

**UNIVERZITET U NIŠU
FAKULTET ZAŠTITE NA RADU U NIŠU**

Milica Arsić

**TEŠKI METALI U ZEMLJIŠTU POTENCIJALNIH
LOKALITETA ZA PROIZVODNJU DUVANA U
VRANJSKOJ KOTLINI
MAGISTARSKA TEZA**

Mentor:

dr Tatjana Golubović, vanr. prof.

Niš, 2019.

Sadržaj

REZIME

UVOD.....	1
1. OSOBINE ZEMLJIŠTA I NJEGOV SASTAV.....	3
1.1. Fizičke osobine zemljišta.....	6
1.2. Hemijske osobine zemljišta.....	8
1.3. Biološke osobine zemljišta.....	10
1.4. Funkcije zemljišta.....	11
2. IZVORI ZAGAĐENJA ZEMLJIŠTA.....	12
2.1. Prirodni izvori zagađivanja zemljišta.....	12
2.2. Antropogeni izvori zagađivanja zemljišta.....	12
2.2.1. Saobraćaj kao izvor zagađivanja zemljišta.....	13
2.2.1.1. Atmosferski polutanti iz motornih vozila.....	14
2.2.1.2. Poljoprivreda kao izvor zagađivanja zemljišta.....	18
2.2.1.2.1. Mineralna đubriva kao izvor zagađivanja zemljišta.....	18
2.2.1.2.1.1. Fosforna đubriva.....	18
2.2.1.2.1.2. Azotna đubriva.....	20
2.2.1.2.1.3. Kalijumova đubriva.....	20
2.2.1.2.2. Organska đubriva kao izvor zagađivanja zemljišta.....	20
2.2.1.2.2.1. Stajnjak.....	20
2.2.1.2.2.2. Kompost.....	21
2.2.1.2.2.3. Kanalizacioni mulj.....	21
2.2.1.2.3. Pesticidi kao izvor zagađivanja zemljišta.....	21
2.2.1.2.3.1. Definicija i podela pesticida.....	22
2.2.1.2.3.2. Toksičnost pesticida.....	23
2.2.1.2.3.3. Zagađivanje zemljišta pesticidima.....	23
2.2.1.2.4. Teški metali u poljoprivrednom zemljištu.....	24
2.2.1.2.5. Teški metali i biljke.....	25
2.2.1.2.5.1. Olovo (Pb).....	27
2.2.1.2.5.1.1. Fitotoksičnost olova.....	28
2.2.1.2.5.2. Kadmijum (Cd).....	29
2.2.1.2.5.2.1. Fitotoksičnost Cd.....	30
2.2.1.2.5.3. Hrom (Cr).....	30
2.2.1.2.5.3.1. Fitotoksičnost Cr.....	31

2.2.2.5.4. Nikal (Ni).....	31
2.2.2.5.4.1. Fitotoksičnost Ni.....	32
2.2.2.5.5. Bakar (Cu).....	33
2.2.2.5.5.1. Fitotoksičnost Cu.....	34
2.2.2.5.6. Cink (Zn).....	34
2.2.2.5.6.1. Fitotoksičnost Zn.....	35
2.2.2.5.7. Mangan (Mn).....	36
2.2.2.5.7.1. Fitotoksičnost Mn.....	36
2.2.2.6. Toksično dejstvo teških metala na životinje i čoveka.....	37
2.2.2.7. Stanje zagađenosti zemljišta u Republici Srbiji.....	40
3. DUVAN.....	44
3.1. Značaj proizvodnje duvana.....	44
3.1.1. <i>Nicotiana tabacum</i>	45
3.1.2. <i>Nicotiana rustica</i>	46
3.2. Agrotehnika duvana.....	47
3.2.1. Zalamanje cvasti i suzbijanje zaperaka.....	48
3.2.2. Berba i sušenje duvana.....	48
3.2.3. Smeštaj i čuvanje duvana.....	50
3.3. Ekologija duvana.....	50
3.3.1. Uticaj toplote na duvan.....	50
3.3.2. Uticaj vlage u zemljištu na duvan.....	53
3.3.3. Uticaj svetlosti na duvan.....	56
3.3.4. Uticaj vetra na duvan.....	57
3.3.5. Uticaj kvaliteta zemljišta na proizvodnju duvana.....	57
3.4. Hemijski, fizički i degustativni pokazatelji kvaliteta duvana.....	59
3.4.1. Hemijski pokazatelji kvaliteta duvana.....	59
3.4.1.1. Suva materija.....	59
3.4.1.2. Mineralne materije.....	60
3.4.1.3. Azotne materije.....	60
3.4.1.3.1. Belančevine.....	61
3.4.1.3.2. Aminokiseline, amido i aminojedinjenja.....	62
3.4.1.3.3. Amonijak i nitrati.....	62
3.4.1.4. Alkaloidi duvana.....	62
3.4.1.5. Ugljeni hidrati.....	63
3.4.1.5.1. Monosaharidi i disaharidi.....	64
3.4.1.5.2. Polisaharidi.....	64
3.4.1.6. Glukozidi i polifenoli.....	65
3.4.1.7. Pektinske materije.....	66
3.4.1.8. Organske kiseline.....	66
3.4.1.9. Aromatične materije.....	67
3.4.1.10. Pigmenti.....	68
3.4.1.11. Hemijski sastav duvanskog dima.....	68

3.4.2. Fizički pokazatelji kvaliteta duvana.....	69
3.4.2.1. Veličina i oblik lista.....	70
3.4.2.2. Nervatura lista.....	70
3.4.2.3. Materijalnost lista.....	71
3.4.2.4. Debljina lista.....	71
3.4.2.5. Boja lista	72
3.4.2.6. Glatkost i hrapavost.....	73
3.4.2.7. Čvrstina i elastičnost.....	73
3.4.2.8. Zapreminska težina rezanog duvana.....	73
3.4.2.9. Mirišljivost.....	74
3.4.2.10. Vodoizdrživost.....	74
3.4.2.11. Frakcioni sastav.....	74
3.4.2.12. Oštećenja duvanskog lišća.....	75
3.4.2.13. Inercija kao odlika kvaliteta duvana.....	76
3.4.3. Degustativne odlike kvaliteta duvana.....	77
3.5. Proizvodnja duvana u vranskom kraju.....	78
4. LITERATURNI PREGLED.....	81
5. OPIS ISPITIVANOG PODRUČJA.....	84
5.1. Geografski položaj Vranja.....	84
5.2. Fizičko - geografski uslovi Vranjskog kraja.....	84
5.2.1. Geološki i pedološki sastav.....	84
5.2.2. Hidrografija vranjskog kraja.....	86
5.3. Klima.....	87
5.3.1. Temperatura vazduha.....	88
5.3.2. Vlažnost vazduha.....	92
5.3.3. Oblačnost.....	93
5.3.4. Padavine.....	95
5.3.5. Mrazni period.....	102
5.3.6. Osunčavanje.....	102
5.3.7. Vetar.....	103
6. EKSPERIMENTALNI DEO.....	105
6.1. Ispitivani lokaliteti.....	105
6.1.1. Uzorkovanje zemljišta	107
6.1.2. Određivanje pH vrednosti zemljišta.....	108
6.1.3. Određivanje sadržaja humusa u zemljištu.....	109
6.1.4. Određivanje ukupnog azota u zemljištu.....	110
6.1.5. Određivanje ukupnog fosfora i ukupnog kalijuma u zemljištu.....	111
6.1.6. Određivanje karbonata u zemljištu.....	112
6.1.7. Određivanje teških metala u zemljištu.....	113

6.1.8. Određivanje teških metala u biljkama.....	113
7. REZULTATI I DISKUSIJA.....	115
7.1. Rezultati istraživanja koncentracije teških metala u duvanu i zemljištu uzorkovanih 2005. godine.....	115
7.2. Rezultati ispitivanja osnovnih parametara plodnosti zemljišta uzorkovanih 2005. godine.....	119
7.3. Rezultati ispitivanja koncentracije teških metala u zemljištu uzorkovanom 2018. godine.....	121
7.4. Rezultati ispitivanja osnovnih parametara plodnosti zemljišta uzorkovanih 2018. godine.....	123
8. ZAKLJUČAK.....	125
LITERATURA.....	127

REZIME

U vranjskoj kotlini je proizvodnja duvana bila veoma zastupljena do promene vlasništva Duvanske industrije Vranje. Broj domaćinstava koja se bave uzgojem duvana je znatno opao u poslednjih 15 godina, mada i dalje postoji dobar potencijal u poljoprivrednom zemljištu za uzgoj ove kulture. S obzirom na činjenicu da kvalitet duvana zavisi od uslova pod kojim se uzgaja, pre svega od kvaliteta zemljišta, veoma je značajno poznavati njegov sastav i prisustvo eventualnih zagađujućih supstanci u zemljištu, kao i mehanizme njihovog transfera u biljku. Zagađujuće supstance u poljoprivrednom zemljištu potiču iz prirodnih i antropogenih izvora. Značajni antropogeni izvori zagađujućih supstanci u zemljištu su poljoprivredna proizvodnja (mineralna, organska đubriva i pesticidi), kao i drumski saobraćaj. Jedna od najznačajnijih grupa zagađujućih supstanci s aspekta kvaliteta duvana jesu teški metali. Mineralna, organska đubriva i pesticidi često u svom sastavu sadrže teške metale. Imajući u vidu navedene činjenice cilj ovog rada bio je određivanje i analiza sadržaja teških metala Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Zn i Ni u zemljištu atara sela Neradovac, Čukovac i Surdul, koji predstavljaju potencijalne lokalitete za proizvodnju duvana. Istraživanja su obuhvatila dva perioda, 2005. i 2018. godinu (analiza zemljišta) i 2005. godinu (analiza duvana). Uporednom analizom rezultata došlo se do zaključaka da su koncentracija teških metala na ispitivanim lokalitetima u zemljištu i duvanu uzorkovanim 2005. godine, kao i koncentracije teških metala u zemljištu uzorkovanih 2018. godine ispod maksimalno dozvoljenih i remedijacionih vrednosti. S obzirom na činjenicu da remedijacione vrednosti zagađujućih, štetnih i opasnih materija u zemljištu predstavljaju one vrednosti pri čijem prekoračenju dolazi do narušavanja nivoa koji je bezbedan za korišćenje, može se zaključiti da ni u jednom od analiziranih uzoraka ove vrednosti nisu prekoračene i da su zemljišta potencijalno bezbedna za korišćenje uz dodatna ispitivanja kao i uz potrebna ograničenja u načinu upravljanja. Takođe, hemijski sastav zemljišta navedenih lokaliteta ukazuje da je vrednost ispitivanih parametara u granicama koje odgovaraju rastu i razvoju biljaka bez štetnih posledica, što potvrđuje pretpostavku da su ovi lokaliteti pogodni za proizvodnju duvana.

Ključne reči: teški metali, hemijski sastav, zagađenje, vranjska kotlina, zemljište, duvan

UVOD

Zemljište predstavlja jedan od najvažnijih prirodnih resursa. Između njega i drugih sfera životne sredine postoji dinamična ravnoteža, koja stvara uslove za opstanak ne samo čoveka već i mnogih drugih organizama. Smatra se da zemljište, zajedno sa vodom i vazduhom spada u obnovljive prirodne resurse. Međutim, s obzirom na ograničenu ukupnu količinu i izuzetno spor proces nastajanja, kao i neprekidno zagađivanje i neracionalno korišćenje od strane čoveka, zemljište ipak treba smatrati ograničenim, odnosno, uslovno obnovljivim prirodnim bogatstvom.

Ubrzani rast ljudske populacije, neusklađeni ekonomski razvoj i kapacitet biosfere prouzrokuju promene na Zemlji koje mogu ozbiljno da ugroze ljudski opstanak, pritom optimalno korišćenje zemljišta i njegovih resursa predstavlja uslov opstanka sadašnjih i budućih generacija. U svetu i kod nas ozbiljno je ugroženo poljoprivredno zemljište, jer podleže raznim degradacionim procesima izazvanim antropogenim uticajima.

Poljoprivredna proizvodnja predstavlja jedan od najznačajnijih antropogenih izvora zagađivanja zemljišta. Nekonrolisana, prekomerna upotreba veštačkih đubriva i pesticida često utiče na proizvodnu sposobnost poljoprivrednog zemljišta, ali i na kvalitet poljoprivrednih kultura. U najčešće zagađujuće supstance poljoprivrednog zemljišta spadaju teški metali, pesticidi i mineralna đubriva.

Stalno povećanje broja stanovnika i rast standarda dovodi do povećanja broja motornih vozila koja svojim izduvnim gasovima negativno utiču na kvalitet vazduha. Ovo ima za posledicu narušavanje ekološke ravnoteže u prirodi, jer zagađivanje vazduha utiče i na kvalitet zemljišta.

Ponašanje teških metala u zemljištu, bilo da su nastali procesom pedogeneze ili da su dospeli iz antropogenih izvora, zavisi od brojnih činilaca koji utiču na njihovu dinamiku, a samim tim i na rasprostranjenost i pristupačnost za biljke. Zemljišta se razlikuju međusobno po ograničenom kapacitetu za zadržavanje teških metala, a značajni činioci koji na njega utiču su: pH vrednost, ukupan kapacitet adsorpcije jona, prisustvo organske materije, redoks potencijal i sl.

Duvan (*Nicotiana tabacum* L.) je industrijska biljka koja se gaji u oko 100 zemalja sveta. Prema podacima Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (FAO), najveći svetski proizvođač je Kina sa više od 35% ukupne proizvodnje. Ova ratarska kultura se gaji na zemljištima slabije plodnosti, tako da se posebna pažnja usmerava na mineralnu ishranu koja je dobrog kvaliteta, kako bi prinosi bili bolji i ekonomski isplativi. Na veću produkciju biomase duvana utiču optimalne koncentracije makroelemenata, kao što su: azot, fosfor i kalijum. Pored makroelemenata značajan uticaj na prinos i kvalitet duvana ima sadržaj teških metala u zemljištu iz koga dospevaju i u samu biljku.

Vranjskom kotlinom, koja predstavlja značajno područje u poljoprivrednoj proizvodnji (daskora i značajnoj proizvodnji duvana), prolazi važna saobraćajnica auto-put E-75, na relaciji Beograd - Preševo, koji može da predstavlja jedan od značajnih izvora zagađivanja zemljišta teškim metalima.

Polazeći od navedenih činjenica formulisani su ciljevi i hipoteze istraživanja.

Cilj rada je utvrđivanje koncentracija teških metala i analiza hemijskog sastava zemljišta odabranih lokaliteta vranjske kotline, kao preduslov za potencijalnu proizvodnju duvana u vranjskoj kotlini.

U ovom radu se polazi od hipoteze da sadržaj teških metala u zemljištu odabranih lokaliteta ne premašuje granične maksimalne vrednosti, kao i da je zemljište odgovarajućeg hemijskog sastava, što bi omogućilo njegovo korišćenje za uzgoj duvana.

1. OSOBINE ZEMLJIŠTA I NJEGOV SASTAV

Procesi nastajanja zemljišta na Zemlji počeli su stvaranjem same planete Zemlje. U periodu od nekoliko milijardi godina, Zemlja se formirala procesom hlađenja i formiranjem slojeva. Na ovaj način nastao je spoljašnji omotač zemljine kore ili litosfera. Litosfera se sastoji od tri tipa stena: magmatskih, sedimentnih i metamorfnih.

Procesi nastanka zemljišta iz stena uslovljeni klimom (temperaturom, padavinama i vetrom), vremenom, kao i delovanjem živih organizama, jesu međusobno usko povezani.

Tabela 1. Vrsta zemljišta u funkciji degradacionog stepena primarnih stenskih minerala (Đermati sar., 2008)

Degradacioni stepen	Mineral	Oslobodeni joni ili jedinjenja	Proizvod alteracije	Vrsta zemljišta
Rani stepen	Biotit	K^+ , Mg^{2+}	Gline, limonit, hematite	Mlada zemljišta obogaćena ovim mineralima karakteristična za aridne klimatske regione
	Kalcit		Kalcit	
	Gips	Ca^{2+} , SO_4^{2-}	Gips	
	Olivin	Mg^{2+} , Fe^{2+}	Gline, limonit, hematite	
	Feldspati	Na^+ , Ca^{2+}	Gline	
	Pirokseni	Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+}	Gline, limonit, hematite	
Intermedijerni stepen	Gline	SiO_2	Boksiti	Plodna zemljišta umerenih klimatskih uslova
	Muskovit	K^+ , SiO_2	Muskovit, montmorilonit	
Uznapredovan stepen	Gline	SiO_2	Boksiti, oksidi gvožđa	Neplodna zemljišta vlažnih tropskih klima
	Gipsit		Gipsit	
	Hematit		Hematit	

Proces nastanka zemljišta odvija se najpre promenom primarnih minerala koji ulaze u sastav matične stene, a nakon toga i procesom pedogeneze.

Zemljište čine čvrsta faza (50%), koju čini 45% neorganske materije i 5% organske materije, tečna faza (oko 25%) i gasovita faza (oko 25%).

Mineralni sastav zemljišta uslovljen je vrstom primarnih i sekundarnih minerala. Različiti mineralni sastav znači i različitu hranljivu vrednost i aktivnost mineralnog dela zemljišta. Od

količine i vrste minerala zavise mnoge osobine zemljišta: vodni, vazdušni i toplotni režim, mehaničke osobine, plastičnost, lepljivost, bubrenje, zbijenost i dr. Od mineralnog sastava zemljišta zavisi njegova ekološko-proizvodna vrednost.

Zemljišta sa raznovrsnim mineralima, po pravilu su, produktivnija od zemljišta jednostavnog mineralnog sastava. Konstiticioni elementi primarnih minerala prelaze u toku raspadanja ili putem resinteze i kristalizacije proizvoda raspadanja u nove mineralne forme, sekundarne minerale. Ti novi minerali su po hemijskom sastavu soli alkalnih i zemnoalkalnih metala, hidroksidi i oksidi silicijuma, aluminijuma, gvožđa i mangana, alumosilikati, minerali sumpora i dr. Pri raspadanju, oni se izdvajaju u obliku jonskih i koloidnih rastvora koji se lagano kristalizuju, prelazeći u minerale stabilne u zemljišnim uslovima. U krajnjim proizvodima raspadanja nalaze se hranljivi elementi u najpristupačnijem obliku za iskorišćenje od strane biljaka (Kastori, 1997).

Najzastupljenije jedinjenje kalcijuma u zemljištu je kalcit CaCO_3 . Najčešće forme u kojima se kalcit nalazi u zemljištu su u obliku igličastih kristala i kongrecija. Sadržaj kalcita je i dobar indikator stepena ispiranja zemljišta. Njegovo prisustvo ima značajan uticaj na reakciju zemljišta (pH), što uslovljava sudbinu zagađujućih supstanci u zemljištu.

Magnezijum se javlja u obliku karbonata: magnezita MgCO_3 i dvojnog karbonata-dolomita, $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$.

Najznačajniji mineral silicijuma je kvarc. Opal, amorfni SiO_2 sa 3-13% H_2O gubljenjem vode prelazi u sekundarni kvarc.

Ponašanje oksida mangana u zemljištu uslovljeno je pH vrednošću i redoks potencijalom. U oksidacionim uslovima Mn se javljaju u obliku slabo rastvorljivih oksida, a rastvorljivost im se povećava sa povećanjem kiselosti zemljišta. U redukcionim uslovima dolazi do rastvaranja oksida mangana (Mn^{4+} se redukuje u Mn^{2+}), što uslovljava povećanje koncentracije mangana u zemljišnom rastvoru.

Živi organizmi i njihovi, u različitom stepenu izmenjeni, uginuli ostaci čine organski deo zemljišta, odnosno, organski deo zemljišta je proizvod humifikacije i nepotpunog raspadanja biljnih i životinjskih delova i mikroorganizama.

Razlaganje organskih ostataka u zemljištu je veoma složen biohemijski proces i usmeren je ka krajnjoj mineralizaciji organskih jedinjenja, pri čemu dolazi do oslobađanja H₂O, CO₂ i mineralnih materija.

Organske materije u zemljištu se razlažu postepeno i različitim brzinama, što zavisi od niza abiotičkih faktora; temperature, vlažnosti, reljefa i biotičkih faktora: faune, mikroorganizama i dr. Početni stadijum razlaganja organske materije je potpuna humifikacija, kao proces pretvaranja zemljišta u organsko-mineralna jedinjenja - humus. Sveža organska materija transformiše se pod uticajem bioloških faktora, kada se deo te organske materije mineralizuje uz oslobađanje CO₂ i NH₃; a drugi deo podleže humifikaciji obrazujući humusna jedinjenja.

Humus predstavlja oblik organskih materija koji je u zemljištu znatno stabilniji nego što su organske materije iz biljnih ostataka. Prema Vaksmanu "Humus je produkt žive materije i njen izvor; humus je stabilizator organskog života na Zemlji" (Kristiforović i sar., 1998). Bitna uloga humusa je u tome što se njegovim stvaranjem i nagomilavanjem obezbeđuje rezerva elemenata neophodnih za život (C, N, P, K, mikroelementi i dr).

Humus je sastavljen od nespecifičnih (ugljeni hidrati, belančevine, aminokiseline, masti, voskovi, smole, lignin, niskomolekularne organske kiseline i dr) i specifičnih (polimerna jedinjenja ugljenika, velike molekulske mase i velike postojanosti) humusnih materija.

Voda u zemljište dospeva na nekoliko načina: atmosferskim talozima, kondenzacijom vodene pare, nanosom snega, od poplava i slivanja sa viših terena, iz podzemnih voda, navodnjavanjem.

Nestajanje vode iz zemljišta se odvija procesima: evaporacije, transpiracije, evapotranspiracije, iskorišćavanjem od strane različitih organizama i oticanja.

Voda predstavlja vrlo važan sastojak zemljišta. Nalazi se u sistemu zemljišnih pora, odakle utiče na mnoge fizičke i biološke procese. U isto vreme deluje kao rastvarač i prenosilac hranljivih materija za biljke, a predstavlja i supstancu neophodnu za rast biljka. Ona utiče na osobine zemljišta, aeraciju, mikrobiološku aktivnost i jedan je od ključnih faktora plodnosti zemljišta.

Zemljište kao porozni sistem sadrži uvek izvesnu količinu vazduha koji se sastoji od različitih gasova. Količina vazduha u zemljištu zavisi od poroznosti zemljišta, zbijenosti od količine

prisutne vode. Vazduh u zemljištu je poreklom iz atmosfere, međutim deo gasova se obrazuje i u samom zemljištu kao posledica biohemijskih procesa (Kastori, 1993).

Najveći deo zemljišnog vazduha se nalazi slobodan u zemljišnim porama, dok je manji deo rastvoren u zemljišnom rastvoru ili biva fizički adsorbovan na čvrstu fazu zemljišta.

Sastav zemljišnog vazduha nije postojan, stalno se menja. Kada su intenzivni procesi aeracije, sličan je po sastavu atmosferskom vazduhu. Intenziviranjem mikrobioloških procesa i otežanom aeracijom u zemljišnom vazduhu se nagomilava CO₂, a opada sadržaj O₂.

Bez vazduha u zemljištu onemogućeni su procesi oksidacije, nitrifikacije, mineralizacije humusa i dr. Sadržaj vazduha od velikog je značaja za mikrofaunu zemljišta, kao i za razvoj korenovog sistema biljaka. Uzevši ovo u obzir, vazduh takođe predstavlja značajan faktor plodnosti zemljišta.

Atmosfera i zemljišni vazduh imaju neprekidnu razmenu gasova, tzv. aeracija zemljišta. Ona utiče na nadoknađivanje onih gasova koji se troše u zemljišnim procesima i na evakuaciju gasova koji su nastali u zemljištu, te na taj način aeracija utiče na stalnu promenu hemijskog sastava zemljišnog vazduha.

Zastupljenost hemijskih elemenata u zemljištu je velika i zastupljeni su skoro svi elementi periodnog sistema (kalijum, silicijum, aluminijum, ugljenik, kalijum, natrijum, vodonik, mangan, kiseonik, azot, hlor, sumpor, selen, titan, cezijum, gvožđe, magnezijum, hrom i dr).

U hemijski sastav zemljišta ulaze i elementi u manjim koncentracijama (mikroelementi) i to: jod, selen, fluor, cink, kobalt, bakar i molibden. Ovi elementi u malim količinama imaju veliki uticaj na životni ciklus živih bića.

1.1. Fizičke osobine zemljišta

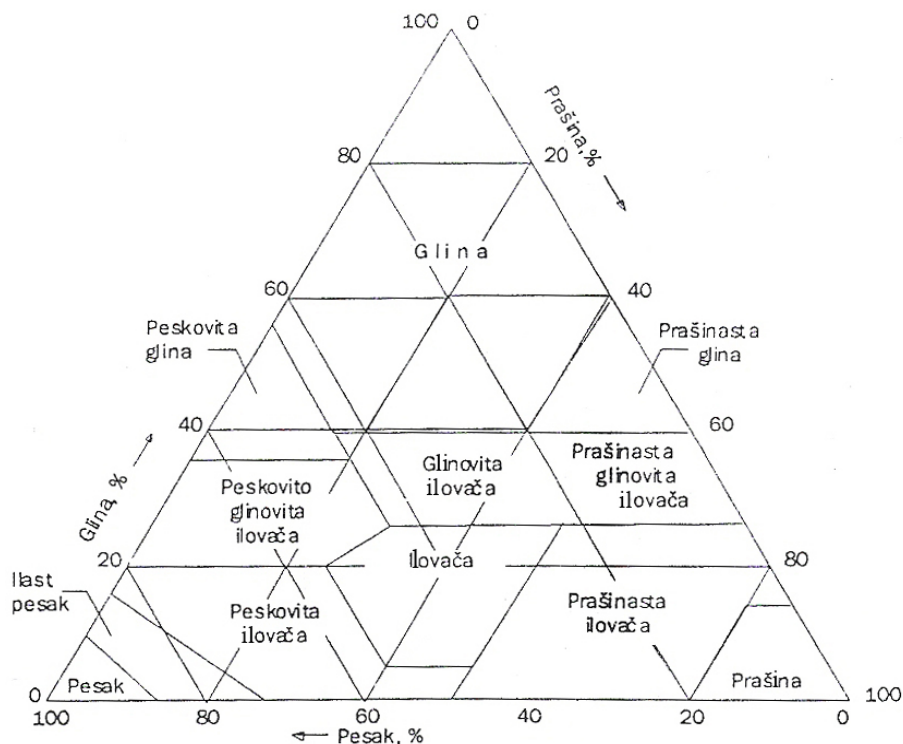
Mehanički sastav zemljišta je rezultat brojnih, veoma različitih dejstava na matičnu stenu u toku obrazovanja zemljišta. Postoje različite klasifikacije mehaničkog sastava zemljišta. Klasifikacija se vrši na osnovu grupe čestica u granicama određenih dimenzija koje imaju osobine od kojih zavise fizičke, fizičko-hemijske i hemijske osobine zemljišta. Kvantitativni odnos pojedinih frakcija određuje sastav zemljišta.

Osobine čestica mogu biti sledeće:

- čestice krupnog peska (nemaju sposobnost držanja vode, imaju veliku propusnu moć, nemaju sposobnost vezivanja i nisu plastične);
- sitan pesak (sadrži sitne pore, kretanje vode je vrlo brzo, nema sposobnost lepljenja, ne bubri i sipkav je u suvom stanju);
- prah (ima dobar vodni kapacitet, slabija mu je propusnost od peska, slabo je plastičan, ne bubri ili veoma slabo bubri, karakteriše ga dobar kapilarni uspon, slabo se lepi, a u suvom stanju je vezan);
- glina (ima sposobnost vezivanja velike količine vode, vrlo je velike plastičnosti, ali je zato kretanje vode veoma sporo, pri većoj vlažnosti čestice su lepljive, a u suvom zbijene i tvrde).

Tamno obojena zemljišta su indikatori visokog sadržaja organskih materija. Zemljišta koja imaju crvenu ili žutu boju imaju veliki sadržaj oksida gvožđa u svom sastavu, aerisana su, sa dobrom drenažom, ali ovakva boja može voditi poreklo i od matičnih stena. Siva ili žućkasto-braon boja zemljišta može biti indikator loše drenaže, a stvara se kada je gvožđe redukovano u fero oblik, što je znak nedostatka kiseonika. U svetlim zemljištima ima dosta kvarca, karbonata ili gipsa.

Tekstura zemljišta se određuje na osnovu sadržaja gline, peska i prašine, tako da postoji više vrsta zemljišta: glinovito, peskovito, prašinasto i kombinacija ovih osnovnih vrsta zemljišta.



Slika 1. Tekstura zemljišta prikazana u trokomponentnom dijagramu (Veselinović i sar., 1995)

1.2. Hemijske osobine zemljišta

Zemljište predstavlja sistem u kome se neprekidno odvijaju hemijski procesi hidratacije, oksidacije i redukcije i adsorpcije. U zemljištu pod dejstvom ovih procesa dolazi do razlaganja organske materije i do njene mineralizacije.

Najvažnije hemijske osobine zemljišta su:

- kiselost zemljišta
- salinitet
- adsorptivna svojstva
- puferni kapacitet
- sadržaj mineralnih materija i dr.

Kiselost zemljišta, odnosno njegova pH vrednost, jedna je od najbitnijih osobina zemljišta. pH vrednost kreće se najčešće od 3–8 i zavisi od vrste gline, organskih supstanci, prisustva CO₂ iz vazduha, a najviše od dominantnih katjona zemljišta (Marković i sar., 2007).

Od pH vrednosti zavisi intenzitet mikrobioloških procesa, razlaganja organskih materija i ishrana biljaka. Pri povećanoj kiselosti slabe procesi azotifikacije i nitrifikacije. Kisela zemljišta su nepovoljna za gajenje biljaka. Od pH vrednosti zavisi i rastvorljivost, kao i pristupačnost hranljivih supstanci. Najbolja pristupačnost glavnih hranljivih materija je kada se pH vrednost kreće između 6 i 8. Sa povećanjem pH vrednosti preko 8 smanjuje se pristupačnost P, Fe, Mn, B i Zn i pojavljuju se simptomi njihovog nedostatka. Na pH zemljišta od 8,5 Ca i Mg postaju nepristupačni, dolazi do njihovog taloženja u obliku karbonata. Smanjenje pH vrednosti može izazvati povećanje koncentracije Al i Mn do toksične vrednosti.

Reakcija zemljišta se izražava pH vrednošću kao negativni dekadni logaritam koncentracije H^+ jona.

$$pH = -\log [H^+]$$

Utvrđeno je da na porast pH i alkalnost zemljišta utiču katjoni Na^+ , K^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+} .

Salinitet predstavlja nakupljanje soli u zemljišnom profilu. Zemljišta koja imaju povećanu koncentraciju natrijumovih soli nazivaju se zaslanjena. Povećanje koncentracije soli u zemljištu javlja se kao posledica raspadanja matičnih stena i u procesu navodnjavanja. Navodnjavanjem se zemljište zaslanjuje tako što voda za navodnjavanje može mobilisati soli iz dubljih horizonata ka površini pomoću kapilarnog kretanja. Mnoga mineralna đubriva, najčešće amonijum-nitrat, takođe mogu povećati salinitet zemljišta.

Adsorptivni kompleks je skup čestica određenog prečnika, tj. skup svih čestica koloida (mineralnih, humusnih i organsko-mineralnih) koje imaju sposobnost privlačenja i zadržavanja jona suprotnog naelektrisanja. Najvažniji su sekundarni minerali gline, humusne materije i njihovi kompleksi. Adsorbcioni kapacitet predstavlja maksimalnu količinu jona koju zemljište može da adsorbuje. Tipovi zemljišta se upravo razlikuju po ovoj osobini budući da adsorpcija nekog tipa zemljišta zavisi od mehaničkog i mineralnog sastava i sadržaja humusa. Humusne materije imaju veću moć adsorpcije od minerala gline, tako da humusna zemljišta imaju jaku adsorpcionu moć, što ih čini plodnim i pogodnim za poljoprivredu.

Mehanička adsorptivna sposobnost zemljišta predstavlja mehaničko zadržavanje dispergovanih čestica prilikom njihove filtracije kroz slojeve zemljišta.

Fizička adsorptivna sposobnost zemljišta predstavlja mogućnost vezivanja molekula različitih supstanci, pre svega vode i gasova, na osnovu energije površinskog napona na spoljašnjoj površini zemljišnih koloida.

Fizičko–hemijska adsorptivna sposobnost zemljišnih koloida predstavlja mogućnost vezivanja jona za difuzioni sloj koloidne micide, na osnovu elektrokinetičkog potencijala, što je fizički proces, da bi zatim stupili u hemijsku reakciju sa jonima zemljišnog adsorptivnog kompleksa. Kao rezultat ovih aktivnosti menja se hemijski sastav, kako zemljišnog rastvora, tako i zemljišnog adsorptivnog kompleksa.

Hemijska adsorptivna sposobnost se odnosi na mogućnost da se adsorbuju jedinjenja i elementi koji su proizvodi hemijskih reakcija u zemljišnom rastvoru. Na taj način se stvaraju nerastvorljiva jedinjenja, koja se talože i ulaze u čvrstu fazu zemljišta. Ova jedinjenja su zaštićena od daljeg ispiranja, a mogu postati dostupna biljkama jer se mogu rastvoriti pomoću kiselina koje luče korenovi.

1.3. Biološke osobine zemljišta

Biološke osobine zemljišta odnose se na žive organizme koji se nalaze u njemu. U formiranju i evoluciji zemljišta učestvuju mnogobrojni mikoorganizmi kao i različiti biljni i životinjski organizmi. Svi oni učestvuju u biološkim ciklusima u kojima se neprekidno vrši transformacija neorganskih i organskih jedinjenja kroz procese mineralizacije, sinteze humusnih materija, biološku adsorpciju i stvaranje zemljišnih agregata. Raznovrsne aktivnosti ovih organizama uslovljavaju plodnost zemljišta. Svi zemljišni organizmi se mogu podeliti na:

- makroorganizme i
- mikroorganizme.

Makroorganizmi podrazumevaju zemljišnu makrofloru i makrofaunu. Zemljišna makroflora obuhvata biljke, pre svega, njihove podzemne delove (rizome, lukovice i krtole), dok zemljišnu makro faunu čine brojne makroskopski vidljive životinje koje stalno ili povremeno naseljavaju zemljište. Raspadanjem ostataka izumrlih podzemnih delova biljaka, zemljištu se istovremeno vraćaju i organske supstance i mineralni elementi; otpadne supstance su hrana mikroorganizmima, a oslobođeni elementi postaju mineralna rezerva humusa. U procesima

razlaganja organskih ostataka raznovrsnih organizama učestvuju različite grupe životinja koje žive kako u samom zemljištu, tako i na njegovoj površini, kao i one koje delimično ili povremeno tokom svog životnog ciklusa boravi u ili na zemljištu. Mikroorganizme zemljišta čine različite grupe bakterija, praživotinja, jednoćelijskih algi i rotatorija.

1.4. Funkcije zemljišta

Funkcije zemljišta pokazuju značaj zemljišta za čoveka i okolinu. Važne funkcije zemljišta su:

- kontrola kruženja materije i energije kao delova ekosistema,
- podloga za biljke, životinje i čoveka,
- podloga za izgradnju objekata i zgrada,
- za poljoprivrednu proizvodnju,
- za zadržavanje podzemnih voda i različitih materija,
- za čuvanje genetskih rezervi,
- da služi kao istorijski arhiv i
- da služi kao arheološki i paleo-ekološki arhiv.

2. IZVORI ZAGAĐIVANJA ZEMLJIŠTA

Zagađivanje životne sredine predstavlja unošenje zagađujućih materija ili energije u životnu sredinu, izazvano ljudskom delatnošću ili prirodnim procesima koje ima ili može imati štetne posledice na kvalitet životne sredine i zdravlje ljudi (Zakon o zaštiti životne sredine, Službeni glasnik RS, br. 95/2018).

Zagađivanje dovodi do kvalitativnih i kvantitativnih izmena fizičkih, hemijskih i bioloških karakteristika osnovnih komponenti životne sredine (vazduha, vode, zemljišta, hrane i dr).

2.1. Prirodni izvori zagađivanja zemljišta

Prirodni izvori zagađivanja zemljišta pojavljuju se bez učešća čoveka. U takve izvore ubrajaju se matični supstrati koji su bogati mineralima, nosiocima teških metala, nalazišta ruda, prirodno radioaktivno zračenje i dr. Osim ovih izvora zagađivanje zemljišta izazivaju i prirodne pojave kao što su:

- vulkani
- zemljotresi
- klizišta
- šumski požari
- oluje i peščane oluje
- olujne kiše i poplave
- erozije.

Prema veličini područja na koje utiču, prirodni izvori zagađivanja zemljišta mogu imati lokalni i regionalni karakter.

2.2. Antropogeni izvori zagađivanja zemljišta

U poređenju sa prirodnim izvorima, antropogeni izvori, kao rezultat aktivnosti čoveka, mnogo su raznovrsniji i složeniji. Iako je verovatnoća da na jednoj lokaciji postoji samo jedan izvor zagađivanja mala, dominacija jednog izvora je vrlo verovatna. Identifikacija i poznavanje izvora predstavlja jedan od osnovnih ciljeva pri proučavanju zagađivanja zemljišta i sudbine zagađujućih supstanci u životnoj sredini, s obzirom da su mobilnost,

pristupačnost i transfer zagađujućih supstanci u lanac ishrane, pored svojstava zemljišta, određeni i prirodom izvora.

Značajni antropogeni izvori zagađivanja zemljišta su proizvodi sagorevanja (saobraćaj, termoelektrane i sl), talog iz atmosfere koji dospeva na zemljište mokrom i suvom depozicijom, industrijska emisija, agrohemijske - mineralna đubriva, pesticidi i sl., stajnjak, otpadne vode (poljoprivreda), otpadni muljevi itd.

2.2.1. Saobraćaj kao izvor zagađivanja zemljišta

Jedan od ozbiljnih problema sa aspekta zagađivanja životne sredine je drumski saobraćaj koji se javlja kao posledica naglog razvoja tehnike, promene društvene strukture i stalne progresivne težnje čoveka za većom brzinom kretanja.

Drumski saobraćaj deluje na životnu sredinu kroz sve sfere života i rada ljudi ostavljajući kao posledicu niz negativnih efekata: zagađivanje vazduha i zemljišta, zauzimanje prostora, ekološke štete izazvane gradnjom saobraćajne infrastrukture koje su trajnog karaktera itd.

Negativni uticaji drumskog saobraćaja zavise od velikog broja faktora. Neki od njih su: geografski položaj saobraćajnica, nivo razvijenosti saobraćaja, struktura privrednih delatnosti i sl.

Saobraćajni putevi su linijski izvori emisije sa mobilnim ispustima koji doprinose zagađivanju vazduha, zemljišta i vode (Glower, 1991). Usled odvijanja saobraćaja nastaju supstance koje se mogu podeliti u pet grupa:

a) Supstance poreklom iz motornih vozila:

- iz izduvnih gasova (kao produkti nepotpunog sagorevanja ili sporednih reakcija pri visokim temperaturama): ugljen-monoksid, ugljovodonici, azotni oksidi, anhidridi sumporne kiseline, aldehidi, čađ i olovo (Živković, 2001);
- čestice koje nastaju usled trenja putne podloge i guma ili iz obloga kočnica;
- supstance nastale kapanjem ulja, goriva ili sredstva za čišćenje iz ili sa njega;
- proizvodi korozije metalnih delova vozila.

b) Supstance za održavanje puteva i za omogućavanje postizanja maksimalne bezbednosti saobraćaja

- boje za obeležavanje kolovoza;
- sredstva za čišćenje kolovoza;

- herbicidi za uništavanje vegetacije neposredno pored kolovoza;
 - sredstva protiv štetočina i
 - sredstva za posipanje kolovoza.
- c) Supstance emitovane pri udesu:
- mineralna ulja;
 - sredstva za gašenje požara;
 - roba koja se transportuje.
- d) Građevinski materijal:
- mineralne materije;
 - vezivna sredstva (bitumen, kreč, cement).
- e) Supstance koje nisu u direktnoj vezi sa putem:
- prašina;
 - delovi biljaka itd.

Od velikog značaja je zagađivanje zemljišta teškim metalima poreklom iz drumskog saobraćaja. Izvori zagađivanja životne sredine teškim metalima iz drumskog saobraćaja su:

- proizvodi korozije (gvožđe, mangan, aluminijum);
- dodaci gorivu (vanadijum, olovo);
- trenje asfalta (nikl);
- trenje guma (kadmijum, hrom, bakar, cink, olovo);
- trenje obloga kočnica (olovo);
- motorno ulje i trenje guma (cink);
- belilo za markiranje traka (titan);
- sredstva za pranje vozila i motora u njemu (bor);
- sredstva protiv klizanja (olovo, kadmijum, cink).

