

UNIVERZITET U BEOGRADU

BIOLOŠKI FAKULTET

Mr Jasmina B. Grubin

**SEZONSKE PROMENE U SADRŽAJU TOKSIČNIH
METALA U ZEMLJIŠTU I LISTOVIMA ZIMZELENIH
VRSTA *PRUNUS LAUROCERASUS* L., *BUXUS
SEMPERVIRENS* L. I *MAHONIA AQUIFOLIUM
(PURCH) NUTT.* NA PODRUČJU GRADA
BEOGRADA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Beograd, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF BIOLOGY

MSci Jasmina B. Grubin

**SEASONAL CHANGES IN THE CONTENT OF TOXIC
METALS IN THE SOIL AND THE LEAVES OF
EVERGREEN SPECIES *PRUNUS LAUROCERASUS* L.,
BUXUS SEMPERVIRENS L. AND *MAHONIA
AQUIFOLIUM* (PURCH) NUTT. IN THE CITY OF
BELGRADE**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

Podaci o mentoru i članovima komisije:

Mentori:

dr Gordana Tomović

vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet

dr Tamara Rakić

docent, Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet

Članovi komisije:

dr Jasmina Šinžar-Sekulić

vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet

dr Maja Lazarević

docent, Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet

dr Ana Čučulović

naučni saradnik, Univerzitet u Beogradu, Institut za primenu nuklearne energije

Datum odbrane:

Zahvalnica

Eksperimentalni deo ove doktorske disertacije urađen je u laboratorijama Katedre za ekologiju i geografiju biljaka, Instituta za botaniku i Botaničke bašte "Jevremovac", Biološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu i Instituta za primenu nuklearne energije, Univerziteta u Beogradu.

Za izradu ove teze posebno bih se zahvalila:

- ✿ svojim mentorima dr Gordani Tomović i dr Tamari Rakić na velikoj pomoći, strpljenju i uloženom trudu;*
- ✿ dr Jasmini Šinžar-Sekulić na pomoći i korisnim savetima prilikom statsitičke obrade podataka;*
- ✿ dr Ani Čučulović i dr Maji Lazarević na pažljivom čitanju i korigovanju ove teze;*
- ✿ prof. dr Branki Stevanović i prof. dr Vladimiru Stevanoviću koji su doprineli osmišljavanju teme ove doktorske disertacije;*
- ✿ dr Neveni Mihailović na velikoj pomoći u realizaciji eksperimentalnog dela ove teze;*
- ✿ dr Ljiljani Tomović, dr Marjanu Niketiću i prof. dr Miodragu Laziću u pružanju pomoći prilikom terenskih istraživanja i prikupljanju uzoraka;*
- ✿ svojoj drugarici Gordani na pomoći prilikom prikupljanja uzoraka;*
- ✿ Milici i Nenadu na velikoj podršci, sugestijama i korisnim savetima;*

Zahvaljujem se svima koji su mi izašli u susret i pomogli da ova teza, u ovom obliku ugleda svetlost dana.

Mojim najdražima Tomi, Luki i Jovanu posvećujem ovu tezu.

Zbog njih je sve vredno truda.

Maj 2016.

Sezonske promene u sadržaju toksičnih metala u zemljištu i listovima zimzelenih vrsta *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. i *Mahonia aquifolium* (Purch) Nutt. na području grada Beograda

REZIME

Urbana sredina se od okolnih ruralnih zona razlikuje u pogledu klimatskih uslova, kao i po kvalitetu vazduha. Pored toga, zemljišta podležu uticaju antropogenog faktora, pa se u zemljištima urbano-industrijskih zona u različitim koncentracijama akumuliraju toksični teški metali, nitrati, pesticidi i organske zagađujuće supstance. Različite vrste biljaka ispoljavaju različit stepen osetljivosti na prisustvo određenih vrsta zagađujućih supstanci, kao i na njihovu povećanu koncentraciju. Iz tog razloga sprovodi se biološki monitoring koji obuhvata određivanje reakcija biljaka na promene u koncentraciji zagađujućih materija u spoljašnjoj sredini koje je zasnovano na praćenju vidljivih promena na biljkama kao i detekciji i utvrđivanju njihove količine u biljnim organima analitičkim metodama u laboratorijskim uslovima. Zimzelene, širokolisne vrste biljaka, *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. i *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. se već duži niz godina uspešno gaje u urbanim uslovima. I pored toga što veliki broj jedinki ovih vrsta raste u neposrednoj blizini visokofrekventnih saobraćajnica i izvora aerozagađenja, višegodišnji listovi ovih biljaka su bez vidljivih znakova oštećenja. Na osnovu tih činjenica definisani su i ciljevi ove disertacije: 1) Utvrđivanje osnovnih karakteristika staništa ispitivanih vrsta biljaka na području grada Beograda, uključujući podatke o tipu urbanog biotopa kojeg naseljavaju, pedološkoj podlozi i klimi; 2) Određivanje osnovnih hemijskih osobina (pH_{H_2O} , pH_{KCl} , procenat organske materije) zemljišta na urbanim lokalitetima na području grada Beograda, kao i prirodnim staništima ispitivanih vrsta biljaka; 3) Određivanje koncentracije Mg, Ca, Na, Fe, Mn, Ni, Zn, Cr, Co, Cu, Cd, Pb, V u zemljištu na urbanim lokalitetima na području grada Beograda i prirodnim staništima ispitivanih vrsta biljaka; 4) Ispitivanje koncentracije navedenih makro elemenata i toksičnih (teških) metala u listovima biljaka *P. laurocerasus* L., *B. sempervirens* L. i *M. aquifolium* (Pursh) Nutt. sa urbanih lokaliteta u Beogradu i sa prirodnih staništa; 5) Određivanje bioakumulacionog faktora (BF) u cilju određivanja efikasnosti biljaka da usvajaju i akumuliraju hemijske elemente

u listovima; 6) Procena kapaciteta ispitivanih zimzelenih biljnih vrsta za toleranciju ili bioakumulaciju određenih toksičnih metala u cilju utvrđivanja i otkrivanja novih indikatorskih, tolerantnih i/ili potencijalnih akumulatorskih zimzelenih biljnih vrsta.

Za sakupljanje uzoraka biljaka i zemljišta, odabrano je šest širih lokaliteta (uključujući 18 užih lokaliteta) u užoj gradskoj zoni grada Beograda, kao i tri lokaliteta sa prirodnih staništa ispitivanih vrsta biljaka. Uzorci listova ispitivanih vrsta biljaka i zemljišta sakupljeni su sa svakog lokaliteta četiri puta tokom 2012. godine, odnosno po jednom u svakoj sezoni. Ispitivanja biljnog materijala i zemljišta su obuhvatila sledeće: 1) određivanje pH zemljišnog rastvora; 2) određivanje količine organskog ugljenika i humusa u zemljištu; 3) određivanje ukupnog sadržaja ispitivanih elemenata u zemljištu i biljnom materijalu. Određivanje stvarne i izmenljive pH vrednosti zemljišnog rastvora, količine organske materije, izmenljivog Ca, Mg, Na, kao i svih ispitivanih makro i toksičnih elemenata u uzorcima zemljišta i biljaka urađene su prema standardnim procedurama.

Analize svih uzoraka zemljišta i biljaka su urađene u tri ponavljanja, a dobijeni podaci su statistički obrađeni. Numeričke deskriptivne mere uključile su srednju vrednost (M) i standardnu devijaciju (SD). Rezultati su prikazani tabelarno i grafički. Za analizu međusobnih odnosa elemenata u zemljištu i biljkama korišten je Spirman-ov koeficijent korelacije (r_s). Da bi se utvrdio odnos između teških metala u zemljištu, kao i njihovi mogući izvori, korišćen je Pirson-ov koeficijent korelacije i analiza glavnih komponenti (PCA - Principal Component Analysis).

Na osnovu podataka dobijenih hemijskim analizama 72 uzorka zemljišta sakupljena tokom četiri uzastopne sezone 2012. godine u užoj gradskoj zoni Beograda kao i na prirodnim, nezagađenim lokalitetima ispitivanih vrsta biljaka, utvrđeno je da se izmerena pH vrednost zemljišta u gradu kreće od blago kisele do blago bazne reakcije (pH_{H_2O} 6,11 – 8,16; pH_{KCl} 5,78 – 7,48), a sadržaj organskih jedinjenja oko 5% što se smatra umerenim i karakterističnim za zemljišta koja se odlikuju relativno brзом razgradnjom organskih ostataka. Utvrđeno je da je značajno viši sadržaj Mg u zemljištu bio prisutan u proleće i leto, a Ca tokom zimskog perioda. Prosečne koncentracije mangana, nikla, cinka, kobalta, kadmijuma i olova u ispitivanim uzorcima zemljišta iz Beograda su bile u nivou vrednosti koje su konstatovane za druge gradove u Evropi i svetu, izuzev vanadijuma, čija je koncentracija u ispitivanim uzorcima zemljišta ispod

prosečnih vrednosti u svetu. U poređenju sa drugim gradovima u Srbiji (Niš, Smederevo, Požarevac, Subotica i Novi Sad) koncentracije većine ispitivanih elemenata u zemljištu Beograda su nešto više. Sadržaj toksičnih ili teških metala i vanadijuma u uzorcima zemljišta je u različitoj meri varirao u zavisnosti od lokaliteta i sezone. Na osnovu statističkih analiza dobijenih podataka utvrđeno je da se u površinskom sloju zemljišta u Beogradu, s jedne strane nalazi veća koncentracija toksičnih ili teških metala koji se u literaturi označavaju kao „urbani metali“ (Pb, Zn, Cu, Cd), a sa druge strane se nalaze metali koji vode poreklo od matične stene (Ni, Cr, Mn).

Analizom biljnog materijala ispitivanih vrsta *B. sempervirens*, *M. aquifolium* i *P. laurocerasus* utvrđeno je da se koncentracija pojedinih elemenata razlikovala u odnosu na biljnu vrstu, kao i u odnosu na različite urbane i prirodne lokalitete. Najveće koncentracije Mn, Ni, Zn, Cr i Cu, zabeležene su u listovima vrste *M. aquifolium* ali je uočeno i najveće variranje ovih elemenata tokom sezona. Koncentracije Co, Cd, Pb i V su bile prilično ujednačene u listovima kod sve tri ispitivane vrste. Utvrđeno je, takođe, da su koncentracije Fe i Mn uglavnom bile u granicama normalnih vrednosti prikazanih u literaturi, pri čemu su veće koncentracije u listovima bile izmerene u jesen i zimu. U listovima ispitivanih biljnih vrsta zabeležene su visoke koncentracije Ni tokom proleća, a posebno visoke u uzorcima sakupljenim u letnjem periodu, a koje su i po nekoliko puta veće od normalnih vrednosti. Koncentracije Pb, Cd i Cr u listovima sve tri ispitivane vrste biljaka bile su iznad vrednosti koje se smatraju normalnim, a najveće koncentracije u listovima su bile tokom proleća i leta. U listovima sve tri ispitivane vrste Cu ima najviše tokom jeseni i zime i to iznad normalnih vrednosti za biljke, a u nekim slučajevima su čak na granici toksičnih vrednosti. Koncentracija Zn u listovima ispitivanih vrsta biljaka se kretala u okviru normalnih vrednosti prikazanih u literaturi i za ovaj element nije ustanovljen jasan trend promene tokom sezona. Kobalt nije identifikovan u svim uzorcima listova ispitivanih vrsta biljaka, ali u uzorcima u kojima je pronađen, je iznad normalnih vrednosti i veoma blizu količinama koje se smatraju toksičnim za većinu biljaka. Sadržaj V u listovima ispitivanih vrsta biljaka identifikovan je samo u tri uzorka listova i to sva tri u proleće, u granicama normalnih vrednosti.

Za ispitivanu vrstu *B. sempervirens* izračunate vrednosti indeksa bioakumulacije bile su veće od jedan $IBA > 1$ za Cd, Cu, Pb i Co, na nekoliko urbanih lokaliteta. Za

ispitivanu vrstu *M. aquifolium* IBA>1 za Cd i ispitivanu vrstu *P. laurocerasus*, IBA>1 za Cd i Cu, takođe na nekoliko urbanih lokaliteta.

Na osnovu dobijenih rezultata vrste *B. sempervirens*, *M. aquifolium* i *P. laurocerasus* mogu se smatrati za neke od ispitivanih elementa indikatorima, a za većinu ekskluderima zbog čega su veoma pogodne za uspešno gajenje na metalima opterećenim zemljištima urbanih ekosistema.

Ključne reči: urbani ekosistem, zemljište, toksični elementi, zimzelene vrste, hiperakumulatori, bioindikacija

Naučna oblast: Biologija

Uža naučna oblast: Ekologija, biogeografija i zaštita životne sredine

UDK broj: [[504.5:[546.7+ 546.8]]:631.41]:631.427.3(043)

Seasonal changes in the content of toxic metals in the soil and the leaves of evergreen species *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. and *Mahonia aquifolium* (Purch) Nutt. in the city of Belgrade

ABSTRACT

Urban environment of the surrounding rural areas differ in terms of climate conditions, as well as air quality. In addition, the land is subjected to the influence of anthropogenic factors, resulting with accumulations of toxic heavy metals, nitrates, pesticides and organic pollutants in different concentrations in the soils of urban-industrial zones. Different types of plants exhibit varying degrees of sensitivity to the presence of certain types of pollutants, as well as their increased concentration. Biological monitoring is established to determine the reaction of plants to changes in the concentration of pollutants in the environment, based on monitoring of visible changes to the plant as well as the detection and determination of the amounts of the plant organs using analytical methods in laboratory conditions. Evergreen, broadleaf plant species, *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. and *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. have for many years successfully grown in urban conditions. Despite the fact that a large number of units of these species is growing near high-traffic routes and sources of air pollution, perennial leaves of these plants have no visible signs of damage.

The objectives of this thesis are based on these facts and they include: 1) Identification of the main characteristics of the habitats of investigated species of plants in the city of Belgrade, including data on the type of urban biotope they inhabit, and pedological substrate and climate; 2) Determination of basic chemical properties ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , the concentration of organic matter) of land in urban localities in the city of Belgrade, as well as the natural habitats of the studied species of plants; 3) Determination of Mg, Ca, Na, Fe, Mn, Ni, Zn, Cr, Co, Cu, Cd, Pb, V in the soil in urban localities in the city of Belgrade and the natural habitats of the studied species of plants; 4) Testing concentrations of the major elements and toxic (heavy) metals in the leaves of plants *P. laurocerasus* L., *B. sempervirens* L. and *M. aquifolium* (Pursh) Nutt. from urban localities in Belgrade and natural habitats; 5) Determination of the Bioaccumulation factor (BF) in order to determine the efficiency of plants to acquire

and accumulate chemical elements in the leaves; 6) Assessment of capacity of examined evergreen plants for tolerance or bioaccumulation of certain toxic metals in order to determine and discover new indicating, tolerant and/or potentially accumulating evergreen plant species.

Six wider localities, including 18 immediate localities, in the inner city zone of Belgrade, were selected for the collecting of samples of plants and soil. Three sites natural habitats of the studied plant species were also selected. Leaf samples of the tested species of plants and soil were collected from each site four times during 2012, once in each season. Tests of plant material and soil included the following: 1) determination of the pH of the soil solution; 2) determination of the amount of organic carbon and humus in the soil; 3) determination of the total content of analyzed elements in soil and plant material. Determination of real and exchangeable pH value of the soil solution, the amount of organic matter, exchangeable Ca, Mg, Na, as well as all investigated macro and toxic elements in soil and plants were conducted according to standard procedures.

Analyses of samples of soil and plants have been done in triplicate, and data were statistically analyzed. Numerical descriptive measures included the average (M) and standard deviation (SD). The results are presented in tables and graphs. Spearman's correlation coefficient (r_s) was used for the analysis of mutual relations of elements in soil and plants. To determine the relationship between the heavy metals in the soil, and their possible sources, we used the Pearson's correlation coefficient and principal components analysis (PCA - Principal Component Analysis).

Based on the data obtained by the chemical analysis of 72 soil samples collected in four consecutive seasons in 2012 in the inner zone of Belgrade, as well as on natural, unpolluted sites investigated species of plants, it was found that the measured pH value of land in the city ranges from slightly acidic to slightly basic reactions (pH_{H_2O} 6.11 to 8.16; pH_{KCl} 5.78 to 7.48), and the content of organic compounds, about 5%, which is considered moderate and characteristic of land, which is characterized by a relatively rapid decomposition of organic residues. It was found that a significantly higher content of Mg was present in the soil in the spring and summer, and Ca during the winter period. Average concentrations of manganese, nickel, zinc, cobalt, cadmium and lead in soil samples from Belgrade were at the level of values that are found for other cities in

Europe and the world, with the exception of vanadium, whose concentration in soil samples is below the average values in the world. Compared with other cities in Serbia (Niš, Smederevo, Požarevac, Subotica and Novi Sad), the concentration of the majority of tested elements in the soil of Belgrade are slightly higher. The content of toxic or heavy metals and vanadium in soil samples in varying degrees varied depending on location and season. The statistical analysis of the data revealed that the subsurface layers of soil in Belgrade, on one side have a higher concentration of toxic or heavy metals in the literature as "urban metals" (Pb, Zn, Cu, Cd), and on the other side are metals that originate from bedrock (Ni, Cr, Mn).

The analysis of plant materials of studied species *B. sempervirens*, *M. aquifolium* and *P. laurocerasus* has shown that the concentration of individual elements differ in relation to plant species, as well as in relation to various urban and natural sites. The highest concentrations of Mn, Ni, Zn, Cr and Cu have been reported in leaves of *M. aquifolium*, however the greatest variation of these elements during the season has also been noted. The concentrations of Co, Cd, Pb, and V were quite uniform in the leaves of all three species. It was also found that the concentrations of Fe and Mn were mainly within normal limits shown in the literature, with higher concentrations in the leaves were measured in autumn and winter. The leaves of tested species have been recorded high concentrations of Ni in the spring, a particularly high in samples collected in the summer, which are several times higher than the normal value. Concentrations of Pb, Cd and Cr in the leaves all three types of plants were above levels that are considered normal, and the largest concentration in leaves were during spring and summer. Regarding copper, the leaves of all three types have most Cu in autumn and winter and above the normal range for the plants, and in some cases are even on the verge of toxic values. The concentration of Zn in the leaves of tested species of plants ranged within the normal range shown in the literature for this element and a clear trend of changes has not been established during the season. The cobalt has not been identified in most leaf samples of examined species of plants, but where found it is above normal values and very close to the amounts which are considered to be toxic to most plants. The content of the leaves of tested species of plants were identified only in three samples of leaves and all three in the spring, within the limits of normal.

For the test type *B. sempervirens*, the calculated index values of bioaccumulation were greater than one $IBA > 1$ for Cd, Cu, Pb and Co, at several urban localities. For the test of the *M. aquifolium* $IBA > 1$ for Cd and tested type of *P. laurocerasus*, $IBA > 1$ for Cd and Cu, also at a few urban localities.

Based on results, *B. sempervirens*, *M. aquifolium* and *P. laurocerasus* may be considered for some of the tested component as indicators, and for most as excluders which makes them very suitable for the successful cultivation at metal laden soils of urban ecosystems.

Key words: urban ecosystem, soil, toxic elements, evergreen species, hyperaccumulators, bioindication

Scientific field: Biology

Field of scientific specialization: Ecology, biogeography and environmental protection

UDC number: [[504.5 [546.8 546.7+]]: 631.41]: 631.427.3 (043)

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1 Grad kao specifičan ekosistem.....	1
1.2 Zagađivanje životne sredine, podela i vrste zagađujućih supstanci.....	4
1.3 Depozicija zagađujućih supstanci.....	9
1.4 Toksični metali.....	10
1.4.1. Opšte karakteristike.....	10
1.4.2. Toksični metali u urbanim uslovima.....	11
1.4.3. Opšti efekat toksičnih metala na biljke.....	12
1.4.4. Odgovor biljaka na prisustvo toksičnih metala u podlozi.....	13
1.5 Opšte karakteristike ispitivanih elemenata.....	21
1.5.1 Opšte karakteristike ispitivanih toksičnih metala.....	21
1.5.1.1 Vanadijum (V).....	21
1.5.1.2 Hrom (Cr).....	22
1.5.1.3 Mangan (Mn).....	23
1.5.1.4 Kobalt (Co).....	26
1.5.1.5 Gvožđe (Fe).....	27
1.5.1.6 Cink (Zn).....	30
1.5.1.7 Nikl (Ni).....	32
1.5.1.8 Kadmijum (Cd).....	34
1.5.1.9 Olovo (Pb).....	36
1.5.1.10 Bakar (Cu).....	38
1.5.2 Opšte karakteristike ispitivanih makroelemenata.....	41
1.5.2.1 Kalijum (K).....	41
1.5.2.2 Natrijum (Na).....	43
1.5.2.3 Magnezijum (Mg).....	45
1.5.2.4 Kalcijum (Ca).....	47
1.6 Opšte karakteristike istraživanih područja.....	49
1.6.1 Opšte karakteristike grada Beograda.....	49
1.6.1.1 Fizičko-geografske karakteristike.....	49
1.6.1.2 Klimatske karakteristike.....	52
1.6.1.3 Geološki uslovi.....	69
1.6.1.4 Edafski uslovi.....	71
1.6.1.5 Biljni pokrivač.....	72
1.6.1.6 Karakteristike ispitivanih lokaliteta na teritoriji grada Beograda.....	74
1.6.2 Opšte karakteristike prirodnih staništa ispitivanih vrsta biljaka.....	76

1.6.2.1 Fruška gora.....	76
1.6.2.2 Ostrozub.....	78
1.6.2.3 Kanjon Matke.....	81
1.7 Opšte karakteristike ispitivanih vrsta biljaka.....	84
1.7.1 <i>Prunus laurocerasus</i> L.....	84
1.7.2 <i>Buxus sempervirens</i> L.....	85
1.7.3 <i>Mahonia aquifolium</i> (Pursch) Nutt.....	87
2. Ciljevi rada.....	90
3. Materijal i metode.....	91
3.1 Materijal.....	91
3.2 Reagensi i oprema.....	94
3.3 Metodologija rada.....	95
3.3.1 Analiza zemljišta.....	95
3.3.1.1 Određivanje pH zemljišta.....	95
3.3.1.2 Određivanje sadržaja izmenljivog Ca, Mg i Na u zemljištu.....	95
3.3.1.3 Određivanje organskog ugljenika i humusa.....	96
3.3.1.4 Određivanje ukupnog sadržaja metala u zemljištu.....	96
3.3.2 Analiza biljnog materijala.....	97
3.3.2.1 Određivanje kalijuma u listovima.....	97
3.3.2.2 Određivanje ukupnog sadržaja mineralnih elemenata u listovima ispitivanih biljaka.....	98
3.4 Obrada dobijenih podataka.....	98
4. Rezultati.....	100
4.1 Hemijske karakteristike zemljišta.....	100
4.1.1 pH vrednost zemljišta i procenat organske materije u zemljištu.....	100
4.1.2 Količina makroelemenata u zemljištu.....	104
4.1.3 Količina toksičnih metala i vanadijuma u zemljištu.....	112
4.2 Makroelementi (Mg, Ca, K) u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	130
4.2.1 Količina magnezijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	130
4.2.2 Količina kalcijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	132
4.2.3 Količina kalijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	134
4.2.4 Količina gvožđa u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	136
4.3 Toksični metali i vanadijum u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	138
4.3.1 Količina mangana u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	138
4.3.2 Količina nikla u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	140

4.3.3	Količina cinka u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	142
4.3.4	Količina hroma u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	144
4.3.5	Količina kobalta u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	146
4.3.6	Količina bakra u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	148
4.3.7	Količina kadmijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	150
4.3.8	Količina olova u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	152
4.3.9	Količina vanadijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka.....	154
4.4	Indeksi bioakumulacije (IBA).....	155
4.4.1	Indeks bioakumulacije Mg i Ca kod vrste <i>Buxus sempervirens</i>	155
4.4.2	Indeks bioakumulacije Mg i Ca kod vrste <i>Mahonia aquifolium</i>	157
4.4.3	Indeks bioakumulacije Mg i Ca kod vrste <i>Prunus laurocerasus</i>	159
4.4.4	Indeks bioakumulacije toksičnih metala i vanadijuma kod vrste <i>Buxus sempervirens</i>	161
4.4.5	Indeks bioakumulacije toksičnih metala i vanadijuma kod vrste <i>Mahonia aquifolium</i>	164
4.4.6	Indeks bioakumulacije toksičnih metala i vanadijuma kod vrste <i>Prunus laurocerasus</i>	167
4.5	Odnosi između koncentracija ispitivanih elemenata.....	170
4.5.1	Odnosi između koncentracija ispitivanih elemenata u listovima <i>Buxus sempervirens</i>	170
4.5.2	Odnosi između koncentracija elemenata u zemljištu na kome raste vrsta <i>Buxus sempervirens</i>	172
4.5.3	Odnosi između koncentracija ispitivanih elemenata u listovima <i>Mahonia aquifolium</i>	175
4.5.4	Odnosi između koncentracija elemenata u zemljištu na kome raste vrsta <i>Mahonia aquifolium</i>	178
4.5.5	Odnosi između koncentracija ispitivanih elemenata u listovima <i>Prunus laurocerasus</i>	181
4.5.6	Odnosi između koncentracija elemenata u zemljištu na kome raste vrsta <i>Prunus laurocerasus</i>	183
4.6	Odnosi toksičnih metala i vanadijuma u uzorcima zemljišta iz Beograda.....	186
4.7	Analiza glavnih komponenti (PCA).....	187

5. Diskusija.....	189
5.1. Hemijske odlike zemljišta.....	190
5.1.1 Koncentracija i sezonska varijabilnost količine kalcijuma i magnezijuma u zemljištu.....	194
5.1.2 Količina ispitivanih elemenata u površinskom sloju zemljišta.....	195
5.1.3 Sezonska varijabilnost elemenata u zemljištu.....	200
5.1.4 Poreklo elemenata u površinskom sloju zemljišta u gradskim uslovima.....	202
5.2. Koncentracija i sezonska varijabilnost toksičnih metala i vanadijuma u listovima biljaka.....	203
5.3. Analiza indeksa bioakumulacije.....	210
6. Zaključci.....	213
7. Literatura.....	218
Prilozi.....	241

1. Uvod

1.1 Grad kao specifičan ekosistem

Rast ljudske populacije i sve izraženija urbanizacija tokom proteklih 300 godina doveli su do nastanka gradova različitih veličina i unutrašnje organizacije. Karakteristično za grad, kao specifičan, urbani ekosistem, je pojava brojnih problema vezanih za životnu sredinu, što je posebno izraženo u velikim gradovima. Urbani ekosistemi se nalaze na oko 2% površine kopna i predstavljaju dom za više od polovine ljudske svetske populacije. Prema podacima Ujedinjenih nacija oko dve trećine stanovništva Evrope, Rusije, Japana i Australije živi u gradskim sredinama i oko tri četvrtine stanovništva SAD-a (CENGIZ, 2013).

Grad se može posmatrati kao jedinstveni i specifičan ekosistem, koji predstavlja skup mnogih pojedinačnih ekosistema: parkovi, jezera, prirodne i sađene šume, urbana zemljišta, vodotokovi i dr. Gradsku sredinu odlikuju jedinstvene osobine koje su ponekada veoma različite ili čak suprotne onima u ruralnoj životnoj sredini: velika gustina naseljenosti ljudske populacije, velika gustina stambenih objekata, velike površine pod betonom i asfaltom i sl. Poslednjih decenija razvila se posebna grana ekologije, urbana ekologija, koja se bavi proučavanjem odnosa između živih bića i njihovog gradskog okruženja (LANDSBERG, 1981).

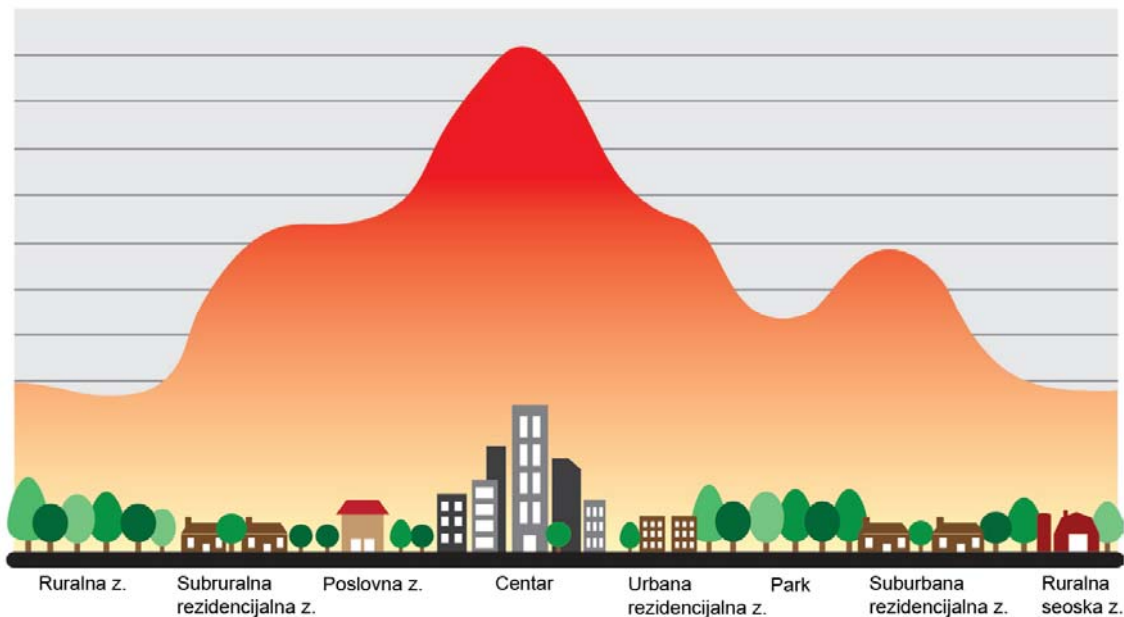
Bez obzira na prostornu ograničenost svaki, a naročito veliki urbani ekosistem nije funkcionalno razdvojen od okolne sredine i ima direktan i indirektan uticaj na neposrednu, ali i širu okolinu. Istraživanja su pokazala da je za normalno funkcionisanje grada potrebna nekoliko puta veća površina obradivog zemljišta u odnosu na površinu grada, kako bi zahtevi gradske populacije bili zadovoljeni. Gradski ekosistem kao i svaki dinamički ekosistem razmenjuje određenu količinu materije i energije sa okolnim ekosistemima. Međutim, intenzivno iskorišćavanje resursa i zagađivanje životne sredine u samom gradu i njegovoj okolini dovodi do promena u uslovima životne sredine. Danas se mnogi od ekoloških problema savremenog sveta, kao što su globalno zagrevanje i zagađenje vode, vazduha i zemljišta, u velikoj meri mogu direktno povezati sa ljudskim aktivnostima u gradovima i njihovoj neposrednoj okolini (OKE, 1973; CENGIZ, 2013).

Klimatski uslovi u urbanoj zoni se razlikuju od onih u okolnim ruralnim zonama, prvenstveno zbog promene u kvalitetu vazduha, temperaturi, padavinama i načinu oticanja vode, kao i vetrovima i vlažnosti. Najčešći uzroci promena u uslovima u životnoj sredini su promene u tipu i karakteru podloge u gradu, što se odražava na atmosferske faktore (izmene u bilansu Sunčevog zračenja i promene ostalih meteoroloških elemenata koji uglavnom zavise od zračenja), kao i povećanje koncentracije zagađujućih materija u vazduhu. Posledica navedenog, su promene u energetskom i vodnom bilansu podloge i vazduha u gradu. U tabeli ? je prikazano prosečno odstupanje klimatskih faktora i neki od parametara koji opisuju zagađenje vazduha u urbanoj u odnosu na ruralnu sredinu (LANDSBERG, 1981).

Struktura i topografija grada, gustina i visina gradnje, širina ulica, orijentacija zgrada i osobine upotrebljenih materijala od kojih su sagrađene, kao i aerozagađenje, doprinose jačem zagrevanju ukupne teritorije grada, i intenzivnijem zagrevanju njegovih pojedinih delova. Tokom dana, gradovi intenzivno akumuliraju toplotnu energiju zbog velikog toplotnog kapaciteta materijala koji se koriste u izgradnji, velikih površina na kojima se zračenje reflektuje i apsorbuje, zbog smanjene evaporacije, smanjenog kretanja vetra i povećanog aerozagađenja. Temperatura u gusto urbanizovanim delovima grada može biti čak nekoliko stepeni viša nego u okolnim ruralnim oblastima zbog fenomena poznatog kao "efekat urbanog toplotnog ostrva", a koji je po prvi put opisan na primeru Londona od strane britanskog hemičara Luke Howard-a (1772–1864). „Toplotna ostrva“ su posebno uočljiva noću zbog intenzivnog, ali sporog dugotalasnog izračivanja (toplota) i to posebno kada nema značajnijeg kretanja vazduha u gradu. Veličina urbanog „ostrva toplote“ zavisi od veličine grada, meteoroloških uslova i lokalnih karakteristika i promenljiva je u prostoru i vremenu (OKE, 1973; LANDSBERG, 1981) (Slika 1).

Tabela 1. Prosečno odstopanje parametrov klime i stepena zagađenosti vazduha u urbanoj u odnosu na ruralnu sredinu (preuzeto iz LANDSBERG, 1981).

<i>Parametar</i>	<i>Poređenje u odnosu na uslove u ruralnoj sredinini</i>
Zagađivanje	
Kondenzaciona jezgra	10 puta veća
Prisustvo raznih čestica	50 puta veće
Prisustvo raznih primesa u vazduhu	5-25 puta veće
Radijacija	
Ukupna na ravnoj površini	0-20% manja
Ultraljubičasta, zimi	30% manja
Ultraljubičasta, leti	5% manja
Trajanje insolacije	5-15% kraće
Oblačnost	
Ukupna oblačnost	5-10% veća
Magla, zimi	100% veća
Magla, leti	30% veća
Padavine	
Ukupno	5-15% više
Broj dana sa manje od 5 mm padavina	10% više
Sneg u unutrašnjim delovima grada	5-10% više
Sneg u zaštićenim delovima grada	10-15% više
Grmljavina	10-15% više
Temperatura vazduha	
Srednja godišnja	0,5-3°C viša
Prosečni zimski minimum	1-2°C viša
Letnji maksimum	1-3°C viša
Broj vrelih dana	105 manje
Relativna vlažnost vazduha	
Srednja godišnja	6% manja
Zimi	2% manja
Leti	8% manja
Brzina vetra	
Srednja godišnja	20-30% manja
Ekstremni udari	10-20% manje
Tišina	5-20% veća



Slika 1. Temperaturna kriva koja istovremeno prikazuje temperature u ruralnoj zoni, centru grada, prigradskoj zoni i gradskom parku (preuzeto iz CENGIZ, 2013).

Prema podacima Hidrometeorološkog zavoda Republike Srbije, u Beogradu toplotna ostrva se stvaraju: na terazijskom grebenu, odnosno kod Trga Republike (do Makedonske ulice), na Trgu Nikole Pašića, u okolini Arene i na Crvenom krstu.

1.2 Zagađivanje životne sredine, podela i vrste zagađujućih supstanci

Promene koje nastaju međusobnim dejstvom činioaca koji ulaze u sastav biosfere su po pravilu spore i odvijaju se tokom dugog niza godina. Međutim, neke od tih promena mogu biti i nagle (npr. vulkanske erupcije), i mogu da ostave za sobom vidan trag i doprinesu zagađivanju životne sredine. Čovek od svog postanka utiče na životnu sredinu. Menjajući prirodnu sredinu prema svojim potrebama, kao i neadekvatnom i neracionalnom eksploatacijom prirodnih resursa, čovek je izazvao brojne promene u ekosistemima i mnoge od njih doveo u stanje ugroženosti. Kao rezultat čovekovih aktivnosti, u biosferu se oslobađa velika količina različitih zagađujućih materija koje mogu poticati iz velikog broja različitih izvora. U tabeli 2 je prikazana je klasifikacija zagađivača životne sredine (AGARWAL, 2009; HARRISON, 2014).

Tabela 2. Klasifikacija zagađivača životne sredine (preuzeto iz HARRISON, 2014).

Prema izvoru	Prema sredini u kojoj se javljaju	Prema fizičko-hemijskoj prirodi	Prema svojstvima	Prema uticaju
<p>Prirodni:</p> <ul style="list-style-type: none"> vulkanska aktivnost požari poplave odroni i dr. <p>Antropogeni:</p> <ul style="list-style-type: none"> agrohemijski industrijski urbani incidentni 	<ul style="list-style-type: none"> • Polutanti vazduha • Polutanti vode • Polutanti zemljišta 	<ul style="list-style-type: none"> • Fizičko stanje (gasni, tečni i čvrsti polutanti) • Hemijska priroda (organski i neorganski) 	<ul style="list-style-type: none"> • rastvorljivost (u vodi, mastima, ulju) • postojanost • reaktivnost • stepen disperzije 	<ul style="list-style-type: none"> • direktni i indirektni • korozivni • akutnog i hroničnog dejstva i dr.

Po definiciji Nacionalnog programa zaštite životne sredine („Službeni glasnik RS”, br. 12/10), *izvori zagađivanja životne sredine* su lokacijski određeni i prostorno ograničeni tačkasti, linijski i površinski izvori zagađujućih materija i energije u životnu sredinu, a *nivo zagađujuće materije* predstavlja njenu koncentraciju u životnoj sredini kojom se izražava kvalitet životne sredine u datom vremenu i prostoru. Ljudskom aktivnošću veliki broj različitih zagađujućih supstanci se oslobađa u životnu sredinu (vodu, zemljište i vazduh) i ulazi u lance ishrane.

Izvori zagađivanja životne sredine po svom poreklu mogu biti prirodni i antropogeni (HARRISON, 2014). **Prirodni izvori** su prirodni fenomeni kao što su vulkanske aktivnosti, poplave, požari, odroni, klizišta, erozije i dr. Nasuprot njima, postoje antropogeni izvori zagađivanja prirodne sredine čiji je glavni uzrok ljudska aktivnost. U **antropogene izvore** zagađivanja životne sredine mogu se uvrstiti agrohemijski, industrijski, urbani i incidentni izvori. Poljoprivreda (*agrohemijski izvori*) utiče na zagađenje pre svega zemljišta i to usled (a) nepravilne upotrebe veštačkih đubriva i pesticida, što za posledicu često ima i eutrofikaciju obližnjih vodotokova u područjima osetljivim na zagađenje nitratima, (b) nepravilnog upravljanja stajnjakom na stočnim farmama, (c) izlivanja goriva i ulja iz poljoprivrednih mašina. *Industrijski izvori zagađivanja* životne sredine mogu poticati iz raznih vrsta industrija: hemijske ili petrohemijske industrije, elektronske, mašinske, metalurške industrije ili rudarstva i

energetike. Industrijska proizvodnja doprinosi zagađivanju atmosfere emisijom različitih oksida kao što su: SO₂, NO_x, CO₂, aerosola, čvrstih čestica i drugih zagađujućih materija, koje nakon vlažne ili suve depozicije dovode do zagađenja zemljišta, podzemnih i površinskih voda. Zagađenje zemljišta i voda nastaje i pri odlaganju otpada koji sadrži opasne materije preostale nakon korišćenja energenata i sirovina. Usled ljudskih aktivnosti (*urbani izvori zagađenja*) može se javiti zagađivanje životne sredine u svim oblastima energetike, kao i u svim fazama od proizvodnje do potrošnje (emisija praškastih materija iz energetskog sektora, emisija CO₂ iz deponija pepela, ugljovodonika iz naftnih rafinerija, oksida sumpora i azota i dr.). Neravnomerna urbanizacija, takođe, utiče na pogoršanje životnih uslova u urbanim oblastima. Tu se pre svega misli na brz demografski rast u velikim gradovima i čak formiranje megapolisa, neadekvatan i neusklađen saobraćajni sistem u gradovima, neuređene industrijske i privredne zone, bespravna gradnja (naročito na prilaznim delovima gradova), ispuštanje otpadnih voda, nepropisno odlaganje otpada, emisija zagađujućih materija u vazduh iz saobraćaja i kotlarnica za grejanje. Izvori zagađenja mogu biti i *incidentne situacije* (npr. hemijski udesi, eksplozije i ratovi), prilikom kojih dolazi do nekontrolisanog oslobađanja ili rasipanja opasnih materija (FARMER, 1997; MIRSAL, 2008; HARRISON, 2014).

Zagađenje fizičkim polutantima se odnosi na zagađenje jonizujućim zračenjem, toplotom i suspendovanim česticama. Hemijski polutanti mogu biti ugljen-dioksid (CO₂), isparljiva organska jedinjenja (VOC) preostala nakon sagorevanja fosilnih goriva (primarni aeropolutanti) ili nastala u međusobnim reakcijama primarnih aeropolutanata (sekundarni aeropolutanti), derivati sumpora, teški metali, fluoridi, raznovrsne sintetičke organske supstance, deterdženti, pesticidi, herbicidi, insekticidi, nitrati, fosfati i dr. Biološki polutanti su svi oni koji dovode do nepovoljnog uticaja na vodene ili terestrične ekosisteme, kao što su patogeni mikroorganizmi i mrtva organska supstanca (HARRISON, 2014).

U zemljištima urbano-industrijskih zona akumuliraju se toksični metali, nitrati, pesticidi i organske zagađujuće supstance. Zemljišta, takođe, mogu biti ugrožena usled taloženja zagađujućih materija poreklom iz izduvnih gasova vozila u gradskom saobraćaju, ekspanzijom veštačkih površina, zakišeljavanjem (spiranjem oksida azota i sumpora iz atmosfere), salinizacijom kroz akumulaciju rastvorljivih soli u zemljištu,

stvaranjem industrijskih deponija (fizičko, hemijsko i biološko zagađenje). Zagađivanje zemljišta može da nastane i usled neadekvatnog korišćenja i skladištenja opasnih hemikalija (AGARWAL, 2009; HARRISON, 2014).

Na osnovu podataka Agencije za zaštitu životne sredine iz 2009. godine (<http://www.sepa.gov.rs/>) gradsko stanovništvo u Srbiji svakoga dana stvara prosečno 1 kg komunalnog otpada po stanovniku (u Beogradu oko 1,2 kg), seosko 0,7 kg otpada po stanovniku, odnosno, u proseku stanovnik Republike Srbije stvara 0,87 kg komunalnog otpada na dan, što na godišnjem nivou iznosi oko 318 kg.

Zagađujućim supstancama vazduha se smatraju supstance koje su prisutne u onoj koncentraciji koja ima štetno dejstvo na ljudski organizam. Zagađivanje vazduha može biti uzrokovano emisijom: SO₂, NO_x, CO, CO₂, PAN, taložnih materija, čađi i dr. u područjima gde se nalaze termoenergetska i industrijska postrojenja. U urbanim sredinama zagađenje vazduha može biti uzrokovano saobraćajem, odnosno, emisijom izduvnih gasova kao što su: SO₂, NO_x, olovo, CO, CO₂. Pored pomenutih, zagađujuće materije vazduha su i ugljovodonici, aldehidi, ketoni, teški metali, kao i suspendovane čestice u vazduhu čija se količina značajno povećava u vreme grejne sezone, zbog emisije iz gradskih i individualnih kotlarnica i ložišta u domaćinstvima. Aeropolutanti mogu biti u gasovitoj ili tečnoj formi, a njihove čestice se veoma razlikuju po svom sastavu i veličini. Veličina čestica, odnosno kapljica aerozagađujuće supstance, se kreće od nekoliko nanometara do nekoliko stotina mikrometara u prečniku. I kada vazduh izgleda čist, kada u njemu nema vidljive prašine i dima, on može biti zagađen sitnim nevidljivim česticama aerosoli. Aeropolutanti koji se, iz svog izvora, emituju direktno u atmosferu su primarni aeropolutanti (npr. karbonatne čestice kao rezultat emisije izduvnih gasova dizel motora i sumpor dioksid iz električnih centrala). Sekundarni aeropolutanti nastaju u hemijskim i fotohemijskim reakcijama (u prisustvu Sunčevog zračenja) između primarnih aeropolutanata ili između primarnih aeropolutanata i prirodnih komponenti vazduha. U tabeli 3 se mogu videti neki primeri nastanka sekundarnih aeropolutanata (AGARWAL, 2009; HARRISON, 2014).

Tabela 3. Primeri nastanka sekundarnih aeropolutanata
(preuzeto iz AGARWAL, 2009)

Primarni aeropolutanti	Reakcija	Sekundarni aeropolutanti
CO ₂	H ₂ O →	H ₂ CO ₃
H ₂ S	O ₂ →	H ₂ SO ₄
SO ₂	H ₂ O →	H ₂ SO ₄
NO ₂	H ₂ O →	HNO ₃ , HNO ₂ , NO

Na osnovu svega navedenog aeropolutanti se mogu podeliti na (AGARWAL, 2009)

- Aerosole, dim, isparenja;
- Fotohemijske okside:
 - Peroksiacil nitrat (PAN) – veoma toksičan, sekundarni aeropolutant, koji nastaje u fotohemijskim reakcijama oksida i hidroksida ugljenika;
 - Peroksibenzil nitrat (PBN) – sekundarni aeropolutant, nastaje u fotohemijskim reakcijama između aromatičnih ugljovodonika i oksida azota i ozona. PBN je sto puta toksičniji od PAN-a;
- Ozon (O₃) – sekundarni aeropolutant;
- Ugljovodonike – najčešći benzen, benzpiren i metan;
- Policiklične aromatične ugljovodonike (PAH-ovi), koji se javljaju u urbanoj atmosferi uglavnom u koncentraciji od 20 µg/m³;
- Organske kiseline (acetatna, fumarna, taninska kiselina) koje nastaju kao rezultat nepotpunog procesa sagorevanja;
- Neorganske kiseline (sumporna i ugljovodonična kiselina);
- Radioaktivna prašina i gasovi.

Veličina čestica aeropolutanata se u prečniku najčešće kreće između 0,01-100 µm (AGARWAL, 2009).

Pored zagađujućih materija vazduha spoljašnje sredine (“outdoor air pollutants”) o kojima je do sada bilo reči, u literaturi se dosta pominju i polutanti zatvorenog prostora (“indoor air pollutants”). Zagađujuće materije zatvorenog prostora se najčešće

javljaju u kuhinjama, zdravstvenim ustanovama, bolnicama i drugim zatvorenim prostorijama. To mogu biti ugljen-dioksid, formaldehid, benzen, razne komponente nekih boja koje se koriste za bojenje zidova, a mogu poticati i od radona. U ovu grupu zagađujućih materija se mogu svrstati i biopolutanti (polen, otrovi ili delovi insekata, micelije gljiva, delovi algi i drugih biljaka, protozoa i dr.) (AGARWAL, 2009). Mali broj zemalja u svetu ima zakonsku regulativu u vezi polutanata zatvorenog prostora.

1.3 Depozicija zagađujućih supstanci

Zagađujuće supstance se emituju iz primarnih izvora, transportuju na manje ili veće udaljenosti u neizmenjenom obliku (primarni) ili izmenjenom (sekundarni aeropolutanti), a zatim se depozicijom vraćaju na površinu Zemlje dolazeći u kontakt sa receptorima, koji mogu biti zemljište, voda i biljke. Polutanti mogu biti prenošeni na manje ili veće udaljenosti kroz atmosferu što zavisi od veličine čestica i atmosferskih (meteoroloških) uslova. Čestice sa prečnikom većim od 100 μm se transportuju do oko 1 km od izvora emisije, dok se čestice manje od 10 μm mogu danima i mesecima zadržavati u atmosferi i biti transportovane na velike udaljenosti u odnosu na izvor emisije. Na daljinu transporta čestica utiču i atmosferski uslovi: što su stabilniji to je prenošenje polutanata sporije, a veće koncentracije su dalje od izvora emisije i obrnuto, pri većim turbulencijama (koje mogu izazvati prepreke na putu, zgrade, drveće i sl.) koncentracija polutanata je veća bliže izvoru emisije. Međutim, kako se menjaju atmosferski uslovi u toku dana, tako se menjaju i uslovi transporta i depozicije polutanata. Vreme zadržavanja zagađujućih materija u vazduhu zavisi od njihove hemijske prirode, reaktivnosti i meteoroloških uslova. Na primer, visok vazdušni pritisak utiče na povećano zagađenje vazduha, dok jaki vetrovi doprinose njegovom smanjenom zagađenju (AGARWAL, 2009; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011; HARRISON, 2014).

Depozicija aeropolutanata iz atmosphere može biti suva i mokra. *Suva depozicija* predstavlja taloženje gasova i čestica pod uticajem gravitacione sile ili vazdušnih struja na različite površine i nezavisna je od atmosferskih padavina. Određena je koncentracijom zagađujuće materije u vazduhu, transportom kroz granični sloj, kao i hemijskom i fizičkom prirodom zagađujućih supstanci i karakteristikama

površine na koju se taloži deponovani materijal. *Mokra depozicija* se manifestuje uklanjanjem polutanata iz atmosfere, prethodno rastvorenih u vodi, putem padavina. Zagađujuće supstance padavinama (kiša, sneg, led, magla, inje) dospevaju na površinu Zemlje. Na primer: kada oksidi sumpora i azota dođu u dodir sa vodom u atmosferi, stvaraju se sumporna, odnosno azotna kiselina koje u vidu “kiselih kiša” dospevaju na površinu zemlje. pH vrednost nezagađene kišnice je 5,6, što ukazuje da je ona blago kisela. Ako su u kiši prisutna hemijska jedinjenja koja doprinose kiselosti, pH vrednost kiše postaje niža od 5,6 i to su takozvane “kisele kiše”. Aeropolutanti iz atmosfere se pri transportu na veće ili manje udaljenosti, procesima suve i mokre depozicije uklanjaju iz atmosfere i dospevaju na Zemljinu površinu. Zagađujuće materije u obliku gasova, para, kao i aerosola dospevaju na Zemljinu površinu putem padavina, a čestice prašine i čađi sedimentacijom (AGARWAL, 2009; ANDERSON ET AL. 2005).

1.4 Toksični metali

1.4.1 Opšte karakteristike

Toksični metali (čest naziv je i teški metali) čine vrlo heterogenu grupu elemenata periodnog sistema. Naziv „teški“ su dobili zbog svoje velike specifične težine, koja je veća od 5 g/cm^3 . U svetu se nazivaju još i “elementima u tragovima” zato što su u zemljištu prisutni u vrlo niskim koncentracijama (HE ET AL. 2005).

Koncentracija toksičnih metala je različita u zavisnosti od geološke podloge, vrste zemljišta, geografskog područja i klimatskih faktora. Na primer, u pogledu geološke podloge, značajane količine Cr i Ni se mogu naći u bazičnim i ultrabazičnim stenama kao i granitnim stenama koje se odlikuju kiselom pH reakcijom. Znatno manje ih ima u sedimentnim stenama i pesku, a veće količine se javljaju samo ukoliko dođe do zagađenja zemljišta iz spoljašnjih izvora (FARAGO ET AL. 1994).

Na ponašanje toksičnih metala u zemljištu i njihovu dostupnost biljkama, osim koncentracije, utiču i fizičko-hemijske odlike zemljišta. Istraživanja su pokazala da postoji korelacija između sadržaja toksičnih metala u zemljištu i pH zemljišta, sadržaja frakcije gline, kapaciteta adsorpcije katjona, karaktera organske materije, oksida Fe, Mn, Al, kao i redoks potencijala. Sudbina toksičnih metala zavisi od mnogih procesa u

zemljištu: rastvaranja, usvajanja, migracije, okluzije, difuzije, vezivanja organskim materijama, volatizacije, apsorpcije i sorpcije od strane mikrobionata (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Istraživanja su pokazala da su pedogenetskim procesima u površinskom sloju zemljišta koncentrisani Ag, As, Cd, Cu, Hg, Pb, S, Bi, Zn, a u nižim horizontima zemljišnog profila Al, Fe, Ga, Mg, Ni, Sc, Ti, V i Zr, gde imaju tendenciju vezivanja za naslage gline i hidratiranih oksida. U novije vreme, zagađena zemljišta sadrže u velikim količinama toksične metale u površinskom sloju, a jedan od najvažnijih razloga je nedovoljno vreme da se pedogenetskim procesima izvrši njihovo premeštanje i raspodela u dublje slojeve zemljišta (LEPP ET AL. 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Zagađenost životne sredine toksičnim metalima zavisi i od njihovih geohemijskih i biohemijskih karakteristika, na primer: laka bioakumulacija (Cd, Zn, B, Ni, Sn, Cs, Rb); laka sorpcija kroz probavni trakt (Cd, Hg, Zn, I, B); lak prolazak kroz placentu (Cd, Hg, Pb, Zn, I); lak prolazak kroz barijeru krv-mozak (Hg, B, Al, Pb). Neki elementi u tragovima oštećuju ćelijske membrane, enzime i različite proteinske komponente (Hg, Pb, Cd, Zn, Ni, Se), dok drugi oštećuju lanac nukleinskih kiselina (Cd, Cu, Zn, Hg, Ni) (KABATA-PENDIAS, 2004).

1.4.2 Toksični metali u urbanim uslovima

Sredinom dvadesetog veka, u visoko razvijenim zemljama i regionima gde je brži razvoj savremene tehnike i tehnologije, počela je da se posvećuje velika pažnja zagađivanju životne sredine, kao i problemu prisustva toksičnih metala u zemljištu, naročito zbog sve većeg uticaja antropogenog faktora. Sve intenzivnije se radi na određivanju prisustva i količine toksičnih metala, posebno u urbanim i poljoprivrednim zemljištima u različitim delovima sveta, kao i prisustva i akumulacije u hrani i ljudskom organizmu. Razvojem svesti o posledicama zagađivanja životne sredine, ukazala se i potreba za procenom zagađivanja potencijalno štetnih efekata zagađujućih materija na žive organizme i merama zaštite (HARRISON, 2014).

U urbanim sredinama se od toksičnih metala i elemenata u tragovima, najviše javlja olovo, a zatim Cd, As, Zn, Cu, Hg, Mo, Se, As, Cr, V, Ni, Mn Fe, Co i Br. Izvori toksičnih metala, kao zagađujućih supstanci su saobraćaj (izduvni gasovi motora sa

unutrašnjim sagorevanjem), emisije toksičnih metala nastale sagorevanjem svih vrsta fosilnih goriva (u termoelektranama, industrijskim kotlovima, ložištima domaćinstava i drugih institucija), urbani i industrijski otpad, metalurška industrija, proizvodnja obojenih metala, mineralna đubriva i pesticidi, organska đubriva i dr. Primenom u raznim oblastima privrede, toksičnih metali se u atmosferu otpuštaju najčešće u obliku oksida, odnosno u obliku čestica i gasova. Veličina čestica u atmosferi je 0,1-1 μm , a prosečno vreme zadržavanja čestica u vazduhu zavisi od njihove veličine i iznosi 6-12 dana. Kratko vreme zadržavanja je karakteristično za većinu čestica industrijskog porekla. U zemljište dospevaju direktno, putem suve ili mokre depozicije (ALLOWAY, 1995). Atmosferske padavine ubrzavaju procese taloženja čestica spirajući ih iz vazduha.

1.4.3 Opšti efekat toksičnih metala na biljke

Elementi koji ulaze u sastav biljaka nemaju podjednak značaj u njihovom životnom procesu, već su neki od njih biljkama neophodni, neki deluju stimulatивно, a neki su toksični. Metali Cd, Hg, Pb, Cr ili Al nemaju značajnu ulogu u procesu metabolizma biljaka i najčešće imaju toksičan efekat na biljke. Cu, Fe, Mn, Zn, Co i Mo su osnovni elementi neophodni za život biljaka. U biljnom organizmu se nalaze u malim količinama, ali u prekomernim količinama mogu biti toksični za biljke i izazvati razna oštećenja i poremećaje. Njihovim nedostatkom u biljnom organizmu javljaju se: hloroze i nekroze, melanizam, zaostajanje u razvoju, deformacija listova itd. Usvajanje toksičnih metala i njihova koncentracija u biljkama su uslovljeni hemijskim sastavom podloge na kojoj biljka raste, kao i hemijskim sastavom jedinjenja u kome se metal nalazi (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011; SHULZE ET AL. 2002).

Toksični metali mogu biti rastvorljivi ili nerastvorljivi u vodi, dostupni ili nedostupni biljkama, mogu se javiti kao joni ili u sastavu složenih organskih jedinjenja i helata. Metali koji su rastvorljivi u vodi su uglavnom dostupni biljkama i imaju značaj u njihovoj mineralnoj ishrani. Mobilnost toksičnih metala, kao i njihova dostupnost biljkama zavisi od: pH zemljišta, kapaciteta zemljišta da zadrži katjone, finoće granulometrijskih čestica ($<0,02\text{ mm}$), sadržaja organskih materija, oksida i hidroksida Fe, Mn, Al i mikroorganizama. Pokretljivost (dostupnost) toksičnih metala u zemljištu

može biti različita, na primer Cu^{2+} je uglavnom teško pokretan dok su Fe^{2+} i Cd^{2+} veoma mobilni. Za specifičan odnos biljke i određenog toksičnog metala važan je način i intenzitet usvajanja i transporta toksičnog metala, njegovo učestvovanje u enzimskim procesima, koncentracija i forma u kojoj se javlja. Neke od posledica izloženosti višim koncentracijama toksičnih metala su oksidativni stres i povećana permeabilnost (propustljivost) ćelijskih membrana. Toksičnost toksičnih metala se ogleda i u njihovoj sposobnosti da zamene mesto sa esencijalnim elementima (Fe, Pb, Si, Se) i u afinitetu ka reakcijama sa fosfatnim i aktivnim grupama ATP-a ili ADP-a. Toksični metali imaju jak afinitet ka reakcijama sa $-\text{SH}$ grupom. Istraživanja su pokazala da iste koncentracije toksičnih metala nemaju istu toksičnost za različite biljne organizme. Joni toksičnih metala međusobno mogu biti u konkurenciji ili međusobnoj interakciji, pa u zavisnosti od toga, njihov odnos može biti antagonistički ili sinergistički. Joni toksičnih metala mogu da dovedu do hemijskih reakcija u ćeliji, koje kao rezultat imaju disbalans u hemijskim procesima ćelije i na taj način mogu da izazovu hemijski stres kod biljaka (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011; SHULZE ET AL. 2002).

1.4.4 Odgovor biljaka na prisustvo toksičnih metala u podlozi

Ispuštanjem raznih otpadnih supstanci u prirodu dolazi do zagađivanja vazduha, vode i zemljišta počev od lokalnih pa do globalnih efekata. U ovakvim sredinama, biljke mogu biti korisni bioindikator različitih poremećaja u nekom ekosistemu. Biološki monitoring obuhvata određivanje reakcija biljaka na promene u koncentraciji zagađujućih materija u spoljašnjoj sredini, koje je zasnovano na praćenju vidljivih promena na biljkama kao i detekciji i utvrđivanju njihove količine u biljnim organima analitičkim metodama u laboratorijskim uslovima. Različite vrste biljaka ispoljavaju različit stepen osetljivosti na prisustvo određenih vrsta zagađujućih supstanci, kao i na njihovu povećanu koncentraciju. Najbrže reakcije se javljaju kod mahovina, lišajeva i algi, pa se one najčešće koriste kao indikatori zagađenja toksičnim metalima. U antropogeno izmenjenoj sredini biljke reaguju alternativnim promenama osnovnih funkcionalnih i strukturnih karakteristika ili akumulacijom prisutnih supstanci. Ovo je karakteristika i nekih bakterija i gljiva koje prečišćavaju otpadne vode od toksičnih metala, kao i biljaka sa kraćim životnim ciklusom (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Neke vrste biljaka su veoma osjetljive i ne mogu da opstanu u zagađenoj sredini, dok druge mogu normalno da rastu i razvijaju se, čak i da akumuliraju velike količine toksičnih metala u pojedinim organima. Primer osjetljivih organizama su lišajevi koji se još mogu označiti i kao “test organizmi” zato što se na osnovu njihovog prisustva ili odsustva (“lišajske pustinje”) može pouzdano utvrditi prisustvo ili odsustvo zagađujućih supstanci koje ugrožavaju život biljkama i drugim organizmima. U zavisnosti od ponašanja u odnosu na prisustvo teških metala na staništu biljke možemo podeliti na: *one koje izbegavaju mesta opterećena takvim supstancama* i *one koje preferiraju podloge opterećene teškim metalima*. Obe grupe predstavljaju bioindikatore njihovog prisustva u podlozi. S druge strane, mehanizmi koji postoje kod biljaka koje naseljavaju podloge opterećene teškim metalima su različiti, od izbegavanja usvajanja do hiperakumulacije (STEVANOVIĆ ET AL. 2001; BYKOWSZCZENKO ET AL. 2006).

Toksični (teški) metali prisutni u biljkama ulaze u lance ishrane, zbog čega biljke koje ih akumuliraju imaju veliki značaj u njihovom kruženju. Zato je usvajanje toksičnih metala od strane biljaka, a time opterećenost i ugroženost vegetacijskog pokrivača toksičnim metalima, jedan od glavnih aspekata ugroženosti životne sredine (KABATA-PENDIAS, 2004).

Toksični (teški) metali na dva načina mogu dospeti u biljku: preko stoma ili putem korena. Biljke uglavnom usvajaju elemente preko korena, pa tako i zagađujuće materije koje su dospale u zemljište putem mokre ili suve depozicije, ili na neki drugi način. Usvajanje metala preko nadzemnih delova biljke je česta pojava i obično se radi o prolasku zagađujućih materija u listove kroz stome. Pored toga, naročito dlakavi ili listovi sa izraženom nervaturom zadržavaju na svojoj površini značajnu količinu različitih čestica, koje se na njima talože suvom ili vlažnom depozicijom iz vazduha, pa se biljke često nazivaju i filterima prečišćavanja vazduha (JABLANOVIĆ, 1991).

Toksični (teški) metali usvojeni preko lista se mogu premeštati u druge delove biljke, sve do korena, gde se mogu uskladištiti. Stopa pokretljivosti toksičnih metala među organima je različita i zavisi od vrste organa, njegove starosti, karakteristika elementa i dr. Preko stoma se uglavnom usvajaju zagađujuće supstance vazduha. Oko 90% čestica nataloženih na površinu lista se spere, a kroz stome se usvoji samo oko 10%. Intenzitet apsorpcije preko stoma zavisi od mnogih faktora: površine, morfologije i teksture površine lista, stepena otvorenosti stoma, spoljašnjih faktora (vlažnosti

vazduha, temperature, vazdušnih strujanja, koncentracije zagađujućih materija i sumpor dioksida i dr.) (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011). Ustanovljeno je da dnevno-noćni ritam otvorenosti stoma može da poremeti povećana koncentracija SO₂, koja omogućava da stome ostaju otvorene i u toku noći, što produžava period prodiranja toksičnih (teških) metala u list i izaziva gubitak vode i oštećenja dubljih anatomskih struktura lista. Takođe, je ustanovljeno i da visoka koncentracija pojedinih toksičnih (teških) metala izaziva razna oštećenja kod biljaka (lezije u početku ispunjene vodom, koje sušeci se prelaze u nekroze). Istraživanja naučnika pokazuju i da teški metali rastvoreni u vodi (kapima kiše), razorno deluju na površinske strukture listova (voskove i druge zaštitne slojeve kutikule) i otvaraju nove puteve za prodor toksikanta u list, da izazivaju ozbiljna oštećenja stominog aparata, postepenu defolijaciju i na kraju smrt biljke (JABLANOVIĆ, 1991; SHEPHARD ET AL. 2006).

Toksični (teški) metali mogu da utiču na smanjenje veličine lisne površine, izazivaju promene u anatomskoj građi lista, veličini i gustini stoma, na sintezu i sadržaj fotosintetskih pigmenata, kao i na proces fotosinteze i rast biljke. Istraživanja su pokazala da su vidljivi simptomi štetnog uticaja toksičnih (teških) metala na biljke uglavnom nespecifični, kao i da negativnim uticajem na mineralnu ishranu i fiziološko-biohemijske procese (fotosinteza, asimilacija azota, usvajanje i metabolizam esencijalnih elemenata, aktivnost enzima, disanje i dr.) u biljkama dolazi do ozbiljnih oštećenja. Štetni uticaj toksičnih metala na vodnim režim biljke proizilazi iz smanjenog usvajanja vode korenom usled promena u njegovoj morfologiji i ukupnoj površini ili lignifikaciji zidova korenova. Na primer, olovo i kadmijum su poznati po svojoj toksičnosti. Naučnici su pokazali da kada se olovo i kadmijum nađu u citoplazmi i mitohondrijama, inhibiraju proces disanja. Sve navedeno upućuje na to da toksični (teški) metali u prekomernim količinama štetno deluju na rast, razviće i prinos biljaka. Ustanovljeno je takođe, da u nekim slučajevima, višak toksičnih (teških) metala može delovati stimulatивно na rast (KASTORI, 1997; SCHULZE ET AL. 2005; FURINI, 2012).

