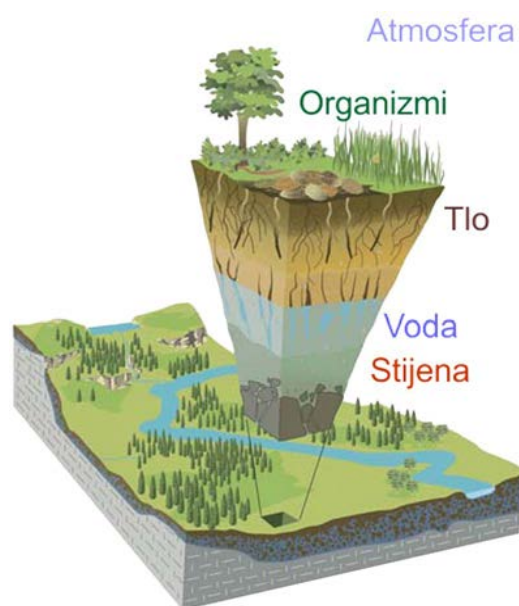


# Kritične zone istraživanja Zemljine površine

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Kritična zona (CZO; *Critical Zone Observatories*, Slika 1.) je definirana kao tanki, površinski sloj Zemljine površine prekriven vegetacijom, a može biti debljine nekoliko centimetara do više metara. Ovaj, gornji sloj Zemljine kore neobično je važan ljudima (proizvodnja hrane, pašnjaci, šume i dr.), ali i cjelokupnoj flori i fauni našeg planeta te zapravo podržava život na Zemlji. U posljednjih nekoliko godina ulažu se diljem Zemlje znatna sredstva za različita istraživanja koja obuhvaćaju atmosferu, biologiju, ekologiju, pedologiju, geofiziku, kemiju, geomorfologiju i hidrologiju, jer je jasno kako je CZOs pod ogromnim stresom zbog rastuće ljudske populacije, intenziviranja poljoprivrede, masovne sječe šuma, izgradnje naselja i infrastrukture, ubrzanih klimatskih promjena, pojačane erozije, odnosno sve većeg gubitka plodnog tla.

Premda je povijest čovječanstva kratak period u odnosu na starost Zemlje, tlo je više puta bile degradirano, sve do uništenja, a neka su društva i cijele civilizacije nestale zbog nesmotrenog i pretjeranog iskorištavanja zemljišnih resursa. Degradacija tla je često bila toliko jaka u prošlosti da se pad čitavih civilizacija (npr. Mezopotamija i Rimsko Carstvo), dijelom može pripisati padu njegove produktivnosti. Zapravo, svaka civilizacija predstavlja opasnost za obradivo tlo koje je nezamjenjiv i ograničen resurs, koristan na mnogo načina, te suvremeni ljudi moraju biti vrlo oprezni i mudri kako bi izbjegli sličnu sudbinu. Stoga se mjere za očuvanje tla javljaju veoma rano (npr. naplavlivanje mulja, kalcizacija i dr.), a u srednjovjekovnoj Europi se prakticira koncept "tri polja", sustav biljne proizvodnje u kojem se zemljište ostavlja na ugaru svake treće godine.



Slika 1. Kritična zona, prema Jon Chorover (Wikimedia Commons)

Nakon 12.000 godina od posljednje *glacijacije* (ledenog doba) Zemlja je trenutno u geološkoj epohi *holocen* (interglacijalno ili međuledeno razdoblje) koju karakterizira značajan globalni utjecaj ljudske populacije na Zemljinu geologiju i ekosustave, te se zbog toga u posljednje vrijeme najčešće naziva *antropocen*. Geolozi smatraju da bi se početak nove epohe trebao računati od 1950. godine zbog većeg stupnja radijacije prouzrokovane testiranjem nuklearnog oružja, ali i sve većeg onečišćenja okoliša otpadom iz nuklearnih i termoelektrana elektrana, naglim podizanjem CO<sub>2</sub> i stakleničkih plinova u atmosferi, onečišćenja teško razgradljivim otpadom kao što su različite vrste plastike, odnosno odlaganja sve više različitog komunalnog i industrijskog otpada.

Jasno je, bez ikakve sumnje, da je čovječanstvo u epohi kojom dominiraju ljudi, odnosno njihove, često nerazumne aktivnosti kao što je prekomjerna sječa šuma i korištenje fosilnih goriva sve do iscrpljivanja tog resursa, naravno uz porast razine CO<sub>2</sub> i *stakleničkih plinova* u atmosferi te izumiranje mnogih biljnih i životinjskih vrsta. Posljedica je primjetna devastacija prirode i promjena globalne klime uz porast globalne temperature, dizanje razine mora, sve češće ekstremne vremenske uvjete kao što su česte velike poplave, izrazite i dugotrajne suše i snažne oluje. Dio čovječanstva još ne shvaća da je grubim, pretjeranim miješanjem postao najvažniji čimbenik promjena na Zemlji i da je njegov nekontrolirani utjecaj na prirodu vrlo rizičan jer uskoro neće biti u stanju ovladati novonastalim promjenama.