Značajno zagađivanje životne sredine teškim metalima iz drumskog saobraćaja poticalo je iz izduvnih gasova motora, zbog korišćenja olova koje se dodavao gorivu kao antidetonator (Manić, 1996).

2.2.1.1. Atmosferski polutanti iz motornih vozila

U većini razvijenih zemalja u svetu upravo je ova vrsta saobraćaja glavni izvor zagađivanja. Vozila sa unutrašnjim sagorevanjem se smatraju najvećim zagađivačima atmosfere. Supstance koje u najvećoj meri zagađuju vazduh su: ugljen-monoksid, alifatični i atomatični monociklični ugljovodonici, policiklični aromatični ugljovodonici, azotni oksidi, teški metali (Pb, Cd, Ni, Cr (VI) i dr), čestice prašine itd. Kvalitet korišćenog goriva, uslovi paljenja i

sagorevanja utiču na to koji će od navedenih zagađujućih supstanci preovladati u izduvnim gasovima (Kačarević, 1988).

Pored benzinskih motora, pojedine komponente izduvnih gasova dizel motora se takođe javljaju kao zagađujuće supstance životne sredine.

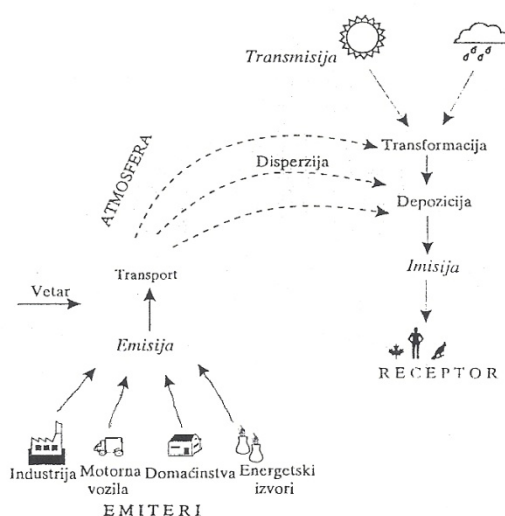
Tabela 2. Emisija produkata rada benzinskih i dizel motora (Đermati, 2008)

Vrsta motora	CO (%)	Ugljovodonici (ppm)	NO (ppm)	SO ₂ (ppm)	Čestice (g/m ³)
Dizel	0,1	300	4000	200	0,5
Benzinski	10,0	1000	4000	60	0,01

Sve nabrojane zagađujuće supstance iz izduvnih gasova emitovanih iz motornih vozila odlaze u atmosferu, odnosno u vazduh neposredno uz emiter. U atmosferi počinje njihova disperzija kojom se difunduju u širi sloj vazduha posle čega dolazi do njihove transformacije u druge, manje ili više toksične supstance, i na kraju dolazi do njihove depozicije.

Put svih zagađujućih supstanci iz izduvnih gasova emitovanih iz motornih vozila, preko atmosfere do zemljišta (a samim tim i onih na poljoprivrednim parcelama), cikličnog je karaktera i može se prikazati ilustracijom aerozagađenja u sistemu emiter – atmosfera – receptor datoj na slici 2 (Živković, 2001).

Problem zagađivanja vazduha, pa time i zemljišta, kao i put zagađujućih supstanci od emitera do receptora ima dinamiku fizičkih i hemijskih reakcija do kojih može doći, a koje utiču na ponašanje zagađujućih supstanci u atmosferi.



Slika 2. Aerozagađenja u sistemu emiter – atmosfera – receptor (Živković, 2001)

Transport zagađujućih supstanci zavisi od meteoroloških uslova, fizičkih karakteristika motornih vozila, konfiguracije zemljišta itd.

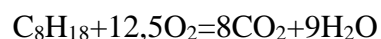
Zagađujuće supstance se, prilikom kretanja velikih vazdušnih masa sa jednog područja na drugo lako šire. Time se smanjuje koncentracija primarnih zagađujućih supstanci i to pre svega zbog širenja sloja u kome su one prisutne, a koje izaziva međusobno udaljavanje zagađujućih supstanci po vertikali (kao posledica hlađenja vazduha) i horizontali (kao posledica turbulencije).

Međutim, zagađujuće supstance, kao što je već napomenuto, u atmosferi se mogu i transformisati, zbog prisustva različitih gasova, čestica i para, tako da tom prilikom primarne zagađujuće supstance prelaze u sekundarne. Te transformacije mogu biti fotohemijskog karaktera (delovanjem spektra sunčevog zračenja, posebno kod sunčanog i suvog vremena), fizičkog i hemijskog karaktera (dolazi do raspadanja i aglomeracije, hidrolize, oksidacije i dr.).

Iz atmosfere se depozicija zagađujućih supstanci može vršiti na više načina: spiranjem padavinama - vlažna depozicija; adsorpcijom na česticama prisutnih u atmosferi i suvim taloženjem - suvom depozicijom. Ovi procesi zavise od različitih faktora: temperature, vlažnosti, vetra i turbulencije, morfologije i oblika snega, količina padavina itd.

Kod motora sa unutrašnjim sagorevanjem smeša goriva i vazduha sagoreva pod pritiskom znatno većim od atmosferskog i pri visokim temperaturama, a vreme sagorevanja smeše je ograničeno ciklusom rada motora, i iznosi nekoliko milisekundi. U takvim uslovima sagorevanje goriva je nepotpuno što pored niske energetske efikasnosti, ima za posledicu veliku emisiju produkata sagorele i nesagorele smeše.

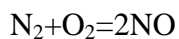
Sagorevanje jednog mola oktana (C_8H_{18}) zahteva 12,5 molova kiseonika:



Vreme sagorevanja ove smeše u motoru je suviše kratko tako da, čak i da ima dovoljno kiseonika, oktan i kiseonik ne mogu potpuno da izreaguju pa nastaju znatne količine ugljen-monoksida.

Nekompletno sagorevanje goriva u benzinskim motorima pored ugljen-monoksida daje i značajnu emisiju sagorelih i nesagorelih ugljovodonika, naročito prilikom rada motora u mestu i pri usporavanju. Emisija oksida azota je takođe velika, naročito pri slobodnoj vožnji i

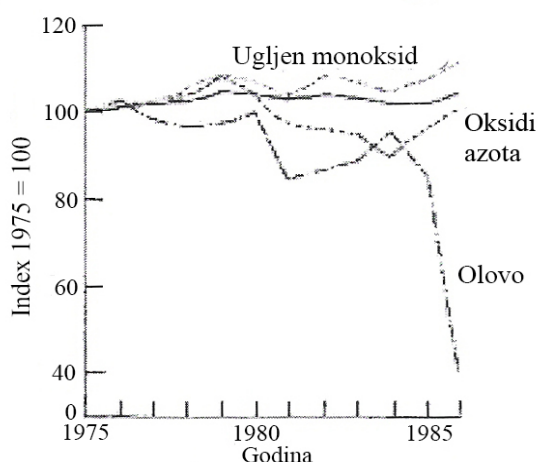
ubrzavanju, zbog visokih temperatura sagorevanja koje pogoduju reakciji azota i kiseonika. Povećanje temperature sagorevanja i veće prisustvo kiseonika doprinose bržem stvaranju azot-monoksida:



Kada se gorivo pomeša sa vazduhom, komprimuje u cilindru i zapali, oksiduju se mnogi ugljovodonici dajući ugljen-monoksid, ugljen-dioksid i vodenu paru. Neki od ugljovodonika ne reaguju, a drugi reaguju sa kiseonikom, ili međusobno, dajući više različitih organskih jedinjenja, kojih nema u upotrebljenom gorivu. Nepotpuno sagorevanje goriva je posledica brzine sagorevanja i hlađenja motora. Voda ili hladniji spoljašnji vazduh struje duž spoljašnjih zidova cilindra, obrazujući jednu hladniju zonu neposredno uz unutrašnji zid cilindra. Temperatura u toj zoni je nedovoljna za kompletno sagorevanje i smeša se gasi kada dođe do zidova cilindra (Đarmati, 2008).

Pored pomenutih zagađujućih supstanci za rad benzinskih motora bio je izražen i problem emisije olova. Kako bi se smanjile brzine širenja fronta plamena u motoru i izbegle detonacije, benzinu su dodavani antidetonatori. Upotreba tetrametil - olova i tetraetil - olova kao antidetonatora u benzinu bili su uzrok emisije Pb - aerosola. Zbog toksičnih efekata, upotreba olova kao antidetonatora više nije dozvoljena u mnogim zemljama, a u većini zemalja je značajno ograničena (Manić, 1996).

U zemljama u kojima je upotreba tetrametil-olova i tetraetil-olova zabranjena, već je nakon zabrane uočen trend smanjivanja koncentracije olova u životnoj sredini što je prikazano na slici 3 (Marković, 1996).



Slika 3. Koncentracija Pb u životnoj sredini (Marković, 1996)

Veličina čestica olova u primarnoj emisiji izduvnih gasova automobila je mala (iznosi oko,15 μ m). Udaljavanjem od auto–putadolazi do povećanja čestica od 0,3 μ m do 1,0 μ m putem agregacije. Iz vazduha se ove čestice talože gravitacijom (suvo taloženje), spiranjem, ili atmosferskim padavinama (vlažno taloženje). Vreme zadržavanja olova u donjim slojevima atmosfere iznosi 8 - 12 dana. Koncentracija olova, na primer, u kišnim kapima je oko 30 mg/dm³ (Jablanović, 1983).

2.2.2. Poljoprivreda kao izvor zagađivanja zemljišta

Intenzivno iskorišćavanje zemljišta u poljoprivredi podrazumeva stalnu primenu, često i u velikim količinama, đubriva, pesticida i drugih agrohemijskih sredstava. One mogu da predstavljaju značajni izvori zagađujućih supstanci, pre svega teških metala u poljoprivrednim zemljištima.

2.2.2.1. Mineralna đubriva kao izvor zagađivanja zemljišta

Upotreba mineralnih đubriva predstavlja meru koja se koristi u poljoprivrednoj proizvodnji radi povećanja prinosa gajenih biljaka. Pravilnom primenom mineralnih đubriva prinosi se mogu povećati i do 35%, dok neadekvatna upotreba dovodi do najrazličitijih poremećaja zemljišta: promene reakcije, strukture i biogenosti zemljišta kao i akumulacije štetnih supstanci.

Različite vrste mineralnih đubriva sadrže različite koncentracije teških metala. Najveće koncentracije teških metala se nalaze u fosfatnim đubrivima ili višekomponentnim đubrivima koja sadrže fosfor.

2.2.2.1.1. Fosforna đubriva

Izvori za dobijanje fosfornih đubriva su prirodni fosfati organskog i mineralnog porekla, kao što su kosti, naslage mineralnih fosfata, rude gvožđa koje sadrže fosfor itd. Neki od ovih materijala se samo mehanički sitne i koriste kao đubrivo, dok se drugi industrijski prerađuju. Na osnovu toga, fosforna đubriva se mogu podeliti na prirodna i industrijska fosforna đubriva.

U grupu prirodnih fosfornih đubriva ubrajaju se fosforne materije organskog i mineralnog porekla na kojima je izvršena samo mehanička prerada. Od organskih materija

najzastupljenija su razna brašna od kostiju i njihovi otpaci; a od mineralnih fosfornih matrija: mineralni fosfati – fosforitno brašno (Ubavić, 1995).

Fosfatne rude sadrže različite teške metale i metaloide koji se preko fosfornih đubriva unose u zemljište (Tabela 3).

Tabela 3. Koncentracija teških metala i metaloide u fosfornim đubrivima (Kastori, 1995)

Element	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	U	V	Zn	
Konc. teških metala i metaloide (mg/kg)	od	2	0,1	1	66	1	0,01	40	0,1	7	7	0,5	30	2	50
	do	1200	170	12	245	300	1,2	2000	60	38	225	25	300	1600	1450

U fosfornim đubrivima se mogu naći sledeći teški metali i metaloidi: kadmijum (Cd), hrom (Cr), nikl (Ni), živa (Hg), cink (Zn), arsen (As), stroncijum (Sr), uran (U) itd.

Najveća pažnja se poklanja koncentraciji Cd, koji se u sirovim fosfatima nalzi u rasponu od 0,3 do 90 mg/kg (Sekulić, 2003). Danas se zbog nedostatka sirovih fosfata sa manjom količinom Cd sve više koriste oni koji imaju veću koncentraciju Cd, što stvara uslove da se Cd nagomilava u zemljištu.

Sadržaj cinka u fosfornim đubrivima kreće se od 50 do 1450 mg/kg. Najveći procenat cinka (70%) unese se stajnjakom, a samo 4,5% mineralnim đubrivima.

Fosforna đubriva su potencijalni izvor arsena koji je veoma fitotoksičan. Sadržaj arsena zavisi od porekla fosforne rude.

Primenom fosfornih đubrivau zemljište se unosi i stroncijum, čija koncentracija u đubrivu može iznositi i 12 000mg/kg.

Takođe, primenom fosfornih đubriva zemljište se obogaćuje i uranom.

Pored fosfora i navedenih teških metala, fosforna đubriva sadrže i neophodne elemente za biljke (Ca, Mg, Na itd.).

Upotreba fosfornih đubriva može dovesti do imobilizacije određenih štetnih metala, prevođenjem u oblike nepristipačne biljkama.

2.2.2.1.2. Azotna đubriva

Upotreba azotnih đubriva je poslednjih godina rasla znatno brže u odnosu na ostala đubriva, pre svega zbog veoma povoljnog uticaja azota na prinose.

Azotna đubriva su hemijski relativno čista i obično ne sadrže primese koje bi značajno uticale na zagađivanje zemljišta.

Upotreba visokih doza azotnih đubriva u dužem vremenskom periodu može dovesti do zaslanjivanja zemljišta, što je veoma nepovoljno, pre svega za zemljišta sa visokim prirodnim sadržajem soli.

2.2.2.1.3. Kalijumova đubriva

Najčešće korišćeno kalijumovo đubrivo je kalijum-hlorid. U znatno manjoj meri se koristi kalijum-sulfat.

Kalijumova đubriva ne sadrže u većim količinama primese koje bi uticale na zagađivanje zemljišta. U ovim đubrivima se u zanemarljivim količinama nalaze Cu, Cd, Mn, Zn i Sr, dok se As, Cr, Hg i Pb ne mogu analitički dokazati (nalaze se u tragovima). Iz navedenih razloga, čak i pri upotrebi visokih doza kalijumovih đubriva, ne dolazi do značajnog uticaja na životnu sredinu.

2.2.2.2. Organska đubriva kao izvor zagađivanja zemljišta

Upotreba organskih đubriva može dovesti do zagađivanja zemljišta, vode i vazduha. Koja sfera životne sredine će biti najviše ugrožena zavisi od vrste đubriva, ekoloških uslova i sl. Najznačajnija organska đubriva su stajnjak (tečni i čvrsti), kompost, kanalizacioni mulj itd.

2.2.2.2.1. Stajnjak

Sastav stajnjaka zavisi od velikog broja faktora, kao što su ishrana životinja, vrsta, način skupljanja, čuvanja i sl.

Upotreba stajnjaka može na više načina da utiče na zagađivanje svih sfera životne sredine. Naime, u stočarskoj proizvodnji se koriste različita sredstva za stimulaciju rasta,

poboljšavanje ukusa, suzbijanje parazita itd. Kao sastavni deo obroka koriste se Ca, P i drugi makro i mikro elementi (npr. Zn, Co i Cu ulaze u sastav aditiva u hrani).

S obzirom na činjenicu da se stajnjak kao i druga organska đubriva mogu zagaditi teškim metalima, neophodno je pri organskoj proizvodnji voditi računa da se ovom vrstom đubriva ne unesu u zemljište veće količine metala.

2.2.2.2.2. Kompost

Kompost je proizvod razgradnje organske materije biljnog i životinjskog porekla. U zavisnosti od porekla kompost može imati različit hemijski sastav. Ukoliko se za kompostiranje koristi gradski otpad, neophodno je voditi računa o sadržaju teških metala, soli i drugih štetnih supstanci koje se u gradskom otpadu nalaze u visokim koncentracijama.

2.2.2.2.3. Kanalizacioni mulj

Kanalizacioni mulj odlikuje se visokim sadržajem teških metala i drugim neorganskim i organskim štetnim supstancama.

Sadržaj As, Cd, Cu, Pb, Zn iznosi do 30, 3410, 8000, 3699 i 49000 mg/kg, respektivno (Sekulić, 2003).

2.2.2.3. Pesticidi kao izvor zagađivanja zemljišta

Savremeni pesticidi pružaju neprocenljivu korist čoveku, jer se njihovim korišćenjem u poljoprivredi postiže povećanje prinosa, zdrav usev, poboljšanje kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, smanjuju se ogromne štete koje prouzrokuju štetni insekti i biljne bolesti.

Kao prateće pojave javljaju se zagađenost životne sredine: vode, zemljišta, vazduha, životnih namirnica, akutna trovanja, hronična oštećenja zdravlja opšte populacije, a posebno osoba direktno i indirektno uključenih u rad sa pesticidima.

2.2.2.3.1. Definicija i podela pesticida

Američka Agencija za zaštitu životne sredine (EPA) je definisala pesticid kao bilo koju supstancu ili smešu supstanci, koje su namenjene za uništavanje, suzbijanje i sprečavanje dejstva štetnih organizama. Pesticid može biti hemijska supstanca ili biološki agens koji se koristi protiv insekata, korova, mikroorganizama koji šire bolesti ili su štetni na neki drugi način.

Pesticidi se mogu klasifikovati na više načina, a najčešći su sledeći: prema nameni, prema načinu prodiranja u organizam i mehanizmu delovanja i premahemijskoj strukturi.

Prema nameni pesticidi se dele na više grupa: baktericidi – za suzbijanje bakterijskih oboljenja, fungicidi – za suzbijanje gljivičnih oboljenja, herbicidi – za uništavanje korova, insekticidi – za suzbijanje insekata, rodenticidi – za suzbijanje glodara itd.

Prema načinu prodiranja u organizam pesticidi se dele na: kontaktne i sistemične (translokacijske).

Prema hemijskom sastavu svi pesticidi se mogu podeliti u 3 glavne grupe: neorganska jedinjenja, organska jedinjenja i pesticide prirodnog porekla.

Najpoznatiji pesticidi neorganskog porekla su jedinjenja bakra, žive, fluora, barijuma, sumpora, kao i hlorati i borati. Sa aspekta zagađivanja zemljišta pesticidima neorganskog porekla od velikog značaja su pesticidi na bazi teških metala. Fungicidi na bazi bakra od davnina su poznati kao sredstva za suzbijanje prouzrokovaca plamenjače na vinovoj lozi. Najstarije jedinjenje je Bordovska čorba (smeša bakar(II)-sulfata i kalcijum-hidroksida). Pored Bordovske čorbe postoji veliki broj preparata na bazi bakra. Fungicidno delovanje jedinjenja na bazi bakra zasniva se na aktivnosti Cu^{2+} katjona. Pored fungicidnog ispoljavaju i baktericidno delovanje. Primena velike količine ovih preparata može dovesti do akumulacije bakra u zemljištu i njegovog fitotoksičnog dejstva. Olovo-arsenat, neorganski insekticid, je korišćen za suzbijanje štetnih insekata (npr. krompirove zlatice, *Leptinotarsa decemlineata*). Takođe, veliki broj preparata na bazi arsena i hroma korišćen je za kontrolu štetočina. Zbog velike perzistentnosti ovi elementi detektovani su u zemljištu u koncentracijama koje znatno nadmašuju prirodne koncentracije (Wuana, 2011).

Najveća grupa pesticidnih materija su jedinjenja organskog porekla i ovoj grupi pripadaju i pesticidi koji imaju veliku fiziološku aktivnost.

Pesticidi prirodnog porekla (naprimer piretrini) su jedinjenja koja biosintetišu živi organizmi (biljke, životinje, bakterije i gljive).

2.2.2.3.2. Toksičnost pesticida

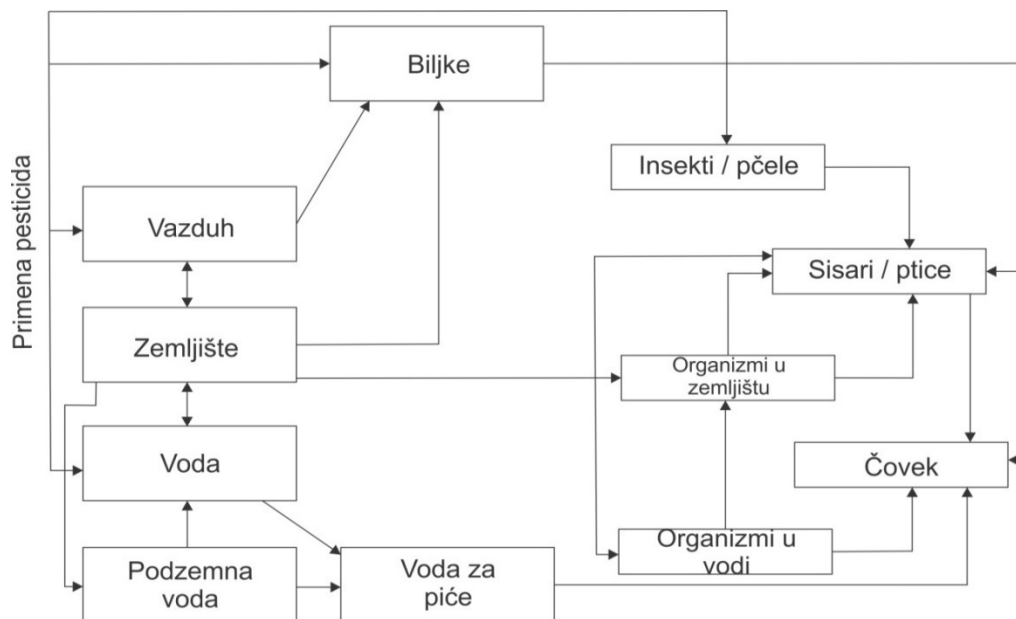
Značajna osobina pesticida je selektivnost, odnosno sposobnost da deluju samo na štetočine kojima su namenjeni, a da ne izazivaju štetne efekte po druge populacije, uključujući i ljudsku. Međutim, dosadašnja iskustva pokazuju da je vrlo mali broj pesticida zaista visoko selektivan.

Veliki broj pesticida je veoma otporan i postojan, pa se zbog toga akumuliraju u životnoj sredini. Negativni efekti pesticida se ispoljavaju na različite receptore: ljude, domaće životinje, divljač i mikroorganizme.

Trovanja pesticidima zavise od vremena izloženosti (ekspozicije) i doze. Mogu se razlikovati: akutno, subakutno, subhronično i hronično trovanje.

2.2.2.3.3. Zagađivanje zemljišta pesticidima

Primena pesticida odvija se u složenom ekosistemu, koga čine zemljište, atmosfera, voda i organizmi. Unošenjem pesticida u životnu sredinu povećava se opasnost od njenog zagađivanja. (Slika 4)



Slika 4. Kruženje pesticida u životnoj sredini (Milošević, 2002)

Pesticidi spadaju u značajne zagađujuće supstance zemljišta. Pesticidi mogu dospeti u zemljište neposredno i posredno. Neposredno prilikom njihove upotrebe za uništavanje štetnih organizama (korova, insekata, glodara i dr), koji se nalaze u zemljištu ili na njegovoj površini. Na ovaj način dospeva najveća količina pesticida u zemljište. Posredno, zemljište se zagađuje taloženjem pesticida iz atmosfere, zagađenim vodama prilikom zalivanja, plavljenja, spiranjem sa tretiranih biljaka ili okolnih površina na nagnutim terenima, sa ostacima uginulih biljaka i životinja.

Pesticidi u zemljištu treba da ostaju dovoljno dugo stabilni, tj. u nepromenjenom obliku, da bi se postigao željeni cilj, a zatim da se u što kraćem roku razgrade u jedinjenja koja ne deluju štetno na žive organizme. Na taj način bi se eventualne posledice na korisne organizme zemljišta izbegle ili svele na najmanju moguću meru.

Pri razmatranju perzistentnosti pesticida, značajno je i određivanje biološkog poluveka – vremena potrebnog da se početna količina u zemljištu smanji na 50%. Na osnovu biološkog poluveka razgradnje, pesticidi se mogu svrstati u nekoliko grupa.

Tabela 4. Perzistentnost pesticida u zemljištu izražena kao biološki poluvek, RL_{50}

Perzistentnost	RL_{50} (meseci)
vrlo perzistentni	preko 6 meseci
perzistentni	od 3 do 6 meseci
umereno perzistentni	od 1 do 3 meseca
nisko perzistentni	manje od 1 meseca

2.2.2.4. Teški metali u poljoprivrednom zemljištu

Koncentracije teških metala u poljoprivrednom zemljištu zavise od više faktora, pa se mogu izraziti sledećom jednačinom:

$$M_{uk} = (M_m + M_a + M_d + M_{ah} + M_{oo} + M_{dn}) - (M_b + M_g)$$

pri čemu su: M – teški metali, uk - ukupni, m – matični supstrat, a – atmosferski talog, d – đubrivo, ah – agrohemijske, oo – organski otpaci, dn – neorganske zagađujuće supstance, b - usvojeno od strane biljaka, g - gubici putem ispiranja, volatilizacije i dr.

Na osnovu ovoga, može se zaključiti da na nivo teških metala u zemljišnom profilu utiču brojni faktori, uključujući prirodu matičnog supstrata, pedogene procese, organski sadržaj zemljišta, sadržaj gline, pH vrednost zemljišta, topografiju zemljišta, padavine, aktivnost mikroorganizama i stepen zagađenja. Pokretljivost teških elemenata u zemljištu je jedna od

osnovnih osobina koja određuje njihovu koncentraciju i mesto u zemljišnom profilu, što se vidi iz tabele 5.

Tabela 5. Koncentracije teških metala u poljoprivrednom zemljištu (Wobber, 1984)

Elementi	Opseg (mg/kg)	Uobičajne vrednosti koncentracije (mg/kg)
Ag	0,01-8	0,05
As	0,1-50	1-20
Au	0,001-0,002	-
Cd	0,01-2,4	0,2-1
Co	1-40	10
Cr	5-1500	70-100
Cu	2-250	20-30
Hg	0,01-0,3	0,03-0,06
Mn	20-10000	1000
Mo	0,2-5	1-2
Ni	2-1000	50
Pb	2-3000	10-30 ruralno 30-100 urbano
Sb	0,05-260	2
Se	0,01-2	0,05
Sn	1-200	4
Ti	0,03-10	-
U	0,7-9	<2
V	3-500	9
W	0,5-83	1,5
Zn	10-300	50

2.2.2.5. Teški metali i biljke

Elementi koji ulaze u sastav biljaka nemaju isti značaj. Neki su neophodni, bez njih biljke ne mogu da završe svoj životni ciklus, drugi mogu da deluju stimulatивно, dok jedna grupa elemenata, posebno neesencijalni teški metali pri većim koncentracijama deluju na biljke veoma toksično. Oni utiču na životne procese, anatomsku i morfološku građu, hemijski sastav, prinos i rasprostranjenje biljaka.

Teški metali i metaloidi imaju višestruki značaj: neki od njih (Fe, Zn, Cu, Se i Co), su neophodni kako za biljke, tako i za čoveka. Drugi deluju stimulatивно (Ti i V), dok su treći: Hg, Pb, As, Ni, Cr i Cd toksični i za biljke i za čoveka (Kastori, 1997).

Biljke imaju važnu ulogu u kruženju teških metala u prirodi. Teški metali najvećim delom preko biljaka ulaze u lance ishrane, zbog čega je poznavanje njihovog mehanizma nakupljanja, raspodele i metabolizma u biljkama od velikog ekološkog, naučnog i praktičnog značaja.

Biljke teške metale prvenstveno usvajaju iz zemljišta, a pri određenim uslovima i preko nadzemnih organa.

Intenzitet usvajanja i nakupljanja teških metala u biljkama zavisi od brojnih činilaca. Usvajanje teških metala povećava se, po pravilu, smanjenjem pH vrednosti zemljišta. Na usvajanje teških metala značajno utiču procesi u rizosferi i sadržaj organske materije, fosfata, kreča i dr. Usvajanje teških metala zavisi i od temperature i intenziteta svetlosti (Kastori, 1996).

Biljke različitim intenzitetom usvajaju i nakupljaju teške metale. Razlike su naročito uočljive kod biljaka koje rastu na staništima prirodno bogatim ili antropogenim putem zagađenim teškim metalima. Biljne vrste sposobne da bez vidljivih simptoma usvajaju i akumuliraju velike količine teških metala u literaturi se često nazivaju “metalofite”, “hiperakumulatori” ili “flora teških metala”. Pojam flora teških metala “heavy metal flora” predstavlja biljne vrste koje se normalno razvijaju i rastu na zemljištu bogatom teškim metalima (Ernst, 1996).

Uticaj pojedinih teških metala na životne procese biljaka manje – više je specifičan. Teški metali mogu na biljke da utiču posredno i neposredno. Oni mogu negativno da utiču na sve fiziološko – biohemijske procese biljaka. Kao rezultat toga nastaju anatomske i morfološke promene i dolazi do smanjenja produkcije organske materije i do promene hemijskog sastava biljaka (Kastori, 1997). Prvi vidljivi simptomi nepovoljnih dejstava teških metala su smanjenje rasta biljaka i pojava hloroze i nekroze. Kod većine biljaka najpre se promene uočavaju na najstarijim, a kasnije i na ostalim listovima.

Kritične koncentracije metala u biljkama, pri kojima se masa suve materije smanjuje za 10%, zavisi od biljne vrste, sorte ili genotipa, kao i od osobina teškog metala. Prosečne kritične i toksične koncentracije teških metala kod gajenih biljaka prikazane su u tabeli 6.

Tabela 6. Prosečne kritične i toksične koncentracije teških metala kod gajenih biljaka (Kastori, 1997)

Teški metali	Kritična koncentracija (mg/kg suve materije gajenih biljaka)	Toksična koncentracija (mg/kg suve materije gajenih biljaka)
Cd	5	10
Hg	2	5
Ti	20	30
Co	10	20
Cr	1	2
Cu	15	20
Ni	20	30
Pb	10	20

Zn	150	200
Mn	150	400
Fe	200	600

2.2.2.5.1. Olovo (Pb)

Pb je element u tragovima (<0,1% težinski) u stenama i zemljištu. Pb ima jak afinitet prema sumporu te je koncentrisan u stenama i mineralima sulfida, posebno u mineralu galenit (PbS). Pb se prirodno akumulira u površinskom horizontu zemljišta. Olova ima više u zemljištima koja leže na silikatnim stenama.

Kontaminacija zemljišta Pb je antropogenog porekla, a glavni izvori su: rudnici i topionice, primena otpadnih muljeva, izduvni gasovi automobila, olovo – arsenat koji se primenjuje u voćnjacima kao insekticid. Ukupno jednogodišnje dospevanje olova atmosferskim talogom je procenjeno na 3,1 – 31 mg/m²/god. u seoskim sredinama i 27 – 140 mg/m²/god. u industrijskim regionima. Brojna istraživanja su pokazala da su zemljišta u blizini rudnika i topionica kontaminirana olovom: zemljišta na udaljenosti od 1 – 3 km od rudnika i topionica se smatraju neupotrebljivim za gajenje biljaka, jer se tu sreću koncentracije olova i 15 puta veće od dozvoljenih za poljoprivredno zemljište.

Hemija olova u zemljištu nije dovoljno razjašnjena, ali je poznato da ima veliku adsorpciju i malu pokretljivost. Poluživot Pb u zemljištu je u opsegu 800 do 6000 godina. Pb²⁺ jon se uključuje u brojne hemijske procese, kao što je adsorpcija na glini, organskoj materiji, precipitacija nerastvorljivih jedinjenja i kordinacija u organske i neorganske ligande.

Koja se jedinjenja javljaju zavisi od zemljišnog pH, izvora olova (prirodni ili antropogeni), prisutnih organskih grupa i redoks uslova. Neka od nerastvornih jedinjenja Pb su: Pb(OH)₂, PbCO₃, PbS, PbSO₄, Pb₃(PO₄)₂, PbO(PO₄)₂, Pb₅(PO₄)₃(OH).

Pb jedinjenja iz emisije automobila: PbBrCl, PbBrOH, PbBr₂ brzo se prevode u zemljištu u neko od gore navedenih jedinjenja. Zemljište ima veliki kapacitet adsorpcije za Pb. Pošto je organska materija veoma značajna sa aspekta vezivanje teških metala, Pb iz izduvnih gasova ostaje vezano u površinskom sloju zemljišta.

Značajan deo Pb je u zemljištu adsorbovan u glina – humus izmenjivom kompleksu, dok je u taložnom obliku vezano za sekundarne Fe i Mn okside. Na alkalnim zemljištima je vezano za karbonate, za humus i silikate.

Pb u zemljište dobro se imobilizuje humusom, posebno huminskim kiselinama velike molekulske težine. U jako zagađenim zemljištima deo olova je u organskom Pb – kompleksu velike molekulske mase, a delom je u oblicima dominantnim pri visokoj pH vrednosti.

2.2.2.5.1.1. Fitotoksičnost olova

Akumulacija Pb u biljkama zavisi od brojnih činilaca: udaljenosti biljaka od saobraćajnica, pokrovnosti zemljišta biljnim pokrivačem, dužine trajanja vegetacije i pravca i intenziteta vetra.

Dva su puta prodiranja Pb u biljku, i to preko lista i preko korena, što znači iz vazduha i zemljišta. Korenom se apsorbuju Pb i ostali teški metali koji direktno dospevaju u zemljište, ali i oni precipitirani iz vazduha putem suvog i mokrog taloženja.

Nakupljanje Pb kod većine biljaka je intenzivnije u korenu nego u nadzemnom delu biljke.

Biljke Pb usvajaju u vidu Pb^{2+} i/ili u vidu organskih jedinjenja (tetrametil olovo, tetraetil olovo i dr). Sam mehanizam usvajanja Pb još uvek nije u potpunosti razjašnjen. Većina autora smatra da je ascendentni transport Pb ksilemom sličan Ca, tj., manje više proces je pasivan.

Biljke Pb u neorganskom obliku slabo usvajaju i premeštaju u nadzemne organe, izuzev na kiselim zemljištima iz kojih usvajaju znatno veće količine Pb. Međutim, organska jedinjenja olova, naročito njihovi međuprodukti koji nastaju prilikom razgradnje tetra-alkil olova se veoma brzo usvajaju i premeštaju u nadzemne organe.

Osnovni mehanizam toksičnosti Pb je pre svega njegov uticaj na metabolizam Ca i inhibiranje brojnih enzimskih sistema. Pb u većim koncentracijama inhibira izduživanje korena i rastenje lisne površine, inhibira intenzitet fotosinteze, transport elektrona u procesu oksidativne fosforilacije i enzime pentozofosfatnog ciklusa. Pb utiče i na: usvajanje neophodnih elemenata, morfološko – anatomsku građu biljaka, naročito listova.

Mehanizam tolerantnosti biljaka prema visokim koncentracijama Pb nije sasvim jasan i često se povezuje sa metabolizmom fosfora. Pretpostavlja se da su biljke osetljive na Pb ukoliko su nedovoljno obezbeđene fosforom.

2.2.2.5.2. Kadmijum (Cd)

Matični supstrat predstavlja značajan izvor kadmijuma.

Zagađivanje životne sredine kadmijumom naglo se povećava poslednjih dekada, kao rezultat veće potrošnje Cd u industriji.

Koncentracija Cd u vazduhu se kreće 1 – 50 mg/m³, zavisno od udaljenosti izvora emisije. Ukupna svetska jednogodišnja emisija Cd u atmosferi procenjuje se na 8100 t, od čega 800 t iz prirodnih izvora i 7300 t iz antropogenih izvora, od čega veliki deo dospeva na i u zemljište. Cd se može naći u visokoj koncentraciji i u površinskom sloju zemljiša, unešen đubrivima, atmosferskim talogom i biljnim ostacima.

Relativno visoke koncentracije Cd se nalaze u sirovim fosfatima iz kojih se proizvode fosfatna đubriva, što ih čini značajnim izvorom kontaminacije poljoprivrednih zemljiša kadmijumom. Međutim, i stajnjak može biti značajan antropogeni izvor Cd u zemljištu. Otpadni muljevi su takođe značajan izvor Cd u zemljištu jer se procenjuje da je koncentracija Cd u mulju od 1 – 3650 mg/kg suve materije kanalizacionog mulja. Dozvoljeno maksimalno jednogodišnje opterećenje zemljišta kadmijumom od kanalizacionog mulja je različito, i za većinu zemalja se kreće od 0,01 do 0,17 kg/ha/god.

Povećan sadržaj humusa u oraničnom sloju doprinosi većoj adsorpciji Cd u površinskom sloju zemljišta. Prosečna koncentracija Cd u površinskom sloju je 0,39 mg/kg, u podoraničnom sloju je 0,23 mg/kg. Uopšteno je utvrđena velika koncentracija Cd i drugih teških metala u prvih 15 cm zemljiša. Migracija Cd u dubinu profila je veća od brzine migracije Pb, As, Cu, Ni (Kastori, 1993).

Da bi se razumela dinamika i ponašanje kadmijuma u prirodnim i poljoprivrednim ekosistemima potrebno je odrediti njegove oblike u tečnoj i čvrstoj fazi zemljišta.

Dinamička ravnoteža između Cd u zemljišnom rastvoru i adsorbovanog za čvrstu fazu zemljišta zavisi od pH i stabilnosti Cd kompleksa. pH vrednost utiče na pristupačnost i mobilnost Cd u zemljištu. Adsorpcija Cd povećava se sa povećanjem pH od 4 do 7,7. U kiselim zemljištima, rastvorljivost i pristupačnost Cd kontrolisana je sadržajem organske materije i hidroksida Al, Fe i Mn u zemljištu.

Joni drugih metala kao Co, Cr, Cu, Zn, Ni i Pb, inhibiraju adsorpciju Cd. Zemljišta koja sadrže slobodni CaCO₃ dobro vežu Cd i smanjuju njegovu pristupačnost za biljke i

mikroorganizme. Karbonati imaju jak afinitet prema Cd i adsorpcija je linearna, međutim pri visokim koncentracijama Cd dolazi do taloženja CdCO_3 .

2.2.2.5.2.1. Fitotoksičnost kadmijuma

Usvajanje Cd od strane biljaka zavisi od više faktora. Joni Ca^{2+} i Zn^{2+} inhibiraju usvajanje Cd. Njegovo usvajanje zavisi i od pH vrednosti zemljišta i koncentracije pristupačnog fosfora.

Cd se intenzivnije usvaja i translocira u vegetativne nadzemne organe od Pb i Hg. Kod brojnih biljnih vrsta intenzitet transporta Cd u nadzemne organe zavisi od njegove koncentracije u hranljivoj podlozi. Cd usvojen iz hranljive podloge uglavnom se zadržava u korenu.

Cd je za biljke toksičan samo pri većim koncentracijama. Osnovni uzrok toksičnosti Cd u biljkama je inhibiranje metabolizma Fe, izazivanje hloroze i čime se smanjuje intenzitet fotosinteze. Takođe, visoke koncentracije Cd inhibiraju disanje i transport elektrona u procesu oksidativne fosforilacije. Aktivnost brojnih enzima, na primer nitrat – reduktaze, direktno zavisi od stepena kontaminacije biljaka Cd. Takođe, Cd inhibira transpiraciju kao i pokrete ćelija zatvararačica stominog aparata.

2.2.2.5.3. Hrom (Cr)

Hrom je sedamnaesti element po zastupljenosti u zemljinoj kori.

Osim iz matičnog supstrata Cr u zemljište dospeva iz poljoprivrednih materijala, atmosferskim deponitima, otpadnim muljevima i dr. Ukupno godišnje dospevanje Cr, kroz poljoprivredne materijale, u zemljištu sveta je 480 – 1300 t (Kastori, 1993).

Cr se u zemljištu nalazi u više oksidacionih oblika, ali najstabilniji je kao Cr(III) i Cr(VI). Cr(VI) je postojan kao anjon, brže se ekstrahuje iz zemljišta, taloži i vrlo je toksičan. Pri $\text{pH} > 6$ dominantni oblici Cr(VI) su HCrO_4^- ; $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ i CrO_4^{2-} . Cr(III) je mnogo manje pokretan i jako se adsorbuje za čestice zemljišta, pri $\text{pH} > 5$ se potpuno taloži. Cr(VI) se pri visokom redoks potencijalu i u prisustvu organske materije redukuje u Cr(III). Redukcija je brža u

kiseloj nego u alkalnoj sredini. U većini zemljišta dominantan je Cr(III) koji je nerastvorljiv i manje pokretan u oksidima i hidroksidima. Cr(VI) je mnogo toksičniji za biljke od Cr(III).

Koncentracija pristupačnog Cr za biljke je ekstremno mala u većini zemljišta, i zato se Cr u biljkama nalazi u veoma malim koncentracijama, 0,2 – 0,4 mg/kg suve materije (Kastori, 1993).

