

Ово дело је заштићено лиценцом Креативне заједнице Ауторство – некомерцијално – без прерада<sup>1</sup>.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



---

<sup>1</sup> Опис лиценци Креативне заједнице доступан је на адреси [creativecommons.org.rs/?page\\_id=74](https://creativecommons.org.rs/?page_id=74).

**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
DEPARTMAN ZA HEMIJU, BIOHEMIJU I  
ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE**

**DEJAN KRČMAR  
ALEKSANDRA TUBIĆ  
SNEŽANA MALETIĆ  
JELENA BELJIN  
ĐURĐA KERKEZ**

**ZBIRKA ZADATAKA ZA PRIJEMNI  
ISPIT IZ ZAŠTITE ŽIVOTNE  
SREDINE**

Novi Sad, 2019.

Sva prava zadržava izdavač. Zabranjena je svaka upotreba ili transformacija elektronskog dokumenta osim onih koji su eksplicitno dozvoljeni Creative Commons licencom koja je navedena na početku publikacije.

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
DEPARTMAN ZA HEMIJU, BIOHEMIJU I ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE

dr Dejan Krčmar, dr Aleksandra Tubić, dr Snežana Maletić,  
dr Jelena Beljin, dr Đurđa Kerkez

Urednik: dr Milena Bečelić-Tomin

# **ZBIRKA ZADATAKA ZA PRIJEMNI ISPIT IZ ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

Novi Sad, 2019.

*Naziv udžbenika:* "Zbirka zadataka za prijemni ispit iz zaštite životne sredine"

*Autori*

dr Dejan Krčmar, vanredni profesor; dr Aleksandra Tubić, vanredni profesor;  
dr Snežana Maletić, vanredni profesor; dr Jelena Beljin, docent; dr Đurđa Kerkez, docent Prirodno-  
matematičkog fakulteta u Novom Sadu

*Urednik*

dr Milena Bečelić-Tomin, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu

*Recenzenti*

dr Jasna Adamov, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu  
dr Marina Šćiban, redovni profesor Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu  
dr Srđan Rončević, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu

*Izdavač*

Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu  
životne sredine, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3

*Glavni i odgovorni urednik*

Profesor dr Milica Pavkov Hrvojević, dekan Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu

*Dizajn i kompjuterska obrada*

Aleksandra Kulić i Nada Popsavin

Pomoćni udžbenik je odobren za štampu i upotrebu na VIII sednici Nastavno-naučnog veća Univerziteta  
u Novom Sadu Prirodno-matematičkog fakulteta održanoj 21.03.2019. godine  
(rešenje broj 0602-158/10 od 22.04.2019.).

CIP - Каталогизација у публикацији  
Библиотеке Матице српске, НовиСад

502(079.1)

**ZBIRKA zadataka za prijemni ispit iz zaštite životne sredine** [Elektronski izvor] / Dejan Krčmar ...  
[et al.]; urednik Milena Bečelić-Tomin. - Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet, 2019

Начин приступа (URL):

[https://www.pmf.uns.ac.rs/studije/epublikacije/hemija/krcmar\\_zbirka\\_prijemni\\_zivotna\\_sredina.pdf](https://www.pmf.uns.ac.rs/studije/epublikacije/hemija/krcmar_zbirka_prijemni_zivotna_sredina.pdf). -

Opis zasnovan na stanju na dan 18.4.2019. - Nasl. s naslovnog ekrana. - Bibliografija.

ISBN 978-86-7031-509-9

1. Krčmar, Dejan, 1978-

а) Заштита животне средине - Пријемни испити – Задаци

COBISS.SR-ID 329195271

# Predgovor

Ova zbirka sadrži pitanja iz oblasti zaštite životne sredine obuhvaćenih programom polaganja prijemnog ispita na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu. Namenjena je budućim studentima osnovnih akademskih studija zaštite životne sredine sa ciljem da pomogne obnavljanju gradiva iz ove oblasti i sticanju potrebnog znanja za uspešno polaganje prijemnog ispita.

U prvom delu svakog poglavlja dat je deo gradiva koje je u direktnoj vezi sa postavljenim pitanjima. Za izradu zbirke korišćeni su udžbenici za sva četiri razreda srednjih stručnih škola. Rešenja zadataka nalaze se u poslednjem delu zbirke.

Zahvaljujemo se recenzentima, prof. dr Jasni Adamov, prof. dr Marini Šćiban i prof. dr Srđanu Rončeviću na korisnim sugestijama pri izradi zbirke. Posebna zahvalnost mladim kolegama, studentima doktorskih studija na Departmanu za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Katedri za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine, na pruženoj pomoći u toku izrade zbirke. Njihov kritički osvrt u toku pripreme zbirke ali i kreativnost koju su pokazali u ilustrovanju teksta umnogome je doprinelo sadašnjoj formi zbirke.

Nadamo se da će uspešno položeni prijemni ispiti biti dokaz svesti o značaju studija u oblasti zaštite životne sredine i da će nakon završenih studija, budući stručnjaci imati priliku da doprinesu njenom očuvanju.

Autori

# SADRŽAJ

1. Opšti pojmovi i elementi .....	1
1.1. Pojmovi i termini iz oblasti zaštite životne sredine i ekologije .....	1
2. Čovek i njegov odnos prema životnoj sredini.....	12
2.1. Izvori zagađivanja životne sredine.....	14
2.2. Zaštita životne sredine primenom tehničkih mera .....	15
3. Zagađivanje osnovnih medijuma životne sredine, sistem praćenja njihovog zagađivanja i zaštita.....	20
3.1. Voda.....	20
3.1.1. Zagađivanje prirodnih voda gradskim otpadnim vodama.....	24
3.1.2. Zagađivanje prirodnih voda industrijskim otpadnim vodama.....	25
3.1.3. Ekološki efekti zagađivanja voda.....	28
3.1.4. Klasifikacija vode.....	29
3.1.5. Principi prerade otpadne vode.....	30
3.2. Vazduh .....	40
3.2.1. Pojam, vrste i izvori zagađivanja vazduha .....	42
3.2.2. Posledice zagađenja vazduha .....	49
3.2.3. Ostali efekti zagađenja vazduha .....	51
3.2.4. Mere sprečavanja zagađenja vazduha .....	53
3.3. Zemljište .....	59
3.3.1. Sastav i karakteristike zemljišta .....	59
3.3.2. Degradacija i zagađivanje zemljišta .....	63
3.3.3. Vrste zagađujućih materija u zemljištu .....	65
3.3.4. Posledice zagađivanja zemljišta .....	68
3.3.5. Zaštita zemljišta od zagađivanja i remedijacija zagađenog zemljišta .....	68
3.3.6. Remedijacija zemljišta .....	69
4. Ostali oblici zagađivanja životne sredine .....	76

4.1. Otpad .....	76
4.1.1. Vrste otpada .....	76
4.1.2. Fizičke, hemijske i biološke karakteristike čvrstog otpada .....	79
4.1.3. Upravljanje čvrstim otpadom .....	79
4.1.4. Upravljanje opasnim otpadom .....	82
4.2. Buka .....	87
4.2.1. Nastajanje zvuka i njegovo prenošenje .....	87
4.2.2. Delovanje buke na organizam čoveka .....	88
4.2.3. Zaštita od buke .....	89
4.3. Radioaktivno zagađivanje .....	92
4.3.1. Radioaktivno zagađivanje vode, vazduha i zemljišta .....	93
4.3.2. Kontrola i zaštita od radijacije .....	95
4.4. Zagađivanje hrane .....	98
4.4.1. Lanci ishrane kao sistemi za prenos zagađujućih supstanci .....	98
4.4.2. Izvori zagađivanja hrane .....	99
4.4.3. Zaštita hrane od zagađivanja .....	101
5. Odgovori na pitanja .....	105
6. Korišćena literatura .....	109



# 1. Opšti pojmovi i elementi

Razvoj nauke o zaštiti životne sredine zahteva, na prvom mestu, razumevanje, poznavanje i prepoznavanje razlika između niza termina vezanih za ekologiju, životnu sredinu, prirodnu sredinu, ekološke faktore i slično. Svakako, na samom početku, treba napraviti razliku između ekologije i (zaštite) životne sredine prema njihovom fokusu kao naučnih oblasti. Ekologija se bavi međusobnim odnosima organizama kao i njihovim odnosom sa okolinom. Kao nauka, ekologija je često usmerena na vrlo specifičnu populaciju živih bića. Za razliku od ekologije, glavni fokus studija u oblasti zaštite životne sredine je na interakciji ljudskih bića i različitih aspekata životne sredine, pa se samim tim ove studije bave uticajima ljudskih aktivnosti na životnu sredinu i mogućnostima njenog očuvanja. S obzirom da ove studije proučavaju skupove živih bića (čoveka) i njihove interakcije u društvu, to ove dve oblasti čini sličnim u smislu izučavanja koncepta međusobne povezanosti. Takođe, izučavanjem zaštite životne sredine stiču se interdisciplinarna znanja, a primena hemije kao nauke omogućava procenu uticaja koji ljudska populacija ima na životnu sredinu (na koji način dolazi do zagađivanja, kakvi su efekti zagađivanja i na koji način se može izvršiti prevencija). Iako razvoj primenjene ekologije na neki način prati promene (na prvom mestu povećanje) čovekovog uticaja na životnu sredinu, od značaja je za zaštitu životne sredine poznavati osnovne pojmove ekologije i integrisati znanje koje se stiče kroz ove dve discipline. Stoga će u narednom delu teksta biti predstavljeni pojmovi i termini iz oblasti ekologije i zaštite životne sredine.



## 1.1. Pojmovi i termini iz oblasti zaštite životne sredine i ekologije

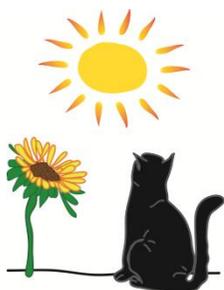
**Antroposfera** je deo sredine (deo biosfere) koju su ljudi naselili i izmenili prilagođavajući je svojim potrebama.

**Bioakumulativnost** je akumulacija relativno postojeće supstance u živim organizmima čiji mehanizam vezivanja

---

zavisi od karakteristika posmatrane supstance.

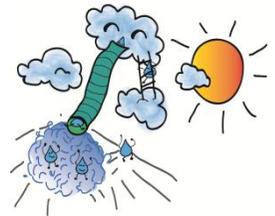
**Biocenoze** (grč. *bios* - život, *koinos* - zajednički) ili životne zajednice su organizovane grupe populacija biljaka, životinja i mikroorganizama, koje žive zajedno u istim uslovima životne sredine. Biocenoza je zajednica živih bića u datom životnom staništu (biotopu), tj. određenom delu životnog prostora. Njihov zajednički život počiva na vrlo složenim uzajamnim odnosima, koji su nastali kao rezultat dugotrajnog istorijskog procesa uzajamnog prilagođavanja i međusobne konkurencije, kao i prilagođavanja spoljašnjoj sredini. Struktura zajednice je osnovno svojstvo biocenoze. Elementi strukture životne zajednice su: bogatstvo i raznovrsnost u pogledu raspoloživih ekoloških vrsta, sastav vrsta, prostorna struktura i ekološka struktura. Autotrofni organizmi (zelene biljke i neke vrste bakterija) sposobni su samostalno da izgrađuju organsku materiju iz neorganskih jedinjenja. Oni predstavljaju osnovni izvor ishrane za čitavu životnu zajednicu. Heterotrofni organizmi (životinje, biljke bez hlorofila, gljive i većina bakterija) životno su vezani za autotrofne organizme, jer za svoju ishranu koriste isključivo organsku materiju koju su sintetisali autotrofni organizmi. Prema tipu ishrane, svi heterotrofni organizmi dele se na: fitofage (biljojede); zoofage (mesojede) i saprofage (hrane se uginulom i raspadnutom organskom materijom).



**Biogehemijski procesi** su procesi od velike važnosti za žive organizme. Za život živih organizama na Zemlji potrebne su određene materije koje ulaze u sastav osnovnih molekula od kojih su organizmi izgrađeni, vršeći funkcije od izuzetne važnosti. Bez tih materija, život na Zemlji ne bi bio moguć. Prva i najbitnija karika lanca biogehemijskih ciklusa jeste energija. Hemijski elementi, koji su potrebni živim organizmima, u različitim količinama, su: ugljenik (C), vodonik (H), kiseonik (O), kalcijum (Ca), hlor (Cl), bakar (Cu), gvožđe (Fe), magnezijum (Mg), kalijum (K), natrijum (Na), sumpor (S), azot (N), fosfor (P), kao i male količine aluminijuma (Al), bora (B), broma (Br), hroma (Cr), kobalta (Co), fluora (F), galijuma (Ga), joda (I<sub>2</sub>), mangana (Mn), molibdena (Mo), selena (Se), silicijuma (Si), kalaja (Sn), titanijuma (Ti), vanadijuma (V) i cinka (Zn). Kako se žive ćelije uglavnom sastoje od ugljenika, vodonika i kiseonika, neophodne su velike količine ovih elemenata. Premda su

količine ostalih navedenih elemenata male, njihovo postojanje je takođe od velikog značaja za postojanje i održavanje života. Biogeohemijski procesi su navedeni u nastavku teksta.

*Kruženje vode* u prirodi obuhvata njeno neprekidno kruženje između vodenih površina, vazduha i kopna, pri čemu prelazi iz tečnog u gasovito ili čvrsto stanje i ulazi u sastav živih organizama. Kroz živu materiju voda neprekidno protiče zahvaljujući prvenstveno procesima transpiracije (isparavanja). Procesom kruženja, obezbeđuje se ukupna količina vode na Zemlji, što je istovremeno čini neiscrpnom. Upravo u ovome se voda razlikuje od ostalih materija na Zemlji. Procena je da se vodena para u atmosferi obnavlja na svakih 10 dana, rečne vode u rečnim koritima na svakih 11 dana, dok se zemljišna vlaga obnavlja godišnje. Najsporije se obnavlja voda u jezerima, močvarama i lednicima, kao i podzemne vode. U velikim jezerima proces obnavljanja traje i do 200 godina.



*Kruženje ugljenika* podrazumeva kruženje elementarnog ugljenika i njegovih jedinjenja kroz atmosferu, vodu, zemljište, stene i živa bića. Osnovni izvori ugljenika u prirodi su ugljen-dioksid ( $\text{CO}_2$ ) iz vazduha, ugljenik u živim i mrtvim organizmima, ugljenik koji se nalazi u hidrosferi, karbonati u litosferi i ugljenik vezan u fosilnim gorivima (uglju i nafti) i istaložen u sedimentnim stenama. Glavni proces kruženja ugljenika u ekosistemima i biosferi odvija se kruženjem ugljen-dioksida. Biljke usvajaju ugljen-dioksid direktno iz vazduha. One ga transformišu u procesu fotosinteze u ugljene hidrate, koje mogu da koriste životinje i čovek, te ga dalje transportuju kroz lance ishrane. Kao produkt fotosinteze nastaje i kiseonik, koji biljke vraćaju u atmosferu i na taj način predstavljaju prirodne prečišćivače vazduha. U toku ćelijskog disanja dolazi do oksidacije organskih molekula koji sadrže ugljenik, prilikom čega se oslobađa energija, voda i ugljen-dioksid. Atmosferski  $\text{CO}_2$  je rastvorljiv u vodi i stoga može direktno preći u rastvoreno stanje i sa vodom formirati ugljenu kiselinu ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Ova kiselina se može razložiti na vodonikov jon ( $\text{H}^+$ ) i bikarbonatni jon ( $\text{HCO}_3^-$ ), koji se dalje razlaže na vodonikov jon i karbonatni jon ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Karbonatni jon može da reaguje sa pozitivnim jonima i da gradi soli, koje mogu biti nerastvorljive (npr. kalcijum-karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )) ili rastvorljive (npr. natrijum-karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )). Novoformirane nerastvorljive soli se u plitkim vodama mogu taložiti, transformisati u

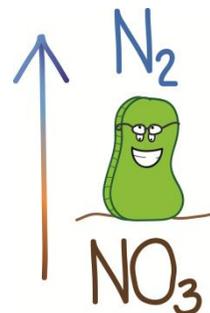
sedimentne stene i na taj način deponovati ugljenik, dok ne dođe do njegovog hemijskog ispiranja. Zemljište takođe predstavlja značajan izvor ugljenika. U zemljištu se nalazi oko dva puta više ugljenika nego u atmosferi i oko tri puta više nego u biljkama.



*Kruženje sumpora* je važan proces s obzirom da sumpor predstavlja esencijalni elemenat za živi svet, da je uključen u veoma složen biogeochemijski ciklus, što je posledica mogućnosti sumpora da se pojavljuje u više oksidacionih stanja i da se sa lakoćom prevodi iz jednog u drugo oksidaciono stanje. Jedan od značajnijih prirodnih izvora sumpora jesu vulkani. Iako se kod većine vulkana erupcije javljaju u nepravilnim vremenskim intervalima, prilikom kojih se oslobađa mala količina sumpora, kada se erupcije dogode one dovode do iznenadnog povećanja koncentracije sumpora u atmosferi. Okeani takođe doprinose povećanju koncentracije sumpora. Nekoliko vrsta fitoplanktona proizvodi dimetil-sulfid, koji se u velikoj meri razlaže u vodi. Međutim, izvestan deo ovako proizvedenog dimetil-sulfida odlazi u atmosferu gde biva oksidovan u sumpor-dioksid ( $\text{SO}_2$ ) i sulfatni aerosol. Ovaj proces ima uticaj na pojavu kiselih kiša u mnogim priobalnim oblastima. Sulfatni aerosol može da se ponaša kao centar kondenzacije i da dovede do pojave oblaka. Biljke usvajaju sumpor iz sulfata ili iz organskih jedinjenja i izgrađuju određene aminokiseline, koje predstavljaju osnovu za stvaranje belančevina, a takođe sintetišu i vitamine i neka druga značajna jedinjenja. Organska jedinjenja koja sintetišu biljke u lancima ishrane koriste životinjski organizmi. Završna faza kruženja sumpora sastoji se u njegovom prevođenju u sulfide i postepenom taloženju u anaerobnim uslovima (bez kiseonika) i u prisustvu gvožđa, u obliku sedimentnih stena.

*Kruženje azota* kroz ekosisteme i biosferu predstavlja zapravo njegovo kruženje kroz atmosferu, vodu, zemljište i živa bića. Svi oblici azota se u prirodi neprekidno transformišu jedan u drugi kroz pet različitih procesa i te promene tj. procesi su povezani u ciklus azota. Atmosfera se sastoji uglavnom od azota ( $\text{N}_2$ ) (78,1%) koji je hemijski neaktivan, što znači da ga biljke ne mogu direktno koristiti. Sposobnost korišćenja ovog oblika azota imaju jedino bakterije fiksatori azota. Ciklus započinje konverzijom atmosferskog  $\text{N}_2$  u amonijak ( $\text{NH}_3$  ili  $\text{NH}_4^+$ ) putem biološke fiksacije ili nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ) kroz fizičke

processe visoke energije.  $N_2$  je ekstremno stabilan i potrebna je velika količina energije da bi se raskinule trostruke kovalentne veze koje povezuju dva N atoma. U prirodi, do ove reakcije dolazi električnim pražnjenjem u atmosferi, fotohemijskim reakcijama i, kao što je napomenuto, putem biološke fiksacije. Amonijum jon se može usvojiti od strane korena biljke ili u procesu biološke oksidacije (nitrifikacije) oksidovati u  $NO_3^-$ . Nitrifikacija je proces koji se odvija u dva koraka pomoću bakterija nitrifikatora u zemljištu, kojima se  $NH_4^+/NH_3$  prevodi oksidacijom u azotna jedinjenja (nitrite i nitrate). Nitrat koji na ovaj način nastaje, sa nitratom koji potiče iz drugih izvora kao što su veštačka đubriva i dr., predstavlja jedan od najvažnijih oblika azota koji biljke usvajaju. Usvajanje nitrata i amonijaka nastalih procesom fiksacije i nitrifikacije od strane biljaka naziva se asimilacija. Asimilacijom se proizvodi velika količina organskog azota, uključujući proteine, aminokiseline i nukleinske kiseline. Biljke uzimaju ove oblike azota preko korena i inkorporiraju ih u biljne proteine i nukleinske kiseline. Životinje koriste azot iz biljnih tkiva. Amonifikacija je proces prevođenja organskog azota u amonijak pomoću bakterija i gljivica prisutnih u zemljištu i uopšte u svim živim ćelijama. Amonijak proizveden ovim procesom se izlučuje u okolinu i tada je dostupan za nitrifikaciju ili asimilaciju. Poslednjim procesom, denitrifikacijom se vrši redukcija  $NO_3^-$  u gasoviti  $N_2$  dejstvom denitrifikujućih bakterija i njegovo vraćanje u atmosferu.



*Kruženje fosfora* predstavlja važan proces s obzirom da je fosfor neophodan sastojak protoplazme i učesnik je mnogih biohemijskih procesa u živim organizmima. Osnovni izvor fosfora predstavlja neorganski fosfor iz minerala i organski iz naslaga životinjskog izmeta (guana), odakle rastvoren u vidu fosfata ( $PO_4^{3-}$ ), dospeva do biljaka. Biljke koriste fosfor iz fosfata za sintezu mnogobrojnih organskih jedinjenja. Životinje unose fosfor iz fosfata rastvorenih u vodi ili iz biljaka u vidu neorganskog ili organskog fosfora. Organski fosfor se iz uginulih životinja ili njihovih ekskreta razlaganjem pretvara u rastvorljivi fosfat. U tom obliku ga koriste zelene biljke, te se fosfor na taj način ponovo uključuje u kruženje materije.

**Biom** je skup većeg broja ekosistema u okviru jedne klimatske oblasti, okarakterisan prisustvom nekog postojanog tipa ekosistema i određenom životnom formom. Postoje dva tipa

bioma: vodeni i kopneni. Prema osobinama vode, vodeni biomi se dele na biom mora i slatkovodni biom.

**Biosfera** (grč. *bios* - život, *sfera* - prostor, *sredina*) je celokupan prostor na Zemlji (sa delom atmosfere) naseljen živim svetom, odnosno globalni ekološki sistem koji predstavlja vrhunsko jedinstvo žive i nežive prirode. Biosfera obuhvata donje slojeve atmosfere, hidrosferu (sferu vode) i gornje slojeve litosfere (Zemljine kore), tj. ona se neprestano sjedinjuje i prožima s atmosferom, hidrosferom i litosferom. Biosfera je životni prostor, jer živih bića ima kako u vazduhu tako i u vodi i zemljištu. Predstavlja sistem u kojem su udruženi svi biomi.



**Biotop** (grč. *bios* - život, *topos* - mesto) je prostorno ograničena jedinica, koja se odlikuje specifičnim kompleksom abiotičkih (neživih) faktora. Imajući u vidu dejstvo određene kombinacije životnih faktora svaki biotop naseljava određena životna zajednica. Takođe, on predstavlja i prostorni okvir (mesto), koji zauzima jedna životna zajednica (biocenoza), ali i abiotička komponenta ekološkog sistema. Prostorni okvir (oblast života, životni prostor) je i uže područje na kom postoje uslovi za život određenog broja životinjskih i biljnih vrsta; deo naseljenog prostora na Zemlji i životna staništa (na primer, potok, jezero, šuma, planina, pustinja, morska obala, i dr.). Pojedina životna staništa imaju jasne granice (npr., potok, jezero, bara). Životno stanište se odlikuje specifičnim kompleksom ekoloških faktora i podrazumeva kompleks abiotičkih i biotičkih faktora životne sredine.

**Biouvećanje (biomagnifikacija)** je sposobnost supstance da se akumulira u organizmima koji se nalaze na višem nivou u lancu ishrane.

**Degradacija životne sredine** jeste proces narušavanja kvaliteta životne sredine koji nastaje prirodnom ili ljudskom aktivnošću ili je posledica nepreduzimanja mera radi otklanjanja uzroka narušavanja kvaliteta ili štete po životnu sredinu, prirodne ili radom stvorene vrednosti.

**Ekologija** je nauka koja izučava uzajamne odnose živih bića, kao i odnose živih bića i nežive sredine. Naziv ekologija potiče od grčkih reči *oikos* (kuća, dom, stanište) i *logos* (učenje,

nauka), a prvi ga je upotrebio Ernest Hekel u svom delu „*Opšta morfologija organizama*” 1866. godine. On je ovaj termin vezao samo za živi svet. Prema njegovom učenju, ekologija je nauka o odnosima životinja prema okolnoj (spoljnoj) organskoj i neorganskoj sredini; biologiji i fiziologiji u užem smislu; nauka o odnosima životinja i biljaka prema živoj i neživoj okolini, kao i jednih prema drugima. Takođe, može se definisati i kao nauka koja proučava odnose između živih bića. Engleski biolog Čarls Darwin se može smatrati utemeljivačem ekologije kao biološke discipline. Kao tvorac poznatog dela „*Poreklo vrsta*” (objavljeno 1859. godine), Darwin ukazuje na splet uzajamnih odnosa između živih bića i uticaja nežive prirode na živa bića (adaptacija, prirodna selekcija, borba za opstanak i dr.). Značaj ekologije danas je da proučava zakonitosti koje se odvijaju kroz odnose u prirodi, odnosno koji su nastali u istorijskom razvoju svake vrste. Ukoliko poznajemo istoriju tih odnosa lako se može uočiti svako narušavanje prirodne ravnoteže, kao i otkrivanje uzroka njenog narušavanja, kako bi se preduzele mere da se ti uzroci otklone, što predstavlja jedan od osnovnih zadataka nauke o životnoj sredini. Svakako, ekologija danas predstavlja sistemsku nauku u kojoj se spajaju saznanja iz različitih naučnih područja. U zavisnosti od usmerenja i naučnih interesa, ekologija se danas razvija u različitim pravcima.

Prema vrsti staništa (kopnena, vodena), razvija se ekologija šuma, ekologija jezera, ekologija mora i dr. Ukoliko se Zemlja posmatra kao globalni ekosistem, tada govorimo o globalnoj ekologiji.

Povećanim uticajem čoveka na okolinu proširuje se i područje ekologije (na prvom mestu primenjene ekologije), pa se govori o ekologiji poljoprivrede, ekologiji šumarstva, ekologiji vodoprivrede, industrijskoj ekologiji, urbanoj ekologiji, itd.

Ekološka pitanja razmatraju se i u kontekstu socijalne ekologije, a neka specifična za grad u urbanoj ekologiji.

**Ekološki sistemi** su tehnički sistemi tj. postrojenja koja smanjuju štetne učinke ljudskih aktivnosti na sredinu primenjujući različite tehnologije (npr. prečistač otpadnih voda). Utemeljeni su na znanju i tehnicima kao imitaciji delovanja prirodnih ekosistema.

**Emisija** je ispuštanje i isticanje zagađujućih materija ili energije iz izvora zagađivanja u životnu sredinu.



**Imisija** je koncentracija zagađujućih materija i nivo energije u životnoj sredini kojom se izražava kvalitet životne sredine u određenom vremenu i prostoru.

**Kapacitet životne sredine** je sposobnost životne sredine da prihvati određenu količinu zagađujućih materija po jedinici vremena i prostora, tako da ne nastupi nepovratna šteta u životnoj sredini.

**Kvalitet životne sredine** je stanje životne sredine koje se iskazuje fizičkim, hemijskim, biološkim, estetskim i drugim indikatorima.

**Monitoring životne sredine** predstavlja sistem praćenja i kontrole stanja u životnoj sredini. Potreba za monitoringom životne sredine se javila usled sve većeg uticaja čoveka na životnu sredinu. Cilj monitoringa jeste da se blagovremeno i efikasno spreče posledice zagađivanja životne sredine.

