Biomonitoring onečišćenja vode i tla

Košćak, Doroteja

Undergraduate thesis / Završni rad

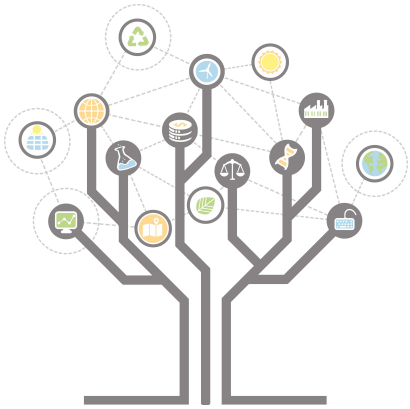
2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:694673

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

DOROTEJA KOŠĆAK

BIOMONITORING ONEČIŠĆENJA VODE I TLA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2020.

Sazivam članove ispitnog povjerenstva

za _____ u _____ sa

Obranu ovog rada kandidat će vršiti i pred

ispitnim povjerenstvom u Varaždinu

Varaždin, _____

Predsjednik
ispitnog povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Igor Petronić

Članovi povjerenstva

1) Doc. dr. sc. Jelena Loborec
2) Prof. dr. sc. Sanja Kapelj
3) Doc. dr. sc. Ivana Grčić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

BIOMONITORING ONEČIŠĆENJA VODE I TLA

KANDIDAT:

DOROTEJA KOŠĆAK



MENTOR:

Doc. dr. sc. JELENA LOBOREC

VARAŽDIN, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: DOROTEJA KOŠĆAK

Matični broj: 2655 - 2016./2017.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

BIOMONITORING ONEČIŠĆENJA VODE I TLA

Rad treba sadržati: 1. Uvod
2. Onečišćenje vode
3. Onečišćenje tla
4. Biomonitoring
5. Provođenje biomonitoringa na primjeru nekih organizama
6. Zaključak
7. Popis literature

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 19.03.2020. Rok predaje: 03.09.2020.

Mentor:
Jelena Loborec
Doc.dr.sc. Jelena Loborec

REPUBLIKA HRVATSKA - GEOTEHNIČKI FAKULTET - SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - VARAŽDIN

Predsjednik Odbora za nastavu:
Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

BIOMONITORING ONEČIŠĆENJA VODE I TLA

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **doc.dr.sc Jelene Loborec**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 04.09.2017.

DOROTEJA KOŠČAK

D. Košćak
(Vlastoručni potpis)

IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA S VEĆ OBJAVLJENIM RADOVIMA

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

BIOMONITORING ONEČIŠĆENJA VODE I TLA

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog završnog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti završnog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 04.09.2020

Doc. dr. sc. Jelena Loborec
(Mentor)

Jelena Loborec
(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

U današnjem svijetu i ubrzanom načinu života onečišćenje nije stran pojam. Zbog ljudskih potreba koje su svakim danom sve veće dolazi do onečišćenja kojima se ugrožavaju pojedine sastavnice okoliša, a time se narušava kvaliteta života. Voda je ključna potreba svim živim organizmima na Zemlji. Najugroženija je sastavnica okoliša zbog svoje zastupljenosti u prirodi i sposobnosti otapanja različitih tvari s kojima dođe u kontakt. U prošlosti je ljudsko opterećenje štetnim tvarima u okolišu bilo znatno manje, voda je bila sposobna sama se pročistiti. Porastom broja stanovnika i razvojem industrije antropogeni utjecaj je postao toliko intenzivan da je onemogućen proces samopročišćavanja i biološkog čišćenja. Osim vode ugroženo je i tlo koje može biti onečišćeno izravnim smještajem izvora onečišćenja na tlo, ali i neposrednim kontaktom preko „nositelja“, npr. onečišćene vode. Za onečišćenje tla u današnje vrijeme poljoprivreda predstavlja veliki problem zbog nepravilnog korištenja kemikalija, primjenom umjetnih gnojiva i agrokemijskih sredstva. Kako bi se onečišćenje prepoznalo na vrijeme koriste se razne metode, a jedna od njih je biomonitoring. Biomnitoring je metoda motrenja stanja u ekosustavima, pogotovo biomaterijala za ranu detekciju prisutnosti onečišćenja. Praćenjem reakcija organizama na pojedine tvari može se odrediti toksičnost određene tvari i utvrditi stanje u okolišu.

KLJUČNE RIJEČI : onečišćenje vode, onečišćenje tla, biomonitoring

ABSTRACT

In today's world and because of a fast way of life, contamination is not a foreign concept. Due to ever increasing human needs, contamination occurs and endangers individual environmental components, thus undermining the quality of life. Water is a crucial need of all living organisms on the Earth. It is the most endangered component of the environment due to its presence in nature and its ability to dissolve various substances with which it comes into contact. In the past, when people released harmful substances into the environment less than today, the water was able to purify itself. An increase in population and industrial development caused the anthropogenic influence to become so intense that the process of self-purification and biological cleansing was prevented. In addition to water, soil is also endangered. It can be contaminated by direct placement of sources of contamination on it, but also by the contact via “carriers”, e.g. contaminated water. Nowadays, agriculture is the major cause of soil contamination due to the improper use of chemicals, the use of artificial fertilizers and agrochemical agents. In order to identify contamination in time, various methods are used, and one of them is biomonitoring. Biomnitoring is a method of monitoring the state of ecosystems, especially biomaterials for the purpose of detecting the presence of contaminants early. By monitoring the reactions of organisms to certain substances, the toxicity of a particular substance as well as the environmental status can be determined.

KEYWORDS: water contamination, soil contamination, biomonitoring

SADRŽAJ

1. Uvod 1
2. Onečišćenje vode 2
2.1. Osnovni problemi onečišćenja vode 3
2.2. Mehanizmi onečišćenja vode 6
2.3. Vrste onečišćenja voda 7
2.3.1. Biološko onečišćenje 7
2.3.2. Fizikalno onečišćenje 7
2.3.3. Kemijsko onečišćenje 8
2.3.4. Radiološko onečišćenje 8
2.4. Utjecaj na zdravlje čovjeka 9
3. Onečišćenje tla 10
3.1. Izvori onečišćenja tla 11
3.2. Utjecaj na zdravlje ljudi 13
4. Biomonitoring 14
4.1. Strategija biomonitoringa 14
4.2. Biomonitoring vode i tla 15
5. Provođenje biomonitoringa na primjeru nekih organizama 17
5.1. Pčele 17
5.2. Školjke 18
5.3. Ribe 19
5.4. Žabe 20
5.5. Šišmiši 22
6. Zaključak 24
7. Literatura 25
8. Popis slika 27

1. UVOD

Onečišćenje predstavlja jedan od najvećih problema. Prisutno je oduvijek, ali od pojave industrijske revolucije došlo je do značajnih promjena u okolišu. Prije pojave industrije ljudi su se uglavnom koristili snagom vode, životinja i vlastitih ruku. Onečišćenje okoliša opisuje se kroz pojedine sastavnice okoliša te opisuje onečišćenje zraka, tla i vode, stvaranjem i gomilanjem čvrstih otpadaka i stvaranjem buke, a prisutno je i svjetlosno onečišćenje. To je nepoželjna promjena stanja okoliša koja štetno djeluje na žive organizme i njihove živote, odnosno na neke faze njihovih životnih ciklusa. Prema podrijetlu onečišćenja se dijele na prirodna i antropogena, a prema prirodi štetnih tvari na kemijska, fizikalna i biološka. Prirodni izvori onečišćenja su erozija tla, potresi, vulkanske erupcije, poplave, požari, suše itd... Antropogeni uzroci onečišćenja su uzrokovani procesima i aktivnostima kojima upravlja čovjek, a najvažniji antropogeni uzroci su: porast broja stanovnika, industrijalizacija i potrošnja neobnovljivih izvora energije. Prema primarnom mjestu nastanka onečišćenja se mogu pratiti u: vodi, zraku, tlu i hrani.