2.2.2.5.3.1. Fitotoksičnost hroma

Koncentracija za biljke pristupačnog Cr u većini zemljišta je niska, čime se može objasniti njegov mali udeo u biljkama. Koncentracija Cr u suvoj materiji biljaka u proseku se kreće od 0,2 do 4 mg/kg.

U pogledu sposobnosti nakupljanja Cr u biljkama postoje značajne razlike između biljnih vrsta. Tako, na primer, akumulacija Cr u listovima pšenice je mnogo manja nego u lisnatom povrću. Smatra se da biljke koje se odlikuju nakupljanjem Fe akumuliraju i Cr.

Biljke pretežno usvajaju šestovalentni oblik Cr(VI). Trovalentni oblik Cr(III) je slabo rastvorljiv i biljke ga slabo usvajaju. Cr(VI) se pretežno nalazi u alkalnim zemljištima.

Cr ima stimulatívno dejstvo na rasteenje i razvíće nekih biljaka.

Najčešći simptomi visokih koncentracija Cr su hloroza i zaostajanje u rastu. Veće koncentracije Cr mogu da utiču i na klijanje semena, vodni režim, sadržaj pigmenta hloroplasta.

Dejstvo Cr na biljke u prirodi, kao i kod svih teških metala, ne zavisi samo od njegove koncentracije u zemljištu već i od fizičkih i hemijskih osobina zemljišta kao što su pH vrednost, redoks – potencijal, aerisanost, vlažnost, sadržaj organske materije i dr.

2.2.2.5.4. Nikl (Ni)

Sadržaj Ni u zemljištu zavisi od matičnog supstrata. Prosečna koncentracija je 40 mg/kg zemljišta.

Osim iz matičnog supstrata Ni u zemljište dospeva antropogenim putem, iz poljoprivrednih materijala, atmosferskog depozita, otpadnih muljeva i dr. Procenjuje se da je ukupno godišnje dospevanje Ni u zemljište, u svetu, od 106 do $544 \cdot 10^3$ t (Kastori, 1993).

Značajan izvor Ni u zemljištu predstavlja atmosferski depozit. Emisija Ni u atmosferu najvećim delom potiče iz sledećih izvora: izduvnih gasova dizel motora; rudnika i topionica metala; meteorskog pepela; a može nastati i sagorevanjem goriva i uglja; spaljivanjem otpada; usled šumskih požara i sl. Atmosferski depozit varira od 2 kg/m^2 na seoskim površinama, do 88 kg/m^2 na površinama u gradovima sa razvijenom industrijom (Kastori, 1995).

Najznačajniji faktor za određivanje distribucije Ni između čvrste faze i zemljišnog rastvora je pH, dok su činioci kao što je sadržaj gline, prisustvo hidroksida gvožđa i oksida mangana od sekundarnog značaja. Mobilnost Ni u zemljištu povećava se sa smanjenjem pH i smanjenjem kapaciteta za izmenu jona.

Rastvorljivost Ni se povećava pri nižim pH vrednostima. Pri $\text{pH} > 8$ u zemljišnom rastvoru prevladava hidroksi kompleks $\text{Ni}(\text{OH})^+$, dok je u kiseloj sredini u formi NiSO_4 , NiHPO_4 i Ni^{2+} .

2.2.2.5.4.1. Fitotoksičnost nikla

Prosečan sadržaj Ni u biljkama iznosi od 0,1 do 5,0 mg/kg suve materije. Listovi imaju najveći sadržaj Ni, a mlađi delovi biljke sadrže više Ni od starijih. Udeo Ni varira ne samo kod različitih biljnih vrsta i uslova gajenja već i kod sorti. Biljke Ni usvajaju u jonskom obliku ili u vidu helata. Intenzitet usvajanja, a samim tim i akumulacija, zavisi od pristupačne količine Ni u zemljištu i od pH vrednosti zemljišta.

Ni, za razliku od Pb i Cd, ima dobru pokretljivost kako u ksilemu tako i u floemu, i u značajnoj količini se nakuplja u plodovima i semenu.

Na akumulaciju Ni utiče i koncentracija drugih elemenata u hranljivoj podlozi. Tako je ustanovljeno da fosforna đubriva smanjuju, a azotna povećavaju nakupljanje Ni kod pšenice.

Posebno je značajan uticaj Ni na metabolizam Fe. Uočeno je da višak Ni izaziva hlorozu. Primenom ^{59}Fe je utvrđeno da Ni nepovoljno utiče ne samo na pokretljivost, odnosno na translokaciju Fe već i na samo njegovo usvajanje.

Ni učestvuje u oksido – redukcionim i fiziološkim procesima, i utiče na aktivnost brojnih enzima, pre svega na aktivnost katalaze i peroksidaze. Utvrđeno je da Ni ispoljava različito dejstvo na aktivnost katalaze: u vegetativnim organima je smanjuje, a u semenu i mladim poncima povećava njenu aktivnost. U većini slučajeva niže koncentracije Ni deluju stimulatивно na intenzitet disanja i fotosinteze.

Toksično dejstvo Ni je utvrđeno kod ovasa, kada je došlo do pojave nekroze i simptoma nedostatka Fe. Veće koncentracije Ni inhibiraju rast pšenice, suncokreta i kukuruza.

Ni nije esencijalan element za više biljke, ali u izvesnom slučajevima može stimulatивно da deluje na rasteenje i razviće, kao i na prinos biljaka, dok visoke koncentracije Ni deluju veoma toksično na biljke.

2.2.2.5.5. Bakar (Cu)

Cu je dvadesetšesti element po zastuplenosti u litosferi. Prosečan sadržaj Cu u litosferi je 70 mg/kg, a u zemljinoj kori od 24 do 55 mg/kg.

Koncentracija Cu zavisi pored matičnog supsrata i od antropogenih izvora. Antropogeni izvori su: topionice metala, primena različitih đubriva, otpadnih muljeva, fungicida i baktericida i dr. Dospevanje Cu iz atmosfere u zemljište suvim i vlažnim taloženjem je promenljivo i zavisi od različitih faktora: emisije iz visokih peći u kojima se tope rude koje sadrže Cu, od tipa i jačine vetra koji nanosi pepeo itd. Ukupna količina Cu koja se emituje u atmosferu procenjuje se na $3,2 \cdot 10^6$ t, što je 1% od ukupne proizvodnje Cu (Kastori, 1995).

Visoke koncentracije Cu u poljoprivrednim zemljištima mogu biti unešene i korišćenjem sredstava na bazi Cu u voćnjacima i vinogradima.

Cu je u zemljištu vezan za organsku materiju, Fe i Mn – okside, zemljišne silikate, glinu i druge supstance.

Cu se u zemljištu može naći u više oblika. Pre svega, javlja se u formama dobro rastvornim u vodi (mobilan i pristupačan za biljke), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ itd. Drugi oblik je razmenljiv Cu. Obično se tada adsorbuje na organskim i mineralnim koloidima zemljišta. Teško rastvorljive soli su treći oblik (Cu_2O , CuO , CuOH , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, Cu_2CO_3 , $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ itd.

Na povećanu rastvorljivost i pristupačnost Cu utiče pH vrednost, unošenje kiselih azotnih i kalcijumovih mineralnih đubriva, mineralizacija organske materije pomoću mikroorganizama itd.

2.2.2.5.5.1. Fitotoksičnost bakra

Biljke usvajaju male količine Cu. Pretežno ga uzimaju u obliku Cu^{2+} jona i u vidu helata. Povećanjem koncentracije Cu u spoljašnjoj sredini, intenzitet njegovog usvajanja se naglo povećava. Na njegovo usvajanje, posredno ili neposredno može da utiče i prisustvo drugih jona, posebno teških metala (Zn, Mn i Fe) i fosfata. Jone bakra biljke veoma intenzivno usvajaju i preko nadzemnih organa.

U poređenju sa drugim biogenim metalima, koncentracija Cu u biljkama je znatno manja i u proseku se kreće od 5 do 30 mg/kg u suvoj materiji. Ako je njegov udeo u suvoj materiji lista manji od 4 mg/kg, smatra se da biljke nisu u dovoljnoj meri obezbeđene, a sadržaj preko 20 do 100 mg/kg ukazuje na višak ovog elementa.

U visokim koncentracijama Cu je veoma toksičan za biljke. Znaci visokih koncentracija Cu na biljkama u prirodi se retko uočavaju. Do toksičnog dejstva Cu dolazi ako je njegov ukupan sadržaj u zemljištu od 25 do 40 mg/kg i ako je pH vrednost zemljišta ispod 5,5.

Simptomi veće koncentracije Cu u biljkama često nisu specifični: prvi znaci se obično javljaju na starijim listovima, u vidu hloroze na vrhu i po rubu lista. List postepeno dobija crvenkasto – mrku boju koja se širi od ivice prema sredini i osnovi lista.

2.2.2.5.6. Cink (Zn)

Ukupan sadržaj Zn u zemljištu uveliko zavisi odmatičnog supstrata. Sadržaj Zn u litosferi je oko 80 mg/kg, a u zemljištu se prosečno nalazi 50 mg/kg.

Glavni izvori zagađivanja zemljišta cinkom su: rudnici i livnice gvožđa, korišćenje otpadnih muljeva u poljoprivredi, kompostirani materijali, pesticidi i đubriva. Takođe, vulkanske erupcije i eolski pepeo mogu doprineti zagađenju atmosfere cinkom, a time i zemljišta.

Zn je fitotoksičan i direktno utiče na plodnost zemljišta, prinos i kvalitet gajenih biljaka.

Sva đubriva, kako organska, tako i mineralna, pesticidi, kao i drugi supstance koje se koriste za poboljšanje strukture i plodnosti zemljišta sadrže Zn u znatnoj količini, te se njihovom upotrebom povećava količina Zn u zemljištu.

Zn se u zemljištu pretežno nalazi kao dvovalentni katjon, i kao takav može da se adsorbuje na organskim i mineralnim koloidima. Tu adsorpciju smanjuju kalcijum i magnezijum koji se u zemljištu nalaze u većoj koncentraciji.

Glina i organska materija vrlo jako adsorbuju Zn, ali su to dva različita mehanizma adsorpcije koja se odvijaju jedan u kiseloj sredini i odnosi se na izmenu mesta katjona, a drugi u alkalnoj sredini i objašnjava se hemosorpcijom i pod jakim je uticajem organskih koloida. To je izuzetno visok kapacitet adsorpcije Zn, u odnosu na peskovita zemljišta sa niskim sadržajem organske materije. Pri niskoj pH vrednosti smanjuje se adsorpcija Zn u peskovitom zemljištu više nego u zemljištu sa dosta koloidne frakcije. Pri niskim koncentracijama jona u rastvoru i količine adsorbovanih jona Zn su niske.

2.2.2.5.6.1. Fitotoksičnost cinka

Biljke usvajaju cink intenzivnije od nekih drugih mikroelemenata, kao na primer Cu ili Mo. Između pojedinih biljnih vrsta i genotipova postoji značajna razlika u intenzitetu usvajanja Zn.

Koncentracija Zn u suvoj materiji biljaka kreće se u proseku od 30 do 150 mg/kg suve materije. Raspodela Zn je specifična. On se u većoj meri nakuplja u korenu i mladim listovima. Zn spada u grupu elemenata čija je pokretljivost u biljkama osrednja.

Zn aktivira ili ulazi u sastav nekih enzima (karboanhidraze, alkalne fosfataze, nekih proteinaza i peptidaza i dr) i zahvaljujući tome posredno ili neposredno utiče ili učestvuje u odvijanju brojnih metaboličkih procesa. Zbog višestruke uloge u životu biljaka, nedostatak Zn izaziva velike promene, kako u prometu materija biljaka, tako i u morfološkoj i anatomskoj građi.

Velika koncentracija Zn, kao uostalom i drugih metala, deluje toksično na biljke. U prirodi se retko javljaju visoke koncentracije ovog elementa u biljkama. Otpornost pojedinih biljnih vrsta prema visokim koncentracijama Zn je različita. Visoka koncentracija Zn izaziva

specifične morfološke i fiziološke promene, što se ogleda u nižem rastu, smanjenju korenovog sistema, obrazovanju sitnih listova.

Znaci visokih koncentracija Zn kod biljaka najčešće se javljaju na kiselim tresetnim zemljištima i na zemljištima koja su nastala iz matičnog supstrata bogatog cinkom.

2.2.2.5.7. Mangan (Mn)

Mangan prisutan u zemljištu praktično je poreklom iz matičnog supstrata. Otuda određene koncentracije Mn u mineralima zemljišta održavaju sastav matičnog supstrata.

Osim prirodnih izvora iz minerala, Mn u zemljište dospeva i unošenjem kroz đubriva. U zemljište se unosi u formi $MnSO_4$, MnO ili kao mrko đubrivo u količinama do 100 kg/ha.

Mn je u zemljištu prisutanu više oksidacionih stanja.

U dobro aerisanim zemljištima, u neutralnoj ili slabo alkalnoj sredini dominira Mn(IV) dok u redukcionim uslovima preovladava Mn(II) (Kastori, 1993).

Oranični sloj sadrži više Mn u odnosu na podoranične slojeve, više ga ima i u karbonatnim nego u peskovitim zemljištima.

2.2.2.5.7.1. Fitotoksičnost mangana

Usvajanje mangana od strane biljaka je u funkciji koncentracije mangana u zemljišnom rastvoru (u jonskom obliku) i koncentracije mangana na izmenljivim mestima adsorpcionog kompleksa.

Biljke usvajaju dvovalentni mangan, a faktori koji omogućavaju snabdevanje biljaka potrebnom količinom Mn su oni koji idu u prilog redukciji Mn iz visokooksidisanih oblika u dvovalentni oblik.

Simptomi toksičnosti manganom utvrđeni su kod soje, pamuka, duvana, pirinča, gajenih na zemljištima u kojima je pristupačnost Mn bila velika. Toksične koncentracije Mn za biljke kreću se od 80 do 500 mg/kg.

Simptomi toksičnosti koji se kod biljaka javljaju su nekroza ivica mladih listova, stvaranje nekrotičnih pega, deformacija i smanjenje rasta.

2.2.2.6. Toksično dejstvo teških metala na životinje i čoveka

Olovo spada u izuzetno toksične metale kada se nađe u organizmu životinja i ljudi. Iako se posle unošenja Pb iz spoljašnje sredine resorbuje samo 5 – 10% od unete količine, ono se najviše akumulira u koštanom tkivu gde se nalazi u vidu soli $Pb_3(PO_4)_2$. U slučaju poremećaja pH vrednosti organizma Pb deluje na krv i hemopoetične organe, mišiće, CNS, bubrege i skelet, jer je Pb sistemski otrov: vezivanjem za aktivne SH grupe enzima stvara „biohemijske lezije“ (Vapo, 1995). Povećan sadržaj Pb dovodi i do inhibicije enzima jer iz njih potiskuje druge metale. Pb ometa i ćelijski metabolizam jer sprečava oslobađanje neurotransmitera u sadejstvu sa Ca.

Pb kod mladih jedinki može izazvati za kraće vreme mnoge teže posledice nego kod odraslih, jer se u organizmu čak 90% Pb resorbuje iz digestivnog trakta izazivajući oštećenje mišića sa paralizom, abortus i manijačnu uznemirenost.

Kadmijum pokazuje veliku sličnost sa Zn ukoliko se govori o njegovim metaboličkim putevima u organizmu i o učestvovanju u hemijskim reakcijama, bez obzira na to što je Zn neophodan element a Cd toksičan.

Kada su u pitanju proteinski receptori pri transportu kroz membranu ćelije, ili metaloenzimi (koji u svom sastavu imaju Zn), u njima je jasno iskazana kompeticija Zn i Cd. Zbog toga se, na primer, povećanje koncentracije Cd može smanjiti povećanjem koncentracije Zn. Zbog navedenog, pri analizi toksičnosti Cd se mora uzeti u obzir i količina Zn.

Cd se deponuje u jetri, bubrezima, pljuvačnim žlezdama i pankreasu.

Ukoliko je do resorpcije došlo putem gastrointestinalnog trakta, tanko crevo delimično može sprečiti resorpciju u ostale organe (ta zadržana količina Cd eliminiše se putem fecesa – veći deo, i urina – manji deo).

Visoke doze Cd mogu izazvati sledeće poremećaje: anemiju, enteropatiju, hipoplaziju koštane srži, renalna oštećenja i hipertrofiju srčanih komora. Povećana koncentracija Cd može uticati i na usporen rast. Kadmijum prisutan u većim koncentracijama deluje negativno

na reproduktivni sistem što se može odtaziti na atrofiju jajnika, hipoplaziju testisa, deformacije fetusa, mogućnost pobačaja. Povećana količina može uticati i na pojedne nasledne osobine životinja (može doći do ispravljanja vune kod ovaca).

Hrom spada u esencijalne elemente za životinje jer je njegovo prisustvo potrebno za normalni metabolizam ugljenih hidrata i lipida.

Oralno uneta jedinjenja trovalentnog hroma se slabo resorbuju (u iznosu manjem od 1%) i uglavnom se izlučuju preko urina, manje preko fecesa, bez obzira na unetu količinu. Jedinjenja šestovalentnog hroma resorbuju se brže od jedinjenja trovalentnog.

Trovalentni Cr je uključen u proces iskorišćavanja glukoze u perifernim tkivima. Biološki aktivan oblik Cr naziva se „faktor tolerancije glukoze“. U metabolizmu lipida Cr je uključen u homeostazu holesterola.

Najveći deo unetog Cr nalazi se akumuliran u jetri i slezini, a takođe i u koštanoj srži. Za razliku od ostalih mikroelemenata, nivo Cr u tkivima ljudi sa starošću opada, izuzev u plućima.

Nikl je esencijalni element potreban za rast i resorbciju gvožđa.

Pojavljuje se u različitim jedinjenjima i relativno je netoksičan kada se unosi oralnim putem. Toksičnost zavisi od oblika u kome se nalazi, vrste životinja, starosti, reproduktivnog statusa, dužine unošenja i sastava hrane. Ustanovljeno je da je nikel–hlorid pet puta toksičniji od nikel–karbonata.

Izlučuje se iz organizma preko fecesa i urina.

Preliminarne studije ukazuju na određenu povezanost između Ni i dva hormona: tiroksina i adrenalina. Smatra se da je Ni sastavni deo ureaze. Visoke doze Ni dovode do značajnog nakupljanja Ni u tkivima.

Bakar spada u neophodne mikroelemente. Nalazi se u mnogobrojnim enzimima kao što su: tirozinaza, citohrom C oksidaza, urikaza, lizil oksidaza i dr. Cu se nalazi u krvnoj plazmi u sastavu proteina – eritrokuprina. Ovo jedinjenje posreduje između metabolizma Cu i Fe.

Pod normalnim uslovima oko 90% Cu se izlučuje fecesom, odnosno putem žuči. Kod opstrukcije žučnih kanala, Cu se u velikoj meri izlučuje putem bubrega.

Kod životinja koje konstantno unose Cu u višku, dolazi do akumulacije u tkivima, prvenstveno u jetri, sa oštećenjem njene funkcije. Tolerancija prema visokim količinama unetog Cu zavisi od vrste životinje.

Kod ljudi je ustanovljeno da oni koji boluju od Alchajmerove bolesti imaju dva puta veću količinu Cu u moždanoj tečnosti.

Cink kao i bakar spada u esencijalne oligoelemente koji učestvuju u brojnim fiziološkim reakcijama. Ulazi u sastav većeg broja metaloenzima (karboanhidraza, karboksipeptidaza, alkalna fosfataza, mlečnokiselinska dehidrogenaza i glutamat dehidrogenaza). Zn se resorbuje u digestivnom traktu zavisno od potreba za ovim metalom. Resorpcija Zn kod životinja je neefikasna: od ukupne količine Zn u hrani resorbuje se samo 15 – 30%. Njegove neorganske soli kao što su karbonati, hloridi i sulfati služe kao lako raspoloživi izvori Zn za ljude i životinje.

Glavni put izlučivanja neresorbovanog Zn je feces u kome se mogu naći i frakcije izlučene preko žuči ili direktno izlučenog Zn preko zida creva.

Mangan je značajan za organizam životinja, jer njegov nedostatak u hrani dovodi kod nekih domaćih životinja do poremećaja u kostima i anemije. Kod pacova izaziva degenerativne promene polnih žlezda i nervne poremećaje, dok kod živine izaziva karakteristične promene na ekstremitetima. U ljudskom organizmu smanjuje sintezu oligosaharida i nastajanja glikoproteina.

Mn se resorbuje u tankom crevu. Resorpcija Mn^{2+} se povećava u slučaju nedostatka Fe ali isto tako Fe može inhibirati apsorpciju Mn^{2+} . Mn se nalazi u većim koncentracijama u jetri, nadbubrežnoj i štitnoj žlezdi.

Mn učestvuje u aktiviranju superoksid dismutaze, fosfataze i peptidaze. Sastojak je fermenata arginaze, holinesteraze i ima ga u mitohondrijama gde vrši aktivaciju glikozil transferaza odgovornih za sintezu oligosaharida, glikoproteina i protoglikona.

Trovanje Mn je veoma retko.

2.2.2.7. Stanje zagađenosti zemljišta u Republici Srbiji

Značajna ispitivanja zagađenosti zemljišta Republike Srbije su počela 1991. godine na teritoriji Vojvodine. Tom prilikom sakupljeno je 1.600 uzoraka zemljišta koji su uzorkovani sa 14 lokaliteta pod sistemima za navodnjavanje. Ispitivani su uzorci zemljišta do dubine od 0-25 cm, radi sagledavanja uticaja navodnjavanja na procese potencijalnog zaslanjivanja i alkalizacije zemljišta.

Početkom 1993. godine nastavljena su istraživanja (I faza) na području Zemuna, Pančevačkog Rta, delu južno od Save i Dunava, zapadno od Obrenovca, istočno od Stiga i južno od reke Jasenice. Tom prilikom obrađeno je ukupno 600 uzoraka.

Tokom 1994. godine uzorkovani su i laboratorijski obrađeni uzorci sa još 300 lokaliteta, odnosno sa 300.000 ha (II faza).

Program istraživanja parametara stanja ugroženosti zemljišta sačinjen je na osnovu sličnih iskustava u svetu, a obuhvatio je ispitivanje sadržaja teških metala i mikroelemenata (As, B, Cd, Cr, Cu, F, Hg, Ni, Pb i Zn) i ostataka 17 vrsta pesticida u zemljištu – lindan, diazinon, dieldrin, endrin, endrin aldehid, heptahlorepoksid, alahlor, atrazin, prometrin, simazin i terbutrin), kao i mikrobiološke aktivnosti zemljišta (ukupan broj bakterija, broj amonifikatora, slobodnih azotifikatora, gljiva i aktinomiceta), kao parametra stanja kiselosti, količine karbonata, količine humusa i obezbeđenosti zemljišta biljci lako pristupačnim oblicima fosfora i kalijuma.

Rezultati istraživanja iz ovog perioda dati su u “Studiji faze I i II sa Izveštajem za fazu II”, a činile su ih:

1. Stanje obezbeđenosti Zemljišta ispitivanja područja Srbije biljnim hranivima (P_2O_5 i K_2O), humusom, karbonatima i stanje zemljišne kiselosti (pH_{kcl}),
2. Stanje zemljišta ispitivanog područja Srbije u pogledu sadržaja teških metala i ostalih elemenata (As, Cd, Cr, F, Hg, Ni, Pb, B, Cu, Zn),
3. Stanje zemljišta ispitivanog područja Srbije u pogledu brojnosti i enzimske aktivnosti mikroorganizama i
4. Stanje zemljišta ispitivanog područja Srbije u pogledu sadržaja ostatka pesticida.
5. Prikaz dobijenih rezultata u pogledu obezbeđenosti zemljišta biljnim hranivima:
 - a) 511.000 ha ili 59% od ukupno ispitane površine bilo je siromašno do jako siromašno pristupačnim fosforom,

- b) 137.000 ili 17% ima optimalni sadržaj, dok u 25% ili 221.000 ha ispitivanih površina sadržaj fosfora bio je visok ili vrlo visok,
 - c) Samo 73.000 ha ili 8% ispitivanih površina nije imao dovoljno pristupačnog kalijuma,
 - d) 298.000 ili 34% površine bilo je optimalno snabdeveno, a 498.000 ha ili 57% imalo je visok i vrlo visok sadržaj kalcijuma;
6. Stanje zemljišne kiselosti:
- a) Jako izraženo povećanje supstitucione kiselosti (pH_{KCL}) registrovano je u 22% uzoraka, što odgovara površini od 192.000 ha. Ako se tome doda još 292.000 ha kiselog zemljišta, to je ukupno 491.000 ha ili 56% istražene površine u ovom delu Srbije bilo jeugroženo procesima acidifikacije,
 - b) 76% ili 664.000 ha ispitanih zemljišta bilo je bezkarbonatno, dok je 23% bilo umereno karbonatno i samo 1% jače karbonatno.
7. Sadržaj organske materije (humusa):
- a) 95.000 ha ili 11% ispitanih površina je imalo nizak sadržaj humusa
 - b) 745.000 ili 86% zemljišta je bilo srednje do humusno, dok je samo 2% ili 28.000 ha bilo sa visokim sadržajem humusa.
8. Koncentracije teških metala i ostalih elemenata (As, Cd, Cr, F, Hg, Ni, Pb, B, Cu, Zn) u zemljištima ukazivale su na prisutnost ovog problema na 162.000 ha ili 18,6% ispitanih površina. Na ovim površinama utvrđena je i pojava jednog ili više elemenata (najčešće Ni, Cr i Pb, a ređe As, Cd i Cu) iznad dozvoljenih količina ukupnog sadržaja po tadašnjem pravilniku Ministarstva poljoprivrede Srbije. Jedino su koncentracije B, F i Hg u ispitivanom području bile u dozvoljenim granicama.
9. Stanje ispitivanih zemljišnih mikroorganizama:
- a) Ispitivanje brojnosti i enzimatske aktivnosti mikroorganizama pokazalo je da su se faza I i faza II istraživanja razlikovale na osnovu brojnosti pojedinih mikroorganizama, kao i u pogledu njihove aktivnosti. U fazi II zemljišta su, zbog povećane vlažnosti pokazala znatno veće učešće mikroorganizama iz grupe amonifikatora,
 - b) Kod mikroorganizama iz grupe azotobaktera, gljiva i aktinomiceta, uticaj ovih faktora se nije značajno manifestovao.
10. Sadržaj ostataka pesticida: izuzetno nizak sadržaj 17 istraživanih aktivnih materija ukazao je da pesticidi nisu imali veći uticaj na stanje zagađenosti zemljišta.

Deset godina kasnije, 2001. godine ponovljena su detaljna ispitivanja ukupnog, potencijalno pristupačnog i pristupačnog sadržaja teških metala u zemljištima Vojvodine. Ispitivano je 50

lokaliteta. Rezultati su pokazali da je sadržaj biogenih mikroelemenata zavisio od matičnog supstrata i uslova pod kojim je zemljište obrazovano. Izuzetak je bio ukupni, potencijalno pristupačni i pristupačni sadržaj bakra u zemljištima sa lokaliteta Vršac-Vršačke Planine i Petrovaradin-Trandžament na Fruškoj Gori. Dugogodišnja upotreba plavog kamena u tretiranju vinove loze dovela je do povećanja sadržaja svih oblika bakra.

Prikaz i ocena stanja zemljišta za 2016. i 2017. godinu bazirana je na indikatorskom prikazu prema tematskim celinama iz *Nacionalne liste indikatora zaštite životne sredine* („Službeni glasnik RS”, broj 37/11). Osim pojednostavljenog praćenja vrednosti pojedinih parametara, na ovaj način osiguran je kontinuitet u praćenju i ocenjivanju stanja zemljišta na nacionalnom nivou, ali i uporedivost i razmena podataka sa podacima drugih evropskih država. Za izradu ovog izveštaja odabrani su indikatori na bazi dostupnosti i važnosti za ocenu stanja u Republici Srbiji.

Pored kontrole plodnosti, utvrđivan je i sadržaj opasnih i štetnih materija u zemljištima Republike Srbije. Prekoračenje graničnih vrednosti u delu jugoistočne Srbije registrovano je za 7 hemijskih elemenata i to: arsen, kadmijum, hrom, nikl, olovo, cink i fluor. Od ukupnog broja analiziranih uzoraka ispitivanog područja, fluor je prekoračio MDK u 63,33 % uzoraka.

Praćenje stepena ugroženosti zemljišta od hemijskog zagađenja na poplavljenim poljoprivrednim zemljištima sprovedeno je u 15 gradova i opština. Prekoračenje graničnih vrednosti u najvećem procentu zabeleženo je za Ni, Cr i Pb.

U 2016. godini praćenje stepena ugroženosti zemljišta od hemijskog zagađenja sprovedeno je na 172 lokacije u urbanim zonama. Najveći broj uzoraka uzet je sa poljoprivrednog zemljišta u neposrednoj blizini urbanih zona (45) i u blizini prometnih saobraćajnica (43). Prekoračenje graničnih vrednosti u najvećem procentu zabeleženo je za Zn, Cu, Ni i Co.

U 2017. godini praćen je stepen ugroženosti zemljišta od hemijskog zagađenja u urbanim zonama u 14 jedinica lokalne samouprave. Najčešće prekoračenje graničnih vrednosti zabeleženo je za Zn, Cu, Ni, Co i Cd (*Izveštaj o stanju zemljišta u Republici Srbiji, Indikatorski prikaz*, Ministarstvo zaštite životne sredine i Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd, 2018).

Danas su zemljišta Srbije izložena različitim oblicima oštećenja, koja se najčešće javljaju u dva oblika:

- smanjenje površina i degradacija agro-ekološkog kvaliteta poljoprivrednog zemljišta, kao posledica vodne i eolske erozije, zaslanjivanja zemljišta, gubitka hranljivih elemenata, gubitka plodnosti, promene namene zemljišta i sl;
- zagađivanje zemljišta kao posledica rudarske, energetske, industrijske, poljoprivredne i saobraćajne delatnosti.

Razvoj erozivnih procesa jedan je od osnovnih uzroka degradacije zemljišta. Procenjuje se da su erozioni procesi, različitog stepena razvoja, zastupljeni na oko 80% poljoprivrednog zemljišta u Srbiji. Na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku, na području Republike Srbije u 2012. godini erodirano je 6.296 km² zemljišta. U brdsko-planinskim područjima centralne Srbije prevladuje vodna erozija, dok je za teritoriju Vojvodine karakteristična pojava eolske erozije. U Vojvodini je oko 85% poljoprivrednog zemljišta ugroženo eolskom erozijom (Nacionalni program zaštite životne sredine, 2010; Agencija za zaštitu životne sredine, 2013a).

Iskorišćavanje mineralnih sirovina, posebno na površinskim kopovima, dovodi do potpune degradacije zemljišta. Ova pojava je naročito izražena u Kolubarskom i Kostolačkom basenu, gde se vrši eksploatacija lignita koji leži ispod najkvalitetnijih zemljišta.

Intenzivna urbanizacija, razvoj industrije, saobraćaj i poljoprivredna delatnost dovode do opterećenja površinskih slojeva zemljišta velikim količinama otpadnim materijama koje se ne mogu razgraditi procesima samoprečišćavanja.

Zemljišta ruralnih sredina (kao i podzemne i površinske vode) su najčešće ugrožena zagađenjem koje nastaje kao posledica neadekvatnog odvodnjavanja otpadnih voda (neizgrađena kanalizaciona mreža), stvaranja divljih deponija, izostanka dobre prakse u poljoprivredi koja podrazumeva kontrolisanu primenu veštačkih đubriva i pesticida.

Količina olova u benzinu poslednjih godina znatno je smanjena. Međutim višedecenijska upotreba olovnog benzina dovela je do kontaminacije zemljišta olovom duž saobraćajnica. Loše upravljanje otpadom i hemikalijama izaziva oštećenje zemljišta (zauzimanjem prostora i emisijom štetnih i opasnih materija koje se infiltriraju u zemljišni profil).

Karakteristike zemljišta urbano - industrijskih područja u velikoj meri se razlikuju od zemljišta u prirodnim sredinama. Zemljišta urbanih zona pretenduju da budu ograničena za upotrebu, čak i potpuno isključena iz upotrebe.

3. DUVAN

3.1. Značaj proizvodnje duvana

Smatra se da je pušenje duvana u Evropi počelo nakon otkrivanja Amerike (1492. god.). Duvan je u Americi bio upotrebljavan kao sredstvo za uživanje. Kolumbovi mornari su bili prvi pušači u Evropi i oni su potvrdili da ima određena svojstva na čovekov organizam.

Prvi u Evropi počeo je da gaji duvan francuski monah Andre Trebet u oblasti Angounuis i dao mu ime "Angauanska Trava". On je 1556. god. seme preneo sa jednom ekspedicijom iz Brazila.

U Lisabonu je 1558. god. duvan prvi put odgajen u kraljevskoj botaničkoj bašti. Žan Nikot je 1567. god. iz Lisabona preneo duvan u Francusku, zbog svoje zainteresovanosti za lečenje rana i čireva duvanom. Regentica Katerina Mediči je dobila od Žan Nikota kutiju sa burmutom (burmut – sitan duvan za ušmrkavanje) i ušmrkavajući ga izlečila migrenu. Na ovaj način duvan se afirmisao i dobio ime "Herba Medicis" (medicinska trava). U Španiji je prvi uneo seme Hernandes de Toledo, 1560. god. Seme je bilo iz Meksika, kao ukrasno bilje, pod imenom "Tobaco" (Stankov, 1992).

Nemački hemičari Poselt i Rajan su u duvanu otkrili jedan alkaloid 1820. god. i dali mu ime Nikotin, po Žanu Nikotu koji se smatra najzaslužnijim za širenje duvana.

Na Balkansko poluostrvo duvan je prvi put prenet iz Đenove i Venecije u Tursku. Ima podataka da se duvan spominje još u drugoj polovini 16. veka. Prvi put se pominje u blizini Seresa, a pušenje je bilo poznato u Istambulu 1577. god.

Prema nameni, duvan može da se koristi za uživanje i u industriji.

Duvani koji se koriste u industriji upotrebljavaju se za dobijanje nikotina, jabučne i limunske kiseline, koje se koriste u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji. Takvi duvani su: mahorka i kentaki, brazilski i azijski, kao i sve vrste duvanskih otpadaka.

Nikotin je važna sirovina u farmaceutskoj industriji, a posebno za dobijanje vitamina PP. Iz semena duvana može se dobijati ulje. Sadržaj ulja semena duvana kreće se u rasponu od 36-41% od mase semena, a ostatak čine: proteini, skrob i neorganske materije. Glavne masne

kiseline su: linolna, oleinska, palmitinska i stearinska. Ovo ulje ne sadrži nikotin i može se porediti sa drugim jestivim uljima, ali sadrži dosta holesterola. Iz duvana se izdvaja i rutin.

Duvan je jednogodišnja biljka čiji je koren vretenast, a u zavisnosti od sorte, slabije ili jače razvijen i prostire se u površinskom oraničnom sloju. Stablo duvana je cilindričnog oblika, sastavljeno je iz više kolenaca i članaka. Na svakom članku ima jedan list, sa jednim ili dva pupoljka u pazuhu svog lista.

List je produktivan organ, pa se zbog njega i gaji duvan. U zavisnosti od zemljišta, klime i primenjenih agrotehničkih mera, list jedne iste sorte može da ima različitu anatomsku građu, kao i sadržaj organskih materija, pa se zato različito prerađuje i vrednuje.

Cvet duvana je metlica, njene grančice su nejednakih dužina, što uslovljava različite oblike kod raznih sorti duvana. Plod je višesemena čaura i ona sadrži dve do tri hiljade semenki.

Duvan pripada familiji *Solanacea* i rodu *Nicotiana*. Veliki broj vrsta ove familije sadrži alkaloida, pa se koriste u farmaceutskoj industriji. Pored svog narkotičkog dejstva, duvan poseduje i insekticidna dejstva. Krajem 17. veka prvi put je zabeležena upotreba lišća duvana u suzbijanju jedne štetočine na kruški, a u 19. veku duvanska prašina i ekstrat uveliko se upotrebljavaju kao sredstvo za suzbijanje štetočina. Na osnovu ovoga, duvan se koristi kao sirovina za izradu insekticidnih preparata. Rod *Nicotiana* broji blizu sto vrsta, ali sa aspekta proizvodnje duvana značajne su dve: *Nicotiana tabacum* i *Nicotiana rustica*.

3.1.1. *Nicotiana tabacum*

Poznati varijeteti *Nicotiana tabacum* su:

1. *Nicotiana tabacum* var. *fruticosa*, gaji se u celom svetu. Naša sorta "prosečan" dobijena je ukrštanjem, uz učešće ovog varijeteta. List je jajastog oblika, sa dugom golom drškom, koju vršno lišće nema;
2. *Nicotiana tabacum* var. *laneitalia*, gaji se u Ekvadoru, Kolumbiji, Belgiji, Italiji. Neki bugarski duvani su nastali ukrštanjem ovog varijeteta. Ima lišće u obliku koplja, na ivici kovrdžavo, crvene boje;
3. *Nicotiana tabacum* var. *lavonensis*, gaji se u Meksiku, na Kubi i Filipinima. To su najfiniji i najaromatičniji duvani. Tip Jaka ima osobine ovog duvana;

4. *Nicotiana tabacum* var. *virginia* gaji se samo u SAD, neko vreme se gajio i u našoj zemlji. List je veliki i jake strukture, a cvet je crven;
5. *Nicotiana tabacum* var. *brasiliensis*, rasprostranjen je u Evropi i Americi. Hercegovački duvani su nastali ukrštanjem ovog varijeteta. Lišće mu je eliptično i zašiljeno, cvet je crven;
6. *Nicotiana tabacum* var. *makrophylla* iz Merilenda, kao list se gaji u Indiji, Grčkoj i Bugarskoj. Od ovog varijeteta natali su hercegovački duvani koji imaju široko lišće sa tankim perajima i ružičastim cvetom. Ukrštanjem tri poslednja varijeteta nastali su najbolji aromatični duvani u svetu.

3.1.2. *Nicotiana rustica*

Duvani ove sekcije su niži rastom od *Nicotiana tabacum*, imaju okruglastije lišće sa grubom dugom drškom, debelog tkiva i grubim glavnim nervom, dok im je cvet žute boje.

Nicotiana tabacum obuhvata veći broj varijeteta koji se razlikuju prema fitogeografiji:

Nicotiana rustica var. *rustica* (Texas, Mexico, Brazil)

Nicotiana rustica var. *texana* (Mexico, Sonora, Texas)

Nicotiana rustica var. *jamaicensis* (Mexico, Guatemala, Jamaica)

Nicotiana rustica var. *brasilica* Schrank (Brazil, Hungary)

Nicotiana rustica var. *asiatica* Schrank (Syria, Arabia, Persia, Abyssinia)

Nicotiana rustica var. *humilis* Schrank (Peru)

Pored navedenih sorti poznata je hibridogena kultivisana sorta poznata u Rusiji kao "Maharka", koja se koristi u industriji za dobijanje nikotina i limunske kiseline.

Sve vrste duvana svrstavaju se u odgovarajuće eko - tipove i u odgovarajuće robne tipove (sa stanovišta podele) i robne tipove prema upotrebnoj vrednosti u duvanskoj industriji, i mogu se podeliti na:

1. Grupu robnih tipova cigaretnih duvana, gde spadaju:
 - orijentalni sitnolisni duvani;
 - orijentalni krupnolisni duvani;

- američki cigaretni duvani sušeni veštački;
- američki cigaretni duvani sušeni prirodno.

2. Grupu robnih tipova cigaretnih duvana, gde spadaju:

- duvan za uložak cigara;
- duvan za navoj cigara;
- duvan za omot cigara.

3.2. Agrotehnika duvana

Zahvaljujući povoljnim prirodnim uslovima, zemljištu i klimi, u našoj zemlji su se gajili svi tipovi duvana – orijentalni, poluorijentalni i krupnolisni. Za razliku od većine poljoprivrednih kultura, duvan se proizvodi u dve etape: prva etapa je proizvodnja rasada, a druga je gajenje duvana na njivi.

Proizvodnja kvalitetnog rasada jedan je od bitnih preduslova za uspešnu proizvodnju na njivi. Kod nas se rasad uglavnom proizvodio u polutoplom lejama pod polietilenskom folijom. Poslednjih godina, u svetu se za proizvodnju rasada krupnolisnih duvana (virdžinije i berleja) sve više koristi metod kontejnerske proizvodnje sa podlogom (plutajući i viseći sistem). Mesto rasada treba da bude dobro očeđeno, od vetra zaklonjeno i osunčano. Zavisno od plodnosti zemljišta, na 10 m² leje upotrebljava se 0,5 – 1 kg kompleksnog đubriva. Pre setve se primenjuju insekticidi protiv zemljišnih štetočina. Nakon završene dezinfekcije, vrši se zasađivanje duvanskog semena. Završetkom setve duvana leja se pokriva sitnim pregorelim stajskim đubrivom, debljine grafitne olovke, koje se predhodno dezinfikovalo metilbromidom. Zatim se duvanske leje prekrivaju polietilenskom folijom. Nega rasada obuhvata: polivanje, provetravanje, prihranjivanje, proređivanje i plevljenje. Rasad je stasao za rasađivanje kada mu je stabaoce čvrsto, biljčice razvijaju 5 – 6 listova dužine 10 – 12 cm, kod orijentalnih i 14 – 20 cm (berlej i virdžinija). U toj fazi korenov sistem je dobro razvijen i može se izvršiti presađivanje duvana na njivi (Jovanović, 2001).