Znanje o tome koje su funkcije CZOs i na koje sve načine podržava život na našem planetu zapravo je ključalno u uvjetima sve brojnije ljudske populacije uz njen sve brži sociološko-ekonomski razvitak (intenzivno korištenje zemljišnih resursa, opći porast potreba i potrošnje u uvjetima sve jače izraženih

globalnih promjena klime i okoliša), a ekološko opterećenje na okoliš zapravo je produkt broja stanovnika, tehnologije i životnog standarda. Naime, ljudska aktivnost manifestira se kroz integraciju više različitih površinskih procesa na Zemlji (npr. evolucija pejzaža kao posljedica promjene klime, hidrologije, geokemije i ekologije) koji dovode do promjena na prostornoj i vremenskoj skali. Međutim, ubrzane promjene Zemljine kritične zone trenutno opisuje više različitih, često suprotstavljenih hipoteza, pa je pitanje zaustavljanja ubrzanih promjena na našem planetu još uvijek otvoreno pitanje u znanstvenoj zajednici.

Nipošto ne treba zanemariti kako se procesi u kritičnoj zoni Zemljine površine odvijaju kroz široku vremensku skalu od više milijuna godina, a najizraženiji su svakako bili tektonski poremećaji i ciklične promjene klime. Trenutni izgled krajolika oblikovan je kroz više geoloških epoha, a poznavanje sporih, kao i brzih cikličnih procesa dobar je temelj za proučavanje budućnosti CZOs. U brze ciklične procese koji postupno dovode do promjena krajolika treba svrstati dnevne fluktuacije temperature tla, sezonske promjene u tlu vlage, godišnje promjene u rastu vegetacije i sl., a u dugoročne kumulativne promjene svrstavaju se atmosferski utjecaj na stijene, pedogeneza i sukcesija ekosustava. Potrebno je više stotina, pa i tisuća godina da se matična stijena transformira u tlo (npr., godišnje nastane ~0,0002 g gline na svakih 100 g tla). Ovako spore kumulativne promjene proizvele su određene tipove tla, specifičnog mehaničkog sastava i strukture, koji kontroliraju kretanje i periodične promjene vode u tlu, a svako kretanje vode u *vadoznoj zoni tla* (nesaturirana zona između površine i podzemne vode) pokreće premještanje materijala, kemijske i biološke reakcije i konačno formiranje tla specifičnih svojstava i funkcija.

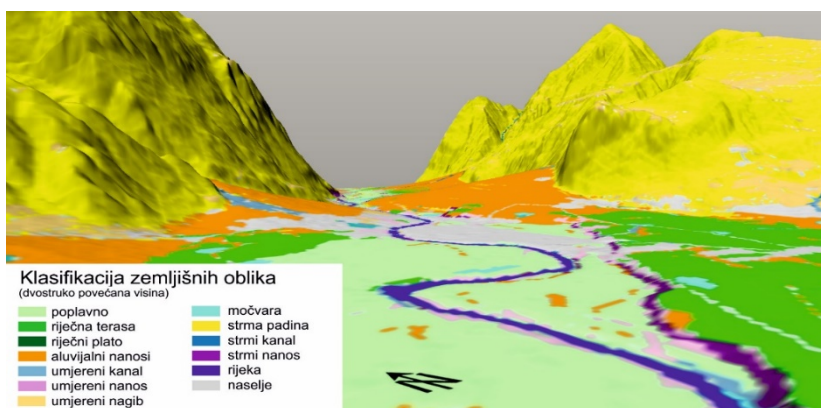
Na promjene u CZOs snažno utječu i biološki faktori. Naime, što je veća biomasa i biološka raznolikost, intenzivnija je biološke aktivnosti te ubrzana pedogeneza. Također, veoma je važan antropogeni utjecaj pa tako obrada, ali i uređenje zemljišta (intenzitet poljoprivrednog korištenja, navodnjavanje i odvodnja, drenaža, terasiranje i dr.), višestruko ubrzava pedogenetske procese u tlu. Integrirani koncept CZOs povezuje sve interakcije između geoloških, pedoloških, hidroloških, kemijskih, bioloških, atmosferskih i antropogenih procesa, osobito kad je u pitanju dotok (i/ili protok) slatke vode i otopljenih tvari, uključujući i organske tvari u njoj.

