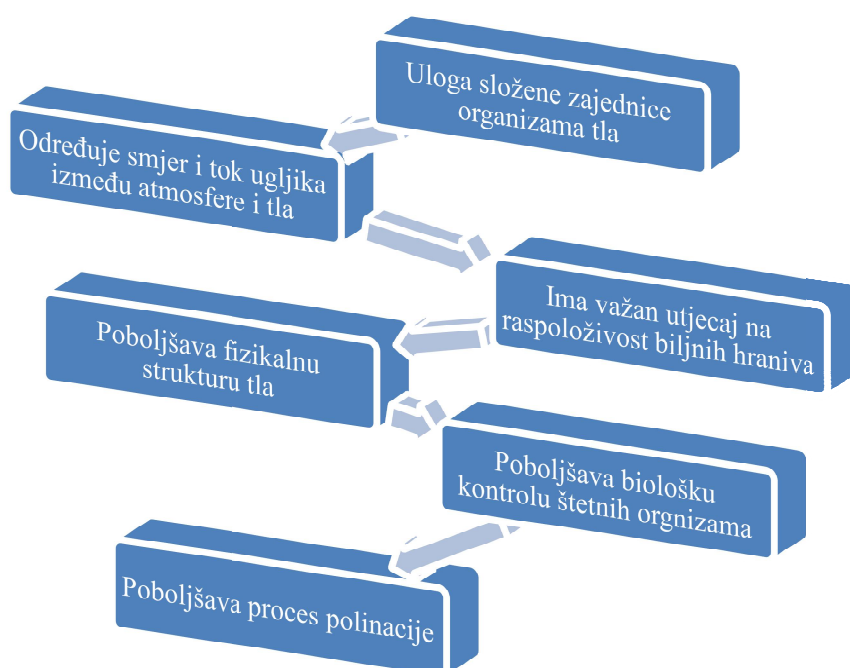
(European atlas of soil biodiversity, 2010.)



Tablica 6. Pregled važnih organizama tla prema njihovoj veličini (FAO, 2017.)

| VELIČINA    | MIKROFAUNA<br>(1-100nm) | MEZOFAUNA<br>(100nm-2mm)      | MAKROFAUNA<br>(>2mm) |
|-------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|
| +<br> <br>- | Protozoe                | Skokuni ( <i>Collembola</i> ) | Kišne gliste         |
|             | Nematode                | Grinje                        | Mravi                |
|             | Gljive                  | Dugoživci                     | Termiti              |
|             | Bakterije               | ( <i>Tardigrades</i> )        |                      |

Bioraznolikost tla zajedno s organskim ugljikom tla oblikuje i definira metaboličke kapacitete tla te ima presudnu ulogu u povećanju produktivnosti tla kao i povećanju otpornosti tla na klimatske promjene (FAO, 2017.).



Dijagram 2. Uloga složene zajednice organizama tla (FAO, 2017.)

Mnogi organizmi tla imaju snažan utjecaj i značajnu ulogu u akumulaciji organske tvari i organskog ugljika. Tako stonoge i gujavice razlažu i transformiraju komponente organske



tvori dok mikrofauna vrši translokaciju organske tvari i organskog ugljika u dublje slojeve tla. Gubitak bioraznolikosti uzrokuje poremećaje funkcija ekosustava poput kruženja i dostupnosti biljnih hraniva, razgradnje organske tvari i akumulacije organskog ugljika u tlu. Neodrživ način raspolaganja poljoprivrednim resursima te neodrživa poljoprivredna proizvodnja u mnogim agroekosustavima narušava krhku mrežu odnosa između štetnih organizama i njihovih prirodnih neprijatelja. Proces smanjenja bioraznolikosti tla je u određenim svjetskim tlima postao ireverzibilan, no ipak se promjenom načina poljoprivredne proizvodnje na mnogim tlima procesi smanjenja biološke raznolikosti tla mogu zaustaviti (FAO, 2017.).

#### *7.1.1. Promjene bioraznolikosti agroekosustava uzrokovane čovjekovom djelatnošću*

Tijekom duge povijesti poljoprivredne proizvodnje na svjetskoj je razini, kako agroekosustava tako i ekosustava, došlo do značajnog smanjenja bioraznolikosti. Čovječanstvo je zbog ubrzanog povećanja broja stanovništva i rastućeg dohotka populacije bilo primorano privoditi nove površine poljoprivrednoj proizvodnji. Usprkos tome, golemi rast proizvodnje u proteklim desetljećima mnogim siromašnim stanovnicima nije uspio povećati dostupnost hrane.

Prema UN-ovoj Organizaciji za hranu i poljoprivredu potrebno je usmjeriti nastojanja na promjenu paradigme u poljodjelstvu u smjeru održivih i ekološki prihvatljivih načina u korist malih gospodarstava, a ne u korist multinacionalnih poljoprivrednih kompanija.