Onečišćenje ima negativan utjecaj na zdravlje čovjeka, floru i faunu. Voda je pogodan medij za razvoj i razmnožavanje mikroorganizama te može biti prijenosnik bolesti. Onečišćene vode mogu izazvati razne bolesti koje mogu biti uzrokovane bakterijama, virusima i protozoama. Zbog pojave patogenih mikroorganizama u vodi za piće može doći do hidričnih epidemija. Onečišćeno tlo također predstavlja problem jer onečišćenje iz tla prelazi u hranu i vodu koju konzumiraju živa bića te dolazi do akumulacije štetnih tvari kroz hranidbeni lanac. Prekomjerne količine onečišćujućih tvari u tlu utječu na zdravlje čovjeka, plodnost tla, biološku raznolikost u tlu, podzemnim i površinskim vodama i na sigurnost hrane.

2. ONEČIŠĆENJE VODE

Voda je potrebna svim živim organizmima na planeti. Ključna je potreba za život, sastavni dio tijela svih organizama, prirodni resurs, prometni medij, oblikovatelj reljefa i regulator klime. Nažalost, u posljednja dva stoljeća postala je odlagalište mnogih onečišćujućih tvari. Zbog zastupljenosti u prirodi i sposobnosti otapanja različitih tvari s kojima dolazi u kontakt najugroženija je sastavnica okoliša. Onečišćenje vode podrazumijeva svaku kvalitativnu i kvantitativnu promjenu bioloških, kemijskih i fizičkih svojstva vode koje predstavljaju smetnju organizmima koji žive u njoj ili oko nje i imaju negativan utjecaj na zdravlje čovjeka [1]. Prije razvoja industrije najveći onečišćivači su bili mikroorganizmi koji su dolazili putem fekalnih voda i tako zagađivali rijeke, jezera i mora. Nije se primjećivao značajan utjecaj na sastav vode jer se organski otpad razgrađivao te je priroda bila sposobna sama pročistiti te količine vode.

Razvojem industrije javlja se znatno anorgansko onečišćenje vode koje prirodne vode opterećuje teškim metalima, nitratima, sulfatima, fosfatima i mnogim drugim štetnim tvarima. Porastom broja stanovnika povećala se i količina otpadnih voda te je njihovim povećanim ispuštanjem u rijeke proces samopročišćavanja i prirodnog biološkog pročišćavanja ozbiljno ugrožen. Kvalitetna voda je svakim danom sve traženija te se zbog toga regulira brojnim propisima i preventivnim mjerama i time se smanjuje mogućnost štetnog djelovanja na živi svijet [2].

Kvaliteta vode ovisi o njenim biološkim, fizičkim, kemijskim i radiološkim svojstvima. Biološka svojstva ovise o prisutnosti mikroorganizama poput virusa, bakterija, praživotinja, planktona i algi. Fizička svojstva obuhvaćaju temperaturu, mutnoću, okus i miris. Kemijska svojstva ovise o količini i vrsti otopljenih mineralnih tvari. Sadržaj radioaktivnih izotopa lakih elemenata kao što su vodik, kisik, jod, ugljik i natrij utječe na radiološka svojstva. Remećenjem prirodnih svojstava vode dolazi do degradacije njezine kvalitete i tada govorimo da je voda onečišćena (Slika 1). Do onečišćenja vode može doći iz različitih izvora, a voda isto tako može onečišćujuće tvari odnijeti daleko od izvora i na taj način proširiti njegov utjecaj na okoliš [1].



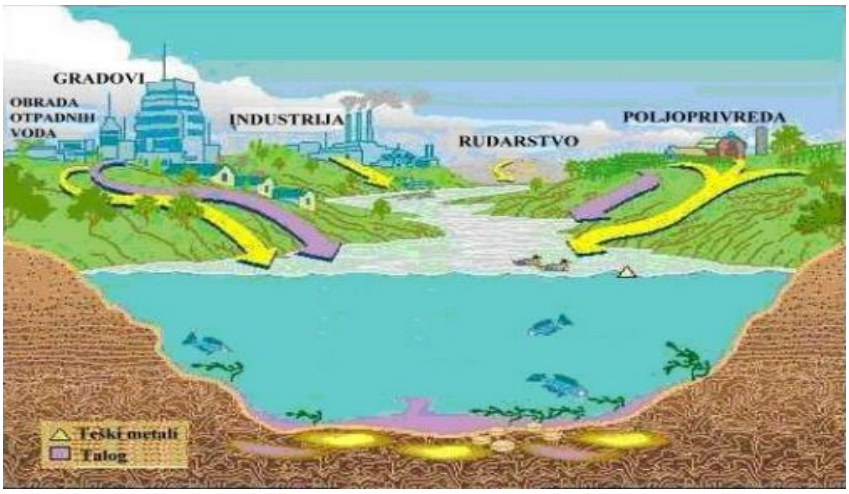
Slika 1. Voda onečišćena plutajućim otpadom

(izvor: https://www.index.hr/vijesti/clanak/upozorenje-znanstvenika-zbog-oneciscene-vode-kolera-i-tifus-prijete-zdravlju-320-milijuna-ljudi/916331.aspx?fb_comment_id=1364666710227757_1364707153557046)

2.1. Osnovni problemi onečišćenja vode

Onečišćenje voda se promatra prema izvoru nastanka i mediju u kojem se odvija. Tako prema nastanku mogu biti prirodni i antropogeni. Pod prirodne se svrstavaju potresi, poplave i vulkanske erupcije uslijed kojih se onečišćuju površinske i podzemne vode [1]. Antropogeni izvori onečišćenja su komunalne otpadne vode, industrijske otpadne vode, poljoprivredne vode, nuklearne elektrane, termoelektrane itd, (slika 2.). Komunalne otpadne vode su vode koje se koriste za higijenske potrebe ljudi u domaćinstvu i naseljima. One su opterećene otpacima hrane, infektivnim i neinfektivnim mikroorganizmima, uljima, deterdžentima, nečistoćom i sekretima ljudi i životinja.

Industrijske otpadne vode opterećene su kemikalijama, metalima, gumom, plastičnim materijalima te ostacima u preradi nafte, papira i tekstila. Opasni onečišćivač je prehrambena industrija poput mljekara, šećerana, klaonica i dr. Poljoprivredne otpadne vode su one koje dolaze sa životinjskih farmi i onečišćene mineralnim gnojivima (nitratima, nitrozaminom), pesticidima itd. Najveća onečišćenja vode su tamo gdje je najveća potreba za pitkom i industrijskom vodom [6].



Slika 2. Prikaz izvora onečišćenja vode

(Izvor: https://www.simet.unizg.hr/hr/nastava/predavanja/preddiplomski-sveucilisni-studij-metalurgija/3-godina-preddiplomskog-studija/oneciscenje-i-zastita-voda)

Prema mediju u kojem se onečišćenje prati, razlikuje se onečišćenje površinskih voda, gdje se posebno promatra onečišćenje rijeka i jezera te mora i onečišćenje podzemnih voda. Globalno gledajući, rijeke i jezera predstavljaju relativno male zalihe vode i upravo zbog manje količine vode koja protječe rijekama i zadržava se u jezerima ona su osjetljivija na onečišćenje od mora. Najčešća onečišćivala rijeka i jezera su: otpadne vode, organske kiseline, mineralne i neorganske soli i kiseline, radioaktivne tvari i termalna onečišćivala (slika 3).