Toksični metali mogu da utiču na permeabilnost membrane i da dovedu do inhibicije ili modifikacije fizioloških i biohemijskih procesa kod biljaka. Nakon prodiranja u list preko stominih otvora, ili transportom iz korena do lista, teški metali dolaze do palisadnog i sunderastog tkiva u čijim ćelijama utiču na fotosintezu i disanje (JABLANOVIĆ, 1991).

Međusobni odnos biljka-zemljište, može se posmatrati kao otvoren sistem u koji mogu da uđu zagađujuće materije, đubriva, pesticidi a istovremeno iz tog sistema metali mogu biti uklonjeni usvajanjem od strane biljaka, dreniranjem, erozijom, kao i volatilizacijom. Usvajanje toksičnih (teških) metala preko korena može biti aktivno i pasivno. Pasivno usvajanje podrazumeva difuziju jona niz gradijent koncentracije iz spoljašnjeg rastvora u endodermis korena. Za aktivno usvajanje potrebna je određena metabolička energija (transport suprotan hemijskom gradijentu). Mehanizam usvajanja metala je različit i zavisi od toga o kom elementu se radi (Pb i Ni se najčešće usvajaju pasivno, a Cu, Mo i Zn aktivno), kao i od koncentracije u zemljišnom rastvoru. U nekim slučajevima, svi elementi se mogu usvajati pasivno, a to je situacija kada koncentracija elemenata prelazi graničnu vrednost fiziološke barijere i kada su ćelije u stanju “uzbune” (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Ustanovljeno je i da koren u zoni rizosfere luči različita organska jedinjenja, koja utiču na pH reakciju zemljišnog rastvora, da kiselost zemljišnog rastvora utiče na oslobađanje elemenata adsorbovanih na površini zemljišnih čestica i da neka od organskih jedinjenja povećavaju stepen imobilizacije teških metala kroz stvaranje stabilnih kompleksa s njima. Sve navedeno ukazuje da takva organska jedinjenja utiču na mobilnost elemenata u zemljišnom rastvoru i time na dostupnost elemenata za usvajanje od strane biljke (LEPP, 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Sposobnost biljaka da usvajaju toksične metale preko korena varira. Neke elemente, koji su veoma pokretni u zemljištu (Cd, B, Br, Cs i Rb) biljke izuzetno lako usvajaju, a neke (Ba, Ti, Zr, Sc, Bi i Ga, delimično Fe i Se) slabije usvajaju. Istraživanja pokazuju da se As, Hg, Pb i F relativno jako vezuju za zemljišne čestice, da su teško pokretljivi i samim tim su slabo dostupni biljkama. Ag, Cr, Sn i Ti su još manje dostupni biljkama, što je posledica njihove veoma male rastvorljivosti u zemljišnom rastvoru. Na usvajanje toksičnih (teških) metala, osim koncentracije i dostupnosti u zemljišnom rastvoru, utiče i njihov međusobni odnos, odnosno interakcija između njih. Naučnici su ustanovili da Cd i Pb inhibiraju usvajanje Fe, Mg, Zn i Cu i njihov transport u nadzemne organe što izaziva hlorozu i nekrozu listova, kao i nepravilan rast i razvoj mladih organa zbog nedostatka ovih esencijalnih elemenata (LEPP, 1981; ALLOWAY, 1995; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Odnos koncentracije elemenata u biljci i koncentracije elemenata u zemljištu pokazuje sposobnost biljke da usvoji dati element iz podloge i taj odnos se naziva *biološkim koeficijentom apsorpcije* ili *indeksom bioakumulacije*. Ovaj koeficijent, odnosno indeks pruža informaciju o koncentraciji elementa u korenu, kao i o efikasnosti uklanjanja tog elementa iz zemljišta, što ima značaj za određivanje mehanizma tolerancije i strategije odbrane biljke na visoke koncentracije teških metala u zemljištu. Elementi koje biljka usvoji iz zemljišta različito se premeštaju iz korena u nadzemne organe, a *faktor transfera* pokazuje koliko je biljka, od ukupne koncentracije elementa koju je usvojila, transportovala u nadzemne organe. Biološki koeficijent apsorpcije/indeks bioakumulacije, kao i faktor transfera u različitim delovima biljke, jako variraju u zavisnosti od biljne vrste. Naučnici su istražili i pokazali da se Cd i Ni brzo transportuju prema vrhu stabljike i da se kao posledica toga mogu naći u mladim vegetativnim delovima, pa i u reproduktivnim, kao i da Cd ima slabu sposobnost translokacije, i da je zbog toga veoma slabo zastupljen u semenu i plodovima, čak i u veoma zagađenim zemljištima (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Poznato je i da više biljke različitim intenzitetom usvajaju i akumuliraju toksične (teške) metale, što prvenstveno zavisi od biljne vrste. Ustanovljeno je da na intenzitet akumulacije utiče i koncentracija elementa u podlozi i da se veća količina teških metala može naći u biljkama koje rastu na zemljištima koja su prirodno bogata toksičnim metalima ili antropogeno zagađena, u odnosu na biljke koje ne rastu na takvoj podlozi. Na osnovu načina akumulacije teških metala, biljke se mogu podeliti na *akumulatore*, *indikatore* i *ekskludere* (BAKER, 1981).

Biljke akumulatori nakupljaju u svojim nadzemnim delovima znatne količine teških metala i to iznad granica koje su toksične za većinu biljaka, pri čemu se kod njih ne javljaju simptomi opterećenosti teškim metalom/metalima. Njihova osnovna karakteristika je sposobnost da usvojene teške metale čuvaju u različitim tkivima i ćelijskim strukturama u vidu inertnih jedinjenja (BOYD, 1998; PRASAD ET AL. 2003). Zbog sposobnosti da akumuliraju visoke koncentracije metala, ove biljke se nazivaju još i „metalofite“, „hiperakumulatori“, a u novije vreme i „biljke teških metala“.

Biljke indikatori su specifično vezane za podloge koje su bogate određenim teškim metalom i njihovo prisustvo na nekoj podlozi jasno ukazuje na prisustvo tog teškog metala. Vaskularne biljke mogu, osim na prisustvo teških metala u zemljištu,

ukazati i na njihovu koncentraciju. Akumulacija teških metala u biljkama u većim količinama, ukazuje i na relativno povećanje tih metala u zemljištu. U biomonitoringu se najčešće analiziraju listovi i kora drveća (PRASAD ET AL. 2003, FONTANETTI ET AL. 2011).

Konstantnu količinu teških metala, nezavisnu od sadržaja u zemljištu, u svojim nadzemnim delovima imaju *biljke koje usvajaju male količine teških metala*, međutim, kada koncentracija teških metala pređe kritičnu vrednost, dolazi do nekontrolisanog nagomilavanja i oštećenja biljke. Gajene biljke ne pripadaju ni jednoj od pomenutih grupa biljaka, i one su po pravilu osetljive na veće koncentracije teških metala (PRASAD ET AL. 2003).

Koncentracija toksičnih metala je različita u zavisnosti od biljnog organa i tkiva. Istraživanja su pokazala da se Zn i Cu prvenstveno nakupljaju u ćelijskim zidovima korena i lista, a kod nekih vrsta u vakuolama ili mitohondrijama, da se Mn nakuplja u vakuolama ćelija dlačica lista, u lisnim drškama i nekim delovima korena, kao i da se Mo nakuplja u ćelijama parenhima provodnih sudova ili ćelijama endoderma. Pokazano je i da kod biljaka koje su osetljive na teške metale, kao i kod onih koje tolerišu povećanu koncentraciju teških metala, ukoliko dođe do prekoračenja kritične granice koja je specifična za datu vrstu, dolazi do raznih oštećenja i da se kod biljaka najčešće javlja smanjeni prirast biomase (KASTORI, 1997; SCHULZE ET AL. 2005; FURINI, 2012).

Biljke mogu da poseduju tolerantnost na jedan ili više različitih metala, što može biti osobina koja se razvilo tokom njihove evolucije, ali ta osobina može biti i indukovana, odnosno stresna adaptacija kao odgovor na nepovoljne spoljašnje uslove. Mehanizmi tolerantnosti biljaka na višak toksičnih metala su različiti kod različitih biljnih vrsta. U najvećem broju slučajeva, jedna biljna vrsta se odlikuje većim brojem različitih mehanizama tolerancije na povećanu količinu toksičnih metala. Tim mehanizmima se postiže isti cilj, a to je ublažavanje ili sprečavanje negativnog dejstva toksičnih (teških) metala (SCHULZE ET AL. 2005; FURINI, 2012).

Svi mehanizmi se generalno mogu podeliti na: *spoljašnje mehanizme tolerancije* biljaka na povišene koncentracije toksičnih (teških) metala ili izbegavanje usvajanja teških metala i *unutrašnje mehanizme tolerancije* pri čemu biljka usvaja teške metale, ali ublažava njihovo štetno dejstvo. Mehanizmi koji se odnose na izbegavanje usvajanja teških metala su uglavnom vezani za procese u rizosferi i apoplastu, odnosno neživim delovima ćelijskih zidova korena, gde se dešava vezivanje i imobilizacija teških metala i

sprečavanje njihove translokacije u nadzemne delove biljke. Pored toga, biljke selektivno usvajaju mnoge jone u nivou endoderma korena čime se, takođe, ograničava njihov transport ksilemskim elementima u nadzemne delove biljke. Za ovu vrstu mehanizma tolerantnosti može se pomenuti i značaj mikoriznih gljiva koje vezuju teške metale u ćelijskom zidu ili vakuoli i na taj način smanjuju njihovu koncentraciju u zemljišnom rastvoru. Koren može da luči helate i na svojoj površini vezuje teške metale, na taj način smanjujući njihovu koncentraciju i usvajanje (SCHULZE ET AL. 2005; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

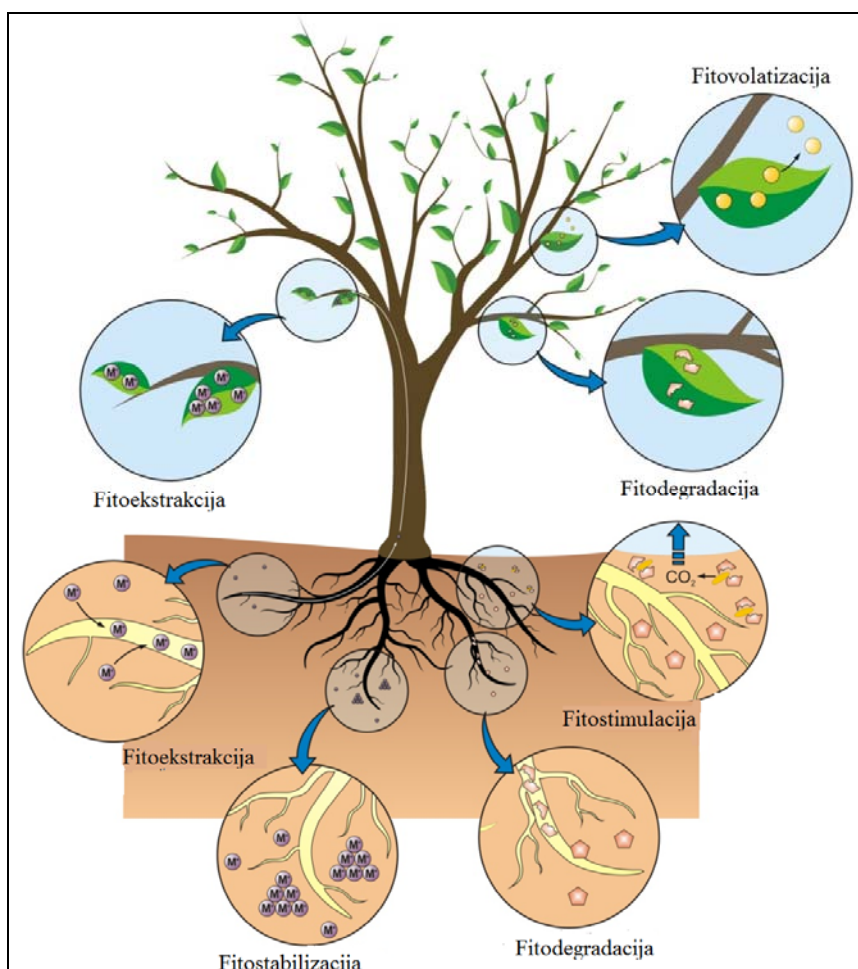
Biljke mogu posedovati i unutrašnje mehanizme tolerancije koji onemogućavaju ili ublažavaju štetno dejstvo toksičnih metala u organizmu, pošto ih već usvoje. Takvi mehanizmi se zasnivaju na stvaranju složenih organskih jedinjenja, odnosno kompleksa toksičnih (teških) metala sa organskim kiselinama, proteinima, oligopeptidima i odlaganju takvih kompleksa u vakuole i njihovoj detoksikaciji. Količina već usvojenih elemenata se može umanjiti npr. volatizacijom toksičnih jedinjenja ili uklanjanjem viška teških elemenata odbacivanjem lišća tj. iglica kod četinara kao i nekim drugim mehanizmima (SCHULZE ET AL. 2005; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011; FURINI, 2012).

Akumulatori toksičnih (teških) metala su uglavnom endemične biljne vrste i njihovo prisustvo na određenoj geološkoj podlozi ukazuje na sastav te geološke podloge, odnosno na vrstu stena i minerala koji je čine. Postoje vrste biljaka koje isključivo rastu na određenim podlogama, na primer serpentinitima, koje su podloge bogate niklom. Ustanovljeno je da vrste koje rastu na ovakvoj podlozi mogu sadržati > 1000 µg/g Ni u svojoj masi, što je više od sto puta u odnosu na sadržaj Ni u biljkama koje nisu akumulatori, a rastu na serpentinitskoj podlozi. Postoje biljne vrste koje su istovremeno indikatori i akumulatori bakra, cinka i drugih elemenata (BROOKS, 1998; WHITING ET AL. 2004).

Zahvaljujući svojoj strategiji i mehanizmima odbrane na toksičnost teških metala, pojedine vrste biljaka se danas koriste u uklanjanju toksičnih metala i zagađujućih materija uopšte, iz životne sredine fitoremedijacijom. Fitoremedijacija uključuje sledeće procese:

- (a) **fitodegradacija ili fitotransformacija** - degradacija zagađujućih materija metaboličkim procesima biljaka unutar same biljke ili u njenoj neposrednoj blizini pomoću različitih materija, na primer, enzima;

- (b) **fitostabilizacija** - stvaranje hemijskih jedinjenja od strane biljaka i imobilizacija zagađujućih materija kojima se na taj način smanjuje dostupnost teških metala;
- (c) **fitoekstrakcija** - biljke usvajaju zagađujuće materije putem korenovog sistema i translociraju i/ili akumuliraju ih do nadzemnih delova (stabla i listova);
- (d) **fitovolatizacija** - proces usvajanja, transporta i oslobađanja zagađujućih materija, putem transpiracije u istom ili modifikovanom obliku u atmosferu;
- (e) **fitostimulacija** (rizosferna biodegradacija) - mikrobiološko razlaganje organskih zagađujućih materija. Ovaj proces je potpomognut dejstvom enzima i organskih supstanci koje luči korenov sistem, stimulišući rast i razmnožavanje mikroorganizama (SCHNOOR, 1997; PRASSAD ET AL. 2003; WATSON ET AL. 2003; SPINGH ET AL. 2005; JADIA ET AL. 2008; FAVAS ET AL. 2014) (Slika 2).



Slika 2. Mehanizmi fitoremedijacije (preuzeto iz FAVAS ET AL. 2014)

1.5 Opšte karakteristike ispitivanih elemenata

1.5.1 Opšte karakteristike ispitivanih toksičnih metala

1.5.1.1 Vanadijum (V)

Vanadijum se najčešće nalazi u magmatskim stenama u kojima ga ima do 130 mg/kg i u ilovasto-glinovitim i sedimentnim stenama, gde je prisutan u koncentraciji do 250 mg/kg. Sadržaj vanadijuma u zemljištu zavisi od vrste matične stene na kojoj se zemljište formira i procenjuje se da se sadržaj ovog elementa u zemljištu kreće 69-320 mg/kg, sa prosečnom vrednošću od 129 mg/kg (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Geochemijske osobine vanadijuma veoma variraju i zavise od njegovog oksidacionog stanja i kiselosti sredine. U pogledu oksidacionog stanja, on može biti trovalentan, četvorovalentan i petovalentan. Mobilnost u podlozi zavisi od uticaja atmosferskih faktora, ali i od vrste minerala u čiji sastav ulazi, od pH zemljišta i od toga da li ulazi u sastav minerala gline koji sadrže i hidroksid gvožđa (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Prisustvo i porast koncentracije vanadijuma kao i drugih toksičnih (teških) metala u zemljištu je rezultat antropogene aktivnosti. Ovaj element dospeva u zemljište industrijskom preradom ruda, kao i sagorevanjem uglja i ulja koji su ozbiljan izvor ovog elementa u zemljištu (PILBEAM ET AL. 2006).

Slabo je mobilan u zemljištu: pokazano je da V iz površinskog sloja zemljišta (iz prvih 7,5 cm površinskog sloja) migrira u dublje slojeve za 18 do 30 meseci, pri čemu 81% od ukupne količine vanadijuma ostaje u površinskom sloju narednih 18 meseci (PILBEAM ET AL. 2006).

Biljke u kiseloj sredini relativno lako usvajaju V preko korena, verovatno pasivnim putem, najviše u obliku VO^{2+} koji je inače zastupljen u kiseloj sredini. Ustanovljeno je da biljke znatno slabije usvajaju V u obliku V^{3-} i HV_4^{2-} koji su zastupljeni u neutralnim ili alkalnim rastvorima. Vanadijum je u vidu različitih katjona mnogo dostupniji biljkama u odnosu na anjone. Istraživanja su pokazala da biljke mogu da obrazuju helate, bilo da je V u obliku anjona ili katjona, što bitno doprinosi usvajanju V iz zemljišta, i da se vanadat (VO_3^-) biotransformiše u vanadil (VO^{2+}) prilikom

njegovog usvajanja iz zemljišta od strane biljke (PILBEAM ET AL. 2006; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Vanadijum je bitan element za razvoj algi i određenih vrsta bakterija, dok njegova uloga u metabolizmu viših biljaka još uvek nerazjašnjena, kao ni kako se na biljke odražava deficit ovog metala. V i Mn imaju antagonistički odnos u zoni korenovog sistema, a sa Cr je moguć antagonistički odnos u biljnom organizmu (PILBEAM ET AL. 2006; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Količina V u biljnom organizmu, (koje se koriste u ljudskoj i životinjskoj ishrani), varira u intervalu od 10-700 µg/kg, dok kod nekih vrsta pečurki može da dostigne i vrednost od 1000 µg/kg. Porastom koncentracije V (do 3 mg/kg) u hranljivom rastvoru mogu se na listovima biljke javiti simptomi hloroze, smetnje u razvoju korena ili patuljasti rast (PILBEAM ET AL. 2006). Istraživači su pokazali da zavisno od vrste biljaka i tipa zemljišta na kojem biljka raste, toksičnost se može javiti pri koncentraciji od 0,5-2 mg/kg u hranljivom rastvoru, a u zemljišnom rastvoru koncentracija ovog elementa može biti mnogo veća, čak do 140 mg/kg (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.1.2 Hrom (Cr)

Hrom je u Zemljinoj kori zastupljen u proseku oko 100 mg/kg. Nalazi se uglavnom u vulkanskim stenama, i to u bazičnim i ultrabazičnim gde se njegov sadržaj kreće i do 3400 mg/kg (KASTORI, 1997). Prosečna količina hroma u zemljištima širom sveta se kreće oko 60 mg/kg (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011). Hrom ulazi u sastav raznih kompleksnih jedinjenja i lako prelazi iz jednog u drugi oksidacioni oblik. Najstabilniji je Cr(III) i Cr(VI). Trovalentni hrom je slabo mobilan u kiseloj sredini, dok mu mobilnost sa porastom pH zemljišta izrazito opada; na pH > 5,5 potpuno se istaloži zbog čega su njegova jedinjenja u zemljištu veoma stabilna. Šestovalentni hrom je postojaniji kao anjon i brže se ekstrahuje iz zemljišta, taloži i veoma je toksičan. Veoma je nestabilan u zemljištu i lako mobilan i u kiseloj i alkalnoj sredini (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011). Cr je uglavnom (>80% ukupne količine) prisutan u vidu nepokretne rezidualne frakcije u zemljištu. Postoji korelacija između količine Cr i granulometrijskog sastava zemljišta: višim sadržajem ovog elementa odlikuju se muljevita i glinovita u odnosu na peskovita zemljišta. U većini zemljišta Cr(III) je

dominantniji u odnosu na Cr(VI) i smatra se manje toksičnim za biljke u odnosu na Cr(VI) (PETERSON ET AL. 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Hrom može dospeti u zemljište antropogenim putem, atmosferskom depozicijom, ulivanjem kanalizacionog mulja, izlivanjem otpada hemijske i metalurške industrije, kao i primenom različitih sredstava koja se koriste u poljoprivredi (PETERSON ET AL. 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Nema dokaza o neophodnoj ulozi hroma u metabolizmu biljaka. Hrom je pretežno u obliku nepristupačnom za biljke i zbog toga ga ima u veoma malim koncentracijama u biljkama. Istraživači su pokazali da je transport hroma kroz samu biljku veoma spor i da se najčešće zadržava u korenu (ćelijskim zidovima). Koncentracija hroma u biljkama varira u zavisnosti od njegove rastvorljivosti u zemljištu, antagonističkih odnosa sa drugim elementima (Mn, Cr i B) od vrste biljke (na primer kod voćaka i povrća se kreće u koncentracijama od 0,04 do 0,08 mg/kg) kao i mnogih drugih faktora (PETERSON ET AL. 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Forme hroma i njihova transformacija u zemljištu su od velikog ekološkog i zdravstvenog značaja. Poslednjih godina su količine hroma u zemljištu u stalnom porastu, što može dovesti do različitih posledica: toksičan uticaj na žitarice, smanjenje enzimske aktivnosti mikroorganizama u zemljištu, ozbiljna oštećenja bakterija. Simptomi toksičnog uticaja hroma na biljku ogledaju se u uvrtanju i oštećenju vršnih delova korena, hlороzi mladih listova, kao i pojavi specifično braonkasto-crvenog lišća. Najveće količine hroma nađene su kod pečurki, mahovina i lišajeva (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.1.3 Mangan (Mn)

Mangan sadrže sve stene Zemljine kore u količinama koje su uglavnom veće od količina ostalih mikroelemenata, zbog čega je jedan od najzastupljenijih toksičnih (teških) metala u litosferi. Njegov sadržaj u stenama se kreće u intervalu od 350 do 2000 mg/kg (KASTORI, 1997). Celokupan sadržaj mangana u zemljištu je poreklom iz matičnog supstrata, pa količina mangana u zemljištu odražava sastav matične stene na kojoj se razvija. Prosečan sadržaj Mn u zemljištima širom sveta je oko 488 mg/kg. Mangan je u tesnoj vezi sa Fe u geohemijskim procesima i njegov ciklus prati ciklus Fe

u raznim uslovima sredine na kopnu. Oksidacioni status mangana varira od +2 do +7, a u zemljištu se najčešće javlja kao Mn^{2+} katjon. Kompleksno ponašanje Mn u mineraloškom i hemijskom pogledu i njegovo učešće u oksido-redukcijskim procesima, dovodi do stvaranja velikog broja oksida i hidroksida različite stabilnosti i karakteristika. Smatra se da su oksidi mangana najzastupljenija jedinjenja u Zemljinoj kori i da imaju ulogu u metabolizmu mikroorganizama, zbog čega mikroorganizmi imaju važnu ulogu u ciklusu mangana (HUMPHRIES ET AL. 2007; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Mangan se koristi u metalurgiji (za proizvodnju čelika i legura koje im daju veću čvrstoću i elastičnost), elektroindustriji (u proizvodnji baterija), u hemijskoj industriji (proizvodnji boja), proizvodnji keramike i stakla, u poljoprivredi (ulazi u sastav veštačkih đubriva, sredstava za tretiranje semena, fungicida i dr.). Zbog široke upotrebe Mn u zemljište dospeva i antropogenim putem i to u vidu jedinjenja $Mn(SO_4)$ i MnO , zatim kao mikrođubrivo, preko otpadnih voda, kanalizacija i mulja. Sadržaj Mn u zemljištima u svetu se kreće od 411 do 550 mg/kg, a najviše ga ima u ilovastim i krečnjačkim zemljištima. Relativno je mobilan u zemljištu u kome se javlja u vidu katjona: Mn^{2+} , $MnOH^+$, $MnCl^+$, $MnHCO_3^+$, $Mn_2(OH)_2^{2+}$, $MnOH^{3+}$, a kao anjon u jedinjenjima: MnO_4^- , $HMnO_2^-$, $Mn(OH)_3^-$, $Mn(OH)_4^{2-}$. Negativno naelektrisani $Mn(OH)_4^-$ i MnO_2^- ima visok stepen sposobnosti udruživanja sa drugim teškim metalima, posebno sa Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Ba, Ti, W i Mo. Zbog toga oksidi Mn imaju veliki uticaj na imobilizaciju toksičnih (teških) metala u zemljištu. Mangan može da se javi u vidu brojnih prostih ili složenih jona, kao i u vidu nekih oksida i hidroksida u zemljišnom rastvoru. Koncentracija Mn u zemljišnom rastvoru može biti veoma visoka, od 25 do 2000 $\mu g/l$, a zavisi od vrste zemljišta, odnosno od količine Mn i fizičko-hemijskih odlika zemljišta. Mobilnost Mn, kao i njegova dostupnost biljkama zavisi od pH zemljišta. Sa porastom pH zemljišnog rastvora mobilnost i dostupnost mangana opada, jer se povećava kapacitet adsorpcije ovog metala za površinu zemljišnih čestica, a sa sniženjem pH, proporcija razmenljivog Mn^{2+} raste i do toksičnog nivoa. Istraživanja su pokazala da mangan u zemljištu sa mikroorganizmima lako formira organske ligande i helate; zakišeljavanje podloge inhibira aktivnost mikroorganizama koji su odgovorni za imobilizaciju Mn, pa se u kiselim zemljištima javlja antagonizam između Mn i Fe. Nedostatak Mn se javlja na kalcifikovanim zemljištima čija pH

zemljišnog rastvora varira od 7,3 do 8,5 i koja su bogata velikom količinom slobodnog kalcijum-karbonata (CaCO_3) (HUMPHRIES ET AL. 2007; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Na dostupnost Mn biljkama direktno utiče pH zemljišnog rastvora i njegova količina u zemljišnom rastvoru. Efekti toksičnosti Mn se mogu primetiti na biljkama kada se nakon dugotrajnog zagađivanja Mn akumulira u gornjim slojevima zemljišta (KASTORI, 1997; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Mn je neophodan element u ishrani biljaka i njegovo usvajanje je kontrolisano metabolizmom biljaka. Izuzetno je važan element koji učestvuje u oksido-redukcionim procesima, jer ima ulogu kofaktora u nekim enzimima kao što su fosfotransferaza i arginaza. Uključen je u proces sinteze kiseonika u početnoj fazi fotosinteze i transportu elektrona duž elektron-transportnog lanca tilakoida. Istraživanja pokazuju da je usvajanje i transport Mn kroz biljku lak i da se najverovatnije vrši u obliku Mn(II). Usvajanje Mn kroz koren u obliku helata mnogo je sporije u odnosu na usvajanje u vidu slobodnih katjona. (HUMPHRIES ET AL. 2007).

Koncentracija mangana u biljci varira u zavisnosti od vrste biljke, biljnih organa i perioda vegetacije (manja je koncentracija Mn u mladim listovima za vreme intenzivnog rasta nego u starijim). Mangan se lako kreće ksilemskim elementima od korena ka izdancima i suprotno, dok je premeštanje u floemu veoma slabo. Retranslokacija Mn u okviru biljnog organizma je slaba, čak i kada je biljka izložena deficitu ovog elementa. Mn se ne premešta u biljnom organizmu floemom sa jednog mesta na drugo, a simptomi nedostatka se vide na onim organima, npr. listovima, koji su rasli u deficitu ovog elementa. Pokazano je da na istom zemljištu, među različitim biljnim vrstama postoje velike razlike u sadržaju ovog elementa (30-500 mg/kg). Kritična tačka deficita Mn kod većine biljaka je 15-20 mg/kg suve mase biljke, dok su toksične koncentracije vrlo varijabilne (najčešće su iznad 400 mg/kg suve mase). Biljke akumulatori, na primer *Phytolacca americana* L., usvajaju jako velike količine mangana, pa se u njihovim listovima može naći i do 13400 mg/kg Mn u suvoj masi (HUMPHRIES ET AL. 2007; PENG ET AL. 2008; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Toksičnost kod biljaka koje su osetljive na povećanje koncentracije Mn se javlja na slabo dreniranom, kiselom zemljištu ($\text{pH} < 5,5$). Vidljivi simptomi toksičnosti Mn zavise od vrste biljaka i od stepena tolerancije na prekomerne koncentracije ovog elementa. Najčešće se, kao i kod gvožđa, javljaju hloroza i braon pege na lišću.

Tolerancija na prekomerne količine Mn u zemljištu je različita kod različitih vrsta biljaka (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.1.4 Kobalt (Co)

Kobalt je u Zemljinoj kori zastupljen u visokim koncentracijama u bazičnim i ultrabazičnim mafičnim stenama, do 200 mg/kg, a u kiselim magmatskim stenama 1-15 mg/kg. Sadržaj kobalta u gornjem sloju Zemljine kore je 10-12 mg/kg (KASTORI, 1997; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Geohemijski ciklus Co veoma podseća na ciklus Fe i Mn. Co^{3+} postaje nestabilan u vodenoj fazi, te se taloži kao sulfid ili biva apsorbovan od strane hidroksida. Tako je sposobnost apsorpcije Co od strane oksida mangana veoma visoka, bilo da je biogenog ili abiogenog porekla (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Količina Co u zemljištu zavisi od geološke podloge. Obično se visok nivo Co može naći u zemljištima bogatim krečnjakom, kambisolu (5-58 mg/kg), a ponekad i u organskim zemljištima (0,5-50 mg/kg), dok je njegov sadržaj nizak u peskovitim zemljištima (0,8-12 mg/kg). Sadržaj i distribucija Co u zemljišnim profilima zavisi od procesa koji se u njemu odigravaju, kao i od tipa zemljišta koje se formira u zavisnosti od klimatske zone. Visoke koncentracije Co u površinskim slojevima zemljišta nađene su u semiaridnim područjima, dok je niska koncentracija bila prisutna u severnim ledenim predelima. Poredeći zemljišne horizonte, viši sadržaj Co je uvek pronađen u horizontima koji su bogati organskom materijom i glinom, jer se intenzivno adsorbuje za njihove brojne, negativno naelektrisane grupe. Zbog toga je Co ili podjednako raspoređen po horizontima ili ga ima najviše u iluvijalnom, B horizontu zemljišnog profila, što zavisi od tipa zemljišta i procesa koji u njemu dominiraju. Postoji mogućnost antagonističkih reakcija u mulju između Co i Ni, Cu, Zn, Ca i Fe (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Veće koncentracije Co mogu se naći u zemljištima u industrijskoj i urbanoj zoni, kao i u blizini velikih autoputeva. Koncentracija Co u ovim zagađenim zemljištima se može kretati i do 154 mg/kg (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Sadržaj Co u biljkama zavisi od osobina zemljišta: koncentracija u zemljišnom rastvoru, količina razmenljivog Co, pH zemljišnog rastvora, jedinjenja u kojima se nalazi, i od sposobnosti biljke da usvoji ovaj metal. Tokom usvajanja od strane biljaka,

Co se ponaša kao i ostali teški metali (Fe, Mn i dr.), slabo je pokretljiv i zato se sporo premešta od stabla do listova. Osim usvajanja korenovim sistemom, Co se lako usvaja i preko listova. Na krečnjačkoj i alkalnoj podlozi Co je slabo pokretan zbog veoma slabe rastvorljivosti njegovih hidroksida i karbonata, što predstavlja ograničavajući faktor za usvajanje Co od strane biljaka (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.1.5 Gvožđe (Fe)

Gvožđe je najvažniji metal, jedan je od najzastupljenijih u sastavu litosfere. Prosečni sadržaj ili koncentracija Fe u Zemljinoj kori je oko 5%. Zastupljenost ovog metala u stenama i zemljištu je oko 4,5%, zbog čega se ne smatra „elementom u tragovima“. Gvožđe je zastupljeno u teškim ilovastim, organskim, poplavljenim, slabo aerisanim zemljištima. Boja zemljišta je uglavnom u skladu sa količinom gvožđa u njemu i sa formom u kojoj je zastupljeno. Ovaj metal ima specifičnu ulogu u ponašanju nekih drugih elemenata zbog svog antagonističkog ili sinergističkog odnosa sa njima. Predstavlja esencijalni element u biljnoj ishrani i zbog toga se smatra negde između makro i mikroelementa. Lako menja svoj oksidacioni status, kao odgovor na faktore spoljašnje sredine, a u različitim uslovima sredine pokazuje različite osobine i ponašanje (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Ima značajnu ulogu u oksido-redukcionim procesima koji kao rezultat imaju stvaranje brojnih oksida i hidroksida. Mikroorganizmi igraju veliku ulogu u ciklusu gvožđa tj. u oksido-redukcionim procesima, kao i transformaciji sulfatnih u sulfidna jedinjenja. Gvožđe ima veliku ulogu u imobilizaciji toksičnih (teških) metala kao što su Co, Cu, Zn, Ni i Pb, tako što ih „prevodi“ u nepristupačne oblike za biljke. U zemljištu je Fe u većini slučajeva slabo pokretno, ali pokazuje tendenciju formiranja mobilnih organskih kompleksa i helata. Zahvaljujući ovim jedinjenjima, Fe migrira između zemljišnih slojeva, što je važno za snabdevanje biljke gvožđem preko korena (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

U pogledu geohemijskih osobina, gvožđe je veoma kompleksno i u velikoj meri su njegove osobine određene lakom promenljivošću valence kao odgovora na fizičko-hemijske procese. Gvožđe može biti u dvo-, tro-, četvoro- i šestovalentnom obliku u različitim hemijskim kompleksima. Najčešće su to feri Fe(III) i fero Fe(II) oblik, s tim

što je Fe(III) nerastvorljiv u vodi i više zastupljen na površini zemljišta, dok je Fe(II) rastvorljiv u vodi i zastupljen u dubljim slojevima zemljišta. Sa porastom pH zemljišta od 4 ka 8, rastvorljivost feri Fe(III) i fero Fe(II) oblika opada, tako da biljke koje rastu na krečnjačkim zemljištima pate od nedostatka gvožđa (RÖMHELD ET AL. 2007; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Gvožđe je neophodno za sintezu hlorofila i ulazi u sastav dve važne grupe proteina (hemoproteini i Fe-S proteini), tako da se smatra ključnim metalom u energetske transformaciji neophodnoj za sinteze i druge životne procese u ćelijama biljaka. Tipičan simptom deficita Fe kod biljaka je hloroza listova. Površina lista je zeleno žute do žute boje, dok je nervatura lista zelena, a u ekstremnim slučajevima list može biti gotovo bele boje. Utvrđeno je da se Fe akumulira u starijim listovima i da nedostatak gvožđa pogađa mlade listove (RÖMHELD ET AL. 2007). Zbog značaja gvožđa u biohemijskim procesima biljaka, svaki nedostatak Fe ograničava rast i razviće biljke što dovodi do smanjenja prinosa. Istraživanja su pokazala da se simptomi deficita Fe mogu javiti u različitom stepenu i da zavise od osobina zemljišta, vrste biljaka, mineralne ishrane i klimatskih faktora (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

U uslovima u kojima ima dovoljno Fe u rastvorljivoj i razmenljivoj formi, biljke ga mogu usvojiti u velikim količinama. Sadržaj Fe u biljkama je različit: biljke koje se koriste u ishrani mogu da sadrže od 18 do oko 1000 mg/kg, jestivi delovi povrća 33-65 mg/kg, žitarice 31-98 mg/kg, jednogodišnje borove iglice do 150 mg/kg, a starije do 370 mg/kg (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011). Pokazano je da u zemljištima bogatim mobilnom frakcijom Fe može doći i do prekomernog usvajanja Fe, koja mogu izazvati oštećenja na biljkama. To se dešava na jako kiselim, sulfatnim i poplavljenim zemljištima. Simptomi toksičnosti nisu uobičajeni i obično su specifični za vrstu biljke i razlikuju se po fazama rasta i razvića. Najčešće, oštećeno lišće ima nekrotične pege i ukazuje da je biljka akumulirala više od 1000 mg/kg Fe (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Mehanizmi usvajanja Fe i njegov transport kroz biljku su dosta proučavani; smatra se da zavise od faktora spoljašnje sredine, kao što su pH vrednost zemljišnog rastvora, koncentracija Ca i P, kao i odnos najzastupljenijih toksičnih (teških) metala. Usvajanje preko korena je ograničeno difuzijom kroz zemljišni rastvor, a zavisi i od razvijenosti i gustine korenovog sistema i aktivnosti korena. Zavisno od vrste, biljke usvajaju različite forme Fe. Većina biljaka (dikotile) ga usvaja u obliku fero jona (Fe^{2+})

i sposobna je da izvrši redukciju Fe^{3+} u Fe^{2+} jon pomoću reduktaze vezane za ćelijsku membranu, dok neke biljke (trave) usvajaju Fe u obliku feri jona zahvaljujući izlučivanju fitosiderofora (FS) koje se vezuju za Fe^{3+} i transportuju ga u koren u obliku Fe-FS kompleksa (MORRISSEY & GUEINOT, 2009). Veoma važno kod usvajanja Fe je činjenica da koren može da redukuje Fe^{3+} do Fe^{2+} . U uslovima gde se javlja nedostatak Fe, koren luči organske kiseline koje mogu da mobilizuju Fe. Istraživanja su pokazala da u uslovima deficita Fe, koren nekih biljaka razvija različite mehanizme odgovorne za poboljšanje rastvorljivosti Fe i to redukcijom tro u dvovalentno Fe ili stvaranjem helata (npr. citratnih helata) koji su veoma efikasni u mobilizaciji Fe (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Pokazano je i da je interakcija između Fe i drugih toksičnih (teških) i važnijih metala složena i da se može javiti na površini korena, da transporteri Fe često reaguju sa većim brojem drugih elemenata, i da je u većini slučajeva interakcija Fe i tih elemenata antagonistička. Antagonizam se javlja u slučajevima povećane količine Mn, Cd, Ni i Co, koja otežava usvajanje i transport Fe i izaziva poremećaj u sintezi i smanjenu količinu hlorofila. Ustanovljeno je i da povećana količina Fe u podlozi na kojoj raste biljka dovodi do smanjenog usvajanja nekih teških metala, uglavnom Mn, Ni i Co, tako da je za biljni metabolizam veoma važan odnos ovih elemenata i Fe. Za normalan razvoj biljke važan je i odgovarajući odnos između Fe i P, jer anjoni P posreduju pri usvajanju Fe i njegovom transportu. Utvrđeno je i da u nedostatku kalijuma gvožđe može izazvati toksične efekte, dok se pri višku Ca u zemljištu javlja nedostatak Fe i hloroza. Visoka koncentracija S u zemljištu može dovesti do slabe rastvorljivosti Fe (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.1.6 Cink (Zn)

Procenjeno je da je prosečan sadržaj cinka u Zemljinoj kori i zemljištima oko 70 mg/kg, koji je ravnomerno raspoređen u magmatskim stenama. U sedimentnim stenama cink je koncentrovan u sedimentima gline u količini do 120 mg/kg. Veoma je mobilan u procesima spiranja zemljišta, a njegova lako rastvorljiva jedinjenja se lako talože u prisustvu karbonata i adsorbuju na površini minerala i organskih jedinjenja, posebno u prisustvu sumpornih jona (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Prosečne vrednosti Zn u različitim zemljištima širom sveta su od 60 do 80 mg/kg. Sadržaj Zn je tesno povezan sa teksturom zemljišta i obično ga najmanje ima u lakim peskovitim zemljištima (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Istraživanja pokazuju da postoji pet glavnih rezervoara cinka u zemljištu: 1. u zemljišnom rastvoru, 2. adsorbovan za površinu zemljišnih čestica i izmenljiv, 3. udružen sa organskom materijom, 4. udružen sa oksidima i karbonatima i 5. u primarnim mineralima i sekundarnim alumo-silikatnim mineralima (STOREY, 2007).

Minerali gline, oksidi, hidroksidi i pH vrednost su najvažniji faktori koji kontrolišu rastvorljivost Zn u zemljištu. Najdostupniji je i najmobilniji u kiselim lakim mineralnim zemljištima. U kiseloj pH sredine izražena je mobilizacija Zn, tako da dolazi do gubitka ovog metala u nekim horizontima, što je najčešće kod podzolastih i smeđih kiselih zemljišta i derivatima peska. U dobro aerisanim zemljištima bogatim kalcijumom i fosforom ili jedinjenjima sumpora, Zn se imobilizuje i slabo je dostupan biljkama (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Cink u zemljište dospeva atmosferskim padavinama, primenom raznih mera u poljoprivredi (fertilizacijom, primenom pesticida), ispuštanjem kanalizacionog mulja, otpadom iz industrije negvoždevitih metala, kao i nanošenjem pepela. Sudbina Zn iz raznih izvora je različita i zavisi od njegovih hemijskih svojstava i njihovog afiniteta prema određenom zemljištu, i zbog toga teško je utvrditi ukupan stepen kontaminacije zemljišta cinkom (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Biljkama su pristupačne rastvorljive forme cinka u zemljišnom rastvoru i stepen usvajanja zavisi i od vrste biljaka kao i od podloge na kojoj biljka raste. Posebno je od velike važnosti stepen zastupljenosti Ca u zemljištu, pošto je ustanovljeno da bolji odnos Ca/Zn u zemljištu utiče na pojavu manje količine Zn u biljci. Biljke ga lako

usvajaju i veoma lako raspoređuju u različite delove. Usvajanje Zn od strane biljke može biti aktivno i pasivno. Istraživanja su pokazala da je koncentracija cinka različita u različitim delovima biljke i da je najviša u korenu, niža u lišću, zatim granama i najniža u stablu, ali i da mali lateralni izdanci zadržavaju više od ostalih vegetativnih delova. Smatra se da je Zn vezan za rastvorljive proteine male molekulske mase i da se nalazi u hloroplastima, vakuolama i u sastavu ćelijskih membrana. Prisustvo Zn u organskim jedinjenjima male molekulske mase u tečnosti ksilema i ekstraktima različitih biljnih tkiva ukazuje na njegovu visoku mobilnost kod biljaka. Na osnovu nekih ispitivanja utvrđeno je da za vreme perioda vegetacije i intenzivnog rasta biljke dolazi do fluktuacije sadržaja Zn i njegovog nagomilavanja u nekim delovima biljke (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Biljke najčešće usvajaju Zn u vidu dvovalentnog katjona (Zn^{2+}), ali ga mogu usvajati i u vidu jednovalentnog katjona ($ZnOH^+$), kompleksnih jona i nekih helata. Metabolička funkcija Zn se zasniva na veoma jakoj tendenciji da formira kompleks sa azotom i kiseonikom i delimično sa sumpornim ligandima. Zn ima katalitičku i strukturnu ulogu u enzimskim reakcijama; slabo se translocira u biljnim tkivima. Najčešći simptomi toksičnosti su hloroza listova i usporen rast. U proseku, u potpuno razvijenim, starijim listovima, kod većine biljaka najmanja količina (deficitna) je 10-20 mg/kg, normalna ili malo povećana 27-150 mg/kg, prekomerna 100-400 mg/kg, a ona koja se toleriše u poljoprivredi je 50-100 mg/kg (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Biljke najčešće pate od deficita Zn na slabo kiselim i krečnjačkim zemljištima (pH iznad 7). Nedostatak Zn može da se javi usled male količine cinka u podlozi, inaktivacije Zn aktivnošću zemljišnih mikroorganizama, specifičnih odgovora različitih biljnih vrsta i genotipova na određene edafske uslove, kao i antagonističkog odnosa cinka sa drugim elementima (STOREY, 2007).

Toksičnost i tolerancija na prekomerne količine Zn od strane biljaka su od posebnog značaja zbog korišćenja Zn prilikom đubrenja zemljišta i industrijskog zagađenja koje se ogleda u povećanoj količini cinka u površinskim slojevima zemljišta. Fitotoksičnost cinka se najčešće sreće na kiselim zemljištima i onim koja su opterećena kanalizacionim muljem. Većina biljaka reaguje na višak Zn u zemljištu, mada postoje i one biljne vrste koje ga usvajaju i akumuliraju u većim količinama bez ikakvih vidljivih simptoma (biljke iz familije Caryophyllaceae, Cyperaceae i Plumbaginaceae, kao i neke

drvenaste vrste biljaka). Tolerantne vrste biljaka umanjuju negativan efekat prekomerne količine Zn adaptacijama u svom metabolizmu i stvaranjem kompleksa, kao i smanjenjem količine prisutnog metala u međucelijskim prostorima ili imobilizacijom u tkivima za skladištenje. Tolerantnost biljaka na višak cinka u zemljištu se postiže izolovanjem Zn u vakuolama, tako da u citoplazmi ostaje nizak sadržaj Zn. Pokazano je da se biljke koje su tolerantne na prekomerne količine Zn mogu koristiti u fitoremedijaciji kontaminiranih zemljišta (STOREY, 2007; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Cink učestvuje u raznim biohemijskim procesima i sa nekim elementima je uključen u biološke i hemijske interakcije. (GRAHAM ET AL. 1992) su pokazali da niska koncentracija cinka dovodi do povećane apsorpcije i akumulacije drugih jona u biljnim tkivima. Istraživanja su pokazala da odnos Zn-Cd, Ca, Mg može biti antagonistički ili sinergistički (zavisi od količine jona u zemljištu i pH zemljišnog rastvora) i da je odnos cinka sa Cu, Fe, As i P antagonistički (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.1.7 Nikl (Ni)

Procenjeno je da koncentracija Ni u Zemljinoj kori iznosi oko 20 mg/kg. U ultramafičnim stenama količina Ni je mnogo veća (1400-2000 mg/kg). Koncentracija Ni opada sa porastom kiselosti stena. Najmanje količine Ni (5-20 mg/kg) se nalaze u granitima, a veće u sedimentnim stenama (5-90 mg/kg). Nikl pokazuje veliki afinitet prema Ca i Fe, zbog čega su u Zemljinoj kori često prisutna jedinjenja sa kombinacijom Ni/Fe, a poznat je i sloj Zemljinog jezgra nazvan "NIFE" u kom je odnos Fe/Ni 11:1. Nikla ima u svim tipovima zemljišta, a najviše u kambisolima i kalcisolima (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Distribucija Ni u zemljišnim profilima zavisi od amorfnih oksida, katjonskog izmenjivačkog kapaciteta zemljišta (CEC), kao i od učešća frakcije gline; zemljišta sa većim CEC i većim procentom gline imaju i veći procenat nikla. Pod uticajem atmosferskih padavina Ni postaje mobilan. Relativno je stabilan u vodenom zemljišnom rastvoru i lako se kreće unutar zemljišnih horizonata. Sa smanjenjem pH zemljišnog rastvora (pH<6) povećava se njegova rastvorljivost (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Nikl se smatra opasnom zagađujućom supstancom, a u životnu sredinu dospeva prilikom oslobađanja u metalo-prerađivačkoj industriji (otpadni mulj) kao i sagorevanjem nafte i uglja, zatim iz pepela dimnjaka (elektrane, toplane, topionice). Smatra se da se najveće količine Ni nalaze u prvih 5 cm površine zemljišta (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

O esencijalnoj ulozi nikla kod biljaka nema puno podataka. Postoje mišljenja da Ni ima specifičnu ulogu u formiranju korenskih kvržica kod biljaka iz porodice Fabaceae. Pored toga, smatra se da je nikl jedna od komponenti ureaze i da samim tim ima važnu ulogu u životnom ciklusu biljke (BROWN, 2007).

Sadržaj Ni u biljkama veoma varira i zavisi od porekla i osobina zemljišta, kao i sposobnosti biljke da usvoji i akumulira ovaj metal. Biljke obično lako usvajaju Ni iz zemljišta i to u kiseloj sredini, a porastom vrednosti pH opada i sposobnost usvajanja ovog elementa od strane biljaka zbog njegove slabije dostupnosti. Deficit nikla nije dugo prepoznat, ali je ustanovljeno da se može javiti u sledećim slučajevima: kada je prisutan visok sadržaj Zn, Cu, Mn, Fe, Ca, Mg; kada je oštećen koren izraslinama koje su uzrokovale nematode; u uslovima hladnih ili suvih zemljišta (BROWN, 2007).

Dosadašnje proučavanje usvajanja i hemijskog ponašanja Ni u biljci se uglavnom odnosilo na toksičnost ovog elementa na biljku i moguće implikacije na ljude i životinje. Usled toksičnog efekta nikla, na biljkama se javljaju oštećenja kao što su hloroza, smanjen rast, smanjeno usvajanje nekih mineralnih elemenata i promene u metabolizmu, a u kojoj meri će ovi simptomi biti ispoljeni zavisi i od vrste biljke. U prirodnim uslovima, izuzetno visoke količine nikla su pronađene kod biljaka na serpentinitima i ostalim zemljištima bogatim ovim elementom. Neke vrste biljaka rastu na takvim zemljištima bez oštećenja i akumuliraju Ni u listovima u koncentraciji čak i preko 6000 mg/kg. Fitotoksična koncentracija varira u veoma širokom opsegu među biljnim vrstama. Prosečna koncentracija ovog elementa u razvijenim listovima, je od 0,1-10 mg/kg, a prekomerna 10-1000 mg/kg. U poljoprivredi se tolerantnom smatra koncentracija 1-10 mg/kg, a u jednogodišnjim iglicama bora 6 mg/kg, dok je u višegodišnjim iglicama 2,1 mg/kg. (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011). Podatak koji se odnosi na sadržaj Ni u mladim borovim iglicama pokazuje da je veća koncentracija Ni u mladim tkivima i da se iz starijih listova Ni premešta u mlada tkiva floemom. Nikl u biljnim tkivima najčešće gradi jedinjenja sa organskim ili amino kiselinama (BROWN, 2007).

Poznate biljke hiperakumulatori nikla pripadaju porodicama Boraginaceae, Brassicaceae, Myrtaceae, Fabaceae i Caryophyllaceae. Postoji veliki broj vrsta (317 taksona u okviru 37 familija) koje imaju sposobnost da akumuliraju Ni u koncentraciji od preko 1000 mg/kg. Najpoznatiji akumulatori su neke vrste iz roda *Alyssum* L. koji sa jednog hektara zemljišta mogu da akumuliraju preko 400 kg Ni, zbog čega se koriste za fitoekstrakciju nikla na zagađenim zemljištima. Nikl se najčešće akumulira u epidermalnim ćelijama lista, kao i u korenu (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Višak nikla izaziva deficijenciju gvožđa kod biljaka, jer inhibira transport Fe kroz biljku, od korena do vrha (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Zagađenje životne sredine se odražava na sadržaj Ni u biljkama, naročito u sredinama gde je Ni prisutan u visokim koncentracijama u vazduhu. Najznačajniji izvor zagađenja niklom je mulj, dok se Ni koji je do listova i drugih površinskih delova biljaka dospao iz vazduha može lako sprati padavinama. Činjenica da biljke lako usvajaju Ni je veoma zabrinjavajuća, s obzirom da se Ni lako uključuje u lance ishrane, a njegov sadržaj raste u kulturama koje se koriste u ishrani ljudi i stoke, pa samim tim direktno utiče na zdravlje ljudi i životinja (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.1.8 Kadmijum (Cd)

Prosečna koncentracija kadmijuma u Zemljinjnoj kori je oko 0,1 mg/kg. Najviše ga ima u magmatskim i sedimentnim stenama. U prirodi se retko javlja u čistom obliku i stalni je pratilac cinka, bakra i olova, sa kojima je sličan po geohemijskim karakteristikama. Prosečna koncentracija Cd u zemljištima u svetu je oko 0,4 mg/kg (0,2-1,1 mg/kg) i zavisi od matične stene na kojoj se razvija zemljište. U nekontaminiranim zemljištima njegov sadržaj zavisi od teksture zemljišta: u peskovitim je 0,01-0,3 mg/kg, a u glinovitim 0,2-0,8 mg/kg. U prirodi povremeno dolazi do porasta sadržaja kadmijuma u zemljištu (vulkanske aktivnosti), ali postoje i antropogeni faktori kao stalni izvori kontaminacije kadmijumom: primena kadmijuma u industriji, kao antikorozivnog reagensa, stabilizatora u PVC proizvodima i proizvodnji pneumatika, pigmenata boja i u proizvodnji Ni–Cd baterija. Primena fosfatnih đubriva doprinosi povećanom unosu ovog metala u zemljište. I pored toga što se neki produkti koji sadrže kadmijum mogu reciklirati, veliki deo zagađenja ovim metalom rezultat je

neadekvatnog odlaganja i nekontrolisanog spaljivanja otpada koji sadrži kadmijum (LEPP, 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Pod uticajem atmosferskih faktora, Cd postaje mobilan i može da formira nekoliko tipova jonskih kompleksa i organskih helata. Koncentracija Cd u zemljišnom rastvoru je relativno niska (0,2-6 mg/L). Rastvorljivost Cd je usko povezana sa kiselošću zemljišnog rastvora, odnosno, slobodni joni Cd^{2+} preovladavaju u kiseloj sredini ($CdSO_4$, $CdCl_2$) ($pH < 7,5$) dok je procenat vezanog Cd u organske komplekse manji. Dostupnost Cd u zemljišnom rastvoru zavisi od teksture zemljišta, kao i od prisustva drugih metala (Cu, Zn, Pb) sa kojima Cd pokazuje kompeticiju u adsorpciji za površinu zemljišnih čestica. Kadmijum je mobilan u zemljištu i zbog toga je veoma pristupačan za biljke. Najvažniji faktori koji utiču na dostupnost Cd su: pH zemljišta, količina organske materije i hidratiziranih oksida, tekstura i aerisanost zemljišta. Postoje mišljenja da mikroorganizmi imaju značajnu ulogu u ponašanju kadmijuma u zemljištu zbog sposobnosti da ga akumuliraju, neko vreme zadrže u sebi i kada uginu oslobađaju u zemljište. U zemljištima, u uslovima vlažne klime, Cd migrira u dublje slojeve, tako da veće količine u površinskim slojevima zemljišta mogu samo da budu rezultat kontaminacije. Joni Zn, Co, Cr, Cu, Ni, Pb inhibiraju usvajanje Cd, dok zemljišta koja sadrže $CaCO_3$ vezuju Cd (joni Ca se zamenjuju sa jonima Cd) i na taj način smanjuju njegovu pristupačnost za biljke. Karbonati imaju visok afinitet prema Cd i pri visokim koncentracijama se lako taloži $CdCO_3$ (LEPP, 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Biljke intenzivno usvajaju Cd putem korena i lista; intenzivnije je usvajanje na kiselim zemljištima jer je dostupnost ovog elementa veća. U prirodnim uslovima koncentracija Cd u zemljištu je mala, pa biljke reaguju i na malo povećanje. Kod velikog broja biljnih vrsta intenzitet translokacije kadmijuma u nadzemne organe je u pozitivnoj korelaciji sa njegovom koncentracijom u zemljištu. Kadmijum usvojen iz zemljišta najčešće se zadržava u korenu, a može da se akumulira u znatnim količinama i u nadzemnim organima biljke; to pokazuje da je koncentracija ovog elementa u stablu i listovima biljaka približno ista. Istraživanja su pokazala da neke biljke (npr. detelina) imaju sposobnost da značajno usvajaju kadmijum iz zemljišta. Visoke koncentracije Cd su izmerene i u paradajzu, salati i spanaću (do 160 mg/kg). Povećane koncentracije Cd u biljkama mogu da inhibiraju metabolizam gvožđa, izazivaju hlorozu i utiču na intenzitet fotosinteze. Utvrđeno je da visoke koncentracije kadmijuma inhibiraju disanje i

transport elektrona u procesu oksidativne fosforilacije, kao i pokrete ćelija zatvaračica stominog aparata, a time i razmenu gasova i transpiraciju. Kadmijum utiče inhibitory na Calvinov ciklus i dovodi do smanjene tolerancije biljke na sušu. Simptomi koji ukazuju na povećanu koncentraciju Cd su zakržljali rast, hloroza lišća, crveno-braon obojene ivice listova ili nervature (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Istraživanja su pokazala da je sadržaj kadmijuma u listovima kod različitih vrsta biljaka od 0,05 do 0,2 mg/kg (u normalnim/dovoljnim količinama). Koncentracije 5-30 mg/kg su za neke biljke prekomerne i toksične, dok se koncentracije 0,05-0,5 mg/kg tolerišu u poljoprivrednim usevima. Ipak, neke biljke mogu da usvoje Cd u veoma visokim koncentracijama (lišajevi 11-22 mg/kg, zelena salata do 45 mg/kg, listovi kupusa do 130 mg/kg). Tolerancija i adaptacija biljaka na visoke koncentracije kadmijuma ima važan ekološki značaj i takve vrste mogu da se koriste za remedijaciju. Usled zagađivanja životne sredine, kadmijum iz vazduha i iz zemljišta je lako dostupan biljkama, lako ulazi u lance ishrane, a visok sadržaj ovog elementa u namirnicama ugrožava zdravlje ljudi i životinja (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.1.9 Olovo (Pb)

Olovo je element koji se nalazi u tragovima u stenama i mineralima. Sadržaj u Zemljinoj kori je oko 15 mg/kg, u kiselim magmatskim stenama 10-25 mg/kg, a u glinovitim 14-40 mg/kg. Koncentracija Pb u ultramafičnim stenama je od 0,1-8 mg/kg, a u krečnjačkim stenama 3-10 mg/kg. Olovo se javlja u primarnom i sekundarnom obliku. Primarni oblik olova je poreklom iz matične stene i u nalazi se u sastavu minerala, a sekundarni oblik je produkt radioaktivnog raspadanja uranijuma i tehnicijuma. Prirodni izvori olova su vulkanske erupcije, požari, isparenja ruda i morska isparenja. Antropogeni izvori su produkti sagorevanja fosilnih goriva (benzina, uglja) i otpada, proizvodnja metala (čelika i drugih legura), sagorevanje drveta, industrijska primena. Najveći stepen zagađenja potiče od rafinerija i topionica. Olovo ima veoma širok spektar primene; koristi se u industriji boja, legura, kablova, instalacija, akumulatora, kao aditiv benzinu i dr. (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Poslednjih decenija sadržaj olova u zemljištu je u stalnom porastu usled antropogenih aktivnosti. Raspodela olova u zemljištu je u pozitivnoj korelaciji sa

njegovom granulometrijskom frakcijom, odnosno procenat olova raste sa porastom procenta gline. Istraživanja su pokazala da se olovo akumulira neposredno ispod površine zemljišta, kao i da olovo pokazuje najmanju mobilnost od svih toksičnih (teških) metala. Pokazano je da povećanje kiselosti zemljišnog rastvora povećava i rastvorljivost olova i njegovu pokretljivost u zemljištu. Olovo se uglavnom javlja kao dvovalentni jon (Pb^{2+}) koji reaguje sa anjonima fosfata, sulfata ili karbonata, kada nastaju slabo rastvorljive soli, čime se smanjuje njegova mogućnost apsorpcije iz zemljišta (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Akumulacija olova u gornjim slojevima zemljišta ima veliki ekološki značaj, zbog činjenice da olovo utiče na biološku aktivnost u zemljištu (DAVIS, 1995).

Usvajanje olova od strane biljaka može biti u različitim količinama i formama koje se javljaju u zemljištu, a sadržaj olova u biljci je u pozitivnoj korelaciji sa njegovom količinom u zemljištu i zavisi od vrste biljke i biljnog organa. Istraživanja su pokazala da je u korenu prisutna najveća koncentracija Pb, a da je translokacija u nadzemne organe veoma slaba. Usvajanjem korenom olovo se prenosi u nadzemne delove gde se skladišti u ćelijskim zidovima i vakuolama. U sredini u kojoj je vazduh zagađen olovom, biljke ovaj metal mogu usvajati i iz vazduha, preko listova. Koliko olova bude zadržano na površini lista, na dlačicama ili na voštanim prevlakama na kutikuli, a koliko prođe u ćelije tkiva lista, zavisi od biljne vrste i osobina spoljašnje sredine. Procenjuje se da i do 95% Pb u biljci potiče iz atmosfere deponicije olova na listovima i da, kao i kod korena, olovo uglavnom tu i ostaje ili da se samo male količine premeštaju u druge biljne organe (LEPP, 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Istraživanja ne potvrđuju da je olovo esencijalni elemenat u životnom ciklusu biljaka. Postoje mišljenja da Pb u malim koncentracijama može biti stimulator rasta, ali i suprotna mišljenja po kojima olovo inhibira rast i razviće biljaka. Pokazano je da olovo može da inhibira respiraciju i fotosintezu biljke, jer utiče na transport elektrona i dovodi do uništavanja ćelijske membrane i promenjene propustljivosti za vodu, a samim tim negativno utiče na rast biljke (LANE ET AL. 1978).