Rasađivanje rasada na njivi je jedna od najznačajnijih agrotehničkih mera. Uspeh rasađivanja zavisi od više činilaca, kao što su: vreme, gustina rasađivanja, priprema zemljišta i tehnika rasađivanja. Preostali rasad u lejama se neguje sve dok za njim ima potrebe. Nakon toga, rasad treba uništiti da ne bi služio kao izvor zaraze, bolesti i štetočina.

3.2.1. Zalamanje cvasti i suzbijanje zaperaka

Tipska odlika virdžinije i berleja je da se posle formiranja cvasti, ili ranije iz pazuha listova ovih duvana razvijaju zaperci, čije se razviće završava formiranjem cvasti i semena. Masa zaperaka često puta nadmašuje masu osnovnog stabla i matičnog lišća, što ukazuje na to da zaperci troše velike količine hranljivih materija na račun matičnog lišća.

Zalamanjem cvasti i suzbijanjem zaperaka sprečava se gubitak hranljivih materija koje odlaze u zaperke, tako da matično lišće koristi hranljive materije u potpunosti. Na taj način prinos može da se poveća za 20 – 30% i znatno poboljša kvalitet proizvedenog duvana. Kada se cvast zalomi, potencira se razviće zaperaka. Zato je veća greška zalomiti cvast ane suzbiti zaperke, nego ne zalomiti cvast i ne suzbiti zaperke.

Cvast treba zalomiti u vreme kada je oko 50% biljaka na parceli izbacilo cvast (buton). Sa zalamanjem se uklanjaju i 2 – 4 vršna lista. Cvast može da se zalomi ručno ili mašinskim putem. Najbolji period dana za zalamanje je jutro, tada je biljka krta i lako se lomi.

Zaperci mogu da se odstranjuju ručno, hemijskim putem ili kombinacijom oba načina. Ručno odstranjivanje se vrši na malim površinama, jer zahteva dosta radne snage.

Kombinovani način podrazumeva da se zaperci najpre ručno odstrane i da se zatim obavi hemijsko tretiranje preparatom Royal MH – 30.

Suzbijanje zaperaka hemijskim putem vrši se upotrebom preparata sa kontaktnim i sistematičnim delovanjem na zaperke. Kontaktni preparati se primenjuju kada zaperci dostignu veličinu 1 – 3 cm. Da bi preparat uništio zaperke, potrebno je da on dođe u kontakt sa njima. Zbog toga se ovi preparati nanose na biljku pod malim pritiskom prskalice, tako da se rastvor preparata sliva na stabljiku i dolazi u kontakt sa zapercima.

3.2.2. Berba i sušenje duvana

Berba lišća duvana je veoma značajna mera u proizvodnji duvana, od koje u mnogome zavisi kvalitet i prinos duvana. Lišće duvana sazreva postepeno, od osnove biljke prema vrhu. Najčešće sazreva 2 – 4 lista nedeljno. Berba se obavlja onda kada lišće dostigne tehničku zrelost.

Tehnička zrelost je faza u razviću lišća kada se u njemu uspostavlja ravnoteša između stvaranja i razgradnje organskih materija i kada lišće ima najviše suvih materija i njihov

najpovoljniji odnos, vezano za kvalitet duvana. Zbog toga, berba lišća u ovoj zrelosti obezbeđuje najveći prinos i najbolji kvalitet duvanske sirovine.

Tehnička zrelost se poznaje po spoljašnjim znacima koji se različito ispoljavaju, zavisno od tipa duvana, insercije, agrotehlike i dr. Osnovni znaci tehničke zrelosti lista su: pojava svetlozelene do svetložute boje lista, beličasta boja glavnog dela i naboranost – klobučavost površine lista, lako se odvaja od biljke i dr. U slučajevima kada se cvast zalomi, lišće je sadržajnije – punije, i u tehničkoj zrelosti, osim promene u boji, pojavljuju se žute pege, kao posledica dobre ishranjenosti lista. Vezano za tehničku zrelost, lišće podbira treba da se bere kada dobije svetlozelenu boju, lišće nadpodbira kada svetlozelena prelazi ka žutozelenoj, a srednje i gornje lišće kada dobije svetložutu boju.

Česta pojava je da lišće prisilno sazreva. To se dešava kada biljci nedostaje azot, kada vlada dugotrajna suša i visoke temperature, kada je lišće zasenjeno i dr. Prisilna zrelost nije prava tehnička zrelost i zato se odražava na smanjenje prinosa i kvaliteta duvana. Kako lišće sazreva, tako se i bere. Kod orijentalnih duvana, po jednoj berbi, sa biljke se skida 3 – 5 listova, kod berleja 3 – 4 lista i kod virdžinije 2 – 3. Međutim, ako se kod virdžinije i berleja zalomi cvast i suzbiju zaperci, može da se skine i veći broj listova i smanji broj berbi. Duvan se bere u jutarnjim časovima ručno, ali kod virdžinije postoje i kombajni za poluautomatsku i automatsku berbu lišća na većim površinama. Kod berleja, pored berbe lišća, kao i kod drugih tipova duvana, postoji i metod korišćenja celih biljaka sa lišćem, koje se skida sa stabljike nakon što se osuši na njoj. Obrano lišće se niže na nizovima (orijentalni, poluorijentalni, berlej) ili se slaže u posebne ramove ili boksove - virdžinija (Jovanović, 2001).

Sušenje orijentalnih i poluorijentalnih duvana kod nas se uglavnom vrši pod polietilenskom folijom. Sušenje se odvija u dve faze – štavljenje i isušivanje lista.

Štavljenje nanizanog duvana treba da se vrši u toplim, vlažnim i tamnim prostorijama, na temperaturi od 25 – 35°C i u relativnoj vlažnosti oko 75 – 85%. Ovaj proces traje 1- 4 dana, sve dok zelena boja ne pređe u bleđućkastu.

Isušivanje lista je druga faza, koja ima za cilj da se iz lista izbaci preostala voda, i da se list isuši. Ona se vrši u polietilenskim sušnicama, sa dosta ventilacije ili na ramovima izbačenim direktno na sunce. U toku sušenja može da dođe do sledećih oštećenja duvanskog lišća:

- zelenčivost se javlja u uslovima naglog - brzog isušivanja lista, a pogotovu ako se u sušnicu unese zelen – neštavljen duvan, pri visokoj temperaturi, ili ako je lišće jače oštećeno od tripsa;
- išaranost (tursko pismo) se najčešće javlja kod donjih insercija. Posledica je smanjen kvalitet duvana. Jače se šara lišće koje sadrži veće količine vode, i lišće biljaka gajenih na izrazito lakim i siromašnim zemljištima, u uslovima obilnih padavina i dr.;
- pregorelost se javlja kada su smanjeni uslovi za oslobađanje vode iz lista (oblačno i kišno vreme). Oštećeno lišće dobija tamno kafenu boju i znatno gubi na kvalitetu.

3.2.3. Smeštaj i čuvanje duvana

Posle završenog sušenja, duvan treba pravilno skladištiti radi čuvanja, do predaje na otkup. Osušeni duvan u nizama treba sakupiti u petice i iste smestiti na promajna i suva mesta (tavan, streje, šupe, hangari). Kod virdžinije, posle završenog sušenja, duvan se skida sa ramova, pakuje u proizvođačke – jarma bale i skladišti u suve prostorije. (Spasić, 2000)

Dok je trajala proizvodnja duvana u Srbiji se skladištilo oko 7,5 hiljada tona duvana godišnje. Deo te količine je bio sirovi duvan u listu, čije skladištenje traje 2 – 3 meseca i fermentisani, koji se skladištio dve i više godina. Pored toga, duvan koji je bio skladišten u kartonskim kutijama bio je izložen napadima štetočina.

3.3. Ekologija duvana

Duvan pripada grupi biljaka koje se znatno menjaju pod uticajem uslova spoljašnje sredine: toplote, vlage, svetlosti, vetrova i zemljišta. Navedeni ekološki faktori deluju kako na morfološke i biološke osobine duvana, tako i na njegove fizičke, hemijske i degustativne osobine.

3.3.1. Uticaj toplote na duvan

Biohemijski procesi u biljci odigravaju se pod određenim temperaturnim uslovima. Toplota je jedan od osnovnih faktora za opstanak duvana, ona u stvari predstavlja vrstu energije koja u biljnom organizmu ima određenu funkciju i transformaciju.

Minimalna temperatura za razvitak duvana je od 8 - 10°C. U uslovima niže temperature od ove, biljka usporava normalne fiziološke funkcije, postaje nesposobna da putem osmoze iz

zemljišta izvlači potrebnu količinu hranljivih materija i vode, pa samim tim dolazi do uginuća biljke.

Optimalna temperatura za normalan rast i razvitak duvana iznosi 20 - 30°C, a maksimalna 40 - 50°C. Visoke temperature, naročito pri nedostatku vode u zemljištu izazivaju "podgorevanje lišća". Podgorevanje počinje od vrha i ivice lista i širi se prema sredini. Više temperature mogu da budu naročito štetne kada nastaju nakon dužeg perioda izobilne vlage ili neposredno posle rasađivanja. Kao posledica ove pojave nastaje usporavanje razvitka duvana, pa se formiraju nedovoljno razvijene biljke, tzv. "čučavci" (Uzunoski, 1987).

Parups i Nielsen smatraju da je temperatura od 8°C nedovoljna za uspešan rast biljke. Prema ovim autorima, najbolja temperatura u njihovim ogledima bila je 22°C, dok je temperatura od 29°C već prouzrokovala izvesno usporavanje rasta. Osim toga ovi autori smatraju da optimalna temperatura uvek obezbeđuje i najbolje iskorišćavanje hranljivih materija (Uzunoski, 1987).

Niže noćne temperature od 16°C u prvom periodu vegetacije do nastupanja svetlosnog stadijuma mogu da uspore stvaranje lišća na stabljici, čime se smanjuje ukupni broj listova na struku. Toplotni uslovi, takođe utiču i na vegetacioni period duvana. Uticaj srednje letnje temperature na dužinu vegetacionog perioda dati su u tabeli 7.

Tabela 7. Uticaj temperature na dužinu vegetacionog perioda (po Ščerbačovoj)

Srednja letnja temperatura u °C	Dužina vegetacionog perioda u danima
18	175
22	130
25	120
26-27	100

Temperatura kao ekološki faktor utiče zajedno sa ostalim faktorima na duvan. Tako, visoke temperature stimulatивно utiču na proces rasta i razvitka duvana samo u uslovima povoljnog vodnog režima. Kada je prisutan povoljan vodni režim i kada ima dovoljno hranljivih materija, najbolji prinos i kvalitet se dobijaju pri optimalnoj temperaturi od oko 28°C. Međutim, u uslovima ograničenog snabdevanja vodom (čest slučaj u oblastima gde se proizvodi orijentalni tip duvana) optimalna temperatura je niža i iznosi oko 24°C. Zato dužina vegetacionog perioda nije samo odlika sorte, već ona zavisi od vlage, režima ishrane i drugo.

Faza rasada u procesu razvića duvana naročito je osetljiva na promenu temperature. Pri optimalnim temperaturnim uslovima dužina rasadskog podperioda iznosi oko 40 dana. Međutim, u našim temperaturnim uslovima, naročito u prvim fazama razvitka rasada, dužina rasadskog perioda povećava se na 55 - 70 dana. Nedovoljna količina toplote, naročito u fazi ukorenjavanja rasada, negativno utiče ne samo na normalni rast i razvitak duvana, već i na njegovu otpornost na mnoge bolesti. Slična se situacija zapaža i u toku ukorenjavanja na njivi (Uzunoski, 1987).

Duvani koji se rasade rano na hladnom zemljištu (koje na dubino od 10 cm nema temperaturu od 10°C) slabo se razvijaju i ako je temperatura vazduha viša. U ovakvim slučajevima osnovni uzrok usporavanja rasta duvana zasniva se na relativno velikoj transpiraciji vode iz lišća, zbog visoke vazdušne temperature u uslovima nižih temperatura zemljišta, koju uslovljavaju usporen dotok vode u biljku. Iz ovog razloga duvan se na njivi ne sadi ako zemljište na dubini od 10 cm nema temperaturu od 10°C.

Termički uslovi posebno utiču na duvansko lišće u toku njegovog sazrevanja. Niske temperature jedan su od osnovnih razloga za smanjivanje kvaliteta lista duvana. U praksi, zbog nižih temperatura, najviše su pogođene gornje insercije, koje najčešće nemaju uslova da pravilno sazru, baš zbog niskih temperatura u tokunjihovig zrenja. Za dobijanje duvanske sirovine visokog kvaliteta neophodno je da lišće zri na tempereaturi ne nižoj od 20°C (Uzunoski, 1987).

Temperatura kao ekološki faktor različito utiče na tehnološke osobine duvana što zavisi od tipa duvana. Tako npr., ukus i aromatična svojstva orijentalnih tipova duvana obrazuju se samo u uslovima optimalnih temperatura u toku zrenja lišća gornjih insercija, dok pri temperaturama nižim od 15°C dobijaju se duvani koji ne odgovaraju kao sirovina za promet i konzumaciju.

U literaturi se često sreće podatak da je uticaj temperature na razviće duvana dvojak: stimulativan pri dovoljnoj i destimulativan pri nedovoljnoj količini vlage. Visoka temperatura pri dovoljnoj količini vlage uslovaljava snažan razvitak, dok pri nedovoljnoj količini vlage visoka temperatura povećava negativne posledice suše.

Od velikog značaja za pravilan razvitak, zrenje i sušenje orijentalnih duvana su i temperaturne razlike u toku dana i noći. Ukoliko su manje izražene ove razlike, utoliko se

bolje razvija i sazreva duvan. Najbolji rezultati dobijaju se kada ove temperaturne razlike tokom dana i noći ne prelaze 10°C tokom vegetacionog perioda duvana.

3.3.2. Uticaj vlage u zemljištu na duvan

Za uspešno gajenje duvana, bez obzira o kom se tipu duvana radi, potrebno je u toku celog vegetacionog perioda da biljke budu obezbeđene određenom količinom vode, i ako ova potreba nije jednaka za sve faze rasta i razvitka duvana. Količina potrebne vode raste od rasađivanja i dostiže svoj maksimum u fazi butonizacije i početkom cvetenja.

Prema Bučinskom, u fazi ukorenjavanja duvana u njivi, biljka koristi samo nekoliko grama vode u toku 24 časa. Međutim, sa porastom biljke potreba za vodom se povećava: u početku intenzivnog rasta dostiže 50 - 100 g po jednom struku, a u periodu najvećeg porasta do jednog litra u toku dana, pa i više, tj. preko 100 m³ vode na jedan ha u toku 24 časa. U toku zrenja i berbe lišća potrebna količina vode (da bi se dobila kvalitetna sirovina) treba da se smanji na 250 g u toku jednog dana (Uzunoski, 1987).

Niska relativna vlažnost vazduha i visoka temperatura povećavaju transpiraciju i gubitak vode iz biljke. Prema Bučinskom, najveći prinos i dobar kvalitet mogu se obezbediti ako se vlažnost zemljišta u toku celog vegetacionog perioda kreće od 60 - 80% punog kapaciteta zemljišta. Normalnim snabdevanjem vode vegetacioni period se skraćuje, povećava se broj listova na struku, poboljšava se kvalitet i povećava prinos duvana, što je prikazano u tabeli 8.

Tabela 8. Uticaj vlažnosti zemljišta na razvitak i prinos duvana (po Bučinskom)

Vlažnost zemljišta u % od kapilarne važnosti			Visina biljke u cm	Prirast visine u toku dana u cm	Broj listova	Broj dana do pojave cvetnog pupoljka	Prinos vazdušnosuve mase lisne ploče u cm
Period							
I	II	III					
80	80	80	107	1.57	33	68	117
60	60	60	99	1.15	37	86	100
40	40	40	41	0.34	23	120	52
60	60	40	80	0.84	35	95	76
60	40	40	54	0.47	24	115	65

40	60	60	100	1.06	35	94	108
40	40	60	64	0.56	25	114	81

Povećanje vlažnosti zemljišta povećava razmeru ćelija, listovi postaju tanji sa slabije razvijenom nervaturom i manjim brojem stoma. Takvi listovi dobijaju šitu formu, ali pri pušenju imaju slabiju aromu. Suprotno tome, pri ograničenom snabdevanju biljaka vodom, vegetacioni period se produžava i smanjuje se razmer ćelija i lista, a povećava njihova debljina i veličina provodnog sistema. Takođe, smanjenjem vlažnosti zemljišta, povećava se sadržaj azotnih materija i nikotina u listu, a ugljenohidratni kompleks se smanjuje. Zbog toga je duvan u vlažnim godinama mekšeg ukusa, manje jačine i slabije arome.

Posebni značaj ima optimalno obezbeđivanje biljaka vodom u fazi ukorenjavanja duvana na njivi. U slučaju nedostatka vode u ovoj fazi, biljke "čekaju", ne razvijaju se, sve dok ne nastupe povoljniji uslovi u odnosu na vlagu. Ovakvi uslovi dovode do rasta korena u dubinu, a kada nastupe bolji uslovi u odnosu na temperaturu i vlagu, biljke dostižu normalan rast.

Nedostatak vode se odražava i na produžetak vegetacionog perioda duvana. Produžetak nastaje kao posledica zadržavanja stadijuma jarovizacije, koja ne može normalno da se odvija u uslovima izrazitog nedostatka vode. Međutim, kod orijentalnih aromatičnih duvana smanjena vlažnost zemljišta i vazduha, od cvetanja do kraja vegetacije, ne utiče negativno na prinos duvana. Preterana suša i u ovom slučaju ne poboljšava aromatičnost i kvalitet duvana, jer se količina belančevina u listu povećava (Uzunoski, 1987).

Visoka vlažnost u fazi ukorenjavanja, i tokom prelaza od vegetativne u generativnu fazu, takođe, negativno utiče na duvan. Jedna od odlika duvana jeste da on lakše podnosi nedostatak vode nego njenu prekomernost.

Vlažnost zemljišta u velikoj meri utiče na pušačke osobine duvana. Smanjenjem vlage u zemljištu povećava se jačina duvana pri pušenju, jer u ovom slučaju sardži veću količinu azota i nikotina u lišću, a manju količinu ugljenjih hidrata.

Prema istraživanju Atanasova, dobijanje orijentalnog tipa duvana zavisi od dva uslova - ukupna količina padavina ne treba da bude velika, i one bi trebalo postepeno da se smanjuju. Analizirajući podatke o padavinama u tipičnim oblastima orijentalnih duvana i u zemljama u kojima se proizvode krupnolisni duvani došao je do saznanja da ukoliko je količina padavina

u toku 4 meseca vegetacionog perioda veća od 250 mm, u tom slučaju se neće dobiti duvan orijentalnog tipa, već krupnolisni duvan. Autor smatra da gornja granica gajenja orijentalnih duvana iznosi 250 mm padavina za vreme vegetacionog perioda, a donja oko 100 mm. Kada je količina padavina manja od 100 mm, nije moguće gajiti duvan bez navodnjavanja. Optimalna količina vode u toku vegetacionog perioda, za proizvodnju orijentalnih duvana visokog kvaliteta iznosi 120 - 150 mm (podaci se odnose na srednje propustljiva zemljišta pri srednjoj temperaturi vegetacionog perioda od 22°C). Optimalni raspored padavina za orijentalni tip duvana je kada se one u toku sva 4 meseca vegetacije postepeno smanjuju. Smanjivanje padavina za svaku dekadu treba da iznosi 2 mm, računajući od optimuma koji za prvu dekadu treba da iznosi 22 mm.

Krupnolisni duvani tipa virdžinija i berleja traže veće količine vode. Zbog toga proizvodnja ovih duvana locirana u zemljama u kojima količina padavina u letnjem periodu iznosi 300 - 650 mm.

Prema ulozi vode u razvitku divana razlikuju se tri perioda. Prvi period počinje od ukorenjavanja biljke i završava se razvitkom od 1/3 do 2/3 normalnog broja listova. U ovom periodu nedostatak vode dovodi do reduciranja rasta, koji može biti privremenog karaktera (rast se može obnoviti sa snabdevanjem biljke vodom). Nedostatak vode u ovom periodu utiče i na korenov sistem i lisnu masu duvana koji takođe stagniraju u rastu.

Režim vode u drugom periodu, koji je ograničen butonizacijom biljke, utiče na morfologiju i hemijsko - tehnološka svojstva lista. U uslovima povećane količine vode lišće duvana dobija higrofitni karakter, dok nedostatkom vode oni postaju kserofitni. Ako u ovom periodu biljkama manje vlage od prethodnog perioda, rast biljke će se usporiti. Međutim, ako se biljka nađe u uslovima boljeg snabdevanja vodom, njen će rast biti bujniji, što zavisi od količine vode u zemljištu.

Treći period razvića duvana obuhvata period od butonizacije do kraja vegetacije. U ovom periodu vlaga ne utiče u velikoj meri na veličinu produkcije kao u prethodnom periodu.

Uzajamni uticaj temperature i vlage kao ekoloških faktora na duvan predstavljaju osnovu njegovog opstanka; sniženje ili porast temperature utiče na iskorišćavanje padavina od strane biljke, ali i ista količina padavina pri određenoj temperaturi može biti optimalna, dok pri drugoj temperaturi ta količina padavina može biti nedovoljna.

Odnos temperature i vlage može se izraziti indeksom po Martoneu, čija formula glasi:

$$i = 12P / T + 10$$

i - indeks suše po Martoneu,

P - zbir mesečnih padavina kao srednja dugogodišnja vrednost i

T - srednja mesečna temperatura za određeni mesec (srednja dugogodišnja)

Tabela 9 Mesečni indeksi suše (po Martoneu)

Reoni	Meseci			
	VI	VII	VII	IX
Vranje	25	12	15	16
Niš	27	13	15	12
Leskovac	23	17	16	13

3.3.3. Uticaj svetlosti na duvan

Svetlost kao ekološki faktor ima veliki značaj za razvitak, prinos i kvalitet duvana. Orijentalni duvani zahtevaju više svetlosti. Osvetljavanje duvana zavisi od geografske širine, čistoće vazduha, nadmorske visine, oblačnosti, gustine rasađivanja i dr.

Intenzitet transpiracije zavisi od sunčeve svetlosti. Delovanje svetlosti naročito se odražava na anatomske sastav listova, na njihove fiziološke, morfološke i tehnološke osobine. Duvan koji raste u senci, ili u nedovoljno osvetljenom prostoru, razlikuje se od duvana gajenog na osunčanoj podlozi. Biljke duvana koje se nalaze u senci karakterišu se tanjim i nežnijim lisnim tkivom, imaju manji broj stoma, a pored toga menjaju svoju tipsku veličinu, oblik i boju lišća. Ova činjenica je bitna prilikom proizvodnje rasada duvana (kada je rasad gust, svetlost je ograničena pa biljka ima slabo razvijen korenov sistem i ima nežniju stabljiku). Takve se biljke teško prihvataju na njivi.

Osvetljavanje duvana utiče i na njegov hemijski sastav. Bolje osvetljavanje duvana utiče pozitivno na intenzitet asimilacije, naročito na asimilaciju ugljenih hidrata i nikotina. Takođe, svetlost utiče pozitivno i na taloženje veće količine eteričnih ulja u listove duvana.

3.3.4. Uticaj vetra na duvan

Vetar predstavlja ekološki faktor koji deluje na promenu drugih ekoloških faktora u proizvodnji duvana.

Suvi i topli vetrovi povećavaju intenzitet transpiracije i pojačavaju isparavanje vode iz zemljišta. Naročito velike štete stvaraju jaki vetrovi koji mogu mehanički da oštete duvan. Zbog toga, tereni koji su izloženi jakim vetrovima nisu pogodni za uzgoj duvana.

Pozitivan uticaj vetra odnosi se na vetrove u kotlinama jer donosi osveženje kojim se pojačavaju procesi fotosinteze.

Negativan uticaj vetra na duvan je u tome što on prenosi uzročnika bolesti plamenjače, prenose i spore gljivice *Pernospora tabacina* Adam na velika rastojanja od izvora zaraze.

3.3.5. Uticaj kvaliteta zemljišta na proizvodnju duvana

Kvalitet i prinos duvana zavise i od zemljišta. Oblasti gde se duvan proizvodi odlikuje se raznovršnošću zemljišta.

Proizvodnja orijentalnog tipa duvana ograničena je na određene reone i površine. I orijentalni tip duvana kao i krupnolisni mogu se gajiti na svim tipovima zemljišta koja su pogodna za gajenje i drugih kultura. Međutim, samo u određenim zemljišnim i klimatskim uslovima dobija se duvan dobrog prinosa i kvaliteta.

Sastav i struktura zemljišta utiču na proizvodnju duvana. Visok prinos i dobar kvalitet orijentalnih tipova duvana dobijaju se na zemljištu lakog mehaničkog sastava, po strukturi na rastresitom zemljištu, koje se odlikuje dobrim vodenim i toplotnim režimom, dobrom aeracijom i dobrom propustljivošću. Visoka skeletnost osnovna je odlika zemljišta pogodnih za formiranje duvanske produkcije visokog kvaliteta. Šljunkovita zemljišta, koja sadrže oko 10% gline sa visokom skeletnošću, smatraju se veoma pogodnim zemljištem za proizvodnju orijentalnih duvana. Ova zemljišta karakterišu se dobrim toplotnim svojstvima, dobrom propustljivošću i dobrom aeracijom. Takođe, pogodnim zemljištem se smatraju glinasto - peskovita i peskovito - glinasta ako sadrže šljunak.

Položaj zemljišta veoma je značajan u proizvodnji duvana. U reonima orijentalnog tipa duvana zemljišta se dele na brdska, padinska i ravničarska. Prva grupa zemljišta poznata je po

proizvodnji mirišljavih i aromatičnih duvana. Na drugoj grupi zemljišta proizvode se duvani sa većim lišćem, sa smanjenom mirišljavošću i aromatičnošću. Na trećoj grupi zemljišta rastu orijentalni duvani niskog kvaliteta.

Ekspozicija zemljišta je takođe značajna za proizvodnju duvana. Ona dopunjuje delovanje reljefa u intenzitetu klimatskih faktora pri proizvodnji duvana. Ekspozicija menja intenzitet pedoloških procesa u zemljištu. Zemljišta sa južnom ekspozicijom su u toku dana najduže izložena suncu, pri čemu je isparavanje najintenzivnije. Severna ekspozicija zemljišta pruža manju osvetljenost duvanu. Zemljišta sa ovakvom ekspozicijom su hladnija, vlažnija i izloženija dejstvu jačih vetrova (najnepovoljnija ekspozicija za proizvodnju duvana).

Kamenita zemljišta pozitivno utiču na prinos i kvalitet duvana, zbog njihovog delovanja na režim vode, jer povećavaju propustljivost. Na ovakvim zemljištima padavine ovlažuju zemljišta do veće dubine, što omogućuje dublji razvitak korenovog sistema duvana.

Najbolji rezultati u proizvodnji orijentalnog tipa duvana postignuti su na krečnim zemljištima, zatim na zemljištima nastalim od eruptivnih stena, na kristalnim škriljcima, a na poslednje mesto dolaze zemljišta formirana od mergela i glinastih šista. Pozitivan uticaj krečnih zemljišta na prinos i kvalitet duvana je zbog harmoničnog odnosa skeletnog dela zemljišta i koloidne glinaste mase, odnosno zbog njihove velike propustljivosti i obezbeđenja optimalnom količinom hranljivih materija (Uzunoski, 1987).

Duvan ima specifične zahteve i prema hemijskom sastavu zemljišta, odnosno prema fiziološki aktivnim količinama osnovnih biohemijski značajnih elemenata u zemljištu. Kvalitet i prinos duvana zavise od lako rastvorljivih soli iz zemljišta. Na zemljištu sa manjim sadržajem rastvorljivih soli dobija se produkcija sa manjim sadržajem belančevina i boljeg ukusa. Povećan sadržaj soli u zemljištu, povećava količinu materije u duvanskim listovima koja negativno utiče na kvalitet duvana.

Formiranje kvaliteta i prinosa duvana zavisi od sadržaja humusa u zemljištu. Humus popravlja vodni režim i fizičke osobine zemljišta.

Proizvodnja virdžinije i berleja u svetu je prisutna na različitim tipovima zemljišta. Međutim, i za ove tipove duvana zemljište treba da ima dobru propustljivost, da ne zadržava vodu, da je sa dobrom aeracijom i sa dobrim toplotnim osobinama. Teška i hladna zemljišta otežavaju normalan razvoj korenovog sistema i produžavaju vegetacioni period duvana.

3.4. Hemijski, fizički i degustativni pokazatelji kvaliteta duvana

3.4.1. Hemijski pokazatelji kvaliteta duvana

Hemijski sastav duvana ima veliki uticaj na kvalitet duvanske sirovine. Duvan je sastavljen iz organskih i neorganskih materija. Organske materije u duvanu čine oko 80% suve supstance i a 20% čine mineralne materije - pepeo.

Na kvalitet duvana s aspekta hemijskih pokazatelje od velikog značaja su:

- suva materija
- mineralne materije
- belančevine
- azotne materije
- alkaloidi
- ugljeni hidrati
- polisaharidi
- glukozidi i polifenoli
- pektinske materije
- organske kiseline
- aromatične materije
- pigmenti.

3.4.1.1. Suva materija

Sveže ubrano duvansko lišće sadrži velike količine vode od 75 - 90%, u zavisnosti od sorte, insercije i uslova gajenja. List sušenjem postepeno gubi deo vode i postaje krut i lomljiv. Voda, koju list ispušta sušenjem, naziva se higroskopna voda. Sušenjem duvanskog praha u laboratorijskim uslovima na temperaturi od 105°C jedan sat on gubi higroskopnu vlagu i ostaje u apsolutno suvom stanju. Materija koja ostaje posle ovog dehidriranja zove se apsolutna suva materija. Apsolutno suva materija je veoma bitna, jer se sastav pojedinih biohemijskih komponenti obračunava prema ukupnom sadržaju apsolutno suve materije.

Suva materija je nosilac svih komponenti sastava duvana. Stvaranje suve materije u lišću duvana zavisi od uzrasta biljke duvana, insercije, sorte i uslova gajenja.

3.4.1.2. Mineralne materije

Mineralne materije duvana čine znatan deo suve materije. Kod duvana sadržaj mineralne materije se kreće od 20 - 25%, što zavisi od sorte, klime, zemljišta, kao i insercije (Stojanović, 1967).

Mineralne materije služe kao gradivni materijal u biljnom tkivu i učestvuju u enzimskim reakcijama koje uslovljavaju metabolizam.

Soli kalijuma stimulišu sagorevanje, kalcijum ne utiče na sagorevanje, dok veća količina magnezijuma negativno utiče na sagorevanje duvana. Sulfati veoma štetno utiču na sagorevanje duvana (Uzunoski, 1987).

Sagorevanje ne zavisi samo od odnosa mineralnog i organskog dela listova, nego i od sastava i međusobnog odnosa komponenti mineralnog kompleksa duvana.

Tabela 10. Sadržaj mineralnih komponenti u zavisnosti od tipa duvana (Uzunoski, 1987)

Tip duvana	Pepeo	Procenat					
		CaO	K ₂ O	C	MgO	P ₂ O ₅	SO ₄
Orijentalni	14.78	4.22	2.33	0.69	0.69	0.47	1.40
Flue-cured	10.81	2.22	2.49	0.84	0.36	0.51	1.23
Berlej	24.53	8.01	5.22	0.91	1.29	0.57	1.98

Stariji listovi sadrže veće količine mineralnih materija. One se povećavaju od gornjih prema donjim insercijama. Sadržaj mineralnih materija u negativnoj je korelaciji sa kvalitetom duvana, povećanjem sadržaja mineralnih materija kvalitet opada.

3.4.1.3. Azotne materije

Azot se u duvanu nalazi u mnogobrojnim jedinjenjima koja imaju veliki značaj prinos duvana, njegovu tehnološku vrednost i kvalitet duvanske sirovine.

Azotne materije u duvanu prisutne su kao rastvorljive (aminokiseline, amidi, amini, amonijak i alkaloidi) i nerastvorljive (belančevine).

Merilo za sadržaj azotnih jedinjenja u duvanu je sadržaj azota koji se nalazi u svim azotnim jedinjenjima u duvanu i on predstavlja ukupni azot. Ukupni azot nije podjednako zastupljen u

svim grupama azotnih jedinjenja u duvanu. Najviše se javlja kao azot belančevina, a manje kao azot amonijaka i nikotina, a najmanje kao nitratni azot (Tabela 11).

Tabela 11. Sadržaj azotnih materija u duvanu (po Šmuku)

U % prema apsolutno suvoj materiji				
Ukupan azot	Azot belančevina i amino jedinjenja	Azot nikotina	Azot amonijak	Nitratni azot
3.7	2.77	0.40	0.46	0.07
3.0	1.97	0.37	0.50	0.16
3.9	2.85	0.34	0.47	0.24

Sadržaj ukupnog azota je u negativnoj korelaciji sa kvalitetom duvana, i on varira u zavisnosti od sorte, uslova gajenja i tehnoligije obrade sirovine.

3.4.1.3.1. Belančevine

Belančevine kao azotne materije utiču negativno na kvalitet duvana. Iz ovog razloga prilikom proizvodnje duvana (agrotehničkim merama), kao i tehnološkom obradom posle branja, nastoji se da se smanji njihov procentualni sadržaj.

Belančevine duvana predstasvljaju tipičan gel, koji je od velikog značaja za elastičnost i vododrživost duvana.

Osnovna karakteristika azotne razmene u duvanskom lišću sastoji se u sposobnosti lisnog tkiva da akumulira azotne materije i belančevine samo do određene starosti. Ukoliko je list stariji, utoliko procesi razmene belančevina u njemu slabe, a procesi raspadanja su pojačani. Zbog toga, sadržaj belančevina raste od donjih ka gornjim insercijama i od zrelih ka nedozrelim listovima. Obilnije đubrenje azotom, kao i zalamanje cvasti povećava saržaj belančevina u duvanu.

Pri sagorevanju, belančevine kao krajnji produkt, daju amonijak. Amonijak u većoj meri prelazi u dim, dajući mu alkalnu reakciju, neprijatan i oštar ukus. Kada belančevine sagorevaju razvijaju neprijatan miris sagorele vune i dimu daju gorak ukus.

Belančevine diktiraju i spoljni izgled duvana. Veći sadržaj belančevina izaziva zadebljanje lisnog tkiva i smanjuje elastičnost duvana, suprotno tome, sa manjim sadržajem belančevina listovi su tanji, nežniji i elastičniji.

3.4.1.3.2. Aminokiseline, amidi i amino jedinjenja

Prilikom razgradnje, belančevine formiraju aminokiseline. Aminokiseline su sastavni deo živih ćelija i suvog duvanskog lišća. Nezrelo lišće duvana safrži više aminokiselina.

Razgradnjom aminokiselina izdvaja se amonijak, koji je otrovan za ćelije, zbog čega biljke stvaraju amide, koji neutralšu štetno delovanje amonijaka.

Kao i amidi, i amini su produkt razgradnje aminokiselina. Neki auatori smatraju da se pri sagorevanju duvana amido i amino jedinjenja razlažu dajući dimu alkalnu reakciju, pa su zbog toga negativan faktor u kvalitetu duvana.

3.4.1.3.3. Amonijak i nitrati

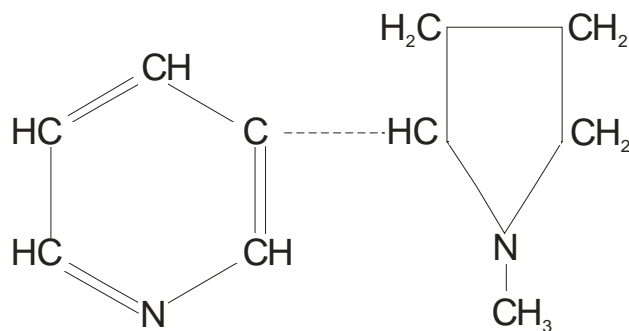
Duvanski listovi sadrže male količine amonijaka koji nastaje razlaganjem aminokiselina. Duvan sadrži oko 0,50% amonijaka i njegovih soli. Krupnolisni duvani, posebno oni koji se suše u hladu sadrže dva puta više amonijaka (Uzunoski, 1987).

Duvanski listovi sadrže i soli azotne kiseline - nitrata u malim količinama (0,07 - 0,80%). Smatra se da ovo jedinjenje direktno ne utiče na kvalitet duvana, nego poboljšavaju njegovu sagorljivost (Uzunoski, 1987).

3.4.1.4. Alkaloidi duvana

Duvan sadrži više alkaloida, među kojima je najvažniji nikotin. Nikotin u čistom stanju su izdvojili Pozelt i Rajman 1828. godine.

Empirijska formula nikotina je $C_{10}H_{14}N_2$, dok strukturna formula ima sledeći oblik:



Nikotin se u duvanu formira kao rezultat raspadanja i razmene azotnih materija u protoplazmi. Zastupljen je u svim delovima biljke, osim u zreom semenu. Najviše ga ima u listovima, nešto manje u korenu, dok je u stablu najmanje zastupljen. Njegov sadržaj u listu se povećava od osnove ka vrhu lista, i od sredine ka ivicama lista.

Prema ispitivanjima različitih autora, količina nikotina raste od donjih ka gornjim insercijama. Količina nikotina u lišću zavisi od uticaja većeg broja faktora za vreme vegetacije duvana, kao i obrade posle berbe (Uzunoski, 1987).

Pored genetske uslovljenosti, količina nikotina zavisi i od prirodnih uslova gajenja i primenjene tehnologije u proizvodnji i obradi duvana. Aridnost klime povećava sadržaj nikotina. Azotna đubriva, velika insolacija i zalamanje cvasti povećavaju količinu nikotina, dok oblačnost, navodnjavanje, slabija plodnost zemljišta i veća gustina rasađivanja smanjuju njegovu koncentraciju u listu.

Pored nikotina, u duvanu se nalaze i drugi alkaloidi: nikotein ($C_{10}H_{12}N_2$), nikotelin ($C_{10}H_8N_2$), nikotinin i pirolidin.

3.4.1.5. Ugljeni hidrati

Ugljeni hidrati čine skoro 1/2 celokupne organske materije u fermentisanom duvanu. Količina ugljenih hidrata u duvanu zavisi od velikog broja faktora: sorte, agrotehničkih mera, obrade i dr. Orijentalni duvani odlikuju se visokim sadržajem ugljenih hidrata, dok je kod berleja njihov sadržaj nizak.

Pored niza podela ugljenih hidrata, oni se mogu podeliti i na rastvorljive i nerastvorljive u vodi. U formiranju ukusa duvana pozitivan uticaj na kvalitet duvana imaju samo rastvorljivi ugljeni hidrati, te se oni i koriste za hemijsku analizu duvana.

3.4.1.5.1. Monosaharidi i disaharidi

Monosaharidi i disaharidi su prvi produkti fotosinteze i najprostiji ugljeni hidrati koji služe za izgradnju složenih šećera. Najznačajniji monosaharidi su heksoze i pentoze.

Od heksoza ($C_6H_{12}O_6$) duvan sadrži samo glukozu (zeleno i suvo lišće), dok neki neosušeni duvani sadrže i fruktozu.

Pentoze ($C_5H_{10}O_5$) su rasprostranjene u biljkama i učestvuju u stvaranju pentozana, glukozida i prisutne su u nekim nukleinskim kiselinama.

Kvalitet duvana zavisi od monosaharida, jer se pri sagorevanju raspadaju na organske kiseline, aldehide, fenole i dr., pa time pozitivno utiču na ukus i aromu dima.

Od disaharida ($C_{12}H_{22}O_{11}$) najvažniji su maltoza, saharoza i celuloza.

Količina monosaharida u duvanu varira u širokim granicama. Neki autori smatraju da orijentalni duvani visokog kvaliteta treba da sadrže 14 - 18% rastvorljivih šećera, sa dobrim kvalitetom 10 - 11%, a sa slabim kvalitetom manje od 9%.

3.4.1.5.2. Polisaharidi

U najznačajnije polisaharide spadaju: skrob, dekstrin, celuloza i lignin.

Skrob predstavlja koloidnu materiju koja u vodi bubri. Pri hidrolizi se raspada, a kao krajnji proizvod dobijaju se monosaharidi.

