

# Degradacija tla

---

**Martić, Gabriјela**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*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:151:615622>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**



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 AGROBIOTEHNIČKI ZNANOSTI OSIJEK

Gabrijela Martić ,

Sveučilišni preddiplomski studij

Smjer Hortikultura

**Degradacija tla**

Završni rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKI ZNANOSTI OSIJEK

Gabrijela Martić ,

Sveučilišni preddiplomski studij

Smjer Hortikultura

**Degradacija tla**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Irena Jug, mentor
2. izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, član
3. prof. dr. sc. Danijel Jug, član

Osijek, 2020.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni preddiplomski studij, smjer Hortikultura

Završni rad

Gabrijela Martić

### Degradacija tla

**Sažetak:** Degradacija tla je pogoršanje nekih ili svih svojstava tla čime tlo postaje manje pogodno ili je skroz neupotrebljivo za proizvodnju hrane. Degradacija se javlja i kao posljedica pogoršanja fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla, a rezultira zbijanjem, salinizacijom, acidifikacijom, onečišćenjem tla, gubitkom tla erozijom, gubitkom organske tvari tla, smanjenom biološkom raznolikošću, dezertifikacijom i itd. Degradacija tla predstavlja i globalni problem s posljedicama kao što su upitna sigurnost hrane, klimatske promjene, osjetljivost na sušu, smanjena kvaliteta pitke vode, upravljanje rizikom od poplava, smanjena otpornost poljoprivrede na suočavanje s novim bolestima, smanjenjem biološke raznolikosti, itd. Degradacija se može ograničiti, smanjiti i izbjeći odgovarajućim mjerama održivog gospodarenja tlom na način da se održi razina produktivnosti i kvalitete tla.

**Ključne riječi:** degradacija tla, procesi degradacije, održivo gospodarenje tlom, proizvodnja hrane, kvaliteta tla

31 stranica, 16 slika, 30 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
Undergraduate University study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

Gabrijela Martić

### Soil degradation

**Summary:** Soil degradation is the deterioration of some or all of the properties of the soil which results in the soil becoming less viable or completely unusable for food manufacturing. Soil degradation occurs as a consequence of physical, chemical or biological deterioration of soil properties, and results in compaction, salinization, acidification of the soil, soil pollution, the loss of soil to erosion, the loss of soil organic matter, a reduction in soil biodiversity and soil desertification. Soil degradation also represents a global problem with consequences such as: questionable food safety, climate change, drought sensitivity, reduced quality of drinking water, flood risk management, reduced agricultural resilience in regards to fighting new diseases and the reduction in biological diversity. Soil degradation can be limited, decreased or completely avoided by using the appropriate sustainable soil management resources in such a way as to maintain the level of productivity and the quality of the soil.

**Key words:** soil degradation, degradation processes, sustainable soil management, food production, soil quality

31 pages, 16 figures, 30 literature references

The thesis is stored in the Library of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in the digital repository of bachelor's and master's thesis of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Uzroci degradacije tla.....	4
3. Kemijski procesi degradacije tla .....	5
3.1. Acidifikacija (zakiseljavanje) tla .....	5
3.2. Salinizacija (zaslanjivanje) i alkalizacija tla.....	7
3.3. Onečišćenje tla.....	9
3.4. Fitotoksični efekt i depresija rasta .....	10
3.5. Ugrožavanje akvatičnih ekosustava.....	11
4. Fizikalni procesi degradacije tla.....	13
4.1. Erozijska tla.....	13
4.1.1. Erozijska tla vodom .....	14
4.1.2. Erozijska tla vjetrom .....	17
4.2. Zbijenost tla .....	18
4.3. Pokorica .....	19
4.4. Dezertifikacija.....	21
5. Biološki procesi degradacije tla .....	24
5.1. Smanjenje ili gubitak organskog ugljika tla.....	24
5.2. Smanjenje biološke raznolikosti .....	25
6. Zaključak.....	27
7. Popis literature .....	29
8. Popis slika .....	32

## 1. UVOD

Tlo je prirodni resurs s ključnim ekološkim, ekonomskim i socijalnim funkcijama. To je gornji dio Zemljine kore koji se sastoji od mineralne i organske komponente te pora ispunjenih zrakom i vodom.

Tlo je bitna komponenta kopnenog okoliša i tvori sučelje između geosfere, atmosfere, hidrosfere i biosfere (Doran i Parkin, 1994.). Tlo je nositelj brojnih funkcija neophodnih za život na Zemlji jer osigurava proizvodnju hrane, stvara biomasu, izvor je sirovina, predstavlja stanište i rezervu gena te skladišti, filtrira i izmjenjuje hranjive tvari, vodu i ugljik (Jug, 2013.). Neophodan je medij za brojne organizme što značajno utječe na biološku raznolikost te ujedno i na održivost agroekosustava.

Zbog sporog nastajanja tla (u humidnom klimatu za 500 godina nastaje 2,5 cm tla, Held i sur., 1998.), ovaj medij je izrazito podložan procesima degradacije i prijetnjama koje u relativno kratkom vremenskom razdoblju mogu značajno privremeno ili trajno onesposobiti njegove funkcije. Posljedice degradacije tla su smanjenje efektivne plodnosti tla smanjenje ili gubitak bioraznolikosti tla te je zaštita tla jedno je od ključnih pitanja zaštite okoliša.

Degradacija tla rezultira gubitkom kritičnih funkcija i usluga ekosustava. Ove funkcije i usluge uključuju proizvodnju hrane, goriva i vlakana osiguravajući dovoljne zalihe čiste vode, pružajući platformu za izgrađeno okruženje, djelujući kao tampon protiv ekstremnih klimatskih pojava, podržavajući biološku raznolikost i pružajući najveće terestičko skladište ugljika i hraniva (Janzen i sur., 2011.)

Degradirajuća tla pokrivaju otprilike 24% ukupne svjetske kopnene površine što znači da pokrivaju 35 milijuna km<sup>2</sup> ili 3500 milijuna ha (Ball i sur., 2007.).

Degradacija tla je pogoršanje nekih ili svih svojstava tla čime tlo postaje manje pogodno ili je neupotrebljivo za proizvodnju hrane. Javlja se kao posljedica višestrukih procesa koji izravno i neizravno smanjuju upotrebljivost tla u svojoj osnovnoj funkciji a to je proizvodnja hrane. Prema FAO (2020.) degradacija tla je „promjena zdravstvenog stanja tla što rezultira smanjenom sposobnošću ekosustava za pružanje dobara i usluga svojim korisnicima“ (<http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/>).

Degradacija tla je vrlo kompleksan pojam. Opseg i vrsta problema koja je prisutna u procesima degradacije ovise o razmjeru i prirodi vanjskih pritisaka u kombinaciji s osjetljivošću i otpornošću samog tla - što se određuje svojstvima i načinom gospodarenja tlom. Degradacija tla može se ograničiti, smanjiti i izbjeći odgovarajućim mjerama gospodarenja tlom.

Degradacija tla se javlja kao posljedica pogoršanja fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla što rezultira zbijanjem tla, zaslanjivanjem, zakiseljavanjem, gubitkom tla erozijom, onečišćenjem tla, smanjenjem biodivergentnosti, gubitkom organske tvari tla, itd. Ove pojave predstavljaju kritičan i rastući globalni problem s jasnim posljedicama koja uključuju sigurnost hrane, klimatske promjene, upravljanje rizikom od poplava, tolerantnost na sušu, kvalitetu pitke vode, otpornost poljoprivrede na suočavanje s novim bolestima, biološkom raznolikošću kao i budućim genetskim resursima.