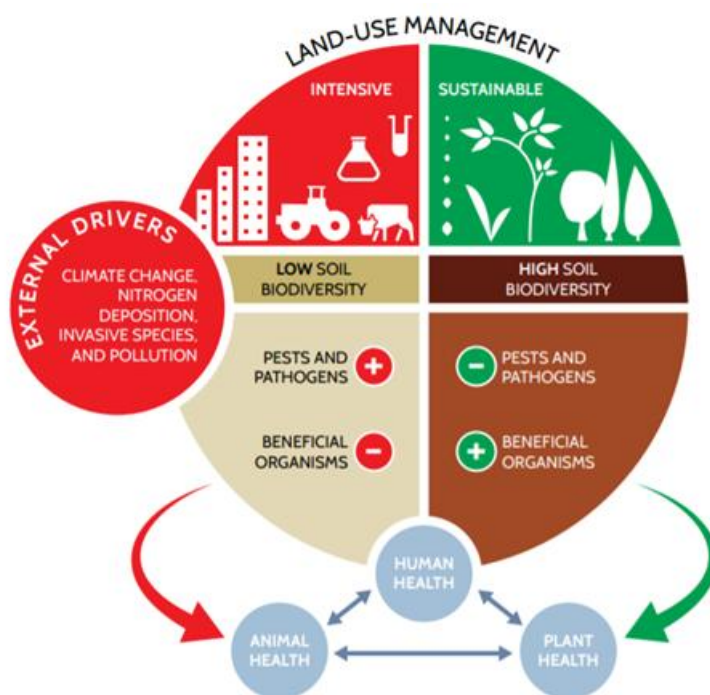
Intenzivna poljoprivredna proizvodnja je uzrokovala smanjenje biološke raznolikosti, odnosno kontinuiranim uzgojem malog broja poljoprivrednih vrsta pojednostavila je strukturu uzgoja poljoprivrednih kultura.

Usvajanjem načela održive poljoprivrede obuhvaćajući koncept zaštite tla, voda, biljnih i animalnih genetskih resursa, poljoprivredna proizvodnja postaje nedegradirajuća za okoliš, tehnički primjerena, ekonomski opstojna i socijalno prihvatljiva. Ovakva proizvodnja zasniva se na 2 načela: prilagoditi agroekosustav stanišnim čimbenicima nekog područja i optimalnom korištenju resursa u agroekosustavu (Jug, 2017.).

U održivoj poljoprivredi ne postoji "šablonski pristup", ali postoji nekoliko standardiziranih postupaka kao što su održivo gospodarenje tlom (Slika 14.) te provođenje

integrirane zaštite i ishrane bilja. Ovakvim pristupom smanjuje se opasnost od degradacije kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla što se u konačnici odražava i na biološku raznolikost tla.

Deforestacija, kontinuirano izrabljivanje tla, urbanizacija te ponavljanje uzgajanih kultura (monokultura) uvelike utječu na smanjenje bioraznolikosti. Najveći udjeli u globalnoj poljoprivrednoj proizvodnji pripadaju uzgoju nekolicine vrsta žitarica, voća i povrća, točnije na otprilike 70 biljnih vrsta (Altieri, 1999.). Ukupne poljoprivredne površine u svijetu iznose više od 1,6 milijardi hektara (FAO, 2011.) te se na njima uglavnom uzgaja otprilike 70 biljnih vrsta, a na površini od samo jednog hektra u prašumama se može zateći i do 100 vrsta stabala (Altieri, 1999.). Usporede li se ova dva podatka može se zaključiti kako je čovjek kroz povijest svoga djelovanja u poljoprivrednoj proizvodnji sveo cijele ekosustave na svega nekoliko biljnih i životinjskih vrsta. Iako spomenutih 70 najučestalije uzgajanih kultura imaju mnoge sorte koji se genetski razlikuju te tako mogu povećati bioraznolikost određenog agroekosustava, to ipak nije slučaj.



Slika 14. Utjecaj poljoprivredne prakse i vanjskih čimbenika na bioraznolikost tla (FAO 2017.)

