

# Utjecaj okoliša na kvalitetu života

---

**Porubić, Marina**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:494109>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-11**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

MARINA PORUBIĆ

UTJECAJ OKOLIŠA NA KVALITETU ŽIVOTA

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

MARINA PORUBIĆ

UTJECAJ OKOLIŠA NA KVALITETU ŽIVOTA

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Zlatko Jurac, prof. v. š.

Karlovac, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

ZAVRŠNI RAD

Studentica: Marina Porubić

Naslov teme: UTJECAJ OKOLIŠA NA KVALITETU ŽIVOTA

Opis zadatka: 1. Uvod  
2. Zrak  
3. Voda  
4. Tlo  
5. Zakonska regulativa  
6. Zaključak

Zadatak zadan:

09/2015

Rok predaje rada:

11/2015

Predviđeni datum obrane:

11/2015

Mentor:

Dr. sc. Zlatko Jurac, prof. v. š.

---

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Dr. sc. Nikola Trbojević, prof. v. š.

---

## PREDGOVOR:

*Ovim putem željela bih se prvenstveno zahvaliti svom mentoru dr. sc. Zlatku Jurcu zbog pomoći i vodstva prilikom izrade ovog diplomskog rada.*

*Najveća zahvala ide mojim roditeljima na strpljenju, podršci i što su mi bili oslonac tijekom cijelog studija.*

## SAŽETAK:

U ovom diplomskom radu obrađena je tema važnosti zaštite okoliša; zraka, vode i tla, kao i utjecaj njihovog onečišćenja i oštećenja na čovjeka ali i na ostali živi svijet. Zaštitom okoliša osigurava se cjelovito očuvanje kakvoće okoliša, očuvanje bioraznolikosti i krajobrazne raznolikosti, racionalno korištenje prirodnih dobara , kao osnovni uvjet zdravog života i temelj održivog razvoja.

## SUMMARY:

This paper deals with the topic of the environment; water, air and soil protection, as well as the influence of their pollution on the man and all other beings in the world. The protection of the environment ensures overall quality of the environment, keeps biodiversity and environmental diversity, represents rational usage of the natural resources and the basic condition of healthy life, the foundation of sustainable development.

# SADRŽAJ

2.	UVOD	1
3.	ZRAK	4
3.1.	Sastav atmosfere	5
3.2.	Slojevi atmosfere	6
3.3.	Onečišćenje zraka	8
2.3.1.	Izvori onečišćenja zraka	9
3.4.	Posljedice onečišćenja zraka	11
2.4.1.	Kisele kiše	11
2.4.2.	Efekt staklenika	12
2.4.3.	Smanjivanje ozonskog omotača	14
2.4.4.	Globalne klimatske promjene	15
3.5.	Utjecaj onečišćenog zraka na ljude	18
4.	VODA	19
4.1.	Podjela vode	20
3.1.1.	Atmosferske vode	20
3.1.2.	Površinske vode	21
3.1.3.	Podzemne vode	21
4.2.	Onečišćenje vode	24
4.3.	Obrada pitkih voda	27
3.3.1.	Dezinfekcija	28
3.3.2.	Filtracija vode	30
3.3.3.	Koagulacija i flokulacija	31
3.3.4.	Uklanjanje željeza i mangana	32
4.4.	Otpadne vode	33
3.4.1.	Pročišćavanje otpadnih voda	35
4.5.	Utjecaj onečišćenja vode na život	40
5.	TLO	41
5.1.	Uloga tla	42
5.2.	Uzroci onečišćenja tla	44
4.2.1.	Gubitak plodnosti tla	45
4.2.2.	Dehumizacija i zbijanje tla	45
4.2.3.	Erozija tla	46
4.2.4.	Opustinjavanje ili dezertifikacija	47
4.2.5.	Zakiseljavanje tla	47
4.2.6.	Degradacija i destrukcija tla	47
4.2.7.	Ratom onečišćena tla	49
4.2.8.	Gospodarenje tlom	49
5.3.	Klasifikacija oštećenja tla	50
5.4.	Granične vrijednosti onečišćujućih tvari u tlu	52
5.5.	Utjecaj onečišćenja tla na čovjeka	53
6.	ZAKONSKA REGULATIVA	55
7.	ZAKLJUČAK	67
8.	LITERATURA	69

# 1. UVOD

Nastanak Zemlje i života na njoj, te održanja razvoja flore i faune do današnjih dana uvjetovano je korištenjem energije i postojanjem atmosfere. Čovjek svojim aktivnostima i opstojnošću zagađuje okoliš.

Općenito govoreći, mnogo je vrsta onečišćenja okoliša, ali najvažnije su:

- zagađenje tla (kontaminacija) – ugljikovodici, otapala i teški metali
- zagađenje vode – uključuje insekticide i herbicide, prehrambeni otpad, zagađivače iz uzgoja stoke, hlapive organske spojeve, teške metale, kemijski otpad i drugo
- zagađenje zraka – neki od najznačajnijih su sumporni dioksid, dušikov dioksid, ugljikov monoksid, ozon, hlapivi organski spojevi i čestice, koje su uz radioaktivne zagađivače vjerojatno među najdestruktivnijim (posebno kada su nastale nuklearnim eksplozijama)

Do zagađenja okoliša dolazi kada okoliš više ne može sam obraditi i neutralizirati štetne nusprodukte ljudskog djelovanja poput otrovnih ispušnih plinova, a da ne dođe do strukturnog ili funkcionalnog oštećenja sustava. Onečišćenje s jedne strane nastaje, jer priroda ne zna kako razgraditi neprirodne elemente (antropogene zagađivače), dok s druge strane, zbog nedovoljno znanja ljudi kako te zagađivače umjetno razgraditi. Jedan od najgorih slučajeva za prirodu je razgradnja radioaktivnih zagađivača, koja može potrajati i nekoliko tisuća godina.

Čovjek kao organizam najvišeg stupnja razvitka samim svojim postojanjem djeluje i mijenja okoliš. Za razliku od drugih organizama čovjek stvara i povezuje kulturna, sociološka, ekonomska i politička zbivanja pa tako može postaviti vremenske i prostorne veze između pojedinih zbivanja. Zabrinutost čovjeka za propadanje i zagađenje okoliša nije se pojavilo prvi put tek šezdesetih godina prošlog stoljeća, već su zagađenje zraka, vode, kvarenje živežnih namirnica i drugi problemi okoliša odavno poznati.

Naime, od davnih vremena predodžbe o bolestima, uvjetovane okolišem, bile su daleko prihvaćenije nego danas. Svi ti problemi ponovno su izbili na površinu s industrijskom revolucijom tj. vremenom koje je obilježeno naglim rastom tvornica, nicanjem velikog broja gradova, a što je imalo za posljedicu zauzimanja velikih površina zemlje, zagađenjem vode i zraka, stvaranja otpadaka i buke te mijenjanje izgleda okoliša.

Sva zagađenja okoliša imaju utjecaja na floru i faunu, a posredno i neposredno na čovjeka. Kad se govori o ekološkim problemima, nikada se ne smije zaboraviti da je to vrlo široko područje koje zadire praktički u sve pore ljudske djelatnosti.

U ekološkoj krizi s kojom se društvo danas suočava, na kocki je sama sposobnost Zemlje da održi razvijene oblike života. Kriza se oblikuje sve brojnijim oblicima zagađenja zraka i vode, sve većom akumulacijom otpadaka koji se ne rastvaraju, olovnog taloga, pesticidnih ostataka i otrovnih dodataka u hrani, uništavanje poljoprivrednog zemljišta (razgradnjom i ekspanzijom gradova u široke urbane pojaseve) povećanim brojem stresova zbog prenapučenosti, buke i življenja u masi, neodgovornim trošenjem prirodnih dobara, sjećom šuma i drugim pojavama.



Iz navedenoga slijedi da suvremeno društvo uništava sve što se stoljećima stvaralo organskom revolucijom. Ako se taj proces ne zaustavi, Zemlja može biti reducirana na razinu biološko-tehničke jednostavnosti na kojoj se čovječanstvo (koji ovisi o hrani na tlu i u vodi) neće više moći dugo održati kao vrsta sposobna za život.

Život se na Zemlji svake godine mijenja, kako po broju stanovnika tako i po ostalim za život interesantnim segmentima. Tako je npr. svake godine manje oko 3,5 milijuna hektara obradive zemlje, oko 11 milijuna hektara šuma, a oko 6 milijuna hektara pustinja više, oko 5 milijardi tona otrovnih kemikalija se godišnje ispušta u životnu sredinu te oko 30 milijardi tona ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>).

Dosadašnji razvitak energetike bio je u prevladavajućoj mjeri usmjeren da se osiguraju potrebne količine energije, a nedovoljno usmjeren na čuvanje čistoće okoliša zbog potrebnih velikih financijskih sredstava.

Zemlja se razgrađuje uz pomoć erozije, alkalizacije, salinizacije i kemijske degradacije. Ako se zemlja uništava stalno u polukišnim podnebljima, širenje pustinja će biti sve veće i veće. Ako se gledaju prilike na tri kontinenta s najvećim brojem nerazvijenih i zemalja u razvoju (Afrika, Azija i Latinska Amerika), tada se može konstatirati da je erozija tla daleko najveća u Aziji, salinizacija i alkalizacija se doima kao najveći problem u Latinskoj Americi, dok je širenje pustinja pak problem svih regija.

Šume nestaju zbog nekontrolirane sječe, zbog bolesti šuma i zbog veoma čestih požara. Nestanak šuma pridonosi većoj eroziji tla, većim poplavama itd. Nestajanje i uništenje šuma najbolje primjećujemo po golim padinama Himalaja i Anda. Odumiranje šuma, također uzrokuje suše, a one su najzastupljenije u Sudansko - saharskom području gdje ubrzavaju stvaranje pustinja, uzrokuju žeđ i glad u tim područjima.

Sve veća upotreba genetski modificirane hrane te upotreba pesticida za uništavanje insekata omogućila je industrija pesticida i mnoge farmere učinila ovisnima. Međutim, s vremenom su insekti postali otporni, dok ljudi nisu. Industrija antibiotika i pesticida doživljava procvat, a antibiotici se ubrizgavaju životinjama ili im se stavljaju u hranu.

Uz navedena zagađenja degradirani su vodni sistemi u morima i rijekama. Štetne kemikalije nalaze se u nedopuštenim količinama pitkih i stajaćih voda, pa je njihov utjecaj štetan na floru i faunu, a samim tim i na čovjeka. Mnogi izvori pitke vode već su neupotrebljivi ili su presušili. Do prije nekoliko godina na zagađenje okoliša gledalo se uglavnom s lokalnog stajališta, znači, gledalo se samo neposredno zagađenje okoliša (zraka, vode, zemlje itd.) dok su se globalni aspekti uglavnom zanemarivali. Međutim, u posljednje vrijeme se počinje sve više pažnje posvećivati globalnim problemima zagađenja okoliša

Čovjek sa svojom aktivnošću odlučujući je činitelj u mijenjanju okoliša. Zadovoljenje njegovih potreba uz određeni način života opterećuje prostor na Zemljinoj površini. Radi toga može se kazati da je opći napredak, u uvjetima tehnološke revolucije, postigao vrlo visoku razinu industrijskih aktivnosti te vrlo visok životni standard za dio stanovništva što je sve zajedno imalo veliki utjecaj na okoliš.

Povijesno gledano, čovjek je bio zauzet i ponesen tehnološkim uspjesima te povećanjem osobnog i društvenog standarda, tako da je kroz jedan vremenski period zaboravio, ili bolje rečeno, zanemario utjecaj na okoliš. Tako je došlo do znatnog zagađenja zraka i atmosfere (posebno u urbanim sredinama), do smanjenja područja pod šumama, do toplinskog zagađenja vode i zraka (zagrijanih različitim industrijskim otopinama) itd.

Iz navedenoga bi se moglo zaključiti da je civilizacijski napredak donio korist za čovječanstvo s jedne strane, dok bi se s druge strane moglo zaključiti da bi taj napredak kroz zagađenje okoliša mogao uništiti samu civilizaciju.

Visoka razina kulturnog, znanstvenog i tehnološkog razvitka mora poslužiti kao temelj za razuman i harmoničan odnos između čovjeka i okoliša. To će u mnogome ovisiti o spremnosti čovjeka da u planovima razvoja predvidi radikalnije mjere očuvanja okoliša. Jedan dobar dio moći će se riješiti novim tehnologijama, dok se drugi dio mora riješiti promjenama u čovjekovu shvaćanju i poimanju mogućnosti i potrebe življenja svih ljudi na Zemlji.



Slika 1. Čuvajmo naš planet

## 2. ZRAK

Zrak je plinoviti omotač koji okružuje Zemlju i tvori atmosferu. Zrak je osnovna potreba čovjeka, jer čovjek ne može živjeti dulje od 5 minuta bez disanja. Dnevno se udiše oko  $15 \text{ m}^3$  ili oko 15 kg. Za svoje disanje čovjek na određenom mjestu ne može birati zrak koji će udisati nego udiše onaj koji ga okružuje.

Zajedno s oceanima, atmosfera u velikoj mjeri utječe na klimatske i vremenske prilike na Zemlji, kao i na naseljenost pojedinih dijelova Zemlje. Atmosferski uvjeti na odgovarajućem položaju i vremenu određuju vremenske prilike, što uključuje vjetrove, oblake, temperaturu i relativnu vlažnost. Klima nekog područja odnosi se na atmosferske uvjete tijekom mnogo godina što se opisuje dugoročnim prosječnim vrijednostima čimbenika koji određuju vremenske prilike. Atmosfera je složen i dinamički sustav u kojem se neprestano odigravaju fizičke i kemijske reakcije. Mnogi procesi u atmosferi nalaze se u stanju dinamičke ravnoteže.

Klimatski sustav također je rezultat dinamičke ravnoteže između Sunčeve energije koja ulazi u atmosferu i energije radijacije koja ju napušta. Razina kisika u atmosferi rezultat je prirodnog ciklusa ugljika koji uključuje procese fotosinteze u kojima se kisik oslobađa i procese kojima se kisik troši, npr. respiracijom.

Cirkulacija u atmosferi također je dinamički proces. Neki dijelovi planeta primaju više Sunčeve energije od ostalih, a nejednako zagrijavanje potiče nastajanje struja vjetrova kojima se toplina prenosi iz toplijih u hladnija područja.

Svakodnevna ljudska djelatnost, posebice u razvijenim dijelovima svijeta sve više dovodi do promjena dinamičkih procesa u atmosferi. Posljedica sve intenzivnijih ljudskih aktivnosti u današnje doba je povećana razina stakleničkih plinova u troposferi, što dovodi do postepenog povećanja prosječne temperature na površini Zemlje. Općenito, povećanje prosječne temperature Zemljine atmosfere i oceana zabilježeno u 20. stoljeću poznato je pod nazivom globalno zagrijavanje. Prema nekim tumačenjima u zadnjih 100 godina prosječna globalna temperatura porasla je u prosjeku za  $0,4\text{--}0,8 \text{ }^\circ\text{C}$ , a u 20. stoljeću iznosila je  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Dodatni indikator globalnog zagrijavanja je temperaturna devijacija (ili temperaturna anomalija), čiji najveći porast je zabilježen od 1880. do 1940., te od 1976. do danas. Očiti pokazatelji globalnog zagrijavanja su otapanje ledenjaka, otapanje Grenlandske ploče, učestale promjene vremena, tropske nepogode, nestajanje koraljnih grebena i dr. Predviđa se da će prosječna temperatura porasti za  $2,5^\circ\text{C}$  u sljedećih 100 godina. Razina mora će rasti od 3 do 10 centimetra po desetljeću.

## 8.1. Sastav atmosfere

Izučavanje kemije atmosfere započelo u 18. stoljeću kad su kemičari Joseph Priestley, Antoine-Laurent Lavoisier i Henry Cavendish pokušali odrediti kemijski sastav atmosfere. Zahvaljujući njihovim naporima te brojnim kemičarima i fizičarima 19. stoljeća određeni su glavni sastojci atmosfere - dušik, kisik, vodena para, ugljikov monoksid i plemeniti plinovi. U drugoj polovici 19. i prvoj polovici 20. stoljeća pažnja istraživača usmjerena je na ostale sastojke atmosfere koji dolaze u tragovima.

Zemljina atmosfera sastoji se od približno 78 % dušika, 21 % kisika i 0.93 % argona, dok ostali spojevi uglavnom dolaze u manjim količinama. Dušik se akumulirao u atmosferi tijekom geološkog vremena te postao najzastupljeniji sastojak atmosfere što se objašnjava njegovom kemijskom inertnošću, netopljivošću u vodi i svojstvu da ne kondenzira pri uvjetima uobičajenim za atmosferu. Vodena para je drugi najzastupljeniji sastojak atmosfere i njezina koncentracija je jako promjenljiva, a može postići koncentracije i do 3 %. Na koncentraciju vodene pare u atmosferi jako utječu procesi isparavanja i precipitacije. Plemeniti plinovi (argon, neon, helij, kripton i ksenon) također su vrlo inertni i ne sudjeluju u atmosferskim procesima.

U novije vrijeme sve veća pažnja znanstvene i stručne javnosti usmjerena je na prisutnost stakleničkih plinova u atmosferi, a posebice na kontinuiran porast njihove koncentracije. Staklenički plinovi, čiji najznačajniji predstavnici su ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), dušikov oksid (N<sub>2</sub>O) i klorofluorouglicji (CFC) apsorbiraju toplinu zračenja Zemlje. Na taj način uzrokuju zagrijavanje površine Zemlje i nižih slojeva atmosfere i dovode do pojave poznate pod nazivom učinak staklenika ili globalno zagrijavanje.

U skupinu stakleničkih plinova ubraja se i vodena para, međutim ona obično nije dio rasprava koje se odnose na problematiku globalnog zagrijavanja. Prisutnost stakleničkih plinova u atmosferi ima i pozitivni učinak, jer bi bez njih površina Zemlje bila za oko 30 °C hladnija, što ne bi bilo dovoljno za život na Zemlji. Treba naglasiti da su se koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi značajno promijenile u zadnja dva stoljeća, što je rezultiralo najvećim problemom u zaštiti okoliša - pojavom globalnog zagrijavanja.

Mnogi znanstvenici smatraju da se u početku, prije približno 4,5 miliona godina, Zemljina atmosfera sastojala samo od vodika i helija. Helij se brzo trošio, jer Zemljina gravitacija nije bila dovoljno jaka da ga zadrži. S vremenom, vulkanske erupcije dovele su do oslobađanja vodene pare, ugljikovog monoksida, metana, amonijaka, dušika i sumpora u atmosferu. Postoji više teorija o tome kako je kisik dospio u atmosferu. U jednoj od teorija navodi se da kisik potječe od prvih oblika života i algi te da su ti prvobitni oblici života utjecali na kasnije promjene sastava atmosfere. Nadalje, pretpostavlja se da se vulkanskim erupcijama iz Zemljine jezgre postepeno oslobađalo sve više vodene pare, koja se kondenzirala i omogućila nastajanje oblaka. Oblaci su počeli precipitirati (kiše) i nastajale su površinske vode na Zemlji (oceani, rijeke, jezera). Ostaci tih prvobitnih oblika voda zabilježeni su u sedimentnim stijenama. Znanstvenici vjeruju da se uz prvobitno nastale vode vežu prvi oblici života, fotosinteza te atmosfera bogata kisikom.

## 8.2. Slojevi atmosfere

S obzirom na kemijski sastav atmosfere se dijeli na homosferu i heterosferu. U donjim dijelovima atmosfere, koja se naziva homosfera (do visine 80 km), sastav pojedinih plinova (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar, Ne, He, Kr, i dr.) je stalan, dok u višim slojevima atmosfere – heterosferi dolazi do promjene volumnih omjera plinova, jer apsorbiraju UV zračenje što dovodi do njihove ionizacije.

Bitno obilježje Zemljine atmosfere su promjene temperature i tlaka s visinom. Promjena prosječnog temperaturnog profila s visinom osnova je za razlikovanje nekoliko slojeva atmosfere. Atmosfera se prostire na više od 560 kilometara iznad površine planete i obuhvaća nekoliko područja ili slojeva od kojih svaki ima odgovarajuće toplinske, kemijske i fizičke značajke.

Zavisno o udaljenosti od površine Zemlje i promjeni temperature u pojedinom sloju razlikuju se sljedeći slojevi: troposfera, stratosfera, mezosfera, termosfera i egzosfera te pripadajući međuslojevi: tropopauza, stratopauza, mezopauza i termopauza.

Za život i prilike na Zemlji najvažnije su pojave u nižim slojevima atmosfere, tj. u troposferi i stratosferi. U određenim uvjetima te u određenim područjima atmosfere može doći do pojave temperaturnih inverzija (temperatura zraka raste s porastom visine), što može izravno utjecati na disperziju zagađivala u atmosferi odnosno može uzrokovati akumulaciju zagađivala u određenim područjima.

Troposfera je sloj najbliži površini Zemlje, a prostire se do približno 11 km nadmorske visine. Plinovi koji se nalaze u troposferi omogućavaju život na Zemlji. Temperatura tog sloja smanjuje se s visinom, iako je moguća pojava temperaturnih inverzija. Prosječna temperatura na površini Zemlje iznosi približno 15 °C, a temperatura gornjeg rubnog područja troposfere oko -56 °C.

Tropopauza je tanak sloj između troposfere i stratosfere.

Stratosfera doseže do oko 50 kilometara visine. U njezinom se donjem dijelu (hladna stratosfera) temperatura neznatno mijenja s porastom visine, dok u gornjem (topla stratosfera) temperatura raste s visinom jer ozon apsorbira ultraljubičasto Sunčevo zračenje.

Tanak sloj između stratosfere i ionosfere je stratopauza.

Ionosfera obuhvaća sloj atmosfere između 50 i 600 km iznad površine Zemlje. Sastoji se uglavnom od kisika i dušika. Sunčeva energija u obliku ultraljubičastog i rendgenskog zračenja ionizira plinove i omogućava nesmetano gibanje elektrona.

Mezosfera predstavlja dio atmosfere koji se nastavlja na stratopauzu, a prostire se od 50 do 85 km visine. Temperatura zraka u mezosferi smanjuje se s visinom.

Na mezopauzu nastavlja se termosfera i prostire se do visine od 500 km. Temperatura zraka u ovom dijelu atmosfere naglo raste s porastom visine, a visoke temperature posljedica su apsorpcije Sunčevog zračenja i procesa ionizacije.

Termopauza je sloj između termosfere i egzofere.

Egzosfera je vanjski sloj atmosfere koji se nalazi iznad 500 km, a njezina granica nije točno određena. Temperatura zraka u ovom sloju je iznimno visoka i može doseći vrijednosti od 4000°C. Atomi plinova u egzosferi nalaze se u stanju plazme (potpuno su ionizirani) i gibaju se kaotično. U egzosferi mogu biti zarobljene čestice izvanzemaljskog podrijetla, koje se nastavljaju gibati u orbiti Zemlje (unutar Zemljina magnetskog polja). U egzosferi se nalaze i meteorološki sateliti (do visine 36 000 km).



Slika 2. Slojevi atmosfere

### 8.3. Onečišćenje zraka

Da je „čist zrak najvažnija hrana i lijek za ljude“ tvrdio je i Hipokrat, najpoznatiji antički grčki liječnik, koji je bolest vidio kao prirodnu pojavu kojoj uzrok leži isključivo u prirodnim uzrocima – lošoj prehrani, klimatskim čimbenicima, onečišćenoj vodi, zraku i sl.

Prvom žrtvom onečišćenog zraka smatra se Plinije Stariji, admiral rimske flote koji je umro na plaži u Napulju u vrijeme erupcije Vezuva (79. godine).

U starom Rimu državnik Seneka u jednom svojem traktatu žalio se na smrdljivi, čađavi i teški zrak u gradu.

Londonski je zrak 1285. godine bio toliko zagađen da je to gotovo prisililo kralja Eduarda I. da izda prvi pravni akt o zagađenju zraka, a 22 godine kasnije kralj je gorenje ugljena u gradu proglasio ilegalnim – zabrana koja se nažalost nije dugo zadržala, iako je zabilježeno da je, zbog nepoštivanja te odredbe grada oko 1300. godine jedan građanin Londona osuđen na smrt i smaknut.