Slika 3. Prikaz onečišćivala rijeka i jezera (prema: [1])

More je najveći spremnik slane vode. Ima svojstvo samopročišćavanja, tj. autopurifikacije, ali do određene granice. Na obalama postoje tragovi raznih onečišćivala kao što je nafta te su zbog toga obalna mora najbolji pokazatelji stanja. Najveći dio onečišćenja u more dolazi s kopna [5]. Najčešća onečišćivala morske vode su hranjive tvari, sedimenti, patogeni organizmi, postojani toksini, plastični materijal, radioaktivne tvari, termalni otpad, buka i nafta. Prekomjernim unosom hranjivih tvari u more može se povećati razmnožavanje algi koje mogu smanjiti razinu kisika te uzrokovati pomor drugih organizama. Sedimenti koji nastaju erozijom zbog rudokopa i bušenja, uništavaju obalne ekosustave, unose toksine i zamućenja. Patogeni organizmi kontaminiraju obalna područja i šire zarazne bolesti. Postojani toksini poput DDT, teških metali itd., truju ili ubijaju morske organizme, talože se i ulaze u hranidbene lance drugih sustava. Odbačeni plastični materijali koji se raspadaju pomoću soli, valova i sunca postaju hrana mnogim organizmima. Sitni polimerni ostaci upijaju otrovne spojeve i unose ih u prehrambeni lanac morskog ekosustava. Nuklearni vojni otpad, industrijski otpad i atmosferske padaline su izvor radioaktivnih tvari. Termalni otpad dolazi iz rashladnih voda iz elektrana, industrijskih postrojenja te dolazi do uništavanja organizama koji su osjetljivi na promjene temperature. Buku stvaraju brodovi i postrojenja na moru i mogu izazvati stres kod morskih organizmima i ometati život u moru. Nafta je najvidljivija i najpoznatija vrsta

zagađenja mora, uzrokovana je izlijevanjem nafte iz tankera ili kao posljedica nesreća na naftnim bušotinama [1].

Onečišćenje podzemne vode ovisi o lokaciji, klimi, dubini podzemne vode, geološkim karakteristikama, intenzitetu aktivnosti, upotrebi vode, obradi otpadnih voda, gustoći stanovništva, itd. U podzemnu vodu onečišćujuće tvari mogu dospjeti ispiranjem stijena i miješanjem s drugim izvorima podzemne vode te ljudskom aktivnošću. Najčešće onečišćenje podzemne vode je onečišćenje nitratima uslijed intenzivnog korištenja umjetnih gnojiva na poljoprivrednim površinama. Izvori onečišćenja podzemnih voda su septičke jame, poljoprivredna aktivnost, odlagališta otpada, industrijski tekući otpad, sol za posipanje cesta, isplake kod bušenja, industrijske nezgode itd... [1].

2.2. Mehanizmi onečišćenja vode

Izvori onečišćenja razlikuju se po obliku i načinu djelovanja. Prema načinu djelovanja mogu biti aktivni i potencijalni izvori onečišćenja. Aktivni izvori su oni za koje je sigurno da emitiraju onečišćenje te mogu biti stalni i povremeni. Kod stalnih aktivnih izvora onečišćenje traje cijelo vrijeme tijekom promatranja. Povremeni izvori onečišćenja se događaju u jednom dijelu promatranog vremena. U normalnim prilikama potencijalni izvori onečišćenja ne emitiraju onečišćenje, već do njihove emisije može doći zbog kvarova, nepažnje ili drugih okolnosti. U potencijalne izvore spadaju industrijske kanalizacije, cjevovodi za transport nafte i dr.

Izvori onečišćenja dijele se i prema obliku na točkaste, linijske i plošne [3]. Točkasti izvori su posljedica čovjekovih djelatnosti kao što su proizvodnja otpadne tvari i otpadne energije. Kod točkastih izvora mjesto emisije onečišćenja je jedna točka u prostoru. Primjer točkastog izvora kod podzemnih voda je septička jama s propusnim dnom ili upojni bunar za upuštanje otpadnih voda u podzemlje, a za površinske vode je kanalizacijski ispust. Linijski izvor onečišćenje je ono koje emitira onečišćenje duž pravca ili krivulje. Kao primjer za linijski izvor onečišćenja možemo navesti onečišćene površinske vodotoke urezane u propusnu krovinu vodonosnih slojeva.

Veće površine terena s kojih se oborinska voda odnosi u površinske vode ili prodire u zemlju i površine na kojim se nalazi onečišćenje čine plošne izvore onečišćenja. Često se radi o poljoprivrednim površinama gdje se koriste agrotehnička kemijska sredstva poput pesticida, ali i o neuređenim odlagalištima industrijskog i komunalnog otpada [4].

2.3. Vrste onečišćenja voda

2.3.1. Biološko onečišćenje

Biološko onečišćenje javlja se kada voda sadrži patogene bakterije, viruse, gljivice, protozoe, ličinke, parazite i druge organizme koji su prijenosnici patogenih mikroorganizama ili direktni uzročnici oboljenja. Vodom se prenose uzročnici bolesti kolere, dizenterije, tifusa, paratifusa, zarazne žutice, nametnici amebe, trakavice, gliste itd. Vode mogu biti onečišćene životinjskim bjelančevinama, ugljikohidratima, raznim masnoćama i uljima, fekalijama i dr. [7].

2.3.2. Fizikalno onečišćenje

Kada voda ima promijenjene osnovne fizikalne karakteristike kao što su temperatura i prozirnost tada je to fizikalno onečišćenje. Kod fizikalno-kemijskih svojstva vode s promjenom temperature mijenja se kinematička viskoznost, gustoća, difuznost kisika, površinska napetost i sadržaj otopljenog kisika pri normalnom atmosferskom tlaku [4]. Važan je pad koncentracije otopljenog kisika kod zagrijanih voda jer zbog toga dolazi do smanjenja mogućnosti razgradnje organske tvari u vodi te se zbog toga u vodama koje uz rashladne vode primaju otpadne vode, smanjuje sposobnost samopročišćavanja. Prisutnost sitnih čestica u vodi je posljedica mutnoće vode. Mutnoća podzemne vode je rijetka zbog procesa filtracije. Ako se pojavi to je znak da je bunar loše izveden, projektiran ili oštećen. Boja, miris i okus su fizičke manifestacije drugih vrsta onečišćenja [4].

2.3.3. Kemijsko onečišćenje

Vode koje su kemijski onečišćene sadrže spojeve i otrove kojima se narušavaju prirodne karakteristike voda, kao što su mineralni sastav, pH, miris, okus, količina otopljenog kisika itd. Kemijsko onečišćenje dijeli se na anorgansko i organsko. Kemijsko onečišćenje vode se manifestira s prisutnošću iona kojih u prirodnim vodama nema i povećanjem koncentracije iona koji su u manjim količinama inače prisutni u prirodnoj vodi. Intenzitet onečišćenja vode ovisi o tipu izvora onečišćenja i o onečišćujućim tvarima. Česta su različita kemijska onečišćenja, a najčešće su kombinacije kemijskog anorganskog, kemijskog organskog i biološkog onečišćenja.

Anorgansko onečišćenje je posljedica miješanja vode s industrijskim ili drugim otpadnim vodama koje sadrže toksične elemente poput olova, žive, arsena, anorganske kiseline, lužine ili otopine njihovih soli. Do anorganskog kemijskog onečišćenja može doći zbog primjene anorganskih mineralnih gnojiva ili pesticida na površini iznad vodonosnih naslaga. Procjeđivanje efluenta iz odlagališta komunalnog i industrijskog otpada također je posljedica anorganskog kemijskog onečišćenja.

Organsko kemijsko onečišćenje je degradacije kvalitete vode zbog kontakta vode s različitim organskim spojevima. U tom slučaju često se radi o onečišćenju naftom, organskim pesticidima, organskim bojama, deterdžentima, fenolnim tvarima i organskim kiselinama. Zbog intenzivnog razvoja organske kemijske industrije i primjene njenih proizvoda u poljoprivredi i industriji ta vrsta onečišćenja je sve češća [4].

2.3.4. Radiološko onečišćenje

Radiološko onečišćenje voda je posljedica kontakta podzemne voda s različitim prirodnim radioaktivnim elementima ili radioizotopima. Ležišta uranskih ruda, rudnici urana, nuklearne elektrane, odlagalište nuklearnog otpada mogu biti izvori takvog onečišćenja [4].

