



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
UNIVERSITY OF NIŠ

ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ НА РАДУ У НИШУ
FACULTY OF OCCUPATIONAL SAFETY



ZAGAĐIVANJE I ZAŠTITA ZEMLJIŠTA

Tatjana Golubović

Niš, 2020. godine

dr Tatjana Golubović, vanr. prof.

Zagađivanje i zaštita zemljišta

Prvo izdanje, 2020.

Izdavač:

Fakultet zaštite na radu u Nišu

Recenzenti:

Prof. dr Marina Stojanović, Fakultet zaštite na radu u Nišu

Prof. dr Dušanka Kitić, Medicinski fakultet u Nišu

Za izdavača:

Prof. dr Momir Praščević

Dizajn korica:

AvramovicDesign@yahoo.com

Štampa:

„Unigraf X-copy“ Niš

Tiraž:

100 primeraka

**CIP- Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije**

502.521(075.8)

631.4(075.8)

ГОЛУБОВИЋ, Татјана Д., 1969-

Zagađivanje i zaštita zemljišta / Tatjana Golubović. - 1. izd. - Niš : Fakultet zaštite na radu, 2020 (Niš : Unigraf X-copy). - 142 str. : ilustr. ; 24 cm

Na vrhu nasl. str.: University of Niš, Faculty of Occupational Safety. - Tiraž 100. - Summary. - Bibliografija uz svako poglavlje. - Registar.

ISBN 978-86-6093-094-3

a) Земљиште -- Заштита

б) Педологија

COBISS.SR-ID 16400393

Udžbenik *Zagađivanje i zaštita zemljišta* sadrži gradivo predviđeno nastavnim planom i programom predmeta *Zaštita zemljišta*. Namenjen je, pre sega, studentima osnovnih akademskih studija, studijskog programa Zaštita životne sredine na Fakultetu zaštite na radu u Nišu ali i studentima master i doktorskih akademskih studija, kao i svima koji su zainteresovani za probleme zagađivanja zemljišta. Sledeći najnovija saznanja, nastojalo se da udžbenik omogući studentima usvajanje osnovnih znanja iz oblasti zaštite zemljišta i njihovu primenu u praksi. Cilj predmeta *Zaštita zemljišta* je da osposobi studente da izvrše kritičku procenu problema koji mogu da nastanu kao posledica zagađivanja zemljišta. Zbog toga je udžbenik tako koncipiran da se studentima omogući suštinska znanja o izvorima i ponašanju najvažnijih zagađujućih supstanci u zemljištu i životnoj sredini, kao i o merama za sprečavanje ili umanjenje zagađivanja zemljišta, odnosno za sprečavanje ili umanjenje daljeg širenja zagađivanja i ugrožavanja životne sredine.

Značajna pažnja u ovom udžbeniku posvećena je i izboru odgovarajućih tehnologija remedijacije zagađenih zemljišta, baziranim na karakteristikama zemljišta, stepenu zagađenosti i karakteristikama samih zagađujućih supstanci. Takođe, razmotrene su prednosti i nedostaci samih tehnologija.

Prikaz materije i terminologija su prilagođeni profilu studenata, a istovremeno pružaju nova znanja već diplomiranim inženjerima i stručnjacima iz oblasti zaštite životne sredine i srodnih oblasti.

Naučne postavke u knjizi baziraju se na saznanjima do kojih je autor došao korišćenjem domaće i strane literature, kao i na rezultatima sopstvenih istraživanja. Prezentovani podaci ilustrovani su pažljivo odabranim primerima, tabelama i slikama. Na kraju svakog poglavlja dat je pregled korišćene literature, što može biti od koristi studentima Fakulteta zaštite na radu, ali i čitaocima drugih profila.

Veliku zahvalnost na kritičkom čitanju rukopisa, korisnim predlozima i sugestijama koje su doprinele poboljšanju kvaliteta teksta dugujem recenzentima prof. dr Marini Stojanović i prof. dr Dušanki Kitić.

Autor

O značaju zemljišta govore činjenice da je zemljište osnova za proizvodnju i sigurnost hrane, da predstavlja najveći planetarni filter vode i rezervoar za njeno korišćenje, da učestvuje u regulaciji emisije ugljen-dioksida i drugih gasova staklene bašte, da je stanište mnogih vrsta.