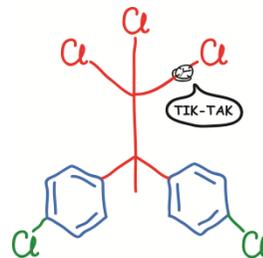


**Populacija** je pojam usko povezan sa pojmom biocenoza. Pod pojmom populacije podrazumevaju se skupovi jedinki iste vrste koji se međusobno razmnožavaju i naseljavaju neki ekološki ili topografski ograničen prostor. Iz ove definicije proističu tri osnovna svojstva svake populacije:

- (1) Populacija predstavlja zajednicu pripadnika iste vrste;
- (2) Prostorna ograničenost populacije: pod populacijom se ne podrazumevaju bilo koji pripadnici jedne vrste, već samo oni koji se nalaze unutar jednog prostorno definisanog područja (ostrvo, jezero, dolina), odnosno prostora koji je omeđen (odvojen) nekim ekološkim granicama (neke vrste trava žive na livadskom proplanku u šumskoj biocenozi, populacija graba u hrastovoj šumi);
- (3) Pripadnost članova reproduktivnoj zajednici: to su zajednice u okviru koje su jedinke među sobom povezane odnosima razmnožavanja, odnosno kroz generacije se prenosi genetički identitet te vrste.

Pri proučavanju jedne populacije postavlja se pitanje njene veličine, odnosno broja jedinki koje je sačinjavaju. Da bi podaci bili uporedivi, broj jedinki se mora izraziti u odnosu na jedinicu prostora. Na taj način se dolazi do pojma gustina populacije, odnosno do prosečnog broja jedinki jedne vrste svedene na jedinicu prostora (površine odnosno zapremine).

**Postojanost (perzistentnost)** je sposobnost supstance da se dugo zadržava u životnoj sredini, odnosno da ima dugo vreme poluraspada (vreme potrebno za smanjenje prvobitne koncentracije na polovinu). Među ove supstance ubrajaju se razne vrste insekticida, pesticida, dioksini, bifenili, itd.



**Prirodni ekosistem** predstavlja veoma složenu celinu, tj. funkcionalno jedinstvo organizama i sredine. Ekosistemi uključuju *biocenozu* (životnu zajednicu) i *biotop* (nežive faktore kao što su voda, gasovi, mineralni supstrati i energija u različitim oblicima). Biogeocenoza je sinonim za prirodni ekološki sistem, jer je složena reč od sledećih grčkih reči: *bios* - život; *geo* - zemlja; *koinos* - zajednički. Termin *ekosistem* potiče iz biologije, a za osnovu ima činjenicu da se životne zajednice ne mogu posmatrati izdvojeno od svoje sredine, pa iz tog razloga postoji još veća ekološka organizaciona jedinica. Reč prirodni ukazuje na ekosistem koji funkcioniše bez uticaja čoveka. Ekosistem je otvoren, dinamičan sistem za protok energije i kruženje materije podložan promenama u kojima nastaje smena životnih zajednica. Strukturu prirodnih ekosistema čine hijerarhijski uređene komponente čijim delovanjem se održava kruženje materije:

- (1) Abiotičke, koje predstavljaju:
  - a. neorganske supstance - (C, N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O),
  - b. organske supstance - (proteini, ugljeni hidrati, lipidi),
  - c. fizički faktori (vazduh, voda, podloga, klima) i
- (2) Biomasa, koju predstavljaju:
  - a. producenti ili autotrofni organizmi, uglavnom zelene biljke koje kroz proces fotosinteze proizvode organske materije (hranu) iz prostih neorganskih supstanci,
  - b. makrokonzumenti ili fagotrofi, odnosno heterotrofni organizmi, uglavnom životinje koje se hrane organskom materijom ili drugim organizmima,
  - c. mikrokonzumenti (heterotrofni organizmi (saprotrofi (sapro – razgraditi) ili osmotrofi (osmo – propustiti kroz membranu)), koji razlažu složena jedinjenja odumrlih organizama.

Ekosistemi postoje u različitim formama i veličinama sve do globalnog Zemljinog ekosistema, *ekosfere* (*biosfere*), uključujući i *antroposferu*.

**Rizik** jeste određeni nivo verovatnoće da neka aktivnost, direktno ili indirektno izazove opasnost po životnu sredinu, život i zdravlje ljudi.

**Sanacija**, odnosno **remedijacija**, jeste proces preduzimanja mera za zaustavljanje zagađenja i dalje degradacije životne sredine do nivoa koji je bezbedan za buduće korišćenje ugrožene lokacije.



**Toksičnost** je stepen kojim neka supstanca može da uzrokuje oštećenja organizma. Toksičnost se može odnositi na ceo organizam, poput čoveka, životinje, biljke ili bakterije, a takođe i na podstrukture, npr. ćelije (citotoksičnost), organe (npr. jetra - hepatotoksičnost), itd.

**Udes** ili **akcident** jeste iznenadni i nekontrolisani događaj ili niz događaja, koji nastaje nekontrolisanim oslobađanjem, izlivanjem ili rasipanjem opasnih materija pri proizvodnji, prometu, upotrebi, prevozu, preradi, skladištenju, odlaganju ili dugotrajnom neadekvatnom čuvanju.

**Ugrožena životna sredina** jeste određeni deo prostora gde zagađenje ili rizik od zagađenja prevazilazi kapacitet životne sredine.

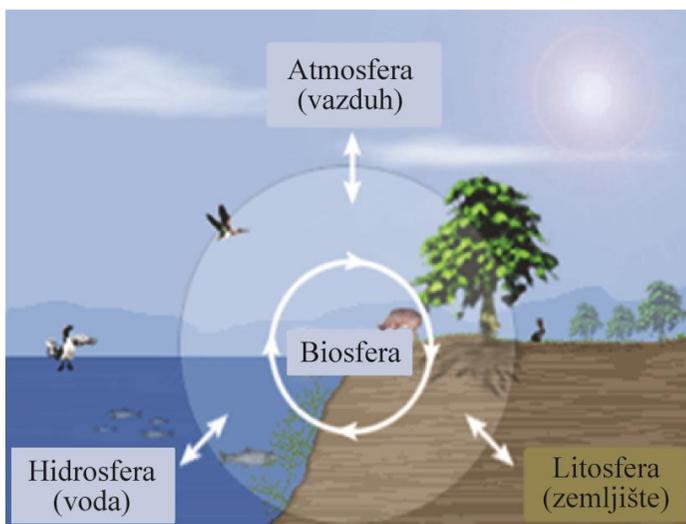
**Zagađenje** predstavlja neželjene promene fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava životne sredine (vode, vazduha i zemljišta), koje mogu nepovoljno delovati na živa bića ili narušiti njihove ekosisteme.

**Zagađujuće materije ili zagađujuće supstance** (oba izraza se široko koriste u oblasti zaštite životne sredine) su ostaci onoga što proizvodimo, koristimo i odbacujemo. Supstanca postaje zagađujuća kada se pojavi na nepoželjnom mestu, u nepoželjnim količinama.

**Životna sredina** odnosi se na uslove života čoveka i drugih živih bića. Podrazumeva skup raznovrsnih ekoloških faktora ili odgovarajućih elemenata spoljašnje sredine (fizičke, hemijske ili biološke prirode) u odgovarajućem prostornom okviru koji neprekidno deluju na organizme. Uslovi opstanka ili životni uslovi predstavljaju kompleks elemenata životne sredine neophodnih za organizam. Elementi ili faktori sredine,

---

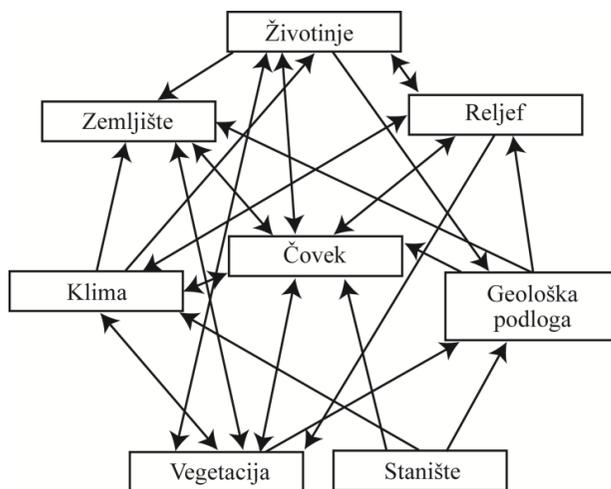
neophodni organizmu ili sa negativnim uticajem na njega, nazivaju se životnim ili ekološkim faktorima (uslovima). Ekološki faktori u prirodi deluju istovremeno, u vidu složene celine, mnogobrojni su, raznovrsni i promenljivi po intenzitetu i veličini, a u funkciji vremena i prostora. Dejstvo ekoloških faktora na organizam može biti indirektno (posredno) ili direktno (neposredno). Pojmovi životna sredina, okolina i okruženje se često koriste u različitom ili identičnom značenju, zavisno od okolnosti. Životna sredina je četvorokomponentni sistem koji čine: atmosfera, hidrosfera, litosfera i biosfera (slika 1).



Slika 1.  
Životna sredina  
kao četvorokom-  
ponentni sistem

## 2. Čovek i njegov odnos prema životnoj sredini

Jedan od najmoćnijih ekoloških (biotičkih) faktora na planeti jeste čovek. Dakle, pored uloge člana, čovek je postao i aktivni činilac i kontrolni mehanizam u funkcionisanju svakog ekosistema (slika 2). Na druge organizme ljudska populacija često utiče na nepovoljan način, nadmećući se za resurse, prevodeći pojedine vrste organizama u plen i posredno utičući preko faktora koji imaju važan uticaj na život organizama prisutnih u nekom ekosistemu.



Slika 2.

Čovek kao član i aktivan faktor ekosistema

Odnos čoveka i životne sredine je dvosmeran, ljudska bića su pod uticajem životne sredine i ona utiču na nju. Uticaji i promene koje je čovek činio u odnosu na okolnu sredinu bile su u prvim etapama razvoja čovečanstva male i uglavnom lokalnog karaktera. U doba paleolita, čovek je uglavnom zavisio od onoga što mu okruženje pruža i interakcija je bila jednosmerna (od životne sredine ka čoveku). Čovekovo okruženje je u doba neolita postepeno doživelo transformaciju i bio je prisutan uticaj na ekosisteme. Razlog tome je, na prvom mestu, unapređen tehnološki razvoj. Tokom kasnijih etapa, uticaji i promene u životnoj sredini postajale su sve dublje i trajnije obuhvatajući postepeno i čitav globalni ekosistem - biosferu. Teško je sve ove promene pobrojati i grupisati, ali

neke od značajnijih promena su npr: promene fizičkih uslova i izgleda sredine; promene u sastavu živog sveta; naseljavanje organizama u krajeve u kojima ih ranije nije bilo; urbanizacija; industrijalizacija; zdravstveni efekti kao posledica narušavanja i zagađivanja životne sredine; genetičke posledice zagađivanja životne sredine.

Usled konstantnog rasta broja stanovnika na Zemlji, smanjivanja raspoloživog životnog prostora za svaku jedinku ponaosob, kao i povećane potrebe za prirodnim bogatstvima, pitanja i problemi zagađivanja životne sredine se konstantno provlače kroz sve segmente društva. Pristupi razrešenju globalnih problema zagađenja treba da budu kako lokalni, tako i u okviru biosfere u celini jer se radi o celovitom ekološkom problemu. S obzirom na sve to, pojedinačne mere u smanjivanju ili otklanjanju osnovnih uzroka zagađivanja moraju se usklađivati u okviru jedinstvenog ekološkog odnosno ekosistemskog pristupa. Zagađivanje životne sredine može biti podeljeno prema:



*vrsti izvora zagađivanja:*

- (1) prirodni izvori zagađivanja (vulkani, biogeni gasovi iz zemlje i vode, morske aerosoli, mikrobiološki procesi raspada organskih materija, procesi oksidacije i fotodisocijacije u zemljištu, emisije iz vegetacije, klimatske promene, poplave, zemljotresi, itd.) i
- (2) antropogeni izvori zagađivanja (saobraćaj, industrija, rudnici, poljoprivreda, buka, veštačka radioaktivnost, itd.);

*agregatnom stanju zagađujućih materija:*

- (1) čvrste (teški metali, čestice čađi, čvrst otpad, đubriva, itd.);
- (2) tečne (organske i neorganske kiseline itd.);
- (3) gasovite (oksidi sumpora i azota, ozon, aerosoli, itd.);

*hemijskoj prirodi zagađujućih materija:*

- (1) neorganske (kiseline, teški metali, oksidi metala i nemetala, itd.) i
- (2) organske (organske kiseline, eksplozivi, boje i lakovi, sapuni i deterdženti, pesticidi, itd.);

*efektima zagađujućih materija:*

- (1) direktni efekti (deluju odmah na živi svet) i

- (2) indirektni efekti (utiču na atmosferske promene, procese u vodi i zemljištu, izazivaju koroziju, itd.);



*ugroženim medijumima životne sredine:*

- (1) voda,
- (2) vazduh,
- (3) zemljište;

*rasporedu izvora zagađivanja:*

- (1) pojedinačni ili tačkasti (pojedinačni izvori zagađenja, npr. ispusti industrijskih i komunalnih ili gradskih otpadnih voda),
- (2) difuzni ili netačkasti (npr. spiranje sa poljoprivrednih i gradskih površina, kisele kiše),
- (3) linijski (raspoređeni u definisanim putevima) i
- (4) koncentrisani (gusto raspoređeni zagađivači na jednoj površini koji zagađuju manji prostor, najčešće industrijski centri);

*dejstvu na ljudsko zdravlje:*

- (1) toksične,
- (2) mutagene,
- (3) kancerogene,
- (4) alergijske i
- (5) druge zagađujuće materije;

*sudbine u životnoj sredini:*

- (1) nerazgradive (npr. pesticid DDT, jedinjenja fenola, kao i aluminijumska i plastična ambalaža koja se u prirodnoj sredini ne razgrađuju u potpunosti ili taj proces traje veoma dugo) i
- (2) biorazgradive materije (materije za koje postoji mogućnost potpune razgradnje u određenim biološkim procesima).

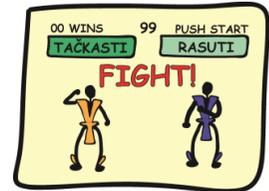
## 2.1. Izvori zagađivanja životne sredine

Izvori zagađivanja životne sredine su mnogobrojni i postoje u svim sferama života. Kao što je napomenuto, mogu se podeliti u dve kategorije: prirodni i antropogeni izvori zagađivanja. Prirodni izvori zagađivanja doprinose zagađivanju životne sredine u velikom broju slučajeva usled prirodnih pojava koje

se dešavaju ili udesa tj. prirodnih nesreća. Najveća emisija sumpora (S) iz prirodnih izvora je iz okeana, dok se fine čestice prašine emituju prilikom velikih erupcija vulkana. Ugljenmonoksid (CO) se u prirodi javlja kao posledica šumskih požara, vulkanskih aktivnosti ili oksidacije uglja, dok je prisustvo azotnih oksida (NO<sub>x</sub>) posledica šumskih požara.

Zagađivanje životne sredine kao posledica čovekove aktivnosti (antropogeni izvori) može poticati iz više različitih izvora koji se generalno dele u dve grupe:

- (1) koncentrisani (tačkasti) i
- (2) rasuti (difuzni) izvori zagađivanja.



Koncentrisani izvori zagađivanja su obično razni objekti u kojima se obavlja neka delatnost i ljudska naselja (npr. urbana naselja, industrijski objekti (hemijske, petrohemijske, prehrambene, metalne i druge industrije), energetske objekti (termoelektrane, toplane, nuklearne elektrane, postrojenja za preradu nafte, preradu uglja i hidroenergetski objekti), poljoprivredni objekti za tov stoke i deponija (uređena)). Sa druge strane rasute izvore zagađenja nije lako utvrditi niti izračunati njihov ukupan doprinos opštem zagađivanju, ali su veoma značajni jer im je kvantitativni i kvalitativni rast evidentan. U rasute izvore zagađivanja spadaju: hemizacija zemljišta pesticidima i mineralnim đubrivima, smetlišta (divlje neuređene deponije industrijskog i komunalnog otpada), atmosferske padavine (npr. kisele kiše) i saobraćaj.

## 2.2. Zaštita životne sredine primenom tehničkih mera

Pronalaženje rešenja za različite probleme zagađivanja životne sredine sa kojima se danas suočavamo nameće se kao jedan od glavnih prioriteta društva. U istoj meri značajno je preduprediti pojavu novih problema koji su posledica direktnih ili indirektnih uticaja na životnu sredinu, a koji mogu biti predmet glavnih problema sutrašnjice u nekom društvu.

Koje su mogućnosti da se izbegne , ili bar smanji, ispuštanje različitih zagađujućih materija u vazduh, vodu i zemljište iz, na primer, industrijskih procesa? Postoji mnogo različitih tehničkih rešenja kako bi se smanjio ovaj uticaj na našu okolinu. Jedan od pristupa je tzv. tradicionalan pristup koji

podrazumeva uklanjanje zagađujućih materija iz otpadnih tokova u kojima su one prisutne kao posledica nekog industrijskog procesa. Drugi način prilaza ovom problemu je prevencija - čistija proizvodnja gde se najčešće vrši promena u samim proizvodnim procesima ili zamena neke sirovine koja se koristi u procesu kako bi se smanjila mogućnost da zagađujuća materija dospe u otpadne tokove. Koji pristup treba izabrati zavisi od više faktora, kao što su priroda samog zagađenja, ekonomija, mogućnosti promena u tehnološkom procesu, itd.



*Leonardo DiCaprio, poznati glumac, jedan je od najstrastvenijih aktivista u zaštiti životne sredine. Osnovao je fondaciju "Leonardo DiCaprio" 1998. godine u cilju podrške organizacijama i inicijativama posvećenim održivoj budućnosti naše planete. Od tada, DiCaprio je angažovan na rešavanju hitnih pitanja životne sredine, kao što su pristup čistoj vodi, pomoć u katastrofama, očuvanje biodiverziteta i okeana. DiCaprio trenutno radi u odboru važnih organizacija, kao što su World Wildlife Fund, NDRC, Global Green USA i The International Fund for Animal Welfare. Pored toga, glumac je bio producent dva kratka filma (Water Planet and Global Warming) i dokumentarca "The 11<sup>th</sup> hour" u cilju podizanja svesti javnosti o važnim temama u oblasti zaštite životne sredine i njihovom upoznavanju sa uzbudljivim mogućnostima rešenja problema u životnoj sredini.*

*Izvor: <https://www.leonardodicaprio.org/>*

**Pitanja**

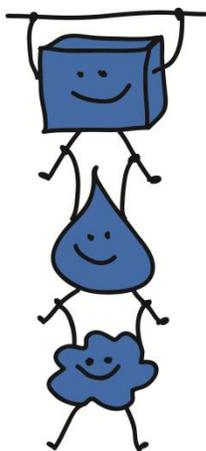
1. Biocenoza je:
    - a. organizovana grupa populacija biljaka, životinja i mikroorganizama, koje žive zajedno u istim uslovima životne sredine,
    - b. prostorno ograničena jedinica, koja se odlikuje specifičnim kompleksom abiotičkih (neživih) faktora.
  2. Autotrofni organizmi su:
    - a. organizmi sposobni da sintetišu sve organske materije iz neorganskih materija,
    - b. organizmi koji se hrane organskim materijama koje nisu sami proizveli.
  3. Organizmi koji se hrane biljkama su:
    - a. autotrofni organizmi,
    - b. biljojedi,
    - c. mesojedi.
  4. Osnovni izvor ugljenika u prirodi je:
    - a. CO
    - b. CO<sub>2</sub>
    - c. H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
  5. Jedan od najznačajnijih prirodnih izvora sumpora su:
    - a. ćelijsko disanje
    - b. okeani i vulkanske erupcije
    - c. veštačka đubriva
  6. Amonifikacija je:
    - a. proces prevođenja organskog azota u amonijak
    - b. proces prevođenja nitrata u gasoviti azot
  7. Ekosistemi sa sličnim sastavom i osobinama nazivaju se:
    - a. biotop (biotopi)
    - b. biom (biomi)
  8. Sposobnost supstance da se akumulira u organizmima koji se nalaze na višem nivou u lancu ishrane naziva se:
    - a. biorezonanca
    - b. bioakumulacija
    - c. biomagnifikacija
-

9. Ispred definicija unesite odgovarajuće pojmove obeležene slovima od a-d:
- a. udes \_\_\_\_\_ ispuštanje zagađujućih materija ili energije u životnu sredinu
  - b. rizik \_\_\_\_\_ nivo verovatnoće da neka aktivnost izazove opasnost po životnu sredinu, život i zdravlje ljudi
  - c. emisija \_\_\_\_\_ iznenadni i nekontrolisani događaj ili niz događaja, koji nastaje nekontrolisanim oslobađanjem, izlivanjem ili rasipanjem opasnih materija
  - d. imisija \_\_\_\_\_ koncentracija zagađujućih materija i nivo energije u životnoj sredini
10. Proces narušavanja kvaliteta životne sredine naziva se:
- a. destrukcija
  - b. degradacija
  - c. udes
11. Pojam „monitoring životne sredine” podrazumeva:
- a. kontinualnu kontrolu i sistem praćenja stanja životne sredine
  - b. raspored biljnog i životinjskog sveta
  - c. prostornu projekciju razvoja određene teritorije
12. Populacija je:
- a. skup jedinki različite vrste koje se međusobno razmnožavaju i naseljavaju neki ekološki ili topografski ograničen prostor
  - b. skup jedinki iste vrste koje se međusobno razmnožavaju i naseljavaju neki ekološki ili topografski ograničen prostor
  - c. skup jedinki iste vrste koje se međusobno razmnožavaju i naseljavaju celu planetu
13. Emisija je:
- a. koncentracija apsorbovanih zagađujućih materija
  - b. ispuštanje zagađujućih materija ili energije u životnu sredinu
  - c. koncentracija zagađujućih materija i nivo energije u životnoj sredini
-

14. U abiotičke strukture ekosistema ubrajaju se:
    - a. neorganske materije, organske materije i fizički faktori
    - b. producenti, makrokonzumenti i mikrokonzumenti
  15. Životna sredina je sistem koji čine:
    - a. atmosfera, litosfera, biosfera, hidrosfera
    - b. atmosfera, biosfera, hidrosfera
  16. Zagađivanje životne sredine može biti podeljeno prema vrsti izvora zagađivanja na:
    - a. koncentrisane i difuzne izvore zagađivanja
    - b. prirodne i antropogene izvore zagađivanja
    - c. male i velike izvore zagađivanja
  17. Koncentrisani izvori zagađivanja se drugim imenom nazivaju:
    - a. tačkasti
    - b. difuzni
  18. U rasute izvore zagađivanja spadaju (zaokruži slova ispred tačnih odgovora):
    - a. urbana naselja
    - b. energetski objekti
    - c. atmosferske padavine
    - d. postrojenje za preradu uglja
    - e. neuređene deponije
  19. Čistija proizvodnja je:
    - a. preventivan pristup u samim proizvodnim procesima u cilju sprečavanja/smanjenja emisije zagađujućih materija u životnu sredinu
    - b. uklanjanje zagađujućih materija iz otpadnih tokova u kojima su one prisutne kao posledica nekog proizvodnog procesa
  20. Deo biosfere koju su ljudi naselili i izmenili prilagođavajući je svojim potrebama naziva se:
    - a. litosfera
    - b. antroposfera
-

### 3. Zagađivanje osnovnih medijuma životne sredine, sistem praćenja njihovog zagađivanja i zaštita

#### 3.1. Voda



Svima je dobro poznato da je voda najzastupljenija supstanca na planeti. Jedina je prirodna supstanca koja se nalazi u sva tri agregatna stanja i u zavisnosti od temperature može biti u tečnom, čvrstom (led) i gasovitom agregatnom stanju (vodena para).

Hidrološki ciklus povezuje atmosferske, prirodne podzemne i površinske vode, što podrazumeva da one mogu kontaminirati jedne druge. Podzemna voda se nalazi pod zemljom u pukotinama i prostorima u zemljištu, pesku i stenama. Polako se kreće kroz geološke formacije tla, peska i stena koje se nazivaju akviferi. Površinske vode uključuju potoke, reke, jezera, akumulacije, močvare, mora i okeane. Površinske vode i njihovi povezani ekosistemi predstavljaju stanište mnogim biljnim i životinjskim vrstama. Podzemne i površinske vode se mogu koristiti kao resursi vode namenjeni ljudskoj upotrebi (vodosnabdevanje, voda za industriju, voda za navodnjavanje). Tokom prirodnog kruženja vode u nju dospevaju gasovi, razne mineralne i radioaktivne materije, organske materije, mikroorganizmi, ali i zagađujuće materije koje proizvodi čovek, te se voda u prirodi veoma retko nalazi u potpuno čistom stanju. Zagađivanje voda neraskidivo je povezano sa zagađivanjem životne sredine u celosti.

Izvori zagađivanja voda u prirodi se mogu svrstati u dve osnovne grupe:

- (1) Prirodni izvori zagađivanja (vulkani, zemljotresi, poplave, erozije, šumski požari, promene klimatskih uslova, itd.). Vrsta i stepen zagađenosti vode izazvana prirodnim poremećajima zavisi od vrste i intenziteta tih poremećaja. Ono što je značajno jeste da prirodni izvori zagađivanja ne dovode do trajnih posledica po vodeni

ekosistem zahvaljujući procesima samoprečišćavanja.

- (2) Antropogeni direktni i indirektni izvori zagađivanja (komunalne i industrijske otpadne vode, vode iz poljoprivrednih aktivnosti, procesne vode deponija, atmosferske padavine, itd.) se razvrstavaju prema: izvoru, vrsti i intenzitetu zagađivanja i dele se na tačkaste tj. koncentrisane i rasute izvore. Koncentrisani izvori su ljudska naselja, industrijski centri i poljoprivredni objekti, dok u grupu rasutih izvora spadaju atmosferske padavine, spiranje sa poljoprivrednog zemljišta, deponije, spiranje sa puteva, itd. Važne karakteristike tačkastog i rasutog zagađivanja date su u tabeli 1.

<b>Tačkasto zagađivanje</b>	<b>Rasuto zagađivanje</b>
Uglavnom vezano za ljudske aktivnosti. Meri se kvantitativno i kvalitativno.	Veoma dinamično, dešava se u slučajnim intervalima, usko vezano za hidrološki ciklus.
Intenzitet zagađivanja zavisi od vrste zagađivača i ne varira u širokom intervalu vrednosti.	Intenzitet zagađivanja promenljiv, varira u širokom intervalu vrednosti.
Najizraženiji je uticaj u toku leta na vodotok, kada je nizak vodostaj.	Najveći uticaj dešava se tokom ili posle atmosferskih padavina.
Ispusne tačke zagađenih voda su na poznatim mestima, a ispust je obično iz cevovoda ili kanala.	Ispust zagađenih voda se obično ne može identifikovati, uglavnom nastaje na širem prostoru.
Može se kvantifikovati standardnim tehnikama.	Teško se kvantifikuje standardnim tehnikama.
Programe kontrole obično sprovode vladine agencije.	Programi kontrole uključuju pojedince.

Tabela 1.

Karakteristike tačkastog i rasutog zagađivanja

Na slici 3 prikazani su glavni koncentrisani i difuzni izvori zagađivanja površinskih i podzemnih voda.

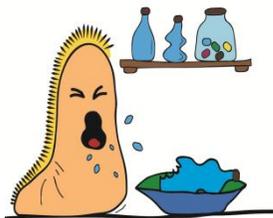


Slika 3.

Glavni tačkasti i rasuti izvori zagađivanja voda

Zavisno od porekla i vrste uticaja na vodeni ekosistem, zagađujuće materije koje dospevaju u vodu se mogu svrstati u nekoliko osnovnih grupa:

- (1) Biorazgradive organske materije – prirodnog su porekla i potiču uglavnom iz prehrambene industrije, iz sanitarnih otpadnih voda i voda za pripremu hrane. U površinskim vodama se razlažu na vodu, ugljen-dioksid i mineralne soli, trošeći pri tome kiseonik rastvoren u vodi. Ukoliko se u vodenom ekosistemu nađe visok procenat biorazgradive organske materije, može doći do potpunog utroška kiseonika, što za posledicu ima uspostavljanje anaerobnih uslova i odumiranje aerobnih organizama. U dubljim slojevima stajaćih voda u kojima je količina kiseonika ograničena ili ga praktično nema, biorazgradive organske materije se razlažu dejstvom anaerobnih mikroorganizama uz nastajanje gasovitih produkata: biogasa (smeša metana ( $\text{CH}_4$ ) i ugljen-dioksida ( $\text{CO}_2$ ) i manjih količina vodonik-sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) i drugih isparljivih i neisparljivih organskih jedinjenja. Ovi procesi vode ka eutrofikaciji vodenog ekosistema, o čemu će biti reči u nastavku teksta.
- (2) Bionerazgradive organske materije – sintetske su prirode i potiču iz hemijske industrije (proizvodnja boja i lakova, insekticida, farmaceutskih preparata, itd.). Otporne su na biološku razgradnju, a većina ih je i otrovna i/ili štetna za sve biološke vrste.
- (3) Neorganske komponente – potiču iz hemijske industrije i u manjoj meri iz ostalih delatnosti. Pojedina neorganska jedinjenja (na primer,  $\text{NaCl}$  i sl.), uneta u manjim količinama, ne deluju izrazito štetno na vodene ekosisteme. Međutim, u prisustvu jedinjenja žive ( $\text{Hg}$ ), olova ( $\text{Pb}$ ), hroma ( $\text{Cr(VI)}$ ), kadmijuma ( $\text{Cd}$ ), mangana



(Mn), itd. može doći do negativnog dejstva na ukupan biološki svet.

