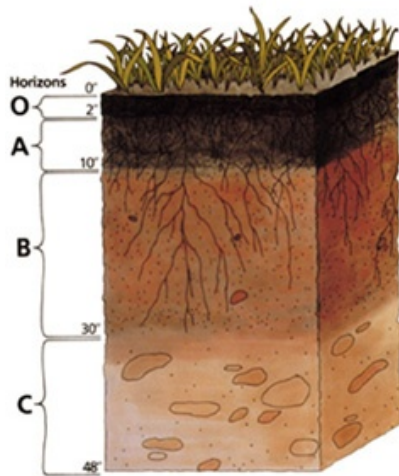


PREDAVANJE 7 i 8

ZEMLIŠTE EKOLOŠKI ZNAČAJ I GEOMEDICINA

Zemljište predstavlja površinski sloj Zemljine kore koji nije pokriven vodenim masama. Ono obuhvata cjelokupan kontinentalni dio litosfere sa oko 150 miliona kvadratnih kilometara ili 1/3 površine planete. Zemljište je materijalni supstrat u složenim biogenetskim ciklusima stvaranja i održavanja svih segmenata biosfere.

Na formiranje litosfere utiču faktori koji se sistematizuju kao abiotički: klimatski, edafski faktori (fizičko-hemijske osobine zemljišta i matičnih stijena) i orografski faktori (reljef), kao i biotički faktori, koji podrazumijevaju uticaj svih živih bića, uz naglašen antropogeni uticaj. Konačan sastav zemljišta u najvećoj mjeri zavisi od podloge na kojoj se zemljište stvara. Uticaj čovjeka je stalan, i to na sledeći način: obrađivanje zemlje, površinska rudna eksplotacija, kanaliziranje površinskih vodnih tokova, urbanizacija i najopasniji uticaj zagađivanjem zemljišta, kojom se mijenja prirodna ravnoteža procesa pedogeneze (formiranja zemljišta).



Shematski prikaz 7.A – Profil zemljišta.

Legenda

O) Horizont O. Površinski horizont, sadrži ostatke org.materija.

A) Sadrži uglavnom mineralne materije i ostatke orgnske materije koja mu može dati tamnu boju. Na poljoprivrednom zemljištu, to je obrađivan sloj.

B) Naziva se još zona akumulacije gdje se nakuplja glina, željezo, aluminijum, organska materija i minerali i elementi isprani iz prethodnih horizonata.

C) Najdonji horizont zemljišta, mineralni sastav sličan matičnoj stijeni u podlozi, bez structure, masivan,dijelom razdrobljen,bez organske materije.

Zemljišta predstavljaju smješnu organskog i neorganskog materijala. Čestice koje čine zemljište mogu biti koloidne, koje su veoma važne za kvalitet i osobine zemljišta do čestica razmjera grubih disperzija. U sastavu zemljišta ulaze organska i neorganska materija, voda i gasovi. Sve ove komponente su u stanju dinamičke ravnoteže.

Zemljište je sredina koja direktno učestvuje u razvoju živog svijeta na Zemlji jer pruža niz hranljivih materija biljkama, a one kroz lance ishrane i životinjama. Zemljište je jedan od baznih činilaca životne sredine.

Pod zemljištem se podrazumijeva površinski sloj Zemljine kore, koji je većinom plodan i koji se stalno mijenja u dinamičkim procesima pod uticajem klimatskih procesa i bioloških faktora, kao i uslijed ljudske aktivnosti.

Svako zemljište sastoji se od karakterističnih slojeva, koje nazivamo profil zemljišta. Obično se na površini-vrhu profila, nalazi *sloj humusa* debljine od nekoliko cm do 1.5 m, pa i više. Ovaj sloj se stvara tokom vremena stalnim slaganjem biljnog otpada na površinu zemljišta. Iza humusnog sloja nalazi se *prelazni sloj*, nastao spiranjem raznog materijala vodom. Dublje se nalazi *sloj glinenih materijala* u kome dolazi do akumulacije neorganskih i organskih materija a nakuplja se i voda. Na dnu ovih slojeva, nalazi se *osnovni sloj litosfere*, koji nije zahvaćen procesima stvaranja zemljišta.

Postoji niz različitih tipova zemljišta, koji se razlikuju po: boji, strukturi, sastavu, sadržaju primarnih i sekundarnih minerala i raznih jona koji se mogu izmjenjivati, te po sadržaju organskih materija i dr.

Hemijski sastav i svojstva zemljišta zavise od geološkog supstrata i intenziteta procesa dekompozicije (ciklusa kruženja materija).

Pedološki sloj se sporo formira a može se brzo devastirati prirodnim djelovanjem a u još većoj mjeri antropogenim faktorima.

EKOLOŠKI ZNAČAJ ZEMLJIŠTA I GEOMEDICINA

Osnovne prirodne karaktersitike zemljišta su:

- fizičke osobine,
- mehanička struktura,
- hemijski sastav,
- prisustvo vode, vazduha i živog svijeta u zemljištu,
- kao i vrsta i količina zagađujućih materija.

Idealne osobine zemljišta su:

- krupnozrnasta struktura kroz koju se voda brzo cijedi do velike dubine (podzemne vode dublje od 2 m),
- nizak sadržaj vlage i
- velika količina vazduha.

Zemljište sa slabom propusnom moći za atmosferski talog zadržava u sebi veliku količinu vlage, koja istiskuje vazduh, ima lošu karakteristiku konduktivnosti, pa ljeti zagrijeva a zimi dodatno rashlađuje objekte koji se na njemu nalaze. Ovakve vrste zemljišta imaju mali kapacitet razgradnje otpadnih materija koje u njih dospijevaju.

Temperatura zemljišta utiče na prirodne geobiološke procese koji se u njemu odvijaju, kao i na ukupne mezoklimatske karakteristike oblasti. Površina zemljišta se zagrijeva pod uticajem direktnog sunčevog zračenja i u razmjeni toplote sa vazдушnim masama, te je pod uticajem klime podneblja, godišnjeg doba, reljefa (gdje se južne, jugoistočne i jugozapadne padine relativno više zagrijevaju). Temperatura zemljišta zavisi i od sastava: slabije se griju sitnozrnasta i vlažna zemljišta, kao što je humus, a brzo se griju kamenita i suva zemljišta. Temperaturne sezonske varijacije najviše su izražene na samoj površini, a sa većom dubinom opadaju: na dubini od 12 m temperatura je konstantna i odgovara srednjoj godišnjoj temperaturi vazduha podneblja. U našim klimatskim uslovima moguće je smrzavanje zemlje do dubine od 1.2 m.