Međutim, danas je u svetu trećina zemljišta umereno do visoko degradirana procesima erozije, acidifikacije, zaslanjivanja, sabijanja i izlaganja različitim hemijskim supstancama.

Imajući sve ovo u vidu, kao i činjenicu da je zemljište uslovno obnovljiv resurs, nadam se da će ovaj udžbenik dati mali doprinos u sagledavanju i sticanju iskustava za preventivno delovanje ili rešavanje problema nastalih degradacijom i zagađivanjem ovog značajnog resursa.

Prvi deo udžbenika obuhvata tri poglavlja koja se odnose na formiranje, osnovne karakteristike i značaj zemljišta.

U prvom poglavlju govori se o zemljištu kao prirodnoj tvorevini nastaloj u procesu pedogeneze, kao i o abiotičkim (matična stena, klima, reljef) i biotičkim (živi organizmi) faktorima koji uslovljavaju ovaj proces. S obzirom na činjenicu da konačni rezultati nastanka zemljišta mogu da se sagledaju kroz formiranje karakterističnih zemljišnih profila, u ovom poglavlju su pored karakteristika zemljišnih profila sagledani osnovni fizički, hemijski i biološki procesi koji su uslovljili njihovo formiranje. Veliki broj biljnih vrsta je tokom evolucije opstao na određenim prostorima na Zemlji, na vrlo specifičnim podlogama i zemljištu, zahvaljujući svojoj sposobnosti prilagođavanja takvim uslovima. Ove indikatorske vrste vrlo specifično i osetljivo reaguju na promene karakteristika zemljišta. Zahvaljujući navedenim osobinama koriste se za monitoring (praćenje) promena na staništu. Najznačajnije indikatorske vrste prikazane su u ovom delu udžbenika.

Drugo poglavlje daje pregled osobina, kvalitativnog i kvantitativnog sastava čvrste, tečne i gasovite faze zemljišta. Pored hemijskog sastava mineralnog dela zemljišta, koji ima veliki značaj, pre svega s aspekta biljne proizvodnje, razmatran je i sastav organske materije zemljišta. Polazeći od saznanja o značaju humusa, detaljno je razmatran njegov uticaj na vodni, vazdušni i toplotni režim zemljišta, njegova adsorptivna svojstva, regulaciju kiselost itd.

Zemljište, kao složen ekološki faktor, odlikuje se fizičkim, hemijskim i biološkim osobinama. Od fizičkih osobina zemljišta od posebnog ekološkog značaja su: mehanički sastav, boja, toplotni, vazdušni i vodni režim. U zemljištu se odigravaju različiti hemijski procesi. U zavisnosti od ovih procesa zemljište je boljeg ili lošijeg kvaliteta za gajenje useva. Od hemijskih procesa u zemljištu od posebnog značaja za plodnost zemljišta je pH vrednost zemljišnog rastvora, adsorptivni kapacitet, puferna sposobnost, oksido-redukcioni potencijal i sl. Veliku ekološku vrednost i uticaj imaju biološke osobine zemljišta. Sve navedene osobine detaljno su razmatrane u trećem poglavlju.

Drugi deo udžbenika obuhvata dva poglavlja koja se odnose na najznačajnije izvore zagađivanja zemljišta, kao i kategorije njegovog oštećenja. Poseban akcenat je stavljen na razmatranje uticaja zagađujućih supstanci poreklom iz poljoprivredne proizvodnje, pesticide, mineralna i organska đubriva i njihov uticaj na zemljište, ali i životnu sredinu u celini. Kao značajne zagađujuće supstance razmatrani su i teški metali i radionuklidi. Za svaku grupu supstanci, sagledani su načini dospevanje u zemljište, njihova interakcija i ponašanje u zemljištu, kao i translokacija u biljke, kao spone za dalji ulazak u lanac ishrane. Sa aspekta oštećenja zemljišta, posebna pažnja posvećena je degradaciji. Naime, u Strategiji zaštite zemljišta deklarativno se navodi da se zemljište odnosno zemljišne funkcije moraju zaštititi od degradacije u cilju postizanja održivog razvoja. U tom kontekstu, u ovom delu razmatrani su i načini zaštite zemljišta u cilju njegovog održivog korišćenja.

Zbog porasta broja zagađenih područja, posebno u poslednjih dvadeset godina, javlja se izražena potreba za njihovom remedijacijom, što je regulisano sve većim brojem zakona i podzakonskih akata. U tom smislu, u trećem delu udžbenika razmotrene su metode i tehnike remedijacije zagađenih zemljišta.