Pri raspravi o klimatskim promjenama rijetko se ukazuje njihov utjecaj na tlo, iako je poznato da tla do dubine od jednog metra, sadrže 1500 milijardi tona organskog ugljika. Tlo sadrži velike količine ugljika (C) i dušika (N) koji mogu biti ispušteni u atmosferu, ovisno o načinu gospodarenja zemljištem (krčenje šuma i dr.), a to utječe na globalno zatopljenje kao i na degradaciju tla ( Lal, 2004.).

Najnovije procjene govore da svake godine degradacija tla utječe na 1,9 milijardi hektara tla, što rezultira velikim gubitcima površina s funkcijom proizvodnje hrane (12 milijuna hektara). 24 milijarde tona plodnog tla nepovratno se ispiru ili premješta erozijom (3,4 t po stanovniku). Također se predviđa da će to dovesti do smanjenja globalne proizvodnje hrane za 12 % u slijedećih 25 godina, što će rezultirati povećanjem svjetskih cijena hrane za oko 30 % ( UNCCD, 2015.).

Kako bismo osigurali dostatnu proizvodnju hrane na tlu kao supstratu za biljnu proizvodnju, potrebno je održavati razinu produktivnosti i kvalitete tla. Proces formiranja tla je 10 do 40 puta sporiji u odnosu na procese gubitaka (Pimentel i Burgess, 2013.). Važno je potražiti alternativne načine intenziviranja i korištenja održivih tehnika upravljanjem zemljišta. Danas postoje nova shvaćanja u načinu gospodarenja prirodnim resursima, a predmet je najširih rasprava, istraživanja i provjere ideja održivog gospodarenja tlom Sustainable Land Management- SLM). SLM je gospodarenje koje održava proizvodnju i podiže njenu razinu, smanjuje nesigurnost proizvodnje, štiti prirodne izvore dobara i sprječava degradaciju

prirodnih resursa, ekonomski je održivo i socijalno prihvatljivo. (Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje).

Tlo je iznimno važan prirodni resurs posebice za budućnost čovječanstva te ga je potrebno zaštititi i poboljšati. Umjesto toga, danas je više od polovine plodnih tala (52%) za proizvodnju hrane na globalnoj razini klasificirano kao degradirana tla (UNCCD, 2015.). Glavni uzroci su krčenje šuma, prekomjerna ispaša i loše upravljanje poljoprivredom.

Cilj rada je opisati najznačajnije prijetnje prema tlu koje dovode do degradacije tla na način da ugrožavaju ili onesposobljavaju njegove vitalne funkcije te navesti koji su to procesi i oblici degradacije.



## 2. UZROCI DEGRADACIJE TLA

Degradacija tla je gubitak proizvodnog kapaciteta tla u smislu gubitka plodnosti tla, biološke raznolikosti tla i degradacije njegovih svojstava. Uzroci degradacije tla uključuju onečišćenje/zagađenje poljoprivrede, industriju, gubitak obradivog zemljišta zbog urbane ekspanzije, prekomjernu ispašu i provođenje neodrživih poljoprivrednih praksi, smanjenje biološke raznolikosti tla te sveprisutne klimatske promjene (Maximillian i sur., 2019.).

Degradacija tla je obično uzrokovana neprimjerenim korištenjem zemljišta i gospodarenjem tla na način da se ugrožava samoregulirajući kapacitet tla.



Slika 1. Karta degradiranih tala u svijetu

(Izvor: <https://earthbound.report/2017/02/01/a-map-of-global-soil-degradation/>)

Degradacija tla predstavlja problem globalnih razmjera (slika 1.) - od ukupno 13,5 milijardi hektara zemljišta kojom raspolaže svjetska populacija 2 milijarde hektara je degradirano zemljište (Špoljar, 2016.).

Pojedini procesi degradacije tla imaju prirodne uzroke, ali se njihovo napredovanje ubrzava antropogenim djelovanjem. Prema Fitzpatricku (2002.) prirodna degradacija tla sporije nastupa u odnosu na degradaciju uzrokovanu ljudskom djelatnošću zbog relativno stabilnog stanja između nastanka (pedogeneze) i gubitka tla (degradacijom).

Degradacija tla u konačnici predstavlja degradaciju kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla.

### **3. KEMIJSKI PROCESI DEGRADACIJE TLA**

Kemijska degradacija je definirana kao akumulirani negativni utjecaj kemikalija i kemijskih procesa na ona svojstva koja reguliraju životne procese u tlu. Tlo kao „živi organizam“ ima složen sustav samoregulacije. "Zdravo" tlo ima važne kemijske i biološke atribute, uključujući opskrbu hranjivim tvarima, visok puforni kapacitet, razgradnju organske tvari, uništavanje patogena, inaktiviranje toksičnih metala i dr. Ova svojstva su dobro izražena u „zdravom“ tlu, ali njihovi su kapaciteti ograničeni i mogu se narušiti neadekvatnim načinom gospodarenja tlom.

Stupanj utjecaja na ove procese definira stupanj kemijske degradacije. Kao i kod gubitka tla, važno je utvrditi koliko je kemijska degradacija podnošljiva. Razlika je, međutim, u tome što se za razliku od gubitka tla, koji je u kratkom roku u osnovi nepovratan, kemijska degradacija se može u nekim slučajevima anulirati (višak kiselosti može se lako neutralizirati kalcizacijom), međutim nakupljanje onečišćivača do toksičnih razina može biti ireverzibilno (Logan, 1990.).

Iako degradacija kemijskih svojstava tla može biti uzrokovana i prirodnim procesima (erupcija vulkana, požari, itd.) prema Jug (2013.) degradacija kemijskih svojstava tla najčešće obuhvaća promjene koje se pripisuju primjeni agrokemikalija (kao što su mineralna gnojiva, pesticidi, stimulatori rasta, desikator, itd) ili su posljedica kemijske kontaminacije tla zbog prekomjernog ili nepravilnog odlaganja otpada.

#### **3.1. Acidifikacija (zakiseljavanje) tla**

Posljedice degradacije kemijskih svojstava su i promjena pH reakcije tla. Prema Špoljaru (2016.) na procese acidifikacije tla utječu brojni čimbenici poput genetsko - evolucijskog stadija razvoja tla (odnosno tip tla), klimatskih uvjeta, organizama i čovjeka.

Zakiseljavanje tla je prirodan je proces koji može biti ubrzan (nekim ljudskim aktivnostima) ili usporen (pažljivim odabirom adekvatnih načina gospodarenja tlom). Industrijske i rudarske aktivnosti dovode do zakiseljavanja tla zbog kiseline nastale oksidacijom pirita i od kiselih taloga uzrokovanih emisijom sumpora (S) i dušika (N).

Prirodno zakiseljavanje tla može biti geogenog ili pedogenog porijekla (Mesić i sur., 2009.). Geogeno porijeklo kiselosti tla rezultat je razvoja tla na kiselom matičnom supstratu, dok je

kiselost pedogenog podrijetla u svezi s neutralnim i bazičnim stijinama. Na zakiseljavanje tla, osim matičnog supstrata uvelike utječu i klimatske prilike, odnosno količine oborina. Kod povećane količine oborina (iznad 630 mm godišnje) dolazi do ispiranja baza s adsorpcijskog kompleksa tla što uzrokuje pad pH vrijednosti tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

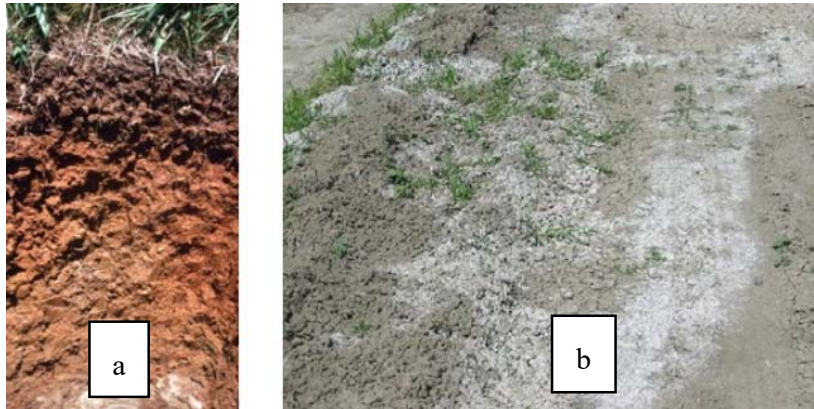
Smanjenje pH vrijednosti otopine tla može biti posljedica primjene fiziološki kiselih gnojiva sa sve manje balasta ili visokih doza gnojovke, kao i ispiranje baza iz tla te imisijska acidifikacija ("kisele kiše", Slika 2.).