Sastav i mehanička struktura površine Zemljine kore su kompleksni. Sastavljena je od:

- čvrste faze neorganske: šljunak, pijesak, glina ;
- organske materije (hidratni koloidi raznih hemijskih struktura) i
- tečne faze (podzemne vode i pravi nezasićeni rastvori),
- kao i od gasovite faze (vazduh u porama i drugi gasovi nastali razlaganjem).

Mehanička struktura zemljišta zavisi od veličine oblika i povezanosti čestica koje ga sačinjavaju. *Kompaktna struktura* potiče od stijena, koje mogu biti sedimentnog, vulkanskog ili dubinskog porijekla. *Zrnasta struktura* zemljišta sastoji se od odvojenih čestica povezanih kohezionim silama. *Poroznost zemljišta* predstavlja ukupnu zapreminu pora raznih veličina i oblika. Manju poroznost ima krupnozrnasto zemljište sa većim šupljinama (od 30 do 40%), dok sitnozrnasto zemljište može imati preko 50% pora u svom volumenu (treset čak 85%). Od poroznosti zavisi količina vode i vazduha koje zemljište može da primi.

Vodeni kapacitet podrazumijeva maksimalnu količinu vode koja može da ostane vezana u zemlji izraženo u zapreminskom procentu (na primjer, u šljunku do 7%, u peskovitom zemljištu od 25 do 65%). Sitnozrnasta zemljišta sporije propuštaju, duže zadržavaju i filtriraju atmosfersku i površinsku vodu, dok zemljišta krupnije strukture brzo propuštaju vodu. Površina zemljišta može da usisa vodenu paru iz vazduha na osnovu osobine koja se naziva *higroskopnost*, a koja zavisi od strukture i sastava zemljišta (izrazita je kod humusa zagađenog nitritima i truležnim materijama).

Vazduh sadržan u zemljištu neophodan je za rast biljaka, nižih organizama i mikroorganizama, kao i za odvijanje neophodnih hemijskih procesa kruženja materije i prečišćavanja. Zamjena vazduha iz zemljišta atmosferskim javlja se prilikom taloženja padavina, kada gasovi bivaju potisnuti vodom koja prodire u zemlju, a zatim bivaju zamijenjeni novim količinama atmosferskog vazduha.

Hemijski elementi u zemljištu sa najvećim udjelom su:

- kiseonik, 50% (oko 2.000 raznih jedinjenja),
- sledeći je silicijum sa 30% (preko 800 jedinjenja),
- aluminijum, 7%, kalcijum i
- gvožđe, 4% i
- relativno male količine natrijuma, kalijuma, magnezijuma i titanijuma.

Materije koje potiču iz zemljišta prema fiziološkoj ulozi ikoličini u organizmu čovjeka, dijele se na: **makroelemente**, kao što su: O, H, C, N, Ca, Na, K, P, S, Cl, Mg, koji čine do 99% mineala zemljišta i 80% mineralnih materija čovjekovog tijela, **esencijalne oligoelemente ili elemente u tragovima**, kao što su: Fe, Se, Cu, Zn, Co, F, J, Mn, Cr, kao i na još nepotpuno ispitane elemente koje nazivamo vjerovatno **esecijalnim elementima**, a kojima pripadaju Ni, Li, V.

Nedostatak ili višak oligoelemenata ispoljava se poremećajima zdravlja u vidu *enzootskih bolesti životinja* ili *endemičnih oboljenja ljudi* koji koriste hranu sa tog terena. Shamberger i Frost su 1969. godine prvi dali hipotezu da je geografska distribucija pojedinih esencijalnih oligoelemenata u zemljištu povezana sa stopom smrtnosti ljudi i postavili su **koncept geohemijskih oboljenja**. Globalni problem nedostatka pojedinih oligoelemenata u zemljištima širi se polako na više regija u svijetu pojavom kiselih kiša (istaloženi sulfati i nitrati), koje mijenjaju hemizam zemljišta, i ometaju akumuliranje oligoelemenata u biljkama.

Tab. Esencijalni oligoelementi, značaj i dnevne potrebe

<i>Oligoelement</i>	<i>Uloga u organizmu</i>	<i>Patološki znaci i bolesti Nedostatka ili suficita*</i>	<i>Dnevna potreba odraslih ljudi</i>
Fe	Stvaranje hemoglobina i mioglobina	Hipohromna anemija	10 – 20 mg
Cu	Hematopoeza, Tkivno disanje	Anemija i degeneracija nervnog sistema	10 – 20 mg
Co	Stvaranje vitamina B ₁₂	Perniciozna anemija	8-10 mg
Mn	Održavanje oksidacionog stanja u ćelijama	Usporen rast i okoštavanje	0,3 mg
Zn	Stvaranje fermenta u metabolizmu DNK i RNK	Neplodnost ili oštećenja ploda	15 mg
Cr	Metabolizam ugljenih hidrata	Metabolički poremećaji, dijabetes	50 – 200 µg
J	Stvaranje hormona štitaste žlijezde	Gušavost, miksedem, gluvonijemost, kretenizam	150 µg
F	Stvaranje zubne gledi, okoštavanje	Karijes, defomracija kostiju	1,5 – 4,0 mg
Se	Oksidoreduktivni ćelijski enzimi	Degeneracija miokarda, osteomuskularna distrofija, Trovanje – alkalna bolest	50 – 70 µg

ZAGAĐIVANJE ZEMLJIŠTA I AUTOPURIFIKACIJA ILI SAMOPREČIŠĆAVANJE ZEMLJIŠTA

Zagađenje zemljišta može se definisati kao promjena njegovih prirodnih hemijskih, radioloških i bioloških osobina nastalih mijenjanjem odnosa prirodnih sastojaka ili pojavom novih sintetičkih materija koje remete prirodne odnose u živom svijetu i prevazilaze mogućnosti samoprečišćavanja.