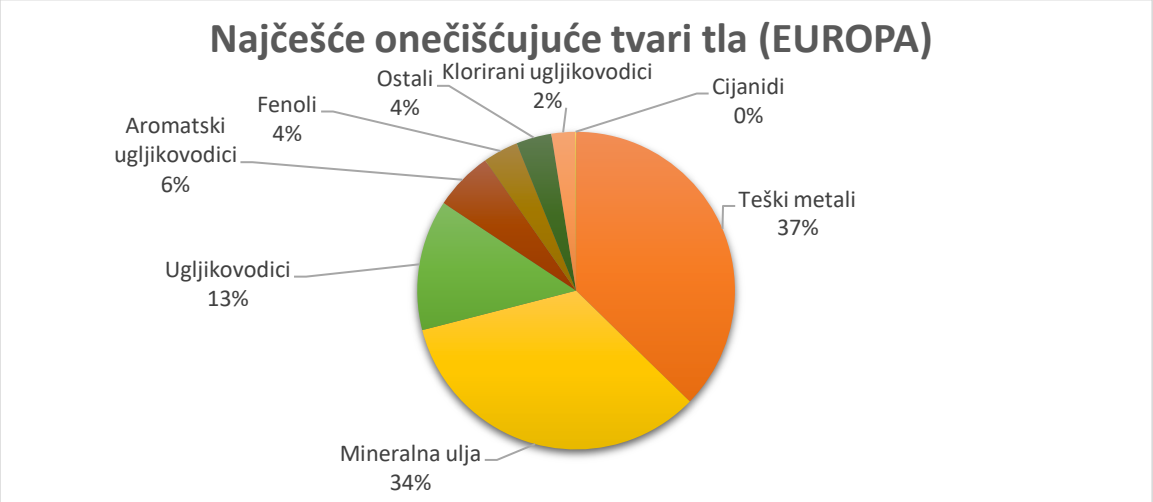
2.4. Utjecaj na zdravlje čovjeka

Voda može biti prijenosnik bolesti, koje mogu biti epidemične ili klasične hidrične bolesti. Pogodan je medij za razvoj i razmnožavanje mikroorganizama. Bolesti koje se prenose šire se konzumiranjem vode koja je onečišćena fecesom (stolicom) i urinom bolesnika ili kliconoša, glodavaca i domaćih životinja. Bolesti koje se prenose vodom su bacilarna i amebna dizenterija, trbušni tifus, paratifus, kolera, crijevni paraziti, infektivni hepatitis, dječja paraliza i tularemija. Zbog onečišćenja bolesti mogu biti uzrokovane bakterijama, virusima i protozoama. Do onečišćenja voda može doći zbog miješanja otpadnih voda s pitkom vodom, korozijom, oštećenih vodovoda i kanalizacijskih cijevi. Bolesti koje uzrokuje voda mogu se prenijeti neposredno (direktno) i posredno (indirektno). Do neposrednog prijenosa dolazi prilikom kontakta zaražene osobe ili životinje sa zdravim čovjekom. Do posrednog prijenosa dolazi putem onečišćenih namirnica, onečišćene vode, onečišćenog zraka te preko insekata i glodavaca. Izloženost zarazi se povećava u nepovoljnim uvjetima [8].

Teški metali i druge anorganske tvari, pogotovo arsen i živa također su štetni za zdravlje ljudi. Unošenjem kontaminirane vode ili hrane pojavljuje se akutno oboljenje, a očituje se srčanim, dišnim i probavnim smetnjama. Dugotrajnom izloženosti visokim razinama arsena izaziva se kronično oboljenje koje djeluje na srčani, dišni, kožni, periferno-živčani sustav i jetru. Nitratni dušik u visokim koncentracijama može uzrokovati probleme kod zdravlja čovjeka. Voda koja ima povećanu koncentraciju nitrata može izazvati bolesti poput raka ili methemoglobinemije kod čovjeka. Metaboliti i produkti reakcija koje tvore nitrati u ljudskom organizmu mogu uzrokovati cirozu jetre, anemiju, kardiovaskularne bolesti i rak. Pesticidi u organizam ulaze putem tekućih aerosola, preko kože i u obliku para u dišni sustav. Bolesti koje najčešće uzrokuju su alergija, astma, bolesti reproduktivnog i probavnog sustava [9].

3. ONEČIŠĆENJE TLA

Tlo je nakupina zrnaca različite veličine i oblika, nastaje kao posljedica trošenja Zemljine kore pod djelovanjem atmosferilija. Uloga tla je da proizvodi biomasu, bude univerzalni izmjenjivač i pročistač te da pruža životni prostor biljnim i životinjskim organizmima. Na području gdje je onečišćen zrak ne može biti čisto tlo. Onečišćenje tla obuhvaća skup procesa unošenja tvari, energije ili organizma u tlo, dovodeći u pitanje navedene uloge tla. Povećana prisutnost onečišćujućih tvari u tlu rezultira negativnim posljedicama za prehrambeni lanac, ljudsko zdravlje i sve tipove ekosustava i staništa. Zbog onečišćenja tla, tlo mijenja strukturu i utječe na razvoj biljnog i životinjskog svijeta. Onečišćeno tlo je posljedica ekspanzije industrijske revolucije i modernog društva [9]. Glavni izvori onečišćenja tla su: poljoprivreda, industrija, urbanizacija, prirodne pojave i incidentne situacije. Tvari koje su najčešća onečišćivala tla dijele se na: hlapljive organske spojeve, poluhlapljive organske spojeve gdje se pojavljuju sredstva za zaštitu bilja, goriva gdje se najčešće pojavljuju derivati nafte, onečišćenja od eksplozivnih tvari i anorganska onečišćenja (slika 4). Metali poput žive, olova, cinka, litija i arsena čine posebnu grupu onečišćivala [10].

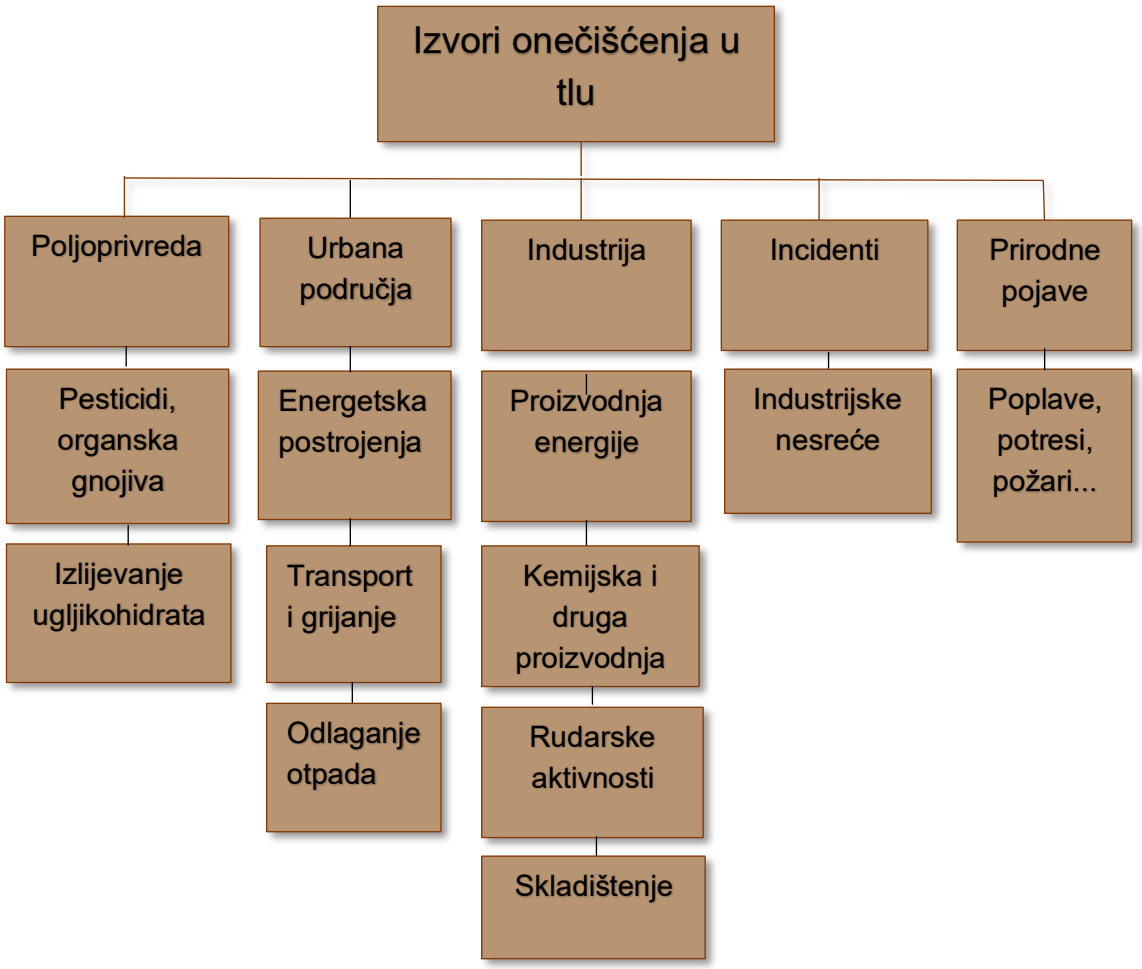


Slika 4. Dijagram najčešćih onečišćujućih tvari tla na području Europe

(Prema: [10])

