

# Utjecaj klime na svojstva tla

---

Pejić, Mihaela

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

*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:151:513051>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-06**



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 U OSIJEKU

Mihaela Pejić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

## **Utjecaj klime na svojstva tla**

Završni rad

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Mihaela Pejić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

## **Utjecaj klime na svojstva tla**

Završni rad

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Mihaela Pejić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

**Utjecaj klime na svojstva tla**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović, mentor
2. prof. dr. sc. Danijel Jug, član
3. prof. dr. sc. Irena Jug, član

Osijek, 2022.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijek  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivrede, smjer Hortikultura

Završni rad

Mihaela Pejić

### Utjecaj klime na svojstva tla

#### Sažetak:

Geneza tla je složen i dugotrajan proces koji se odvija djelovanjem klime, vegetacije i organizama (flore, faune i čovjeka) na zemljinu kamenu površinu (litosferu). Tijekom niza geoloških razdoblja klima na Zemlji je prošla niz izmjena koje su omogućile razvoj i širenje različitih oblika biljnog i životinjskog svijeta. Istraživanjem geoloških naslaga znanstvenici su došli do spoznaja o klimatskim promjenama u prošlosti. U pojedinim razdobljima su bile toliko intenzivne da su dovele do izumiranja niza biljnih i životinjskih vrsta. Stoga je za pretpostaviti da bi klimatske promjene u budućnosti mogle dovesti do gubitka velikog broja biljnih vrsta uslijed ubrzanja degradacijskih procesa. Posljedice će se vidjeti u smanjenoj plodnosti poljoprivrednih zemljišta, nižim prinosima i slabijoj kvaliteti poljoprivrednih proizvoda.

#### Ključne riječi: klima, svojstva tla, degradacija

26 stranica, 5 slika, 51 literaturni navod

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

Mihaela Pejić

### The influence of climate on soil properties

#### Summary:

Soil genesis is a complex and long-lasting process that takes place by the action of climate, vegetation and organisms (flora, fauna and man) on the earth's rock surface (lithosphere). Over a number of geological periods, the Earth's climate has undergone a number of changes that have enabled the development and spread of various forms of flora and fauna. By researching geological deposits, scientists have come to know about climate change in the past. In some periods they were so intense that they led to the extinction of a number of plant and animal species. It is therefore to be assumed that climate change in the future could lead to the loss of a large number of plant species due to the acceleration of degradation processes. The consequences will be seen in reduced fertility of agricultural land, lower yields and poorer quality of agricultural products.

#### Keywords: climate, soil properties, degradation

26 pages, 5 photos, 51 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Cilj rada.....	2
2. GENEZA TLA .....	3
2.1. Klima kao pedogenetski činitelj .....	3
3. SVOJSTVA TLA .....	6
3.1. Fizikalna svojstva .....	6
3.1.1. Voda u tlu .....	7
3.1.2. Plinovita faza tla .....	9
3.2. Kemijska svojstva .....	9
3.3. Biološka svojstva .....	10
4. UTJECAJ KLIMATSKIH ČIMBENIKA NA TLO .....	12
4.1. Temperatura .....	12
4.2. Vlaga tla .....	13
4.3. Oborine .....	14
4.4. Vjetar .....	14
5. KLIMATSKE PROMJENE .....	15
5.1. Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu .....	16
6. DEGRADACIJA TLA .....	18
7. ZAKLJUČAK .....	22
8. LITERATURA.....	23

## 1. UVOD

Tlo je, prema Raczu (1992.) tanki sloj između litosfere i atmosfere, koji pokriva kopnenu površinu Zemlje. Njegov postanak je složen i dugotrajan proces koji se odvija djelovanjem klime, reljefa i organizama (flore, faune) na Zemljinu kamenu koru, odnosno litosferu. Njenim trošenjem tijekom dugog vremenskog perioda nastaje rahli sloj na površini Zemlje, koji se od izvorne stijene razlikuje: „...po teksturi, strukturi, konzistenciji, boji, kemijskim, biološkim i fizikalnim svojstvima.“ (<https://www.fao.org/soils-portal/about/all-definitions/en/>). Kao višefazni sustav koji se sastoji od čvrste, tekuće, plinovite i žive faze tlo je osnovni medij za proizvodnju hrane. Ono kontinuirano prolazi kroz niz prirodnih ciklusa te se mijenja što je neophodno za održavanje povoljne strukture i oslobađanje hranjivih elemenata (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Klima, prema Mihaliću (1984.), zajedno s tлом čini prirodnu ekološku cjelinu. Ona izravno djeluje na prinos i kvalitetu uzgajanih biljaka putem insolacije, oborina, vjetera i topline. Neizravno djelovanje klime je putem tla. U regijama s velikom količinom oborina procjeđivanjem vode i njenim descedentnim kretanjem ispiru se hraniva u dublje slojeve čime je smanjena plodnost tla. Također, biljke često, naročito u ranima fazama rasta, uslijed neujednačenog rasporeda oborina stradavaju zbog zadržavanja vode na površini i manjka kisika. Ispiranjem baza dolazi do zakiseljavanja ili acidifikacije proizvodnih površina zbog čega je urod slabijeg kvantiteta i kvalitete, a značajno se pogoršavaju i svojstva tala. U uvjetima suhe (aridne ili semiaridne) klime zbog manjka vode u tlu na različitoj dubini može doći do nagomilavanja soli, odnosno salinizacije i/ili alkalizacije koja u ekstremnim slučajevima rezultira potpunim gubitkom tih površina u proizvodnji hrane. Različitim degradacijskim procesima pogoršavaju se fizikalna i kemijska svojstva tla uslijed čega se smanjuje njegov proizvodni kapacitet. Degradacija može biti manje ili više izražena, a posljedica je smanjivanje količine hranjivih i organskih tvari (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Pri nastanku Zemlje klima se konstantno mijenjala omogućavajući širenje biljnog svijeta. Klimatske promjene u budućnosti mogle bi dovesti do promjene ili čak izumiranja nekih biljnih vrsta što bi dodatno pojačalo degradacijske procese na Zemlji. Prema nekim procjenama pustinjski uvjeti bi se mogli proširiti na regije koje su trenutno značajni proizvođači hrane na globalnoj razini. Branković i sur. (2009.) navode kao primjer IPCC A2

koji nazivaju: „scenarijem jako prisilnog djelovanja“ jer se prema ovom modelu predviđaju „najnepovoljnije prilike koje bi mogle zadesiti okoliš“ do kraja ovog stoljeća.

## **1.1. Cilj rada**

Cilj završnog rada je:

- ↳ utvrditi u kolikoj mjeri klima utječe na postanak i razvoj različitih tipova tala i
- ↳ objasniti vezu između klime / klimatskih promjena i degradacijskih procesa u tlima.



## 2. GENEZA TLA

Proces stvaranja tla odvija se djelovanjem pedogenetskih činitelja (matična stijena i/ili supstrat, klima, reljef, organizmi, vrijeme) kroz niz procesa. Racz 1992. godine navodi da tlo nastaje postepeno interakcijom činitelja i pedogenetskih procesa koji obuhvaćaju razne pretvorbe i transport tvari i energije u tlu. Pri tome treba imati na umu da svi činitelji djeluju istovremeno, ali različitim intenzitetima. Utjecajem pojedinih činitelja na matičnu stijenu ona se postepeno usitnjava procesima fizikalnog, kemijskog i biološkog trošenja stvarajući trošinu (regolit). Regolit ima mogućnost zadržavanja vode pa se uz kemijsko trošenje primarnih minerala sintetiziraju novi spojevi. Nastankom sekundarnih minerala stvaraju se uvjeti za naseljavanje autotrofnih organizama (bakterije, alge). Ovi prvi organizmi sudjeluju u procesu trošenja matične stijene oslobađajući biogene elemente, a nakon odumiranja iz njih nastaje humus i uvjeti za razvoj prvih biljaka. Ovakva staništa prvo nastanjuju jednostavne, a kasnije i više biljke. Prema Sofiliću (2014.) tek nakon što se u regolitu razvije život i stvori humus može se govoriti o tlu. Četiri su izvora pedogenetskih činitelja: litosfera, atmosfera, hidrosfera i biosfera. Litosfera, odnosno matični supstrat je najvažniji izvor mineralne faze tla koja čini oko 86 – 90 % ukupne mase tla (Jug i sur., 2015.). O matičnom supstratu ovise fizikalna svojstva tala, ali i njihov mineraloški i kemijski sastav. Topografija tla ili reljef djeluje na preraspodjelu tvari nastalih djelovanjem ostalih činitelja. Brzina i intenzitet djelovanja pojedinih procesa na činitelje stvaranja i razvoja tala različit je u pojedinim geografskim područjima što je preduvjet za varijacije, odnosno stvaranje različitih tipova tala (Jug i sur., 2015.).

### 2.1. Klima kao pedogenetski činitelj

Klima se smatra glavnim kvantitativnim pokazateljem stanja atmosfere i atmosferskih procesa koji utječu na tlo. Kako bi se mogla definirati klima nekog područja potrebno je mjeriti ili opažati meteorološke elemente kroz dulje vremensko razdoblje, obično 30 godina. Mjerenje meteoroloških elemenata vrši se na postajama koje se nalaze uglavnom na kopnu, ali i na oceanima. U novije vrijeme zahvaljujući ubrzanom tehnološkom razvoju mjerenje se vrši pomoću meteoroloških satelita. Osim površine Zemlje, meteorološka mjerenja obuhvaćaju i više slojeve atmosfere (Branković, 2014.). Klimi se treba prilagoditi i učinkovito se zaštititi od eventualnih štetnih utjecaja, a istovremeno iskoristiti prednosti koje

ona pruža. Stoga se ona može promatrati kao prirodni izvor koji treba dobro proučiti i zaštititi od nekontroliranog ljudskog djelovanja. Globalne klimatske promjene su prepoznate kao opasnost i izazov cijelog čovječanstva u 21. stoljeću (Zaninović i sur., 2008.).