- (4) Nutrijenti (azot (N), fosfor (P), kalijum (K)) – potiču od spiranja poljoprivrednog zemljišta, iz objekata za uzgoj stoke i iz komunalnih otpadnih voda, iz objekata prehrambene industrije, itd. Ukoliko su nutrijenti prisutni u vodenim ekosistemima, dolazi do prekomernog rasta algi i vodenih biljaka, što za posledicu ima eutrofikaciju ekosistema.
- (5) Termičko zagađenje – prouzrokuje ga voda povišene temperature, obično iz sistema za hlađenje u industrijskim pogonima ili iz hlađenja turbina termoelektrana. Ovo zagađenje za posledicu ima smanjenje koncentracije kiseonika u vodi, ubrzavanje hemijskih procesa, itd.
- (6) Masnoće (ulja i masti) i nafta – nerastvorne su u vodi, plivaju na površini i stvaraju tanak sloj nepropustan za kiseonik iz vazduha (sprečava se aeracija vode), što može dovesti do stvaranja anaerobnih uslova u vodi.
- (7) Infektivni mikroorganizmi (bakterije i virusi) i intestinalni paraziti – potiču iz fekalnih otpadnih voda. Najviše ih ima u komunalnim otpadnim vodama, ali ih ima i u industrijskim otpadnim vodama ukoliko se one mešaju sa fekalnim. Ova vrsta zagađenja uzročnik je mnogih infektivnih bolesti kao što su: tifus, paratifus, dizenterija, kolera, hepatitis, meningitis, itd.

U skladu sa napred navedenim, postoje tri osnovne kategorije pokazatelja kvaliteta vode:

- (1) fizički pokazatelji – služe za brzu i grubu procenu kvaliteta vode. Najvažniji pokazatelji u ovoj kategoriji su: temperatura, miris, ukus, boja, zamućenost i električna provodljivost;
- (2) hemijski pokazatelji – specifičniji su i pogodniji za trenutnu procenu kvaliteta vode. Najčešće korišćeni hemijski pokazatelji u proceni kvalitet voda su: pH vrednost, redoks-potencijal, sadržaj metala, tvrdoća, alkalitet, sadržaj organskih materija, biohemijska potrošnja kiseonika (BPK) (količina kiseonika koja je potrebna da se izvrši biološka oksidacija prisutnih biološki razgradljivih sastojaka vode) i hemijska potrošnja kiseonika (HPK); (količina kiseonika



potrebna da se izvrši oksidacija svih oksidacionih materija u vodi hemijskim putem);

- (3) biološki pokazatelji – predstavljaju siguran način određivanja karaktera i stepena zagađenosti vode i utvrđivanja da li je zagađenje trajno ili privremeno. U grupu bioloških pokazatelja spadaju stepen saprobnosti, mikrobiološki pokazatelji, stepen biološke proizvodnje, itd.

Skoro sve ljudske aktivnosti imaju negativan uticaj na kvalitet vode (poljoprivredni izvori, kanalizacija, industrijski ispusti). Ispuštanje neprečišćenih ili nedovoljno prečišćenih gradskih i industrijskih otpadnih voda predstavlja jedan od najvećih negativnih uticaja koje imaju koncentrisani izvori zagađivanja.

### 3.1.1. Zagađivanje prirodnih voda gradskim otpadnim vodama



Pod gradskim otpadnim vodama podrazumevaju se sanitarne otpadne vode iz domaćinstava, ugostiteljskih objekata i bolnica, kao i otpadne vode drugih delatnosti (industrijskih pogona, zanatskih i uslužnih delatnosti) koje se ispuštaju u gradsku kanalizacionu mrežu zajedno sa sanitarnim vodama.

Ova vrsta otpadnih voda sadrži organske i neorganske supstance koje su rastvorene ili su u vidu koloidnih disperzija i suspenzija, kao i patogene i nepatogene mikroorganizme. Sastav i količina komunalnih otpadnih voda variraju u zavisnosti od mnogih faktora, pre svega stepena razvijenosti naselja i prateće delatnosti kojima se ljudi bave. Zavisno od stepena razvijenosti, ukupna količina vode koja se dnevno troši po stanovniku, što je približno jednako i količini nastale otpadne vode, u pojedinim zemljama kreće se od 150-500 litara po stanovniku dnevno. Što je veća prateća delatnost u okviru naselja, veća je i količina otpadne vode koja nastaje, jer je u toj delatnosti potrošnja vode znatno veća nego u domaćinstvu.

Veoma je značajan i podatak o tome kakva je biorazgradivost zagađujućih supstanci u otpadnim vodama, jer se na osnovu tog podatka određuje i način njenog prečišćavanja. Gradske otpadne vode se prečišćavaju biološkim postupcima (o čemu će kasnije biti reči), jer su u tim vodama uglavnom prisutne biorazgradive supstance. Takve otpadne vode imaju malu razliku vrednosti BPK i HPK, a problem predstavlja prisustvo

značajnih količina sredstava za pranje koja nisu biorazgradiva i formiraju penu na površini vode. Iz tog razloga se danas insistira na upotrebi biorazgradivih sredstava za pranje. Porast HPK vrednosti u gradskim otpadnim vodama ukazuje na prisustvo industrijskih otpadnih voda koje se karakterišu prisustvom biološki nerazgradivih i toksičnih supstanci. Da bi ta pojava ostala u granicama prihvatljivog, zakonom se zahteva pridržavanje propisane maksimalne zagađenosti industrijskih otpadnih voda koje se smeju ispuštati u kanalizaciju i zabranjuje prisustvo toksičnih supstanci.

### 3.1.2. Zagađivanje prirodnih voda industrijskim otpadnim vodama

Industrijske otpadne vode se značajno razlikuju od gradskih otpadnih voda, kako po količini, tako i po sastavu.

Postoji više različitih vrsta industrijskih otpadnih voda u zavisnosti od industrijskog sektora u kojem nastaju i njihovog sastava u smislu prisustva zagađujućih materija. Generalno, industrijske otpadne vode kao izvori zagađivanja se prema svom sastavu mogu podeliti u dve osnovne grupe:

- (1) „neorganske” industrijske otpadne vode (produkuju se u najvećoj meri u industriji uglja i čelika, nemetalnoj mineralnoj industriji, industriji površinske obrade metala (galvanskoj industriji)) i
- (2) „organske” industrijske otpadne vode (iz prehrambene industrije, farmaceutske industrije, industrije kozmetike, organskih boja, lepila i aditiva, sredstava za pranje, pesticida i herbicida, potom industrije kože i krzna, tekstila, celuloze i papira, rafinerije ulja).

U nastavku teksta biće navedene glavne karakteristike otpadnih voda iz pojedinih vrsta industrijske proizvodnje.

**Otpadne vode iz prehrambene industrije.** Pored toga što je veliki potrošač vode, prehrambena industrija stvara znatne količine otpadnih voda opterećenih biorazgradivim organskim jedinjenjima (suspendovana, koloidna ili u obliku rastvora), ali i makronutrijentima (N, P i K), zbog čega značajno doprinose eutrofikaciji površinskih voda. Otpadne vode prehrambene industrije se pre ispuštanja u površinske vode moraju prečistiti. Za to su pogodne kombinacije mehaničkih i aerobnih bioloških postupaka.



### **Otpadne vode iz hemijske industrije i petrohemije.**

Hemijska industrija uključuje veoma veliki broj proizvodnih pogona raznovrsne delatnosti i sa raznovrsnim oblicima zagađivanja životne sredine. Najveći broj među njima stvara značajnu količinu otpadnih voda, koje su u većini slučajeva zagađene toksičnim supstancama. Generalno, otpadne vode hemijske i petrohemijske industrije mogu se podeliti na:

- (1) otpadne vode organskog karaktera,
- (2) biološki razgradive,
- (3) delimično razgradive ili nerazgradive otpadne vode neorganskog karaktera i
- (4) biološki nerazgradive.

Biorazgradive zagađujuće materije koje se mogu naći u otpadnim vodama su organske materije biljnog ili životinjskog porekla i neki sastojci nafte (mineralna ulja i ugljovodonici naftnog porekla). Od delimično i teško razgradivih zagađujućih materija prisutne su raznovrsne organske supstance sintetičkog porekla, npr. halogenovani ugljovodonici, policiklični aromatični ugljovodonici (PAH), polihlorovani bifenili (PCB), pesticidi, itd. Od neorganskih supstanci, najštetnije su soli teških metala i radionuklidi.



**Otpadne vode iz pogona hemijske sinteze.** Hemijska sinteza obuhvata veoma široku oblast proizvodnje koja po obimu iz godine u godinu sve više raste. Računa se da se godišnje sintetiše više stotina novih, pretežno organskih jedinjenja, ali ne ulaze sva u masovnu proizvodnju. Veliki broj proizvoda organske sinteze spada u grupu biološki nerazgradivih supstanci, biološki štetnih, pa i toksičnih ili teško razgradivih. Vrste zagađujućih supstanci koje se mogu pojaviti u otpadnim vodama zavise od vrste proizvodnje u kojoj nastaju, ali je najveći procenat ovih voda opterećen bionerazgradivim, biološki štetnim i toksičnim supstancama. Zbog toga je prerada ovakvih voda svedena na primenu uglavnom skupih hemijskih i fizičko-hemijskih postupaka prerade. Da bi se količina otpadnih voda svela na najmanju moguću meru i smanjio stepen zagađenosti, potrebno je izvršiti maksimalnu racionalizaciju potrošnje vode i maksimalnu kontrolu ispuštanja otpadnih voda, primenom strategije čišćenja proizvodnje.

**Otpadne vode nastale tokom površinske obrade metala.** Pod površinskom zaštitom metala galvanskom tehnikom

podrazumeva se elektrohemijsko nanošenje zaštitnog sloja metala otpornih na koroziju kao što su nikl (Ni), srebro (Ag), hrom (Cr), bakar (Cu), kadmijum (Cd) i cink (Zn). U postupcima površinske zaštite metala nastaju otpadne vode koje su izuzetno zagađene i toksične, pa se obavezno pre ispuštanja u vodoprijemnik moraju prečistiti. Pri površinskoj zaštiti metala nastaju dve vrste otpadnih voda:

- (1) otpadne vode koje nastaju u pripremi metala za galvanizaciju – sadrže hlorovodoničnu kiselinu (HCl), sumpornu/sulfatnu kiselinu (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), natrijum-hidroksid (NaOH) i
- (2) suspendovane masnoće i
- (3) otpadne vode koje nastaju pri galvanizaciji predmeta koji se štite – sadrže osnovni metalni jon galvanske prevlake i dodate aditive. Najveći negativan uticaj na životnu sredinu imaju otpadne vode koje su alkalne cijanidne i kisele vode koje sadrže hrom i nikl.

### **Procedne vode deponija čvrstog komunalnog otpada.**

Deponije predstavljaju mesto krajnjeg odlaganja čvrstog otpada i imaju poslednje funkcionalno mesto u upravljanju čvrstim otpadom, u nizu koji uključuje kontrolu nastajanja, razdvajanje, sakupljanje, prevoz, preradu i odlaganje otpada. Sastav komunalnog otpada je veoma složen, te stoga i sastav otpadnih procednih voda varira. Procedna voda sadrži rastvorene supstance prisutne u otpadu u nepromenjenom obliku i supstance koje su nastale hemijskim i biohemijskim promenama u otpadu do kojih dolazi tokom vremena. Procedne vode deponija sadrže biorazgradivu organsku materiju, fenole, sredstva za pranje, teške metale, bakterije, nitrite, nitrate, itd.

Uz sve gore navedene uticaje, značajne količine vode mogu biti zagađene usled rudarskih aktivnosti, deponovanja, odlaganja ili akcidentnih izlivanja opasnog i/ili medicinskog otpada, ali značajan uticaj predstavlja i saobraćaj. Pored hemijskih supstanci i bioloških invazija, bitan doprinos zagađenju životne sredine daju i fizički činoci, a među njima i toplota. Termalnom zagađenju podležu prirodne vode. Kao posledica korišćenja vode za hlađenje u nizu proizvodnih procesa, pri čemu zagađena voda koja biva ispuštena u prirodne vode dovodi do povećanja njihove temperature.



### 3.1.3. Ekološki efekti zagađivanja voda



**Eutrofikacija.** Eutrofikacija se najjednostavnije može definisati kao proces povećanog prihranjivanja (unošenja hranljivih materija) nekog vodenog ekosistema: mora, slatkih voda ili ušća reka. Cvetanje vode je posledica eutrofikacije vode, kada uglavnom usled ljudskih delatnosti dolazi do prenamnoženosti vodenih biljaka, najčešće algi, što ima negativne posledice po vodeni živi svet. Da bi se razumeli suštinski razlozi eutrofikacije, neophodno je poznavati zbijanja u prirodnom akvatičnom ekosistemu i poremećaje do kojih dolazi usled njegovog zagađivanja. Piramidu ishrane čine nivoi ishrane - trofički nivoi, raspoređeni tako da od prvog trofičkog nivoa, proizvođača biomase, koga čine fotosintetički organizmi (alge, planktoni), slede viši nivoi koje čine potrošači, na čijem se vrhu nalaze najrazvijeniji oblici života akvatičnih ekosistema, ribe, sisari i ptice. Svaki nivo ishrane iznad prvog, za svoj rast i razvoj koristi biomasu i energiju prethodnog trofičkog nivoa. Tako se formira lanac ishrane. Ukupna biomasa i sadržaj energije svakog sledećeg trofičkog nivoa u lancu ishrane opada. Razlog za to je različita brzina rasta i različita biološka efikasnost. Završetkom životnog ciklusa bioloških vrsta, njihova biomasa se taloži na dno akvatičnog ekosistema gde se stvara bentalni mulj. Bentalni mulj je važan deo akvatičnog ekosistema, jer se u njemu, delovanjem bakterija, odumrli organizmi mineralizuju. Ovaj proces koji se naziva prirodna eutrofikacija je spor i može proći i nekoliko hiljada godina dok se ne uoče prvi efekti. Sa druge strane, izlivanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda, kao i spiranje sa poljoprivrednih zemljišta u vodene ekosisteme, intenzivira ovaj proces, jer dolazi do povećanog organskog opterećenja, smanjenja koncentracije kiseonika i bržeg izumiranja i taloženja odumrlih organizama.

**Samoprečišćavanje.** Zagađujuće supstance iz otpadnih voda izazivaju značajne promene u vodotokovima u koje se ispuštaju. Naime, nakon ispuštanja otpadne vode, pod dejstvom određenih fizičkih, hemijskih i bioloških procesa dolazi do promene osobina i koncentracije zagađujućih supstanci koje se unose u vodoprijemnik. Drugim rečima, akvatični ekosistem se brani od narušavanja ravnoteže i čini sve što može da delovanje

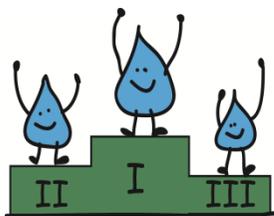
tih stranih supstanci neutrališe. Kao rezultat zajedničkog delovanja velikog broja procesa dolazi do smanjenja koncentracije zagađujućih supstanci u vodotoku ili čak i do potpunog uklanjanja nekih od njih. Shodno tome, vodotok se može smatrati nekom vrstom prirodnog postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Međutim, njegova sposobnost samoprečišćavanja je ograničena i samo ukoliko nije premašena ukupnim intenzitetom zagađenja, omogućava da se po isteku izvesnog vremenskog perioda od momenta unošenja zagađujućih supstanci, regeneriše i vrati u stanje koje je približno jednako stanju pre unošenja zagađujuće komponente. Ukoliko pre unošenja zagađujuće materije vodotok nije bio zagađen, pripadao je oligosaprobnoj zoni, za koju je karakteristična čista, providna voda zasićena kiseonikom, pogodna za plemenite vrste riba i za sve vrste humane upotrebe. Nakon unosa zagađujućih supstanci koje dovodi do drastičnog pogoršanja kvaliteta vode, vodotok ulazi u polisaprobnu zonu, pri čemu je naseljavaju polisaprobni organizmi koji mogu opstati u jako zagađenoj vodi sa manjkom kiseonika. Usled toga preovlađuju procesi truljenja kada su prisutne fakultativne i anaerobne bakterije. Procesom samoprečišćavanja i prilivom čistih voda, kvalitet vode se duž vodotoka postepeno popravlja i on prelazi u alfa-mezosaprobnu zonu u kojoj se vrši intenzivna biološka razgradnja unetih zagađujućih supstanci i supstanci nastalih biološkom razgradnjom u prethodnoj zoni. Daljim samoprečišćavanjem voda ulazi u beta-mezosaprobnu zonu, koju karakterišu završni procesi samoprečišćavanja. Voda prelazi u aerobno stanje i ukoliko ne dođe do novog zagađivanja, voda u vodotoku se vraća u prvobitno stanje.



### 3.1.4. Klasifikacija vode

Zbog nepovoljnog antropogenog uticaja, u cilju održivog razvoja i očuvanja vodotoka, neophodno je preduzeti adekvatne mere njihove zaštite. To podrazumeva sistemski nadzor i monitoring (praćenje) stanja vodotoka. Prema nameni i kvalitetu vodotoka, zakonodavstvom u Republici Srbiji vode se razvrstavaju u pet klasa:

I klasa: površinske vode koje pripadaju ovoj klasi obezbeđuju uslove za funkcionisanje ekosistema, život i zaštitu riba (salmonida i ciprinida) i mogu se koristiti u



sledeće svrhe: snabdevanje vodom za piće uz prethodni tretman filtracijom i dezinfekcijom, kupanje i rekreaciju, navodnjavanje, industrijsku upotrebu (procesne i rashladne vode);

II klasa: površinske vode koje pripadaju ovoj klasi obezbeđuju uslove za funkcionisanje ekosistema, život i zaštitu riba (ciprinida) i mogu se koristiti u iste svrhe i pod istim uslovima kao i površinske vode koje pripadaju klasi I;

III klasa: površinske vode koje pripadaju ovoj klasi obezbeđuju uslove za život i zaštitu ciprinida i mogu se koristiti u sledeće svrhe: snabdevanje vodom za piće uz prethodni tretman koagulacijom, flokulacijom, filtracijom i dezinfekcijom, kupanje i rekreaciju, navodnjavanje, industrijsku upotrebu (procesne i rashladne vode);

IV klasa: površinske vode koje pripadaju ovoj klasi mogu se koristiti u sledeće svrhe: snabdevanje vodom za piće uz primenu kombinacije prethodno navedenih tretmana i unapređenih metoda tretmana, navodnjavanje, industrijsku upotrebu (procesne i rashladne vode);

V klasa: površinske vode koje pripadaju ovoj klasi ne mogu se koristiti ni u jednu svrhu.

Podela vode u klase vrši se na osnovu vrednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija određenih zagađujućih supstanci.

### 3.1.5. Principi prerade otpadne vode

Industrijske i komunalne otpadne vode se pre ispuštanja u recipijent moraju prečistiti do određenog stepena. Pored toga, nakon prečišćavanja otpadnih voda nastaju ostaci (muljevi) koji pre odlaganja zahtevaju određene postupke tretmana. Prerada otpadne vode je proces uklanjanja neželjenih zagađujućih supstanci iz vode.

Postupci prerade voda načelno se dele na:

- (1) mehaničke,
- (2) hemijske i
- (3) biološke.

Prema zahtevanom kvalitetu prerađene vode, postupci prerade otpadnih voda se dele na:

- (1) preliminaran,
- (2) primaran,
- (3) sekundaran i
- (4) tercijarni.

U najvećem broju slučajeva primarna obrada nije dovoljna, pa se prečišćavanje otpadnih voda vrši primenom više pojedinačnih tretmana koji su nabrojani u narednom delu teksta. Cilj preliminarne i primarne obrade je, na prvom mestu, otklanjanje grubih čvrstih predmeta i ostalih većih predmeta koji se često mogu naći u sirovoj otpadnoj vodi, kao i taloženje čestičnih materija, uklanjanje ulja i masti i izbistravanje otpadne vode. Otklanjanje ovih materijala je potrebno da bi se poboljšao rad i održavanje komponenti u sistemu.

Preliminarna prerada otpadnih voda uključuje:

- (1) mehaničko odvajanje komada plivajućih i lebdećih materijala primenom grubih rešetaka,
- (2) ujednačavanje protoka otpadne vode,
- (3) mešanje otpadnih voda različitog porekla,
- (4) prethodnu aeraciju,
- (5) korekciju pH vrednosti i
- (6) izdvajanje masti i ulja.

Primarna obrada otpadnih voda uključuje:

- (1) fine rešetke,
- (2) fina sita,
- (3) uklanjanje inertnog materijala (peskolovi, komore za uklanjanje inertnog materijala) i
- (4) primarno taloženje.

Sekundarna prerada obuhvata uklanjanje koloidno dispergovanih i biorazgradivih organskih materija. Koriste se sledeći procesi:

- (1) biološki (aerobni, anaerobni i fakultativni biološki postupci),
- (2) hemijski (oksidacija ili redukcija) ili
- (3) fizičko-hemijski postupci (koagulacija i flokulacija, flotacija, adsorpcija).

Tercijarna prerada se primenjuje kada su zahtevi za kvalitet

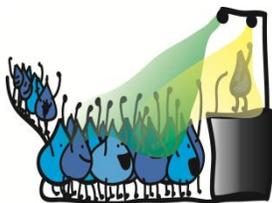


otpadne vode veoma visoki. Svrha tercijarne obrade otpadne vode je da obezbedi finalni tretman otpadnih voda i time obezbedi njen viši kvalitet pre nego što se ona ispusti u životnu sredinu (more, reka, jezero, zemljište, itd.). U postrojenjima za tretman otpadnih voda mogu se koristiti različiti tercijski tretmani. Zavisno od vrste supstance koja se želi ukloniti primenjuju se:

- (1) fina filtracija,
- (2) adsorpcija,
- (3) biološki postupci,
- (4) korekcija pH vrednosti i
- (5) dezinfekcija, itd.

Dezinfekcija i sterilizacija prerađene vode se vrši ukoliko ona potencijalno sadrži infektivne mikroorganizme i viruse koji su preživeli postupak prerade. Na taj način se sprečava prenošenje infekcija i širenje zaraze. Dezinfekcija i sterilizacija se obavljaju nekim od sledećih reagenasa:

- (1) gasovitim hlorom ( $\text{Cl}_2$ ),
- (2) rastvorom natrijum-hipohlorita ( $\text{NaOCl}$ ),
- (3) hlor-dioksidom ( $\text{ClO}_2$ ),
- (4) ozonom ( $\text{O}_3$ ) i
- (5) UV zračenjem.



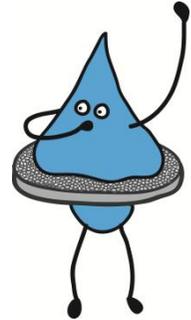
Prerada mulja, zavisno od vrste, uključuje:

- (1) zgušnjavanje i obezvodnjavanje (koagulacija i flokulacija, flotacija, flotacija pod pritiskom ili vakuumom, centrifugiranje),
- (2) neutralizaciju,
- (3) anaerobnu biološku stabilizaciju,
- (4) sušenje (konduktivno ili konvektivno) i
- (5) spaljivanje.

Hemijski i fizičko-hemijski postupci koji se koriste u preradi vode su:

- (1) neutralizacija – korigovanje pH vrednosti otpadnih voda upotrebom kalcijum-hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), kalcijum-karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ),  $\text{CO}_2$  i dimnih gasova.
- (2) oksido-redukциони postupci – prevođenje štetnih supstanci prisutnih u tretiranoj vodi u manje štetne oblike primenom oksidacionih sredstava (za oksidaciju se koristi kalijum-permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ), vodonik-peroksid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), hipohloritna kiselina

- (HClO) i kiseonik rastvoren u vodi) i redukcionih sredstava (natrijum-sulfit ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) ili natrijum-hidrogensulfit ( $\text{NaHSO}_3$ )).
- (3) taloženje – proces izdvajanja suspendovanih čestica iz vode pod dejstvom gravitacione sile primenom različitih vrsta taložnika (horizontalni, lamelarni, cilindrično konusni...).
- (4) koagulacija i flokulacija – koagulacija predstavlja postupak dodavanja jedne ili više hemikalija u cilju razelektrisanja i približavanja koloidnih čestica, tako da mogu da stvaraju agregate, a flokulacija je proces dalje agregacije (aglomerizacija, ukрупnjavanje) nestabilnih čestica i taloženje, odnosno uklanjanje iz vodenog rastvora. Kao sredstva za koagulaciju i flokulaciju koriste se: hemijska jedinjenja koja sa vodom i u vodi prisutnim sastojcima daju nerastvorljive taloge (jedinjenja gvožđa i aluminijuma, kao što su aluminijum-sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), natrijum-aluminat ( $\text{AlNaO}_2$ ), gvožđe(III)-hlorid ( $\text{FeCl}_3$ ) i dr.) i nerastvorne supstance, koje nakon suspendovanja u vodi bubre, dajući flokule sa većim brojem pozitivno ili negativno naelektrisanih centara, tzv. polielektroliti.
- (5) filtracija – predstavlja separaciju čvrstih supstanci iz vode propuštanjem kroz filtracioni medijum pod dejstvom gravitacione sile, pritiska sa gornje strane ili vakuuma sa donje strane filtracionog sloja. Zavisno od osobina filtracionog medijuma i čestica koje se izdvajaju iz vode, razlikuju se pasivna (mehaničko uklanjanje nečistoća) i aktivna filtracija (gde dolazi do izražaja afinitet filtracionog sloja prema supstancama koje se izdvajaju).
- (6) flotacija – postupak bistrenja vode uz primenu fino dispergovanih mehurića gasa, koji se spajaju sa suspendovanim česticama i iznose ih na površinu vode.
- (7) jonska izmena – proces je zasnovan na sposobnosti određenih prirodnih i sintetičkih makromolekularnih supstanci, jonoizmenjivača, da neselektivno ili selektivno razmenjuju jone vezane za svoje funkcionalne grupe sa jonima iz vode. Na taj način se joni prisutni u vodi zamenjuju određenom vrstom jona sa jonoizmenjivača.
- (8) adsorpcija – proces koncentrisanja zagađujućih supstanci iz vode (adsorbat) na graničnoj površini



- (9) između čvrste faze (adsorbenta) i vode uz primenu adsorpcionih sredstava kao što su aktivni ugalj, glineni minerali ili zeoliti.
- (10) hlađenje – korekcija temperature tretirane vode uz primenu otvorenih i zatvorenih sistema za hlađenje.
- (11) aeracija i oksigenacija – obogaćivanje vode kiseonikom. Aeracija se izvodi dovođenjem vode u kontakt sa vazduhom, ali tako da se obezbedi što veća kontaktna površina voda-vazduh, da bi se ubrzao proces prenosa kiseonika. Oksigenacija vode podrazumeva primenu čistog kiseonika, što kao rezultat ima brži prenos mase u odnosu na proces aeracije.

Biološko prečišćavanje zasnovano je na aktivnosti kompleksne mikroflore, koja tokom svoje životne aktivnosti koristi znatan deo organskih i jedan manji deo neorganskih supstanci u otpadnoj vodi. Najčešća primena ove vrste prečišćavanja jeste za uklanjanje organskog zagađenja i makronutrijenata (azota i fosfora) iz otpadnih voda.