Slika 2. Posljedica djelovanja kiselih kiša na okoliš

(izvor: <http://www.scienceclarified.com/A-AI/Acid-Rain.html>)

Posljedice acidifikacije su: pad pH vrijednosti tla, gubitak Ca i drugih baza (Slika 3.), uništavanje mikroorganizama tla, pogoršanje fizikalnih i bioloških svojstava tla, a sve u konačnici rezultira smanjenjem plodnosti tla (Jug, 2013.).



Slika 3. Usporedba tla prije (a) i nakon acidifikacije (b) gdje je posljedica ispiranje baza s adsorpcijskog kompleksa

(izvor: <https://slideplayer.com/slide/9225936/>)

### 3.2. Salinizacija (zaslanjivanje) i alkalizacija tla

Salinizacija je pedogenetski proces koji je potpomognut akumulacijom lakotopivih soli u pojedinim dijelovima tla, a svojstven je području aridne i semiaridne klime (Vukadinović i Vukadinović, 2011.), dok je alkalizacija proces nastanka alkaliziranih tala. Prema Vukadinović i sur. (2014.) ukupne površine halomorfnih tala na Zemlji iznose oko 830 milijuna hektara od čega je oko 400 milijuna ha zaslanjenih površina, a ~ 430 milijuna ha alkalnih površina).

Salinizacija tla (Slika 4.) je drugi glavni uzrok degradacije tla (nakon erozije). Salinizacija uzrokuje pad poljoprivrednih zajednica već 10 000 godina. U svijetu se svakodnevno gubi oko 2000 ha obradive površine uslijed salinizacije (Shahid i sur., 2018.). Salinizacija može uzrokovati smanjenje prinosa za 10 do 25% za mnoge usjeve i može dovesti do dezertifikacije (Shahid i sur., 2018.). Problemi salinizacije mogu se pojaviti i u uvjetima veće aridnosti (prijelaz semihumidne prema semiaridnoj klimi). Proizvodnja povrća u staklenicima, plastenicima i na navodnjavanim površinama također može biti rizična zbog sekundarne salinizacije koja je uzrokovana navodnjavanjem vodom koja u sebi sadrži previsoku koncentraciju soli.

Prema FAO/UNESCO karti ukupne površine halomorfnih tala na Zemlji iznose približno 831 miliona ha.

Od 230 mil. ha navodnjavanih površina, prema Vukadinović i sur. (2014.) 45 mil. ha su zaslanjena ili su izložena sekundarnom zaslanjivanju, dok od 1,5 milijardi u suhom ratarenju – 2,1 % je salinizirano. Prema nekim procjenama procesi salinizacije i /ili alkalizacije svake minute odnesu oko 3 ha obradivih površina u svijetu (Vukadinović i sur., 2014.).

Izvor lakotopljivih soli može biti:

- direktan (voda za navodnjavanje i zaslanjene ili alkalizirane podzemne vode)
- indirektan (stijene zemljine kore i primarni minerali)



Slika 4. Salinizacija tla u poljoprivrednoj proizvodnji

(izvor: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96190-3\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96190-3_1))

Uzroci salinizacije tla su podzemne vode koje su obogaćene lakotopivim solima, čija razina se povećava u određenom dijelu godine te nakon ponovnog pada razine podzemne vode, dolazi do pojave iscvjetavanja soli (eflorescencije), Slika 5.



Slika 5. Iscvjetavanje soli na površini tla

(izvor: Weltz i sur., 2014.)

Uzrok alkalizacije tala je prisutnost iona natrija iz podzemnih voda. Zbog visoke koncentracije iona natrija ne dolazi do disocijacije drugih soli, posebice kalcijevog i magnezijevog karbonata, zbog čega u tlu dominiraju ioni natrija koji se vežu na koloide tla. Prema Špoljaru (2016.) ako ih ima više od 15 % u adsorpcijskom kompleksu tada je tlo alkalno.

Isti autor navodi kako alkalizirana tla imaju između 7 i 15 % iona natrija, a nealkalizirana manje od 7 %. Alkalna tla su izrazito nepovoljne strukture te imaju izuzetno malu infiltracijsku sposobnost. Natrijev ion ima veliku hidratacijsku opnu, zbog čega se tlo u vlažnim uvjetima pretvara u žitku masu, a nakon sušenja puca i poprima stubastu i prizmatičnu strukturu.

Visoka pH vrijednost vodene otopine tla onemogućava biljkama usvajanje gotovo svih mikroelemenata (osim Mo) što u konačnici rezultira smanjenim rastom, a u poljoprivrednoj proizvodnji, i smanjenim prinosom.

### **3.3. Onečišćenje tla**

Ekosustav je osnovna nedjeljiva, samoodrživa i samoobnovljiva organizacijska jedinica prirode u kojoj su živa bića i njihovo stanište ujedinjeni kruženjem tvari i protokom energije. Ubrzani tehnološki razvoj i povećane potrebe za sve većim količinama hrane uz intenzifikaciju poljoprivredne proizvodnje, dovele su do povećanog onečišćenja životne sredine što rezultira smanjenju mogućnosti prirodne regeneracije i bržem propadanju.

Tlo se onečišćuje raznim onečišćivačima kao što su: teški metali i potencijalno toksični esencijalni elementi, organske onečišćujuće tvari (pesticidi, industrijske kemikalije, nusproizvodi izgaranja i industrijskih procesa), radionuklidi i patogeni organizmi (Jug, 2016.).

Onečišćena tla (lokalno ili globalno) su tla u kojima se nalaze tvari koje se ne nalaze u prirodnom kemijskom, fizikalnom i biološkom sastavu tla (Jug, 2016.). Prema Jug (2016.) onečišćujućim tvarima smatraju se i tvari koje se uobičajeno unose u tlo, ali neadekvatnom primjenom (količine, vrijeme primjene, uvjeti u zemljištu i drugo) mogu prouzročiti štete po okoliš i/ili zdravlje ljudi.

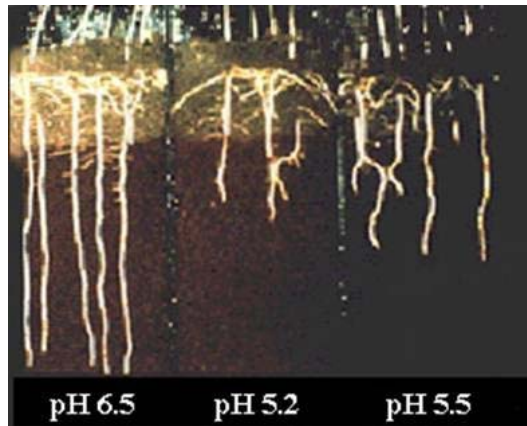
Izvori onečišćenja su: industrijska proizvodnja i usluge, industrijski otpad, gradski otpad, naftna industrija, rudarstvo, elektrane, skladišta, vojna aktivnost, promet, transportni izljevi, poljoprivredna djelatnost, incidentne situacije i ostalo.