Fotosintezom nastaje skrob u zelenim duvanskim listovima. U toku sušenja duvana razlaže se na prostije ugljene hidrate, tako da fermentisani duvani ne sadrže skrob.

Količina skroba zavisi od starosti lista, mlado lišće sadrži više skroba nego starije. Lišće sadrži najviše skroba u predvečerje, a najmanje u ranim jutarnjim časovima.

U fermentisanom duvanu skroba ima od 0 - 2,5%. Po pravilu, kod 100%-ne fermentisanosti duvana skroba nebi trebalo biti, međutim u praksi se ipak može javiti, što je znak da pojedini procesi od berbe do sušenja ili u fermentaciji nisu izvedeni na najbolji način (Stojanović, 1967).

Dekstrini se javljaju pri raspadanju skroba u disaharide, kao međuprodukti. Duvani sa alkalnom reakcijom dima ne sadrže dekstrine, koji inače predstavljaju negativnu komponentu u kvalitetu duvanskog lista.

Celuloza u duvanskim listovima ne služi kao rezervni materijal, već ima funkciju odbrane biljnog tkiva od spoljašnjih uticaja. Ona predstavlja indiferentnu materiju koja ne utiče na aromu i ukus duvana. Sadržaj celuloze u hemijskom sastavu duvana kreće se u granicama 6 - 13%. Najviše celuloze sadrže stabla, koja mogu imati i do 30% celuloze. Ispitivanja sadržaja celuloze u duvanu tipa jaka prikazana su u tabeli 12.

Tabela 12. Sadržaj celuloze u duvanu tipa jaka u zavisnosti od insercije (Uzunoski, 1987)

Insercija	Sadržaj celuloze u %	
	Apsolutni	Relativni
Donje lišće	7.45	100.00
Srednje lišće	6.92	92.88
Gornje lišće	5.85	78.52

Lignin se nalazi u ćelijskim membranama, drškama i nervima lista. Sa zrenjem i starenjem lišća količina lignina se povećava na račun pektinskih materija. U sušnim godinama duvan sadrži više lignina nego u vlažnim. Lignin ne utiče direktno na kvalitet duvana, ali deluje negativno zbog izdvajanja metil alkohola, koji prelazi u dim pri pušenju.

3.4.1.6. Glukozidi i polifenoli

Glukozidi su po hemijskoj strukturi sastavljeni od glukoze i jedinjenja koja nisu ugljenohidratne prirode - aglikoni (nešećeri). Aglikoni su kombinacije različitih jedinjenja kao što su: alkoholi, fenoli, purinske baze i dr.

Glukozidi su tvrda kristalna jedinjenja gorkog ukusa, slabo rastvorljiva u vodi. Duvan sadrži oko 5% glukozida. Iz njega su izdvojeni kvercetin, izokvercetin i rutin.

Polifenoli imaju značaj za boju duvana i aromu duvanskog dima. Količina polifenola u našim duvanima varira od 3,5 - 6,5%. Njihova se količina povećava od donjih ka gornjim insercijama.

3.4.1.7. Pektinske materije

Pektini su koloidne materije rastvorljive u vodi. Nalaze se u plazmi, ćelijskoj membrani i međućelijskim prostorima. Upijanjem vode pektini nabubre i u prisustvu kiselina i šećera stvaraju gel.

Pektini štite lisno tkivo duvana od negativnih posledica suše. Oni se u toku sušenja i fermentacije duvana u većoj ili manjoj meri razgrađuju. Razgradnja je utoliko veća, ukoliko je viša temperatura i ukoliko sušenje vremenski traje duže.

Pektinske materije kao nosioci metil alkohola negativno utiču na kvalitet duvana. Međutim, svojim koloidnim svojstvima predstavljaju značajan faktor u tehnologiji obrade duvana, jer od njih zavisi vododrživost duvana.

3.4.1.8. Organske kiseline

Duvan sadrži 3 grupe organskih kiselina: neisparljive, isparljive i hidroaromatične.

Jabučna kiselina pripada neisparljivim organskim kiselinama, a u duvanu se javlja u obliku kalcijumovih i magnezijumovih soli koje su slabo rastvorljive u vodi. Ovoj grupi organskih kiselina pripadaju još i ćilibarna (ima je u malim količinama), oksalna i limunska.

Ukupna količina neisparljivih kiselina u duvanu dostiže 12 -16% suve materije (Uzunoski, 1987).

Važnije isparljive kiseline zastupljene u duvanu su: mravlja, sirćetna, propionska, maleinska, oleinska i dr. U duvanu se ove kiseline nalaze u malim količinama.

Od hidroaromatičnih kiselina najpoznatije su: hinska, kofeinska, hlorogenska i hidrokofeinska.

Ukupna količina organskih kiselina povećava se od gornjih ka donjim insercijama. Najveći broj organskih kiselina deluje neutralno na duvan, osim oksalne kiseline, koja duvanu daje oštrinu pri pušenju.

3.4.1.9. Aromatične materije

Aromatičnost duvana uslovljena je aromatičnim materijama kao što su: eterična ulja, smole, parafini i dr.

Pojava aromatičnosti duvana zavisi od sorte duvana i uslova gajenja. Aridnost klime i siromašnija zemljišta doprinose većem nakupljanju aromatičnih materija, dok humidnost klime i bogatija zemljišta imaju suprotan efekat.

Aromatične materije pokazuju svoja svojstva nakon sušenja i fermentacije duvana.

Smole su složena organska jedinjenja. U orijentalnim duvanima proizvedenim u Srbiji u tipu jaka varira od 7,9 - 12,0% (Uzunoski, 1987).

Sve materije koje su sastvani deo smola utiču na aromatičnost duvana, što ne zavisi od količine, već od zastupljenosti pojedinih komponenti aromatičnog kompleksa. Količina smola zavisi i od insercije, jer se njihova količina povećava od donjih ka gornjim insercijama.

Eterična ulja su lako isparljiva jedinjenja i ona određuje mirišljavost duvana. U duvanu ih ima od 0,2 - 1,0% (Uzunoski, 1987).

Pored sorte duvana, za formiranje eteričnih ulja posebno su bitni aridnost, klima i uslovi gajenja. Vlažna klima negativno utiču na formiranje ovih materija. Količine eteričnih ulja u lišću raste od donjih ka gornjim insercijama. Ona se lokalizuju na površini listova u žlezdastim dlačicama.

Istraživanjem duvana tipa jake proizvedenog u vranjskom kraju sadržaj eteričnih ulja je bio u donjim i srednjim listovima 0,38%, u prvom srednjem listu 0,40%, a u gornjem srednjem listu 0,32% (Uzunoski, 1987).

3.4.1.10. Pigmenti

U ovu grupu jedinjenja spadaju: hlorofil, karoten i ksantofil. Hlorofil a ima plavičasto zelnu boju, dok je hlorofil b zelene boje.

Ukupna količina hlorofila u biljci duvana zavisi od sorte i uslova gajenja. Kod duvana koji imaju izrazito zelene listove količina hlorofila se kreće od 13,1 - 18,7 mg/g suve materije, a kod tipa berlej njegova količina je manja i varira od 7,7 - 14,8 mg/g suve materije.

Ksantofil je pigment žutozelene boje, a karoten je crvenkaste boje. Njih ima malo u lišću od 0,01 - 0,03% težine zelenog lista.

3.4.1.11. Hemijski sastav duvanskog dima

Sastav duvanskog dima zavisi od više faktora: sastava i fizičko - hemijskog stanja duvanske sirovine, brzine sagorevanja, vlažnosti duvana i forme i veličine cigareta.

U toku pušenja, u zoni sagorevanja, razvija se visoka temperatura, pri kojoj se stvara veliki broj produkata sagorevanja organskih materija. Ustanovljeno je da se pri tinjanju cigarete razvija temperatura od oko 750° C, koja se pri uvlačenju dima povećava na 800 - 900° C, a temperatura dima koji se uvlači iznosi 37 - 60° C, zavisnosti od dužine cigareta.

Fiziološko dejstvo duvanskog dima uslovljava veliki broj jedinjenja. Ove materije se mogu podeliti na četiri grupe:

- narkotičke materije,
- toksične materije,
- kancerogene materije i
- katrane.

U grupu narkotičnih materija spadaju nikotin i ostali alkaloidi. U toku pušenja ljudski organizam usvaja oko 20% nikotina. Unešeni nikotin se iz organizma delimično izlučuje urinom. Organi za denikotiniziranje u ljudskom organizmu su: jetra, pluća, bubrezi i mozak.

Grupu toksičnih materija čine sledeća organska jedinjenja: ugljen-dioksid (1-15%), ugljen-monoksid (1 - 2%), sumporvodoničnik (0,03%) i cijanovodonik (0,08%). U dimu postoje i druge toksične materije koje nisu dovoljno ispitane.

U grupu kancerogenih materija spadaju sledeći elementi i jedinjenja: arsen, antracen, formaldehid, acetaldehid, akrolein, benzaldehid, metanol, natalin i dr.

Grupa katranskih jedinjenja je smolaste prirode, koja se kod pušača taloži u alveolama pluća u vidu sedimenata. Ona su deo čvrsto - tečne faze duvanskog dima i sastavljena su od alifatičnih i aromatičnih ugljovodonika.

Zadnjih godina, da bi se smanjilo štetno dejstvo duvanskog dima po zdravlje ljudi, sve više se proizvode cigarete sa filterom, čime se zadržava deo nikotina (10-45%) i katrana (11-33%).

3.4.2. Fizički pokazatelji kvaliteta duvana

Proučavanje zavisnosti kvaliteta duvana i njegovih fizičkih svojstava od posebnog su značaja, jer oni određuju, u prvom redu, tzv. tehnološko - komercijalni kvalitet duvana u listu. Ocena kvaliteta duvana se uglavnom u praksi obavlja na osnovu njegovih fizičkih osobina.

Najvažnije spoljašnje odlike, koje služe kao fizički pokazatelji kvaliteta su:

- veličina i oblik lista,
- nervatura lista,
- materijalnost lista,
- debljina lista,
- boja lista,
- glatkost i hrapavost lista,
- zapreminska težina rezanog duvana,
- mirišljivost lišća,
- vodoizdrživost,
- sagorivost,
- frakcioni sastav,
- povrede na lišću i
- insercija kao kompleksni pokazatelj kvaliteta.

3.4.2.1. Veličina i oblik lista

Veličina lista određena je njegovom dužinom i širinom. Dužina se meri duž glavnog nerva, a širina na najširem delu lista.

Ovim fizičkim pokazateljima sve sorte duvana u svetu su podeljene u tri grupe: sitnolisne, srednjelisne i krupnolisne. Postoji korelativna zavisnost između kvaliteta duvana i njegovih dimenzija, zbog čega je dimenzija lista važan pokazatelj prilikom klasifikacije duvana.

Veličina lista kao fizički pokazatelj kvaliteta duvana ima dvostruki značaj. Za jednu grupu sorti sitnolisnog duvana je i pozitivan pokazatelj kvaliteta, što je slučaj sa aromatičnim sortama duvana.

Dužina lista kod orijentalnih duvana kreće se od 10 - 20 cm (srednji list), a do 80 cm, pa i više kod krupnolisnih sorti duvana. Njihova veličina u mnogome zavisi od uslova gajenja. Širina lista sama po sebi nema veći značaj za kvalitet duvana. Veličina lista utvrđuje se merenjem po dužini glavnog nerva, vlažnosti od 14 - 16%, postavljajući list pod staklo radi tačnog merenja.

3.4.2.2. Nervatura lista

Nervaturu lista čine glavni nerv i sporedni nervi. Dužina i debljina nerava, njihova gustina i otklanjanje sporednih nerava od glavnog, a naročito njihov težinski odnos prema ukupnoj dužini lista, predstavljaju važan pokazatelj kvaliteta duvana. Visok procenat rebara (nervature) uvek govori o slabijem kvalitetu duvana, jer se hemijski sastav nervature, odnosno glavnog rebara, razlikuje od mezofila lista.

Osim lošijeg hemijskog sastava, duvani sa većom zastupljenošću nervature odlikuju se lošim frakcionim sastavom. Nervatura lista je sortna odlika i zavisi od ekoloških uslova, primenjenog agrokomplesa i insercije. Po pravilu, zastupljenost glavnog nerva prema ukupnoj težini lista raste od donjeg ka srednjem lišću, a prema vrhu opada, što znači da gustina nervature u prvom redu zavisi od dimenzija lišća. Glavni nerv je deblji ukoliko su listovi dimenziono razvijeni. Zastupljenost nervature lista zavisi od stepena zrelosti liske.

Pošto glavni nerv učestvuje sa preko 75% od ukupne nervature uobičajeno je da se nervatura kao pokazatelj kvaliteta duvana određuje merenjem glavnog rebra i njegovim odnosom prema ukupnoj težini celog lista.

3.4.2.3. Materijalnost lista

Materijalnost lista pokazuje sadržaj suve materije na jedinici lisne površine, nezavisno od njenog značaja za kvalitet duvana. Ovaj fizički pokazatelj u suštini predstavlja sumirani izraz unutrašnje kompozicije lista i svih njegovih svojstava. Ovo svojstvo se može odrediti lako i objektivno.

Materijalnost duvana može da bude pozitivan i negativan pokazatelj kvaliteta duvana. U ovom smislu duvani se mogu podeliti u tri grupe:

- puni duvani,
- sadržajni duvani i
- prazni duvani.

Puni duvani su oni u čijem sadržaju dominiraju komponente negativnog uticaja na kvalitet. Ovi duvani su bogati belančevinama i nikotinom. Puni duvani spolja imaju kožast izgled i obično su crvenkaste boje. Njihova debljina nije rezultat preovladavanja skeletnog dela lišća, već organskog dela u kome dominiraju materije koje negativno utiču na kvalitet.

Sa aspekta materijalnosti lišća, najboljeg kvaliteta su sadržajni duvani. To su duvani u kojima preovladavaju materijalne komponente sadržaja lista, koje pozitivno utiču na kvalitet, kao što su rastvorljivi karbohidrati, aromatične materije i drugo, što znači da se ovi duvani odlikuju harmoničnim odnosom važnijih biohemijskih komponenata u lišću. Spolja su relativno tanki, nežnog i finog izgleda, sjajne narandzaste do otvoreno crvene boje.

Prazni duvani odlikuju se najmanjom materijalnošću. Ovi duvani su blede svetlozelene boje, a pri dodiru su hrapavi. Oni lako primaju i lako ispuštaju vodu, te su stoga lako lomljivi.

3.4.2.4. Debljina lista

Debljina duvanskog lista kao fizičkog pokazatelja kvaliteta duvana, uzrokovna je povećanjem ćelija ili međućelijskog prostora ili se javlja kao rezultat zadebljanja ćelijskih opni epidermisa i kutikule. Debljina lista je obrnuto proporcionalna kvalitetu duvana. Sa povećanjem debljine

lista, kvalitet duvana opada. Izuzetak čine duvani kod kojih je tanko lisno tkivo rezultat nedozrelosti ili prezrelosti.

Sa aspekta debljine, duvanski listovi se dele u tri grupe:

- tanki, neuhranjeni, niskomaterijalni listovi,
- sadržajni listovi i
- kabasti ili drvenasti listovi.

Debljina lista zavisi od sorte, zemljišno - klimatskih uslova i primenjene tehnologije u proizvodnji i obradi duvana. Po pravilu, debljina raste od donjih ka gornjim insercijama, a u okviru jednog lista, od mlađih ka starijim delovima lista, odnosno od osnove ka vrhu i od sredine ka ivicama lista.

Debljina jednog lista obično varira od 0,05 - 0,15 mm. Smatra se da je list tanak kada prosečna debljina lisnog tkiva iznosi 0,7 mm, srednja ako tkivo ima debljinu 0,7 - 1,0 mm, a preko 1 mm smatra se debelim lisnim tkivom.

3.4.2.5. Boja lista

Boja lista je jedna od najvažnijih odlika kvaliteta duvana. Formira se u toku sušenja duvana, i po pravilu svaki tip duvana odlikuje se svojom bojom. Boja duvana zavisi od pigmenata, kao što su: hlorofil, karoten i ksantofil, ali i od nekih drugih biohemijskih jedinjenja iz grupe polifenola, melanina i dr. Pigmenti određuju boju duvana kada se lišće nalazi u svežem stanju, a kada se lišće suši, pored pigmenata, važna su i druga jedinjenja.

U boji duvana razlikujemo: ton, nijansu, intenzitet i ujednačenost. Postoje četiri osnovne boje sa nijansama: žuta (boja slame, zlatnožuta, narandžasta i crvenožuta); crvena (svetlo crvena i tamnocrvena); kafena (svetlokafena, kafena i tamnokafena) i zelena (blagozelenkasta, svetlozelenkasta, zelena i tamnozelenka). Po intezitetu, svaka od ovih boja i nijansi može da bude manje ili više sjajna ili bez sjaja. Po ujednačenosti, boja duvana može da bude: jednobojna, dvobojna i šarena. Ton boje se, po pravilu, pojačava od donjeg ka gornjem lišću, što znači da je donje lišće najsvetlije, srednje je srednje svetlo i gornje je tamnijeg tona.

3.4.2.6. Glatkost i hrapavost

Ove fizičke osobine kvaliteta su rezultat anatomskog i hemijskog sastava lišća. Glatkost i hrapavost su spoljašni izrazi sadržajnosti duvana. Hrapavost se obično manifestuje kod nesadržajnih, a glatkost kod sadržajnih duvana.

Hrapavost i glatkost kao fizičke osobine kvaliteta pojavljuju se u različitom stepenu, što zavisi od sorte, uslova gajenja i insercije. Svi uslovi koji doprinose zadebljanju lišća negativno utiču na glatkost duvana.

3.4.2.7. Čvrstina i elastičnost

Čvrstina i elastičnost su važna mehanička svojstva duvana. Ove osobine imaju posebnu ulogu u obradi i preradi duvana. Zbog toga one u izvesnoj meri karakterišu tehnološki kvalitet duvana.

Pod čvrstinom se podrazumeva svojstvo lisnog tkiva da pruža otpor sili kidanja.

Elastičnost lista predstavlja sposobnost lisnog tkiva da se vrati u prvobitno stanje posle savijanja lista.

Čvrstina i elastičnost su pozitivni indikatori kvaliteta duvana. Smatra se da elastičnost pojačavaju ugljeni hidrati, dok je čvrstina vezana za pektinske materije. Celuloza i mineralne materije slabe čvrstinu. Čvrstina i elastičnost se povećavaju od donjih ka gornjim insercijama. Ova svojstva zavise od sorte, proizvodnje i obrade duvana.

3.4.2.8. Zapreminska težina rezanog duvana

Ova osobina zauzima jedno od najznačajnijih mesta kod fizičkih svojstava duvana. U suštini, ona predstavlja jedinicu težine određenog volumena rezanog duvana, pri određenoj temperaturi, vlažnosti i pritisku.

Ova fizička osobina je od posebnog značaja za fabrikaciju izrade finalnih duvanskih prerađevina, jer određuje broj cigareta koje se dobijaju od jednog kilograma duvana.

Pored tehnološke vrednosti, ovo svojstvo ima i komercijalni značaj, jer se duvan od proizvođača otkupljuje na osnovu težine, a potrošačima prodaje na osnovu volumena.

3.4.2.9. Mirišljavost

Svaka sorta duvana, ma kojoj grupi pripadala, ima svoju specifičnu mirišljavost. Međutim, samo određene sorte pri pušenju razvijaju aromu, koja u preradi duvana može da bude upotrebljena za aromatizovanje.

Mirišljavost duvana uslovljena je kompleksnim dejstvom najrazličitijih komponenti koje ulaze u njegov sasta, a u prvom redu eteričnih ulja. Sve to zavisi od uslova gajenja i sorte duvana. Ipak, za konačno formiranje mirišljavosti, značajan faktor su sušenje i fermentacija.

Mirišljavost je u vezi sa određenim odlikama lišća. Ona se ne javlja podjednako kod svih listova na biljci, nego se kreće od donjeg srednjeg lista i, po pravilu, intezitet raste ka listovima na vrhu.

3.4.2.10. Vodoizdrživost

Vodoizdrživost je sposobnost duvana da upija vlagu iz vazduha, da je zadrži ili preda okolini. Zbog ove osobine, osušeni duvani se nalaze u različitom stanju vlažnosti. Između relativne vlažnosti vazduha i vlage duvana postoji međusobna zavisnost. Duvan je higroskopan, održava ravnotežu sa vlažnošću okolnog ambijenta, usklađujući svoju vlagu sa vlagom vazduha.

Voda koja je hemijski vezana praktično je nepromenjiva. Ona može da bude odstranjena hemijskim putem ili uz pomoć visoke temperature. Vodoizdrživost varira, zavisno od insercije. Ona je najslabija kod donjih, a najjača kod gornjih listova.

Kabasti i prazni duvani lakše se vlaže, ali i manje zadržavaju vlagu. Sadržajni duvani duže zadržavaju vodu, sporije se vlaže ali i sporije gube vlažnost. Kvalitetni duvani odlikuju se, pri jednakim uslovima, većom vodoizdržljivošću od manje kvalitetnih duvana.

Prebrzo sušenje duvana, kao i fermentacija na visokoj temperaturi, smanjuju vodoizdrživost.

3.4.2.11. Frakcioni sastav

Među važnim svojstvima duvanske sirovine spada i vlaknavost. Pod ovim pojmom podrazumevamo onu frakciju, koja ne prolazi kroz sito dijametra 4 mm, pri određenoj širini

reza i vlažnosti duvana. Sadržajni duvani se odlikuju boljom vlaknavošću nego prazni. Bolja čvrstina i elastičnost sirovine povećavaju količinu vlakana, a smanjuju duvansku prašinu.

3.4.2.12. Oštećenja duvanskog lišća

Povrede lišća, zavisno od stepena oštećenja, degradiraju kvalitet duvana. Prema karakteru povrede, postoje sledeće grupe:

- povrede od bolesti,
- povrede od štetočina,
- povrede od parazitskih biljaka,
- fiziološke povrede,
- tehnološke povrede i
- mehaničke povrede.

Važnije povrede od bolesti duvana su: plamenjača na duvanu (*Peranospora tabacina* Adam), pepelnica (*Oidium tabaci*), divlja vatra (*Pseudomonas tabaci*), crna trulež korena (*Phitophora*), mozaik (*Nicotiana virus*) i dr. Ovakva oštećenja duvana smanjuju elastičnost tkiva, pa su listovi degradirani u pogledu tehnoloških i degustacionih osobina.

Važnije štetočine duvana su: trips (*Trips tabaci*), lisne vaši (*Burus persicae* Sul.), duvanski moljac (*Eiesta eltella*) i dr. Ova oštećenja duvana smanjuju elastičnost.

Od parazitskih oboljenja važnija su: čuma i vilina kosica. Čuma je parazitska biljka koja oštećuje duvan i smanjuje njegov prinos jer napada koren. Vilina kosica je biljka bez korena i hlorofila, koja se brzo širi. Duvan napadnut vilinom kosicom se sporo razvija i lošeg je kvaliteta.

U grupu fizioloških povreda spadaju: podgorelost, nedozrelost, prezrelost i dr. Podgorelost je oštećenje lista na njivi. Nastaje usled prisilnog zrenja za vreme suše, zbog vetra, štetočina i sl. Nedozrelost je posledica berbe duvana pre njegove tehničke zrelosti, dok je prezrelost posledica berbe duvana posle njegove tehničke zrelosti.

U tehnološke povrede spadaju: pregorelost, nedoštavljenost, preštavljenost i defekti u fermentaciji duvana. Pregorelost nastaje u toku sušenja duvana ako se lišće drži duže vreme u uslovima pogodnim za oksidisanje. Povrede prouzrokuju produženo nasušivanje pri velikoj

vlazi, sušenje pri velikoj oblačnosti, po kišovitom i hladnom vremenu. Velika zbijenost lišća izaziva slabiju ili jaču pregorelost lišća. Nedoštavljeni duvani se po kvalitetu približavaju prezrelim duvanima.

I mehaničke povrede degradiraju kvalitet duvana. Ove se pojave javljaju u toku prenosa i u toku dalje obrade duvana ili su ih izazvali: skakavci, moljci, vetar, grad i dr. Ove povrede ne menjaju suštinu unutrašnjeg sadržaja lista i njegovih svojstava.

3.4.2.13. Insercija kao odlika kvaliteta duvana

Formiranje i sazrevanje duvana obavlja se potpuno od donjih ka gornjim listovima. Donje lišće kao najstarije, prvo se formira i zri, dok se listovi pri vrhu, koji su najmlađi formiraju poslodnji na stabljici i poslednji sazrevaju. Grupa od nekoliko susednih listova, koji sazrevaju istovremeno i beru se istovremeno, čine inserciju koja se još zove "ruka" ili "berba". Njihov broj varira od 3 do 7 listova u zavisnosti od sorte i uslova gajenja. Uslovi porasta i razvitka u toku vegetacije pojedinih grupa listova nisu jednaki te se zbog toga morfološka, fizička, hemijska i degustativna svojstva pojedinih grupa listova razlikuju.

Broj listova svake insercije i njihov težinski odnos prema ukupnoj težini svih listova na biljci zavisi u prvom redu od sorte i uslova gajenja.

Insercija igra veliku ulogu u tehnologiji proizvodnje, obradi i preradi duvana.

Pod podbirom se označavaju dva do tri prizemna lista duvanske biljke. Oni se beru prvi i pošto se nalaze najbliže zemljištu za njih su često prilepljene čestice zemlje. Oblik lista nije tipičan za sortu. Po obliku svi listovi liče na listove rasada. Vrh lista je zatupljen ili zaobljen. Površina lista je hrapava i zahvata celu površinu liske. Osušeno lišće ove insercije nije glatko, već krto i lako prima i ispušta vlagu. Odlikuje se dobrom, ali neravnomernom sagorljivošću i svetlim pepelom. Zbog svog kvaliteta, kao sirovina zauzima poslednje mesto.

Natpodbir čine tri do četiri lista koji se nalaze između podbira i donjeg srednjeg lišća. Osušeno lišće je sadržajnije od podbira. Ivice lista su zategnute, bez valova. Boja lista je svetložuta, sa zelenkastom nijansom koja je slabije izražena nego kod podbira. Odlikuje se dobrom sagorljivošću.

Donji srednji listovi insercije približavaju se tipičnom obliku duvanskog lista određene sorte. Ovi listovi su puniji i sadržajni. Boja lista je zatvorenije žutog tona u odnosu na donje berbe. Lišće se odlikuje dobrom sagorljivošću i ima svetli pepeo.

Pravi srednji list čini inserciju koja je najpravilnijeg i najtipičnijeg oblika za određenu sortu duvana. Površina lista nije hrapava već glatka. Boja osušenog lista je obično žuta. Lišće je dosta sadržajno, i na njemu se pojavljuju smolaste materije. Aroma i miris su izraženiji. Sagorevanje lišća je relativno brzo i ravnomerno. Pepeo je kompaktan i tamnije je boje.

Lišće kod gornjeg srednjeg lista se nalazi iznad pravog srednjeg lista i po veličini je najmanji od svih. Ima pravilan oblik, sadržajno je i elastično. Boja osušenog lista je intenzivno žuta do otvoreno crvena. Teže prima i ispušta vodu.

Podvršak čini nekoliko listova poslednje berbe. Listovi su relativno mali sa intenzivno žutom, narandžastom ili crvenom bojom.

Ovršak čine najviši - najmlađi listovi duvanske biljke koji stoje neposredno do cvasti. Nervatura lišća je najgušća, ali nežna. Površina je kovrdžava a ivice talasaste.

3.4.3. Degustativne odlike kvaliteta duvana

Svojstva koje duvan manifestuje pri pušenju zovu se degustativna svojstva. Ona se izražavaju specifičnim delovanjem duvanskog dima na organe za ukus, miris i nervni sistem čoveka. Ukoliko ovo delovanje čini veće zadovoljstvo, utoliko je kvalitet duvana bolji. Ali kako je delovanje duvanskog dima na ljudski organizam veoma složeno, pušači različito reaguju na isti dim cigarete, pa ovaj problem dobija subjektivni karakter.

U svetskoj duvanskoj literaturi izneseni su razni sistemi sa različitim odlikama za ocenjivanje degustativnih odlika duvana. U određivanju degustativnog kvaliteta pri pušenju najviše se uzimaju u obzir komponente koje najviše utiču na čula:

- aroma,
- ukus,
- iritacija (osećaj),
- jačina,
- harmoničnost i
- sagorivost.

U toku degustacije svaka od ovih osobina posebno se procenjuje, obično određenim brojem bodova, pa se na osnovu ove procene određuje degustativna vrednost duvana.

Pod aromom u degustaciji duvana se podrazumeva miris koji duvan razvija u toku gorenja. Između pojma miris i aroma postoji bitna razlika. Miris se utvrđuje u suvom duvanskom lišću i rezanom duvanu, dok aroma predstavlja miris duvanskog dima.

Ukus je veoma važna degustativna komponenta za određivanje kvaliteta duvana. Ova komponenta je od posebnog značaja za duvane, u kojima dominantno mesto zauzima ukus. Ukus duvana se prima tokom pušenja preko čula ukusa i sluzokože usta i grla. Osećaji ukusa su: slatkost, gorčina, kiselost i bljutavost. Pri jačem dejstvu jednog ili drugog osećaja ukusa, prijatni ukus prelazi u neprijatni.

Osećaj dodira sa organima ukusa naziva se taktilni osećaj ili iritacija. Vrste ovih osećaja su: glatkost, skupljanje usta, pečenje, paljenje i oštrina.

Pod jačinom podrazumevamo fiziološko delovanje alkaloida, posebno nikotina iz dima na nervni sistem čoveka. Jačina je izraz narkotičnosti duvanskog dima. Prema intenzitetu ove degustativne komponente duvani se ocenjuju kao: meki, srednje jaki, jaki i veoma jaki.

Harmoničnost predstavlja sumiran izraz navedenih degustativnih svojstava duvana, odnosno to je sumiranje poena za ukus, aromu, iritaciju i jačinu.

Duvan sagoreva sporo, bez plamena odnosno on tinja. Zbog toga pod sagorljivošću duvana podrazumevamo vreme trajanja i intenzitet tinjanja. Sagorljivost duvana zavisi i od ekoloških uslova, sorte, stepena zrelosti idr. Kod duvana dobre sagorljivosti, sagorevanje organskog dela se obavlja potpuno. Od takvih duvana stvara se pepeo bele boje, a od loših, tamniji pepeo. Sagorljivost duvana zavisi i od njegove vlažnosti. Ova vlažnost pri dobroj sagorljivosti treba da iznosi 12 - 13%, pri relativnoj vlažnosti vazduha od 65%. Sagorljivost duvana može biti određena laboratorijskim putem.

3.5. Proizvodnja duvana u vranjskom kraju

Prvi podaci o organizovanoj proizvodnji u vranjskom kraju datiraju još iz 1885. god., kada je u Srbiji osnovan državni monopol. Međutim, izvesno je da je proizvodnja duvana u ovom kraju bila poznata mnogo ranije, još iz perioda turske vladavine.

Do 1930. god. u vranjskom kraju su se proizvodile domaće, manje kvalitetne sorte duvana. Te godine počinje proizvodnja nove sorte duvana - jaka. Ova sorta preneti je u vranjsku oblast iz severne Grčke, a vremenom se prilagodila klimatskim izemljšnim uslovima ovog kraja.

Količina proizvedenog duvana za period 1945- 1995. god. prikazana je u tabeli 13.

Tabela 13. Proizvodnja duvana u vranjskom kraju u periodu od 1945- 1995. god. (Stojanović, 2001)

Godina	Tona	Indeks
1945-1949.	373	100
1950-1954.	403	108,04
1955-1959.	893	239,41
1960-1964.	798	213,94
1965-1969.	661	177,21
1970-1974.	375	100,53
1975-1979.	504	135,12
1980-1984.	371	99,46
1985-1989.	498	133,51
1990-1994.	420	112,60
1995.	661,5	-

Od ukupne ratarske proizvodnje u vranjskom rejonu, duvan je zauzimao oko 5%. U posleratnom periodu, godina sa najvećim brojem hektara pod duvanom bila je 1964. god. (1536 ha), a sa najmanjim brojem bila je 1945. god. (52ha).

Osnovna sorta u proizvodnji duvana sve do 1971. god. bila je jaka, kada je počela proizvodnja dve nove sorte, virdžinije i berleja. Proizvodnja virdžinije trajala je 11 godina, pa u proizvodnji ostaju samo jaka i berlej.

Sve do prestanka proizvodnje duvana u vranjskom kraju, proizvodnja duvana je bila zastupljena sa dva tipa duvana: sitnolisnim tipom - jaka i krupnolisnim tipom - berlej.

U tabeli 14 su prikazane količina otkupljenog duvana od strane Duvanske industrije Vranje (sadašnje British American Tobacco) za period od 2001. do 2004. godine.

Tabela 14. Količina otkupljenog duvana za period 2001-2004. godina (podaci iz BAT-a)

Godina	Berlej	Jaka
2001/2	800	58
2002/3	311	53
2003/4	270	42
2004/5	270	42

Analizom podataka iz tabele primećuje se opadanje proizvodnje duvana za period 2001-2004. godine.

Konačno, proizvodnja duvana u vranjskom kraju u organizaciji BAT-a prestaje 2008. godine, a samostalnih proizvođača nema, obzirom da je ova grana poljoprivrede regulisana Zakonom o duvanu.

4. LITERATURNI PREGLED

Dosadašnja ispitivanja koja su se odnosila na sadžaj teških metala u različitim vrstama duvana, ukazivala su pre svega na međusobnu zavisnost sadržaja metala u biljci i zemljištu, uslovljenu karakteristikama kako same biljke, tako i karakteristikama zemljišta.

Penka Zaprjanova i saradnici ukazuju na činjenicu da je sadržaj metala u listu duvana promenljiv i da zavisi od uslova pod kojim je biljka gajena, pre svega od sastava zemljišta. Kao jedan od glavnih faktora koji utiču na usvajanje metala navodi se reakcija zemljišta (Zaprjanova, 2010).

U radu „Odnos između karakteristika zemljišta i sadržaja teških metala u duvanu sorte virdžinija“ sprovedeno je istraživanje na aluvijalno – livadskim zemljištima, šumskim zemljištima i smonicama zasađenih sortom virdžinija. Posmatrani su pH vrednost, sadržaj humusa, ukupne i mobilne forme Pb, Cd, Cu i Zn u zemljištu, kao i koncentracija elemenata u korenu i nadzemnom delu biljke. Utvrđene su značajne zavisnosti između reakcije zemljišta i sadržaja Cd u lišću, stabljici i cvastima sorte virdžinija. Povećanje pH vrednosti dovelo je do smanjenja koncentracije Pb, Cu i Zn u biljnim organima. Sadržaj humusa je uticao na akumulaciju Pb i Cd u lišću u tri perioda berbe, a Cu u stabljici i cvasti. Utvrđena je značajna zavisnost varirajućeg stepena korelacije između ukupnog sadržaja Pb, Cd, Cu i Zn, njihovih mobilnih formi u zemljištu i koncentracije elemenata u organima biljke (uglavnom u lišću) duvana sorte virdžinija (Zaprjanova, 2010).

Izvod iz rada „Sadržaj teških metala i procena rizika u pogledu sičuanskog duvanskog zemljišta“ opisuje analizu sadržaja osam teških metala (Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Mn, Co i Se) na 120 uzoraka zemljišta sa zasadima duvana na obodima Sičuanskog basena (Pingdi, Puan, Xingwen, Gulin). Kontaminacija zemljišta teškim metalima procenjena je metodom indeksa zagađenja jednim faktorom i celokupnom Nemerow metodom indeksa zagađenja. Rezultati su pokazali da su Cu, Cr, Ni, Pb, Co bili glavni faktori rizika kad je u pitanju zagađenje zemljišta teškim metalima. U Gulinu, koncentracije Cd, Mn i Se bile su veće od koncentracija tih metala u ostale tri regije, koje su preko standarda stope uzoraka od 90%, 20% i 30%. Procena primenom Nemerow metode je pokazala da je indeks celokupnog zagađenja u oblasti Gulin bio iznad 1, dok je u oblastima Pingdi, Xingwen i Puan bio ispod 1. To je ukazalo na

blagu zagađenost zemljišta u olasti Gulin i na prisustvo nezagađenog zemljišta u oblastima Pingdi, Xingwen i Puan (Mengling, 2017).

Rad „Teški metali, prisustvo i toksičnost po biljke“ istražuje teške metale poput Cd, Cu, Pb, Cr i Hg kao glavne zagađivače životne sredine naročito u oblastima sa velikim antropogenim uticajem. Problemi vezani za kontaminaciju teškim metalima su sve češći u Indiji i svuda u svetu, pri čemu postoji mnogo dokumentovanih slučajeva toksičnosti metala u rudarskoj industriji, livnicama, topionicama, termoelektranama na ugalj, kao i u poljoprivredi. Akumulacija teških metala u zemljištu zabrinjavajuća je, kada je u pitanju poljoprivredna proizvodnja zbog nepovoljnih efekata na bezbednost i prodaju hrane, kao i rast useva zbog fitotoksičnosti. Uticaj biljaka i njihovih metaboličkih aktivnosti odražava se na geološku i biološku preraspodelu teških metala kroz zagađenje vazduha, vode i zemljišta. Ovaj rad opisuje vrste teških metala, njihovo prisustvo i toksičnost na biljke. Toksičnost metala ima visok uticaj i važnost kada je o biljkama reč, i posledično utiče na ekosistem čiji su sastavna komponenta biljke. Biljke koje rastu na lokacijama zagađenim teškim metalima pokazuju izmenjen metabolizam, stagnaciju u rastu, manju proizvodnju biomase i akumulaciju metala. Teški metali nepovoljno utiču na različite fiziološke i biohemijske procese u biljkama. Međutim, neke vrste metala, uključujući Cu, Co, Zn i Cr su od suštinskog značaja za metabolizam biljke ukoliko su prisutni u tragovima. Ovi teški metali imaju potencijal da postanu toksični po biljke jedino u slušaju prisustva u biodostupnim oblicima i u velikim koncentracijama (Nagajyoti, Lee, Sreekanth, 2010).

Golia i saradnici su ustanovili značajnu negativnu korelaciju između pH vrednosti zemljišta i koncentracije metala u orjentalnim duvanima, dok je ova korelacija u slučaju duvana vrse Virdžinija važila samo za kadmijum, bakar i mangan. Isti autori nisu ustanovili značajnu korelaciju između sadržaja teških metala u zemljištu i duvanima irdžinija i berlej (Golia, 2003).

Kao značajna osobina zemljišta koja utiče na sadržaj metala u duvanu navodi se sadržaj humusa (Adamu, 1989).

Bozhinova i saradnici analizirali su uticaj dugotrajne upotrebe fosfornih đubriva na sadržaj metala u duvanu. Ustanovljeno je da pod primenjenim eksperimentalnim uslovima nije zabeleženo značajno povećanje koncentracije metala kako u zemljištu, tako i u biljci. Koncentracije Cd, Pb and Cu nisu povećane u odnosu na kontrolni uzorak. Neznatno

povećanje zabeleženo je za koncentraciju Ni. U slučaju svih analiziranih metala vrednosti koncentracija bile su ispod maksimalno dozvoljenih (Bozhinova, 2016).

5. OPIS ISPITIVANOG PODRUČJA

5.1. Geografski položaj Vranja

Čitava oblast vranjskog kraja smeštena je na položaju čije su koordinate $42^{\circ} 13'$ i $42^{\circ} 51'$ severne geografske širine i $21^{\circ} 32'$ i $22^{\circ} 32'$ istočne geografske dužine. Vranjska kotlina ograničena je visokim planinama: Širokom planinom (1829 m); Doganicom (1621 m); Besnom Kobilom (1922 m); Vardenikom (1875 m) i Čemernikom (1638 m) na istoku; Kukavicom (1441 m); Pljačkovicom (1231 m); Krstilovicom (1432 m); vrhovima Oblika (1310 m) i Grotom (1323 m) sa zapada i planinom Rujan (969 m) na jugu.

Vranjska kotlina je dugačka 45 km. Dolinom Krševačke reke na prostoru između Vrtogoša i Klenika kotlina je široka oko 20 km, severnije širina se smanjuje, a u opštini Vranje je najuža kod Mazaraća, gde je njen opseg oko 2 km. Pravcem jugozapad – severoistok sredinom vranjske kotline teče reka Južna Morava dužine 56 km i razilčite širine (širina u pravcu severoistok - jugoistok iznosi oko 35 km).

Vranje se nalazi u severozapadnom delu vranjske kotline na obalama Vranjske, Sobinske i Šapranačke reke, u podnožju planina Pljačkovice, Krstilovice, Pržara (600 - 730 m) i Goliča (Borino Brdo 700 - 880 m). Položaj opštine Vranje određen je koordinatama $42^{\circ} 33'$ severne geografske širine i $21^{\circ} 55'$ istočne geografske dužine nadmorskom visinom od 480 m).