U modernoj poljoprivrednoj proizvodnji se koristi mali broj sorti različitih kultura te tako u SAD-u na 60-70% površina pod sojom se upotrebljava 2-3 sortimenta, a na 72% površina

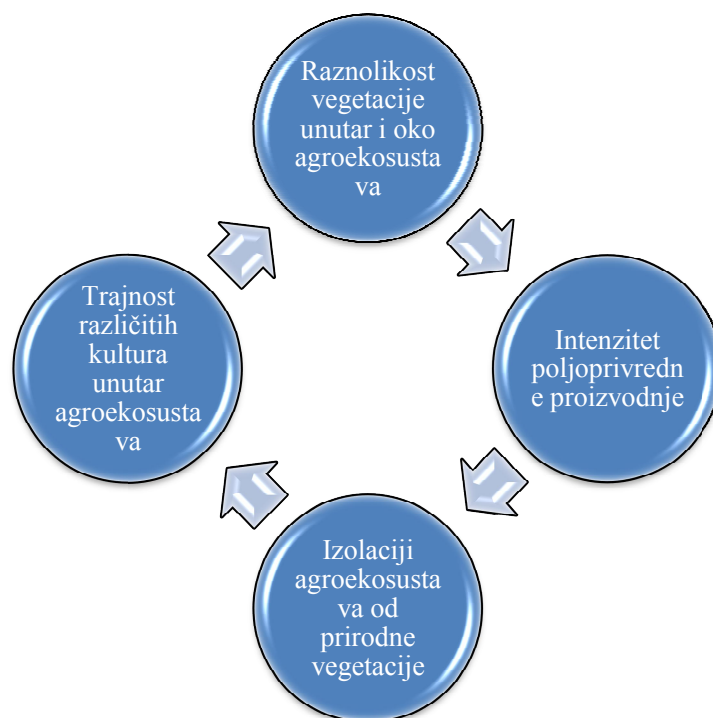
pod krumpirom se koriste 4 sorte. Takvom se praksom u poljoprivrednoj proizvodnji bioraznolikost dodatno smanjuje, a rizici od iscrpljivanja tla i pojave biljnih štetnika i bolesti mnogostruko povećavaju.

Pogrešna poljoprivredna praksa zemalja trećeg svijeta je uzrokovala velike probleme u bioraznolikosti ekosustava no ipak sve je češća praksa polikulturnog uzgoja poljoprivrednih kultura u tim zemljama. Bogatstvo vrsta i bioraznolikost ovakvog agroekosustava usporediva je s bioraznolikošću prirodnih ekosustava te pružaju prehrambenu sigurnost, raznovrsnost prehrane, manje rizike poljoprivredne proizvodnje te intenziviranje proizvodnje s ograničenim resursima.

Više poljoprivrednih sustava bi trebalo usvojiti polikulturni način uzgoja poljoprivrednih proizvoda te trenutna brojka od 15-20% biljnih kultura proizvedenih na ovaj način je nedovoljna. Južna Amerika je vodeća u polikulturnom uzgoju bilja gdje se 70-90% graha uzgaja zajedno s kukuruzom, krumpirom te ostalim kulturama, a 60% kukuruza se uzgaja u polikulturnom načinu uzgoja. Polikulturan način uzgoja poljoprivrednih kultura osigurava i genetsku raznolikost i bogatstvo zbog velikog broja različitih kultura, njihovih sorti te njihovih "divljih" srodnika. Na području Anda se uzgaja oko 50 različitih vrsta krumpira što ne samo da povećava bioraznolikost i genetsku raznolikost nego i umanjuje rizik oboljenja ili napada različitih štetnika, a samim time i umanjuje rizike poljoprivredne proizvodnje.

Agrošumarski sustavi uzgoja kao i polikulturni povećavaju bioraznolikost te se smatra da se na jednom polju u tropima može nalaziti i do 100 jednogodišnjih i višegodišnjih biljnih kultura koje služe za proizvodnju odjeće, prehranu stoke i čovjeka, proizvodnju građevinskih materijala i kao ogrjev. Ovakav način proizvodnje osigurava bioraznolikost i stabilnost ekosustava, a ujedno pruža čovjeku mnoštvo resursa te predstavlja ekonomičan proces proizvodnje koji ne narušava ekosustav (Altieri, 1999.).

Na razinu bioraznolikosti pojedinog agroekosustava utječu mnogi čimbenici no najvažniji su prikazani na Dijagramu 3.



Dijagram 3. Najvažniji čimbenici koji utječu na bioraznolikost agroekosustava (Altieri, 1999.).

Komponente biološke raznolikosti pojedinih agroekosustava mogu biti podijeljene na grupe s obzirom na ulogu koju vrše u pojedinim funkcijama poljoprivrednog sustava (Altieri, 1999.):

- ❖ PROIZVODNA BIOTA: biljne kulture, životinje te drveće koje odabire poljoprivrednik, a imaju odlučujuću ulogu u definiranju složenosti biološke raznolikosti pojedinog agroekosustava
- ❖ RESURSNE BIOTE: svi organizmi koji doprinose produktivnosti agroekosustava u vidu oprašivanja, razgradnje organske tvari te biološke kontrole
- ❖ ŠTETNA BIOTA: svi oni organizmi koji su suvišni (štetni) u procesu proizvodnje te proizvođači ciljaju na minimalizaciju ili eliminaciju takvih organizama – patogeni mikroorganizmi, korovi, različiti štetnici.