Prema Kavvadiasu (2014.) kemijska degradacija je tla rezultat onečišćenja tla kemikalijama. Taj se kontaminacijski postupak može podijeliti na difuzno i izvorno onečišćenje. Kontaminacija tla iz difuznih i lokaliziranih izvora može dovesti do oštećenja nekoliko funkcija tla i onečišćenja površinskih i podzemnih voda. Funkcije tla na koje najviše utječe onečišćenje su njegova puferna sposobnost, filtriranje i transformacijski kapacitet. Difuzna onečišćenja tla općenito su povezana s atmosferskom depozicijom, određenim poljoprivrednim praksama i neadekvatnim recikliranjem i pročišćavanjem otpada i otpadnih voda. Onečišćivači se mogu isprati kišom i u tlo i iz tla u površinske i podzemne vode. Trenutno su najvažniji problemi onečišćenja tla iz difuznih izvora atmosfersko taloženje zakiseljivih i eutrofirajućih spojeva ili potencijalno štetnih kemikalija, taloženje onečišćujućih tvari iz tekuće vode ili samog erodiranog tla te izravna primjena tvari poput pesticida, mulja iz otpadnih voda, gnojiva i stajskog gnojiva koji može sadržavati teške metale.

### **3.4. Fitotoksični efekt i depresija rasta**

Kao posljedica degradacije kemijskih svojstava tla javlja se i ekološki poremećaj - fitotoksični efekt i depresija rasta. To se posebice odnosi na utjecaj mobilnog aluminija (Slika 6.) na kiselim tlima. Ovoj kategoriji oštećenja pripada i utjecaj rezidua pesticida koji u slučaju povećane koncentracije u tlu, naročito na tlima slabe puferne sposobnosti, dovode do kontaminacije tla (Jug, 2013.).

Relativno je mali je broj poljoprivrednih kultura, koje za svoj rast i razvoj zahtijevaju nizak pH. Kada je oksidoredukcijski potencijal (Eh) jednak ili manji od -100 mV odvijaju se redukcijski procesi, a kao rezultat toga pojavljuju se mobilni ioni aluminija i željeza, kao i povećane koncentracije gotovo svih (osim molibdena) mikroelemenata koje mogu doseći i toksične granice.



Slika 6. Depresija rasta korijena pamuka pri niskom pH i toksičnoj koncentraciji aluminija (izvor:[https://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Soil\\_Aluminum\\_and\\_test\\_interpretation.htm](https://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Soil_Aluminum_and_test_interpretation.htm))

### 3.5. Ugrožavanje akvatičnih ekosustava

Agrikultura može biti izvor onečišćenja i / ili zagađenja vodenih ekosustava zbog mogućnosti ispiranja hranjivih tvari iz mineralnih i organskih gnojiva, te ostalih agrokemikalija (pesticidi, stimulatori rasta, itd).



Slika 7. Eutrofikacija vode kao posljedica primjene dušičnih gnojiva (izvor: <https://www.nytimes.com/2017/07/27/climate/nitrogen-fertilizers-climate-change-pollution-waterways-global-warming.html>)



Ispiranje hranjivih tvari u podzemne vode nije isto za sve elemente pa se tako najviše ispiru toplivi oblici dušika ( $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NO}_2^-$ ), a mogu se isprati fosfor i kalij, kalcij, magnezij i natrij. Najmanje se ispiru teški metali. Posljedica ispiranja je smanjena uporabljivost tih voda i njihova postupna eutrofikacija (Slika 7.)

Iako sve tvari koje se ispiru iz tla nisu štetne, one mogu uzrokovati poremećaj odnosa pojedinih bioloških vrsta u vodi, favorizirajući jedne na račun drugih, a neke i uništavaju.

## 4. FIZIKALNI PROCESI DEGRADACIJE TLA

Fizikalna degradacija tla uključuje uništavanje strukture tla, raspršivanje čestica tla, smanjivanje poroznosti, kompresiju i povećanje gustoće tla, konsolidaciju, zbijanje i smanjenje penetracije korijena, slabu infiltraciju, otjecanje te ubrzanu eroziju. Ukoliko je tlo bez vegetacije, ovi procesi mogu uzrokovati dezertifikaciju u sušnim i semiaridnim regijama. Krajnji rezultat je gubitak sposobnosti tla za pružanje usluga ekosustavima.

Prema Osmanu (2013.) u svijetu postoji oko 68,3 mil. ha zbijenog tla što čini 4 % degradacije tala izazvane ljudskom aktivnošću. Zbijanje tla je globalni problem povezan s mehaniziranom poljoprivredom, što je uzrokovalo smanjenje prinosa za 25–50% u nekim regijama Europe i Sjeverne Amerike, te između 40 i 90 % u zapadnoafričkim zemljama (Osman, 2013.).

Za održivo korištenje zbijenih tala preporučuje se planirano i integrirano gospodarenje tлом koje uključuje reduciranu, konzervacijsku i pravovremenu obradu tla, povećanu humizaciju, pokrivanje tla - malčiranjem, rotaciju usjeva, itd. Dezertifikacija je proces degradacije tla koji se događa uglavnom u sušnim i semiaridnim regijama zbog antropogenog djelovanja na ekosustave u kombinaciji s nepovoljnim klimatskim uvjetima. Ujedinjeni narodi procjenjuju da je dezertifikacijom pogođeno oko 70 % aridnih površina, što predstavlja oko 30 % svjetskih obradivih površina.

### 4.1. Erozija tla

„Erozija tla je proces kojim se dio čestica tla prirodno i antropogenim djelovanjem pod utjecajem prirodnih sila – vode (samo na nagnutim terenima) i vjetra odvaja od svoje mase i premješta na manju ili veću udaljenost“ (NN 22/2019).

Proces erozije odvija se u tri faze:

- odvajanje pojedinih čestica od mase tla
- prenošenje erozijskog materijala (vodom i vjetrom)
- taloženje (depozicija)

Proces erozije ovisi o nagibu tla, količini i intenzitetu oborina, biljnom pokrovu, brzini i učestalosti vjetra i o svojstvima tla (propusnost tla za vodu, struktura tla i dr.).

Gubitak plodnog tla često se javlja kao posljedica erozije vodom (slika 10.) ili vjetrom (Slika 11.), ali i antropogenim djelovanjem (obrada tla).

#### 4.1.1. Erozija vodom

Erozija izazvana vodom (Kisić, 2016.) dijeli se na :

- eroziju kišom:
  - o plošna: ravnomjeran kontinuiranu gubitak površinskog sloja tla do 5 cm dubine (Slika 8.)
  - o brazdasta: odnošenje tla brazdama od 20 – 30 cm dubine (Slika 9.)
  - o jaružna: odnošenje tla i dijela matičnog supstrata na dubini od 1 – 5 m
  - o bujična
  - o dubinska na kršu
  - o klizišta
- riječnu eroziju:
  - o dna
  - o obala
- morsku (jezersku) eroziju:
  - o abrazija (valovima)



Slika 8. Plošna erozija kišom

(izvor: Špoljar, 2016.)



Slika 9. Brazdasta erozija

(izvor: [http://pedologija.com.hr/Literatura/Zem\\_resursi/Izbor%20i%20uredjenje%20terena.pdf](http://pedologija.com.hr/Literatura/Zem_resursi/Izbor%20i%20uredjenje%20terena.pdf))



Slika 10. Erozija obradive površine vodom

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



Slika 11. Erozijska vjetrova

(izvor: <https://www.environment.nsw.gov.au/topics/land-and-soil/soil-degradation/wind-erosion>)

Erozijska kišom nastaje djelovanjem kišnih kapi čiji udari razbijaju strukturne agregate tla. Te se čestice ponovno talože na površini tla tvoreći pokoricu tla te ograničavaju infiltraciju vode popunjavajući makro pore između agregata tla. Pokorica tla u početku može tlo učiniti otpornijim na erozijsku kišnim kapima, međutim ovdje je prisutan drugi oblik erozije i to onaj izazvan površinskim otjecanjem.