Opština Vranje prema popisu iz 1991. godine ima 105 naselja, u kojima živi 86.518 stanovnika (50.087 stanovnika živi u gradu Vranju), sa 824 stanovnika prosečno po naselju i 101 stanovnikom na jedan km^2 .

5.2. Fizičko - geografski uslovi vranjskog kraja

Vranje se odlikuje raznovrsnim reljefnim oblicima, relativno niskim nivoom recentne erozije, nezastupljenošću klizišta, povoljnim hidrografskim uslovima sa posebnim pedološkim uslovima.

5.2.1. Geološki i pedološki sastav

U osnovi reljefne celine su tri reona: nizijski, brdoviti i planinski. Osnovu ovih reona čine stenske celine, arhejske starosti - metamorfne stene i stenske celine kvartilne starosti - sedimentne stene.

Nizijska oblast je aluvijalna ravan Južne Morave, koja se prostire od sela Zlatokopa (385 m) na jugozapadu, do ušća Banjske reke u Moravu (355 m) na severoistoku. Aluvijalna ravan je u pravcu toka Morave nagnuta 30m. Ovu nizijsku oblast obeležavaju naslage vodo-propustljivih stena (koje se sastoje od peska, šljunka, peskovite i šljunkovite gline i glinovitog i šljunkovitog peska). Ravničarska oblast polako prelazi u pobrđe koje je najčešće izgrađeno od sedimenata.

Ispod 500 m nadmorske visine je brdovita oblast, koja se odlikuje blagim stranama dolina i padina i niskim fluvijalnim terasama. U građi brdovitog reona dominiraju sedimentne stene u čijem se sastavu najčešće nalazi konglomerat, peskovite i laporovite gline, šljunak, pesak i dr.

Planinski reon (iznad 500 m) predstavljaju planine Pljačkovica, Krstilovica, Pržar i Golič, razdvojene malom Vranjskom, Sobinskom rekam i Devotinskim potokom. U sastavu planina dominantni su kristalni škriljci i skupine koje se sastoje od gnajseva, mikašista i amfibolita.

Dugotrajnim i temeljnim proučavanjima Cvijića, Jovčića i Žujovića, sastava tla vranjske kotiline, kao i na osnovu brojnih radova može se konstatovati postojanje kristalnih škriljaca, magmatskih i sedimentnih stena.

Magmatske i metamorfne stene u vranjskoj okolini su zastupljene na više lokaliteta i vrlo često su rudonosne (u Krivoj Feji eksploatiše se olovo - cinkana ruda, a ima je i u oblasti Radovnica - Stajevac, antimona ima u blizini Bujanovca, a gvožđa na širem području Bujanovca i Vranja).

Od magmatskih stena ovog podneblja izdvajaju se granitoidne i vulkanske. U vranjskoj kotlini izdvajaju se vulkanske kupe na Grotu i Obliku koje se protežu sve do Južne Morave.

Granitoidne stene se sastoje od andezita, ortoklasa, horblenda, biotita i kvarca, a vulkanske stene su bogate decitima, andezitima i njihovim varijacijama.

Od sedimentnih stena izdvajaju se senon, oligocen, neogen i kvartar.

Pedološku osnovu vranjskog kraja, koja je rezultat uticaja prirodno - geografskih faktora i ljudskih aktivnosti čine aluvijalna zemljišta rasprostranjena u ravničarskom delu vranjske oblasti oko tokova Južne Morave; smonice - zbijena glinovita zemljišta crne boje koja u najvećem delu pokrivaju pobrđe; gajnjače sastavljene od peska, gline i gvožđa sa malo

humusa koje pokrivaju strane pobrđa i planinska skeletna zemljišta, odnosno pašnjačko i šumsko zemljište, siromašno hranljivim materijama.

Smonica (vertisol) je jedno od naših najrasprostranjenijih tipova zemljišta u vranjskoj i preševskoj kotlini. Teškog su mehaničkog sastava, nepovoljne strukture i nepovoljne poroznosti, što uslovljava loš vodno – vazdušni režim. Zbog velikog udela mikropora u kojima se zadržava voda i malog udela makropora u kojima se zadržava vazduh, biljke na smonicama naizmenično pate od nedostatka vode i vazduha. Za razliku od fizičkih, hemijske osobine su dosta povoljnije (sadrže 3 – 5% humusa, blagokisele do neutralne reakcije, dobro su obezbeđene azotom i kalijumom, a nešto slabije fosforom).

Aluvijalno zemljište (fluvisol) nastaje od rečnih nanosa. Zauzima površinu u vranjskoj kotlini i dolinama reka Južne Morave i drugih manjih reka ovog područja. Ova zemljišta spadaju među najvažnijim povrtarskim zemljištima, na kojima se u okolini grada Vranja gaji povrće. Pored njihove, uglavnom visoke plodnosti, uspešnom gajenju biljaka na ovom zemljištu pogoduje prisustvo plitke, uglavnom nezasoljene podzemne vode, koja pospešuje rast i razvoj biljaka. Ovakva zemljišta su slabo obezbeđena humusom.

Livadska crnica (humofluvisol) je sporadično rasprostranjena u vranjskoj kotlini. Po fizičkim osobinama livadske crnice su prilično neujednačena zemljišta. Uglavnom se koriste za gajenje raznih ratarskih kultura. zajedno sa fluvisolima i ritским crnicama, dolinske livadske crnice su naša najvažnija baštensko – povrtarska zemljišta.

Gajnjača (eutrični kambisol) je zemljište koje se prostire slivom Južne Morave, kao i vranjske kotline. Fizičke osobine ovih gajinjača mogu se okarakterisati kao osrednje, mada postoje značajne razlike u tim osobinama između tipičnih i lesiviranih gajinjača, kao i između njivskih i šumskih gajinjača. Po mehaničkom sastavu spadaju u grupu “teških” zemljišta, a sadržaj gline se povećava sa porastom dubine. Hemijske osobine gajinjača su prilično povoljne. Poseduju slabo kiselu do neutralnu reakciju. Humus ovih gajinjača pripada tipu blagog ili polublagog, tako da povoljno utiče na fizičke, hemijske i biološke osobine zemljišta.

5.2.2. Hidrografija vranjskog kraja

Geografski sastav, reljef i klima uticali su na formiranje brojnih hidrografskih pojava. Hidrografiju vranjskog područja čine podzemne vode - reke i jezera.

Najveći hidrološki značaj imaju aluvijalne naslage Južne Morave i njenih pritoka, koje zahvataju njihov užu pojas. Karakterišu se poroznošću, vodopropustljivošću, niskom nadmorskom visinom izdana. Izdani su plitki, a ukoliko se ide dalje i dublje prema severnim i severozapadnim delovima Vranja dubina bunara se kreće prosečno 10-15 m, a u nižim jugoistočnim delovima 5-6 m. Planinski deo karakterišu brojni i slabi izvori koji se javljaju na padinama i u dolini planinskih reka. Posebnu grupu izvora predstavljaju pojave termalne, sumporaste vode u Vranjskoj Banji. Ove izvore karakteriše T od 92° C i slaba mineralizacija.

Rečna mreža je relativno gusta, ali su vodotoci od manjeg hidrološkog značaja. Najveća reka je Južna Morava koja protiče tri kilometra južno od Vranja. Ona se ubraja u reke siromašne vodom i pripada crnomorskom slivu. Njeno slivno područje zahvata 2.094,24 km². Na području vranjske kotline Južna Morava ima 59 pritoka, od toga 30 desnih i 29 levih.

Vranjska reka (6,5 km) je najveća reka koja protiče kroz Vranje. Ima dva izvorišna kraka, jedan koji polazi sa Pljačkovice, Mala reka (2,9 km) i Devotinski potok (4,2 km), koji teče sa planine Krstilovice. Ovi vodotoci spajaju se kod Markovog kaleta.

Vranjskobanjska reka (Banjštica) izvire sa visova Besne Kobile i ogranaka Paterice. Prolazeći kroz Vranjsku Banju, ona prihvata termalnu vodu, odnoseći je u Južnu Moravu.

Hidrografija vranjskog kraja obogaćena je izgradnjom većstskog akumulacionog jezera (Aleksandrovačko jezero) u ataru sela Aleksandrovac. To je mala veštačka akumulacija površine 120.000 m² i zapremine oko 300.000 m³ vode.

5.3. Klima

Klima je pojam koji se različito shvata, opisuje i tumači. Ima mišljenja da je u vranjskoj oblasti zastupljena "župna klima", varijanta umereno - kontinentalne klime sa svoja dva podvarijeteta, nizijski i visijski. Opšte odlike ove klime su duge jeseni, oštre zime, blaga proleća, a s obzirom na podvarijante umereno - kontinentalne klime, smatra se da su u vranjskoj kotlini na planinama leta duža i toplija, zime duge i hladnije, sa više snega, i da se proleće skoro i ne oseća, jer se iz zime naglo prelazi u leto.

Tvrđnja da je u vranjskoj oblasti zastupljena umereno - kontinentalna klima je dokazana i opšte prihvaćena. Dokaz klimatologa Dragomira Đukanovića da je vranjska klima umereno - kontinentalna sa stepenom kontinentalnosti K1 (34,8), i K2 (33,55) je nemoguće oboriti.¹

Iz shvatanja da je vranjska kotlina pod egejskim klimatskim uticajem, ciklonskih aktivnosti Atlantskog okeana i Sredozemnog mora, sibirskog anticiklona, i da reljefna razuđenost vranjske kotline utiče na klimatske posebnosti, proizilazi da je klima umereno - kontinentalna i planinska.

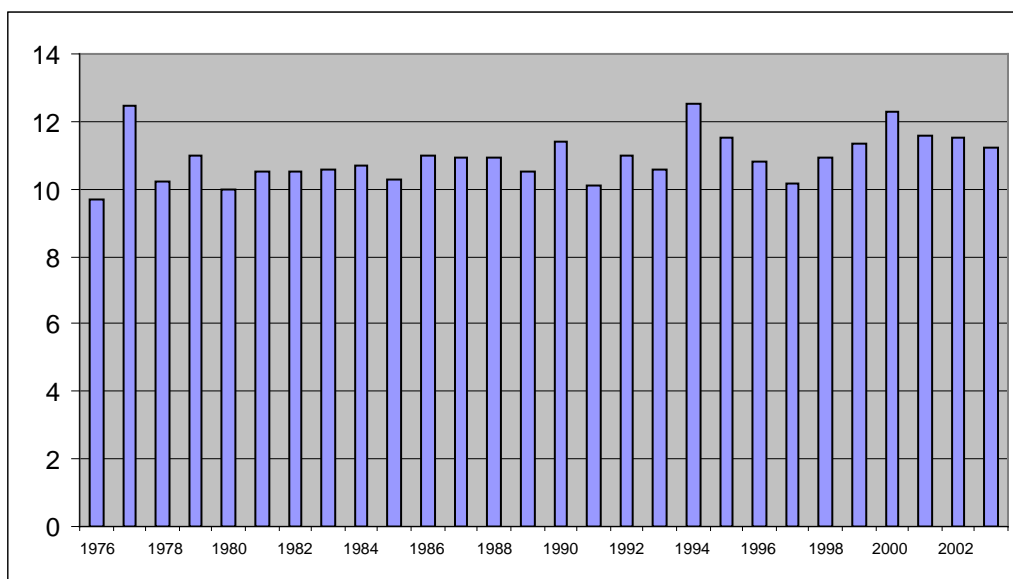
Komparativne analize klimatskih faktora Vranja, Dubrovnika i Pule ukazuju da ima indikacija da je u Vranju, u određenoj meri, zastupljena i izmenjena sredozemna klima. U prilog ovom tvrđenju ide i činjenica da se u Vranju rađaju smokve, bademi, pitomi kesteni, limun i pomorandža pod određenim tretmanom, dok maslina samo cveta (sve ove kulture su široko rasprostranjene u Sredozemlju).

Reljef u velikoj meri utiče na klimatske prilike. Do sada je utvrđeno da razlika između najviše tačke (Besna Kobila, 1922 m) i najniže tačke (atar sela Gorinje, 283 m) u vranjskoj kotlini, proizilazi da je amplituda površine reljefa 1639 m, što uslovljava promenu klime sa nadmorskom visinom, odnosno sa porastom nadmorske visine klima se postepeno menja, tako da se iznad 600 m može govoriti o planinskoj klimi, koja je vidljiva preko rasporeda vegetacije kao indikatora.

5.3.1 Temperatura vazduha

Upijanje dela sunčevog zračenja od strane Zemljine površine i zagrevanje vazduha, zavisi od geografske širine, nadmorske visine, ekspozicije mesta i zamućenosti vazduha. Temperatura vazduha označava nivo toplotnog stanja vazduha i omogućuje da se sagleda toplotno stanje atmosfere koja se u prizemnom sloju zagreva od Zemljine površine. Temperatura vazduha opada sa porastom geografske širine.

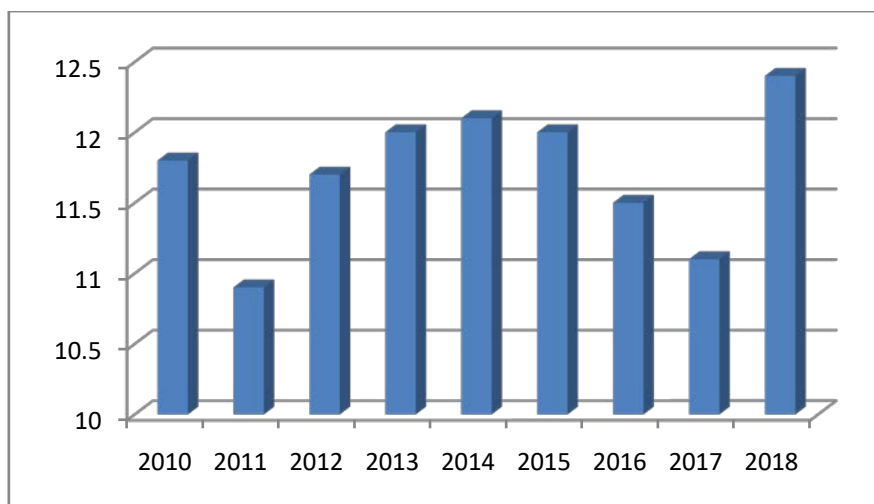
¹ Dragomir Đukanović je 1967. god., ispitujući klimu sreza Leskovac (kojem je tada pripadala opština Vranje) ispitivao nivo kontinentalnosti klime. U ispitivanju je termodromski koeficijent za određivanje kontinentalnosti zasnovan na analizi temperaturnih podataka i jednačine Gorczynskog za termički stepen kontinentalnosti. Ispitivanjem je utvrđen termodromski koeficijent kontinentalnosti za opštinu Vranje (4,92 i 4,07%), što se tumači kao ne mala kontinentalnost klime ali je utvrđen termički stepen kontinentalnosti (34,8 i 33,5%) koji ukazuju da postoje prelazne karakteristike između maritivnog i kontinentalnog tipa proučavanog područja i ne toliko izračenu kontinentalnost.



Grafikon 1. Srednje godišnje vrednosti temperature vazduha u Vranju (1976-2003.)²

Iz grafikona se može videti da je srednja godišnja temperatura vazduha u Vranju za period 1976 - 2003. godine iznosila 10,9°C, najniža srednja godišnja temperatura zabeležena je 1976. godine 9,7°C, a najviša 1994. godine 12,5°C. Najučestalije srednje godišnje temperature su 10,6°C, 10,9°C i 11,0°C sa učestalošću pojavljivanja 3 do 12%. Ove srednje vrednosti temperature vazduha su obeležile 1983, 1993, 1995, 1987, 1988, 1998, 1979, 1986. i 1992. godinu. Sve godine karakteriše relativno stabilna srednja godišnja temperatura (temperaturne razlike se kreću manje, više oko 1°C). Odnos srednje godišnje vrednosti temperature za period 1976-2003. godina ukazuje da klima ima umereno - kontinentalna obeležja, što se može videti i iz grafikona 2, gde su date vrednosti srednjih vrednosti temperature vazduha u Vranju za period 2010 – 2018. godine.

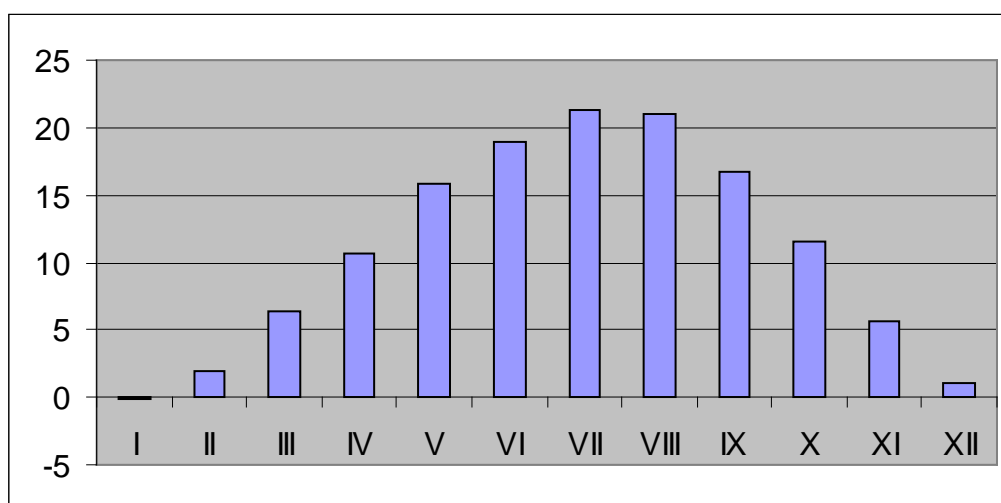
² Vrednosti temperatura na osnovu kojih je sačinjen grafikon dobijeni su iz hidrometeorološke stanice u Vranju



Grafikon 2. Pregled srednje vrednosti temperature vazduha u Vranju za period 2010-2018 godina⁴

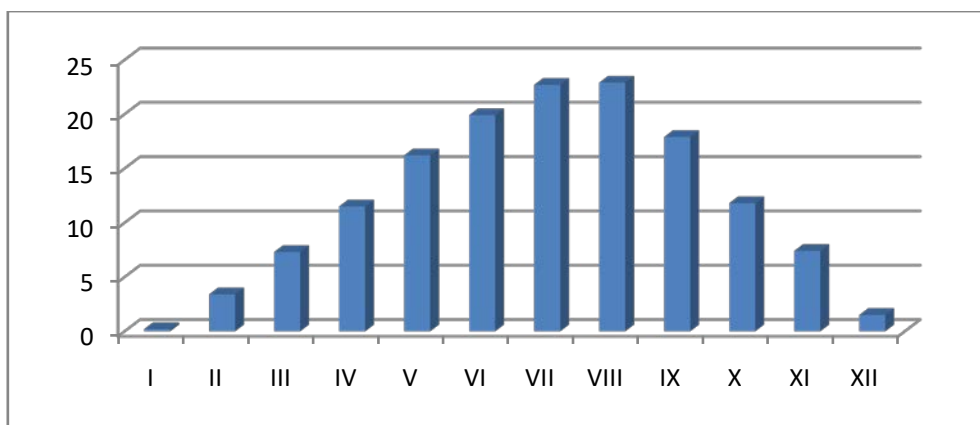
Na osnovu srednjih, minimalnih i maksimalnih vrednosti mesečnih temperatura, može se reći da je najhladniji mesec januar sa srednjom temperaturom $-0,07^{\circ}\text{C}$, a najtopliji meseci su jul i avgust sa $21,31^{\circ}\text{C}$ i $21,07^{\circ}\text{C}$.

Temperaturni prelaz od zime ka letu je sporiji (povećanje od marta do maja iznosi $9,42^{\circ}\text{C}$, nego prelaz od leta ka zimi, jer postoji smanjenje od septembra do novembra za $11,08^{\circ}\text{C}$). Klimu Vranja i okoline obeležava blaži prelaz od proleća jeseni (vrednost srednje mesečne temperature vazduha maja meseca je $15,8$, a septembra $16,7^{\circ}\text{C}$).



Grafikon 3. Prosečne mesečne temperature vazduha u Vranju 1976-2003. god.³

³ Vrednosti temperatura na osnovu kojih je sačinjen grafikon dobijeni su iz hidrometeorološke stanice u Vranju



Grafikon 4. Prosečne mesečne temperature vazduha u Vranju za period 2010-2018. god.⁵

Ovakve podatke klimatologija tumači prelazom umereno - kontinentalne i sredozemne klime. Međutim, za kompletniju sliku o klimi potrebno je sagledati ekstremne temperature, odnosno najviše i najniže temperature. Srednji minimum najhladnijeg meseca januara je $-3,9^{\circ}\text{C}$, apsolutni je -25°C , a apsolutni maksimum zabeležen je u julu 39°C . Takođe, zabeležen je i “stalni” period sa srednjom dnevnom temperaturom ispod 0°C (od 1. januara do 10. februara) i period vrlo hladnih dana koji se skoro uvek javlja od 10. februara do 12. aprila i od 22. oktobra do 21. decembra. Takođe, ponovljenom analizom prosečnih mesečnih temperatura vazduha u Vranju razlike u prisutnosti ekstremno niskih i visokih temperatura za period 2010 – 2018. godine su neznatne.

Srednje mesečne temperature vazduha letnjih meseci u Vranju za period 1976 - 2003. godine prikazane su utabeli 15, a za period 2010 – 2018. godine utabeli 16.

Tabela 15. Srednje mesečne temperature letnjih meseci u Vranju od 1976 - 2003.⁴

Godina	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Jun	16.8	18.3	18.3	19.7	18.2	20.3	20.3	17.2	18.1	17.9	18.5	19.4	18	16.2
Jul	19.4	21.8	20.7	19.5	20.3	19.4	20.4	20.6	19.1	21.8	19.3	23.7	24.3	19.9
Avgust	16.6	20.6	19.8	18.9	19.6	19.5	20.5	19.4	19.3	21.7	22.1	21.1	23	20.1
Septembar	14.7	15.4	14.2	16.1	16.1	16.9	19.6	15.7	17.6	17	17.8	20.5	16.8	15.7
Srednja vrednost	16.875	19.025	18.25	18.55	18.55	19.025	20.2	18.225	18.525	19.6	19.425	21.175	20.525	17.975

Godina	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Jun	19.5	19.7	18.6	14	19.4	20	21	21.2	20.4	19.3	20.7	18.4	20.6	22
Jul	21.6	20.6	20.8	21.8	22.9	22.7	21.5	20.8	22.3	21.3	23.4	22.4	22.1	22.3
Avgust	21.5	19.5	24.4	23	22.5	19.7	21.7	19.4	22.7	22.9	24.1	23.9	20	24
Septembar	15.4	17.3	17.1	17.2	21.1	15.3	13.9	15.8	16.2	18.5	16.9	16.8	15.6	15.5
Srednja vrednost	19.5	19.275	20.23	19	21.48	19.425	19.5	19.3	20.4	20.5	21.275	20.375	19.575	20.95

Tabela 16. Srednje mesečne temperature letnjih meseci u Vranju od 2010-2018 god.

Godina	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Jun	19.0	19.2	22.3	19.4	19.3	18.9	20.5	20.7	19.9
Jul	21.8	22.3	25.4	21.8	21.5	24.7	22.6	23.3	21.3
Avgust	23.1	22.5	24.3	23.8	22.2	23.9	20.7	23.4	22.4
Septembar	16.2	20.4	19.8	16.4	16.9	19.3	17.1	17.2	17.8
Srednja vrednost	16.91	21.12	22.94	20.35	19.97	21.70	20.22	21.15	20.35

Analizom srednjih mesečnih temperatura letnjih meseci za period od 2010 – 2018. godine primećuje se da nema većih odstupanja u odnosu na period 1976 – 2003. godine.

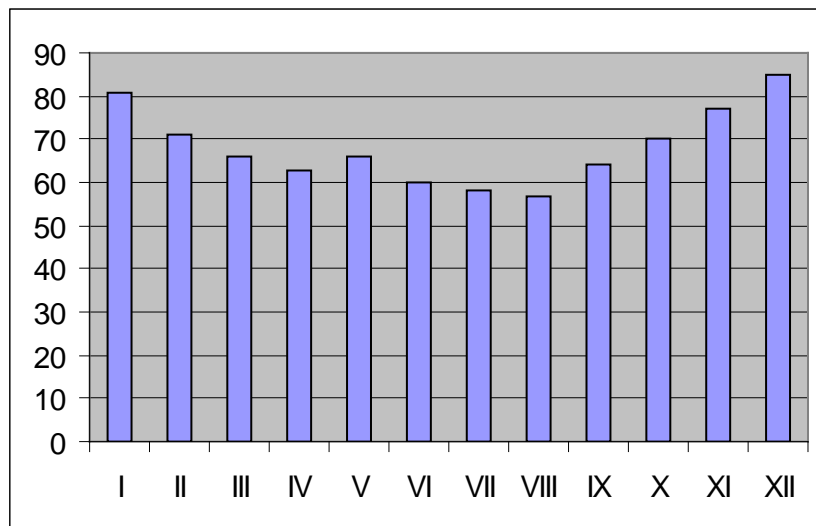
5.3.2 Vlažnost vazduha

Vlažnost vazduha čine količina vodene pare u vazduhu, oblačnost, visina i učestalost padavina u tečnom i čvrstom stanju, a može se razmatrati pomoću pritiska vodene pare u mm/Hg, relativne vlažnosti vazduha u % i apsolutne vlage u g/m³. Relativna vlažnost vazduha predstavlja stepen zasićenosti vazduha vodenom parom i izražava se u %.

⁴ Vrednosti temperatura na osnovu kojih je sačinjen grafikon dobijeni su iz hidrometeorološke stanice u Vranju

Relativna vlažnost vazduha u uskoj je vezi sa temperaturom vazduha, količinom padavina, razmeštajem vegetacije, i predstavlja odnos između apsolutne vlažnosti i maksimalne vlažnosti vazduha. Relativna vlažnost vazduha se smanjuje kada se povećava temperatura, i obrnuto, sa smanjenjem temperature vazduha, dolazi do povećanja relativne vlažnosti vazduha.

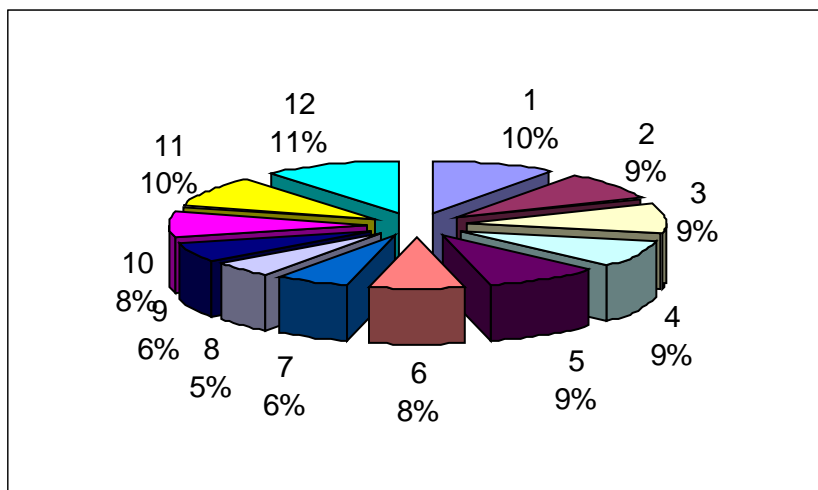
Najveća prosečna relativna vlažnost vazduha zabeležena je u zimskim mesecima, dok je najmanja zabeležena u avgustu (57%). Prosečna relativna vlažnost vazduha najveća je u decembru i iznosi 84%.



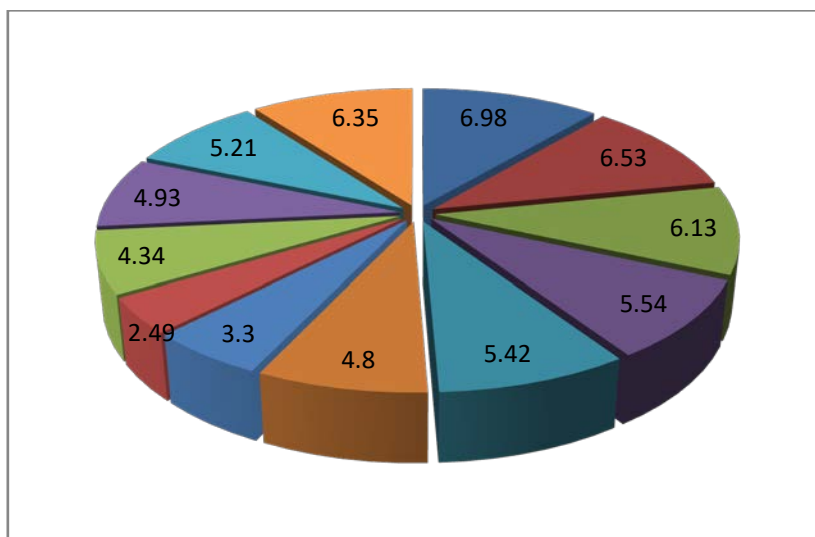
Grafikon 5. Godičnja relativna vlažnost vazduha u Vranju za period od 1976 - 1999. god. (Bogdanović, 2001)

5.3.3. Oblačnost

Oblačnost predstavlja prekrivenost nebeskog svoda oblacima. Velika oblačnost sprečava osunčavanje, smanjuje intezitet insolacije i ublažava kolebanje temperature vazduha. Osmatranje oblačnosti se vrši vizuelno, bez instrumenata u dva termina (u 7.14 i 21.00 h po lokalnom vremenu). U procenjivanje oblačnosti ulazi visoki, tanki, prozirni oblaci i oblaci koji nisu u zenitu i na putu sunčevih zraka. Oblačnost se izražava desetinama i %, gde se kao 100% uzima ceo nebeski svod.



Grafikon 6. Srednja mesečna oblačnost u Vranju za period od 1976-1999. god. (Bogdanović, 2001)



Grafikon 7. Srednja mesečna oblačnost u Vranju za period od 2010 - 2018. god. (Arsić, 2018)

Analizom srednje mesečne oblačnosti u Vranju za period 2010 – 2018. godine može se reći da su meseci sa najvećom oblačnošću decembar, januar, februar i mart, što ukazuje na mala odstupanja u odnosu na period 1976 – 1999. godine.

Na osnovu predstavljenih rezultata, može se reći da je najveća oblačnost u novembru, decembru i januaru, 70% pokrivenosti neba, a najmanja u avgustu, 30% pokrivenosti neba. Srednja godišnja oblačnost je 50%.

Razlika između prosečno najvedrijeg i najoblačnijeg meseca je 40% pokrivenosti neba. Srednja mesečna oblačnost je veća u aprilu (60%), nego u oktobru (50%), što se tumači kao posledica prodora hladnih vazdušnih masa.

5.3.4. Padavine

Svi oblici kondenzovane ili sublimirane vodene pare u vazduhu, koje se na Zemljinoj površini pojave u tečnom ili čvrstom stanju, nazivaju se padavine. Padavine se mere u milimetrima visine vode koja je od njih nastala. Jedan milimetar padavina predstavlja količinu vode od jednog litra na kvadratni metar horizontalne veličine, odnosno površine.

Proučavajući klimu vranjskog kraja, Miodrag Pešić kaže: Merenjima između 1931. god. i 1960. god. Ustanovljeno je da prosečne padavine u Vranju iznose 650 mm godišnje, i izlučuju se u vidu kiše, snega ili znatno ređe, u vidu grada. Drugim rečima, godišnje na kvadratni metar, u proseku, padne 650 litara vode, mada ima odstupanja. Kiše najviše padaju u proleće i jesen, ali ih ima i leti (Pešić, 1975). Ekstremno velike količine padavina u jednom mesecu, kakve u ovom kraju nisu zabeležene, pale su maja 1975. god., prema Krivoj Feji, kada je debljina vodenog taloga dostigla 317,8 mm.

Razmatrajući atmosferske padavine za period 1950.-1962. god., Dragomir Đukanović je utvrdio:

- Srednja visina padavina na teritoriji Vranja iznosila je $632,0 \text{ mm/m}^3$; visina padavina za godišnja doba: zima 133,5; proleće 166,9; leto 159,8 i jesen 158,6,
- Izračunat je stepen kontinentalnosti na osnovu padavinskih podataka pomoću jednačine Hruđičke i izražen je u procentima (tako je za Vranje odnos letnje polovine prema godišnjoj količini padavina iznosio 49,1%; količina padavina zimske polovine godine 301,3 mm, i stepen kontinentalnosti na osnovu padavina 9,1%),
- Izračunat je kišni faktor prema Lange-u: odnos između srednje godišnje visine padavina i srednje godišnje temperature svih meseci sa pozitivnim srednjim mesečnim vrednostima ($r=55,9$) i indeks suše po De Martomrenu (mera vlažnosti $J=29,7$),

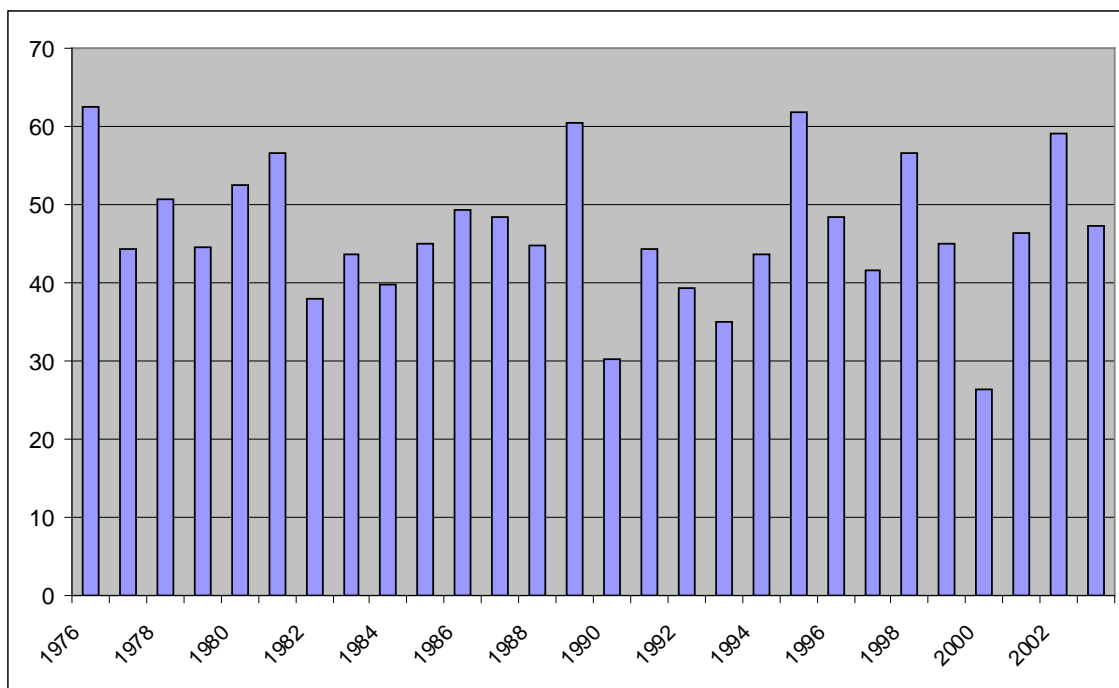
- Na osnovu prosečne visine padavina, maksimalnog pritiska vodene pare koji odgovara srednjoj godišnjoj temperaturi vazduha i prosečni pritisak vodene pare u toku godine, Meyer-ov koeficijent za Vranje je 191,5,
- Prema prosečnoj godišnjoj visini padavina (632,0), srednjoj maksimalnoj temperaturi najtoplijeg meseca (28,7) i srednjem minimumu najhladnijeg meseca (-3,2), izračunat je Emberger-ov poluviometrijski koeficijent za Vranje ($Q=77,7$) i konstatovana umerena vlažnost,
- Angstrom-ovom jednačinom izračunati su koeficijenti vlažnosti za Vranje: I=38,7; II=40,0; III=29,7; IV=27,2; V=20,8; VI=15,8; VII=11,5; VIII=8,8; IX=13,4; X=27,3; XI=50,9 i XII=48,2,
- Godišnji koeficijent dejstva padavina iznosio je 53,9, toplotni faktor (60,5) (C') i letnja koncentracija efektivne temperature (46,7) (b) - to je godišnji tok toplotnog faktora i konstatovano postojanje mikrotermalne klime sa približavanjem polju mezotermalne klime pošto je $i' < 63$, a i' predstavlja godišnji tok toplotnog faktora, tj. letnja koncentracija efektivnosti temperature,
- Končekovanim indeksom vlažnosti koji se zasniva na podacima padavina, temperature i brzine vetra u vegetacionom periodu i određenog odstupanja zbira zimskih padavina u prvom delu vegetacionog perioda, Vranje karakteriše umereno suvo područje;
- Raspodela godišnje visine padavina metodom čukusacije: I-71,3; II-130,7; III-213,4; IV-296,6; V-403,2; VI-527,2; VII-615,5; VIII-660,4; IX-725,3; X-810,6; XI-9016,3 i XII-1000%;
- Srednji dnevni godišnji intenzitet padavina: zimski 4,9; prolećni 4,0; letnji 6,0; jesenji 6,3 i vegetacioni period 5,5; srednji maksimum padavina zabeležen je 16,4, a apsolutni maksimum 70,8;
- Prosečna godišnja učestalost dana sa žegom je 31,9 dana, odnosno 8,7%. Snežni dani su beleženi januara, februara, marta i aprila, kao i novembra i decembra;
- Vranje je pokazivalo najmanju maglovitost 22,7 dana, odnosno 6,2% od ukupnog broja dana u godini;
- Grad se na teritoriji Vranja javljao prosečno godišnje 1,4 dana.

Srboljub Stamenković je utvrdio da u vranjskoj oblasti postoje razlike u visinama i raspodeli padavina. Najmanje količine vodenog taloga područje Vranja prima u avgustu. Prosečno najveća količina padavina je u novembru, maju i junu, a najčešći oblici padavina su kiša i sneg. Snežne padavine se izlučuju od decembra do marta, a u planinskom delu od novembra do aprila.

Za period od 1946 - 1978. god. godišnja količina padavina iznosila je 585 mm, godišnji indeks suše 27,2 (8,187) najveća frekventnost vodenog taloga zabeležena je u jesen (174 mm), a najmanja zimi (129 mm), proleće je imalo veću količinu padavina od leta (133 mm) za 16 mm. Najviše atmosferskog taloga izlučio se tokom oktobra (70 mm), a najmanje avgusta (33 mm). Značajna količina padavina pala je krajem proleća i početkom leta (maj 67 mm i jun 60 mm). Broj snežnih dana u godini iznosio je 14,8, a najveći broj dana sa snežnim pokrivačem u januaru 6,8 dana (8,187).

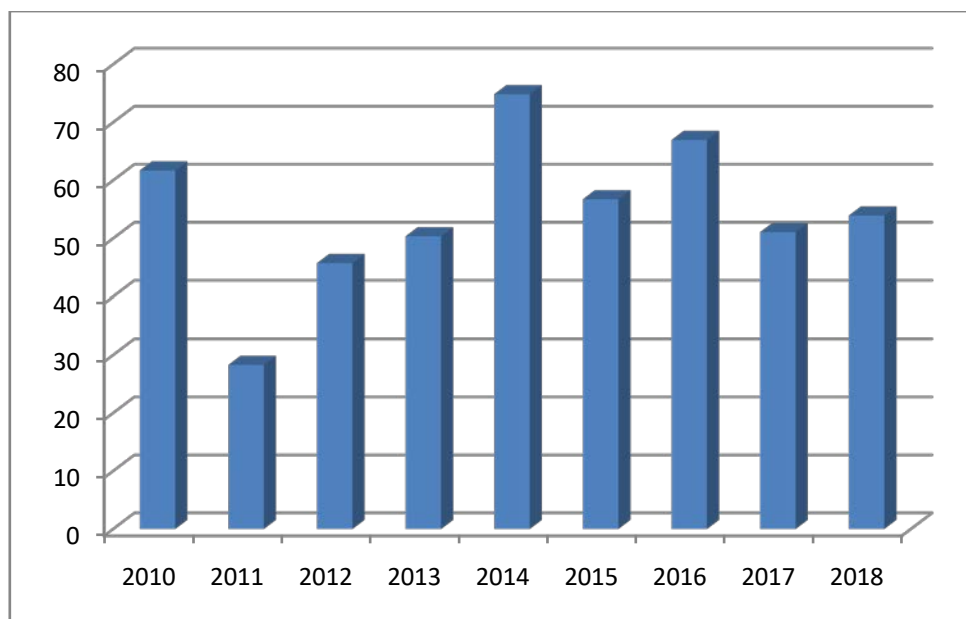
Milijana Janjić, istražujući klimu vranjskog kraja za period od 1975 - 1999. god., zaključuje da je količina padavina iznosila 558,7 mm. Najviše padavina izlučilo se u maju i junu (59,6 mm i 99,2 mm), a najmanje u januaru (33,2 mm). Jesen ima 136,9 mm. Novembar mesec je najkišniji sa 58,7 i 75,3 mm, proleće ima 149,5 mm, sa maksimumom u maju (59,6 mm). Leti se izlučuje 154,2 mm, a zimi 117,9 mm. Vegetacioni period 302,2 mm. U toku vegetacionog perioda izlučilo se 51% ukupnog vodenog taloga u Vranju.