Također se valja prisjetiti i nekoliko okolišnih incidenata, vezanih za onečišćenje zraka, a koji su završili tragičnim posljedicama. Primjerice od posljedica londonskog *Velikog smoga*, u prosincu 1952., u samo sedam dana umrlo je približno 4000 ljudi. Niske temperature, u kombinaciji s anticiklonom i odsustvom vjetera, dovele su do sakupljanja i formiranja debelog sloja smoga nad gradom. Smog je trajao od petka 5. prosinca do utorka 9. prosinca, a zatim je brzo raspršen promjenom vremena. Iako je izazvao slabu vidljivost, pa čak ulazio i u zatvorene prostore, u to se vrijeme nije smatralo da će pojava smoga biti tako značajan događaj, pogotovo što je London iskusio mnogo sličnih događaja u prošlosti. Međutim, u sljedećih nekoliko tjedana, kako pokazuju medicinska izvješća, umrlo je približno 4000 ljudi, a više od 100000 ih je oboljelo od bolesti respiratornih organa izazvanih zagađenjem zraka. Veliki smog smatra se najgorim onečišćenjem zraka u povijesti Velike Britanije, ali i najznačajnijim u smislu utjecaja na istraživanje okoliša, izmjenu zakonske regulative i svijesti javnosti o vezi između onečišćenja zraka i zdravlja ljudi.

Incident je doveo do nekoliko promjena u propisima, uključujući i Pravilnik o čistom zraku iz 1956. godine. Naravno, uz onečišćenje kao posljedicu gorenja nekvalitetnog ugljena, Velikom su smogu pogodovali i nepovoljni meteorološki uvjeti. Ipak koliko su ozbiljne posljedice onečišćenja zraka govori Izvješće INEP-a, koje procjenjuje da smrtnost diljem svijeta od svih vrsta onečišćenja zraka za 2001. godinu iznosi 2,7-3 milijuna, broj koji može narasti i do 8 milijuna 2020. godine.

### 8.3.1. Izvori onečišćenja zraka

Općenito pod onečišćujućim tvarima u zraku podrazumijevamo sve tvari koje uzrokuju štetu ljudima i okolišu, a u zraku se mogu nalaziti u krutom, tekućem i plinovitom stanju. Iako postoje i prirodni izvori onečišćenja zraka, koji mogu biti veći čak od prouzročenih ljudskom djelatnošću, poseban problem predstavljaju umjetni izvori onečišćenja koji su posljedica ljudske djelatnosti, a posebno su izraženi u velikim gradovima i industrijskim zonama i njima upravlja čovjek.

Prema vrsti izvora onečišćenja zraka, razlikuju se prirodni i umjetni izvori.

Prirodni izvori su: pustinjska prašina nošena vjetrom, aeroalergeni, čestice morske soli, dim, leteći pepeo, plinovi šumskih požara, močvarni plinovi, mikroorganizmi (bakterije, virusi), magla, vulkanski pepeo i plinovi, prirodna radioaktivnost, meteorska prašina te prirodna isparavanja.

Umjetni izvori onečišćenja zraka obuhvaćaju onečišćenje uzrokovano aktivnostima i procesima kojim upravlja čovjek: proizvodnja toplinske i električne energije (elektrane i toplane), rad industrijskih postrojenja (npr. metalurška, kemijska industrija) i poljoprivreda (kopanje, zaprašivanje, spaljivanje i dr.), transportna sredstva, spaljivanje različitih vrsta otpada, procesi kemijskog čišćenja, tiskanja, bojanja, rušenja objekata, zaprašivanja insekata itd.

Umjetni izvori onečišćenja mogu biti:

- Pojedinačni (točkasti) – različiti izvori izolirani su ili međusobno dovoljno udaljeni da ne onečišćavaju isti prostor, npr. termoelektrane, rafinerije i sl. uz koje nema drugih postrojenja, tako da su jedini izvor onečišćenja na tom području.
- Linijski – transportni putovi kojima se kreću transportna sredstva.
- Površinski – podrazumijevaju veliki broj manjih izvora koji onečišćavaju isti prostor, npr. industrijske zone s većim brojem postrojenja koja zajedno onečišćuju zrak u jednom gradu.

Umjetni izvori onečišćenja mogu se još podijeliti na stacionarne i mobilne, a s obzirom na vrijeme onečišćavanja na trajne (visoke peći, termoelektrane i sl.) i povremene izvore.

Onečišćivači iz umjetnih izvora zbog svoje visoke mobilnosti najopasniji su od svih onečišćivača jer mogu kontaminirati velike površine i gotovo sve elemente okoliša. Najčešći onečišćivači zraka u urbanim područjima su: čestice, aerosoli, suspendirane tvari (dim i čađa), dušikovi oksidi (NO i NO<sub>2</sub> zajedno NO<sub>x</sub>), sumporov dioksid (SO<sub>2</sub>), ugljikov monoksid (CO), ugljikovodici (HC), ozon (O<sub>3</sub>), olovo (Pb), ali i hlapljive organske tvari, dioksin, benzen, formaldehid, različiti teški metali, duhanski dim i druge tvari opasne po zdravlje i okoliš.



Prema razini zagađenja, tj. s obzirom na propisane granične vrijednosti (GV), tolerantne vrijednosti (TV), ciljne vrijednosti i dugoročne ciljeve za ozon definiraju se sljedeće tri kategorije kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj:

- a) prva kategorija kakvoće zraka – čist ili neznatno zagađen zrak: nisu prekoračene granične vrijednosti (GV) i dugoročni ciljevi za ozon,
- b) druga kategorija kakvoće zraka – umjereno zagađen zrak: prekoračene su granične vrijednosti (GV) i dugoročni ciljevi za ozon, a nisu prekoračene tolerantne vrijednosti (TV) i ciljne vrijednosti za ozon,
- c) treća kategorija kakvoće zraka – prekomjerno zagađen zrak: prekoračene su tolerantne vrijednosti (TV) i ciljne vrijednosti za ozon.

Pod graničnom vrijednošću (GV) podrazumijeva se granična razina zagađenja ispod koje, na temelju znanstvenih spoznaja, ne postoji, ili je vrlo mali rizik štetnih učinaka na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cjelini i jednom kada je postignuta ne smije se prekoračiti.

Tolerantna vrijednost (TV) je granična vrijednost uvećana za granicu tolerancije.

Dugoročni cilj za ozon odnosi se na razinu zagađenja koju treba postići u dužem vremenskom razdoblju, osim kada to nije moguće postići odgovarajućim mjerama, s ciljem osiguranja učinkovite zaštite ljudskog zdravlja i okoliša.

Ciljna vrijednost je razina zagađenja postavljena s ciljem dugoročnog otklanjanja mogućih štetnih učinaka na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cjelini, koju, gdje je to moguće, treba postići u utvrđenom roku.

Kritične razine zagađenja zraka propisane su za sumporov dioksid, dušikov dioksid i ozon. U slučaju pojave prekoračenja kritičnih razina propisane su posebne mjere zaštite zdravlja ljudi i okoliša koje se moraju poduzeti.



Slika 3. Primjer potpunog onečišćenja zraka u Kini

## 8.4. Posljedice onečišćenja zraka

Svaka promjena sastava zraka ima izravan utjecaj na život biljaka, životinja i ljudi, a onečišćenja u zraku u bilo kojem obliku uzrokuju različite štetne utjecaje na čovjeka i okoliš. Glavne posljedice onečišćenja zraka vide se kroz: pojavu kiselih kiša, pojavu tzv. efekta staklenika, stvaranje ozonske rupe te globalne klimatske promjene.

### 8.4.1. Kisele kiše

Kisele kiše postaju jedan od najznačajnijih okolišnih problema, a rezultat su onečišćenosti atmosfere uslijed brzog industrijskog razvoja.

Stvarno porijeklo kiselih kiša bilo je industrijska revolucija na sjeveru Engleske u 19. stoljeću. Pojam i ime kiselih kiša prvi je uveo britanski inspektor za onečišćenje zraka Robert August Smith. On je uspostavio mrežu skupljača kiše oko glavnog industrijskog grada Manchestera i 1851. godine je pred britanskim društvom za unapređenje znanosti referirao da sva kiša koju je on sakupio sadrži sumpornu kiselinu, a sadržaj kiseline se povećavao idući iz provincije prema gradu. Rezultate svojih istraživanja objavio je 1872. godine u svom djelu „Zrak i kiša“, od tada se službeno upotrebljava izraz *kisele kiše*.

To su padaline koje u sebi sadrže vrlo štetne kemijske spojeve, počevši od spojeva sumpora i ugljika, pa sve do složenih dušikovih i organskih slojeva s česticama izuzetno otrovnih teških metala. Kisela kiša nastaje kada ti plinovi u atmosferi reagiraju sa vodom, kisikom i drugim kemikalijama formirajući različite kisele spojeve. Sunčeva svjetlost ubrzava ove reakcije, a kao rezultat tog procesa nastaju blagi rastvori sumporaste i dušične kiseline. Dok je normalna pH vrijednost kiše oko 5,5; pH vrijednost kisele kiše iznosi u prosjeku od 4 - 4,5.

Opterećenja uzrokovana kiselim kišama uglavnom nastaju kao posljedica izgaranja fosilnih goriva, ugljena i nafte. Razlog tome je stalni porast sadržaja kiselih oksida koji se akumuliraju u atmosferi, zatim rastvaraju u kišnim kapima i kišom ili snijegom dospijevaju na zemljinu površinu. Pod djelovanjem kiselih kiša propada šumska vegetacija, uništavaju se poljoprivredne površine i dolazi do pomora riba u jezerima. Posebno su ugrožene šume, koje na pojedinim područjima u fazi propadanja imaju i više od 40% jedinki. Taj proces propadanja naziva se „umiranje šuma“.



Slika 4. Primjer umiranja šuma djelovanjem kiselih kiša

Uz to kisele kiše djeluju na sve predmete na Zemlji: izazivaju narušavanje i koroziju spomenika, fasada, kamenih i metalnih kipova i ukrasa, pogotovo u gradskim područjima što se naziva kamena erozija.

Iako postoje naznake da većina država (ponajprije europskih) odlučno nastoji smanjiti štetne emisije  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  i  $\text{NO}_x$ , najveći zagađivač – SAD, i dalje se slabo odaziva. Konferencija o klimatskih promjenama, održana u japanskom gradu Kyotu u prosincu 1997.; pokušala je postaviti pravno obvezujuća ograničenja emisije, kako za industrijalizirane tako i za države u razvoju. SAD je pokušao zadržati svoju razinu emisije prijedlogom da se uvedu kvote na temelju kojih bi države mogle ispustiti određene količine onečišćujućih tvari ili takvo svoje pravo prodati drugim državama. Taj i slični prijedlozi naišli su na oštru kritiku ekologa koji na sve države vrše pritisak da smanje emisiju. Jedino pravo rješenje je redukcija emisije  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  i  $\text{NO}_x$ , što je moguće ostvariti reguliranjem emisija iz industrije, povećanjem energetske efikasnosti, korištenjem alternativnih izvora energije i programima smanjenja onečišćenja.

#### 8.4.2. Efekt staklenika

Efekt staklenika najjednostavnije se može definirati kao porast temperature zraka u atmosferi, izazvan stakleničkim plinovima. To je proces u kojem se toplinsko zračenje s površine Zemlje apsorbira u atmosferi, a apsorbiraju ga staklenički plinovi te dolazi do ponovnog zračenja u svim smjerovima. Dio tog zračenja dolazi natrag u niže slojeve atmosfere i na zemljinu površinu, što dovodi do toga da je temperatura u tim dijelovima viša nego da dolazi samo od solarnog zračenja.

Na Zemlji djeluje i prirodni i antropogeni efekt staklenika. Prirodno prisutan efekt staklenika je proces kojim se zagrijevaju Zemljina površina i atmosfera. Bez njega bi temperatura na atmosferi bila približno  $30^\circ\text{C}$  (oko  $-18^\circ\text{C}$ ) te život u ovom obliku vjerojatno ne bi postojao. Kratkovalne sunčeve zrake prodiru velikim dijelom na površinu Zemlje, ali dugovalne toplinske zrake koje Zemlja isijava sa svoje zagrijane površine dobrim dijelom apsorbira atmosfera.

Na taj se način smanjuje zahlađivanje. Prirodnom stakleničkom efektu najviše pridonosi vodena para, a dijelom i staklenički plinovi, ukupna koncentracija kojih u troposferi nije viša od 0,1%. Staklenički plinovi su: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, CFC i O<sub>3</sub> (ozon). Prirodni staklenički efekt povećavaju povišene koncentracije spomenutih plinova, kao i umjetno stvoreni plinovi.

U posljednjih 200 – tinjak godina, izgaranjem fosilnih goriva koja se koriste kao glavni izvor energije, koncentracija stakleničkih plinova brzo se mijenjala, uslijed čega dolazi do promjene klime. Najviše pozornosti pri proučavanju efekta staklenika pridaje se ugljikovu dioksidu, kojeg je velik porast koncentracije prvenstveno posljedica spaljivanja fosilnih goriva. Smatra se kako je u atmosferi ostalo približno 50% ugljikova dioksida koji je emitiran ljudskom aktivnošću. Postoje mišljenja kako će se koncentracija ugljikova dioksida u atmosferi do 2100. godine povećati između 50 i 300%. Prema nekim procjenama temperatura na površini Zemlje povisit će se između 1 – 5°C. U posljednjih 250 godina udvostručila se i koncentracija metana (CH<sub>4</sub>) koji u prirodi nastaje razgradnjom organskih tvari bez prisutnosti kisika. Antropogenim djelovanjem metan nastaje uzgojem riže, uzgojem stoke, na odlagalištima otpada, iskorištavanjem i transportom zemnog plina i u termoelektranama. Dušikov oksid, čija koncentracija također raste, nastaje kao posljedica poljoprivredne i industrijske proizvodnje te prometa. Dušikov oksid ima 310 puta veće djelovanje na efekt staklenika od ugljikova dioksida.

Zbog povećanja koncentracije stakleničkih plinova dolazi do povećanja prosječne temperature na Zemlji. Kao glavni krivac do sada je proglašavan ugljikov dioksid. Međutim najnoviji rezultati pokazuju da je promjena klime zadnjih 20–tak godina najvećim dijelom uzrokovana troposferskim ozonom, metanom, klorofluorogljicima i vrlo sitnim česticama čađe.

Efekt staklenika djeluje na globalnu temperaturu atmosfere, topljenje ledenog pokrivača, porast razine mora, a samim time i na biljni i životinjski svijet te na zdravlje ljudi.



Slika 5. Efekt staklenika

Paralelno s globalnim zagrijavanjem teče proces zastiranja Sunčeve svjetlosti krupnim česticama koje nastaju onečišćenjem zraka diljem svijeta, posebno u industrijaliziranim područjima i područjima crpljenja plina, nafte, ugljena i slično. Globalno zatamnjenje je postupno smanjenje količine Sunčeva zračenja koje dolazi do površine Zemlje, a nastaje zbog povećane količine sitnih čestica koje su u atmosferu dospjele ljudskim djelovanjem (izgaranjem raznih goriva). Problem koji uzrokuje globalno zatamnjenje je zapravo povećana količina aerosola u atmosferi jer sitne kapljice vode tada imaju puno više čestica na koje se mogu sakupljati i time nastaje puno više sitnih kapljica u oblaku, nego što bi ih bilo u normalnim uvjetima. Te kapljice vode puno efikasnije odbijaju Sunčevo zračenje natrag u svemir jer je ista količina vode tada rasprostranjena u više kapljica. Posljedica tog procesa je snižavanje temperature, odnosno hlađenje. Kada ne bi bilo tog procesa, ukupno bi globalno zagrijavanje bilo još intenzivnije. Globalno zatamnjenje zapravo smanjuje utjecaj globalnog zagrijavanja pa su to dvije suprotstavljene pojave.

Mjere za smanjenje stakleničkih plinova uključuju: korištenje obnovljivih izvora energije, povećanje energetske učinkovitosti, energetske korištenje otpada, promjenu tehnologija u industriji, korištenje javnog prijevoza te pošumljavanje.

#### 8.4.3. Smanjivanje ozonskog omotača

Ozonska rupa kao okolišni problem datira iz 70 – ih godina XX. stoljeća, kada je uočeno da neki kemijski proizvodi koje je stvorio čovjek mogu razgraditi ozon i oštetiti ozonski omotač Zemlje. Udio ozona u atmosferi je vrlo malen, ali je od vitalnog značenja za život na Zemlji. Nalazi se u dva sloja atmosfere: 10% u troposferi i 90% u stratosferi. Ozon u stratosferi često se naziva *ozonski omotač*.

U atmosferi ozon nastaje kemijskim procesima pod utjecajem Sunčevih zraka. U stratosferi taj proces počinje molekulom kisika koju razbijaju Sunčeve ultraljubičaste zrake, pri čemu nastaju dva atoma kisika. Svaki atom kisika spaja se s jednom molekulom kisika i time nastaje molekula ozona. Funkcija ove molekule je zaštitna jer ona sprečava štetno Sunčevo zračenje da ne obriše sa Zemlje život kakav poznajemo. Proces se odvija neprekidno dok god ima Sunčevih zraka u stratosferi. u troposferi ozon nastaje lančanom kemijskom reakcijom u koju su uključeni plinovi koji sadrže ugljikovodike i dušikov oksid.

Sagorijevanje fosilnih goriva primarni je izvor onečišćenja i nastajanja troposferskog ozona. Ozon u stratosferi apsorbira dio Sunčevih štetnih ultraljubičastih zraka, zbog čega se smatra „dobrim“ ozonom, a ozon pri površini Zemlje, nastao sagorijevanjem fosilnih goriva „lošim“ ozonom. Smanjenjem emisije uslijed sagorijevanja fosilnih goriva može se smanjiti i koncentracija lošeg ozona u području u kojem žive ljudi, biljke i životinje. Pojedini industrijski procesi uzrokuju emisije plinova u atmosferu. Ti plinovi dovode klor i brom u stratosferu, gdje uz pomoć ultraljubičastih Sunčevih zraka uzrokuju oštećenje ozonskog omotača.

Proizvodnja plinova koji uništavaju ozon regulirana je Montrealskim protokolom o tvarima koje oštećuju ozonski omotač koji je potpisan 16. rujna 1987., te njegovim kasnijim izmjenama i dopunama. Svrha Montrealskog protokola je da se postigne smanjenje sadržaja klora i broma u stratosferi.

Znanstvenici procjenjuju kako bi bez provedbe Montrealskog protokola, do 2050. godine oštećenje ozonskog omotača obuhvatilo najmanje 50 posto površine srednjih širina sjeverne polutke i 70 posto površine srednjih širina južne polutke, što je otprilike 10 puta gore od današnjeg stanja. Posljedice bi bile katastrofalne! Čak 19 milijuna ljudi oboljelo bi od nemelanomskih tumora kože, 1,5 milijuna od melanomskih oblika i nevjerojatnih 130 milijuna ljudi dobilo bi očnu mrežu.

Znanstvenici predviđaju da će se razgradnja ozonskog omotača nastaviti i doseći vrhunac u narednih nekoliko godina. Zatim će nastupiti razdoblje postupnog oporavka, a potpuno zacjeljenje ozonskog omotača predviđa se oko 2050. godine pod uvjetom da se poštuje Montrealski protokol.

Ozonski omotač ima sposobnost samoobnove, ali bilo bi potrebno prekinuti emisije štetnih plinova kako bismo mu mogli dati šansu da se zaliječi i čak i da ovoga trena hipotetski prestane svako zagađenje bila bi potrebna desetljeća kako bi se šteta sanirala.

#### 8.4.4. Globalne klimatske promjene

Globalne klimatske promjene predstavljaju promjenu klime svjetskih razmjera koja se izravno ili neizravno može pripisati ljudskim djelatnostima. Klima se na Zemlji mijenja zbog čovjekova djelovanja koje mijenja kemijski sastav u atmosferi nagomilavanjem stakleničkih plinova, ponajprije ugljikova dioksida, metana i dušikovih oksida.

Od početka industrijske revolucije koncentracija ugljikova dioksida u atmosferi povećala se za 30%, koncentracija metana se udvostručila, a dušikova oksida povećala za 15%.

Do globalnog zagrijavanja dolazi kad se koncentracija određenih plinova, poznatijih kao staklenički plinovi, povećava u atmosferi, čemu je uzrok čovjekova i industrijska djelatnost. Glavni staklenički plin je ugljikov dioksid koji se stvara korištenjem ugljena, nafte i plinova, kao i uništavanjem šuma i šumskih površina. Dušikov oksid ispuštaju automobili i industrija, dok metan ispušta industrija i nastaje kao proizvod poljodjelske proizvodnje.

Daleko najveći uzrok klimatskih promjena je korištenje fosilnih goriva, uglavnom nafta i ugljen. Smanjenje korištenja fosilnih goriva trenutačno je vrlo teško izvedivo zbog stalnog rasta gospodarstva i stalne potrebe optimizacije proizvodnje, a sama optimizacija znači smanjenje ulaganja u čiste i obnovljive izvore energije jer su takvi izvori energije na početku skuplji od fosilnih goriva. Trenutačno najveći onečišćivač atmosfere su SAD a slijede ih Kina i Rusija.

Drugi uzrok je uništavanje šuma. Šume su bitne za održavanje normalne razine stakleničkih plinova zbog postupka fotosinteze. Biljke prilikom tog postupka uzimaju CO<sub>2</sub> iz atmosfere, a ispuštaju kisik natrag u atmosferu, čime izravno utječu na razinu stakleničkih plinova u atmosferi. Zbog stalnog povećanja broja ljudi na Zemlji, potrebno je i više hrane pa se zbog toga sječu šume u korist širenja obradivih površina za stočarstvo i poljoprivredu. Najviše uništavanja šuma u korist poljoprivrede i stočarstva događa se u Južnoj Americi krčenjem Amazonske prašume, koja se naziva i *plućima svijeta*.





Slika 6. Pluća svijeta polako umiru

Postoji suglasnost kako se sadašnje ukupne emisije CO<sub>2</sub> u svijetu trebaju smanjiti više od 50% kako bi se stabilizirala njegova koncentracija u atmosferi i ublažile posljedice klimatskih promjena.

Klimatske promjene uzrokuju izumiranje nekih biljnih i životinjskih vrsta te pojavu novih. Prisjetimo se samo dinosaura koji su izumrli tijekom posljednjeg ledenog doba.

Kako klimatske promjene utječu na živi svijet može se vidjeti na drveću u svakom parku. Listanje i cvjetanje drveća se javlja u studenom i prosincu što nikako nije prirodno, buđenje biljaka je do sada bilo rezervirano za proljeće. Proljeće dolazi do 2 tjedna ranije nego što je prije 50-tak godina, a jesen stiže oko tjedan dana kasnije.

Budući da se mijenja struktura hranidbenog lanca u prirodi, s listanjem drveća dolazi do promjene u životu insekata, što rezultira smanjenjem ili povećanjem broja ptica koje se njima hrane. Koraljni grebeni kao vrlo osjetljivi ekosistemi će također stradati. Ako temperatura poraste za 1-2 stupnja, koraljni greben će izbljedjeti i na kraju i odumrijeti. Promjena meteoroloških uvjeta uvelike će utjecati na promjene u agrokulturi određenih područja. Kulture koje su se na nekom području uzgajale stoljećima, više neće uspjevati, no zato će se uspjevati nešto drugo. Očekuje se pomicanje agrokultura prema sjeveru.

Porast srednje temperature na Zemlji će utjecati na ljudsko zdravlje. Prije svega klimatske promjene će utjecati na kvalitetu hrane koju jedemo te na vodu koju pijemo. Neki znanstvenici najavljuju da će topliji svijet biti i bolesniji svijet. No, ako zime budu toplije, manje će ljudi umirati od hladnoće, ali prirodno odumiranje bakterija na niskim temperaturama će izostati što može dovesti do širenja različitih bolesti. Ljudi će češće umirati od toplinskih udara, od posljedica prekomjernog UV zračenja te trovanja hranom.

Također se očekuje i širenje bolesti na područja na kojima do tada nisu bile poznate, primjerice malarija, koja već sada ubija milijun ljudi godišnje, uglavnom djece.

Otprije je poznato da vrijeme utječe na nagle pojave upale pluća, gripe i bronhitisa.

Česte poplave uzrokovat će bolesti koje se šire vodom. Vruća ljeta i blage zime te češće pojave ekstremnih uvjeta utjecat će na sav živi svijet, ne samo na ljude. Podizanjem razine mora smanjivat će se svjetsko kopno čime su staništa mnogim biljnih i životinjskih vrsta ugrožena. Možda najpoznatija ugrožena vrsta je polarni medvjed. Topljenjem arktičkog leda, polarni medvjed gubi svoje stanište.

Generalno, bez zraka nema života. Čist zrak je neophodan svim živim bićima, ali i ljudskom okolišu i prirodi. O njegovoj kakvoći ovisi zdravlje svih bića koja ga udišu.