Površinsko otjecanje predstavlja otjecanje vode bez ulaska u tlo te je jedan od značajnijih pokretača erozije tla. Proces koji utječu na otjecanje vode imaju veliku važnost u analizi intenziteta erozije, a mjere kojim smanjujemo intenzitet otjecanja i stvaranja pokorice su od velike važnosti za očuvanje tla. Sekundarna mjera zaštite je mikro reljef površine tla, struktura tla kao i prisutnost ili odsutnost makro pora u obliku pukotina tla.

Erozijska nasipa pokreće se kada je voda koncentrirana u malim kanalima dok protječe kroz površinu tla. Nastali mali kanali se mogu izravnati obradom tla. Erozijska vodom također može prouzročiti duboke nepravilne kanale (međubrazdna erozijska), a oni predstavljaju prepreku mehanizaciji te ih je teško otkloniti uobičajenom obradom tla. Mjesta taloženja sedimenata unutar ili ispod polja predstavljaju dokaz erozije tla vodom.

Prema Kisić i sur., (2005.) najzastupljeniji oblici erozije vodom u Europi su brazdasta, međubrazdasta i jaružna erozijska tla. Brazdasta i međubrazdasta erozijska pojavljuju se na

poljoprivrednim, a jaružna na poljoprivrednim i šumskim površinama. Dominantan degradacijski proces u Europi je erozija vodom, a jako degradiranim tlima smatra se 9,8 % površina (Van Der Knijf i sur., 2000.).

#### *4.1.2. Erozija vjetrom*

Erozija tla vjetrom (eolska erozija) vrlo je rijetko prisutna na tlima pod prirodnom vegetacijom, dok su poljoprivredne površine izrazito ugrožene ukoliko na njima nema zasijanih kultura.

Na eroziju vjetrom utječe ljudska aktivnost, geološki i klimatski čimbenici, a ona direktno dovodi do degradacije zemljišta, a indirektno ima negativan utjecaj na kvalitetu zraka. Posljedice erozije vjetrom su emisije prašine koje su najveći izvor aerosola, a direktno ili indirektno utječu na ravnotežu atmosferske radijacije čime utječu na klimatske promjene, okoliš, ljudsko zdravlje i gospodarske aktivnosti.

Sveukupna količina atmosferske prašine potječe od tala koja se kultiviraju ili su u procesu deforstacije ili erozije vjetrom. Erozijski vjetrom uvelike utječe na pad plodnosti tla. Uzrok je odnošenje finih čestica tla i organske tvari što predstavlja najplodniji dio tla koji sadrži hranjive tvari.

Prema Kisiću (2016.) vrlo je teško identificirati erozijske procese vjetrom s obzirom da zahvaćaju šire područje a čestice tla se raznose zračnim strujama u okoliš. Posljedice erozije vjetrom mogu biti izravne i neizravne. Izravne posljedice koje su one koje su utvrđene na mjestu na kojem dolazi do erozije vjetrom, a manifestiraju se odnošenjem plodnoga obradivog sloja čime uzrokuju smanjenje plodnosti tla. Neizravne posljedice erozije vjetrom, odvijaju se na mjestima gdje zračne struje donesu i odlože čestice tla.

Prema Kisiću (2017.) neizravne posljedice mogu biti kratkotrajnog i dugotrajnog djelovanja. Posljedice kratkotrajnog djelovanja smanjuju kvalitetu života na način da se uslijed premještanja čestica tla u okoliš smanjuje vidljivost u prometu čime je ugrožena i sigurnost, zatim deponirane čestice se talože na prometnicama i u kanalima, na građevinskim objektima, javnim površinama itd. Ujedno smanjuje se vitalnost poljoprivrednih i šumskih biljaka uslijed taloženja prašine. Dugotrajno djelovanje, prema istom autoru, za posljedice ima prodiranje prašine i njezinih sastavnih dijelova u dišni sustav, onečišćenje zraka, taloženje potencijalno onečišćenoga nanosa organskim i anorganskim onečišćenjima na tlo,

fizikalno, kemijsko i biološko onečišćenje površinskih voda, povećanje eutrofikacije površinskih voda.

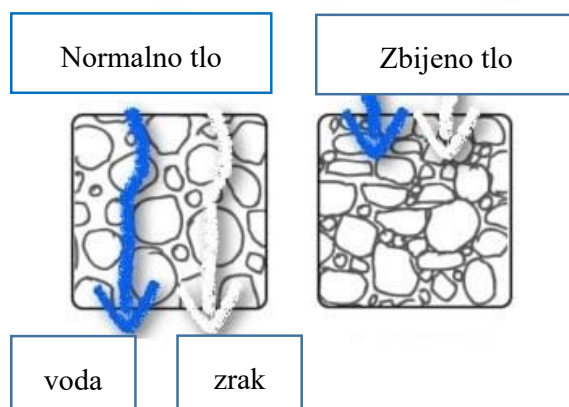
Prema Špoljaru (2016.) glavni pokazatelji koji određuju erozijske procese vjetrom su erozivnost klime i erodibilnost tla.

Erozivnost klime primarno ovisi o brzini vjetra, negativnoj temperaturi (vremenu i dužini zamrzavanja tla, količini vlage u tlu, (ne)prisutnosti vegetacijskog pokrova na površini tla), količini i distribuciji oborina i o evaporaciji. Različita zastupljenost ovih klimatskih elemenata određuje intenzitet, učestalost i trajanje eolske erozije (Kisić, 2017.)

Da bi se čestice tla pokrenule potrebna je odgovarajuća brzina vjetra ili trenja. Erodibilnost tla se može definirati kao njegova sposobnost da se odupre sili vjetra, a ovisi o pedološkim značajkama kao što su: tekstura tla, sadržaj organske tvari, trenutna vlažnost tla i struktura. Visoko erodibilna su pjeskovita tla s niskim sadržajem vlage i malim stupnjem stabilnosti agregata, a najotpornija na eroziju vjetrom su glinasta tla.

#### 4.2. Zbijenost tla

Zbijenost tla nastaje uslijed djelovanja prirodnih i antropogenih procesa (Jug i sur., 2015.). U prirodnim uvjetima javlja se u tlima s niskim sadržajem organske tvari tla. Zbijanje tla nastaje kada se čestice tla tlače uz smanjivanje prostora pora između njih (Slika 12.). Rezultat zbijanja je porast mase tla po jedinici volumena (tzv. volumna gustoća tla) uz pogoršavanje strukture tla.



Slika 12. Razlika između „normalnog“ i zbijenog tla

(izvor: <https://ucanr.edu/blogs/dirt/index.cfm?tagname=soil%20compaction>)

Degradacija fizikalnih svojstava tla izazvanih poljoprivrednom proizvodnjom najčešće se javlja kao posljedica antropogenog zbijanja izazvanog velikim brojem prohoda teških strojeva (slikabb) , posebice po vlažnom tlu (Jug, 2013., Jug i sur., 2015.) što dovodi do kvarenja strukture, poremećaja vodo-zračnih odnosa u rizosfernom području, otežane penetracije korijena u dublje slojeve tla te slabijeg usvajanja hraniva (Slika 13.). Pri tom se javljaju i povećani troškovi obrade tla, povećanje utroška energije uz smanjenu kvalitetu obrade tla. Kvarenje strukture tla može biti i posljedica pada sadržaja humusa, kao rezultata brže mineralizacije organske tvari u uvjetima intenzivne obrade ili lošeg "prometa" organske tvari (Jug, 2013.).



Slika 13. Zbijenost tla uzrokovana prolaskom teške mehanizacije na vlažnom tlu

(izvor: <https://farmwest.com/book/export/html/961>)

Zbijenost tla ograničava dubinu ukorjenjivanja biljaka, ograničava infiltraciju vode što povećava površinsko otjecanje i opasnost od erozije tla vodom. Ujedno smanjuje akumulaciju (retenciju) vode u tlu, što za posljedicu ima smanjeno usvajanje vode i hranjivih tvari. Budući da se zbijanjem čestica tla smanjuje volumen pora koje tada sadrže više vode u odnosu na zrak, a to smanjuje temperaturu tla, pada aktivnost organizama tla te se usporava brzina dekompozicije organske tvari tla (žetvenih ostataka, organskih gnojiva i siderata) i oslobađanje hranjivih tvari.