Klimu na Zemlji čine tri skupine elemenata: radijacija ((kratkovalna i dugovalna), temperatura (zraka i Zemljine površine) i tlak zraka. Klimatski elementi se mijenjaju, a mogu se podijeliti u nekoliko skupina: Zemljina rotacija i revolucija, geografska širina, atmosfera, nadmorska visina, raspodjela kopna i mora, morske struje, udaljenost od mora, jezera, reljef, tipovi tala, biljni pokrov i antropogeni utjecaj (Šegota i Filipčić, 1996.).

Trošenje, odnosno fizikalno i kemijsko raspadanje matične stijene, uvelike ovisi o klimi i to uglavnom o dva činitelja: vlaga i temperaturne fluktuacije. Fizikalno trošenje je posljedica temperaturnih promjena. Stijene mijenjaju volumen (šire se i skupljaju) ovisno o dnevnim kolebanjima temperature, a rezultat je postupno uništavanje stijena. Ako se u pukotinama stijene nalazi voda koja se povremeno smrzava i otapa stijena se uništava jer se pri zamrzavanju stvara ogroman pritisak leda. Kretanje čestica različitih veličina (npr. zrna pijeska) vjetrom, vodom, ledenjacima može izazvati eroziju nezaštićenih površina.

Na kemijsko trošenje utječu klimatski i biološki čimbenici. Prema Van 't Hoffovom zakonu rast temperature za 10 °C ubrzava kemijske reakcije u prosjeku 2 - 4 puta. Voda djeluje kao otapalo i reagens u procesu hidrolize pojedinih minerala. Stijene koje sadrže kalcijev karbonat (krečnjak i vapnenac) topive su u vodi i podložne eroziji.

Utjecaj klime na sastav i životnu aktivnost vegetacije je velik, kao i direktni utjecaj na tlo te njegov vodni i toplinski režim. Sunčeva radijacija jedini je izvor energije za procese koji se odvijaju na zemljinoj površini. Kemijska energija oslobođena u razgradnji organskih ostataka predstavlja transformirani oblik radijacije. O meteorološkim pojavama u atmosferi ovise vodni i toplinski režim tala, koji određuju prirodu i smjer procesa stvaranja tla. Između tla i atmosfere dolazi do izmjene plinova, vlage i topline. Rezultat je hidrotermalni režim tla.

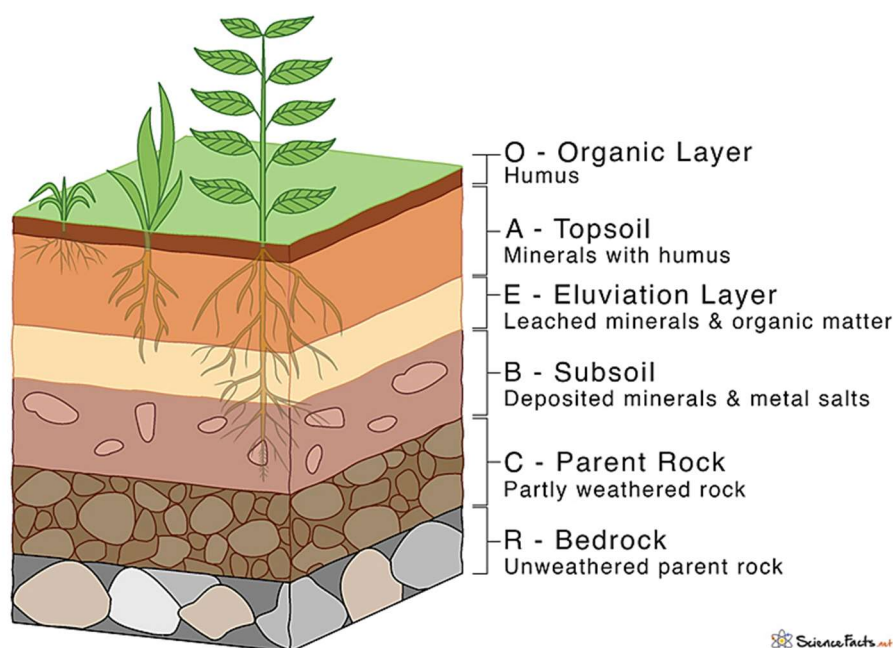
Intenzitet trošenja, fotosinteze i stvaranja organske tvari, aktivnost životinja i bakterija raste u smjeru od polarnih područja prema toplijim tropskim i ekvatorijalnim područjima. U istom smjeru raste i količina oborina koja može varirati unutar kontinenata u različitim prirodnim zonama. Ovakvi uvjeti ubrzavaju procese stvaranja tala (razgradnja minerala i organske tvari, eluvijacija, sinteza novih mineralnih i organskih spojeva).

Atmosferske padaline u obliku kiše, snijega, rose svježi su dio vodenih masa planeta, koje zajedno s vodama rijeka, jezera, močvara, podzemnih i arteških voda čine samo 2 – 3 %

ukupne vode. Povećanjem temperature uslijed zagrijavanja atmosfere i tla gubitak vode u vidu evapotranspiracije raste.

Klima je važan činitelj bioloških i biokemijskih procesa. Odgovarajuća kombinacija temperature i vlage određenog područja određuje tip vegetacije, brzinu stvaranja i razgradnje organske tvari te sastav i intenzitet aktivnosti mikroflore i faune tla.

Sve ranije navedeno navodi na zaključak da su tla toplijih i vlažnijih klimatskih područja razvijenija od onih nastalih u hladnoj ili suhoj klimi. U vlažnijoj klimi izraženo je ispiranje gline, humusa i seskvi oksida (eluvijacija) u dublje slojeve tala. Posljedica ovog procesa je nastanak dubljih tala s više genetskih horizonata (slika 1).



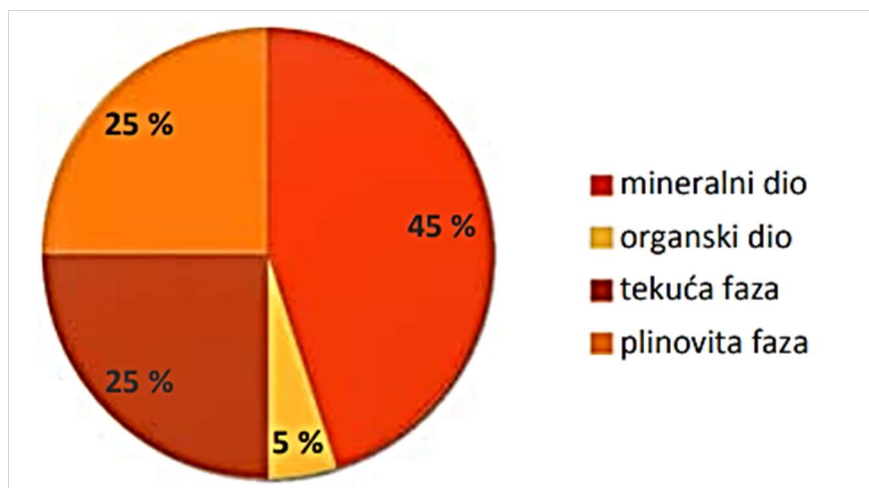
Slika 1. Građa tla nastalog u uvjetima vlažne (humidne) klime

(Izvor: <https://www.sciencefacts.net/wp-content/uploads/2020/12/Soil-Horizons-Layers-Diagram-Chart.jpg>)

Ako nema dovoljno oborina (semiaridna ili aridna klima) tla su plića, a vrlo često površinski humusno akumulativni horizont leži direktno na matičnoj stijeni ili supstratu. U tropskom okruženju tlo je podložno ispiranju i dostupna je mala količina preostalih hranjivih tvari. Klimatski uvjeti određuju u kojem će se pravcu razvijati određena grana proizvodnje u poljoprivredi.

### 3. SVOJSTVA TLA

Tlo je prirodno tijelo koje čine čvrsta, tekuća i plinovita faza (slika 2). Čvrsta faza sastoji se od mineralnog i organskog dijela. Udio mineralne komponente iznosi 45 %, a organske 5%.



Slika 2. Udjeli pojedinih faza u tlu (Izvor:

<http://ishranabilja.com.hr/literatura/Osnove%20agrikulture/Sastav%20i%20svojstva%20tla.pdf>)

Tekuća faza je zastupljena s 25 %, a čine ju voda i u njoj otopljenih tvari. Preostalih 25 % je zrak tla.

#### 3.1. Fizikalna svojstva

*Tekstura tla*, odnosno udio čestica, pijeska, praha i gline, utječe na niz fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava. Uz to poznavanje teksture tla omogućava i procjenu plodnost tla.