Zagađenost zemljišta zavisi kako od emisije i dispozicije štetnih materija (količine i dinamike deponovanja), tako i od njegovog sastava, strukture i fizičko-hemijskih osobina. Zagađen površinski sloj zemljišta može da predstavlja izvor hemijskog trovanja čovjeka preko vode i hrane koje sa njega potiču (teški metali, pesticidi, herbicidi i fertilizatori i različit industrijski otpad), izvor infekcije mikroorganizama i zaraze parazitima, kao i šireg zagađivanja vazduha i vodotokova u kombinaciji sa uticajem meteoroloških faktora (širenje zagađenja dejstvom vjetrova i atmosferskim talogom).

Zemljište, uslijed prisustva humina i glina, može da vezuje vrlo visoke koncentracije štetnih materija odnosno elemenata. Njihova raspodjela, iako nehomogena, prije svega je određena *jono-izmjenjivačkim osobinama zemljišta*, zatim *adsorpcionim osobinama* i konačno *prisustvom samostalnih jedinjenja pojedinih zagađujućih materija*.

Izvori, vrste i posledice zagađivanja zemljišta

Načini zagađenja zemljišta:

- *zagađenje iz vazduha, atmosfere*
 - emisije iz tehnoloških procesa, obično kroz dimnjake,
 - emisije, uslijed sagorijevanja fosilnih goriva,
 - pri proizvodnji energije, iz stambenih zgrada,
 - emisije izduvnih gasova vozila,
 - sagorijevanje biomase i dr.
- *zagađenje iz otpadnih voda*
 - otpadne vode iz tehnoloških procesa
 - otpadne vode iz domaćinstva
 - vode zagađene uslijed poljoprivredne djelatnosti
- *zagađenje uslijed poljoprivredne aktivnosti*
- deponovanje otpada
- razaranje i uništavanje površine tla

Vrste i osobine materija u zemljištu bitno se razlikuju od onih koji se pojavljuju u hidrosferi i atmosferi.

Prema *izvoru emisije*, zagađenje se može podijeliti na:

- komunalno i
- industrijsko

Prema *prirodi*, zagađujuće materije dijele se na:

- neorganske,
- organske

Moguće je direktno zagađivanje zemljišta djelovanjem mehaničkih sila ili kontaminacijom zemljišta toksičnim zagađujućim supstancama i posredno taloženjem polutanata (mikro i suvo taloženje) iz vazduha. Emisije aerozagađenja prije ili kasnije u izmijenjenom ili neizmijenjenom obliku ipak padnu na zemljište. U okviru ovih grupacija postoji veći broj izvora i vrsta zagađivanja zemljišta.

Zagađujuće supstance u zemljištu izazivaju u principu *tri vrste efekata*:

- *fizičke* izmjene u zemljištu
- *hemijske* izmjene u zemljištu
- i *biotičke* (ugrožavanje aktivnosti pa i opstanak razlagača a to dalje dovodi do zastoja u razlaganju biljnih ostataka, posebno u šumskim ekosistemima) odnosno zastoja i odstupanja od normalnih tokova kruženja materija (ciklusi kruženja mineralnih elemenata).

U takvim uslovima neki od neorganskih mineralnih elemenata postaju nedostupni biljci, dok se drugi, toksični elementi (metali) deblokiraju i prelaze u zemljišni rastvor.

Fizičke izmjene u zemljištu odnose se na mehanička svojstva i strukturu a mogu nastati djelovanjem mehaničkih sila u rizosferi. U prirodnim (šumskim) ekosistemima koje čovjek ne obrađuje ili nijesu pod njegovim neposrednim uticajem ovakve vrste promjena, ako ih i ima, zanemarljive su.

Djelovanjem antropogenog faktora mogu se pogoršati fizičke karakteristike zemljišta, što izaziva osiromašenje vegetacije, otežano klijanje sjemena, izduživanje korijenovih dlačica, narušavanje funkcije simbioze, osiromašenje pedološke flore i faune, i td.

Sabijanje zemljišta se dešava i spontano ali je ono u agrosistemima izraženo prije svega zbog upotrebe teške mehanizacije. Sabijeno zemljište je nepogodno za razvoj biljaka (otežano klijanje, slaba aeracija i dr).

Poseban vid devastacije zemljišta je razaranje površinskog sloja, koji već ima široke razmjere.

Neplanskom sječom stvaraju se goleti pa se tako otvara put erozijama, naročito na strminama. Krčenje šuma i prevođenje prirodnih ekosistema u poljoprivredne kulture često je praćeno isušivanjem i stvaranjem tvrde debele kore što pričinjava velike teškoće u obradi takvih površina.

U toku poslednjih 40 godina 1/3 poljoprivrednog zemljišta u svijetu (oko 1.5 milijardi ha) je degradirana. Gubitak ovih površina se donekle kompenzuje stalnim povećanjem produktivnosti poljoprivredne proizvodnje.

Hemijsko zagađenje je posljedica uvođenja u proizvodnju hemikalija, uključujući i hemizaciju poljoprivrede, saobraćaj, proizvodnju energije (termoelektrane) otpadne tehnološke emisije, ostaci đubriva, pesticida i drugih regulatora. U zemljištu se takođe mogu naći radionuklidi koji preko biljaka ulaze u lance ishrane. Zagađujuće supstance kontaminiraju ne samo zemljište, već prodiru u dublje slojeve i zagađuju podzemne vode. Iz zemljišta ih biljke apsorbuju i tako ulaze u lance ishrane raznih konzumenata, sve do čovjeka.

Kisele kiše

Promjene (pad) vrijednosti pH (pod uticajem kiselih kiša) iniciraju u zemljištu druge promjene sa negativnim poslasticama na strukturu i funkcije korijena i razlagača. Jedna od evidentnih posljedica kiselih kiša je snižavanje vrijednosti pH zemljišta. Vrijednosti pH šumskih zemljišta variraju zavisno od geoloških karakteristika, vrste šuma i njihove starosti, ali su u principu kisela. Normalne vrijednosti za zemljišta četinarskih šuma (borove) su oko 4 pH dok su u listopadnim šumama nešto veće. Kisele kiše ove vrijednosti mogu oboriti, čak i do vrijednosti pH ispod 3, što između ostalog utiče na deblokiranje toksičnih metala; Al, Cd, Zn, prema kojima zemljišta imaju veliki afinitet, a posebno glina i organske koloidne supstance te su tako u normalnim prilikama blokirani.

Mjerenja vrijednosti pH uzoraka atmosferskih padavina pokazuju da su kiše višestruko kiselije iznad urbanih i industrijskih regija nego u ruralnim sredinama. Kisele padavine su prouzrokovale acidifikaciju stotina hiljada jezera u Sjevernoj Americi i Evropi, a prvi put je ova pojava zabeležena 60-tih godina u Skandinaviji (u Švedskoj). U Švedskoj je već oko 18.000 jezera i 9.000 km riječnih tokova acidifikovano sa odgovarajućim krupnim promjenama u akvatičnim ekosistemima. Stepent acidifikacije (osim intenziteta kiselih padavina) zavisi i od puferskog kapaciteta jezera. Acidifikaciji doprinose i prirodni izvori (biološki procesi), način korišćenja zemljišta u poljoprivredi i šumarstvu.

Poljoprivrednim kulturama pogoduju vrijednosti pH veće od 6 u pogledu apsorpcije i korišćenja vode u mineralnih materija. Uslijed upotrebe amonijačnih đubriva, a zatim u toku nitrifikacije (konverzije u nitrate) oslobađaju se vodonikovi joni. Smatra se da je u poljoprivrednim zemljištima doprinos ovoga izvora acidifikacije od 15 do 20%.

Stepent zakisjeljavanja zemljišta u znatnoj mjeri zavisi od njegovog puferskog kapaciteta, a to znači od sadržaja krečnjaka, što potvrđuju mnogobrojne pedološke analize. Zbog toga se krečnjak uspješno koristi (i daje relativno dobre rezultate) za sanaciju pH u akvatičnim sredinama (jezera), a za sada sa manje uspjeha u terestričnim ekosistemima, gdje su i procesi revitalizacije sporiji. Promjene (smanjenje) vrijednosti pH zemljišta bitno utiče na ponašanje teških metala¹.

Zagađenje uzrokuje značajne nepovoljne posljedice u zemljištu:

¹ Na ponašanje, pa i toksičnost teških metala u zemljištu, bitno utiču faktori kao što je pH, količina i svojstva organske materije i minerala gline i interakcija sa neorganskim konstituentima, uključujući i jone metala.

- odstupanje vrijednosti pojedinih parametara,
- smanjenje plodnosti i kvaliteta zemljišta,
- otežava se ili zaustavlja snabdijevanje neophodnim mineralnim elementima i vodom
- i uopšte funkcionisanje korijenovog sistema.

U zagađenom zemljištu prisustvo je više vrsta zagađujućih materija u raznim kombinacijama i iz različitih izvora. Mogućnost zagađenja zemljišta od udaljenih izvora prisutna je i posredstvom aerozagađenja. Primjer su kisele kiše: emisija gasova oksida sumpora i azota koji se šire na daljinu transkontinentalno i talože padavinama do veoma udaljenih regiona.

Teški metali u zemljištu

Teški metali se pretežno zadržavaju u površinskom, organskom sloju, koji je od izuzetnog značaja za produktivnost ekosistema. U njemu se nalaze ostaci biljaka koji dijelom podležu mikrobijalnoj dekompoziciji. Složena organska jedinjenja (naročito jedinjenja azota i fosfora) razlažu se i prevode u oblike koje biljke mogu apsorbirati. U prisustvu metala dolazi do poremećaja u prirodnim ciklusima transformacija (jedinjenja azota, fosfora, sumpora) zbog toksičnih efekata na razlagače. Zbog disproporcije u prilivu otpadaka i smanjenog kapaciteta njihove destrukcije, na površini se formira debeo sloj biljnih otpadaka. To se neposredno odražava na produkciju biomase viših biljaka. Jedna od posljedica prisustva teških metala u šumskim zemljištima razaranje simbiotskih zajednica (mikoriza).

Stepen toksičnosti teških metala u zemljištu zavisi od više faktora: kiselosti, količine i svojstva organskih materija u pogledu kapaciteta kompleksovanja metala sa glinom i drugim neorganskim materijama sa kojima mogu stupiti u interakcije. Zbog toga podaci o koncentracijama teških metala u zemljištu imaju ograničenu vrijednost (u procjeni njihovog toksičnog učinka), a teško ih je interpretirati ako ne raspoložemo i drugim pomenutim relevantnim podacima.

Posljedice kontaminacije zemljišta teškim metalima su smanjenje broja vrsta mikroorganizama (eliminacija osjetljivih vrsta), a sa druge strane razvoj otpornih linija. Ako se, na primjer, drastično smanjuje ukupan broj bakterija i gljiva u blizini topionica.²

Prema Tyler-u (1981), teški metali su inhibitori sledećih mikrobijalnih enzima: galaktozidaze, invertaze, lipaze, alkalne fosfataze, kisele fosfataze, polifenoloksidaze, nitratne reduktaze, nitrogenaze i ureaze. Inhibicija se odvija putem više mehanizama: maskiranjem katalitički aktivnih grupa, denaturacijom proteinske komponente ili izmjenom konformacije putem kompetitivne inhibicije i blokiranjem SH i amino-grupa. Posebno je pogođen metabolizam azota u zemljištu ugrožavanjem metabolizma, pa i opstanak nosilaca kruženja N.

Promjene vrijednosti pH zemljišta uslovljavaju različito ponašanje pojedinih jedinjenja. Tako, na primjer, kad se molbdenove soli (molibdati) nađu u kiselom zemljištu, one prelaze u nerastvorljive forme.

² Aktinomicete su u principu otporne na Cd, kao i gram pozitivne bakterije.

U neutralnim zemljištima čak ni visoke koncentracije Mn, Al, Pb ne izazivaju negativne efekte po mikroorganizme i vaskularne biljke, dok se u kiselim pojavaju toksični efekti, odnosno stepen toksičnosti Cd, Co, Cu, Zn, Al. Poljoprivredna zemljišta imaju relativno visoke vrijednosti pH i manje su podložna acidifikaciji nego prirodni šumski ekosistemi.

Teški metali izazivaju deficit ili nedostupnost drugih, inače neophodnih elemenata i poremećaje u prirodnim tokovima dekompozicije i mineralizacije organskog materijala.

Uticaj teških metala na floru i faunu zemljišta

Mikroflora i fauna zemljišta (naročito u šumskim ekosistemima) ima nezamjenjivu ulogu u dinamici ekosistema, u procesima kruženja materija i održavanju prirodnih ciklusa. U svoj metabolizam uključuju ostatke biljaka i životinja koje podvrgavaju dekompoziciji i mineralizaciji do oblika koje biljke ponovo mogu koristiti ili na druge načine poboljšavaju svojstva zemljišta. U ovim složenim procesima, u kojima učestvuje veći broj grupa mikroflora i faune, postoji neka vrsta podjele rada. Zemljišna fauna (lumbicide, kolebole), na primjer, usitnjavanjem biljnih otpadaka i lučenjem sekundarnih organskih kiselina, stvaraju povoljne uslove za aktivnost mikroorganizama u daljem toku razlaganja.

U uslovima zagađenja zemljišta teškim metalima mijenjaju se bitni parametri za rastenje, gustina populacija, efikasnost metabolizma pa sve do iščezavanja pedoflore i pedofaune, a što rezultira u zastoju bioloških transformacija. Globalno se biološka aktivnost može ispitivati i iskazivati različitim pokazateljima.

Eksperimentalno je testirana biološka aktivnost mikroorganizama zagađenih zemljišta, tako što su dodavana organska jedinjenja različitog stepena složenosti, koja inače, u normalnim uslovima, podležu biološkoj razgradnji. U takvim uslovima bila je moguća razgradnja prostih molekula (glukoze) i djelimično i sporo rastvorljivih proteina, dok je dekompozicija složenih ugljenih hidrata (lignina, celuloze, skroba) vrlo sora. Pokazalo se da je stepen inhibicije u korelaciji sa koncentracijom teških metala u zemljištu.

➤ Zagađenje uslijed poljoprivredne aktivnosti

Poljoprivredna aktivnost, koja proizvodi hranu za ljudsku populaciju svijeta, odvija se otprilike na jednoj trećini površine zemlje, odnosno, na oko 13 milijardi hektara.

Stalno povećanje populacije zahtijeva sve intenzivnije mjere u poljoprivredi radi povećanja prihoda. To znači, sve veću upotrebu vještačkih đubriva, pesticida, navodnjavanje i mehanizaciju a radi povećanja površine zemljišta, krče se i šume.

Mineralna đubriva. Žetvom se iz zemljišta iznose velike količine mineralnih soli. Osnovne elemente je neophodno unesti u zemljište, s obzirom da napr, ubiranjem 13 tona krompira po hektaru, iz tla se izvlači: 48.4 kg azota, 19 kg fosfora i 86 kg kalijuma i odgovarajuća količina mikroelemenata. S obzirom da su veoma ograničene mogućnosti prirodnih procesa regeneracije odgovarajućih soli moraju se nadoknaditi unošenjem mineralnih đubriva. Za posljednje tri godine proizvodnja i upotreba vještačkih đubriva je povećana sa 12 na 80 miliona tona godišnje. Iako đubriva bitno utiču na visinu prinosa

rezultati naučnih istraživanja i iskustva ratara ukazuju na štetne posledice višegodišnjeg đubrenja. To se odnosi na promjene kvantitativnih odnosa pojedinih mineralnih elemenata, njihovu pokretljivost i dostupnost biljkama.

Mineralno đubrivo kao zagadjujući agens

Primjena mineralnih đubriva u poljoprivredi, pored povoljnog djelovanja na povećanje prinosa, ima i značajne negativne posledice. Osnovne komponente đubriva su fosfati i nitrati, kao anjoni, odnosno kalijum i amonijum joni kao katjoni i karbamid koji je u momentu primjene u molekularnom obliku.

Tab. - Azotna đubriva

Naziv	Osnovni sastav
Amonijum sulfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Amonijum hlorid	NH_4Cl
Amonijačno-nitratna đubriva	
Amonijačna šalitra	NH_4NO_3
Karbonatno-amonijačna šalitra	$\text{NH}_4\text{NO}_3, \text{CaCO}_3$
Amonijum-sulfat-nitrat	$(\text{NH}_4) \text{SO}_4 + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$
Kalijum amonijačna šalitra	$\text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
Nitratna đubriva	
Natrijumova šalitra	NaNO_3
Kalcijumova šalitra	$5\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$
Kalijumova šalitra	KNO_3
Amidna đubriva	
Cijanamid kalcijum	CaNCN
Karbamid	$\text{CO} (\text{NH}_4)_2$

Pored osnovnih jedinjenja koriste se i drugi elementi, kao mikrokomponente. U načelu, đubriva sa mikrokomponentama treba da se koriste na onim zemljištima, odnosno onim predjelima, gdje postoji njihov nedostatak u zemljištu, kao što je napr. slučaj sa selenom.

Nakon unošenja mineralnih đubriva u zemljište počinju njihove transformacije, paralelno sa njihovim neposrednim ili posrednim usvajanjem od korjenova biljaka.

Prema tome, mineralna đubriva dovode do akumulacije inače vrlo pokretljivih nitrata po vertikalnom profilu. Neke kulture ispoljavaju poseban afinitet prema nitratima pa ih akumuliraju. U spanaću se može izmjeriti od 2.400 do 3.500 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ na kg suve težine.

Nitrati posle redukcije do nitrita mogu izazvati methemoglobinemiju, naročito kod djece. Fosfati i nitrati ako dospiju u vodu, što je čest slučaj, izazivaju brzu eutrofikaciju. U stajskom đubrivu mogu se naći i toksični metali napr. bakar.

Od svih đubriva najviše se upotrebljavaju azotna (u Holandiji napr. od 240 do 400 kg/ha). Paradoksalna je činjenica da su azotna đubriva, koja najviše doprinose prinosu, najveći zagađivači životne sredine.

Tab.-Fosforna đubriva

Naziv	Osnovni sastav
Monokalcijumfosforna đubriva	
Superfosfat	$\text{CaH}_4 (\text{PO}_4) \text{H}_2\text{O}$
Termofosfati	
Alkalizovani fosfat	NaCaPO_4
Magnezijum fosfat	$\text{Mg}_3\text{Ca}_3 (\text{PO}_4) + \text{Mg}_3 (\text{PO}_4)_2$
Dikalcijumfosforna đubriva	
Dikalcijum fosfat	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Alkalna kalcijumfosforna đubriva	
Tomasfosfat	$\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_2 \text{SiO}_4$
Fosforiti	
Rinfos, Hiperfos	$\text{Ca}_{10} (\text{PO}_4)_6 (\text{OH}, \text{F})_2$

Tab.- Kalijumova đubriva

Naziv	Osnovni sastav
Kalijumova so 40:50	KCl, NaCl
Kalijumova so 60	KCl
Kalijum magnezijumovo	KCl, NaCl, MgSO_4
Kamkes	KCl, NaCl, MgSO_4
Kalijum-sulfat	K_2SO_4
Reformkalijum	K_2SO_4 , MgSO_4 , KCl
Kainit	NaCl, KCl, MgSO_4
Kalijum nitrat	KNO_3
Kalijum-amonijačna šalitra	KNO_3 , NH_4Cl

Često se, naročito u zapadnim zemljama, koristi tečni stajnjak i kanalizacioni mulj. Posledica toga je akumulacija nitrata i nitrita, koji ispiranjem zagađuju i podzemne vode, a nitrati mogu izazvati methemoglobinemiju. Zaštita od nitrifikacije zemljišta je upotreba amonijačnih đubriva i inhibitora nitrifikacije. Iz organskih đubriva (stajnjak) izdvaja se izmenjivi natrijum koji utiče na alkalizaciju zemljišta.

Upotrebom agrotehničkih mjera i odgovarajućih đubriva mogu se popraviti fizičko-hemijske osobine zemljišta.

Dosadašnja iskustva ukazuju na mnogobrojne štetne posledice koje izazivaju đubriva i pesticidi u zemljištu i vodi. To je povod i razlog za novi pristup u proizvodnji zdrave hrane, bez ili uz minimalnu i racionalnu upotrebu hemijskih sredstava (biološko ratarenje).

Pesticidi

Korišćenje pesticida i posledice (supstance sa totalnim i supstance sa selektivnim dejstvom).

Poljoprivredni ekosistemi predstavljaju redukovane, osiromašene, uprošćene ekosisteme. Stabilnost ovakvog ekosistema, mora da se održava vještački unošenjem energije (mehanizacija), kultivacijom, đubrenjem i primjenom pesticida.

Osiromašeni ekosistem nije sposoban da prirodno reguliše populaciju korova i raznih štetočina (insekata, glodara), pa čovjek koristi ogroman broj raznih insekticida, herbicida i drugih pesticida.

I pored toga u razvijenim zemljama gubici hrane uslijed raznih štetočina iznose od 10 do 30%, dok u zemljama u razvoju ti gubici iznose od 40 do 75%. Zato se svakih deset godina udvostručuje količina različitih pesticida.

Produktivnost poljoprivredne proizvodnje povećana je u prošlom vijeku za više od 8 puta („zelena revolucija“) i to zahvaljujući uvođenju mehanizacije i vještačkih đubriva u prvoj fazi i zaštitnih hemijskih sredstava (pesticida) poslednjih decenija.

Za pesticide su od bitnog značaja dvije sledeće karakteristike: *efikasnost u uništavanju štetočina* i *selektivnost*. Prvo svojstvo je relativno lako postići. Međutim, to nije lako kada je u pitanju visoka specifičnost, odnosno selektivnost a to znači da efikasno i selektivno uništavaju samo štetočine a da ne izazivaju štetne posledice na zdravlje životinja iljudi. Poznato je da veći broj pesticida osim na štetočine kojima su namijenjeni štetne efeke ispoljavaju i na druge vrste organizama, uključujući i čovjeka (*netarget*).

Pesticide, koji su dospjeli u zemljište, biljke apsorbuju, uključuju u lance ishrane, pa na taj način pesticide dospijevaju i u ljudski organizam. Pesticidi imaju tendenciju akumulacije u masnim tkivima, pa se tako mogu naći u mlijeku i mliječnim proizvodima. Budući da su pesticidi pretežno sintetska jedinjenja uglavnom ne podliježu biološkoj razgradnji jer su nešto novo za prirodu, pa se zato akumuliraju u zemljištu, posebno grupe postojanih pesticida kao što su hlorovani ugljovodonici.

Pesticidi se u zemljište uključuju direktnim i indirektnim putem. *Direktno*, namjenskom upotrebom za zaštitu usjeva od štetočina i sterilizaciju zemljišta a posredno raznošenjem pesticida preko vazduha, navodnjavanjem i lancima ishrane. Ostaci pesticida se tako mogu naći na lokalitetima koji su udaljeniji od mjesta primjene. Količine pesticida se u zemljištu povećavaju i zbog neadekvatne primjene obično korišćenjem većih doza od propisanih (po logici „za svaki slučaj“). Postoje pesticidi koji sadrže toksične metale na bazi bakra, kalaja, žive, mangana i cinka.

Pokretljivost pesticida zavisi od fizičko-hemijskih osobina zemljišta, klimatskih faktora, svojstava preparata i vremena primjene. Migracija može biti horizontalna i vertikalna (dospijevaju i do podzemnih voda). Organske materije i glina u zemljištu mogu vezivati pesticide, ali se aktivnošću mikroorganizama ovi kompleksi mogu razložiti.

Neki neorganski pesticidi (jedinjenja arsena, fluora i sumpora), kao i biljni proizvodi (nikotin, piretrin i rotenon) koriste se vjekovima. U SAD (1941 god.) korišćeno je oko 31.000 tona neorganskih pesticida. Ova jedinjenja predstavljaju „prvu generaciju pesticida“.

Sintetička jedinjenja predstavljaju „drugu generaciju pesticida“. Poznati DDT, sintetisan je 1874 god. Sintetisao ga je Seidler a njegova insekticidna svojstva, je otkrio Muller, 1936 god. Komercijalna proizvodnja je počela 1945 god. Od tada su sintetisana mnogobrojna: organofosforna, organohlorna i dr jedinjenja primjenjivana u stotinama tona širom svijeta.

Tab. – Klasifikacija pesticida prema namjeni

Grupa	Objekat
Insekticidi	Insekti
Akaricidi	Grinje
Moluscidi	Puževi
Nematocidi	Nematode, crvi
Pedikulicidi	Vaške
Rodenticidi	Glodari
Fungicidi	Gljivice
Herbicidi	Korovi
Baktericidi	Bakterije
Larvicidi	Larve insekata
Ovicidi	Jaja insekata
Antihelminti	Paraziti životinja

Pesticidi su supstance ili smješa supstanci koje sprečavaju pojavu, ubijaju ili odbijaju insekte, glodare ili bilo koje druge organizme, deklarirane kao štetne. U skorije vrijeme, tu su uključena jedinjenja koja su regulatori rasta i dr.

Tab. Klasifikacija pesticida prema načinu djelovanja

Kontaktni otrovi	Ulaze u organizam, kada se insekti kreću tretiranim listovima ili površinama
Stomačni otrovi	Ulaze preko usta, za vrijeme uzimanja hrane
Fumiganti	Gasovi ili pare koje se unose disanjem
Sistemični otrovi	Usvajaju se korjenom biljaka i translociraju po cijeloj biljci, insekti uginu kada se hrane lišćem.

Danas na tržištu ima mnogo pesticidnih proizvoda. Njihovom primjenom riješeno je više od 90% problema vezanih za zaštitu biljaka.

Korišćenje pesticida ima pozitivne i negativne efekte. U *pozitivan bilans*, na prvom mjestu treba napomenuti, njihovu ulogu u suzbijanju vektora (prenosilaca) raznih tropskih bolesti (npr. suzbijanje malarije primjenom DDT-a: milioni ljudskih života, naročito djece spašeno je u tropskom pojasu (smanjena smrtnost djece i produžen vijek milona ljudi).

Pesticidi su veoma efikasni u suzbijanju raznih štetočina, pa tako osiguravaju veći prinos biljaka koje služe za ishranu ljudi i stoke i skladištenju hrane.

Primjenu pesticida prati i niz *negativnih efekata*:

- dolazi do zagađenja okolnog zemljišta i voda, što pogađa korisne insekte (pčele) i kopnene i vodene životinje,
- perzistentni pesticidi ugrožavaju takve oblasti godinama a spiranjem odlaze u tekuće vode, jezera i mora, gdje ugrožavaju akvatične ekosisteme,

- primjena količine pesticida iznad optimalne, dovodi do povećanja rezidua (ostataka) pesticida u hrani i ugrožavanja zdravlja ljudi

Pesticidi su samo djelimično rastvorni u vodi ili se u njoj mogu samo suspendovati. To je savim dovoljno da se sa vodom postepeno infiltriraju u zemljišta i na taj način ih zagadjuju.

Upotreba DDT, danas je zabranjena (u SAD-u i nekim drugim zemljama), iako njegova proizvodnja nije obustavljena, zbog izvoza). Pesticidi zaostaju u najplićim djelovima zemljišta do 15 cm dubine u koncentraciji od 40 do 80% od primarno nanijete količine a da se u prvo vrijeme hemijski ne izmijene.

Treba upozoriti na izuzetno opasnu pojavu rezistencije insekata na pesticide, kao posljedicu prirodne selekcije tj. preživljavanje otpornih jedinki, čiji potomci vremenom obnove populaciju. Pojava rezistentnih vrsta štetočina, zahtijeva primjenu novih sve toksičnijih pesticida.

Postojanost i razgradnja pesticida. Najpostojaniji su organohloridi čiji se poluživot iskazuje u godinama; postojanost organofosfata i karbamata u mjesecima a sintetičkih piretroida i fungicida u nedjeljama. Perzistentnost pesticida rastvorljivih u vodi zavisi od vlažnosti zemljišta.

U posljednje vrijeme radi se na razvoju “ treće generacije pesticida”, odnosno razvoju biološke borbe protiv štetočina. Tako se proizvode hemikalije čije pare sterilišu insekte.

U hemosterilizante se ubrajaju: azidini, alkil alkansulfonati, melanini, razni metaboliti, bor i jedinjenja, neki antibiotici i dr. U posljednje vrijeme koristi se i genetički inženjering za razvoj otpornih vrsta biljaka na pojedine štetočine.

Ostali izvori zagađivanja zemljišta:

- iscrpljivanje prirodnih hranljivih komponenti i đubriva u zemljištu
- nakupljanje soli i minerala zbog navodnjavanja
- odlaganje stajskog đubriva
- odlaganje otpadaka iz poljoprivrede
- odlaganje otpadaka iz proizvodnje hrane

Zagađivanje otpacima iz poljoprivredne proizvodnje i prerade poljoprivrednih proizvoda

Obuhvaćeni su opštim nazivom otpaci iz poljoprivredne proizvodnje. Značajan broj ovih otpadaka nije obuhvaćen sistemom odlaganja otpadaka, pa se u ukupnoj njihovoj količini mogu vršiti samo procjene. U prosjeku otpaci iz poljoprivredne proizvodnje su zastupljeni u prilično visokom procentu od 50%.

Čovjek prosječno dnevno proizvodi količinu otpadaka čija je težina oko polovine njegove težine.

Otpaci i ostaci nastaju pri:

- sađenju
- uzgajanju
- žetvi
- ubiranju plodova povrća, voća, grožđa

- proizvodnji mlijeka
- tovu životinja-uzgajanju stoke

Tab.- Ukupne godišnje količine čvrstih otpadaka i prosječne dnevne količine otpadaka

Porijeklo otpadaka	Ukupna masa (10 ⁶ tona godišnje)	Dnevni prosjek po stanovniku
Domaćinstva, trgovina, javne površine naselja	226	3.1
prikupljeno	172	2.4
neprikupljeno	54	0.7
Industrija	100	1.4
Rudarstvo	1000	14
Poljoprivreda	1.860	25
stočarstvo	1.360	
ostalo	500	
Ukupno (zaokruženo)	3.200	44
procenti		

➤ Deponovanje otpada

Potencijalno opasan otpad predstavljaju otrovne, zapaljive i eksplozivne materije koje, osim štetnog uticaja na zemljište, nose i veliki rizik od akcidenata. Industrijski otpad koji sadrži: olovo, živu, arsen, hrom, kadmijum, tetrahloretilen, trihloretilen, toluen, di-2-etilo-heksahlorftalat, vinil-hlorid, benzen, hloroform, polihlorovane bifenile (PCBs) i benzo (a) piren i drugi opasan otpad iziskuje veliki oprez pri manipulaciji, skladištenju, transportu i deponovanju, jer postoji veliki rizik od tragičnog zagađenja pri havarijama.

Glavni prirodni izvor teških metala u zemljištu su matične stijene u dubini, na čije prisustvo čovjek ne može da utiče, ali ogroman uticaj na sastav zemljišta ima rudarstvo i industrija prerade crnih i obojenih metala (sa tečnim i čvrstim otpadom i aerozagađenjem koje emituju). Urbane sredine sa problemom saobraćajnog zagađenja (emisija Pb) i komunalnog otpada (koji sadrži puno Al, Fe, Zn iz ambalaže i Pb, Ni, Cd, Ag iz baterija i akumulatora) imaju velikog udijela u zagađenju zemljišta.

Veliku opasnost predstavlja zagađenje poljoprivrednog zemljišta, gdje pesticidi i mineralna đubriva predstavljaju izvore zagađenja teškim metalima (čak i prirodno stajsko đubrivo može da sadrži puno Cu i As). Ako se uzmu u obzir i aerozagađenje i zagađenost vode za navodnjavanje, 75% agrarnih površina kod nas se nalazi pod rizikom od zagađenja, što je veliki rizik za trovanje ljudi i domaćih životinja putem hrane.

U naseljenim mjestima gdje ne postoji adekvatno riješena komunalna infrastruktura za dispoziciju otpadnih materija (kanalizacija, deponije) zemljište biva prezasićeno fekalnim masama i otpacima hrane.

Veoma je značajan i industrijski otpad pojedinih grana, kao što je: petrohemija, drveno-prerađivačka, tekstilna, prehrambena industrija, kao i industrija kože. Zagađenje zemljišta naftom i derivatima ulja i maziva veoma je opasno, jer ih zemljište teško razgrađuje i postoji velika opasnost od zagađenja podzemnih voda i vodotokova. Mnoge sintetičke organske materije teško se razgrađuju u prirodi i ta se

osobina naziva *bioperzistencija* (naročito lipofilne materije, kao što su organohlorni insekticidi i polihlorovani bifenili – PCBs) a izvjesne materije se akumuliraju i u organizmima pojedinih bioloških vrsta - *bioakumulacija* i *biokoncentracija*.

Zagađenje organskim otpadom nosi veliki rizik zbog mogućeg mikrobiološkog zagađenja koje dopireva u zemlju putem nehigijenski sahranjenih ljudskih i životinjskih leševa i infektivnog materijala i izlučevina.

Najpoznatiji i najrasprostranjeniji mikrobiološki agensi za čovjeka koji se mogu naći u zemljištu su: uzročnici tifusa, paratifusa, dizenterije, kolere, tularemije, leptospiroze, tetanusa, gasne gangrene antraksa, larve askarisa, trihocefalusa i ankilostome.

Na vlažnim terenima mogu se razviti komarci prenosioci plazmodijuma malarije i drugi insekti vektori transmisivnih oboljenja.

Najduže se u zemlji zadržavaju patogene sporulentne bakterije izazivači tetanusa i botulizma, a porijeklom iz crijevnog trakta životinja, gdje u sredini sa puno organskog otpada i malo kiseonika ostaju virulentne i preko 15 godina. Izazivači crijevnih infekcija, kao salmonela i šigela, opstaju u zemljištu uobičajeno nekoliko mjeseci. Pogodnu sredinu predstavlja zemljište kisele reakcije, sa velikom količinom vlage i niskom temperaturom.

Na samim površinskim slojevima zemljišta ne vladaju povoljni uslovi za opstanak bakterija zbog dejstva ultravioletnog zračenja i brzog isparavanja, a već na dubini od 10 do 50 cm broj bakterija može biti od 100.000 po gramu nezagađene zemlje a do čak nekoliko milijardi u gramu zagađene zemlje. Sa dubinom broj bakterija opada, a na dubini od 5 do 10 m potpuno iščezavaju.

Kada je riječ o štetnim materijama, to su u osnovi srednje teški i teški elementi periodnog sistema, od kojih neki mogu da imaju izraženo toksično, odnosno radioaktivno dejstvo.

Ciklusi kretanja teških i štetnih elemenata kroz litosferu, pa i kroz hidrosferu tijesno su povezani sa neorganskim materijama, njihovom stabilnošću ili nestabilnošću, mogućnošću da se ugradjuju u kristalne rešetke ili da se oslobadaju tokom degradacije neorganskog matriksa.

To znači da se proučavanje ponašanja zagađivača prirode porijeklom iz litosfere bazira na fizičko hemijskim procesima u heterogenim sistemima, koji čine prije svega čvrsta faza, otopljena čvrsta faza-tečna faza i rijetko gasna faza. Pod ovakvim uslovima organskim materijama nema opstanka, one su prisutne samo na površini Zemlje i zato u procesima i ciklusima u litosferi, prije svega dominiraju neorganska jedinjenja.

Zagadjujuće materije porijekom iz litosfere-neorganski agensi – u osnovi su neuništive, pa im se zato mora posvetiti posebna pažnja. Ljudska aktivnost u smislu eksploatacije pojedinih neorganskih rudnih bogatstava upravo na to ukazuje.

Razne deponije flotacijskog otpada, šljaka porijeklom iz pirometalurških procesa ili termoelektrana i deponije radioaktivnog otpada stalni su problem jer su uglavnom glavni izvori kontinuiranog zagađivanja prirode.

Posebno mjesto u litosferi zauzimaju kaustobioliti (ugalj, nafta i zemni gas). Ove materije nisu opasne po prirodu sve dok se ne iznesu na površinu zemlje i ne upotrebe kao gorivo. Produkti njihove industrijske prerade i sagorijevanja su izuzetno štetni.

➤ **Razaranje i uništavanje površine tla**

Procesi koji dovode do uništavanja ili uklanjanja površinskog humusnog sloja, onemogućavaju opstanak vegetacije na ovom sloju, mijenjaju oblik i kvalitet vodenih površina.

Erozija nastaje kao prirodni proces koji se odvija veoma sporo, zbog čega se narušavanje i gubitak zemljišta uravnotežuju procesima stvaranja. Ova prirodna erozija javlja se kao dio evolucije Zemlje. Zajedno sa ovim prirodnim geološkim procesom, odvija se u urbana ili razarajuća erozija, nastala djelatnošću ljudi, pri tome se procesi narušavanja i odnošenja zemljišta odvijaju mnogo brže nego pri prirodnoj eroziji. Gubitak zemljišta se u ovom slučaju ne nadoknađuje prirodnim procesima stvaranja, te ono potpuno ili djelimično gubi plodni sloj.

Stvaranje humusnog horizonta debljine od 20 do 25 cm, odvija se u vremenu od 2 do 7 hiljada godina. Pri ubrzanoj eroziji, razaranje ovog sloja može se desiti u periodu od 10 do 30 godina, dok pri djelovanju snažnih-katastrofalnih uragana i pljuskova, već narušena zemljišta mogu biti uništena u vremenu od nekoliko dana ili časova.