### **4.3. Pokorica**

Nastajanje pokorice je jedna od čestih posljedica propadanja strukturnih tala, a uzroci koji dovode do stvaranje pokorice su zbijanje površine tla, mala infiltracija i velika evaporacija.



Pokorica (Slika 14.) je tanki gusti površinski sloj tla koji karakterizira niska poroznost, velika gustoća i niska propusnost zraka i vode. Pore su zatvorene zbog narušavanja strukture tla, bubrenjem gline ili mehaničkog zbijanja tla. Pokorica tla se može definirati kao površinski sloj tla koji je tvrd, kompaktan i lomljiv kada je suh.

Stvaranje pokorice može biti uzrokovano prirodnim čimbenicima ili je posljedica antropogeniziranja tala, koja uzrokuje poteškoće kod nicanja biljaka. Posebno su tome sklona tla bogata frakcijama praha, a siromašna humusom i kalcijem. Ujedno tla koja imaju povećanu koncentraciju  $\text{Na}^+$  sklonija su stvaranju pokorice jer Na djeluje kao peptizator (raspršuje čestice tla).



Slika 14. Pokorica tla

(izvor: <https://www.poljosfera.rs/agrosfera/agro-teme/ratarstvo/razbijanje-pokorice-u-ratarskim-usevima/>)

Pokorica otežava ili sprječava nicanje biljaka pa dovodi do prorjeđivanja usjeva. Tla s pokoricom su slabije aerirana, slabije upijaju vodu i brže je gube isparavanjem što za posledicu ima manji sadržaj vode u tlu. Ujedno, pokorica snižava temperaturu tla.

Na tlima s pokoricom je aktivnost korijena usjeva i korisnih mikroorganizama manja nego u tlima bez pokorice. Pokorica pravi štetu i usjevima koji su nikli i usjevima koji su u fazi klijanja i nicanja. Sve nabrojano ima za posljedicu značajno smanjenje prinosa.

#### 4.4. Dezertifikacija

Dezertifikacija (Slika 15.) je proces degradacije tla koji je izazvan ljudskom aktivnošću ili prirodnim putem, a posljedice su nepoželjne promjene vodnog režima tla pri čemu se plodna tla isušuju i pretvaraju u „pustinje“. Ovakva tla gube svoju osnovnu funkciju koja je neophodna za život na Zemlji, a to je proizvodnja funkcija.

Najpogodnija područja za razvoj dezertifikacije su ona s aridnom i semiaridnom klimom, gdje se s vremenom gubi biološka raznolikost što rezultira opstankom samo onih biljnih vrsta koje imaju vrlo male zahtjeve prema tlu.

Dezertifikacija, kao oblik degradacije fizikalnih svojstava, može biti uzrokovana antropogenim djelovanjem kada se biljni pokrov uništava (paljenjem, krčenjem, ispašom i dr.). Ukoliko su prisutni požari ili krčenje tada se uništava prirodna vegetacija te je tlo podložno eroziji.



Slika 15. Dezertifikacija u Indiji

(izvor: <https://www.jatinverma.org/desertification-in-india>)

Bez vegetacije, tlo ima povećanu evaporaciju što u konačnici rezultira pretjeranim isušivanjem tla. Pretjeranom ispašom, kada je količina stoke po jedinici površine u

postojećim suhim klimatskim uvjetima prevelika, dolazi do oštećenja biljnog pokrova brže nego što se on može obnoviti, te je takvo tlo sklono eroziji.

Utjecaj dezertifikacije na okoliš se ogleda kroz:

- Oštećenu ili uništenu vegetaciju
- Smanjenje plodnosti tla
- Pojačane erozije tla
- Povećane osjetljivost na prirodne katastrofe
- Zagađenja izvora pitke vode
- Izumiranje vrsta

Pojava dezertifikacije uzrokuje propadanje ili potpuno uništenje vegetacije jer tla koja su degradirana procesima dezertifikacije imaju izrazito nisku plodnost ili su potpuno „jalova“. Tla koja su degradirana procesima dezertifikacije podložna su eroziji jer nisu pokrivena niti prirodnom vegetacijom niti su sposobna za proizvodnu funkciju.

Dezertifikacija značajno utječe na ciklus ugljika. Kao posljedica uništavanja prirodne vegetacije i deforestacije dolazi do povećanja koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi. Pojavi efekta staklenika, odnosno povećanja količine ugljika u atmosferi, pridonosi i izgaranje fosilnih goriva, kao i masovan uzgoj stoke (pri čemu se oslobađaju sva tri plina zajedno).

Značajna količina ugljika pohranjena je u vegetaciji aridnih područja koja se drastično smanjuje ako ta vegetacija nestane, odnosno ako se uništi. Dakako, ugljikom bogata tla, koja se najčešće mogu naći u aridnim područjima, pohranjuju značajne količine ovog elementa.

S obzirom da je organska tvar veliki rezervoar ugljika na Zemlji, bilo da se radi o živoj organskoj tvari (npr. šume, trava, usjevi) ili mrtvoj organskoj tvari (npr. organska tvar tla-humus, žetveni ostaci), narušavanjem ravnoteže produkcije organske tvari (vezanje ugljika) i razgradnje organske tvari (oslobađanje ugljika), koja sve više odmiče u smjeru oslobađanja ugljika, dovodi do daljnjih procesa dezertifikacije.

Dezertifikacija značajno smanjuje biološku raznolikost što je posebno uočljivo u ruralnim sredinama i to u aridnim predjelima. U ovim je područjima adekvatna jedino ekstenzivna poljoprivreda – i po okoliš i po stanovništvo koje od takve poljoprivrede živi.

Vrlo važna posljedica dezertifikacije je negativan utjecaj na smanjenje rezervi svježe pitke vode, i to na način da direktno utječe na količinu i tokove riječne vode, kao i na razinu podzemne vode. Uslijed ovih procesa dolazi do pojačane salinizacije vode, narušavanja bioraznolikosti, ograničenja mogućnosti za ribolov, daljnje potrošnje vode za navodnjavanje itd.). Nedostatna količina vode rezultira nekontroliranoj potrošnji podzemnih rezervi pitke vode (čista voda u rezervoarima na velikim dubinama u tlu).

## **5. BIOLOŠKI PROCESI DEGRADACIJE TLA**

Biološki procesi degradacije tla odnose se na prirodne i antropogene aktivnosti koje svojim djelovanjem smanjuju plodnost tla. Prekomjerni rast bakterija i gljivica na nekom području može značajno utjecati na mikrobiološku aktivnost tla kroz biokemijske reakcije, što smanjuje prinose usjeva i kapacitet produktivnosti tla.

Biološki procesi degradacije tla obuhvaćaju smanjenje biološke raznolikosti i smanjenje organskog ugljika u tlu.

### **5.1. Smanjenje ili gubitak organskog ugljika tla**

Organska tvar tla, koju prema Lickacz i Penny (2001.) čine nerazgrađeni biljni ostaci i mikroorganizmi (1 – 10 %), aktivna organska frakcija (10 – 40 %) i stabilna organska tvar ili humus (40 – 60 %), izvor je energije za mikroorganizme tla i hrane za faunu tla te doprinosi biološkoj raznolikosti tla djelujući kao rezervoar hranjivih tvari u tlu poput dušika, fosfora i sumpora. Organski ugljik tla poboljšava strukturu tla te poboljšavajući fizikalna svojstva tla omogućava bolje prodiranje korijena kroz tlo. Organska tvar dobro adsorbira vodu - što je čini presudnim čimbenikom za vegetaciju na prirodno suhim i pjeskovitim tlima.