Neke biljke imaju razvijene mehanizme tolerantnosti na povećane koncentracije olova. Jedan od njih je vezivanje u ćelijskim zidovima i to posebno pektinskom i galakturonskom kiselinom (LANE ET AL. 1978; POLEC-PAWLAK ET AL. 2007) ili akumulacijom u korenu u vidu inaktivnog Pb piro-ortofosfata. Ustanovljeno je da biljke

koje su osetljive na povećane koncentracije olova akumuliraju veće količine olova u svoje ćelijske zidove nego tolerantne. Veliko nagomilavanje Pb na membranama ćelije narušava njihovu funkciju, mada i niske koncentracije olova mogu da inhibiraju neke vitalne funkcije biljaka (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Iz literaturnih podataka ustanovljeno je da se olovo u kombinaciji sa drugim teškim metalima različito ponaša. Cink i olovo imaju antagonistički odnos i istovremeno ometaju jedan drugog pri translokaciji od korena ka ostalim organima. Od velike važnosti za metabolizam Pb je njegov odnos sa Ca, gde Pb može da „imitira“ ponašanje Ca u fiziološkim procesima i na taj način inhibira aktivnost nekih enzima. Povećanje količine fosfata u zemljištu smanjuje toksičnost Pb, a sumpor inhibira transport olova od korena ka ostalim nadzemnim organima. Olovo inhibira usvajanje Fe i Mn (LEPP, 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Koncentracija Pb u biljkama varira i zavisi od biljne vrste, geohemijskih karakteristika podloge, zagađenja i sezone. Smatra se da je normalna koncentracija Pb u različitim vrstama biljaka 5-10 mg/kg, da je prekomerna/toksična koncentracija Pb 30-300 mg/kg, a da se u poljoprivrednim kulturama toleriše količina 0,5-10 mg/kg. Istraživanja su pokazala da je u jednogodišnjim iglicama bora koncentracija Pb oko 0,2 mg/kg, u starijim oko 0,5 mg/kg, da je u listovima zelene salate u industrijskoj zoni koncentracija Pb 596-1506 mg/kg, a kod nekih trava u nadzemnim delovima 229-2714 mg/kg (GORSHKOV ET AL. 2006; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.1.10 Bakar (Cu)

Bakar se u Zemljinoj kori nalazi u prosečnoj količini od 55 mg/kg, uglavnom u mafičnim magmatskim stenama i sedimentima gline. U različitim zemljištima u svetu koncentracija Cu je 14-109 mg/kg. Na sadržaj Cu u zemljištu veliki uticaj imaju geološka podloga, i tekstura zemljišta; najniže vrednosti bakra su u peskovitim zemljištima, a najviše u glinovitim. Bakar se akumulira u površinskom sloju zemljišta, mada pokazuje tendenciju da se u kompleksima karbonata, minerala gline i hidroksida Mn i Fe premešta u dublje slojeve zemljišta. Slabo je pokretan element i pokazuje malu varijaciju u svom ukupnom sadržaju u zemljišnim profilima. Akumulacija Cu u

površinskim slojevima je rezultat raznih faktora, ali pre svega je rezultat bioakumulacije kao i zagađenja iz antropogenih izvora (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Bakar se u većini zemljišta javlja kao $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ jon adsorbovan za minerale gline ili precipitiran na drugim mineralima i organskim jedinjenjima u zemljištu. U zavisnosti od pH zemljišta može se javiti u različitim formama, npr. kao Cu^{2+} , Cu^+ , $\text{Cu}(\text{Cl}_2)^-$ i dr. Uticaj pH na mobilnost Cu zavisi od vrste njegovih jedinjenja i jonskih oblika. Rastvorljivost anjonskih i katjonskih formi opada značajno na pH 7-8. Taloženje CuCO_3 u krečnjačkim zemljištima je važan proces koji utiče na aktivnost Cu u zemljišnom rastvoru (DOMÍNGUEZ 2008). Glavni izvor neorganskog Cu u zemljištu, je CuCO_3 . Najčešći oblici Cu u zemljišnom rastvoru su rastvorljivi organski helati (oko 80%). Dostupnost rastvorljivih formi Cu uglavnom zavisi od molekulske težine Cu kompleksa. Jedinjenja male molekulske težine koja se oslobađaju raspadanjem biljnih i životinjskih ostataka, kao i ona koja su donešena kanalizacionim muljem, značajno povećavaju stepen dostupnosti Cu biljkama. Ponašanje Cu, u smislu dostupnosti biljkama i toksičnosti ne zavise od njegove ukupne koncentracije, već od njegove forme, pH zemljišnog rastvora, oksidacionog i redukcionog potencijala, teksture zemljišta, mineralnog sastava, temperature i vodnog režima. Nekoliko značajnih izvora kontaminacije poljoprivrednih zemljišta bakrom su: fertilizacija, kanalizacioni mulj, agrohemija, đubrenje, nus-produkti raspadanja otpada, neodgovarajući kvalitet vode za navodnjavanje. Cu u zemljište može dospeti i preko nekog korozivnog materijala, npr. električnih žica, cevi, itd. Veoma je značajno da zemljište ima afinitet da akumulira Cu, a kao posledica toga Cu se može javiti u ekstremno velikoj koncentraciji u površinskim slojevima, čak preko 4000 mg/kg (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Pokazano je da je procenat usvajanja Cu od strane biljaka, u poređenju sa ostalim esencijalnim elementima, najniži, a da je usvajanje Cu preko korena aktivan proces, koji zavisi uglavnom od forme Cu koju biljka usvaja (KOPSELL ET AL. 2007; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Cu je esencijalni elemenat i uglavnom ulazi u sastav organskih jedinjenja male molekulske težine. Javlja se u sastavu jedinjenja čija funkcija nije dovoljno razjašnjena, kao i u sastavu enzima od vitalnog značaja za metabolizam biljaka (fenoloksidaza, oksidaza askorbinske kiseline, peroksidismutaza). Ključna je komponenta nekih enzima, i ima važnu ulogu u procesima biljaka, kao što su fotosinteza, respiracija, metabolizam

ugljenih hidrata i njihova distribucija, metabolizam proteina, redukcija i fiksacija azota. Cu utiče na vodopropustljivost sudova ksilema i kontroliše vodni režim u biljci; kontroliše stvaranje DNK i RNK i njegov nedostatak jako inhibira reprodukciju kod biljaka (redukcija stvaranja semena, sterilnost polena), a uključen je i u mehanizme otpornosti biljaka na patogene (KOPSELL ET AL. 2007; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Cu je slabo mobilan kroz organe i tkiva biljaka, odnosno transport iz korena ka nadzemnim organima je otežan i spor. Istraživanja pokazuju da bakra najviše ima u korenu i u starom lišću, ali i da se kod nekih vrsta biljaka nagomilava u reproduktivnim organima. Uočena je velika sposobnost tkiva korena da zadrži Cu i ne dozvoli transport do izdanaka, ne samo u uslovima deficita, već i u uslovima prekomerne količine bakra. Bakar je u ksilemu i floemu prisutan u tragovima (KOPSELL ET AL. 2007).

Uprkos velikoj toleranciji nekih vrsta biljaka i genotipova, ovaj metal se u višim koncentracijama smatra visoko toksičnim. Najčešći simptomi toksičnosti bakra na biljke su hloroza i razne malformacije korena. Kod osetljivih biljaka dolazi do promena koje rezultuju smanjenjem rasta ili prinosa. Do ovih posledica dolazi zbog oštećenja tkiva i izduživanja ćelija korena, promena u permeabilnosti membrane, što uzrokuje „curenje“ jona (K^+ , PO_4^{3-}) i rastvora iz korena, peroksidacije lipida membrana hloroplasta i inhibicije transporta elektrona pri fotosintezi. Smatra se da bakar postaje toksičan za mnoge više biljke kada koncentracija njegovih jona (Cu^{2+}) dostigne 25 i 40 mg/kg u rizosferi, pri pH vrednosti zemljišnog rastvora ispod 5,5 (KOPSELL ET AL. 2007; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Za optimalan razvoj, biljke moraju imati ne samo odgovarajuću količinu aktivnog Cu u ćelijama, već i ravnotežu među hemijskim elementima. Bakar i cink se usvajaju istim mehanizmima od strane biljaka, pa su tako u konkurentnim odnosima i jedan može inhibirati usvajanje drugog. Cu sa gvoždem ima antagonistički odnos koji se odražava kao hloroza zbog nedostatka Fe (s obzirom da Fe ulazi u sastav hloroplasta). Sa druge strane, Fe može da doprinese redukciji bakra na vlažnim tresetnim zemljištima. Optimalan odnos ova dva elementa zavisi od vrste biljaka. Odnos Cu i Mo je u tesnoj vezi sa metabolizmom azota. Između ova dva elementa postoji višestruki antagonizam, koji veoma zavisi od vrste ishrane kod biljaka odnosno oblika azota u ishrani. Pri primeni azota u vidu NO_3 , Cu uzrokuje deficit Mo, međutim kod drugih vrsta biljaka Mo izaziva deficit Cu. Odnos Cu i Cd može biti i sinergistički i

antagonistički. Sinergizam se obično javlja kao sekundarni efekat oštećenja membrana koji se javlja usled neizbalansiranih odnosa metala. Selen i hrom inhibiraju usvajanje Cu. Bakar sa niklom ima sinergistički odnos, a sa manganom i sinergistički i antagonistički (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

Odgovarajuća koncentracija Cu u biljkama je značajna za samu biljku ali i u ishrani ljudi i životinja. Neke vrste biljaka pokazuju toleranciju na visoke koncentracije ovog elementa i mogu da ga akumuliraju u ekstremno velikoj količini u svojim tkivima - to su biljke hiperakumulatori bakra. Biljke koje rastu u uslovima zagađenosti bakrom, posebno blizu industrijskih zona kao i zemljišta tretiranih sa herbicidima koji sadrže Cu, pokazuju tendenciju da akumuliraju povećanu količinu ovog elementa. Različiti organi i delovi biljka sadrže različite koncentracije Cu. Koncentracija bakra koja kod većine biljaka izaziva deficit je 2-5 mg/kg, dovoljna/normalna koncentracija Cu kod biljaka je 5-30 mg/kg, a prekomerna/odnosno toksična 20-100 mg/kg. U poljoprivrednim kulturama se toleriše sadržaj Cu 5-20 mg/kg. U jednogodišnjim borovim iglicama koncentracija Cu je oko 4,2 mg/kg, a u starijim iglicama oko 2,5 mg/kg. Neke vrste biljaka, kao što je na primer kafa (*Coffea arabica* L.) mogu akumulirati u korenu čak preko 4000 mg/kg bakra (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011).

1.5.2 Opšte karakteristike ispitivanih makroelemenata

1.5.2.1 Kalijum (K)

Kalijum je alkalni metal. U Zemljinoj kori, litosferi, kalijum je prisutan u proseku sa oko 23 g/kg. Nije ravnomerno raspoređen u Zemljinoj kori; najviše ga ima u stenama u kojima preovlađuju feldspati i liskuni, a vezan je u primarnim i sekundarnim mineralima gline. Sadržaj kalijuma u zemljištu zavisi od geološke podloge čijim razlaganjem zemljište nastaje, kao i od pedogenetskih procesa. Na primer, zemljišta nastala na krečnjacima su siromašna kalijumom, dok su zemljišta nastala na granitnoj podlozi bogata ovim elementom. Sadržaj ukupnog kalijuma u zemljištu je 0,2 do 3%, pri čemu je u zemljištima bogatim organskom masom često nizak i u proseku iznosi 0,3 g/kg (MENGEL 2007; KASTORI ET AL. 2013).

Procesi fiksacije, adsorpcije i desorpcije su usko povezani sa rastvorljivošću i pristupačnošću kalijuma za biljke. Hemijski je veoma reaktivan zbog čega se u prirodi ne nalazi u elementarnom obliku. Najveći deo ukupnog kalijuma, posebno u većini mineralnih zemljišta, nalazi se u kristalnoj mreži primarnih kalijumovih minerala (kalijumovi feldspati i liskuni), pa iz tog razloga kalijum iz primarnih minerala predstavlja glavnu zalihu, a i potencijalnu rezervu ovog elementa u zemljištu. Biljke korenom usvajaju kalijum iz zemljišnog rastvora, ali i preko nadzemnih organa. Kalijum usvojen preko lista se veoma brzo premešta u druge organe biljke i uključuje u životne procese (MENGEL 2007; KASTORI ET AL. 2013).

Kalijum iz primarnih i sekundarnih minerala postaje pristupačan za biljke tek nakon njihovog razlaganja, pri čemu na razlaganje primarnih i sekundarnih minerala utiču brojni činioci (temperatura, vlaga, bakterije i dr.). Veoma je značajna i pH vrednost zemljišta (u kiseloj sredini, na pH 3-3,5, oslobađanje jona kalijuma je dva puta veće nego pri porastu pH na vrednosti od 4,5 do 9). Kalijum se u zemljišnom rastvoru nalazi u malim količinama i neposredno je dostupan biljkama. Sadržaj kalijuma u zemljišnom rastvoru je nizak (od 1 do 10 mg/kg); od ukupno izmenljivog kalijuma udeo kalijuma u vodenoj fazi zemljišta čini samo oko 1%. Kao posledica toga, količina kalijuma u zemljišnom rastvoru ne zadovoljava direktno potrebe biljaka, međutim, njegova količina u zemljišnom rastvoru se stalno obnavlja na račun izmenljivog i neizmenljivog kalijuma. U zemljišnom rastvoru, kalijum se nalazi u vidu rastvorljivih soli, a tu dospeva raspadanjem minerala, jonskom izmenom vezanog kalijuma na adsorptivnom kompleksu, iz organske materije, padavinama, a u novije vreme i primenom mineralnih đubriva. Kolika će količina biljkama dostupnog kalijuma biti u zemljištu, zavisi od njegove ukupne količine u zemljištu i od činilaca koji utiču na uspostavljanje ravnoteže između nepristupačnih i pristupačnih oblika kalijuma. Ravnoteža između pristupačnih i nepristupačnih oblika kalijuma se menja kada se promeni količina jednog od oblika kalijuma. Osim toga, na pristupačnost i ravnotežu pojedinih oblika kalijuma utiču brojni činioci, pre svega sastav zemljišta, ekološki činioci i primena kalijumovih đubriva (MENGEL 2007; KASTORI ET AL. 2013).

Kalijum se na osnovu svoje zastupljenosti u biljkama i značaja u životnim procesima ubraja u neophodne, biogene elemente za biljke. Prisustvo kalijuma u biljkama deluje stimulatивно na njihov rast. Kalijum se u biljnoj ćeliji pretežno nalazi u

jonskom obliku u ćelijskom soku, ali može biti i labilno vezan za organsku materiju (na primer za protein) i najzastupljeniji je katjon u protoplazmi biljaka. Kalijumovi joni sa pratećim anjonima utiču na osmotski potencijal ćelija i tkiva. Osim toga, utiče na hidrataciju koloida protoplazme i na promet vode, a na taj način i na sve ostale životne procese koji zavise od njih. Kalijum utiče na brojne fiziološko-biohemijske procese zbog čega ima veliki značaj u životu biljaka. U prometu materija biljaka kalijum često ima i ulogu kofaktora brojnih enzima, zatim ima ulogu u biosintezi proteina i nukleinskih kiselina, utiče na osmoregulaciju i vodni režim, fotosintezu, disanje i druge fiziološke procese u biljci (MENGEL 2007; KASTORI ET AL. 2013).

Prekomerna količina kalijuma u biljkama se veoma retko javlja. Razlog tome je što biljke, a posebno neke vrste, mogu da nakupljaju značajne količine kalijuma bez štetnih posledica. Većina zemljišta, a posebno glinovita, poseduje dobru fiksacionu sposobnost za kalijum, zbog čega u zemljištu samo izuzetno retko dolazi do povećanja koncentracije njegovog pristupačnog oblika za biljke, u toj meri da može da deluje štetno. Visoke doze kalijuma mogu da ispolje svoje nepovoljno dejstvo preko antagonizma pri usvajanju sa drugim katjonima, izazivajući tako nedostatak nekih biogenih elemenata kod biljaka, pre svega kalcijuma, magnezijuma, ali i bora, cinka i mangana. Prema nekim autorima postoji antagonistički odnos pri usvajanju i između kalijuma i gvožđa. Zbog ovih antagonističkih dejstava smatra se da višak kalijuma smanjuje rast, dovodi do uvijanja i opadanja listova i odlaganja sazrevanja plodova (MENGEL 2007; KASTORI ET AL. 2013).

Koncentracija K u jednogodišnjim i dvogodišnjim iglicama zimzelenih vrsta, (bora, jele i ariša) je 6-10 mg/kg, u listovima listopadnih vrsta drveća (javor, jasen, breza, topola itd.) 12-15 mg/kg, dok je kod deteline i celera i do 60 mg/kg (MENGEL 2007).

1.5.2.2 Natrijum (Na)

Natrijum pripada grupi zemnoalkalnih metala čiji je sadržaj u Zemljinoj kori između 2,5-3%, a u morskoj vodi oko 3,1%. Elementarni natrijum ne postoji na Zemlji jer na vazduhu lako oksidiše. Jon natrijuma je rastvorljiv u vodi, te je prisutan u okeanima i svim tipovima stajaćih voda, uglavnom u obliku NaCl. Po svojim hemijskim karakteristikama natrijum je veoma sličan kalijumu (GORHAM, 2007).

U zemljištu je mnogo složenija situacija, jer se koncentracija katjona stalno menja pod uticajem stalne izmene jona, difuzije i drugih procesa u zemljišnom rastvoru. Natrijum se nalazi u raznim vrstama zemljišta i u zavisnosti od klimatskih uslova, njegova koncentracija je različita. Visoke koncentracije Na su najčešće u aridnim i semiaridnim područjima zbog izraženog procesa evaporacije, u blizini morske obale, ali i kao posledica irigacije. Postoje dve vrste zaslanjenosti zemljišta, sodicitet (na zemljištima gde je $\text{pH} > 8,5$ i gde postoji visoka koncentracija Na^+ , a gde je hlor ispran iz zemljišta) i salinitet (javlja se pri $\text{pH} < 8,5$ na zemljištima gde je visoka koncentracija više različitih soli - Na, Ca, Mg sulfati i hloridi) (GORHAM, 2007).

Natrijum je od suštinske važnosti za živi svet, a katjoni ovog elementa spadaju među najvažnije unutarćelijske katjone koji su neophodni za održanje ćelijske membrane. Visoka koncentracija NaCl je nepovoljna za biljke, jer zemljište čini slabo propustljivim za vodu, a takođe izaziva oštećenja na biljkama. Postoje biljke halofite koje zahvaljujući nizu adaptacija mogu da žive na zaslanjenim zemljištima. Biljke koje nisu adaptirane na život na zaslanjenoj podlozi su ugrožene na dva načina. Visoka koncentracija soli izaziva osmotski stres (pri negativnom vodnom potencijalu tla ove biljke ne mogu da prime vodu i da održe balans između apsorpcije vode i transpiracije), pa dolazi do smanjenog usvajanja vode (pojava fiziološke suše), do pada turgora i sušenja, venjenja. Visoka koncentracija soli izaziva i jonski stres kod biljaka, jer biljke ne mogu da spreče pasivno usvajanje soli, naročito natrijuma. Povećavanjem ukupne količine soli u ćeliji narušava se odnos natrijuma i kalijuma što inaktivira mnoge enzime i inhibira pojedine metaboličke procese. Osim ovog problema, može se javiti i nepovoljan odnos sa drugim jonima, te tako Na^+ joni mogu zameniti Ca^{2+} jone u membrani i promeniti njenu permeabilnost i izazvati gubitak („curenje“) K^+ jona iz ćelije. Na^+ i Cl^- vrše direktnu inhibiciju procesa fotosinteze u hloroplastima, a oksidativni stres dovodi i do pojave reaktivnih oblika kiseonika koji imaju štetan efekat po rastenje i razviće same biljke (GORHAM, 2007).

Jedna od strategija biljaka za izbegavanje nepovoljnog dejstva velike koncentracije soli je njihovo isključivanje u korenu. Kasparijeve trake sprečavaju pasivan transport jona kroz apoplast do ksilema, pa njihov transport biva zaustavljen zahvaljujući kontrolisanom transportu u simplast preko ćelijske membrane. Zahvaljujući prisustvu slanah žlezda na površini lista, neke biljke izbacuju soli, gde se kristalizuju.

Mnoge biljke koje rastu na zaslanjenim podlogama apsorbuju određenu količinu soli, akumuliraju je u vakuolama i time smanjuju osmotski potencijal rastvora u ćeliji i lakše usvajaju vodu iz podloge. Koncentracija Na u biljkama varira u zavisnosti od vrste biljke i organa. Na podlozi koja nije zaslanjena, kod većine biljaka koncentracija Na u biljnim tkivima je samo nekoliko mola po kubnom metru, dok na zaslanjenim terenima i porastom soli u podlozi raste i koncentracija Na u biljnim tkivima. Halofite akumuliraju znatne količine natrijuma, čiju sudbinu mogu da kontrolišu u svom organizmu (GORHAM, 2007).

Istraživanja su pokazala da povećana koncentracija Na inhibira usvajanje K, Ca i Mg. Nedostatak Ca i visok odnos Na/Ca rezultira intenzivnijim usvajanjem Na. Salinitet može da ometa metabolizam azota u biljnom organizmu, u smislu inhibiranja usvajanja nitrata i amonijuma. U uslovima visoke koncentracije NaCl, nitrati u vakuoli mogu biti zamenjeni hloridima, što ima štetan uticaj na biljku (GORHAM, 2007).

1.5.2.3 Magnezijum (Mg)

Magnezijum pripada grupi zemnoalkalnih metala i jedan je od najzastupljenijih elemenata Zemljine kore. Sadržaj Mg u Zemljinoj kori je oko 2,5%; najniži sadržaj Mg je u peskovitim zemljištima, a najviši u glinovitim. Magnezijum pripada izrazito litofilnim elementima i u gornjim slojevima litosfere se vezuje isključivo sa kiseonikom. Veoma je reaktivan i u prirodi se nikad ne nalazi u elementarnom stanju. U procesu raspadanja stena magnezijum se lako oslobađa i izlučuje. Tom prilikom, deo magnezijuma odlazi u vidu rastvora hlorida, sulfata i bikarbonata, a deo u vidu magnezijumskih minerala iz grupe glina. Kao i kod ostalih elemenata, magnezijum u svojim izvorima može da se nađe u neizmenljivim, izmenljivim i frakcijama rastvorljivim u vodi. Neizmenljiva frakcija se nalazi u primarnim mineralima i mnogim sekundarnim mineralima gline. Izmenljiva frakcija čini oko 55% ukupnog magnezijuma u zemljištu, dok je Mg u zemljišnom rastvoru od 0,7 do 7,0 mM ali može ići i do 100 mM. U zemljišnim rastvorima kiselih zemljišta niža je koncentracija Mg, oko 2,0 mM, a u neutralnim oko 5,0 mM (MERHAUT, 2007).

Magnezijum ima važnu fiziološku ulogu kod biljaka i uopšte kod svih živih organizama; ulazi u sastav hlorofila jer njegova sinteza zavisi od prisustva Mg.

Magnezijum aktivira dekarboksilaze, zatim ATP-azu, glutamat-sintetazu, RuBisCO, fruktozu-1,6-difosfatazu, glutation sintetazu i dr. Utiče na metabolizam azota i u slučaju njegovog nedostatka povećava se udeo neproteinskih azotnih jedinjenja na račun proteina. U odsustvu Mg dolazi do disocijacije ribozoma, a time i do smanjenja sinteze RNK. Utiče na bubrenje koloida protoplazme i na vodni režim biljaka (MERHAUT, 2007).

Biljke usvajaju magnezijum iz zemljišnog rastvora najčešće u vidu Mg^{2+} jona, a antagonisti pri usvajanju su Ca^{2+} , Mn^{2+} , NH_4^+ , K^+ i H^+ . Nagomilava se u starijim listovima i lako se kreće kroz floem. Magnezijum ima antagonistički odnos sa nekim elementima, odnosno postoji konkurentni odnos između katjona Mg i katjona drugih elemenata, što se odražava na usvajanje preko korena i translokaciju u ostale delove biljke. Pokazano je da porast koncentracije K inhibira usvajanje Mg i da stepen antagonističkog efekta zavisi od količine razmenljivih i u vodi dostupnih oblika ova dva elementa. Visoka koncentracija Ca u rizosferi inhibira usvajanje Mg i prouzrokuje deficit ovog elementa. Veoma je važan odnos Ca/Mg u zemljištu. Istraživanja su pokazala da je optimalan odnos Ca/Mg 2:1 i da, ako je odnos Ca/Mg manji od 1:1 ili manji od 5:1, može doći do nedostatka Mg i ometanja rasta biljke. Azot može da inhibira usvajanje Mg od strane biljaka, ali ne u svim oblicima. Ukoliko se N u zemljištu nalazi u vidu amonijuma, smanjuje se usvajanje Mg, dok ukoliko se N nalazi u vidu nitrata usvajanje Mg raste. Inhibiranje usvajanja Mg od strane amonijuma se dešava uglavnom u hladnim zemljištima, dok je u toplim ređe, jer amonijum joni prelaze u nitrate. Poznato je da se povećanjem količine Na povećava salinitet zemljišta i onemogućava usvajanje ostalih nutrijenata, među njima i Mg, što dovodi do loše mineralne ishrane biljke i oštećenja. Povećana koncentracija magnezijuma (na primer pri primeni velike količine đubriva) može da inhibira usvajanje Fe, ali nakon premeštanja Mg iz korena u izdanke, ovaj nedostatak Fe može biti prolazan. Mangan se javlja u zemljišnom rastvoru u vidu dvovalentnog katjona i predstavlja konkurenciju magnezijumu prilikom vezivanja za čestice zemljišta. S obzirom da je Mn potreban biljkama u malim količinama, njegova toksičnost može doći do izražaja i pre nego što se koncentracija značajno poveća da inhibira usvajanje Mg na različitim fiziološkim nivoima. Odnos Zn i Mg je sličan kao i Mn i Mg. Pre nego što se koncentracija Zn^{2+} u zemljištu poveća toliko da inhibira usvajanje Mg^{2+} , biljke će početi da pate od toksičnosti ovog metala; slična situacija je i sa

bakrom. Za razliku od prethodnih elemenata, fosfor, odnosno fosfati su u sinergističkom odnosu sa Mg, jer se uspostavlja ravnoteža između anjona fosfata i katjona Mg i biljka ih ravnomerno usvaja (MERHAUT, 2007).

Koncentracija Mg u biljnim tkivima može biti različita, zavisno od vrste biljaka, perioda rasta i razvića, kao i među različitim organima biljaka. Sadržaj i raspodela magnezijuma u suvoj materiji biljaka je 0,1-1%; u plodu je obično veći nego u listu i stablu. Normalnom ili dovoljnom količinom Mg kod vrste *Buxus* L. smatra se 0,18-0,60%, kod *Mahonia* Nutt. 0,11-0,25%, a kod *Prunus* L. 0,25-0,50% (MERHAUT, 2007).

1.5.2.4 Kalcijum (Ca)

Kalcijum je zemnoalkalni metal i jedan je od najrasprostranjenijih elemenata u prirodi; koncentracija kalcijuma u Zemljinoj kori iznosi oko 3,6%. Kalcijum se u zemljištu nalazi u vidu neorganskih jedinjenja koja su sastavni deo raznih stena i minerala. Najvažniji minerali kalcijuma su: kalcit, argonit, mermer, kreda, gips, dolomit, krečnjak, kalcijumfluorit, a jedinjenja su: krečnjak, mermer i gips. Kalcijum-karbonat je glavni sastojak sedimentnih stena. Ovi oblici kalcijuma su nepristupačni za biljke i tek nakon njihovog razlaganja i rastvaranja kalcijum može biti dostupan za usvajanje od strane biljaka. Na rastvorljivost kalcijum-karbonata najveći uticaj ima ugljen-dioksid (u vodi formira ugljenu kiselinu), koja utiče na rastvorljivost i pristupačnost Ca jona za usvajanje korenom. Bikarbonatni joni su jako pokretljivi i lako se ispiraju iz gornjih slojeva zemljišta. Usled ispiranja iz gornjih slojeva, dolazi do povećanja kiselosti zemljišta. Kalcijum se u zemljištu nalazi i u razmenjivom obliku, vezan za adsorptivni kompleks, kao i u zemljišnom rastvoru odakle je lako pristupačan biljkama (PILBEAM ET AL. 2007).

Kalcijum je obavezan sastojak svake biljke; komponenta je mnogih organela (ribozomi, hloroplasti, mitohondije). Uloga kalcijuma kod biljaka se ogleda u održavanju strukture i funkcije ćelijskih membrana, stabilizaciji pektina srednje lamele ćelijskog zida. Kalcijum aktivira i mali broj enzima (povećava aktivnost α -amilaze, fosfolipaze i ATP-aze), smanjuje hidrataciju koloida, povećava viskozitet i stabilnost protoplazme, vrši neutralizaciju kiselina i utiče na jonsku ravnotežu u ćeliji (PILBEAM ET AL. 2007).

Usvajanje kalcijuma od strane biljaka je u vidu Ca^{2+} i smatra se da je to pasivan proces. Antagonisti pri usvajanju Ca su magnezijum, kalijum, stroncijum i teški metali. Transport Ca kroz ksilem je pasivan i zavisi od intenziteta transpiracije, dok je transport u floemu minimalan usled slabe pokretljivosti kalcijuma. Zbog svega navedenog, mladi biljni organi se mogu snabdeti kalcijumom samo iz ksilema, odnosno usvajanjem direktno iz zemljišnog rastvora i transportom ksilemom. Sadržaj kalcijuma u biljkama varira u zavisnosti od vrste biljke i njene starosti, vrste biljnog organa, kao i uslova spoljašnje sredine. Sadržaj Ca u biljkama se obično kreće od 0,3-3% i povećava se sa starošću biljke. Što se tiče raspodele u pojedinim organima, najviše ga ima u listovima, zatim u stablu, korenu, a najmanje u plodovima (PILBEAM ET AL. 2007).

Zemljišta koja imaju nisku pH vrednost (kisela zemljišta) su siromašna kalcijumom. Poznato je da nedostatak Ca u podlozi izaziva visoka koncentracija H^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ jona. Prekomerna količina kalcijuma u ishrani biljaka nema velikih vidljivih efekata, tačnije, neposredno dejstvo više koncentracije Ca nije poznato, osim da su neke vrste (npr. breskva, jabuka) osetljive na višak Ca u zemljištu i na njihovim listovima se u tom slučaju javlja hloroza. Prisustvo veće količine Ca u zemljištu nepovoljno se odražava na pristupačnost nekih elemenata kao što su: B, Mn, Fe, Cu i Zn (PILBEAM ET AL. 2007).

Biljke koje rastu na krečnjačkoj podlozi, tj. na zemljištima bogatim kalcijum-karbonatom i drugim kalcijumovim solima, nazivaju se kalcikolne ili kalcifilne vrste. Prilagođene su uslovima koji vladaju na krečnjačkim zemljištima i osetljive su na smanjenje pH vrednosti i kisela zemljišta. Uslovi na karbonatnim zemljištima odgovaraju metaboličkim potrebama ovih biljaka, jer ove biljke sadrže veliku količinu intercelularnog Ca koji, uz još neka jedinjenja, doprinosi osmotskom prilagođavanju biljke i održavanju jonske ravnoteže. Ove biljke najverovatnije akumuliraju rastvorljivi Ca iz zemljišnog rastvora u svom ćelijskom soku (HORAK ET AL. 1971; PILBEAM ET AL. 2007; MORRISSEY ET AL. 2009).

Kalcifobne, kalcifugne ili silicifilne biljke naseljavaju silikatna i druga zemljišta siromašna kalcijumom i veoma su osetljive na povećanu količinu Ca^{2+} i HCO_3^- jona. Ove biljke se metabolički drugačije prilagođavaju odgovarajućem iskorišćavanju kalcijuma iz zemljišta. Interesantno je da su prave kalcifobne biljke veoma otporne na jone toksičnih (teških) metala, sposobne su da formiraju neškodljive, slabo pokretne

komplekse sa ovim elementima i na taj način ih izoluju, odnosno isključuju iz metabolizma biljke (GRIME ET AL. 1969; PILBEAM ET AL. 2007).

1.6 Opšte karakteristike istraživanih područja

1.6.1 Opšte karakteristike grada Beograda

1.6.1.1 Fizičko-geografske karakteristike

Teritorija grada Beograda sa svojom okolinom prostire se na ivičnim delovima dveju velikih, u fizičko-geografskom pogledu, potpuno različitih prirodnih celina: Panonske ravnice na severu i Šumadije na jugu. Beograd se nalazi na granici dva fitogeografska regiona, Pontsko-južnosibirskog na severu i srednjeevropskog (Balkanskog podregiona, Mezijske provincije) koji se prostire južno od Save i Dunava. Na severu dominira ravnica, a na jugu je dominantniji uzdignut teren, ispresecan niskim aluvijalnim ravnima duž vodenih tokova. Prirodnu granicu između ove dve celine čine većim delom dve velike reke Sava i Dunav, na čijem ušću leži Beograd (Kvalitet životne sredine grada Beograda u 2012. godini; Gradski zavod za javno zdravlje; JOVANOVIĆ, 1994).

Urbani deo Beograda se prostire na 36 km², a grad sa okolinom zauzima površinu oko 322 km². Beograd ima složenu morfološku strukturu, kako prirodnu, tako i strukturu nastalu složenim transformacijama i razvitkom grada od nastanka do danas. Reljef Beograda se odlikuje blagim formama sa širokim i plitkim dolinama i prostranim zaobljenim brežuljcima koji se postepeno spuštaju prema Savi i Dunavu.

Geografske koordinate grada Beograda su 44⁰49'14" severne geografske širine i 20⁰27'44" istočne geografske dužine (<http://www.beograd.rs>). Najviša kota Beograda na široj teritoriji grada je na planini Kosmaj na 628 metara nadmorske visine (mnv). Najviša kota užeg gradskog područja je na Zvezdari (253 mnv), zatim Košutnjak (208 mnv), Dedinje (207 mnv) i Petlovo brdo (205 mnv). Za prosečnu nadmorsku visinu Beograda uzima se nadmorska visina Meteorološke opservatorije 132 mnv. Najveći deo terena na kome leži Beograd predstavljen je brdovitim reljefom, izuzev područja na kojima se nalaze opštine Novi Beograd i Zemun, gde su prisutni ravničarski tereni

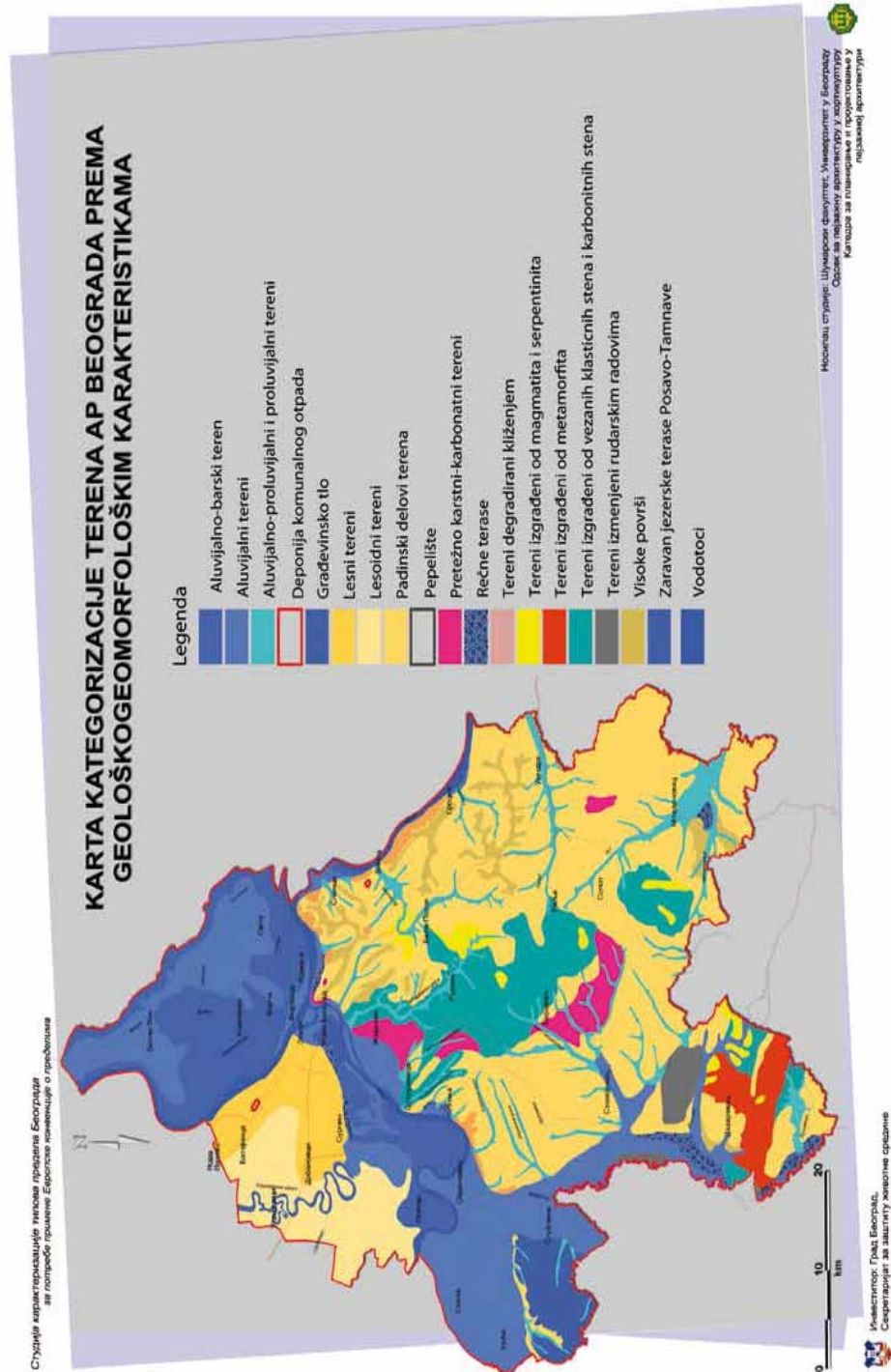
(Kvalitet životne sredine grada Beograda u 2012. godini; Gradski zavod za javno zdravlje; JOVANOVIĆ, 1994; UNKAŠEVIĆ, 1994).

Teritorijom Beograda protiču reke Dunav i Sava, i to Dunav u dužini od 60 km (od Starih Banovaca do Grocke), a Sava u dužini od 30 km (uzvodno od Obrenovca do ušća dveju reka). Duž rečnih obala (dužine 200 km), nalazi se 16 rečnih ostrva od kojih su najpoznatija Ada Ciganlija, Veliko ratno ostrvo i Gročanska ada.

Na teritoriji Beograda zastupljene su sledeće osnovne geološko-geomorfološke kategorije terena:

1. Niskoravničarski tereni fluvijalnog genetskog tipa;
2. Eolske i eolsko-akvatične zaravni južnog Srema;
3. Tereni neogenog pobrđa;
4. Brdski i brdsko-planinski tereni i geotehnogeni tereni, odnosno tereni formirani antropogenom delatnošću (Kvalitet životne sredine grada Beograda u 2012. godini; Gradski zavod za javno zdravlje).

Na karti 1 su prikazane geomorfološke karakteristike terena na teritoriji grada Beograda (*Ekološki atlas Beograda, Gradski zavod za zaštitu zdravlja, Beograd* <http://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas/03.htm>).



Karta 1. Morfogenetska karta šire teritorije Beograda (preuzeto iz Kvalitet životne sredine grada Beograda u 2012. godini)

Na osnovu prirodnih uslova, urbanih struktura, istorijskog razvoja i analize prostora i populacije, u Beogradu se uočavaju tri makro-urbane prostorne celine:

- Sremska celina - obuhvata prostor levo od obala reke Save i reke Dunav i može se podeliti na dve mezo celine: Sremsko-Posavsku i Sremsko-Podunavsku;
- Šumadijska celina - obuhvata prostor od desne obale reke Save i reke Dunav i može se podeliti na Šumadijsko-Posavsku, Šumadijsko-centralnu i Šumadijsko-Podunavsku mezo celinu;
- Banatska celina koja obuhvata izgrađeno područje grada na levoj strani Dunava. (Ekološki atlas Beograda, <http://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas/index.html>; Kvalitet životne sredine grada Beograda u 2012. godini; Gradski zavod za javno zdravlje).

1.6.1.2 Klimatske karakteristike

Beograd se nalazi u zoni umereno-kontinentalne klime, koja čini prelaz između klime koja vlada u oblasti Sredozemlja i Jadrana i klime koja je karakteristična za Karpate. Veliki uticaj na klimu Beograda ima njegov geografski položaj, topografija (vertikalni gradijent), podloga (kopno, vodotokovi, vegetacija) kao i struktura grada (JOVANOVIĆ, 1994; UNKAŠEVIĆ, 1994).

Jak uticaj kontinentalne klime i prodor hladnog vazduha sa severa i severoistoka (iz Panonskog basena), uslovljava pojavu osetno nižih temperatura. Sa zapada i severozapada je prisutan uticaj atlantske klime, odakle dolaze vazdušne mase koje su glavni donosioci padavina. Sa severoistoka iz oblasti Karpata, naročito tokom zimskog perioda, prodiru hladne vazdušne mase koje uslovljavaju hladno, suvo i vetrovito vreme. Uticaj mediteranske klime prisutan je sa jugozapada i juga, ali ne u velikoj meri zbog Dinarskih, Šarsko-Pindskih, Rodopskih i Balkanskih planinskih masiva. Pod uticajem planina severoistočnog dela Srbije (Karpata) kao i Panonske ravnice, područje Beograda se odlikuje i čestom pojavom košave. U proleće i u jesen se u Beogradu i okolini oseća tzv. "fenski efekat" koji uslovljava porast temperature, a javlja se usled jačanja visinskog strujanja iz pravca jugozapada iznad Balkanskog poluostrva (JOVANOVIĆ, 1994; UNKAŠEVIĆ, 1994).

Insolacija i oblačnost

Dužina trajanja osunčavanja ili insolacije, izražena u časovima, od velikog je značaja za žive organizme. U pogledu značaja za biljke, kod svake životne forme u odnosu na svetlost postoji genetska predodređenost za neophodnom količinom Sunčeve energije, ali i stepen otpornosti na svetlosni intenzitet (STEVANOVIĆ ET AL. 2001).

Dužina trajanja insolacije i kvalitet Sunčevog zračenja zavisi od geografske širine, reljefa i ekspozicije, stepena oblačnosti, tipa vegetacijskog sklopa i drugih faktora. Na osnovu brojnih istraživanja, ustanovljeno je da se na području Beograda dužina trajanja vremena insolacije postepeno smanjuje, kao i da se menja intenzitet i kvalitet Sunčevog zračenja. Uzrok promene intenziteta i kvaliteta Sunčevog zračenja bi svakako mogao biti porast koncentracije ugljendioksida i aerosoli u atmosferi iznad grada, što su tipične odlike klimata velikih gradova (JOVANOVIĆ, 1994; UNKAŠEVIĆ, 1994).

Prema UNKAŠEVIĆ-u (1994) srednja oblačnost (odnosno pokrivenosti neba oblacima) praćena iznad Beograda, po deceniji u periodu od 1920-1991. godine, i izražena u desetinama pokrivenosti neba, opada od zimskih ka letnjim mesecima, a zatim ponovo raste prema zimskim mesecima. Na osnovu podataka pomenutog autora, najveća oblačnost je u decembru, a najmanja u avgustu. Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZ) ukupna dužina trajanja direktnih Sunčevih zraka u periodu od 1961-1990. godine iznosila je 2025,1 čas, a u periodu od 1981-2010. godine 2111,9 sati.

U tabeli ?, prikazane su srednje vrednosti dužine trajanja direktnih Sunčevih zraka u časovima u Beogradu, po mesecima, za period od 2002-2011. godine, kao i za 2012. godinu. Iz prikazanih podataka se uočava da su srednje vrednosti trajanja (2506,8 h) direktnih Sunčevih zraka izražene u časovima u 2012. godini, od marta do oktobra, odnosno ceo vegetacioni period, bile u proseku veće od proseka za višegodišnji period od 2002. do 2011. godine (2199,6 h). Upoređujući godišnju sumu trajanja osunčavanja (h) u 2012. godini (2506,8 h) sa periodom od 2002-2011. (2199,6 h) (Tabela 4), uočava se da je ukupan broj sati u toku cele godine kao i za vegetacioni period bio veći u 2012. godini.

Tabela 4. Srednje mesečne i srednje godišnje, kao i vrednosti dužine trajanja direktnih Sunčevih zraka (h) u vegetacionom periodu izražene kao prosečne za period od 2002.-2011. godine i u 2012. godini u Beogradu (podaci RHMZ)

Meseci	Prosek 2002-2011.	2012. godina
I	78,0	90,5
II	93,4	81,7
III	157,6	253,9
IV	201,3	209,2
V	253,9	230,7
VI	272,0	344,3
VII	298,8	348
VIII	272,7	358,2
IX	204,6	233,4
X	159,2	177,4
XI	117,0	116,4
XII	60,4	63,1
Godišnje	2199,6	2506,8
Vegetacioni period	1523,3	1723,8

Iz navedenog se zaključuje da je ukupna godišnja suma dužine trajanja direktnih Sunčevih zraka u Beogradu izražena u časovima, u 2012. godini bila veća od višegodišnjeg proseka za 2002-2011. godinu, kao i ukupan broj sati u toku vegetacionog perioda. Interesantno je da je suma dužine trajanja direktnih Sunčevih zraka u 2012. godini (Tabela 5) bila veća u odnosu na višegodišnje periode koje je dao RHMZ (<http://www.hidmet.gov.rs/>).

Tabela 5. Godišnje i vrednosti ukupnog trajanja direktnih sunčevih zraka (h) u vegetacionom periodu od 2002. do 2012. godine, kao i srednje vrednosti za period 2002-2011.(podaci RHMZ)

Period	Godišnje	Vegetacioni period
2002	2023,4	1351,9
2003	2258,9	1556,4
2004	1983,3	1385,1
2005	1936,3	1318,9
2006	2235,3	1458,6
2007	2367,8	1730,3
2008	2344,7	1544,5
2009	2161,2	1642,3
2010	1992,9	1395,9
2011	2385	1648,7
2002-2011	2199,6	1523,3
2012	2506,8	1723,8

Iz tabele 6 sledi da su srednje vrednosti oblačnosti izražene u desetinama pokrivenosti neba u Beogradu u periodu od marta do oktobra 2012. godine (3,5), odnosno tokom celog vegetacionog perioda, bile u proseku niže od vrednosti datih za isti period godine u intervalu od 2002 do 2011. godine (5,0). Interesantno je napomenuti, da je u toku letnjeg perioda (jun, jul i avgust 2012.) srednja vrednost oblačnosti bila gotovo duplo manja (2,2) od višegodišnjeg proseka za period 2002-2011. (4,3) (Tabela 6).

Tabela 6. Srednje mesečne vrednosti oblačnosti (u desetinama pokrivenosti neba) u Beogradu od 2002-2011. godine i 2012. godine (podaci RHMZ)

Meseci	Prosek 2002-2011.	2012. godina
I	7,0	6,6
II	6,7	7,8
III	6,1	3,5
IV	5,5	5,7
V	5,3	5,3
VI	4,9	2,8
VII	4,0	2,5
VIII	3,9	1,4
IX	5,0	4
X	5,5	4,7
XI	5,8	5,9
Godišnje	5,6	4,8
Vegetacioni period	5,0	3,5

Temperaturni uslovi

Temperatura vazduha je jedan od najvažnijih klimatskih faktora i ima ogroman značaj za razvoj biljnog sveta i distribuciju vrsta. Biljne vrste se međusobno razlikuju u pogledu temperaturnih zahteva, odnosno svaka vrsta je prilagođena životu u okviru određenog, specifičnog temperaturnog intervala. Postoje razlike u temperaturama koje pogoduju rastu i razvoju biljke u različitim fazama njenog životnog ciklusa (STEVANOVIĆ ET AL. 2001).

Kada se analizira temperatura vazduha u Beogradu, može se reći da se radi o prelazu od temperaturnih uslova koji vladaju na obalama Atlantskog okeana i Jadranskog primorja ka onima koji su prisutni u kontinentalnim krajevima. Ovi temperaturni uslovi su dodatno modifikovani specifičnom arhitekturom grada koja utiče na kretanje vazdušnih masa, veće zagrevanje zbog velikih betonskih i asfaltnih površina i specifičnog vodnog režima grada (urbana klima). UNKAŠEVIĆ (1994) navodi da se u centralnim delovima grada, zbog prisustva visokih zgrada, guste naseljenosti, odsustva vegetacije, zagađenosti vazduha, uticaja saobraćaja i rada toplana, javljaju razlike u srednjim mesečnim i srednjim godišnjim temperaturama vazduha u odnosu na njegovu okolinu za 2-3⁰C.

U tabeli 7 prikazane su srednja, maksimalna i minimalna temperatura vazduha u Beogradu za 2012. godinu, kao i prosečne mesečne temperature za period od 2002-2011. godine.

Tabela 7. Srednje mesečne, srednje maksimalne, srednje minimalne, srednje godišnje i temperature vazduha u vegetacionom periodu od 2002-2011. godine i u 2012. godini u Beogradu (podaci RHMZ)

Meseci	T srednja (°C)		T maksimalna (°C)		T minimalna (°C)	
	Prosek 2002-2011.	2012.	Prosek 2002-2011.	2012.	Prosek 2002-2011.	2012.
I	1,6	2,1	4,8	5,5	-1,0	-0,3
II	2,6	-3	6,1	-0,3	-0,4	-5,6
III	8,3	10,1	13,0	15,6	4,2	4,7
IV	13,7	14,5	18,8	20	9,0	9,3
V	18,6	17,9	24,0	23	13,5	13,1
VI	22,3	24,5	27,4	30,3	17,0	18,8
VII	24,3	27	29,7	32,7	18,8	21,2
VIII	23,5	26,3	29,4	32,6	18,3	19,4
IX	18,7	21,5	24,3	27,7	14,2	16,3
X	13,1	14,7	18,3	20,5	9,3	10,4
XI	8,6	10,5	12,9	14,5	5,4	7,4
XII	3,3	2	6,1	4,8	0,9	-0,1
Godišnje	13,2	14,0	17,9	18,9	9,1	9,6
Vegetacioni period	20,2	22,0	25,6	27,7	15,2	16,4

Srednje mesečne temperature vazduha u Beogradu u 2012. godini su bile više od onih zabeleženih za period od 2002-2011. godine u svim mesecima, osim u februaru, maju i decembru. Srednja godišnja, kao i srednja temperatura vazduha u toku vegetacionog perioda (mart-oktobar) su, takođe, bile više u 2012. godini, u odnosu na period 2002-2011. godina, što se može videti u tabeli 7.

Iz podataka prikazanih u tabeli 8 uočava se da je u 2012. godini u proseku bilo više ledenih i tropskih dana, a manje mraznih i letnjih, u odnosu na period 2002-2011. godina. Iz tabele sledi da je u 2012. godini bilo 78 tropskih dana, od čega 76 dana u toku vegetacionog perioda, kao i da je u periodu 2002-2011. godine bilo u proseku 42,9 tropskih dana, od čega 42,7 u vegetacionom periodu. Mraznih dana je u proseku bilo manje u 2012. godini (50), ali ih je bilo više u toku vegetacionog perioda u odnosu na prosečnu vrednost za period 2002-2011. godina (0,4). Ledenih dana je bilo više u 2012. godini u odnosu na period od 2002-2011. godine (20). Letnji dani se javljaju od marta do novembra, a tropski od aprila do oktobra (<http://www.hidmet.gov.rs>).

Tabela 8. Prosečan broj ledenih, mraznih, letnjih i tropskih dana po mesecima, godišnje i u vegetacionom periodu od 2002-2011. godine i u 2012. godini u Beogradu (podaci RHMZ)

Meseci	Ledeni dani		Mrazni dani		Letnji dani		Tropski dani	
	2002-2011	2012	2002-2011	2012	2002-2011	2012	2002-2011	2012
I	7,5	3	17,0	12	-	-	-	-
II	4,2	14	14,0	20	-	-	-	-
III	0,4	-	6,2	4	0,1	1	-	-
IV	-	-	0,4	-	1,0	5	0,1	1
V	-	-	-	-	11,7	12	3,4	3
VI	-	-	-	-	11,4	9	9,5	17
VII	-	-	-	-	11,1	9	14,5	22
VIII	-	-	-	-	13,6	8	12,2	22
IX	-	-	-	-	11,2	11	3,0	11
X	-	-	0,2	-	3,0	6	0,2	2
XI	0,1	-	3,8	-	0,2	-	-	-
XII	4,5	3	13,1	14	-	-	-	-
Godišnje	16,7	20	54,7	50	63,3	61	42,9	78
Vegetacioni period	-	-	0,4	2	60	54	42,7	76

Temperatura zemljišta je značajna za niz fizičkih, hemijskih i bioloških procesa u zemljištu. Zemljišta bez vegetacije, kao i ona koja su slabo obrasla vegetacijom, među kojima su i ruderalna staništa, odlikuju se drugačijim temperaturama u odnosu na zemljišta obrasla vegetacijom (STEVANOVIĆ ET AL. 2001). Intenzitet dnevno-noćnih, a posebno sezonskih variranja u temperaturi određuju intenzitet temperaturnih kolebanja u zemljištu i dubinu do kojih se ona osećaju. Dnevno-noćna temperaturna kolebanja u zemljištu obično postoje do dubine od 1 m, dok na dubinama većim od 1 m prestaje

dnevno kolebanje temperature. Sezonska variranja temperature zemljišta zavise od sezonskih promena temperature na staništu i u umerenoj zoni se osećaju do dubine od oko 10 m, dok na većim dubinama temperaturnih kolebanja nema. Temperatura zemljišta se sporije menja u odnosu na temperaturu vazduha. Pri temperaturi od oko 0⁰C, smrzava se voda u velikim porama zemljišta, a pri nižoj od 0⁰C voda u uskim kapilarima, čime postaje nedostupna biljkama (UNKAŠEVIĆ, 1994).

Iz prikazanih podataka u tabeli 9 uočava se da srednja godišnja temperatura zemljišta opada sa povećanjem dubine, kao i da više varira na manjim dubinama u odnosu na dublje slojeve zemljišta. Istovremeno, srednja godišnja temperatura je na dubini od 100 cm najviša (14,1⁰C), a u vegetacionom periodu je najniža (17,5⁰C), dok je na 30 cm dubine u toku godine najniža (13⁰C), a u vegetacionom periodu je najviša (19,5⁰C).

Tabela 9. Srednja godišnja temperatura zemljišta (⁰C) u Beogradu na različitim dubinama u periodu od 2002-2011. i 2012. godine (podaci RHMZ)

Period	Temperatura zemljišta (⁰ C) na 30 cm dubine		Temperatura zemljišta (⁰ C) na 50 cm dubine		Temperatura zemljišta (⁰ C) na 100 cm dubine	
	2002-	2012.*	2002-	2012.*	2002-	2012.*
I	2,7	3,2	4,1	4,1	6,1	6,5
II	2,7	0,2	3,7	1,8	5,2	4,2
III	6,1		6,2		6,3	5,9
IV	11,8		11,3		10,2	10,5
V	17,3		16,3		14,3	14,8
VI	21,3		20,3		18,1	18,4
VII	23,5		22,8		20,7	22,1
VIII	23,3		23,0		21,5	22,8
IX	19,8		20,2		20,3	21,5
X	14,0		15,5		16,6	
XI	8,9		10,3		12,5	
XII	4,9		6,4		8,8	
Godišnj	13,0	1,7	13,3	3,0	13,4	14,1
Veg. period	19,5		18,9		17,5	18,35

Atmosferski pritisak

U meteorologiji je atmosferski pritisak jedna od najbitnijih fizičkih veličina koja se kontinuirano prati. Praćenjem promena u vazдушnom pritisku vrši se prognoza vremena u narednom periodu. Prema UNKAŠEVIĆ-U (1994), u zimskim mesecima u Beogradu vlada relativno visok vazdušni pritisak i dnevna kolebanja su znatno viša u odnosu na letnje mesece, što navodi na zaključak da se u zimskim mesecima vrši brža i oštrija smena toplih i hladnih vazdušnih masa iznad Beograda. U proleće, vazdušni pritisak iznad Beograda ima najniže vrednosti i odlikuju ga izraženija dnevna kolebanja u odnosu na druge periode godine. Suprotno tome, u julu i avgustu je atmosfera relativno stabilna, na šta ukazuju vrednosti ovog parametra koje su tokom letnjih meseci niske, a dnevna kolebanja su mala. Tokom jeseni vazdušni pritisak je ponovo u porastu sa izraženijim dnevnim kolebanjima. U tabeli 10 prikazane su srednje mesečne i godišnje vrednosti, kao i vrednosti vazdušnog pritiska u milibarima u vegetacionom periodu iznad Beograda za period od 2002-2011. godine kao i u 2012. godini.

Tabela 10. Srednje mesečne vrednosti vazdušnog pritiska (mb) i srednje godišnje u vegetacionom periodu, u periodu od 2002-2011. godine i 2012. godine iznad Beograda (podaci RHMZ)

Meseci	Prosek 2002-2011.	2012.
I	1003,3	1004,3
II	911,0	1007,1
III	1000,9	1007,9
IV	999,4	993,1
V	909,2	998,7
VI	999,4	999,1
VII	998,8	998,7
VIII	998,7	1000,7
IX	1002,0	1000,6
X	1003,1	999,8
XI	1002,6	1002,1
XII	1003,9	1000,6
Godišnje	986,0	1001,1
Vegetacioni period	984,6	998,5

Iz prikazanih podataka se uočava da je srednja vrednost vazdušnog pritiska u 2012. godini, osim u februaru i maju, odgovarala proseku za period 2002-2011. godine. U februaru i maju 2012. godine ovaj parametar je imao višu vrednost u odnosu na prosek pomenutog perioda od deset godina.

Vlažnost vazduha

Vlažnost vazduha ima veliki značaj za lokalnu klimu. Na osnovu količine vodene pare u vazduhu i stepena zasićenosti vazduha vodenom parom, donose se zaključci o atmosferskim talozima. Za određivanje sadržaja vodene pare u vazduhu, najčešće se koriste pritisak vodene pare i relativna vlažnost vazduha. Napon vodene pare pokazuje sadržaj vodene pare samo u nižim slojevima atmosfere, dok veći značaj u praksi ima relativna vlažnost vazduha, pomoću koje se direktno određuje stepen zasićenosti vazduha vodenom parom (UNKAŠEVIĆ, 1994). Vlažnost vazduha je od velikog značaja i za biljke, jer utiče na intenzitet transpiracije (STEVANOVIĆ ET AL. 2001).

Razlike u vlažnosti vazduha na užem gradskom području i široj okolini grada nekada iznose i do 20%. Razlog tome su urbanizacija i industrijalizacija (nedostatak zelenih površina koje bi zadržavale vodu u podlozi, pa voda otiče gradskim ulicama u kanalizaciju) koje su dovele do modifikacije osnovnih tipova klime u gradovima (JOVANOVIĆ, 1994; UNKAŠEVIĆ, 1994).

Na osnovu višegodišnjeg osmatranja srednja godišnja relativna vlažnost vazduha u Beogradu iznosi oko 71%, pri čemu najvišu vrednost ima tokom zimskih meseci, 77-82%, dok je u letnjem periodu niža i iznosi 62-67%, kada je vazduh najsuvlji (JOVANOVIĆ, 1994).

Podaci koji se odnose na srednju relativnu vlažnost vazduha (%) u Beogradu za 2012. godinu i period od 2002-2011. godina, prikazani su u tabeli 11.

Tabela 11. Srednje mesečne, srednje godišnje i vrednosti relativne vlažnosti vazduha (%) u vegetacionom periodu, od 2002-2011. i u 2012. godini u Beogradu (podaci RHMZ)

Meseci	Prosek 2002-2011.	2012.
I	78	76
II	74	75
III	63	50
IV	59	59
V	61	66
VI	63	52
VII	60	50
VIII	62	41
IX	66	53
X	72	69
XI	74	72
XII	79	78
Godišnje	68	62
Vegetacioni period	62	54

Iz prikazanih podataka se uočava da je srednja godišnja vrednost relativne vlažnosti vazduha u 2012. godini, tokom vegetacionog perioda, bila ispod prosečne vrednosti za posmatrani period 2002-2011. godina i iznosila je 54%.

Napon vodene pare je pod uticajem temperature vazduha. Pri niskim temperaturama, potrebna je znatno manja količina vodene pare za zasićenje određene zapremine vazduha, nego pri visokim temperaturama. Pritisak vodene pare je manji u zimskim mesecima u odnosu na letnje mesece, a takođe je dnevno kolebanje u letnjem periodu niže oko 14 časova, u odnosu na jutarnje ili večernje časove. Razlog nastanka ove pojave je što se u ranim popodnevним časovima, kada je zagrevanje zemljišta intenzivnije, stvaraju struje koje odnose vodenu paru uvis, pa se na taj način smanjuje količina vodene pare u prizemnom sloju vazduha (UNKAŠEVIĆ, 1994).

U tabeli 12 se može videti da su u periodu 2002-2011. godina srednje vrednosti napona vodene pare u skladu sa navedenim podacima UNKAŠEVIĆ-A (1994), odnosno vrednosti ovog parametra su niže u zimskim mesecima u odnosu na letnje mesece. U 2012. godini je srednja vrednost pritiska vodene pare u zimskim mesecima niža u odnosu na letnje i u granicama je prosečnih vrednosti za pomenuti period od deset godina, izuzev u avgustu kada je ovaj parametar imao nižu srednju vrednost u odnosu na period 2002-2011. godina za područje Beograda.

Tabela 12. Srednje mesečne, srednje godišnje i vrednosti napona vodene pare (mb) u vegetacionom periodu, od 2002-2011. i u 2012. godini u Beogradu (podaci RHMZ)

Meseci	Prosek 2002-2011.	2012.
I	5,5	5,6
II	5,8	4
III	6,8	5,9
IV	9,1	9,6
V	13,1	13,2
VI	16,4	16,1
VII	17,4	17,1
VIII	17,3	13,7
IX	13,8	13
X	10,8	11,4
XI	8,3	9,2
XII	6,4	5,7
Godišnje	10,9	10,4
Vegetacioni period	14,5	13,8

Atmosferske padavine

Padavine su jedan od najznačajnijih klimatskih faktora koji utiče na vlažnost staništa i time najsnažnije određuje rasprostranjenost vrsta. Stoga količina padavina, kao i njihov raspored tokom godine, imaju ključnu ulogu za život na Zemlji.

Padavine su meteorološki parametar čije se vrednosti menjaju na malim rastojanjima i veoma variraju, kako iz godine u godinu, tako sezonski, na mesečnom i dnevnom nivou. Padavine su u direktnoj vezi sa vlažnošću vazduha, pošto veća količina padavina uzrokuje i veću vlažnost vazduha i obrnuto. Prema podacima RHMZ-a, srednja godišnja količina padavina u Beogradu u periodu od 1961. do 1990. godine iznosila je 684,3 mm. Najmanja količina padavina je zabeležena u oktobru (40,3 mm), a najveća u junu (90,4 mm). Za period 1981-2010. godina srednja godišnja količina padavina iznosila je 690,9 mm, najmanja je bila u februaru (40,0 mm), a najveća u junu (101,2 mm).

Srednja godišnja količina padavina raste sa porastom nadmorske visine, što je u slučaju područja Beograda 35 mm na svakih 100 m nadmorske visine. Najviše kiše u Beogradu padne tokom proleća i leta. Maksimalna količina padavina u maju i u junu

vezana je za uticaj vlažnog atlantskog vazduha koji pristiže sa severozapada. Interesantno je pomenuti da, na osnovu dugogodišnjeg posmatranja, najviše kiše padne leti u popodnevnom časovima, između 16 i 19 časova, dok je u zimskim mesecima maksimum padavina zabeležen u noćnim ili ranim jutarnjim časovima (EKOTALAS, <http://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas>; UNKAŠEVIĆ, 1994).

Upoređivanjem seoskih i gradskih meteoroloških stanica približne nadmorske visine, došlo se do zaključka da su obilnije padavine u gradu. Zagađenja i zagrevanja koja nastaju pod uticajem saobraćaja i industrijskih postrojenja, dovode do povećanja broja jezgara kondenzacije u atmosferi iznad grada, a samim tim i do stvaranja oblaka i pojave padavina. Ova pojava se može dovesti u vezu sa povećanom količinom padavina u gradu, u proseku, za 17% u odnosu na njegovu širu okolinu (UNKAŠEVIĆ, 1994).

Srednja godišnja količina padavina za period 2002-2011. godine iznosi 710,7 mm, a za 2012. godinu 564,2 mm. U tabeli 13 su prikazane srednje mesečne količine padavina u različitim periodima.

Tabela 13. Srednje mesečne, srednje godišnje i količine padavina (mm) u vegetacionom periodu, od 2002-2011. i u 2012. godini u Beogradu (podaci RHMZ)

Meseci	Prosek 2002-2011.	2012.
I	58,5	87,2
II	53,1	61,5
III	50,3	2,4
IV	40,3	66,9
V	54,1	127,9
VI	98,4	16
VII	66,9	39
VIII	69,8	4,5
IX	47,9	30,7
X	59,2	44,9
XI	52,9	28,1
XII	61,4	55,1
Mesečno	59,4	47,0
Vegetacioni period	62,9	47,5

Iz prikazanih podataka se uočava da je u proseku tokom 2012. mesečna količina padavina (47,0 mm) bila manja u odnosu na prosečnu mesečnu količinu padavina u periodu 2002-2011. godina (59,4 mm). Interesantno je međutim, da je mesečna količina

padavina u 2012. godini, skoro u svim mesecima odstupala od srednje mesečne količine padavina za period 2002-2011. Najmanje odstupanje je bilo u februaru i decembru, a najveća odstupanja su bila od marta do avgusta. Najmanja količina padavina u 2012. godini je zabeležena u martu i iznosila je samo 2,4 mm, dok je u periodu 2002-2011. kao što je pomenuto, iznosila 40,3 mm. Najveća količina padavina u 2012. godini bila je u maju i iznosila je 127,9 mm, što je više u odnosu na period od 2002-2011. godine kada je najveća srednja mesečna količina padavina bila u junu i iznosila 98,4 mm vodenog taloga. U tabeli 14 su prikazane prosečne količine padavina u Beogradu po godišnjim dobima u različitim periodima.

Tabela 14. Prosečne količine padavina (mm) u Beogradu po godišnjim dobima od 2002-2011. i 2012. godine (podaci RHMZ)

Godišnje doba	Prosek 2002-2011.	2012.
Proleće	48,2	65,7
Leto	78,4	19,8
Jesen	53,3	34,6
Zima	57,7	67,9

Iz prikazanih podataka uočava se kolebanje količine padavina u 2012. godini u odnosu na period 2002-2011. godina. Najizraženije kolebanje je bilo tokom leta, kada je količina padavina bila gotovo četiri puta manja u 2012. godini u odnosu na prethodni desetogodišnji period.

Vetar

Vetar je meteorološki elemenat koji doprinosi formiranju određenih klimatskih prilika na nekom području, tako što utiče na temperaturu i vlažnost vazduha, oblačnost i padavine. Vetar sa sobom donosi specifične osobine klime sa područja odakle duva (osobine maritimne klime ako duva sa mora i okeana ili osobine kontinentalne klime ukoliko duva iz dubokih kontinentalnih predela). Najhladniji su severni i severoistočni vetrovi dok su južni najtopliji (UNKAŠEVIĆ, 1994).