3.1. Izvori onečišćenja tla

Čovjek je svojom aktivnošću ostavio značajan trag u smanjenju plodnosti tla i onečišćenju tla. Intenzivnom industrijom i poljoprivredom te neracionalnim krčenjem šuma i širenjem mreža cesta i željeznica plodna tla trpe velike štete. Supstance koje dolaze iz zraka i padaju na zemlju su također opasne jer se ugrađuju preko biljaka u hranidbeni lanac. S obzirom na prirodu onečišćenja, onečišćivala mogu biti prirodnog i antropogenog podrijetla. Prirodni izvori su poplave, kiše, suše, požari, vulkanska aktivnost itd. Antropogeni izvori su vezani uz načine korištenja tla. Najčešći antropogeni onečišćivači su poljoprivreda, iskorištavanje šuma, industrija, urbanizacija, ratna razaranja i druge incidentne situacije (slika 5.).



Slika 5. Prikaz izvora onečišćenja tla (prema: [10])

Intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom dolazi do izravnog onečišćenja pesticidima u tlo i biljke. Time dolazi do narušavanja mikrobiološke ravnoteže, aktivnosti tla i smanjenja prinosa kultura koje se siju narednih godina. Zbog dugotrajnog i prekomjernog unosa gnojiva dolazi do povećanja koncentracije nitrata. Urbane sredine se mogu smatrati površinskim izvorima onečišćenja. Povećanjem stanovništva se povećava potreba za većim površinama te njihova aktivnost ima velik utjecaj na tlo. Zbog odlaganja otpada, izgradnje prometnica i gradova površine se sve više asfaltiraju i zbog toga dolazi do zbijanja tla. Tijekom zime koristi se sol kako bi se spriječilo smrzavanje. Radi toga dolazi do emisije soli u okolno tlo. Nekontrolirano i nestručno odlaganje otpada izaziva emisije onečišćujućih tvari u tlo (slika 6.), a to ovisi o vrsti i količini odloženog otpada.



Slika 6. Tlo onečišćeno krutim otpadom

(Izvor: https://m.sbplus.hr/brodsko-posavska_zupanija/zivot/okolis/neodgovornost_od_vrha_do_dna.aspx)

Kada se otpad pravilno odlaže emisije u tlo se u potpunosti izbjegavaju. Industrija je sve češći izvor onečišćenje tla. Kemijska industrija, prerada nafte, čeličane, proizvodnja baterija, papirna industrija, industrija celuloza i industrija cementa su najintenzivnija onečišćenja. Kiseline, pogotovo spojevi sumpora koji nastaju iz SO_2 su najveći onečišćivači tla. Krčenje šuma je štetno za tlo jer drveće svojim krošnjama štiti tlo od Sunčeva zračenja i tako zadržava vlagu u tlu, sprječava ekstremne temperaturne razlike i svojim korijenjem drži tlo na mjestu i tako pomaže u zaštiti od erozije [9].

Postoje onečišćenja tla koja su uzrokovana ograničenim izvorima, a to su lokalna (točkasto) onečišćenja tla i ona koja su uzrokovana difuznim izvorima. Lokalno onečišćenje je često uzrokovano ljudskim djelatnostima jer obuhvaća aktivnosti vezane uz neadekvatno odlaganje otpada, ispuštanje naftnih proizvoda, teških metal i slično. Difuzni izvor onečišćenja se povezuje s atmosferskim taloženjem, određenim poljoprivrednim djelatnostima i urbanim područjima koje je uzrokovano ispuštanjem plinova u industriji, prometu i poljoprivredi. Dvije glavne skupine difuznih raspršenih onečišćenja su:

a) Onečišćenje kao posljedica poljoprivredne aktivnosti i šumarstva, vrtova i parkova, urbane sredine, krajobrazne arhitekture, gdje se ekološki sustav tla mijenja unosom nutrijenata, pesticida, komposta, gradskog mulja i stajskog gnojiva s ciljem povećanja produktivnosti ili zaštite sadašnjeg stanja tla.

b) Onečišćenje koje u tlo dolazi prirodnim putem poput atmosferskog taloženja i taloženja površinskih voda.

Tlo je ključni element u hidrološkom ciklusu. Kada su tla onečišćena difuznim i lokalnim izvorima s vremenom izgube funkciju filtriranja i puferiranja u hidrološkom ciklusu [11].

3.2. Utjecaj na zdravlje ljudi

Tvari koje čovjek unosi u organizam (hrana i piće) prolaze kroz tlo. Teški metali i dušični spojevi imaju važnu ulogu jer zbog onečišćenja dospijevaju u okoliš i do čovjeka što nije dobro jer imaju negativan utjecaj. Nitrati i teški metali mogu izazvati štetne učinke kod zdravlja ljudi. Željezo, cink, mangan, krom, nikal i bakar su esencijalni za pravilno funkcioniranje organizma te zbog toga njihov nedostatak može biti štetan za organizam, ali štetna je i njihova visoka koncentracija u organizmu. Živa, olovo, kadmij, arsen, nikal i kositar spadaju u neesencijalne tvari. Njihova funkcija u organizmu nije poznata, mogu biti štetni za zdravlje čovjeka. Zbog trovanja živom može doći do podrhtavanja mišića, glavobolje, nesanice, problema s ravnotežom i smetnji u pamćenju [9].

4. BIOMONITORING

Kako bi se spriječilo ili na vrijeme prepoznalo onečišćenje okoliša koristite se razne metode, a jedna od njih je biomonitoring. Ta metoda se provodi zbog praćenja kakvoća pojedinih sastavnica okoliša, a to su voda, zrak i tlo. Biomonitoring je primjena živih organizama kao bioindikatora promjena u okolišu tijekom određenog vremenskog razdoblja. Bioindikatori su organizmi koji se koriste s ciljem utvrđivanja prisutnosti onečišćujućih tvari, promjena okoliša te štetnog učinka na okoliš [12]. Kada dođe do promjene ponašanja ili uočavanja pogoršanja zdravlja organizma to može biti znak onečišćenja. Promjene mogu biti uzrokovane prirodnim toksičnim spojevima, ali i posljedica antropogenih aktivnosti. Kod bioindikatora prate se promjene u fizičkoj, kemijskoj i biološkoj strukturi. Da bi metoda pravilno funkcionirala potrebno je imati informacije o stanju sustava i organizma koji ga naseljavaju kako bi se zaštitilo zdravlje i kvaliteta ekosustava. Organizmi moraju biti u stanju preživjeti i normalno funkcionirati. Anorganski onečišćivači poput sulfida, sulfita i soli željeza mogu biti izravno štetni ili prouzročiti sekundarne učinke kao što su smanjenje koncentracije kisika ili promjena pH vrijednosti [13].

Kako bi se što prije otkrile promjene koriste se uređaji koji mogu prepoznati ono što se ne vidi „golim okom“. Na primjer, aparat „Toxiguard“ oglašava alarm kad razina kisika dostigne unaprijed postavljenu vrijednost. Ovaj sustav reagira na bakar, cijanid, nizak i visok pH. Svrha biomonitoringa je biološko nadgledanje koje uključuje izlaganje testnih organizama u prirodnim ekosustavima. Biomonitoring je razvijen s ciljem kontrole i učinkovitosti održavanja kvalitete okoliša na društvenim i biološkim razinama [13].