*Struktura* je način rasporeda i spajanja čestica tla u veće komponente, strukturne agregate. Tlo koje ima mrvičastu do graškastu strukturu je najpovoljnijih vodno zračnih i toplinskih svojstava. U takvim tlima biološka aktivnost je velika, biljna hraniva pristupačnija što pomaže dobrom razvoju korijenovog sustava. Do pogoršanja ili narušavanja strukture tla dolazi uslijed nepravovremene obrada, gaženja teškim strojevima, navodnjavanja, uskog plodoreda i nepravilne gnojidbe. U tlima sa stabilnim strukturnim agregatima kretanje vode odvija se nesmetano, kao i zagrijavanje cijelom dubinom profila i rast korijena. Takva tla su otpornija prema eroziji vjetrom ili vodom. S obzirom da se tekstura i struktura ubrajaju u indikatore plodnosti tla znači da tla povoljne ilovaste teksture su strukturnija, porozna s

optimalnim omjerom makro i mikro pora i dobre prirodne drenaže koja biljkama omogućavaju povoljnije uvjete za rast korijena, povoljan vodozračni režim tla (Vukadinović i Vukadinović, 2018.).

*Gustoća* tla označava odnos mase tla i volumena tla, broj koji nam pokazuje koliko puta je neki volumen tla teži ili lakši od istog volumena vode. Volumna gustoća označava odnos između mase suhog tla i njegovog volumena u prirodnom stanju. Ona je pokazatelj degradacije tla kroz zbijenost. Kontinuiranim gaženjem tla, naročito u nepovoljnim, vlažnim uvjetima smanjuje se volumen krupnih pora sa zrakom. Ujedno se povećava volumen sitnih pora u kojima se zadržava voda. Povećanje udjela glinastih čestica i smanjivanjem organske tvari tla postaju podložna degradaciji zbijanjem.

*Poroznost* je je prostor između agregata tla ili unutar njih ispunjen vodom ili zrakom. Idealni udio makro i mikro pora bi trebao biti 1 : 1 do 3 : 1. Prema Vukadinović i Vukadinović (2018.) sadržaj vode i zraka u tlu je proporcionalno obrnut, tj. kod suficita vode ima premalo zraka koji je potreban za disanje korijenja i suprotno.

### 3.1.1. *Voda u tlu*

Vukadinović i Vukadinović (2016.) navode važnost vode i nazivaju je „medij života“, jer je dobra opskrbljenost vodom svih živih bića od iznimne važnosti. Biljke vodu većinskim dijelom usvajaju korijenom, ali je mogu usvojiti i uz pomoć listova. Biljke imaju najveću potrebu za sunčevom energijom, zatim vodom i na kraju za hranjivim tvarima.

Tekuća faza, odnosno otopina tla, sadrži niz hranjivih tvari dostupnih biljkama tijekom rasta i razvoja. Važnu ulogu ima u transportu hraniva do korijena biljke. Sudjeluje u svim procesima stvaranja tla, kao što su: trošenje minerala, tvorba gline, razgradnja organske tvari, eluvijacijsko-iluvijacijski procesi i slično. Iako biogenih elemenata u tlu najčešće ima dovoljno oni biljci nisu dostupni u odgovarajućem obliku za usvajanje (ionskom ili kelatnom). Većina pristupačnih hraniva nalazi se u otopini tla u obliku iona (Parađiković i sur., 2007.).

Voda se u tlu može nalaziti u obliku kemijske vode koja je ugrađena u različite hidratizirane kemijske spojeve tla i biljkama nije raspoloživa za usvajanje (Vukadinović i Vukadinović 2016.). Međutim, gravitacijska voda koja se kreće porama u silaznom smjeru može se u profilu zadržati i nekoliko dana, a za to vrijeme jedan njen dio biljni korijen može usvojiti. Najvažniji oblik vode u tlu je kapilarna i nju biljka najbolje može iskoristiti.

Za održavanje života na Zemlji važan je hidrološki ciklus vode prikazan na slici 3. Voda kruži između atmosfere, oceana i kopna. Ciklus se sastoji od pet procesa: kondenzacije, oborina, infiltracije, otjecanja i evapotranspiracije. Tekuća voda isparava (evaporira) s vodenih površina, iz tla i biljaka (evapotranspiracija) i prelazi u plinovito stanje. Zatim male količine vodene pare u atmosferu odlaze sublimacijom.



Slika 3. Hidrološki ciklus

(Izvor: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/hr/thumb/c/ca/Kru%C5%BEenje\\_vode-hidrolo%C5%A1ki\\_ciklus.png/400px-Kru%C5%BEenje\\_vode-hidrolo%C5%A1ki\\_ciklus.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/hr/thumb/c/ca/Kru%C5%BEenje_vode-hidrolo%C5%A1ki_ciklus.png/400px-Kru%C5%BEenje_vode-hidrolo%C5%A1ki_ciklus.png))

Preostala vlaga u atmosferu odlazi zbog transpiracije biljaka. Evaporacija, sublimacija i transpiracija daju ukupnu vodenu paru u atmosferi. Zbog kontinuiranog isparavanja voda se kondenzira i u obliku oborina vraća se na površinu tla i infiltrira. U ekosustavu su fizikalna, kemijska i biološka zbivanja povezana u jedinstvenom procesu kruženja tvari i protjecanja energije. Energija može biti iskorištena jednom i napušta ekosustav nakon što je iskorištena u životnim procesima. Cijeli život, sve biljke i životinje su uključene u proces kruženja vode, voda kroz njih prolazi u tekućoj fazi. Primanje i izdavanje vode jedna je od bitnih veza organizama i okoliša. U takvom odnosu čovjek, biljke, životinje i vegetacija snažno utječu na režim voda kopnenih ekosustava. Temeljni oblik ugljika u kruženju tvari je ugljikov dioksid, koji se kruženjem uključuje u sve komponente biosfere. Biosferu smatramo regulatorom ciklusa ugljika na Zemlji, a globalni je hidrološki ciklus pod utjecajem kruženja ugljika (Gereš, 2004.).

Vodni režim biljaka ulazi u hidrološki ciklus, a sastoji se od usvajanja vode, kretanja kroz biljku i gubljenja (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

### 3.1.2. *Plinovita faza tla*

Plinovitu fazu čini smjesa plinova i vodene pare. Vrlo je dinamičnog sastava, a čine ju prirodni elementi i polutanti. Svi se mogu podijeliti na anorganske plinove ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ), prirodne elemente ( $H_2O$ ,  $NH_4$ ) i hlapljive organske elemente (ugljikohidrati, organske kiseline, alkohol, ulja, pesticidi). Zbog intenzivne biološke aktivnosti, sastav plinovite faze tla razlikuje se onog u atmosferi. Suhi atmosferski zrak sadrži 78,1%  $N_2$ , 20,9 %  $O_2$ , 0,95% Ar i 0,07% ostalih plinova, uključujući 0,036%  $CO_2$ . Varijacije između dušika i argona u tlu i atmosferi su male, dok se koncentracije  $CO_2$  i  $O_2$  mogu kretati od 0,03 do 20% za  $CO_2$  i 0,05% do 20% za  $O_2$  (Smagin, 2006.).

## 3.2. **Kemijska svojstva**

Kemijska svojstva tla su rezultat pedogenetskih procesa i bitan su čimbenik plodnosti tla. Procesima fizikalnog, kemijskog i biološkog trošenja stijena oslobađaju se i troše minerali. Iz produkata trošenja neogenezom nastaju novi minerali – sekundarni alumosilikati. U otopini tla nalaze se ioni (kationi i anioni), biljka ih koristi poput hraniva. Neki spojevi topivi su u vodi ali podložni ispiranju, tako se uključuju u geološko kruženje tvari i energije, a drugi u biološko kruženje tvari i energije i na takav se način ponovno vraćaju u tlo. Za razliku od litosfere tlo sadrži humus, kao tamnu specifičnu tvar nastalu procesima humifikacije.

Tlo sadrži više od 100 elemenata, ali samo njih nekoliko stvara masu tla. Hranjive tvari poput kalcija, magnezija, kalija, fosfora, sumpora, željeza, mangana, cinka, bakra, molibdena, bora i nikla su prisutni u mineralima i otopini tla. Kisik, silicij i aluminij konstituiraju su elementi minerala i oksida. Željezo izgrađuje okside i hidrokside. Fosfor se nalazi u otopini tla i kao mineral apatit. Dušik se uglavnom nalazi u organskim tvarima poput bjelančevina, peptida i amino kiselina. Svi mikroelementi, molibden, željezo, cink, bakar, bor i nikal se nalaze u organskim tvarima. U prirodi se nalazi velik broj različitih tipova tla, čiji se kemijski sastavi međusobno mogu razlikovati (Osman, 2013.).

Ukoliko je vrijednost pH manja od 7 tlo je kiselo. Ovakve vrijednosti se mogu pronaći u mnogim tlima, čak, prema Spositu (2008.) u polovini obradivih površina na svijetu. Aciditet

ili kiselost tla bitna je ekološka i pedološka značajka tala. Označava koncentraciju vodikovih iona ( $H^+$ ) u otopini tla. Vodikovi ioni imaju ulogu pri dinamici tla time što dovodi do zakiseljavanja ili acidifikacije tla čime se ograničava razvoj i proizvodnja biljaka, tlo osiromašuje bazama, pogoršavaju se fizikalna svojstva (vodni kapaciteti, propusnost tla) i mijenjaju mikrobiološki procesi u tlu (Martinović, 1994.).

Uzročnici zakiseljavanja tla mogu biti različiti: gnojidba, industrijski polutanti, najviše kisele kiše u širem području energetskih postrojenja, ali i prirodni procesi ([http://tlo-i-biljka.eu/Tekstovi/pH\\_tla.pdf](http://tlo-i-biljka.eu/Tekstovi/pH_tla.pdf)).