Tla koja sadrže organsku tvar imaju bolju strukturu koja poboljšava infiltraciju vode i smanjuje osjetljivost tla na zbijanje, eroziju, dezertifikaciju i klizišta. Tla Europe su ogroman rezervoar ugljika, koji sadrži oko 75 milijardi tona organskog ugljika. Raspadanjem organske tvari tla oslobađa se ugljikov (IV) oksid (CO<sub>2</sub>) u atmosferu, dok se s druge strane, formiranjem tla, CO<sub>2</sub> uklanja iz atmosfere.

Organski ugljik tla je glavna komponenta organske tvari u tlu. Podržava ključne funkcije tla od presudne važnosti za stabilizaciju strukture tla, zadržavanje i oslobađanje biljnih hranjivih tvari te omogućava infiltraciju vode i njeno skladištenje u tlu. Stoga je organski ugljik ključan za osiguranje zdravlja tla, plodnosti i proizvodnje hrane. Gubitak organskog ugljika u tlu ukazuje na određeni stupanj propadanja (degradacije) tla.

Tlo predstavlja najveći terestički rezervoar organskog ugljika čija količina ovisi o lokalnoj geologiji, klimatskim uvjetima i načinu korištenju zemljišta (između ostalih čimbenika okoliša). Procjenjuje se da su najveće količine organskog ugljika tla pohranjene u sjevernom

permafrostu, s oko 190 Pg C na dubini od 0-30 cm, većinom u tresetnim tlima (Tarnocai i sur., 2009.) Tamo se ugljik akumulira u tlima u ogromnim količinama zbog niskih temperatura što dovodi do slabe biološke aktivnosti i spore razgradnje organske tvari tla.

Na antropogeniziranim tlima redovna je pojava pad sadržaja organskog ugljika u tlu što znači i smanjenje organske tvari tla (odnosno humusa). Intenziviranjem poljoprivredne proizvodnje kulturni klimaks sadržaja humusa nalazi se na nižoj razini nego u tlu koje nije eksploatirano.

Uzroci opadanja humusa mogu biti prirodni (uslijed požara dolazi do razgradnje organske tvari tla) iako u poljoprivrednoj proizvodnji je najčešći uzrok intenzivna obrada (posebice oranjem gdje uslijed obrade tla dolazi do unošenja kisika u tlo – aeracija, što rezultira oksidacijom organske tvari, odnosno, oslobađanjem CO<sub>2</sub>) te primjena isključivo mineralnih gnojiva. Često se navodi kako neki od razloga pada sadržaja humusa u tlima leže i u činjenici da se spaljuju žetveni ostaci ili odvoze s polja te u izostanaku zelene gnojidbe (sideracije).

## 5.2. Smanjenje biološke raznolikosti

Biološka raznolikost (biodivergentnost) tla se definira kao varijabilnost živih organizama i ekoloških zajednica u tlu, a uključuje raznolikost unutar vrsta, kao i raznolikost između vrsta i ekosustava.



Slika 16. Biološka raznolikost tla

(Izvor: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/soil-biodiversity>)

Organizmi u tlu (Slika 16.) igraju vitalnu ulogu u održivom funkcioniranju ekosustava. Oni djeluju kao primarni pokretači ciklusa hranjivih tvari, reguliraju dinamiku organske tvari u tlu, sekvestraciju ugljika u tlu i emisiju stakleničkih plinova, modificiraju strukturu tla i vodni režim te utječu na zdravlje biljaka.

Smanjenje bioraznolikosti tla podrazumijeva smanjenje broja živih organizama u tlu što je najčešće posljedica smanjenja organske tvari tla i pogoršanje kemijskih i fizikalnih svojstava tla. Za biološku raznolikost razmatraju se dva ključna pitanja, a to su: raznolikost vrsta i biološke funkcije (dekompozicija organske tvari, mineralizacija).

Povećani pritisak stanovništva, neodrživo korištenje prirodnih resursa, kontinuirani gubitak poljoprivrednog zemljišta za nepoljoprivredne namjene i kontinuirano uništavanje ekosustava bogatih biološkom raznolikošću dovode do situacije u kojoj osiguravanje sigurnosti hrane može postati ozbiljan izazov. Onečišćenje tla agrokemikalijama ozbiljna je prijetnja mikrobnim zajednicama tla. Sanacija nastale štete može zahtijevati dugo vremena, a oštećena mjesta koja se mogu vratiti u relativno zdravo stanje više ne mogu poprimiti svoje izvorno (prirodno) stanje. Nepromišljeno korištenje prirodnih resursa, iskopine i industrijalizacija iscrpljuju organsku tvar tla što zauzvrat može narušiti biološku raznolikost tla i dugoročno utjecati na plodnost tla i produktivnost poljoprivrede.

## 6. ZAKLJUČAK

Prijetnje prema tlu, kao prirodnom resursu podložnom procesima degradacije, su kompleksne i često rezultiraju procesima degradacije čime se mogu značajno privremeno ili trajno onesposobiti funkcije tla.

S obzirom na porast ljudske populacije, čime se povećava i potreba za intenzivnijom poljoprivrednom proizvodnjom te porastom urbanizacije, površine plodnih tala na Zemlji postaju ograničene i ugrožene degradacijskim procesima. Uzroci degradacije tla mogu biti i razna onečišćenja, prekomjerna ispaša, gubitak biološke raznolikosti tla, smanjenje organske tvari tla uzrokovane neodrživim gospodarenjem tлом te klimatskim promjenama.

Procesi degradacije tla mogu biti kemijski, fizikalni i biološki. Svi ovi procesi su u međusobnim odnosima te degradacija jednog svojstva često utječe i na ostala svojstva tla.

Kemijska degradacija predstavlja negativan utjecaj agrokemikalija koje se primjenjuju u poljoprivrednoj proizvodnji, ali može biti uzrokovana i prirodnim procesima (erupcija vulkana, požari i sl.). Posljedice kemijske degradacije mogu biti: acidifikacija, salinizacija, onečišćenje tla, fitotoksičnost, depresija rasta, itd.

Fizikalna degradacija tla obuhvaća procese koji pogoršavaju strukturu tla, povećavaju sklonost ka stvaranju pokorice, dovode do smanjivanja poroznosti i povećanja volumne gustoće tla, povećavaju zbijanje tla, slabe infiltraciju, otjecanje te ubrzavaju eroziju.

Biološki procesi degradacije tla uzrokuju prirodne i antropogene aktivnosti koje svojim djelovanjem smanjuju plodnost tla. Ovi procesi degradacije tla obuhvaćaju smanjenje biološke raznolikosti i smanjenje organskog ugljika u tlu što za posljedicu imaju poremećaj u mikrobiološkoj aktivnosti tla. Ovi poremećaji utječu na potencijal mineralizacije, disanje tla, temperaturu tla, itd. što se u konačnici reflektira na smanjenje prinosa usjeva i smanjenje produktivnosti tla.

Degradacija tla predstavlja problem globalnih razmjera s kojim se suočava veliki dio svjetske populacije, što zbog nepovoljnog utjecaja na poljoprivrednu produktivnost i okoliš, a što zbog utjecaja na sigurnost hrane i kvalitetu života.



Kako bi zaštitili tlo i očuvali njegove prirodne funkcija nužno je spriječiti degradacijske procese. Sve promjene koje dovode do degradacije nisu nagle i zbog toga često dolazi do odlaganja pravovremeno poduzimanih mjera zaštite tla od navedenih destruktivnih procesa.

Kako je tlo teško obnovljivi prirodni resurs, a degradacijom njegovih svojstava značajno se smanjuje proizvodni kapacitet nekog tla čime je u pitanje dovedena i mogućnost proizvodnje dostatne količine hrane, nužno je provesti sve mjere gospodarenja tлом koje za cilj imaju smanjiti mogućnost degradacije tla i/ili povećati otpornost ovog resursa na brojne pritiske suvremene proizvodnje.