Biološki postupci prerade otpadnih voda razvrstavaju se na više načina:

- (1) Zavisno od prisustva/odsustva kiseonika na:
  - a. aerobne (u prisustvu kiseonika) i
  - b. anaerobne (bez prisustva kiseonika).
- (2) Zavisno od oblika mikrobiološke populacije na:
  - a. procese sa suspendovanim (proces i sa aktivnim muljem, aerisane lagune i aerobna jezera) i
  - b. procese sa fiksiranim mikroorganizmima (biodiskovi i biofiltri)
- (3) Zavisno od načina izvođenja na:
  - a. šaržne i
  - b. kontinualne procese.



*Prema poslednjim statističkim podacima WHO/UNICEF prepoznaje se jasna potreba za rešavanjem problema vode za piće, higijene i prečišćavanje otpadnih voda na svetskom nivou, kao jedan od ciljeva održivog razvoja. Naime, 29% svetske populacije (2,1 milijarda ljudi) nema pristup bezbednoj vodi za piće - što znači voda kod kuće, dostupna i bezbedna. 61% svetske populacije (4,5 milijarda ljudi) nema „sigurno upravljane sistemom kanalizacije” - što znači pristup toaletu ili toaletu koji vodi u tretman ili sigurno odlaganje izlučevina. U pojedinim*

*delovima Afrike, samo 15% stanovništva ima pristup objektu za pranje ruku sapunom i vodom.*

*U Srbiji se mnogo očekuje u narednom periodu u smislu materijalnih ulaganja, primene naučenog znanja kada su u pitanju otpadne vode. Razlog tome je podatak da se samo 11,5% ukupnih gradskih i industrijskih otpadnih voda prečišćava u odnosu na prosek (87%) u zemljama Evropske Unije.*

*Izvor: WHO/UNICEF*

*Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017*

*Nacionalna Strategija Republike Srbije za  
aproximaciju u oblasti životne sredine*

---

## Pitanja



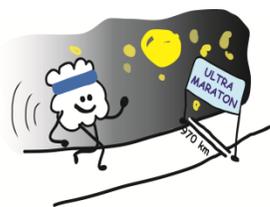
1. Koje od navedenih karakteristika su vezane za pojam tačkastog zagađenja? (zaokruži slova ispred tačnih odgovora)
    - a. veoma dinamično, dešava se u slučajnim intervalima, usko vezano za hidrološki ciklus
    - b. uglavnom vezano za ljudske aktivnosti, a meri se kvantitativno i kvalitativno
    - c. najizraženiji je uticaj u toku leta na vodotok, kada je nizak vodostaj
    - d. teško se kvantifikuje standardnim tehnikama
    - e. programe kontrole obično sprovode vladine agencije
    - f. programi kontrole uključuju pojedince
  2. Infektivni mikroorganizmi su prisutni u najvećoj meri u:
    - a. komunalnim otpadnim vodama i industrijskim otpadnim vodama ukoliko se one mešaju sa fekalnim
    - b. industrijskim otpadnim vodama
  3. Zaokružiti slova ispred pokazatelja fizičkih osobina vode (zaokruži slova ispred tačnih odgovora):
    - a. zamućenost
    - b. redoks-potencijal
    - c. električna provodljivost
    - d. tvrdoća
  4. Anaerobni procesi se odigravaju uz:
    - a. prisustvo kiseonika
    - b. u odsustvu kiseonika
  5. Porast HPK vrednosti u gradskim otpadnim vodama ukazuje na prisustvo industrijskih otpadnih voda koje se karakterišu prisustvom biološki nerazgradivih i toksičnih supstanci:
    - a. tačno
    - b. netačno
-

6. „Neorganske” industrijske otpadne vode nastaju u:
    - a. industriji kozmetike, celuloze i papira, prehrambenoj industriji
    - b. galvanskoj industriji, industriji uglja i čelika
  7. Povišenje temperature prirodne vode:
    - a. smanjuje sadržaj kiseonika u vodi
    - b. nema nikakvog uticaja na sadržaj kiseonika
    - c. povećava sadržaj kiseonika u vodi.
  8. Proces prirodne eutrofikacije intenzivira:
    - a. izlivanje neprečišćenih/nedovoljno prečišćenih komunalnih i industrijskih otpadnih voda, spiranje sa poljoprivrednih zemljišta
    - b. izlivanje prethodno prečišćenih otpadnih voda
  9. Samoprečišćavanje površinskih voda je:
    - a. prirodan proces
    - b. proces izazvan ljudskim aktivnostima
  10. Podela voda u klase prema zakonodavstvu u Republici Srbiji izvršena je na osnovu:
    - a. tehnologije prerade vode
    - b. vrednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija određenih zagađujućih supstanci
  11. Cilj preliminarne obrade otpadnih voda je:
    - a. uklanjanje grubih čvrstih predmeta i ostalih većih predmeta
    - b. uklanjanje nutrijenata
    - c. smanjenje HPK i BPK otpadnih voda
  12. Primarna obrada otpadnih voda uključuje:
    - a. primenu finih rešetki i sita
    - b. aerobne biološke postupke
    - c. dezinfekciju
  13. Zaokružiti slovo ispred procesa koji se koristi u preradi mulja?
    - a. anaerobna biološka sterilizacija
    - b. anaerobna biološka stabilizacija
-

- 
14. Sekundarnom preradom otpadnih voda obuhvaćeni su sledeći postupci:
    - a. uklanjanje inertnog materijala (peskolovi, komore za uklanjanje inertnog materijala)
    - b. fizičko-hemijski postupci (koagulacija i flokulacija, flotacija, adsorpcija)
  
  15. Industrijske otpadne vode bi pre ispuštanja u prirodne vodotoke trebalo:
    - a. direktno ispuštati u prirodne recipijente bez prethodnog prečišćavanja
    - b. prečistiti do kvaliteta koji ne utiče na biocenozu recipijenta i tek nakon toga ih ispustiti u recipijent
    - c. delimično prečistiti
  
  16. U procesu prečišćavanja otpadnih voda postupak neutralizacije obuhvata:
    - a. smanjivanje temperature
    - b. korekciju pH vrednosti
    - c. smanjivanje koncentracije toksičnih polutanata
  
  17. Zaokružiti slova ispred jedinjenja koja se koriste kao oksidaciona sredstva u tretmanu otpadnih voda (zaokruži slova ispred tačnih odgovora).
    - a.  $\text{KMnO}_4$
    - b.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$
    - c.  $\text{NaHSO}_3$
    - d.  $\text{HClO}$
  
  18. Biloški postupci prerade otpadnih voda razvrstavaju se na više načina (dopuniti rečenice):
    - a. u zavisnosti od prisustva/odsustva kiseonika na \_\_\_\_\_ i \_\_\_\_\_.
    - b. u zavisnosti od načina izvođenja na \_\_\_\_\_ i \_\_\_\_\_ procese.
  
  19. Industrije kože, krzna i tekstila produkuju:
    - a. otpadne vode pretežno organskog sastava
    - b. otpadne vode pretežno neorganskog sastava
-

20. Otpadne vode prehrambene industrije karakteriše prisustvo:
- a. metala i mineralnih ulja
  - b. teško biorazgradivih materija
  - c. biorazgradivih materija
-

### 3.2. Vazduh



Atmosfera je gasoviti omotač Zemlje. Predstavlja sloj vazduha koji obavija planetu Zemlju do nekoliko stotina kilometara visine. S porastom visine, vazduha ima sve manje, pa je i atmosfera sve ređa. Zato se i gornja granica atmosfere ne može povući, mada se smatra da doseže visinu od oko 970 km. Ukupna masa vazduha iznosi  $56 \times 10^{12}$  kg, a zapremina vazduha koji obavija našu planetu -  $5 \times 10^{15}$  m<sup>3</sup>.

Značajna varijacija temperature sa visinom čini jednu od osnova za podelu atmosfere na slojeve (slika 4):

- (1) *Troposfera* (0 do 10 km). Pritisak se u troposferi kreće u granicama od 1000 do 200 mbar, a temperatura opada sa povećanjem nadmorske visine (povećanjem nadmorske visine za 1 km smanjuje se temperatura za 6,5°C), što stvara velike turbulencije i vazдушna kretanja (prosečna temperatura u slojevima bližim zemljinoj površini iznosi oko 15°C, a u tropopauzi oko -57 °C).
  - Tropopauza predstavlja region u atmosferi gde nivo opadanja temperature prelazi iz pozitivnog (u troposferi) u negativan (u stratosferi) tj. region gde temperatura više ne opada sa porastom altitude (nadmorske visine).
- (2) *Stratosfera* (10 km do oko 50 km). U ovom sloju temperatura raste sa povećanjem nadmorske visine, tačnije temperatura vazduha ostaje gotovo konstantna do 25 km, a zatim postepeno raste sa visinom. Na gornjoj granici stratosfere (45 km), slobodni kiseonik, koji su produkovale zelene biljke, pretvara se, pod dejstvom dugotalasnog Sunčevog zračenja, u ozon (O<sub>3</sub>). Tako se stvara ozonski omotač. Ozon nastaje pri električnom pražnjenju kada dolazi do reakcije atomskog i molekuskog kiseonika i to u količini od oko  $5 \times 10^4$  tona godišnje. On je, naime, jedina komponenta atmosfere koja, u dovoljnim količinama, pruža zaštitu životu na Zemlji. Ozonski sloj upija ultraljubičasto (UV) zračenje i štiti živa bića na našoj planeti od pogubnog uticaja kratkotalasne Sunčeve

radijacije. Posledice UV zračenja po žive organizme vrlo su teške. Na primer, može doći do slabljenja imunološkog stanja organizma, katarakte očnih sočiva kod ljudi i životinja, pojave nekih kancera kože, i dr. Upravo zbog toga treba imati u vidu značaj ozonskog omotača.

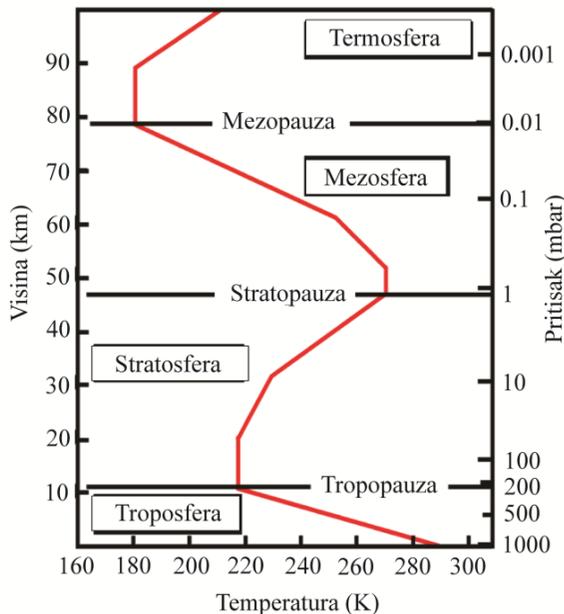
- Stratopauza. Stratopauza je sloj atmosfere koji predstavlja granicu između stratosfere i mezosfere. Iznad ovog sloja temperatura počinje ponovo da opada sa porastom altitude.

- (3) *Mezosfera* (od 50 km do 80-90 km). Temperatura opada sa visinom i dostiže najnižu vrednost,  $-95^{\circ}\text{C}$  na visini od oko 85 km - mezopauza). U ovom sloju temperatura opada sa porastom altitude.

- Mezopauza je područje temperaturnog minimuma na granici između mezosfere i termosfere. Sloj mezopauze predstavlja najhladnije područje na Zemlji sa temperaturom nižom od  $-100^{\circ}\text{C}$ . Mezopauza se nalazi na visini od oko 85 km.

- (4) *Termosfera (jonosfera)* (od 80-85 km do 640 km). U ovom sloju temperatura naglo raste sa visinom do vrlo visokih vrednosti ( $725-1500^{\circ}\text{C}$ ).

- (5) *Egzosfera*. Najudaljenija oblast od površine Zemlje. Granica egzosfere nalazi se na oko 700-1500 km do 10000 km.



Slika 4.  
Slojevi atmosfere i promena temperature i pritiska zavisno od visine



Osnovna masa vazduha koncentrisana je u prizemnim slojevima. Gornja granica atmosfere gubi se u kosmosu. Gasovi, koji čine sastavne komponente vazduha, dobro su izmešani, posebno u troposferi. U njoj je koncentrisana glavna masa vazduha (80%) i najvažniji gasovi: azot (78%), kiseonik (21%), argon (0,93%), ugljen-dioksid (0,003%). Vazduh takvog sastava je suv i čist. Pod pojmom čist vazduh podrazumeva se smeša gasova (na prvom mestu azota, kiseonika, argona, ugljen-dioksida) i vodene pare.

*Azot* je inertan gas prisutan u atmosferi, veoma značajan sa stanovišta fizioloških procesa kod biljaka. To je bezbojan gas, bez mirisa i ukusa. Pri povećanoj koncentraciji azota u vazduhu javlja se anoksemija, a pri sadržaju od 93% nastupa smrt.

*Kiseonik* je gas, koji je neophodan za disanje u ćelijama živih bića. Biljke, uglavnom, održavaju ravnotežu kiseonika u vazduhu. One, uz učešće vode i Sunčevog zračenja, emituju kiseonik, troše ugljen-dioksid, pri čemu se stvara veliki broj organskih jedinjenja.

*Ugljen-dioksid* nije direktno otrovan gas, ali posle dužeg udisanja izaziva vrtoglavicu, pritisak u grudima, šum u ušima i sanjivost, a može da dovede i do smrtnog ishoda. Njegova toksičnost se obično ispoljava u zatvorenim prostorijama

*Vodena para* je izuzetno značajna za život na Zemlji i za padavine. Ona je neravnomerno raspoređena i zavisi od pritiska i temperature. Prisutna je u promenljivim količinama, od 0,2% do 2,6% u prizemnom sloju atmosfere.

### 3.2.1. Pojam, vrste i izvori zagađivanja vazduha

Zagađenje vazduha se može definisati kao prisustvo čvrstih, tečnih ili gasovitih supstanci, uključujući buku i radioaktivno zračenje u atmosferi u koncentraciji koja na direktan ili indirektan način može negativno uticati na ljude i ostale žive organizme, kao i na materijalna dobra u životnoj sredini.

Izvor zagađenja vazduha je objekat ili proces koji pod unutrašnjim ili spoljašnjim uticajem emituje nečistoće u atmosferu. Preko 90% zagađujućih supstanci u vazduhu su sitne čestice, ugljenični, azotni ili sumporni oksidi, i ugljovodonici. Zagađenost vazduha naziva se i aerozagađenje i redovno je praćeno aktivnošću čoveka u urbanim sredinama.

Izvori zagađenja vazduha mogu biti:

- (1) prirodni i

(2) veštački (antropogeni).

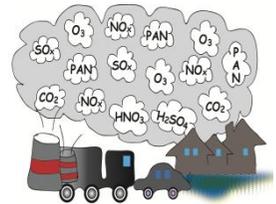
Zagađenje vazduha koje je posledica prirodnih pojava je generalno malo u poređenju sa zagađenjem koje potiče iz antropogenih izvora u normalnim uslovima (izuzetak su emisije u toku prirodnih udesa).

Prema izvoru, zagađenje vazduha nastaje:

- (1) sagorevanjem goriva,
- (2) radom industrije,
- (3) poljoprivrednim aktivnostima i
- (4) komunalnim delatnostima.

Zagađujuće materije u vazduhu se mogu podeliti i na osnovu vrste zagađujuće materije i reakcija u kojima učestvuju u atmosferi:

- (1) primarne zagađujuće materije - zagađujuće materije koje se direktno emituju iz izvora emisije (npr.  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_x$  iz energetskih postrojenja);
- (2) sekundarne zagađujuće materije - zagađujuće materije koje se formiraju reakcijom između primarnih zagađujućih materija i konstituenata atmosfere. Primeri sekundarnih zagađujućih materija:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ , formaldehid, peroksiacetyl-nitrat (PAN), amonijum-nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) i amonijum-sulfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ );
- (3) primarne i sekundarne zagađujuće materije istovremeno - čestične materije mogu biti oslobođene u atmosferu direktno iz izvora emisije kao što je pepeo iz dimnih gasova iz peći na uglj. Sekundarne čestične materije se formiraju u atmosferi u vidu  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  i  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Većina sekundarnih čestičnih materija je frakcija pogodna za unošenje u organizam, poznata kao  $\text{PM}_{2,5}$  - veoma sitne čestice veličine  $2,5 \mu\text{m}$  ili manja.



**Prirodni izvori zagađivanja vazduha.** U prirodne izvore zagađivanja ubrajaju se mora, okeani, močvare, magla, dejstvo vulkana, požari, prirodna radioaktivnost, erozije, ozon koji je nastao prilikom varničenja, itd. Tokom prirodnih katastrofa, velike količine pepela i gasova iz vulkanskih erupcija kao i gasova i dima iz šumskih i močvarnih požara oslobađa se u atmosferu. Razlika između prirodnih i izvora stvorenih od strane čoveka je i u količini, ali i vrsti zagađujućih supstanci i

načinu na koji su emitovane. Najveća emisija sumpora je iz okeana, a zatim iz biogenih procesa. Međutim, znatne količine se emituju i iz vulkana u ponekim velikim erupcijama direktno u stratosferu. Fine čestice prašine i sulfatni aerosoli ubačeni vulkanskim erupcijama u stratosferu ostaju tamo duže vreme (vreme depozicije do 5 godina) i mogu dovesti do smanjivanja toplotne energije koja sa Sunca dospeva na Zemlju. Fine čestice prašine i aerosola se prilikom erupcije mogu izbacivati na visinu od 40-50 km i vazдушnim strujanjima raznositi na velike udaljenosti čime zagađivanje dobija globalni karakter.



*Prilikom erupcije vulkana Krakatau na ostrvu između Jave i Sumatre 1883. god., 2/3 ostrva odletelo je u vazduh odnoseći oko 20 km<sup>3</sup> prašine do visine od 30 km. Poginulo je oko 36 000 ljudi. O razmerama zagađenja govore zapisi gde se u to vreme ova pojava nazvala „smak sveta“.*

*Izvor: <https://www.livescience.com/28186-krakatoa.html>*

**Veštački (antropogeni) izvori zagađivanja vazduha.** U antropogene izvore zagađivanja vazduha spadaju procesi vađenja i obrade mineralnih sirovina, hemijska industrija, sagorevanje fosilnih goriva, poljoprivreda, drumski saobraćaj, naselja, elektrane (termo i nuklearne) i dr. Stambena naselja, poslovne zgrade, bolnice i škole su takođe značajni izvori zagađivanja vazduha i spadaju u grupu izvora zagađenja jedne ili više oblasti. Glavni predstavnik tzv. linijskih izvora zagađenja vazduha su autoputevi. U narednom delu teksta predstavljeni su neki od najvažnijih izvora zagađivanja vazduha.

#### ❖ **Hemijska industrija kao izvor zagađenja vazduha.**

Hemijska industrija se deli na:

- (1) Neorgansku (proizvodnja sintetičkog amonijaka, uree, amonijum-nitrata, amonijum-sulfata, fosfornih đubriva, superfosfata, amonijum-fosfata, HF, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i dr.) i
- (2) Organsku (proizvodnja eksploziva, boja i lakova, organskih kiselina, ftalatanhidrida, polivinilhlorida, polistirena, polipropilena, sapuna i sredstava za pranje, sintetičkih vlakana, gume, organskih jedinjenja metala – npr. Pb, farmaceutskih supstanci, organskih hemikalija, benzo(a)pirena, i dr.).

U zavisnosti od vrste/tipa proizvodnje, u vazduh se emituju različite materije. Na primer:

- (1) Pri proizvodnji fosforne kiseline ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) – osnovne zagađujuće materije su gasoviti fluoridi, pre svega fluorovodonična kiselina (HF) i silicijum tetrafluorid ( $\text{SiF}_4$ ).
- (2) U proizvodnji boja – gubi se 1 do 2% rastvora odlazeći u atmosferu.
- (3) U proizvodnji sredstava za pranje – javlja se prašina i gasovi obogaćeni organskim parama (benzen).
- (4) U proizvodnji hlora – oslobađa se  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  i pare žive.
- (5) U proizvodnji eksploziva – preko isparenja dospevaju toluen,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ .
- (6) Prilikom prerade nafte i njenih derivata, stvaraju se gasovi:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ .

#### ❖ Ležišta ruda kao izvor zagađenja vazduha.

Korišćenje ležišta metala i nemetala u većoj meri zagađuje vazduh i to emisijom prašine i štetnih goriva u atmosferu. Prašina i gasovi koji se stvaraju prilikom eksploatacije rudnika zagađuju atmosferu. Dolazi do potpunog oštećenja pojedinih ekosistema, pa se umesto šuma formiraju goleti. U svetu se iskopa oko 40 tona raznih sirovina, a na samo 1 tonu sirovina izdvaja se 50-60 tona flotacijske jalovine – opasne za životnu sredinu. Najopasnije zagađujuće materije koje se stvaraju tokom proizvodnje aluminijuma su: piralen iz transformatora elektropostrojenja, natrijum-hidroksid (NaOH) iz crvenog mulja i fluoridna isparenja (HF). Pri pirometalurškoj preradi bakra javljaju se dimni gasovi bogati prašinom, oksidima metala i  $\text{SO}_2$ . Dimni gasovi sadrže prašinu u kojoj se nalaze čestice oksida gvožđa, kobalta, magnezijuma, silicijuma. Metalurški proces dobijanja olova spada u grupu najprljavijih tehnologija, jer se u fazama vađenja, prerade i dobijanja olova oslobađaju otrovne materije u obliku gasova, prašine (sadrži Pb i As), jalovine i otpadnih voda koje sadrže Pb. Cink se u Zemljinoj kori nalazi kao cink-sulfid ( $\text{ZnS}$ ). Procesom se iz sulfida prevodi u  $\text{SO}_2$  od 93% do 97% sulfidnog sumpora. Tokom njegove prerade dolazi do emisije znatnih količina prašine koja sadrži štetne sastojke.



#### ❖ Poljoprivreda kao izvor zagađenja vazduha.

Do izmena u biosferi dolazi pri različitim aktivnostima koje se,

sprovode pri poljoprivrednoj proizvodnji i proizvodnji hrane i to naročito:

- (1) primenom mineralnih đubriva;
- (2) navodnjavanjem koje dovodi do nakupljanja soli i minerala
- (3) odlaganjem otpadaka iz poljoprivrede;
- (4) odlaganjem otpadaka pri proizvodnji hrane i
- (5) primenom pesticida - primarno – uređajima za njihovo raspršivanje i sekundarno – zaprašivanje gradova radi suzbijanja komaraca.

#### ❖ **Naselja kao izvori zagađenja vazduha.**

Zagađenje vazduha, zemljišta i vode postalo je veoma bitan problem današnjice. Zagađujuće materije koje nastaju u naselju mogu se razvrstati u dve grupe:

- (1) materije iz industrijskih i energetskih izvora i saobraćaja i
- (2) materije čiji je izvor stanovništvo tj. domaćinstva.

U vazduhu iznad naselja javljaju se i sekundarne zagađujuće komponente napomenute napred u tekstu koje nastaju kao posledica reakcija primarnih zagađujućih materija. Najbolji primer je zagađenost vazduha tokom zimske sezone gde dolaze do izražaja zagađujuće materije u čvrstom i gasovitom stanju koje dospevaju iz energetskih izvora kao što su toplane (gradske ili industrijske), kao i sama individualna ložišta. Dakle, veće zagađenje vazduha u naseljenim mestima javlja se pri intenzivnijem loženju za vreme hladnih, maglovitih dana u zimskom periodu, bez vetra i u stanju inverzije – stabilno stanje. Ovo zagađenje u gradovima zove se smog (*smoke – dim, fog – magla*). Prema tipologiji, razlikuje se fotohemijski i londonski smog. Fotohemijski smog se javlja u letnjem periodu, kada je sunčano a vlažnost vazduha mala i to u oblastima gde je gustina saobraćaja intenzivna. Ugljovodonici, azot-monoksid i ugljen-dioksid su primarni konstituenti ove vrste smoga, dok su azot-dioksid i ozon sekundarni zagađivači nastali reakcijama primarnih zagađujućih materija. Lančane reakcije su inicirane sunčevom svetlošću. Londonski smog je karakterističan za zimske mesece i posledica je zagađenjem vazduha usled sagorevanja uglja i emisije sumpor dioksida i prašine. Čestice emitovane sagorevanjem uglja obezbeđuju mesta na kojima se kapljice magle kondenzuju. Njihove velike površine pomažu u katalitičkoj oksidaciji  $SO_2$ .



Karakterističan je za urbane i industrijske sredine. Ovakvo zagađenje vazduha utiče na iritaciju i oboljenje respiratornih organa.

Efekat kanjona je karakterističan za duge i prave ulice gde je vrtložno strujanje vazduha i gde materije i čestice izbačene iz automobila ili iz drugih izvora neprekidno kruže i povećavaju svoju koncentraciju (lokalno zagađenje).

Naselje je deo prostora koji podleže zagađivanju iz objekata i delatnosti u njemu, ali sa druge strane predstavlja izvor zagađujućih agenasa kojima zagađuje svoju okolinu. Smog je jedan od najčešćih polutanata u naselju, a javlja se pri temperaturnoj inverziji (pojava u atmosferi kada temperatura umesto da pada raste sa visinom iznad tla).

#### ❖ **Drumski saobraćaj kao izvor zagađenja vazduha.**

Pored naselja i termoelektrana, drumski saobraćaj je najveći emiter dima i čestica čađi. U urbanim sredinama oko 60% ukupne količine svih zagađujućih supstanci u vazduhu potiče od motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Mešanjem goriva sa vazduhom oksiduju se ugljovodonici dajući CO, CO<sub>2</sub> i vodenu paru. Aldehidi su najprisutnije oksidovane supstance u izduvnim gasovima i poseduju visoki stepen fotohemijske reaktivnosti. U cilju smanjenja zagađenosti vazduha saobraćajem, danas se koristi biogorivo. Kao osnovna prednost upotrebe biogoriva, konkretno biodizela, navodi se značajno smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Takođe je redukovana emisija sumpornih oksida, suspendovanih čestica i ugljen-monoksida. Prednosti i nedostaci upotrebe biodizela zavise umnogome od toga koja se mešavina koristi, kao i od rada motora, odnosno vrste motora.



#### ❖ **Zagađivanje vazduha iz industrijskih i komunalnih deponija.**

Otpad različitog porekla najčešće odlažemo što dalje od naseljenih mesta, ne sluteci da to postaje nov izvor zagađenja životne sredine. Način odlaganja svrstavamo u:

- (1) odlaganje na deponije,
- (2) nepoželjno bacanje u mora i okeane,
- (3) odlaganje u starim rudnicima.

Postoje divlje i uređene deponije. Divlje deponije predstavljaju površine zemljišta ili druge podloge gde se otpad nekontrolisano odlaže. Uređene ili propisane deponije su

izgrađene i uređene u skladu sa zakonskim propisima tako da ispunjavaju sve tehničke zahteve kojima se sprečava negativan uticaj deponije na životnu sredinu i zdravlje ljudi. Po poreklu otpada mogu biti:

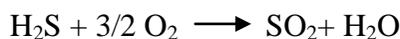
- (1) industrijske i
- (2) komunalne deponije.

Velike deponije doprinose zagađivanju vazduha s obzirom da se sa ovih lokaliteta oslobađa sumpor-dioksid, ugljen-monoksid, ugljen-dioksid, oksidi azota, fotohemijski oksidanti i ugljovodonici. Važan proces koji se odigrava u svakoj deponiji je degradacija otpadnih supstanci u prisustvu vode, vazduha i mikroorganizama pri čemu se stvaraju nove organske ili neorganske supstance, koje se dalje oslobađaju u atmosferu ili tlo. Posebnu pažnju treba posvetiti mestima za odlaganje visoko-rizičnog (opasnog) otpada.