### **3.3. Biološka svojstva**

Biološka svojstva tla odraz su izravnog i neizravnog utjecaja živih organizama koji nastanjuju tlo. Obuhvaćaju: aktivnu i ukupnu količinu ugljika, organsku tvar, enzime, gujavice, nematode, gljive i bakterije, mikroorganizme i procese fiksacije dušika (Gurjar, 2017.). Tlo ima važnu ulogu u prirodnim ciklusima uključujući i ciklus hranjivih tvari, odnosno količinu organskih tvari u tlu, tj. ugljika, dušika i fosfora, koje se usvajaju i pohranjuju u tlu. Organizmi koji žive u tlu razgrađuju organske sastojke poput lišća i vrhova korijenja na jednostavnije spojeve koje kasnije koriste biljke. Neke bakterije u tlu pretvaraju dušik iz atmosfere u mineralni dušik neophodan za rast biljke. A mineralnim gnojivima u tlo se unose dušik i fosfati radi poticanja rasta biljaka, ali one ne apsorbiraju njihovu ukupnu količinu. Preostali dio dospijeva u rijeke i jezera i utječe na život tih vodenih ekosustava.

Organizmi koji žive u tlu utječu na razvoj tla i specifična fizikalna i kemijska svojstva. Primjer su gujavice čija aktivnost povećava infiltraciju vode u tlo ili mikrobna aktivnost koja smanjuje potrebu za unošenjem organskih tvari zbog mineralizacije. Biološka svojstva u potpunosti mogu promijeniti kemijski sastav tla uslijed povećanja ili smanjenja koncentracije elemenata i njihove dostupnosti. Brzina razgradnje ovisna je o mikroorganizmima u tlu, ukoliko njih nema, proizvodnja na takvom zemljištu je slabija ili je u potpunosti nemoguća. Mikroorganizmi svojim kemijskim procesima kruženja hranjivih tvari iz jednog sloja tla u drugi, mogu promijeniti način ili onemogućiti dostupnost hranjivih tvari biljkama (Bertrand i sur., 2015).

Promjene svojstava tla uslijed njegovog korištenja mogu uveliko utjecati na biološka svojstva tla. Mikrobiološka aktivnost može se poboljšati popravljanjem vodno zračnih odnosa postavljanjem drenaže ili kalcizacijom za optimizaciju reakcije tla. Zbog toga se



ocjena bioloških svojstava može koristiti kao indirektni pokazatelj održivog upravljanja tlom i dobre kvalitete tla, poput brzine aeracije tla ili drugih enzimatskih aktivnosti koje obavljaju živi organizmi u tlu. Organska tvar tla je ključni čimbenik koji utječe na biološku aktivnost mikroorganizama. Predstavlja izvor ugljika za mnoge organizme, i osim količine ugljika, vrsta organskih spojeva određuje biološku aktivnost, npr. mikrobiološka aktivnost uveliko se povećava inkorporacijom svježije organske mase, te mikroorganizmi procesom mineralizacije vrše razlaganje organske mase. S druge strane, stabilni oblici organske tvari, (huminske i fulvo kiseline), koji tvore većinu organske tvari, nisu pogodan izvor ugljika za mikroorganizme tla. Čine stabilno uskladišten ugljik u tlu važan u globalnom ciklusu ugljika. Rizosfera je sloj tla izmijenjen korijenovim sustavom i dio je profila tla čija je koncentracija u tlu za organizme najpovoljnija. Organski spojevi koje biljka izlučuje kroz korijen mijenjaju kemijska svojstva i povećavaju biološku aktivnost za razliku od okolnog tla biljke. Rizosfera predstavlja prostor intenzivnog razvoja korijena i međudjelovanja s mikroorganizmima tla. Razvoj biljaka utječe na njihovu aktivnost tijekom razvoja, povećanjem dostupnosti hranjivih tvari. Razumijevanje bioloških svojstava tla je bitno prilikom proizvodnje, prevencije i kontrole štetnika usjeva i bolesti (Gurjar, 2017.).

## 4. UTJECAJ KLIMATSKIH ČIMBENIKA NA TLO

### 4.1. Temperatura

Izmjena temperature tijekom dana uzrokuje zagrijavanje plićih slojeva tla i njihovo hlađenje tijekom noći. Kretanje topline u dublje slojeve tla usporedivo je s gubitkom topline u atmosferu u obliku dugovalnog zračenja pri kojem se topline kreće iz dubljih slojeva prema površini. Kada su dani duži, a noći kraće ljeti tlo tijekom dana usvaja više energije kratkovalnim zračenjem nego što se gubi noću. Noću se površina tla ljeti polagano hladi pa je prisutno samo dugovalno zračenje Zemljine površine. Ukupni dnevni dobitak energije ljeti je veći od gubitka, a zimi je gubitak veći od primitka energije u tlo.

U prosjeku tlo godišnje izgubi više topline u obliku dugovalnog zračenja nego što je primi u obliku kratkovalnog zračenja. Međutim, ono se ipak ne hladi jer Zemljina atmosfera upija dugovalno zračenje s površine Zemlje i ponovno ga vraća na podlogu. Izvor toplinske energije, koja zagrijava tlo, dolazi od Sunca i od atmosferskog protuzračenja. Energija Sunčevog zračenja apsorbirana u tlo pretvara se u toplinsku energiju. Zagrijavaju se površinski slojevi tla, a dugovalno zračenje uzrokuje njegovo hlađenje. Temperatura gornjeg sloja tla se tijekom dana mijenja od minimuma u rano jutro do maksimuma oko 13 h popodne. Plići slojevi tla se brže zagrijavaju u odnosu na dublje. Prosječna promjena temperature vlažnog tla je manja od prosječne promjene temperature suhog tla, a time je i izmjena topline u suhom tlu veća. Raspon u godišnjem hodu temperature tla smanjuje se s dubinom. Ljeti su površinski slojevi topliji od dubljih, a zimi je temperaturni režim tla obrnut (Derežić i Vučetić, 2011.).

Zrak u makro porama tla zagrijavanjem povećava volumen (širi se), a hlađenjem smanjuje volumen (skuplja se). Rezultat takvog zagrijavanja i hlađenja vidljiv je u proljeće na površini tla kada nastane rahli sloj tla debljine 1 - 2 cm. Slične pojave javljaju se ljeti na površini grubo preoranih tala. Nakon nekog vremena na vanjskom dijelu gruda stvara se rahli sloj debljine 2 - 5 mm koji s pojavom kiše postaje mulj. Ovakva situacija nije korisna u obradi tla jer se gubi vlaga i ugljik, odnosno organska tvar tla (Jug i sur., 2015.).

Padom temperature ispod nule voda u tlu se zamrzava i povećava volumen nastankom leda. Posljedica su velike sile naprezanja (Jug i sur., 2015.) koje pogoršavaju fizikalno-mehanička svojstva tla izazivajući različite deformacije. Naprezanje je opiranje tijela pri djelovanju opterećenja koja uzrokuje privremenu (elastičnu) ili stalnu (plastičnu) promjenu

oblika tijela (<https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=42938>). Tekstura, vlažnost tla i brzina smrzavanja određuju efekt smrzavanja. Struktura grubih čestica se pri ovome procesu ne mijenja, ali kod tala ilovaste i glinaste teksture uzrokuje rahljenje, drobljenje i raspadanje strukturnih agregata. Sporo smrzavanje stvara velike ledene kristale i efekt rahljenja i raspadanja je slabiji, a brzo smrzavanje uzrokuje stvaranje veliki broj sitnih kristala i zbog zbrajanja sila naprezanja efekt rahljenja i raspadanja tla je izraženiji. Ponavljanjem faza smrzavanja i odmrzavanja voda prvo isparava iz većih pora, a kasnije iz manjih. Poljoprivrednici zbog toga nakon jesenskog oranja zimske brazde ne ostavljaju grube površine tla koje bi mogle uzrokovati gubitak vode (Jug i sur., 2015.).

#### **4.2. Vlaga tla**

Vlažnost tla ima veliku ulogu na utjecaj obradivog tla i atmosfere. Stanje vlažnosti tla opisano je razinom zasićenja u gornjem sloju u odnosu na ukupni kapacitet zasićenja tla, a uvjetovano je količinom oborina i potencijalnim isparavanjem tla. Oba pojma imaju ulogu u razvoju stanja vlažnosti tla i pojavljuju se u jednadžbi vodne bilance. S druge strane, razina zasićenosti tla vlagom određena je dostupnošću vode i hidrauličkim svojstvima tla uslijed koje dolazi do usvajanja vode i njezinog naknadnog isparavanja u atmosferu u obliku vodene pare. Premda, i na osnovu dosad poznatih informacija o vlažnosti, nije moguće točno odrediti količinu budućih oborina (Eltahir, 1998.).