Na području Beograda se naročito ističe košava, vetar koji duva tokom čitave godine iz pravca jugoistoka, mada je u toku leta znatno ređi. Košava u Beogradu

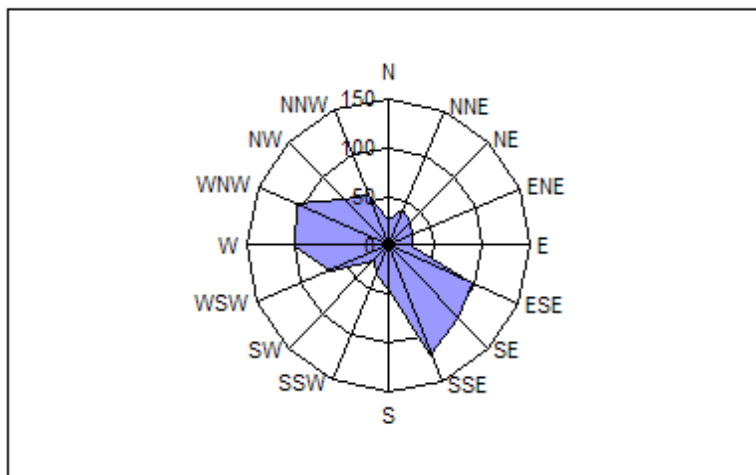
najveću čestinu i brzinu ima krajem jeseni (u novembru) i početkom proleća (u martu). Košava u značajnoj meri utiče na prisustvo i koncentraciju zagađujućih materija u vazduhu, a takođe isušuje zemljište. Osim košave, za područje Beograda su značajni i vetrovi zapadnog, severozapadnog i jugozapadnog pravca, koji predstavljaju vlažne vetrove koji donose kišu. Vetar zapadnog-severozapadnog pravca je poznat kao gornjak. Učestalost ovih vetrova se naročito povećava tokom proleća i leta. Ostali vetrovi imaju mnogo manji značaj u formiranju klimatskih prilika ovog područja (EKOTALAS, <http://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas>).

Struktura grada (na primer, gustina, raspored i visina građevina, širina ulica i sl.) može da utiče na promenu pravca i brzine vetra u samom gradu, dok povećanje, odnosno smanjenje brzine vetra koji ulazi u grad, utiče na relativnu vlažnost vazduha i stepen zagađenosti vazduha u gradu (UNKAŠEVIĆ, 1994).

Relativna čestina vetra po pravcima, tišinama u promilima i srednja brzina vetra u m/s prema podacima RHMZ (<http://www.hidmet.gov.rs/>) za period 1981-2010. godina dati su u tabeli 15, a ruža vetrova za isti period na grafiku 1.

Tabela 15. Relativne čestine vetra po pravcima i tišine u promilima i srednje brzine vetra u m/s u periodu 1981-2010. godina (podaci RHMZ)

	Relativna čestina (‰)	Srednja brzina (m/s)
N	25	2,3
NNE	38	2
NE	31	2
ENE	28	1,9
E	25	2,4
ESE	97	3,1
SE	105	3
SSE	121	2,9
S	44	2,2
SSW	32	1,8
SW	22	1,7
WSW	65	2
W	99	2,2
WNW	106	2,3
NW	66	2,3
NNW	55	2,3



Grafik 1. Ruža vetrova na području Beograda u periodu 1981-2010. godina
(podaci RHMZ)

Ruža vetrova ima oblik karakterističan za košavsko područje. U tabeli 15 se uočava da su najčešći vetrovi oni koji duvaju iz pravca jugoistoka i zapada-severozapada, odnosno košava i gornjak.

U tabelama 16 i 17 prikazani su podaci koji se odnose na srednju čestinu pravca vetra, srednju brzinu i srednju jačinu vetra u Beogradu u različitim periodima. U periodu 2002-2011. godina najčešće su duvali vetrovi iz pravca zapada i severozapada, a nešto manje iz pravca juga i jugoistoka, dok je u 2012. godini najviše duvala košava, što odgovara višegodišnjem proseku (1981-2010.) koji je dao RHMZ (<http://www.hidmet.gov.rs/>).

Tabela 16. Srednja čestina pravca vetra (‰), srednja brzina (m/s), tišina (SR) na području Beograda u periodu od 2002-2011. godine i 2012. godine (podaci RHMZ)

Strana sveta	Srednja čestina (‰)		Srednja brzina (m/s)		Tišine (SR)	
	2002-2011.	2012.	2002-2011.	2012.	2002-2011.	2012.
N	90	94	2,2	2,4	2,2	2,4
NE	87	89	2,0	2,3	2,0	2,3
E	63	71	1,9	2,3	1,9	2,3
SE	189	224	3,4	3,1	3,4	3,1
S	186	172	3,1	2,9	3,1	2,9
SW	61	55	1,9	1,9	1,9	1,9
W	194	186	2,2	2,4	2,2	2,4
NW	192	158	2,3	2,6	2,3	2,6

Tabela 17. Srednja jačina vetra (B) u Beogradu u periodu od 2002-2011. godine i 2012. godine (podaci RHMZ)

Period	Srednja jačina vetra (B)	
	>6B	>8B
2002-2011.	93	11
2012.	97	10

Srednja brzina vetra, periodi tišine i srednja jačina vetra imaju veoma slične vrednosti za oba posmatrana perioda, 2002-2011. i 2012. godinu.

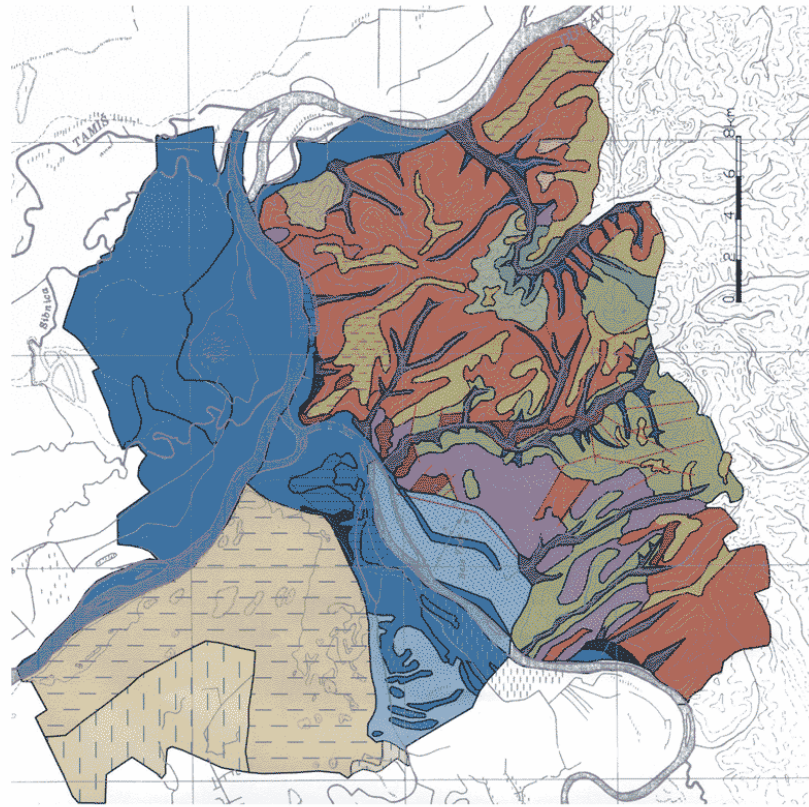
Na osnovu svih iznetih podataka koji se odnose na klimatske elemente za dva posmatrana perioda, 2002-2011. i 2012. godinu, uočava se da se 2012. godina po mnogo čemu razlikovala u odnosu na prethodni posmatrani period. Ukupan broj sati trajanja direktnog Sunčevog zračenja je bio veći u 2012. godini, što je u skladu sa manjom oblačnošću, zatim srednja maksimalna temperatura je bila veća u 2012. godini, kao i srednja minimalna, a i prosečna godišnja. Vazdušni pritisak je bio u proseku viši, a relativna vlažnost vazduha niža, kao i količina padavina, koja je u martu i avgustu bila ekstremno niska. Broj mraznih dana u 2012. godini je bio manji u odnosu na period 2002-2011. godina, a broj tropskih dana gotovo duplo veći.

1.6.1.3 Geološki uslovi

Geološka podloga grada Beograda i okoline (Karta 2) odlikuje se složenom građom. Najstarije tvorevine su jurske starosti, imaju malo površinsko rasprostranjenje, a predstavljene su dijabaznorožnačkom formacijom i serpentinskim fragmentima. Prelazni jursko-kredni slojevi su predstavljeni flišom, dok kredni imaju veliko rasprostranjenje i predstavljeni su raznovrsnim litostratigrafskim članovima. Krečnjacima, peskovitim laporcima i gvožđevitim pešćarima je predstavljena donja kreda, dok je gornja kreda predstavljena flišnim sedimentima, glinama, pešćarima, laporcima, krečnjacima i alevrolitima. Neogeni sedimenti su predstavljeni peskovima, laporcima, glinama, krečnjacima i peskovima. Tercijarne i magmatske stene su predstavljene granit-monconitima, andezitima, dacitima, a kvartarne tvorevine, pleistocenskim i holocenskim naslagama barskog, deluvijalnog, aluvijalnog i eoloskog porekla (KRSTIĆ ET AL. 1984).

Na užem području Beograda su rasprostranjeni kvartarni sedimenti čija se ukupna debljina kreće oko 20 metara. Mogu se podeliti na prelesne sedimente (jezerski, barski, aluvijalni i proluvijalni) i les. Prelesni sedimenti su stariji od lesa i mogu se podeliti na dva paketa, donji (sedimenti poznati kao „beogradski slojevi“) i gornji (sedimenti poznati kao „terazijski slojevi“), pri čemu su donji pepeljsto sive i zelenkaste boje i predstavljeni su alevritima, peskovima, glinama i šljunkovima. Gornji su predstavljeni alevritima, peskovitim i šljunkovitim alevritima i glinama i uglavnom su smeđe boje. Oba paketa koji čine prelesne kvartarne sedimente su u proseku debljine oko 15 metara, a preko njih leži les, razvijen kao lesni horizont, čija debljina zavisi od reljefa. Na otvorenom profilu kod Save i Dunava, debljina ovog horizonta je od 10-40 metara, a kod Zemuna oko 18 metara. Na Bežanijskoj kosi i Zemunskom platou, les se javlja u vidu zaravni (KRSTIĆ ET AL. 1984).

**GEOLOŠKA KARTA
PODRUČJA GP**



STAROST	Geološki ispari	STAROST	Geološki ispari
	Neogen (eotropogenski) id		Geološki ispari
	Alajulski ispari - fujpa karta Sen i Džavne		Jazovni glinovito-pukaviti sedimenti
	Alajulski srednji - fujpa gornjela		Isparni pukavito-pukaviti sedimenti
	Alajulski donji - fujpa karta saah i sikera		Karbonski i porvinski sedimenti
	Prekambrijski i alajulsko-paleozojski ispari		Srednji karbonski
	Alajulski berki sedimenti		Vulkanogeno glinoviti sedimenti
	Bečko terasni sedimenti		Yerani karbonski sedimenti
	Bečko jzerni sedimenti		Karbonski sedimenti
	Devonijanski i alajulski okerijasti ispari		Srednji ispari
	Ladoljski sedimenti		Yerani ispari
	Ladoljski terasni sedimenti		Bečko ispari
	Ls		Bečko ispari

Beograd, 2002

Karta 2. Geološka karta šireg područja Beograda - preuzeto sa sajta Ekološkog atlasa Beograda, Gradski zavod za zaštitu zdravlja, Beograd (<http://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas>)

1.6.1.4 Edafski uslovi

Na području Beograda od istoka prema zapadu, u horizontalnom pogledu, smenjuje se ili međusobno prepliće nekoliko zonalnih tipova zemljišta, černozem, degradirani černozem i gajnjača, koja idući prema zapadu prelazi u opodzoljenu i opodzoljavanu gajnjaču. U vertikalnom profilu, smenjivanje različitih tipova zemljišta se ogleda u tome što najniže položaje zauzimaju hidromorfna zemljišta (glej, semiglej i aluvijalna zemljišta). Iznad njih su zastupljena terestrična zemljišta (smonice, gajnjače) i na kraju skeletna zemljišta, litosoli (TANASIJEVIĆ ET AL. 1951).

Zemljišta u urbanim zonama su pod velikim uticajem antropogenog faktora, pa su i njihove odlike u manjem ili većem stepenu izmenjene. Antropomorfna zemljišta imaju izmenjene fizičko-hemijske karakteristike, u odnosu na primarni tip zemljišta na određenom lokalitetu, tako da često nemaju sličnost sa primarnim tipom zemljišta. Često se na maloj površini zemljišta mogu međusobno ekstremno razlikovati. Zemljište može biti sabijeno usled gaženja, skeletno usled nasipanja peska, šljunka ili građevinskog otpada ili nitrifikovano usled unošenja organskih materija koje se razlažu. Zbog svih navedenih razloga, ne može se govoriti o zemljištu u klasičnom smislu, pa se zato koriste izrazi kao „podloga“ ili „supstrat“. U pogledu mehaničkog sastava, zemljišta u urbanim uslovima mogu biti lakšeg i težeg mehaničkog sastava - pesak, ilovasti pesak, peskovita ilovača, ilovača i glinovita ilovača. U sastav skeleta ulaze frakcije veličine 3-5 cm, kao i preko 5 cm, pri čemu se tu mogu naći i razni materijali antropogenog porekla (šljaka, beton, malter, metal, staklo, plastika i dr.), dok otpatke organskog porekla čine delovi biljaka, uglja, hartije, tekstila i dr. Otpaci organskog porekla direktno utiču na hemijski sastav zemljišta mada, za razliku od fizičkih, hemijske osobine zemljišta u urbanim uslovima imaju prilično konstantne hemijske osobine. Ova zemljišta imaju po pravilu nitrofilan karakter, usled razlaganja organskih materija, povećanu količinu humusa (do 6,97%), dok pH vrednost pokazuje neutralnu reakciju (6,9-7,4). Razvoj biljnog pokrivača u urbanim uslovima nije prevashodno uslovljen geološkom podlogom, kao ni pedološkim odlikama zemljišta, već nizom drugih činilaca, prvenstveno antropogenim faktorom, tako da je značaj geološke podloge i karakteristika zemljišta mnogo manje ispoljen u ovom slučaju u odnosu na značaj kod različitih oblika primarne vegetacije (JOVANOVIĆ, 1994).

1.6.1.5 Biljni pokrivač

Zbog velikog uticaja antropogenog faktora, prirodni predeli Beograda veoma su izmenjeni i degradirani, kako razaranjem površinskog sloja zemljišta i uništavanjem autohtone vegetacije (posebno šumskog pokrivača), tako i poremećajem režima voda i zagađenjem vodotokova, kao i zagađenjem vazduha (Ekološki atlas Beograda, <http://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas>; Agencija za zaštitu životne sredine, <http://www.sepa.gov.rs>).

Na različitim tipovima ruderalnih staništa užeg gradskog područja koje obuhvata 35956 ha, a prostire se na 10 gradskih opština, utvrđeno je prisustvo 671 vrste, podvrste ili varijeteta vaskularnih biljaka. Najveći broj prisutnih vrsta je tipičan za antropogena staništa, a među njima i određen broj kultivisanih vrsta adventivnog ili kosmopolitskog rasprostranjenja, subspontano raširenih (JOVANOVIĆ, 1994).

Ruderalna staništa na području Beograda na kojima se razvija ruderalna flora i vegetacija svrstana su u pet osnovnih kategorija: zidovi i krovovi, gažene ruderalne površine, ruderalne površine u kojima odsusutvuje gaženje, vlažne-higrofolne ruderalne površine i nasuti peskovi (JOVANOVIĆ, 1994).

Vaskularne biljke, koje naseljavaju ruderalna staništa mogu se svrstati u 330 rodova i 70 familija, odnosno 671 vrstu, podvrstu ili varijetet, pri čemu klasi Dicotyledones pripada 570 vrsta (84,95%), klasi Monocotyledones 98 vrsta (14,60%), rastavićima (Equisetinae) pripadaju 2 vrste (0,30%), a papratima (Filicinae) samo jedna vrsta (0,15%). Najzastupljenije familije su Asteraceae, Poaceae, Fabaceae i Brassicaceae, dok su među rodovima najzastupljeniji oni koji su adaptirani na antropomorfna zemljišta ruderalnih staništa, sa akcentom na njihovu nitrifikovanost i kserotermnost. Tu su značajni rodovi: *Chenopodium*, *Euphorbia*, *Veronica*, *Rumex*, *Vicia*, *Amaranthus*, *Trifolium*. Treba spomenuti i tipičan sinantropni rod *Atriplex*, kao i rodove koji se sreću u okviru tipičnih ruderalnih ili ruderalno-segetalnih vrsta (*Bromus*, *Centaurea*, *Polygonum*, *Ranunculus*, *Galium*, *Rorippa*, *Artemisia*, *Verbascum* i *Geranium*). Ovakva zastupljenost pomenutih rodova daje osnovno ekološko obeležje ruderalnoj flori Beograda, pošto taksonomska struktura flore ukazuje na antropogeno uslovljena, nitrifikovana i ekološki nestabilna staništa (JOVANOVIĆ, 1994).

U pogledu životnih formi, u ruderalnoj flori Beograda kodominantno su zastupljene hemikriptofite i terofite (H=40,39%; T=40,39%). Visoka zastupljenost hemikriptofita (271 vrsta) je u skladu sa dominantnom zastupljenošću ove životne forme u flori Srbije, dok je visoko učešće forme terofita (271 vrsta) u direktnoj vezi sa nestabilnošću većine ruderalnih staništa na kojima ljudi svojom aktivnošću veoma često ometaju razvoj svih, a naročito višegodišnjih biljaka. Pored pomenutih životnih formi, javljaju se još i geofite sa 38 vrsta (5,66%), fanerofite sa 4,62% i hamefite sa 4,17%. Malo prisustvo fanerofita i hamefita je posledica antropogene aktivnosti, zato što su to životne forme koje preferiraju ekološki stabilnija staništa sa primarnom vegetacijom, u kojoj uticaj čoveka potpuno odsustvuje ili je samo neznatno izražen. Fanerofite na ruderalnim staništima retko dožive svoj pun razvoj, već su to obično samo klijanci ili juvenili i uglavnom su predstavljene adventivnim ili gajenim vrstama koje se tu subspontano razvijaju (JOVANOVIĆ, 1994).

Na području Beograda je biljno-geografskom analizom utvrđeno prisustvo 397 različitih flornih elemenata, objedinjenih u 7 osnovnih areal tipova, tj. 17 različitih areal grupa. Najbrojnija je grupa vrsta Holarktičkog areal tipa (46,4%), zatim areal tipa Mediteransko-kontinentalnih vrsta (18,6%). Važno je istaći da je učešće mediteranskih vrsta u ruderalnoj flori Beograda uvećano prisustvom 27 kosmopolitskih, kao i 18 adventivnih vrsta mediteranskog porekla. Na taj način, procenat učešća mediteranskih vrsta je uvećan na 25% ili više od $\frac{1}{4}$ ukupne ruderalne flore na području Beograda. Ruderalnu floru na području Beograda u značajnoj meri karakterišu vrste adventivnog (15,7%) i kosmopolitskog (10,3%) areal tipa. Dok među adventivnim vrstama ima najviše predstavnika tzv. „kulturnih biljaka“, predstavnici kosmopolitskih vrsta su uglavnom vrste korovsko-segetalnog karaktera. Na području Beograda je fitocenološkom analizom utvrđeno prisustvo sledećih biljnih zajednica (JOVANOVIĆ, 1994):

1. *Polygono-Bidentetum tripartiatæ* (W. Koch. 1926) Lohm. 1950;
2. *Chenopodio rubri-Amarenthum adscendentus* S. Jov. & D. Lak. 1990;
3. *Bromo-Hordeetum murini* Lohm. 1950;
4. *Chenopodietum muralis-albae* S. Jov. 1994;
5. *Chenopodio-Kochietum scopariae* S. Jov. 1994;

6. *Onopordetum acanthii* Br. Bl. 1962;
7. *Arctio-Artemisietum vulgaris* (R. Tx. 1942) Obred. Et al 1967;
8. *Tanaceto-Artemisietum vulgaris* Br. Bl. 1949;
9. *Sambucetum ebuli* Felföldy 1942;
10. *Calystegio-Equisetetum telmateiae* S. Jov. 1993;
11. *Convolvulo-Agrophyretum repentus* Felföldy 1943;
12. *Tussilaginettum farfarae* Obred. 1949;
13. *Cymbalarietum muralis* Görs 1966;
14. *Poetum annuae* Gams 1927;
15. *Polygonetum avicularis* Gams 1927;
16. *Sclerochloo-Polygonetum avicularis* (Gams 1927) Soó 1940;
17. *Lolio-Plantaginetum majoris* Beger 1930.

1.6.1.6 Karakteristike ispitivanih lokaliteta na teritoriji grada Beograda

Kao veoma značajan lokalitet na teritoriji grada Beograda, izdvaja se Botanička bašta „Jevremovac“. Botanička bašta u Beogradu je nastavna jedinica Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, najstarija i najznačajnija botanička institucija u Srbiji, zaštićeni spomenik prirode i spomenik kulture grada Beograda i Republike Srbije. U Botaničkoj bašti rastu biljne vrste sa specifičnim fitogeografskim, taksonomskim i ekološkim osobinama, kao i jedinstveni, izuzetno stari i veoma reprezentativni primerci pojedinih vrsta drveća. Teren na kome je podignuta Botanička bašta „Jevremovac“ pripadao je kralju Milanu Obrenoviću, a nalazi se na mestu iskrčenih mešovitih šuma lužnjaka, cera, poljskog jasena i bukve. Kralj Milan Obrenović je 1889. godine svoje imanje poklonio tadašnjoj Velikoj školi, te je tada Botanička bašta preseljena sa Dorćola. Ime „Jevremovac“ dobila je po Milanovom dedi Jevremu (TATIĆ, 1996; JOVANOVIĆ, 1994).



Slika 3. Botanička bašta “Jevremovac” (preuzeto sa sajta Botaničke bašte “Jevremovac”, <http://jevremovac.bio.bg.ac.rs/znacaj.htm>)

Smeštena je na površini od oko 5 ha. Graniči se sa tri strane gradskim ulicama, Dalmatinskom, Takovskom, Vojvode Dobrnjca i ulicom Bulevar despota Stefana, dok se samo sa zapadne strane graniči sa privatnim posedima. Pravac pružanja Botaničke bašte je sever-jug, pri čemu je južni deo najviši i postepeno se spušta od Dalmatinske, sve do Bulevara despota Stefana (Slika 3) (TATIĆ, 1996; JOVANOVIĆ, 1994).

S obzirom da je Botanička bašta specijalizovana hortikultura površina sa određenim karakterom i namenom, zemljište u njoj je, tokom godina, postepeno u znatnoj meri antropogeno izmenjeno u odnosu na prirodni karakter. Izvornu vegetaciju na ovom prostoru predstavljale su šume lužnjaka (*Quercus robur*), poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia*) i bukve (*Fagus moesiaca*). Pojedinačna stabla, čija se starost procenjuje na preko 120 godina, zapravo su ostaci nekadašnje autohtone šumske vegetacije koja se tu prostirala. Danas se tu nalazi preko 2000 vrsta biljaka autohtonih i alothonih (ŽAKOVIĆ, 1994).

U pogledu klimatskih karakteristika, Botanička bašta se odlikuje, zahvaljujući vegetaciji, relativnom stabilnošću i umerenijom promenom meteoroloških parametara u odnosu na okolne ulice. Temperatura vazduha je nešto niža u odnosu na okolne ulice, a razlog ovome je veća dnevna akumulacija toplote betonskih uličnih površina u odnosu na travnati pokrivač u samoj Botaničkoj bašti. Mikroklima Botaničke bašte se razlikuje od mesta do mesta u zavisnosti od stepena sklopljenosti vegetacije, odnosno tipa hortikulturnih celina (JOVANOVIĆ, 1994).

Prema podacima Gradskog zavoda za zaštitu zdravlja (EKOTALAS, <http://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas>), Botanička bašta se nalazi u jednom od najzagađenijih delova grada. Uprkos toj činjenici, na osnovu određenih bioindikatorskih karakteristika, Botanička bašta predstavlja pravu “zelenu oazu” sa relativno čistim vazduhom.

Lokaliteti Opština Novi Beograd, Ustanička ulica i Bulevar JNA se nalaze u blizini prometnih saobraćajnica, dok se lokaliteti Savski kej i Kalemegdan nalaze na javnim površinama - komunalna sredina (Kvalitet životne sredine grada Beograda u 2012. godini - Gradski zavod za javno zdravlje). Ovi lokaliteti su odabrani po ugledu na odabir lokaliteta u okviru Programa sistematskog ispitivanja zagađenosti zemljišta na teritoriji Beograda Gradskog zavoda za javno zdravlje, gde je rađeno višegodišnje određivanje koncentracije opasnih i štetnih materija u zemljištu i praćenje stanja zagađenosti zemljišta po gradskim zonama.

1.6.2 Opšte karakteristike prirodnih staništa ispitivanih vrsta biljaka

1.6.2.1 Fruška gora

Fruška gora se nalazi između 45⁰⁰' i 45⁰¹⁵' severne geografske širine i između 16⁰³⁷' i 18⁰⁰¹' istočne geografske dužine, a proglašena je za Nacionalni park 1960. godine i to je najstariji Nacionalni park na području Srbije, koji zahvaljujući svojim vrednostima, predstavlja svojevrsan muzej u prirodi (Karta 3).

Fruška gora je niska planina (najviši vrh je Crveni čot sa 539 mnv) koja se nalazi u severnom delu Srema. Odlikuje se veoma složenom geološkom građom, odnosno sastoji se od stena raznovrsnog sastava, načina postanka i starosti i predstavlja ogledalo geološke prošlosti ovog područja. U njenom jezgru su prisutne paleozojske stene, starije od 300 miliona godina, sedimentne stene iz perioda mezozoika tj. iz perioda od pre 270 miliona godina pa do pre 65 miliona godina, tercijarne magmatske stene kao i različiti metamorfiti. Po obodnim delovima planine, na njenim padinama i u podnožju, rasprostranjene su neogene naslage i različiti genetski tipovi kvartarnih tvorevina (sedimenti nastali za vreme ledenog doba). Fruška gora se odlikuje i veoma raznovrsnim živim svetom. Po biogeografskoj podeli teritorije Srbije, Fruška gora

pripada srednjeevropskom regionu, a u okviru njega srednjeevropsko balkansko-ilirskom podregionu, odnosno panonskoj provinciji. Fruška gora je šumsko područje, jer šume zauzimaju 90% ukupne površine ove planine. Šumske zajednice su mešovitog ili čistog sastava. Dominiraju šume lipe (najveće nalazište lipe u Evropi), hrasta i bukve. Nekada je Fruška gora bila ostrvo u Panonskom moru, a od pliocena pogodno stanište za mnoge submediteranske vrste. U klimazonalnom pogledu vegetacija Fruške gore pripada šumostepi (*Aceri tatarici-Quercion*). Fruška gora se nalazi na granici uticaja umereno-kontinentalne klime ali zbog uticaja šumskog pokrivača i promena klimatskih karakteristika duž visinskog gradijenta, klima ima i subkontinentalne karakteristike. Klima Fruške gore se razlikuje od klime okolnih područja zahvaljujući svom položaju, obliku i vegetaciji koji doprinose stvaranju specifične lokalne klime (<http://www.zzps.rs>; <http://www.npfruskagora.co.rs>; <http://www.fruskagora.rs>; <http://www.pzzp.rs>).



Karta 3. Položaj Fruške gore na karti Srbije

Na osnovu podataka RHMZ-a, u tabeli 18 prikazane su srednje godišnje i ekstremne vrednosti klimatskih faktora za period 1981-2010. godine, izmerenih u meteorološkoj stanici Rimski šančevi kod Novog Sada.

Tabela 18. Srednje godišnje i ekstremne vrednosti klimatskih faktora za period 1981-2010. god. izmerene u meteorološkoj stanici Rimski šančevi (Novi Sad) (podaci RHMZ)

TEMPERATURA VAZDUHA (°C)	
Srednja maksimalna	16,8
Srednja minimalna	6,5
Normalna vrednost	11,4
Apsolutni maksimum	41,6
Apsolutni minimum	-27,6
Srednji broj mraznih dana	81
Srednji broj tropskih dana	32
RELATIVNA VLAGA (%)	74
TRAJANJE SIJANJA SUNCA (h)	2135,3
Broj vedrih dana	75
Broj oblačnih dana	94
PADAVINE (mm)	
Srednja mesečna suma	647,3
Maksimalna dnevna suma	91,8
Srednji broj dana ≥ 0.1 mm	132
Srednji broj dana ≥ 10.0 mm	20
POJAVE (broj dana sa....)	
snegom	24
snežnim pokrivačem	39
maglom	35
gradom	1

1.6.2.2 Ostrozub

Planina Ostrozub se nalazi jugoistočno od Vlasotinaca i pripada Rodopskom planinskom sistemu (Karta 4). Predstavlja ogranak planine Čemernik, mada ga neki geografi tretiraju kao posebnu planinu. Najviši vrh Ostrozuba je Ostrozupska čuka, 1546 mnv. Strogi prirodni rezervat Ostrozub zaštićen je, na predlog Prirodnjačkog muzeja 23. marta 1948. godine, a definitivno sa površinom od 180 ha, stavljen je pod zaštitu 1950. godine (AVRAMOVIĆ ET AL. 2005).



Karta 4. Položaj planine Ostrozub na karti Srbije

Sa jugozapadne strane Ostrozuba, u blizini sela Bistrica, nalazi se zaštićena zona, odnosno, lokalitet Kačer-Zeleničje, prirodni rezervat retke i specifične reliktno zajednice bukve i lovorvišnje (*Prunus laurocerasus*) u narodu poznat kao „Zeleničje“. Lokalitet „Zeleničje“ se nalazi na nadmorskoj visini od 1200-1300 m, na površini 4-5 ha, a ukupna zaštićena površina je 41,50 ha (AVRAMOVIĆ ET AL. 2005).

U geološkoj građi terena planinskog područja Ostrozuba, učestvuju stene različite starosti i sastava, većinom metamorfne, dok su sedimentne i magmatske prisutne samo u malim partijama. Kao geološka podloga javljaju se kristalni škriljci (mikašist). Zemljište je duboko, sa malom količinom baza koje se lako ispiraju iz površinskih u dublje slojeve. Teksturna oznaka zemljišta do 40 cm dubine je ilovača, a u dubljim slojevima glinuša. Predeo oko Ostrozuba i okolnih planina, karakteriše se hladnim zimama i prohladnim letima (JOVANOVIĆ, 1967; <http://www.sepa.gov.rs>).

Na osnovu podataka RHMZ-a, u tabeli 19 prikazane su srednje godišnje i ekstremne vrednosti klimatskih faktora za period 1981-2010. godine, izmerenih u meteorološkoj stanici Leskovac.

Tabela 19. Srednje godišnje i ekstremne vrednosti klimatskih faktora za period 1981-2010. god. izmerene u meteorološkoj stanici Leskovac (podaci RHMZ)

TEMPERATURA VAZDUHA (°C)	
Srednja maksimalna	17,6
Srednja minimalna	5,5
Normalna vrednost	11,1
Apsolutni maksimum	43,7
Apsolutni minimum	-30,3
Srednji broj mraznih dana	93
Srednji broj tropskih dana	42
RELATIVNA VLAGA (%)	73
TRAJANJE SIJANJA SUNCA (h)	2026,1
Broj vedrih dana	79
Broj oblačnih dana	112
PADAVINE (mm)	
Srednja mesečna suma	625,4
Maksimalna dnevna suma	69,1
Srednji broj dana ≥ 0.1 mm	137
Srednji broj dana ≥ 10.0 mm	19
POJAVE (broj dana sa....)	
snegom	35
snežnim pokrivačem	49
maglom	26
gradom	1

Međutim, uprkos pomenutim klimatskim karakteristikama, teren gde raste šuma lovorvišnje i bukve odlikuje se specifičnim reljefnim i hidrografskim karakteristikama, odnosno, specifičnim mikroklimatskim uslovima. Teren predstavlja reljefnu depresiju sa čije gornje strane se nalaze izvori brojnih potoka. Voda iz ovih potoka izbija u mlazevima slabog intenziteta i konstantno i ravnomerno natapa veliki deo zemljišta. Zemljište je duboko, skeletogeno sa oko 6 cm debljine sloja humusa, dok dublji slojevi imaju manji sadržaj humusa (JOVANOVIĆ, 1967).

Vrste *Prunus laurocerasus* i *Fagus moesiaca*, koje grade šumsku zajednicu bukve sa zeleničetom (*Lauroceraso-Fagetum* B. Jov.) na Ostrozubu, pripadaju tipu terciarnih relikata. Pored lovorvišnje ili „zeleničeta“ kako ga u narodu zovu, ovde su

prisutne i druge retke biljne vrste kao na primer: rascepkani mesečinac - *Botrychium multifidum* (Gmel.) Rup. zatim paprati, rebrača - *Blechnum spicant* (L.) Roth. prečica - *Lycopodium clavatum* L., rosulja - *Drosera rotundifolia* L. i dr. Ostrozub je, zbog prisustva reliktna i endemične flore i faune, dobio kategoriju strogog rezervata prirode (AVRAMOVIĆ ET AL. 2005, <http://www.sepa.gov.rs>).

1.6.2.3 Kanjon Matke

Kanjon Matke je uzani kanjon donjeg toka reke Treske, smešten 15 km severozapadno od Skoplja, koji obuhvata oko 5000 hektara veštačkog jezera „Matka“. Kanjon predstavlja refugijum za razvoj i opstanak velikog broja biljnih i životinjskih vrsta, kao i različitih tipova vegetacije koji imaju reliktni karakter, jer su u ovom kanjonu našle „sklonište“ za vreme pleistocenskih glacijacija. Zbog velikog diverziteta vrsta i tipova ekosistema, ovo područje kanjona označeno je kao zaštićeno područje „Matka“ u kategoriji prirodnih spomenika od 1994. godine. Rezervat je prvi put dobio naziv „Matka“ 1938. godine kada je izgrađena brana „Matka“, ukupne dužine 6 km (VELEVSKI, 2008).

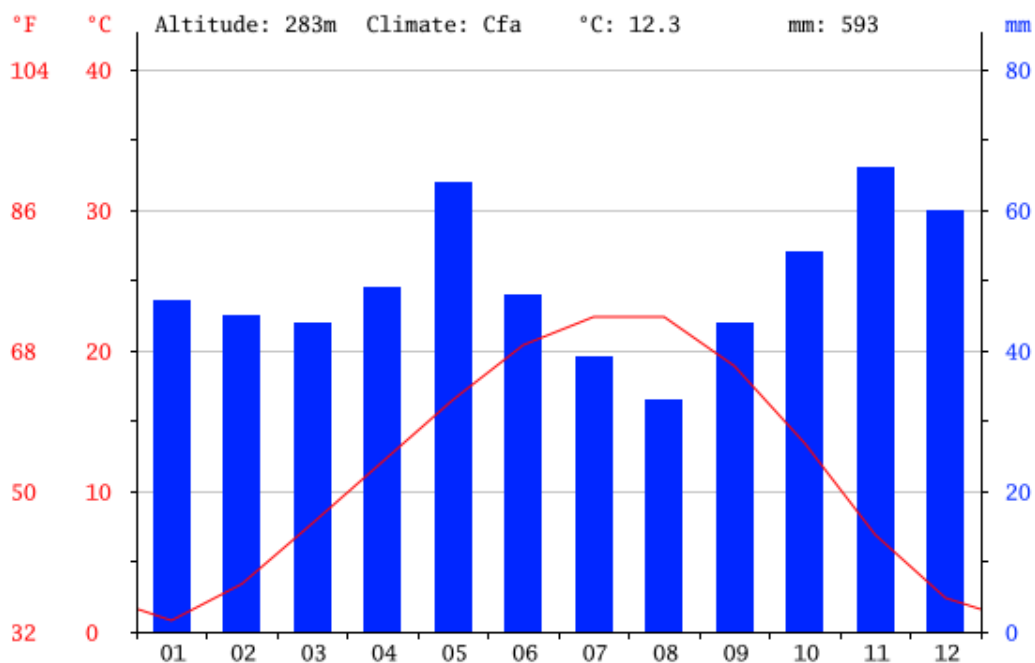
Dolina reke Treske se najpre razvila kao dolina otoke porečkog jezera i ona je usečena u krečnjak, pa zbog toga ima oblik dubokog kanjona. Kanjon Matke, odnosno kako se ređe naziva kanjon Treske, je uska klisura smeštena u severnom delu Makedonije, u donjem toku reke Treske, neposredno pre njenog ulivanja u reku Vardar. Ova klisura, dužine oko 15 km, useca se između planine Suva gora na severozapadu i Suve planine i Vodna na jugoistoku i istoku, a završava se kod manastira Matke (Karta 5). Na tom mestu reka Treska izlazi iz krečnjačkog kanjona i ulazi u skopsku kotlinu, gde se useca u jezerske slojeve. Opseg nadmorskih visina samog kanjona je od 310 m, na izlaznoj tački reke iz klisure, pa do 1401 m (Krstec tepe, Suva gora) (VELEVSKI, 2008; JOVANOVIĆ 1930). Geološku podlogu ovo klisure čine raznovrsni kristalni škriljci i krečnjak (LUKOVIĆ, 1930).



Karta 5. Položaj kanjona reke Treske (kanjon Matke) na karti šireg područja grada Skoplja u Republici Makedoniji

U Republici Makedoniji su zastupljene mediteranska i kontinentalna klima. Jasno se ističu dva godišnja doba, hladne i vlažne zime i sušna i vrela leta. Na visokim planinama su leta kratka i proladna, a zime znatno hladne i umereno vlažne. Uprkos tome što se Makedonija nalazi relativno blizu Egejskog i Jadranskog mora, ne oseća se jak uticaj mediteranske klime dublje u kontinentu, izuzev u nekoliko dolina i kotlina. Uticaj Egejskog mora se oseća od Vardarske doline, do Demir Kapije i nešto slabije u skopskoj kotlini. Uticaj kontinentalne klime prodire od zapada ka jugu zemlje, a kao rezultat toga, uticaji ove klime se osećaju dublje u unutrašnjosti zemlje, posebno u severnijim i istočnijim regionima (Biodiversity Strategy and Action Plan of the Republic of Macedonia, (http://www.catsg.org/balkanlynx/05_wildlifemanagement/5_4_biodiversity/Pdfs/DarrelISmith_2003_Biodiversity_strategy_action_plan_FYR_Macedonia.pdf).

Klima u dolini Matke je umerena i topla. Prosečna godišnja temperatura je 12,3°C, dok je prosečna godišnja suma padavina 593 mm. Na grafiku 2 su prikazane vrednosti klimatskih faktora, koji se odnose na dolinu reke Treske (kanjon Matke), za period od 1982-2012. godine (<http://en.climate-data.org/location/416942/>)



Grafič 2. Temperatura vazduha ($^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$) i visina padavina (mm) u dolini reke Treske (kanjon Matke), za period od 1982-2012. godine (<http://en.climate-data.org/location/416942/>)

Zahvaljujući klimatskim uslovima, složenom geološkom sastavu i visinskom opsegu, u kanjonu Matke su zastupljena različita staništa, zajednice i vrste. Dominantna staništa su krečnjačke litice, a najzastupljenije biljne zajednice su: ass. *Syringo-Buxetum* Tomašević 1959, *Humili-Ostryetum carpinifoliae* Lj. Mic. 1980, ass. *Quercetum trojanae macedonium* Em et Ht. 1959 i druge (VELEVSKI, 2008).

1.7 Opšte karakteristike ispitivanih vrsta biljaka

1.7.1 *Prunus laurocerasus* L.

Vrsta *Prunus laurocerasus* L. (Slika 4) je tercijarni reliktni, pripada porodici Rosaceae, rodu *Prunus* L. i podrodu *Laurocerasus* (Duh) Rehder. Narodni nazivi za ovu vrstu su lovrorvišnja i zeleniče. Postoje dva varijeteta ove vrste: var. *laurocerasus*, koji kao tipičan varijetet u Srbiji raste samo kao gajena biljka, dok var. *serbica* Pančić 1887. raste u prirodnim uslovima samo na Ostrozubu (JOVANOVIĆ, 1972). Zeleniče je 1886. godine na ovom lokalitetu prvi otkrio i opisao Pančić (JOVANOVIĆ, 1967).



Slika 4. *Prunus laurocerasus* L. na prirodnom staništu na planini Ostrozub kod Vlasotinaca (foto: G. Tomović)

Prunus laurocerasus L. je zimzelen žbun, od osnove razgranat, visine od 6 do 8 m. Grančice su u početku zelene, a kasnije sive, gole ili slabo dlakave. Kora stabla je tamnosiva do crna i hrapava. Listovi su dužine 15-20 cm, naizmenično raspoređeni, kožasti, izduženo elipsoidnog oblika, zašiljeni na vrhu a pri osnovi okrugli ili široko klinasti, celog oboda ili sa retkim zupcima. Listovi su na licu sjajni, a na naličju bez

sjaja sa žlezdama oko glavnog nerva. Cveti u aprilu i maju. Cvetovi su beli i nalaze se u cvetnim grozdovima. Plod je okruglog do jajastog oblika, crne boje, prečnika oko 1 cm i sazreva u toku avgusta i septembra (JOVANOVIĆ, 1972).

Rasprostranjenja ove vrste obuhvata Kavkaz, Zakavkazje, Iran, Malu Aziju, Bugarsku i Srbiju. Na Kavkazu i Zakavkazju raste u šumama bukve, graba, kavkaskije i smrče ili sa šimšikom i tisom. U Bugarskoj raste u bukvoj šumi, na centralnom i istočnom Balkanu, na visini od 110-1400 m, kao i na planini Strandži na granici sa Turskom. U Srbiji raste jedino na Ostrozubu, u jugoistočnom delu zemlje, u srednjem pojasu bukovih šuma, u zajednici *Lauroceraso-Fagetum serbicum* Jov., koju grade *P. laurocerasus* i *Fagus moesiaca*, na površini od nekoliko hektara, na 1200-1300 m nadmorske visine, na vrlo hladnom, vlažnom, skeletnom i jako kiselom smeđem zemljištu. Šuma bukve sa zeleničetom, kao reliktna tercijerna fitocenoza, ukazuje na prošlost flore lokaliteta na kome se nalazi, kao i na klimatske uslove koji su u to vreme vladali (JOVANOVIĆ, 1967, 1972).

Zeleniče se često može videti u parkovima, okućnicama i vrtovima kao gajena vrsta. Dobro podnosi niske zimske temperature, zasenu, voli sveža zemljišta. *P. laurocerasus* se najčešće koristi kao dekorativna vrsta, mada se njeno drvo, koje je žutocrvene boje, lako polira pa je našlo primenu u izradi delova pojedinih instrumenata. Cela biljka je izuzev mesa ploda otrovna, a koristi se u medicini i farmaciji (JOVANOVIĆ, 1972; SULUSOGLU, 2011).

Bukova šuma na planini Ostrozub, gde se nalazi i stanište zeleničeta, je 1950. godine, prvi put stavljena pod zakonsku zaštitu, rešenjem Zavoda za zaštitu i naučno proučavanje prirodnih retkosti NR Srbije. Vrsta, *P. laurocerasus* je kao prirodna retkost u Srbiji zaštićena zakonom (Sl. gl. R. Srbije br. 66/91, 83/92 i 50/93), a kao tercijarni reliktni na Ostrozubu se nalazi na zapadnoj granici svog današnjeg prirodnog areala. Prema Crvenoj knjizi flore Srbije zeleniče je uvršteno u kategoriju krajnje ugroženih taksona u Srbiji (CR-Srb B1+2c) (JOVANOVIĆ, 1999).

1.7.2 *Buxus sempervirens* L.

Vrsta *Buxus sempervirens* L. (Slika 5) pripada familji Buxaceae, rodu *Buxus* L. Narodni naziv za ovu vrstu je šimšir. Rod *Buxus* L. obuhvata oko 30 vrsta rasprostranjenih u Mediteranu, zapadnoj Aziji, Srednjoj Americi i zapadnoj Indiji,

međutim na Balkanskom poluostrvu prisutna je samo vrsta *Buxus sempervirens* L. (JOVANOVIĆ, 1972).

B. sempervirens L. raste kao žbun ili nisko drvo, visine 15-100 cm ali i do 10 m. Kora stabla je žutomrke boje, koja u starosti ispuca u tanke ljuste. Grane su sa gusto raspoređenim listovima, u početku dlakave, a kasnije gole. Listovi su naspramni, jajastog oblika, kožasti, sjajni tamnozeleni, a sa donje strane svetlo zeleni. Cvetovi su jednopolni, sakupljeni u grupice, smešteni u pazuhu listova. Plod je čaura, duga 7-8 mm, mrežasto izbrazdana, crnomrke boje. Cveta u martu-aprilu. Oprašivanje je entomofilno (JOVANOVIĆ, 1972).



Slika 5. *Buxus sempervirens* L. u Botaničkoj bašti „Jevremovac“ (foto: S. Vukojičić)

B. sempervirens L. raste na najrazličitijim mestima, čak i u vulkanskim kanjonima, mada se najčešće nalazi na toplim i suvim mestima, u mešovitim šumama. Ali isto tako, ova vrsta podnosi i niske temperature. Raste na različitim tipovima zemljišta od peskovitih do glinovitih, dok ne podnosi slana i sodna zemljišta. Najviše joj odgovaraju drenirana i dobro aerisana zemljišta (WEISS ET AL. 1959; DOMENICO ET AL. 2011).

B. sempervirens L. je autohtona vrsta u svim delovima Balkanskog poluostrva, osim u Bugarskoj i Srbiji gde se javlja samo kao gajena i dekorativna biljka u parkovima, okućnicama i sl. U Republici Makedoniji je rasprostranjena na većem broju lokaliteta, ali je posebno karakteristična za klisure i kanjone (MICEVSKI, 1998).

Drvo vrste *B. sempervirens* L. se smatra veoma korisnim; nekada se koristilo se za izradu nekih delova klarineta i flaute. U hortikulturi je veoma cenjeno zbog mogućnosti lakog oblikovanja, dok su se opiljci od drveta ove vrste koristili za čišćenje nakita. Kakva će boja drveta biti, zavisi od toga u kom periodu se drvo seče (starost biljke kao i sezona) (WEISS ET AL. 1959). Vrsta *B. sempervirens* L. sadrži sekundarne metabolite u stablu i listovima, koji se u Kini koriste u medicinske svrhe (Y.-X. YAN ET AL. 2011).

1.7.3 *Mahonia aquifolium* (Pursch) Nutt.

Mahonia aquifolium (Pursch) Nutt. (Slika 6) pripada familiji Berberidaceae, rodu *Mahonia* Nutt. Vrste koje pripadaju ovom rodu, a među njima i *M. aquifolium*, su zimzeleni žbunovi. Stabljika kod ove vrste je snažna, malo razgranata. Listovi su zimzeleni, neparno perasto složeni, sa 5-9 (11) listića; listići su kožasti, jajasti do izduženo jajasti, dugački 3,5-8 cm, široki 2-4 cm, šiljati, pri osnovi zaobljeni ili odsečeni, sedeći, sa trnoliko nazubljenim obodom, na licu goli, vrlo sjajni, s jeseni crvenkasti. Grozdaste cvasti dugačke 5-8 cm, poluspravljene, u grupama 3-5. Cvetovi svetložuti. Medni listići dugački do 8 mm. Plod bobica, prečnika do 8 mm, crven, jako plavičasto pepeljast. Semena 2-5 (DIKLIĆ, 2012). U narodu je poznata kao žutilovka (<http://www.bastovanstvo.rs/index.php?topic=107.0>)

Mahonija vodi poreklo iz Severne Amerike, a prirodna staništa se nalaze na prostoru od Kalifornije do Britanske Kolumbije. Na prirodnim staništima se javlja u prizemnom spratu listopadnih šuma, najčešće hrasta, na padinama, u dolinama, kanjonima, na dobro dreniranim, vlažnim, kiselim zemljištima, senovitim i svežim staništima. Podjednako dobro podnosi i osvetljena mesta, dobro podnosi mraz, sušu, krečnjačku podlogu, a i gradsko zagađenje. Zbog svoje veoma razvijene sposobnosti da se prilagodi na najrazličitije uslove sredine i normalno raste i razvija se, veoma je raširena. U svojoj domovini se čak smatra i invazivnom vrstom, korovom (ROSS ET AL. 2009; SMALL, 2014).



Slika 6. *Mahonia aquifolium* (Pursch) Nutt.

(<http://www.jardinjasmin.com/catalogue/product.php?ProductID=3491&UILanguage=EN>)

U Evropu je introdukovana 1823. godine u Veliku Britaniju. Ime je dobila po Bernardu Mac Mahonu, američkom baštovanu iz Filadelfije, autoru *The American Gardener's Calendar* (1807). Mahonija je zbog svoje osobine da dobro podnosi zagađen vazduh, našla veliku primenu kao ukrasna biljka u parkovima i okućnicama. Opet zahvaljujući svojoj velikoj sposobnosti prilagođavanja, brzo se raširila po okolnim šumama u uslovima umereno kontinentalne klime. (<http://www.habitas.org.uk/gardenflora/mahonia.htm>)

Cvetovi mahonije su veoma intenzivnog mirisa i privlače insekte. Bobice ostaju na granama cele zime i veoma su privlačne za ptice; imaju intenzivno crveni, nakiseli, trpkli sok, ali konzumacijom u većoj količini mogu izazvati dijareju i povraćanje. U Severnoj Americi se koriste za dobijanje bezalkoholnih pića, a u nekim evropskim zemljama za dobijanje prehrambene boje u poslastičarstvu. Mešanjem bobica mahonije sa drugim voćem, mogu se dobiti ukusne marmelade, slatka i želei (SMALL, 2014).

Koren i drvenasti deo ove vrste našli su primenu u medicini za lečenje artritisa, dijareje, groznice, žutice (SMALL, 2014). Koren mahonije sadrži alkaloid berberin, koji se poslednjih godina koristi za dobijanje lekova koji se primenjuju u lečenju ekcema i psorijaze, pri čemu su dobijeni veoma dobri rezultati (GIELER ET AL. 1995; BERNSTEIN ET AL. 2006).

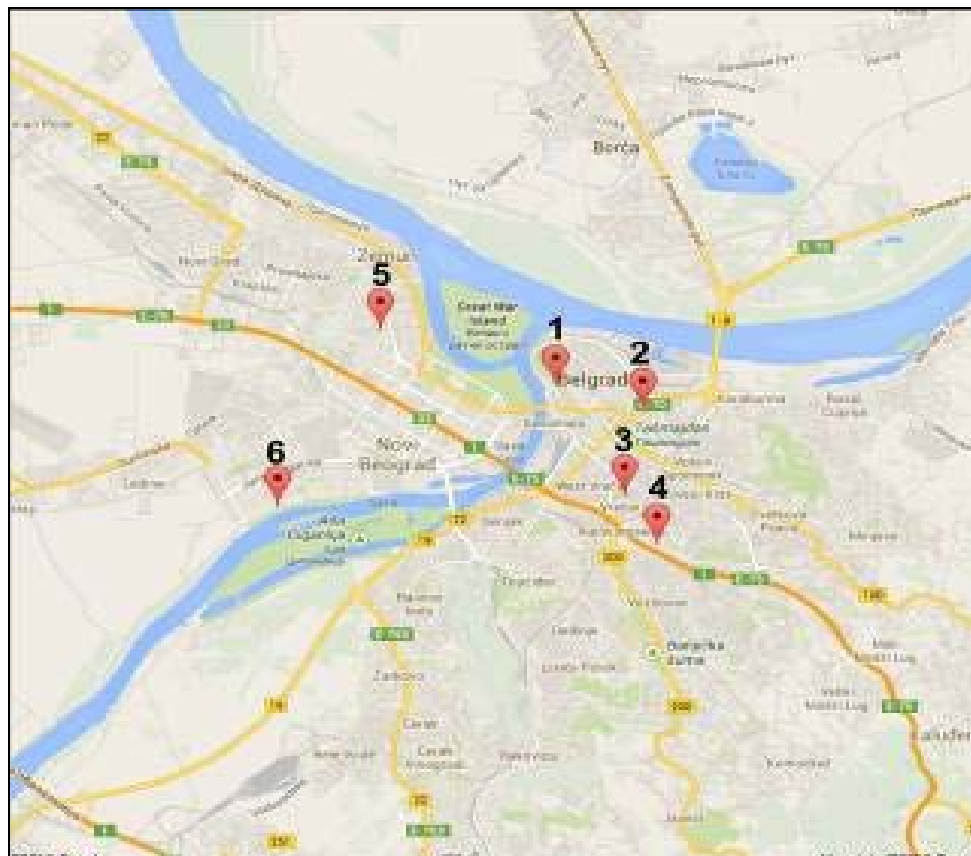
2. Ciljevi rada

- Utvrđivanje osnovnih karakteristika staništa ispitivanih vrsta biljaka na području grada Beograda, uključujući podatke o tipu urbanog biotopa kojeg naseljavaju, pedološkoj podlozi i klimi;
- Određivanje osnovnih hemijskih osobina (pH u H₂O, pH u 1 N KCl i procenat organske materije) zemljišta na urbanim lokalitetima na području grada Beograda, kao i prirodnim staništima ispitivanih vrsta biljaka;
- Određivanje koncentracije makro i mikroelemenata u zemljištu na urbanim lokalitetima na području grada Beograda i prirodnim staništima ispitivanih vrsta biljaka;
- Ispitivanje koncentracije makro i mikroelemenata u listovima biljaka *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. i *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. sa prirodnih staništa i urbanih lokaliteta u Beogradu;
- Određivanje bioakumulacionog faktora (BF) u cilju određivanja efikasnosti biljaka da usvajaju i akumuliraju hemijske elemente u svojim organima i tkivima, a pre svega u listovima;
- Procena kapaciteta ispitivanih zimzelenih biljnih vrsta za toleranciju ili bioakumulaciju određenih mikroelemenata (pre svega toksičnih metala), na osnovu dobijenih rezultata, u cilju utvrđivanja i otkrivanja novih indikatorskih, tolerantnih i/ili potencijalnih akumulatorskih zimzelenih biljnih vrsta.

3. Materijal i metode

3.1 Materijal

Uzorci zemljišta i biljaka ispitivanih vrsta *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. i *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., sakupljeni su sa devet lokaliteta: šest lokaliteta u užem gradskom jezgru grada Beograda i tri prirodna staništa ispitivanih vrsta biljaka. Lokaliteti sa kojih je sakupljen biljni materijal i uzorci zemljišta na području Beograda su: Botanička bašta “Jevremovac”, Kalemegdan (deo uz ulicu Tadeuša Koščuškog), Savski kej (blok 45 – Nehruova ulica), kod Opštine Novi Beograd (ulice Bulevar Mihajla Pupina i Goce Delčeva), Konjarnik (Ustanička ulica), Vračar (Bulevar oslobođenja) (Karta 6).



Karta 6. Lokaliteti na teritoriji grada Beograda na kojima su sakupljeni uzorci:

1. Kalemegdan, 2. Botanička bašta, 3. Bulevar JNA, 4. Ustanička ulica,
5. Novi Beograd, 6. Savski kej.

Osим navedenih uzoraka sakupljeni su i uzorci zemljišta i listova na prirodnim staništima ispitivanih biljnih vrsta:

- (1) *Buxus sempervirens* u kanjonu reke Matke (Republika Makedonija),
- (2) *Mahonia aquifolium* na Fruškoj gori (u blizini manastira Velika Remeta, gde ova alohtona vrsta raste subspontano),
- (3) *Prunus laurocerusus* na planini Ostrozub kod Vlasotinaca.

Uzorci listova ispitivanih vrsta biljaka i zemljišta sakupljeni su sa svakog lokaliteta četiri puta tokom 2012. godine, odnosno po jednom u svakoj sezoni: u proleće (april), leto (juli), jesen (novembar) i zimu (januar). Lokaliteti sa kojih su uzeti uzorci listova za svaku od ispitivanih vrsta biljaka i zemljišta prikazani su u Tabeli 20, a karakteristike lokaliteta (geografska dužina, geografska širina, nadmorska visina) u tabeli 21.

Uzorci zemljišta (oko 500 g suvog zemljišta po uzorku) uzeti su u zoni korenovog sistema ispitivanih biljaka i dopremljeni u polietilenskim kesama do laboratorije. Nakon toga, zemljište je prosejano na situ (prečnik otvora na situ < 200 µm), kako bi se otklonile čestice stena i krupnije čestice organske materije, a zatim je sušeno na 40⁰C tokom tri dana.

Sa svake jedinke tri ispitivane vrste biljaka sakupljeni su potpuno razvijeni listovi sa sredine izdanka. Sakupljeni listovi su pažljivo oprani destilovanom vodom, da bi se otklonile čestice prašine i zemljišta. Uzorci listova su sušeni na 40⁰ C tokom tri dana. Biljke su identifikovane koristeći ključeve iz Flore SR Srbije (JOVANOVIĆ, 1972; DIKLIĆ 2012.). Herbarski primerci biljaka (vaučeri) sa prirodnih staništa su deponovani u Herbarijumu Instituta za botaniku i Botaničkoj bašti "Jevremovac".

Tabela 20. Spisak lokaliteta i odabranih vrsta

Vrsta	Lokalitet	Sublokalitet	Akronim
<i>Prunus laurocerasus</i>	Srbija, Beograd	Opština Stari grad, Botanička bašta	PLBB
<i>Mahonia aquifolium</i>	Srbija, Beograd	Opština Stari grad, Botanička bašta	MABB
<i>Buxus sempervirens</i>	Srbija, Beograd	Opština Stari grad, Botanička bašta	BSBB
<i>Prunus laurocerasus</i>	Srbija, Beograd	Opština Novi Beograd, blok 44, savski kej	PLSK
<i>Mahonia aquifolium</i>	Srbija, Beograd	Opština Novi Beograd, blok 44, savski kej	MASK
<i>Buxus sempervirens</i>	Srbija, Beograd	Opština Novi Beograd, blok 44, savski kej	BSSK
<i>Prunus laurocerasus</i>	Srbija, Beograd	Opština Novi Beograd, Omladinskih brigada	PLNB
<i>Mahonia aquifolium</i>	Srbija, Beograd	Opština Novi Beograd, Palmira Toljatija	MANB
<i>Buxus sempervirens</i>	Srbija, Beograd	Opština Novi Beograd, Goce Delčeva	BSNB
<i>Prunus laurocerasus</i>	Srbija, Beograd	Opština Voždovac, Ustanička	PLUST
<i>Mahonia aquifolium</i>	Srbija, Beograd	Opština Voždovac, Ustanička	MAUST
<i>Buxus sempervirens</i>	Srbija, Beograd	Opština Voždovac, Ustanička	BSUST
<i>Prunus laurocerasus</i>	Srbija, Beograd	Opština Vračar, Bulevar JNA	PLHR
<i>Mahonia aquifolium</i>	Srbija, Beograd	Opština Vračar, Bulevar JNA	MAHR
<i>Buxus sempervirens</i>	Srbija, Beograd	Opština Vračar, Bulevar JNA	BSHR
<i>Prunus laurocerasus</i>	Srbija, Beograd	Opština Stari grad, Kalemegdan	PLKA
<i>Mahonia aquifolium</i>	Srbija, Beograd	Opština Stari grad, Kalemegdan	MAKA
<i>Buxus sempervirens</i>	Srbija, Beograd	Opština Stari grad, Kalemegdan	BSKA
<i>Prunus laurocerasus</i>	Srbija, Vlasotince	Ostrozub	PLOS
<i>Mahonia aquifolium</i>	Srbija, Fruška gora	Vikend naselje između Velike Remete i Grgetega	MAFG
<i>Buxus sempervirens</i>	Republika Makedonija, Skoplje	kanjon reke Treske (kanjon Matke)	BSMA

Tabela 21. Vaučer primerci za biljni materijal ispitivanih vrsta sa prirodnih staništa

Voucher	Vrsta	Lokalitet-širi	Lokalitet-uži	Legator	Datum
34942	<i>Prunus laurocerasus</i>	Vlasotince	Ostrozub	Tomović, G. Zlatković, B.	01.05.2012.
34944	<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška gora	manastir Velika Remeta - Grgetek	Tomović, G. Grubin, J.	25.04.2012.
26797	<i>Buxus sempervirens</i>	Skoplje	kanjon reke Treske (Matka)	Tomović, Lj. Ajtić, R.	04.05.2012.

3.2 Reagensi i oprema

Za ispitivanje biljnog materijala i zemljišta korišćeni su reagensi i aparatura navedeni u tabeli 22, a ispitivanja su obuhvatila sledeće:

- (1) određivanje pH zemljišnog rastvora,
- (2) određivanje količine izmenljivog Ca, Mg i Na u zemljištu,
- (3) određivanje količine organskog ugljenika i humusa u zemljištu,
- (4) određivanje ukupnog sadržaja elemenata u zemljištu i biljnom materijalu,
- (5) određivanje količine kalijuma u biljnom materijalu.

Tabela 22. Spisak korišćenih reagenasa i opreme

<i>Reagens</i>	<i>Proizvođač</i>
Puferi za kalibraciju pH-metra	Institut MOL, Srbija
Kalijum hlorid	Merck, Nemačka
Amonijum acetat	Centrohem, Srbija
Kalijum dihromat	Zorka, Srbija
Srebro sulfat	Lachner, Čehoslovačka
Gvožđe (II) amonijum sulfat-6-hidrat	Centrohem, Srbija
Fenilantranilna kiselina	Merck, Nemačka
Standardni rastvori za rad na atomskom apsorpcionom spektrofotometru	Merck, Nemačka
Azotna kiselina	Lachner, Čehoslovačka
Sumporna kiselina	Merck, Nemačka
<i>Oprema</i>	<i>Proizvođač</i>
pH metar	Iskra MA 5730, Slovenija
Atomski absorbcioni spektrofotometar	Shimadzu AA 7000

3.3 Metodologija rada

3.3.1 Analiza zemljišta

3.3.1.1 Određivanje pH zemljišta

Određivanje stvarne i izmenljive vrednosti pH zemljišnog rastvora je urađeno po standardnoj metodi (ISO 10390/1994 Soil quality – Determination of pH). Za ovu analizu su korišćeni uzorci od po 10 g vazdušno suvog i prosejanog zemljišta, veličine zemljišnih čestica < 2 mm. pH reakcija svakog uzorka zemljišta je određena u destilovanoj vodi i u 1M rastvoru KCl. Nakon dodavanja 25 mL destilovane vode, ili 25 ml 1M rastvora KCl zemljištu, uzorci su povremeno mešani staklenim štapićem, a nakon 30 minuta izmerena je pH vrednost zemljišnog rastvora i to direkto u suspenziji (pH-metar Iskra MA 5730).

3.3.1.2 Određivanje sadržaja izmenljivog Ca, Mg i Na u zemljištu

Količina izmenljivog Ca, Mg i Na je određena je prema VAN REEUWIJK-u (2002). Za ekstrakciju je odmereno po 2 g suvog zemljišta, samlevenog i prosejanog (veličine čestica < 1 mm) koje je stavljeno u plastične boce zapremine 200 mL. Svakom uzorku je dodato 100 mL 1N amonijum acetata, zatim kontinuirano mućkano u trajanju od 30 minuta u rotacionoj mućkalici, nakon čega je su uzorci filtrirani pomoću kvantitativnog filter papira. Od svakog dobijenog rastvora je uzeto dva puta po 2 mL i preneto u dva normalna suda zapremine 50 mL. U jedan je dodat 1 mL rastvora SrCl_2 kako bi se odredila koncentracija izmenljivog Ca i Mg, a u drugi je dodato CsCl kako bi se odredila koncentracija izmenljivog Na, a zatim sve razblaženo vodom do finalne zapremine od 50 mL.

Apsorbanca za svaki od elemenata je očitana na atomskom apsorpcionom spektrofotometru (Shimadzu AA 7000), a koncentracije u uzorcima zemljišta su određene poređenjem njihove apsorbance sa apsorbancama standarda poznatih koncentracija. Opseg koncentracija standardnih serija za Ca je bio u intervalu 0-4 mg Ca l^{-1} , za Mg 0-1 mg Mg l^{-1} .

3.3.1.3 Određivanje organskog ugljenika i humusa

Količina organske materije u uzorcima zemljišta određena je digestijom u dihromatu zasnovanoj na FAO proceduri (TJURIN, 1965). Odmereno je između 0,05 i 0,5 g suvog, samlevenog i prosejanog zemljišta (< 0,2 mm) i preneseno u erlenmajer bočice zapremine 100 mL. U svaku bočicu je dodato po 10 mL 0,4N rastvora $K_2Cr_2O_7$ i 0,1 g $AgSO_4$. Bočice su poklopljene malim levkom, pažljivo su promućkane i zagrevane do ključanja. Ključanje je trajalo 5 minuta. Kada se rastvor ohladio do sobne temperature, dodato je oko 30 mL dejonizovane vode i nekoliko kapi indikatorskog rastvora fenilantranilne kiseline. Zatim je izvršena titracija sa 0,1N rastvorom Morove soli (rastvor amonijum fero sulfata $((NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \times 6H_2O)$) do prelaza boje od višnja-ljubičaste u zelenu.