.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Ball, B.C., Batey, T., Munkholm, L.J. (2007.): Field assessment of soil structural quality—A development of the Peerkamp test. *Soil Use Manag.* 23, 329–337.
2. Doran, J. W., Parkin, T. B. (1994.): Defining and assessing soil quality. *Soil Science Society of America*, 35, 3-21.
3. Fitzpatrick, R.W. (2002.): *Land Degradation Processes*. ACIR Monograph No 84, 119-129.
4. Held, M., Kümmerer, K., Odendahl, K. (1998.): Preserving soils for life: the Tutzing project “Time ecology”. In: Proposal for a convention on sustainable use of soils. Ökom Verlag, Munich
5. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, (2020.): (<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=49324>) (datum pristupa:17.07.2020.)
6. FAO (2020.): Soil degradation. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/> (datum pristupa:13.07.2020.)
7. Janzen, H.H., Fixen, P.A., Franzluebbbers, A.J., Hattey, J., Izaurralde, R.C., Ketterings, Q.M., Lobb, D.A., Schlesinger, W.H. (2011.): Global Prospects Rooted in Soil Science. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75, 1–8.
8. Jug D., Birkás M., Kisić I. (2015.): Obrada tla u agroekološkim okvirima. Sveučilišni udžbenik. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tala (HDPOT), Osijek, Hrvatska, str. 275. ISBN: 978-953-7871-48-2
9. Jug, I. (2013.): Monitoring tla. Predavanja za studente. ([http://pedologija.com.hr/Literatura/Zem\\_resursi/Monitoring\\_tla\\_2013.pdf](http://pedologija.com.hr/Literatura/Zem_resursi/Monitoring_tla_2013.pdf)) (pristup dana: 13.07.2020.)
10. Jug, I. (2016.): Štetne tvari u tlu. Prezentacija za studente iz modula „Osnove agroekologije. ([http://opb.com.hr/literatura/Osnove\\_agroekologije/IJ-03\\_Stetne%20tvari%20u%20tlu.pdf](http://opb.com.hr/literatura/Osnove_agroekologije/IJ-03_Stetne%20tvari%20u%20tlu.pdf)) (datum pristupa: 16.07.2020.)
11. Kavvadias, V. (2014.): Soil degradation. Soil Science Institute of Athens-National Agricultural Research Foundation Research. <http://www.prosodol.gr/sites/prosodol.gr/files/Soil%20degradation%20by%20Victor.pdf> (datum pristupa: 16.07.2020.)

12. Kisić, I. (2016.): Antropogena erozija tla. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Str. 275
13. Kisić, I. (2017.): Erozijska vjetrom. Hrvatske vode, 25 (99), 1-12. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/179279>
14. Kisić, I., Bašić, F., Butorac, A., Mesić, M., Nestroy, O., Sabolić, M. (2005.): Erozijska tla vodom pri različitim načinima obrade. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
15. Lal, R. (2004.): Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123, 1-22.
16. Lickacz, J., Penny, D. (2001.): Soil organic matter. Alberta Department of Agriculture and Rural Development. (<http://www.byronseeds.net/pdfs/resources/Soil%20Organic%20Matter.pdf>) (datum pristupa 14.7.2020.)
17. Logan, T.J. (1990.): Chemical Degradation of Soil. U: Lal R., Stewart B.A. (eds) Advances in Soil Science. Advances in Soil Science, vol 11. Springer, New York, NY
18. Maximillian, J., Brusseau, M. L., Glenn, E. P., Matthias, A. D. (2019.): Chapter 25 - Pollution and Environmental Perturbations in the Global System. Environmental and Pollution Science (Third Edition), Pages 457-476
19. Mesić, M., Husnjak, S., Bašić, F., Kisić, I., Gašpar, I. (2009.): Suvišna kiselost tla kao negativni čimbenik razvitka poljoprivrede u Hrvatskoj. 44. hrvatski i 4. međunarodni skup agronoma, Opatija, str. 9-18 ([http://sa.agr.hr/pdf/2009/sa2009\\_p0002.pdf](http://sa.agr.hr/pdf/2009/sa2009_p0002.pdf)) (datum pristupa: 14.07.2020.)
20. NN 22/2019: Pravilnik o agrotehničkim mjerama. Ministarstvo poljoprivrede. ([https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_03\\_22\\_452.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_03_22_452.html)) (datum pristupa: 15.07.2020.)
21. Osman, K. T. (2013.): Physical Deterioration of Soil. Soil Degradation, Conservation and Remediation, 45–67.
22. Pimentel, D., Burgess, M. (2013.): Soil erosion threatens food production. Agriculture 3:443–463.
23. Shahid, S.A., Zaman, M., Heng, L. (2018.): Introduction to Soil Salinity, Sodicity and Diagnostics Techniques. In: Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Springer, Cham, str. 1-42

24. Špoljar, A. (2016.): procesi degradacije tla. Odabrano poglavlje iz predmeta Konzervacijska poljoprivreda. Križevci (<https://www.vguk.hr/multimedia/0bdf1dc1360d2f35b68ffcdcbcfa83517f91a0eb5905b11b62f814bd0249d4ef3c8e7beb1547202067.pdf>) (datum pristupa:13.07.2020.)
25. Tarnocai, C., Canadell, J. G., Schuur, E. A. G., Kuhry, P., Mazhitova, G., Zimov, S. (2009.): Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region, *Global Biogeochem. Cycles*, 23, GB2023, doi:10.1029/2008GB003327.
26. UNCCD, (2015.): Desertification, Land Degradation & Drought (DLDD): some global facts and figures. United Nations Conventions to Combat Desertification. Available from: (<http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/WDCD/DLDD%20Facts.pdf>) (datum pristupa :17.07.2020.)
27. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011.): Ishrana bilja. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
28. Vukadinović , V., Vukadinović, V., Jug , I., Kraljićak, Ž., Jug, D., Đurđević, B. (2014.): Model interpretacijske baze zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije. *Agronomski glasnik*.
29. Van Der Knijf, J.M., Montanarella, L. (2000.): Soil Erosion Risk Assesment in Europe, EUR 19044 Office for Official Publications of the European Communities, str. 34.
30. Wetzl, M., Nouwakpo, S., Green, C., Jolley, L.W., Frasier, G. (2014.): Salinity mobilization and transport from rangelands: assessment, recommendations, and knowledge gaps. United States Government. Str. 61

## 8. POPIS SLIKA

Slika 1. Karta degradiranih tala u svijetu .....	4
Slika 2. Posljedica djelovanja kiselih kiša na okoliš .....	6
Slika 3. Usporedba tla prije (a) i nakon acidifikacije (b) gdje je posljedica ispiranje baza s adsorpcijskog kompleksa.....	7
Slika 4. Salinizacija tla u poljoprivrednoj proizvodnji .....	8
Slika 5. Iscvjetavanje soli na površini tla .....	8
Slika 6. Depresija rasta korijena pamuka pri niskom pH i toksičnoj koncentraciji aluminija .....	11
Slika 7. Eutrofikacija vode kao posljedica primjene dušičnih gnojiva.....	11
Slika 8. Plošna erozija kišom.....	14
Slika 9. Brazdasta erozija .....	15
Slika 10. Erozijska obradiva površina vodom .....	15
Slika 11. Erozijska vjetrova .....	16
Slika 12. Razlika između „normalnog“ i zbijenog tla .....	18
Slika 13. Zbijenost tla uzrokovana prolaskom teške mehanizacije na vlažnom tlu .....	19
Slika 14. Pokorica tla.....	20
Slika 15. Dezertifikacija u Indiji.....	21
Slika 16. Biološka raznolikost tla.....	25