## 7.2. Utjecaj humusa i mikroorganizama na očuvanje agroekosustava

Pozitivan učinak humusa na stabilnost poljoprivredne proizvodnje i na povećanje prinosa proizlazi iz međusobnog odnosa između humusnih tvari i mikroorganizama. Pozitivan međusoban odnos ovih komponenata tla je mutualan jer mikroorganizmi predstavljaju

vrstu posrednika pri sintezi humusa dok humus predstavlja izvor hrane (energije) za mikroorganizme te direktno utječe na njihov opstanak i razinu proizvodnosti.

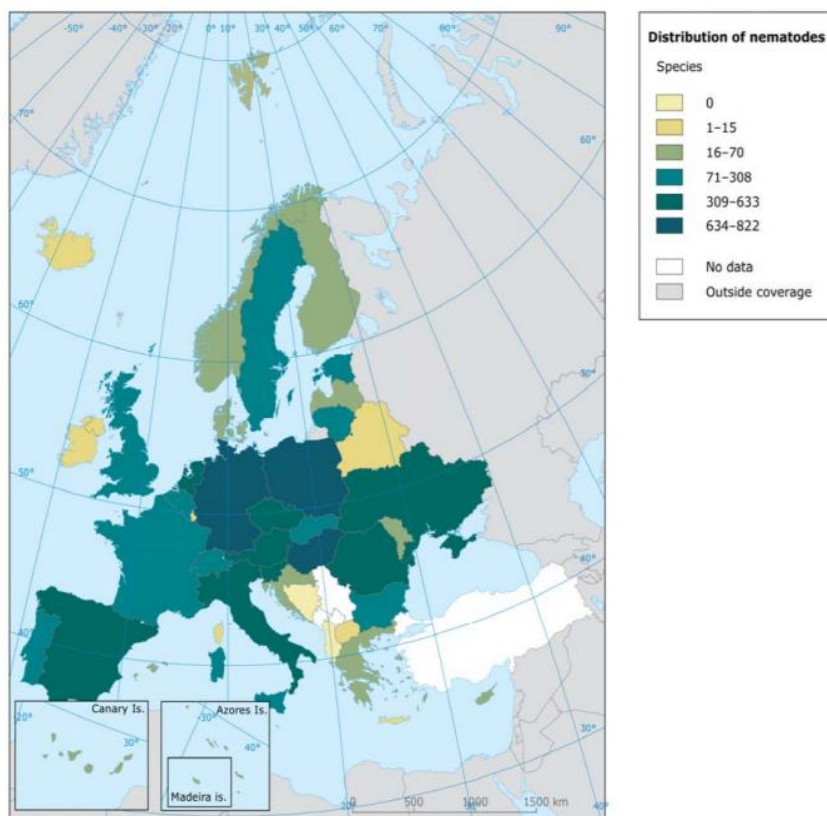
Humus ima velik utjecaj i na stanični metabolizam kod mikroorganizama i biljaka posebice kod procesa fotosinteze i disanja. Mikroorganizmi su važan dio zaliha organske tvari te se u njih ubrajaju bakterije, gljive i alge. Prisutnošću huminske kiseline u tlu će se povećati i sam broj mikroorganizama te su mikroorganizmi iz tla bogatog humusnim tvarima aktivniji i stimuliraniji od onih koji se nalaze u pjeskovitim tlima. Humus ima i pozitivno djelovanje na metabolizam mikroorganizama gdje uzrokuje promjene u prehrani, odnosno djeluje tako da omogućuje usvajanje tvari koje prije nisu mogli usvojiti (Piccolo, 1996.).

Veliki nedostatak u potpunom shvaćanju važnosti bioraznolikosti u tlu jest taj što je velika količina mikroorganizama još uvijek nepoznata, za razliku od bioraznolikosti na površini tla. Procjenjuje se da trenutno opisana i istraжена fauna grinja, nematoda i protozoa iznosi manje od 5% ukupnog broja tih vrsta (Jones i sur., 2012.).

Tablica 7. Procijenjeni postotci poznatih vrsta organizama unutar tla i na površini (Jones i sur., 2012.)

| GRUPA          | ORGANIZAM         | POZNATO | POZNATO (%) |
|----------------|-------------------|---------|-------------|
| BILJKE         | Vaskularne biljke | 270.000 | 84          |
| MIKROFAUNA     | Skokuni           | 7.617   | 15          |
|                | Grinje            | 45.231  | 4           |
| MEZOFAUNA      | Protozoe          | 1.500   | 7,5         |
|                | Nematode          | 25.000  | 1,3         |
| MIKROORGANIZMI | Bakterije         | 10.000  | 1           |
|                | Gljive            | 72.000  | 1           |

Najbolje opisana i istraжена skupina jesu vaskularne biljke gdje je poznato 270000 različitih vrsta, odnosno otprilike 84%, dok je kod bakterija i gljiva istraжено otprilike 1%. Zbog nedovoljno istraženih vrsta navedenih organizama ekosustava u tlu i iznad površine tla, važnost i potpuna uloga organizama u očuvanju ekosustava nije do kraja razjašnjena.