Industrijskom revolucijom i nekontroliranim ljudskim djelovanjem, kakvoća zraka drastično je narušena, što se odražava na klimatske promjene ali i na samo zdravlje čovjeka. Promjene sastava zraka imaju izravan utjecaj na život biljaka, životinja i ljudi, a onečišćenja u bilo kojem obliku uzrokuju brojne nepoželjne efekte na čovjeka i okoliš.

Neke od posljedica globalnih klimatskih promjena s kojima se današnja civilizacija suočava, vide se u:

- Povećanom broju nepogoda kao što su potresi, poplave, oluje i suše koje su sve češće i uzrokuju sve veće štete.
- Topljenje ledenjaka koji prijete rezervama pitke vode.
- Povećanju razine mora i oceana.
- Uništavanju šuma koje je povećano za 20%.
- Povećanju i širenju tropskih bolesti sjevernije i južnije od ekvatora.
- Porastu nezdrave prehrane.



Slika 7. Klimatske promjene mijenjaju sliku svijeta



## 2.5. Utjecaj onečišćenog zraka na ljude

Onečišćeni zrak predstavlja velik rizik za ljudsko zdravlje, a posebno za najosjetljivije dijelove populacije, kao što su djeca, stariji ljudi i osobe s alergijama.

Zdravstveni učinci onečišćenog zraka manifestiraju se kao vrtoglavica, glavobolja, crvenilo i svrbež u očima, curenje iz nosa, kašljanje i otežano disanje, grlobolja, šištanje ili bol u prsima, prehlada i alergija te pogoršanje postojećih plućnih i srčanih bolesti. Bolesti povezane s onečišćenim zrakom jesu astma, bronhitis, emfizem pluća, srčane i plućne bolesti i respiratorne alergije.

Epidemiološke studije u SAD-u pokazuju da više od pola milijuna Amerikanaca godišnje umire od srčano - plućnih bolesti povezanih s udisanjem zraka onečišćenog lebdećim česticama PM10. Procjenjuje se da godišnje 310 000 Europljana umire od onečišćenog zraka.

Britanci su dokazali jaku povezanost između smrti uzrokovanih upalom pluća i onečišćenja zraka ispušnim plinovima. Mjere prevencije nastoje spriječiti ili smanjiti onečišćivanje zraka. Prvenstveno se preporuča korištenje tehnoloških procesa koji ne zagađuju zrak ili „čista tehnologija“ te pravilan izbor goriva, odnosno smanjivanje uporabe fosilnih goriva.

U svijetu svake godine prijevremeno umre više od 3 000 000 ljudi zbog izloženosti zagađenom zraku, pokazali su podaci Svjetske zdravstvene organizacije. Smatra se da godišnje više ljudi umire vezano uz onečišćen zrak nego u prometnim nesrećama.

Do 2050. godine bi se taj broj mogao povećati na čak 6,6 milijuna ljudi. Izloženost štetnim česticama u zraku doprinosi riziku od razvoja kardiovaskularnih i respiratornih bolesti, kao i raka pluća. Emisije štetnih plinova koji nastaju od goriva korištenih za kuhanje i grijanje, posebno u Indiji i Kini, ima najveći utjecaj na smrtnost u svijetu. Najveća smrtnost po glavi stanovnika je zabilježena u Zapadno-pacifičkoj regiji, a nakon toga slijede istočni Mediteran i jugoistočna Azija.

Niskokvalitetna goriva korištena za kuhanje, grijanje i odlaganje otpada dovode do velikog broja prijevremenih smrtnih slučajeva u Aziji, uključujući Kinu, Indiju, Bangladeš i Indoneziju. Emisije povezane s agrikulturom su najopasnije u istočnim dijelovima SAD-a, Europi, Rusiji, Turskoj, Južnoj Koreji i Japanu. Nakon toga dolazi promet i proizvodnja energije. Amonijak koji proizvode gnojiva i domaće životinje se miješa sa drugim izvorima zagađenja zraka, te znatno utječu na smanjenje kvalitete zraka. Na Bliskom Istoku, u Sjevernoj Africi i Centralnoj Aziji prirodni izvori zagađenja, kao što su pješćane oluje, dominantan su uzročnik smrtnosti.

Prije svega, potrebna je promjena načina života u smislu manjeg trošenja energije ili upotrebe alternativnih izvora.

### 3. VODA

„Voda je osnova svega, iz vode je sve i sve se vodi vraća“, smatrao je Tales Milećanin (600. pr. Kr.), grčki filozof koji se tradicionalno smatra prvim zapadnjačkim filozofom i ocem znanosti.

Voda je prirodni fenomen i ogroman dio planeta Zemlje. Ona je najzastupljenija tvar u građi svih živih bića, tako i čovjeka, pa se sa pravom može tvrditi da je voda život. Ovo plavo zlato bilo je izvor života na Zemlji i još uvijek je osnova našeg postojanja danas. A tako će i ostati u budućnosti. Ne postoji ništa što je može zamijeniti. Voda je temeljni uvjet biološkog opstanka organizama u pojedinim područjima, te gospodarskog i društvenog razvoja ljudi. Sav živi svijet na Zemlji zasnovan je na vodi, bez vode nema života na Zemlji, barem ne onakvog kakvim ga mi poznajemo.

Ovisno o lokalnim uvjetima (temperatura, tlak), voda se u prirodi javlja u sva tri osnovna agregatna stanja – krutom (led), tekućem (voda) i plinovitom (para). Kemijski, voda je spoj dva atoma vodika i jednog atoma kisika, a kemijska joj je formula  $H_2O$ .

Hidrološki ciklus je kruženje vode kroz atmosferu i na zemljinoj površini. Ovaj se ciklus sastoji od četiri stadija: tijek vode (odnosno njena pohrana) na i pod zemljom, isparavanja, kondenzacija i ponovni povratak na zemlju. Voda se privremeno može zadržati (pohraniti) u tlu, u oceanima, morima, jezerima i rijekama, te u ledenim kapama i ledenjacima. Voda zatim isparava u atmosferu s površine zemlje, kondenzira se u oblacima te ukapljena u obliku kiše ili snijega se opet vraća na zemlju. Gotovo sva voda na zemlji je nebrojeno puta prošla kroz taj ciklus i vrlo se malo vode stvorilo i nestalo u posljednjih milijardu godina.



Slika 8. Hidrološki ciklus

### 3.1. Podjela vode

Prema mjestu nastanka u prirodi razlikujemo: atmosfersku (oborinsku), površinsku i podzemnu vodu.

LOKACIJA	KOLIČINA 10 <sup>3</sup> , km <sup>3</sup>
<b>ATMOSFERSKE VODE</b>	13
<b>POVRŠINSKE VODE</b>	
<b>OCEANI</b>	1 359 400
<b>KOPNO:</b>	26 431,7
<b>rijeka</b>	1,7
<b>slatka jezera</b>	125
<b>slana jezera</b>	105
<b>voda u biomasi</b>	50
<b>ledenjaci, glečeri</b>	26 000
<b>PODZEMNE VODE</b>	7 150

Slika 9. Raspodjela vode na Zemlji

#### 3.1.1. Atmosferske vode

Atmosferske vode nastaju od svih vrsta oborina koje padaju na zemlju (kiše, snijega ili drugih oborina). Često se još nazivaju oborinske ili padalinske vode. Ove vode sadrže plinove apsorbirane iz atmosfere, prašinu i malu količinu bakterija. U atmosferskoj vodi ne nalaze se otopljeni minerali. Atmosferske vode nastaju kada se topli zrak zasićen vodenom parom diže s površine zemlje pri čemu se polako hladi sve dok ne dođe do kondenzacije vodene pare. Kao jezgra za stvaranje kapljica vode u oblacima služe čestice prašine. Porastom kapljica vode, raste i njihova težina te uslijed toga kapljice padaju na zemlju. Agregatno stanje kapljica koje će pasti na zemlju ovisi o temperaturi. Kada se kondenzacija vodene pare odvija pri 0°C nastaje tuča, a ako je temperatura 0°C na cijelom putu kapljica kroz atmosferu nastaje snijeg. U slučaju kada se zemlja jače hladi od zraka nastati će rosa, a ako se donji slojevi zraka ohlade više od površine zemlje nastati će magla.

Sastav atmosferskih voda ovisi o mjestu padanja budući da ove vode prolaskom kroz atmosferu otapaju plinove i zagađuju se čađom i prašinom iz atmosfere. Zdravstvena ispravnost ovih voda je najčešće takva da se mogu konzumirati za piće (zdravstveno su ispravne), ali su bez okusa jer ne sadrže otopljene minerale. U krajevima gdje je veća količina padalina ove vode se sakupljaju na posebnim površinama i koriste za različite namjene. Sakupljena atmosferska voda poznata je pod imenom kišnica.

### 3.1.2. Površinske vode

Površinske vode (engl. surface water) teku po površini zemlje ili na njoj stoje ovisno da li se govori o vodama tekućicama ili stajaćicama. Ove vrste voda su u obliku potoka, rijeka, jezera i mora.

Površinske vode nastaju iz atmosferskih voda i voda koje se u Zemlju sliju s površine. Za razliku od atmosferskih voda okus površinskih voda je znatno bolji jer je ova voda u stalnom kontaktu sa zemljom pri čemu otapa dio mineralnih tvari. Međutim, treba obratiti pozornost na činjenicu da su površinske vode u direktnom i konstantnom dodiru sa zemljom te mogu u većoj ili manjoj mjeri biti zagađene. Zagađenja su uglavnom u obliku fekalija. Posebno svojstvo površinskih voda je samočišćenje, tzv. autopurifikacija. U slučaju da se površinske vode zagađaju organskim tvarima, u vodi će se razviti velike količine bakterija i drugih vrsta mikroorganizama koje će uz ili bez prisustva zraka provoditi mineralizaciju. Mineralizacija u ovom slučaju predstavlja razgradnju organskih onečišćenja. Ukoliko se postupak odvija u prisustvu kisika obavljati će ga aerobni mikroorganizmi, mineralizacija će se odvijati brzo i bez neugodnog mirisa. Anaerobni proces mineralizacije je relativno spor uz razvijanje neugodnog mirisa.

### 3.1.3. Podzemne vode

Podzemne vode nalaze se ispod površine zemlje. Nastaju od padalina, vode iz vodenih tokova i kondenzacije vodene pare u zemlji. Mogu se prema načinu kretanja podijeliti na:

- vode temeljnice
- pukotinske kraške vode

Vode temeljnice miruju ili se vrlo sporo kreću u sitnozrnatom materijalu. Nalaze se na velikim dubinama u slojevima propusnog materijala, tzv. vodonosnim slojevima. Vodonosni slojevi nalaze se na nepropusnim slojevima koji se obično sastoje od ilovače, gline, lapora ili njihovih smjesa te kamenja. Vode, atmosferske ili površinske, s površine zemlje ulaze u vodonosni sloj, kroz njega prolaze i zaustavljaju se na nepropusnom sloju. Vode temeljnice kreću se vrlo sporo kroz vodonosni sloj i na taj način se mehanički i biološki čiste. Vode koje su zagađene organskim onečišćenjima moraju proći proces biološkog pročišćavanja. Ovako zagađene vode trebaju dovoljno dugo prolaziti kroz vodonosni sloj kako bi se osiguralo dovoljno vremena za mikrobiološku aktivnost, oksidaciju i mineralizaciju. Vode temeljnice se po tvrdoći znatno razlikuju od atmosferskih i površinskih voda. Tvrđe su od spomenutih voda, a tvrdoća im se povećava što su više u kontaktu s materijalom kroz koji su protjecale. Dubina voda temeljnica također igra važnu ulogu u kvaliteti ovih voda. Na većim dubinama ove vode su ujednačenije temperature i s manje bakterija. Ponekad se bez obzira na izuzetna svojstva ove vode ne mogu upotrijebiti za piće zbog toga što sadrže znatne količine željeza koje je potrebno ukloniti.

Općenito rečeno, vode temeljnice su u zdravstvenom pogledu najbolje i najpouzdanije za konzumaciju i kad god je to moguće treba ih se koristiti u vodovodnim sustavima.

Postoji nekoliko vrsta voda temeljnica: arteške, mineralne i ljekovite vode.

Arteškim vodama nazivaju se vode koje su u vodonosnom sloju pod tlakom. Ovakve vode nakupljaju se na nepropusnom sloju 60 do 300 metara ispod propusnog sloja. Budući da su arteške vode pod tlakom, bušenjem propusnog sloja izbijaju na površinu.

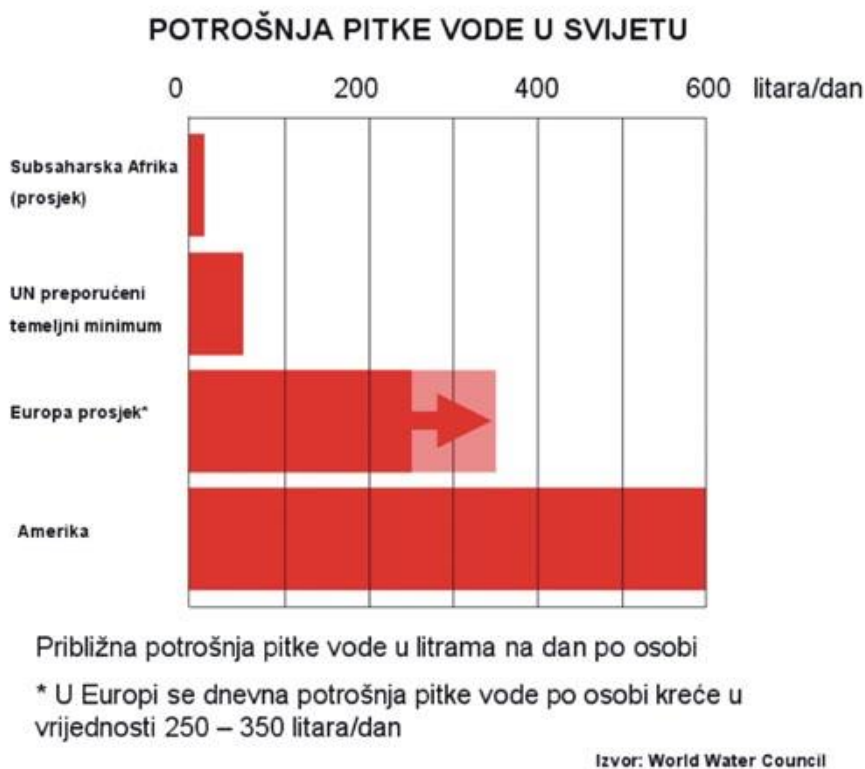
Mineralne vode predstavljaju vode koje koje sadrže više od 500 mg minerala u litri vode. Osim minerala sadrže i ugljikov (IV) oksid koji ovakvoj vodi daje kiselkast okus.

Ljekovite vode sadrže sumpor, jod ili neke druge elemente. Ovakve vode obično imaju temperaturu višu od običnih voda, a temperatura može biti i do 40°C.

Pukotinske kraške vode ulaze u tlo kroz pukotine u kamenju i dalje teku. Kraške vode teku kroz šupljine i korita i kreću se mnogo brže od voda temeljnica. Brzina kretanja je nekoliko stotina metara pa čak i kilometar na dan. Zbog svog brzog protjecanja nemaju mogućnost biološkog pročišćavanja. Prema svojstvima i kvaliteti površinske kraške vode najbližnje su površinskim vodama. Vrlo često su mutne i sadrže dosta organskih tvari. Budući da ova voda zbog brzog protjecanja nije imala mogućnost pročišćavanja smatra se neispravnom za piće.

Na Zemlji je ukupna količina vode stalna i iznosi 1 385 114 610 km<sup>3</sup>. Od toga na slanu vodu otpada 1338 milijuna km<sup>3</sup> ili 96,5%, a na slatku 35 029 290 km<sup>3</sup>.

Dva su primarna izvora slatke vode za ljudske potrebe: površinske i podzemne vode. Otprilike 1,7% od ukupne količine vode na Zemlji je podzemna voda, a samo 0,014% nalazi se u rijekama, jezerima i ostalim vodnim tijelima. Problem je što je samo mali dio slatke vode dostupan ljudima. U procesu kretanja slatke vode (vodena para u zraku, kišnica, voda u rijekama i jezerima, podzemna voda, voda u ledenjacima) ljudima je dostupna samo 0,05%. Količinski najveći vodni resursi su u Aziji (36%), zatim u Južnoj (26%) i Sjevernoj Americi (15%), dok Afrika raspolaže s 11%, Europa s 8%, te Australija i Oceanija s 4% vodnih resursa. Ako se ove količine usporede s površinom na koju se odnose i brojem stanovnika na pojedinom kontinentu, situacija je bitno drugačija. Najmanje vode po km<sup>2</sup> godišnje imaju Afrika (134 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>), Australija i Oceanija (269 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>) i Europa (277 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>), a najviše Južna Amerika s 672 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>. Kada je riječ o količini vode po stanovniku, u najpovoljnijoj situaciji su Australija i Oceanija te Južna i Sjeverna Amerika.



Slika 10. Pokazatelj potrošnje pitke vode u svijetu

Potreba za vodom i potrošnja slatke vode stalno rastu, što potvrđuje i činjenica da je od 1900. do 1995. potrošnja vode porasla za oko 600%. U razdoblju od 1940. do 2000. potrošnja vode po stanovniku Zemlje povećala se s 400 na 800 m<sup>3</sup> godišnje. Na to su utjecali različiti čimbenici poput porasta broja stanovnika, industrijskog razvoja, intenziviranja poljoprivredne proizvodnje koja je najveći potrošač vode na svijetu, povećanja razine higijenskih uvjeta, neracionalne potrošnje itd. Računa se da će se u sljedećih dvadesetak godina uporaba vode povećati za oko 40%, ali i da će 42% stanovnika svijeta živjeti u državama bez pitke vode. Najveće obnovljive zalihe voda koncentrirane su u šest najvećih država svijeta: Brazilu, Rusiji, Kanadi, SAD-u, Kini i Indiji.

## 3.2. Onečišćenje vode

Učinci onečišćenja voda su dalekosežni i utječu ne samo na okoliš, nego i na ljudska bića i životinje. Zagađenje voda utječe na naše oceane, jezera, rijeke i pitku vodu, što postaje rašireno i globalno pitanje najviše zbog brojnih bolesti, zdravstvenih problema, pa čak i smrtnih slučajeva koji dolaze od onečišćenja voda. Voda se smatra zagađenom kada su otkriveni uzročnici zbog kojih je došlo do kontaminacije.

Kad govorimo o onečišćenju voda možemo krenuti od njihovih izvora, koji se dijele na:

- Prirodne (prirodne nepogode) – oluje, vulkanske erupcije, potresi, poplave, pješčane oluje, šumski požari
- Umjetni (stvoreni ljudskom aktivnošću) – eksploatacija sirovina (rudnici, naftne bušotine), industrija, promet, poljoprivreda (pesticidi, umjetna gnojiva), deponije otpada, energetika itd.

Umjetni izvori onečišćenja mogu se podijeliti na aktivne i potencijalne. Aktivni izvori onečišćenja mogu biti stalni i povremeni.

Stalni ili kontinuirani izvori emitiraju onečišćenje cijelo vrijeme i na njih većinom ne utječu prevladavajući hidrološki uvjeti. Dijele se na:

- Točkaste izvore – tehnološke otpadne vode, otpadne vode sustava javne odvodnje, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, drenažne rudničke vode, riblje farme, septičke jame.
- Raspršene ili difuzne izvore – poljoprivredna aktivnost na navodnjavanim površinama.

Povremeni izvori emitiraju onečišćenja ovisno o prevladavajućim hidrološkim uvjetima, a naročito u vrijeme intenzivnih i jakih oborina. Dijele se na:

- Točkaste izvore – lokacije istjecanja oborinskih otpadnih voda, odlagališta jalovine u otvorenim površinskim kopovima, odlagališta stajskog gnojiva i ostalog otpadnog materijala s farmi.
- Difuzne izvore – poljoprivredna aktivnost, sustavi odvodnje oborinskih otpadnih voda.

Točkasto zagađenje ispušta se u vodu na određenom mjestu. Kada se odredi mjesto izvora točkastog zagađenja, ispuštanje treba spriječiti trenutnim zahvatom ili dugoročnim ulaganjem u nadzor i obradu otpadnih ispusta.

Difuzno zagađenje javlja se tamo gdje se štetna tvar koristi u velikim količinama i raspršena je na većem području. Takve je izvore mnogo teže odrediti, a zaustavljanje zagađivanja zahtijeva znatne promjene načina uporabe i upravljanja zemljištem.

Onečišćenja podzemnih i površinskih voda mogu biti:

- 1) Fizikalna – koja se odnose ponajprije na promjenu osnovnih fizikalnih značajki vode (temperature, boje, mirisa, okusa, providnosti i dr.). Najznačajnije oblike fizikalnog onečišćenja voda predstavljaju termalna onečišćenja. U velikom broju raznih industrijskih i energetskih voda se koristi kao sredstvo za hlađenje. Goleme količine toplih otpadnih voda snažno utječu na temperaturni režim vodenih tokova i akumulacija te povećavaju njihovu temperaturu i za desetak stupnjeva.
- 2) Mikrobiološka – koja su uzrokovana prisutnošću patogenih mikroorganizama, koji nisu autohtoni u vodonosniku, a koji su u vodonosnik dospjeli kao otpadne tvari (bakterije, virusi, gljive, gliste i dr.) te predstavljaju uzročnike ili prenositelje mnogih, pa i zaraznih bolesti. Većina ovih organizama iz raznih otpadnih voda (urbanih, industrijskih, poljoprivrednih, rudničkih itd.) dopijeva u vodu za piće ili u vodu koja se koristi u domaćinstvu. Ovi organizmi u povoljnim uvjetima i u dovoljnom broju mogu uzrokovati veoma opasne epidemije.
- 3) Kemijska i radiološka – koja mogu biti uzrokovana prirodnim sastojcima stijena, ali i ljudskom aktivnošću. Površinske i podzemne vode mogu sadržavati razne toksične anorganske (aluminij, olovo, živa, bakar i dr.) i organske spojeve (derivati nafte, pesticidi, nitrati i dr.), čija prisutnost u vodi znači da se ove vode ne mogu koristiti za piće. Vrlo opasne i kancerogene tvari su gusti organski spojevi koji se ne miješaju s vodom. U njih spadaju: industrijska otapala, katrani, industrijske otpadne tvari, ulja, i neki pesticidi u nerazrijeđenom stanju.

Radiološko onečišćenje može biti posljedica prisutnosti radioaktivnih supstanci u stijenama, ali je češći razlog neprikladno odlaganje otpada iz nuklearnih centrala, bolnica kao i nuklearne eksplozije.



Slika 11. Onečišćenje rijeke od lož ulja



Brz porast potreba i potrošnje vode dovodi do raskoraka između potreba i mogućnosti da se one zadovolje. Uz to, sve veći stupanj onečišćenja vode dovodi u pitanje život na Zemlji. Neodgovorno iskorištavanje vode kao prirodnog resursa, prekomjerna uporaba kemijskih sredstava i njihovo izravno ispuštanje u vodotoke dovodi do pogoršanja kvalitete voda, uslijed čega je sve manje vodotoka čija je voda neuporabljiva za uporabu bez prethodne popravke, sve češća je pojava i „cvjetanja mora“.

Ako su šume pluća svijeta, oceani su njegov želudac. Veliki dio hrane koju konzumiramo dolazi upravo iz morskih dubina, ali ipak nemilosrdno teroriziramo ovaj ekosustav.

Cvjetanjem algi, često nazvano i cvjetanjem vode odnosno mora naziva se masovno razmnožavanje algi ili cijanobakterija. To masovno razmnožavanje oboji površinu vode zeleno, a u posebnim slučajevima plavo ili crveno. Voda postaje mutna i puna „oblaka“. Razlog je najčešće pretjerana količina hranjivih tvari, najčešće u obliku fosfata, u vodi. Cvjetanje toksičnih fitoplanktonskih organizama, koje svojim masovnim razmnožavanjem povećano troše kisik, može biti uzrok masovnom trovanju riba, ptica pa čak i ljudi. U akvatoriju Jadrana ova pojava prvi put je opisana 1729. g., a bilo je zahvaćeno područje srednjeg i sjevernog Jadrana. Prošlo je više od sto godina, točnije, 1872. g. objavljen je prvi rad o ovoj pojavi. Te iste godine laici su pojavu nazvali prljavim morem, terminom kojeg se i danas može čuti. Od navedene godine ta se pojava, kako god je zvali, javljala periodički svakih desetak godina, a danas podaci ukazuju na činjenicu, da kako prostorna, tako i vremenska učestalost otrovnih cvatnji stalno raste.