Isušivanje tla uzrokuje evaporacija i transpiracija. Vlaga koja se nalazi u gornjim slojevima tla u atmosferu odlazi u obliku pare, a isparavanje traje dok ne dođe do stanja koje odgovara relativnoj vlažnosti tla. Iznad tla se nalazi zračni sloj koji se uslijed zračnih strujanja stalno izmjenjuje i evaporacija nastavlja do uspostave ravnoteže. Klimatske promjene su uzrokovale više vjetrova koji se pojavljuju osim ljeti i proljeću i u jesen i zimu, i tako se gubi voda iz tla. Isušivanjem gornjeg sloja vlaga se ascendentno kreće prema površini tla. Evaporacija ima brži proces od kapilarne nadoknade vode i ovaj proces izjednačavanja vlažnosti tla uzrokuje veliki gubitak vlage. U pjeskovitim tlima voda je vezana vrlo slabim silama te postaje lako pokretna, dok je u glinastim tlima kretanje vode usporeno i ona se teže isušuju (Jug i sur., 2015.). Transpiracija je gubitak vodene pare iz tla u atmosferu s površine listova biljaka (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Ona ovisi o korijenu biljke, jer korijenje biljke koje prodire dublje u tlo jer ima veću moć usvajanja iz dubljih slojeva i tako utječe na stres biljke pri nedostatku vode, tj. sušu (Jug i sur., 2015.).

### **4.3. Oborine**

Promjene klime utječu na stvaranje oborina, čiji utjecaj ima nepovoljan učinak na tlo. Velika količina kiša uzrokuje zbijanje gornjih slojeva tla ukoliko se na njima ne nalazi vegetacija ili neki biljni ostatci (Jug i sur., 2015.). Biljni pokrov je najdjelotvorniji čimbenik kako bi se smanjilo ili u potpunosti izbjeglo štetno djelovanje erozijskih procesa. Tlo koje je stalno prekriveno vegetacijom ima smanjenu mogućnost površinskog otjecanja oborina i intenziteta erozije tla (Butorac i sur., 2009.). Velika količina oborina dovodi do stvaranja mulja i narušavanja strukture u tlu. Prilikom jakih pljuskova s površine tla se ispiru hranjive tvari u pukotine koje su bile nedostupne za vrijeme suše i ponovno su postale nedostupne svojim ispiranjem u nastalim pukotinama. Kod zbijenih tala učinkovitost infiltracije je slabija nego u strukturiranim tlima. Na nagnutim terenima velike količine kiša odnose tla, a padanje snijega uzrokuje jaču zbijenost bestrukturnih tala (Jug i sur., 2015.).

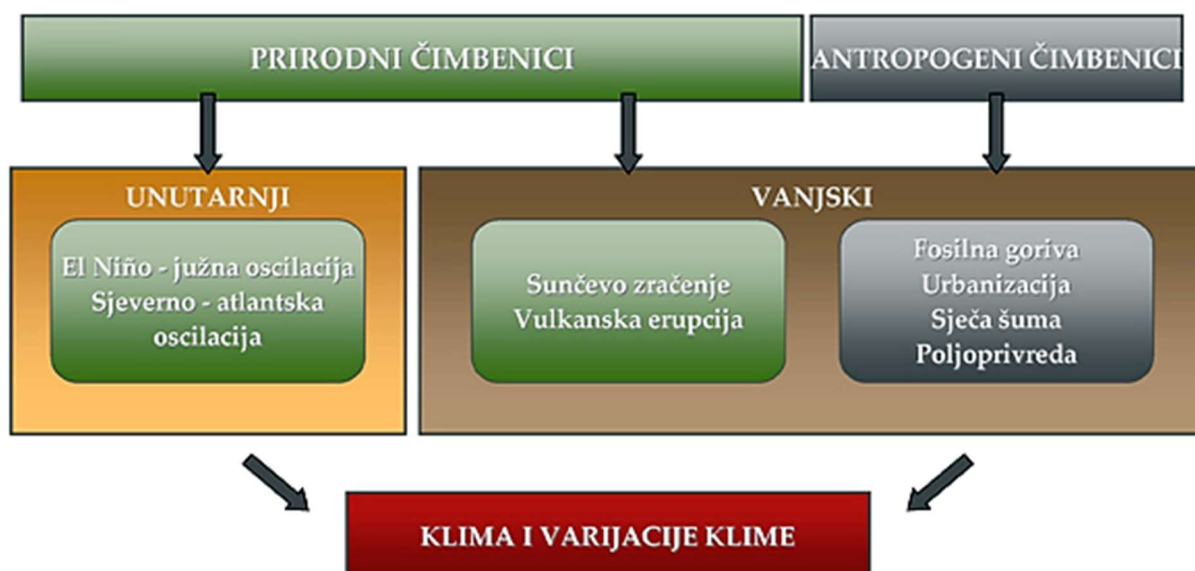
### **4.4. Vjetar**

Prema Šegoti (1996.) gibanje zraka u atmosferi naziva se strujanjem, a horizontalno strujanje zraka nazivamo je vjetar. On označava gibanje zraka koje je paralelno sa Zemljinom površinom, te je određen smjerom i brzinom (Penzar i Penzar, 2000.). Stoga može doći do štetnog utjecaja na poljoprivrednu proizvodnju. Vjetar ima veliku važnost pri održavanju klime nekog područja. On određuje razinu topline, hladnoće, suhoće i vlažnosti zraka. Sam utjecaj vjetra na poljoprivredu je bitan, npr. ljeti prilikom donošenja oborina iz različitih smjerova atmosfere, gdje se vlaga zraka uz pomoć vjetra prenosi u obliku naoblake i kiše (sa olujama) na određeno područje (Paškvan, 1955.). Vjetar se opisuje kao vrtložno ili turbulentno gibanje zraka, uslijed kojeg se zračne čestice međusobno miješaju i šire i tako se vjetrom se u atmosferi razmjenjuje toplina, CO<sub>2</sub> i vodena para, i prenosi se pelud cvijeta, sjemenke, čestice Zemljine površine i oborine. Jači vjetar uzrokuje povećanje isparavanja vode na tlu, iz tla i transpiraciju biljaka. Zrak se miješa i prenosi vodenu paru na veće udaljenosti, povećavaju zasićenost vlagom. Jaka evapotranspiracija je korisna tijekom većih oborina ili topljenja snijega jer je tlo tada vlažno i nije moguće obavljanje radova (Penzar i Penzar, 2000.).

## 5. KLIMATSKE PROMJENE

Globalna promjena klime povezana je s promjenama u energetskej ravnoteži Zemlje. Ukupna količina Sunčeve radijacije koja ulazi u atmosferu (100 %) mora biti u ravnoteži s ukupnom izlaznom radijacijom ili energijom. U protivnom, remeti se energetska ravnoteža Zemlje. Promjena klime na manjim područjima, prema Zaninović i sur. (2008.), može se pripisati lokalnim promjenama, odnosno promjenama na manjoj prostornoj skali kao što je npr. deforestacija (smanjenje šumskog pokrova).

Čimbenici koji utječu na promjenu klime (slika 5) mogu se podijeliti na prirodne i one izazvane ljudskom aktivnosti, odnosno antropogene te na unutarnje i vanjske. Primjer unutarnjeg i prirodnog čimbenika je južna oscilacija poznatija pod imenom El Niño te Sjeverno-atlantska oscilacija. El Niño prema „Svjetskoj meteorološkoj organizaciji“ ([https://klima.hr/razno/priopcenja/El\\_Nino\\_final\\_2016-02-17\\_final\\_HR.docx](https://klima.hr/razno/priopcenja/El_Nino_final_2016-02-17_final_HR.docx)) je rezultat međudjelovanja oceana i atmosfere u istočnom i središnjem dijelu ekvatorijalnog Pacifika. Uzrokuje sušu i obilne oborine u različitim dijelovima svijeta.



Slika 4. Utjecaj prirodnih i antropogenih čimbenika na promjenu klime

Izvor: [https://klima.hr/promjena\\_klime/sec2.jpg](https://klima.hr/promjena_klime/sec2.jpg)

Pojave poput vulkanske erupcije, odnosno stvaranje aerosolnih produkata istih i Sunčevo zračenje pripadaju skupini prirodnih vanjskih čimbenika. Kao glavni antropogeni činitelji navode se: nekontrolirana upotreba fosilnih goriva, uništavanje prašumskog područja te stočarska proizvodnja širom svijeta. Kombinacijom tih procesa došlo je do pojave koja se, kako navodi Basa (2019.) naziva i opisuje kao „efekt staklenika“.

Stvoren je politički konsenzus potvrđen usvajanjem niza međunarodnih dogovora i sporazuma (posljednji primjer je Pariški sporazum o klimatskim promjenama) o tome da se klimatske promjene već događaju te da se većim dijelom ne mogu spriječiti. Međutim, prema (<https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/paris-agreement/>) mogu se provoditi mjere za njihovo ublažavanje i prilagodbu.

Klimatske promjene imaju velik utjecaj na tlo i njegove funkcije. U poljoprivredi, klimatske promjene mogu utjecati na proizvodnju biljaka promjenama u tlu, temperaturom zraka i padalinama koje sprječavaju da biljka dosegne zrelost i mogućnost berbe. Pri zagrijavanju klime javlja se suša i smanjuje količina vode. Naime, oskudica vodom sprječava navodnjavanje biljaka. Oštećenje poljoprivrednog zemljišta dovodi do degradacije tla. Degradacija tla nastaje tijekom erozije tla, deforestacije (intenzivna sječa šuma), salinizacije, gubitkom močvarnih i tresetnih tala diljem svijeta. tresetnih tala ([http://www.soil-net.com/dev/page.cfm?pageid=secondary\\_functions\\_climate\\_c&loginas=anon\\_secondary](http://www.soil-net.com/dev/page.cfm?pageid=secondary_functions_climate_c&loginas=anon_secondary)).