Slika 15. Procijenjene vrijednosti rasprostranjenosti nematoda u Europi  
(Jones i sur., 2012.)

Prema istraživanju Jonesa i sur. (2012.) najviše vrsta nematoda sadrže tla Njemačke, Poljske i Mađarske gdje se u uzorku tla može naći 634-822 različite vrste nematoda. Kod tala u Hrvatskoj se u uzorku može pronaći 16-70 različitih vrsta nematoda te smo po tome na dnu ljestvice Europske Unije.

## 8. ZAKLJUČAK

Brojna svojstva tla (fizikalna, kemijska i biološka) imaju značajan utjecaj na kvalitetu tla. Organska tvar tla, koja ovisi i o načinu gospodarenja agroekosustavom, je ključna za odvijanje nekoliko kritičnih funkcija tla. Kao izvor biljnih hraniva i osnovni činitelj strukture tla, uloga organske tvari u agroekosustavu se ogleda kroz utjecaj na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, ciklus kruženja hraniva, proces mineralizacije, sekvestraciju hraniva, degradaciju polutanata u tlu, kontrolu vrste i brojnosti organizama u tlu, fiksaciju CO<sub>2</sub>, i dr.

Ophodjenje i postupanje čovjeka prema tlu prouzročilo je drastično smanjenje zaliha organske tvari u svijetu. Iscrpljivanjem tla intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom, uništava se tlo, jedan od čovjekovih najvrjednijih prirodnih resursa neophodnih za opstanak čovječanstva.

Svjetske zalihe organske tvari i organskog ugljika u tlu se već kontinuirani niz desetljeća smanjuju što dovodi do pada plodnosti tla i do smanjenja prinosa uzgajanih kultura. Kroz proteklih se niz godina, razvojem medicine i industrijalizacijom, broj globalnog stanovništva umnogostručio, a taj je rast bio praćen i povećanjem poljoprivrednih površina kako bi se osigurala dostatna količina hrane za čovječanstvo. Deforestacijom i privođenjem površina poljoprivrednoj proizvodnji smanjuje se bioraznolikost ekosustava koja dovodi do smanjivanja organske tvari tla. Nepravilnim gospodarenjem tлом dolazi do oštećenja tla koja su tada podložna eroziji, velikim gubitcima vode, brzoj mineralizaciji organske tvari, smanjenju biogenosti, salinizaciji, zbijanju, itd.

Gubljenjem organske tvari tla slabi sposobnost njegove prilagodbe i stvaranja otpornosti na nastale klimatske promjene. Kako opstanak čovječanstva uz osiguran stabilan i kvalitetan izvor hrane ne bi bio upitan, nužno je promišljati o održivosti procesa poljoprivredne proizvodnje.

Državne institucije i svjetske organizacije, kao i poljoprivredni proizvođači, imaju obvezu implementiranja novih, alternativnih sustava poljoprivredne proizvodnje kako bi se zaustavio trend narušavanja prirodne ravnoteže u ekosustavima.

## 9. LITERATURA

1. Altieri A. M. (1999.): The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 19–31 str.
2. Baliuk S., Medvedev V., Kucher A, Solovey V, Levin A, Kolmaz Y. (2017.): Ukrainian chernozems as a factor in global food security and resilience of agriculture to climate change, GLOBAL SYMPOSIUM ON SOIL ORGANIC CARBON, Rim, Italija
3. Bot A., Benites J. (2005.): The importance of soil organic matter; Key to drought-resistant soil and sustained food production, FAO soils bulletin, Italija
4. FAO and ITPS., (2015.): Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rim, Italija.
5. FAO, (2011.): The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earth scan, London.
6. FAO, (2017.): Soil Organic Carbon: the hidden potential, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italija.
7. Gobin A., Campling P., Janssen L., Desmet N., van Delden H., Hurkens J., Lavelle P., Berman, S. (2011.): Soil organic matter management across the EU – best practices, constraints and trade-offs, Final Report for the European Commission's DG Environment.
8. Hiederer R., Köchy M. (2011.): Global Soil Organic Carbon Estimates and the Harmonized World Soil Database, Publications Office of the European Union, European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, Italija.
9. Jeffery, S. , Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L. Marmo, L. Miko, L., Ritz, K., . Peres, G., Römbke, J., van derPutten, W. H.(eds.)(2010.): European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
10. Jones A., Panagos P., Barcelo S., Bouraoui F., Bosco C., Dewitte O., Gardi C., Erhard M., Hervas J., Hiederer R., Jeffery S., Lukewille A., Marmo L., Montanarella L., Olazabal C., Petersen J. E., Penizek V., Strassburger T., Toth G., Van Den Eeckhaut M., Van Liedekerke M., Verheijen F., Viestova E., Yigini Y.