Slika 12. Cvjetanje mora

### 3.3. Obrada pitkih voda

Pitkim vodama smatraju se vode bez okusa i mirisa, pH vrijednosti od 6,5 – 8,5. U svom sastavu smiju sadržavati 20 živih bakterija po ml vode, ali te bakterije nikako ne smiju biti patogene, te mikroorganizmi koji indiciraju fekalno onečišćenje.

Pitke vode dijele se na:

- a) Vodu za piće iz javnih vodoopskrbnih sustava – podzemne i površinske vode najčešće se koriste kao vode za piće iz javnih vodoopskrbnih sustava. Budući da ove vode prolaze ili su u direktnom doticaju sa zemljom njihova fizikalno-kemijska svojstva često su promjenjiva i ovise o vanjskim čimbenicima (temperatura, količina oborina..). Ovo se naročito odnosi na površinske i podzemne vode kraških područja. Povišena količina štetnih primjesa uklanja se dezinfekcijom iz podzemnih i površinskih voda i na taj način spomenute vode postaju pogodne za upotrebu.
- b) Prirodnu mineralnu vodu – koja potječe iz prirodnih ležišta koja su zaštićena od onečišćenja. Ova vrsta vode dobiva se iz jednog ili više prirodnih izvora. Ona je bakteriološki ispravna s posebnim organoleptičkim i fizikalno-kemijskim svojstvima. Sadrži prirodno otopljene mineralne tvari i tvari u tragovima. Zbog svog sastava, prehrambeno-fiziološkim učincima i prirodnom čistoćom ima blagotvoran učinak na ljudski organizam. Ne smije se prerađivati niti dezinficirati.
- c) Izvorsku vodu – izvorskom vodom se priznaje voda kada su provedena hidrogeološka, fizikalna, kemijska i mikrobiološka ispitivanja. Ova vrsta vode potječe iz podzemnih ležišta zaštićenih od bilo kojeg oblika onečišćenja. Prerada izvorske vode kemijskim sredstvima kao i dezinfekcija nisu dopušteni.
- d) Stolnu vodu – budući da se stolna voda proizvodi iz vode za piće iz javnih vodoopskrbnih sustava uz dodatak dozvoljenih tvari koje poboljšavaju organoleptička svojstva vode ona je zdravstveno ispravna.
- e) Soda–vodu – je voda proizvedena impregnacijom vode za piće iz javnih vodoopskrbnih sustava ugljikovim dioksidom te napunjena u specijalne boce.

Pitka voda, ukoliko nije mikrobiološki ispravna, može biti izvor različitih infektivnih bolesti. Ponekad su moguće epidemije izazvane vodom zbog izostanka obrade ili nepravilne obrade sirove vode. Vodom se mogu prenositi dizenterija, trbušni tifus, paratifus, kolera i slično. Vodom se mogu također prenositi stočne zarazne bolesti i jajašca parazita od kojih pored životinja obolijevaju i ljudi. Uklanjanje uzročnika zaraznih bolesti postiže se tzv. pripremom vode za piće. Najčešće metode koje se koriste za pripremu vode su: dezinfekcija, filtracija, koagulacija i flokulacija, i uklanjanje željeza i mangana.



Slika 13. Prosječna potrošnja pitke vode u Republici Hrvatskoj po stanovniku je oko 130 litara dnevno

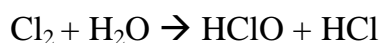
### 3.3.1. Dezinfekcija

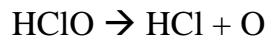
Dezinfekcija vode provodi se radi smanjivanja broja mikroorganizama koji bi mogli izazvati bolesti. To je proces koji osigurava zdravstvenu ispravnost vode. Dezinfekcija se ponekad provodi i kao preventivna mjera u slučaju kada se voda transportira ili skladišti, pri puštanju u rad novih objekata, po završetku popravaka vodovodnih mreža i objekata, te za vrijeme posebnih okolnosti (rat, poplave, potresi). Dezinfekcija se može provesti samo u bistroj vodi. Metode dezinfekcije mogu biti fizikalne i kemijske. U novije vrijeme sve češće se koristi kombinacija fizikalnih i kemijskih metoda. Prema mehanizmu djelovanja metode dezinfekcije vode mogu se podijeliti na:

- Metode s fizikalnim djelovanjem (toplina)
- Metode s kemijskim sredstvima (klor, brom)
- Metode zračenjem (UV-zračenje, radioaktivni izotopi)
- Metode membranskom tehnologijom

Metode s fizikalnim djelovanjem najčešće podrazumijevaju primjenu topline. Da bi ova metoda dezinfekcije bila uspješna dovoljno je vrenje vode najmanje 20 minuta. Ovaj način, osim što je najjednostavniji smatra se i najučinkovitijim. Nažalost, danas se koristi vrlo rijetko i to za male količine vode budući da je visoka cijena energije potrebne za zagrijavanje.

Metode dezinfekcije kemijskim sredstvima najčešće podrazumijevaju upotrebu elementnog klora i njegovih spojeva (klorov dioksid, kalcijev klorid, kolamini i sl.). Ovo je danas najrašireniji i gospodarski najprihvatljiviji proces dezinfekcije vode. Dodatkom klora u vodu odvijaju se sljedeće kemijske reakcije:





Nastala hipokloritna kiselina je oksidacijsko sredstvo. Dezinfekcijska moć pripisuje se ili hipokloritnoj kiselini ili slobodnom radikalnom kisika koji se stvara kao rezultat velikog afiniteta klora prema vodikom. Proces dezinfekcije klorom ovisi o pH vrijednosti. Pri nižim pH vrijednostima dezinfekcija je učinkovitija. Uzrok tome je disocijacija hipokloritne kiseline pri višim pH vrijednostima pri kojima dolazi do stvaranja hipokloritnog iona, koji je mnogo slabije dezinfekcijsko sredstvo od hipokloritne kiseline. Prilikom dodavanja klora i njegovih spojeva u vodi, dio klora se troši na oksidaciju organskih tvari prisutnih u vodi, uključujući i mikroorganizme, kao i na oksidaciju željeza i mangana prisutnih u vodi. Svaka „sirova“ voda sadrži organske tvari koje pri oksidaciji troše određenu količinu klora. Dezinfekcijska sposobnost spojeva na bazi klora ovisi o količini aktivnog klora u njima. Pod pojmom aktivni klor podrazumijeva se količina hipokloritne kiseline koja se oslobađa dodatkom dezinfekcijskog sredstva u vodu. Doza klora koju je potrebno dodati vodi da bi se izvršili postupci dezinfekcije predstavlja zbroj potrebe vode za klorom i rezidualnog klora. Doza klora se izražava u mg/L klora kojeg je potrebno dodati vodi.

doza klora = potreba za klorom + rezidualni klor

Pod pojmom potreba vode za klorom podrazumijeva se količina klora kojeg je potrebno dodati vodi do pojave rezidualnog klora. Rezidualni klor predstavlja koncentraciju klora koja je zaostala u vodi kao višak nakon reakcija klora s tvarima koje se mogu oksidirati u vodi, tj. nakon završenog procesa dezinfekcije vode. Zakonski dozvoljena koncentracija rezidualnog klora u vodi kreće se do 0,5 mg/L kod normalnih uvjeta, a 0,5-0,8 mg/L u posebnim uvjetima. Smatra se da je 30 minuta dovoljno vrijeme za dezinfekciju vode. Ako se nakon vremena od 30 minuta u vodi ne nalazi minimalno 0,1 mg/L, proces dezinfekcije nije dobro proveden te je potrebno postupak ponoviti.

Iako je dezinfekcija klorom danas najrašireniji proces pripreme vode za piće, ovaj proces ima nekoliko nedostataka. Najčešće su to relativno brzi gubitak slobodnog klora, neugodan miris po kloru i mogućnost nastajanja nepoželjnih spojeva prilikom dezinfekcije (trihalometani, klorfenoli itd.).

Dezinficiranje vode može se provesti i ozračivanjem vode ultraljubičastim (UV) zrakama. Ovim načinom voda se dezinficira u roku od svega nekoliko sekundi jer UV zrake izazivaju nepoželjne biokemijske procese u mikroorganizmima, a u konačnici i njihovu smrt. Za UV zračenje koriste se kvarcne tzv. Ortutove lampe. Lampe se postavljaju u struju vode ili izvan nje. Pri dezinfekciji vode, UV zračenjem najčešće se koriste zračenja sljedećih valnih duljina: UV-A: 320-400 nm, UV-B: 280-320 nm i UV-C: 100-280 nm. Zrake valne duljine 200-295 nm imaju najjače baktericidno djelovanje s maksimumom djelotvornosti oko 260 nm, zračenje bi se trebalo provoditi u UV-C spektru. UV-C zračenje ne ubija samo bakterije, već i sporigene oblike i patogene protozoe.

Ovom metodom dezinfekcije u vodu se ne dodaju kemikalije, ne mijenjaju se svojstva vode i njen kemijski sastav, mala je potrošnja energije, kratko vrijeme dezinfekcije i jednostavno je rukovanje. Međutim, ne postoji pouzdani pokazatelj za kontrolu učinka dezinfekcije te nemogućnost održavanja koncentracije reziduala sredstva za dezinfekciju vode u svrhu sprečavanja naknadne kontaminacije vode. Iz tog se razloga metoda kombinira s dodatkom potrebne koncentracije rezidualnog sredstva za dezinfekciju, tj. dodatkom potrebnog reziduala klora.

Prilikom dezinfekcije vode membranskim procesima koriste se membrane koje djeluju kao selektivne zapreke. Dezinfekcija se temelji na razlici u koncentraciji, tlaku ili električnoj napetosti. Najčešće se koristi ultrafiltracija, postupak pri kojem se voda propušta preko membrane promjera otvora 2 do 104 nm. Na ovaj način moguće je ukloniti bakterije, viruse ali i proteine i pigmente.

### 3.3.2. Filtracija vode

Filtracija je jedan od najvažnijih postupaka u tehnologiji pripreme vode. Filtracijom vode uklanjaju se primjese čija se specifična težina malo razlikuje od specifične težine vode prolaskom kroz neki porozan ili zrnati materijal. Najčešće se kao sredstvo za filtraciju koristi kvarcni pijesak. Ovim načinom pripreme vode za piće uklanjaju se čvrste netopljive tvari koje, ovisno o gustoći., plivaju, lebde ili tonu u vodi, a anorganskog su ili organskog podrijetla, flokule nastale procesom flokulacije vode, talozi nastali mekšanjem vode kemijskim taložnim sredstvima i talozi hidroksida, nastali kod uklanjanja željeza i mangana iz vode. Prilikom filtracije vode na filtrima može doći do mehaničkog uklanjanja suspendiranih čestica, taloženja, adsorpcije, ali i kemijskog i biološkog djelovanja filtra.

Mehaničko uklanjanje podrazumijeva zadržavanje čestica na površini filtra i to samo onih čestica koje su veće od pora filtra.

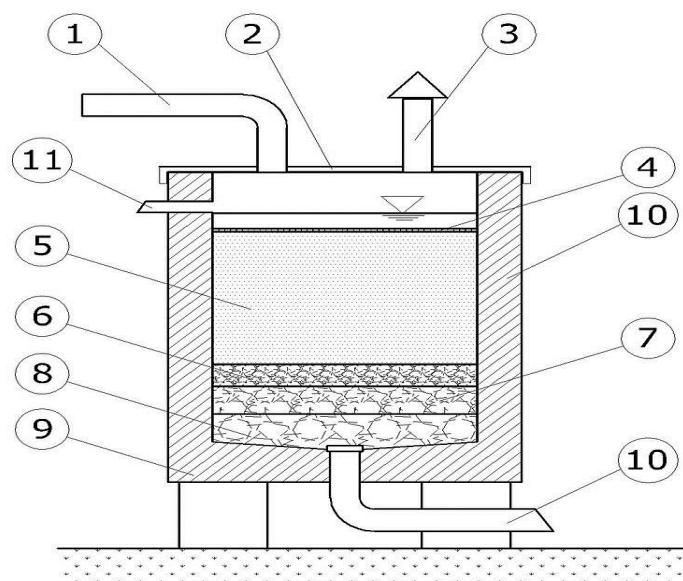
Kemijsko djelovanje filtra događa se kod kemijski aktivnih filtracijskih masa, kao što su npr. mramor i polupečeni dolomit. Ova se filtracija primjenjuje obično u vodovodnim sustavima za mekane vode koje pokazuju svojstvo korozivnosti radi zaštite cjevovoda od korozije i kod dobivanja vode za piće na brodovima gdje se filtriranjem demineralizirane vode preko mramora vrši remineralizacija vode.

Biološko djelovanje filtra odvija se zadržavanjem mikroorganizama na filtracijskom materijalu.

Proces filtracije odvija se na brzim ili sporim filtrima. Spori tip filtra radi na principu pročišćavanja vode kao što se to odvija u prirodi pri čemu podzemna voda prolazi kroz slojeve zemlje. Ova vrsta filtra koristi se za pročišćavanje površinskih voda koje sadrže visoku koncentraciju organskih tvari. Budući da se postupak filtracije odvija samo uz djelovanje hidrostatskog tlaka, filtracija je relativno spora.

Brzi filtri mogu biti otvorenog ili zatvorenog tipa. Zajedničko im je svojstvo da se mogu protustrujno prati i da u tu svrhu imaju ugrađene sapnice. Otvoreni brzi filtri napravljeni su od armiranog betona i obično su sastavni dio vodovoda ili industrijskih postrojenja. Zatvoreni brzi filtri napravljeni su od čelika, cilindričnog oblika, a mogu biti stojeći i rjeđe ležeći.

Tijekom filtracije, sirova ili omekšana voda protječe kroz filter smjerom odozgo prema dolje. Kada otpor u filtru naraste na 0,5-0,6 bara ili kad je filter mutan, pristupa se protustrujnom pranju filtra, tj. smjerom protjecanja vode za pranje odozgo prema gore.



Slika 14. Presjek sporog filtra

Presjek kroz spori procijeđivač: 1. dovodna cijev za vodu (npr. kišnica); 2. poklopac; 3. odušnik; 4. rupičasta ploča; 5. kvarcni pijesak; 6. sitni šljunak; 7. šljunak srednje veličine; 8. tucanik; 9. armirani beton; 10. izlaz (odljev) pitke vode; 11. Preljev

### 3.3.3. Koagulacija i flokulacija

Procesima koagulacije i flokulacije iz vode se izdvajaju suspendirane čestice, kada je brzina njihovog prirodnog taloženja previše mala da bi se osiguralo efikasno razbistravanje. Vrlo često se pojmovi koagulacije i flokulacije miješaju. Budući da u vodi postoje suspendirane čestice (glina, teški metali, organske čestice, uginuli mikroorganizmi) koje zajedno s vodom čine nestabilnu koloidnu suspenziju, suspenziju je potrebno destabilizirati. Da bi se destabilizirala koloidna suspenzija treba prvo smanjiti elektrostatsko odbijanje između čestica odnosno neutralizirati naboje na površini čestice. Taj proces naziva se koagulacija (zgušnjavanje) i postiže se dodatkom viševalentnih kationa koji vezanjem na koloidne čestice smanjuju zeta potencijal. Proces koagulacije treba izvesti što brže, uz snažno miješanje, da bi se dodani viševalentni kationi ravnomjerno raspšili u suspenziji prije početka stvaranja taloga hidroksida u procesu flokulacije.

Osim viševalentnih kationa, proces koagulacije može se provesti i uz dodatak organskih polimera koji u vodi disociraju i tvore različite makroione.

Pod pojmom flokulacija (pahuljičenje) podrazumijeva se povezivanje neutraliziranih koloidnih čestica u veće nakupine koje se nazivaju flokule. Flokulacija se također odvija uz dodatak kemijskih sredstava koja potpomažu flokulaciju. To su najčešće razne vrste kvarca, bentonit (glina), aktivni ugljen ili umjetni flokulanti.

Izbor optimalne vrste i količine sredstava za flokulaciju vrlo je zahtjevan i ovisi o vrsti vode. Pravilan odabir moguć je samo na osnovu eksperimentalnih (laboratorijskih) podataka. Vrijeme potrebno za flokulaciju vode ovisi o kvaliteti vode, sadržaju koloidnih čestica, temperaturi, pH vrijednostima i količini dodanog sredstva za flokulaciju.

Flokulacijski proces odvija se u reaktorima koji se sastoje od primarne i sekundarne reakcijske zone. U primarnoj zoni se vrši intenzivno miješanje, dok u sekundarnoj reakcijskoj zoni dolazi do stvaranja makro-flokula i njihovog taloženja, tj. odvajanja čiste vode na izlazu iz reaktora.

### 3.3.4. Uklanjanje željeza i mangana

Priprema vode za piće pri kojoj se uklanja željezo i mangan naziva se deferizacija i demanganizacija. Prolaskom vode siromašne otopljenim kisikom kroz slojeve tla otapaju se mangan i željezo. Koncentracije željeza i mangana u vodi koje su veće od 0,3 mg/L za željezo, odnosno 0,5 mg/L za mangan mijenjaju organoleptička svojstva vode za piće te ih je nužno ukloniti.

Koji će se postupak deferizacije primijeniti, ovisi o količini i obliku, u kojem je željezo u vodi prisutno. Najčešće je željezo u podzemnim vodama prisutno u dvovalentnom obliku i to kao željezov hidrogenkarbonat, a rjeđe kao željezov sulfat. Također, željezo može biti vezano u koloidnoj formi na organske spojeve što je i njegov najčešći oblik u površinskim vodama ili močvarama.

Željezo vezano u koloidnoj formi uklanja se oksidacijom, s jakim oksidacijskim sredstvima poput ozona i vodikovog peroksida. Željezo koje je u vodi prisutno u obliku karbonata ili sulfata uklanja se oksidacijom sa zrakom (aeracija).

Ovaj postupak se odvija u dvije faze: oksidacija  $Fe^{2+}$  u  $Fe^{3+}$  i odvajanje filtracijom flokula željeznog oksihidrata.

Aeracija podrazumijeva raspršivanje vode u sitne kapljice kako bi se povećao dodir sa zrakom. Pri tome se željezo u reakciji s kisikom oksidira i s vodom stvara hidroksid koji koagulira u pahuljice i lako taloži iz vode.

Zajedničko odvajanje željeza i mangana nije uvijek moguće, iako su ovi elementi sličnih kemijskih svojstava. Da bi uklanjanje mangana iz vode bilo učinkovito, pH vrijednost mora biti iznad 9. Dodatak natrijevog hidroksida ili kalcijevog oksida, postiže se tražena pH vrijednost.

### 3.4. Otpadne vode

Vode koje su bile upotrijebljene u određenu svrhu i pri tome se dodatno onečistile zbog čega je došlo do promjene njihovih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava nazivaju se otpadne vode. Voda se smatra onečišćenom ako je količina otpadnih tvari u njoj veća od količine propisane standardom o kvaliteti vode ili ako se zbog vrste prisutnih otpadnih tvari ne može koristiti za određenu namjenu. Vode koje se koriste za određenu namjenu u kućanstvu i industriji nazivaju se komunalne vode. Općenito se može reći da se najviše komunalnih voda koristi u poljoprivredi i to 70%, u industriji 22% a u kućanstvu tek 8%. Nakon upotrebe, komunalne vode sadržavaju mješavinu raznih vodom nošenih onečišćenja, a svojstva im se razlikuju prema mjestu odakle potječu.

S obzirom na mjesto nastanka komunalne otpadne vode mogu se podijeliti na:

- Sanitarne
- Industrijske
- Oborinske

Sanitarne otpadne vode podrazumijevaju iskorištenu vodu iz kućanstava i sanitarnih čvorova. Sanitarne vode često su i smjesa voda za pranje ulica, javnih objekata, otpadne vode iz uslužnih djelatnosti i obrtničkih radionica. Otpadne vode iz kućanstava uglavnom sadrže otpadke nastale prilikom pripreme hrane kao i vode od pranja rublja. Ove vode su opterećene organskim tvarima koje predstavljaju hranu mikroorganizmima, što znači da je moguće ova onečišćenja ukloniti uz pomoć mikroorganizama (biorazgradnja).

Prema stupnju biološke razgradivosti otpadne sanitarne vode moguće je razvrstati u tri skupine:

- Svježa voda - je otpadna voda u kojoj biorazgradnja još nije napredovala.
- Odstajala voda - ne sadrži kisik jer je potrošen tijekom biorazgradnje.
- Trula voda - je otpadna voda u kojoj je biorazgradnja napredovala i odvija se bez prisustva kisika.

Uslijed procesa biorazgradnje te upotrebe vode u kupaonicama i kuhinjama, temperatura otpadne vode je viša od temperature vodovodne vode. Zbog porasta temperature ubrzavaju se i biološki procesi, kisik se više troši i povećava se opasnost od truljenja.

Industrijske vode se mogu podijeliti u dvije skupine:

- biološki razgradive (kompatibilne) vode - se mogu miješati s gradskim otpadnim vodama i odvoditi zajedničkom kanalizacijom. U ovu skupinu najčešće spadaju vode prehrambene industrije jer sadrže otpadni materijal prehrambenih artikala.
- biološki nerazgradive (nekompatibilne) vode – potrebno je prije miješanja s gradskim otpadnim vodama prethodno pročistiti. Pročišćavanje se obavlja zbog uklanjanja eksplozivnih, korozivnih i zapaljivih tvari, uklanjanja inhibitora koji sprečavaju rad uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i radi kontrole toksičnih tvari koje sprečavaju biološku razgradnju.

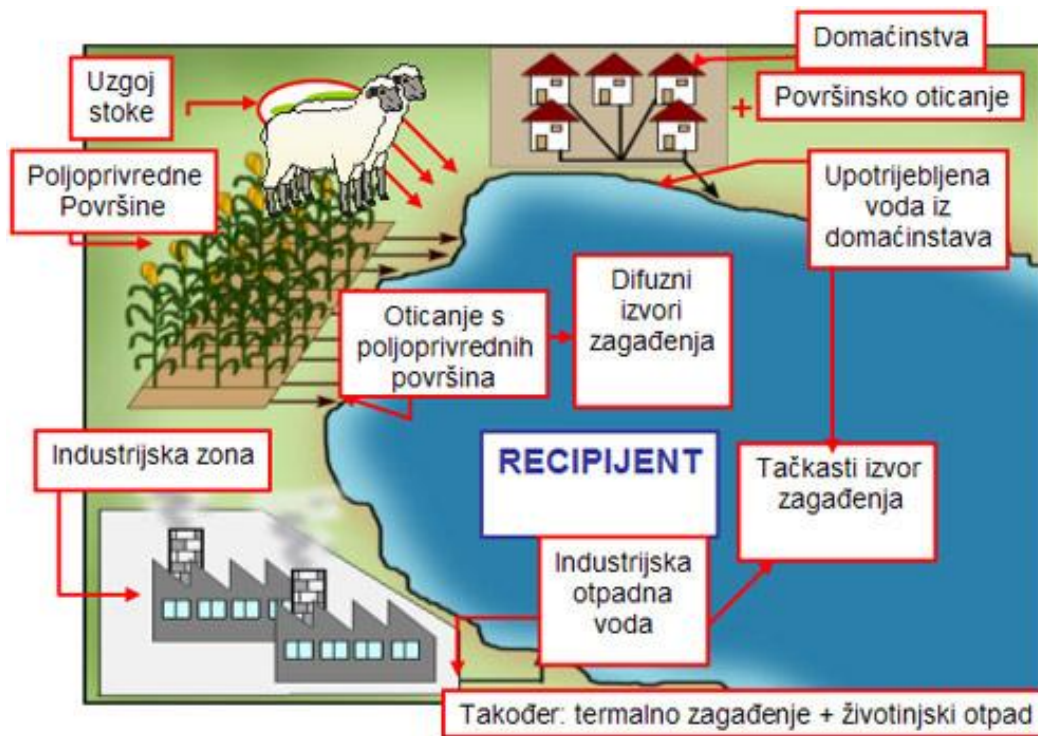




Slika 15. Otpadne industrijske vode

Oborinske vode prolaze kroz atmosferu i ispiru je. Pri tome otapaju ili prenose prema površini zemlje sastojke koji su ispušteni u atmosferu. Osim toga, oborine ili sustavi za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta ne mogu dovesti točnu količinu vode potrebnu za pojedine agrokulture na pojedinim poljoprivrednim zemljištima. Sva dovedena voda se ne može apsorbirati ili ispariti s mjesta dovođenja nego se određeni „višak“ vode procijedi u dubinu do podzemnih voda ili otječe do obližnjih površinskih voda. Taj tzv. višak vode predstavlja poljoprivredne otpadne vode. Njih je potrebno odvesti s mjesta nastajanja, dodatno obraditi i što je više moguće ponovo iskoristiti u sljedećem ciklusu navodnjavanja zemljišta. Sastav poljoprivrednih otpadnih voda ovisi o primijenjenoj tehnologiji obogaćivanja zemljišta gnojivom, hranjivim tvarima, primijenjenim herbicidima, biocidima, fungicidima i poljoprivrednim kulturama koje se uzgajaju na određenim područjima. Otpadne oborinske vode prisutne su i u gradovima. Ova vrsta voda ovisi o mnogo činioca poput intenziteta i vrste prometa, utjecaja industrije, trajanja kiše i njezine jakosti, trajanja sušnog razdoblja i sl. Sustavi odvodnje otpadnih voda bilo kojeg porijekla nazivaju se kanalizacijski sustavi. Kanalizacija predstavlja znanstveno-tehničko područje koje se odnosi na predlaganje, projektiranje, izgradnju i uporabu kanalizacijske mreže.