4.1. Strategija biomonitoringa

Kod strategije biomonitoringa potrebno je prvo napraviti jeftine testove za pronalaženje pojedinačnih vrsta, koristeći smrtnost kao krajnju točku kako bismo odabrali koncentracije koje bi dale najviše informacija u skupljim, dužim rasponima i suptilnijim testovima koji uključuju subletalne odgovore. Količina podataka koja je potrebna za procjenu opasnosti ovisi o odnosu između

koncentracije kemikalija koje nemaju štetan biološki učinak i koncentracije kemikalija u okolišu. Ako su ispitivanja vode uzastopna, informacije od ranije dobivenih testova mogu se upotrijebiti u planiranju sljedećih ispitivanja. Zbog velikih troškova smatra se da je istovremeno ispitivanje isplativije [14].

4.2. Biomonitoring vode i tla

Preko sedamdeset posto planetarnog ekosustava smješteno je u različitim vodenim tijelima i zbog toga vodena tijela čine glavne tipove životnog okoliša. Svaka vrsta vodenog sustava sadrži veliki broj organskih i anorganskih spojeva koji su suspendirani u otopljenom stanju. Organizmi koji su potencijalno prisutni u svakoj kategoriji vodenog ekosustava se razlikuju po većoj razini organizacije i morfološkoj složenosti. Sredinom 19. stoljeća biolozi su počeli brinuti o promjenama koje onečišćenje uzrokuje u prirodnim zajednicama vodenih organizama. Primijećeno je da određeni organizmi pokazuju specifičan odnos prema čistoći vode te da se prisutni organizmi u onečišćenoj vodi razlikuju od onih u čistoj vodi. Znanstvenici su napravili proboj u konceptu „bioloških pokazatelja onečišćenja“ u „probnom sustavu“. Taj sustav se temelji na različitim zonama obogaćivanja organizama. Svaka zona je karakteristična zbog specifične biljne i životinjske vrste. U sustavu su prepoznate probne razine, a to su polisaprobna i oligosaprobna razina. Polisaprobna razina je zona redukcijskih procesa, a oligosaprobna je zona oksidacijskih procesa. Dobri pokazatelji kvalitete vode su alge (planktonska i bentoska), mekušci i mikrobeskralježnjaci. Organizmi navedeni u prethodnoj rečenici koristili su se tijekom značajnog razdoblja za ocjenu kakvoće vode u rijekama, akumulacijama i jezerima. Za odabir svake kategorije vrste indikatora treba uzeti u obzir:

1. Vrsta mora biti vrlo osjetljiva na stres onečišćenja.
2. Vrsta mora biti lako prepoznatljiva i mora imati širok uzorak distribucije.
3. Vrste treba lako uzrokovati.
4. Vrsta treba imati malu genetsku i biološku varijabilnost.
5. Vrste bi trebale biti poznate iz prethodnih ekoloških i fizioloških studija.

Kvaliteta zraka i tla se može nadzirati indikatorskim organizmima. Sredinom 20. stoljeća botaničari su primijetili da su lišajevi osjetljivi na urbana okruženja. Nylander je prvi primijetio degradaciju epifitskih industrijskih područja. U posljednje vrijeme biolozi pridaju više pozornosti korištenju osjetljivih biljaka poput mahovine i lišajeva kod biomonitoringa zbog poznate osjetljivosti na plinovite onečišćujuće tvari. Indeks čistoće atmosfere u gradskom okruženju izmjeren je iz analize frekvencije lišajeva. Protok gradskog prometa ima značajnu povezanost s učestalošću pojave lišajeva. Biotamenti tla pokazuju široku raznolikost. Za praćenje kakvoće tla je važna pojava biota s obzirom na raznolikost i gustoću [15].

5. PROVOĐENJE BIOMONITORINGA NA PRIMJERU NEKIH ORGANIZAMA

Možda najilustrativniji primjeri provođenja biomonitoringa su situacije iz prošlosti kada su rudari za biomonitoring koristili kanarince kako bi otkrili da li su u rudniku prisutni štetni plinovi, ili kad su se na dvorovima koristili ljude za testiranje kraljeve hrane i pića kako ne bi došlo do trovanja samog kralja U današnje vrijeme se ne radi o tako izravnoj upotrebi živih bića te smrt nije jedino što se opaža. Postoje biljne i životinjske vrste koje reagiraju na onečišćenje u okolišu kod vrlo malih koncentracija štetnih tvari. Ukoliko dođe do promjene u takvim organizmima očito treba biti na oprezu. Na taj način se može na vrijeme uočiti da se nešto loše događa i poduzeti određene mjere da se onečišćenje zaustavi i stanje okoliša popravi. Neke od životinja koje su poznate i priznati bioindikatori biti će objašnjene u nastavku rada [13].

5.1. Pčele

Pčele su opnokrilasti kukci kojih ima oko 20 000 vrsta. Najpoznatija vrsta na našim prostorima je siva kranjska pčela (*Apis mellifera carnica*) (slika 8.). U poljoprivredi su primarni oprašivač kultura koje ne oprašuje vjetar. Zbog svoje uloge oprašivanja biljaka i proizvodnje prirodnih proizvoda poveznica su onoga što je kroz tlo i vodu dospjelo u biljku i njezine produkte.

Teški metali, pesticidi, promjena staništa i klimatske promjene su među najvećim prijetnjama za opstanak pčela. Pčele i njihovi produkti mogu biti pod utjecajem onečišćenja iz dva osnovna izvora, a to su pčelarenje i okoliš. Zbog izlijetanja po hranu i vodu pčele dolaze u kontakt s česticama u zraku ili na biljkama te se čestice primaju na dlačice njihovih tijela tj. one inhaliraju određene tvari iz okoliša. Kao kontaminanti iz okoliša navode se herbicidi, fungicidi, teški metali, radioaktivni izotopi, pesticidi, organska onečišćenja, genetski modificirani organizmi i patogene bakterije. Pčele i njihovi produkti smatraju se dobrim indikatorom toksičnih tvari u okolišu i zbog toga se koriste kao bioindikatori. Onečišćenja koja uključuju teške metale i pesticide imaju najveći utjecaj na pčele. Lokacije koje su u blizini rudnika, urbanih područja, autocesta i industrijskih

središta su posebno zanimljive jer kod njih koncentracije teških metala u vodi, tlu i zraku mogu biti povišene. Istraživanja su pokazala da teški metali ne uzrokuju mortalitet pčela zato što se akumuliraju u njihovim tijelima. Primijećeno je da je koncentracija teških metala manja u medu nego u njihovim tijelima što može značiti da na neki način pročišćavaju finalni produkt u svom organizmu. Određivanje prisutnosti teških metala u medu je važno zbog stanja u okolišu i zbog odražavanja na zdravlje ljudi. Isto je i s pesticidima koji se intenzivno primjenjuju u poljoprivrednoj proizvodnji. Krivo korištenje pesticida, bilo ono kvantitativne ili kvalitativne naravi, dokazano je samo uz pomoć pčela kao bioloških pokazatelja njihove prisutnosti u okolišu. Kao primarna varijabla dokazivanja onečišćenja navodi se broj mrtvih pčela. Kao najodgovorniji čimbenik za smanjenje broja pčela u svijetu navodi se promjena staništa. Potrebno je zaštititi pčele od antropogenih utjecaja te pratiti njihov odraz stanja i promjena u okolišu i prirodi. Istraživanja su pokazala da su vrlo korisni biološki pokazatelj onečišćenja u okolišu. Jako su važne jer su odgovorne za opstanak mnogih oblika života i zato što su povezane s našim opstankom na Zemlji [16].