- (2012.): The state of soil in Europe, Luxembourg: Publications Office of the European Union, Luksemburg
11. Jones R.J.A., Houšková B., Bullock P. i Montanarella L., (2005.): Soil Resources of Europe, second edition, European Soil Bureau Research Report No.9, Office for Official Publications of the European Communities, Luksemburg.
  12. Jug, D., Birkas, M., Kisić, I. (2015.): Obrada tla u agroekološkim okvirima. Sveučilišni udžbenik. HDPOT. Osijek. p 274
  13. Jug, D., Jug, I., Vukadinović, V., Đurđević, B., Stipešević, B., Brozović, B. (2017.): Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena. Sveučilišni priručnik. HDPOT. Osijek. p 176
  14. Jug, I. (2017.): Odlike održive, konvencionalne i ekološke poljoprivrede. Nastavni materijal iz modula Integralni projekti u biljnoj proizvodnji. ([http://ishranabilja.com.hr/literatura/INTEGRALNI%20PROJEKTI%20U%20BILJNOJ%20PROIZVODNJI/INTEGRALNI%20PROJEKTI%20U%20BILJNOJ%20PROIZVODNJI\\_1.pdf](http://ishranabilja.com.hr/literatura/INTEGRALNI%20PROJEKTI%20U%20BILJNOJ%20PROIZVODNJI/INTEGRALNI%20PROJEKTI%20U%20BILJNOJ%20PROIZVODNJI_1.pdf).) Datum pristupa: 28. 08.2018.
  15. Peverill, K.I.; Sparrow, L.A.; Reuter, D.J. (1999.): Soil analysis: an interpretation manual. Collingwood, Vic: CSIRO Publishing.
  16. Piccolo A. (1996.): Humic substances in terrestrial ecosystems, Dipartimento di scienze chimico-agrarie università di Napoli "Federico II", Italija
  17. Reeves D.W. (1997.): The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems, USDA-ARS National soil dynamics laboratory, Sjedinjene Američke Države
  18. Rusco E., Jones R., Bidoglio G., (2001.): Organic Matter in the soils of Europe: Present status and future trends, European Soil Bureau, Soil and Waste Unit Institute for Environment and Sustainability JRC Ispra, Italija.
  19. Saljnikov E., Cakmak D., Rahimgalieva S. (2013.): Soil processes and current trends in quality assessment, IntechOpen, Ujedinjeno Kraljestvo
  20. Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network (2005.), European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, Luksemburg
  21. Vukadinović V. (2014.): Osnove tloznanstva i biljne proizvodnje, Interna literatura, Poljoprivredni fakultet u Osijeku

22. Vukadinović V. i Vukadinović V. (2016.): Tlo gnojidba i prinosi, Vlastita naklada, Osijek
23. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011.): Ishrana bilja, Sveučilište J.J.Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Hrvatska
24. Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B. (2014.): Ekofiziologija bilja. Sveučilišni udžbenik. NSS. Osijek. p 220
25. <http://oceanagrollc.com/overview-of-factors-effecting-humus-decomposition/>, prema Troeh, 2005., pristupio dana 18.08.2018.
26. [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/newsroom/docs/en-solaw-facts\\_1.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/newsroom/docs/en-solaw-facts_1.pdf), pristupio dana 05.09.2018.
27. <https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>, pristupio dana 18.08.2018.
28. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri\\_environmental\\_indicator\\_-\\_soil\\_erosion#Indicator\\_definition](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri_environmental_indicator_-_soil_erosion#Indicator_definition), pristupio dana 05.09.2018.
29. <https://www.agric.wa.gov.au/identifying-wa-soils/soil-classification>, pristupio dana 05.09.2018.

## 10. SAŽETAK

Organska tvar tla je važan čimbenik u očuvanju ekosustava u svijetu te je njena prisutnost u tlima od ključne važnosti za nesmetano odvijanje nekoliko ključnih funkcija tla. Kao izvor biljnih hraniva i osnovni činitelj strukture tla, uloga organske tvari u agroekosustavu se ogleda kroz utjecaj na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, ciklus kruženja hraniva, proces mineralizacije, sekvestraciju hraniva, degradaciju polutanata u tlu, kontrolu vrste i brojnosti organizama u tlu, fiksaciju CO<sub>2</sub>, i dr. Smanjenjem zaliha organske tvari u tlu lošom poljoprivrednom politikom i praksom je uzrokovalo i smanjenje prinosa i bioraznolikosti. Proteklih nekoliko desetljeća se čovjekovim aktivnostima sadržaj organske tvari i organskog ugljika u tlu smanjuje što uzrokuje mnoge štetne pojave poput erozije, slabljenja vitalnosti tla te pojačanog napada štetnika uzgajanih kultura. Mikroorganizmi imaju važnu ulogu u mnogim vitalnim procesima koji se odvijaju u tlu te je od iznimne važnosti očuvati bioraznolikost tla. Potrebna je jača kontrola implementacija skupa aktivnosti koji će dovesti do smanjivanja gubitaka organske tvari a samim time i zaustavljanja procesa uništavanja bioraznolikosti. Postoji skup aktivnosti koji pomažu u očuvanju i povećanju organske tvari tla poput upotrebe komposta, reducirane obrade tla, povećanja proizvodnje biomase te primjene zelene gnojidbe.