Osnovna zadaća ovih sustava je skupljanje otpadnih voda, odvodnja do mjesta pročišćavanja i ispuštanje pročišćene vode u odgovarajući prijemnik. Kanalska mreža zajedno s pripadajućim objektima služi za skupljanje otpadnih voda u urbanim i industrijskim sredinama, za odvođenje do mjesta pročišćavanja, za pročišćavanje do stupnja koji osigurava sigurno ispuštanje u prirodni prijemnik, za ispuštanje pročišćene vode u odgovarajući prijemnik.



Slika 16. Izvori onečišćenja voda

### 3.4.1. Pročišćavanje otpadnih voda

Pročišćavanje otpadnih voda je proces smanjenja onečišćenja do onih količina ili koncentracija s kojima pročišćene otpadne vode ispuštene u prijemnike postaju bezopasne za život i ljudsko zdravlje i ne uzrokuju neželjene promjene u okolišu.

Procesi pročišćavanja otpadne vode ovise o onečišćenjima koja se u njima nalaze i na taj način se i dijele na:

- mehanički procesi –uklanjanju se grube nečistoće koje su u obliku krupnih lebdećih ili suspendiranih tvari,
- fizikalni procesi – uklanjanju se suspendirane tvari,
- kemijski procesi – uklanjaju se koloidne tvari,
- fizikalno – kemijski procesi – uklanjanju se otopljene anorganske i organske tvari,
- biološki procesi – uklanjaju se organske tvari.

Postupci pročišćavanja mogu se primjenjivati kao zasebni procesi, ali i kao kombinacija dva ili više navedenih procesa.

Mehaničko pročišćavanje je prvi i najjednostavniji postupak pročišćavanja. Često se naziva primarnim postupkom pročišćavanja. Ovim postupkom uklanjaju se grube nečistoće. Mehaničko pročišćavanje moguće je provesti pomoću rešetki i/ili pjeskolova. Svrha ovog pročišćavanja je uklanjanje plutajućih tvari (papira, lišća, plastike, grana, limenki, krpa i sl.). Rešetke se postavljaju na mjestima gdje voda ulazi u crpke ili druge uređaje za pročišćavanje kako bi se zaštitili navedeni uređaji. Veličina i oblik rešetke ovisi o nekoliko čimbenika, međutim najosnovniji su veličina postrojenja za obradu otpadne vode i vrsta kanalizacije. Mali objekti koji imaju plitko ukopanu kanalizaciju koriste ravnu rešetku s ručnim čišćenjem. Za veća postrojenja i naselja s plitko ukopanom kanalizacijom koristi se lučna rešetka s automatskim čišćenjem. Srednje veliki i veliki objekti s dublje ukopanom kanalizacijom zahtijevaju postavljanje manjih ili većih ravnih rešetki s automatskim čišćenjem. Često se u velikim postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda postavljaju i grube i fine rešetke jedna iza druge. Poteškoće u radu nastaju zbog nagomilavanja otpadaka na rešetkama. Ukoliko se koriste rešetke s ručnim čišćenjem, čišćenje treba redovito provoditi te proces redovito kontrolirati, posebno u kišnim periodima. Zimi može doći do nagomilavanja leda na rešetkama što također uzrokuje poteškoće u radu. Ovaj problem rješava se ugradnjom grijača. Postavljanje pjeskolova obavezno je u sustavima s mješovitom kanalizacijom gdje u kišnim periodima kroz ulične slivnike dolazi velika količina zemlje i pijeska. Svrha im je da smanjenjem brzine kretanja vode ili djelovanjem centrifugalne sile izdvajaju teže krute sastojke (pijesak, šljunak i druge tvari koje nisu biorazgradive). Uklanjanje pijeska je nužno jer se on obično taloži u cjevovodima, biokemijskom bazenu ili taložniku. Vrlo često se taloži u zasunima ili ventilima te se oni uslijed toga ne mogu zatvoriti i brviti.

Postoji nekoliko izvedbi pjeskolova. Najčešće korišteni su pravokutni, okrugli i pjeskolovi s ozračivanjem. Pravokutni pjeskolovi su izvedeni u najmanje dvije jednake komore pri čemu je jedna komora u radu dok druga očišćena čeka na rad (naizmjeničan rad). Komore su izrađene od betona sa koso izvedenim stranicama što osigurava konstantnu brzinu protjecanja. Kod malih postrojenja komore rade naizmjenično, pri čemu se jednom dnevno jedna komora zaustavlja i čisti, a druga pušta u rad.

Kod većih postrojenja koristi se više komora koje rade paralelno, a čišćenje se obavlja prilikom samog rada pjeskolova. U ovom slučaju rezervne komore se koriste samo u kišnom periodu kad treba pročititi veće količine vode. U okrugle pjeskolove voda se dovodi sa strane. Smanjenjem brzine pijesak pada na dno i preko zaobljenog dna se skuplja u sredini. Pijesak se s dna pjeskolova pumpama vadi na površinu za ocjeđivanje. Pjeskolov sa ozračivanjem radi na principu da se brzina kretanja vode regulira zrakom. Uređaj za ozračivanje smješten je uzduž pjeskolova i pokreće vodu u poprečnom smjeru. Količina zraka se odabire tako se pijesak taloži, a ostale tvari ne.

Poteškoće u radu pjeskolova su češće kod malih pjeskolova u vrijeme minimalnih protoka. Tada dolazi do nakupljanja organskih tvari koje trunu u pjeskolovu, dok kod velikih protoka dolazi do odnošenja sitnih čestica pijeska. Osim toga treba obratiti pažnju na redovito čišćenje pjeskolova što se obično provodi jednom dnevno.

Ako otpade vode sadrže određene količine masnoća potrebno je iza pjeskolova postaviti odvajač masnoća, tzv. mastolov. Svrha mastolova je uklanjanje ulja, masti i drugih nečistoća uglavnom organskog porijekla. Prema procesu isplivavanja mastolovi se mogu podijeliti na mastolove prirodnog isplivavanja, jednokomorne i višekomorne mastolove umjetnog isplivavanja ili na mastolove u kojima se provodi aeracija. Ukoliko se radi o pročišćavanju voda iz kućanstva, ali i industrijskih otpadnih voda na uređajima za pročišćavanje se tijekom dana pojavljuju oscilacije u protoku. Razlog tome su aktivnosti stanovništva i rad industrijskih pogona. Zbog ujednačavanja oscilacija provodi se ujednačavanje odnosno tzv. egalizacija.

Fizikalni procesi pročišćavanje uključuju operacije taloženja i flotacije. Općenito se može reći da je taloženje uklanjanje krutina iz tekućina. Na brzinu taloženja utječe granulometrijski sastav, oblik i gustoća krutih čestica, tekućina iz koje se taloženje provodi, ali i temperatura. Povećanjem temperature od 0 na 29 °C udvostručuje se brzina taloženja. Da bi se taloženje provelo brzina vode mora biti smanjena do točke na kojoj će se krute čestice taložiti gravitacijom ako je vrijeme zadržavanja u taložniku dovoljno dugo. Danas taloženje spada među najraširenije procese u tehnologiji obrade otpadnih voda. Proces taloženja sitnih čestica traje relativno dugo pa se u praksi taloženje koristi za izdvajanje čestica čija je brzina veća od 10 – 5 m/s. Kada se čestice talože kroz tekućinu u slobodnom padu, tekućina iz koje su uklonjene čestice pomiče se u smjeru od nižeg prema višem i prostor između čestica tolik je velik da protok vode iz suprotnog smjera ne dovodi do trenja. Kada se čestice približe dnu taložnika počinju formirati graničnu površinu tekućina/krute tvari i njihova brzina slobodnog pada se zaustavlja. Istaložene čestice formiraju mulj i postaju kompaktne. Upravo zbog adekvatnog provođenja taloženja posebnu pažnju treba posvetiti konstruiranju taložnika.

Danas su najčešće u upotrebi pravokutni, okrugli, ljevkasti i dvokatni.

Pravokutni taložnici su bazeni na čijem se užem kraju nalaze uređaji za raspodjelu vode, a ispod njega jama za skupljanje mulja. Na suprotnoj strani se čista voda preljeva. Zgrtanje istaloženih čestica provodi se pomoću samovoznih kolica koja vuku zgrtalicu mulja po dnu bazena protustrujno dotoku vode ili lančanim kontinuiranim zgrtačem mulja. Lančani zgrtač mulja postavlja se na taložnicima gdje nastaje velika količina mulja.

Okrugli taložnici su plosnati bazeni u koje se voda dovodi kroz sredinu. Voda struji iz centra prema stjenkama što povoljno djeluje na proces taloženja. Pročišćena voda se preljeva preko ruba taložnika, a mulj se uklanja zgrtalicom obješenom na most. Most je jednom stranom pričvršćen na sredinu taložnika, a drugim se krajem nalazi na obodu taložnika.

Ljevkasti taložnik izveden je u obliku obrnutog stošca okruglog ili kvadratnog poprečnog presjeka. Stranice stošca su toliko skošene da uz vertikalno kretanje vode mulj klizi prema centru u jamu za skupljanje.

Dvokatni taložnik je duboka komora okruglog ili četvrtastog poprečnog presjeka u čijem je gornjem dijelu taložnik koji u svom gornjem dijelu ima središnji otvor tako da istaloženi mulj može propadati u donju komoru gdje se nalazi trulište mulja. Mulj se obično dva puta godišnje otprema i vadi.

Flotacija je proces u kojem se krute tvari iz tekućina izdvajaju izdizanjem na površinu. Isplivavanje može biti spontano zbog razlike u gustoći (krute čestice imaju manju gustoću od tekućine) ili prisilno upotrebom raspršenog zraka na koji se vežu čestice koje imaju gustoću veću od čestica vode (mastolov).

U bistrenju vode flotacijom otpadna voda je pod tlakom i prezasićenim zrakom. Kada se tlak snizi, zrak formira sitne mjehure koji uzrokuju isplivavanje krutih čestica na površinu.

Najznačajniji kemijski procesi pročišćavanja su neutralizacija i koagulacija (flokulacija). Neutralizacija se provodi tako da se u otpadnu vodu dodaju kiseline ili lužine i na taj način se mijenja pH. Ovo je vrlo čest postupak za obradu industrijskih otpadnih voda pri čemu se popravljiva kiselost ili lužnatost otpadnih voda. Neutralizacija se provodi na nekoliko načina:

- miješanjem kiselih i lužnatih voda – provodi se u industriji gdje istovremeno nastaju i kisele i lužnate otpadne vode,
- filtracijom kiselih otpadnih voda – provodi se kroz filtarski sloj čije je punjenje lužnato,
- dodavanjem kemijskih sredstava (vapno, kiseline, ugljikov dioksid).

Neutralizacija se najčešće provodi dodatkom kemijskih sredstava, najčešće vapna. Kod upotrebe velike količine vapna obično se kupuje kalcijev oksid koji se gasi da bi se dobio kalcijev hidroksid.

Fizikalno - kemijski postupci zovu se još i napredne tehnologije, a obično su dopuna drugim postupcima, npr. kao prethodni postupak u pročišćavanju industrijskih otpadnih voda.

U ove postupke najčešće se ubrajaju ultrafiltracija i reverzna osmoza, adsorpcija na aktivnom ugljenu i ionska izmjena. Ultrafiltracija je proces filtriranja vode kroz filtar (membranu) veličine otvora 2 – 104 nm. Ovim postupkom se iz vode uklanjaju mikroorganizmi, ali i proteini i pigmenti. Membrana može biti napravljena i od prirodnih (celuloza) i od umjetnih materijala (PVC). Kako bi ultrafiltracija bila što efikasnija provodi se uz razliku tlakova, obično vakuumom. Postupak ultrafiltracije odvija se uz tlak veći od 0,14 MPa.

Osmoza se općenito može definirati kao prolaz molekula otapala u otopinu kroz polupropusnu membranu. Ukoliko se odvija proces obrnut od osmoze događa se reverzna osmoza. Reverzna osmoza će se odvijati kada je tlak koji djeluje na otopinu u obrnutom smjeru veći od osmotskog tlaka. Reverzna osmoza može također poslužiti za pročišćavanje otpadnih voda, ali pri tome treba voditi računa da suspendirane tvari mogu oštetiti membranu. Iz tog razloga se ovaj postupak uglavnom primjenjuje za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda.

Adsorpcija je jedna od najčešće primjenjivanih i najekonomičnijih metoda za uklanjanje štetnih tvari iz otpadnih voda, te u odnosu na druge metode daje vrlo dobre rezultate. Adsorpcija je proces koji se osniva na sposobnosti da (adsorbensi) neke čvrste tvari mogu na svojoj površini vezati (tj. adsorbirati) molekule plina ili molekule i ione (adsorbat) iz otopine. Pojava adsorpcije posljedica je djelovanja privlačnih sila između čvrste površine i molekula u otpadnoj vodi, a to se očituje pojavom toplinskih efekata za vrijeme procesa. Količina adsorbirane tvari na čvrstoj površini ovisi o specifičnim svojstvima površine, o koncentraciji i pH otpadne vode i o temperaturi. Kao adsorbens za pročišćavanje otpadnih voda najčešće se koristi aktivni ugljen. Najčešći oblici aktivnog ugljika su: granulirani, praškasti i vlaknasti.

Granulirani oblik ima veličinu granula od 0,6 do 4,0 mm, tvrd je i otporan na ogrebotine, te je relativno gust. Iako je granulirani ugljik skup u odnosu na prah, on ne uzrokuje velike hidrodinamičke probleme i može se lako regenerirati i koristi ponovno. Prah aktivnog ugljika, općenito ima fine čestice veličine od oko 44  $\mu\text{m}$ , što omogućuje bržu adsorpciju. Vlaknasti aktiviran ugljik je skuplji materijal, ali ima sposobnost kalupljenja.

Ionska izmjena je proces u kojem neke tvari (najčešće ionske smole) imaju sposobnost zamjene svojih iona s ionima iz otpadne vode. Ionske smole su krute tvari koje mogu biti u obliku kuglica, vlakana cijevi ili membrana. Ionski izmjenjivači se više primjenjuju za pripremu i deionizaciju sirove vode nego za pročišćavanje otpadne vode.

Biološki onečišćivači - Veliki dio organskih onečišćenja koja se nalaze u vodi mogu biti u neotopljenom ili u otopljenom stanju. Ukoliko se radi o neotopljenim organskim tvarima, one se uklanjaju jednim od već opisanih postupaka. Otopljene organske tvari moguće je ukloniti samo biokemijskom (biološkom) razgradnjom. Međutim, biološke procese moguće je primijeniti samo tamo gdje su onečišćenja biološki razgradiva i ne sadrže otrovne tvari u kritičnim količinama. Biološki procesi se primjenjuju kako bi se iz otpadnih voda uklonio organski ugljik, te se smanjila količina fosfora i dušika (nitrifikacija i denitrifikacija). Ovu vrstu razgradnje moguće je postići tako da se u biološkom bazenu razviju mikroorganizmi, najčešće bakterije koji će organska onečišćenja i hranjive soli koje su raspršene u otpadnoj vodi koristiti za svoj rast. Ovakav proces pročišćavanja identičan je procesu koji se odvija i u prirodnom okolišu.

Najčešće uporabljeni biološki postupci pročišćavanja svrstani su u tri skupine:

- pročišćavanje pomoću bioloških filtara ili prokapnika,
- pročišćavanje u lagunama i
- pročišćavanje sa aktivnim muljem.

Prokapnik je najstariji oblik pročišćavanja otpadne vode. Mikroorganizmi rastu pričvršćeni na čvrstu površinu. Prokapnik je najčešće izveden u obliku betonskog spremnika kružnog presjeka. Spremnik na dnu ima rešetku, te ispod rešetke po dva otvora s bočnih strana radi strujanja zraka. Središnji dio prokapnika ispunjen je volumskom ili plošnom ispunom, volumske ispune su zrnati materijali s veličinom zrna od 4 do 10 cm. Plošne ispune su tvrde ili meke ispune, ali mogu biti i folije i tkanine. Otpadne vode se raspršivačima dovode u prokapnik, odnosno na ispunu. Nakon nekog vremena na ispunu se skupi kultura različitih mikroorganizama (bakterije, gljive, alge, pljesni crvi i sl.). Aeriranje se odvija kroz otvore s bočne strane prokapnika i to prirodnim strujanjem zraka.

U lagunama se odvija pročišćavanje vode s malom količinom mikroorganizama. Iz tog razloga je i zadržavanje vode u lagunama dugo, a količina tvari koja se razgradi u jednom danu je relativno niska. Ovisno o dubini lagune pročišćavanje se odvija aerobnim ili anaerobnim procesima. U lagunama koje su plitke osiguran je dovoljan dotok kisika kroz cijelu lagunu pa je proces razgradnje organskih tvari aeroban. Osim toga u plitke lagune prodire sunčeva svjetlost što omogućava odvijanje fotosinteze kroz cijelu lagunu. U dubokim lagunama na površini se odvija aeroban proces, a u unutrašnjosti anaeroban. Osim biološke razgradnje u lagunama se, zbog dugog zadržavanja vode odvija taloženje, isplivavanje, isparavanje i procjeđivanje. Budući da su lagune smještene na otvorenom prostoru koji od ovih procesa će se odvijati ovisi o vremenskim uvjetima (temperatura, količina i učestalost oborina, vjetar i sl.).

Pročišćavanje otpadne vode aktivnim muljem je treći način biološkog pročišćavanja otpadne vode. Pročišćavanje otpadne vode aktivnim muljem danas je vjerojatno najrašireniji postupak pročišćavanja. Aktivni mulj razlikuje se od mulja izvađenog iz laguna. Pod aktivnim muljem podrazumijeva se biocenoza sastavljena od aerobnih i fakultativnih anaerobnih mikroorganizama. To su u prvom redu bakterije, ali je osim bakterija prisutna znatna količina i ostalih mikroorganizama, bičaća, trepeljtikaša, ameba, točkaša i sl.

### 3.5. Utjecaj onečišćenja vode na život

Ljudski organizam od svoga začeca sadrži određeni udio vode, pa tako; zametak se sastoji od 90% vode, novorođenče 75%, adolescent 60%, odrasla osoba 57%, te starije osobe 50% vode i jednostavno bez vode nema života. Voda je sredstvo u kojem se odvijaju svi metabolički procesi, održava tjelesnu temperaturu, čuva kosu, kožu, ublažava udarce, čini nas radno sposobnima i igra važnu ulogu u detoksifikaciji organizma.

Prema svim preporukama za dnevni unos, zbog važnosti koju voda ima, potrebno je popiti 8 čaša. No, prema piramidi unosa tekućine, voda se unosi i iz drugih izvora (hrana, čaj, kava, sokovi, alkohol).

Smanjenje količine vode u tijelu od samo 2% može uzrokovati znakove dehidracije, kratkotrajni gubitak pamćenja i poteškoće u koncentraciji.

Voda ima neprocjenjivu vrijednost, nužna je za život, zalihe su ograničene, a sve je više ugrožena. Voda je temelj života na Zemlji. Dobra kakvoća vode omogućuje zdrave ekosustave, čime se poboljšava zdravlje ljudi. Međutim, loša kakvoća vode pogađa okoliš i zdravlje ljudi. Na primjer, zbog bolesti koje se prenose vodom svake godine umire više od 1,5 milijuna djece.

Taj je problem još istaknutiji u zemljama u razvoju, gdje se u površinske vode ispušta više od 90% nepročišćenih otpadnih voda i do 70% neobrađenog industrijskog otpada.

Posljedica onečišćenja voda je i ozbiljno smanjivanje količine i kvalitete slatkih voda, kao i smanjivanje sposobnosti normalnog funkcioniranja ekosustava. Zagađenjem ekosustava narušava se stanje prirodne ravnoteže okoliša: dolazi do pojave nepovratnih loših učinaka – smanjena produktivnost biomase, gubitak biološke raznolikosti i drugo.

Mnoge od tvari koje onečišćuju vode imaju dugoročne negativne učinke na kakvoću vode, a posljedica toga je ozbiljno smanjivanje količina zdravstveno ispravnih slatkih voda, što predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje.

Voda može biti i prijenosnik bolesti. Bolesti od kojih se obolijeva zbog onečišćene vode mogu biti uzrokovane protozoama, virusima ili bakterijama, a dijele se na klasične hidrične bolesti i epidemije, bolesti koje se prenose kontaktom s vodom, bolesti koje prenose vektori (insekti čiji se dio životnog ciklusa odvija u vodi), bolesti vezane uz oskudicu vode (povezane sa slabom osobnom i kućnom higijenom), te bolesti koje se prenose zrakom (aerosolom). Najčešće hidrične epidemije su epidemije kolere, trbušnog tifusa i paratifusa te bacilarne dizenterije. Vodom se mogu širiti i leptospiroza, legionarska bolest, tularemija, virusni konjunktivitis i streptokokoze.

Iako su za zaštitu vodnih resursa potrebna značajna financijska sredstva, ona je puno učinkovitija i jeftinija od njihove sanacije nakon zagađenja. Financijska sredstva trebaju biti nadopunjena dobro definiranim zakonskim okvirom koji se odnosi na kvalitetu vode, a trebaju funkcionirati i mehanizmi kontrole zaštite vodnih resursa. Isto je tako potrebno stalno njegovati i provoditi dobro usmjerene inicijative jačanja svijesti o važnosti vode i potrebi očuvanja njene kvalitete.

## 4. TLO

Tlo je prirodna tvorevina, nastala složenim i uglavnom dugotrajnim procesima djelovanjem klime, vegetacije i makro i mikro organizama na matičnu stijenu, odnosno supstrat. Koliko su to dugotrajni procesi najbolje govore podaci da se za sloj tla od 30 cm proces nastajanja kreće u rasponu od nekoliko tisuća do preko milijun godina, što zavisi o značajkama supstrata. Na ovaj način, a ovisno o danim uvjetima, na površini Zemlje su nastajala tla različite građe. Ovdje je bitno napomenuti i razliku među pojmovima tlo i zemljište, koji se vrlo često zamijenjuju. Naime, tlo je prirodna tvorevina nastala procesima tvorbe tla, a pojam zemljište se odnosi na površinu kopna. Znači, zemljište je širi pojam i označava kopnenu površinu i bioproduktivni sustav koji obuhvaća tlo, vegetaciju, druge životne zajednice te ekološke i hidrološke procese. Iskazuje se u jedinicama za površinu, ha, ral, jutro, ar, dulum. Prema tome, na jednom hektaru poljoprivrednog zemljišta u pravilu ćemo naći više tipova tala. Tlo je sastavljeno od mineralnog dijela kao osnove i organskih tvari. Od minerala najviše su zastupljeni silicij, aluminij i željezo, a nešto manje ima kalcija, magnezija, kalija i natrija. U minimalnim količinama ima fosfora i sumpora. Od ostalih elemenata najviše su zastupljeni kisik, ugljik i dušik. Za kvalitetu tla veliku važnost ima sadržaj alkalnih elemenata (kalcij, kalij, magnezij, natrij) a naročito kalcija koji čini osnovu svakog plodnog tla. Temeljne značajke tla mogu se podijeliti na:

- Fizikalne:
  - Tekstura – koja je određena kvantitativnim odnosom veličinskih klasa čestica tla. Prema teksturi, osnovne kategorije tla su gline, ilovače i pjeskulje.
  - Struktura – koja predstavlja način povezivanja mehaničkih elemenata tla (čestica) u veće nakupine.
  - Poroznost – koja predstavlja „prazan“ prostor između veće nakupine, u kojima se mogu nalaziti zrak, voda, različiti biljni dijelovi i životinje, a u najmanjima i mikroorganizmi.
  - Kapacitet tla za vodu – koji ovisi o strukturi i teksturi tla.
  - Kapacitet tla za zrak – koji također ovisi o strukturi i teksturi tla, a predstavlja razliku između poroznosti tla i retencijskog kapaciteta (sposobnost tla da zadrži vodu).
  - Temperatura tla – o kojoj ovise svi životni procesi u tlu i fiziološki procesi u podzemnim i nadzemnim biljnim organima.
- Kemijske:
  - Količina humusa odnosno mrtve organske tvari u tlu koja je nastala nepotpunom razgradnjom biljnih i životinjskih ostataka te mikroorganizama.
  - Reakcija tla – koja ovisi o odnosu koncentracije vodikovih iona i hidroksilnih iona. Vodik je nositelj kisele reakcije, a hidroksilni ioni bazične.
  - Puferizacijska sposobnost tla – tj. sposobnost tla da se svojim unutarnjim mehanizmima odupre naglim promjenama reakcije tla.
  - Adsorpcijska sposobnost – koja ovisi o teksturi tla, a ogleda se u sposobnosti tla da na koloidne čestice veže i zadržava ione koji se nalaze u otopini tla. Za ekološke značajke tla najvažnije su količina i vrsta kationa u adsorpcijskom kompleksu tla koji predstavlja skup svih koloida u tlu. Najvažniji su biogeni elementi.
- Biološke: značajke tla su bogatstvo vrsta i broja mikro i makro flore i faune.



## 4.1. Uloga tla

Tlo je izvor hrane, materijala za gradnju i proizvodnju iz ugljena, plina i nafte, iz izvora i rijeka, te drugih najosnovnijih životnih potreba. Ono nudi beskrajne mogućnosti za razvoj i otkrivanje. Ono je osnovni izvor bogatstva.

Brojne uloge tla su sljedeće:

- Proizvodno – gospodarska
- Ekološko – regulacijska
- Biološko – regulacijska
- Prostorna
- Konzervacijsko – arhivska

Proizvodno – gospodarska uloga tla – proizvodnja hrane i drugih poljoprivrednih proizvoda u cijelosti ovisi o tlu. Sve se biljke ukorjenjuju u tlu te iz njega crpe vodu i hranjive tvari. Postizanje visokog stupnja samodostatnosti u osiguranju dovoljnih količina hrane i drugih poljoprivrednih proizvoda značajno je za samostalnost (integritet, socijalnu, kulturnu, političku i gospodarsku stabilnost svake države). Ovo je najpoznatija, ali ne uvijek i najznačajnija uloga tla. Tlo je i važan izvor sirovina, napose za građevnu industriju (proizvodnja cigle, gline, pijeska, šljunka) ili se pak koristi kao gorivo, kao što je slučaj s tresetom. Treset se isto tako koristi kao sirovina za proizvodnju supstrata za zatvorene prostore (staklenici, plastenici, lončanice). Eksploatacija tih sirovina uvijek je povezana s oštećenjem tla otvorenim kopovima, odnosno prekrivanjem drugih plodnih tala tim materijalom.

Ekološko – regulacijska uloga tla – tlo ima značajno mjesto u biološkom kruženju tvari i energije. Imajući u vidu njegov smještaj „između“ litosfere i atmosfere, ali i izravni dodir s biosferom, tlo ima ulogu prijemnika tvari koje se kontrolirano ili kao posljedica incidenta, odnosno prirodne katastrofe emitiraju iz tih sfera u okoliš, a bilo da imaju pozitivan ili negativan utjecaj, ekološki su značajne za sve članove biosfere. Te se tvari u tlu mogu nakupljati pa tlo zahvaljujući mehaničkoj, fizikalnoj i fizikalno-kemijskoj sorpciji tih tvari ima ulogu njihova sakupljača (akumulatora). Budući da pomoću mikrobiološkog kompleksa tako nakupljene tvari može izmijeniti, tlo ima i ulogu izmjenjivača tih tvari. Primjerice ekološki jako relevantne i agresivne tvari, kao što su pesticidi ili nafta i njezini derivati, tlo postupno razgrađuje u ekološki bezopasne oblike.

Biološko – regulacijska – tlo je izvor genetskog bogatstva i zaštite biološke raznolikosti na Zemlji. Broj organizama ispod površine tla višestruko je veći od onoga na površini Zemlje. Plodno tlo mora imati primjerenu biološku aktivnost i pokazivati veliku biološku raznolikost. Na jednom hektaru dobrog poljoprivrednoga zemljišta, u površinskom sloju od 20 cm više je od 20 tona različitih organizama, a u šaci tla više je mikroorganizama nego ljudi na Zemlji. Biološka degradacija tla i svaki poremećaj prirodnog odnosa tih organizama u tlu, nerazdvojno su povezani s degradacijom fizikalnih i kemijskih značajki tla.

Prostorna uloga tla – sva infrastruktura (gradovi, naselja, prometnice, zračne luke, vodne akumulacije) izgrađena je na tlu. Smatra se kako se približno 2% ukupne površine tala Europe nalazi pod zgradama. Nikako nije svejedno jesu li trase prometnica i razni objekti smješteni na jednom ili drugom tlu. Loše odluke o lokaciji mogu prouzročiti trajne i nesagledive posljedice za korištenje tih objekata. Treba se zalagati za čuvanje i što štedljivije korištenje tla za neproizvodne namjene.

Tlo se koristi i kao odlagalište različitih tvari, uključujući industrijski otpad i otpad iz domaćinstava. Djelotvornost odlagališta uvelike ovisi o tlu na kojemu je ono locirano. Naravno da se u tu svrhu ne mogu koristiti sva tla i da svako tlo ima ograničen kapacitet bezopasnog prijema otpadnih tvari.

Ključnu ulogu u oblikovanju krajobraza ima upravo tlo jer ono određuje moguće načine korištenja prostora. Od početka civilizacije do danas čovjek je znatno promijenio prirodni krajobraz. Krajobraz u kojemu prevladavaju poljoprivredne površine naziva se kulturni krajobraz, dok se krajobraz koji je oblikovan utjecajem čovjeka naziva umjetni kulturni krajobraz. Zaštita krajobrazne raznolikosti nerazdvojna je od zaštite tla u prostoru.

Konzervacijsko – arhivska – tlo je značajan povijesni medij, jer se u njemu nalaze konzervirani različiti arheološki artefakti i paleontološki materijal koji služe kao izvori informacija za rekonstrukciju geoloških pretpovijesnih i povijesnih događaja na određenom prostoru. Arheologija se oslanja na te ostatke. Zbog toga lokacije s arheološkim nalazima imaju posebnu vrijednost.

## 4.2. Uzroci onečišćenja tla

Onečišćenost tla može se definirati kao poremećaj u funkcioniranju tla do kojeg dolazi većim ili manjim povećanjem sadržaja određenih spojeva u tlu, što je izazvano uglavnom ljudskom aktivnošću.

Utjecaj na tlo i onečišćenje tla intenzivnije počinju već u mlađem kamenom dobu, kada je čovjek prestao biti skupljač i lovac i počeo se baviti poljoprivredom. Razvojem civilizacije rastu pritisci na tlo; čovjek svojom djelatnošću već tisućama godina mijenja prirodnu vegetaciju i izravno ili neizravno utječe na građu tla, njegove fizikalne, kemijske i biološke značajke. Prema nekim procjenama gubitci kvalitetnog tla u svijetu procjenjuju se na 6-7 milijuna hektara godišnje. Primjerice za Španjolsku velik problem predstavlja isušivanje tla, a kada su u pitanju države istočne Europe, na njihovu teritoriju izražena je erozija tla. U Poljskoj je 35% tala pretjerano kiselo a u Litvi u 40% tla zabilježena je visoka koncentracija teških metala. Općenito se može reći da kada nestaje tlo, dolazi do neravnoteže i povrede života na Zemlji.

Glavni izvori onečišćenja tla mogu biti prirodnog i antropogenog podrijetla. Od prirodnih izvora značajna je aktivnost vulkana, koji tijekom erupcije izbacuju goleme količine pepela, koje mijenjaju sastav tla. Plinovi oslobođeni u atmosferu tijekom erupcije mijenjaju sastav zraka, a otopljeni u vodi zakiseljavaju oborine te tako mijenjaju i sastav i reakciju tla. Prirodni izvori onečišćenja tala jesu i požari, poplave, dugotrajne obilne kiše i suše.

Najčešći antropogeni uzročnici onečišćenja tala jesu: poljoprivreda (erozija vodom i vjetrom, melioracije, monokulture, umjetna gnojiva, pesticidi, zbijanje tla mehanizacijom, smanjenje biomase i dr.); iskorištavanje šuma (erozija, smanjenje kapaciteta tla za vodu i dr.); urbanizacija (gubitak tla zbog rasta gradova i infrastrukture, odlaganje otpada, zbijanje tla, transport i dr.); industrija (onečišćavanje tla oborinama, odlaganje otpada i dr.); rudarstvo (uklanjanje tla zbog površinskih kopova, snižavanje razine podzemne vode uslijed podzemnih kopova i dr.); ratna razaranja (požari, defolijanti, osiromašeni uran, rasipanje olova i drugih toksičnih kovina iz streljiva, nuklearno oružje i dr.). Dalje razlikujemo onečišćenje tla koje je uzrokovano jasno ograničenim izvorima (lokalni ili točkasti) i ono koje je uzrokovano difuznim izvorima.

Onečišćenje tla koje je uzrokovano lokalnim (ili točkastim) izvorima uglavnom je povezano s rudarstvom, industrijskim postrojenjima, odlagalištima otpada i ostalim postrojenjima ili djelatnostima tijekom i nakon prestanka njihova djelovanja. Ta postrojenja i djelatnosti predstavljaju rizik i za tlo i za vodu.

Difuzno onečišćenje uglavnom se povezuje s atmosferskim taloženjem, određenim poljodjelskim radovima i urbanim područjima.

Postoje dvije skupine onečišćenih tala koje se klasificiraju kao difuzno raspršeno onečišćenje:

- onečišćenje koje je posljedica poljoprivredne aktivnosti i šumarstva, krajobrazne arhitekture, vrtova i parkova, urbane sredine, gdje se ekološki sastav tla mijenja unosom nutrijenata, pesticida i egzogene organske tvari (stajsko gnojivo, kompost, gradski mulj) kako bi se povećala produktivnost ili zaštitilo sadašnje stanje tla.
- Onečišćenje koje u tlo ulazi prirodnim putovima, kao što je atmosfersko taloženje i taloženje iz površinskih voda.

Atmosfersko taloženje uzrokovano je ispuštanjem plinova u industriji, prometu i poljoprivredi. Taloženje onečišćivača iz zraka ispušta u tlo kisele onečišćivače, teške metale i nekoliko organskih spojeva.

#### 4.2.1. Gubitak plodnosti tla

Pad plodnosti tla ili čak potpuni gubitak plodnosti potrebne za poljoprivredni uzgoj, česta je pojava u mnogim dijelovima svijeta. Površina plodnih tala na Zemlji ograničena je pa se procjenjuje da samo 11% tala nema ograničenja za uzgoj bilja u poljoprivredi, a ostala su kisela, slana, presuha, močvarna ili se nalaze pod trajnim ledom. Procjenjuje se da se godišnje u svijetu gubi oko 5-9 milijuna hektara, a dosad je izgubljeno oko dvije mlrd. hektara poljoprivrednog zemljišta, što je više od površine koja se danas koristi u te svrhe. Gubitak se nastoji kompenzirati krčenjem novih šuma i preoravanjem pašnjaka.

Zbog toga se površine pod šumama smanjuju i remeti se biološka ravnoteža, tako da se godišnje u cijelom svijetu šumska površina smanjuje za 9,4 milijuna hektara ili 0,22% - najviše u Africi (5,3 mil ha) i Južnoj Americi (3,7 mil ha), dok se samo u Europi ta površina povećava za 881 000 hektara ili 0,08%. Osim dobro poznate i redovite sječe i krčenja zbog eksploatacije drva, šumske stručnjake brine prirodno isušivanje i opustinjavanje zbog smanjenja oborina, povećane kiselosti i toksičnih tvari u zraku.

#### 4.2.2. Dehumizacija i zbijanje tla

Veoma snažan utjecaj na pad sadržaja humusa ima orijentacija moderne proizvodnje na opskrbu biljke hranjivima isključivo primjenom mineralnim gnojivima. Dehumizacija je proces prisutan na svim poljoprivrednim tlima.

Zbijanje tla je pedofizikalni degradacijski proces koji utječe na mehaničku građu, vodozračne odnose i propusnost tla za vodu. Ono je prirodan i/ili antropogeni proces. Zbijanju su posebno sklona praškasta tla. Zbijanjem se smanjuje propusnost tla za vodu i zrak i pospješuje proces hidrogenizacije. Zbijanje tla je trajni proces koji mjerama oranja, rigolanja i vertikalnog dubinskog rahljenja korigira do optimalnih uvjeta za rast i razvoj biljaka. Otkriće motora i napredak tehnike dovode do znatnijih promjena u obradi tla. Razvoj je doveo do toga da od svih zahvata u korištenju poljoprivrednog tla, obrada tla troši najviše energije. S vremenom su se pokazale i druge negativne strane pretjerane obrade tla, u prvom redu antropogena zbijanja tla, gubitak humusa i kvarenje strukture tla te katastrofalna erozija. Uz sve to danas se obradi tla pridodaje i povećana emisija CO<sub>2</sub>. Velik broj prohoda obrade dovodi do zbijanja tla.

#### 4.2.3. Erozija tla

Erozija predstavlja ispiranje i odnošenje najsitnijih i najplodnijih čestica iz rastresite podloge. Erozija je prirodan proces krutih tvari kroz utjecaj vjetra, vode ili pomicanja koja su uvjetovana silom gravitacije, a može se ubrzati nekontroliranom sječom šuma i pogrešnim korištenjem tla. Erozija tla predstavlja ne samo lokalni i regionalni, već i globalni problem suvremenog čovjeka. U osnovi erozivnih procesa leži uništavanje prirodnih oblika vegetacije, naročito šuma, na strmim brdskim i planinskim, ali i ravničarskim terenima.

Osnovni tipovi erozije su:

- Vodna (erozija vodom) – uključuje fluvijalnu (tekućom vodom) i pluvijalnu (kišnim kapima) eroziju.
- Eolska (erozija vjetrom) – nastaje kao posljedica rada vjetra.
- Nivalna (erozija snijegom) – u nivalnom klimatskom području stijene se mehanički razaraju stalnim smrzavanjem i odmrzavanjem stijena (nivacija).
- Glacijalna (erozija ledom) – proces mehaničkog razaranja i prenošenja stjenovitog materijala kao rezultat rada ledenjaka.

Nivalna i glacijalna erozija karakteristične su za visoke planine i kod nas ih nema. Erozija tla vodom i vjetrom je višestruko štetan proces kojim se oštećuju ili uništavaju dva temeljna prirodna resursa: tlo i voda. Erozija tla vodom predstavlja najznačajniji i najopasniji degradacijski proces tala kod nas. Nasuprot tome, erozija vjetrom u našoj regiji nije dovoljno znanstveno proučavana, i smatra se da ona ne predstavlja poseban problem.



Slika 17. Primjer erozije tla

#### 4.2.4. Opustinjavanje ili dezertifikacija

Opustinjavanje ili dezertifikacija je degradacija tla u sušnim, polusušnim i umjereno vlažnim dijelovima svijeta. Danas opustinjavanje predstavlja globalni okolišni problem. Procjenjuje se da je opustinjavanjem zahvaćeno oko ¼ svjetskog kopna. Gubitci u poljoprivrednoj proizvodnji izazvani širenjem opustinjavanja iznose oko 42 mlrd. dolara godišnje. Opustinjavanje i degradacija tla ekološka je, ekonomska i socijalna prijetnja u svim regijama svijeta, a nastaje kao posljedica antropogenog djelovanja. Na nju utječu i prirodni čimbenici. Tako kolebanja u količini padalina i trajanje sušnih razdoblja mogu pokrenuti ili intenzivirati proces opustinjavanja. Ono ima teške posljedice, popravljane kojih je dugotrajno i za većinu država neostvarivo zbog golemih troškova.

Najznačajnije posljedice su smanjenje biološke raznolikosti, pojačana erozija i smanjenje plodnosti tla. Dolazi do promjene lokalne klime. Češće su oluje s burnim naletima prašine i pijeska koje prijete naseljima, prometu i obradivim površinama. Smanjuje se razina podzemnih voda. Zbog smanjenja kapaciteta tla za vodu te većeg udjela olujnih nevremena češće su bujice i poplave. Svjetski dan borbe protiv dezertifikacije i suše obilježava se svake godine 17. lipnja kako bi se svjetskoj javnosti skrenila pozornost na ovaj rastući problem. Među najpopularnijim mjerama za ublažavanje posljedica opustinjavanja su pošumljavanje i sadnja zaštitnih pojaseva travnjaka i stabala kao zaštite od vjetrova, pretjeranog isparavanja i erozije, te gradnja umjetnih prepreka poput nasipa i kanala.

#### 4.2.5. Zakiseljavanje tla

Zakiseljavanje tla može biti geogenog, pedogenog i antropogenog podrijetla. Geogeno i pedogeno zakiseljavanje su prirodni procesi, a antropogeno nastaje kao posljedica „kiselih kiša“, intenzivne gnojidbe mineralnim i organskim gnojivima, a prisutno je na svim mogućim tlima. Najznačajniji uzroci zakiseljavanja su: ispiranje baza iz tla, gnojidba fiziološki kiselim gnojivima i iznošenje kalcija u biljnoj masi.

Važan uzročnik zakiseljavanja je sumpor, kao sastavni dio sredstava za zaštitu bilja i gnojiva. Sumpor je u tlu oksidira u sulfite i sulfate koji otopljeni u vodi jako zakiseljavaju tlo. Kisela tla uzrokuju nestabilnu strukturu i pokazuju sklonost formiranju pokorice poslije svake jače kiše, posebno ako su nezaštićena biljnim pokrovom.

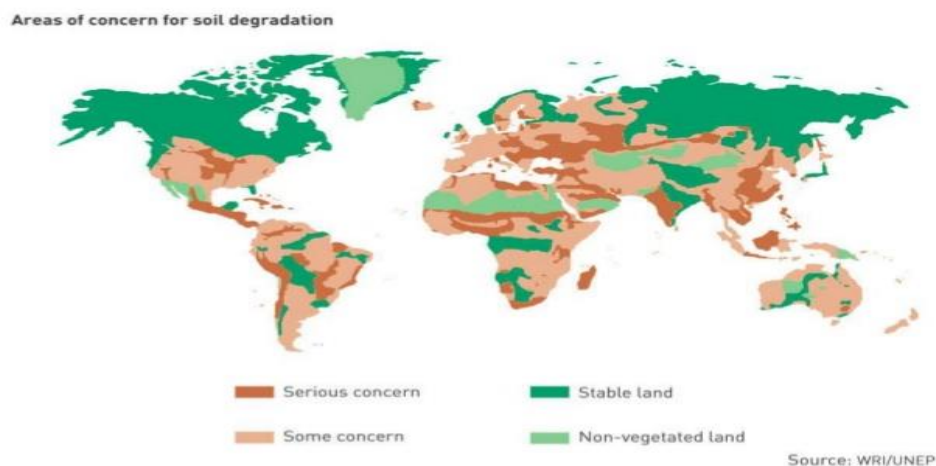
#### 4.2.6. Degradacija i destrukcija tla

Degradacija tla nastaje unošenjem otrovnih supstanci prilikom gnojenja i zaštite biljaka, te uslijed poremećaja strukture tla i erozije. Destrukcija je teže oštećenje tla, koje nastaje pod utjecajem otpadnih voda i čvrstih otpada (PET, PVC). Generalno onečišćenje tla može biti lokalno i globalno. Lokalno onečišćenje tala vezano je s jedne strane za gradove i veća industrijska područja, a s druge strane za poljoprivredna područja koja su u novije vrijeme sve veći problem. Globalno onečišćenje tala vezano je često uz druge izvore onečišćenja tj. onečišćenje oborinama ili dotokom različitih tvari iz onečišćenih vodotoka.

Onečišćenje tla može se svrstati u tri skupine:

- Onečišćenje iz zraka – emisije iz tehnoloških procesa, emisije uslijed sagorijevanja fosilnih goriva, stambenih zgrada, ispušnih plinova automobila, uslijed sagorijevanja biomase, šuma itd. Onečišćivači u obliku plinova, para, aerosola i prašine dospijevaju na površinu Zemlje s padalinama.
- Onečišćenje iz otpadnih voda – otpadne vode iz tehnoloških procesa, otpadne vode iz domaćinstava, vode zagađene uslijed poljoprivredne djelatnosti itd. Onečišćivači prisutni u tekućoj i podzemnoj vodi onečišćuju tla s kojima je ta voda u dodiru.
- Onečišćenja čvrstim otpadom iz industrije, domaćinstava i poljoprivrede – što predstavlja jedan od najznačajnijih načina zagađenja. Tlo se onečišćuje izravnim unošenjem kemijskih sredstava (pesticida). Pesticidi se uključuju u hranidbeni lanac i dolazi do njihova nakupljanja u pojedinim tkivima. Prvo dolazi do nagomilavanja pesticida u biljkama. Kasnije, preko njih, ti pesticidi dolaze do čovjeka.

## DEGRADACIJA TLA



Slika 18. Degradacija tla

Teški metali središnji su problem ekologije. Svi teški metali potječu iz prirodnih izvora a u tlo ulaze na različite načine (iz rudnika, emisijom iz atmosfere, iz stajskog gnoja, korištenja pepela od drva, otpadnim vodama, mineralnim gnojivima, sredstvima za zaštitu bilja). Zajednička je značajka teških metala njihovo neograničeno nakupljanje u biosferi.

U hranidbeni lanac ulaze uglavnom preko korijena i lista biljke te može ugroziti zdravlje konzumenata (domaće životinje i čovjeka). Ostaci pesticida u tlu također predstavljaju ozbiljno onečišćenje poljoprivrednih tala. Moderna poljoprivreda koristi kemijska sredstva, za suzbijanje bolesti biljaka, štetočina i korova.

Pesticidi se teško rastvaraju u tlu i vodi. Kao takvi, gotovo u neizmijenjenom obliku gomilaju se u biljkama, a preko njih u svim karikama hranidbenog lanca. Radionukleidi u tlu mogu biti prirodno zastupljeni ili se javiti nakon nuklearnih atmosferskih pokusa, ili pak incidentata, kao što je bio onaj u Černobilu.

#### 4.2.7. Ratom onečišćena i oštećena tla

Ratna djelovanja dovode do raznovrsnih onečišćenja i oštećenja poljoprivrednog tla, te šumskog i urbanog zemljišta. Vojne operacije tijekom domovinskog rata, prouzročile su raznovrsna onečišćenja i oštećenja poljoprivrednog, šumskog i urbanog zemljišta.

Razaranja civilnih i industrijskih objekata, te devastacija nacionalnih parkova prirode, bila su s namjerom nanošenja gospodarskih i ekoloških šteta. Postoji ogromna količina neregistriranog ratnog, ekološki rizičnog i štetnog otpada.

Neutvrđene su količine polikloriranih bifenila (PCB) u tlu iz raznovrsnih ulja uništenih transformatora i vojne tehnike. Iskopane su brojne utvrde, bunker i rovovi, a granate su razarale i onečistile tlo i dio matičnog supstrata. Dio zemljišnih površina još uvijek je pod minsko – eksplozivnim sredstvima.

#### 4.2.8. Gospodarenje tlom

Tlo je jedan od najugroženijih svjetskih prirodnih resursa. Svake se godine gubi 0,70% ukupne mase tla na Zemlji, zbog čega je iznimno važno početi s intenzivnom i djelotvornom zaštitom tla. Poziv na organiziranu zaštitu tla poznat je kao tzv. dvostruki SOS – S(ave) O(ur) S(oils) to S(ustain) O(ur) S(ocieties) ili na hrvatskom jeziku „Spasimo naša tla za opstanak naših zajednica.“ Realne su procjene da će sredinom ovog stoljeća raspoloživo poljoprivredno tlo biti glavni čimbenik ograničenja u proizvodnji hrane. Održivo gospodarenje tlom globalni je izlaz za podizanje produktivnosti, zaštitu talnih resursa i minimalizaciju negativnih utjecaja na okoliš. Ključnu ulogu u sustavu ima obrada tla, uloga koje je u prvom redu održavanje plodnosti tla na duže vrijeme, putem zaštite tla i vode, održavanja sadržaja organske tvari u tlu, održavanja strukture i stabilnosti pora te zaštite od erozije.