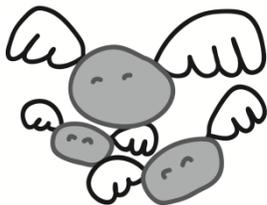
Najvažnije zagađujuće materije vazduha i procesi u kojima one nastaju/učestvuju su:

#### ❖ Zagađenje vazduha oksidima sumpora.

Sumpor se u atmosferi može naći kao sumpor(IV)-oksid ( $\text{SO}_2$ ), sumpor(VI)-oksid ( $\text{SO}_3$ ), sumporasta ili sulfitna kiselina ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), sumporna ili sulfatna kiselina ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), kao i u obliku soli ovih kiselina. Vodonik-sulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ) nastaje anaerobnom biološkom razgradnjom organske materije u okeanima i na kopnu. On se oksiduje do sumpor(IV)-oksida, pa se  $\text{H}_2\text{S}$  u atmosferi zadržava samo nekoliko sati:



ASH IS IN THE AIR!



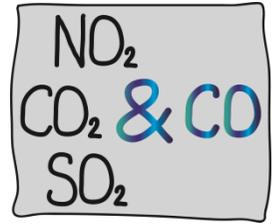
Najvažniji antropogeni izvor  $\text{SO}_2$  su termoelektrane, iz kojih se oslobađaju velike količine letećeg pepela. Sagorevanjem uglja, neki elementi se oksiduju u okside:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , dok se metali javljaju kao oksidi u obliku pepela. Sagorevanjem fosilnih goriva, u atmosferu se emituje godišnje oko 62 miliona tona sumpora. Topljenjem sulfidnih ruda, oslobađaju se velike količine  $\text{SO}_2$ , kao što je prikazano sledećom jednačinom:



#### ❖ Zagađenje vazduha ugljen-monoksidom

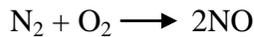
Najveća količina CO potiče iz prirodnih izvora. Javlja se u većoj količini u dimu vulkana, iznad naslaga uglja i iznad

močvara zbog raspadanja organskog materijala. Ugljenmonoksid nastaje kao produkt nepotpunog sagorevanja fosilnih goriva. Iznad gradova koncentracija CO je nekoliko desetina ppm (mg/l), dok je u manjim naseljenim mestima oko 0,1 ppm (mg/l). Glavni „krivac” za drastično povećanje koncentracije CO u gradovima su motori sa unutrašnjim sagorevanjem.

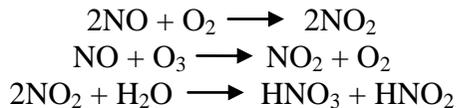


#### ❖ **Zagađenje vazduha azotnim oksidima.**

Oksidi azota su u atmosferi prisutni u raznim koncentracijama. Azot(I)-oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), u većim količinama nastaje iz prirodnih izvora, najčešće aktivnošću bakterija u tlu i reakcijama između  $\text{N}_2$  i atmosferskog  $\text{O}_2$  ili  $\text{O}_3$  (kako je prikazano jednačinom) u gornjim slojevima atmosfere. Azot(II)-oksid ( $\text{NO}$ ), nastaje iz antropogenih i prirodnih izvora. Glavni antropogeni izvor  $\text{NO}$  su procesi sagorevanja gde se razvija visoka temperatura (toplane), motori sa unutrašnjim sagorevanjem i termoelektrane.



Zbog naglog hlađenja sagorelih gasova ne dolazi do povratne reakcije. Međutim,  $\text{NO}$  zbog oksidacije polako prelazi u  $\text{NO}_2$ :



U atmosferi  $\text{NO}_2$  ostaje do tri dana.

### 3.2.2. Posledice zagađenja vazduha

Problem zagađenosti vazduha postaje sve veći, usled nesavesnosti i neorganizovanosti ljudi, ali i usled nedostatka sredstava za praćenje i kontrolu glavnih izvora zagađujućih supstanci. Porast stanovništva, veće korišćenje energije i industrijski razvoj poslednjih decenija, doprineli su emisiji gasova i čestica koje umnogome utiču na ljudsko zdravlje. Sve lošiji kvalitet vazduha uzrokuje i pogoršava astmu, bolesti srca, rak pluća i mnoge druge bolesti. Posledice zagađenja vazduha su dva do tri puta veće na zdravlje ljudi nego što se ranije smatralo. Za svako povećanje od 10 mikrograma sitnih čestica u vazduhu, rizik od prerane smrti raste sa 11% na 17%. Svetska zdravstvena organizacija (eng. *World Health Organization*, *WHO*) je procenila da svake godine 2 miliona ljudi umre od

posledica zagađenja vazduha. Pored toga, zagađenje vazduha utiče i na globalnu ekonomiju, dostupnost hrane i vode i održivi razvoj, time što negativno utiče na biljke, useve i ekosisteme.

### **Posledice zagađenja vazduha na vegetaciju i materijale.**

Vegetacija reaguje sa zagađenim vazduhom u širokom opsegu koncentracija zagađujućih supstanci. Na ishod utiče mnogo faktora: vrsta biljaka, starost biljaka, ravnoteža supstanci za ishranu biljaka, uslovi zemljišta, temperatura, vlažnost i Sunčeva svetlost. Bilo koja primetna posledica nastala izlaganjem biljke zagađenom vazduhu može biti označena kao oštećenje biljke. Na niskom nivou izlaganja za neke vrste biljaka, kao i za neke vrste zagađujućih supstanci, nisu opažene značajne posledice. Međutim, kako se izlaganje povećava, može se primetiti niz mogućih oštećenja, uključujući biohemijske promene, fiziološku osetljivost, vidljive simptome oštećenja i moguću smrt biljke. Vidljivi simptomi oštećenja biljke usled zagađenja upoređuju se sa izgledom zdravih biljaka. Zagađeni vazduh može izazvati prerano starenje ili opadanje lišća, kao i promenu strukture stabljike ili lista. Na stablu i cvetu voćki takođe se mogu primetiti oštećenja, što može dovesti do smanjenja prinosa

Zagađenje vazduha izaziva koroziju, pucanje, smanjenje mase, ali narušava i izgled materijala. Osnovna posledica uticaja zagađujućih supstanci iz vazduha na metale je korozija (*lat. corrodo – oglodati, gristi*) koja se u ovom slučaju naziva atmosferska korozija. Korozija dovodi do nepovratnog gubitka metala i izaziva ogromne štete, jer mnogi uređaji, postrojenja, mašine, transportna sredstva i različite konstrukcije postaju neupotrebljive pre isteka uobičajenog radnog veka. Vлага se na površini metala ponaša kao „rastvarač” budućih, potencijalnih zagađujućih supstanci. Zagađenje vazduha, pored toga što utiče na metale, oštećuje i kamene i cementne građevine i umetnička dela, ali i razne vrste tkanina.



**Uticaj zagađenja vazduha na čoveka.** Izloženost zagađenju vazduha je povezana sa velikim brojem akutnih i hroničnih bolesti, na prvom mestu respiratornih i kardiovaskularnih sistema. Posebno su pogođene osetljive i ranjive grupe, kao što su trudnice, deca, starije osobe i osobe koje već imaju problema sa respiratornim i drugim ozbiljnim bolestima ili osobe ugroženog socijalnog statusa. U deset vodećih zemalja Evrope, oko 20% svih uzroka smrti pripada malignim

bolestima, od čega 1/3 spada u grupu bolesti respiratornog sistema. Povećan je procenat smrtnosti od akutnih respiratornih infekcija, ali i broj obolelih od anemija, imunoloških, genetskih i neuroloških poremećaja. Glavne zagađujuće materije koje imaju negativan uticaj na zdravlje ljudi su olovo, ugljen-monoksid, sumpor-dioksid, hlor, čestice i gasovi, čađ, suspendovane čestice, ozon, azot-dioksid, metan i živa.

*Zabrana sagorevanja uglja u Dublinu, u Irskoj, 90-tih godina prošlog veka je rezultovala smanjenjem crne prašine u dimu za 71% i sumpor-dioksida za 34%. Ovo je smanjilo ukupnu stopu smrtnosti u gradu za 8%, uključujući smanjenje kardiovaskularnih bolesti za 7% i respiratornih za 13%. U Lonsestonu, u Australiji, propis iz 2001. godine doprineo je poboljšanju kvaliteta vazduha smanjenjem prašine PM<sub>10</sub> za 38%. Ovo je dovelo do opadanja ukupne stope smrtnosti za 11,4%, uključujući smanjenje kardiovaskularnih bolesti za 17,9% i respiratornih za 22,8%. U zimskom periodu je korist po zdravlje bila čak i veća, sa smanjenjem kardiovaskularnih bolesti za 19,6% i respiratornih za 22,9%.*

*Izvor: Health and Environment Alliance, <https://env-health.org>*



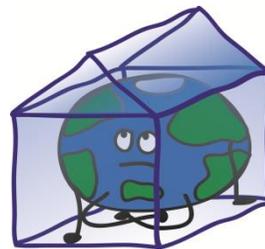
### 3.2.3. Ostali efekti zagađenja vazduha

**Efekat staklene bašte.** Efekat staklene bašte je naziv dat procesu interakcije gasova iz atmosfere i Sunčeve energije. Nastaje zbog toga što Zemlja i atmosfera apsorbuju Sunčevu toplotu. Toplota koja stiže sa Sunca pada na Zemlju, odatle se odbija i najvećim delom odlazi daleko od Zemlje. Korišćenjem sve većeg broja različitih hemijskih jedinjenja u svakodnevnom životu ljudi promenjen je sastav atmosfere naše planete. Ova promena hemijskog sastava atmosfere dovela je do toga da, umesto da propušta toplotu odbijenu sa površine, atmosfera počinje da zadržava odbijenu toplotu. Na ovaj način se cela atmosfera sve više zagreva.

Mnogi naučnici su zabrinuti i smatraju da efekat staklene bašte može dovesti do globalnog zagrevanja koje bi imalo katastrofalne posledice na život na planeti. Analize su pokazale da je od 1800. godine prosečna temperatura porasla za 0,7°C.

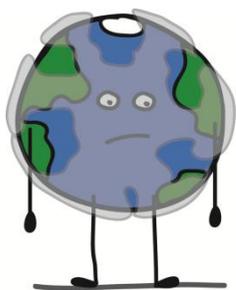
Gasovi staklene bašte uključuju:

- (1) Ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>) - smatra se da ovaj gas učestvuje sa oko 50-55% u globalnom zagrevanju. Osnovni



razlog povećanja koncentracije ovog gasa u atmosferi je intenzivno korišćenje fosilnih goriva (ugalj, nafta, gas) i seča šuma.

- (2) Metan ( $\text{CH}_4$ ) - oko 12% učešća, nastaje raspadanjem organskih jedinjenja, ali najveća količina metana u atmosferi potiče iz industrijskih postrojenja, sa deponija, ili se javljaju kao posledica poljoprivrednih aktivnosti.
- (3) Azot-dioksid ( $\text{NO}_2$ ) - učestvuje sa 6% u globalnom zagrevanju. Najvećim delom se oslobađa pri radu industrije, ali velike količine ovog gasa se oslobode i pri vulkanskim erupcijama.
- (4) Hlorofluorougļjovodonici (CFC) - učestvuju sa oko 25% u globalnom zagrevanju. CFC jedinjenja se koriste za pravljenje plastičnih masa i u rashladnim uređajima.



**Ozonske rupe.** Sredinom osamdesetih godina 20. veka, naučnici su uočili smanjenje debljine ozonskog sloja u stratosferi iznad Antarktika. Ova pojava nazvana je „ozonska rupa”. Otkriveno je da hlorofluorougļjovodonici (CFC), hemijske supstance koje se koriste u frižiderima, klima-uređajima i limenkama spreja, mogu da reaguju sa ozonom i da smanje njegovu koncentraciju. Ti gasovi su se ispuštali u vazduh sa svakom upotrebom laka za kosu i dezodoransa, kao i iz rashladnih uređaja. Hlorofluorougļjovodonici dolaze u kontakt sa molekulima ozona u stratosferi. Sunčevo zračenje oslobađa gasoviti hlor iz CFC-a. Pod uticajem hlora, molekuli ozona se raspadaju, a od njih ponovo nastaju molekuli kiseonika. Tako se uništava ozonski omotač. Zbog zabrinutosti za ozonski omotač, SAD su 1978. godine zabranile upotrebu CFC-a u limenkama spreja. Ali proizvođači tih hemikalija i pojedini naučnici nisu verovali u teoriju o uništavanju ozona. Međutim, zabrinutost počinje da raste kada su 1985. godine britanski naučnici iznad Antarktika detektovali veliku rupu u ozonskom omotaču. Ta rupa se pojavljuje svakog proleća, a površine je otprilike kao Kanada. Kada se sa smenom godišnjih doba promeni pravac vetra, rupa se popuni molekulima ozona. Ali dok molekuli ozona velikom brzinom popunjavaju prazninu, na drugim mestima nivo ozona naglo opada. Na primer, u zimu 1992. godine količina ozona iznad nekih delova Evrope i Kanade smanjila se za 20%. Na nebu iznad Antarktika pronađen je izuzetno visok nivo hlor-monoksida, hemijskog

jedinjenja koje nastaje kada hlor reaguje sa ozonom.

**Kisele kiše.** Kisela kiša je termin koji se koristi za veoma složen problem u životnoj sredini. Kisele kiše padaju kada se emitovane čestice i gasoviti sumporni i azotni oksidi i druga hemijska jedinjenja u reakciji sa vodom daju kiseline. Osim što su opasne za biljke, kisele kiše ozbiljno zagađuju i vode kojima drastično smanjuju pH vrednost. Dok je uobičajena pH vrednost kiše oko 5,6; pH vrednost kisele kiše se može kretati od 1,5 do 5,5. Veliko smanjenje pH vrednosti dovodi do izumiranja mikroorganizama, a javlja se i problem nedostatka pitke vode. Pored azotnih i sumpornih oksida i ugljen-dioksid se rastvara u kapima kiše, formirajući ugljenu (karbonatnu) kiselinu.



### 3.2.4. Mere sprečavanja zagađenja vazduha

Kvalitet vazduha kontroliše se zbog utvrđivanja nivoa zagađenosti vazduha i ocene uticaja zagađenog vazduha na zdravlje ljudi, materijalna i nematerijalna dobra i klimu. Kontrola zagađujućih supstanci je neophodna u cilju zaštite životne sredine i zdravlja ljudi, ali i zbog preduzimanja potrebnih mera za redukciju zagađenja. Slično kao i kod vode, najbolje strategije kojima se rešava problem zagađenja vazduha na prvom mestu podrazumevaju smanjenje količine emitovanih zagađujućih materija u otpadnim tokovima, na drugom mestu su promene procesa koji prouzrokuje zagađenje i na trećem mestu tretman otpadnih tokova.

Neke od izmena u proizvodnim procesima koje sprečavaju emisiju zagađujućih materija u vazduh podrazumevaju zamenu goriva, poboljšanje karakteristika ulaznih sirovina, izmenu ili poboljšanje procesa, reciklažu ili prevođenje u nusproizvode.

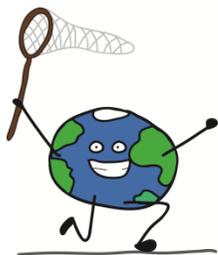
Sistemi za prečišćavanje otpadnih gasova se generalno mogu podeliti na:

- (1) sisteme za uklanjanje čestica i
- (2) sisteme za uklanjanje gasovitih supstanci.

Jedinične operacije za odvajanje gasovitih zagađujućih materija iz vazduha koje se primenjuju u najvećoj meri su:

- (1) kondenzacija,
- (2) adsorpcija,
- (3) apsorpcija,

- (4) membranska separacija i
- (5) biološke metode.



Jedinične operacije za odvajanje čestičnih zagađujućih materija (čvrstih i tečnih) iz struje vazduha:

- (1) dinamička separacija,
  - (2) vlažno prečišćavanje,
  - (3) elektrostatička separacija,
  - (4) tekstilni ili keramički filteri.
-

## Pitanja

1. Kako se zove sloj atmosfere neposredno uz Zemljinu površinu?
  - a. troposfera
  - b. mezosfera
  - c. stratosfera
  - d. tropopauza
2. Najveće koncentracije ozona su u:
  - a. stratosferi
  - b. troposferi
  - c. mezosferi
3. Koja sastavna komponenta Zemljine atmosfere štiti od UV zračenja?
  - a. kiseonik
  - b. ozon
  - c. helijum
4. Koji deo spektra Sunčevog zračenja je najštetniji za organizme na Zemlji?
  - a. infracrveno zračenje
  - b. zračenje vidljivog dela spektra
  - c. ultraljubičasto zračenje
5. Koja je hemijska oznaka ozona?
  - a. Oz
  - b.  $3O_2$
  - c.  $O_3$
6. Glavne komponente vazduha i približna i vrednost njihovih zapreminskih procenata su:
  - a. Azot (78%) i kiseonik (21%)
  - b. Azot (21%) i kiseonik (78%)
  - c. Azot (78%) i ugljenik(IV)-oksid (21%)
  - d. Ugljenik(IV)-oksid (78%) i kiseonik (21%)
7. Koliki je procentualni udeo kiseonika u Zemljinoj atmosferi?
  - a. 78%
  - b. 21%
  - c. 0,93%



8. Sa porastom nadmorske visine pritisak:
    - a. raste
    - b. opada
    - c. ne menja se
  
  9. U atmosferi su najzastupljenija sledeća dva gasa:
    - a. kiseonik i azot
    - b. kiseonik i hlor
    - c. azot i argon
    - d. kiseonik i argon
  
  10. Ozonski omotač, koji se prostire na udaljenosti od 15-60km od zemljine površine štiti žive organizme na zemlji od štetnog dejstva pre svega:
    - a. UV zračenja
    - b. olovnih oksida
    - c. duvanskog dima
  
  11. Koji su najveći izvori zagađenja vazduha?
    - a. sagorevanje u poljoprivredi
    - b. šumski požari
    - c. isparavanje razređivača
    - d. saobraćaj, sagorevanje goriva, industrijski procesi
  
  12. Globalno zagrevanje je posledica:
    - a. ozonskih rupa
    - b. naftnih mrlja
    - c. povećanja koncentracije  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  i  $\text{NO}_x$  u atmosferi
  
  13.  $\text{CH}_4$  je hemijska formula oznaka:
    - a. fosforne kiseline
    - b. metana
    - c. etanola
  
  14. CFC je skraćeni za veštački stvorenu hemikaliju koja utiče na smanjenje stratosferskog sloja ozona. To je:
    - a. hlorofluorougljovodonik
    - b. hlorokarbonat
    - c. ugljenikfluorohlorat
-

15. Oksidi kojih elemenata su odgovorni za nastanak kiselih kiša?
- Pb i Hg
  - Ag i Ca
  - S i N
  - C i P
16. U kom nizu se navode samo gasovi koji prouzrokuju „efekat staklene bašte“?
- Cl<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>
  - CO<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>
  - CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>
17. H<sub>2</sub>S je hemijska formula oznaka:
- fosforne kiseline
  - vodonik sulfida
  - sumporne kiseline
18. Efekat globalnog zagrevanja je posledica:
- dejstva kiselih kiša
  - efekta staklene bašte
  - oštećenja ozonskog omotača
19. Sagorevanje nafte i njenih derivata je okarakterisano emitovanjem prvenstveno sledećih gasova:
- SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO
  - H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>
  - F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>
20. Koja od navedenih ljudskih aktivnosti ne utiče na efekat staklene bašte?
- krčenje šuma
  - korišćenje termoelektrane na prirodni gas za proizvodnju energije
  - korišćenje solarne energije za zagrevanje vode
21. Koji od navedenih gasova je gas staklene bašte?
- helijum
  - kiseonik
  - azot
  - metan
-

22. Kisele kiše imaju vrednost pH:
- 1,5-5,5
  - 1,9-6
  - 4,2-7,6
23. Hemijska formula azot-dioksida je:
- NO
  - N<sub>2</sub>O
  - NO<sub>2</sub>
24. Koji od navedenih zagađujućih materija usled povećane emisije u atmosferu izazivaju efekat staklene bašte? Zaokruži tačan odgovor.
- O<sub>3</sub> i PM<sub>10</sub>
  - SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>
  - SO<sub>3</sub> i CO
  - CO<sub>2</sub> i CO
25. Sistemi za prečišćavanje otpadnih gasova se generalno mogu podeliti na:
- \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
-

### 3.3. Zemljište

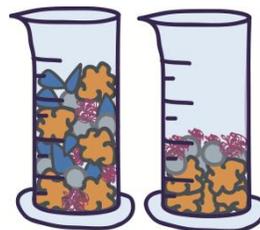
Zemljište ili tle predstavlja posebnu prirodnu tvorevinu koja obuhvata čvrst površinski sloj Zemlje, karakterističan za biosferu (slika 5). Nastaje kao rezultat dejstva klimatskih (naročito temperature, vode, vazdušnih strujanja i Zemljine teže) i drugih fizičkih faktora i živih organizama na geološku podlogu Zemlje (stene). Od živih organizama, u procesu stvaranja zemljišta svoju ulogu imaju kako biljne, tako i životinjske vrste. Ostaci uginulih organizama u različitim fazama mineralizacije i razgradnje ulaze u sastav zemljišta. Zemljište je veoma značajno za žive organizme i čoveka. Kao i vazduh i voda, i zemljište u osnovi spada u obnovljiva prirodna bogatstva. Međutim, usled neprekidnog zagađivanja i neracionalnog korišćenja, trebalo bi ga smatrati ograničenim resursom, odnosno neobnovljivim prirodnim bogatstvom.



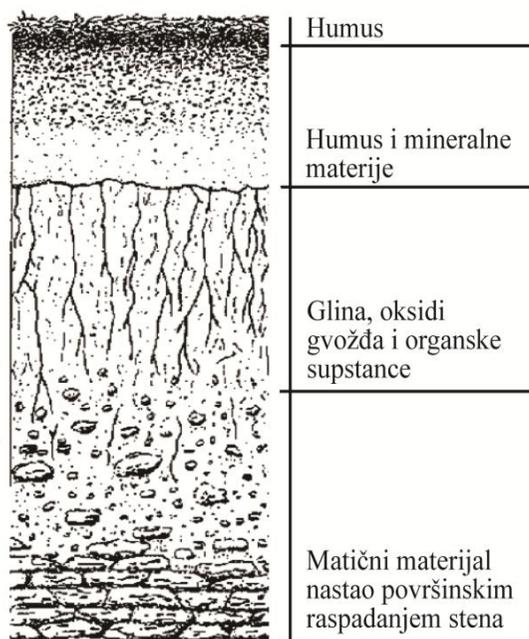
#### 3.3.1. Sastav i karakteristike zemljišta

Osnovni sastojci zemljišta su pesak, prašina i glina. *Pesak* se sastoji od zrna dimenzije 0,05 do 2,0 mm, te je veoma porozan, a po sastavu je najčešće kvarc. Zemljišta sa visokim sadržajem peska teško zadržavaju vodu i rastvorene soli. Čestice veličine 0,002 do 0,05 mm nazivaju se *prašina* i po sastavu mogu biti kvarc ili aluminosilikatni minerali. Na osnovu sadržaja peska, prašine i gline može se odrediti kom tipu zemljište pripada (glinovita zemljišta, peskovita, prašinsta ili kombinacija ovih osnovnih vrsta zemljišta). *Glina* predstavlja poluvezani sediment, nastao prenošenjem i taloženjem čestica raspadnutih stena u vodenoj sredini. Čestice gline su veličine  $<0,002$  mm u prečniku, a slojevi koji sadrže glinu nisu propusni za vodu. Količine i proporcije po kojima su u nekom zemljištu složene čestice osnovnih sastojaka zemljišta naziva se tekstura i predstavlja mehanički sastav i određuje vrstu zemljišta.

Zemljište je trofazni, polidisperzan i heterogeni sistem. Sastoji se iz tri faze: čvrste, tečne i gasovite. Čvrsta faza se sastoji iz dva dela - neorganski mineralni deo (feldspat, kvarc, kaolinit, montmorilonit, itd.) i organski deo, koji zajedno zauzimaju oko 50% ukupne zapremine zemljišta. Sve organske supstance u zemljištu predstavljaju humus. Pod uticajem bioloških faktora,



organska supstanca se transformiše; jedan deo se mineralizuje do  $\text{CO}_2$  i  $\text{NH}_3$ , a drugi deo podleže humifikaciji, tj. stvara se humus. Tečnu fazu čini voda, koja se nalazi u porama zemljišta, u kojoj su rastvorene supstance, tj. zemljišni rastvor. Voda se u zemljištu može nalaziti u sva tri agregatna stanja, a javlja se kao hemijski vezana voda u obliku pare, higroskopna voda, adsorbovana voda iz vazduha u obliku pare na površini čestica zemljišta, kopnena voda, kapilarna voda, gravitaciona i podzemna voda. Gasovitu fazu čini zemljišni vazduh, smeša gasova (79%  $\text{N}$ , 20,3%  $\text{O}_2$  i oko 0,15-0,65%  $\text{CO}_2$ ), koji zauzima pore koje nisu ispunjene vodom. Posebno se mora istaći da u sastav zemljišta ulaze i mikroelementi koji su vrlo značajni za održavanje živih organizama u zemljištu.



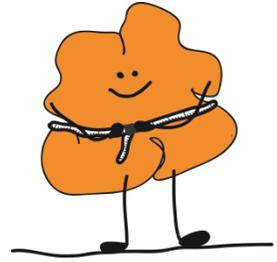
Slika 5.  
Slojevi zemljišta

Pored razlika u sastavu, zemljište se odlikuje i značajnim varijacijama u smislu fizičkih i hemijskih osobina. Pod uticajem različitih prirodnih i antropogenih faktora u životnoj sredini može doći do različitih promena fizičkih i hemijskih karakteristika zemljišta što značajno utiče na načine i mogućnosti njihovog korišćenja.

**Fizičke karakteristike.** Najznačajnije fizičke karakteristike zemljišta su:

- (1) granulometrijski sastav – pokazatelj postojanja i zastu-

pljenosti čestica različitih veličina u zemljištu. Prema veličini, čestice se dele na glinovite ( $<0,002$  mm), prašnaste (0,002-0,05 mm), peskovite (0,05-2 mm) i šljunkovite (2-60 mm). Granulometrijski sastav se određuje granulometrijskom analizom, tj. mehaničkim razdvajanjem i odvajanjem čestica različitim metodama (sejanjem kroz komplet sita, sedimentacija iz vodene suspenzije i dr.), a rezultat se ispostavlja kao procentualna zastupljenost određene frakcije u ukupnom materijalu.



- (2) struktura zemljišta – je prostorni raspored i uzajamni odnos čvrstih čestica koje izgrađuju zemljište. Prema strukturi, zemljišta se dele na:
  - a. nevezana ili nekoherentna;
  - b. vezana ili koherentna i
  - c. agregatna struktura koja se dalje deli na sferoidni, listasti, prizmatični i stubasti i poliedrični agregat.
- (3) specifična gustina i zapreminska gustina – specifična gustina je gustina čvrstih čestica zemljišta izražena u  $\text{g/cm}^3$ . Gustina mineralnog dela zemljišta obično varira u opsegu 2,6–2,8  $\text{g/cm}^3$ , dok je gustina organskog dela zemljišta znatno manja, oko 1,2-1,7  $\text{g/cm}^3$ . Stoga se, porastom sadržaja organskih supstanci u zemljištu, smanjuje specifična gustina. Zapreminska gustina je gustina jedinične zapremine zemljišta, koja obuhvata zajedno čestice i pore između čestica. Zavisi od specifične gustine čvrstih čestica i zapremine pora u zemljištu. Stoga je zapreminska gustina manja od specifične gustine zemljišta.
- (4) poroznost – veličina kojom se označava sadržaj pora u steni ili zemljištu, odnosno ukupna količina prostora koja nije ispunjena čvrstim česticama. Poroznost zemljišta zavisi od strukture i teksture zemljišta, kao i od količine organskih supstanci. Prema procentu poroznosti zemljišta se dele na sledeće klase:
  - a. vrlo porozna ( $>60\%$ ),
  - b. porozna (45-60%),
  - c. slabo porozna (30-45%) i
  - d. vrlo slabo porozna ( $<30\%$ ).
- (5) konzistencija zemljišta – odraz delovanja fizičkih sila kohezije i adhezije unutar zemljišta pri različitom sadržaju vode.

**Hemijske karakteristike.** Najvažnije hemijske karakteristike zemljišta su:

- (1) hemijski sastav – u hemijskom sastavu zemljišta pojavljuju se brojni hemijski elementi, ali je samo mali broj zastupljen u značajnijim koncentracijama. Stoga se prisutni elementi dele na
  - a. mikroelemente (koncentracije elemenata ispod 0,1%) i
  - b. makroelemente (koncentracije elemenata iznad 0,1%).

Za kvalitet zemljišta je posebno značajno postojanje onih komponenti koje imaju fiziološku ulogu. Ovo važi kako za makroelemente, tako i za mikroelemente. U odnosu na fiziološke procese, elementi koji se nalaze u zemljištu mogu da se podele na sledeće grupe:

- a. bioesencijalni elementi, koji su neophodni za rast i razvoj biljaka;
  - b. štetni ili toksični elementi, koji imaju negativno dejstvo na rast i razvoj biljaka i
  - c. inertni elementi.
- (2) kiselo-bazna reakcija (pH) – je određena koncentracijom  $H^+$  jona u rastvoru, odnosno veličinom pH rastvora. Vrednost pH zemljišta se najčešće kreće u opsegu od 4-8,5. Važna osobina zemljišta vezana za kiselinsko-baznu reakciju jeste pufernost zemljišta. Pufernost je sposobnost zemljišta da ometa promene reakcije zemljišnog rastvora pri unošenju kiseline ili baze, kao i pri promeni vlažnosti.



- (3) redoks potencijal (Eh) – predstavlja sposobnost neke sredine da vrši oksidaciono-redukcione reakcije. Redoks potencijal neke sredine zavisi od koncentracije supstanci koje mogu da prime elektrone i supstanci koje mogu da otpuste elektrone. Na Eh u zemljištu utiču i pH vrednost, vodno-vazdušni režim, sezonske oscilacije nivoa podzemnih voda i drugi faktori.
- (4) adsorpcija i kapaciteti katjonske izmene (KKI) i anjonske izmene (KAI) – Čestice gline i mineralnih i organskih koloida odlikuju se sposobnošću adsorbovanja jona i neutralnih molekula i jedinjenja. Adsorbovani joni pri nekim promenama fizičko-hemijskih uslova u sistemu koloid-rastvor mogu da budu ponovo vraćeni u rastvor i zamenjeni drugim jonima. Ukupno negativno naelektrisanje koje može da

veže katjone naziva se kapacitet katjonske izmene, a ukupno pozitivno naelektrisanje koje može da veže anjone naziva se kapacitet anjonske izmene.

### 3.3.2. Degradacija i zagađivanje zemljišta

Zemljište je kao deo prirodne sredine izloženo dejstvu različitih prirodnih faktora i procesa (padavine, erozija, biološki procesi, itd.) kao i dejstvu antropogenih faktora (poljoprivreda, industrijsko zagađenje, pesticidi, mineralna đubriva, itd.). Svi ovi uticaji, pojedinačni ili zajednički, mogu da dovedu do manjih ili većih promena fizičkih, hemijskih, mineraloških i bioloških faktora. Vrsta i stepen promene zavisiće od niza faktora: tipa i karakteristika zemljišta, lokalnih uslova, vrste i intenziteta procesa. Generalno, svako pogoršanje kvaliteta zemljišta se naziva *degradacija zemljišta*. Proces koji dovode do degradacije zemljišta mogu se svrstati u tri grupe:



#### Fizički procesi

1. promene u strukturi zemljišta,
2. obrazovanje čvrste kore na površini,
3. kompakcija zemljišta,
4. erozija i
5. smanjenje količine vazduha u zemljištu

#### Hemijski procesi

1. acidifikacija,
2. salinizacija,
3. smanjenje KKI,
4. ispiranje korisnih komponenti,
5. volatalizacija i
6. narušavanje balansa hranljivih supstanci

#### Biološki procesi

1. smanjenje biodiverziteta i
2. smanjenje količine organskog ugljenika

Procesi degradacije zemljišta zavise od niza faktora koji se mogu svrstati u četiri grupe:

#### Zemljišni faktori - osobine zemljišta

1. fizičke,
2. hemijske,
3. biološke i
4. zonalnost i sastav matičnog materijala

#### Klimatski faktori

1. atmosferske padavine,
2. sezonske varijacije i
3. temperatura

#### Reljef

1. nagib terena,
2. ocedljivost i
3. erozija

#### Vegetacija

1. biomasa,
2. biodiverzitet i
3. plodored-u poljoprivredi

Zagađenje zemljišta postoji kada zemljište sadrži neku zagađujuću supstancu u količini iznad maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) za tu supstancu. Ove vrednosti variraju i zavise kako od prirode supstance tako i od načina korišćenja zemljišta i propisuju se različitim zakonskim aktima – pravilnicima o kvalitetu zemljišta. Ako je koncentracija neke supstance u ispitivanom zemljištu veća od MDK, zemljište je zagađeno. Ako je pak koncentracija te supstance u ispitivanom zemljištu manja od MDK, tada se smatra da zemljište nije zagađeno.

### **Prirodni izvori zagađivanja zemljišta, pojam i vrste.**

Prirodni izvori zagađivanja zemljišta su svi izvori zagađivanja nastali prirodnim procesima. Najvažniji prirodni izvori su nalazišta ruda i druge specifične tvorevine (rudne pojave neekonomične za eksploataciju) i stene specifičnog sastava (povećanje sadržine zagađujućih supstanci). Takođe, prirodni izvori degradacije i zagađivanja zemljišta su i vulkani, zemljotresi, klizišta, šumski požari, oluje i peščane oluje. Prirodni izvori zagađivanja i degradacije zemljišta, prema veličini područja uticaja mogu da imaju lokalni ili regionalni značaj, a prema rasporedu izvora zagađivanja dele se na:

- (1) tačkaste izvore – nalazišta ruda i minerala mineralizacija, kao i stene specifičnog sastava kontaminiraju zemljište metalima i metaloidima kao što su As, Ag, Bi, Cd, Co, Cu, itd.
- (2) rasute izvore zagađivanja –
  - a. vulkani (prilikom erupcije izbacuju lavu koja dovodi do teške degradacije zemljišta ali i vulkanske gasove ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , itd) koji nakon određenog vremena i transporta kroz atmosferu padaju na zemlju;
  - b. šumski požari (koji za direktnu posledicu imaju uništavanje biljnog i životinjskog sveta, ali i stvaranje većih količina čvrstih i gasovitih produkata sagorevanja koji zagađuju vazduh, a preko vazduha i zemljište);
  - c. oluje i peščane oluje (u toku oluja, velike količine sitnih mineralnih čestica sa tla peščara, stepskih i pustinjskih terena se vazдушnim strujama transportuju do različitih rastojanja na kojima zagađuju zemljište);



- d. erozije (dovode do fizičkog propadanja zemljišta, ali izazivaju i ispiranje nutrijenata i njihovo prenošenje u površinske tokove, što dovodi do eutrofikacije vodnih tela. Smanjena plodnost zemljišta zahteva veću primenu mineralnih đubriva čiji se deo ispira u podzemne i površinske vode i na taj način ih zagađuje);
- e. poplave (često trajno oštećuju zemljište, odnoseći manji ili veći deo površinskog sloja zemljišta).

### **Antropogeni izvori zagađivanja zemljišta, pojam i vrste.**

Veliki uticaj na životnu sredinu ima čovek i njegove aktivnosti. Antropogena dejstva mogu da dovedu do degradacije zemljišta, menjajući u manjoj ili većoj meri njegove fizičke, biološke ili hemijske osobine. Pored direktnih uticaja na životnu sredinu, mogu se javiti i brojni indirektni uticaji. Prema tipičnoj klasifikaciji rasporeda izvora zagađivanja, postoje koncentrisani i rasuti izvori. Koncentrisani su naselja, industrijski objekti, rudnici, farme, energetske objekti, uređene deponije; a u rasute izvore ubrajaju se atmosferske padavine, primena hemijskih sredstava u poljoprivredi, saobraćaj, neuređene deponije i slično. Glavne antropogene opasnosti i rizici za zemljište se mogu svrstati u sledeće grupe:

- (1) zagađivanje (kontaminacija),
- (2) smanjenje sadržaja organskih supstancija,
- (3) kompakcija,
- (4) urbanizacija/industrijalizacija,
- (5) gubitak biodiverziteta,
- (6) erozija potpomognuta antropogenim dejstvom i
- (7) formiranje klizišta potpomognuto antropogenim dejstvom.



### **3.3.3. Vrste zagađujućih materija u zemljištu**

#### **❖ Zagađivanje neorganskim materijama.**

Kada je prisutna u višku, neorganska materija menja sastav zemljišta. Ona utiče na prirodne hemijske reakcije i ravnotežu ekosistema. Posledice zagađenja zavise od vrste, količine i prodora materije u zemljište i vodu, kao i kojim se putem ono širi. Ako neorganske materije prodru u podzemne vode, zagađenje se širi kroz zemljište. Ipak, najčešće su zagađeni površinski slojevi zemljišta i to najčešće komunalnim

ili industrijskim otpadom.

#### ❖ **Zagađivanje organskim materijama.**

Ukoliko ne postoji izgrađena komunalna infrastruktura za dispoziciju otpadnih materija, zemljište je opterećeno komunalnim otpadom. Ono može biti zagađeno i otpadom pojedinih industrijskih grana (petrohemija, tekstilna, prehrambena, drvno-prerađivačka, industrija kože, itd.) kao i naftom, derivatima ulja i mazivima. Naročito postoji velika opasnost od zagađenja podzemnih voda i vodotoka, koje se nalaze u okolini.



#### ❖ **Zagađivanje radioaktivnim otpadom.**

Zemljište je zagađeno prirodnim fonom zračenja (prirodna radioaktivnost) i veštačkom radioaktivnošću. Po poreklu iz dubokih geoloških slojeva, prirodna radioaktivnost dospeva, putem podzemnih voda ili pukotina (gas radon), do površine Zemlje. Veštačka radioaktivnost zemljišta nastaje odlaganjem industrijskog, vojnog i radioaktivnog otpada. Ono potiče iz naučno-istraživačkih institucija i zdravstvenih ustanova. Prekomerno radioaktivno zagađenje nastaje usled havarija nuklearnih energetske postrojenja ili korišćenja nuklearnog oružja u ratnim sukobima. Samoprečišćavanje zemljišta od radiološkog zagađenja je veoma malo i direktno zavisi od vremena poluraspada radionuklida. Zadržavanje radioaktivnog otpada u nepropusnom sloju zemljišta (kompaktne gline) daleko je prihvatljivije od njegovog rastvaranja i uključivanja u lanac ishrane.

#### ❖ **Zagađivanje fekalnim otpadom.**

U naseljenim mestima, gde nema kanalizacije, smetlišta i deponije, zemljište je zagađeno fekalnim masama. Infektivni materijal i izlučevine izazivaju mikrobiološko zagađenje tla. Ako je zaraženo patogenim mikroorganizmima ili njihovim sporama, zemljište je opasno po zdravlje. Kada dospeju u rane, spore iz zemljišta izazivaju tetanus, gasnu gangrenu i antraks. U prašini zaraženog zemljišta mogu se naći i prouzrokovajući plućne tuberkuloze i botulizma. Uzročnici trbušnog tifusa mogu se naći u vlažnom zemljištu (koji mogu da žive i do 5,5 meseci) i kolere. Zemljište često sadrži i brojne saprofite. Kafilerijski i poljoprivredni otpad, koji sadrži delove životinjskog tkiva, takođe je izvor zaraza. One se prenose od bolesnih životinja na ljude. Stoga se u zemljištu mogu naći

mikrobiološki agensi koji su uzročnici tifusa, paratifusa, dizenterije, kolere, tularemije, leptospiroze, tetanusa, antraksa i gasne gangrene, kao i larve askarisa, trihocefalusa i ankilostome. Na vlažnim terenima razvijaju se komarci, koji su prenosioci plazmodijuma, i drugi insekti, vektori transmisivnih oboljenja. U zavisnosti od uslova, koji vladaju u zemljištu, vreme prisustva patogenih mikroorganizama u zemljištu je različito. Zemljište kisele reakcije, sa velikom količinom vlage i niskom temperaturom, predstavlja pogodnu sredinu. Najduže se zadržavaju patogene, sporulentne bakterije. One izazivaju tetanus i botulizam, a poreklom su iz digestivnog trakta životinja. U sredini sa puno organskog otpada i malo kiseonika, ostaju virulentne i preko 15 godina, kao izazivači crevnih infekcija, sa velikim epidemiološkim značajem, dok salmonela i šigela ostaju u zemljištu svega nekoliko meseci. Bakterije ne opstaju na samim površinskim slojevima zemljišta, jer ne vladaju povoljni uslovi za njih. Naime, dejstvo ultravioletnog zračenja i brzina isparavanja utiču na bakterije. Već na dubini 10-50 cm broj bakterija može biti od 100000 po gramu nezagađene zemlje do nekoliko milijardi u gramu zagađene zemlje. Bakterije potpuno iščezavaju na dubini od 5-10 m.

#### ❖ Zagađivanje teškim metalima.

Zemljište urbanih i industrijskih regiona sadrži povećane količine teških metala. Glavni izvor su matične stene, koje se nalaze u dubini. Čovek ne može da utiče na taj izvor zagađenja zemljišta. Sa druge strane rudarstvo i industrija prerade crnih i obojenih metala (sa tečnim i čvrstim otpadom i aerorozagađenjem) vrše ogroman pritisak na sastav zemljišta. Saobraćaj i komunalni otpad predstavljaju izvor teških metala (olovo, gvožđe, cink, nikl, kadmijum, itd.) i u značajnoj meri utiču na zagađivanje zemljišta. Pesticidi i mineralna đubriva (čak i prirodno stajsko đubrivo može da sadrži puno bakra i arsena) predstavljaju izvore zagađenja poljoprivrednog zemljišta teškim metalima i metaloidima. Zagađeni vazduh i zagađenost voda za navodnjavanje teškim metalima dodatno kontaminiraju zemljište. Kod nas se 75% agrarnih površina nalazi pod rizikom od kontaminacije. Sve to predstavlja veliki rizik za trovanje ljudi i domaćih životinja putem hrane.



### 3.3.4. Posledice zagađivanja zemljišta



Zemljište predstavlja treću bitnu komponentu životne sredine. Pored toga što na njemu žive kopnene životinje i čovek, zemljište potpomaze mnoge oblike života, od kojih su možda najznačajnije biljke. Takođe, zemljište učestvuje u kruženju ugljenika, azota, fosfora i sumpora u životnoj sredini. Najznačajnije karakteristike zagađujućih supstanci koje se mogu naći u zemljištu, sa aspekta uticaja na životnu sredinu i živi svet su: njihova postojanost (perzistentnost), bioakumulativnost, toksičnost (PBT) i biouvećanje (biomagnifikacija).

Dakle, veliki broj zagađujućih supstanci se može naći u zemljištu, a posledice mogu biti odmah vidljive (kao kod kiselih kiša, kada se oštećuju nadzemni delovi biljaka) ili vidljive tek nakon nekoliko godina. Posledice kiselih kiša su oštećenje korenovog sistema, povećana pokretljivost metala, smanjenje biomase, nekroza tkiva listova, oštećenje krošnje, izluživanje nutrijenata, inhibicija mikroorganizama iz zemljišta, smanjenje plodnosti zemljišta. Upotreba mineralnih đubriva i pesticida može uticati na sadržaj nutrijenata u zemljištu, ali može imati i toksično dejstvo na životinje, biljke i ljude. Takođe, na degradaciju zemljišta utiču i deponije, razne vrste ulja i nafte, a efekti su vidljivi kroz uticaj na zemljišne organizme, populaciju i zajednice, kao i na kopnene ekosisteme i ljude.

### 3.3.5. Zaštita zemljišta od zagađivanja i remedijacija zagađenog zemljišta

Zaštita zemljišta od zagađivanja se može postići kroz nekoliko koraka:

- (1) preventivne mere – kultura življenja, obrazovanje i edukacija;
- (2) pravilna urbanizacija i uređenje životne sredine;
- (3) pravilno uređenje i korišćenje poljoprivrednog zemljišta;
- (4) sprečavanje zagađivanja vazduha i vode;
- (5) ispitivanje kvaliteta površinskih i podzemnih voda za potrebe navodnjavanja i uticaja na fizička i hemijska svojstva zemljišta;

- (6) proizvodni procesi sa minimalnom količinom otpadaka;
- (7) korišćenje otpadnih zagađujućih materijala kao resursa za novu proizvodnju;
- (8) obrada i pravilno deponovanje čvrstih otpadaka iz naselja;
- (9) poboljšanje tehnologija i procesa proizvodnje u cilju zaštite zemljišta od zagađivanja, prečišćavanje industrijskih otpadnih voda i obrada mulja i
- (10) pravilno odlaganje opasnog otpada.

### 3.3.6. Remedijacija zemljišta

Intenzivna urbanizacija, razvoj industrije, saobraćaj i poljoprivredne delatnosti dovode do prekomernog zagađivanja životne sredine, uključujući i zemljište. Opterećenje površinskih slojeva zemljišta velikim količinama otpadnih materija koje se ne mogu razgraditi procesima samoprečišćavanja dovodi do degradacije zemljišta i poremećaja normalnih procesa u njemu, sa negativnim posledicama po ekosistem i zdravlje ljudi. Kada je zemljište zagađeno do te mere da predstavlja opasnost po životnu sredinu moguće je preduzeti nekoliko mera: zemljište se ostavlja na datoj lokaciji uz ograničavanje njegove namene; može biti iskopano i odloženo na deponiju; može biti prekriveno plastičnom folijom preko koje se nanosi sloj nekontaminiranog zemljišta ili se može vršiti remedijacija.

Remedijacija je proces prečišćavanja kontaminiranog zemljišta i može se izvršiti na samoj lokaciji (*in situ*) ili iskopati zemljište i tretirati na drugoj, za to predviđenoj lokaciji (*ex situ*). Cilj remedijacionog procesa je da se spreči širenje zagađenja zbog prodiranja u podzemnu vodu, ulaženja opasnih materija u lanac ishrane i slično. Koja varijanta čišćenja će se primeniti zavisi od vrste zagađenja, prirode terena i dr. Sa aspekta remedijacije najznačajnije karakteristike zemljišta su:

- (1) veličina čestica,
- (2) homogenost zemljišta,
- (3) gustina i propustljivost zemljišta,
- (4) sadržaj vlage,
- (5) pH vrednost materijala koji se tretira,
- (6) oksidoredukcioni potencijal,
- (7) sadržaj huminskih materija i ukupnog organskog



- ugljenika,  
 (8) dostupnost akceptora elektrona (ako se radi o bioremedijaciji) i  
 (9) vrednosti HPK i BPK.

Podela remedijacionih tehnika:

(1) bioremedijacija

- a. *Bioremedijacija* predstavlja skup postupaka za remedijaciju uz primenu bioloških agenasa. U užem smislu pod bioremedijacijom se smatra remedijacija uz pomoć mikroorganizama, a u širem smislu uz pomoć biljaka (fitoremedijacija).
- b. *Bioaugmentacija* je dodavanje kulture mikroorganizama koja je stvorena za degradaciju specifične zagađujuće supstance na kontaminirano zemljište.
- c. *Bioventilacija* je proces injektiranja vazduha u kontaminiranu sredinu, pri optimalnoj brzini, da se maksimizira *in situ* biodegradacija i minimizira ili eliminiše emisija isparljivih zagađujućih supstanci u atmosferu. *Ubrzana bioventilacija* podrazumeva upotrebu vodenih rastvora u cilju stimulacije prisutnih mikroorganizama
- d. *Bionaslage (biogomile)*. Ovaj tretman uključuje nasipanje zagađenog zemljišta i stimulisanje aerobne mikro-biološke razgradnje aeracijom, dodavanjem hranljivih supstanci i podešavanjem vlage.
- e. *Kompostiranje* je kontrolisan biološki proces kojim se organske zagađujuće materije prevode, pod dejstvom mikroorganizama, do neškodljivih biostabilnih proizvoda uz dodatak slame, sličnog poljoprivrednog otpada koji poboljšava aeraciju i vlažnost zemljišta.
- f. „*Landfarming*” je nadzemna tehnika remedijacije kojom se redukuje koncentracija zagađujućih materija (npr. ugljovodonika, pesticida), kroz stimulaciju bioremedijacije površinskom obradom zemljišta
- g. *Biomulj* je *ex situ* tehnika kojom se može tretirati iskopano zagađeno zemljište u strogo kontrolisanim bioreaktorima uz dodatak vode, aditiva i mikroorganizama.



## (2) fizičko-hemijska obrada zagađenog zemljišta.

Kod fizičko-hemijske obrade koriste se odgovarajuće osobine zagađujućih materija ili medijuma da se:

- a. razori ili hemijskim procesima prevede u manje štetno jedinjenje;
- b. izdvoji ili
- c. fiksira.

Fizičko-hemijske *in situ* metode kojima se vrši remedijacija zemljišta su

- a. elektrokinetička separacija;
- b. ispiranje zemljišta;
- c. ekstrakcija isparenja iz zemljišta i
- d. solidifikacija/stabilizacija.



Fizičko-hemijske *ex situ* metode koje se najčešće primenjuju su:

- a. hemijska ekstrakcija;
- b. hemijska redukcija/oksidacija;
- c. dehalogenizacija;
- d. separacija;
- e. pranje zemljišta i
- f. solidifikacija/stabilizacija.

## (3) termička obrada.

Termička obrada može da se vrši *in situ* i *ex situ*. Od *in situ* tehnika najčešće se koristi metoda termičkog pospešivanja ekstrakcije gasova i para iz zemljišta. Ipak, češće se koriste *ex situ* tehnike. Kod termičkih *ex situ* procesa obrade koriste se toplota da se poveća isparljivost, vrši se spaljivanje, razlaganje, detoniranje ili topljenje zagađujuće supstance.

Termičke *ex situ* tehnike se mogu podeliti na:

- a. dekontaminaciju vrelin gasom;
- b. spaljivanje;
- c. sagorevanje/detonacija na otvorenom;
- d. piroliza i
- e. termička desorpcija.



#### Činjenice o zemljištu

- Zemljište je živi sistem
- Jedan gram zdrave zemlje sadrži milione organizama , uključujući gljivice , valjkaste crve, grinje, insekte, bakterije i aktinomicete
- Zemljište je izazov za istraživanje: identifikovano je samo oko 1% mikroorganizama u tlu
- Naučnici tvrde da u zemljištu ima više ugljenika nego u atmosferi i svim biljkama zajedno
- Neadekvatno upravljanje zemljištem doprinelo je klimatskim promjenama
- Organizacija Ujedinjenih nacija za hranu i poljoprivredu (FAO) procenjuje da je 33% zemljišta umereno do visoko degradirano kroz eroziju, salinizaciju, zbijanje, zakišeljavanje, hemijsko zagađenje i iscrpljivanje nutrijenata i kao takvo utiče na mogućnost proizvodnje hrane

Izvor: FAO: *Agroecology to reverse soil degradation and achieve food security*, 2015

## Pitanja

1. Koji su osnovni sastojci zemljišta?
  - a. šljunak, huminska materija, pesak
  - b. pesak, prašina i glina
2. U fizičke karakteristike zemljišta spadaju (zaokruži slova ispred tačnih odgovora):
  - a. poroznost
  - b. kiselo-bazna reakcija
  - c. redoks potencijal
  - d. specifična gustina
3. Granulometrijski sastav je:
  - a. uzajamni odnos čvrstih čestica koje izgrađuju zemljište
  - b. zastupljenosti čestica različitih veličina u zemljištu
  - c. zastupljenost peska u analiziranom zemljištu
4. Prema procentu poroznosti zemljišta se dele na sledeće klase:
  - a. vrlo porozna (>60%), porozna (45-60%), slabo porozna (30-45%) i vrlo slabo porozna (<30%).
  - b. vrlo porozna (<30%), porozna (30-45%) i vrlo slabo porozna (>60%)
5. U hemijske karakteristike zemljišta spadaju (zaokruži slova ispred tačnih odgovora):
  - a. adsorpcija i kapaciteti katjonske izmene
  - b. redoks potencijal
  - c. granulometrijski sastav
  - d. poroznost
6. Degradacija zemljišta je:
  - a. svako poboljšanje kvaliteta zemljišta
  - b. korišćenje zemljišta u poljoprivredne svrhe
  - c. svako pogoršanje kvaliteta zemljišta



7. Procesi koji dovode do degradacije zemljišta mogu se svrstati u tri grupe: fizičke, hemijske i biološke. Ispod datog procesa upisati kojoj grupi pripada.
- a. erozija
  - b. salinizacija
  - c. narušavanje balansa hranljivih supstanci
  - d. smanjenje biodiverziteta
  - e. smanjenje količine vazduha u zemljištu
8. Skraćenica MDK za zagađujuće supstance označava:
- a. minimalno dozvoljenu koncentraciju zagađujuće supstance
  - b. maksimalno dozvoljenu koncentraciju zagađujuće supstance
  - c. da zagađujuća supstanca može da se koristi
9. U rasute prirodne izvore zagađivanja zemljišta spadaju (zaokruži slova ispred tačnih odgovora):
- a. nalazišta ruda
  - b. vulkani
  - c. mineralizacija
  - d. erozije
10. Neke od glavnih antropogenih opasnosti i rizika za zemljište su:
- a. gubitak biodiverziteta
  - b. erozija
  - c. klizišta
  - d. sve navedeno
11. Cilj remedijacije je:
- a. da se potpomogne širenje zagađenja prodiranjem u podzemnu vodu, i ulazak opasnih materija u lanac ishrane
  - b. da se spreči širenje zagađenja zbog prodiranja u podzemnu vodu, ulaženja opasnih materija u lanac ishrane
  - c. da se obradi zemljište
-

12. Bioremedijacija je:
- skup postupaka za remedijaciju uz primenu mikroorganizama
  - skup postupaka za obradu zemljišta primenom bioloških agenasa
  - skup postupaka za remedijaciju uz primenu bagera i mašina
13. Ispod definicije napisati koja je bioremedijaciona tehnika u pitanju:
- remedijacija upotrebom biljaka  
\_\_\_\_\_
  - remedijacija dodavanjem mikroorganizama  
\_\_\_\_\_
  - remedijacija injektovanjem vazduha u kontaminiranu sredinu  
\_\_\_\_\_
  - nasipanje zagađenog zemljišta i stimulisanje aerobne mikrobiološke razgradnje aeracijom, dodavanjem hranljivih supstanci i podešavanjem vlage  
\_\_\_\_\_
14. U fizičko-hemijske *in situ* metode spada:
- dehalogenizacija
  - separacija
  - elektrokinetička separacija
15. U *ex situ* termičku obradu zemljišta spada:
- ispiranje zemljišta
  - piroliza
  - solidifikacija/stabilizacija
16. Zaštita zemljišta od zagađivanja se može postići sprečavanjem zagađivanja vazduha i vode:
- tačno
  - netačno
-

## 4. Ostali oblici zagađivanja životne sredine

### 4.1. Otpad



Otpad je svaki materijal nastao i izdvojen kao posledica raznih aktivnosti, a odbacuje se kao nekoristan ili nepoželjan. Ukoliko se ovi materijali mogu neposredno ili uz odgovarajuću doradu i preradu upotrebljavati kao sirovine ili kao poluproizvodi, označavaju se kao reciklabilni otpad.

#### 4.1.1. Vrste otpada

Vrste otpada su (tabela 2):

- (1) komunalni otpad (otpad iz domaćinstva);
- (2) komercijalni otpad i
- (3) industrijski otpad.

*Komunalni otpad* je otpad iz domaćinstava (kućni otpad), kao i drugi otpad koji je zbog svoje prirode ili sastava sličan otpadu iz domaćinstva (biorazgradivi i baštenski otpad, staklo, plastika, boce od spreja, kućna hemija, fluorescentne cevi, razređivači i boje, ulja, baterije, otpad nastao na javnim površinama i u lokalima, restoranima, školama i vrtićima i dr). Deo komunalnog otpada koji ne spada u opasan je organskog porekla i u potpunosti se razgrađuje u aerobnim ili anaerobnim uslovima, jeste biorazgradivi otpad.



*Komercijalni otpad* je otpad koji nastaje u privrednim subjektima, institucijama i drugim organizacijama, koje se u celini ili delimično bave trgovinom, uslugama, kancelarijskim poslovima, sportom, rekreacijom ili zabavom.

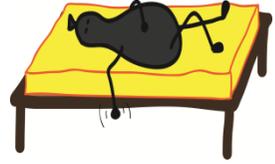
*Industrijski otpad* je otpad iz bilo koje industrije ili sa lokacije na kojoj se nalazi industrija, osim jalovine i pratećih mineralnih sirovina iz rudnika i kamenoloma.

U zavisnosti od opasnih karakteristika koje utiču na zdravlje ljudi i životnu sredinu, otpad može biti:

- (1) neopasan - to je otpad koji, zbog svoje količine, koncentracije ili fizičke, hemijske i biološke prirode, za razliku od opasnog otpada, ne ugrožava zdravlje ljudi

ili životnu sredinu i nema karakteristike opasnog otpada,

- (2) inertan - to je otpad koji nije podložan bilo kojim fizičkim, hemijskim ili biološkim promenama, ne rastvara se, ne sagoreva ili na drugi način fizički ili hemijski ne reaguje i nije biološki razgradiv. Takođe, ne utiče nepovoljno na druge materije sa kojima dolazi u kontakt na način koji može da dovede do zagađenja životne sredine ili ugrozi zdravlje ljudi. Inertan otpad ne poseduje nijednu od karakteristika opasnog otpada kao što su akutna ili hronična toksičnost, infektivnost, kancerogenost, radioaktivnost, zapaljivost, eksplozivnost i
- (3) opasan - to je svaki otpad koji ima jednu ili više karakteristika koje prouzrokuju opasnost po zdravlje ljudi i životnu sredinu (eksplozivnost, zapaljivost, sklonost oksidaciji, akutna toksičnost, infektivnost, sklonost koroziji, u kontaktu sa vazduhom oslobađa zapaljive gasove, u kontaktu sa vazduhom ili vodom oslobađa otrovne supstance, sadrži toksične supstance sa odloženim hroničnim delovanjem, kao i ekotoksične karakteristike), uključujući i ambalažu u kojoj je opasan otpad bio ili jeste upakovan.



Otpad se, prema Katalogu otpada, razvrstava u dvadeset grupa u zavisnosti od mesta nastanka i porekla. Katalog otpada se nalazi u okviru srpskog Pravilnika o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada i koristi se za klasifikaciju svih vrsta otpada, uključujući i opasan otpad. Katalog otpada je potpuno usaglašen sa katalogom otpada Evropske unije, koji je urađen da stvori jasan sistem za klasifikaciju otpada unutar Evropske unije. Katalog stvara osnovu za sve nacionalne i međunarodne obaveze izveštavanja o otpadu, kao što su obaveze vezane za dozvole za upravljanje otpadom, nacionalne baze podataka o otpadu i transport otpada.

Tabela 2.  
Izvori i vrste  
čvrstog otpada u  
naseljima

<b>Kategorija otpada (po poreklu, odnosno izvoru nastajanja)</b>	<b>Ustanove, aktivnosti ili lokacije nastajanja otpada</b>	<b>Vrsta otpada</b>
Stambeni otpad	Porodične kuće i stambene zgrade	Papir, karton, tekstil, drvo, staklo, aluminijum, stambeni opasan otpad, specijalni otpad (elektronika, ulja, gume)
Komercijalni otpad	Prodavnice, pijace, restorani	Papir, karton, staklo, metal, specijalni otpad, opasan otpad
Otpad iz ustanova (institucionalni otpad)	Škole, bolnice, zatvori	Uglavnom kao komercijalni
Građevinski otpad	Gradilišta, popravka puteva i trotoara, rušenje zgrada	Drvo, čelik, beton, prašina i dr
Javni komunalni otpad	Čišćenje ulica, uređivanje zelenih površina, parkova	Otpaci od čišćenja ulica, lišće, granje, otpad iz parkova, sa plaža
Različita postrojenja za obradu	Postrojenja za obradu komunalnih i industrijskih voda	Otpad u najvećoj meri čini izdvojeni mulj
Komunalni čvrsti otpad	Sve gore navedeno	Sve gore navedeno
Industrijski otpad	Fabrike, industrijski procesi, rafinerije, elektrane, hemijska industrija	Otpad iz industrijskih procesa, metalni otpaci, strugotina, krš, otpad iz industrijske prerade hrane, specijalni otpad i opasan otpad
Poljoprivredni otpad	Obrada njiva, vinograda, voćnjaka, farmi	Ostaci od rezanja voća, vinove loze, opalo lišće, korov, stajnjak, opasan otpad

### 4.1.2. Fizičke, hemijske i biološke karakteristike čvrstog otpada

Klasifikacija čvrstog otpada se može vršiti na više načina.

Otpad se može podeliti na:

- (1) organsku i neorgansku frakciju;
- (2) vlažnu i suhu frakciju;
- (3) sagorivu i nesagorivu frakciju i
- (4) materijale koji se mogu reciklirati i one koji se ne recikliraju.

U fizičke osobine čvrstog otpada spadaju:

- (1) gustina,
- (2) količina vlage,
- (3) veličina čestica i njihova raspodela po veličini,
- (4) maksimalni kapacitet otpada za zadržavanje vode i
- (5) poroznost sabijenog (kompaktiranog) otpada.

Kako bi se odabrala najpogodnija metoda obrade otpada, potrebno je poznavati, pored fizičkih, i njegove hemijske i biološke osobine. U okviru hemijskih parametara prate se:

- (1) vlaga,
- (2) toplotna moć i sadržaj pepela,
- (3) može se vršiti i elementarna analiza (određivanje količine ugljenika, kiseonika, vodonika, azota, sumpora i pepela, koji se izražavaju u procentima) i
- (4) količina halogenih elemenata, jer prilikom sagorevanja može doći do emisije hlorovanih jedinjenja.

U sastav organske frakcije komunalnog čvrstog otpada, pored plastike, papira, gume i kože, ulaze i ostaci hrane: sastojci rastvorljivi u vodi, hemiceluloza, celuloza, ulja, masti i više masne kiseline, lignoceluloza, kao i proteini. Ovi sastojci se biološkim putem, u prisustvu mikroorganizama, konvertuju u gasovitu frakciju i relativno inertnu čvrstu fazu, koja sadrži organske i neorganske supstance.



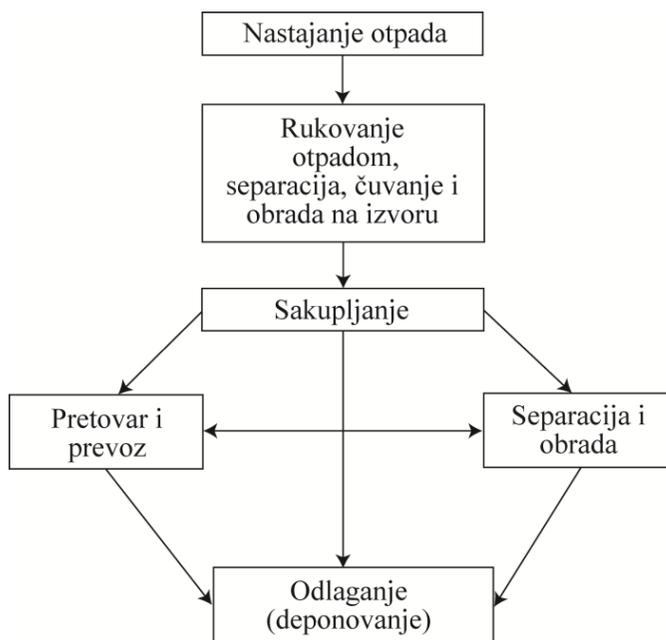
### 4.1.3. Upravljanje čvrstim otpadom

Sistem za upravljanje čvrstim otpadom podeljen je na šest



međusobno vezanih, funkcionalnih elemenata (slika 6):

- (1) nastajanje otpada – određeni materijal gubi svoju upotrebnu vrednost;
- (2) rukovanje otpadom, separacija, čuvanje i obrada na izvoru – aktivnosti koje se preduzimaju u okviru ovog koraka utiču na karakteristike otpada, zdravlje ljudi i stav javnosti u oblasti upravljanja otpadom;
- (3) sakupljanje otpada;
- (4) separacija i obrada;
- (5) pretovar i prevoz i
- (6) odlaganje (deponovanje).



Slika 6.

Funkcionalni elementi sistema za upravljanje čvrstim otpadom

Ovakva podela omogućava bolju kontrolu svakog pojedinačnog elementa i efikasnije postupanje i upravljanje čvrstim otpadom. Hijerarhija upravljanja otpadom, kao i prioriteta u praksi upravljanja otpadom prikazani su na slici 7. Na vrhu piramide su najvažnije aktivnosti u celokupnoj hijerarhiji upravljanja otpadom, a to su aktivnosti sprečavanja nastanka otpada. Ukoliko to nije moguće ili nije moguće u dovoljnoj meri, u piramidi su, redom prema značaju, navedeni ostali načini upravljanja otpadom.



Slika 7.  
Hijerarhija  
upravljanja  
otpadom

*Tretman otpada* obuhvata fizičke, termičke, hemijske ili biološke procese koji menjaju karakteristike otpada sa ciljem smanjenja zapremine ili opasnih karakteristika, lakšeg rukovanja otpadom ili podsticanja ponovnog iskorišćenja otpada.

*Kompostiranje otpada* je biološki proces, u kojem se aktivnošću mikroorganizama, u najvećoj meri u aerobnim uslovima, prevode biorazgradive organske supstance u stabilan materijal, po osobinama, sličan humusu, poznat pod nazivom kompost. Kompostiranje je efikasan način smanjenja zapremine otpada, pri čemu se menja njegov sastav i dobija koristan proizvod dobrih karakteristika.

*Ponovno iskorišćenje otpada* je postupak ili metod kojim se obezbeđuje da se otpad koristi kao zamena za druge materijale koji bi se inače koristili za ispunjenje određene funkcije ili kao zamena za materijale u postrojenjenju (npr. fabrici).

*Reciklaža* je bilo koja operacija ponovnog iskorišćavanja otpada kojom se otpadni materijali prerađuju u proizvod, materijal ili supstancu za prvobitnu namenu ili druge svrhe. Ona obuhvata preradu organskog materijala i neorganskog materijala, ali ne uključuje ponovno iskorišćenje otpada za dobijanje energije, preradu u materijal koji će biti korišćen kao gorivo ili za operacije zatrpavanja/nasipanja.

*Insineracija (spaljivanje)* je termički tretman otpada u stacionarnom ili mobilnom postrojenju sa iskorišćenjem energije proizvedene sagorevanjem ili bez njenog iskorišćenja. Primarna uloga je termički tretman otpada, koji obuhvata i pirolizu, gasifikaciju i sagorevanje u plazmi.

*Ko-insineracija (ko-spaljivanje)* je termički tretman otpada u stacionarnom ili mobilnom postrojenju čija je primarna uloga proizvodnja energije ili proizvoda i koji koristi otpad kao osnovno ili dodatno gorivo ili u kojem se otpad termički tretira radi odlaganja.

*Odlaganje otpada* obuhvata one aktivnosti koje nisu obuhvaćene ponovnim iskorišćavanjem otpada za dobijanje energije ili preradom u materijal koji će biti korišćen kao gorivo. Deponija je mesto za odlaganje otpada na površini ili ispod zemlje, uključujući:

- a. interna mesta za odlaganje (deponija gde proizvođač odlaže sopstveni otpad na mestu nastanka);
- b. stalna mesta (više od jedne godine) koja se koriste za privremeno skladištenje otpada.

#### 4.1.4. Upravljanje opasnim otpadom



Opasan otpad se definiše kao otpad ili kombinacija otpada koji predstavlja potencijalnu opasnost za ljude i druge žive organizme. Ovakav otpad se odlikuje sledećim osobinama: ne razgrađuje se ili je inertan u prirodi; uvećava se biološkim putem; ponekad se označava kao smrtonosan i identifikuje se kao uzročnik kumulativnih efekata štetnih po zdravlje.

Najvažnija svojstva materijala koja karakterišu neki otpad kao opasan su:

- (1) korozivnost;
- (2) eksplozivnost;
- (3) zapaljivost;
- (4) sagorivost i
- (5) reaktivnost.

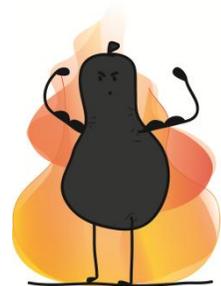
U odnosu na negativno dejstvo na ljude, opasan otpad ima sledeće karakteristike:

- (1) kancerogenost;

- (2) infektivnost;
- (3) izaziva iritacije (alergije);
- (4) mutagenost i
- (5) toksičnost (akutna i hronična toksičnost).

Kada je reč samo o komunalnom otpadu, nastalom u nekoj lokalnoj zajednici onda se za definisanje opasnog otpada najčešće koriste sledeće njegove osobine:

- (1) zapaljivost;
- (2) korozivnost;
- (3) reaktivnost;
- (4) toksičnost i
- (5) kancerogenost.



Po poreklu, opasan otpad je:

- (1) klinički otpad;
- (2) otpad u proizvodnji farmaceutika;
- (3) otpadne plastike;
- (4) otpad iz drvne industrije i proizvodnje papira;
- (5) otpad iz rafinacije i destilacije;
- (6) otpad iz proizvodnje boja i lakova.

Opasan otpad, po sastavu, sadrži: jedinjenja hroma, cinka, kadmijuma, olova, cijanida, fenole, kiseline i baze, organohlorna i mnoga druga jedinjenja. Zbog atmosferskog uticaja, ovaj otpad se razlaže i rastvara stvarajući filtrat koji predstavlja veliku opasnost za površinske vodotokove, ali i za zemljište.

U životnoj sredini se najčešće sreće:

- (1) *biohazardni otpad* - otpadni materijal koji sadrži dovoljan broj virulentnih patogenih mikroorganizama da se nakon kontakta sa njim može javiti infektivno oboljenje. Može biti humanog i životinjskog porekla.
- (2) *opasan medicinski otpad* predstavlja sledeće grupe medicinskog otpada: pribor za zasejavanje i kultivaciju; krv, krvni derivati i produkti krvi; igle, špricevi, pipete, epruvete i laboratorijsko staklo; ljudska tkiva, ekskreti i organi koji sadrže patogene mikroorganizme; tkiva, organi i laboratorijske životinje korišćeni za eksperimente sa patogenim mikroorganizmima; otpad iz proizvodnje seruma i vakcina; otpad koji nastaje pri hemodijalizi i transfuziji krvi; otpad iz infektivnih

odeljenja i karantina; otpad iz hirurgije, kao i iz obdukcionih sala i dr.

- (3) *radioaktivni otpad* - materijal kontaminiran radioizotopima koji se koriste u industriji, medicini i u istraživačkim institutima i centrima.
- (4) *visokoradioaktivni otpad* - otpad visokog nivoa radioaktivnosti, a javlja se kao nusprodukt u gorivnom procesu nuklearnih reaktora i sličnih postrojenja. On se sastoji od istrošenih pogonskih štapina ili otpadnih materija nastalih u procesu ponovne obrade pogonskih štapina.



*Prema podacima Svetske banke, proizvodnja otpada raste na svetskom nivou. U 2016. godini, gradovi u svetu proizveli su 2,01 milijardu tona čvrstog otpada. Sa brzim porastom broja stanovnika i urbanizacijom, očekuje se da će se godišnja proizvodnja otpada povećati za 70% u odnosu na 2016. godinu tj. u 2050. godini se očekuje produkcija otpada od 3,40 milijardi tona.*

*Izvor: World Bank: A global Snapshot of Solid Waste Management to 2050, 2018*

**Pitanja:**

1. Vrste otpada su:
    - a. otpad iz domaćinstva i industrijski otpad
    - b. komunalni otpad, komercijalni otpad i industrijski otpad
  
  2. Dopuni rečenicu.  
Otpad se, prema Katalogu otpada, razvrstava u \_\_\_\_\_ grupa u zavisnosti od \_\_\_\_\_ i \_\_\_\_\_.
  
  3. Navesti 6 elemenata upravljanja čvrstim komunalnim otpadom.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  4. Kompostiranje otpada je:
    - a. biološki proces, u kojem nastaje stabilan materijal, po osobinama, sličan humusu, poznat pod nazivom kompost.
    - b. termički proces, u kojem nastaje stabilan materijal, po osobinama, sličan humusu, poznat pod nazivom kompost.
    - c. fizičko-hemijski proces, u kojem nastaje stabilan materijal, po osobinama, sličan humusu, poznat pod nazivom kompost.
  
  5. Reciklaža je:
    - a. proces ponovnog korišćenja određenih materija
    - b. spaljivanje otpadnih materija
    - c. odlaganje otpadnih materija
  
  6. Insineracija je:
    - a. termički tretman otpada u stacionarnom ili mobilnom postrojenju sa iskorišćenjem energije proizvedene sagorevanjem ili bez njenog iskorišćenja, čija je primarna uloga termički tretman otpada
    - b. termički tretman otpada u stacionarnom ili mobilnom postrojenju čija je primarna uloga proizvodnja energije ili materijalnih proizvoda i koji koristi otpad kao osnovno ili dodatno gorivo ili u kojem se otpad termički tretira radi odlaganja
-

7. Neki od osnovnih kriterijuma da bi se otpad smatrao opasnim otpadom su (zaokruži slova ispred tačnih odgovora):
    - a. zapaljivost
    - b. reaktivnost
    - c. fizički izgled
    - d. zapremina koju otpad zauzima
    - e. sve navedeno
  
  8. Koja od navedenih vrsta otpada je potencijalno najopasnija?
    - a. radioaktivni otpad
    - b. komunalni otpad
    - c. medicinski otpad
  
  9. Koji se od navedenih grupa materijala najčešće recikliraju?
    - a. papir, plastika i staklo
    - b. tekstil, koža i drvo
    - c. keramika, guma i radioaktivni materijali
  
  10. Postupak kompostiranja u cilju prerade urbanog otpada obuhvata:
    - a. obradu organskog otpada
    - b. obradu organskog i neorganskog otpada
    - c. izdvajanje određenih sirovina i njihova prerada
  
  11. Biorazgradivi komunalni otpad je (zaokruži slovo ispred tačnog odgovora):
    - a. neopasan, delimično razgradiv u aerobnim uslovima
    - b. neopasan, u potpunosti se razgrađuje u aerobnim ili anaerobnim uslovima
    - c. neopasan, u potpunosti se razgrađuje u anaerobnim uslovima
  
  12. U hijerarhiji upravljanja otpadom, prvi korak je:
    - a. reciklaža
    - b. ponovna upotreba
    - c. sprečavanje nastanka otpada
-

## 4.2. Buka

Zvuk je mehanički talas koji se može registrovati čulom sluha. Buka predstavlja neprijatan ili neželjen zvuk. Iz ovakve definicije proizilazi da jedan konkretan zvuk može za jednu osobu predstavljati buku, a za drugu ne. Međutim postoje zvuci takve jačine da prouzrokuju oštećenja čula sluha i takav zvuk se naziva bukom, bez obzira na svoje ostale karakteristike. Buka se smatra zagađenjem, jer može prouzrokovati neželjene promene čula sluha i psihološke smetnje.



### 4.2.1. Nastajanje zvuka i njegovo prenošenje

Zvuk prenosi oscilacije sredine koje su u opsegu frekvencija od 16 Hz do 20000 Hz. Mehanički talasi, koji imaju frekvencije manje od 16 Hz predstavljaju infrazvuk, a oni koji imaju frekvenciju iznad 20000 Hz - ultrazvuk. Sam izvor zvuka predstavlja uvek neko telo koje je u čvrstom stanju. Talasi koji se rasprostiru od izvora zvuka nazivaju se zvučni talasi i prenose se ravnomerno u svim pravcima, od izvora zvuka. Najčešće se zvuk prenosi do ljudskog uha putem vazduha, ali je takođe prenosiv i kroz bilo koji gas, tečnost ili čvrsto telo, odnosno kroz bilo koju sredinu gde postoje čestice koje mogu oscilovati. Brzina zvuka u nekoj sredini zavisi od elastičnih svojstava same sredine. Pored frekvencije, osnovna karakteristika zvuka je intenzitet, koji se definiše kao akustična snaga, koja u jedinici vremena prođe kroz jedinicu površine sredine u kojoj se zvuk prenosi.

Kod buke se razlikuju: boja, jačina i visina zvuka. Jedinica za merenje zvuka naziva se bel (B), međutim u praksi se češće koristi decibel (dB). Obično se smatra da je dozvoljena granica buke do 65 dB, dok se kao granica podnošljivosti tj. kao zaglušna buka uzima granica od 130 dB.



Osnovne karakteristike izvora buke su:

- (1) prostorne (nepokretni ili pokretni izvori buke),
- (2) vremenske (kratkotrajni ili stalni izvori buke) i
- (3) akustične (obuhvataju jačinu, opseg i usmerenost).

Klasifikacija buke se može vršiti prema:

- (1) poreklu nastanka,
- (2) izvoru i
- (3) mestu nastanka (u radnoj ili stambenoj sredini i sl.).

Prema poreklu, izvori buke se mogu podeliti na:

- (1) prirodne izvore (grmljavine sa udarom groma, erupcije vulkana, seizmološke pojave (zemljotresi i klizišta), huk vetrova, morskih talasa i vodopada, atmosferske padavine (kiša i grad), rika i masovno kretanje životinja itd.) i
- (2) veštačke izvore buke (drumski saobraćaj, železnički saobraćaj, vazdušni saobraćaj, industrijska postrojenja).

#### 4.2.2. Delovanje buke na organizam čoveka



Dejstvo buke na čoveka manifestuje se kroz dva vida: akutne i hronične akustične traume. Akutna trauma odnosi se na kratkotrajnu buku velikog intenziteta, koja izaziva mehanička oštećenja bubne opne i slušnih koščica. Hronična trauma nastaje od buke nižeg intenziteta, ali dužeg trajanja, čije su posledice oštećenje čulnih ćelija-senzora. U oba slučaja nastaju naglupost, progresivna naglupost ili potpun gubitak sluha. Oštećenje i gubitak sluha nastaje oštećenjem ćelija, nerava i kompletne strukture unutar uha. Primarna oštećenja mogu biti privremena, ali ako se izlaganje ponavlja, postaju trajna. Radnici u fabrikama, vojnici, vatrogasci, policajci, građevinari, muzičari, posebno su ugroženi deo populacije.

Profesionalna izloženost dejstvu buke dovodi do postepenog povećanja nagluposti, zavisno od starosti i dužine izloženosti. Pored nagluposti ili potpunog gubitka sluha, koji se smatraju specifičnim simptomima i posledicama delovanja buke, mogu se javiti i tzv. nespecifični simptomi. U tim slučajevima, javljaju se simptomi kao što su glavobolje, umor, nekontrolisano znojenje, poremećaj sna, slabije pamćenje i gubitak pažnje, ali i visok krvni pritisak i opšti zamor organizma.

Prema uticaju na ljudski organizam, buka se može klasifikovati na četiri stepena jačine:

- I stepen – buka jačine 40-50 dB, koja izaziva psihičke smetnje;

II stepen – buka jačine 60-80 dB, koja izaziva rastrojstvo vegetativnog nervnog sistema;  
 III stepen – buka jačine 90-110 dB, koja uslovljava slabljenje sluha i  
 IV stepen – buka preko 120 dB, koja izaziva oštećenje sluha i delova čula sluha. Buka od 150 dB izaziva mehaničke povrede slušnog aparata, a od 170 dB – smrt.

### 4.2.3. Zaštita od buke

Zaštita od buke može se realizovati na dva načina:

- (1) aktivne mere zaštite od buke (usavršavanjem mašina, uređaja, postrojenja i transportnih sredstava čijim radom ona nastaje) i
- (2) pasivne mere zaštite od buke (postavljanje zvučne izolacije tj. pregrada koje apsorbuju zvuk i sprečavaju njegovo prostiranje).



Ako se smanjenje buke ostvaruje zvučnom izolacijom, izolacione pregrade mogu da budu postavljene oko mašina koje proizvode buku ili u zidovima prostorija gde ljudi borave. Smanjenje buke može se postići i izgradnjom tunela, kao i presvlačenjem puteva posebnom podlogom za zvučnu izolaciju. Uzimajući u obzir činjenicu da buka koju proizvode transportna sredstva umnogome zavisi od brzine kretanja vozila, smanjenje buke bi se moglo ostvariti i ograničavanjem brzine kretanja motornih vozila u naseljenim mestima na 30 km/h. U naseljima zvučne izolacione pregrade predstavljaju drvoredi na ulicama, koji smanjuju intenzitet buke u stambenim zgradama od vozila koja se kreću kolovozom.

Pored ovih opštih mera, na mestima sa povećanom bukom primenjuju se i odgovarajuće sanitarno-tehničke mere zaštite na radu, koje obuhvataju lična zaštitna sredstva (tamponi i poklopci za uši), ali i odgovarajuće zakonske propise zaštite od buke.



*Evropska Agencija za zaštitu životne sredine procenjuje da buka u životnoj sredini izaziva najmanje 16600 slučajeva prerane smrti u Evropi svake godine , sa skoro 32 miliona odraslih ljudi koji imaju određene psihosomatske smetnje i još 13 miliona koji su izloženi poremećajima spavanja . Pored toga , procenjuje se da 13000 školske dece pati od poremećaja u učenju zbog efekata buke u blizini glavnih aerodroma u Evropi . Svetska zdravstvena organizacija klasifikovala je buku od drumskog saobraćaja kao drugi najgori ekološki stres koji utiče na zdravlje ljudi u Evropi, pored zagađenja vazduha uzrokovanog veoma finim česticama.*

*Izvor: EEA: Unequal exposure and unequal impacts: social vulnerability to air pollution, noise and extreme temperatures in Europe, 2018*

*WHO: WHO environmental noise guidelines for the European region, 2018*

**Pitanja**

1. Nivo buke izražava se u:
  - a. omima
  - b. vatima
  - c. decibelima
  - d. amperima
2. Frekvencija zvuka iznad 20000 Hz naziva se:
  - a. prag bola
  - b. infrazvuk
  - c. ultrazvuk
3. dB (decibel) je jedinica za:
  - a. osvetljenost
  - b. subjektivnu jačinu zvuka
  - c. dužinu
4. Pojam buka podrazumeva:
  - a. zvučne talase frekvencije manje od 20 Hz
  - b. svaki neprijatni i nepoželjan zvuk koji se intenzitetom izdvaja od ostalih
  - c. zvučne talase frekvencije veće od 20000 Hz
5. Dozvoljena granica buke iznosi do \_\_\_\_\_.
6. Buka se smatra zagađenjem:
  - a. tačno
  - b. netačno
7. Pored svakog izvora buke navesti u koju grupu on spada po izvoru nastanka.
  - a. kiša - \_\_\_\_\_
  - b. industrijska postrojenja - \_\_\_\_\_
  - c. zemljotresi - \_\_\_\_\_
  - d. klizišta - \_\_\_\_\_
  - e. huk morskih talasa - \_\_\_\_\_
8. Nivo buke od \_\_\_\_\_ izaziva smrt.
9. Aktivne mere zaštite od buke su:
  - a. postavljanje zvučne izolacije koje apsorbuju zvuk i sprečavaju njegovo prostiranje
  - b. usavršavanjem mašina, uređaja, postrojenja i transportnih sredstava čijim radom ona nastaje



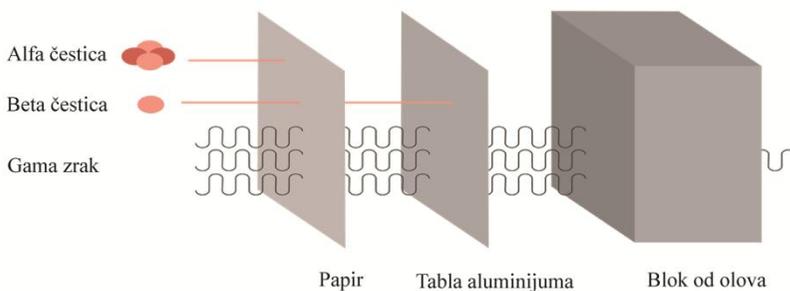
### 4.3. Radioaktivno zagađivanje



Iako su radioaktivnost i jonizujuće zračenje otkriveni još krajem XIX veka, zračenje kao oblik kontaminacije životne sredine počinje naglo da zabrinjava svetsku javnost nakon bombardovanja Japana atomskim bombama 1945. godine. Sve šira primena radijacije i radioaktivnosti, korišćenje nuklearne energije, ali i opasni kvarovi u nuklearnim elektranama u novije vreme, alarmantno ukazuju i na ozbiljne ekološke i zdravstvene posledice emitovanih kontaminacija.

Pojam zračenja ili radijacija (*lat. radius – zrak*) podrazumeva emisiju zračenja ili čestica iz nekog izvora. Zračenja vrlo visoke energije, koja su u stanju da direktno ili indirektno stvaraju jone, nazivaju se jonizujuća zračenja. Radioaktivnost je osobina nekih hemijskih elemenata, odnosno materija, da emituju nevidljive čestice ili zrake velike energije. Izotopi elemenata koji emituju jonizujuća zračenja zovu se radioizotopi ili radionuklidi. Izvori jonizujućeg zračenja su (slika 8):

- (1) alfa-čestice - pozitivno naelektrisane čestice,
- (2) beta-čestice - sitnije od alfa-čestica, negativno naelektrisane čestice (elektroni) i
- (3) gama-zraci - neutralni elektromagnetni talasi vrlo malih talasnih dužina.



Slika 8.

Vrste jonizujućeg zračenja

Prema poreklu i izvoru, zračenja mogu biti prirodna i veštačka. Najveći deo ukupnog zračenja koje prima svetsko stanovništvo vodi poreklo od prirodnih izvora. Postoje tri osnovna izvora prirodne ili osnovne radijacije:

- (1) kosmička radijacija,
- (2) zemaljska ili radijacija iz Zemljine kore i

- (3) zračenje iz radioaktivnih izvora koji se nalaze u tkivima živih bića.

U odnosu na čovekov organizam, prva dva izvora se nazivaju spoljašnjim, a treći unutrašnjim izvorom zračenja. Zemaljska radioaktivnost potiče od prirodnih radioaktivnih elemenata koji se nalaze u zemljištu, posebno u glinovitoj podlozi i stenama i različita je na različitim delovima Zemlje. Naročito je velika iznad naslaga uranove rude.

Tokom poslednjih nekoliko decenija čovek je nuklearnim fisijama (odnosno cepanjem atomskih jezgara) proizveo nekoliko stotina veštačkih radioizotopa. Osnovni izvori veštačkog zračenja su:

- (1) nuklearni reaktori,
- (2) nuklearne elektrane,
- (3) rendgenski aparati i
- (4) nuklearno oružje korišćeno prilikom testiranja.

Svi ovi veštački izvori radioaktivnosti znatno su uvećali ukupne doze zračenja koje prima svaki pojedinac i čovečanstvo u celini. Procenjuje se da je čovek svojim aktivnostima u nuklearnoj energetici već uticao na Zemljinu radioaktivnost čineći je većom nego što je bila u ranijim periodima. Jedinica za merenje radioaktivnosti izvora naziva se bekerel (Bq). Jedan bekerel odgovara jednom raspadu bilo kog radionukleida u jednoj sekundi. Doze zračenja se mere količinom energije apsorbovane tkivima izloženim zračenju. Jedinica za merenje apsorbovane doze jonizujućeg zračenja, odnosno energije unete radijacijom po gramu tkiva, naziva se grej (Gy). Jedan grej predstavlja količinu energije unetog jonizujućeg zračenja u jedinicu mase neke materije. Velike doze koje organizmi prime u kratkim vremenskim intervalima (minutima ili satima) nazivaju se akutne doze. Nasuprot njima, hroničnim dozama subletalne radijacije nazivaju se one doze koje se mogu primati stalno tokom celog života.



#### 4.3.1. Radioaktivno zagađivanje vode, vazduha i zemljišta

Radioaktivni izotopi koji dospeju u životnu sredinu se vrlo brzo raspršuju i razređuju, a mogu se koncentrisati u živim organizmima i zatim dalje prenositi lancima ishrane ili uključiti-



vati u kruženje u okviru prirodnih geohemijskih ciklusa. Radioaktivne supstance se mogu akumulirati u vodi, vazduhu, zemljištu ili sedimentu. Akumulirane koncentracije su uglavnom veće u vodenim nego u suvozemnim ekosistemima, pošto je strujanje hranljivih sastojaka u vodi brže nego u zemljištu. Dodatno radioaktivno zračenje pojavljuje se kao posledica rada nuklearnih elektrana, eksperimentalnih eksplozija atomskih bombi, kao i odlaganja i uklanjanja nuklearnog otpada, nastalog prilikom korišćenja nuklearne energije. Posebnu opasnost po živi svet predstavljaju nuklearni akcidenti, koji se najčešće događaju usled iznenadnih kvarova ili havarijskih oštećenja u nuklearnim elektranama.

Postoje četiri glavna faktora radioaktivnosti:

- (1) kosmičko zračenje (fotoni, protoni, elektroni, mezoni);
- (2) zagađenost u zemlji i atmosferi (prirodno radioaktivne stene);
- (3) supstance koje se nalaze u ljudskom telu ( $^{40}\text{K}$ , tragovi radijuma i njegovih produkata i  $^{14}\text{C}$ ) i
- (4) nuklearni otpaci (nastaju pri nuklearnim eksplozijama).

Imaju, uglavnom, kratak period poluraspada, ali postoje i oni s dugim periodom, kao  $^{14}\text{C}$  (5700 godina),  $^{137}\text{Cs}$  (30 godina),  $^{90}\text{Sr}$  (28 godina),  $^{147}\text{Pm}$  (dve godine),  $^{106}\text{Ru}$  (jedna godina).

Za radioaktivne pojave važe sledeći zakoni:

I zakon – Ljudska čula ne mogu da otkriju radioaktivnost.

II zakon – Biološka dejstva zračenja nisu trenutna. Odražavaju se na organizmima i promene se uočavaju na ozračenom pojedincu nakon izvesnog vremena ili se to dejstvo primećuje tek na potomstvu.

III zakon – Radioaktivnost opada s vremenom. Vreme poluraspada (period  $T_{1/2}$ ) nekog radioaktivnog elementa je vreme potrebno da bi se aktivnost smanjila na polovinu. Period  $T$  može biti od dela sekunde do više milijardi godina. Svaki radioaktivni element ima sopstveni karakterističan period  $T$  kojim se identifikuje. Nestabilni nukleidi nazivaju se radionuklidima.



*Od neposrednih posledica udesa u Černobilju život je izgubilo oko trideset, a ozračeno oko pet miliona ljudi. Od ovog broja, najmanje 100 000 ljudi se našlo na direktnom putu radioaktivnog oblaka i*

*doživotno će morati da bude pod zdravstvenom kontrolom zbog naknadnih posledica ozračenja. Procenjeno je da je više od 70 000 ljudi obolelo od raka i leukemije. Prilikom ovog udesa kontaminirano je oko 8 000 km<sup>2</sup> zemljišta*

*Izvor: <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx>*

Činjenica da do danas u svetu radi više od 450 nuklearnih elektrana i preko 300 eksperimentalnih reaktora ozbiljno upozorava na potencijalne opasnosti od havarijskih oštećenja. Uklanjanje nuklearnih otpadaka, nastalih prilikom korišćenja nuklearne energije, predstavlja veliki ekološki, tehnološki i zdravstveni problem.

Postoje tri osnovne grupe radioaktivnog otpada:

- (1) visokoaktivni otpad u tečnom ili čvrstom stanju, veoma opasan po žive organizme i životnu sredinu zbog ogromne energije koju oslobađa (na primer, iskorišćeno nuklearno gorivo iz reaktora);
- (2) otpad srednje radioaktivnosti, koji može da izazove lokalna oštećenja, ali čije je izdvajanje i korišćenje radioaktivnih sastojaka neisplativo (iskorišćeni izvori jonizujućeg zračenja – radioaktivni gromobrani, medicinski i industrijski izvori zračenja);
- (3) niskoradioaktivni otpad velike zapremine u tečnom, čvrstom ili gasovitom stanju, što otežava njegovo skladištenje, te se obično ispušta u okolnu sredinu (talozi, filtri, kontaminirana odeća i obuća i sl.).



Radioaktivni otpad se obično deponuje u zaštićenim kontejnerima i čuva u dubljim slojevima Zemljine kore ili na morskom dnu. Međutim, sve su ovo samo privremene mere, dok se na nalaženju trajnih rešenja njihovog bezbednog deponovanja intenzivno radi.

#### **4.3.2. Kontrola i zaštita od radijacije**

Radijaciona zaštita se ostvaruje u okviru dva osnovna nivoa – zaštite od ozračivanja i zaštite od radioaktivne kontaminacije. Zaštita od spoljašnjeg ozračivanja se, u principu, sprovodi smanjivanjem doze zračenja na najmanju moguću meru. Ovo se može postići:

- (1) vremenskom zaštitom (odn. što kraćim boravkom u

- blizini izvora zračenja),
- (1) daljinskom zaštitom (boravkom na što većem rastojanju od izvora) ili
  - (2) zaštitom pomoću apsorbera (korišćenjem debljih zaštitnih slojeva, od zemlje, betona, olova i sl.).



Zaštita od radioaktivne kontaminacije sastoji se u preduzimanju odgovarajućih mera da radioaktivne supstance ne dođu u neposredan kontakt sa živim organizmima i ne prodru u okolnu životnu sredinu.

Pošto čovek nije u stanju nijednim čulom da registruje zračenje, neophodno je da se pri radu sa radioaktivnim materijama uvedu mere redovne kontrole životne i radne sredine (monitoring sistem), ali i apsorbovanih doza kod lica izloženih zračenju. Pored pomenutog, neophodno je koristiti ličnu opremu i uređaje zaštite, a gde je to moguće treba izbegavati izlaganje ljudi dejstvu zračenja povećanjem primene automatizacije i robotike.

## Pitanja



1. Dopunite rečenicu:  
Izotopi elemenata koji emituju jonizujuća zračenja zovu se \_\_\_\_\_.
2. Izvori jonizujućeg zračenja su:
  - a. kosmička radijacija, zemaljska ili radijacija iz Zemljine kore i zračenje iz radioaktivnih izvora koji se nalaze u tkivima živih bića
  - b. alfa-čestice, beta-čestice i gama-zraci
3. Izvori prirodne ili osnovne radijacije su:
  - a. alfa-čestice, beta-čestice i gama-zraci
  - b. kosmička radijacija, zemaljska ili radijacija iz Zemljine kore i zračenje iz radioaktivnih izvora koji se nalaze u tkivima živih bića
4. Jedinica za merenje radioaktivnosti izvora je:
  - a. amper
  - b. bekerel
  - c. grej
5. Jedinica za merenje apsorbovane doze jonizujućeg zračenja je:
  - a. amper
  - b. bekerel
  - c. grej
6. Vreme poluraspada nekog radioaktivnog elementa je:
  - a. vreme potrebno da bi se zapremina smanjila na polovinu
  - b. vreme potrebno da bi se aktivnost smanjila na polovinu
  - c. vreme potrebno da bi se površina smanjila na polovinu
7. Iskorišćeni izvori jonizujućeg zračenja (radioaktivni gromobrani, medicinski i industrijski izvori zračenja) spadaju u grupu:
  - a. otpada srednje radioaktivnosti
  - b. visokoradioaktivnog otpada
  - c. niskoradioaktivnog otpada

## 4.4. Zagadivanje hrane

Pod pojmom hrane podrazumevaju se određene grupe hranljivih materija neophodnih za život čoveka i životinja. Pojam životnih namirnica obuhvata sve što se u prerađenom ili neprerađenom obliku upotrebljava za čovekovu ishranu ili piće. U životne namirnice ubrajaju se i začini (kuhinjska so, sirće, paprika, biber, itd.) i druge supstance koje se koriste za konzervisanje, poboljšanje ukusa, boje, mirisa ili izgleda namirnica, kao i za obogaćivanje njihovog sastava. Osnovni hranljivi sastojci hrane (nutrijenti) su: belančevine, ugljeni hidrati i masti koji spadaju u grupu makronutrijenata, dok oligoelementi i vitamini čine grupu oligonutrijenata.

### 4.4.1. Lanci ishrane kao sistemi za prenos zagađujućih supstanci



Prema načinu ishrane, kako je napomenuto, svi organizmi se dele u dve grupe: autotrofne i heterotrofne organizme. Autotrofni (sami prave hranu) poseduju sposobnost da od neorganske materije stvaraju organsku. Njihova zajednička karakteristika jeste sadržaj hlorofila i sposobnost korišćenja Sunčeve energije za stvaranje organske supstance. Organske supstance koje proizvode autotrofni organizmi služe kao hrana heterotrofnim organizmima. Lanac ishrane čine različite kategorije hijerarhijski povezanih organizama koji se prema svojoj ulozi mogu svrstati u sledeće grupe:

- (1) producenti (proizvođači) – autotrofni organizmi (npr. zelene biljke);
- (2) konzumenti (potrošači) – heterotrofni organizmi koji se hrane na račun autotrofnih. Dele se na tri grupe:
  - a. konzumenti prvog reda – koji se neposredno hrane producentima (životinje biljojedi),
  - b. konzumenti drugog reda – koji se hrane konzumentima prvog reda (životinje mesožderi),
  - c. konzumenti trećeg reda - koji se hrane konzumentima drugog reda (grabljivice i paraziti životinja);
- (3) reducenti (razlagači) – heterotrofni organizmi koji imaju sposobnost razlaganja organskih supstanci do

neorganskih (mineralnih) supstanci (različite gljivice, bakterije i sl.).

Većina potrošača hrani se različitiom vrstom hrane, stoga je jedan isti organizam uključen u više lanaca ishrane. Zagađivanjem životne sredine dolazi do modifikacija lanca ishrane, što značajno utiče na sve učesnike lanca. Takođe, bitno je napomenuti da se zagađujuća supstanca može uključiti na bilo kom mestu u lancu ishrane, ne samo na početku.

#### 4.4.2. Izvori zagađivanja hrane

Primenom savremenih agrotehničkih mera povećavaju se prinosi, poboljšava se kvalitet ili štite namirnice od štetočina. U tu svrhu se koristi veliki broj raznovrsnih hemijskih supstanci. Osim toga, veliki broj tih supstanci dospeva u namirnice iz zagađene životne sredine. Nagomilavanje hemijskih supstanci i drugih štetnih agenasa u hrani (patogenih mikroorganizama, radioaktivnih supstanci, itd.) dovodi do njenog sve češćeg zagađivanja sa višestrukim štetnim posledicama po čoveka i životinje. Unošenje zagađene (kontamirane hrane ili hrane sa prirodnim toksičnim sastojcima) izaziva akutna želudačno-crevna oboljenja.

Prema prirodi zagađujućih materija razlikuje se:

- (1) hemijsko,
- (2) radioaktivno i
- (3) biološko zagađivanje hrane.

**Hemijsko zagađivanje** životnih namirnica najčešće izazivaju razne hemikalije koje se koriste u poljoprivrednoj i industrijskoj proizvodnji hrane. Osim toga, mnoge zagađujuće materije, posredstvom vazduha, vode ili zemljišta, takođe dospevaju u hranu. Procenjuje se da se najveći deo, (oko 90%) ovih materija, unosi u organizam posredstvom hrane, a samo mali deo posredstvom vode za piće i vazduha. Od supstanci koje učestvuju u zagađivanju hrane značajno mesto zauzimaju toksični metali. U najčešće i najopasnije toksične metale i metaloide ubrajaju se: olovo, živa, kadmijum, arsen i drugi. Ovi metali dospevaju u namirnice najčešće iz raznih uređaja i pribora za proizvodnju prehrambenih proizvoda ili njihove ambalaže. Od organskih komponenti, posebnu pažnju treba usmeriti na benzo(a)piren, koji je dokazano kancerogen





za čoveka.

Neki aditivi ili dodaci hrani predstavljaju veliku grupu hemijskih supstanci koje čovek obično u malim količinama dodaje namirnicama kako bi im produžio trajanje, poboljšao boju, ukus, miris i čvrstinu. Aditivi mogu imati hranjivu vrednost (vitamini, mineralne soli i dr.). Osnovne grupe aditiva prema nameni su:

- (1) konzervansi ili antimikrobni agensi, koji sprečavaju kvarenje hrane (kuhinjska so, benzoati, sorbinska kiselina);
- (2) antioksidansi, koji sprečavaju promenu boje konzerviranog voća i povrća, mesnih prerađevina smrznutog voća i užeglosti masti;
- (3) emulgatori i stabilizatori, supstance kojima se postiže željena čvrstina prehrambenih proizvoda;
- (4) bojene supstance (razne sintetičke i prirodne boje);
- (5) sredstava za aromatizovanje (odnosno pojačivači arome);
- (6) sredstva za zaslađivanje (niskokalorične zamene za šećer-npr. saharin)
- (7) enzimski preparati (mikrobnog, biljnog ili životinjskog porekla);
- (8) sredstva za vezivanje metala;
- (9) nutritivi (vitamini, minerali, aminokiseline) i
- (10) razne vrste kiselina, alkalija i pufera.

Pesticidi predstavljaju najznačajniju grupu hemijskih supstanci koje se koriste u poljoprivredi kao sredstva za zaštitu bilja, u šumarstvu i u komunalnoj higijeni za suzbijanje štetočina. Prema nameni i specifičnom dejstvu na određene žive vrste dele se na:

- (1) herbicide (uništavaju korovske i lišćarske biljne vrste);
- (2) fungicide (uništavaju gljivice);
- (3) insekticide (uništavaju insekte),
- (4) rodenticidi (uništavaju glodare).

Ostaci pesticida u namirnicama podrazumevaju ostatke aktivnih hemijskih supstanci koje su korišćene u zaštiti bilja i koje mogu dospeti iz zemljišta u biljke i posredno, u namirnice životinjskog porekla. U namirnicama se pored ostataka pesticida, često mogu naći i ostaci mineralnih đubriva, antibiotika i hormona, koji se koriste za tretman biljnih i životinjskih vrsta.

**Radioaktivno zagađivanje** je najopasniji oblik zagađivanja sa trajnim posledicama na nivou genotipa. Radioaktivni zraci imaju snažno negativno dejstvo, dovode do promena u strukturi naslednog materijala, odnosno DNK a mogu izazvati i smrt. Posledice ozračenosti su velika stopa smrtnosti kao i pojava kancerogenih i teratogenih efekata. Tolerantnost živih organizama prema radioaktivnosti zavisi od složenosti njihove građe. Organizmi na nižem stupnju razvoja su tolerantniji od onih na višem stupnju razvoja (škorpije, insekti i bakterije mogu podneti nekoliko stotina puta veće doze od čoveka). Procesima prirodnog kruženja materije, u hranu iz zagađene životne sredine mogu dospeti i radioaktivni izotopi (radionuklidi). Lancima ishrane radionuklidi često doppevaju u organizme čoveka ili životinja, izazivajući niz štetnih posledica.

**Kao biološki nosioci** štetnih hemijskih supstanci se mogu navesti: gljive, neke biljke, bakterije, paraziti, virusi. Spore gljivica (plesni) rasprostranjene su u svim geografskim područjima. Pogodna sredina za njihov razvoj su proizvodi biljnog i životinjskog porekla bogati belančevinama i ugljenim hidratima. Plesan svojom aktivnošću stvara jedinjenja koja mogu biti korisna – antibiotici, ali i štetna – mikotoksini. Biološke štetne materije u organizam mogu dospeti neposredno – konzumiranjem zagađenih namirnica i posredno – uzimanjem mleka, mesa i jaja životinja koje se hrane zagađenom hranom, ali i disanjem i preko kože životinja.



#### 4.4.3. Zaštita hrane od zagađivanja

U različitim fazama proizvodnje i transporta, hrana je izložena dejstvu fizičkih, hemijskih i bioloških agenasa. Na taj način dolazi do njene razgradnje ili zagađivanja. Sprovođenje preventivnih mera zaštite namirnica od zagađivanja i sprečavanje njihovog štetnog uticaja na zdravlje ljudi, regulisano je posebnim zakonskim propisima koji definišu pojam higijenske ispravnosti namirnica u pogledu tolerantnih nivoa toksičnog sadržaja, prisustva patogenih mikroorganizama, parazita, kao i drugih štetnih sastojaka. Kontrolu ispravnosti namirnica, prema utvrđenim zakonskim propisima, po standardnoj metodologiji, sprovode odgovarajući organi sanitarne, veterinarske, poljoprivredne i tržišne inspekcije,

kao i ovlašćene laboratorije. Hemijska kontrola hrane obuhvata sanitarno-hemijsku i toksikološko-hemijsku analizu. Bakteriološku kontrolu obavlja veterinarska i sanitarna inspekcija.



*Proizvodnja hrane i klimatske promene*

- 75% stanovništva u zemljama u razvoju se za svoj opstanak oslanja na poljoprivredu i prirodne resurse
- Svetska proizvodnja hrane mora dostići porast za 60% kako bi održala korak sa demografskim promenama
- Očekuje se u mnogim regionima pad prinosa useva od 10-25% do 2050. godine usled klimatskih promena
- Predviđa se da će porast temperature smanjiti ulov pojedinih vrsta riba za 40%
- Klimatske promene dovode do rizika od pojave bolesti koje se prenose hranom iz jedne regije u drugu
- Trenutno, 1/3 hrane koju proizvodimo je ili izgubljena ili prevedena u otpad. Globalni troškovi rasipanja hrane iznosi  $\approx$  2,6 triliona dolara godišnje, uključujući 700 milijardi dolara ekoloških troškova i 900 milijardi dolara društvenih troškova
- Globalno rasipanje hrane i nastali otpad generišu oko 8% godišnje emisije gasova staklene bašte.

*Izvor: FAO: Climate change and your food: Ten facts*

## Pitanja



1. U grupu makronutrijenata ne spadaju:
  - a. belančevine
  - b. vitamini
  - c. ugljeni hidrati
2. Lanac ishrane čine različite kategorije hijerarhijski povezanih organizama koji se prema svojoj ulozi mogu svrstati u sledeće grupe:
  - a. producenti, konzumenti i reducenti
  - b. biljojedi, mesožderi i mikroorganizmi
  - c. biljojedi i mesožderi
3. Koji se metali najčešće spominju kao visokotoksični ukoliko se nađu u hrani? (zaokruži slova ispred tačnih odgovora)
  - a. natrijum
  - b. kadmijum
  - c. benzo(a)piren
  - d. živa
4. Materije kojima se postiže željena čvrstina prehrambenih proizvoda nazivaju se:
  - a. stabilizatori
  - b. antioksidansi
5. Pored vrste pesticida napisati koju vrstu štetočina uništava.
  - a. herbicidi \_\_\_\_\_
  - b. insekticidi \_\_\_\_\_
  - c. fungicidi \_\_\_\_\_
  - d. rodenticidi \_\_\_\_\_
6. Tolerantnost živih organizama prema radioaktivnosti zavisi od složenosti njihove građe. Koji organizmi su tolerantniji na radioaktivnost?
  - a. organizmi na nižem stupnju razvoja
  - b. organizmi na višem stupnju razvoja
  - c. obe vrste organizama su podjednako tolerantne

7. Bakteriološku kontrolu ispravnosti namirnica obavljaju (zaokruži slova ispred tačnih odgovora):
- a. veterinarska inspekcija
  - b. sanitarna inspekcija
  - c. poljoprivredna inspekcija
  - d. tržišna inspekcija
-

## 5. Odgovori na pitanja

### Oblast: Opšti pojmovi i elementi i Čovek i njegov odnos prema životnoj sredini



1. a
2. a
3. b
4. b
5. b
6. a
7. b
8. c
9. c, b, a, d
10. b
11. a
12. b
13. b
14. a
15. a
16. b
17. a
18. c,e
19. a
20. b

### Oblast: Zagađivanje osnovnih medijuma životne sredine, sistem praćenja njihovog zagađivanja i zaštita

#### Voda

1. b, c, e
  2. a
  3. a, c
  4. b
  5. a
  6. b
  7. a
  8. a
  9. a
  10. b
-

- 11. a
- 12. a
- 13. b
- 14. b
- 15. b
- 16. b
- 17. a, d
- 18. a. aerobne i anaerobne  
b. šaržne i kontinualne
- 19. a
- 20. c

### **Vazduh**

- 1. a
- 2. a
- 3. b
- 4. c
- 5. c
- 6. a
- 7. b
- 8. b
- 9. a
- 10. a
- 11. d
- 12. c
- 13. b
- 14. a
- 15. c
- 16. c
- 17. b
- 18. b
- 19. a
- 20. c
- 21. d
- 22. a
- 23. c
- 24. b
- 25. sistemi za uklanjanje čestica i sistemi za uklanjanje gasovitih supstanci.

### **Zemljište**

- 1. b
-

2. a, d
3. b
4. a
5. a, b
6. c
7. fizički proces, hemijski proces, hemijski proces, biološki proces, fizički proces
8. b
9. b, d
10. d
11. b
12. a
13. fitoremedijacija, bioaugmentacija, bioventilacija, bionaslage
14. c
15. b
16. a.

### **Oblast: Ostali oblici zagađivanja životne sredine**

#### **Otpad**

1. b
  2. Otpad se, prema Katalogu otpada, razvrstava u **dvadeset** grupa u zavisnosti od **mesta nastanka** i **porekla**.
  3. (1) Nastajanje otpada – određeni materijal gubi svoju upotrebnu vrednost, (2) Rukovanje otpadom, separacija, čuvanje i obrada na izvoru – aktivnosti koje se preduzimaju u okviru ovog koraka utiču na karakteristike otpada, zdravlje ljudi i stav javnosti u oblasti upravljanja otpadom, (3) Sakupljanje otpada, (4) Separacija i obrada, (5) Pretovar i prevoz, (6) Odlaganje (deponovanje).
  4. a
  5. a
  6. a
  7. a, b
  8. a
  9. a
  10. a
  11. b
  12. c
-

**Buka**

1. c
2. c
3. b
4. b
5. do **65 dB**
6. a
7. prirodni izvor, veštački izvor, prirodni izvor, prirodni izvor, prirodni izvor
8. od **170 dB**
9. b

**Radioaktivno zagađivanje**

1. radioizotopi ili radionuklidi
2. b
3. b
4. b
5. c
6. b
7. a

**Zagađivanje hrane**

1. b
  2. a
  3. b, d
  4. a
  5. uništavaju korovske i lišćarske biljne vrste, insekte, gljivice i glodare
  6. a
  7. a, b
-

## 6. Korišćena literatura

1. Savić I., Terzija V. 2016. Ekologija i zaštita životne sredine, Udžbenik za prvi razred srednjih stručnih škola. Zavod za udžbenike Beograd. ISBN:978-86-17-19448-0.
2. Veselinović D., Marković D., Agatonović-Malinović V., Tomić V. 2008. Izvori zagađenja životne sredine. Udžbenik za drugi razred srednje škole – obrazovni profil: tehničar za zaštitu životne sredine. Zavod za udžbenike Beograd. ISBN: 978-86-17-15071-4.
3. Dangić A., Ristić M. 2008. Zagađivanje i zaštita tla, Udžbenik za treći razred srednje škole – obrazovni profil: tehničar za zaštitu životne sredine. Zavod za udžbenike Beograd. ISBN: 978-86-17-15725-6.
4. Ristić M., Đarmati Š., Vučković M. 2009. Prerada i odlaganje čvrstog otpada. Udžbenik za treći razred srednje škole – obrazovni profil: tehničar za zaštitu životne sredine. Zavod za udžbenike Beograd. ISBN: 978-86-17-15876-5.
5. Baras J., Petrović R. 2009. Zagađivanje i zaštita voda. Udžbenik za četvrti razred srednje škole – obrazovni profil: tehničar za zaštitu životne sredine. Zavod za udžbenike Beograd. ISBN: 978-86-17-16323-3.
6. Šerbula S. 2009. Zagađivanje i zaštita vazduha. Udžbenik za četvrti razred srednje škole – obrazovni profil: tehničar za zaštitu životne sredine. Zavod za udžbenike Beograd. ISBN: 978-86-17-16300-4.
7. Baras J. 2008. Prerada i odlaganje otpadnih voda. Udžbenik za četvrti razred srednje škole – obrazovni profil: tehničar za zaštitu životne sredine. Zavod za udžbenike Beograd. ISBN 978-86-17-15828-4.