Ključne reči: zagađujuća supstanca, zemljište, zagađivanje, degradacija, remedijacija, zaštita, održivo upravljanje.

SUMMARY

The importance of soil is evidenced by the fact that land is the basis for food production and safety, that it is the largest planetary water filter and reservoir for its use, that it participates in regulating the emission of carbon dioxide and other greenhouse gases, and that it is a habitat of many species. The first part of this textbook consists of four chapters dealing with soil formation, soil properties and its importance.

However, today, one third of the world's soil is moderately to highly degraded by the processes of erosion, acidification, salinization, compaction and exposure to various chemical substances.

Having all this in mind, as well as the fact that land is a conditionally renewable resource, I hope that this textbook will make a small contribution to understanding and gaining experience for preventive action or solving problems caused by degradation and pollution of this important resource.

The first chapter elaborates on soil as a natural phenomenon, formed in the process of pedogenesis, as well as abiotic (bedrock, climate, soil type) and biotic (living organisms) factors affecting this process. Considering the fact that final effects of soil formation can be assessed through formation of specific soil profiles, this chapter dwells on properties of soil profiles but also looks at basic physical, chemical and biological processes affecting this formation. A large number of plant species have survived during the process of evolution, on very specific layers and soil, owing to their ability to adapt to various conditions. Such indicator species tend to have a very specific and sensitive reaction to changes of soil properties. Owing to their above mentioned characteristics, indicator species are used to monitor changes in site characterisation. The most important such species are presented in this part of the textbook.

The second chapter looks at soil properties, quality and quantity of the solid, liquid and gaseous soil phase. It explains the chemical properties of the mineral soil component, which is important, above all, for agriculture, but also the organic soil component. With regard to significance of humus, its effect on soil water, air and temperature regimes is analysed in detail, as well as its adsorptive properties, regulation of acidity, etc.

Soil, as a complex ecological factor is determined by physical, chemical and biological properties. Physical properties of particular ecological importance, include structure, colour, temperature, air and water regimes. Depending on these properties, soil is considered to be of better or worse quality for growing crops. Chemical soil processes affecting soil fertility include pH value of soil solution, adsorptive capacity, buffer capacity, oxidation reduction potential etc. Great ecological significance and impact also lies in biological soil properties. The third chapter gives a detailed account of all the above mentioned properties.

The second part of this textbook consists of two chapters on most important sources of soil pollution as well as categories of soil degradation. Special attention is given to effects of pollutants originating from agricultural production, pesticides, mineral and organic fertilizers and their impact on the soil as well as the environment as a whole. Heavy metals and radionuclides have been studied as significant pollutants. For each group of substances, the ways of getting into the soil, their interaction and behaviour in the soil, as well as translocation in plants have been examined, as links for further entrance into the food chain. Special attention is given to soil degradation. Namely, the Strategy for Soil Protection states that soil and soil functions respectively, are to be protected from degradation, so as to achieve sustainable development. Therefore, this part of the book, presents basic principles of soil protection and ways of sustainable management.

Due to increase in number of polluted areas, and especially in the last twenty years, there has been a prominent need for soil remediation, which has been regulated by an increasing number of laws and sub legal acts. To this effect, the third part of the textbook discusses methods and techniques for remediation of polluted soil.

Key words: pollutants, soil, pollution, soil degradation, remediation, protection, sustainable management.