Sadržaj humusa je obračunat po formuli:

$$[(a-b) \times F \times 0,0003 \times 100]/P \times 1,724 = \% \text{ humusa}$$

a – količina (mL) 0,1N amonijum ferosulfata utrošenog za blanko titraciju

b – količina (mL) 0,1N amonijum ferosulfata utrošenog za titraciju ekstrakta uzoraka zemljišta

F – faktor normaliteta rastvora amonijum sulfata određen standardnim rastvorom kalijum dihromata.

P – težina zemljišta (g)

3.3.1.4 Određivanje ukupnog sadržaja metala u zemljištu

Određivanje ukupne koncentracije metala u zemljištu izvršeno je nakon potpune mineralizacije zemljišta prema neznatno modifikovanoj proceduri, opisanoj u standardima (ISO 11466 1995 i ISO 11047 1998). Metali su ekstrahovani prema standardu ISO 11466 (1995) (Soil quality – Extraction of trace elements soluble in aqua regia), a određivani po ISO 11047 (1998) (Soil quality – determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc in aqua regia extracts in

soil) na atomskom apsorbcionom spektrofotometru Shimadzu AA 7000, uz upotrebu standardnih rastvora.

Uzeto je po 3 g suvog, samlevenog i prosejanog zemljišta i stavljeno u staklene kivete. Svaki uzorak je navlažen sa 0,5 do 1,0 mL dejonizovane vode. Svakom uzorku je veoma polako dodato 21 mL HCl i 7 mL HNO₃. Uzorci su zatim ostavljeni na sobnoj temperaturi narednih 12 sati tokom kojih se vrši digestija jednog dela organske mase prisutne u uzorcima zemljišta. Nakon toga, pripremljeni uzorci su zagrevani do ključanja u trajanju od 2 sata, pri čemu se vodilo računa da ne ispari više od dve trećine zapremine dodate kiseline. Zatim je rastvor ostavljen da se ohladi i u ohlađen rastvor je dodato 25 mL nitratne kiseline. Nakon toga je rastvor filtriran, prebačen u normalne sudove koji su dopunjeni bidestilovanom vodom do finalne zapremine uzorka od 100 mL. Absorbance za svaki od metala u dobijenim rastvorima su određene na atomskom apsorbcionom spektrofotometru (Shimadzu AA 7000), a koncentracije elemenata su određene na osnovu apsorbanci standarda poznatih koncentracija. Serije standardnih rastvora ispitivanih metala su napravljene u intervalu koncentracije od 0-1 g L⁻¹ rastvora. Koncentracije su obračunate korišćenjem programa Origin 7.0.

3.3.2 Analiza biljnog materijala

3.3.2.1 Određivanje kalijuma u listovima

Izmereno je po 0,5 g osušenog i samlevenog biljnog materijala i prebačeno u kivete za mineralizaciju. Uzorci su mineralizovani u smesi nitritne u sumporne kiseline (1:1, v/v) na temperaturi od 350°C.

Koncentracija kalijuma u uzorcima je određena plameno-emisionom spektrofotometrijom na atomskom apsorpcionom spektrofotometru (Shimadzu AA 7000). Koncentracija kalijuma u uzorcima je određena na osnovu poređenja njihovih apsorbanci sa standardnom krivom dobijenom na osnovu apsorpcije standarda poznatih koncentracija kalijuma u intervalu od 0 do 100 mg K l⁻¹. Koncentracija kalijuma je obračunata korišćenjem programa Origin 7.0.

3.3.1.2 Određivanje ukupnog sadržaja mineralnih elemenata u listovima ispitivanih biljaka

Ispitivani elementi su određeni neznatno modifikovanom metodom ISO 6636/2 1981) (Fruits, vegetables and derived products. – Determination of zinc content). Po 0,5 g samlevenog i osušenog biljnog materijala je pomešano sa smešom kiselina sačinjenom od 10 mL HNO₃ i 5 mL H₂SO₄ u kivetama za mineralizaciju. Ova smeša biljnog materijala i kiselina je ostavljena da prenoći, a zatim zagrejana postepeno na temperaturu od 130°C na kojoj se dalje vršila mineralizacija u trajanju od 5 sati. Nakon toga, rastvor je ohlađen i filtriran (CHMLAB Group F2140 Grade), a zatim prebačen u normalne sudove i dopunjen bidestilovanom vodom do finalne zapremine od 25 mL. Koncentracija analiziranih elemenata je određena pomoću atomskog apsorpcionog spektrofotometra (Shimadzu AA-7000) i standarda poznatih koncentracija.

3.2 Obrada dobijenih podataka

Analize svih uzoraka zemljišta i biljaka su urađene u tri ponavljanja, a dobijeni podaci su statistički obrađeni. Numeričke deskriptivne mere uključile su srednju vrednost (M) i standardnu devijaciju (SD). Rezultati su prikazani tabelarno i grafički.

Za analizu međusobnih odnosa elemenata u zemljištu i biljkama korišten je Spirman-ov koeficijent korelacije (r_s) (YESILONIS ET AL. 2008).

Da bi se utvrdio odnos između toksičnih (teških) metala u zemljištu, kao i njihovi mogući izvori, korišćena je analiza Pirsonovog koeficijenta korelacije i analiza glavnih komponenti (PCA - Principal Component Analysis). Analiza glavnih komponenti – PCA, predstavlja jednu od najšire primenjivanih multivarijantnih (višeparametrskih) statističkih metoda u radovima iz oblasti zaštite životne sredine (FACCHINELLI ET AL. 2001; MANTA ET AL. 2002; MENDIGUCHÍA ET AL. 2004; THARI ET AL. 2005; TOKALIOĞLU & KARTAL, 2006; LU ET AL. 2010; GU ET AL. 2012). Ova analiza se primenjuje za prepoznavanje relativno malog broja komponenti koje mogu da se koriste za predstavljanje odnosa između velikog broja međusobno povezanih varijabli.

Analiza glavnih komponenti eliminiše suvišne podatke, odnosno redukuje veliki broj podataka, pri čemu se kao rezultat dobijaju glavne komponente, koje predstavljaju

linearnu kombinaciju originalnih promenljivih. Redukcijom originalnog skupa podataka pojednostavljuje se analiza i olakšava njegova interpretacija. Postupak analize glavnih komponenti se sastoji u standardizaciji originalnih podataka, izračunavanju matrice korelacija između svih izvornih standardizovanih varijabli, kao i pronalaženju sopstvenih vrednosti i sopstvenih vektora glavnih varijabli. S obzirom da je jedan od ciljeva ove analize da se sa što manje glavnih komponenti obuhvati što je moguće veći procenat varijabilnosti originalnih podataka, nakon toga vrši se odbacivanje komponenti koje opisuju relativno mali udeo ukupne varijanse podataka, a broj glavnih komponentata određuje se na osnovu proizvoljno izabrane vrednosti kriterijuma o kumulativnoj proporciji objašnjene varijanse. U ovom radu, zadržane su glavne komponente čije su sopstvene vrednosti bile veće od 1 (GUTTMAN, 1954; KAISER, 1960). Glavne komponentne interpretirane su na osnovu faktorskih opterećenja, odnosno koeficijenti korelacije koji povezuju originalne i izvedene promenljive. Da bi se dobila jasnija slika odnosa ispitivanih varijabli, osnovne komponente su rotirane korišćenjem Varimax metode rotacije faktora sa Kajzerovom normalizacijom (KAISER, 1958).

4. Rezultati

4.1 Hemijske karakteristike zemljišta

4.1.1 pH vrednost zemljišta i procenat organske materije u zemljištu

pH vrednost zemljišta izmerena u vodi u uzorcima uzetim tokom proleća je varirala od izrazito kisele pH koja detektovana na prirodnom staništu vrste *P. laurocerasus* (4,18 - PLOS) do blago bazne koja je izmerena na staništima iste vrste (7,92 - PLNB). U uzorcima uzetim tokom leta pH zemljišta se kretala od 4,31 (PLOS) do 7,71 (MABB), tokom jeseni je bila u rasponu od 3,94 (PLOS) do 8,00 (MAFG), dok je u uzorcima uzetim tokom zime bila u intervalu između 4,47 (PLSK, MASK) i 8,16 (MABB).

Vrednost pH zemljišta koja je izmerena u 1N KCl je bila generalno nešto niža. Tako je u uzorcima zemljišta koji su sakupljeni tokom proleća varirala od 3,03 (PLOS) do 6,98 (PLNB), u uzorcima uzetim tokom leta od 3,59 (PLOS) do 7,13 (MABB), u onima sakupljenim tokom jeseni od 2,90 (PLOS) do 7,28 (MAFG) i u uzorcima uzetim u zimskom periodu od 3,93 (PLOS) do 7,48 (MABB).

Procenat organske materije je u zemljištu koje je sakupljeno tokom proleća bio u širokom intervalu od 1,84 (PLHR) do 8,81 (PLOS), tokom leta od 2,12 (BSMA) do 39,3 (PLOS), tokom jeseni od 1,17 (MAFG) do 8,54 (PLOS) i tokom zime od 1,67 (PLHR) do 16,3 (PLOS).

Hemijske karakteristike zemljišta (pH zemljišta i procenat organske materije) prikazani su u Tabelama 23, 24 i 25.

Tabela 23. pH u H₂O, pH u 1N KCL i procenat organske materije u zemljištu na istraživanim lokalitetima vrste *Buxus sepervirens* po sezonama

Vrsta	Lokalitet	Sezona	pH u H ₂ O	pH u 1N KCL	% org C	% humusa
<i>B. sepervirens</i>	BB	Proleće	7,42	6,83	3,03	5,23
<i>B. sepervirens</i>	BJ	Proleće	7,24	6,62	2,06	3,55
<i>B. sepervirens</i>	KM	Proleće	7,07	6,48	3,50	6,04
<i>B. sepervirens</i>	NB	Proleće	7,16	6,76	3,62	6,25
<i>B. sepervirens</i>	SK	Proleće	7,21	6,65	3,99	6,88
<i>B. sepervirens</i>	US	Proleće	7,44	6,63	2,21	3,82
<i>B. sepervirens</i>	PR	Proleće	7,21	6,70	7,40	12,76
<i>B. sepervirens</i>	BB	Leto	7,50	6,85	3,18	5,48
<i>B. sepervirens</i>	BJ	Leto	7,53	6,77	2,79	4,81
<i>B. sepervirens</i>	KM	Leto	7,51	6,95	2,78	4,80
<i>B. sepervirens</i>	NB	Leto	7,03	6,56	4,96	8,54
<i>B. sepervirens</i>	SK	Leto	7,45	6,92	3,35	5,78
<i>B. sepervirens</i>	US	Leto	7,50	6,80	2,28	3,93
<i>B. sepervirens</i>	PR	Leto	7,60	6,98	2,12	3,66
<i>B. sepervirens</i>	BB	Jesen	7,03	6,76	3,01	5,19
<i>B. sepervirens</i>	BJ	Jesen	7,36	6,88	2,19	3,77
<i>B. sepervirens</i>	KM	Jesen	7,71	7,07	2,67	4,60
<i>B. sepervirens</i>	NB	Jesen	7,53	6,96	2,64	4,55
<i>B. sepervirens</i>	SK	Jesen	7,65	6,98	3,10	5,35
<i>B. sepervirens</i>	US	Jesen	7,43	6,87	3,21	5,53
<i>B. sepervirens</i>	PR	Jesen	7,86	7,20	4,21	7,26
<i>B. sepervirens</i>	BB	Zima	7,83	7,17	2,29	3,95
<i>B. sepervirens</i>	BJ	Zima	7,64	7,04	2,09	3,60
<i>B. sepervirens</i>	KM	Zima	7,90	7,17	2,68	4,62
<i>B. sepervirens</i>	NB	Zima	7,55	7,09	4,36	7,52
<i>B. sepervirens</i>	SK	Zima	7,73	7,22	6,53	11,26
<i>B. sepervirens</i>	US	Zima	7,68	7,10	5,00	8,62
<i>B. sepervirens</i>	PR	Zima	7,73	7,16	6,81	11,75

Tabela 24. pH u H₂O, pH u 1N KCL i procenat organske materije u zemljištu na istraživanim lokalitetima vrste *Mahonia aquifolium* po sezonama

Vrsta	Lokalitet	Sezona	pH u H ₂ O	pH u 1N KCL	% org C	% humusa
<i>M. aquifolium</i>	BB	Proleće	7,45	6,76	3,68	6,34
<i>M. aquifolium</i>	BJ	Proleće	7,00	6,66	2,56	4,42
<i>M. aquifolium</i>	KM	Proleće	7,07	6,48	3,50	6,04
<i>M. aquifolium</i>	NB	Proleće	7,76	6,91	2,62	4,52
<i>M. aquifolium</i>	SK	Proleće	7,54	6,72	2,53	4,36
<i>M. aquifolium</i>	US	Proleće	7,35	6,67	2,70	4,66
<i>M. aquifolium</i>	PR	Proleće	7,42	6,78	3,50	6,03
<i>M. aquifolium</i>	BB	Leto	7,71	7,13	2,58	4,45
<i>M. aquifolium</i>	BJ	Leto	7,16	6,96	2,76	4,76
<i>M. aquifolium</i>	KM	Leto	7,51	6,95	2,78	4,80
<i>M. aquifolium</i>	NB	Leto	7,69	6,96	3,21	5,54
<i>M. aquifolium</i>	SK	Leto	7,48	6,87	3,13	5,40
<i>M. aquifolium</i>	US	Leto	7,55	6,84	2,23	3,85
<i>M. aquifolium</i>	PR	Leto	7,47	6,81	3,54	6,10
<i>M. aquifolium</i>	BB	Jesen	7,85	7,06	3,10	5,35
<i>M. aquifolium</i>	BJ	Jesen	7,43	6,88	1,73	2,98
<i>M. aquifolium</i>	KM	Jesen	7,71	7,07	2,67	4,60
<i>M. aquifolium</i>	NB	Jesen	7,95	7,11	2,16	3,73
<i>M. aquifolium</i>	SK	Jesen	7,49	6,89	2,40	4,14
<i>M. aquifolium</i>	US	Jesen	7,58	6,95	2,90	5,00
<i>M. aquifolium</i>	PR	Jesen	8,00	7,28	1,17	2,02
<i>M. aquifolium</i>	BB	Zima	8,16	7,48	2,13	3,67
<i>M. aquifolium</i>	BJ	Zima	7,69	7,15	2,58	4,45
<i>M. aquifolium</i>	KM	Zima	7,90	7,17	2,68	4,62
<i>M. aquifolium</i>	NB	Zima	8,11	7,29	2,80	4,82
<i>M. aquifolium</i>	SK	Zima	4,47	6,95	3,32	5,73
<i>M. aquifolium</i>	US	Zima	7,80	7,10	1,83	3,15
<i>M. aquifolium</i>	PR	Zima	8,03	7,36	2,37	4,08

Tabela 25. pH u H₂O, pH u 1N KCL i procenat organske materije u zemljištu na istraživanim lokalitetima vrste *Prunus laurocerasus* po sezonama

Vrsta	Lokalitet	Sezona	pH u H ₂ O	pH u 1N KCL	% org C	% humusa
<i>P. laurocerasus</i>	BB	Proleće	7,36	6,59	3,83	6,60
<i>P. laurocerasus</i>	BJ	Proleće	6,87	6,72	1,84	3,17
<i>P. laurocerasus</i>	KM	Proleće	7,49	6,80	3,60	6,21
<i>P. laurocerasus</i>	NB	Proleće	7,92	6,98	2,34	4,04
<i>P. laurocerasus</i>	SK	Proleće	7,54	6,72	2,53	4,36
<i>P. laurocerasus</i>	US	Proleće	6,11	5,78	2,95	5,09
<i>P. laurocerasus</i>	PR	Proleće	4,18	3,03	8,81	15,19
<i>P. laurocerasus</i>	BB	Leto	7,33	6,65	4,04	6,96
<i>P. laurocerasus</i>	BJ	Leto	7,16	6,96	2,15	3,70
<i>P. laurocerasus</i>	KM	Leto	7,33	6,82	2,29	3,95
<i>P. laurocerasus</i>	NB	Leto	7,55	6,94	3,09	5,34
<i>P. laurocerasus</i>	SK	Leto	7,48	6,87	3,13	5,40
<i>P. laurocerasus</i>	US	Leto	7,10	6,40	2,24	3,86
<i>P. laurocerasus</i>	PR	Leto	4,31	3,59	39,26	67,68
<i>P. laurocerasus</i>	BB	Jesen	7,50	6,88	3,35	5,77
<i>P. laurocerasus</i>	BJ	Jesen	7,33	7,04	1,22	2,10
<i>P. laurocerasus</i>	KM	Jesen	7,49	6,97	1,66	2,86
<i>P. laurocerasus</i>	NB	Jesen	7,39	7,04	1,45	2,51
<i>P. laurocerasus</i>	SK	Jesen	7,49	6,89	2,40	4,14
<i>P. laurocerasus</i>	US	Jesen	6,73	6,19	2,41	4,16
<i>P. laurocerasus</i>	PR	Jesen	3,94	2,90	8,54	14,72
<i>P. laurocerasus</i>	BB	Zima	7,70	7,09	2,86	4,93
<i>P. laurocerasus</i>	BJ	Zima	7,65	7,36	1,67	2,87
<i>P. laurocerasus</i>	KM	Zima	7,71	7,16	2,35	4,05
<i>P. laurocerasus</i>	NB	Zima	7,52	7,17	6,68	11,52
<i>P. laurocerasus</i>	SK	Zima	4,47	6,95	3,32	5,73
<i>P. laurocerasus</i>	US	Zima	7,79	7,13	2,22	3,83
<i>P. laurocerasus</i>	PR	Zima	4,64	3,93	16,34	28,16

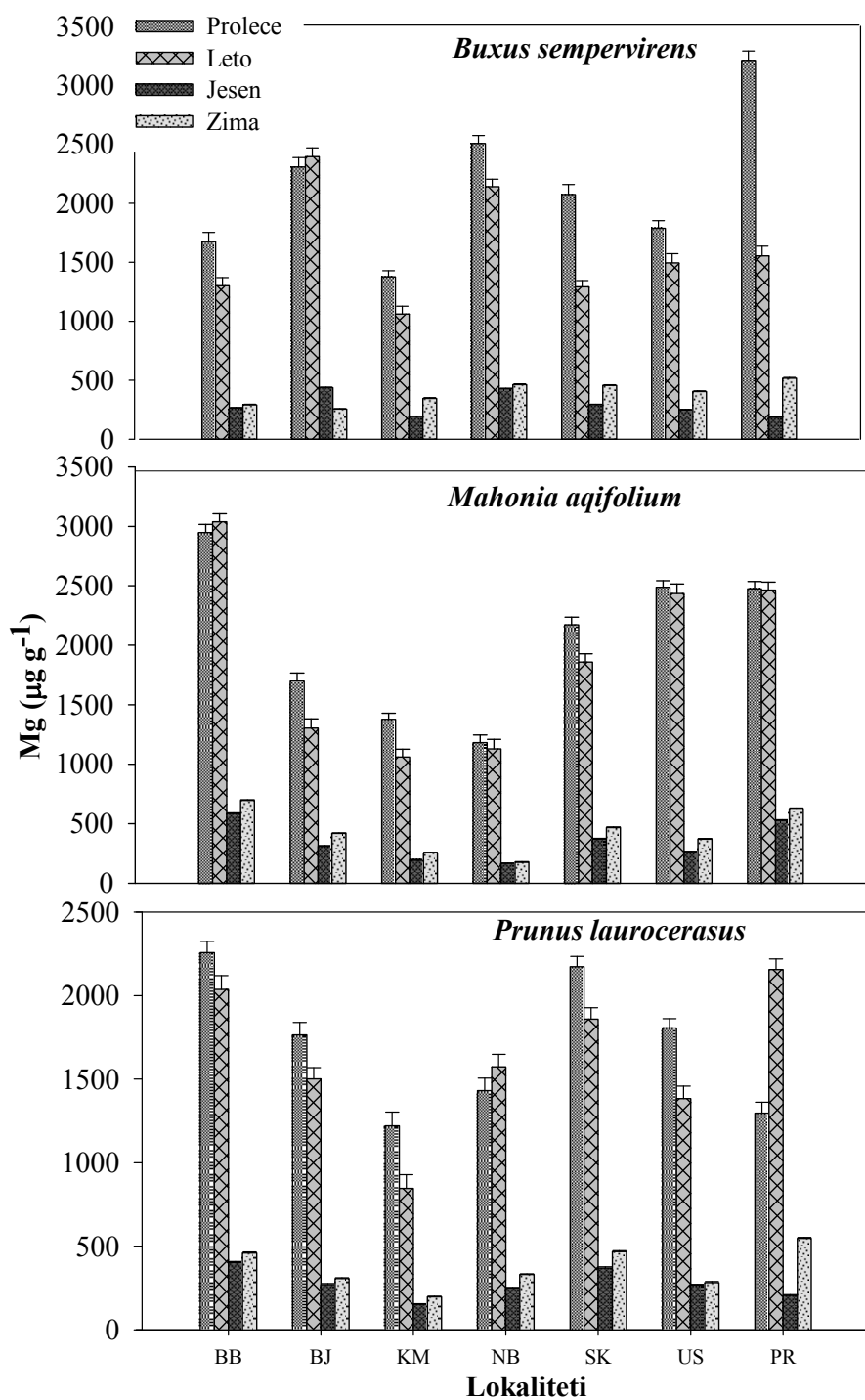
4.1.2 Količina makroelemenata u zemljištu

Sezonske promene u sadržaju makroelemenata (Mg, Ca i Na) sa šest urbanih lokaliteta kao i sa prirodnih staništa ispitivanih vrsta biljaka su prikazane grafički.

Na slici 1 prikazana je koncentracija ukupnog **magnezijuma** za sve četiri sezone u uzorcima zemljišta sakupljenim na pomenutim lokalitetima. Tako je u uzorcima zemljišta iz urbane zone na kojima raste *B. sempervirens*, tokom proleća koncentracija ukupnog Mg varirala od 1377 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 2505 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB), dok je na prirodnom staništu ovog elementa bilo najviše, i to 3211 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA). Koncentracija magnezijuma se tokom leta smanjivala, pa su najniže vrednosti izmerene u jesen i zimu. Tokom leta magnezijuma je bilo od 1060 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 2394 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR), tokom jeseni od 187 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA) do 436 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) i tokom zime od 256 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 462 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR).

Uzorci zemljišta na kojima raste vrsta *M. aquifolium* su uglavnom sadržali veću količinu magnezijuma u odnosu na zemljišta na kojima rastu druge dve ispitivane vrste. Koncentracija ukupnog Mg je varirala tokom sezona na sledeći način: tokom proleća od 1182 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 2947 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB), tokom leta od 1060 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 3039 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB), tokom jeseni od 167 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 585 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB), a u zimskom periodu od 175 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 696 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB).

Sadržaj ukupnog Mg u uzorcima zemljišta uzetim sa mesta na kojima raste vrsta *P. laurocerasus* je tokom proleća bio u intervalu od 1220 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 2257 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB), tokom leta od 846 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 2157 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), tokom jeseni od 153 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 404 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) i tokom zime od 197 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 547 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS).



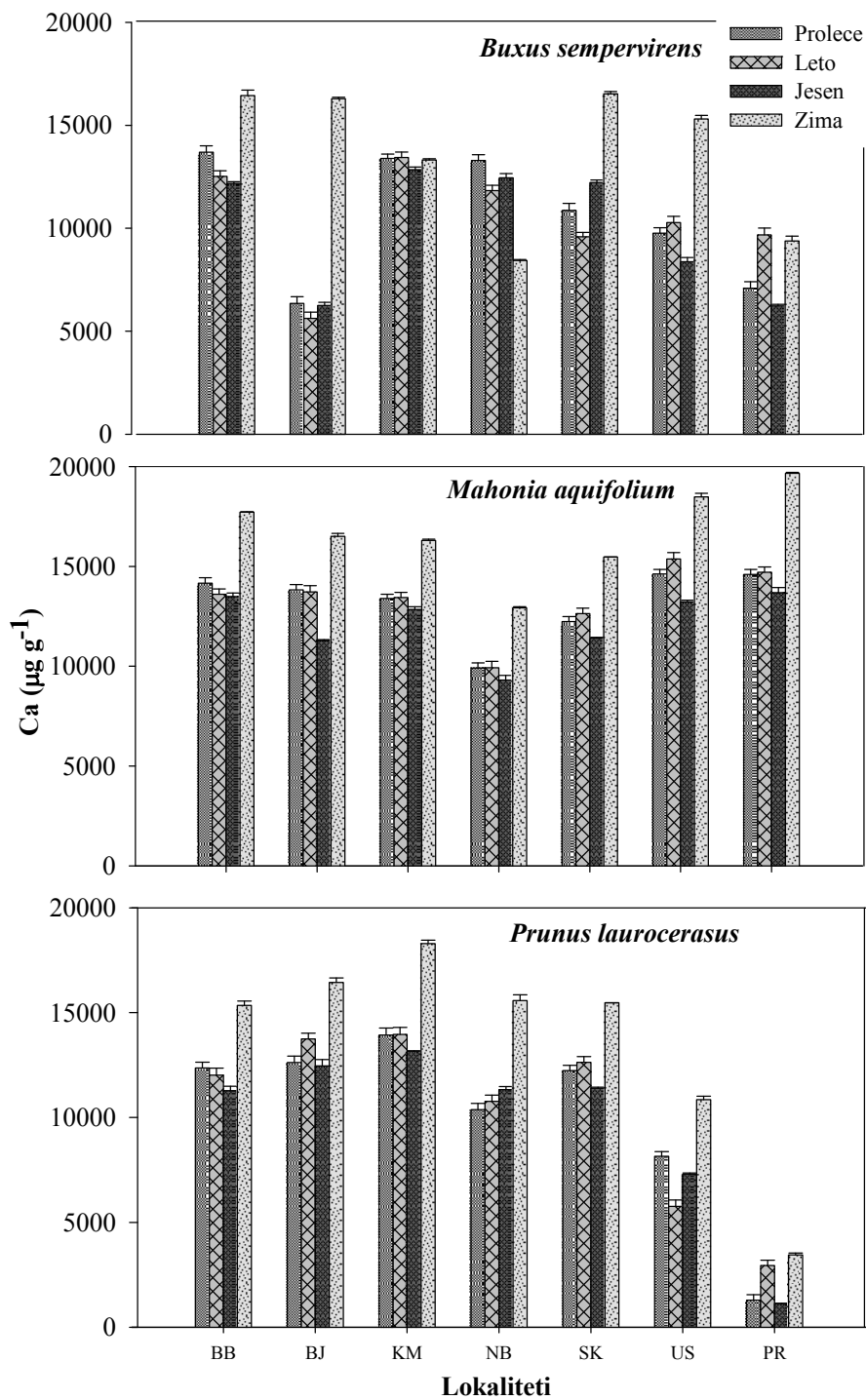
Grafik 3. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Mg u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Na grafik 3 prikazano je variranje koncentracije ukupnog **kalcijuma** u uzorcima zemljišta koji su sakupljeni tokom sve četiri sezone. U svim ispitivanim uzorcima zemljišta, nezavisno od vrste biljke koja na njima raste, najveće količine kalcijuma su detektovane tokom zime, osim u dva uzorka zemljišta na kojima raste *B. sempervirens*.

U uzorcima zemljišta uzetim sa mesta na kojima raste vrsta *B. sempervirens* sadržaj ukupnog Ca se u proleće kretao od 6358 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 13693 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), tokom leta od 5627 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 13432 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA), tokom jeseni od 6231 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA) do 12843 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) i tokom zime od 8432 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 16523 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB).

U uzorcima zemljišta koji su uzorkovani na mestu gde je zasađena vrsta *M. aquifolium*, koncentracija ukupnog Ca je u proleće bila u intervalu od 9905 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 14619 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST), tokom leta od 9918 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 15369 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST), tokom jeseni od 9302 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 13679 (MAFG) i tokom zimskog perioda od 12918 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 19657 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG).

Koncentracija ukupnog Ca u uzorcima zemljišta sa prirodnog staništa vrste *P. laurocerasus* je bila izrazito niža u odnosu na količinu u zemljištu uzokovanom u gradu na kojima je sađena (Grafik 4). Tako je količina kalcijuma na prirodnom staništu ove vrste tokom sukcesivnih uzorkovanja od proleća do zime iznosila 1285 $\mu\text{g g}^{-1}$, 2941 $\mu\text{g g}^{-1}$, 1124 $\mu\text{g g}^{-1}$ i 3449 $\mu\text{g g}^{-1}$. Količina kalcijuma se tokom proleća u zemljištu iz gradske zone kretala od 8151 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do 13935 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), tokom leta od 5764 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do 13961 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), tokom jeseni od 7301 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do 13164 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), a u zimskom periodu od 10851 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do 18291 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA).

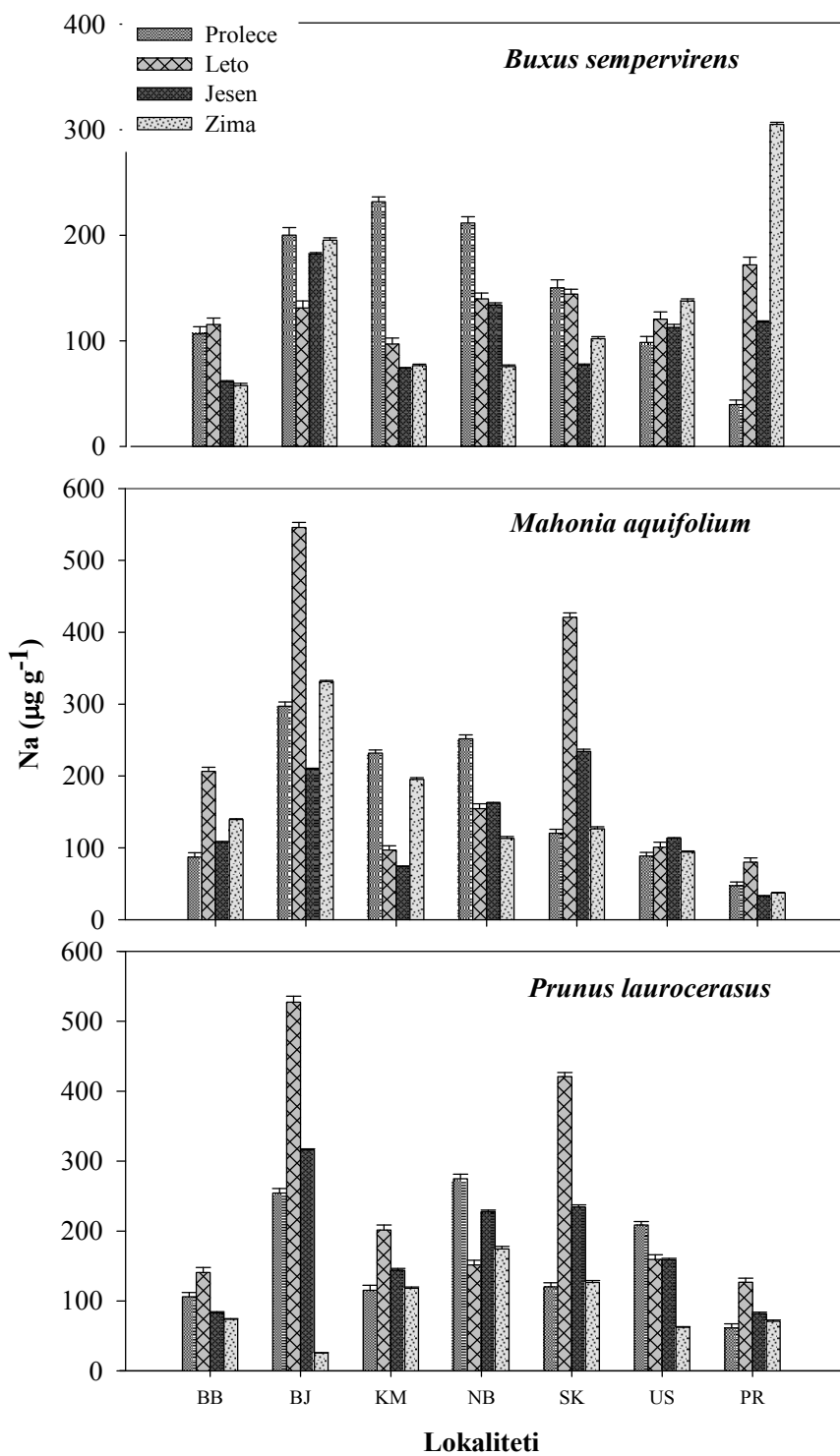


Grafik 4. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Ca u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Koncentracija ukupnog **natrijuma** u uzorcima zemljišta uzetim u sve četiri sezone je prikazana na grafiku 5. U uzorcima zemljišta sakupljenim tokom proleća na lokalitetu vrste *B. sempervirens*, koncentracija ukupnog Na iznosila je od 39,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (BSMA), dok se na urbanom staništu kretala od 98,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 231 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA); u uzorcima uzetim tokom leta, ova vrednost se kretala u rasponu od 96,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 144 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) dok je Na u zemljištu sa prirodnog staništa bilo 172 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA); tokom jeseni je bila od 61,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do 182 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR), a u zimskom periodu od 57,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do 195 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA), odnosno na prirodnom staništu vrste 304 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA).

Od svih uzoraka zemljišta na kojima raste *M. aquifolium* najmanju količinu natrijuma ima ono sa prirodnog staništa ove vrste (Grafik 5). Tako je tokom perioda uzorkovanja, od proleća do zime, u zemljištu sa prirodnog staništa (MAFG) detektovana količina od 47,2 $\mu\text{g g}^{-1}$, 80,2 $\mu\text{g g}^{-1}$, 32,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ i 37,2 $\mu\text{g g}^{-1}$. Koncentracija ukupnog Na je tokom proleća u zemljištima iz gradske zone iznosila od 87,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 297 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR). U uzorcima zemljišta sa lokaliteta iz gradske zone tokom leta količina natrijuma je na većini lokaliteta bila nešto viša u zemljištu i iznosila je od 96,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 545 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR). Tokom jeseni je količina Na bila od 74,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 234 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK), a u zimskom periodu od 94,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 331 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR).

U uzorcima zemljišta uzetim sa mesta gde rastu individue vrste *P. laurocerasus*, koncentracija ukupnog Na je tokom proleća u urbanoj zoni bila u rasponu od 106 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 275 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), tokom leta od 141 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 527 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR), tokom jeseni od 83,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 316 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) i u zimskom periodu pomenuta koncentracija Na je bila u intervalu od 25,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) do 174 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB). U uzorcima zemljišta sa prirodnog staništa (PLOS) količina natrijuma se tokom sezona kretala na sledeći način: proleće - 61,4 $\mu\text{g g}^{-1}$, leto - 127 $\mu\text{g g}^{-1}$, jesen - 82,0 $\mu\text{g g}^{-1}$, zima - 71,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Grafik 5).

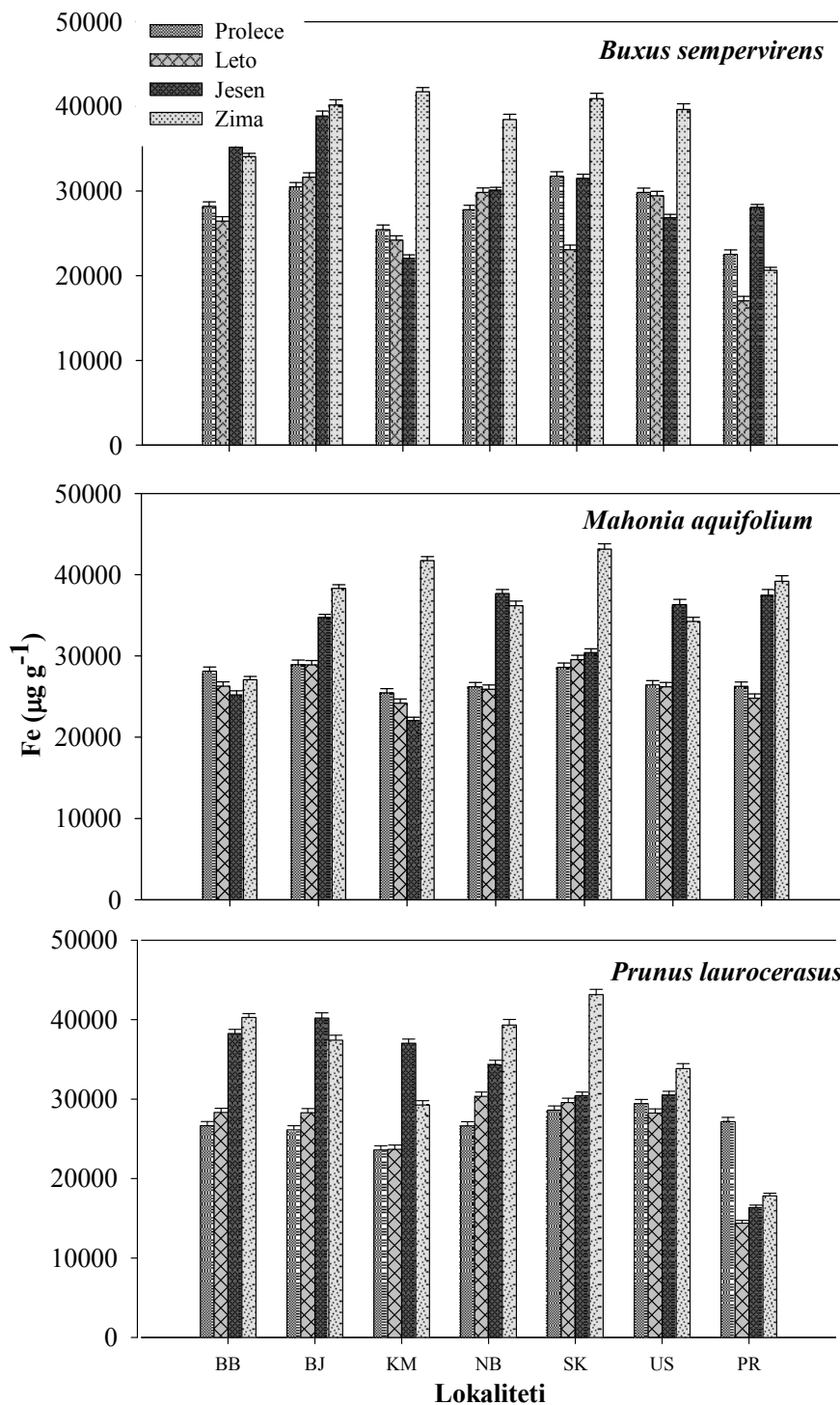


Grafik 5. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Na u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Koncentracija ukupnog **gvožđa** bila je najniža u uzorcima zemljišta uzetim sa prirodnog staništa vrste *B. sempervirens* (BSMA) i to u proleće $22513 \mu\text{g g}^{-1}$, leto $17031 \mu\text{g g}^{-1}$ i tokom zime $20642 \mu\text{g g}^{-1}$ (Grafik 6). Što se tiče urbanih staništa, koncentracija ukupnog Fe u proleće bila je u intervalu od $25451 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do $31753 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), u letnjem periodu od $23083 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do $31633 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR), tokom jeseni od $22061 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do $38876 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) i tokom zime od $34070 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do $41734 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA).

Kada je reč o koncentraciji ukupnog Fe u uzorcima zemljišta na kom raste ispitivana vrsta *M. aquifolium*, dinamika je bila sledeća: u proleće je bila u intervalu od $25451 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do $28915 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR), leti od $24187 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do $29561 \mu\text{g g}^{-1}$ (MASK), tokom jeseni od $22061 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do $37697 \mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) i u zimskom periodu od $27085 \mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do $43137 \mu\text{g g}^{-1}$ (MASK).

Slično kao i u uzorcima zemljišta uzetim sa mesta gde se nalazi vrsta *B. sempervirens*, koncentracija ukupnog Fe u uzorcima zemljišta uzetim sa lokaliteta vrste *P. laurocerasus* bila je najniža na prirodnom staništu (PLOS) leti $14363 \mu\text{g g}^{-1}$, u jesen $16357 \mu\text{g g}^{-1}$ i zimi $17821 \mu\text{g g}^{-1}$. Na urbanim staništima ukupan sadržaj Fe tokom proleća je varirao od $23597 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do $29433 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST), tokom leta od $23676 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do $30344 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), tokom jeseni od $30421 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do $40181 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), dok su se u zimskom periodu vrednosti kretale od $29253 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do $43137 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) (Grafik 6).



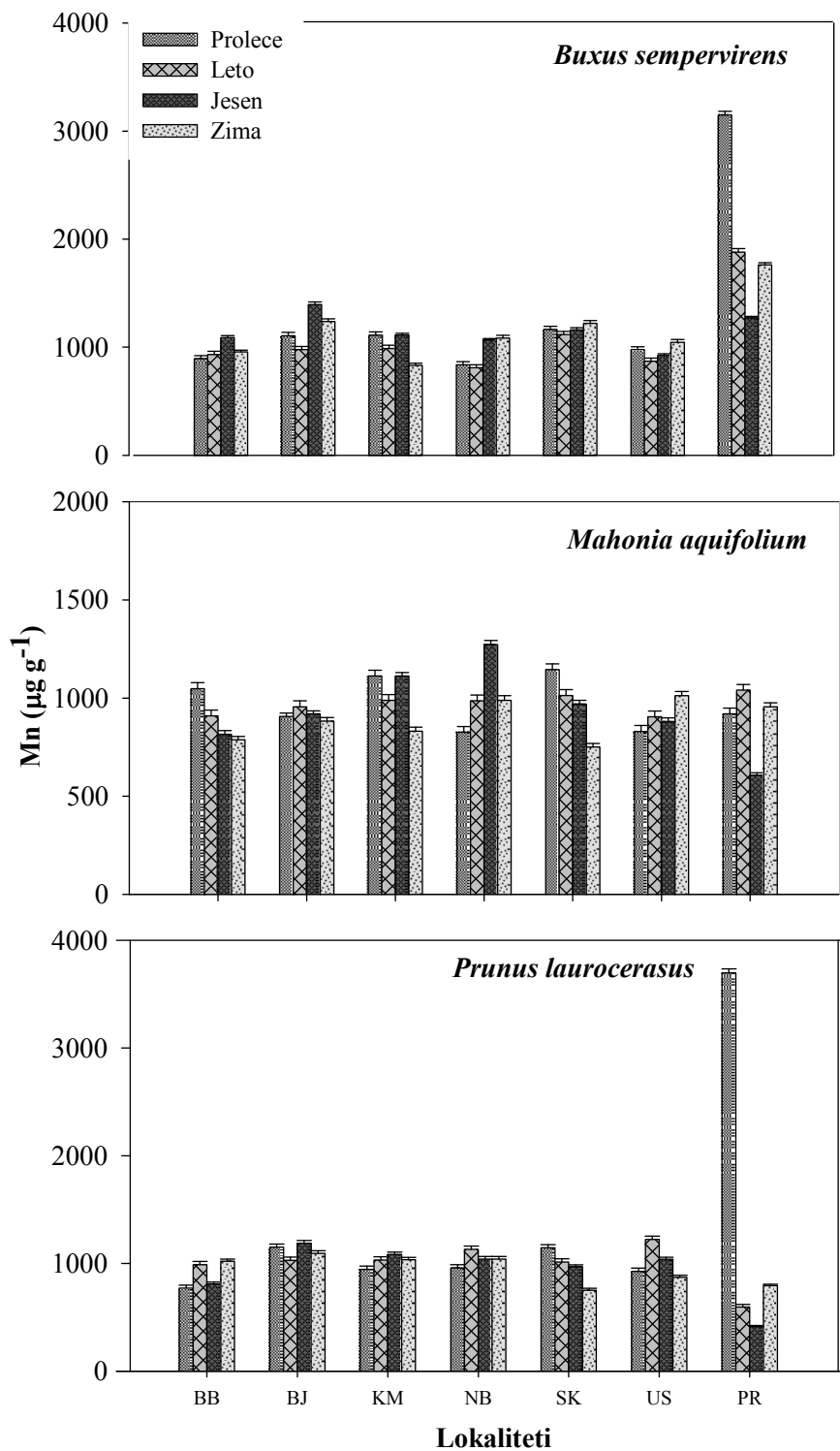
Grafik 6. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Fe u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

4.1.3 Količina toksičnih metala i vanadijuma u zemljištu

U uzorcima zemljišta uzetim sa prirodnog staništa vrste *B. sempervirens* (BSMA) koncentracija ukupnog **mangana** je bila viša u odnosu na zemljište iz gradske zone. Pri tome je bila najviša u proleće ($3148 \mu\text{g g}^{-1}$), a nešto niža leti ($1879 \mu\text{g g}^{-1}$) i tokom zime ($1761 \mu\text{g g}^{-1}$) (Grafik 7). U proleće na urbanim staništima količina Mn se kretala u intervalu od $836 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do $1164 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), za vreme letnjeg perioda od $810 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do $1117 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), tokom jeseni od $924 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do $1395 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) i u zimskom periodu od $831 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do $1238 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR).

Koncentracija ukupnog Mn u uzorcima zemljišta uzetim sa lokaliteta na kojima raste vrsta *M. aquifolium*, je tokom godine i između lokaliteta bila prilično ujednačena (Grafik 7). Tokom proleća detektovane količine su bile u intervalu od $825 \mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do $1144 \mu\text{g g}^{-1}$ (MASK), u letnjem periodu od $905 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do $1040 \mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (MAFG), dok je na urbanom staništu bila do $1013 \mu\text{g g}^{-1}$ (MASK). Tokom jeseni koncentracija ukupnog Mn u zemljištu iz gradske zone se kretala od $815 \mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do $1272 \mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), sa najnižom količinom ($606 \mu\text{g g}^{-1}$) izmerenom u zemljištu sa prirodnog staništa ove vrste (MAFG), a u zimskom periodu je bila u intervalu od $750 \mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do $1012 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST).

U uzorcima zemljišta uzetim sa lokaliteta u gradu na kom rastu individue vrste *P. laurocerasus*, koncentracija ukupnog Mn je u proleće varirala od $770 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do $1149 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR), tokom leta od $989 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do $1222 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST), tokom jeseni od $809 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do $1185 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) i u zimskom periodu od $750 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do $1093 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) (Grafik 7). Najniža vrednost ukupnog Mn izmerena je u zemljištu sa prirodnog staništa ove vrste na Ostrozubu (PLOS) u jesen i iznosila je $414 \mu\text{g g}^{-1}$, dok je u proleće u zemljištu sa istog lokaliteta imala najvišu vrednost od $3697 \mu\text{g g}^{-1}$.

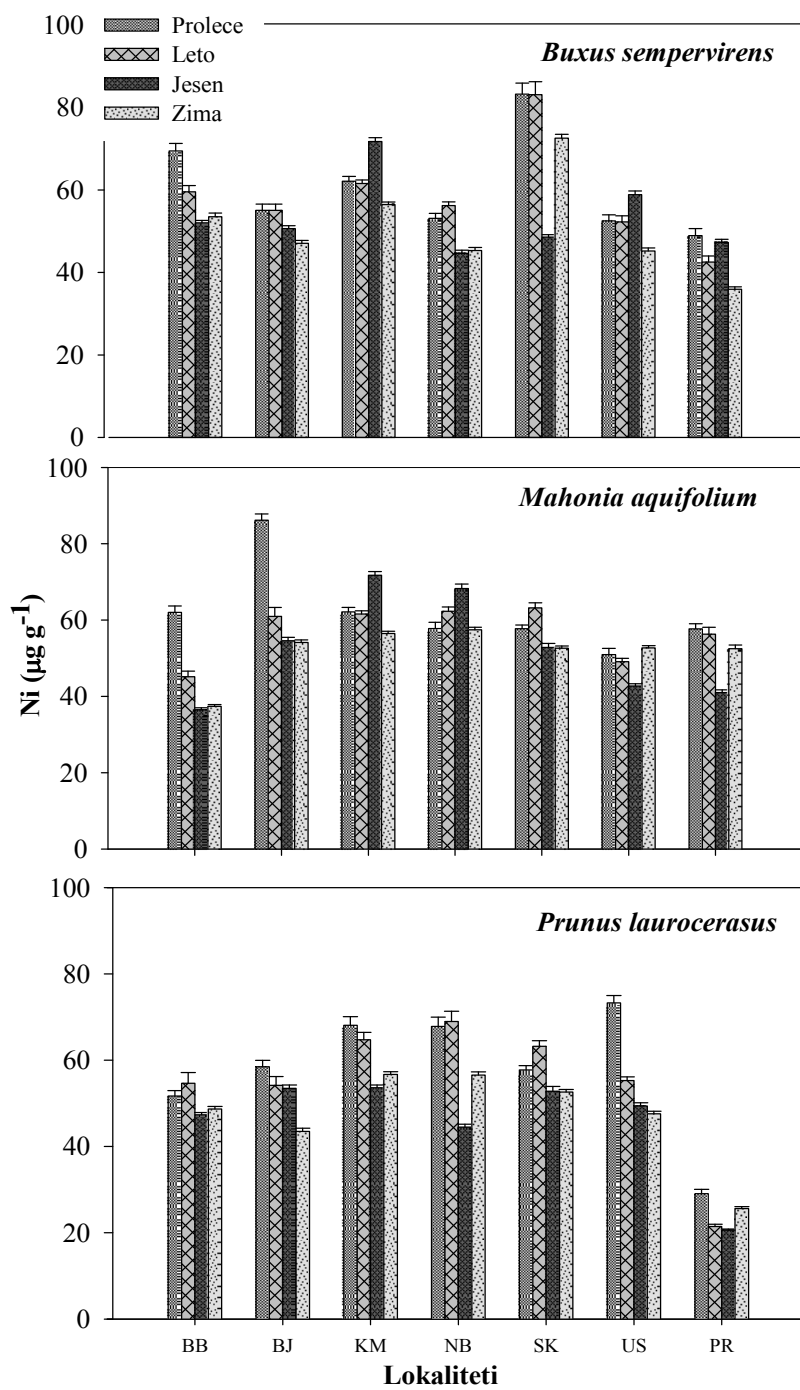


Grafik 7. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Mn u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Na Grafiku 8 su prikazane količine ukupnog **nikla** u zemljištima sa lokaliteta na kojima se nalaze ispitivane vrste biljaka tokom sve četiri sezone. Tako, u uzorcima zemljišta sa prirodnog staništa vrste *B. sempervirens* sadržaj Ni je generalno bio niži u odnosu na količine koje su detektovane u gradu. U zemljištu sa urbanih staništa količina Ni je tokom proleća bila u intervalu od 52,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 83,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), tokom leta od 52,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 83,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), tokom jeseni od 44,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 71,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) i u zimskom periodu od 45,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 72,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK).

U zemljištu uzorkovanom na staništu vrste *M. aquifolium*, koncentracija ukupnog Ni u proleće je bila u intervalu od 50,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 86,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR), u letnjem periodu je varirala od 45,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 63,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK), u toku jeseni koncentracija Ni se kretala od 36,5 (MABB) do 71,8 (MAKA) i u zimskom periodu od 37,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 57,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB).

Zemljište na prirodnom staništu *P. laurocerasus* (PLOS) se odlikovalo najnižim koncentracijama nikla (Grafik 8), pa je tokom sezona izmerena količina od 29,1 $\mu\text{g g}^{-1}$, 21,5 $\mu\text{g g}^{-1}$, 20,6 $\mu\text{g g}^{-1}$, 25,6 $\mu\text{g g}^{-1}$. Koncentracija ukupnog Ni u zemljištu iz grada je tokom proleća varirala između 51,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) i 73,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST), u letnjem periodu između 54,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) i 69,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), tokom jeseni je bila od 44,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB) do 53,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), a u zimskom periodu je varirala od 43,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) do 56,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA).

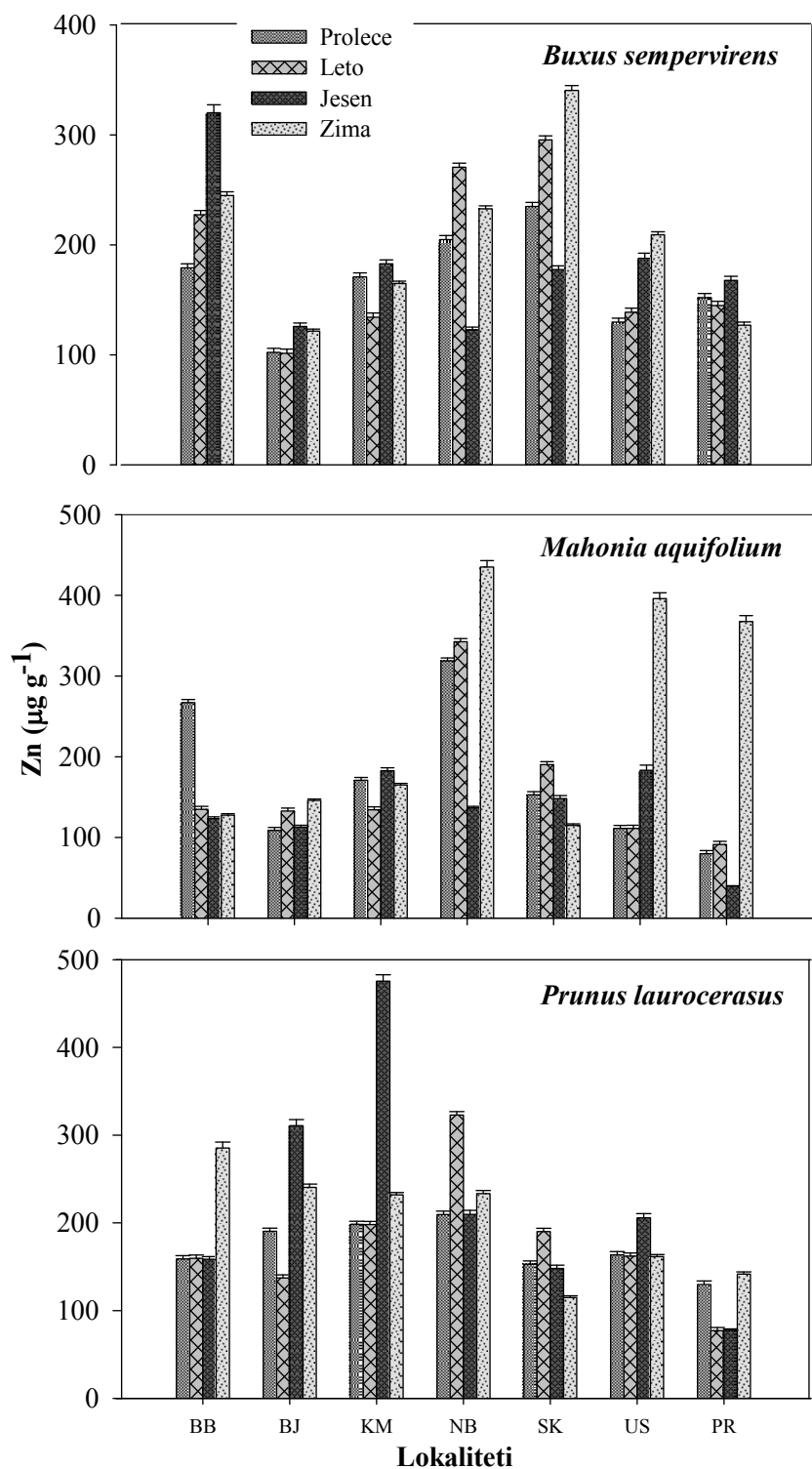


Grafik 8. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Ni u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Koncentracija ukupnog **cinka** u zemljištu (Grafik 9) na lokalitetima ispitivane vrste *B. sempervirens* je tokom proleća varirala od 103 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 235 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), u letnjem periodu se kretala u intervalu od 101 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 295 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), tokom jeseni od 123 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 320 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) i u zimskom periodu od 122 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 340 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK).

U zemljištu sa lokaliteta ispitivane vrste *M. aquifolium*, koncentracija ukupnog Zn je najniže vrednosti imala na prirodnom staništu (MAFG) i to tokom proleća 79,9 $\mu\text{g g}^{-1}$, leta 91,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ i jeseni 39,6 $\mu\text{g g}^{-1}$. Za isti ovaj period sadržaj ukupnog Zn je na urbanim staništima varirao tokom proleća od 109 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR) do 319 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), u letnjem periodu od 111 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 343 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), jesenjem od 113 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR) do 183 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) i u zimskom periodu od 115 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 435 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB).

Situacija sa koncentracijom ukupnog Zn u zemljištu sa lokaliteta ispitivane vrste *P. laurocerasus*, je slična kao i u prethodnom slučaju, kod vrste *M. aquifolium*. Najniže količine ovog elementa su bile na prirodnom staništu u proleće 130 $\mu\text{g g}^{-1}$, leto 77,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ i jesen 77,7 $\mu\text{g g}^{-1}$. Na urbanim staništima u proleće se koncentracija kretala u intervalu od 153 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 210 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), tokom leta od 137 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) do 323 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), u jesen od 148 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 475 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) i tokom zime od 115 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 285 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB).

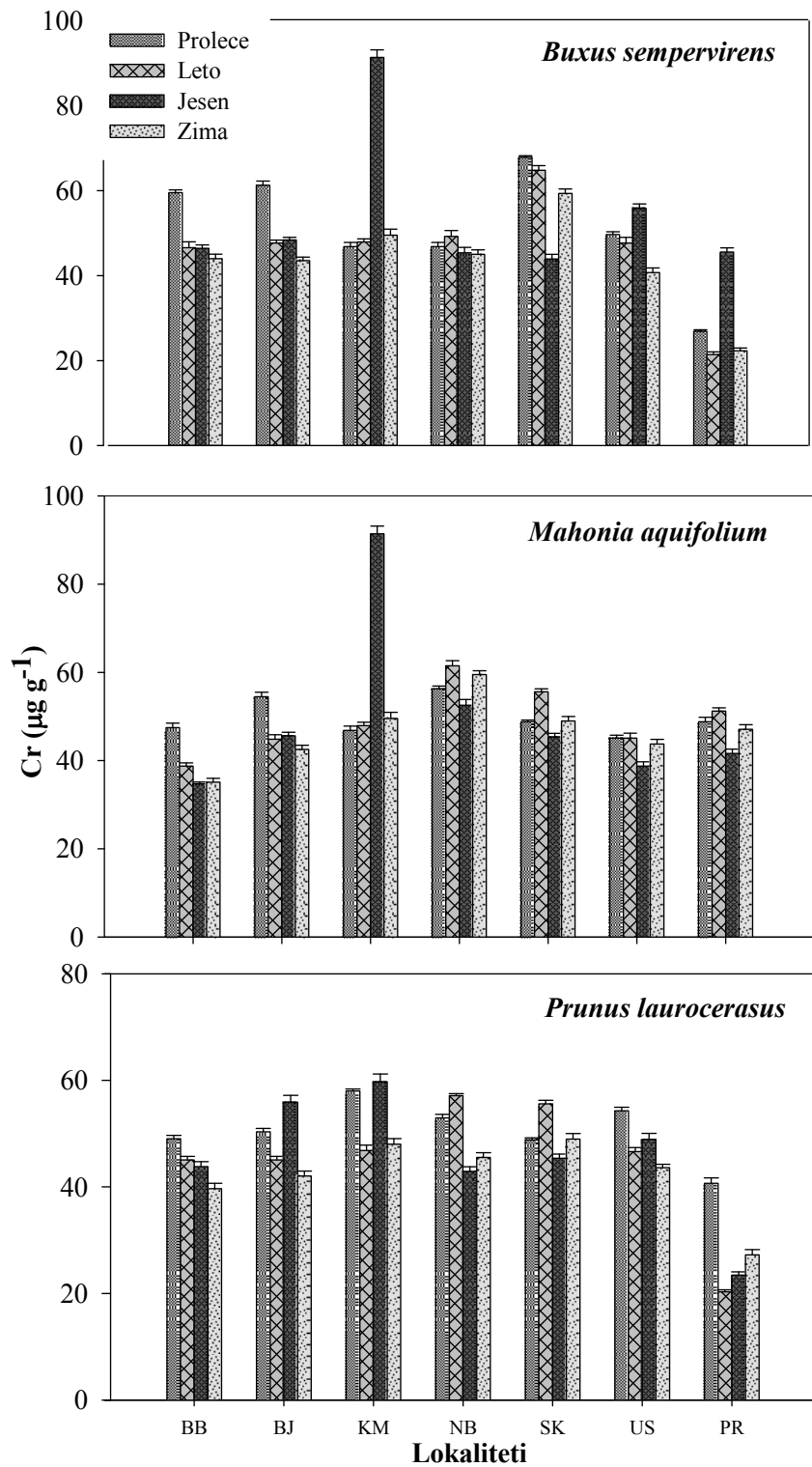


Grafik 9. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Zn u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Koncentracija ukupnog **hroma** (Grafik 10) je u proleće bila najniža u uzorcima zemljišta uzetih sa prirodnog staništa vrste *B. sempervirens* (BSMA) i iznosila je $26,9 \mu\text{g g}^{-1}$, dok je u istom periodu na urbanim staništima varirala od $46,8 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA i BSNB) do $67,8 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK). U letnjem periodu sadržaj ukupnog Cr je bio na prirodnom staništu $21,4 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), odnosno na urbanom staništu od $46,6 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do $64,8 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK). Tokom jeseni pomenute vrednosti su iznosile od $43,9 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do $91,4 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA), a u zimskom periodu $22,3 \mu\text{g g}^{-1}$ (prirodno stanište, BSMA), a na urbanom staništu od $40,7 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do $59,4 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK).

Na lokalitetima sa kojih su uzeti uzorci ispitivane vrste *M. aquifolium*, koncentracija ukupnog Cr je tokom proleća varirala od $45,1 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do $56,2 \mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), tokom leta od $38,7 \mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do $61,5 \mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), tokom jeseni od $34,7 \mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do $91,4 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) i u zimskom periodu od $35,1 \mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do $59,5 \mu\text{g g}^{-1}$ (MANB).

Količina ukupnog Cr u zemljištu na kom raste *P. laurocerasus* je u sve četiri sezone bila najniža na prirodnom staništu i to: u proleće je iznosila $40,7 \mu\text{g g}^{-1}$, leti $20,3 \mu\text{g g}^{-1}$, u jesen $23,4 \mu\text{g g}^{-1}$ i zimi $27,3 \mu\text{g g}^{-1}$. Na urbanim staništima sadržaj ukupnog Cr je bio u intervalu od $48,8 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do $58,0 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) u prolećnom periodu, dok se tokom leta kretao od $45,1 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB, PLHR) do $57,1 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), zatim tokom jeseni od $42,9 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB) do $59,7$ (PLKA) i u zimskom periodu od $39,7 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do $49,0 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK).



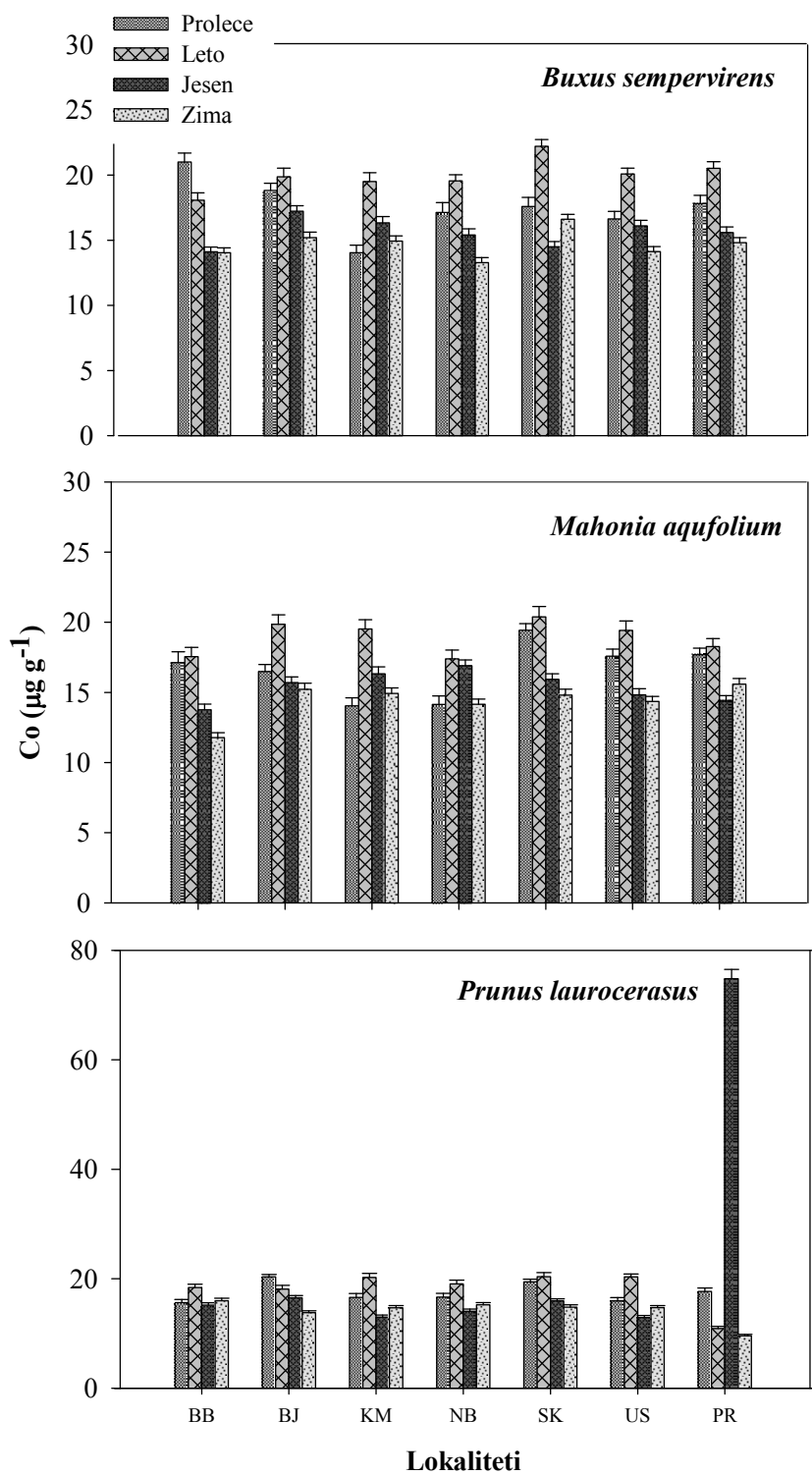
Grafik 10. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Cr u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Koncentracija ukupnog **kobalta** u zemljištu sa urbanih i prirodnih staništa ispitivanih vrsta biljaka je bila prilično ujednačena između staništa i sezona, ali je obično bila najviša tokom leta (Grafik 11).