Na teritoriji Vranja i uže okoline proteklih 28 godina zabeležena je ukupna količina padavina od 16.338,1 mm/m³, sa srednjom prosečnom visinom padavina 568,34 mm. Godina 1985. sa ukupnom količinom padavina 541,1 mm je tačka ispod koje i iznad koje su raspodeljeni svi ispitivani slučajevi. U prvoj četvrtini rezultata je najveća godišnja količina padavina zabeležena 1976. godine 750,0 mm, a u poslednjoj četvrtini, 1990. godine najmanja godišnja količina padavina, svega 362,9 mm.



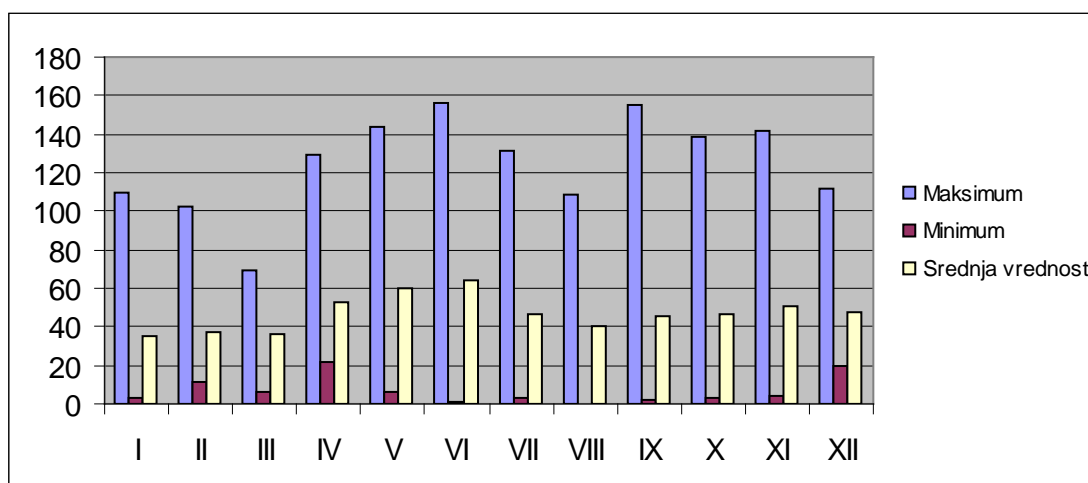
Grafikon 8. Ukupna godišnja količina padavina od 1976 - 2003.

Na osnovu podataka vidi se da najviše padavina za proučavanu teritoriju palo u junu 1983. god. 156,3, nasuprot izuzetno sušnog juna 1996. god. Takođe, najmanja prosečna visina padavina za proučavani period bila je u januaru 34,4, a najviša u junu 66,1. Iz grafikona se vidi i da je nešto brži prelaz od februara ka martu (razlika u prosečnoj visini padavina iznosi 13,3) i stabilniji period od avgusta do decembra.

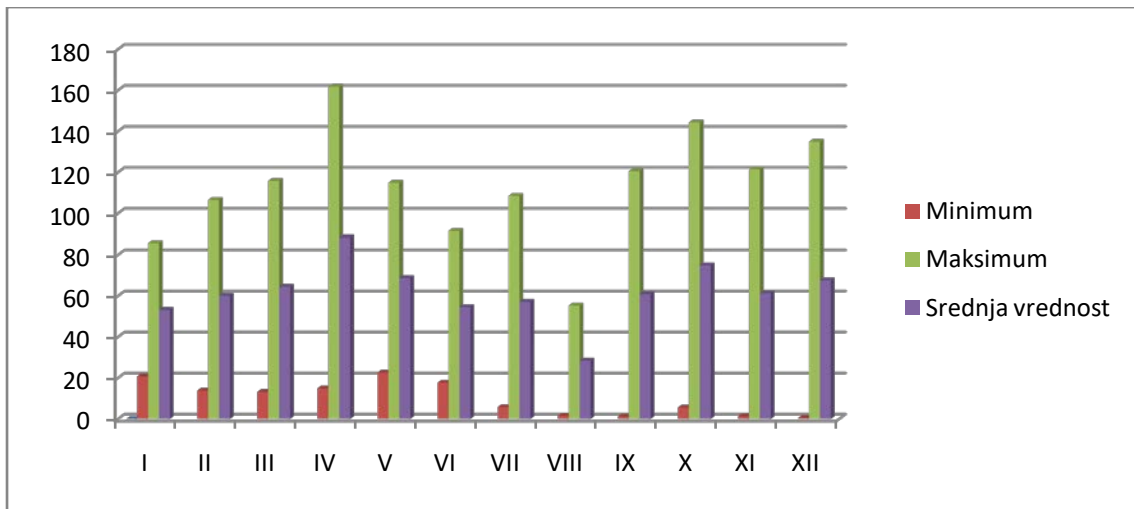


Grafikon 9. Ukupna godišnja količina padavina za period od 2010 - 2018.

Za period 2010-2018 godine, ukupna godišnja količina padavina za proučavanu teritoriju ukazuje na to da su godine sa najvećom količinom padavina 2014., 2016. i sa nešto manje padavina 2010. godini.

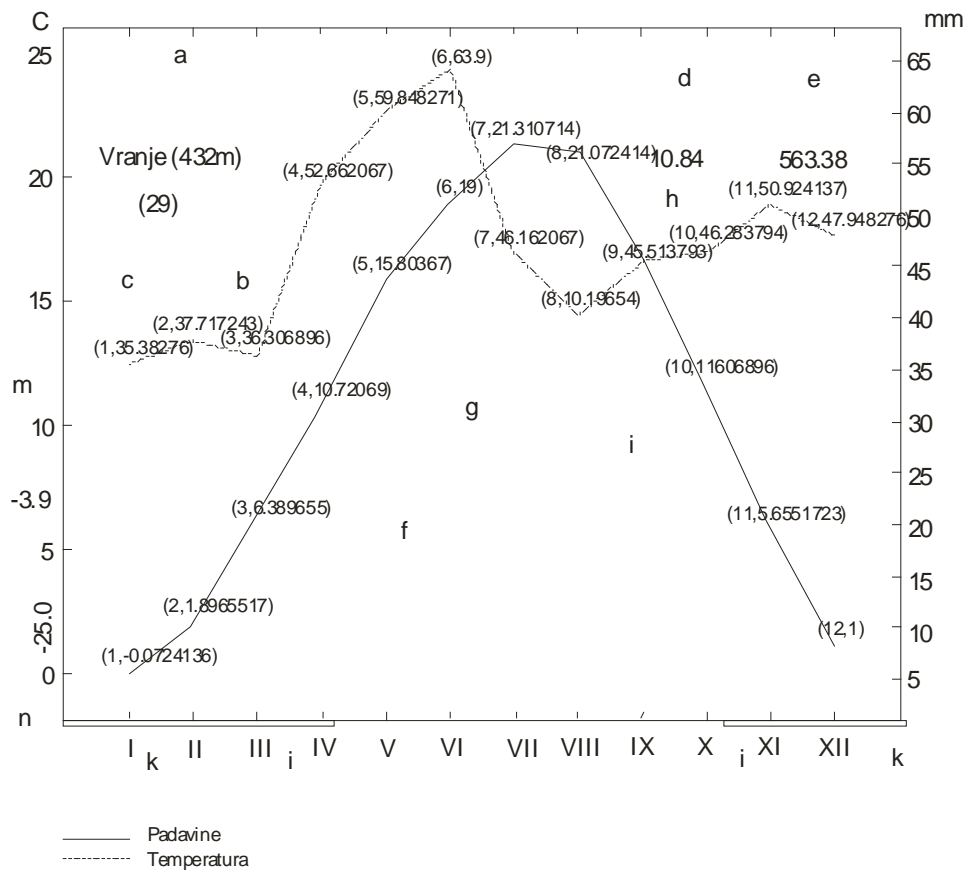


Grafikon 10. Pregled srednjih godišnjih minimalnih i maksimalnih padavina po mesecima od 1976 - 2003.



Grafikon 11. Pregled srednjih godišnjih minimalnih i maksimalnih padavina po mesecima za period 2010-2018.

Precizno predstavljanje klime sa određenim karakteristikama moguće je uz pomoć klimadijagrama Gosena i Valtera koji uzima u obzir temperaturu i padavine. Za temperaturu se uzimaju srednje mesečne vrednosti izražene u °C, a za padavine ukupna količina vodenog taloga u toku meseca izražena u mm, s tim što se za višegodišnji prosek uzimaju srednje vrednosti za srednje mesečne temperature, a za padavine srednje vrednosti ukupnih mesečnih padavina. Na ovom klimadijagramu po Valteru rastojanja na ordinatama sa vrednostima temperature vazduha i visinama mesečnih padavina je 1:2. Korišćenjem ovakvog načina predstavljanja rezultata moguće je uočiti period suše i stepen humidnosti klime. Temperaturna kriva označena je kvadratićem, a kriva padavina rombom. Površina ispod krive padavina, a iznad temperature krive, predstavlja stepen humiditeta za vreme vlažnog godišnjeg perioda. Površina ispod temperature krive, a iznad krive padavina pokazuje aeridnost za vreme sušnog perioda. Odnos površine koja predstavlja nivo humiditeta za vreme vlažnog perioda i površine koja predstavlja nivo aeridnosti za vreme sušnog perioda daje opšti stepen humidnosti.



Grafikon 12. Klimadijagram Vranja

Klimadijagram Vranja (1975 - 2003.): a - mesto meteorološke stanice; b - nadmorska visina; c - broj godina na koje se odnose upotrebljeni podaci; d - srednja godišnja temperatura; e - srednja godišnja količina padavina u mm; f – kriva temperature; g - kriva padavina; h - tačkasta površina označava period suše; i - površina sa vertikalnim štrihom označava vlažni period; k - period sa srednjim dnevnim minimumom meseci ispod 0°C; l - period sa apsolutnim minimumom ispod 0°C; m - srednji minimum najhladnijeg meseca; n - apsolutni minimum.

Tumačenjem grafikona može se uočiti sušni period (započinje krajem juna, a jenjava krajem oktobra), koji se nalazi između dva vlažna perioda (prvi od januara do sredine juna i drugi od početka novembra do decembra); avgust sa najvećom prosečnom visinom padavina 66,1 mm i januar sa najmanjom 34,4 mm; januar mesec sa prosečnim minimumom temperature ispod 0°C, tačnije -0,4; meseci sa apsolutnim minimumom - februar, mart, april (od 10. februara do 12. aprila kada ima i mrazeva) i septembar i decembar (od kraja septembra do 21. decembra), najhladniji mesec januar, februar, mart (za period od kraja septembra, pa sve do 21. decembra

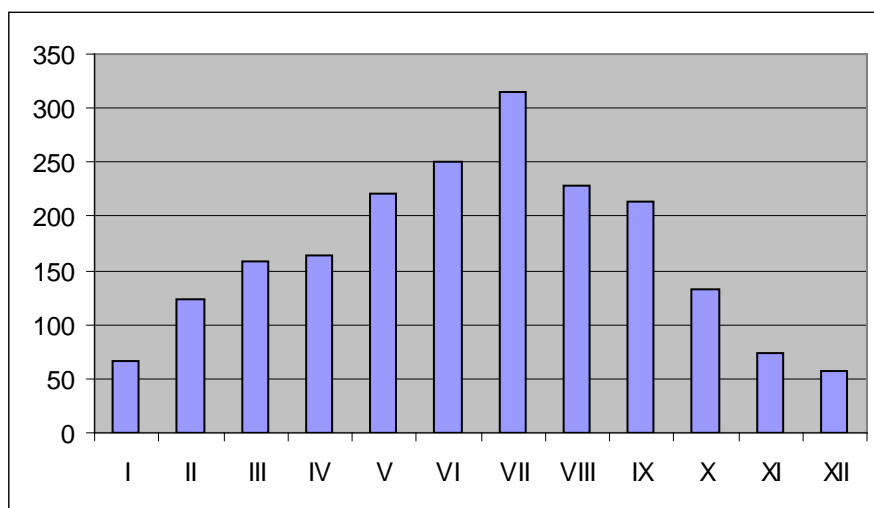
mrazevi su učestaliji); srednja minimalna temperatura najhladnijeg meseca januara, odnosno srednji polugodišnji minimum iznosi $-3,9^{\circ}\text{C}$, vrednost apsolutnog temperaturnog minimuma $-25,0^{\circ}\text{C}$.

5.3.5. Mrazni period

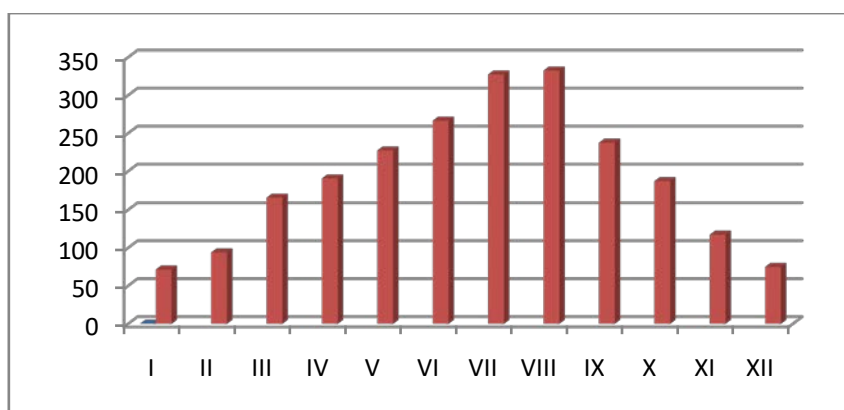
Na osnovu podataka o učestalosti i verovatnoći mraznih dana u kojima je minimalna dnevna temperatura ispod 0°C , može se konstatovati da je mrazni period u vranjskom kraju počinjao početkom oktobra, a završavao se početkom aprila. Ekstremno najduži mrazni period trajao je 213 dana, a ekstremno najkraći mrazni period 131 dan.

5.3.6 Osunčavanje

Osunčavanje je dužina trajanja sunčevog sjaja. Dužina trajanja sunčevog sjaja u direktnoj vezi sa temperaturom zemljine površine do 15 m dubine, temperaturom iznad zemljine površine i sa svim ostalim atmosferskim pojavama koje su sa temperaturom u neposrednoj vezi.



Grafikon 13. Trajanje sunčevog sjaja izraženo u časovima za period od 1976 - 1999. (Bogdanović, 2001)



Grafikon 14. Trajanje sunčevog sjaja izraženo u časovima za period od 2010-2018. (Arsić, 2018)

Na jednom mestu jačina sunčevog sjaja proporcionalna je veličini ugla pod kojim sunčevi zraci padaju a obrnuto proporcionalna stepenu oblačnosti. Dužina trajanja sunčevog sjaja zavisi od geografskog položaja mesta, nadmorske visine, reljefa i stepena oblačnosti. Što je veća oblačnost u toku dana, to je kraće i slabije sijanje sunca.

5.3.7. Vetar

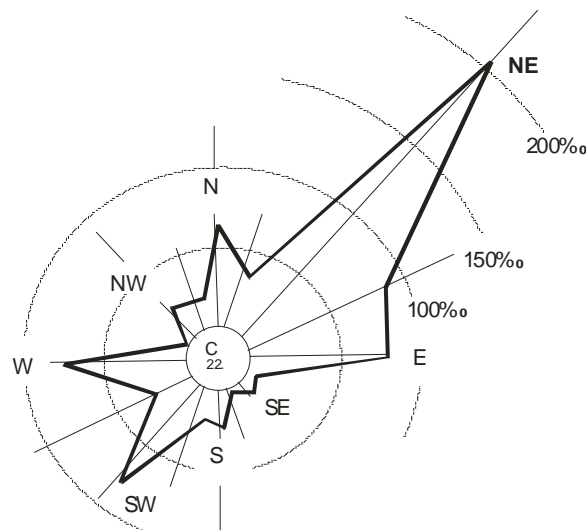
Vetar predstavlja horizontalno strujanje vazdušnih masa u atmosferi. Sa vetrom dolaze i sve karakteristične osobine onog podneblja odakle duva. Jačina dejstva vetra jednim delo određuje temperaturne odnose, vlažnost vazduha, oblačnost i količinu padavina. Pojačano kretanje vazduha uzrokuje isparavanje sa vodenih površina, zemljišta i vegetacije.

Kretanje vazdušnih masa u Vranju za period od 1950 - 1962. god. je istraživao Dragomir Đukanović. Istraživanjem je utvrđena najveća učestalost severoistočnih vetrova 261%, a najređa jugoistočnih 16%. Srednje brzine vetrova za Vranje iznosile su: severnih 4,0 m/s, severoistočnih 3,0 m/s, istočnih 3,4 m/s, jugoistočnih 2,1 m/s, jugozapadnih 3,2 m/s, zapadnih 4,0 m/s i severozapadnih 3,0 m/s. Najređi je jugoistočni vetar sa najmanjom godišnjom brzinom od 2,1 m/s (Đukanović, 1967).

U Vranju najčešće duva severoistočni vetar, javlja se u proseku 200%. Vetrovi su najčešći u toku leta sa učestalošću od 252%. U hladnijim periodima prevladavaju zapadni vetrovi sa prosečnom učestalošću od 80%.

Proučavajući problem vetrova u vranjskom kraju, Stamenković konstatuje: "Najveću čestinu imaju vetrovi iz severnog, severozapadnog, severoistočnog, istočnog i jugoistočnog kvadranta. Severni i severoistočni vetrovi su dominantni u dolini Južne Morave, jugozapadni i zapadni u planinskom delu, a istočni i severozapadni u planinskom regionu istočno od Morave.

Grafičkim prikazivanjem učestalosti vetrova iz pojedinih pravaca, kao i njihovih odgovarajućih brzina, dobija se slika "ruža vetrova" o prosečnom strujanju vazduha. Ako se čestine pojedinih pravaca prikažu grafički, dobija se tzv. "ruža vetrova" koja sa odgovarajućim brzinama daje sliku o prosečnom strujanju vazduha. Odgovarajuće brojne vrednosti čestina uzimaju se kao dužine na poluprečnicima kruga za svaki smer vetra, a čestina tišina opišu se brojem u krugu.



Slika 5. Ruža vetrova

Vetar iz raznih smerova po "ruži vetrova" duva prema središtu kruga, a pravci pravih linija pokazuju smer koji ima vetar, odnosno stranu sveta iz koje duva vetar. Ruža vetrova pokazuje da su najučestaliji severoistočni, istočni i zapadni vetrovi. Na pojavljivanje ovih vetrova utiče raspored vazdušnog pritiska i reljef. Glavni vetar je silazni, svež i rashlađujući, naročito severoistočnog pravca, a najređi vetar je jugoistočni.

Od lokalnih vetrova pojavljuju se danik i noćnik, uzrokovani nejednakim zagrevanjem i noćnim hlađenjem vazduha u kotlini i okolnim planinama. Danik je zapravo pregrejani kotlinski vazduh koji struji u toku dana uz planinske strane, a noćnik je spuštanje pregrejanog vazduha sa okolnih planina. Ovi vetrovi se javljaju leti, pri toplom i vedrom danu.

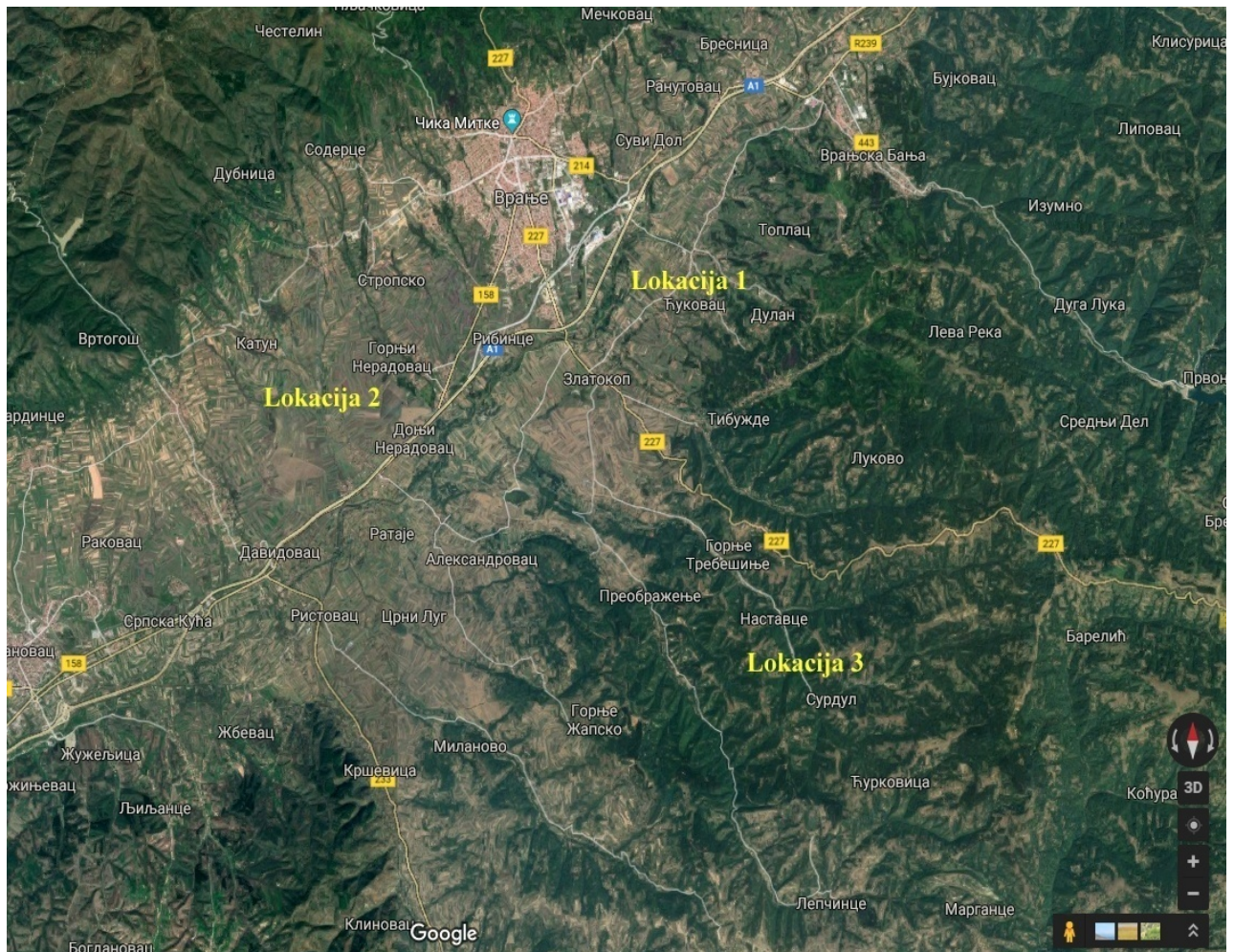
6. EKSPERIMENTALNI DEO

U cilju potvrđivanja hipoteze ovog rada izvršena su sledeća istraživanja:

- Ispitivanje koncentracija teških metala, Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, Mn i Cu, u listovima duvana tipa berlej prve i treće berbe sa lokaliteta atara sela Ćukovac 2005. godine;
- Ispitivanja koncentracije teških metala, Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, Mn i Cu, u listovima duvana tipa berlej prve i treće berbe sa lokaliteta atara sela Neradovac 2005. godine;
- Ispitivanja koncentracije teških metala, Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, Mn i Cu, u listovima duvana tipa berlej prve i treće berbe sa lokaliteta atara sela Surdul 2005. godine;
- Ispitivanje teških metala, Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, Mn i Cu, u poljoprivrednom zemljištu atara sela Ćukovac 2005. i 2018. godine;
- Ispitivanje teških metala, Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, Mn i Cu, u poljoprivrednom zemljištu atara sela Neradovac 2005. i 2018. godine;
- Ispitivanje teških metala, Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, Mn i Cu, u poljoprivrednom zemljištu atara sela Surdul 2005. i 2018. godine;
- Ispitivanje osnovnih parametara plodnosti poljoprivrednog zemljišta (pH, sadržaj CaCO_3 , sadržaj humusa, sadržaj ukupnog azota, sadržaj prisupačnog azota i sadržaj prisupačnog kalijuma) sa sledećih lokaliteta: atar sela Ćukovac, atar sela Neradovaci atar sela Surdul 2005. godine;
- Ispitivanje osnovnih parametara plodnosti poljoprivrednog zemljišta (pH, sadržaj CaCO_3 , sadržaj humusa, sadržaj ukupnog azota, sadržaj lako prisupačnog azota i sadržaj lako prisupačnog kalijuma) sa sledećih lokaliteta: atar sela Ćukovac, atar sela Neradovac i atar sela Surdul 2018. godine.

6.1. Ispitivani lokaliteti

Za potrebe istraživanja izvršeno je uzorkovanje zemljišta i duvana sa tri lokaliteta poljoprivrednog zemljišta, prikazanih na slici 6.



Slika 6. Reljef vranjskog kraja

Atar sela Ćukovac - lokalitet označen na karti brojem 1 i nalazi se na 5 km udaljenosti od auto – puta;

Atar sela Neradovac - lokalitet obeležen na karti brojem 2. Nalazi se u blizini starog magistralnog puta i novoizgrađenog auto – puta E – 75;

Atar sela Surdul -lokalitetobeležen na karti brojem 3. Material sa ovog lokaliteta predstavlja kontrolni material jer je selo tipično planinsko, bez asfaltnih puteva.

Ćukovac je selo koje se nalazi nadomak Vranja. Nalazi se istočno od grada, a udaljeno je od auto – puta oko 5km. Nadmorska visina na kojoj se selo nalazi je 499 m.n.v., a broj stanovnika je oko 1000. Stanovnici ovog sela se bave različitim zanimanjima, mada je dominantna poljoprivreda.

Neradovac je ravničarsko selo u blizini Južne Morave, zapadno od Vranja. Nalazi se na nekih 6 km od grada. Nadmorska visina na kojoj se selo nalazi je 633m.n.v. Ovo selo ima oko 550 stanovnika koji se bave različitim zanimanjima. Položaj sela je između dva puta: stari, magistralni put i novoizgrađeni auto – put E – 75. Obzirom da selo obiluje obradivim površinama koje se intenzivno obrađuju, zastupljena je i upotreba mineralnih đubriva i pesticida.

Surdul je selo udaljeno 22 km od Vranja. Tipično planinsko selo, koje se nalazi na nadmorskoj visini od 905 m.n.v. Zauzima veliku površinu sa razućenim mahalama. Selo ima četrdesetak stanovnika koji se uglavnom bave zemljoradnjom, slabije stočarstvom. Veći deo atara ovog sela pokriva mešovita bukovo – hrastova šuma, nešto je manje livada, a najmanji deo čine obradive površine. Demografski rast je negativan, tako da selo lagano odumire. Nema asfaltnih puteva u blizini sela, niti fabrika, tako da se ova lokacija smatra nezagađenom (kontrolnom).

6.1.1. Uzorkovanje zemljišta

Količina zemljišta koja je uzeta za analizu bila je dvostruko veća od količine koja je potrebna za analizu (oko 0,5 – 1 kg). Uzorak zemljišta je najpre usitnjen rukom. Tom prilikom je vršeno i mešanje uzoraka.

Uzorci su raspoređeni na papire u tankom sloju, pincetom se udaljeni korenčići i drugi biljni ostaci i sušeni 2 – 3 dana do vazdušno suvog stanja, jer njihovo čuvanje u vlažnom stanju omogućava dalje mikrobiološke procese. Analize su vršene u vazdušno suvim uzorcima, usitnjenim i prosejanim kroz sito sa otvorima od 1mm.

Na ceduljama, koja su stavljaju u vrećice zajedno sa prosečnim uzorcima zemljišta, napisani su sledeći podaci: mesto i vreme uzimanja, dubina do koje je uzet uzorak (0-30 cm), naziv i velicina parcele, prethodni usevi i naredni usevi.

Pored navedenih stavki upisane su sve specificnosti koje će pomoći kod interpretacije rezultata hemijske analize i davanja preporuka (da li je vršena kalcifikacija, humizacija, đubrenje mineralnim đubrivima i upotreba pesticida).

Analize biljnog materijala i zemljišta rađene su u Zavodu za javno zdravlje u Vranju i u Poljoprivrednoj stručnoj službi “Vranje” D.O.O.

6.1.2. Određivanje pH vrednosti zemljišta

Pomoću električnog pH – metra određena je aktivna i supstitucionna kiselost.

Aktivna kiselost je određena za suspenziji zemljišta sa destilovanom vodom i označena je kao “pH u H₂O«”.

Supstitucionna kiselost je određena za suspenziji zemljišta sa 1 M rastvorom KCl i označena je kao “pH u KCl”.

Pribor:

- 1) tehnička vaga,
- 2) čaše zapremine 100 ml,
- 3) stakleni štapići,
- 4) pipete od 25 ml,
- 5) pH – metar,
- 6) stabilizator napona.

Reagensi:

- 1) pH standardni rastvor,
- 2) 1 M rastvor KCl.

Postupak određivanja:

Priprema suspenzije za određivanje pH u H₂O. Odmeriti 10g vazdušno suvog zemljišta, prenti u čašu zapremine oko 100ml i doliti 25ml destilovane vode. Zatim sadržaj u čaši dobro promešati staklenim štapićem i ostaviti da stoji oko 30 minuta (za to vreme se još nekoliko puta promeša). Nakon toga se vrši merenje pH vrednosti.

Rad sa pH – metrom. Aparat se uključuje oko 10 minuta pre početka merenja, u slučaju da se koristi stabilizator. Ukoliko se ne koristi stabilizator aparat se uključuje još ranije.

Pre početka merenja proveriti da li je igla na poziciji “0”. Ukoliko nije mehanički se dotera pomoću odgovarajućeg zavrtnja.

Prilikom merenja kugla staklene elektrode se potpuno uroni u tečnost – suspenziju. To isto važi i za porozni deo kalomelove elektrode. Između dva merenja elektrode ispirati destilovanom vodom.

Priprema suspenzije za određivanje pH u KCl. Supstituciona kiselost se određuje u suspenziji zemljišta sa 1 M rastvorom KCl i označava se kao pH u KCl, ili fiziološki aktivna kiselost.

Postupak metode

Izmeriti 10,0g vazdušno - suvog zemljišta i preneti u čašu od 50ml. Menzurom dodati 25ml 1M KCl, i suspenziju dobro promešati. Ostaviti da stoji 30 minuta i u tom intervalu više puta dobro promešati. Nakog toga se vrši merenje na pH – metru uranjanjem dvojne kombinovane elektrode u pripremljenu suspenziju.

Izgled obrasca za upisivanje reakcije zemljišta:

Broj uzoraka	pH	
	u H ₂ O	u KCl

6.1.3. Određivanje sadržaja humusa u zemljištu

Za određivanje humusa korišćena je metoda po Kotzmann-u.

Pribor:

- 1) analitička vaga,
- 2) erlemajer od 300 – 500 ml,
- 3) 3 menzure od 25 i 250 ml,
- 4) dve birete od 50 ml,
- 5) stakleni levci prečnika 3 – 5 cm,
- 6) uređaj za grejanje.

Reagensi:

- 1) 0,1M rastvor kalijum – permanganate,
- 2) 0,1M rastvor oksalne kiseline,
- 3) sumporna kiselina koncentracije 1:3.

Postupak određivanja:

Na analitičkoj vagi je odmereno 200mg sitno samlevenog, vazdušno suvog zemljišta i kvantitativno prenetou suvi erlemajer. Zatim je menzurom naliveno 130 ml destilovane vode, pri čemu su sa unutrašnjih zidova erlemajera isprane eventualno zalepljene sitne

čestice zemljišta i dodato 20 ml H_2SO_4 (1:3). Najzad je iz birete dodato 50ml 0,1M $KMnO_4$. Na erlermajer stavljen mali levak, koji sprečava gubitak tečnosti prilikom kuvanja. Tako pripremljen erlermajer stavljen je na uređaj za grejanje, zapisano vreme početka ključanja i regulisano tiho ključanje u vremenskom interval od 15 minuta.

Nakon toga rastvor je titrisan 0,1M rastvorom oksalne kiseline. Oksalna kiselina je dodavana sve do obezbojavanja tečnosti u erlermajeru. Obezbojavanje je postepeno i zato se dodaje izvesan višak oksalne kiseline, koji se retitrira rastvorom kalijum – permanganata do pojave trajne slaboljubičaste boje.

6.1.4. Određivanje ukupnog azota u zemljištu

Za određivanje ukupnog azota korišćena je metoda po Kjeldahl–u.

Pribor:

- 1) pribor za spaljivanje,
- 2) aparat za destilaciju,
- 3) proširene epruveta za pokrivanje Kjeldahlbalona,
- 4) erlermajer od 300ml,
- 5) bireta od 25ml,
- 6) Kjeldahlbaloni od 500 – 800 ml,
- 7) menzure od 25ml,
- 8) pipeta od 8ml.

Reagensi:

- 1) smeša katalizatora (K_2SO_4 , $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ i Se u odnosu 100:10:1),
- 2) koncentrovana H_2SO_4 ,
- 3) rastvor 0,1N HCl poznatog faktora,
- 4) 40% NaOH,
- 5) rastvor 0,01N NH_2SO_4 poznatog faktora,
- 6) mešani indikator: 1 g indikatora metilrot +0,15 g bromkrezolzeleno u 200 ml 96% etilalkohola. Ovaj indikator menja boju od zelenog u crveno pri pH 5,1.

Postupak određivanja:

Od fino usitnjenog vazdušno suvog uzorka zemlje odmeriti 2g i preneti u suvi Kjeldahl-ov balon. Dodati smešu katalizatora. Sadržaj balona dobro promešati, dodati 25ml koncentrovane sumporne kiseline, lagano promućkati tako da celokupna količina uzorka zemljišta dođe u kontakt sa sumpornom kiselinom i ostavi da uzorak stoji 10 – 15 minuta. Zatim balon slabije zagrevati oko 15 minuta, a potom zagrevanje povećavati do ključanja.

Zagrevanje se nastavlja dok se sadržaj boce obezboji. Bocu zatim ohladi i dodati još oko 150 ml vode.

Ispod kondenzatora u aparaturi za destilaciju staviti erlenmajer od 300ml sa 20ml 0,1N HCl i indikator, tako da je vrh kondenzatora uronjen u ovu smešu. Zatim oprezno preko levka uz mućkanje Kjeldahl-ovog balona, dodati 40% NaOH. Sledeća faza podrazumeva početak destilacije uvođenjem vodene pare u balon za destilaciju. U uslovima visoke temperature nastali amonijum-hidroksid se razlaže na amonijak i vodu. Nastali amonijak se prolaskom kroz kondenzator kondenzuje i ulazi, kap po kap, u rastvor HCl i indikatora. Kada je zapremina destilata dostigla 120ml, erlenmajer sa kiselinom se spušta niže i nastavlja destilacija do ukupne zapremine destilata od oko 150ml. Izvršiti titraciju 0,1N rastvorom HCl do prelaska boje iz zelene u crvenu.

6.1.5. Određivanje ukupnog fosfora i ukupnog kalijuma u zemljištu

Za određivanje ukupnog fosfora i ukupnog kalijuma u zemljištu korišćena je AL- metoda po Egner – Riehm-u.

Pribor:

- 1) polietilenske boce od 250 ml,
- 2) mućkalica,
- 3) stalak za filtriranje,
- 4) levci,
- 5) čaše od 100 ml,
- 6) menzura 100 ml,
- 7) kolorimetar,
- 8) plameni fotometar.

Reagensi:

- 1) koncentrovani AL rastvor,
- 2) radni AL rastvor (razblaženi konc.AL rastvor u odnosu 1:10),
- 3) molibdenov reagens
- 4) rastvor kalaj(II)-hlorida u askorbinskoj kiselini (svež),
- 5) serija standardnih rastvora za fosfor,
- 6) serija standardnih rastvora za kalijum.

Postupak određivanja:

Količina lakopristupačnog fosforai kalijuma određena je ekstrakcijom smešom 0,1M sirćetne kiseline, 0,1M mlečne kiseline i 0,1M amonijum acetata, pH ekstrakcionog rastvora je 3,7. Odmereno je 2,5g uzorka rastvorenog sa 50ml rastvora. Nakon 2,5 časa mućkanja rotacionom mućkalicom, suspenzija je procedena kroz filter papir. Iz filtrata je određena količina fosfora (spektrofotometrijski na $\lambda=580$ nm, sa molibden-sumpornom kiselinom, kalaj(II)-hloridom i askorbinskom kiselinom, kao sredstvima za obojenje rastvora), a sadržaj kalijuma plamenofotometrijski. Kalibracija instrumenata urađena je sa serijom standardnih rastvora.

6.1.6. Određivanje karbonata u zemljištu

Pribor:

- 1) kalcimetar,
- 2) barometar,
- 3) termometar,
- 4) pipete.

Reagens:

- 1) rastvor hlorovodonične kiseline 1:3

Postupak određivanja:

Određivanje karbonata jeste volumetrijsko određivanje na Scheibler – ovom kalcimetru. Ovaj kalcimetar se sastoji iz 3 cevi, koje su međusobno spojene gumenim cevima.

Odmeriti 1 – 5 g zemljišta (zavisi od količine karbonata) i preneti u bocu. U bocu se zatim stavi epruveta sa hlorovodoničnom kiselinom (1:3). Treba paziti da kiselina ne dođe u dodir sa uzorkom zemljišta. Pomeranjem cevi poravnati nivo u njoj sa podeokom “0” druge cevi. Za to vreme okretati ventil u takav položaj da treća cev bude u kontaktu sa spoljašnjom sredinom. Zatim bocu dobro zatvori gumenim čepom, i okrenuti u položaj koji spaja druge dve cevi. Bocu okrenuti tako da hlorovodonična kiselina iz epruvete postepeno prelije celu količinu zemlje. Razvijeni gas, CO₂, potiskuje vodu u drugoj cevi. Pomeranjem prve cevi izjednačiće se nivoi prve i druge cevi. Radi boljeg odvijanja reakcije treba bocu nekoliko puta promućkati. Posle 15 minuta nakon izjednačavanja, izjednačiti nivoe tečnosti u prve dve cevi, očitati zapreminu CO₂ u drugoj cevi, pritisak na barometru i temperaturu na termometru.

6.1.7. Određivanje teških metala u zemljištu

Odmeriti 1g osušenog i fino usitnjenog uzorka zemljišta. Uzoraki žariti 3 sata na temperaturi do 500°C. Posle hlađenja ostatak uzorka nakvasiti sa 1-2ml destilovane vode i dodati 1ml koncentrovane H₂SO₄ i 20ml HF kiseline. Zatim se vrši blago zagrevanje do 120 °C na rešou, do pojave belih para SO₃. Nakon hlađenja, rastvordobro promućkati, filtrirati kroz filter papir Whattman br. 40 u normalni sud od 50ml i dopuniti destilovanom vodom do crte. Sadržaj metala određen je korišćenjem atomskog apsorpcionog spektrofotometra – AAS, Perkin-Elmer 1100.

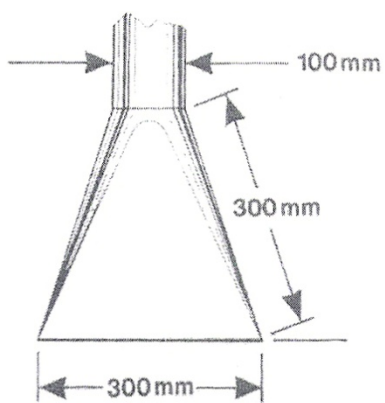
6.1.8. Određivanje teških metala u biljkama

U staklenu laboratorijsku čašu (od 50 ml) odmeriti određenu masu uzorka (5g). Na rešou postepeno spaljivati (1,2-30 min; 3,4-30 min; i 5,6-30 min), a zatim preneti u peć za žarenje na 450°C od 6 do 12 časova.

Izvaditi iz peći, ohladiti i tretirati sa nekoliko kapi dejonizovane vode, a po potrebi sa nekoliko kapi koncentrovane HNO₃, staviti na rešo (uključiti na jedinicu) i pažljivo upariti do suva. Zatim postepeno pojačavati do šestice (60 min. ceo postupak) i preneti sud u peć na 450°C oko 60 minuta. Postupak se može ponoviti. Ako se posle prvog žarenja dobija dobro mineralizovan ostatak (svetle do bele boje), nema potrebe za tretiranjem sa dejonizovanom vodom i kiselinom.