### **5.1. Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu**

Klima se opisuje kao dominantan čimbenik staništa čiji je utjecaj snažan i utječe na prinos uzgajanih poljoprivrednih kultura. S tlom i reljefom čini stanište unutar kojeg su određene granice razvoja. Interakcija između klime i tla može biti povoljna ili nepovoljna, ali i se stvaraju situacije kada je tlo nepovoljno a klima povoljna i obrnuto. Najbolji slučaj je kada su oba uvjeta povoljna, gdje se uz najmanje uloženog rada i bez melioracijskih zahvata može postići najveći učinak. Ali pri nepovoljnim uvjetima dolazi do većih ulaganja i organizacije poljoprivredne proizvodnja za kvalitetne prinose (Butorac, 1999.).

Većina posljedica klimatskih promjena, na poljoprivredu utječe negativno. No, one mogu imati i pozitivne učinke na poljoprivrednu proizvodnju. Povišena razina ugljičnog dioksida u atmosferi pogoduje razvoju biljaka tijekom efekta „gnojidbe ugljičnim dioksidom“, što se očituje u njihovoj bujnijoj vegetacijskog masi i snažnijem korijenovom sustavu. Pozitivan učinak klimatskih promjena na poljoprivredu ogleda se i u mogućnosti uvođenja novih poljoprivrednih kultura, odnosno sorti koje je ranije bilo moguće uzgajati samo u toplijim područjima (Zaninović i sur., 2008.).

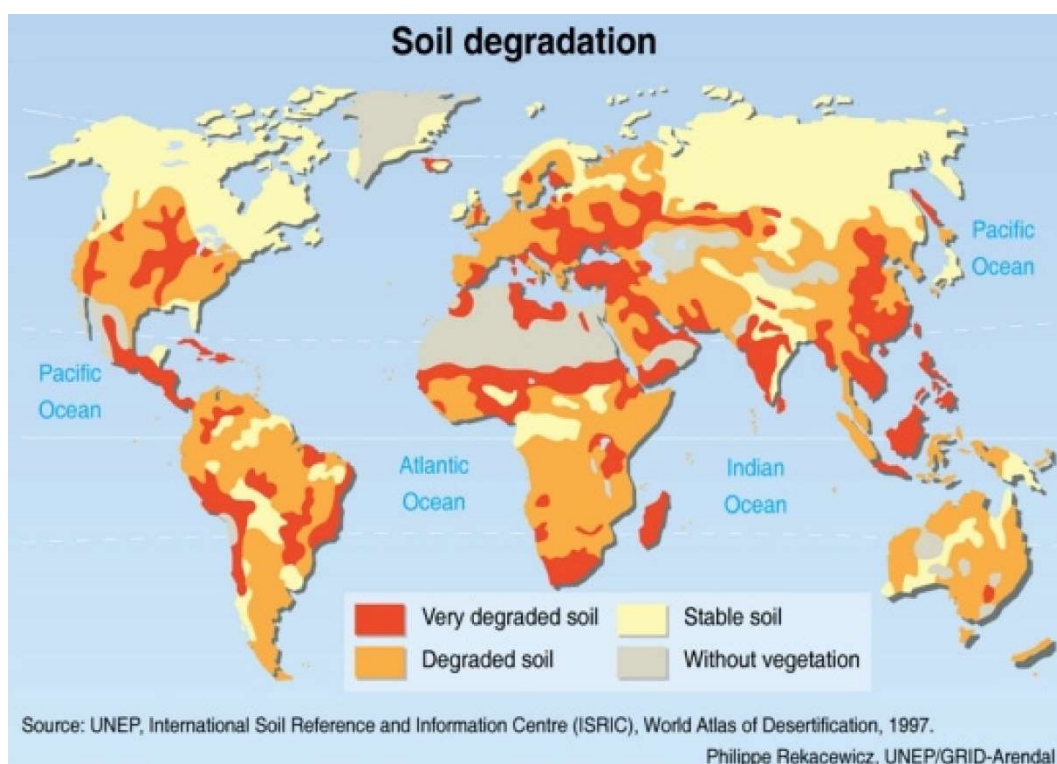
Poljoprivreda je oduvijek izravno izložena klimatskim promjenama. Intenzitet fizikalnih i (bio)kemijskih procesa koji se odvijaju u tlu, biljkama i domaćim životinjama određen je količinom vlage u tlu i temperaturom zraka. Na poljoprivredu negativno djeluju i suša i

velika količina oborina (koja nerijetko uzrokuje poplave). Manjak vlage u tlu otežava ili sprječava nicanje poljoprivrednih kultura, a u kasnijim fenološkim fazama usporen je razvoj biljaka i dozrijevanje. No, i prevelika vlaga u tlu otežava nicanje, razvoj i dozrijevanje biljaka. Visoka vlažnost tla usporava fiziološku aktivnost korijena, naročito razvoj njegovog apsorpcijskog dijela (korijenove kape). Zajedno s pojačanim kemijskim i mikrobiološkim procesima koji se odvijaju u redukcijskim uvjetima bez kisika i uz obilje vode, dovodi do uginuća biljke (Zaninović i sur., 2008.).

## 6. DEGRADACIJA TLA

Degradacija tla je promjena stanja kakvoće tla uslijed čega dolazi do smanjenog kapaciteta ekosustava koji osigurava kvalitetne i visoke prinose (Goss i sur., 2017.) te takvom promjenom odnosno oštećenjima dolazi do trajnog gubitka tla (Husnjak i Bogunović 2002.). Ovisno o karakteristikama klime tla su različitog stupnja otpornosti na degradaciju. Stabilna tla ne moraju se odupirati promjenama. Nestabilna tla koja uslijed nepovoljnih uvjeta propadaju, postaju manje sposobna za obavljanje okolišnih funkcija u tlu (Eswaran i sur., 2001.).

Karta degradiranih tala koju je FAO objavio 1995. godine (slika 5) pokazuje kako je čak 25 % površina najvišeg stupnja degradacije.



Slika 5. Degradacija tla na svjetskoj razini

Izvor: [https://www.mdpi.com/sustainability/sustainability0800281/article\\_deploy/html/images/sustainability-08-00281-g001.png](https://www.mdpi.com/sustainability/sustainability0800281/article_deploy/html/images/sustainability-08-00281-g001.png)

Degradacija tla, odnosno pad kvalitete tla uzrokovan antropogenom djelatnošću je glavno globalno pitanje u 21. stoljeću. Ona utječe na sigurnost hrane i kvalitetu okoliša (Eswaran i sur., 2001.). Procjene degradacije tla su vrlo promjenjive. Uzrokovana je nepravilnim korištenjem i gospodarenjem tla, uzrokujući tako promjene fizikalnih, kemijskih i bioloških



svojstava tla. Degradacija tla najlakše se prepoznaje prema intenzitetu erozije. Ona označava proces pri kojem se dio čestica tla prirodno i djelovanjem čovjeka uslijed utjecaja erozivnih sila – vode (na nagnutim terenima) i vjetra odvaja od svoje mase i translocira sa prvobitne lokacije na manju ili veću udaljenost (Narodne novine, 2019.). Erozijska tla su oštećenja koje se smatra globalnim problemom na Zemlji, uzrokujući razgradnju strukturnih agregata i ispiranje organskih i mineralnih tvari.

Erozijski proces se odvija kroz tri koraka:

1. Čestice tla se otapaju tijekom kišnih kapi ili nailaskom tekuće vode
2. Odvojene čestice se nalaze u toku vode
3. Taloženje čestica tla na novoj lokaciji

Erozijski proces smanjuje sposobnost tla u zadržavanju vode i njezinu dostupnost biljci. Također, prilikom ispiranja čestica tla gube se značajne količine hranjivih tvari. Povećana izloženost tla eroziji uzrokuje i lošu strukturu, stvaranjem pokorice i kontinuiranim zbijanjem. Smanjena je infiltracija vode, a biljke teže prodiru u tlo kroz pokoricu ([http://www.fao.org/fileadmin/templates/cpesap/CRESAP\\_Info\\_package/Links/Module\\_4/Soil\\_erosion.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/cpesap/CRESAP_Info_package/Links/Module_4/Soil_erosion.pdf)). Površinska erozija je premještanje tankog sloja tla prilikom udara kišnih kapi. Otjecanjem vode odlazi i dio tla. Unutarnja erozija nastaje pri udaru kišnih kapi na tlo bez vegetacije i tako se vodom ispunjavaju pore za zrak i vodu. Dolazi do oštećenja kapaciteta infiltracije i zbog toga se povećava protok vode i površinska erozija. Nasuprot površinskoj eroziji je jaružna, koja svojom koncentriranom i velikom količinom vode stvara energiju za odvajanje i odnošenje tla (Kohnke i Bertrand, 1972.).

Erozijski proces vjetra (eolska erozija) događa se u aridnim i semiaridnim područjima. Erozijski proces vjetrom vrlo rijetko se odvija u okolišu koji je zaštićen biljnom vegetacijom. Emisije prašine nastaju pri djelovanju vjetra i najveći su izvor aerosola koji direktno ili indirektno utječe na globalne klimatske promjene, i na zdravlje ljudi i gospodarske aktivnosti. Vjetar odnosi fine (lakše) mineralne čestice tla i organsku tvar, što je i najplodniji dio tla koji sadrži primijenjene agrokemikalije. Uz postepenu degradaciju tla pojedinačni ekstremni slučajevi erozije vjetrom mogu odnijeti više od 100 t ha<sup>-1</sup> čestica i uzrokovati direktne i indirektno štete u okolišu. Prema procjenama u atmosferu svake godine, erozijom vjetra, odlazi otprilike 500 milijuna sitnih čestica (Kisić, 2017.).