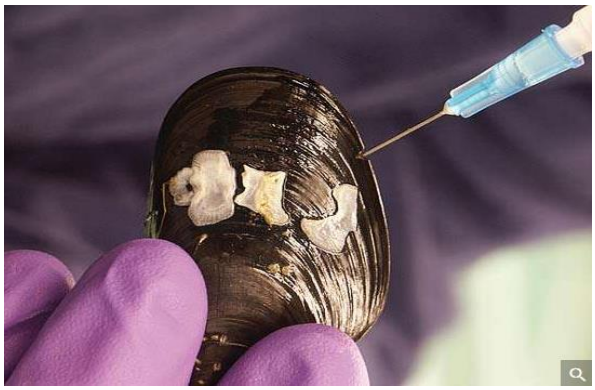
Slika 7. Kranjska pčela (Apis mellifera carnica)

(Izvor: http://www.agropress.org.rs/lat/rubrike/stocarstvo/pcelarstvo/item/3527-na-osnovu-ovog-teksta-raspoznavacete-najznacajnije-vrste-pcela)

5.2. Školjke

Kao pokazatelji onečišćenja mogu se koristiti školjke. Školjke se nalaze u morima i oceanima, a poznato je da u tim sredinama ima onečišćenja. Uzorci školjka se sakupe od prirodnih populacija u uzgajalištima. Sakupljaju se školjke

slične duljine. Na području Hrvatske kao pokazatelj onečišćenja mora mogu se koristiti dagnje. Dagnje ovise o brojnim okolišnim i biološkim čimbenicima. Tkiva dagnje se koriste za određivanje bakra, cinka, kadmija, kroma, mangana i olova (slika 9.). Kada govorimo o okolišnim čimbenicima, brojni procesi mogu utjecati na bioraspoloživost metala u tragovima. Glavni unos onečišćujućih tvari se unosi putem fluvijalnih ili podzemnih voda. Indeks stanja dagnji ovisi o mjestu uzorkovanja. Prema sezonskim obrascima i korelaciji elemenata, analizirani metali se mogu podijeliti u dvije skupine. U prvu skupinu spadaju elementi poput cinka i olova čije koncentracije ne ovise o godišnjem dobu. Drugu skupinu čine bakar, kadmij, krom i živa čije su koncentracije značajno veće u jesensko-zimskom razdoblju u odnosu na proljetno-ljetno razdoblje. Promjene indeksa stanja mogu se pripisati sezonskim promjenama, prehrambenim i reproduktivnim stanjima. Koncentracija metala u tragovima u mekom tkivu dagnji ovisi i o godišnjim dobima [17].



Slika 8. Dagnja (Mytilus galloprovincialis)

(Izvor: https://www.britannica.com/science/biomonitoring)

5.3. Ribe

Ideja korištenja vodenih organizama za kontinuirano praćenje toksičnosti nije nova. Dostupne su mnoge tehnike koje se mogu koristiti za praćenje toksičnosti s ribama. Parametri koji se mogu pratiti su refleks kašlja, potrošnja kisika, reotaksija, promjene u krvi, brzina otkucaja i izdržljivost plivanja. Otrovne tvari mogu mijenjati otkucaje srca i sastav krvi. Kao pokazatelj toksičnosti kod riba

koristi se gubitak reotaksije, a to je sposobnost ribe da održava svoj položaj u struji. Reotaksija je u određenoj mjeri funkcija plivanja, a laboratorijske studije pokazale su da brojne toksične tvari, uključujući cink i amonijak, vlakna iz celuloznog drveta, otpadni otpad iz mlinova celuloze i deterdženti utječu na plivačke performanse ribe. Postoje pokazatelji da stopa kašljanja može biti korisna kao kratkoročni pokazatelj dugoročnih učinaka.

Kod potočne pastrve (slika 10.) kašalj se javlja kao posljedica koncentracije žive i bakra koja je blizu kroničnih razina. Jednostavniji pristup praćenja toksičnih učinka je mjerenje stope potrošnje kisika. Tvari za koje je utvrđeno da utječu na potrošnju kisika su bakar, vlakno celuloze, benzen i amonijak [18].



Slika 9. Potočna pastrva (Salmo trutta)
(Izvor: http://adriaticnature.me/archives/3717)

5.4. Žabe

Vodozemci su pogodni za biomonitoring jer relativno brzo reagiraju na promjene u okolišu [19]. Žabe su vodozemci koji spadaju u skupinu bezrepaca. To je skupina koja u odrasloj dobi nema rep. U Hrvatskoj postoji nekoliko vrsta žaba. Neke od njih su gatalinka, šumska, livadna (slika 11.) i močvarna žaba. Žabe su dobri pokazatelji onečišćenja jer njihov životni ciklus uključuje kopnena i vodena staništa. Prisutnost zdrave populacije žaba smatra se zdravim ekosustavom [16]. Kao najveći razlog ugroženosti žaba je uništavanje njihovog

staništa, ali postoje i drugi razlozi ugroženosti kao što su: klimatske promjene, kemikalije, UV-B zračenje, i bolesti. Na područjima kao što su nacionalni parkovi i divlja priroda koja je netaknuta do promjena u populaciji dolazi zbog globalne promjene klime.

Žabe su zbog propusnosti kože, dvofaznog životnog ciklusa, jaja bez ljuske posebno osjetljive na promjene temperature i vlage. Promjena klime može direktno i indirektno utjecati na njihove populacije. Razdoblje razmnožavanja ovisi o temperaturi i vlazi. Lokalne promjene u klimi mogu smanjiti funkciju imunološkog sustava. Posljedica toga može biti veća učestalost bolesti i povišeni mortalitet. Kao uzrok nestajanja populacija žaba su i kemijska onečišćenja. Pesticidi, metali, zakiseljavanje i dušična gnojiva imaju letalne, subletalne, izravne i neizravne posljedice. Subletalni utjecaj uključuje oslabljeni rast, razvoj i ponašanje. Zbog toga može doći do poremećaja u razvoju i ponašanju. Kemijska onečišćenja oslabljuju imunitet što čini žabe osjetljivijim na parazite, bolesti i UV zračenje. Na rast i razvoj zakiseljavanje ima negativan učinak. Zbog povišene pH vrijednosti dolazi do razvoja embrija, ali su enzimi koji izazivaju izlazak jaja inhibirani. Ekstremno nizak pH može zaustaviti razvoj embrija [20].

Žabe su izložene trovanju jer veliki dio svog života provode u vodi. Kemijske spojeve primaju preko kože, ali i preko hrane koju pronalaze u vodi koja je i sama tretirana toksičnim spojevima. Posljedice toga mogu biti smrt, smanjenje brzine rasta i razvoja, abnormalnosti u razvoju i ponašanju, smanjenje razmnožavanja i oslabljeni imunološki sustav [19].



Slika 10. Livadska smeđa žaba (Rana temporaria)

(Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Livadna_sme%C4%91a_%C5%BEaba)

5.5. Šišmiši

Šišmiši su odlični pokazatelji promjena klime i kvalitete staništa koje uzrokuju ljudi. Pokazuju funkcionalnu i taksonomsku raznolikost te su široko rasprostranjeni. Pad populacija šišmiša često odražava značajke propadanja staništa koje utječu na širok raspon svojti. Populacije šišmiša pokazuju reakcije na stresne faktore u okruženju u rasponu od promjena u kvalitetu staništa do klimatskih promjena.

Zbog sve većeg broja ljudi u svijetu, poljoprivreda je sve intenzivnija. Istraživanja su pokazala da jačanje poljoprivrede ima štetan učinak na biološku raznolikost u zapadnoj Europi od sredine 20.stoljeća. Zbog veće potražnje poljoprivrednih produkata koriste se sve više kemijska gnojiva i pesticidi. Povećanom upotrebom pesticida smanjuje se količina hrane za šišmiše koji se hrane insektima. Postoje dokazi da su insekti koji su sadržavali u sebi poljoprivredne pesticide odgovorni za tešku smrtnost *Tadarida brasiliensis* (slika 12.) u Novom Meksiku. Povećanom upotrebom pesticida smanjuje se dostupnost hrane za šišmiše koji se hrane insektima, a uklanjanjem živica i granica polja nestaju staništa vrijedna za hranjenje insektima. Živice su važne za njih jer predstavljaju mjesto gdje se okupljaju rojevi insekata i služe im kao zaštitni pojasevi.