Ključne riječi: Organska tvar tla, bioraznolikost, agroekosustavi, poljoprivredna proizvodnja, degradacija tla.

## **11. SUMMARY**

Organic matter is an important factor in preservation of the global ecosystems and its presence in the soil is of crucial importance for the smooth running of several key soil functions. As the source of plant nutrients and the primary factor of soil structure, the role of organic matter in the agroecosystem is reflected through the influence on physical, chemical and biological properties of the soil, the cycle of plant nutrients, mineralization process, sequestration of the nutrients, degradation of pollutants in the soil, control of the species and number of organisms in the soil, CO<sub>2</sub> etc. Reduction of the stock of organic matter in soil by poor agricultural practice has also led to decrease in crop yield and biodiversity. Over the past few decades human activity has reduced the content of organic matter and organic carbon in the soil causing many harmful effects like erosion, decrease of the soil vitality and intensified pest attack. Microorganisms play an important role in many vital processes that take place in the soil and it is of utmost importance to preserve soil biodiversity. There is a need for stronger control of the implementation of a set of activities that will reduce the losses of organic matter and thereby halt the process of destroying biodiversity. There is a set of activities which help in the preservation and increase of soil organic matter such as compost usage, reduced soil treatment, increase in biomass production and green fertilization.

Key words: Soil organic matter, biodiversity, ecosystems, agricultural production, soil degradation.

## 12. POPIS TABLICA

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1. Dinamika dekompozicije prema kemijskoj strukturi vodikovih lanaca .....                           | 6  |
| Tablica 2. Količina organskog ugljika u tlima Europe .....   | 15 |
| Tablica 3. Procijenjene vrijednosti smanjenja razina organskog ugljika tla .....                             | 18 |
| Tablica 4. Procijenjene vrijednosti smanjenja razine organskog ugljika u tlu izgubljenog putem erozije ..... | 18 |
| Tablica 5. Utjecaj organizama tla na zemljišne procese ekosustava .....                                      | 29 |
| Tablica 6. Pregled važnih organizama tla prema njihovoj veličini .....                                       | 33 |
| Tablica 7. Procijenjeni postotci poznatih vrsta organizama unutar tla i na površini .....                    | 38 |

### 13. POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. Primjer tla s dubokim humusno – akumulativnim slojem.....  | 4  |
| Slika 2. Količina humusa u % u Ukrajini .....   | 5  |
| Slika 3. Sadržaj organske tvari u tlima Europe .....  | 13 |
| Slika 4 Utjecaj vlage i temperature na količinu organske tvari.....   | 14 |
| Slika 5. Sadržaj organskog ugljika na području južne Europe .....   | 15 |
| Slika 6. Procjena razina sadržaja organskog ugljika u svjetskim tlima.....  | 16 |
| Slika 7. Spaljivanje žetvenih ostataka je jedan od uzroka smanjenja organske tvari u tlu kao<br>i biološke raznolikosti tla ..... | 20 |
| Slika 8. Pšenica je jedna od najčešćih kultura koja se uzgaja u monokulturnom sustavu<br>proizvodnje.....                         | 22 |
| Slika 9. Golo tlo.....  | 22 |
| Slika 10. Prosječan gubitak tla na obradivim površinama u EU .....  | 25 |
| Slika 11. Procijenjene vrijednosti smanjenja vodene erozije zbog implementacija mjera<br>borbe protiv erozije u EU .....          | 26 |
| Slika 12. Rizik od gubitka organskog ugljika u tlima EU .....   | 28 |
| Slika 13. Hranidbena mreža tla.....   | 32 |
| Slika 14. Utjecaj poljoprivredne prakse i vanjskih čimbenika na bioraznolikost tla .....  | 35 |
| Slika 15. Procijenjene vrijednosti rasprostranjenosti nematoda u Europi.....  | 39 |