Održivo gospodarenje tlom treba omogućiti:

- Održavanje ili povećavanje postignute razine proizvodnje
- Smanjenje rizika proizvodnje
- Zaštitu prirodnih resursa i sprečavanje degradacije tla i voda
- Osiguravanje gospodarske opravdanosti
- Stvaranje socijalno prihvatljivog sustava

Problemi vezani za zaštitu i unapređenje kvalitete tla raznovrsni su i kompleksni, a prema uzrocima mogu se svrstati u nekoliko skupina, kako bi se mogle poduzeti odgovarajuće mjere za njihov popravak:

- Uspostava integralnog sustava održivog upravljanja tlom kao dijelova integralnog okolišnog sustava
- Usklađivanje postojeće i izrada nove zakonske regulative, usuglašene na svim razinama države, kao i s odgovarajućim međunarodnim normama.
- Izrada planske, analitičke i tehničke dokumentacije
- Koordinacija i efikasna komunikacija između institucija
- Uspostava integralnog zemljišnog informacijskog sustava, koji će biti u funkcionalnoj vezi s drugim odgovarajućim okolišnim institucijama.



### 4.3. Klasifikacija oštećenja tla

Klasifikacija oštećenja tla je vrlo složen postupak valorizacije i rangiranja opasnosti degradacijskih procesa, pri čemu se treba voditi briga o značajkama tla i odabiru jedne od značajki tla kao polazišne osnove za ocjenu stupnja oštećenja. Naime, treba imati na umu, s obzirom na značajke tla, da se tlo, kao višenamjenski resurs, može smatrati oštećenim za jednu namjenu, dok se istodobno može smatrati neoštećenim i upotrebljivim za drugu namjenu. S obzirom na ogromne razlike u geografskim i klimatskim obilježjima pojedinih lokacija tala, njihovim tipovima, načinima korištenja, vrstama dominantnih procesa koji uzrokuju njihova oštećenja itd., ne postoji jedinstvena klasifikacija oštećenja tala na svjetskoj razini. Kada se govori o klasifikaciji tala kod nas, onda se koristi klasifikacija prema F. Bašiću.

Ova klasifikacija je utemeljena na sljedećim klasifikacijskim jedinicama:

- stupanj oštećenja – je najviša jedinica klasifikacije. Osnovni kriterij za razvrstavanje je obnovljivost oštećenog tla tj. mogućnost da se odgovarajućim zahvatima postigne stanje koje odgovara prirodnim značajkama tipa tla na danom području.
- vrsta oštećenja – označava uzroke odnosno podrijetlo oštećenja (npr. degradacija tla u intenzivnoj biljnoj proizvodnji, zagađenje i/ili onečišćenje tla, premještanje ili translokacija i prenamjena tla).
- procesi oštećenja – upućuje na uzročnika tj. na proces (pojedinačni ili skupni) koji je posljedica vrste onečišćenja.
- posljedice – su raznovrsne i nespecifične pa ih nije lako niti jednostavno identificirati. Za identifikaciju posljedice potrebno je raspolagati odgovarajućim podacima.

Tablica 1. Klasifikacija oštećenja tla (F. Bašić, 1994.godina)

Stupanj oštećenja	Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice
<b>I. stupanj</b> SLABO LAKO OBNOVLJIVO (REVERZIBILNO)	Degradacija tala u intenzivnoj proizvodnji	1.1. Degradacija fizikalnih značajki tla; 1.2. Degradacija kemijskih značajki; 1.3. Degradacija bioloških značajki; 1.4. Degradacija hidromelioracijama.	Antropogena zbivanja tla; Poremećaj vodozračnih prilika; Veći utrošak energije u obradi; Zakiseljavanje i zaslanjivanje; Fitotoksični učinci; Smanjena biogenost; Poremećen odnos mikroflora, infekcija tla.
<b>II. stupanj</b> OSREDNJE TEŠKO OBNOVLJIVO (UVJETNO REVERZIBILNO)	Onečišćenje – Zagađenje	2.1 Teški metali i ostali toksični elementi; 2.2 Ostaci pesticida i PAH-ovi; 2.3 Petrokemikalije; 2.4 Radionuklidi; 2.5 Imisijska acidifikacija.	Hrana neupotreblija zbog mutagenoga, kancerogenog ili teratogenog djelovanja; Depresija rasta biljke; Fitotoksični učinci; Ugroženi drugi ekosustavi.
<b>III. stupanj</b> TEŠKO NEOBNOVLJIVO (IREVERZIBILNO)	Premještanje – Translokacija	3.1 Erozija vodom i vjetrom; 3.2 Eksploatacija kamena, šljunka i drugih građevinskih materijala; 3.3 Odnošenje tla plodinama; 3.4 Posudišta tla; 3.5 Prekrivanje komunalnim i proizvodnim otpadom; 3.6 Prekrivanje drugim tlom; 3.7 Oštećenja šumskim požarom.	Gubitak dijela tla ili cijelog profila; Promjena stratigrafije profila; Smanjenje proizvodnih površina; Smetnje u obradi tla; Povećana heterogenost pokrova tla; Povećani troškovi proizvodnje; Smanjen prinos; Ugroženi drugi ekosustavi; Gubitak proizvodnih površina.
<b>IV. stupanj</b> NEPOVRATNO (TRAJNI GUBITAK TLA)	Prenamjena	4.1 Izgradnja urbanih područja; 4.2 Industrijski, energetski objekti, prometnice, zračne luke; 4.3 Hidroakumulacije.	Smanjena ukupna proizvodna površina.

#### 4.4. Granične vrijednosti onečišćujućih tvari u tlu

Ocjena stupnja onečišćenosti nekom onečišćujućom tvari temelji se primarno na utjecaju te onečišćujuće tvari na biljke, ljudsko zdravlje i/ili okoliš. Pri tome, važno pitanje predstavljaju granične vrijednosti (GV) odnosno maksimalne dozvoljene koncentracije onečišćujućih tvari u tlu. Za razliku od Republike Hrvatske u kojoj, osim Pravilnika o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja, nema legislative koja propisuje granične vrijednosti pojedinih onečišćujućih tvari (teški metali.), pojedine zemlje EU pristupile su izradi graničnih vrijednosti koje su vezane uz različite načine korištenja zemljišta. Naime, propisane GV pojedinih onečišćujućih tvari za dječja igrališta odnosno područja u kojima se djeca duže vrijeme zadržavaju, imaju zasebne granične vrijednosti, dok za pješčanike u dječjim vrtićima, igralištima i parkovima vrijede puno stroži kriteriji.

Područja za stanovanje, parkovi i područja za odmor, imaju različite GV u odnosu na one za tla namijenjena u industrijske i komercijalne svrhe, ili pak poljoprivredna za uzgoj povrtnih i drugih usjeva, te poljoprivredna zemljišta koja se koriste kao trajna zelena površina na kojima nema ispaše stoke.

Graničnim vrijednostima za teške metale treba pristupiti osobito pažljivo, budući da su fiziološka uloga i utjecaj teških metala na čovjeka, biljke i životinje još uvijek nedovoljno poznati. Naime, neki teški metali pripadaju skupini za život neophodnih, biogenih mikroelemenata, neki u odgovarajućem rasponu sadržaja u tlu imaju stimulativno djelovanje, drugi su štetni po biljni svijet ili pokazuju sinergističko djelovanje; jedna skupina je bez fiziološkog značaja, a jedan dio je toksičan i dovodi do anomalija u živim organizmima. Nadalje, teški metali uključeni u lanac ishrane iznad dopuštenog sadržaja uzrokuju akutna ili kronična oboljenja i smrt. Pri tome dolazi i do značajnijih razlika u djelovanju istog elementa u biljnom, odnosno životinjskom svijetu.

Granične vrijednosti sadržaja teških metala u tlima se također razlikuju od države do države, a u državama gdje je svijest o očuvanju okoliša viša, ili pak gdje su ovi problemi izraženiji, pojedine regije imaju zasebne strože kriterije za korištenje tla za različite namjene. Koliko se GV mogu međusobno razlikovati unutar zemalja članica EU, može se pokazati na primjeru tla namijenjenog u industrijske svrhe.

Među zemljama članicama EU granične koncentracije teških metala u tlima namijenim za druge svrhe također nisu ujednačene, pa se tako razlikuju od države do države, bez obzira radi li se o tlima namijenjenim rekreaciji, dječjim igralištima ili stanovanju.

Za sada, u legislativi Republike Hrvatske postoji samo Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja kao jedini propis koji uređuje kvalitetu poljoprivrednog zemljišta, dok za tla namijenjena u druge svrhe (rekreacija, dječja igrališta, stanovanje, industrija) ne postoje propisane granične vrijednosti sadržaja onečišćujućih tvari, pa tako niti granične vrijednosti sadržaja teških metala.

## 4.5. Utjecaj onečišćenja tla na čovjeka

Čovjekova aktivnost je promijenila kopnenu površinu Zemlje – prašume po posječene, močvare isušene, a industrija je izmijenila izgled okoliša. Ta aktivnost je ostavila i tragove koji govore kako je došlo do tih promjena. Ti tragovi nisu samo veliki spomenici ili nepoznati gradovi, već mnogo manje slavni – smetlišta.

Od osobitog su interesa oni tragovi povezani uz industrijsku revoluciju koja je prouzročila ogromne društvene i demografske promjene. Paralelno sa stvaranjem i narastanjem urbanih središta te izgradnjom željeznica i putova koji su ih povezivali, raste jedna nova grana čovjekovog stvaralaštva – kemijska industrija.

Prije II. svjetskog rata ona proizvodi eksplozive, novootkrivene lijekove, a prava ekspanzija počinje nakon završetka rata i još traje.

Primjeri na koje načine se može zagaditi zemljište su:

- Prosipanje opasnih tvari iz kontejnera zbog toga što su ovi oštećeni ili prepuni,
- Prometne nesreće u kojima dolazi do rasipanja sadržaja velikih cisterni ili kontejnera,
- Istjecanje opasnih materija iz podzemnih rezervoara, gdje se obično zagade velike količine tla prije nego što se stignu poduzeti bilo kakve mjere,
- Skladištenje velike količine opasnih materija na golom zemljištu može prouzročiti vrlo težak oblik kontaminacije tla,
- Upotrebom umjetnih gnojiva i pesticida u većim količinama zemljištu može više štetiti nego koristiti,
- Zakiseljavanje zemljišta kiselim kišama – radioaktivnim oborinama.

Štetni efekti djelovanja onečišćenog zemljišta su najčešće alergijski efekti koji ne moraju biti razmjerni dozi alergena u tlu, zatim neugodni efekti koji variraju od osobe do osobe. Samo po sebi je jasno da tla koja imaju izuzetno neugodan miris nisu prikladna za upotrebu. Čovjek može doći u dodir s ovim štetnim efektima tako što udiše miris kontaminiranog tla, te unošenjem kontaminirane vode i hrane. Onečišćivači tla pored utjecaja na čovjeka imaju i negativne utjecaje na građevinske materijale.

Glavna opasnost po ljudsko zdravlje dolazi izravnim unošenjem tla i posrednom apsorpcijom koja nastaje uslijed dodira između tla i kože. Te opasnosti mogu biti dugotrajne ili kratkotrajne te akutne ili kronične. Akutno izlaganje može dovesti do efekata koji nestaju kada izlaganje prestaje; zatim koji samo djelomično nestaju i oni koji su stalni i nema oporavka čak i kada izlaganje prestaje. Kronični efekti od kontinuiranog izlaganja nanose štetu svim organima, u prvom redu jetri.

Kancerogene tvari opasne su ako postoji dugotrajno izlaganje čak i u neznatnim dozama.

Najnovija saznanja o bolestima probavnih organa, a posebno želuca, upućuju na to da je dobar dio tih bolesti uvjetovan upotrebom nitrata. Nekontrolirana upotreba nitrata dovodi do onečišćenja vode i hrane. S obzirom na to da je i voda i hrana preduvjet življenja, prisutan je strah od gladi i karcinoma. Naročito visoka koncentracija nitrata može se naći u povrću, suhom mesu i sirevima. U literaturi se često navode podaci da u zemljama s velikom upotrebom nitrata raste i broj od oboljelih od karcinoma želuca.

Šume su osnova bioproduktivnog sustava. One omogućuju gorivo, materijal za građu, ali također štite tlo od erozije i reguliraju vodeni balans i klimatske prilike. Što se tiče drveta, u zemljama u razvoju se većim dijelom upotrebljava za grijanje i kuhanje. Preko 100 000 000

milijuna ljudi se obično susreće s nestašicom drveta za ogrijev. Oko tisuću vrsta ptica i 10% vrsta biljaka su predviđeni da nestanu ili se unište s ekstenzijom uništenja šuma.

U zemljama u razvoju i u nerazvijenim zemljama ekonomija se temelji na dominantnoj poljoprivrednoj proizvodnji u tim zemljama i ovisi o mogućnosti i kvaliteti prirodnih resursa za neprestano korištenje bioproduktivnih sustava kao što su poljoprivreda, stočarstvo, šumarstvo, ribolov. Onečišćenje tla, nestašica vode i nestajanje šuma su glavni problemi u tim zemljama. Nemogućnost bioproduktivnog sustava da proizvede dovoljnu količinu hrane za nagli porast populacije uzrokovala je danas možda najveći problem čovječanstva – glad i neimaštinu.



2015

Međunarodna  
Godina Tla

Šezdeset i osma skupština Ujedinjenih naroda u prosincu 2013. godine proglasila je 2015. Svjetskom godinom tla, a 5. prosinca svake godine Svjetskim danom tla. Inicijativa je potekla od Globalnog partnerstva za tlo organizacije FAO, a podržana od strane Europske unije. Europska agencija za okoliš redovito procjenjuje stanje tla i potencijalne uzroke pogoršanja njegove kvalitete u Europi te je tako zabilježila jasne znakove njegovog pogoršanja: povećanu pojavu erozije, onečišćenja i dezertifikacije. Brojni europski propisi (vezani za vodu, otpad, kemikalije, industrijsko onečišćenje, zaštitu prirode, pesticide i poljoprivredu) doprinose zaštiti tla, ali budući da im glavna svrha i cilj nisu zaštita tla smatra se da nisu dovoljni za njegovo očuvanje. U tu je svrhu Europska komisija usvojila Tematske strategije za tlo i Prijedlog za okvirnu direktivu o tlu, 22. rujna 2006. godine.

Direktiva do današnjeg dana nije usvojena iako su zabilježeni značajni koraci u tom smjeru. Europska komisija je nedavno izradila Preliminarnu studiju za definiranje opsega aktivnosti povodom svjetske godine tla u kojoj zaključuje da se radi o jedinstvenoj prilici da se naglasi važnost održivog gospodarenja tlima koja su izvor hrane i goriva, omogućavaju osnovne funkcije ekosustava te osiguravaju prilagodbe na klimatske promjene. Hrvatski zakoni prepoznaju važnost tla, a direktno vezan za tlo je drugi stavak 12. članka Zakona o zaštiti okolišu (NN 80/13) koji glasi: „Tlo je neobnovljivo dobro i mora se koristiti održivo uz očuvanje njegovih funkcija. Nepovoljni učinci na tlo moraju se izbjegavati u najvećoj mogućoj mjeri.“

## 5. ZAKONSKA REGULATIVA

### ZAKON O ZAŠTITI OKOLIŠA

#### I. OPĆE ODREDBE

##### Članak 1.

Ovim se Zakonom uređuju: načela zaštite okoliša i održivog razvitka, zaštita sastavnica okoliša i zaštita okoliša od utjecaja opterećenja, subjekti zaštite okoliša, dokumenti održivog razvitka i zaštite okoliša, instrumenti zaštite okoliša, praćenje stanja u okolišu, informacijski sustav, osiguranje pristupa informacijama o okolišu, sudjelovanje javnosti u pitanjima okoliša, osiguranje prava na pristup pravosuđu, odgovornost za štetu, financiranje i instrumenti opće politike zaštite okoliša, upravni i inspekcijski nadzor.

##### Članak 2.

(1) Zaštitom okoliša osigurava se cjelovito očuvanje kakvoće okoliša, očuvanje biološke i krajobrazne raznolikosti, racionalno korištenje prirodnih dobara i energije na najpovoljniji način za okoliš, kao osnovni uvjet zdravog života i temelj održivog razvitka.

(3) Zahvatima u okoliš smije se utjecati na kakvoću življenja, zdravlje ljudi, biljni i životinjski svijet u okvirima održivog razvitka.

(4) Cjelovito upravljanje zaštitom okoliša provodi se na način da se ostvari održivi razvitak sukladno ovom Zakonu i posebnim propisima.

##### Članak 6.

(1) Ciljevi zaštite okoliša u ostvarivanju uvjeta za održivi razvitak jesu:

- zaštita života i zdravlja ljudi,
- zaštita biljnog i životinjskog svijeta, biološke i krajobrazne raznolikosti te očuvanje ekološke stabilnosti,
- zaštita i poboljšanje kakvoće pojedinih sastavnica okoliša,
- zaštita ozonskog omotača i ublažavanje klimatskih promjena,
- zaštita i obnavljanje kulturnih i estetskih vrijednosti krajobraza,
- sprječavanje velikih nesreća koje uključuju opasne tvari,
- sprječavanje i smanjenje onečišćenja okoliša,
- trajna uporaba prirodnih izvora,
- racionalno korištenje energije i poticanje uporabe obnovljivih izvora energije,
- uklanjanje posljedica onečišćenja okoliša,
- poboljšanje narušene prirodne ravnoteže i ponovno uspostavljanje njezinih regeneracijskih sposobnosti,

- ostvarenje održive proizvodnje i potrošnje,
- napuštanje i nadomještanje uporabe opasnih i štetnih tvari,
- održivo korištenje prirodnih dobara, bez većeg oštećivanja i ugrožavanja okoliša,
- unapređenje stanja okoliša i osiguravanje zdravog okoliša.

(2) Ciljevi iz stavka 1. ovoga članka postižu se primjenom načela zaštite okoliša i instrumenta zaštite okoliša propisanih ovim Zakonom i propisima donesenim na temelju ovoga Zakona.

## ZAKON O ZAŠTITI ZRAKA

### I. OPĆE ODREDBE

#### Članak 1.

Ovim se Zakonom određuju nadležnost i odgovornost za zaštitu zraka i ozonskog sloja, ublažavanje klimatskih promjena i prilagodbu klimatskim promjenama, planski dokumenti, praćenje i procjenjivanje kvalitete zraka, mjere za sprječavanje i smanjivanje onečišćavanja zraka, izvještavanje o kvaliteti zraka i razmjeni podataka, djelatnost praćenja kvalitete zraka i emisija u zrak, tvari koje oštećuju ozonski sloj i fluorirani staklenički plinovi, praćenje emisija stakleničkih plinova i mjere za ublažavanje i prilagodbu klimatskim promjenama,, informacijski sustav zaštite zraka, financiranje zaštite zraka, ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama, upravni i inspekcijski nadzor.

#### Članak 3.

(1) Zaštita i poboljšanje kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanje klimatskih promjena i prilagodba klimatskim promjenama, u cilju održivog razvitka, temelji se na načelima zaštite okoliša određenim Zakonom o zaštiti okoliša i zahtjevima međunarodnog prava i pravne stečevine Europske unije.

(2) U zaštiti i poboljšanju kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanju klimatskih promjena i prilagodbi klimatskim promjenama primjenjuju se i odredbe Zakona o zaštiti okoliša i drugih propisa, osim ako je ovim Zakonom propisano drukčije.

(3) Zaštita zraka od onečišćivanja uzrokovanih radioaktivnim tvarima, tehnološkim nesrećama i elementarnim nepogodama uređuje se posebnim zakonima.

#### Članak 4.

Mjere koje se poduzimaju u cilju zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama ne smiju ugroziti ostale sastavnice okoliša, kvalitetu življenja sadašnjih i budućih naraštaja, te ne smiju biti u suprotnosti s propisima u područjima zaštite na radu i zaštite zdravlja ljudi.

## Članak 5.

Mjere zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama određuju se u cilju:

- izbjegavanja, sprječavanja ili smanjenja štetnih posljedica po ljudsko zdravlje, kvalitetu življenja i okoliš u cjelini,
- uspostave, održavanja i unapređivanja cjelovitog sustava upravljanja kvalitetom zraka na teritoriju Republike Hrvatske,
- očuvanja kvalitete zraka ako je zrak čist ili neznatno onečišćen, te poboljšavanje kvalitete zraka u slučajevima onečišćenosti,
- procjene kvalitete zraka i pribavljanja odgovarajućih podataka o kvaliteti zraka na temelju standardiziranih metoda i mjerila koji se primjenjuju na području Europske unije,
- sprječavanja i smanjivanja onečišćivanja koja utječu na ozonski sloj i klimatske promjene
- korištenja učinkovitijih tehnologija s obzirom na potrošnju energije te poticanja uporabe obnovljivih izvora energije,
- osiguravanja dostupnosti javnosti informacija o kvaliteti zraka, emisijama stakleničkih plinova i potrošnji tvari koje oštećuju ozonski sloj,
- izvršenja obveza preuzetih međunarodnim ugovorima i sporazumima kojih je Republika Hrvatska stranka, te sudjelovanje u međunarodnoj suradnji u području zaštite zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena.

## Članak 6.

(1) Učinkovitost zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama osiguravaju Hrvatski sabor i Vlada Republike Hrvatske (u daljnjem tekstu: Vlada) te predstavnička i izvršna tijela jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave unutar svoje i ovim Zakonom određene nadležnosti.

(2) Upravne i stručne poslove zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama te provedbu mjera zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama provode i osiguravaju središnja tijela državne uprave, upravna tijela jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave nadležna za obavljanje poslova zaštite okoliša te druge pravne osobe koje imaju javne ovlasti.

(3) Procjenu kvalitete zraka provodi središnje tijelo državne uprave nadležno za zaštitu okoliša (u daljnjem tekstu: Ministarstvo).



(4) Praćenje kvalitete zraka, praćenje emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora, provjeru ispravnosti mjernog sustava za kontinuirano mjerenje emisija iz nepokretnih izvora te praćenje kvalitete proizvoda obavljaju pravne osobe – ispitni laboratoriji.

(5) Građani, kao pojedinci i/ili organizirani radi zaštite zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama u strukovne udruge i udruge, pridonose ostvarivanju ciljeva zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama te provedbu učinkovite zaštite i poboljšanja kvalitete.

## II. PLAN, PROGRAMI I IZVJEŠĆA

### Članak 10.

(1) Plan zaštite zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena (u daljnjem tekstu: Plan) određuje ciljeve i prioritete u zaštiti zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena u Republici Hrvatskoj i sadrži osobito:

- načela i mjerila za određivanje ciljeva i prioriteta,
- ocjenu stanja kvalitete zraka,
- prioritetne mjere i aktivnosti,
- preventivne mjere za očuvanje kvalitete zraka,
- kratkoročne mjere, kada postoji rizik od prekoračivanja praga upozorenja,
- mjere za postizanje graničnih vrijednosti za određene onečišćujuće tvari u zraku u zadanom roku ako su prekoračene,
- mjere za postizanje dugoročnih ciljeva za prizemni ozon u zraku,
- mjere za smanjivanje emisija onečišćujućih tvari i stakleničkih plinova po djelatnostima,
- mjere za ispunjavanje obveza ograničenja emisija stakleničkih plinova do visine nacionalne godišnje kvote za emisije stakleničkih plinova koje nisu obuhvaćene sustavom trgovanja emisijskim jedinicama,
- mjere za postupno ukidanje potrošnje kontroliranih tvari koje oštećuju ozonski sloj i smanjivanja emisija fluoriranih stakleničkih plinova,
- mjere za smanjivanje emisija postojanih organskih onečišćivala i teških metala,
- mjere za poticanje porasta energetske učinkovitosti i uporabu obnovljive energije,
- mjere za smanjivanje ukupnih emisija iz prometa,
- mjere za smanjivanje nepovoljnih učinaka zakiseljivanja, eutrofikacije i fotokemijskog onečišćenja,

- način provedbe mjera,
- redosljed ostvarivanja mjera,
- rok izvršavanja mjera,
- procjenu sredstava za provedbu Plana i redosljed korištenja sredstava prema utvrđenim prioritetnim mjerama i aktivnostima u Planu.