Zbijanje tla proces je koji uzrokuje gubitak poroznosti tla, smanjuje se organska tvar, porastom erozivnih pojava i smanjenjem poljoprivredne proizvodnje. Zrak i voda teško

dospijevaju do dubljih slojeva i biljke ostaju bez hranjivih tvari. Teška i glinena tla u većem su riziku od sabijanja za razliku od lakih i pješćanih tla. Organizmi koji žive u tlu i korijenje biljaka sposobni su tlu vratiti finu strukturu poroznosti, ali je potrebno duže vremena. Uzroci zbijanja tla mogu biti prirodni, posebno zbog obilnih kiša, bubrenja tla ili pukotina u tlu zbog suše, ili i antropogeni uzroci pri upotrebi mehanizacije s neprekidnim prelaženjem po terenu zbog poljoprivrednih aktivnosti ili zbog izgradnje novih objekata. Zbijeno tlo ima neposredan utjecaj na rast biljaka koje na kompaktnom tlu teže apsorbiraju hranjive tvari i razvijaju manje korijena. Mikroorganizmi koji žive u kompaktnom tlu imaju smanjenu aktivnost i stvaraju manje hranjivih tvari koje biljke mogu apsorbirati ([https://soil4life.eu/wp/wp-content/uploads/2020/07/Brochure\\_soil\\_CROATO-1.pdf](https://soil4life.eu/wp/wp-content/uploads/2020/07/Brochure_soil_CROATO-1.pdf)).

Prilikom sušnog ili vjetrovitog vremena rast biljaka se smanjuje i tako se smanjuje stabilnost površinskog sloja i dolazi do erozije tla. Ekstremni primjer toga je proces dezertifikacije. Tla koja izgube stabilne biljne zajednice i sama postaju nestabilna i počinju se pomicati poput pustinjskih dina. Dolazi do promjene vodnog režima i plodna tla se isušuju i pretvaraju u pustinje. Postotak degradacije tla dezertifikacijom na svijetu iznosi više od 50% (<https://www.soils.org/files/ssa/iys/november-soils-overview.pdf>). Može se stvoriti pod antropogenim utjecajem i utjecajem klimatskih promjena koje nepovoljno utječu na sušna područja, proizvodnju hrane, plodnost tla i smanjenje kvalitete vode ([https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18\\_33/SR\\_DESERTIFICATION\\_HR.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_33/SR_DESERTIFICATION_HR.pdf)).

Osim produktivnosti, na procjenu degradacije utječu i drugi čimbenici, kao što su vegetacijski pokrov, erozija tla ili organski ugljik u tlu. Dolazi i to gubitka biološke raznolikosti i utječe na druge usluge ekosustava. Suša je pojava koja se očituje pri nižim količinama oborina od uobičajeno zabilježenih razina, stvarajući hidrološke poremećaje koji štetno utječu na proizvodne sustave zemljišnih dobara. Suša i dezertifikacija blisko su povezane pojave, no suša je periodičan događaj kratkog ili srednje dugog trajanja, dok je dezertifikacija dugotrajna pojava.

Degradacijom tla dolazi do ispuštanja stakleničkih plinova u atmosferu, što stvara dodatni rizik od klimatskih promjena i gubitka biološke raznolikosti. Povećani intenziteti oluja, požara, degradacije tla i porast broja nametnika upućuju na rizik od gubitka zaliha ugljika njihovim ispuštanjem iz biomase i tla u atmosferu. Tijekom obnove tla staklenički plinovi postupno se apsorbiraju iz atmosfere, što omogućava rast drveća i vegetacije. Takvo bilje

tada može apsorbirati više ugljika. U područjima u kojima je tlo oštećeno, taj se proces ne može odvijati i ugljik se ne apsorbira iz atmosfere (ECA, 2018.).

Zakiseljavanje tla je proces pri kojemu se pH tla s vremenom smanjuje. Kiselu reakciju tla uvjetuju ioni  $H^+$ , tla su kisela ako je pH manji od 7 (Špoljar, 2016.). Taj se proces događa pri poljoprivrednoj proizvodnji na koju može utjecati površinski sloj tla i horizonti. Zakiseljavanju pridonose primjene velikih količina dušičnih gnojiva na prirodno kiselim tlima, zatim ispiranje dušika u obliku nitrata, te uklanjanje biljne vegetacije prilikom proizvodnje (biljni pokrov je alkalni, te se prilikom vraćanja u tlo uspostavlja ravnoteža pH) (Osman, 2014.). Industrijska polucija je također jedna od pojava koje potpomažu zakiseljavanju, posebno kisele kiše koje zahvaćaju područja većih energetske postrojenja, ali ih mogu uzrokovati i prirodni procesi (Vukadinović i Vukadinović 2011.). Kisele kiše uzrokuju oslobađanje oksida sumpora i dušika koji pri kemijskim reakcijama stvaraju sulfate i nitrata, te taloženjem odlaze u tlo. Sve kiše sadrže kiseline, no pojam „kisele kiše“ koristimo za one koje imaju veće koncentracije kiselina od uobičajenih. Najčešće su rezultat čovjekova onečišćenja (Čož-Rakovec i sur., 1995.). U kiselim tlima frakcija minerala i koloida većina je izložena ispiranju (huminskim i dr. kiselinama) i s vremenom prelaze u glinene kiseline koje će se lako premjestiti u dublji sloj soluma. Nakupljanjem gline dolazi do stvaranja zone nepropusne za vodu pri čemu dolazi do redukcije. pH tla je uglavnom manji od pH 5,5 gdje se uz višak  $H^+$  na adsorpcijskom kompleksu aktiviraju aluminijev i željezov ion djelujući negativno na biljke i njihov protok tvari (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Još jedan proces na koji čovjek ima utjecaj je zaslanjivanje tla, odnosno nakupljanje topivih soli u slojevima tla, ali mogu ga uzrokovati i prirodni procesi. Zaslanjivanje tla (salinizacija) je proces tipičan za područja sa suhom klimom, ali se često događa i otvorenim i zatvorenim prostorima prilikom navodnjavanja vodom loše kakvoće biljnih kultura ili uporabom mineralnih gnojiva (Vukadinović i Vukadinović, 2016.). Slanost tla je opisana kao koncentracija i sastav topivih soli. Otopljeni ioni u vodama tla mogu izravno utjecati na rast biljaka, a kationi adsorbirani česticama tla utječu na strukturu i neizravno na učinak usjeva. Zaslanjena tla možemo pronaći skoro na svakom kontinentu. Glavni utjecaj imaju na produktivnost biljne proizvodnje i zdravlje okoliša. Salinizacija može imati utjecaj na sve tipove tla koja imaju različita fizikalna, kemijska i biološka svojstva. Povećane zalihe soli u profilu tla mogu uzrokovati povećanje slanosti podzemnih voda, jer se one mobiliziraju navodnjavanjem ili dubokom drenažom (Rengasamy, 2016.).

## 7. ZAKLJUČAK

U radu su opisana djelovanja klime te fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla. Uz organizme, reljef, matični supstrat i vrijeme, klima je jedan od pet činitelja pedogeneze.

Klima neizravno utječe na stvaranje tla i na organizme koji sudjeluju u procesu stvaranja (flora, fauna i čovjek). Visoke temperature i kiše povećavaju stupanj vremenskih utjecaja a uz to i opseg razvoja tla (<http://www.fao.org/3/AC172E/AC172E07.htm>). Potrebne su tisuće godina kako bi se formiralo tlo, čak i sa promjenama tlo se i dalje razvija i nastaje zbog snažnog utjecaja klime na formiranje tla, razvoj, uporabu i način upravljanja s obzirom na strukturu, stabilnost, sposobnost zadržavanja vode te dostupnosti hranjivih tvari i erozije tla (Karmakar i sur., 2016.).

Pojavom klimatskih ekstrema, poput suše, poplava i visokih temperatura dovode do gubitka usjeva i ugrožavaju opstanak poljoprivrednih proizvođača. Ovisno o usjevu i ekosustavu, korovima, štetnicima, neki od njih mogu opstati i na toplijim temperaturama, vlažnijoj klimi i pri povećanim koncentracijama CO<sub>2</sub>. Utjecaj klimatskih promjena može povećati količinu korova i pojavu štetnika (<https://climate.nasa.gov/causes/>). Klimatske promjene na čovjeka, biološku raznolikost, proizvodnju biljaka, dostupnost vode, klimatsku varijabilnost i ekstreme mogu imati povoljne i nepovoljne učinke (Zaninović i Gajić-Čapka, 2008.).

Vukadinović i Vukadinović (2016.) tlo opisuju kao najveći i najznačajniji prirodni resurs čovječanstva, ali prilikom neodgovornog i pretjeranog iskorištavanja njegovih mogućnosti dolazi do smanjene plodnosti i na posljetku, nestanka i degradacije tla. Degradacija tla se pogoršava gubitkom vegetacije, a tlo ima smanjenu proizvodnu učinkovitost i stabilnost i dolazi do smanjene biološke raznolikosti. Smanjena biološka raznolikost može biti uzrokovana prirodnim katastrofama (poput požara, vulkanskih erupcija, poplava), promjenama korištenja tla na koje djeluje čovjek - poput intenzivne poljoprivrede korištenjem mineralnih gnojiva i pesticida, ili na trajnim prekrivanjem tla zbog razvoja urbanih područja i infrastrukture (<http://www.haop.hr/hr/novosti/svjetski-dan-tla-2020>).