U uzorcima zemljišta vrste *B. sempervirens*, sadržaj ukupnog Co je tokom proleća bila u intervalu od 14,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 21,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), tokom leta od 18,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do 22,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), tokom jeseni od 14,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do 17,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) i u zimskom periodu od 13,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 16,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK).

U zemljištu sa staništa ispitivane vrste *M. aquifolium*, sadržaj ukupnog Co je tokom proleća varirao od 14,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 19,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK), tokom leta od 17,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 20,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK), tokom jeseni od 13,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 16,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) i tokom zime od 11,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 15,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), odnosno na urbanom staništu do 14,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA).

Koncentracija ukupnog Co u uzorcima zemljišta uzetim sa staništa vrste *P. laurocerasus* je tokom proleća varirala od 15,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 20,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR), u letnjem periodu od 10,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ koliko je na prirodnom staništu (PLOS), odnosno na urbanom staništu od 18,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) do 20,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK), tokom jeseni od 12,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do 16,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) na urbanom staništu, a na prirodnom staništu do 74,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS). Najzad, u zimskom periodu sadržaj ukupnog Co je varirao od 9,57 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), pri čemu je na urbanom staništu bio od 13,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) do 16,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB).

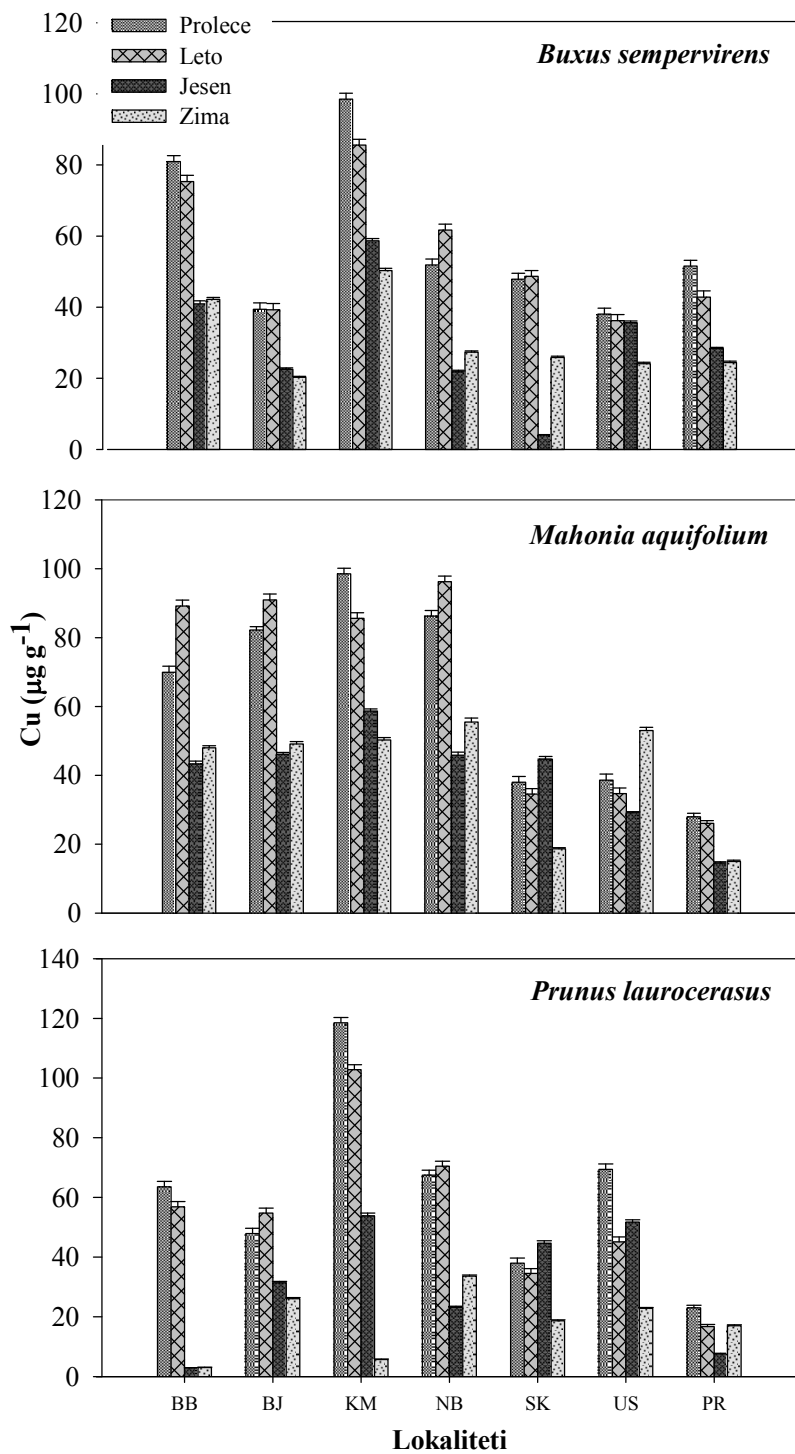


Grafik 11. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Co u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Na grafiku 12 se može videti variranje koncentracije ukupnog **bakra** u uzorcima zemljišta uzetim sa lokaliteta gde se nalaze ispitivane vrste biljaka za sve četiri sezone. U uzorcima zemljišta uzetim tokom proleća sa mesta na kom raste vrsta *B. sempervirens* sadržaj ukupnog Cu je varirao od 38,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 98,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA), u letnjem periodu od 36,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 85,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA). Tokom jeseni sadržaj ukupnog Cu je bio u intervalu od 4,09 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 58,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) i tokom zimskog perioda od 20,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 50,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA).

U uzorcima zemljišta sa staništa ispitivane vrste *M. aquifolium*, koncentracija ukupnog Cu je tokom sve četiri sezone bila najniža na prirodnom staništu (MAFG) u odnosu na urbane lokalitete. Tako je tokom proleća iznosila 27,9 $\mu\text{g g}^{-1}$, tokom leta 26,0 $\mu\text{g g}^{-1}$, jeseni 14,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ i u zimskom periodu 15,0 $\mu\text{g g}^{-1}$. Na urbanim staništima sadržaj ukupnog Cu je tokom proleća bio u intervalu od 37,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 98,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA), u letnjem periodu od 34,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 96,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), tokom jeseni od 29,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 58,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) i tokom zime od 18,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 55,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB).

Koncentracija ukupnog Cu u zemljištu sa staništa ispitivane vrste *P. laurocerasus*, tokom proleća je varirala od 23,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS) na prirodnom staništu, odnosno na urbanom staništu od 38,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 118 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), tokom leta od 16,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), a na urbanom staništu od 34,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 103 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA). U jesenjem periodu količina Cu se kretala od 2,91 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 53,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) i u zimskom periodu od 3,03 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 33,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB).



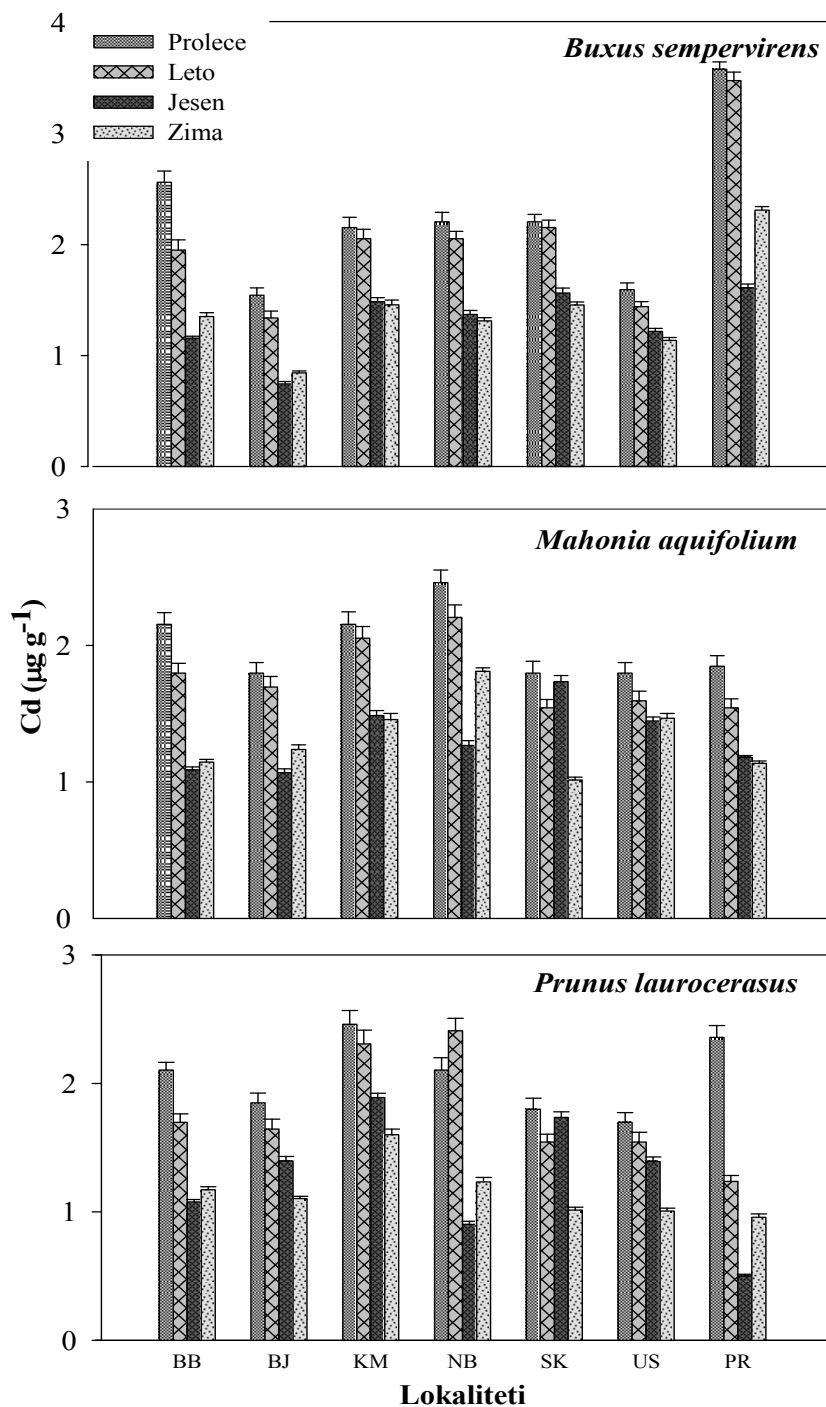
Grafik 12. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Cu u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Sadržaj ukupnog **kadmijuma** u ispitivanim uzorcima zemljišta je po pravilu bio nešto veći u proleće i leto u odnosu na preostale dve sezone (Grafik 13).

Na prirodnom staništu ispitivane vrste *B. sempervirens* (BSMA) količina Cd je bila nešto viša u odnosu na urbana staništa i to u sve četiri sezone. Tokom proleća je iznosila $3,58 \mu\text{g g}^{-1}$, tokom leta $3,48 \mu\text{g g}^{-1}$, tokom jeseni $1,61 \mu\text{g g}^{-1}$ i u zimskom periodu $2,31 \mu\text{g g}^{-1}$. Na urbanim staništima vrste *B. sempervirens*, sadržaj ukupnog Cd je tokom proleća bio u intervalu od $1,54 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do $2,56 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), u letnjem periodu od $1,34 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do $2,15 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), tokom jeseni od $0,74 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do $1,56 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) i u zimskom periodu od $0,84 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do $1,46 \mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK, BSKA).

Koncentracija ukupnog Cd u zemljištu na ispitivanim lokalitetima vrste *M. aquifolium*, je tokom proleća varirala od $1,80 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST, MAHR, MASK) do $2,46 \mu\text{g g}^{-1}$ (MANB). Tokom leta sadržaj Cd se kretao od $1,54 \mu\text{g g}^{-1}$ (MASK, MAFG) do $2,21 \mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), tokom jeseni od $1,07 \mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR) do $1,74 \mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) i u zimskom periodu od $1,01 \mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do $1,81 \mu\text{g g}^{-1}$ (MANB).

Na ispitivanim lokalitetima vrste *P. laurocerasus*, sadržaj ukupnog Cd u zemljištu je tokom proleća bio u intervalu od $1,70 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do $2,46 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), u letnjem periodu od $1,24 \mu\text{g g}^{-1}$ koliko ga je bilo na prirodnom staništu vrste (PLOS), odnosno na urbanom staništu od $1,54 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST, PLSK) do $2,41 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB). Tokom jeseni su detektovane količine Cd od $0,50 \mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (PLOS), a na urbanom od $0,90 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB) do $1,89 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), tokom zimskog perioda od $0,96 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), na urbanom staništu od $1,01 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST, PLSK) do $1,60 \mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA).

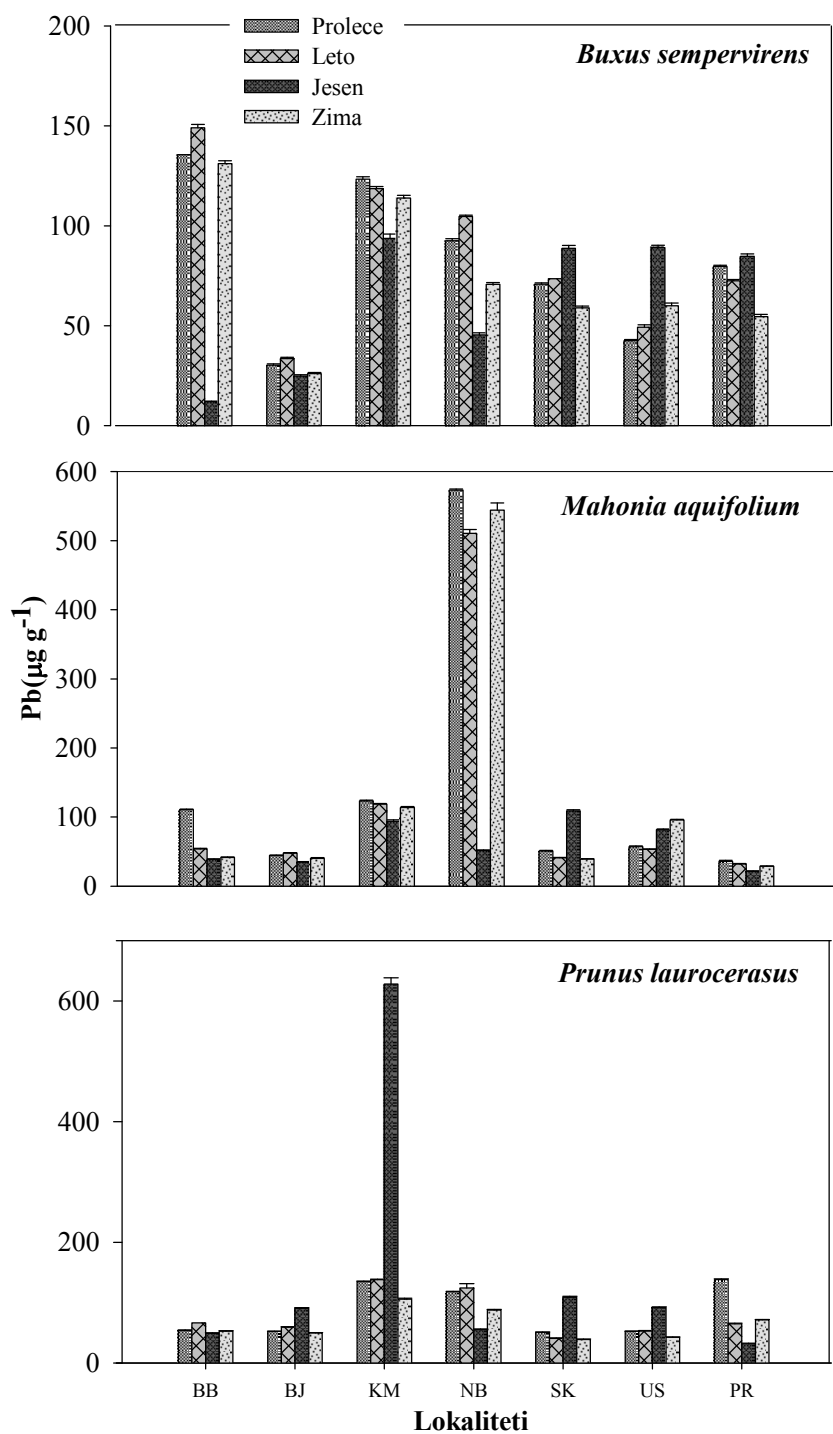


Grafik 13. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Cd u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Sadržaj ukupnog **olova** u zemljištu (Grafik 14) na ispitivanim lokalitetima vrste *B. sempervirens*, je tokom proleća varirao od 30,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 136 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), tokom leta od 33,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 149 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), u jesenjem periodu od 12,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do 93,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) i tokom zime od 26,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 131 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB).

Što se tiče ispitivanih lokaliteta vrste *M. aquifolium*, najniži sadržaj ukupnog Pb je bio u uzorcima zemljišta uzetih sa prirodnog staništa ove vrste (MAFG) i tokom proleća je iznosio 35,8 $\mu\text{g g}^{-1}$, leti 32,03 $\mu\text{g g}^{-1}$, u jesen 21,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ i tokom zimskog perioda 28,8 $\mu\text{g g}^{-1}$. Na urbanim staništima ispitivane vrste *M. aquifolium* koncentracija ukupnog Pb je tokom proleća bila u intervalu od 44,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR) do 573 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), u letnjem priodu od 41,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 511 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), tokom jeseni od 34,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR) do 109 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK), dok su u zimskom periodu zabeležene vrednosti između 39,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) i 544 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB).

Sadržaj ukupnog Pb u uzorcima zemljišta koji su sakupljeni na lokalitetima ispitivane vrste *P. laurocerasus* je tokom proleća varirao od 50,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 138 $\mu\text{g g}^{-1}$ koliko je izmereno na prirodnom staništu (PLOS), odnosno na urbanom staništu do 135 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), zatim tokom leta od 41,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 138 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), tokom jeseni od 31,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), a sa urbanog staništa od 49,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 628 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) i u zimskom periodu od 39,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 106 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA).

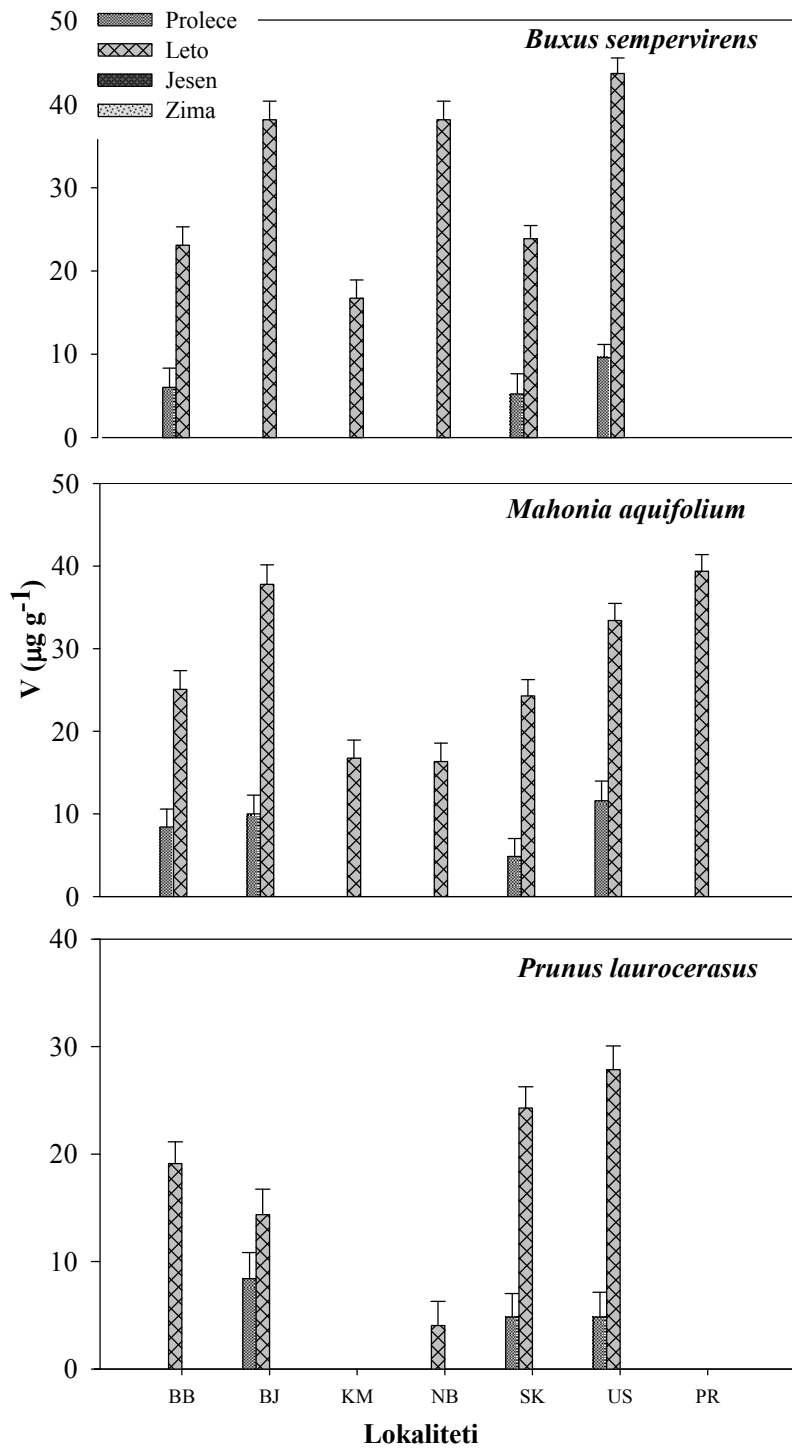


Grafik 14. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Pb u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

Sadržaj ukupnog **vanadijuma** je na određenom broju lokaliteta, kao i u svim uzorcima zemljišta koji su sakupljeni tokom jeseni i zime bio ispod detekcionog limita. U svim ostalim slučajevima V je bio prisutan i najveći tokom leta, a niži i često ispod detekcionog limita u uzorcima koji su sakupljeni u proleće (Grafik 15). Tako, u uzorcima zemljišta sa prirodnog staništa vrste *B. sempervirens* (BSMA) i sa urbanih staništa (BSKA i BSNB) vanadijum nije detektovan. U preostalim uzorcima zemljišta koje je sakupljeno tokom proleća količina V je bila od 5,23 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 13,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR). U letnjem periodu, sadržaj ukupnog V je bio u intervalu od 16,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 43,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST).

U uzorcima zemljišta (MAKA, MAFG i MANB) uzetim sa staništa vrste *M. aquifolium* u proleće, sadržaj ukupnog V nije detektovan, dok je u ostalim uzorcima bio u intervalu od 4,84 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 11,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST). Tokom leta sadržaj ukupnog V je varirao od 16,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 39,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), a na urbanom staništu do 37,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR).

Sadržaj ukupnog V u uzorcima zemljišta uzetim tokom proleća je bilo moguće detektovati samo u tri uzorka i to 4,84 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK, PLUST) i 8,41 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR), dok je u toku leta varirao od 4,04 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB) do 27,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST). U uzorcima uzetim sa prirodnog staništa (PLOS) i sa urbanog staništa (PLKA) V nije detektovan.



Grafik 15. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog V u zemljištu ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

4.2 Makroelementi (Mg, Ca, K) u listovima ispitivanih vrsta biljaka

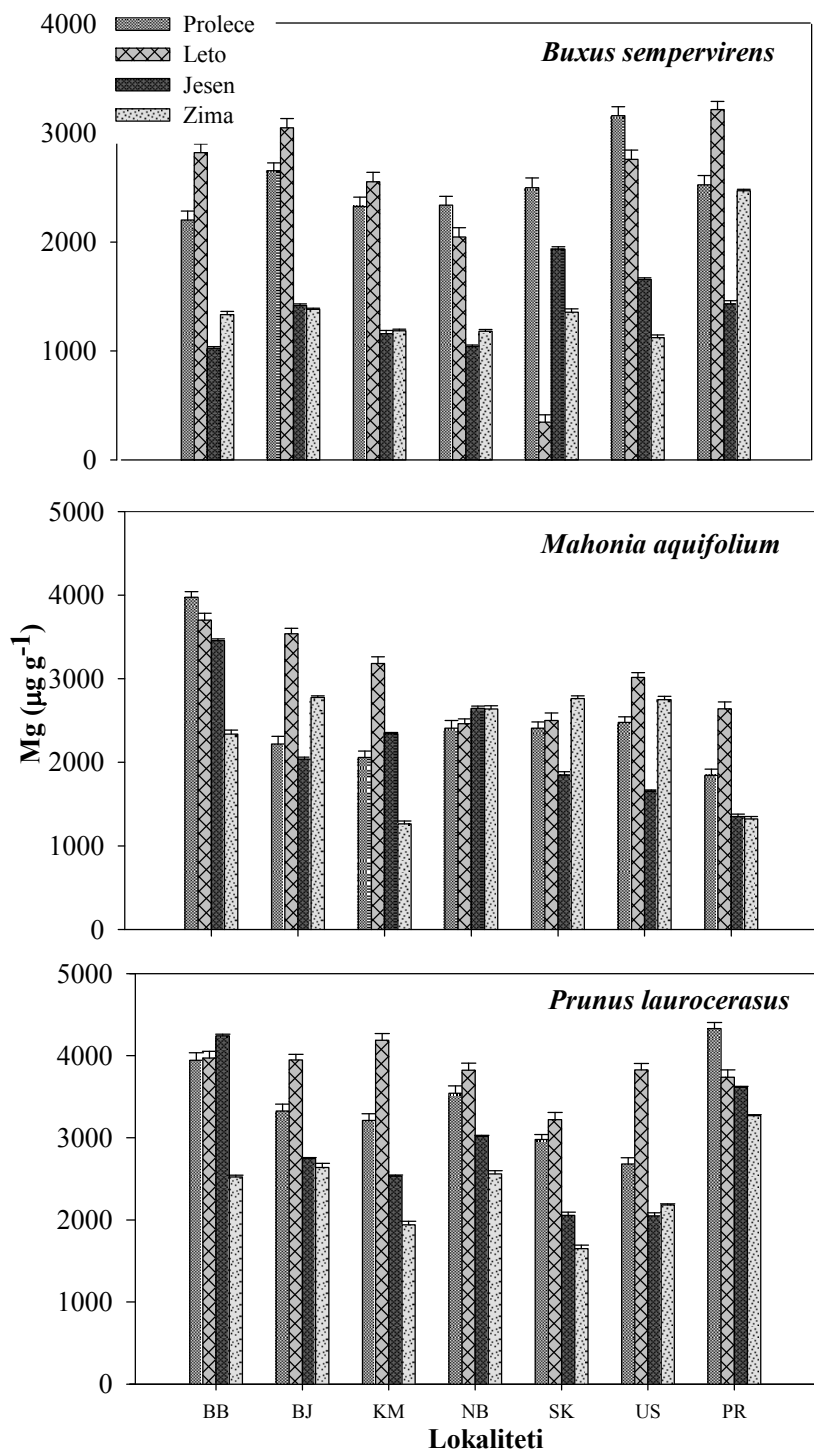
4.2.1 Količina magnezijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Sadržaj **magnezijuma** u listovima ispitivanih vrsta biljaka po sezonama, prikazan je na grafiku 16.

Sadržaj magnezijuma u listovima vrste *B. sempervirens* je, sakupljenim s proleća bio od 2202 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do 3160 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST), tokom leta od 346 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 3216 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), a na urbanom staništu do 3049 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR). U jesenjem i zimskom periodu sadržaj Mg u listovima je bio značajno niži u odnosu na prethodne dve sezone. Sadržaj magnezijuma u listovima sakupljenim u jesen su bile od 1024 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do 1935 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), a u periodu zime od 1123 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 2471 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), na urbanom staništu do 1382 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR).

Kod vrste *M. aquifolium*, sadržaj Mg u lišću je varirao tokom proleća od 1844 $\mu\text{g g}^{-1}$ koliko ga je bilo na prirodnom staništu biljke (MAFG), na urbanom staništu od 2058 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 3974 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB), u letnjem periodu od 2461 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 3701 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB). U listovima biljaka sa različitih lokaliteta koncentracija Mg je tokom jeseni bila u intervalu od 1352 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), odnosno na urbanom staništu od 1650 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 3455 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB), a u zimskom periodu od 1264 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 2777 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR).

U lišću vrste *P. laurocerasus* sadržaj Mg je u proleće varirao od 2682 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do 4330 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), a na urbanom staništu od 3944 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB), u letnjem periodu je bio u intervalu od 3221 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 4188 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), tokom jeseni od 2050 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do 4242 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB), a u zimskom periodu sadržaj Mg kod ove vrste je bio u intervalu od 1649 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 3269 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS) dok je na urbanom staništu bio od 2639 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR).



Grafik 16. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Mg u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

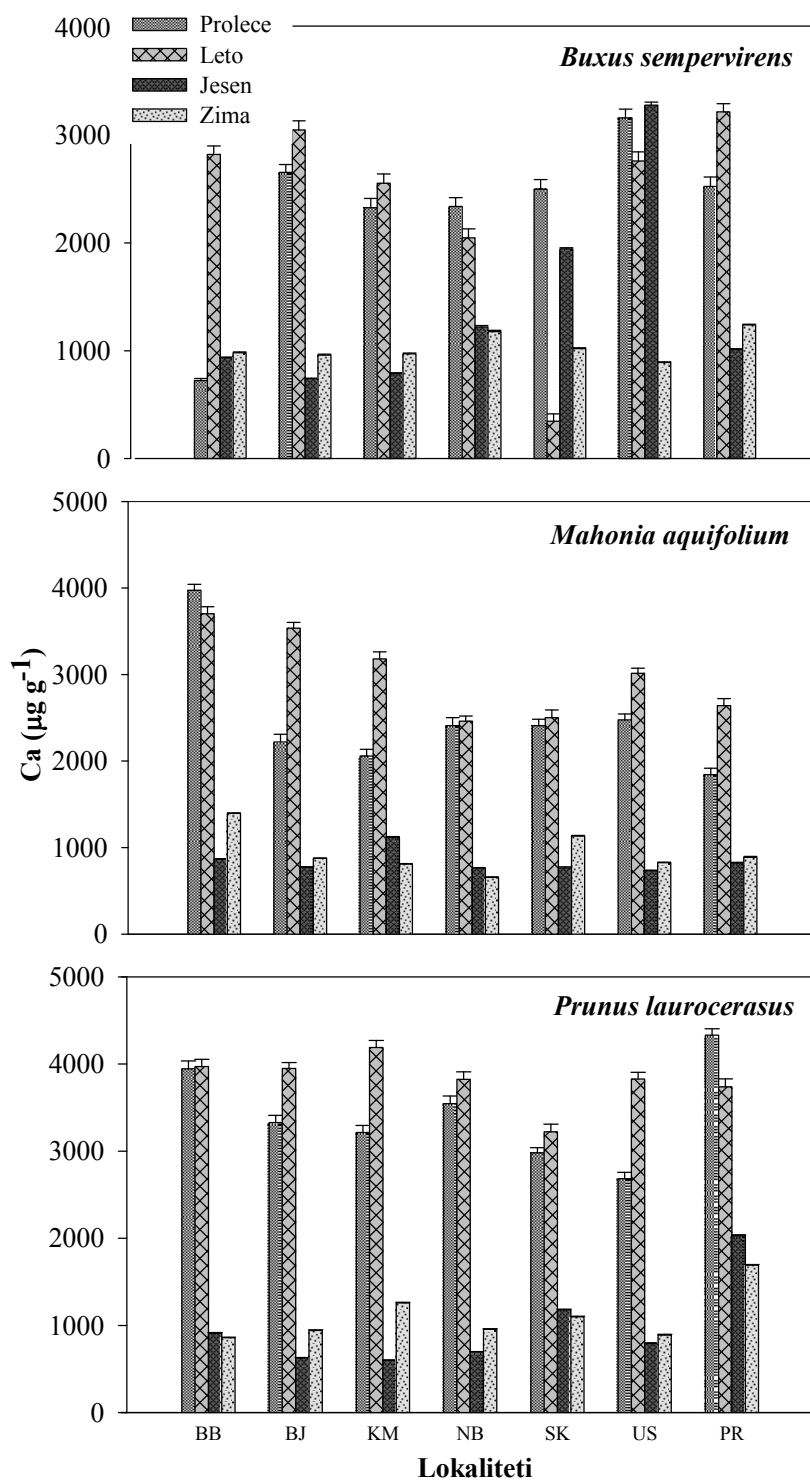
4.2.2 Količina kalcijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Sadržaj **kalcijuma** u listovima ispitivanih vrsta biljaka je u najvećem broju uzoraka bio višestruko viši tokom proleća i leta u odnosu na jesen i zimu (Grafik 17).

U listovima vrste *B. sempervirens* uzetim u proleće koncentracija Ca se kretala od 722 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do 3160 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST), u tokom leta od 346 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 3216 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), a na urbanom staništu do 3049 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR). U toku jeseni sadržaj Ca u listovima pomenute vrste je bio od 740 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 3278 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST), a u zimskom periodu od 890 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 1239 $\mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (BSMA), a na urbanom staništu do 1178 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB).

U listovima vrste *M. aquifolium*, sadržaj Ca je u proleće bio od 1844 $\mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (MAFG), a na urbanom od 2058 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 3974 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB), tokom leta od 2461 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 3701 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB), tokom jeseni od 734 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 1120 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA), u zimskom periodu od 655 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 1395 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB).

Koncentracija Ca kod vrste *P. laurocerasus* u uzorcima listova uzetim u proleće, je bila je od 2682 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do 4330 $\mu\text{g g}^{-1}$ koliko je izmereno na prirodnom staništu (PLOS), odnosno na urbanom staništu do 3944 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB). U letnjem periodu sadržaj Ca u listovima bio je od 3221 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 4188 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), tokom jeseni od 601 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 2028 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS) na prirodnom staništu, dok je najveća vrednost na urbanom staništu bila 1178 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK). U zimskom periodu sadržaj Ca u listovima vrste *P. laurocerasus* je izmeren od 859 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 1692 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS) na prirodnom staništu, odnosno do 1259 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) na urbanom staništu.



Grafik 17. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Ca u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

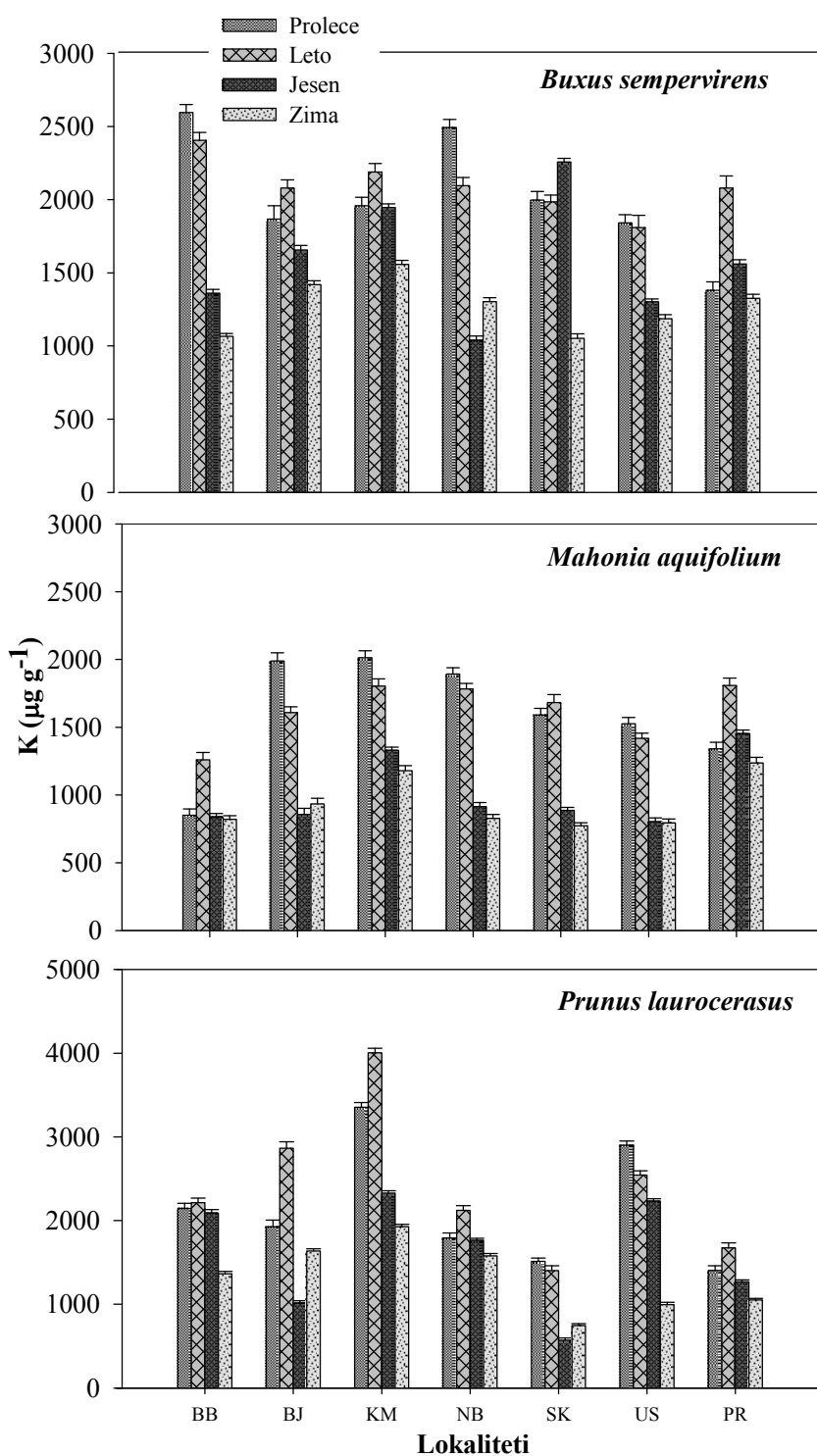
4.2.3 Količina kalijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Na grafiku 18 je predstavljena promena sadržaja **kalijuma** u listovima ispitivanih vrsta biljaka po sezonama.

Kod vrste *B. sempervirens*, sadržaj K je u proleće bio od 1380 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), odnosno na urbanom staništu od 1842 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 2595 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), tokom leta sadržaj K je bio od 1808 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 2406 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), u jesen od 1039 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 2257 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), a u zimskom periodu od 1053 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 1558 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA).

Sadržaj K u listovima ispitivane vrste *M. aquifolium* je tokom proleća bio od 851 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 2012 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA), tokom leta od 1260 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 1809 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), na urbanom staništu do 1804 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA), tokom jeseni od 804 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 1453 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), odnosno na urbanom staništu do 1328 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) i u zimskom periodu od 773 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 1236 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), a na urbanom staništu do 1179 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA).

Kod vrste *P. laurocerasus*, sadržaj K je u proleće bio od 1405 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS) na prirodnom staništu, a na urbanom staništu od 1514 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 3355 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), u letnjem periodu od 1402 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 4004 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), u jesen od 572 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 2329 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), a tokom zimskog perioda od 746 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 1928 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA).



Grafik 18. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog K u listovima ispitivanih vrsta biljaka (µg g⁻¹) na istraživanim lokalitetima

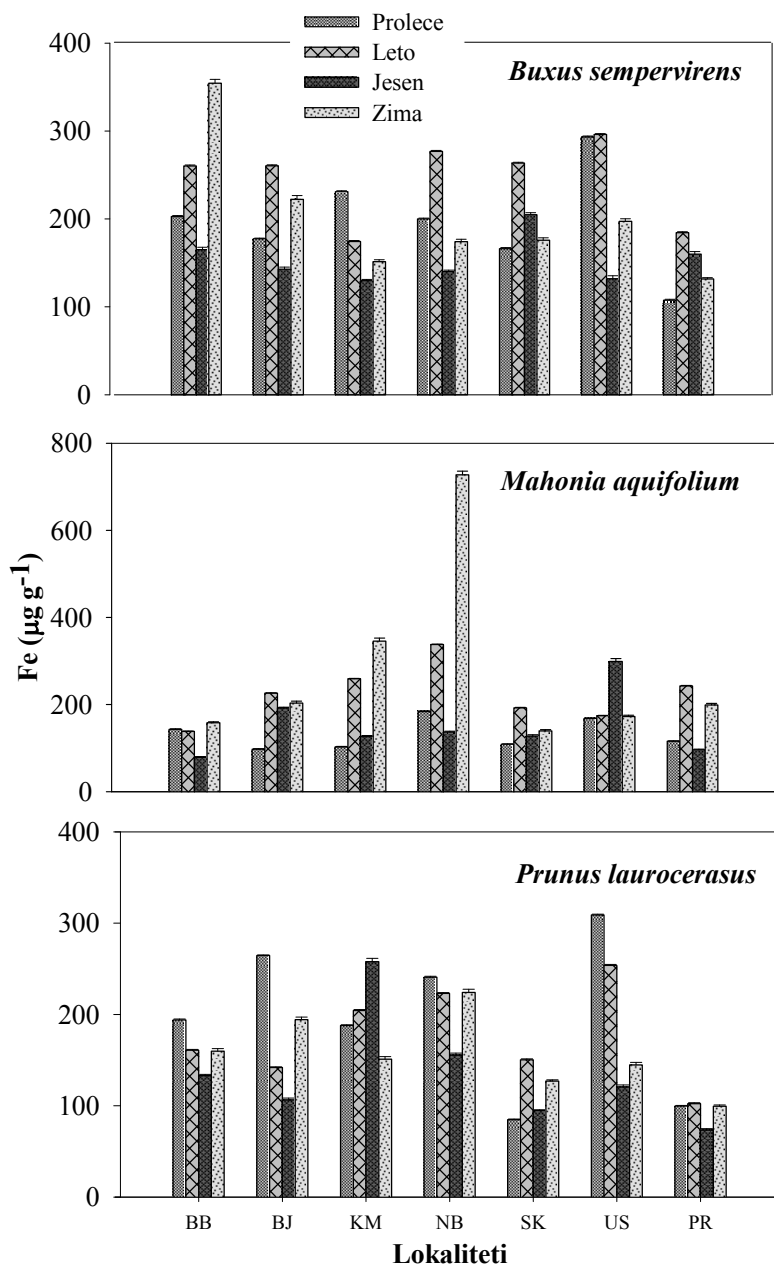
4.2.4 Količina gvožđa u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Promena sadržaja **gvožđa** u listovima ispitivanih vrsta biljaka po sezonama, je predstavljeno na grafiku 19.

U listovima vrste *B. sempervirens* sadržaj Fe je tokom proleća je bio od 108 $\mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (BSMA), a na urbanom staništu od 166 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 293 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST). Tokom leta je količina Fe bila od 174 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 296 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST), tokom jeseni od 130 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 205 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), a u zimskom periodu od 132 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), odnosno na urbanom staništu od 152 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 354 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB).

Kod vrste *M. aquifolium* sadržaj Fe je u proleće bio od 97,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR) do 184 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), tokom leta od 138 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 338 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), u jesen od 78,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 299 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) i u zimskom periodu od 139 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 727 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB).

Sadržaj Fe u uzorcima listova vrste *P. laurocerasus* je tokom proleća bio od 84,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 309 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST), u letnjem periodu od 102 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), odnosno na urbanom staništu od 142 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) do 254 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST). Tokom jeseni sadržaj Fe u listovima vrste *P. laurocerasus* je varirao od 73,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), na urbanom staništu od 94,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 258 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA), a tokom zimskog perioda od 99,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), a na urbanom staništu od 127 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 224 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB).



Grafik 19. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Fe u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

4.3 Toksični metali i vanadijum u listovima ispitivanih vrsta biljaka

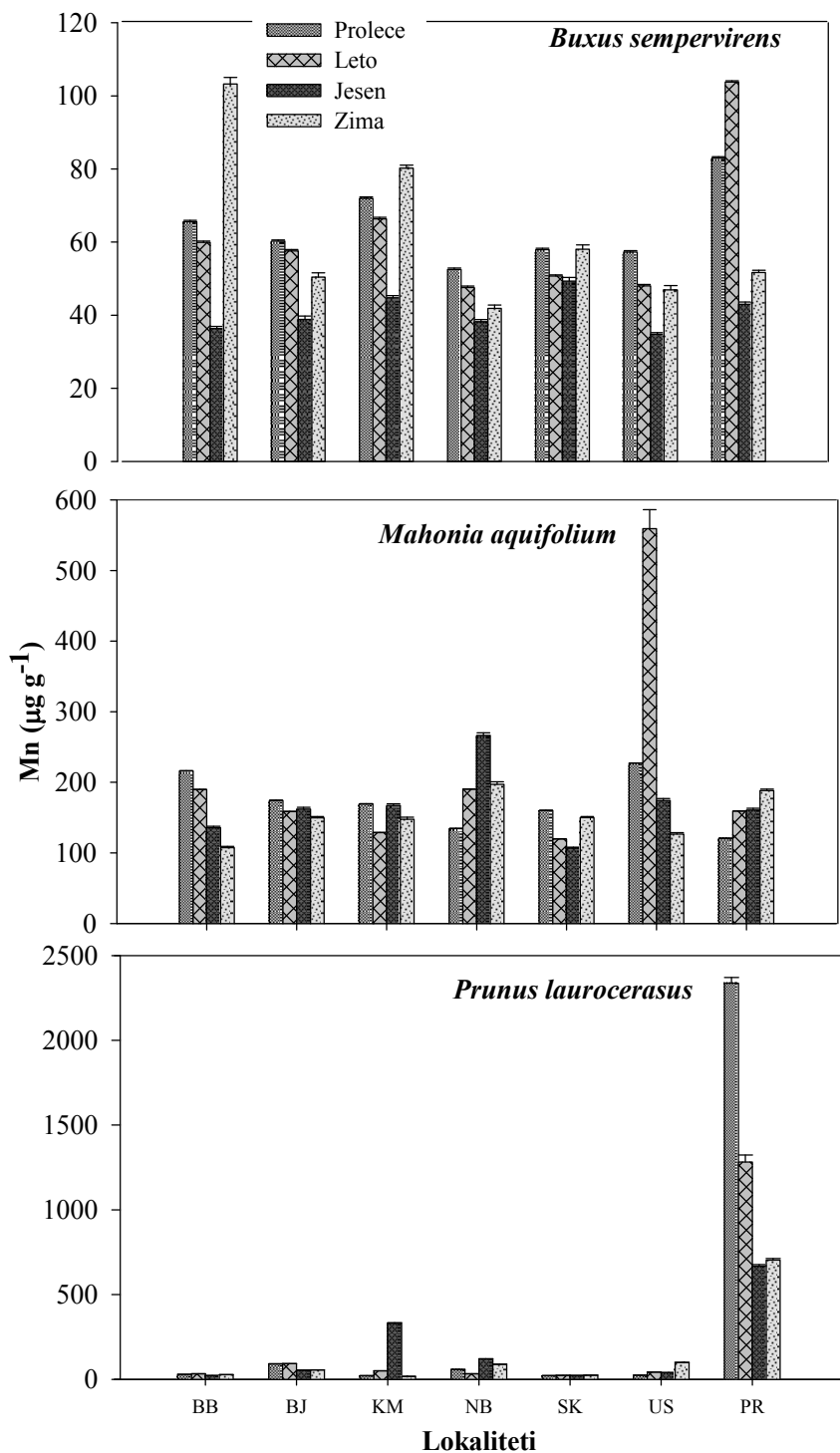
4.3.1 Količina mangana u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Koncentracija **mangana** u uzorcima listova ispitivanih vrsta sa prirodnih staništa i urbanih lokaliteta prikazana je na grafiku 20.

Kod uzoraka listova vrste *B. sempervirens* uzetim u proleće, izmerena koncentracija Mn je bila od 52,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 82,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), odnosno na urbanom staništu do 72,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA). U uzorcima sakupljenim tokom leta koncentracija Mn je bila od 47,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 104 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), a na urbanom staništu do 66,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA). U toku jeseni sadržaj Mn u listovima pomenute vrste je bio od 34,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 49,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK), a u zimskom periodu od 41,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 103 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB).

U listovima vrste *M. aquifolium* sadržaj Mn je u proleće bio od 121 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), a na urbanom staništu od 134 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 227 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST), tokom leta od 120 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 559 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST), tokom jeseni od 107 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 266 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), u zimskom periodu od 107 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 197 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB).

U listovima vrste *P. laurocerasus*, najviša koncentracija mangana je izmerena je u uzorcima listova sakupljenih sa prirodnog staništa (PLOS). U sakupljenim uzorcima koncentracija mangana ($\mu\text{g g}^{-1}$) je bila: tokom proleća 2336, leti 1282, u jesen 667 i tokom zimskog perioda 703. Koncentracija Mn kod vrste *P. laurocerasus* u uzorcima listova uzetim: u proleće je bila od 20,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 92,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR), u letnjem periodu od 23,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 92,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR), tokom jeseni od 21,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 330 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) i u zimskom periodu od 17,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 98,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST).



Grafik 20. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Mn u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

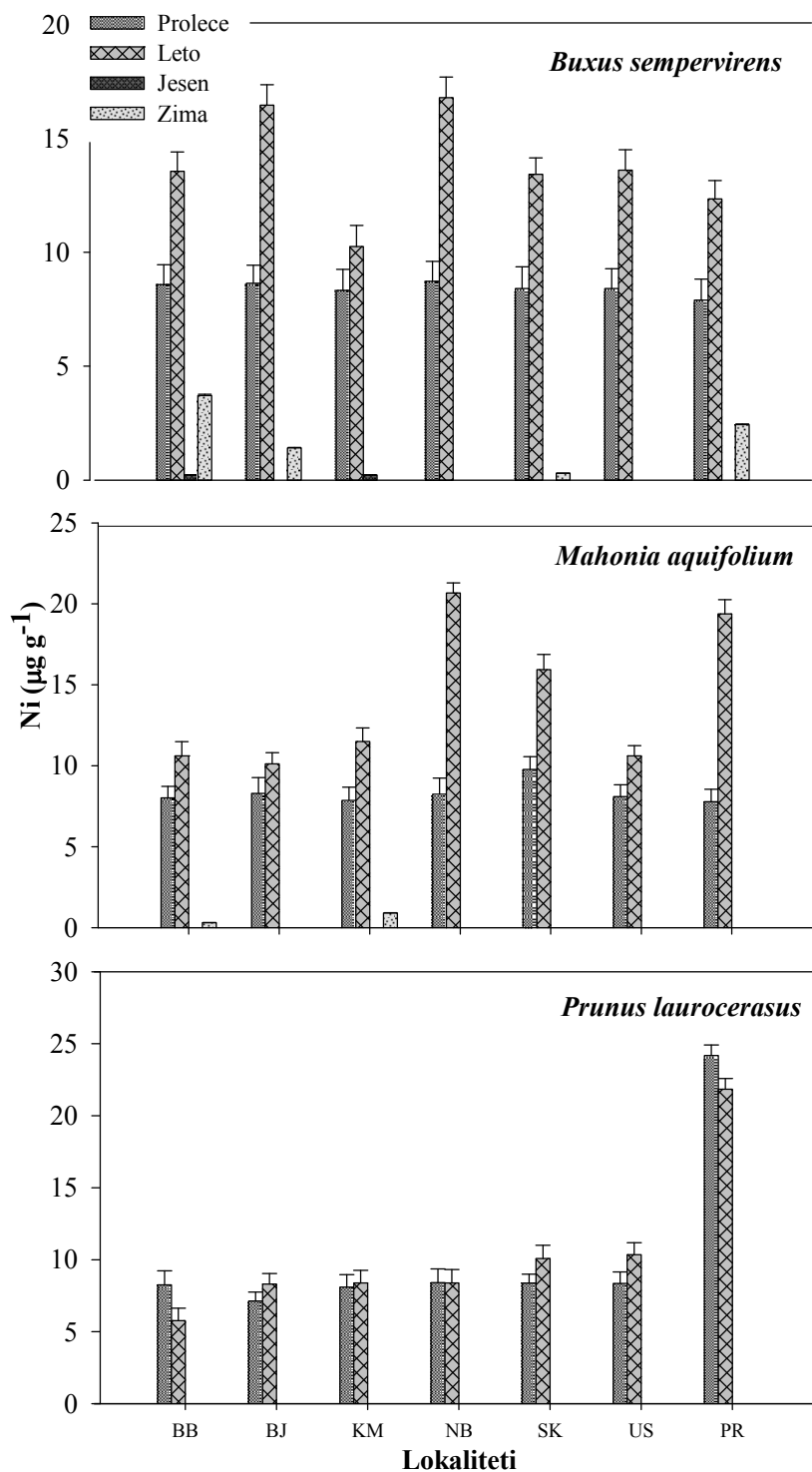
4.3.2 Količina nikla u listovima ispitivanih vrsta biljaka

U listovima biljaka uzorkvanih tokom proleća i leta sadržaj **nikla** je bio znatno viši (i do 20 puta) od sadržaja u listovima sakupljenim tokom jeseni i zime. Iz prikazanih rezultata (Grafik 21) sledi da je kod najvećeg broja merenja sadržaj nikla u listovima uzorkovanim tokom jeseni i zime bio ispod granice detekcije instrumenta.

Sadržaj Ni u uzorcima listova vrste *B. sempervirens* uzetim u proleće je bio od 7,89 $\mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (BSMA), a na urbanom od 8,33 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 8,72 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB). U uzorcima listova uzetim tokom leta sadržaj Ni je bio u intervalu od 10,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 16,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB), tokom jeseni samo u dva uzorka listova (BSBB i BSKA) detektovan je Ni (0,22 $\mu\text{g g}^{-1}$). U zimskom periodu sadržaj Ni nije izmeren u uzorcima listova BSKA, BSNB i BSUST, a u ostalim uzorcima je bio od 0,30 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 3,71 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB).

U listovima vrste *M. aquifolium* sadržaj Ni je u proleće bio u intervalu od 7,78 $\mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (MAFG), odnosno na urbanom od 7,86 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 9,77 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK). U letnjem periodu sadržaj Ni u listovima pomenute vrste je bio od 10,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR) do 20,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), dok u uzorcima listova uzetim u jesen Ni nije detektovan. U uzorcima uzetim u zimskom periodu Ni je detektovan samo u listovima biljaka sa dva lokaliteta (MABB, 0,30 $\mu\text{g g}^{-1}$; MAKA, 0,90 $\mu\text{g g}^{-1}$).

Tokom proleća je sadržaj Ni u listovima vrste *P. laurocerasus* bio od 7,13 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) do 24,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), odnosno na urbanom staništu do 8,41 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), u letnjem periodu od 5,77 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 21,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), a na urbanom staništu do 10,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST), dok u svim uzorcima listova uzetim tokom jeseni i zime Ni nije detektovan.



Grafik 21. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Ni u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

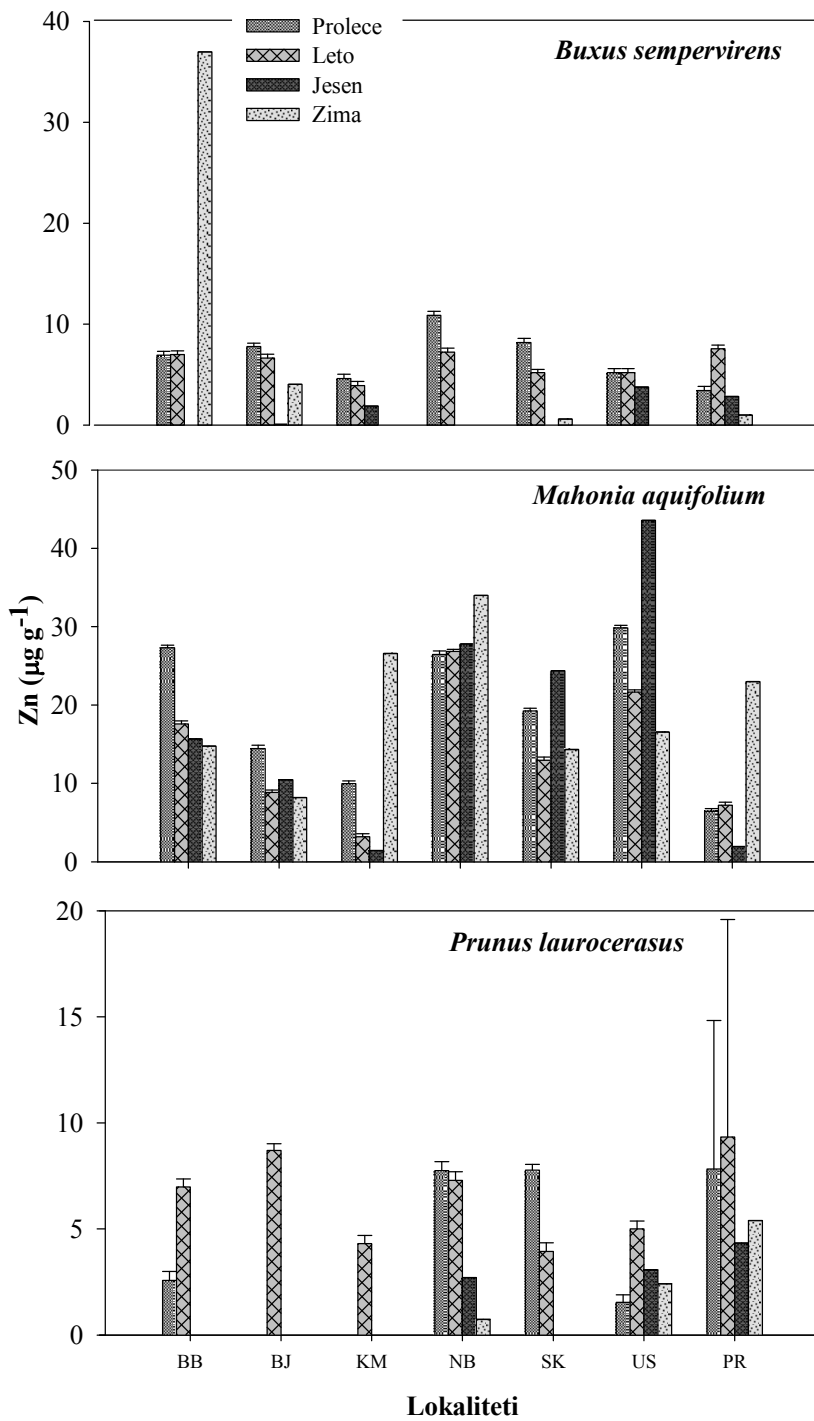
4.3.3 Količina cinka u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Količina **cinka** u uzorcima listova ispitivanih vrsta sa prirodnih staništa i urbanih lokaliteta prikazana je na grafiku 22.

U uzorcima listova ispitivane vrste *B. sempervirens*, uzetim u proleće, koncentracija Zn je bila od 3,43 $\mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (BSMA), odnosno na urbanom staništu od 4,62 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 10,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB). U uzorcima uzetim tokom leta, sadržaj Zn bio je od 3,92 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 7,56 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), odnosno na urbanom staništu do 7,23 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB). U toku jeseni sadržaj Zn u listovima pomenute vrste je bio od 0,08 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 3,78 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST), pri čemu u uzorcima listova BSBB, BSSK i BSNB ovaj element nije detektovan. U zimskom periodu sadržaj Zn bio je od 0,59 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 37,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), dok u uzorcima listova BSKA, BSNB i BSUST, ovaj element nije detektovan.

U listovima vrste *M. aquifolium* sadržaj Zn je u proleće bio od 6,44 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), a na urbanom staništu od 9,96 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 29,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST). Tokom leta je bio od 3,20 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 26,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), tokom jeseni od 1,43 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 43,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST), u zimskom periodu od 8,18 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR) do 34,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB).

Koncentracija Zn kod vrste *P. laurocerasus*, u uzorcima listova uzetim u proleće, je bio od 1,54 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST) do 7,82 $\mu\text{g g}^{-1}$ (na prirodnom staništu, PLOS), odnosno do 7,77 $\mu\text{g g}^{-1}$ (na urbanom staništu, PLSK). U letnjem periodu sadržaj Zn u listovima bio je u intervalu od 3,94 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 9,33 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), odnosno na urbanom staništu do 8,70 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR). U biljkama sa samo tri od ukupno sedam lokaliteta je detektovan Zn tokom jeseni, a vrednosti su se kretale od 2,71 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB) do 4,33 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), što je na prirodnom staništu, dok je najveća vrednost na urbanom staništu bila 3,06 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST). U zimskom periodu je Zn detektovan u tri uzorka: PLOS – 5,39 $\mu\text{g g}^{-1}$, PLUST – 2,42 $\mu\text{g g}^{-1}$ i PLNB – 0,73 $\mu\text{g g}^{-1}$. U uzorcima listova sa ostalih lokaliteta Zn nije detektovan u zimskom periodu kod pomenute vrste.



Grafik 22. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Zn u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraženim lokalitetima

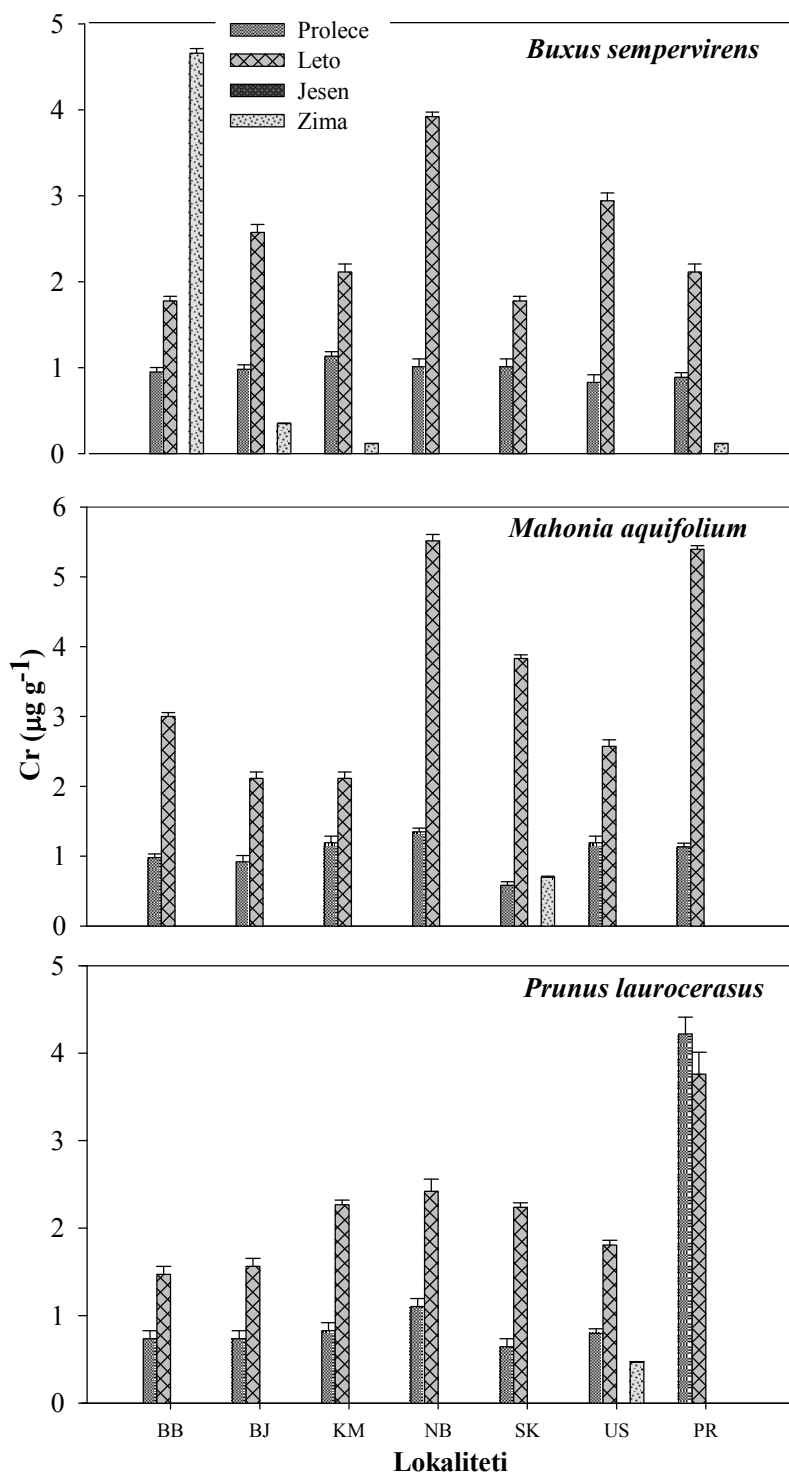
4.3.4 Količina hroma u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Na grafiku 23 su prikazane količine **hroma** u listovima ispitivanih vrsta biljaka po sezonama i lokalitetima.