Ostatak posle žarenja se dalje tretira koncentrovanom HCl (1-2ml), a zatim upari na vodenom kupatilu ili na rešou na jedinici do suva (zapremina upotrebljene koncentrovane HCl zavisi od mase ostatka – ako je veća masa potrebno je više kiseline).

U čašu se doda 5ml 10% HCl i blago zagreje, a zatim profiltrira i kvantitativno prenese u normalni sud od 10ml. Sadržaj metala određen je korišćenjem atomskog apsorpcionog spektrofotometra – AAS, Perkin - Elmer 1100.



Slika 7. AAS "Perkin-Elmer 1100"

7. REZULTATI I DISKUSIJA

Uzorkovanje i analiza materijala vršena je u dva perioda:

1. U 2005. godini vršena su ispitivanja sadržaja teških metala Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Zn i Ni u duvanu prve i treće berbe i u zemljištu sa 3 lokaliteta: atar sela Čukovac, atar sela Neradovac i atar sela Surdul. Iste godine urađena je i hemijska analiza sa aspekta osnovnih parametara plodnosti zemljišta (pH vrednost, sadržaj humusa, sadržaj kalcijum-karbonata, sadržaj ukupnog azota, fosfora i kalijuma u zemljištu).
2. U 2018. godini vršena su istraživanja i analizirano je zemljište istih lokaliteta na teške metale Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Zn i Ni. Takođe, ispitivani su osnovni parametari plodnosti zemljišta (pH vrednost, sadržaj humusa, sadržaj kalcijum-karbonata, sadržaj ukupnog azota, fosfora i kalijuma u zemljištu).

7.1. Rezultati ispitivanja koncentracije teških metala u duvanu i zemljištu uzorkovanih 2005. godine

Rezultati ispitivanja koncentracije teških metala u uzorcima duvana uzorkovanih 2005. godine prikazani su u tabelama 17, 18 i 19.

Tabela 17. Koncentracija teških metala u duvanu, lokalitet atar sela Čukovac, uzorkovano 2005. godine

Teški metali Lokalitet	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Čukovac, berba 1	< 2,0	3,60	1,87	13,59	41,61	3,93	2,22
Čukovac, berba 3	< 2,0	1,40	1,00	6,87	33,21	2,18	1,05

Na osnovu dobijenih vrednosti koncentracija teških metala u duvanu na lokalitetu Čukovac primećuje se da se koncentracije teških metala razlikuju između 1. i 3. berbe (Tabela 17). Koncentracija većine teških metala veća je u listovima duvana 1. berbe; kadmijum prva berba 3,60 mg/kg treća berba 1,40 mg/kg, hrom prva berba 1,87 mg/kg, treća berba 1,00 mg/kg, bakar prva berba 13,59 mg/kg, treća berba 6,87 mg/kg, mangan prva berba 41,61 mg/kg, treća berba 33,21 mg/kg, cink prva berba 3,93 mg/kg, treća berba 2,18 mg/kg i nikl prva berba 2,22 mg/kg, treća berba 1,05 mg/kg.

Koncentracija olova 1. i 3. berbe je bila manja od 2 mg/kg što ukazuje na to da je ona manja od toksične koncentracije za Pb (toksična koncentracija za Pb je do 20 mg/kg suve materije); koncentracija Cd u listovima duvana 1. i 3. berbe je takođe niža od toksične koncentracije za Cd koja iznosi do 10 mg/kg suve materije; koncentracije Cr u listovima duvana sa ovog lokaliteta iznosile su za 1. berbu 1,87 mg/kg, 3. berbe 1,00 mg/kg, što predstavlja nižu vrednost od toksične koncentracije za Cr koja iznosi 2 mg/kg suve materije. Koncentracija Cu sa 13,59 mg/kg i 6,87mg/kg u 1. i i 3. berbi, respektivno, takođe je niža od toksične koncentracije za Cu koja je 20 mg/kg suve materije. Mn je u listovima duvana 1. berbe bio zastupljen sa 41,61 mg/kg, 3. berbe 33,21 mg/kg, šro je mnogo niže od toksične koncentracije za Mn od 400 mg/kg suve materije, dok su koncentracija Zn od 3,93 mg/kg i 2,18 mg/kg, ispod toksične koncentracije za Zn (200 mg/kg suve materije). Toksična koncentracija za Ni od 30 mg/kg suve materije, premašuje izmerene vrednosti za ovaj metal (2,22 mg/kg; 1,05 mg/kg).

Na osnovu dobijenih rezultata analize duvana sa lokaliteta Ćukovac može se konstatovati da su koncentracije ispitivanih teških metala u listovima duvana znatno niže od toksičnih koncentracija za gajene biljake.

Tabela 18. Koncentracija teških metala u duvanu, lokalitet atar sela Neradovac, uzorkovano 2005. godine

Teški metali Lokalitet	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Neradovac, berba 1	< 2,0	3,70	2,50	21,09	60,36	3,58	4,21
Neradovac, berba 3	< 2,0	2,40	1,00	25,62	45,00	3,62	7,89

Poređenjem koncentracija teških metala u duvanu sa lokaliteta sela Neradovac može se uočiti većeprisustvo teških metalau listovima duvana prve berbe. Izuzeci se mogu uočiti kod sadržaja bakra, cinka i nikla. Bakra u uzorcima duvana prve berbe iznosi 21,09 mg/kg, a u uzorcima treće berbe 25,62 mg/kg. Sadržaj cinka u prvoj berbi iznosi 3,58 mg/kg, u trećoj 3,62 mg/kg, dok je sadržaj nikla u prvoj berbi 4,21 mg/kg u trećoj 7,89 mg/kg (Tabela 18).

Koncentracije Pb prve i treće berbe u listovima duvana iznosile su <2 mg/kg, što je znatno niže od toksične koncentracije za Pb, 20 mg/kg suve materije. Koncentracije Cd detektovane u listovima duvana sa ovog lokaliteta (1. berba - 3,70 mg/kg, 3. berba- 2,40 mg/kg) ukazuju na vrednosti koje su niže od toksičnih vrednosti za Cd (10 mg/kg suve materije). Toksična koncentracija hroma u gajenim biljkama od 2 mg/kg suve materije, neznatno je premašena u

uzorcima kod 1. berbe listova duvana u ataru sela Neradovac. Koncentracije Cu u duvanu ovog lokaliteta iznosile su 21,09 mg/kg i 25,62 mg/kg, za 1. berbu i 3. berbu, respektivno, što ukazuje na nešto višu koncentraciju Cu u obe berbe, u onosu na toksičnu koncentraciju od 20 mg/kg suve materije. Koncentracija Mn u duvanskom listu je daleko ispod toksične koncentracije za Mn (400 mg/kg suve materije). Takođe, koncentracija Zn u obe berbe nalazi se znatno ispod toksične koncentracije za Zn, 200 mg/kg suve materije. Koncentracija Ni u duvanskom listu 1. berbe bila je 4,21 mg/kg, a 3. berbe 7,89 mg/kg, i u oba slučaja je niža od toksične koncentracije za Ni, 30 mg/kg suve materije.

Dobijeni rezultati isitivanja koncentracija teških metala u listovima duvana sa lokaliteta Neradovac u većini slučajeva ukazuju da su njihove koncentracije niže od toksičnih koncentracija za gajene biljke. Izuzetak predstavljaju koncentracije Cr i Cu koje su nešto više od toksičnih koncentracija za ove metale.

Tabela 19. Koncentracija teških metala u duvanu, lokalitet atar sela Surdul, uzorkovano 2005. godine

Teški metali Lokalitet	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Surdul, berba 1	< 2,0	3,80	2,62	5,64	52,68	3,68	2,63
Surdul, berba 3	< 2,0	0,50	1,00	7,34	20,00	2,69	0,78

Koncentracije teških metala u duvanu sa lokaliteta Surdul, za većinu teških metala ukazuju na njihovo veće prisustvo u prvoj berbi (Tabela 19). Izuzetak je bakar (u prvoj berbi 5,46 mg/kg, u trećoj berbi 7,34 mg/kg).

Analiza rezultata iz tabele 19, u kojoj su prikazane koncentracije teških metala na lokalitetu Surdul ukazuje na njihove niže vrednosti u listovima duvana 1. i 3. berbe u odnosu na lokalitete Ćukovac i Neradovac. Koncentracije Pb 1. i 3. berbe su bile manje od 2 mg/kg, ispod toksične koncentracije za Pb od 20 mg/kg suve materije. Koncentracija Cd 1. berbe iznosila je 3,80 mg/kg, a 3. berbe 0,50 mg/kg, što je niže od toksične koncentracije za Cd, 10 mg/kg suve materije. Koncentracija Cr 1. berbe u listovima bila je 2,62 mg/kg, 3. berbe 1,00 mg/kg. Vrednost koncentracije iz 1. berbe nešto je viša od toksične koncentracije za Cr, 2 mg/kg suve materije. Koncentracija Cu u 1. berbi iznosila je 5,64 mg/kg, u 3. berbi 7,34 mg/kg (niže od toksične koncentracije za Cu koja iznosi 20 mg/kg suve materije). Koncentracija Mn u 1. berbi bila je 52,68 mg/kg, u 3. berbi 20,00 mg/kg (toksična koncentracija za Mn je 400 mg/kg suve materije). Koncentracije Zn, 3,68 mg/kg i 2,69 mg/kg, ne premašuju toksičnu koncentracije za Zn (200 mg/kg suve materije), što je

zabeleženo i u slučaju Ni (2, 63 mg/kg - 1. berba; 0,78 mg/kg – 3. berba; 30 mg/kg - toksična koncentracija).

Kako se lokacija Surdul nalazi na većoj udaljenosti od Vranja, ona predstavlja i kontrolnu lokaciju, takođe, i rezultati koji su dobijeni ispitivanjem teških metala sa ovog lokaliteta ukazuju na njihove niže vrednosti u odnosu na prethodna dva lokaliteta što se može povezati sa udaljenošću od saobraćajnica i grada, kao i smanjenom obimu poljoprivredne proizvodnje, a samim tim i upotrebe agrohemikalija koje sadrže teške metale. Nešto više koncentracije teških metala pronađenih u duvanu na lokalitetima Ćukovac i Neradovac mogu se opravdati blizinom magistralnog puta i lokalnih asfaltnih puteva, mada su i te vrednosti teških metala u većem broju slučajeva bile niže od toksičnih koncentracija za gajene biljke.

Tabela 20. Koncentracija teških metala u zemljištu ispitivanih lokaliteta, atari sela Ćukovac, Neradovac, Surdul, uzorkovanih 2005. godine

Teški metali Lokalitet	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Ćukovac	< 10,0	< 1,0	99,75	56,25	193,30	20,90	62,50
Neradovac	< 10,0	< 1,0	67,50	33,60	105,80	20,60	< 2,0
Surdul	< 10,0	< 1,0	70,00	35,90	96,00	21,00	< 2,0

Koncentracije teških metala u zemljištu analiziranih lokaliteta pokazuju određena odstupanja. Primećuje se nešto veća koncentracija hroma, bakra, mangana i nikla u zemljištu sa lokaliteta sela Ćukovac, dok su najniže koncentracije većine ispitivanih teških metala nađene u zemljištu sa lokaliteta Surdul (Tabela 20).

Dobijeni rezultati koji se odnose na koncentracije teških metala u zemljištu ispitivanih lokaliteta, ukazuju da su koncentracije svih ispitanih teških metala u zemljištu niže od maksimalno dozvoljenih (osim vrednosti za Ni na lokalitetu Ćukovac) koncentracija opasnih i štetnih materija u zemljištu (Službeni glasnik R. S. br. 23/94.)

- koncentracija Pb ispitivanih lokaliteta nije bila viša od 10 mg/kg, MDK za Pb iznosi 100 mg/kg zemljišta;
- koncentracija Cd za sva tri lokaliteta nije bila viša od 1 mg/kg, MDK za Cd iznosi 3 mg/kg zemljišta;
- koncentracija Cr se kretala u intervalu od 70,00 mg/kg (lokalitet Surdul), do 99,75 mg/kg (lokalitet Ćukovac), MDK za Cr iznosi 100 mg/kg zemljišta;
- koncentracije Cu su se kretale u intervalu od 35,90 mg/kg (lokalitet Surdul), do 56,25 mg/kg (lokalitet Ćukovac), MDK za Cu je do 100 mg/kg zemljišta;

- koncentracija Mn se kretala od 96,00 mg/kg (lokalitet Surdul) do 193,30 mg/kg (lokalitet Ćukovac);
- koncentracija Zn se kretala u intervalu od 20,90 mg/kg (lokalitet Ćukovac), do 21,00 mg/kg (lokalitet Surdul), MDK za Zn je do 300 mg/kg zemljišta;
- koncentracija Ni bila je na dva od tri lokaliteta niža od 2 mg/kg, dok je na lokalitetu Ćukovac bila 62,52 mg/kg, MDK za Ni je do 50 mg/kg zemljišta.

Poređenjem dobijenih rezultata sa graničnim maksimalnim vrednostima, kao i remedijacionim vrednostima (Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih, štetnih i opasnih materija u zemljištu, Službeni glasnik R. S. br. 30/2018) može se doći do zaključka da:

- koncentracije Pb, Zn i Cr u svim analiziranim uzorcima ne premašuju granične maksimalne vrednosti, kao ni remedijacione vrednosti za ove metale;
- koncentracija Cd u svim uzorcima je manja od 1,00mg/kg što je na samoj gornjoj granici u poređenju sagraničnom maksimalnom vrednošću (0,80 mg/kg), ali je znatno ispod remedijacione vrednosti (12,00mg/kg);
- koncentracije Cu od 56,25 mg/kg (lokalitet Ćukovac) premašuje graničnu maksimalnu vrednost (36,00 mg/kg) ali ne i remedijacionu (190,00 mg/kg), dok su koncentracije Cu na ostalim lokalitetima ispod graničnih maksimalnih i remedijacionih vrednosti;
- koncentracija Ni sa lokaliteta Ćukovac (62,52 mg/kg) je iznad granične maksimalne vrednosti (35,00 mg/kg) ali ne i iznad remedijacione (210,00 mg/kg). Koncentracije Ni u uzorcima sa ostalih lokaliteta (niže od 2 mg/kg) su daleko ispod graničnih maksimalnih kao i remedijacionih vrednosti.

S obzirom na činjenicu da remedijacione vrednosti zagađujućih, štetnih i opasnih materija u zemljištu, predstavljaju one vrednosti pri čijem je prekoračenju došlo do narušavanja nivoa koji je bezbedan za korišćenje, može se zaključiti da ni u jednom od analiziranih uzoraka ove vrednosti nisu prekoračene i da su zemljišta potencijalno bezbedna za korišćenje uz dodatna ispitivanja kao i uz potrebna ograničenja u načinu upravljanja.

7.2. Rezultati ispitivanja osnovnih parametara plodnosti zemljišta uzorkovanih 2005. godine

Rezultati ispitivanja osnovnih parametara plodnosti zemljišta uzorkovanih 2005. godine na lokalitetima Ćukovac, Neradovac i Surdul pokazuju da se pH vrednost kreće od slabo kisele (5,10) do slabo bazne (7,10) reakcije. Sadržaj CaCO₃ je u granicama od 0,00 do 1,50 %;

humusa od 1,77 % (Ćukovac) do 3,05 % (Surdul); ukupnog azota od 0,09 % (Ćukovac) do 0,15 % (Surdul); ukupnog fosfora, izraženog kao P₂O₅, od 11,00 % (Surdul) do 13,00 % (Neradovac); ukupnog kalijuma, izraženog kao K₂O, od 20,50 % (Surdul) do 27,00 % (Ćukovac).

Tabela 21. Osnovni parametri plodnosti zemljišta sa lokaliteta Ćukovac, Neradovac, Surdul, uzorkovanih 2005. god.

	pH u H ₂ O	pH u KCl-u	%				
			Humus	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaCO ₃
Ćukovac	7,20	7,10	1,77	0,09	12	27,00	1,5
Neradovac	5,30	5,10	1,92	0,10	13	24,00	0,00
Surdul	5,50	5,45	3,05	0,15	11	20,50	0,00

Analizom rezultata ispitivanja hemijskog sastava zemljišta ispitivanih lokaliteta, prikazanih u tabeli 21, može se videti da se pH vrednost sva tri lokaliteta kretala u rasponu od slabo kisele, 5, 10 do slabo alkalne 7,10. pH vrednost je od velikog značaja za usvajanje teških metala od strane biljnih kultura, jer većina njih usvaja teške metale pri nižoj pH vrednosti (kisela zemljišta). Na osnovu pH vrednosti, dobijene ovim istraživanjem, može se utvrditi da zemljište na lokaciji Ćukovac sa pH 7,10 pripada slabo alkalnom zemljištu, zemljište sa lokacije Neradovac sa pH vrednošću 5,10 i zemljište sa uzorkovane parcele na lokaciji Surdul sa pH 5,45 pripadaju blago kiselim zemljištima.

Količina humusa u zemljištima ispitivanih lokaliteta kretala se u rasponu od 1,77% do 3,05%. Ove vrednosti ukazuju da je na lokalitetima sela Ćukovac zemljište sa relativno niskim sadržajem humusa 1,77%, zemljište sa lokaliteta sela Neradovac (1,92%), takođe sa niskim sadržajem humusa, dok je na lokalitetu sela Surdul zemljište sa višim sadržajem humusa, 3,05%. Na osnovu klasifikacije zemljišta shodno sadržaju humusa (klasifikacija po Scheffer-Schachtschabel-u) ova zemljišta spadaju u umereno humozna (2 – 4%).

Sadržaj P u zemljištu ispitivanih lokaliteta bio je relativno ujednačen; lokalitet Ćukovac 12%, lokalitet Neradovac 13% i lokalitet Surdul 11%. Na osnovu klasifikacije zemljišta sa aspekta obezbeđenosti fosforom, sva ispitivana zemljišta spadaju u srednje obezbeđena zemljišta (koja sadrže između 10 i 20% P₂O₅).

Procenat K₂O ispitivanih lokaliteta Ćukovac 27,00%, Neradovac 24,00% i Surdul 20,50% ukazuju da su zemljišta ovih lokaliteta dobro snabdevena ovim hranivom.

CaCO₃ u zemljištu utiče na reakciju zemljišta, a time i na stvaranje uslova za mineralizaciju organskih materija. Ispitivanjem zemljišta navedenih lokaliteta utvrđen je % CaCO₃. Zemljište lokaliteta sela Ćukovac sadržalo je 1,5%, dok u zemljištima lokaliteta sela Neradovac i Surdul nisu detektovane značajne količine karbonata. Zaključujemo da je zemljište lokaliteta Ćukovac slabo karbonatno (0,1 – 2%), dok su zemljišta lokaliteta Neradovac i Surdul beskarbonatna (0,0%).

Procenat N u zemljištu ispitivanih lokaliteta bio je: Ćukovac 0,09%, Neradovac 0,10% i Surdul 0,15%. Na osnovu sadržaja azota, u skladu sa graničnim vrednostima obezbeđenosti zemljišta ukupnim azotom po Wohltmann-u, zemljište sa lokaliteta Ćukovac spada u srednje obezbeđeno (0,06 - 0,1 %N), a zemljišta sa lokaliteta Neradovac i Surdul u dobro obezbeđena (0,1 - 0,2 %N).

7.3. Rezultati ispitivanja koncentracije teških metala u zemljištu uzorkovanom 2018. godine

Rezultati ispitivanja teških metala u zemljištu poljoprivrednih parcela na lokalitetima Ćukovac, Neradovac i Surdul prikazani su u tabeli 22. Koncentracija Cd jena sva tri lokaliteta je < 0,50 mg/kg; koncentracija Zn se kreće u intervalu od 32,50 mg/kg (Surdul) do 78,90 mg/kg (Ćukovac); koncentracija Ni od 15,10 mg/kg (Surdul) do 36,20 mg/kg (Ćukovac); koncentracija Pb od 8,40 mg/kg (Surdul) do 50,40 mg/kg (Ćukovac); koncentracija Mn od 220 mg/kg (Surdul) do 605 mg/kg (Ćukovac); koncentracija Cu od 15,4 mg/kg (Surdul) do 35,4 mg/kg (Ćukovac) i koncentracija Cr od 16,4 mg/kg (Surdul) do 38,4 mg/kg (Ćukovac).

Tabela 22. Koncentracija teških metala u zemljištu ispitivanih lokaliteta, atari sela Ćukovac, Neradovac, Surdul, uzorkovanih 2018. godine

	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Ćukovac	50,4	< 0,5	38,4	35,4	605	78,9	36,2
Neradovac	12,3	<0,5	27,3	21,2	284	44,1	26,7
Surdul	8,4	<0,5	16,4	15,4	220	32,5	15,1

Analizom podataka iz tabele 22 u kojoj su date koncentracije teških metala sa tri ispitivana lokaliteta, može se uočiti da su koncentracije pojedinih teških metala sa istih lokaliteta uzorkovanih 2005. godine veće u odnosu na uzorke iz 2018. godine.

Koncentracije Pb u zemljištu su bile niže od 10 mg/kg na sva tri lokaliteta 2005. godine, dok su se koncentracije na lokalitetu Ćukovac (50,40 mg/kg) i Neradovac (12,30 mg/kg) povećale 2018. godine, dok je lokalitet Surdul kao kontrolni i u 2018. godini zadržao koncentraciju Pb u zemljištu manju od 10 mg/kg (8,40 mg/kg). Povećana koncentracija Pb na lokalitetima Ćukovac i Neradovac verovatno su antropogenog porekla, obzirom da su obe lokacije pored asfaltnih lokalnih puteva i u blizini auto – puta E – 75. Međutim, iako je koncentracija Pb povećana u uzorcima sa ova dva lokaliteta ona ne prelazi MDK za Pb.

Koncentracija Cd je na ispitivanim lokalitetima 2005. godine bila manja od 1,00 mg/kg, dok ponovljene analize 2018. godine pokazuju nižu koncentraciju Cd na sva tri lokaliteta (0,5 mg/kg), koja takođe ne prelazi MDK za Cd.

Upoređujući prisustvo Cr u uzorcima zemljišta ispitivanih lokaliteta 2005. godine sa rezultatima uzoraka iz 2018. godine primećuju se smanjenje koncentracije Cr u uzorcima zemljišta 2018. godine. Koncentracije Cr 2005. godine na ispitivanim lokalitetima kretale su se u rasponu od 70,00 mg/kg do 99,75 mg/kg, dok su nove analize istih lokaliteta 2018. godine pokazale vrednosti od 16,4 mg/kg (Surdul), 27,3 mg/kg (Neradovac) i 38,4 mg/kg (Ćukovac), što je ispod MDK za Cr.

Analizom dobijenih koncentracija Cu u zemljištu ispitivanih lokaliteta 2005. i 2018. godina se takođe razlikuju: 2005. godine koncentracije su bile od 35,90 mg/kg do 56,25 mg/kg, dok su 2018. godine koncentracije Cu na sva tri lokaliteta znatno niže, Ćukovac 35,4 mg/kg, Neradovac 21,2 mg/kg i Surdul 15,4 mg/kg (koncentracije su znatno niže od MDK za Cu).

Značajna je razlika u koncentraciji Mn ispitivanih područja za 2005. i 2018. godinu. Koncentracije Mn za 2018. godinu na ispitivanim lokalitetima su veće u odnosu na 2005. godinu, a verovatno potiču od matičnog supstrata.

Koncentracije Zn su takođe nešto više u uzorcima iz 2018. godine; Ćukovac 2018. god. (78,9 mg/kg), 2005. god. (20,90 mg/kg); Neradovac 2018. god. (44,1 mg/kg), 2005. god. (20,60 mg/kg) i Surdul 2018. god. (32,5 mg/kg), 2005. god. (21,00 mg/kg).

Bez obzira na povećanje koncentracije Zn u zemljištu na sva tri lokaliteta, ove koncentracije su i dalje ispod MDK za Zn.

Sadržaj Ni ispitivanih lokaliteta 2005. godine je bio veći u odnosu na 2018. godinu na lokalitetu Ćukovac, 2005. god. (62,50 mg/kg), 2018. god. (36,2 mg/kg), dok su druga dva lokaliteta imala manji sadržaj Ni u 2005. godini; Neradovac 2005. god. (manje od 2 mg/kg), 2018. god. (26,7 mg/kg), Surdul 2005. god. (manje od 2 mg/kg), 2018. god (15, 1 mg/kg).

Poređenjem dobijenih rezultata sa graničnim maksimalnim vrednostima, kao i remedijacionim vrednostima (Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih, štetnih opasnih materija u zemljištu, Službeni glasnik R. S. br. 30/2018) može se doći do zaključka da su sve izmerene vrednosti ispod graničnih i remedijacionih vrednosti.

7.4. Rezultati ispitivanja osnovnih parametara plodnosti zemljišta uzorkovanih 2018. godine

Rezultati istraživanja hemijskog sastava zemljišta uzorkovanih 2018. godine na lokalitetima Ćukovac, Neradovac i Surdul pokazuju da je pH vrednost zemljišta sa ovih lokaliteta bila u zoni slabo kiselog zemljišta na sva tri lokaliteta (5, 27 – 6,08). Sadržaj humusa se kretao u intervalu od 3,25% na lokalitetu Surdul, do 3,01% na lokalitetu Ćukovac, što ih svrstava u umereno humozna zemljišta (2 – 4%). Sadržaj ukupnog azota je bio relativno ujednačen na ova tri lokaliteta 0,14% - 0,16%. Na osnovu sadržaja azota, u skladu sa graničnim vrednostima obezbeđenosti zemljišta ukupnim azotom po Wohltmann-u, zemljište sa svih analiziranih lokaliteta spadaju u dobro obezbeđena azotom (0,1 - 0,2 %N). Sadržaj fosfora se na ovim lokalitetima kretao od 12,30% na lokaciji Surdul (srednja obezbeđenost fosforom), do 21,03% na lokaciji Ćukovac (dobra obezbeđenost fosforom). Sadržaj kalijuma se kretao u intervalu od 19,5% lokalitet Surdul, do 33, 46% na lokalitetu Neradovac. Sadržaj karbonata je u svim analiziranim uzorcima bio zanemarljiv (Tabela 23).

Tabela 23. Osnovni parametri plodnosti zemljišta sa lokaliteta Ćukovac, Neradovac, Surdul, uzorkovanih 2018. godine

	pH u H ₂ O	pH u KCl-u	%				
			Humus	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaCO ₃
Ćukovac	6,00	6,08	3,01	0,14	21,03	32,18	-
Neradovac	5,80	5,73	2,83	0,14	19,66	33,46	-
Surdul	5,50	5,27	3,25	0,16	12,3	19,5	-

Analizom rezultata ispitivanja hemijskog sastava zemljišta ispitanih lokaliteta prikazanih u tabeli 23, može se videti da je zemljište sva tri lokaliteta slabo kiselo, što ukazuje na težu mogućnost usvajanja teških metala od strane biljaka. Na ovaj način biljke teže usvajanja neophodne, ali i toksične teške metala. Takođe, u poređenju sa podacima dobijenim analizom zemljišta iz 2005. godine istih lokaliteta, primećuje se samo neznatna razlika u pH vrednosti.

Sadržaj P u ispitivanim parcelama zemljišta ovih sela je u ponovljenim istraživanjima bio viši u odnosu na 2005. godinu, što se možda može pripisati većoj upotrebi veštačkih đubriva.

Sadržaj kalijuma ispitivanih lokaliteta 2018. godine ukazuje povećane vrednosti u odnosu na 2005. godinu: Neradovac 33,46%, Čukovac 32,18% i Surdul 19,5%, pa samim tim ukazuju na dobru snabdevenost ovim hranivom.

Sadržaj CaCO_3 u zemljištu utiče na reakciju zemljišta, a time i na mineralizaciju organskih materija. Međutim, u ponovljenim analizama 2018. godine zemljišta sve tri lokacije su bila beskarbonatna.

Procenat N ispitivanih lokaliteta u 2018. godini nije se drastično izmenio u odnosu na 2005. godinu i kretao se u intervalu od 0,14% do 0,16%.

8. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja teških metala u zemljištu potencijalnih lokaliteta za proizvodnju duvana u vranjskoj kotlini došlo se do sledećih zaključaka:

- Koncentracija teških metala u zemljištu atara sela Ćukovac i Neradovac uzorkovanom 2005. godine je veća u odnosu na kontrolni lokalitet atara sela Surdul. Veće koncentracije teških metala ispitivanih lokaliteta atara sela Ćukovac i Neradovac verovatno potiču od blizine autoputa E-75 i veće upotrebe veštačkih đubriva i pesticida, s obzirom da je u ovom delu vranjske kotline intenzivnija poljoprivredna proizvodnja u odnosu na skoro zapušteno selo Surdul.

- Na osnovu dobijenih rezultata analize duvana sa lokaliteta Ćukovac može se konstatovati da su koncentracije ispitivanih teških metala u listovima duvana znatno niže od toksičnih koncentracija za gajene biljake. Dobijeni rezultati ispitivanja koncentracija teških metala u listovima duvana sa lokaliteta Neradovac u većini slučajeva ukazuju da su njihove koncentracije niže od toksičnih koncentracija za gajene biljke. Izuzetak predstavljaju koncentracije Cr i Cu koje su nešto više od toksičnih koncentracija za ove metale. Kako se lokacija Surdul nalazi na većoj udaljenosti od Vranja i rezultati koji su dobijeni ispitivanjem teških metala sa ovog lokaliteta ukazuju na njihove niže vrednosti u odnosu na prethodna dva lokaliteta što se može povezati sa udaljenošću od saobraćajnica i grada, kao i smanjenom obimu poljoprivredne proizvodnje, a samim tim i upotrebe agrohemikalija koje sadrže teške metale. Nešto veće koncentracije teških metala pronađenih u duvanu na lokalitetima Ćukovac i Neradovac mogu se opravdati blizinom magistralnog puta i lokalnih asfaltnih puteva, mada su i te vrednosti teških metala u većem broju slučajeva bile niže od toksičnih koncentracija za gajene biljke.

- Ponovljene analize teških metala u zemljištu istih lokaliteta 2018. godine, potvrđuju pretpostavku da su ova zemljišta sa niskim koncentracijama teških metala.

- Analize hemijskog sastava zemljišta sva tri lokaliteta 2005. godine ukazuju na njihov povoljan hemijski sastav kada su u pitanju pH vrednost zemljišta, količina N, P i K, prisustvo karbonata i humusa.

- Slični rezultati su dobijeni i tokom istraživanja 2018. godine, gde su se osnovni hemijski parametri zemljišta takođe kretali u granicama koje odgovaraju rastu i razviću biljaka, bez štetnih posledica.

- Upoređivanjem rezultata istraživanja hemijskog sastava zemljišta, kao i prisustva teških metala u njemu 2005. sa rezultatima istih parametara 2018. godine na lokalitetima atara sela Ćukovac, Neradovac i Surdl, može se zaključiti da su dobijene vrednosti ispod maksimalno dozvoljenih i remedijacionih vrednosti. S obzirom na činjenicu da remedijacione vrednosti zagađujućih, štetnih i opasnih materija u zemljištu, predstavljaju one vrednosti pri čijem prekoračenju dolazi do narušavanja nivoa koji je bezbedan za korišćenje, može se zaključiti da ni u jednom od analiziranih uzoraka ove vrednosti nisu prekoračene i da su zemljišta potencijalno bezbedna za korišćenje uz dodatna ispitivanja kao i uz potrebna ograničenja u načinu upravljanja.

LITERATURA

1. Agencija za zaštitu životne sredine (2013a). Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2012. godinu, Beograd.
2. Agencija za zaštitu životne sredine (2013b). Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2012. godinu.
3. Allowy, B., (1990): Soil processes and the behaviour of metals, Heavy metals in Soils, WC2H7BP, London.
4. Blagojević, B., (1987): Zaštita radnika pri upotrebi organofosfornih pesticida u proizvodnji, obradi i preradi duvana, Doktorska disertacija, Fakultet zaštite na radu, Niš.
5. Bogdanović Dušanović, G., (2001): Kvalitativni i kvantitativni sastav lišajeva na području Vranja i uže okoline, Magistarski rad, Kruševac.
6. Vapa, Lj., Kastori, R., Radović, D. (1995): Zbornik radova Matice srpske za prirodne nauke, Novi Sad
7. Veselinović, D., Gržetić, I., Đarmati, Š., Marković, D., (1995): Stanja i procesi u životnoj sredini, Fizičko-hemijski osnovi zaštite životne sredine, knjiga prva, Fakultet za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu, Beograd, str. 468 – 472.
8. Vratuša, V., Antanasijević, N., (1999): Autosaoobraćaj kao izvor teških metala u zemljištu i biljkama nekih naselja Srbije, Novi Sad.
9. Glower, A., (1991): Opterećenje koje na zemljište i podzemne vode čine saobraćajni putevi, FORUM Higijena gradova br. 42 sept/okt., str. 266 – 275.
10. Dražić, S., (1995): Proizvodnja duvana, Poljo – knjiga, Beograd, str.17 – 24.
11. Đarmati, A., Veselinović, D., Gržetić, I., Marković, D., (2008): Životna sredina i njena zaštita, Futura, Fakultet za primenjenu ekologiju, Beograd.
12. Đukanović, D., (1976): Klima sreza Leskovac, Beograd.
13. Ernst, W. H. O., (1996): In Fertilizers and Enviroment, Rodriguez – Barrueco, C. ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
14. Zakon o duvanu, „Službeni glasnik RS“, br.18/2018 – usklađen izn., 62/2018 – usklađen izn., 95/2018 i 4/2019 – usklađen izn.
15. Zakon o zaštiti životne sredine, „Službeni glasnik RS“, br. 135/204, 36/2009 – dr. zakon, 72/2009 – dr. zakon, 43/2011 – odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon.
16. Zakon o zaštiti zemljišta, “Službeni glasnik RS“, br. 112/2015.
17. Zaprjanova, P., Ivanov, K., Angelova, V. and Dospatliev, L. (2010): Relation between soil characteristics and heavy metal content in Virginia tobacco, 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 2010, Brisbane, Australia, p. 205.
18. Zarić, N., Mijatović, D. i Vujović, A. (1999): Upotreba mineralnih đubriva i pesticida na području Jelove gore, Eko – konferencija, Budućnost, Novi Sad.
19. Investicioni program kontrole plodnosti zemljišta zemljoradnika na području opštine Vranje za 2004. godinu, Zavod za poljoprivredu, Vranje, 2004.

20. Jablanović, M., (1995): Biljka u zagađenoj sredini, Univerzite u Prištini, Naučna knjiga, Priština, str. 111 – 130.
21. Jablanović, M., (1994): Ekotoksikološki rečnik, Univerzitet u Prištini, Priština.
22. Jablanović, M., Jakšić, P., Kosanović, K., (2003): Uvod u ekotoksikologiju, Prirodno – matematički fakultet Univerziteta u Prištini, Priština – Kruševac, str. 112 – 115.
23. Jakovljević, M., Pantović, M. (1991): Hemija zemljišta i voda, Naučna knjiga, Beograd.
24. Jovanović, V., Dinić, A., Mišić, V., Kalinić, M., (1998): Bukove šume klisure Kazanđol u okolini Vranja, Zbornik radova Učiteljskog fakulteta, knjiga 5, Univerzitet u Nišu, Vranje.
25. Jovičić, Ž., (1968): Prilog geomorfološkim proučavanjima Vranjske kotline i Grdeličke klisure, Vranjski glasnik, knjiga 4, Narodni muzej u Vranju, Vranje, str. 535 – 545.
26. JNP „Slobodna reč“ (2004): Od monopola do moćne kompanije, Vranje, str. 7 – 8.
27. Jovanović, D., (2001): Priručnik za proizvodnju duvana, Niš.
28. Korunović, R., (1970): Praktikum iz pedologije, treće dopunjeno i prošireno izdanje, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd – Zemun, str. 68 – 74.
29. Kostić, M., (1969): Vranjska Banja, prilog termalnoj geografiji SR Srbije, Vranjski glasnik, knjiga 5, str. 494 – 495.
30. Kastori, R. i Petrović, N. (1993): Teški metali i pesticidi u zemljištu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
31. Kastori, R. (1993): Uticaj teških metala na životne procese biljaka, Savremena poljoprivreda, Novi Sad.
32. Kastori, R. (1997): Teški metali u životnoj sredini, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
33. Kristiforović i saradnici, (1996): Komunalna higijena, Novi Sad.
34. Lutz, H., Chandler, R., (1962): Šumska zemljišta, Naučna knjiga, Beograd, str. 259 – 264.
35. Marković, J., (2016): Istraživanja parametara životne sredine i analiza uticaja na kvalitet prinosa, Doktorska disertacija, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Beograd.
36. Mengling, Y., Dan, Z. and Hui, Q. (2017): Heavy Metals Contents and Risk Assessment of Tobacco Soil on the Edge of Sichuan Basin, Journal of Drug Discovery, Development and Delivery, 2017, 4(1): 1027.
37. Miletić, V., (2002): Drumski saobraćaj fosfatna đubriva kao izvori teških metala u poljoprivrednom zemljištu i biljkama, Magistarski rad, Fakultet zaštite na radu, Niš.
38. Milosavljević, M., (1984): Klimatologija, Naučna knjiga, Beograd, str. 20 – 45.
39. Milosavljević, M., (1984): Klimatologija, Naučnaknjiga, Beograd, str. 34 – 45.
40. Milošević, M., Vitorović, S., (2002): Osnovi toksikologije sa elementima ekotoksikologije, Naučna knjiga, Beograd.
41. Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., Sreekanth, T. V. M., (2010): Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review, Department of Nanomaterial Chemistry, Dongguk University, Gyeongju, Republic of Korea.
42. Nacionalni program zaštite životne sredine “Službeni glasnik RS“, br. 12/2010.
43. Pešić, M., (1975): Vranje, SIZ kulture Vranje.
44. Priručnik „Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu“ (2017), 18 izdanje, Društvo za zaštitu bilja Srbije.

45. Priručnik za sistematsku kontrolu plodnosti zemljišta i upotrebu đubriva, (1969), Centar za unapređenje poljoprivredne proizvodnje SR Srbije – Stručni odbor za kontrolu plodnosti zemljišta i upotrebu đubriva, Beograd.
46. Rožaja, D., Jablanović, M., (1980): Zagađivanje i zaštita životne sredine, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva SAP Kosova, Priština, str. 194 – 207.
47. Salt, D. E., Smith, R. D., Raskin, I., (1998): Phytoremediation, Annual Rev. Plant Physiol. Plant Mol. p. 643 – 668.
48. Sekulić, P., Vasin, J. (1998): Sadržaj teških metala uzemljištima na području Bečeja, Ekologika 5, br. 2, str.12 – 16.
49. Sekulić, P., Pucarević, M., Jovanović, Z., (2001): Stanja plodnosti i sadržaj opasnih i štetnih materija u baštama grada Novog Sada, Novi Sad.
50. Sekulić, P., Ubavić, M., Ralev, J., (2003): Plodnost, organski i neorganski zagađivači i rekultivacija zemljišta, Sajam ekologije, Zemljište, NoviSad.
51. Sekulić, P., Kastori, R., Hadžić, V., (2003): Zaštita zemljišta od degradacije, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
52. Stojanović, G., (2011): Određivanje teških metala u vinu, Specijalistički rad, Farmaceutski fakultet (Institut za bromatologiju), Beograd.
53. Stojanović, S., (2001): Duvanska privreda 1945 – 2000., Prosveta, Niš, str. 7 - 8, 229 – 233.
54. Stojanović, S., (1967): Tehnologija cigareta, Savremena administracija, Beograd, str. 24 – 37.
55. Tchounwou, P., Yedjou, C., Patlolla, A. and Sutton, D. (2012): Heavy Metals Toxicity and the Environment, NIH – RCMI Centar for Environmental Health, College of Science, Engineering and Technology, Jackson State University, USA, p. 2.
56. Trajković, M., (2004): Antropogeni izvori zagađivanja zemljišta u proizvodnji duvana, Seminarski rad, Niš.
57. Trajković, M., (2005): Uticaj proizvodnje duvana na fizičko – hemijske pokazatelje kvalitete duvana, Seminarski rad, Niš.
58. Uzunoski, M., (1987): Proizvodnja duvana, GRO „Prosveta“, Niš, str.49 – 58, 111 – 124, 323 – 340.
59. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih, štetnih i opasnih materija u zemljištu “Sl. glasnik RS”, br. 30/2018.
60. Uredba o programu sistematskog praćenja kvaliteta zemljišta indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiju za izradu remedijacionih programa „Službeni glasnik RS, br. 88/2010.
61. Filipović, D., Obradović-Arsić, D., (2014): Kvalitet zemljišta u Republici Srbiji i zdravstveno stanje stanovništva, Zbornik radova – Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu 62 (39-60).
62. Nacionalni program zaštite životne sredine, 2010; Agencija za zaštitu životne sredine, 2013a).
63. www.novi-zagreb.com
64. www.rbkolubara.rs
65. www.paragraf.rs

66. <http://upz.minpolj.gov.rs>

67. <https://studenti.rs>