### Članak 13.

(1) Za potrebe praćenja ostvarenja ciljeva Plana iz članka 10. ovoga Zakona i drugih dokumenata važnih za zaštitu zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena te za uvid u stanje kvalitete zraka, izrađuje se Izvješće o stanju kvalitete zraka, smanjenju emisija stakleničkih plinova i potrošnji tvari koje oštećuju ozonski sloj za područje Republike Hrvatske (u daljnjem tekstu: Izvješće) za razdoblje od četiri godine.

(2) Izvješće sadrži:

- stanje kvalitete zraka: područja i razine onečišćenosti, trajanje određenih znakovitih razina onečišćenosti, opće informacije o području, vrste i ocjene onečišćivanja, porijeklo onečišćenosti, analizu čimbenika koji su uzrokovali onečišćenost zraka, pojedinosti o poduzetim mjerama i projektima za poboljšanje kvalitete zraka,
- ocjenu provedenih mjera i njihove učinkovitosti,
- ostvarivanje mjera Plana, programa i drugih dokumenata zaštite kvalitete zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena,
- provedbu obveza iz međunarodnih ugovora iz područja zaštite zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena,
- podatke o izrečenim kaznama,
- podatke o korištenju financijskih sredstava za zaštitu i poboljšanje kvalitete zraka,
- prijedlog izmjena i dopuna postojećih dokumenata, te druge podatke od značenja za zaštitu kvalitete zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena.

### III. PRAĆENJE I PROCJENJIVANJE KVALITETE ZRAKA

#### Članak 17.

Kvaliteta zraka prati se na osnovi:

- mjerenja na stalnim mjernim mjestima i/ili ocjene razina onečišćenosti zraka u zonama i aglomeracijama;
- mjerenja na stalnim mjernim mjestima i/ili ocjene razina onečišćenosti zraka uslijed daljinskoga i prekograničnoga prijenosa onečišćujućih tvari u zraku i oborini na teritoriju Republike Hrvatske,
- mjerenja i analize meteoroloških uvjeta i kvalitete zraka,
- mjerenja i opažanja promjena koje ukazuju na učinak onečišćenosti zraka (posredni pokazatelji kvalitete zraka): na tlu, biljkama, građevinama, u biološkim nalazima i slično,
- modeliranja prijenosa i disperzije onečišćujućih tvari odgovarajućim atmosferskim modelima

### IV. MJERE ZA SPRJEČAVANJE I SMANJIVANJE ONEČIŠĆIVANJA ZRAKA

#### Članak 37.

(1) Sprječavanje i smanjivanje onečišćivanja zraka provodi se:

- usklađivanjem dokumenata prostornog uređenja s programima zaštite zraka, odnosno cjelovitim planiranjem,
- propisivanjem graničnih vrijednosti emisija iz nepokretnih izvora i graničnih vrijednosti u vezi sa sastavom određenih proizvoda i/ili drugih značajki kvalitete proizvoda,
- primjenom mjera zaštite zraka utvrđenih u rješenju o prihvatljivosti zahvata za okoliš ili rješenju o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša prema Zakonu o zaštiti okoliša,
- primjenom mjera zaštite zraka utvrđenih u dozvoli koju izdaje nadležno tijelo prema posebnom propisu ako za određeni zahvat nije propisana obveza procjene utjecaja na okoliš i ako se ne donosi rješenje o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša za postrojenje,
- primjenom najboljih raspoloživih tehnika,
- propisivanjem emisijskih kvota za pojedine onečišćujuće tvari,
- raspodjelom emisijskih jedinica i kvota za emisije stakleničkih plinova,
- poticanjem primjene čistijih tehnologija i obnovljivih izvora energije,

- poticanjem uvođenja mjera energetske učinkovitosti,
- postupnim smanjivanjem (ukidanjem) potrošnje kontroliranih tvari i fluoriranih stakleničkih plinova,
- provedbom mjera iz akcijskih planova za poboljšanje kvalitete zraka i kratkoročnih akcijskih planova.

(2) Mjere zaštite zraka iz stavka 1. podstavka 4. ovoga članka utvrđuju se elaboratom zaštite okoliša za područje zaštite zraka kojeg izrađuje ovlaštena pravna osoba prema Zakonu o zaštiti okoliša.

## ZAKON O ZAŠTITI VODA

### I. OPĆE ODREDBE

#### Članak 1.

Ovim se Zakonom uređuju pravni status voda, vodnoga dobra i vodnih građevina, upravljanje kakvoćom i količinom voda, zaštita od štetnog djelovanja voda, detaljna melioracijska odvodnja i navodnjavanje, djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje, posebne djelatnosti za potrebe upravljanja vodama, institucionalni ustroj obavljanja tih djelatnosti i druga pitanja vezana za vode i vodno dobro.

Ovim se Zakonom ne uređuju radiološka onečišćenja voda i vodnoga dobra.

#### Članak 2.

Odredbe ovoga Zakona odnose se na:

1. površinske i podzemne vode,
2. priobalne vode u pogledu njihovog kemijskog i ekološkog stanja, gdje je to izričito određeno u ovom Zakonu,
3. vode teritorijalnog mora u pogledu njihovog kemijskog stanja, gdje je to izričito određeno u ovom Zakonu te u odnosu na nalazišta vode za piće i
4. mineralne i termalne vode, osim mineralnih i geotermalnih voda iz kojih se mogu pridobivati mineralne sirovine ili koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe što se uređuje Zakonom o rudarstvu.

Zaštita voda od onečišćenja u priobalnim vodama i vodama teritorijalnoga mora s plovila, potapanjem, iz zraka ili zrakom, od djelatnosti na morskome dnu i u morskome podzemlju, uključujući onečišćenja sa sprava, uređaja i cjevovoda položenih na morskome dnu, provodi se po posebnim propisima kojima se uređuje zaštita okoliša i Pomorskom zakoniku te odgovarajućom primjenom propisanih ciljeva zaštite vodnoga okoliša određenih propisom iz članka 41. ovoga Zakona i Planu upravljanja vodnim područjima.

Granicu između kopnenih voda i voda mora utvrđuje Vlada Republike Hrvatske.

Zaštita voda od onečišćenja s plovila, uključujući i plutajuće objekte na vodnim putovima unutarnjih voda i lukama na unutarnjim vodama, provodi se po odredbama Zakona o plovidbi i lukama unutarnjih voda, sukladno ciljevima zaštite vodnoga okoliša određenih propisom iz članka 41. stavka 1. ovoga Zakona i Planu upravljanja vodnim područjima.

## V. ZAŠTITA VODA I VODNOGA OKOLIŠA

### 1. Opća svrha zaštite voda

#### Članak 40.

Zaštita voda od onečišćenja (u daljnjem tekstu: zaštita voda) provodi se radi:

- očuvanja života i zdravlja ljudi,
- zaštite vodnih ekosustava i drugih o vodi ovisnih ekosustava,
- zaštite prirode,
- smanjenja onečišćenja i sprječavanja daljnjeg pogoršanja stanja voda,
- zaštite i unapređenja stanja površinskih voda, uključivo i priobalne vode te podzemnih voda, kao i radi uspostave prijašnjeg stanja gdje je ono bilo povoljnije od sadašnjega i
- omogućavanja neškodljivog i nesmetanog korištenja voda za različite namjene.

Zaštita voda ostvaruje se donošenjem provedbenih propisa iz ovoga poglavlja, nadzorom nad stanjem kakvoće voda i izvorima onečišćavanja, kontrolom onečišćenja, zabranom ispuštanja onečišćujućih tvari u vode i zabranom drugih radnji i ponašanja koja mogu izazvati onečišćenje vodnoga okoliša i okoliša u cjelini, građenjem i upravljanjem građevinama odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda te drugim mjerama usmjerenim očuvanju i poboljšavanju kakvoće i namjenske korisnosti voda.

Provedba mjera zaštite voda od onečišćenja ne može izravno ili neizravno povećati onečišćenje kopnenih voda.

### 2. Standard kakvoće voda i utvrđivanje stanja voda

#### Članak 41.

Vlada Republike Hrvatske uredbom propisuje standard kakvoće voda za površinske, uključivo i priobalne vode i vode teritorijalnoga mora te podzemne vode.

Propis iz stavka 1. ovoga članka sadržava i:

- kriteriji za utvrđivanje ciljeva zaštite vodnoga okoliša sukladno općoj svrsi zaštite voda iz članka 40. stavka 1. ovoga Zakona,
- kemijske i ekološke pokazatelje za površinske vode, uključivo i priobalne vode, kemijske pokazatelje za vode teritorijalnoga mora, kemijske i količinske pokazatelje za podzemne vode uključivo i mjerila za ocjenjivanja stanja i utvrđivanje značajki trajnih promjena stanja podzemnih voda,
- kriterije za određivanje osjetljivih i manje osjetljivih područja,
- kriterije za određivanje ranjivih područja,
- standarde kakvoće za salmonidne i ciprinidne vode, preporučene i obvezne vrijednosti fizikalnih i kemijskih pokazatelja, i njihova odstupanja; način uzorkovanja, učestalost uzimanja uzoraka i način utvrđivanja usklađenosti kakvoće voda s propisanim pokazateljima,
- standarde kakvoće voda pogodnih za školjkaše, preporučene i obvezne vrijednosti fizikalnih i kemijskih pokazatelja, i njihova odstupanja; način uzorkovanja, učestalost uzimanja uzoraka i način utvrđivanja usklađenosti kakvoće voda s propisanim pokazateljima,
- potrebna istraživanja i ispitivanja kakvoće voda, isključujući granične vrijednosti emisija, tehničke specifikacije i standardizirane metode za primjenu programa praćenja stanja voda (monitoring) iz članka 44. ovoga Zakona,
- popis opasnih, prioriternih i drugih onečišćujućih tvari te
- ograničenja ili zabrane ispuštanja onečišćujućih tvari u vode te ograničenja i zabrane odlaganja onečišćujućih tvari na mjestima s kojih postoji mogućnost onečišćenja voda.

Kakvoća vode namijenjene ljudskoj potrošnji određuje se kroz pokazatelje zdravstvene ispravnosti vode za piće sukladno propisima o hrani.

Kakvoća prirodnih mineralnih voda, prirodnih izvorskih voda i stolnih voda koje se stavljaju na tržište u bocama i drugoj ambalaži uređuje se propisima o hrani.

#### Članak 43.

Opasne tvari i druge onečišćujuće tvari zabranjeno je ispuštati ili unositi u vode, te odlagati na mjestima s kojih postoji mogućnost onečišćenja voda i vodnoga okoliša, osim pod uvjetima utvrđenim ovim Zakonom ili propisima donesenim na temelju ovoga ili posebnih zakona.

## Članak 56.

Kontrola ispuštanja otpadnih voda u cilju zaštite voda i vodnoga okoliša provodi se prema načelima:

- otklanjanja štete na izvoru nastanka,
- kombiniranog pristupa i
- onečišćivač plaća.

## ZAKON O OTROVIMA

### I. OPĆE ODREDBE

#### Članak 1.

Radi zaštite života i zdravlja ljudi, zaštite okoliša od štetna djelovanja otrova te sprečavanja zlouporabe otrova ovim se Zakonom utvrđuju uvjeti za obavljanje proizvodnje, prometa, uporabe i zbrinjavanja otrova te nadzor nad proizvodnjom, prometom, uporabom i zbrinjavanjem otrova.

#### Članak 2.

Otrovima u smislu ovoga Zakona smatraju se tvari prirodnoga ili sintetskoga podrijetla i proizvodi proizvedeni od tih tvari, koji uneseni u ljudsko tijelo ili u dodiru s ljudskim tijelom mogu ugroziti život i zdravlje ljudi ili štetno djelovati na okoliš te tvari čijom razgradnjom ili uništavanjem nastaju otrovne tvari.

#### Članak 4.

Proizvodnjom otrova u smislu ovoga Zakona smatra se cjelovit postupak pripreme, izradbe, prerade, pakiranja, razrjeđivanja, otapanja, skladištenja te prijevoza otrova u postupku proizvodnje.

Proizvodnjom otrova u smislu ovoga Zakona smatra se i svaki dio cjelovita postupka proizvodnje iz stavka 1. ovoga članka ako time nastaje proizvod u originalnu pakiranju.

#### Članak 5.

Prometom otrova u smislu ovoga Zakona smatra se opremanje otrova, skladištenje, uvoz, izvoz, prijevoz, trgovina i svaki drugi način stavljanja otrova u promet.

#### Članak 6.

Uporabom otrova u smislu ovoga Zakona smatra se uporaba otrova u provođenju mjera za zaštitu zdravlja ljudi, provođenju mjera dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije u komunalnoj higijeni, za zaštitu okoliša, zaštitu bilja i životinja te u druge svrhe u gospodarskim i negospodarskim djelatnostima kada je to potrebno u tehnološkom postupku za obavljanje tih djelatnosti.

## Članak 7.

Zbrinjavanjem otrova u smislu ovoga Zakona smatraju se svi postupci uklanjanja otrova ili njihovih ostataka iz prometa.

Zbrinjavanje otrova obavlja se njihovim odlaganjem, uništavanjem, razgradnjom ili sintezom novih tvari, odnosno drugim postupcima u skladu s načelima zaštite okoliša, međunarodnoga prava i najbolje svjetske prakse.

## Članak 8.

Zaštitom okoliša od štetna djelovanja otrova, u smislu ovoga Zakona, smatra se zaštita zraka, vode, mora, tla, ljudske i životinjske hrane, biljnoga i životinjskoga svijeta, zaštita radne okoline i zaštita zaposlenika koji rade u proizvodnji, prometu, uporabi ili u zbrinjavanju otrova te zaštita osoba koje pri obavljanju gospodarske djelatnosti rabe otrove u dijelu u kojemu to nije regulirano propisima o zaštiti na radu.

## II. PROIZVODNJA, PROMET, UPORABA I ZBRINJAVANJE OTROVA

### Članak 24.

Pravna osoba koja obavlja djelatnost proizvodnje, odnosno prometa otrova te pravna osoba koja rabi, odnosno zbrinjava otrove ili obavlja djelatnost dezinfekcije, dezinfekcije i deratizacije te fizička osoba koja obavlja promet na malo otrovima, odnosno koja rabi otrove, ne može započeti obavljanje djelatnosti ako rješenjem nadležnoga tijela nije utvrđeno da udovoljava propisanim uvjetima glede prostora, opreme, zaposlenika i zaštite na radu.

Pravna, odnosno fizička osoba obvezna je pri upisu djelatnosti u registar nadležnoga tijela priložiti rješenje o ispunjavanju uvjeta iz stavka 1. ovoga članka.

### Članak 25.

Proizvodnjom otrova mogu se baviti, odnosno otrove mogu rabiti u obavljanju svoje djelatnosti pravne osobe koje ispunjavaju ove opće uvjete:

1. da imaju građevine izgrađene od čvrsta materijala s posebnim prostorijama za smještaj sirovina, za pripremu proizvodnje, za proizvodnju, odnosno uporabu otrova, držanje otrova do njihova izdavanja i za čuvanje neuništenih otrova i ambalaže te da je nadležno tijelo dalo suglasnost za uporabu tih prostorija, odnosno građevina nakon što je utvrđeno da mjesto, način izgradnje građevine i kakvoća obrade zidova i podova, osvjetljenje, ventilacija, temperatura i vlažnost zraka u radnim i pomoćnim prostorijama odgovaraju sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima za određenu namjenu,

2. da imaju odgovarajuću opremu za proizvodnju, odnosno uporabu otrova, koja mora biti tehnički otporna na djelovanje tvari s kojima dolazi u dodir te da su uređaji, aparati i mjerni instrumenti u potpuno ispravnu stanju,



3. da svi zaposlenici koji obavljaju poslove u proizvodnji ili uporabi otrova imaju osnovna znanja o zaštiti od otrova s kojima rade,

4. da prema opsegu i prirodi svoga poslovanja, ovisno o svojstvima otrova, imaju dovoljan broj zaposlenika visoke stručne spreme pod čijim se nadzorom obavljaju svi dijelovi rada u proizvodnji, odnosno uporabi otrova,

5. da su zaposlenici iz točke 3. i 4. ovoga stavka zdravstveno sposobni za rad s otrovima,

6. da imaju osigurana sredstva za pružanje prve pomoći i za održavanje opće i osobne higijene.

Posebne uvjete za obavljanje djelatnosti iz stavka 1. ovoga članka te uvjete koje moraju ispunjavati fizičke osobe koje rabe otrove propisuje ministar zdravstva.

Posebne uvjete za uporabu otrova za potrebe oružanih snaga Republike Hrvatske propisuje ministar obrane uz prethodnu suglasnost ministra zdravstva.

## 6. ZAKLJUČAK

Živimo u doba znanstvene, tehnološke i industrijske revolucije koje su suvremenom čovjeku donijele bezbroj koristi i pogodnosti u svakodnevnom životu. Strojevi zamjenjuju rad ljudi i životinja, u industrijskoj i poljoprivrednoj proizvodnji, i u kućanstvu, športu i dokolici. Sve se manje upotrebljava mišićni rad tijela čovjeka i životinja, a suvremeni strojevi i tehnološki postupci olakšavaju svakodnevni rad i život.

Čovjek se u evoluciji na Zemlji pojavio kao jedan od njezinih posljednjih članova. Prije pojave čovjeka i u početku njegove razvojne povijesti postojala je dinamična ravnoteža između svih članica u prirodi i okolišu. Prirodni tokovi života u živoj i neživoj prirodi međusobno su povezani i teku sami po sebi, ali čovjek svojom djelatnošću vrlo često prekida te lance povezanosti i prirodna zbivanja što često dovodi čak do ekoloških katastrofa.

Čovjek ima sve više slobodnog vremena, ali uglavnom i više prihode. Javlja se potrošački mentalitet, često rasipnički, a potrošačko društvo ne brine dovoljno o prirodi i okolišu. Izgrađuju se veliki gradovi, tvornice, proizvode se prijeko potrebni ali i nepotrebni proizvodi. Povećava se potrošnja energije. Iscrpljuju se zalihe fosilnih goriva - nafta i ugljen te se izgrađuju termoelektrane i atomske elektrane.

Da bi što više porasla proizvodnja hrane za oko sedam milijardi stanovnika na našem planetu, primjenjuju se u poljodjelstvu suvremene agrotehničke metode koje uključuju u uporabu umjetnih gnojiva i pesticida. Smanjuje se proizvodnost zemljišta, onečišćuju se vodotoci, mora i oceani. U atmosferu se otpuštaju štetni plinovi, te se stoga javljaju kisele kiše, učinak staklenika, ozonske rupe, otrovanja ostacima pesticida i teških metala, a zrače nas povećane količine radioaktivnih i ultraljubičastih zraka ili obolijevamo zaraženi mikroorganizmima koji su postali otporni na antibiotike – da spomenemo samo neke od fizikalnih, kemijskih ili bioloških štetnih čimbenika.

Za razliku od ranog industrijskog doba, kad je onečišćenje imalo uglavnom lokalni karakter, tj. bilo je vezano uz radnu i životnu sredinu, suvremeno onečišćenje nadilazi po količini, raznolikosti i trajanju lokalne okvire te postaje međunarodnim odnosno planetarnim problemom. Čovjek mora postati svjestan da ne smije biti gospodar prirode, nego da je samo dio te jedne i jedinstvene prirode i da za njega vrijede isti zakoni prirode kao i za druge vrste na našem planetu.

Budući razvoj treba temeljiti na održivom razvoju i gospodarenju, a to znači da iskorištavanje prirodnih izvora i odbacivanje sporednih – otpadnih produkata proizvodnje mora biti podnošljivo kako bi se oni mogli obnoviti i održati u tzv. ekološkoj ravnoteži.

Niti jedan proizvodni projekt ne smije se ostvariti samo tehnološkom i ekonomskom opravdanošću, već je jednako važna i ona treća komponenta, a to je briga i ulaganje u zaštitu okoliša i prirode, a trajna briga mora biti prije svega i zdravlje ljudi. Sve to treba ugraditi u novi sustav vrijednosti, u svijest i savjest svakog pojedinca te razviti novi svjetonazor suvremenog čovjeka.

Stalnu brigu o okolišu moraju osigurati vlade, ministarstva i druge društveno-političke organizacije i građanske inicijative. Strategija upravljanja, korištenja i zaštite okoliša treba se temeljiti na suradnji sa stručnjacima iz različitih područja ekologije, ekotoksikologije, zbrinjavanja otpada i zaštite prirode i okoliša. Važna je i provedba i nadzor nad provedbom u dogovorenoj ili zakonskim aktima određenoj zaštiti okoliša.

Unatoč ozbiljnosti ekološke krize, ljudi su sve više svjesni, razboriti, domišljati, suosjećajni, mudri i maštoviti. Duboko u nama je osjećaj odgovornosti za sigurnost, zdravlje i budućnost naše djece i unučadi. Za civilizaciju u cijelosti treba u ciljeve i zadatke strategije budućeg razvoja društva ugraditi i zaštitu okoliša i prirode. Treba stvoriti novi svjetonazor koji nam omogućava sigurnu budućnost.

Pismo indijanskog poglavice Seattle-a iz 1854. godine, upućeno američkome predsjedniku u Washington kao odgovor na ponudu da bijelci kupe indijansku zemlju:

„Morate naučiti svoju djecu da je tlo pod njihovim stopama pepeo njihovih djedova. Tako da bi oni poštivali zemlju, recite vašoj djeci da je zemlja s nama u srodstvu. Učite vašu djecu kao što činimo mi s našom da je zemlja naša majka. Što god snađe nju, snaći će i sinove zemlje. Ako čovjek pljuje na tlo pljuje na sebe samoga. To mi znamo: zemlja ne pripada čovjeku; čovjek pripada zemlji. Sve stvari povezane su kao krv koja ujedinjuje obitelj. Sve stvari su povezane. Što god snađe zemlju snaći će i sinove zemlje. Čovjek ne tka tkivo života; on je samo struk u tome. Što god čini tkanju čini i sebi samome...“

## 7. LITERATURA

- [1] Jurac, Z.: „Otpadne vode“, Karlovac, 2009.
- [2] Udovičić, B.: „Edukacija i zaštita okoliša“, Rad Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. Tehničke znanosti, 2012.
- [3] Udovičić, B.: „Čovjek i okoliš“, Zagreb, 2009.
- [4] Herceg, N.: „Okoliš i održivi razvoj“, Grafotisak, Grude, 2013.
- [5] Kaštelan-Macan, M., Petrović, M.: „Analitika okoliša“, HINUS&Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, 2013.
- [6] Carter, N.: „Strategije zaštite okoliša“, Zagreb, 2004.
- [8] Internet: [http://www.galaksija.hr/tekst/Klimatske\\_promjene/1124](http://www.galaksija.hr/tekst/Klimatske_promjene/1124), 02.09.2015.
- [9] Internet: <http://www.zjzjzv.hr/?gid=3&aid=61>, 22.09.2015.
- [10] Internet: <http://www.agrivi.com/hr/zagadenje-okolisa/>, 09.09.2015
- [11] Internet: <http://www.ekologija.com.hr/ozonska-rupa-nastanak-i-znacenje/>, 15.09.2015.
- [11] Internet: <http://www.zjzjzpgz.hr/nzl/62/zrak.htm>, 14.09.2015.
- [12] Internet: <http://hr.sott.net/article/3241-Zbog-zagadenog-zraka-godisnje-umre-vise-od-tri-milijuna-ljudi>, 22.09.2015.
- [13] Internet: [http://www.docsity.com/sr/Ekoloski\\_faktori\\_i\\_klimatske\\_promjene-Seminarski\\_rad-Ekologija-Biologija\\_/221873](http://www.docsity.com/sr/Ekoloski_faktori_i_klimatske_promjene-Seminarski_rad-Ekologija-Biologija_/221873), 19.09.2015.
- [14] Internet: <https://www.simet.unizg.hr/nastava/predavanja/preddiplomski-sveucilisni-studij-metalurgija/oneciscenje-i-zastita-voda>, 14.09.2015.
- [15] Internet: <http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/cindric/kruzenje.html>, 05.09.2015.
- [16] Internet: [http://bib.irb.hr/datoteka/686398.T.\\_Sofilic\\_ONECISCENJE\\_I\\_ZASTITA\\_TLA.pdf](http://bib.irb.hr/datoteka/686398.T._Sofilic_ONECISCENJE_I_ZASTITA_TLA.pdf), 03.10.2015.
- [17] Internet: <https://bib.irb.hr/datoteka/167016.pinta.doc>, 24.09.2015.