Kod vrste *B. sempervirens*, sadržaj Cr je u proleće bio u intervalu od 0,83 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 1,13 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA), dok je tokom leta sadržaj Cr varirao od 1,78 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB i BSSK) do 3,92 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB). U uzorcima listova vrste *B. sempervirens* uzetim u jesen Cr nije detektovan ni na jednom od lokaliteta. U zimskom periodu ukupni Cr detektovan je u četiri uzorka i to u količini 0,12 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA i BSMA), 0,35 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) i 4,66 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), dok u uzorcima BSSK, BSNB i BSUST nije detektovan.

Sadržaj Cr u listovima ispitivane vrste *M. aquifolium* je tokom proleća varirao od 0,58 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 1,35 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), tokom leta od 2,11 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR i MAKKA) do 5,51 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB). U uzorcima listova uzetim tokom jeseni kao i u uzorcima uzetim u zimskom periodu (osim MASK), hrom nije detektovan. U uzorku listova MASK sadržaj Cr iznosio je 0,70 $\mu\text{g g}^{-1}$.

U listovima vrste *P. laurocerasus* količina Cr je u proleće bila u intervalu od 0,64 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK) do 4,22 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), a na urbanom staništu do 1,10 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), u letnjem periodu od 1,47 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 3,76 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), a na urbanom staništu do 2,42 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB). U uzorcima sakupljenim u jesen Cr nije detektovan, kao i u uzorcima uzetim u toku zime, osim u uzorku PLUST u kom ga je bilo 0,47 $\mu\text{g g}^{-1}$.



Grafik 23. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Cr u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

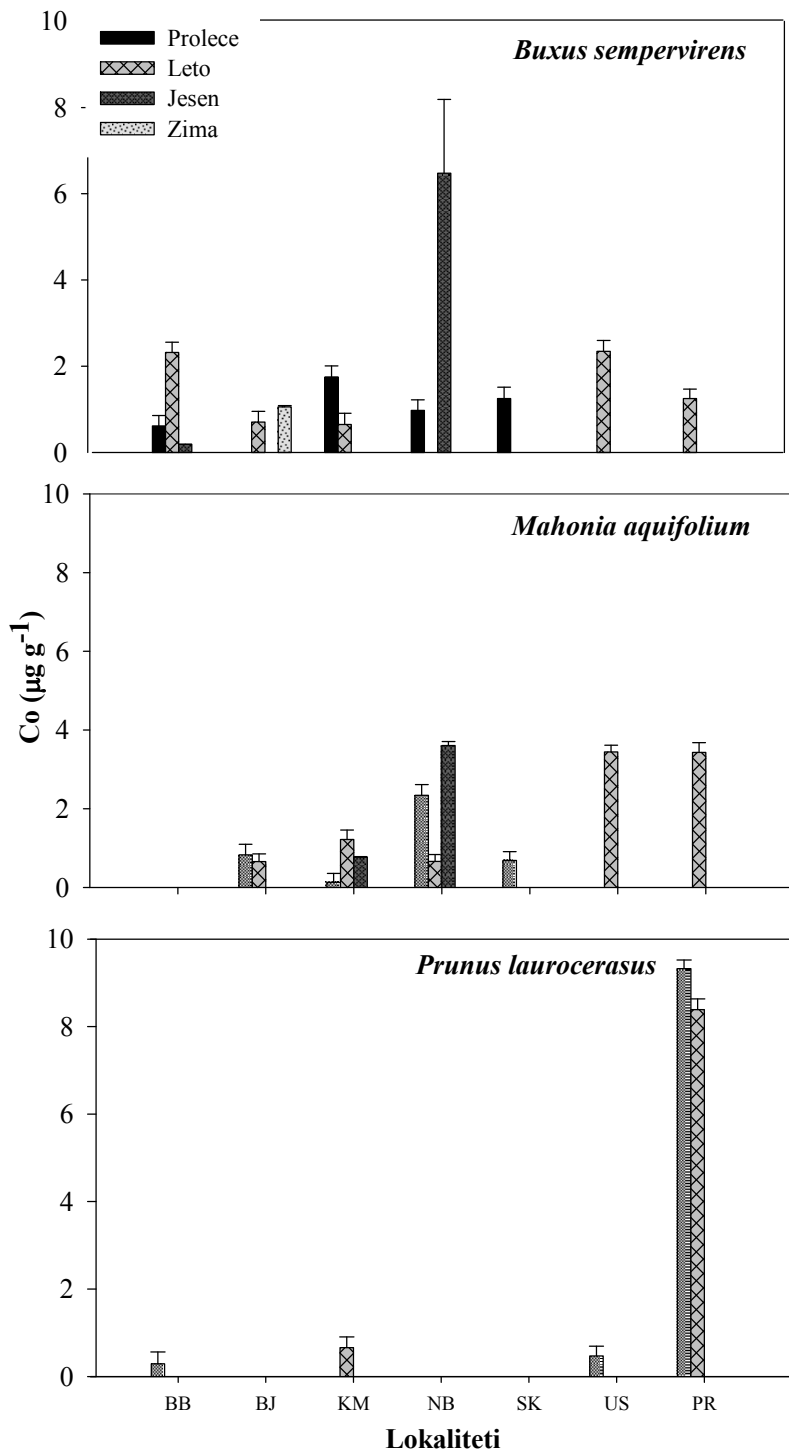
4.3.5 Količina kobalta u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Koncentracija **kobalta** u listovima ispitivanih vrsta biljaka po sezonama, prikazana je na grafiku 24.

U uzorcima listova ispitivane vrste *B. sempervirens* uzetim u proleće Co je detektovan u četiri uzorka i bio je u intervalu od 0,61 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) do 1,75 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA). U uzorcima listova BSSK i BSNB sakupljenim tokom leta kobalt nije detektovan, dok je u listovima biljaka sa preostalih lokaliteta sadržaj Co bio u intervalu od 0,65 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 2,35 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST). U toku jeseni sadržaj Co je detektovan samo u dva uzorka, i to BSBB – 0,19 $\mu\text{g g}^{-1}$ i BSNB – 6,47 $\mu\text{g g}^{-1}$. U zimskom periodu količinu kobalta je bilo moguće odrediti samo u jednom uzorku, BSHR u kom je iznosila 1,06 $\mu\text{g g}^{-1}$.

U listovima vrste *M. aquifolium* sakupljenim u proleće sadržaj kobalta je detektovan u četiri uzorka u kojima se kretao u intervalu od 0,12 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 2,34 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB). U uzorcima MAFG, MABB i MAUST, kobalt nije detektovan. Tokom leta, Co nije detektovan u uzorcima MASK i MABB, dok je u ostalim uzorcima bio u intervalu od 0,66 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR) do 3,44 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST). Tokom jeseni Co je detektovan u samo dva uzorka, i to MAKA (0,77 $\mu\text{g g}^{-1}$) i MANB (3,61 $\mu\text{g g}^{-1}$), dok u svim uzorcima listova uzetim u zimskom periodu Co nije detektovan kod ove vrste.

Koncentracija Co kod vrste *P. laurocerasus*, u uzorcima listova uzetim u proleće je bila od 0,29 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 9,33 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), a na urbanom staništu do 0,47 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST), što su ujedno i jedina tri uzorka u kojima je detektovan Co u ovoj sezoni. U letnjem periodu sadržaj Co u listovima pomenute vrste je detektovan samo u dva uzorka PLKA (0,66 $\mu\text{g g}^{-1}$) i PLOS (8,39 $\mu\text{g g}^{-1}$), a u uzorcima uzetim u jesenjem i zimskom periodu kobalt nije detektovan ni u jednom uzorku listova.



Grafik 24. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Co u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

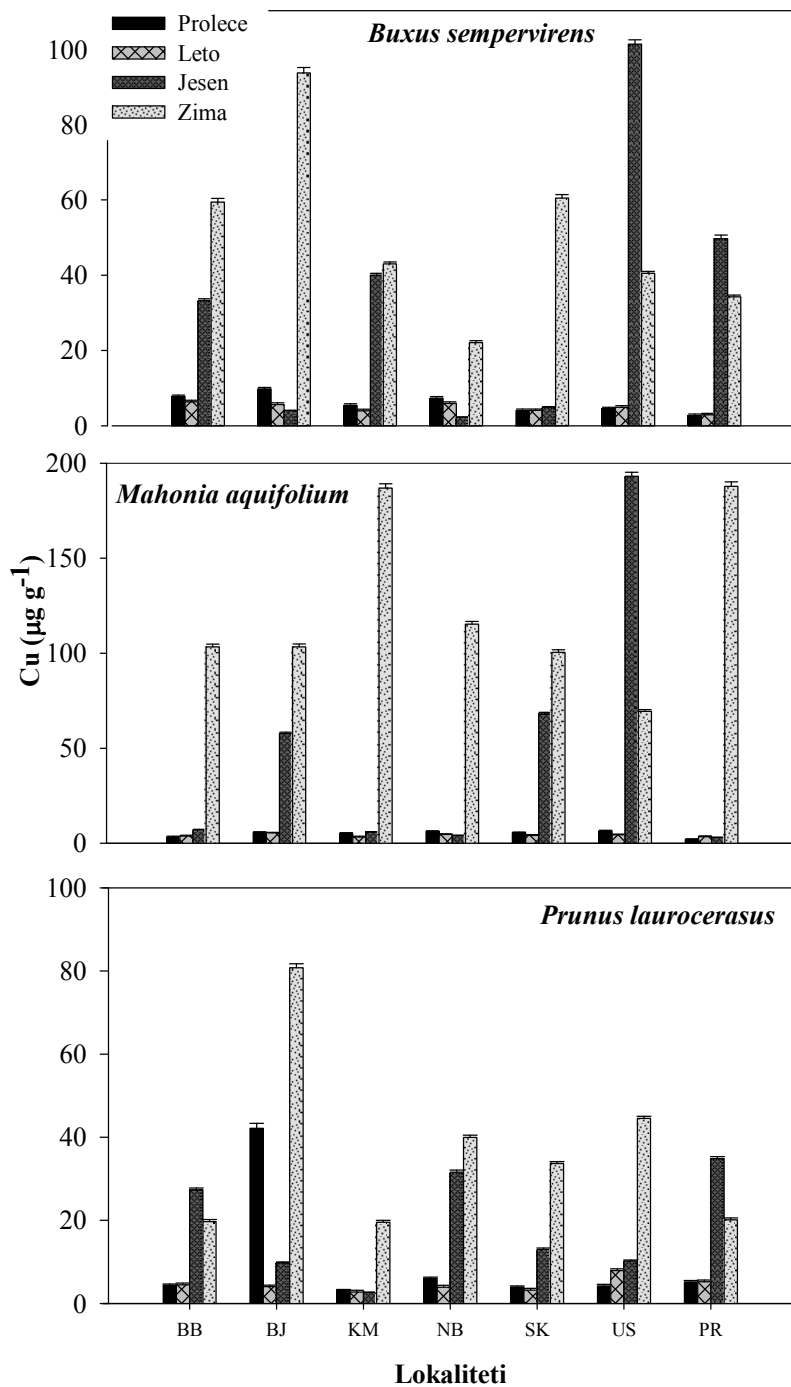
4.3.6 Količina bakra u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Koncentracija **bakra** u listovima ispitivanih vrsta biljaka sa prirodnih staništa i urbanih lokaliteta, po sezonama, prikazana je na grafiku 25.

U listovima vrste *B. sempervirens* uzorkovanim u proleće, sadržaj Cu je bio od 2,67 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA) na prirodnom staništu, odnosno od 3,97 $\mu\text{g g}^{-1}$ na urbanom (BSSK) do 9,78 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR). U uzorcima listova uzetim tokom leta Cu je bio od 2,89 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), odnosno na urbanom staništu od 3,95 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 6,36 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB). U toku jeseni sadržaj Cu u listovima pomenute vrste je od 2,28 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 101 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST), a u zimskom periodu od 22,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 93,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR).

U listovima vrste *M. aquifolium*, sadržaj Cu je u proleće bio od 1,94 $\mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (MAFG), a na urbanom staništu od 3,39 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB) do 6,44 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST), tokom leta od 3,27 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 5,42 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAHR), tokom jeseni od 3,12 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), na urbanom staništu od 4,09 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 193 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) i u zimskom periodu od 69,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 188 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), odnosno na urbanom staništu do 187 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA).

Koncentracija Cu kod vrste *P. laurocerasus*, u uzorcima listova uzetim u proleće, je izmeren od 3,18 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 42,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR). U letnjem periodu sadržaj Cu u listovima, bio je od 2,77 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 7,93 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST), tokom jeseni od 2,67 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 34,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (prirodno stanište, PLOS) odnosno do 31,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ koliko je izmereno u listovima sa lokaliteta u gradu (PLNB). U zimskom periodu sadržaj Cu u listovima vrste *P. laurocerasus* bio je od 19,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 80,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR).



Grafik 25. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Cu u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

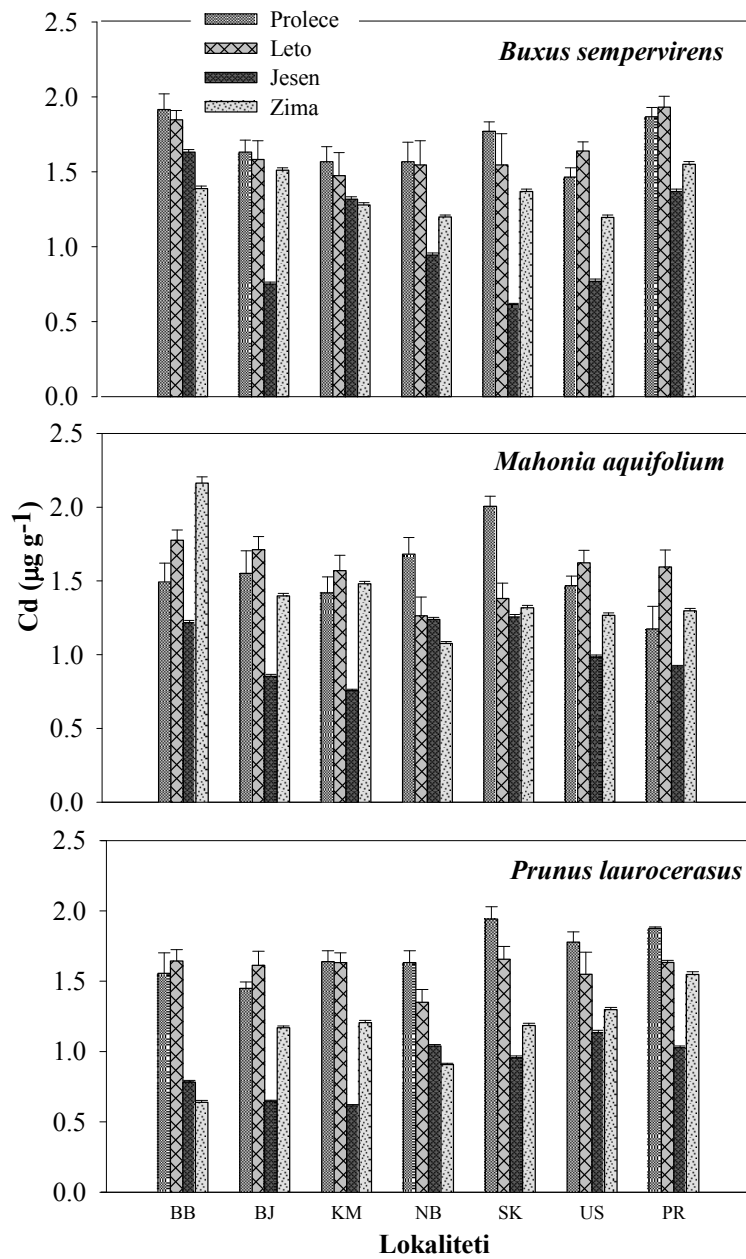
4.3.7 Količina kadmijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Na grafiku 26 je prikazan sadržaj **kadmijuma** u listovima ispitivanih vrsta biljaka po sezonama i lokalitetima.

Kod vrste *B. sempervirens* sadržaj Cd je u proleće bio u intervalu od 1,47 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSUST) do 1,92 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), tokom leta od 1,48 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA) do 1,93 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), a na urbanom staništu do 1,85 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), u jesen od 0,61 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 1,63 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), u zimskom periodu od 1,20 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB i BSUST) do 1,55 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), a na urbanom staništu do 1,51 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR).

Sadržaj Cd u listovima ispitivane vrste *M. aquifolium* je tokom proleća varirao od 1,17 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), na urbanom staništu od 1,42 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 2,01 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK), tokom leta od 1,26 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 1,78 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB), tokom jeseni od 0,76 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAKA) do 1,26 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) i u zimskom periodu od 1,08 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB) do 2,16 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB).

U listovima vrste *P. laurocerasus* sadržaj Cd je u proleće bio u intervalu od 1,45 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR) do 1,94 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK), u letnjem periodu od 1,35 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB) do 1,66 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK), u jesen od 0,61 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 1,13 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST), a tokom zimskog perioda od 0,64 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 1,55 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), na urbanom staništu do 1,30 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST).



Grafik 26. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Cd u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

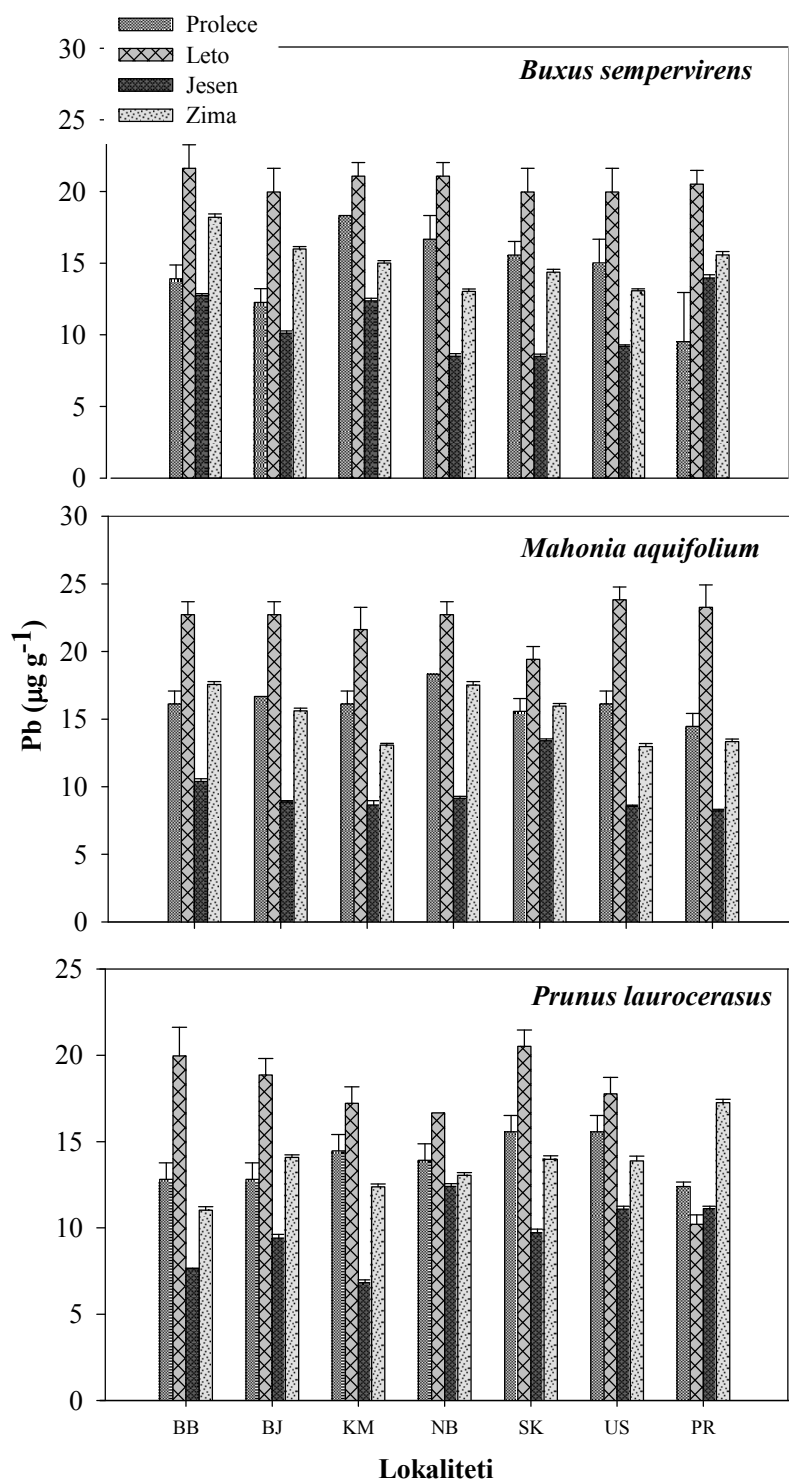
4.3.8 Količina olova u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Koncentracija **olova** u listovima ispitivanih vrsta biljaka po sezonama, prikazana je na grafiku 27.

U proleće je kod vrste *B. sempervirens* sadržaj Pb varirao od 9,52 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), a na urbanom staništu od 12,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSHR) do 18,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSKA), tokom leta je bio u intervalu od 20,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK, BSHR, BSUST) do 21,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB), tokom jeseni od 8,49 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSSK) do 14,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSMA), na urbanom staništu do 12,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB) i u periodu zime od 13,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSNB) do 18,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (BSBB).

Kod vrste *M. aquifolium* sadržaj olova u lišću je varirao tokom proleća od 14,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), na urbanom staništu od 15,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 18,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MANB), u letnjem periodu od 19,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) do 23,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST), tokom jeseni od 8,20 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAFG), na urbanom staništu od 8,53 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 13,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MASK) i u zimskom periodu od 13,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MAUST) do 17,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (MABB).

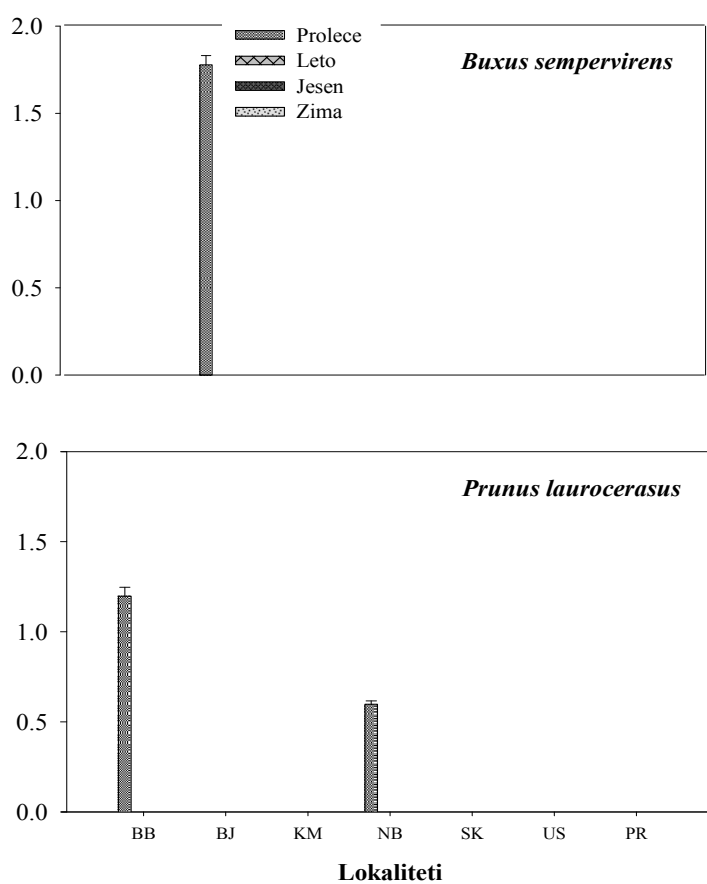
U lišću vrste *P. laurocerasus* količina olova je u proleće varirala od 12,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ na prirodnom staništu (PLOS), odnosno na urbanom staništu od 12,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB i PLHR) do 15,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLUST i PLSK). U letnjem periodu je bio u intervalu od 10,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLOS), na urbanom staništu od 16,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB) do 20,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLSK), tokom jeseni od 6,82 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLKA) do 12,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLNB), a u zimskom periodu sadržaj Pb kod ove vrste je bio u intervalu od 11,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLBB) do 17,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ koliko je izmereno kod biljaka sa prirodnog staništa (PLOS), dok je na urbanom staništu bio do 14,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (PLHR).



Grafik 27. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog Pb u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

4.3.9 Količina vanadijuma u listovima ispitivanih vrsta biljaka

Prisustvo **vanadijuma** u listovima ispitivane vrste *B. sempervirens*, detektovan je samo u jednom uzorku (BSHR) koji je uzorkovan u proleće i iznosi $1,78 \mu\text{g g}^{-1}$ (Grafik 28). U uzorcima listova vrste *M. aquifolium*, sadržaj V nije detektovan ni u jednom uzorku, a u listovima vrste *P. laurocerasus*, V je detektovan u dva uzorka, oba sakupljena u proleće (PLBB, $1,20 \mu\text{g g}^{-1}$ i PLNB, $0,60 \mu\text{g g}^{-1}$).



Grafik 28. Sezonska dinamika koncentracije ukupnog V u listovima ispitivanih vrsta biljaka ($\mu\text{g g}^{-1}$) na istraživanim lokalitetima

4.4 Indeksi bioakumulacije (IBA)

4.4.1. Indeks bioakumulacije Mg i Ca kod vrste *Buxus sempervirens*

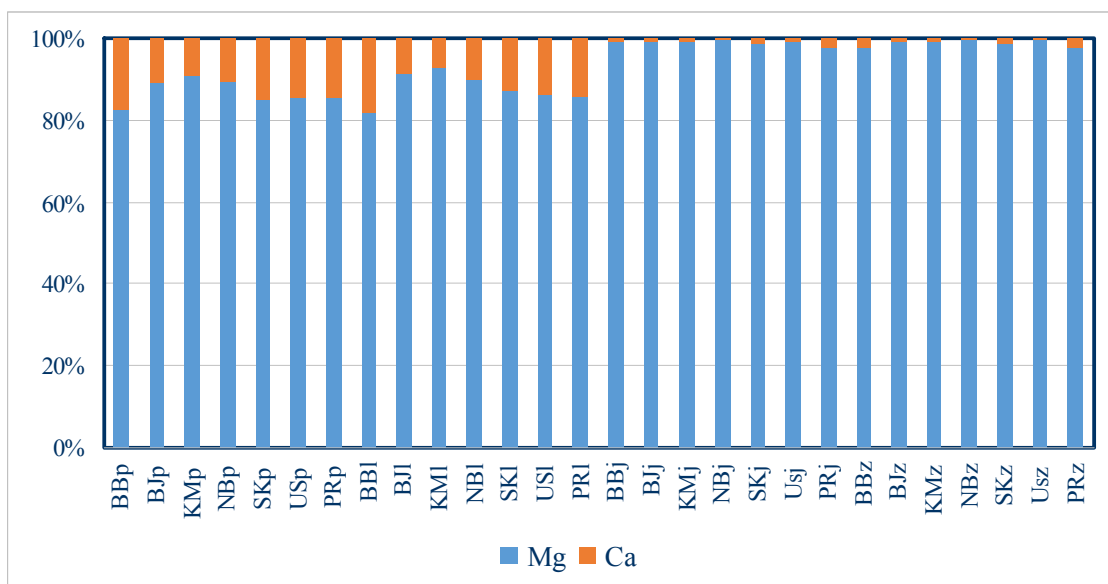
U tabeli 26 prikazana je sezonska dinamika indeksa bioakumulacije Mg i Ca kod vrste *B. sempervirens*. Vrednost indeksa bioakumulacije je u jesenjem i zimskom periodu, za Mg, na svim lokalitetima, bio veći od 1 (**IBA>1**), tokom leta je bio manji od 1 (**IBA<1**), osim na lokalitetima Novi Beograd i Savski kej, dok je u proleće bio manji od 1 (**IBA<1**) samo na lokalitetu Novi Beograd. Visoke vrednosti indeksa bioakumulacije za Mg su bile tokom jeseni na lokalitetima Savski kej (6,600) i Ustanička ulica (6,685). Vrednost indeksa bioakumulacije Ca je na svim lokalitetima i u svim sezonama bila manja od 1 (**IBA<1**).

Tabela 26. Indeks bioakumulacije Mg i Ca u listovima vrste *Buxus sempervirens* sa ispitivanih lokaliteta, po godišnjim dobima*

GODIŠNJE DOBA	ELEMENT	LOKALITET						
		BB	BJ	KM	NB	SK	US	PR
PROLEĆE	Mg	1,315	1,151	1,689	0,933	1,205	1,768	0,786
LETO	Mg	2,169	1,274	2,408	0,956	0,268	1,846	2,071
JESEN	Mg	3,862	3,253	5,992	2,436	6,600	6,685	7,653
ZIMA	Mg	4,582	5,410	3,424	2,559	2,975	2,781	4,788
PROLEĆE	Ca	0,053	0,417	0,174	0,176	0,230	0,324	0,356
LETO	Ca	0,225	0,542	0,190	0,173	0,036	0,269	0,332
JESEN	Ca	0,077	0,118	0,061	0,098	0,159	0,392	0,162
ZIMA	Ca	0,060	0,059	0,073	0,140	0,062	0,058	0,132

*za vrednosti IBA>1 brojevi su boldirani.

Na grafiku 29 prikazano je ukupno usvajanje Ca i Mg u listovima *B. sempervirens* tokom godišnjih doba na ispitivanim lokalitetima. Zaključuje se da je biljka usvojila veću količinu Mg u odnosu na Ca, tokom jeseni i zime, kao i da je biljka tokom proleća i leta usvojila veću količinu Ca u odnosu na jesen i zimu.



Grafik 29. Ukupno usvajanje Ca i Mg u listovima vrste *Buxus sempervirens* tokom godišnjih doba na ispitivanim lokalitetima

4.4.2 Indeks bioakumulacije Mg i Ca kod vrste *Mahonia aquifolium*

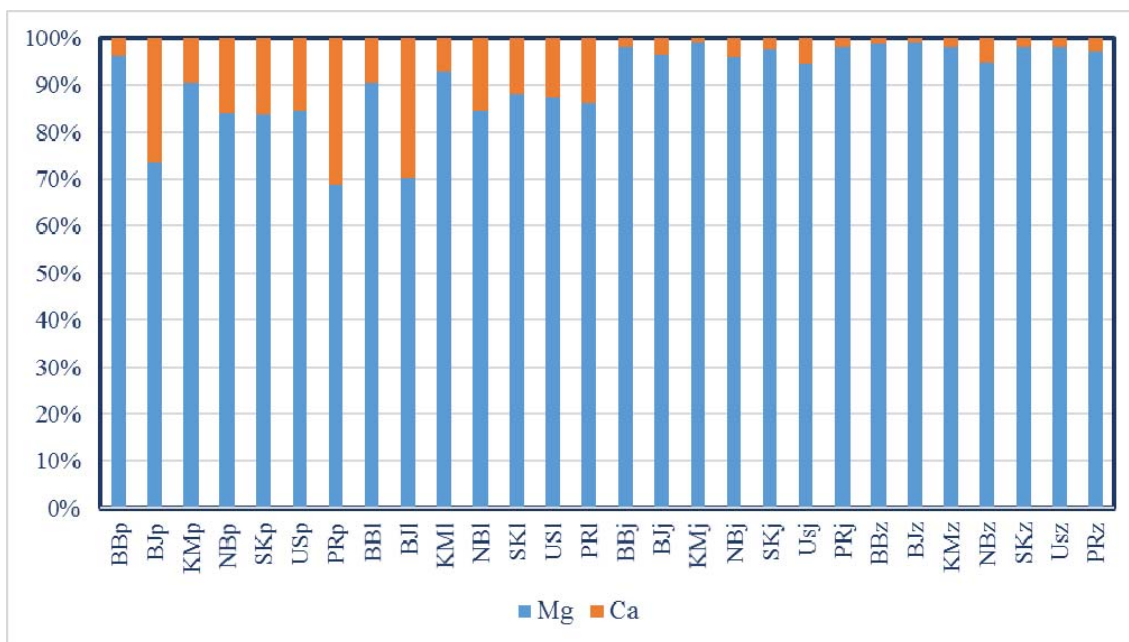
Vrednost indeksa bioakumulacije za Mg kod vrste *M. aquifolium* je tokom leta, jeseni i zime na svim lokalitetima bila veća od 1 (**IBA>1**) (Tabela 27). Vrednosti manje od 1 (**IBA<1**) zabeležene su samo tokom proleća i to u Ustaničkoj ulici i na prirodnom staništu. Najviše vrednosti indeksa bioakumulacije za Mg zabeležene su na lokalitetu Novi Beograd i to u jesenjem (15,850) i zimskom periodu (15,091). Vrednost indeksa bioakumulacije za Ca je na svim lokalitetima i u svim sezonama bila manja od 1 (**IBA<1**).

Tabela 27. Indeks bioakumulacije Mg i Ca u listovima vrste *Mahonia aquifolium* sa ispitivanih lokaliteta po godišnjim dobima*

GODIŠNJE DOBA	ELEMENT	LOKALITET						
		BB	BJ	KM	NB	SK	US	PR
PROLEĆE		1,348	1,307	1,495	2,038	1,109	0,996	0,745
LETO	Mg	1,218	2,712	3,000	2,181	1,345	1,238	1,072
JESEN	Mg	5,905	6,598	12,105	15,850	4,995	6,191	2,560
ZIMA	Mg	3,357	6,627	4,945	15,091	5,910	7,432	2,125
PROLEĆE	Mg	0,281	0,161	0,154	0,243	0,197	0,169	0,126
LETO	Ca	0,272	0,258	0,237	0,248	0,198	0,196	0,180
JESEN	Ca	0,064	0,069	0,087	0,082	0,067	0,056	0,060
ZIMA	Ca	0,079	0,053	0,050	0,051	0,073	0,045	0,045

*za vrednosti IBA>1 brojevi su boldirani

Na grafiku 30 prikazano je ukupno usvajanje Ca i Mg u listovima vrste *M. aquifolium* tokom godišnjih doba. Zaključuje se da je biljka usvojila veću količinu Mg u odnosu na Ca, tokom jeseni i zime, kao i da je biljka tokom proleća i leta usvojila veću količinu Ca u odnosu na jesen i zimu.



Grafik 30. Ukupno usvajanje Ca i Mg u listovima vrste *Mahonia aquifolium* tokom godišnjih doba na ispitivanim lokalitetima

4.4.3 Indeks bioakumulacije Mg i Ca kod vrste *Prunus laurocerasus*

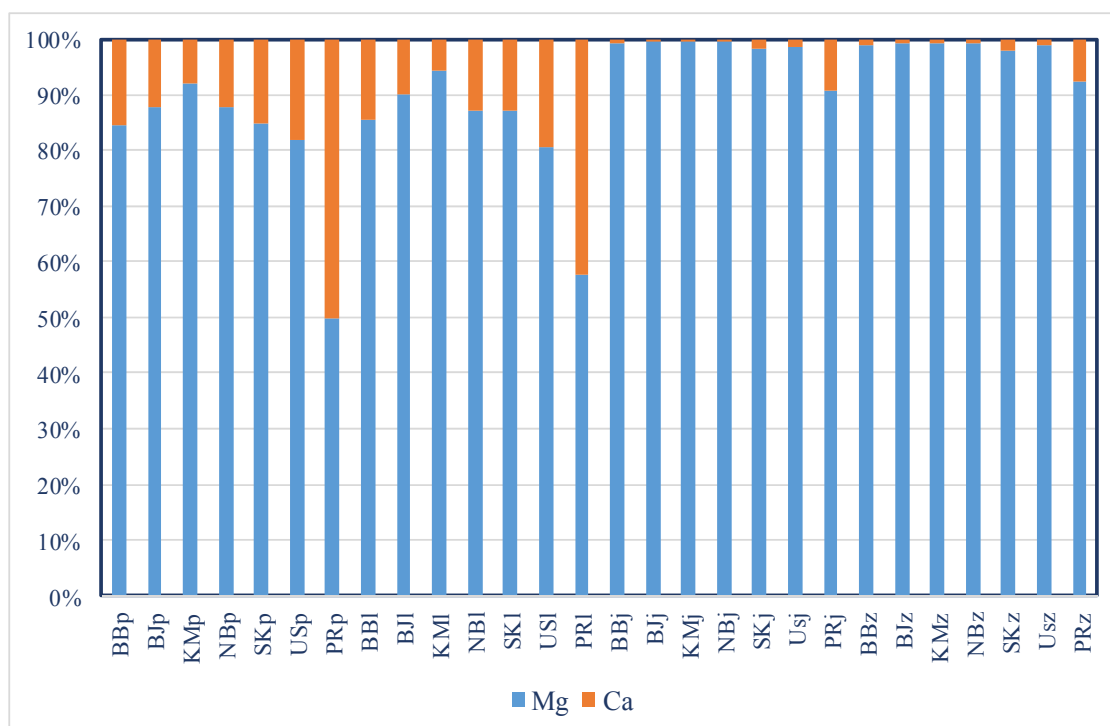
Tabela 28. Indeks bioakumulacije Mg i Ca u listovima vrste *Prunus laurocerasus* sa ispitivanih lokaliteta po godišnjim dobima*

GODIŠNJE DOBA	ELEMENT	LOKALITET						
		BB	BJ	KM	NB	SK	US	PR
PROLEĆE	Mg	1,748	1,886	2,632	2,475	1,372	1,485	3,340
LETO	Mg	1,949	2,630	4,952	2,429	1,732	2,766	1,733
JESEN	Mg	10,509	10,183	16,581	12,070	5,563	7,631	17,592
ZIMA	Mg	5,490	8,612	9,862	7,729	3,528	7,736	5,977
PROLEĆE	Ca	0,319	0,264	0,231	0,342	0,244	0,329	3,371
LETO	Ca	0,330	0,287	0,300	0,355	0,255	0,664	1,271
JESEN	Ca	0,081	0,050	0,046	0,061	0,103	0,108	1,803
ZIMA	Ca	0,056	0,057	0,069	0,061	0,071	0,082	0,490

*za vrednosti IBA>1 brojevi su boldirani

Za razliku od prethodne dve ispitivane vrste, vrednost indeksa bioakumulacije za Mg kod *P. laurocerasus* je tokom sve četiri sezone, na svim urbanim lokalitetima i prirodnom staništu bila veća od 1 (**IBA>1**) (Tabela 28). Visoke vrednosti indeksa bioakumulacije za Mg su izračunate za uzorke listova uzetim u jesen na lokalitetu Kalemegdan (16,581) i na prirodnom staništu (17,592). Vrednost indeksa bioakumulacije za Ca bila je veća od 1 (**IBA>1**) na prirodnom staništu u proleće, leto i jesen, a tokom zime na svim ispitivanim lokalitetima bila je manja od 1 (**IBA<1**).

Na grafiku 31 prikazano je ukupno usvajanje Ca i Mg u listovima vrste *P. laurocerasus* tokom godišnjih doba. Zaključuje se da je biljka usvojila veću količinu Mg u odnosu na Ca, tokom jeseni i zime, kao i da je, biljka tokom proleća i leta usvojila veću količinu Ca u odnosu na jesen i zimu. Vrsta *P. laurocerasus* je u odnosu na ostale vrste više akumulirala Ca na prirodnom staništu.



Grafik 31. Ukupno usvajanje Ca i Mg u listovima vrste *Prunus laurocerasus* tokom godišnjih doba na ispitivanim lokalitetima

4.4.4 Indeks bioakumulacije toksičnih metala i vanadijuma kod vrste *Buxus sempervirens*

Vrednost indeksa bioakumulacije kod vrste *Buxus sempervirens* je bila veća od 1 (**IBA>1**) za Cd na lokalitetu Bulevar JNA, u sve četiri sezone, u Botaničkoj bašti tokom jeseni i zime, a u Ustaničkoj ulici tokom leta i zime (Tabela 29).

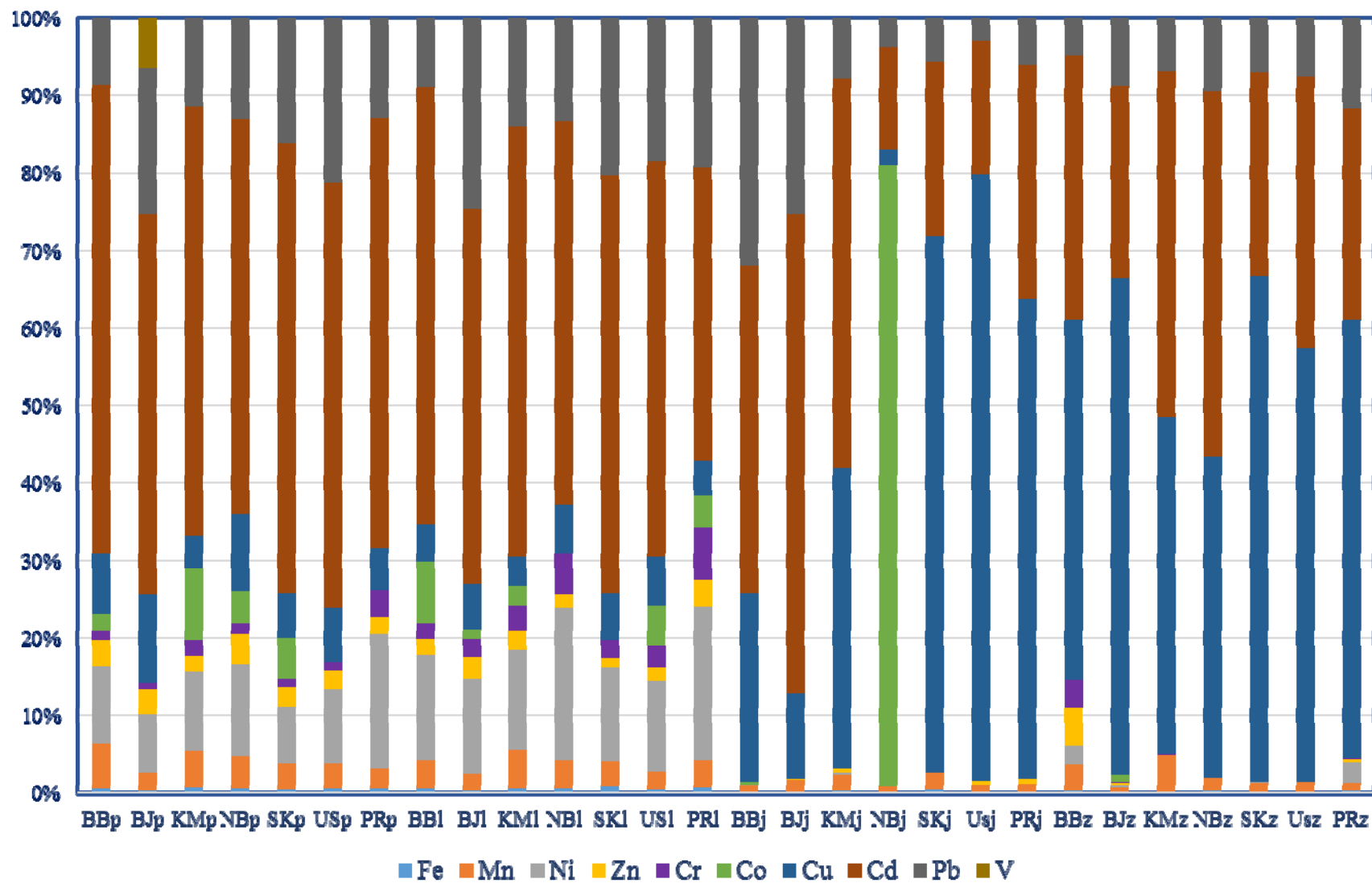
U jesen je indeks bioakumulacije je bio veći od 1 (**IBA>1**) za Pb na lokalitetu Botanička bašta, za Cu na Savskom keju, Ustaničkoj ulici i prirodnom staništu. U zimskom periodu, indeks bioakumulacije je bio veći od 1 (**IBA>1**) za Cu u Botaničkoj bašti, Bulevaru JNA, Savskom keju, Ustaničkoj ulici i prirodnom staništu.

Na grafiku 32 prikazano je ukupno usvajanje toksičnih (teških) metala i vanadijuma u listovima vrste *B. sempervirens* tokom godišnjih doba na istraživanim lokalitetima. Iz prikazanih podataka zaključuje se da su listovi *B. sempervirens* tokom svih sezona i na svim lokalitetima najviše usvojili Cd i Cu, a slabije Pb. Rezultati ukazuju: da se Ni usvajaja s proleća i tokom leta, a veoma slabo tokom zime i jeseni. Iz rezultata sledi da biljka veoma malo usvaja Cr (osim na lokalitetu Botanička bašta u zimskom periodu), i da biljka usvaja vanadijum jedino tokom proleća na lokalitetu Bulevar JNA.

Tabela 29. Indeks bioakumulacije toksičnih (teških) metala i vanadijuma za vrstu *Buxus sempervirens**

Element	Lokalitet						
	BB	BJ	KM	NB	SK	US	PR
Proleće							
Fe	0,007	0,006	0,009	0,007	0,005	0,010	0,005
Mn	0,073	0,054	0,065	0,063	0,050	0,059	0,026
Pb	0,103	0,405	0,148	0,180	0,220	0,354	0,120
Zn	0,039	0,076	0,027	0,053	0,035	0,040	0,023
Cu	0,095	0,248	0,055	0,141	0,083	0,117	0,052
Co	0,029	-	0,125	0,057	0,071	-	-
Cr	0,016	0,016	0,024	0,022	0,015	0,017	0,033
Cd	0,748	1.057*	0,727	0,710	0,803	0,919	0,521
Ni	0,123	0,157	0,134	0,164	0,101	0,160	0,161
V	-	0,135	-	-	-	-	-
Leto							
Fe	0,010	0,008	0,007	0,009	0,011	0,010	0,011
Mn	0,064	0,059	0,067	0,059	0,045	0,055	0,055
Pb	0,145	0,596	0,178	0,201	0,272	0,405	0,283
Zn	0,031	0,065	0,029	0,027	0,018	0,037	0,052
Cu	0,084	0,143	0,046	0,096	0,084	0,135	0,068
Co	0,128	0,035	0,033	-	-	0,117	0,061
Cr	0,038	0,054	0,044	0,080	0,027	0,062	0,099
Cd	0,947	1.181*	0,719	0,753	0,718	1.137*	0,555
Ni	0,227	0,299	0,166	0,298	0,161	0,260	0,290
V	-	-	-	-	-	-	-
Jesen							
Fe	0,005	0,004	0,006	0,005	0,007	0,005	0,006
Mn	0,033	0,028	0,040	0,036	0,043	0,038	0,034
Pb	1,062*	0,408	0,132	0,188	0,096	0,103	0,165
Zn	-	0,001	0,010	-	-	0,020	0,017
Cu	0,812	0,180	0,682	0,104	1,210*	2,849*	1,750*
Co	0,013	-	-	0,420	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-
Cd	1.410	1.008	0,886	0,689	0,393	0,632	0,851
Ni	0,004	-	0,003	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-
Zima							
Fe	0,010	0,006	0,004	0,005	0,004	0,005	0,006
Mn	0,108	0,041	0,097	0,039	0,048	0,045	0,029
Pb	0,139	0,615	0,132	0,184	0,244	0,218	0,286
Zn	0,151	0,033	-	-	0,002	-	0,008
Cu	1,407*	4,618*	0,856	0,809	2,339*	1,680*	1,402*
Co	-	0,070	-	-	-	-	-
Cr	0,106	0,008	0,002	-	-	-	0,005
Cd	1.027*	1.790*	0,878	0,913	0,941	1.053*	0,671
Ni	0,069	0,030	-	-	0,004	-	0,068
V	-	-	-	-	-	-	-

* vrednosti IBA>1



Grafik 32. Ukupno usvajanje toksičnih (teških) metala i vanadijuma u listovima vrste *Buxus sempervirens* tokom godišnjih doba na ispitivanim lokalitetima

4.4.5 Indeks bioakumulacije toksičnih metala i vanadijuma kod vrste *Mahonia aquifolium*

U tabeli 30 prikazano je ukupno usvajanje toksičnih (teških) metala i vanadijuma u listovima vrste *M. aquifolium* tokom godišnjih doba na istraživanim lokalitetima. Vrednost indeksa bioakumulacije za kadmijum, kod vrste *M. aquifolium*, je bila veća od 1 (**IBA>1**) u zimskom periodu na lokalitetima: Botanička bašta, Bulevar JNA, Kalemegdan, Savski kej i na prirodnom staništu. U proleće je indeks bioakumulacije za Cd, bio veći od 1 (**IBA>1**) na Savskom keju, u jesen u Botaničkoj bašti, a tokom leta u Bulevaru JNA, Ustaničkoj ulici i na prirodnom staništu.

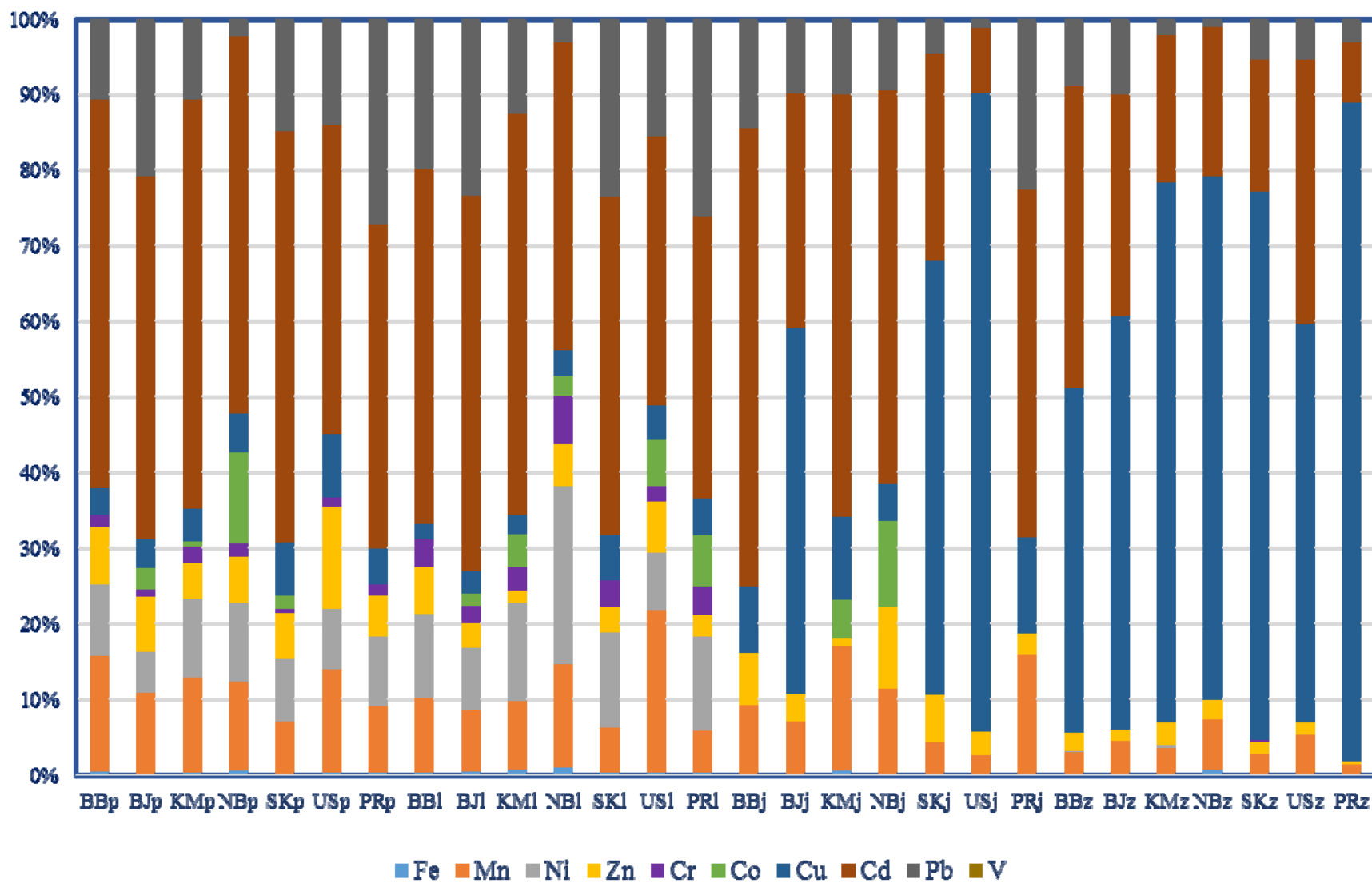
Iz rezultata sledi da je (**IBA>1**) u jesen za Cu na Savskom keju, Bulevaru JNA i u Ustaničkoj ulici. Zapaža se da je u zimskom periodu za bakar indeks bioakumulacije na svim staništima bio veći od 1 (**IBA>1**). Najveća vrednost IBA (12,515) izračunata za Cu na prirodnom staništu tokom zime.

Na osnovu kumulativnog prikaza (Grafik 33) količine usvojenih toksičnih (teških) metala i vanadijuma za vrstu *M. aquifolium* zaključuje se da je ova vrsta najintenzivnije usvajala Cd (tokom leta i zime) i Cu (tokom jeseni i zime). Iz rezultata sledi da *M. aquifolium* usvaja Pb intenzivnije tokom proleća i leta, ali i Cr, Ni, Cd i Co.

Tabela 30. Indeks bioakumulacije toksičnih (teških) metala i vanadijuma za vrstu *Mahonia aquifolium**

Element	Lokalitet						
	BB	BJ	KM	NB	SK	US	PR
Proleće							
Fe	0,005	0,003	0,004	0,007	0,004	0,006	0,004
Mn	0,206	0,192	0,152	0,163	0,140	0,274	0,131
Pb	0,145	0,376	0,131	0,032	0,306	0,282	0,404
Zn	0,102	0,133	0,058	0,083	0,1326	0,268	0,081
Cu	0,048	0,068	0,052	0,071	0,144	0,167	0,069
Co	-	0,050	0,009	0,165	0,035	-	-
Cr	0,021	0,017	0,026	0,024	0,012	0,027	0,023
Cd	0.693	0.863	0.659	0.684	1.115*	0.816	0.635
Ni	0,129	0,096	0,127	0,143	0,169	0,159	0,135
V	-	-	-	-	-	-	-
Leto							
Fe	0,005	0,008	0,011	0,013	0,007	0,007	0,010
Mn	0,209	0,166	0,130	0,193	0,118	0,618	0,153
Pb	0,420	0,457	0,182	0,044	0,473	0,447	0,726
Zn	0,130	0,067	0,024	0,078	0,068	0,195	0,079
Cu	0,043	0,060	0,038	0,048	0,119	0,128	0,133
Co	-	0,033	0,063	0,038	-	0,177	0,188
Cr	0,078	0,047	0,044	0,090	0,069	0,057	0,105
Cd	0.988	1.010*	0.765	0.573	0.895	1.018*	1.034*
Ni	0,235	0,166	0,187	0,332	0,252	0,216	0,344
V	-	-	-	-	-	-	-
Jesen							
Fe	0,003	0,006	0,006	0,004	0,004	0,008	0,003
Mn	0,167	0,177	0,150	0,209	0,110	0,198	0,265
Pb	0,267	0,255	0,092	0,178	0,123	0,104	0,382
Zn	0,127	0,093	0,008	0,203	0,164	0,238	0,049
Cu	0,164	1,252*	0,100	0,089	1,520*	6,629*	0,214
Co	-	-	0,047	0,214	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-
Cd	1.118*	0.799	0.508	0.977	0.724	0.680	0.778
Ni	-	-	-	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-
Zima							
Fe	0,006	0,005	0,008	0,020	0,003	0,005	0,005
Mn	0,136	0,170	0,178	0,199	0,200	0,125	0,197
Pb	0,423	0,388	0,115	0,032	0,409	0,136	0,462
Zn	0,116	0,056	0,161	0,078	0,125	0,042	0,063
Cu	2,152*	2,105*	3,717*	2,077*	5,387*	1,309*	12,515*
Co	-	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	0,014	-	-
Cd	1.889*	1.130*	1.016*	0.594	1.300*	0.864	1.142*
Ni	0,008	-	0,016	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-

* vrednosti IBA>1



Grafik 33. Ukupno usvajanje toksičnih (teških) metala i vanadijuma u listovima vrste *Mahonia aquifolium* tokom godišnjih doba na ispitivanim lokalitetima

4.4.6 Indeks bioakumulacije toksičnih metala i vanadijuma kod vrste *Prunus laurocerasus*

U tabeli 31 prikazana je sezonska dinamika vrednosti indeksa bioakumulacije za teške metale i vanadijum kod vrste *Prunus laurocerasus*. Vrednost indeksa bioakumulacije za kadmijum kod ove vrste je bila veća od 1 (**IBA>1**) u zimskom periodu u Bulevaru JNA, u zimskom i letnjem periodu na lokalitetima: Savski kej, Ustanička ulica i na prirodnom staništu, tokom jeseni na Novom Beogradu i na prirodnom staništu, u proleće na Savskom keju i Ustaničkoj ulici.

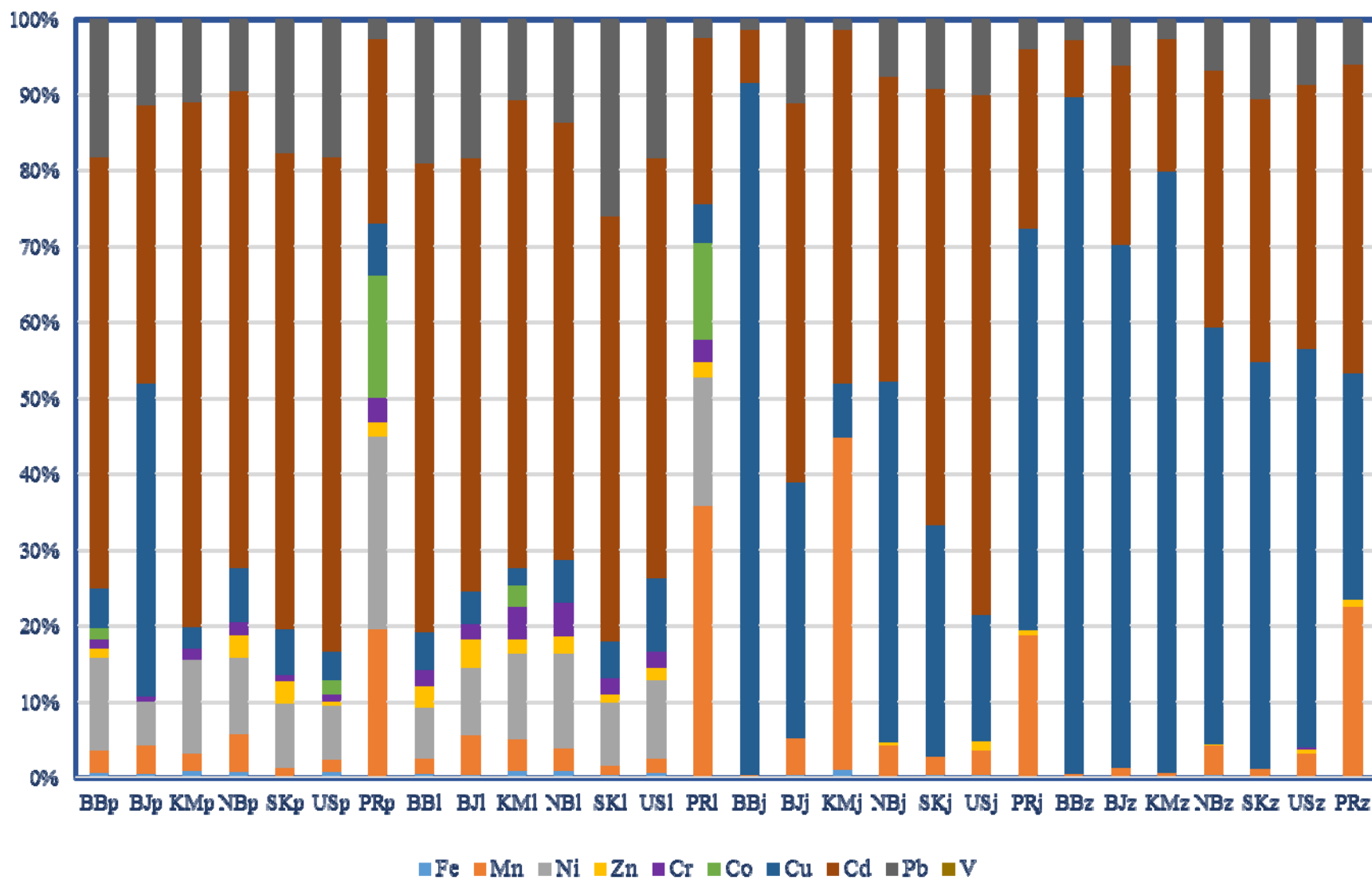
Na osnovu dobijenih rezultata proizilazi da je u toku leta vrednost indeksa bioakumulacije za Mn i Ni na prirodnom staništu i Cd na Savskom keju, Ustaničkoj ulici i prirodnom staništu bila veća od 1 (**IBA>1**). U jesenjem periodu vrednosti indeksa bioakumulacije su bile veće od 1 (**IBA>1**) za Cu u Botaničkoj bašti, na Novom Beogradu i prirodnom staništu, kao i za Mn na prirodnom staništu. U zimskom periodu, kao i kod vrste *M. aquifolium*, **IBA** za Cu je bio veći od 1 na svim ispitivanim lokalitetima. Najviše vrednosti indeksa bioakumulacije su izračunate za Cu u listovima biljaka iz Botaničke bašte tokom jeseni i zime kada je **IBA** iznosio 9,361 i 6,493.

Na grafiku 34 se može videti kumulativni prikaz koncentracije usvojenih toksičnih (teških) metala i vanadijuma kod vrste *P. laurocerasus*. Iz rezultata se zaključuje da biljka tokom cele godine usvaja Pb i Cd (intenzivnije tokom proleća i leti), Cu (intenzivnije u zimskom periodu), Ni i Cr (intenzivnije u proleće i leto). Zapaža se da biljka usvaja najintenzivnije Mn na prirodnom staništu cele godine, a posebno tokom leta i jeseni.