## 14. POPIS GRAFIKONA

|  |    |
|--|----|
| Grafikon 1. Sastav dijelova organske tvari tla.....  | 3  |
| Grafikon 2. Akumulacija organske tvari u A horizontu travnjaka ovisno o godišnjoj količini oborina i godišnjoj temperaturi zraka.....              | 8  |
| Grafikon 3. Konzumacija peradi u svijetu i Europskoj Uniji izražena u kilogramu mesa po glavi stanovnika u razdoblju od 2000. do 2017. godine..... | 11 |
| Grafikon 4. Utjecaj plinova na klimatske promjene (iz prirodnih i antropogenih izvora) ..  | 23 |

## **15. POPIS DIJAGRAMA**

|   |    |
|---|----|
| Dijagram 1. Sastav organske tvari tla.....  | 13 |
| Dijagram 2. Uloga složene zajednica organizama tla.....                             | 33 |
| Dijagram 3. Najvažniji čimbenici koji utječu na bioraznolikost agroekosustava ..... | 37 |



# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet Agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij, smjer Ekološka poljoprivreda

## Uloga organske tvari tla u agroekosustavu

Ante Bubalo

### Sažetak:

Organska tvar tla je važan čimbenik u očuvanju ekosustava u svijetu te je njena prisutnost u tlima od ključne važnosti za nesmetano odvijanje nekoliko ključnih funkcija tla. Kao izvor biljnih hraniva i osnovni činitelj strukture tla, uloga organske tvari u agroekosustavu se ogleda kroz utjecaj na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, ciklus kruženja hraniva, proces mineralizacije, sekvestraciju hraniva, degradaciju polutanata u tlu, kontrolu vrste i brojnosti organizama u tlu, fiksaciju CO<sub>2</sub>, i dr. Smanjenjem zaliha organske tvari u tlu lošom poljoprivrednom politikom i praksom je uzrokovalo i smanjenje prinosa i bioraznolikosti. Proteklih nekoliko desetljeća se čovjekovim aktivnostima sadržaj organske tvari i organskog ugljika u tlu smanjuje što uzrokuje mnoge štetne pojave poput erozije, slabljenja vitalnosti tla te pojačanog napada štetnika uzgajanih kultura. Mikroorganizmi imaju važnu ulogu u mnogim vitalnim procesima koji se odvijaju u tlu te je od iznimne važnosti očuvati bioraznolikost tla. Potrebna je jača kontrola implementacija skupa aktivnosti koji će dovesti do smanjivanja gubitaka organske tvari a samim time i zaustavljanja procesa uništavanja bioraznolikosti. Postoji skup aktivnosti koji pomažu u očuvanju i povećanju organske tvari tla poput upotrebe komposta, reducirane obrade tla, povećanja proizvodnje biomase te primjene zelene gnojidbe.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** prof. dr. sc. Irena Jug

**Broj stranica:** 45

**Broj grafikona i slika:** 19

**Broj tablica:** 7

**Broj literaturnih navoda:** 29

**Broj priloga:**

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** organska tvar tla, bioraznolikost, agroekosustavi, poljoprivredna proizvodnja, degradacija tla

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. Izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, predsjednik
2. Prof.dr.sc. Irena Jug, mentorica
3. Prof.dr.sc. Vesna Vukadinović, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**  
**University Graduate Studies, Organic agriculture**

**Graduate thesis**

### **The role of soil organic matter in agroecosystem**

**Ante Bubalo**

#### **Abstract:**

Organic matter is an important factor in preservation of the global ecosystems and its presence in the soil is of crucial importance for the smooth running of several key soil functions. As the source of plant nutrients and the primary factor of soil structure, the role of organic matter in the agroecosystem is reflected through the influence on physical, chemical and biological properties of the soil, the cycle of plant nutrients, mineralization process, sequestration of the nutrients, degradation of pollutants in the soil, control of the species and number of organisms in the soil, CO<sub>2</sub> etc. Reduction of the stock of organic matter in soil by poor agricultural practice has also led to decrease in crop yield and biodiversity. Over the past few decades human activity has reduced the content of organic matter and organic carbon in the soil causing many harmful effects like erosion, decrease of the soil vitality and intensified pest attack. Microorganisms play an important role in many vital processes that take place in the soil and it is of utmost importance to preserve soil biodiversity. There is a need for stronger control of the implementation of a set of activities that will reduce the losses of organic matter and thereby halt the process of destroying biodiversity. There is a set of activities which help in the preservation and increase of soil organic matter such as compost usage, reduced soil treatment, increase in biomass production and green fertilization.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** Full Professor Irena Jug

**Number of pages:** 45

**Number of figures:** 19

**Number of tables:** 7

**Number of references:** 29

**Number of appendices:**

**Original in:** Croatian

**Key words:** Soil organic matter, biodiversity, ecosystems, agricultural production, soil degradation

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Associate Professor Boris Đurđević, chairman
2. Full Professor Irena Jug, mentor
3. Full Professor Vesna Vukadinović, member

**Thesis deposited at:** Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek