



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet kemijskog
inženjerstva i tehnologije



kolegij
**KEMIJSKI I BIOKEMIJSKI
PROCESI U TLU I
SEDIMENTU**

Nastavnik: prof. dr.sc. Dragana Mutavdžić Pavlović

Ak. god. 2022./2023.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet kemijskog
inženjerstva i tehnologije



*Tla Hrvatske najveće su blago hrvatskoga
naroda;
Poznavati ih, znači, dakle,
poznati temelje na kojima Hrvatska
počiva...*

(Gračanin M. 1942.)



Onečišćenje tla:

- unošenje tvari, bioloških organizama ili energije u tlo rezultira promjenom kvalitete tla, što vjerojatno utječe na korištenje tla te na kraju ima utjecaja na zdravlje i okoliš
- tvari koje mogu onečistiti tlo dolaze na površinu raznim aktivnostima
- mnoge su rezultat nesretnih slučajeva prilikom transporta otpadnih materijala
- isto tako uslijed havarija sredstava koje prevoze gorivo
- onečišćenje tla može biti i posljedica direktne aktivnosti ljudi kao posljedica izlivanja potencijalno opasnih tvari (otapala, boje, sredstava za čišćenje itd.)
- obrada tla u poljoprivredi je drugi izvor onečišćenja tla. Većina kemikalija za poljoprivrednu primjenu je vodotopiva – topivi nitrati i fosfati se koriste kao gnojiva na poljima, vrtovima za pospešenje rasta bilja

3



ANTROPOGENI UTJECAJ NA TLO

- utjecaj poljoprivrede
- utjecaj urbanizacije
- utjecaj rudarstva
- utjecaj industrije
- djelovanje erozije na tlo

ANTROPOGENI UZROČNICI

- eksplozivan rast stanovništva i urbanizacija (otpad, promet,)
- djelovanje otrova

4



Antropogeni utjecaj

- Čovjek **promjenom upotrebe površina značajno mijenja brzinu erozije**. Nažalost, ubrzana erozija tala je važan i skup problem na sve većem broju lokacija budući da se čovjekovim aktivnostima remete odnosi na sve većem području.
- Prvenstveno je to važno na padinskim poljoprivrednim područjima gdje je iskrcana šuma, a neodgovarajućim (poprečnim) oranjem erozija je znatno ubrzana. Vršni dio tla s višom koncentracijom organske tvari i nutrijenata je posebno je hranjiv i važan za poljoprivredu, a to je ujedno i sloj koji je prvi izložen eroziji.
- Postoje procjene da bi se očuvanjem nutrijenata koji se danas gube zbog erozije tla moglo samo u SAD sačuvati 20 milijardi dolara godišnje koji se koriste za prihranjivanje tla!

5



Antropogeni utjecaj

- Erozija kontinenata je znatno ubrzana aktivnošću ljudi, prvenstveno poljoprivrednim aktivnostima.
- Procjenjuje se da je čovječanstvo kao geološki agens snizilo Zemljin reljef za ~ 6 cm.
- Drugi važan problem povećane erozije je ubrzano zapunjavanje vodotoka i akumulacija (U tom je slučaju zagađivalo suspendirani materijal!)
- Dodatni je problem je i otpuštanje eventualnih toksičnih materijala (herbicidi, pesticidi, teški metali) iz tog erodiranog materijala (sedimenta).

6



Antropogeni utjecaj

- Osim poljoprivrede, građevinski radovi znatno mogu ubrzati stupanj erozije. Obično, prije gradnje otvara se površinski sloj stabiliziran biljkama, pa se erozija znatno povećava. No površine pod takvim zahvatima su relativno male u usporedbi s površinama koje se obrađuju u poljoprivredi, a i površina je izložena eroziji kraće vrijeme.
- Površinski kopovi ostavljaju za sobom površine pokrivene jalovinom, koja se lako erodira (do sanacije).
- Relativno nova opasnost za povećavanje erozije su terenska vozila za rekreaciju (off-road recreative vehicles – ORVs), posebno u relativno sušnim područjima gdje se vegetacija ne može brzo oporaviti.

7



Antropogeni utjecaj

- Važno je istaknuti da je u **krškim područjima** izrazito velik problem erozije tla. Naime jednom erodirano područje u kršu vrlo teško se može ponovno kultivirati. Gole padine nakon šumskih požara!
- **Procesi stvaranja novog tla u načelu su puno sporiji nego što je tlo moguće erodirati.** Izrazito u kršu - stvaranje zemlje crvenice (*terra rossa*)!
- **Utjecaj čovjeka** može biti značajan za promjenu stupnja erozije na pojedinom području:
- Primjer utjecaja promjenom aktivnosti i urbanizacije nekog područja

8

Antropogeni utjecaj
• Primjer urbanizacije

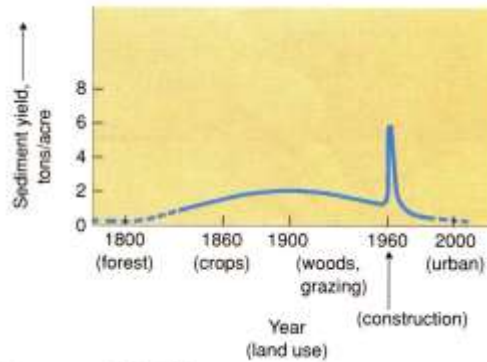
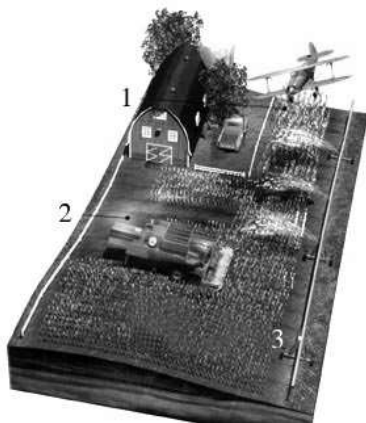


FIGURE 11.11

The impact of urbanization and other human activities on soil erosion rates. Construction may cause even more intensive erosion rates than farming, but far more land is affected by farming, and for a longer time.

Reprinted from "A Cycle of Sedimentation and Erosion in Urban River Channels," by M. G. Wolman from *Geografiska Annaler*, vol. 49, series A, figure 1, by permission of Scandinavian University Press.

9



Slika. Pogled na obradive površine. Na tlo utječu:

- 1) umjetna gnojiva i pesticidi - kemikalije ubijaju korisne mikroorganizme tla, zagađuju podzemne vode i stvaraju mrtve zone u oceanima.
- 2) degradacija tla - nepravilno obrađivanje tla uzrokuje gubitak hranjivih tvari.
- 3) navodnjavanje - postupak navodnjavanja isušuje rijeke i može dovesti do povećanja koncentracije soli u tlu.

10

Geokemijski i geofizički procesi povezani su s ljuškom djelatnošću koja može mijenjati kemiju okoliša

- ekstrakcija kemijskih elemenata iz prirodnog okoliša
- pregrupiranje elemenata i transformacija kemijskih spojeva
- premještanje zagađivala u okoliš

11



- Unošenje tvari, bioloških organizama ili energije u tlo rezultira promjenom kvalitete tla, što vjerojatno utječe na korištenje tla te na kraju ima utjecaja na zdravlje i okoliš.
- Tvari koje mogu onečistiti tlo dolaze na površinu raznim aktivnostima.
- Mnoge su rezultat incidenata prilikom transporta otpadnih materijala.
- Isto tako uslijed havarija sredstava koje prevoze gorivo.
- Onečišćenje tla može biti i posljedica direktne aktivnosti ljudi kao posljedica izlivanja potencijalno opasnih tvari (otapala, boje, sredstva za čišćenje itd).

12



Obrada tla u poljoprivredi je drugi izvor onečišćenja tla. Većina kemikalija za poljoprivrednu primjenu je vodotopiva – topivi nitrati i fosfati se koristi kao gnojiva na poljima, vrtovima za pospješenje rasta bilja.

13

Zagađivala

- pesticidi
- lijekovi, veterinarski i humani
- hormoni
- industrijski aditivi
- nafta i naftne preradevine
- teški metali
- sredstva za osobnu higijenu, itd.

Zagađivala na površini tla mogu:

- Biti uklonjena kroz taloženje u tlu (nemaju akutno djelovanje na tlo, ali se akumuliraju
- Ispariti; time postaju izvor onečišćenja zraka
- Dospjeti u podzemne vode kroz porozna i nezasićena tla



Zagađivala na površini tla mogu:

- 1- biti uklonjena kroz taloženje u tlu te nemaju akutno djelovanje na tlo ali se akumuliraju.
- 2- zagađivala mogu isparavati, time ne zagađuju tlo ali mogu postati izvor onečišćenja zraka.
- 3- zagađivala dopijevaju u podzemne vode kroz porozna i nezasićena tla.



15



Kemikalije u poljoprivredi

- Ako ih ne iskoristi biljka dopijevaju u vodotokove ili jezera i u podzemne vode.
- Jedanput dospjeli u vodu te kemikalije i dalje su nekontrolirana hrana biljaka. Raspadnuto bilje hrani mikroorganizme - eutrofikacija.

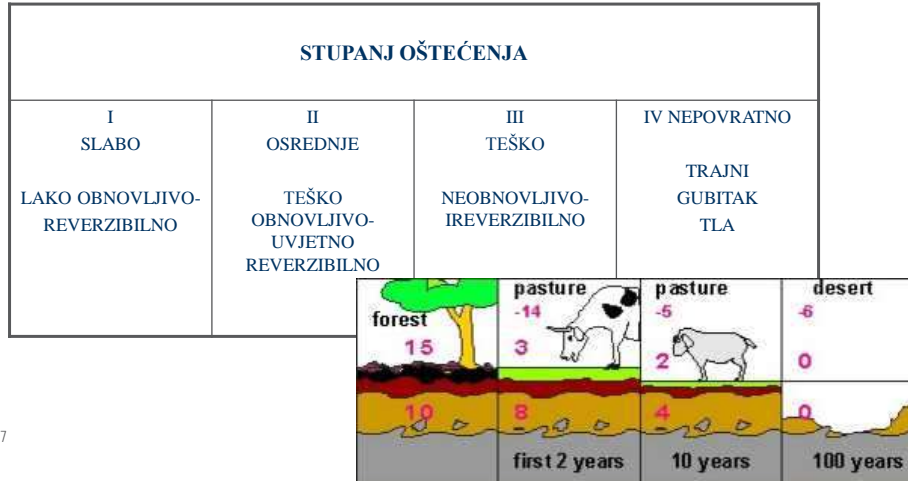


16



Tlo: uvjetno obnovljivi prirodni izvor

Degradacija i oštećenja tla



17



I. SLABO OŠTEĆENJE (LAKO OBNOVLJIVO- REVERZIBILNO)

Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice oštećenja
DEGRADACIJA TALA U INTENZIVNOJ ORANIČNOJ PROIZVODNJI	1. DEGRADACIJA FIZIKALNIH ZNAČAJKI ANTROPOGENIM ZBIJANJEM 2. DEGRADACIJA KEMIJSKIH ZNAČAJKI 3. DEGRADACIJA BIOLOŠKIH ZNAČAJKI 4. DEGRADACIJA TALA I AKVATIČNIH EKOSUSTAVA	-poremećaji vodozračnih prilika -otežana penetracija korijena -povećan utrošak energije za obradu -pad prinosa -zakiseljavanje -zaslanjivanje -fitotoksičnost, depresija rasta -ugroženi akvatički ekosustavi -smanjena biogenost -poremećen odnos bioloških grupa mikroorganizama -infekcija tla

18



Degradacija fizikalnih značajki tla:

- kvarenje strukture
- smanjenje propusnosti tla
- sklonost formiranju pokorice

Degradacija kemijskih značajki tla:

- opadanje sadržaja humusa
- zakišeljavanje tla
- fitotoksični efekti i depresija rasta
- ugrožavanje akvatičkih ekosustava

Degradacija bioloških značajki tla:

- smanjenje ukupne biogenosti tla
- poremećaj odnosa fizioloških skupina mikroorganizama
- infekcija tla

19



II. OSREDNJE, TEŠKO OBNOVLJIVO – UVJETNO REVERZIBILNO OŠTEĆENJE

Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice oštećenja
ZAGAĐENJE TLA -KONTAMINACIJA	1. TEŠKI METALI. POTENCIJALNO TOKSIČNI ELEMENTI 2. OSTACI PESTICIDA I PAH-a 3. PETROKEMIKALIJE 4. RADIONUKLEOTIDI U TLU 5. IMISIJSKA ACIDIFIKACIJA TALA	-hrana neupotrebjljiva za animalnu i humanu ishranu zbog mutagenih, kancerogenih i teratogenih efekata -depresija rasta biljke -fitotoksičnost -ugroženi drugi ekosustavi

20



Pokazatelji za ocjenu stanja ugroženost tala pesticidima:

- utrošak pesticida po hektaru (ukupno za hrvatsku)
- broj tretiranja u toku vegetacije
- fizikalnokemijska, toksikološka i ekotoksikološka svojstva aktivne tvari i preparata
- tip tla (sadržaj organske tvari i gline)
- klimatske prilike

Pesticidi koje treba motriti-

atrazin, alaklor, metalaklor, bentazon, metribuiz, kloridazon, karbofuran, 2,4-dikamba, fonofos, ...

PAH koje treba motriti

fenatren, antrazen, fluoranten, pirin, trifenilen, krisen, perilen, naftalin, acenaftilin, fluoren, ...

21



Perzistentnost – vremensko razdoblje u kojem aktivna tvar pesticida ostaje nepromijenjena u tlu, a rezidue mogu biti dostupne biljci

Po brzini "poluživota" ili poluraspada:

- neperzistentni – "half-life" manji od 30 dana
- umjereno perzistentni – 30-99 dana
- perzistentni – vijek poluraspada > 100 dana

Problem: druga polovina poluraspada rezidua u tlu traje duže!!!

Negativni utjecaji na poljodjelstvo:

- oštećenje osjetljivih kultura u plodoredu
- sužavanje plodoredu, a time i izbora herbicida
- akumulacija herbicida u tlu i biljnim proizvodima slijedeće kulture u plodosmjeni
- nepovoljan utjecaj na mikroorganizme tla

22



Petrokemikalije u poljoprivredi

-osjetljivost sjemena i mlade biljke na mineralna ulja → film oko tkiva → sprječava se dotok kisika, disanje klice → uvenuće

-starije biljke: utjecaj filma od mineralnog ulja – simptomi deficijencije N:
usporen i smanjen rast (onemogućeno usvajanje hraniva)
blijedožuta → žuta boja
nekroza ← najprije starije lišće (biljka translocira što može u novije dijelove)

mikroorganizmi ↔ eventualna razgradnja



23



Radionuklidi u tlima Hrvatske



Tla Hrvatske - relativno male količine radionuklida

- umjetni radionuklidi – (^{134}Cs i ^{137}Cs)
- prirodni radionuklidi – (^{226}Ra i ^{40}K)

Nakon **Černobila** (26.4.1986.) relativno najveća količina nađena je u Lici, a najmanja u okolici Zadra, gdje su se i najbrže razgradili
nivo kontaminacije ^{90}Sr niži je sada nego prije i nakon Černobila

u tlima Hrvatske najčešće <60 Bq/kg
maksimalno u tlima Hrvatske 204 Bq/kg

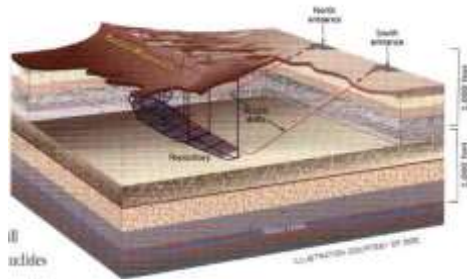
na najintenzivnijim poljoprivrednim površinama u svijetu – 2000 Bq/kg

voditi računa o uvozu sirovih fosfata, kontrola površina koje su u intenzivnijoj gnojidbi



24

usklađivanje nuklearnog otpada:
primjer Yucca planine, Nevada, SAD



geološki "stabilno" područje



25

"Usred nigdje"

Imisijska acidifikacija tla

Imisijska acidifikacija tla – zakiseljavanje tla kiselim kišama
atmosfera (H_2SO_4 , HNO_3) \Rightarrow kisele kiše – šume (najprije na nadmorskim visinama $>$
1 200 m.) \Rightarrow 60% šuma srednje Europe (Češka, Slovačka, Njemačka i Poljska)
 $SO_2 \Rightarrow$ 60% iz tuđih, stranih izvora
 \Rightarrow 40% iz domaće industrije (opterećenje SO_2 /jedinici proizvoda 2 puta veći nego
u zemljama zapadne Europe)

Kisele kiše – šume (20226 km² - 36% površine Hrvatske) i prema Nacionalnom
izvješću (1992) – 50% planinskih šuma odumire – 60% prekogranična zagađenja

Glavni uzroci oštećenja šuma porijeklom iz zraka su:

- toksični plinovi (ozon i SO_2 - nagli porast krajem 19.st.)
- kisele tvari kao H_2SO_4 i HNO_3
- višak hranjiva (posebno NO_3)
- spojevi koji mogu izazvati zakiseljavanje tla
- toksični elementi (teški metali)
- porast organskih sastojaka u tlu

pH 4,2-4,6 – kritično područje – oslobađa se Al i ostali metali (osim Mo) – narušena
ravnoteža ostalih elemenata



“KEMIJSKE VREMENSKE BOMBE”:

- pad pH tla i vode \Rightarrow (pH u $H_2O < 4.2-4.6$ –oslobađa se toksični Al i drugi teški metali)
- promjene na adsorpcijskom kompleksu
- ispiranje baza
- smanjena puferizacijska sposobnost tla
- poremećaji u mikrobiološkom kompleksu tla
- nastajanje kiselog humusa
- reducirana mineralizacija humusa i njegova akumulacija u površinskom sloju - ekscesi u ishrani bilja

27



Teški metali

kovine, rel. gustoća > 5.0

7 najzastupljenijih elemenata u litosferi = teški metali

- suha depozicija = čestice -pepeo i dim-
- mokra depozicija = otopljeni u "kiseloj kiši", naplavine

Nakon depozicije

-otopljeni ili suspenzirani u vodi \rightarrow prodor u tlo

"Pomagači" prodoru teških metala dublje u tlo

Obrada tla: zaoravanje – unos površinskih depozicija dublje u tlo

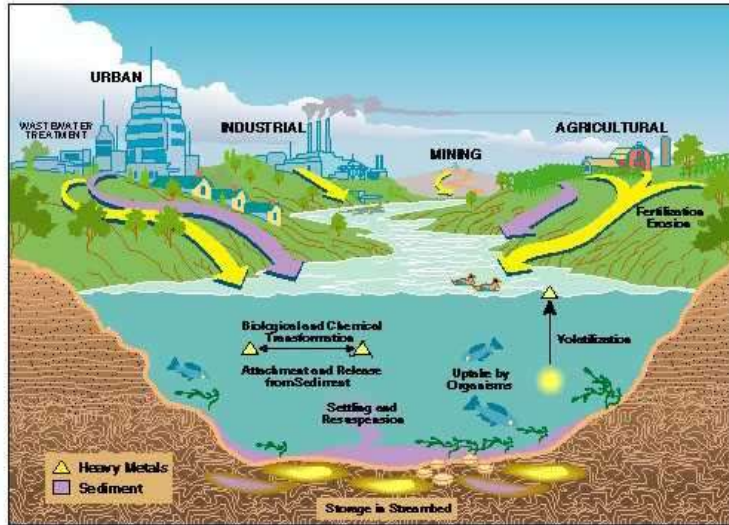
Navodnjavanje: ispiranje navodnjavanom vodom dublje u tlo

pasivno zaostajanje u porama tla

- aktivno vezanje za koloidni kompleks tla
 - trajno vezivanje za minerale tla
 - privremeno \rightarrow - adsorpcijski kompleks tla
 - ioni u otopini tla

²⁸ usvajanje od strane biljaka = ulaz u hranidbene lance \rightarrow bioakumulacija

Figure 21--Sources and Sinks of Heavy Metals

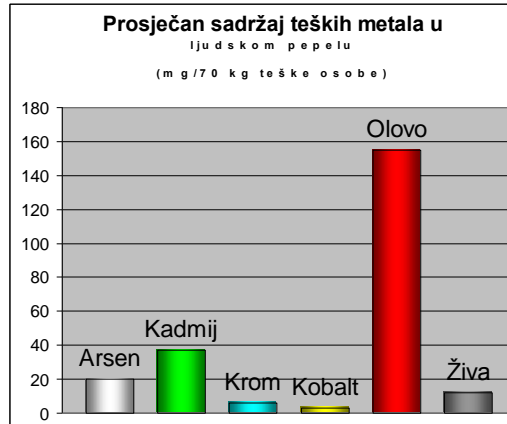


29

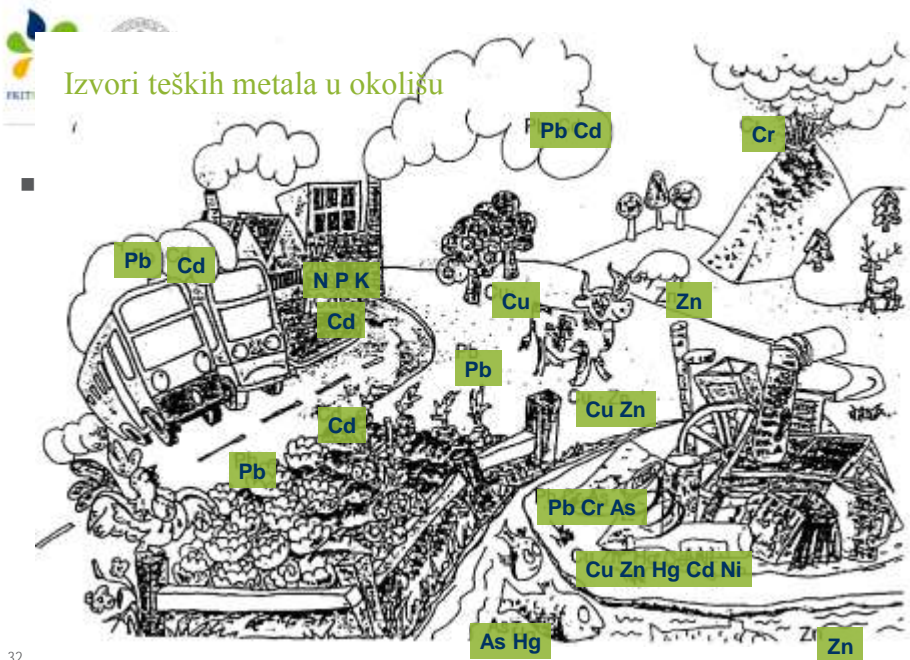
	Nakupljanje u tlu	Pristupačnost biljci	Toksičnost za biljku	Toksičnost za životinje	Značaj za ljude
a) Tvari dokazano vrlo štetne, a vrlo rasprostranjene					
Kadmij, Cd	☒ - ☒☒	☒☒ - ☒☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒☒☒	☒☒☒☒☒
Bakar, Cu	☒☒☒	☒☒ - ☒☒☒☒	☒	☒	☒☒☒
Olovo, Pb	☒☒☒	☒☒☒	☒	☒ - ☒☒☒☒	☒☒
Nikal, Ni	☒ - ☒☒☒	☒ - ☒☒	☒☒	☒	☒☒☒
Cink, Zn	☒☒	☒	☒☒	☒	☒
Živa, Hg	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒☒	☒☒
Arsen, As	☒☒☒	☒	☒☒	☒☒	☒
b) Tvari dokazano štetne, no lokalnog značaja					
Krom, Cr	☒☒☒	☒☒☒	☒	☒	☒
Kobalt, Co	☒☒☒	☒☒ - ☒☒☒☒	☒☒	☒	☒
Molibden, Mb	☒ - ☒☒	☒	☒	☒☒	☒
Fluor, F	☒☒☒	☒☒	☒	☒☒	☒
Talij, Tl	☒☒	???	☒☒	☒☒☒	☒☒
c) Sumnjive tvari (još u ispitivanju)					
Selen, Se	☒☒ - ☒☒☒☒	☒☒	☒	☒☒☒	☒
Vanadij, V	☒☒	☒☒☒	☒☒	☒	☒

30

☒ = malen, ☒☒ = osrednji, ☒☒☒☒ = veliki, ☒☒☒☒☒☒ = vrlo veliki značaj



31



32



U atmosferi: prirodne emisije – vulkani, šumski požari

antropogene emisije:

-izgaranje nafte i ugljena: Pb, Cd, Hg, As, Se

-metalurgija: Pb, As

U hidrosferi: odraz bioakumulacije:

svježa vs. morska voda = manje As, više Pb, Hg, isto Cd, Se

ulaz u hranidbene lance već preko mikroorganizama i planktona

-nakupljanje: gdje se nakupljaju ioni? ušća rijeka

U litosferi:

-samородni: dio stijena i tla

-nanešeni:

Primarni: -mineralna i organska gnojiva: As, Cd, Hg, Se

-vapno

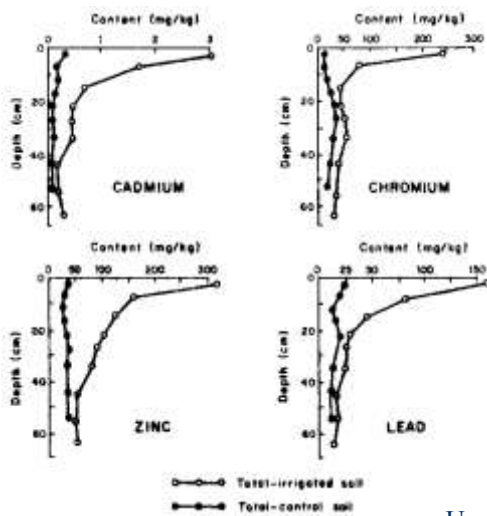
-pesticidi: As, Pb, Hg

-otpadni kanalizacijski mulj: Cd, Pb, manje As, Hg, Se

-voda za navodnjavanje

33

Sekundarni: - talionice, promet, dim ugljena, rudarenje, smeće, itd.



34

Unošenje teških metala navodnjavanjem



U biosferi:

koncentracija u biljci ovisi o biljnoj vrsti, tkivu, koncentraciji i dostupnosti u tlu, udaljenosti od izvora emisije, godišnjem dobu i vremenskim prilikama
 sposobnost nakupljanja teških metala u biljkama

Velika	Srednja	Mala	Veoma mala
Salata	Kelj	Kukuruz šećerac	Grah
Endivija	Kupus	Brokole	Grašak
Špinat	Cikla	Cvjetača	Dinja
Kres salata	Bijela repa	Kelj pupčar	Rajčica
Mrkva	Rotkvica	Celer	Paprika
	Krumpir	Kupine	Patlidžan
		Jagode	Koštuničavo i jabučasto voće

Na osnovu gornjeg, birati mjesta na kojima hoćemo/nećemo gajiti biljke za konzumaciju



Usvajanje teških metala u biljke:

Izravno putem lista i/ili mladica

-sulfati i kloridi teških metala

-bliže izvoru onečišćenja – teže topivi oblici: oksidi i sami metali

Iz tla: putem korijenovog sustava

-lako topivi oblici, usvajanje putem usvajanja vode (*mass flow*)

Sanacija tala od teških metala:

-relokacija u sanacijska odlagališta otpada

-reaktivacija – primjena vapnenih materijala, zeolita, organskih gnojiva i komposta

-fitoekstrakcija (=fitoremedijacija): uzgoj kultura koje preferabilno usvajaju teške metale, a zatim uklanjanje biljaka

Dobri "čistači": suncokret, crna rotkva, repa,...

I, podrazumijeva se, NE UNOSITI U HRANIDBENE LANCE
 BILJKE UZGOJENE KAO FITOEKSTRAKTORE!!!

36



Kadmij, Cd

- nakupljanje u dijelovima biljke: korijen > gomolj > lišće > izboji > plod > sjeme
- kulture: zob, pšenica > grah, grašak, suncokret, krastavci > rajčica > kukuruz > kupus, repa > krumpir, mrkva, špinat > salata
- putem ispaše u stoci: bubrezi i jetra, školjke, rakovi, kravlje mlijeko

Olovo, Pb

- kulture s jakim usvajanjem: špinat, salata, repa, kukuruz
- ne gajiti uz prometnice (ulaz preko lišća)

Živa, Hg

- biljke slabo usvajaju u svoje tkivo
- ulazi peroralno i preko kože u organizam
- akumulacija u ribama i školjkašima, te u gljivama gajenima na kompostu s puno Hg

Arsen, As

- u biljke ulazi s vodom, pasivno; neke alge usvajaju ga i aktivno;
- gljive-proporcionalno koncentraciji As u tlu
- bioakumulacija u školjkašima



Krom, Cr

- uglavnom dolazi iz industrije, napose kožarske, te gnojivima
- toksičan i za biljke → tolerantnija biljna vrsta: zob
- unos peroralno, putem hrane, zraka te cigaretnog dima

Nikal, Ni

- nakupljanje u lišću i sjemenu
- blokiranje ureaze – kloroze lista

Bakar, Cu

- izvor - zaštitna sredstva u dugogodišnjoj primjeni (vinogradi, voćnjaci)
- preživači, napose ovce, netolerantne (nakupljanje u jetri)
- svinje: vrlo tolerantne – viša [Cu] u svinjskoj gnojovci

Cink, Zn

- suvišak u prirodi vrlo rijedak (samo vrlo kisela tla)
- enzimatski važan biljkama (N metabolizam)
- u sisavaca, važan za reprodukciju i maksimalnu fertilitnost



Vanadij, V

- neophodan za bakterije, alge i gljive ← važan za fiksaciju N
- inhibira razvoj korijena luka
- sastavni dio nekih proteina, porfirina → prekursor za klorofil

Kobalt, Co

- [Co] raste sa starošću biljaka
- važan za alge, mikroorganizme → leguminoze ga trebaju (fiksacija N)

Molibden, Mo

- pristupačniji pri višem pH → toksicitet za biljke kod visokih [Mo]
- važan za fiksaciju i metabolizam N

39



III. TEŠKO – NEOBNOVLJIVO/IREVERZIBILNO OŠTEĆENJE TLA

Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice oštećenja
PREMJEŠTANJE TLA - TRANSLOKACIJA	1.EROZIJA VODOM I VJETROM 2.PREMJEŠTANJE RUDARSKIM KOPOVIMA, CIGLANAMA, EKSPLOATACIJOM KAMENA, ŠLJUNKA I PJEŠKA 3.ODNOŠENJE TLA PLODINAMA 4.POSUDIŠTA TLA 5.PREKRIVANJEM TLA INDUSTRIJSKIM OTPADOM, SMEĆEM I PEPELOM 6.PREKRIVANJE DRUGIM TLOM 7.OŠTEĆENJE TLA ŠUMSKIM POŽARIMA	-gubitak dijela tla ili cijelog profila -promjena stratigrafije profila -smanjenje proizvodnih površina -smanjenje u obradi zla -povećana heterogenost pedološkog pokriva -povećani troškovi proizvodnje -smanjen prinos -ugroženi drugi ekosustavi

40



IV. NEPOVRATNO OŠTEĆENO TLO - TRAJNI GUBITAK TLA

Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice oštećenja
PRENAMJENA TLA	1. IZGRADNJA URBANIH PODRUČJA 2. INDUSTRIJSKI, ENERGETSKI OBJEKTI, PROMETNICE, AERODROMI 3. HIDROAKUMULACIJE	-gubitak proizvodnih površina -smanjenje ukupnih poljoprivrednih površina -smanjena proizvodnja

41



Klasifikacija oštećenja tala Hrvatske –prenamjena tla

2000 godine na Zemlji \Rightarrow 6.5 milijardi ljudi \Rightarrow 0.23 ha/stanovniku

\Rightarrow nedovoljno \Rightarrow donja granica 0.20 ha/stanovniku.

Hrvatska \Rightarrow 0.45 ha/stanovniku \Rightarrow relativno povoljan položaj

1965-1987 godišnji gubitak (prenamijena tla) \Rightarrow 7 235 ha (skoro 20ha/dan) \Rightarrow nedopustivo veliki gubici koje treba smanjiti i destimirati (ekonomske mjere)

prenamjena \Rightarrow nezaustavljivi proces, naročito oko većih gradova (1980-1992 oko Zagreba trajno izgubljeno 33 524 ha PP)

izgradnja hidroenergetskih objekata (izgradnjom derivacijskog ili pribranskog tipa hidroelektrane na Dravi izgubljeno više tisuća hektara poljoprivrednog, ali i šumskog zemljišta, a za planiranu HE Virje predviđena je trajna prenamjena 850 hektara)

zaštita od prenamjene \Rightarrow zakonski kontrolirana i regulirana (zakoni, pravilnici, katastar) \Rightarrow ekspertize – studije s kvalitetnom procjenom pogodnosti zemljišta
⁴² (Pravilnik o izradi studija o utjecaju raznih objekata na okolinu NN br. 31/84)



Uloga tla u tvorbi organske tvari

Proizvodnja organske tvari podmiruje prehrambene i druge potrebe čovjeka:

HRANA (kruh, meso, mlijeko, jaja, gljive)

PIĆE (vino, pivo)

NAPITCI (voćni i groždani sok, sok od rajčice)

ENERGIJA (ogrjev, biodizel, alkohol)

VLAKNA (vuna, pamuk, lan, konoplja)

LIJEKOVI

ZAČINI

UKRASNO BILJE

IZVOR SIROVINA ZA INDUSTRIJU (brašno, ulje, šećer, vlakno, kaučuk)

ODJEĆA I OBUĆA (krzno, koža)

IZVOR OVISNOSTI I UŽITAKA (alkohol, duhan, droge)

43



Načinom korištenja tla poljoprivreda i šumarstvo utječu na okoliš – prirodne i antropogenizirane terestričke i akvatične ekosustave, pa stoga imaju i veoma značajnu ekološku ulogu.

Poljoprivreda i korištenje tla u poljoprivredi, utječu kompleksno na ukupan život zajednice, preko neproizvodnih učinaka – oblikovanja krajobraza, čuvanja tradicije i kulturnog nasljeđa, čuvanja okoliša, stvaranja uvjeta za turističku djelatnost i dr.

Postizanje visokog stupnja samodostatnosti u osiguranju dovoljnih količina poljoprivrednih proizvoda važno je za samostalnost - integritet, socijalnu, kulturnu, političku i gospodarsku stabilnost svake zemlje.

44



Tlo: odlagalište

Industrijski otpad-Otpad iz domaćinstava



Djelotvornost čuvanja/razlaganja ovisi i o tlu na kojem se nalazi



45



Tlo: oblikovanje krajobraza

Tlo – važna uloga u oblikovanju krajobraza
- određuje mogućnosti korištenja prostora

Zaštita tala = zaštita krajobraza i njegove raznolikosti



46



Kontrola (monitoring) onečišćenosti - Suvremena kontrola plodnosti tla

GNOJIDBA MINERALNIM GNOJIVIMA i ONEČIŠĆENJE OKOLIŠA

Gnojidba mineralnim gnojivima svakako doprinosi općem onečišćenju okoliša i postavlja se pitanje

- da li obustaviti ovaj proces, ili
- ga nastaviti, ali kontrolirano, racionalno jer u protivnom dolazi ozbiljno u pitanje proizvodnja hrane. Naime, bez mineralnih gnojiva produkcija hrane drastično bi pala.

Pitanje:

Kako mineralna i druga gnojiva onečišćuju tlo i vodu?

- u sirovinama za gnojivo često se nalaze soli teških metala, organskih spojeva i radioaktivnim tvarima: arsen, kadmij, olovo, fluor, selen, stroncij, živa, vanadij

47



-dio se veže na adsorpcijski kompleks tla, ali
- dio se ispire u podzemne i nadzemne vode
- dio apsorbiraju biljke – neke više, neke manje i dolaze u hranu
- obilna organska gnojidba u hranu donosi suvišak mikroelemenata
- mineralna gnojiva pridonose bujnijem rastu alga i hidrofita u vodama. Raste plodnost vode, najčešće zbog fosfora ali i drugih hraniva. To je tzv. **EUTROFIKACIJA**

- obilna gnojidba dušičnim gnojivima znatno povećava štetne koncentracije nitrata u cijednim i podzemnim vodama
-navodnjavanje može još više ubrzati ovaj proces
-srećom, analize biljaka ne pokazuju da je nekada u njima bilo manje nitrata (N). Međutim, opasniji su od nitrata drugi: nitriti, nitrozamini s mutagenim, kancerogenim, embriotoksičnim djelovanjem

48

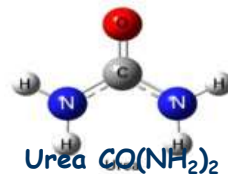
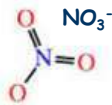
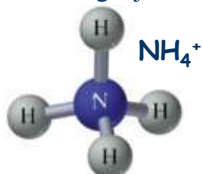


- dio N se iz tla gubi volatizacijom, može čak 75%, u prosjeku 20-25%. On može stvarati dušični oksid (N_2O) koji razara ozonski omotač
- gnojidba polifosfatima (ligantni kompleksi), znatno otežava taloženje fosfatnih soli u pročišćavanju voda
- za razvoj algi i drugih biljaka u vodi često je odgovorna niska prisutnost fosfora. No, ako on dođe u akvatične sustave!!!, naglo buja život. Zato je opasan!
- kalij je manje opasan, ali doprinosi onečišćenju
- obilna gnojidba stajskim gnojem u razvijenim agrarnim zemljama, ozbiljan je problem – Nizozemska, Danska, Njemačka, osobito na pjeskovitijim tlima. Osim toga, stočnoj hrani se dodaju soli koje dolaze u gnoj. Ima primjera oštećenja biljaka od takvog gnoja.
- u gnoju od peradi ima često antibiotika, bakra i drugih teških metala
- zadah stajskog gnoja odlazi u atmosferu – polucija!
- srećom, kod biljaka najmanje je štetnih tvari u zrnu (plodu), više u stabljici, a najviše u korijenu



Primjer dušika u tlu:

Svi oblici prelaze u NO_3 . Ovi se ne vežu za adsorpcijski kompleks, ispiru se, usvajaju ih biljke, mikroorganizmi. U anaerobnim uvjetima postupkom denitrifikacije prelaze u elementarni dušik i odlaze u atmosferu. Amidni oblik: cijanamid, urea $\rightarrow NH_4$ \rightarrow nitrifikacija (nitritna pa nitratna faza). U urei nestabilan amidni dušik $\rightarrow NH_4$ \rightarrow volatizacija. Zato, ureu u tlo, ne na vjetru i suncu. Pri povoljnim temperaturama 3-4 dana hidrolizom na NH_4 $\rightarrow NO_3$ ispiranje, usvajanje. NO_3 gnojiva: brzo djelovanje ali i gubici. Važno: kulture traže kontinuiranu opskrbu dušikom kroz cijelu vegetaciju, a N oblici teže ka NO_3 koji se brzo gube ili su višak u ishrani, stoga treba vrlo obazrivo kreirati gnojidbu ovim gnojivima (npr. u više navrata).





Gdje su rješenja:

- u novim tehnologijama gnojiva
 - u racionalnoj primjeni i MONITORINGU – tj. u permanentnom praćenju stanja i razradi trajnih rješenja (npr. Normiranje kakvoće gnojiva i ekološko-higijensko normiranje)
 - Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN br. 54/94) – sadrži poglavlje o zaštiti tla odnosno zaštiti poljoprivrednog zemljišta
 - Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima (NN br.15/92) – određene su dozvoljene količine štetnih tvari u tlu (teški metali, potencijalno toksični elementi, te policiklički aromatski ugljikovodici – PAH)
 - ❖ Inventarizacija stanja oštećenosti tala Hrvatske
 - ❖ Sustav trajnog motrenja tala Hrvatske
- 51 ❖ Informacijski sustav za tla Hrvatske



Tehničko-industrijske i socioekonomske funkcije tla odnose se na tlo kao fizičku osnovu za tehničke, industrijske i socioekonomske strukture i njihov razvitak, a koriste se kao izvor mnogobrojnih sirovina, uključivo dobivanje vode i geogene energije, kao geogena i kulturna baština, kao dio kulturnog krajobraza, te kao čuvaru paleontoloških i arheoloških vrijednosti

Oštećenje tla je stanje nastalo kao posljedica smanjenja kakvoće tla ili gubitka njegovih funkcija, osobito ekoloških, koje se može manifestirati kao onečišćenje tla štetnim tvarima, erozija, premještanje tla zahvatima, dehumizacija, prekrivanje tla, zbijanje tla, smanjivanje biološke raznolikosti i plodnosti, salinizacija i/ili alkalizacija.



Funkcija tla u agroekosustavu

Biljke se mogu uzgajati u:

- **slobodnoj prirodi, na kopnu ili tlu i u vodi (riža)**

- vodi s biljnim hranjivima i kisikom - hidroponi
- sterilnom pijesku + voda + biljna hranjiva
- umjetnom tlu - smole koje pripadaju polistirenima

Navedeni uzgoji biljaka, osim na kopnu ili tlu su ograničeni po opsegu i zbog visoke cijene

53



zemljište je izloženo raznim oblicima oštećenja, koja se mogu grupirati u tri glavne grupe:

1. fizička destrukcija i erozija vodom i vjetrom pogrešnim postupcima u korištenju tla u poljoprivredi, rudarstvu, vodoprivredi, itd., ratna oštećenja, destrukcija tla zbog nemilosrdne sječe šuma
2. kemijsko zagađenje tla: zagađivanje tla putem atmosfere i otpadnih voda sumpornim i drugim spojevima, teškim metalima iz industrije, naročito olovom iz automobilskih motora, zagađivanje pogrešnom upotrebom mineralnih i organskih gnojiva i pesticida, u ratu je tlo zagađivano bojnim otrovima
3. potpuni i nepovratni gubitak tla ispod stambenih naselja, tvornica, cesta, željezničkih pruga, vodenih akumulacija, otvorenih rudarskih kopova, deponija smeća, industrijskog i rudarskog otpada

54



primjena mineralnih gnojiva i pesticida je do sada proučavana pretežno s obzirom na djelovanje na povećanje biljne proizvodnje

- u novije vrijeme se sve više proučava ekološki aspekt primjene kemikalija u poljoprivredi, posebno u pogledu njihovog djelovanja na zemljište, vodu i biljne proizvode (ljudsku istočnu hranu)

POSljedICE PRIMJENE MINERALNIH GNOJIVA

- istraživanja pokazuju da izvjesna količina hranjiva iz mineralnih gnojiva prodire u podzemne vode

- od tle se ti sastojci mogu pojaviti u izvorskoj vodi ili dospjeti u rijeke i jezera

- hranjiva iz gnojiva, naročito N i P, kada dospiju u rijeke i jezera mogu uzrokovati EUTROFIKACIJU (obogaćivanje vode biljnim hranjivima što stvara veliki rast akvatičnih biljaka i algi)



PROBLEM TEŠKIH METALA

-KADMIJ Cd-

- od teških metala veliki problem predstavlja kadmij Cd, jer su i manje koncentracije ovog elementa štetne

unos se u tlo:

- komunalnim i industrijskim otpacima
- muljevima gradskih otpadnih voda
- mineralnim gnojivima koja sadrže P

- kadmij je prisutan u tlu kao njegov prirodni sastojak
- da bi se smanjilo unošenje Cd u tlo neophodno je da tvornice gnojiva koriste fosfate s manje kadmija
- Cd je prisutan u dimu cigareta u koncentracijama većim od onih koje su dozvoljene u vodi za piće



OLOVO Pb-

•glavni izvori zagađenja su:

- olovno-metalurški kombinati
- olovni aditivi benzina
- olovni pesticidi...

TOKSIČNOST PESTICIDA

•pesticidi su kemijska sredstva koja služe za suzbijanje korova, biljnih štetočina i uzročnika bolesti

•načini dospjevanja pesticida i produkata njihove razgradnje u žive organizme-
•ostaci (rezidui) pesticidnih supstanci sa površine organa biljaka mogu se odstraniti:

- pranjem 15-40%
- kuhanjem 5-40%
- fermentiranjem 20-60%
- guljenjem (ljuštenjem) 90%

57



•za čovjeka je značajno da se ostaci pesticida ne nalaze samo u proizvodima biljaka, veći u proizvodima životinja (mlijeko, mliječne prerađevine, meso i proizvodi od mesa)

- pesticidi su prisutni u kiši i snijegu, pa čak i na Južnom i Sjevernom polu
- tamo su dospjeli isparavanjem, prenošenjem na česticama prašine, magle, vodene pare...
- veliki problem predstavlja kontrola ostataka pesticida u hrani
- kontrola se obavlja samo na slučajno izabranim uzorcima (u većini zemalja se kontroliše manje od 0,1% ukupne hrane na tržištu)

neki pesticidi uzrokuju oštećenje ozonskog omotača

58



Čišćenje tla

Da bi se tlo očistilo nužne su informacije:

- 1.Vrsta tla** – organska ili anorganska; da li je biorazgradivo, da li je opasno za životinje i ljude, da li je tlo sposobno samo sanirati onečišćenje prije nego onečišćenje dospije u podzemne vode,
- 2.Koliko je tvari** dospjelo na tlo, da li će naškoditi organizmima u tlu,
- 3.Omjer C:N**; da li su potrebni dodatni nutritijenti za sanaciju tla (N i P),
- 4.Vrsta tla** - da li je tlo sposobno samo sanirati onečišćenje prije nego dospije u podzemne vode,
- 5.Uvjeti u tlu** – prehladno, prevlažno itd.
- 6.Trajanje onečišćenja**; kako je dugo tvar na tlu, da li se raspada, da li izaziva probleme u okolišu
- 7.Trenutačna opasnost** za ljude i okoliš – hitnost djelovanja (da li je akutna ili će tek nakon nekog vremena kemijskom ravnotežom postati opasna)