DEO 1. FORMIRANJE, SASTAV I OSOBINE ZEMLJIŠTA

1. FORMIRANJE ZEMLJIŠTA	3
1.1. Formiranje i razvoj zemljišta	3
1.1.1. Fizičko raspadanje stena	4
1.1.2. Hemijsko raspadanje stena	5
1.1.3. Raspadanje stena biloškom aktivnošću organizama	6
1.2. Faktori koji utiču na formiranje zemljišta	7
1.2.1. Matična stena	7
1.2.2. Reljef	8
1.2.3. Klima	8
1.2.4. Živi organizmi	8
1.2.5. Vreme	9
1.3. Klasifikacija zemljišta	10
1.3.1. Zemljišni horizonti	10
1.3.2. Osnovne grupe zemljišta	12
1.4. Pedobiomi	13
1.5. Adaptacija biljaka na različite vrste staništa	14
1.5.1. Biljke sa zemljišta bogatih teškim metalima - metalofite	15
1.5.2. Biljke sa zemljišta bogatih organskim otpadom - ruderalne biljke	18
1.5.3. Biljke sa bazičnih (krečnjačkih) i kiselih (silikatnih) zemljišta - kalcikolne i kalcifugne biljke	19
1.5.4. Biljke sa serpentinitičkih zemljišta - serpentinoofite	21
1.5.5. Biljke sa peskova i peskovitih zemljišta - psamofite	22
1.5.6. Biljke sa slanah zemljišta - halofite	23
2. SASTAV ZEMLJIŠTA	29
2.1. Čvrsta faza zemljišta	29
2.1.1. Mineralni deo zemljišta	29
2.1.2. Organska materija zemljišta	31
2.2. Tečna faza zemljišta	36
2.3. Gasovita faza zemljišta	37
3. OSOBINE ZEMLJIŠTA	45
3.1. Fizičke osobine zemljišta	45
3.1.1. Mehanički sastav zemljišta	45
3.1.2. Struktura zemljišta	48
3.1.3. Poroznost zemljišta	49
3.1.4. Zbijenost zemljišta	50
3.1.5. Vodni režim zemljišta	50
3.1.6. Vazdušni režim zemljišta	51
3.1.7. Tolotni režim zemljišta	52
3.1.8. Boja	52

3.2. Hemijske osobine zemljišta	53
3.2.1. Adsorptivna svojstva zemljišta	53
3.2.2. Reakcija zemljišta	56
3.2.3. Puferna sposobnost zemljišta	58
3.2.4. Oksido-redukциони status zemljišta	58
3.2.5. Osmotski pritisak	59
3.2.6. Salinitet	60
3.3. Biološke osobine zemljišta	60
3.3.1. Značaj i uloga mikroorganizama u zemljištu	61
3.3.2. Kvantitativni i kvalitativni sastav zemljišnih organizama	62

DEO 2. ZAGAĐIVANJE ZEMLJIŠTA

4. IZVORI ZAGAĐIVANJA ZEMLJIŠTA	69
4.1. Osnovni pojmovi	69
4.2. Vrste izvora zagađivanja zemljišta	69
4.3. Uticaj poljoprivredne proizvodnje na zagađivanje zemljišta	70
4.3.1. Uticaj pesticida na zagađivanje zemljišta	70
4.3.1.1. Definicija i podela pesticida	70
4.3.1.2. Dospevanje pesticida u zemljište	71
4.3.1.3. Najznačajniji procesi koji uslovljavaju ponašanje pesticida u zemljištu	72
4.3.1.4. Perzistentnost pesticida u zemljištu	78
4.3.1.5. Delovanje pesticida na edafon	78
4.3.2. Uticaj mineralnih đubriva na zagađivanje zemljišta	80
4.3.2.1. Uticaj azotnih đubriva na zagađivanje zemljišta	81
4.3.2.2. Uticaj fosfornih đubriva na zagađivanje zemljišta	82
4.3.2.3. Uticaj kalijumovih đubriva na zagađivanje zemljišta	85
4.3.3. Uticaj organskih đubriva na zagađivanje zemljišta	87
4.4. Zagađivanje zemljišta teškim metalima	88
4.4.1. Uzroci zagađivanja zemljišta teškim metalima	88
4.4.1.1. Izvori zagađivanja zemljišta teškim metalima	90
4.4.1.2. Uticaj teških metala na biljke	92
4.4.1.3. Mahanizmi tolerantnosti biljaka na teške metale	93
4.5. Zagađivanje zemljišta radionuklidima	94
4.5.1. Ponašanje radionuklida u zemljištu	98
4.5.2. Migracija radionuklida iz zemljišta u biljke	99
5. KATEGORIJE OŠTEĆENJA ZEMLJIŠTA	107
5.1. Degradacija zemljišta	107
5.2. Destrukcija zemljišta	116
5.3. Potpuno isključenje zemljišta iz proizvodnje	116

DEO 3. REMEDIJACIJA ZEMLJIŠTA

6. REMEDIJACIJA ZEMLJIŠTA	123
6.1. Podela remedijacionih tehnologija	123
6.1.1. Termička remedijacija	126
6.1.2. Fizičko-hemijska remedijacija	126
6.1.3. Biološka remedijacija	127