Kada je velika smrtnost šišmiša povezana s bolešću to može biti rani pokazatelj onečišćenja i raširenosti bolesti. Povećani stres u okolišu može umanjiti imunološki sustav šišmiša i drugih životinja. Sindrom bijelog nosa kod šišmiša može se odnositi na povećanu razinu ekološkog stresa, posljedica povećanog uzbuđenja i energetskog stresa zbog čega šišmiši postaju podložniji gljivičnim infekcijama. Oni su također rezervoari bolesti koje mogu biti pogubne za ljude kao što su bjesnoća i ebola. Zbog uništavanja staništa dolaze u sve veći kontakt s ljudima i time se povećava rizik od prijenosa bolesti na ljude. Učestalost bolesti kod šišmiša može biti važan bioindikator degradacije staništa. Obalna staništa su glavna područja za šišmiše zbog velikog broja insekata. Smanjenje kakvoće vode može imati negativan utjecaj na aktivnost šišmiša, a dugoročnim opadanjem kvalitete vode može doći do opadanja populacije šišmiša [21].



Slika 11. Šišmiš slobodnog repa (Tadarida brasiliensis)
(Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tadarida_brasiliensis_2.jpg)

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena je metoda identifikacije onečišćenja u vodi i tlu primjenom biomonitoringa. Onečišćenja su neizbježna, ali možemo spriječiti da ne dođe do kritične točke. Onečišćenje kod vode i tla je najčešće izazvano ljudskom aktivnošću. Ljudskim nemarom i olakim shvaćanjem važnosti vode i tla čovjek dovodi svoj opstanak u opasnost. Nepravilnim odlaganjem otpada, otpadnih voda, korištenjem nedozvoljenih kemikalija ili korištenjem kemikalija u prekomjernoj količini narušavamo ekosustav. Zbog takvog postupanja dolazi do poremećaja flore i faune te narušavanja zdravlja ljudi. Kako bi spriječili onečišćenje koriste se razne metode, a jedna od njih je biomonitoring.

Biomonitoring je metoda kod koje se koriste organizmi te pratimo njihove reakcije na određene tvari. Dobri pokazatelji onečišćenja su pčele, školjke, žabe, ribe i šišmiši. Oni nam mogu biti prvi pokazatelji kada je dođe do prekomjernog onečišćenja. Zbog svoje osjetljivosti ukazuju nam kada nešto nije u redu. Ako se na vrijeme zamijete njihove promjene, moguće je otkriti izvor i razlog onečišćenja. Tako se sprječava njihova smrtnost i negativan utjecaj na zdravlje ljudi, flore i faune. Terenskim testovima se utvrđuje korisnost praćenja biološkog sustava. Kao i svaka metoda ima svoje nedostatke. Nedostatak biomonitoringa je cijena i vizualno nadgledanje koje zahtjeva stalnu prisutnost nekoga tko će promatrati organizme. Zbog toga može doći do kasnog određivanja razlike između toksičnosti i smrtnosti. Smatram da je potrebno više podići svijest o onečišćenju i njegovom utjecaju na organizme jer se industrija svakim danom sve više razvija.

Onečišćenje se ne može u potpunosti spriječiti, ali možemo ga smanjiti. Kada bi se industrija, poljoprivreda i ostali glavni onečišćivači pridržavali propisanih mjera i zakona te pratili promjene okoline ili koristili metode poput biomonitoringa moglo bi se spriječiti onečišćenje koje je izazvano antropogenim utjecajem.

7. LITERATURA

1. Darko Mayer, Kvaliteta i zaštita podzemnih voda, Zagreb 1993

2. Strategija upravljanja vodama,Hrvatske vode, Zagreb, (2009)

3. Štrkalj, A. (2014.), Onečišćenje i zaštita voda, Metalurški fakultet, Sisak

4. Mayer, D. (2004.), Voda od nastanka do upotrebe, Prosvjeta, Zagreb, (2004), ISBN 953-7130-09-6]

5. Strategija upravljanja vodama, Hrvatske vode, Zagreb, (2009)

6. Springer, D., Springer, O.P., Otrovani modrozeleni planet, Meridijan Zagreb, 2008

7. Milošević-Pujo, B., Jurjević, N., Onečišćenje mora iz zraka emisijom ispušnih plinova, Naše more 5/6, 2004

8. V. Moskaljov, N. Benić, J. Čulig, M. Kelava (2003)., Priručnik prema proširenom programu za osobe koje rade na preradi i distribuciji vode za piće, Posebni dio, Zavod za javno zdravstvo grada Zagreba, dostupno na: http://www.zzjzpgz.hr/programi/hig%20min%20-%20prirucnik%20-%20vode%20za%20pice.pdf

9. P. Mlinarić (2017)., Identifikacija onečišćenja u površinskim slojevima tla i utjecaj na zdravlje ljudi (Završni rad), Sveučilište u zagrebu, Geotehnički fakultet, dostupno na: https://zir.nsk.hr/islandora/object/gfv%3A261

10. Premur V. (2018)., Skripta iz kolegija Emisije i imisije u okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet

11. Kučar Dragičević, S. (2008): Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb

12. T. Sofilić (2014), Ekotoksikologija, (priručnik), Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet

http://bib.irb.hr/datoteka/743709.Tahir_Sofilic_EKOTOKSIKOLOGIJA.pdf

13. Cairns, J., & Van der Schalie, W. H. (1982). Introduction to Early warning systems. Biological Monitoring in Water Pollution, 14, 1179–1196. https://doi.org/10.1016/b978-0-08-028730-0.50007-0

14. Cairns, J. (1982). Introduction to future needs. Biological Monitoring in Water Pollution, 15, 941–952. https://doi.org/10.1016/b978-0-08-028730-0.50013-6

15. Biology discussion, Biomonitoring of Aquatic and Terrestrial Ecosystem, dostupno na: https://www.biologydiscussion.com/ecosystem/bio-monitoring-of-aquatic-and-terrestrial-ecosystem/71002, datum pristupa: 1.6.2020.

16. S. Zavrtnik, J. Loborec, D. Žubčić, I. Grčić (2020)., Medonosna pčela (Apis mellifera) u biomonitoringu onečišćenja okoliša, dostupno na: https://hrcak.srce.hr/238084

17. Kljaković-Gašpić, Z., Ujević, I., Zvonarić, T., & Barić, A. (2007)., Biomonitoring of trace metals (Cu, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) in Mali Ston Bay (eastern Adriatic) using the Mediterranean blue mussel (1998-2005). Acta Adriatica, 48(1), 73–88.

18. R. A . Matthewst, A. L . Buikema, J. Cairns and J. H . Rodgers (1982)., Receiving system functional methods, relationships and indices

19. M. Poljak (2010), Uloga, zaštita i uzroci ugroženosti vodozemaca u Hrvatskoj (završni rad), Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno–matematički fakultet, Biološki odsjek, dostupno na: https://repozitorij.pmf.unizg.hr/islandora/object/pmf:4075

20. M. Kudeljnjak (2009)., Značajke i ugroženost vodozemaca Podravine (seminarski rad), Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, dostupno na: https://zir.nsk.hr/islandora/object/pmf:3751/preview

21. G. Jones, D. S. Jacobs, T. H. Kunz, M. R. Willig, P. A. Racey (2009)., Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators, dostupno na: https://www.int-res.com/articles/esr2009/8/n008p093.pdf

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Voda onečišćena plutajućim otpadom 3

Slika 2. Prikaz izvora onečišćenja vode 4

Slika 3. Prikaz onečišćivača vode 4

Slika 4. Dijagram najčešćih onečišćivača tla na području Europe 10

Slika 5. Prikaz izvora onečišćenja u tlu 11

Slika 6. Tlo onečišćeno krutim otpadom 12

Slika 7. Kranjska pčela (*Apis mellifera carnica*) 19

Slika 8. Dagnja (*Mytilus galloprovincialis*) 20

Slika 9. Potočna pastrva (*Salmo trutta*) 21

Slika 10. Livadska smeđa žaba (*Rana temporaria*) 22

Slika 11. Šišmiš slobodnog repa (*Tadarida brasiliensis*) 24