## 8. LITERATURA

1. Basa, J. (2019.): Utjecaj suše na proizvodnju žitarica. Diplomski rad. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti. Osijek.
2. Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M. (2015.). Earthworm services for cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 553–567.
3. Branković, Č. (2014.): Klima i klimatske promjene. *Matematičko fizički list*, 64 (255), 152-162.
4. Branković, Č., Cindrić, K., Gajić-Čapka, M., Güttler, I., Patarčić, M., Srnec, L., Vučetić, V., Zaninović, K. (2009.): Peto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC). Izabrana poglavlja: Opažene klimatske promjene u Hrvatskoj, Scenarij klimatskih promjena, Utjecaj klimatskih varijacija i promjena na biljke i na opasnost od šumskih požara. DHMZ, Zagreb. 47.
5. Bridges, E. M. (2001.): Response to Land Degradation. U: Land Degradation: An Overview. Eswaran, H., Lal, R., Reich F. (2001.) (ur.). CRC Press, Florida, 536.
6. Butorac, A. (1999.): Opća agronomija, Školska knjiga, Zagreb, 648.
7. Butorac, L., Topić, V., Jelić, G. (2009.): Površinsko otjecanje oborina i gubici tla u opožarenim kulturama alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) na Koluviju. *Šumarski list*, 133 (3-4), 165-174.
8. Čož-Rakovec, R., Hacmanjek, H., Teskeredžić, Z., Tomec, M., Teskeredžić, E., Šojat, V., Borovečki, D. (1995.): Kisele kiše – problem današnjice. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 53 (1), 25-42.
9. Derežić, D., Vučetić, V. (2011.): Tendencija povećanja srednje temperature tla u Hrvatskoj. *Hrvatski meteorološki časopis*, 46 (46), 85-96.
10. Eltahir, E. A. B. (1998): A Soil Moisture–Rainfall Feedback Mechanism: 1. Theory and observations, *Water resources research*, 34( 4), 765– 776.
11. Gereš, D. (2004.): Kruženje vode u zemljinom sustavu. *Građevinar*, 56 (06), 355-365.

12. Goss, M. J., Carvalho M., Brito I. (2017.): Challenges to Agriculture Systems. U: Functional Diversity of Mycorrhiza and Sustainable Agriculture. 10. Goss, M. J., Carvalho M., Brito I. (2017.) (ur.). Academic Press, Cambridge, 254.
13. Gurjar, N., Swami S., Telkar, S., Meena, N., Kant, K., Kumar R. (2017.): Soil Biological Properties and Their Importance in Agricultural Production. Biomolecule Reports, 0-4.
14. Husnjak, S., Bogunović, M. (2002.): Opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu u agoregijama Hrvatske. Agronomski glasnik: Glasilo hrvatskog agronomskog društva, 64 (5-6), 267-280.
15. Jug, D., Birkas, M., Kisić, I. (2015.): Obrada tla u agroekološkim uvjetima, Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tla, Osijek, 275.
16. Karmakar, R., Das, I., Dutta, D., Rakshit, A. (2016.): Potential Effects of Climate Change on Soil Properties: A Review. Science International, 4 (2), 51-73.
17. Kisić, I. (2017.): Erozija vjetrom. Hrvatske vode, 25 (99), 1-12.
18. Kisić, I. (2014.): Zaštita okoliša - Biološke metode sanacije onečišćenih tala. Kemija u industriji : Časopis kemičara i kemijskih inženjera Hrvatske, 63 (9-10), 366-367.
19. Kohnke, H., Bertrand, A. R. (1972.): Konzervacija tla. Svjetlost, Sarajevo, 272.
20. Martinović, J. (1994): Periodična karakterizacija acidifikacije šumskih tala na kršu Hrvatske. Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, 56 (1-2), 121-130.
21. Matković, D., Gluhič, D. (2016): Biljno-hranidbeni kapacitet vinogradarskih tala centralne istre na lokalitetu Grimalda. Glasnik zaštite bilja, 39 (3), 66-73.
22. Mihalić, V. (1984.): Bonitiranje zemljišta kulture oranica. Agronomski glasnik: Glasilo hrvatskog agronomskog društva, 46 (1-2), 49-66.
23. Narodne novine: Pravilnih o agrotehničkim mjerama. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_03\\_22\\_452.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_03_22_452.html) (11.06.2021.)
24. Osman, K. T. (2013.): Soils, Springer Dordrecht Heidelberg New York, London, 268.
25. Osman, K. T. (2014.): Soil Degradation, Conservation and Remediation. Department of Soil Science University of Chittagong, Chittagong, 237.

26. Parađiković, N., Vukadinović, V., Šeput, M., Baličević, R., Vinković, T. (2007.): Dinamika sadržaja humusa i vodozračni odnosi u tlu u intenzivnoj stakleničkoj proizvodnji povrća i cvijeća. *Poljoprivreda*, 13(2), 41-46.
27. Paškvan, R. (1955.): Vjetar, nevremena i njihovo značenje u Istri i užem području Poreča. *Agronomski glasnik*, 5 (7), 369-376.
28. Penzar, I, Penzar, B. (2000.): *Agrometeorologija*. Školska knjiga, Zagreb, 230.
29. Rengasamy, P. (2016.): *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*, Online, 1-33.
30. Smagin, A. (2006.). Soil phases: the gaseous phase. U: *Soil basic concepts and future challenges*. Scalenghe, R. (ur.) Cambridge University Press, New York, 75-90.
31. Sofilić, T. (2014.). *Onečišćenje i zaštita tla*. Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 146.
32. Sposito, G. (2008.): *The Chemistry of Soils*. Oxford University Press, New York, 329.
33. Šegota, T., Filipčić, A. (1996.): *Klimatologija za geografe*. Školska knjiga, Zagreb, 471.
34. Špoljar, A. (2016.): *Procesi degradacije tla*. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci, 29.
35. Tlo i biljka: pH vrijednost tla. [http://tlo-i-biljka.eu/Tekstovi/pH\\_tla.pdf](http://tlo-i-biljka.eu/Tekstovi/pH_tla.pdf) (04.06.2021.)
36. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): *Ishrana bilja*. Poljoprivredni fakultet, Osijek, 452.
37. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2016.): *Tlo, gnojidba i prinos*. Vlastita naklada, elektronsko izdanje, 282.
38. Vukadinović, V., Vukadinović V. (2018.): *Zemljišni resursi*. Vlastita naklada, elektronsko izdanje, 196.
39. Zaninović, K., Gajić-Čapka, M. (2008.): *Klimatske promjene i utjecaj na zdravlje*. *Infektološki glasnik*, 28 (1), 5-15.
40. Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M., Vučetić, M., Milković, J., Bajić, A., Cindrić, K., Cvitan. L., Katušin, Z., Kaučić, D., Likso, T., Lončar, E., Mihajlović, D., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnec, L., Vučetić, V. (2008). *Klimatski atlas Hrvatske / climate atlas of Croatia 1961-1990., 1971-2000*. DHMZ, Zagreb. 200.

Internetski izvori:

1. FAO (2021.): FAO Soils Portal: <https://www.fao.org/soils-portal/about/all-definitions/en/> (6.6.2021.)
2. FAO, Soil erosion. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/cpesap/CRESAP\\_Info\\_package/Links/Module\\_4/Soil\\_erosion.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/cpesap/CRESAP_Info_package/Links/Module_4/Soil_erosion.pdf) (12.06.2021.)
3. FAO, Soil formation, soil profile and soil classification. <http://www.fao.org/3/AC172E/AC172E07.htm>. (09.06.2021.)
4. WMO: Objava za medije. [https://klima.hr/razno/priopcenja/El\\_Nino\\_final\\_2016-02-17\\_final\\_HR.docx](https://klima.hr/razno/priopcenja/El_Nino_final_2016-02-17_final_HR.docx) (06.06.2021.)
5. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja: Svjetski dan tla 2020. <http://www.haop.hr/hr/novosti/svjetski-dan-tla-2020> (15.06.2021.)
6. Soil4life: Tlo: Živo blago pod našim nogama. [https://soil4life.eu/wp/wp-content/uploads/2020/07/Brochure\\_soil\\_CROATO-1.pdf](https://soil4life.eu/wp/wp-content/uploads/2020/07/Brochure_soil_CROATO-1.pdf) (11.06.2021.)
7. Soil-Net.com: Climate change. [http://www.soil-net.com/dev/page.cfm?pageid=secondary\\_functions\\_climate\\_c&loginas=anon\\_secondary](http://www.soil-net.com/dev/page.cfm?pageid=secondary_functions_climate_c&loginas=anon_secondary) (08.06.2021.)
8. SSSA: Soils and climate. <https://www.soils.org/files/sssaiys/november-soils-overview.pdf> (07.06.2021.)
9. NASA: The Causes of Climate Change. <https://climate.nasa.gov/causes/> (15.06.2021.)
10. NDSU: Soil, Water and Plant Characteristics Important to Irrigation. <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/soil-water-and-plant-characteristics-important-to-irrigation> (08.06.2021.)
11. ECA, Borba protiv dezertifikacije u EU u: sve veća prijetnja u pogledu koje je potrebno djelovati odlučnije. [https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18\\_33/SR\\_DESERTIFICATION\\_HR.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_33/SR_DESERTIFICATION_HR.pdf) (11.06.2021.)