Degradacija tla se definira kao "*nepovoljna promjena svojstava tla i procesa koji dovode do smanjenja funkcija ekosustava*", dakle označava pad kvalitete tla za određene funkcije ili čak i njegov gubitak. Takve procese mogu izazvati ekstremni prirodni događaja, kao što su dugotrajne bujične kiše, odnosno erozija i poplave, odroni i druge nuspojave. Prirodni oblici degradacije prilično rijetki u usporedbi s antropogenim učincima, npr. različitim oblicima intenzivnog korištenja zemljišta pa se antropogene aktivnosti zbog povećane proizvodnja hrane, goriva i vlakana, posebice u posljednjih 50 godina mogu smatrati glavnim uzrokom degradacije tla. Zasljanjivanje je uzrok gubitka ~1,5 milijuna hektara obradivog zemljišta na godinu, a na 40 % površina u zemljama u razvoju pojavljuje se određeni stupanj degradacije zbog erozije, smanjena plodnosti ili pretjerane ispaše. Najčešći uzroci degradacije tla su:

- *Fizikalna degradacija* erozijom, zbijanjem i pokoricom,
- *Kemijska degradacija* povezana je s padom bioraspodivnosti hraniva, zakišeljavanjem, alkalizacijom i/ili zaslanjivanjem,
- *Biološka degradacija* najčešće asocira s padom organske tvari u tlu, ali može biti izazvana i onečišćenjem tla teškim metalima, pesticidima i drugim toksičnim tvarima i
- *Pogoršanje dreniranosti* koje asocira s ležanjem vode ili zaslanjivanjem.

Erozija ima najveći negativni ljudski utjecaj na tlo koji utječe na više od 80 % degradiranih tala. Naime *Willis i Evans* su još 1977. god. tvrdili da je potrebno 30, a ponekad i više od 1000 godina kako bi se prirodnim procesima razvilo samo 25 mm površine tla iz matičnog supstrata, te stoga tlo nije obnovljivi resurs u vremenskoj skali koju koriste ljudi. Ipak, u manje ekstremnim okolnostima degradacije tla, kao što su kontaminacija ili gubitak plodnosti, neke funkcije tla moguće je vratiti premda ne u potpunosti. Tako je moguće neke važne dinamičke značajke tla polako obnoviti kroz praksu korištenja, npr. organsku tvar, većinu hranjivih tvari, pa i neka fizikalna svojstva mogu se obnoviti pažljivim dugoročnim korištenjem, npr. određena kemijska svojstva (pH, salinitet, sadržaj N, P, K itd.) mogu se mijenjati.

Bliski uzajamni odnos između CZOs procesa zahtijeva sinergijski, multidisciplinarni pristup kako bi se razumjela evolucija CZOs strukture i njenih funkcija te su nove tehnike daljinskih istraživanja omogućile nove,



Slika 2. Digitalni model terena (DTM) riječne doline kreiran na temelju LIDAR-a (Bruneck, Južni Tirool, Italija, [https://www.uibk.ac.at/geographie/bola/poster/egu\\_lasbo.pdf](https://www.uibk.ac.at/geographie/bola/poster/egu_lasbo.pdf))

učinkovitije načine za praćenje i procjenu različitih CZOs atributa. Naime, sve više se koriste optički (uključujući LIDAR visoke rezolucije), mikrovalni, gravitacijski, infracrveni i ostali senzori, umjerene i vrlo visoke rezolucije, postavljeni na satelite koji permanentno skeniraju površinu Zemlje. Npr., LIDAR tehnologija (optički ili laserski radar) može kvantificiranja promjene u krajobrazu (Slika 2.) kroz vrijeme te tako omogućiti provjeru različitih CZOs modela, odnosno poboljšati razumijevanje povezanih CZOs

procesu, olakšati uočavanje ograničenja pojedinog ekosustava i na taj način omogućiti učinkovitije, dugoročno i održivo upravljanje proizvodnjom hrane. Stoga je za većinu znanstvenika sada jasno kako se CZOs može koristiti kao nova paradigma pri donošenju odluka u zaštiti okoliša, uključujući klimatske promjene, gospodarenje vodom, zaštiti bioraznolikosti, kvaliteti zraka i vode, gospodarenju otpadom te unapređenju poljoprivredne politike.

#### Izvori:

- <http://vzj.geoscienceworld.org/content/15/9/vzj2016.06.0050>
- **Zemljišni resursi** (nova, još neobjavljena e-knjiga autora Vesne i Vladimira Vukadinović)

U Osijeku, 28. veljače 2017. god.