Tabela 31. Indeks bioakumulacije toksičnih (teških) metala i vanadjuma za vrstu *Prunus laurocerasus**

Element	Lokalitet						PR
	BB	BJ	KM	NB	SK	US	
	Proleće						
Fe	0,007	0,010	0,008	0,009	0,003	0,010	0,004
Mn	0,038	0,080	0,022	0,061	0,019	0,026	0,632
Pb	0,238	0,245	0,107	0,118	0,306	0,295	0,090
Zn	0,016	-	-	0,037	0,051	0,009	0,060
Cu	0,069	0,880	0,027	0,089	0,104	0,061	0,224
Co	0,019	-	-	-	-	0,030	0,528
Cr	0,015	0,015	0,014	0,021	0,013	0,015	0,104
Cd	0,740	0,784	0,666	0,776	1,080*	1,049*	0,795
Ni	0,160	0,122	0,119	0,124	0,145	0,114	0,832
V	-	-	-	-	-	-	-
	Leto						
Fe	0,006	0,005	0,009	0,007	0,005	0,009	0,007
Mn	0,033	0,090	0,049	0,029	0,023	0,035	2,155*
Pb	0,300	0,318	0,124	0,134	0,500	0,334	0,158
Zn	0,044	0,063	0,022	0,023	0,021	0,031	0,121
Cu	0,079	0,074	0,027	0,056	0,092	0,176	0,311
Co	-	-	0,033	-	-	-	0,771
Cr	0,033	0,035	0,048	0,042	0,040	0,039	0,185
Cd	0,969	0,980	0,708	0,560	1,073*	1,004*	1,320*
Ni	0,106	0,153	0,130	0,122	0,160	0,187	1,018*
V	-	-	-	-	-	-	-
	Jesen						
Fe	0,003	0,003	0,007	0,005	0,003	0,004	0,004
Mn	0,027	0,045	0,305	0,116	0,023	0,038	1,611*
Pb	0,155	0,104	0,011	0,223	0,089	0,121	0,349
Zn	-	-	-	0,013	-	0,015	0,056
Cu	9,361*	0,311	0,050	1,362*	0,291	0,197	4,573*
Co	-	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-
Cd	0,726	0,463	0,325	1,151*	0,550	0,815	2,053*
Ni	-	-	-	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-
	Zima						
Fe	0,004	0,005	0,005	0,006	0,003	0,004	0,006
Mn	0,027	0,050	0,016	0,084	0,032	0,113	0,885
Pb	0,209	0,283	0,117	0,149	0,358	0,326	0,241
Zn	-	-	-	0,003	-	0,015	0,038
Cu	6,493*	3,095*	3,416*	1,189*	1,806*	1,949*	1,181*
Co	-	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	0,011	-
Cd	0,545	1,059	0,754	0,735	1,169	1,289	1,617
Ni	-	-	-	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-

* vrednosti IBA>1



Grafik 34. Ukupno usvajanje toksičnih (teških) metala i vanadijuma u listovima vrste *Prunus laurocerasus* tokom godišnjih doba na ispitivanim lokalitetima

4.5 Odnosi između koncentracija ispitivanih elemenata

4.5.1 Odnosi između koncentracija ispitivanih elemenata u listovima *Buxus sempervirens*

Odnosi između koncentracija elemenata u zemljištu i biljkama analizirani su korišćenjem Spirman-ov koeficijent korelacije (r_s). Statistički najznačajnija pozitivna korelacija u proleće konstatovana je za Pb-Cr, a negativne za K-Mg i Zn-Mn. U leto statistički najznačajnija pozitivna korelacija bila je za Cu-Ni, a negativna za Mn-Fe (Tabela 32).

Najznačajnije pozitivne korelacije za listove vrste *B. sempervirens* u jesen konstatovane su za Mn-K i Pb-Cd, a negativne za Cd-Mg, dok su zimi najznačajnije pozitivne korelacije bile za Cd-Mg, Pb-Mn i Pb-Cd (Tabela 33).

Tabela 32. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u listovima vrste *Buxus sempervirens*

<i>Buxus sempervirens</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Cu	Cd	Pb
Mg	-	0,48*	-0,76***	-0,02	-0,16	0,16	-0,11	-0,47*	-0,20	-0,27	-0,37
Ca	0,26	-	-0,51	-0,64**	-0,08	0,07	0,24	-0,12	0,05	-0,04	-0,47*
K	0,10	-0,21	-	0,25	-0,36	0,13	0,55**	0,43	0,47*	0,07	0,47*
Fe	-0,38	-0,05	-0,61**	-	-0,24	0,18	-0,08	0,05	0,31	-0,54*	0,50*
Mn	0,53*	0,20	0,48*	-0,88***	-	-0,11	-0,74***	0,06	-0,21	0,55**	-0,31
Ni	-0,11	-0,48*	-0,18	0,65**	-0,59**	-	0,47*	0,17	0,44*	0,23	0,09
Zn	0,39	0,04	0,18	0,09	0,13	0,49*	-	0,26	0,51*	-0,09	0,21
Cr	0,05	0,24	-0,31	0,44*	-0,55*	0,47*	0,12	-	0,30	-0,03	0,67***
Cu	-0,12	-0,47*	0,27	0,46*	-0,44*	0,74***	0,32	0,20	-	-0,10	0,02
Cd	0,52*	0,25	0,23	-0,10	0,48*	-0,01	0,65**	-0,27	0,08	-	-0,39
Pb	-0,08	0,02	0,36	-0,16	0,09	-0,05	0,10	-0,06	0,13	-0,17	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za proleće, a donji levi deo tabele za leto.

Tabela 33. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u listovima vrste

Buxus sempervirens

<i>Buxus sempervirens</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Cu	Cd	Pb
Mg	-	0,48*	0,43	0,15	0,33	0,32	-0,71***	-0,32
Ca	0,48*	-	-0,30	0,10	-0,18	0,28	-0,33	-0,51*
K	0,05	-0,11	-	0,28	0,81***	0,00	-0,33	0,06
Fe	-0,12	-0,54*	-0,41	-	0,31	-0,24	0,00	0,05
Mn	0,29	0,00	-0,15	0,17	-	-0,16	-0,22	-0,04
Cu	0,33	-0,44*	-0,10	0,61**	0,54*	-	0,29	0,51*
Cd	0,92***	0,36	0,09	-0,03	0,40	0,42	-	0,79***
Pb	0,65**	0,01	0,06	0,36	0,69***	0,58**	0,79***	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za jesen, donji levi deo tabele za zimu

4.5.2 Odnosi između koncentracija elemenata u zemljištu na kome raste vrsta *Buxus sempervirens*

U tabeli 34 prikazane su vrednosti Spirmanovog koeficijenta korelacije (r_s) za zemljište na kome raste vrsta *Buxus sempervirens*. Statistički najznačajnije pozitivne korelacije u proleće konstatovane su za Cr-Fe, Cr-Ni, Cu-Ca, Pb-Ca i Pb-Cu, dok su u leto najznačajnije pozitivne korelacije bile za Cu-Ca, Pb-Ca i Pb-Cu, a negativne za Mn-Fe i Cd-Fe.

Najznačajnije pozitivne korelacije za zemljište sakupljeno tokom jeseni su izračunate za Fe-Mg, Zn-Ni, Cr-Ni, Cu-Ni, Cu-Zn, Cu-Cr, a negativne za Zn-K i Pb-Fe, a za zemljište sakupljeno tokom zimskog perioda su najznačajnije pozitivne korelacije zabeležene za Mn-Mg, Cu-Ca, Pb-Ca, Cr-Fe, Cr-Ni, Pb-Cu, a negativne za Cu-Mg, Pb-Mg, Cu-Mn, Pb-Mn (Tabela 35).

Tabela 34. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u zemljištu na kojoj raste vrsta *Buxus sempervirens*

<i>Buxus sempervirens</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb
Mg	-	-0,52*	-0,29	-0,13	0,20	-0,60**	-0,07	-0,27	0,24	-0,36	0,20	-0,36
Ca	-0,57**	-	0,39	-0,26	-0,56**	0,45*	0,63**	-0,07	-0,09	0,70***	0,27	0,86***
K	0,50*	-0,57**	-	0,05	-0,29	0,34	0,20	0,09	-0,34	0,31	-0,40	0,18
Fe	0,61**	-0,11	-0,28	-	-0,06	0,54*	0,11	0,89***	0,18	-0,61**	-0,51*	-0,58**
Mn	-0,25	-0,35	0,41	-0,69***	-	-0,03	-0,14	-0,07	-0,12	-0,06	0,26	-0,31
Ni	-0,60**	0,36	-0,30	-0,12	0,10	-	0,57**	0,70***	0,13	0,29	0,04	0,26
Zn	-0,19	0,11	0,46*	-0,35	0,01	0,42	-	0,15	-0,03	0,46*	0,48*	0,53
Cr	-0,10	0,00	0,00	0,17	-0,18	0,63**	0,41	-	0,36	-0,42	-0,40	-0,37
Co	0,04	-0,51*	0,55**	-0,40	0,49*	-0,02	0,16	0,28	-	-0,14	0,22	0,03
Cu	-0,61**	0,78***	-0,35	-0,27	0,01	0,66**	0,30	0,13	-0,42	-	0,64**	0,91***
Cd	-0,31	0,11	0,56**	-0,78***	0,61**	0,16	0,57**	-0,02	0,34	0,38	-	0,63*
Pb	-0,65**	0,83***	-0,35	-0,31	-0,12	0,58**	0,44*	0,10	-0,48*	0,93***	0,33	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za proleće, donji levi deo tabele za leto

Tabela 35. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u zemljištu na kojoj raste vrsta *Buxus sempervirens*

<i>Buxus sempervirens</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb
Mg	-	-0,02	0,46*	0,74***	0,14	-0,34	-0,46*	-0,22	0,06	-0,59**	-0,58**	-0,50*
Ca	-0,53*	-	-0,51*	-0,36	-0,45*	0,19	0,16	0,09	-0,25	0,18	0,20	0,38
K	0,28	-0,12	-	0,24	0,34	-0,56**	-0,86***	-0,11	0,55*	-0,57**	-0,16	-0,23
Fe	-0,51*	-0,09	-0,02	-	0,47*	-0,35	-0,20	-0,41	-0,23	-0,44	-0,51*	-0,78***
Mn	0,83***	-0,73***	0,14	-0,28	-	-0,25	-0,40	-0,17	0,19	-0,26	0,15	-0,16
Ni	-0,76	0,14	-0,48*	0,66**	-0,42	-	0,74***	0,78***	0,28	0,79***	-0,29	0,36
Zn	-0,49*	0,55**	-0,46*	0,03	-0,31	0,50*	-	0,29	-0,34	0,66**	-0,10	0,14
Cr	-0,60**	0,31	-0,32	0,71***	-0,31	0,82***	0,49*	-	0,56**	0,74***	-0,33	0,34
Co	-0,06	-0,66**	0,01	0,42	0,29	0,47*	-0,13	0,28	-	0,14	-0,32	0,16
Cu	-0,73***	0,77***	-0,01	0,16	-0,69***	0,45*	0,46*	0,55*	-0,26	-	-0,16	0,16
Cd	-0,11	0,04	0,47*	-0,11	0,16	0,09	0,18	0,15	0,24	0,45*	-	0,62*
Pb	-0,75***	0,89***	-0,18	0,04	-0,82***	0,33	0,55*	0,35	-0,50*	0,89***	0,16	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za jesen, donji levi deo tabele za zimu

4.5.3 Odnosi između koncentracija ispitivanih elemenata u listovima *Mahonia aquifolium*

Statistički najznačajnije pozitivne korelacije ispitivanih elemenata u listovima *M. aquifolium* sakupljenih u proleće izračunate su za Zn-Mg, Zn-Mn i Cd-Ni, a negativna za Cu-Ca (Tabela 36). Statistički najznačajnije korelacije bile su u leto za Cd-Mg, Fe-K, Zn-Mn i Cr-Ni, a negativne za Ni-Mg i Cr-Mg.

Statistički najznačajnije korelacije ispitivanih elemenata u listovima *M. aquifolium* sakupljenih u jesen bile su Cd-Zn i Pb-Cd, a negativne Fe-Ca i Cu-K, dok su u zimu najznačajnije pozitivne korelacije zabeležene za Cu-K i Cu-Fe, a negativne za Cu-Mg, Fe-Ca i Zn-Ca (Tabela 37).

Tabela 36. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u listovima vrste *Mahonia aquifolium*

<i>Mahonia aquifolium</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Cu	Cd	Pb
Mg	-	-0,08	-0,39	0,54*	0,59**	0,26	0,90***	-0,15	0,34	0,43	0,29
Ca	0,61**	-	-0,28	-0,37	0,29	-0,41	-0,24	-0,19	-0,71***	-0,60**	-0,36
K	-0,54*	-0,05	-	-0,46*	-0,09	0,09	-0,32	0,16	0,42	0,27	0,37
Fe	-0,46*	-0,20	0,85***	-	0,02	0,03	0,65**	0,55*	0,34	0,10	0,26
Mn	0,08	-0,13	-0,34	-0,14	-	0,10	0,68***	-0,17	0,36	0,05	0,08
Ni	-0,72***	-0,24	0,64**	0,66**	-0,01	-	0,25	-0,37	0,41	0,75***	-0,05
Zn	-0,25	-0,61**	-0,42	-0,19	0,72***	0,14	-	0,06	0,59**	0,39	0,33
Cr	-0,69***	-0,23	0,28	0,25	0,24	0,81***	0,45*	-	0,27	-0,31	0,37
Cu	0,04	-0,52*	-0,32	0,02	0,34	-0,06	0,54*	-0,04	-	0,57**	0,55**
Cd	0,85***	0,58**	-0,52*	-0,52*	0,19	-0,57**	-0,19	-0,49*	0,07	-	0,32
Pb	0,23	0,13	-0,20	-0,03	0,66**	-0,06	0,24	0,06	0,25	0,46*	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za proleće, donji levi deo tabele za leto

Tabela 37. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u listovima vrste *Mahonia aquifolium*

<i>Mahonia aquifolium</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
Mg	-	0,36	-0,20	-0,26	0,09	0,00	-0,13	0,19	0,55**
Ca	0,15	-	0,49*	-0,75***	-0,29	-0,84***	-0,54*	-0,49*	-0,11
K	-0,55**	-0,23	-	-0,43	0,00	-0,62**	-0,77***	-0,26	-0,32
Fe	-0,37	-0,83***	0,56**	-	0,59**	0,53*	0,56**	-0,04	-0,11
Mn	-0,08	-0,42	0,30	0,55**	-	0,27	-0,15	-0,20	-0,39
Zn	-0,63**	-0,68***	0,36	0,66**	0,41	-	0,52*	0,69***	0,34
Cu	-0,74***	-0,29	0,82***	0,68***	0,56**	0,55*	-	0,22	0,33
Cd	-0,32	0,52*	0,18	-0,25	-0,56**	-0,40	0,14	-	0,73***
Pb	0,12	0,30	-0,35	-0,07	0,18	-0,11	-0,03	0,12	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za jesen, donji levi deo tabele za zimu

4.5.4 Odnosi između koncentracija elemenata u zemljištu na kome raste vrsta *Mahonia aquifolium*

Statistički najznačajnije pozitivne korelacije u proleće bile su za Ca-Mg, Cu-K, Cd-Zn, Pb-Zn, Pb-Cu, Pb-Cd, dok je negativna korelacija bila za K-Mg (Tabela 38). U leto najznačajnije pozitivne korelacije zabeležene su za Fe-K, V-Ca, Cr-Mn, Cr-Ni, Cd-Cu, Pb-Cu i Pb-Cd, a negativne za Ni-Mg, Ni-Ca, Zn-Ca i V-Pb.

Statistički najznačajnije pozitivne korelacije tokom jeseni, za zemljiše na kome raste *M. aquifolium*, bile su za Ca-Mg, Ni-Mn, Cr-Mn, Cr-Ni, Co-Mn, Co-Ni, Co-Cr, Cu-Mn, Cu-Ni, Cu-Cr, Cu-Co, Cd-Zn, Pb-Zn i Pb-Cd, a negativne za K-Ca, Mn-Mg, Mn-Ca, Ni-Mg, Ni-Ca, Cr-Mn, Cr-Ca i Cu-Ca. Tokom zimskog perioda su najznačajnije pozitivne korelacije konstatovane za Zn-Mn, Cd-Mn, Cd-Zn, Co-Cu, Pb-Cu, Pb-Cd, dok su najznačajnije negativne bile za Ni-Mg, Cu-Mg, Cd-Mg, Pb-Mg (Tabela 39).

Tabela 38. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u zemljištu na kojoj raste vrsta *Mahonia aquifolium*

<i>Mahonia aquifolium</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb
Mg	-	0,79***	-0,75***	0,35	0,15	-0,13	-0,31	-0,54*	0,63**	-0,65**	-0,29	-0,40
Ca	0,57**	-	-0,61**	0,05	-0,13	-0,08	-0,60**	-0,55**	0,34	-0,51*	-0,33	-0,50
K	-0,04	-0,37	-	0,19	-0,09	0,49*	0,36	0,53*	-0,57**	0,75***	0,24	0,34
Fe	0,10	-0,28	0,79***	-	0,28	0,42	-0,10	0,21	0,41	-0,19	-0,28	-0,38
Mn	-0,39	-0,35	-0,29	-0,08	-	0,40	0,07	-0,24	0,26	0,01	-0,02	-0,10
Ni	-0,77***	-0,68***	0,28	0,33	0,66**	-	0,13	0,21	-0,38	0,53*	0,22	-0,01
Zn	-0,48*	-0,92***	0,51*	0,44*	0,19	0,64**	-	0,15	-0,49*	0,66**	0,83***	0,91***
Cr	-0,51*	-0,57**	-0,18	-0,05	0,68***	0,69***	0,44*	-	-0,22	0,17	0,17	-0,04
Co	-0,24	0,05	0,27	0,36	0,08	0,37	-0,06	-0,04	-	-0,86***	-0,61**	-0,63**
Cu	-0,45*	-0,55*	0,48*	0,23	-0,22	0,26	0,65**	-0,06	-0,29	-	0,66**	0,75***
Cd	-0,59**	-0,55**	0,02	-0,21	0,04	0,25	0,57**	0,07	-0,38	0,83***	-	0,80***
Pb	-0,47*	-0,42	-0,02	-0,29	-0,30	0,05	0,51*	0,03	-0,34	0,70***	0,84***	-
V	0,49*	0,67***	-0,05	0,24	0,05	-0,26	-0,65**	-0,37	0,20	-0,39	-0,58**	-0,76***

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za proleće, donji levi deo tabele za leto

Tabela 39. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u zemljištu na kojoj raste vrsta *Mahonia aquifolium*

<i>Mahonia aquifolium</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb
Mg	-	0,67***	-0,17	-0,20	-0,81***	-0,83***	-0,53	-0,72***	-0,79***	-0,58	-0,36	-0,39
Ca	0,57	-	-0,70***	-0,16	-0,83***	-0,74***	-0,14	-0,69***	-0,83***	-0,68***	-0,14	-0,28
K	-0,07	-0,38	-	0,02	0,45	0,24	0,14	0,16	0,42	0,29	0,18	0,38
Fe	-0,12	-0,31	0,15	-	-0,07	-0,12	-0,35	-0,08	0,03	-0,43	-0,14	-0,42
Mn	-0,49	0,29	-0,51	-0,38	-	0,88***	0,50	0,83***	0,88***	0,81***	0,47	0,61
Ni	-0,84***	-0,58	0,22	0,29	0,33	-	0,45	0,94***	0,87***	0,83***	0,38	0,44
Zn	-0,62	0,07	-0,53	-0,32	0,91***	0,53	-	0,26	0,34	0,31	0,75***	0,86***
Cr	-0,66	-0,64	-0,18	0,57	0,13	0,66	0,35	-	0,83***	0,80***	0,36	0,35
Co	0,03	0,18	-0,05	0,57	-0,03	0,20	-0,03	0,09	-	0,68***	0,35	0,41
Cu	-0,83***	-0,40	0,12	-0,37	0,56	0,59	0,62	0,31	-0,45	-	0,14	0,39
Cd	-0,84***	-0,24	0,02	-0,33	0,71***	0,65	0,78***	0,34	-0,29	0,93***	-	0,89***
Pb	-0,80***	-0,50	0,19	-0,27	0,35	0,58	0,51	0,42	-0,54	0,92***	0,88***	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za jesen, donji levi deo tabele za zimu

4.5.5 Odnosi između koncentracija ispitivanih elemenata u listovima Prunus laurocerasus

U tabeli 40 je prikazan Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) za listove vrste *P. laurocerasus* u proleće i leto. Statistički najznačajnije pozitivne korelacije u proleće zabeležene su za Mn-Mg, Mn-Ca, Cu-Ca, Cu-Mn i Cd-Ni, a negativne za Pb-Mg i Pb-Mn. U leto su statistički najznačajnije pozitivne korelacije konstatovane za K-Mg i Mn-Ca, dok je najznačajnija negativna korelacija u ovom periodu bila za Pb-Cr.

U jesen su statistički najznačajnije korelacije za listove vrste *P. laurocerasus* bile za Fe-K i Cu-Ca, a negativna za Fe-Ca. U zimu najzačajnija pozitivna korelacija zabeležena je za Mn-Mg (Tabela 41).

Tabela 40. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u listovima vrste *Prunus laurocerasus*

<i>Prunus laurocerasus</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Cu	Cd	Pb
Mg	-	0,52*	-0,44*	-0,25	0,69***	0,34	-	0,55*	0,42	-0,10	-0,80***
Ca	0,47*	-	-0,37	0,39	0,91***	0,27	-	0,59**	0,75***	-0,11	-0,63**
K	0,77***	0,48*	-	0,48*	-0,59**	-0,49*	-	-0,25	-0,48*	-0,48*	0,31
Fe	0,20	-0,54*	0,32	-	0,20	-0,30	-	0,03	0,40	-0,53*	0,00
Mn	0,32	0,85***	0,39	-0,39	-	0,31	-	0,50*	0,86***	-0,09	-0,73***
Ni	-0,49*	-0,07	-0,39	-0,16	0,38	-	-	0,50*	0,00	0,68***	-0,30
Zn	0,29	0,32	0,26	0,02	0,17	-0,34	-	-	-	-	-
Cr	-0,40	-0,13	-0,40	-0,12	0,22	0,54*	-0,38	-	0,28	0,25	-0,37
Cu	-0,12	0,17	-0,10	0,11	0,35	0,41	0,24	-0,12	-	-0,28	-0,54*
Cd	0,00	0,10	0,00	-0,31	0,06	0,16	-0,15	-0,12	-0,05	-	0,25
Pb	-0,02	-0,27	-0,03	0,02	-0,57**	-0,36	0,12	-0,69***	-0,22	0,49	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za proleće, donji levi deo tabele za leto

Tabela 41. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u listovima vrste

Prunus laurocerasus

<i>Prunus laurocerasus</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Cu	Cd	Pb
Mg	-	0,21	-0,03	0,03	0,16	0,59**	-0,13	0,01
Ca	0,05	-	-0,45*	-	-0,18	0,74**	0,48*	0,35
K	0,24	0,07	-	0,74***	0,17	-0,32	-0,04	-0,27
Fe	0,15	-0,49*	0,63*	-	0,05	-0,37	-0,26	-0,28
Mn	0,68*	0,00	-0,32	-0,16	-	0,14	0,00	0,25
Cu	0,18	-0,36	-0,12	0,36	0,39	-	0,59*	0,66*
Cd	0,05	0,57*	-0,29	-0,73	0,43*	0,02	-	0,88
Pb	0,36	0,45*	-0,40	-0,50*	0,59*	0,42	0,69	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za jesen, donji levi deo tabele za zimu.

4.5.6 Odnosi između koncentracija elemenata u zemljištu na kome raste vrsta *Prunus laurocerasus*

U tabeli 42 se može videti Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) za zemljište vrste *P. laurocerasus* u proleće i leto. Statistički najznačajniji pozitivne korelacije u proleće su bile za Zn-K, Zn-Ni, Cr-Ni, Cr-Zn, Co-Mn, Cu-Ni, Cu-Zn i Cu-Cr, dok je za Pb-Ca bila negativna korelacija. U leto najznačajnije pozitivne korelacije konstatovane su za K-Ca, Ni-Fe, Cr-Fe, Zn-Ni, Cr-Ni, Cd-Ni, Cr-Zn, Cd-Cu, Cu-Zn, Pb-Cu, Cd-Zn i Pb-Cd.

Statistički najznačajnije pozitivne korelacije tokom jeseni, za zemljište vrste *P. laurocerasus*, bile su za Fe-Ca, Cr-Mn, Cd-Ni, Mn-Ca, Cr-Ni, Cd-Cr, Ni-Ca, Cr-Zn, Cd-Cu, Ni-Mn, Cu-Ni, Pb-Ni, Zn-Ca, Cu-Cr, Pb-Cr, Zn-Mn, Cd-Ca, Pb-Cu, Cr-Ca i Pb-Ca. Tokom zimskog perioda su najznačajnije pozitivne korelacije bile za Ni-K, Cd-Ca, Zn-Mn, Cr-Ni i Cd-Ni (Tabela 43).

Tabela 42. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u zemljištu na kojoj raste vrsta *Prunus laurocerasus*

<i>Prunus laurocerasus</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb
Mg	-	0,12	0,06	0,50*	-0,32	-0,17	-0,31	-0,31	0,05	-0,22	-0,61**	-0,74***
Ca	-0,44*	-	0,15	-0,54*	-0,26	0,15	0,45*	0,39	0,16	0,39	0,18	-0,20
K	-0,52*	0,78***	-	-0,02	-0,09	0,65**	0,74***	0,53*	0,22	0,37	-0,46*	-0,36
Fe	0,00	0,11	0,26	-	0,09	0,13	-0,44*	-0,28	-0,05	-0,22	-0,53*	-0,49*
Mn	-0,69***	-0,01	0,25	0,49*	-	-0,34	-0,31	-0,49*	0,74***	-0,65**	0,14	0,09
Ni	-0,46*	0,35	0,29	0,67***	0,59**	-	0,70***	0,87***	-0,27	0,83***	-0,26	-0,17
Zn	-0,48*	0,27	0,18	0,60**	0,58**	0,97***	-	0,79***	-0,14	0,76***	0,12	0,08
Cr	-0,40	0,17	0,30	0,75***	0,63**	0,89***	0,89***	-	-0,31	0,92***	-0,04	0,03
Co	-0,57**	0,25	0,43	0,38	0,66**	0,63**	0,65**	0,66**	-	-0,57**	-0,18	-0,28
Cu	-0,59**	0,54*	0,16	0,23	0,43	0,66**	0,68***	0,40	0,26	-	0,11	0,12
Cd	-0,47*	0,48*	0,16	0,45*	0,48*	0,78***	0,76***	0,54*	0,28	0,96***	-	0,83
Pb	-0,20	0,18	-0,34	-0,20	-0,03	0,32	0,38	0,04	-0,18	0,76***	0,69***	-
V	-0,11	-0,29	0,08	-0,29	0,19	-0,21	-0,09	-0,13	0,67**	-0,74**	-0,70**	-0,81

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za proleće, donji levi deo tabele za leto

Tabela 43. Spirmanov koeficijent korelacije (r_s) ispitivanih elemenata u zemljištu na kojoj raste vrsta *Prunus laurocerasus*

<i>Prunus laurocerasus</i>	Mg	Ca	K	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb
Mg	-	-0,11	0,21	0,22	-0,25	0,06	-0,33	-0,16	0,14	-0,36	0,00	-0,14
Ca	-0,57**	-	0,42	0,72***	0,72***	0,73***	0,74***	0,71***	-0,24	0,42	0,68***	0,64**
K	0,16	0,22	-	0,27	0,63**	0,52*	0,35	0,42	0,04	0,35	0,37	0,45*
Fe	0,22	0,20	0,45*	-	0,62**	0,44*	0,65**	0,53*	-0,15	-0,03	0,30	0,17
Mn	-0,53*	0,58**	-0,18	-0,01	-	0,68***	0,88***	0,86***	-0,41	0,64**	0,59**	0,64**
Ni	-0,42	0,58**	0,79***	0,35	0,14	-	0,63**	0,86***	-0,26	0,69***	0,91***	0,85***
Zn	-0,32	0,36	-0,18	0,12	0,78***	0,12	-	0,79***	-0,56**	0,55**	0,53*	0,56**
Cr	-0,44*	0,59**	0,59**	0,39	-0,05	0,78***	-0,30	-	-0,50*	0,81***	0,86***	0,83***
Co	-0,08	0,08	0,49*	0,55**	0,00	0,59**	0,36	0,24	-	-0,60**	-0,45*	-0,55*
Cu	-0,16	0,11	0,00	0,17	0,32	0,00	-0,10	0,21	-0,22	-	0,82***	0,91***
Cd	-0,56**	0,75***	0,46*	0,20	0,66**	0,76***	0,60**	0,45*	0,46*	-0,04	-	0,96***
Pb	-0,23	0,29	0,32	-0,46*	0,45*	0,37	0,33	-0,04	-0,01	-0,16	0,63**	-

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Gornji desni deo tabele se odnosi na podatke za jesen, donji levi deo tabele za zimu

4.6 Odnosi toksičnih metala i vanadijuma u uzorcima zemljišta iz Beograda

Analizom Pirsonovog koeficijenta korelacije utvrđeni su međusobni odnosi toksičnih (teških) metala i vanadijuma u svim uzorcima zemljišta sakupljenih na teritoriji grada Beograda, tokom svih godišnjih doba (Tabela 44). Dobijene vrednosti, zajedno sa rezultatima analize osnovnih komponenti pružaju informacije o mogućim izvorima i putevima prenošenja toksičnih metala.

Tabela 44. Pirsonov koeficijent korelacije za ispitivane teške metale i vanadijum u svim uzorcima zemljišta sakupljenim na teritoriji Beograda

	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb
Mn	0,0572								
Ni	-0,3176	0,2466							
Zn	0,1553	0,2052	0,1603						
Cr	-0,2688	0,2668	0,6842	0,2490					
Co	-0,4290	0,1501	0,4471	-0,1919	0,2179				
Cu	-0,5990	-0,1097	0,4697	0,0781	0,2206	0,2341			
Cd	-0,6184	-0,0441	0,5539	0,2582	0,2989	0,4111	0,7453		
Pb	-0,0743	-0,0609	0,1032	0,6570	0,2696	-0,1907	0,3511	0,4221	
V	-0,3243	-0,1911	0,1202	-0,1438	0,0001	0,3804	0,2048	0,2780	-0,0846

Statistički značajni koeficijenti korelacije su boldirani ($p < 0,001$)

Statistički značajna pozitivna korelacija nađena je za sledeće parove elemenata: Mn-Ni, Mn-Cr, Ni-Cr, Ni-Co, Ni-Cu, Ni-Cd, Zn-Cr, Zn-Cd, Zn-Pb, Cr-Cd, Cr-Pb, Co-Cu, Co-Cd, Cu-Cd, Cu-Pb, Cd-Pb i Cd-V. Za razliku od navedenih elemenata, za gvožđe je nađena značajna negativna korelacija ($p < 0,001$) sa Ni, Cr, Co, Cu, Cd i V, koja ukazuje na različito poreklo Fe u analiziranim zemljištima na teritoriji Beograda u odnosu na druge ispitivane elemente.

4.7 Analiza glavnih komponenti (PCA)

Za analizu odnosa toksičnih (teških) metala u uzorcima zemljišta na teritoriji grada Beograda, kao i njihovih mogućih izvora, korišćena je i analiza glavnih komponenti (PCA). U ovu analizu su uključeni rezultati analiza svih uzoraka zemljišta sa lokaliteta u Beogradu, za sve tri ispitivane vrste biljaka i sve četiri sezone.

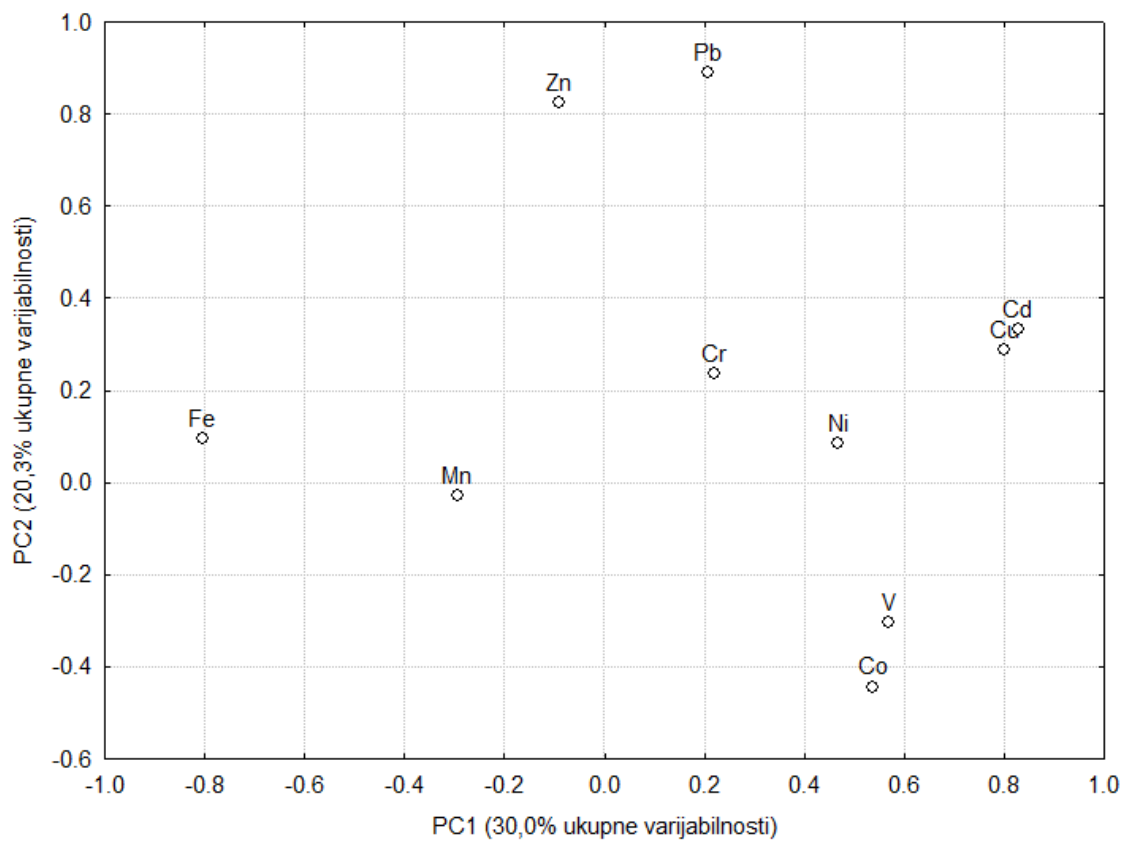
Da bi se dobila jasnija slika odnosa ispitivanih varijabli, korišćen je Varimax metod rotacije faktora sa Kajzerovom normalizacijom. Rezultati analize prikazani su u tabeli 45.

Tabela 45. Matrica faktorske strukture za analizu glavnih komponenti (PCA).

Faktorska opterećenja veća od 0,700 su boldirana

	PC1	PC2	PC3	Procenat komunaliteta
Fe	-0,804546	0,095292	-0,108706	63,0
Mn	-0,294224	-0,026822	0,744913	64,6
Ni	0,467595	0,084060	0,738784	76,9
Zn	-0,091729	0,825004	0,232132	70,5
Cr	0,221252	0,236421	0,744087	68,8
Co	0,538643	-0,443098	0,424971	80,1
Cu	0,801405	0,287484	0,060552	58,0
Cd	0,828819	0,332969	0,202735	84,5
Pb	0,206306	0,891436	-0,011494	85,0
V	0,569276	-0,302181	-0,137279	75,3
% objašnjene varijabilnosti	30,0	20,3	19,6	

Analizom su dobijena tri glavna faktora sa svojstvenim vrednostima većim od 1, koji zajedno opisuju 69,9% ukupne varijabilnosti. Uzimajući u obzir ova tri faktora, procenat komunaliteta varijabli kreće se od 58,0% za Cu, do 85,0% za Pb, tako da oni pružaju dobar prikaz svih analiziranih elemenata. Prvi faktor koji objašnjava 30% varijabilnosti pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju sa bakrom i kadmijumom, a negativnu sa gvoždem. Najveći doprinos opterećenju drugog faktora koji objašnjava 20,3% varijabilnosti daju cink i olovo, a opterećenju trećeg, koji opisuje 19,6% varijabilnosti, mangan, nikl i hrom (Tabela 45, Grafik 35).



Grafik 35. Rezultati analize glavnih komponenti (PCA). Faktorska opterećenja analiziranih toksičnih (teških) metala u površinskom sloju zemljišta u Beogradu za prvu i drugu glavnu komponentu

5. Diskusija

Iz literaturnih podataka poznato je da teški metali, na primer: mangan ili bakar, imaju značajnu ulogu u mineralnoj ishrani biljaka, ali i da u prekomernim količinama mogu nepovoljno da deluju na biljke. Kadmijum, hrom i olovo, za razliku od mangana i bakra, su teški metali koji toksično deluju na biljke i u malim koncentracijama (KASTORI, 1997). Istraživanja su pokazala da povećana koncentracija toksičnih (teških) metala u životnoj sredini ima izuzetno negativan uticaj na sva živa bića i na zdravstveno stanje stanovnika te oblasti, kao i da, ako se izuzmu podloge koje su prirodno bogate nekim teškim metalima (serpentinitska i silikatna zemljišta), da su velike površine zemljišta zagađene teškim metalima. Istraživanja su pokazala da teški metali nisu biorazgradivi, i da se vremenom akumuliraju u zemljištu, kao i da mnoge biljke mogu da ih usvajaju u većim količinama, koje nisu direktno toksične za njih same. Teški metali preko biljaka ulaze u lance ishrane (biljka-životinja) i mogu biti toksični za herbivorne životinje, i negativno utiču (deluju) na žive organizme na različitim nivoima (SHI JI-YAN ET AL. 2007; CHIBUIKE ET AL. 2014; KAMRAN ET AL. 2013; SŁOMKA ET AL. 2010; FRANIEL ET AL. 2011). Posledica dugotrajnog dejstva i akumulacije toksičnih (teških) metala u ekosistemu, je postepeno narušavanje njegovih pojedinih komponenti i ekosistema u celini. Zbog svega navedenog sve više se izučavanju dejstva toksičnih metala u životnoj sredini i njihovom uticaju na nju i organizme koji u njoj žive. Istraživači sve više proučavaju uzajamne veze između sadržaja toksičnih (teških) metala u vazduhu, zemljištu, vodi i biljkama, i njihovom uticaju na organizme. (CHOJNACKA ET AL. 2005; KHAN ET AL. 2009; KADOVIĆ ET AL. 2002).

Istraživanja su pokazala da su se mnoge vrste vaskularnih biljaka veoma dobro adaptirale na povećan sadržaj toksičnih metala u životnoj sredini nizom fizioloških adaptivnih odgovora i da neke od njih (*Cheilanthes marantae*, *Silene paradoxa* ili *Viola arsenica*) žive isključivo na podlogama koje su bogate određenim teškim metalom (STEVANOVIĆ & JANKOVIĆ, 2001; STEVANOVIĆ ET AL. 2010), a zbog čega ove vrste predstavljaju bioindikatore prisustva toksičnih (teških) metala. Neke od bioindikatorskih vrsta se danas koriste u procesima fitoremedijacije, (obnavljaju teškim metalima narušena staništa) (SAMECKA-CYMARMAN ET AL. 1999, KORD ET AL. 2011; GNOSH ET

AL. 2005; PULFORD ET AL. 2003). Biljke mogu da prevaziđu probleme povećane koncentracije teškog/teških metala u podlozi. Ovi mehanizmi se generalno mogu podeliti na ograničavanje usvajanja metala na nivou korenovog sistema (biljke ekskluderi) ili usvajanje i akumulaciju u nadzemnim organima, ponekad i u izuzetno visokim koncentracijama (biljke akumulatori i hiperakumulatori). U odnosu na mehanizam koji poseduju, ove biljke se mogu koristiti za fitostabilizaciju podloge (ekskluderi) ili za fitoekstrakciju toksičnih (teških) metala iz podloge (bioakumulatori).

Na zelenim površinama urbanog dela Beograda se često sade kseromorfne vrste žbunova, polužbunova i drveća koje ne pripadaju okolnoj vegetaciji. Tako se mogu sresti čak i one vrste koje su introdukovane u Evropu i na Balkansko poluostrvo, kao ukrasne parkovske biljke, kao što su *Mahonia aquifolium*, *Spiraea japonica*, *Lonicera nitida*, *Hibiscus syriacus*, *Berberis thunbergii* i dr. Sve ove biljke se na gradskom staništu susreću sa problemom zagađenosti vazduha i zemljišta koje je u velikim urbanim centrima izraženo i po pravilu pokazuju sezonska variranja (DUMANA ET AL. 2008; JUNG & THORTON 1997; BIDAR ET AL. 2009).

Prunus laurocerasus, *Mahonia aquifolium* i *Buxus sempervirens* su zimzelene vrste žbunova koje se sade po gradskim parkovima u Beogradu, često na lokalitetima za koja se već na osnovu položaja u gradu i blizine saobraćajnica može pretpostaviti da su izloženi izraženom aerozagađenju.

Imajući u vidu blizinu velikih gradskih saobraćajnica i trajanje listova ove tri zimzelene vrste biljaka, u ovom radu su ispitivane koncentracije i sezonska dinamika pH vrednosti podloge, količine organske mase, koncentracije kalcijuma, magnezijuma i toksičnih (teških) metala u uzorcima zemljišta i listova biljaka. Uzorci zemljišta i listova biljaka sakupljeni su sa šest lokacija u užoj gradskoj zoni Beograda, kao i sa prirodnih staništa ispitivanih vrsta biljaka koji su predstavljali kontrolne uzorke.

5.1 Hemijske odlike zemljišta

pH reakcija zemljišta je jedna od ključnih hemijskih odlika, jer od nje zavise pedogenetski procesi transformacije neorganske i organske komponente zemljišta i translokacije elemenata, biološka aktivnost i dostupnost nekih elemenata biljkama, a time i njihova fitotoksičnost. Na pH zemljišta, kao i na neke druge njegove osobine

(vododržljivost ili kapacitet adsorpcije katjona), utiču ne samo primarni minerali matične stene na kojoj se zemljište formira, već i količina i tip gline, količina organske mase, kao i intenzitet spiranja zemljišta (MILJKOVIĆ, 1996; BRADY ET AL. 2002). Vrednosti aktivne kiselosti (pH vrednost izmerena u vodi) zemljišnih uzoraka sakupljenih na teritoriji Beograda, su od 6,11 do 8,16; a srednja vrednost pH_{H_2O} je 7,34. Ovi rezultati su u saglasnosti sa podacima prikazanim za antropomorfna zemljišta od strane JOVANOVIĆ (1994). U ovim istraživanjima analizirano je 72 uzorka zemljišta, od čega se: pet uzoraka odlikovalo jako do srednje kiselom reakcijom, jedan uzorak neutralnom, a ostali uzorci (66) slabo do umereno alkalnom reakcijom. Jako kisela reakcija je ustanovljena samo u uzorku zemljišta uzetom sa lokaliteta Savski kej (PLMASK) tokom zimskog perioda. Umereno do slabo kisela reakcija je ustanovljena u uzorku zemljišta sa lokaliteta u Ustaničkoj ulici (PLUST) u toku jeseni i proleća. Na lokalitetu Savski kej, na zemljištu na kom rastu biljke *P. laurocerasus* bilo je nabacano isečeno granje sa lišćem i drugi biljni materijal, od kasne jeseni do kraja proleća, dok su na lokalitetu u Ustaničkoj ulici na zemljištu bile bačene kese sa smećem. Pretpostavljamo da je, nagomilani organski otpad prouzrokovao zakišeljavanje zemljišta, kao i da je neka od supstanci koju je sadržao otpad uzrokovala kiselu reakciju zemljišta u površinskom sloju.

pH vrednost zemljišnog rastvora je promenljiva i zavisi od količine i tipa jona koji su u njoj prisutni, od kojih određeni deo nije prisutan u samom vodenom rastvoru već je adsorbovan za zemljišne čestice i kao takav može u određenom trenutku biti razmenjen sa drugim katjonom i uticati na pH zemljišnog rastvora. Zbog svega navedenog određena je i supstitucionna ili potencijalna kiselost (pH_{KCl}) zemljišta. Vrednost pH_{KCl} je, obično, nešto niža u odnosu na pH_{H_2O} . Ova ispitivanja su pokazala da su vrednosti pH_{KCl} zemljišta od umereno kisele do slabo alkalne (5,78 do 7,48) i da je srednja vrednost analiziranih zemljišta 6,89. Rezultati ovih istraživanja pH zemljišta zelenih površina Beograda i okoline su u saglasnosti sa rezultatima Vratuše iz 1999. godine (VRATUŠA, 1999), (aritmetička sredina pH_{H_2O} zemljišta je bila 7,91, a pH_{KCl} bila 7,07), a nisu u saglasnosti sa rezultatima iz 2009. godine MARJANOVIĆ ET AL. (2009), gde je srednja vrednost pH dobijena analizom uzoraka zemljišta bila 8,24.

Rezultati ovih istraživanja ukazuju i da je reakcija zemljišnog rastvora ispitivanih zemljišta na teritorji Beograda slična pH vrednostima zemljišta u drugim

gradovima Srbije: vrednosti pH_{H_2O} i pH_{KCl} u Subotici su od 7,74 do 8,36, odnosno od 7,41 do 7,90 (Monitoring kvaliteta zemljišta na teritoriji grada Subotice u 2015. godini), a u Novom Sadu od 7,96 do 8,35, odnosno od 7,39 do 7,53 (Program praćenja kvaliteta poljoprivrednog i nepoljoprivrednog zemljišta na teritoriji grada Novog Sada tokom 2011. godine).

Organska komponenta zemljišta predstavlja svojevrsni rezervoar makro- i mikro-elemenata neophodnih za rast biljaka. Najveći deo ove rezerve je relativno stabilan jer je potrebno dosta vremena, nekada i decenija, da se ova složena organska jedinjenja (humus) razlože i na taj način oslobode elemente koji su njihov sastavni deo. Zbog velikog broja funkcionalnih grupa, humus omogućava adsorpciju veće količine jona, posebno katjona, zbog čega se zemljišta koja su bogata humusom i uopšteno organskim jedinjenjima smatraju plodnim (MILJKOVIĆ, 1996, BRADY ET AL. 2002).

Dobijeni rezultati u ovom radu, ukazuju na to da je organska komponenta zemljišta sa svih lokaliteta podložna sezonskim fluktuacijama, iako se može očekivati da je najveći deo ove organske mase veoma stabilan tokom dužeg vremenskog perioda. Rezultati istraživanja ukazuju da je najveća količina organske mase zemljišta bila tokom zime, a najniža tokom jeseni. Ova pravilnost bi se mogla objasniti procesima koji se dešavaju u samom zemljištu i koji u velikoj meri zavise od sezonskih variranja klimatskih uslova na staništu. Jedan od ovih procesa je aktivnost zemljišnih mikroorganizama koja pokazuje veoma veliku zavisnost od vlažnosti i temperature zemljišta, a koja je tokom sušnog i hladnog perioda godine izuzetno niska (TURNER & WRIGHT, 2014; FIERER ET AL. 2003; NEMERGUT ET AL. 2014; PROSSER ET AL. 2007) . Istraživanja drugih istraživača su pokazala da tokom povoljnog perioda godine (proleće, jedan deo leta i jeseni) dolazi do razlaganja organskih ostataka, i da se ispiranje oslobođenih elemenata i rastvorenih organskih jedinjenja najviše dešava tokom vlažnog perioda godine (u ovom slučaju u aprilu i maju) zbog čega je najveća količina organskih jedinjenja detektovana u uzorcima zemljišta u zimu (CAVELIER ET AL. 1999; YAVITT & WRIGHT, 2001). Pored toga, na organsku komponentu zemljišta utiče i rast korenovog sistema tokom povoljnog perioda godine (posebno u proleće) kada dolazi do izlučivanja različitih eksudata korena u rizosferu, kao i eksudata gljiva što može uticati na veću količinu organskih jedinjenja u zemljištu u tom periodu (DAVIDSON ET AL. 2002).

Rezultati ovih istraživanja prosečne količine organskih jedinjenja u ispitivanim zemljištima Beograda od 1,17% do 6,68% su u saglasnosti sa ranije objavljenim podacima za zemljišta parkova i zelenih površina na teritoriji Beograda koji su iznosili 5,16% (VRATUŠA, 1999) i 6,88% (MARJANOVIĆ ET AL. 2009), kao i za antropomorfna zemljišta čiji je sadržaj organske mase iznosio do 7% (JOVANOVIĆ, 1994). Prema SBARAGLIA & LUCCI, 1994; BRADY ET AL. 2002) količina od oko 5% organske komponente zemljišta se smatra umerenom i karakterističnom za dobro razvijena zemljišta koja se odlikuju relativno brзом razgradnjom organskih ostataka. Vrednosti dobijene u ovim istraživanjima su slične vrednostimadobijenim za druge gradove u Srbiji, (prosečna zastupljenost organske komponente u zemljištu parkova u Novom Sadu 3,3%, a (Program praćenja kvaliteta poljoprivrednog i nepoljoprivrednog zemljišta na teritoriji grada Novog Sada tokom 2011. godine), u nepoljoprivrednim zemljištima pet gradskih opština grada Niša 2-10% (sadržaj organskog ugljenika 1-6%) (Konačni izveštaj za prolećni operiod za 2015. godinu po Programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta na teritoriji grada Niša). Najniži procenat organske mase konstatovan u uzorcima zemljišta sakupljenih na lokalitetu u Bulevaru JNA, a najviši (u nekim uzorcima čak i preko 10%) na lokalitetima na Novom Beogradu. Pretpostavljamo da je uzrok ovako velikih razlika verovatno u različitoj količini nagomilanog otpadnog biljnog materijala (opalog lišća i granja).

U ovom istraživanju ustanovljena je razlika u hemijskim odlikama zemljišta sa prirodnog lokaliteta ispitivanih biljnih vrsta u odnosu na urbana zemljišta. Razlika je posebno evidentna u uzorcima zemljišta sakupljenog na Ostrozubu, prirodnom staništu vrste *P. laurocerasus*. Vrednosti aktivne kiselosti u zemljištu, pH_{H_2O} su bile od 4,18-4,64, (srednja vrednost 4,27), a supstituciona kiselost (pH_{KCl}) je bila veoma niska 3,03-3,93 (srednja vrednost 3,36). Dobijene vrednosti izrazito kisele reakcije zemljišta su posledica uticaja kisele silikatne matične stene, male količine kalcijuma, kao i velike količine organske mase (14,72-67,68%) koja je kiselog karaktera. Na osnovu zastupljenosti organske komponente, zaključuje se da se radi o zemljištu u kom je prisutna spora razgradnja organskih jedinjenja, čemu doprinosi stalno povećana vlažnost podloge i njena slaba dreniranost. Iz svega navedenog zaključuje se da ovo zemljište pripada organogenom (tresetnom) tipu zemljišta (MILJKOVIĆ, 1996), koji se ne može definisati kao zemljište u pravom smislu te reči, već kao organo-mineralni supstrat.

Istraživanja su pokazala da su zemljišta sakupljena na prirodnom staništu vrste *B. sempervirens* i neantropogenom staništu vrste *M. aquifolium* slabo alkalne reakcije ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 7,73 i 7,60), da je organska komponenta zemljišta iz kanjona Matke iznosila 8,86%, sa Fruške Gore 4,56% i da su ova zemljišta jako humusnog karaktera (MILJKOVIĆ, 1996). Rezultati za zemljište Fruške gore prikazani u disertaciji se razlikuju od rezultata dobijenih 2002. godine gde je KADOVIĆ (2002) ustanovljeno da je: pH površinskog sloja zemljišta (10-20 cm dubine) bio 3,62, sadržaj organskog ugljenika na istoj dubini 1,43, što odgovara zastupljenosti organske mase od 2,46%.

5.1.1 Koncentracija i sezonska varijabilnost količine kalcijuma i magnezijuma u zemljištu

Rezultati u disertaciji pokazuju da je koncentracija ukupnog **magnezijuma** u zemljištu sa lokaliteta ispitivanih vrsta biljaka varirala u širokom opsegu tokom godine i da je bila od 153-3039 $\mu\text{g g}^{-1}$ vazdušno suvog zemljišta. Ustanovljeno je i da je znatno viši sadržaj Mg u zemljištu bio prisutan u proleće i leto, a niži tokom jeseni i zime, što je verovatno posledica kretanja Mg u zemljištu tokom sušnog i tokom vlažnog perioda godine. Istraživanja drugih istraživača su pokazala da se tokom toplog i sušnog perioda godine, kada je evaporacija izražena, magnezijum zajedno sa kapilarnom vodom kreće iz dubljih slojeva i akumulira u površinskom sloju zemljišta, dok tokom hladnog i vlažnog perioda godine, kada je intenzitet evaporacije niži, dolazi do intenzivnijeg ispiranja magnezijuma u dublje slojeve zemljišta (LOIDE, 2004; ZHEVELEV ET AL. 2013), kao i da ova pokretna, jonska frakcija magnezijuma u zemljištu vodi poreklo od matične stene na kojoj se zemljište razvija, i od biljnih ostataka, i da biljna tkiva sadrže značajne količine magnezijuma, od kojih se čak oko 70% nalazi u jonskom obliku (NEŠKOVIĆ ET AL. 2003).

Koncentracija **kalcijuma** u zemljištu na urbanim lokalitetima je tokom svih sezona bio od 5627 $\mu\text{g g}^{-1}$ do 18475 $\mu\text{g g}^{-1}$. Koncentracija kalcijuma je na svakom pojedinačnom lokalitetu bila prilično ujednačena tokom godine, ali je po pravilu bila uvek najviša tokom zimskog perioda, a najniža uglavnom tokom jeseni. Ovakva pravilnost u dinamici količine kalcijuma se poklapa sa dinamikom količine organske materije u zemljištu. Imajući u vidu da je najveći deo organske mase u zemljištu biljnog porekla, kao i to da je udeo kalcijuma u biljnim tkivima od 0,1-5% suve biljne mase

(MARSCHNER, 1995), viša koncentracija kalcijuma tokom zime je rezultat povećanog sadržaja rastvorenih organskih jedinjenja koja su rezultat razgradnje površinskog biljnog otpada tokom prethodnih, termički povoljnijih sezona. U disertaciji je konstatovana posebno niska koncentracija Ca na silikatnom zemljištu na staništu vrste *P. laurocerasus*. Rezultati su u saglasnosti sa istraživanjima drugih istraživača koji su pokazali da se silikatna zemljišta odlikuju niskom količinom ili čak potpunim odsustvom kalcijuma (STEVANOVIĆ, 2001). Rezultati ovih istraživanja ukazuju i da se ovo silikatno zemljište odlikuje i manjim odnosom kalcijuma i magnezijuma u odnosu na preostala ispitivana zemljišta sa prirodnih i urbanih staništa.

5.1.2 Količina ispitivanih elemenata u površinskom sloju zemljišta

Mnoga gradska zemljišta je veoma teško klasifikovati kao zemljišta u tradicionalnom smislu, jer su tokom formiranja grada i vremena pretrpela značajne izmene i u sebi sadrže različite količine raznih dodatih materijala, kao što su oni koji se koriste pri konstrukciji zgrada ili saobraćajnica (LEHMANN & STAHR, 2007). Ovakva zemljišta u gradu često pokazuju izuzetnu heterogenost po pitanju prisustva i količine toksičnih (teških) metala, a podaci o procesima koji regulišu dužinu prisustva i potencijalno kretanje ovih elemenata u zemljištu su još uvek slabo poznati (BEESLEY ET AL. 2010). Najveći broj dosadašnjih ispitivanja toksičnih (teških) metala u gradskoj sredini se odnosio na ispitivanje njihove koncentracije u površinskom sloju zemljišta, obično do dubine od 20 cm, koji je pod najintenzivnijim uticajem aerozagadenja i drugih antropogenih aktivnosti, a rezultati dobijeni ovakvim ispitivanjima daju dobar uvid u stepen zagadenja životne sredine teškim metalima (FARMER, 1997; MIRSAL, 2008; HARISON, 2014)

Ukupne količine elemenata u ispitivanim uzorcima gradskog zemljišta prikazuju osobine podloge na kojoj se zemljište razvija, kao i vrstu i intenzitet zagadenja koje je najčešće poreklom od izduvnih gasova oslobođenih nakon sagorevanja svih vrsta fosilnih goriva (u saobraćaju, termoelektranama, industrijskim kotlovima, ložištima domaćinstava) kao i neodgovarajućeg upravljanja urbanim i industrijskim otpadom i dr. (HARISON, 2014; AGARWAL, 2009; ALLOWAY, 2013).

Ispitivanja u ovoj disertaciji pokazuju da sadržaj toksičnih (teških) metala (Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Fe, Ni, Co, Mn) i vanadijuma u uzorcima zemljišta varira u zavisnosti od lokaliteta i sezone. Najveće variranje (srednja vrednost \pm standardna devijacija) je ustanovljeno u slučaju olova ($101 \pm 118 \mu\text{g g}^{-1}$), bakra ($49,3 \pm 25,4 \mu\text{g g}^{-1}$) i cinka ($196 \pm 79,8 \mu\text{g g}^{-1}$), a nešto umerenije kod kadmijuma ($1,62 \pm 0,43 \mu\text{g g}^{-1}$), hroma ($50,1 \pm 9,63 \mu\text{g g}^{-1}$), gvožđa ($31921 \pm 5710 \mu\text{g g}^{-1}$), nikla ($35,9 \pm 9,9 \mu\text{g g}^{-1}$), kobalta ($11,4 \pm 2,4 \mu\text{g g}^{-1}$) i mangana ($738 \pm 135 \mu\text{g g}^{-1}$).

Upoređivanjem podataka koji se odnose na sadržaj toksičnih (teških) metala i vanadijuma u svim uzorcima zemljišta iz Beograda koji su dobijeni u ovom radu sa podacima iz drugih gradova Evrope i sveta (Tabela 46) uočava se da su prosečne količine Mn, Ni, Zn, Co, Cd, Pb u ispitivanim uzorcima zemljišta iz Beograda u nivou vrednosti koje su konstatovane za ove gradove. Sasvim suprotno, sadržaj V u ispitivanim uzorcima zemljišta je ispod proseka u svetu. Ukoliko se uporede podaci dobijeni za zemljišta Beograda sa graničnim vrednostima za Ni, Zn, Cu i Cd koje su određene po direktivi EU (http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/hm_annex2.pdf) uočava se da ni jedan od elemenata ne prelazi gornje vrednosti za ove elemente koji su dati u direktivi (Tabela 45).

Tabela 46. Koncentracije toksičnih (teških) metala i vanadijuma (mg kg⁻¹) u zemljištima nekoliko gradova Evrope i sveta i prosečne koncentracije u gornjem sloju kontinentalne kore

Grad	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb	V
Beograd	21750-43919	738-1423	35,9-87,8	97,7-483	34,2-93,2	11,4-22,7	2,8-120	0,7-2,7	11,8-640	<0,1-45,6
Vroclav¹	5150-8200	220-324	10,5-16,5	417-743	7,9-10,7	5,4-7	17,2-24,3	1,95-2,15	65-113	10,2-14,5
Nova Moldova²	44582	1845	18,40	197			229	0,40	22,02	
Denizli³	3554	429		506			69,7	4,29	337	
Prag⁴			21,5	106	36,4		19,1	0,452	23,5	
Konia⁵			1,542	4,508	0,018	0,097	2,369	0,024	2,659	5,235
Palermo⁶		142-1241	7,0-38,6	52-433	12-100	1,5-14,8	10-344	0,27-1,80	57-682	21-124
Hamburg⁷		750	62,5	516	95,4		147	2,0	218	
Madrid⁸		437	14,1	210	74,7	6,42	71,7		161	30
Bangkok⁹		50-810	4,1-52,1	3-814	4,3-57,4		5,1-283	0,05-2,53	12,1-269	
Meksiko¹⁰			20-146	34-1641	50-265		15-398		5-452	50-179
Zagreb¹¹		79,2-4537	0,7-488	27,1-479	11,5-400	2,74-47,2	3,64-1335	0,02-4,94	1-216	
21 grad u Kini¹²			4,08–910	69,1–301	17,8–197	3,55–58,9	16,2–1226	0,13–6,90	26,7–110	
Svetski prosek¹³		488	13-37	7-14	60	6-14	14-109	0,4	27	150
EU¹³			30-57	150-300			50-140	1-3	50-300	
Kontinentalna kora			47	67	92	17	28	0,09	17	97

¹SAMECKA-CYMERMAN ET AL. (1998)

²HARMANESCU ET AL. (2011)

³CELIK ET AL. (2005)

⁴MODLINGEROVA ET AL. (2012)

⁵ONDER ET AL. (2007)

⁶MANTA ET AL. (2002)

⁷LUX (1996)

⁸DE MIGUEL ET AL. (1998)

⁹WILCKE ET AL. (1998)

¹⁰MORTON-BERMEA ET AL. (2009)

¹¹CZARNOWSKA ET AL (1983)

¹²LUO ET AL. (2012)

¹³KABATA-PENDIAS (2011)

¹⁴SLUŽBENI LIST EU (86/278/EEZ)

¹⁵RUDNICK & GAO (2003)

Upoređujući rezultate iz ove disertacije sa rezultatima prikazanim u tabeli XX zaključuje se da zemljište urbanog dela grada Beograda sadrži veću koncentraciju toksičnih (teških) metala u odnosu na zemljište gradova u Srbiji (Tabela 47). Koncentracije većine ispitivanih elemenata u zemljištu Beograda nešto više u odnosu na uzorke zemljišta sa teritorije grada Niša, Smedereva, Požarevca, Subotice i Novog Sada. Analiziranjem naših rezultata i poređenjem sa zaključcima prikazanim u Izveštaju o stanju zemljišta u Republici Srbiji u 2012. godini Ministarstva energetike, razvoja i zaštite životne sredine, može se zaključiti da su nešto više koncentracije pojedinih elementa u uzorcima zemljišta u Beogradu posledica povećanog saobraćaja u odnosu na gradove koji su navedeni u tabeli XXX. Istraživanja prikazana u radu su pokazala da se prosečan sadržaj analiziranih elemenata u ispitivanim uzorcima zemljišta sa teritorije Beograda je sličan rezultatima prikazanim u *Programu ispitivanja kvaliteta zemljišta na teritoriji Beograda za 2012. godinu, Gradskog sekretarijata za zaštitu životne sredine* (Izveštaj o stanju zemljišta u Republici Srbiji za 2012. godinu Beograd 2013. Republika Srbija, Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine), kao, i da osim nikla i olova, ne prekoračuju granične vrednosti date *Uredbom o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologije za izradu remedijacionih programa* ("Službeni glasnik RS" br. 23/94) (Tabela 46).

Istraživanja drugih istraživača su pokazala da na visoke koncentracije ispitivanih elemenata, posebno Pb, Cu, Cd i Zn, osim zagađenja, utiče i: njihova relativno slaba mobilnost u zemljištu (Cd, Cu), visoki afinitet zemljišta za vezivanje i taloženje navedenih elemenata, posebno (COVELO ET AL. 2008; VEGA ET AL. 2009; CERQUEIRA ET AL. 2011; FONSECA ET AL. 2011). Neka istraživanja su pokazala da je na pH vrednosti zemljišnog rastvora oko 7, a i što je slučaj sa ispitivanim zemljištem u Beogradu, rastvorljivost katjona ispitivanih elemenata veoma ograničena i to prvenstveno zbog njihove precipitacije ili koprecipitacije u vidu oksida, hidroksida, karbonata ili fosfata, ali i zbog formiranja jakih veza sa hidratizanim oksidima metala, mineralima gline ili organskom masom koji su sastavni deo zemljišta (MARKIEWICZ-PATKOWSKA ET AL. 2005).

Tabela 47. Koncentracije toksičnih (teških) metala (mg kg^{-1}) u urbanim zemljištima u Srbiji u poređenju sa podacima iz literature

Grad	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb
Beograd	21750-43919	738-1423	35,9-87,8	97,7-483	34,2-93,2	11,4-22,7	2,8-120	0,7-2,7	11,8-640
¹ Beograd			62,4-73,6	123-216	83,5-118		30,4-110	1,34-1,73	54,0-237
² Beograd		281,8-689		63,2-691		4,4-36,0	8,8-251	1,1-3,1	LD-788
³ Beograd		394-1020	57,6-361	133-734	43,2-160	12-41,6	48,6-315	4,01-17,6	46,5-1848
⁴ Beograd	24865-35507	618-771	54-81	95-165	92-121		25.86		
⁵ Beograd			60,1-61,9						
⁶ Beograd			64,1	45,3	31,6		32,4	0,48	27,2
⁷ Smederevo							19,5-40,8		
⁸ Požarevac				77,9-134	60,4-85,2		27,9-33,9	0,7	64,8-79,9
⁹ Subotica			5,30-71,3	15,4-980	6,13-426		6,21-621	< 0,02-0,63	3,25-85,9
¹⁰ Niš		432	17,9	59,5	11,0	8,14	32,4	1,08	150
¹¹ Novi Sad	8009	251		84,5			30,9	0,152	10,8
¹² Novi Sad	326-549	23,1-73,4	91,4-105	22,5-61,9	7,385-12,7	17,6-39,2		39,8-56,1	
¹³ RS		< 2000	< 50	< 300	< 100	< 50	< 100	< 3	< 100

¹TOMAŠEVIĆ ET AL. (2004)

²MARJANOVIĆ ET AL. (2009)

³GRŽETIĆ ET AL. (2008)

⁴KUZMANOSKI ET AL. (2014)

⁵STANKOVIĆ ET AL. (2011)

⁶IVANKOVIĆ ET AL. (2010)

⁷Gradski zavod za javno zdravlje Beograd

⁸Gradski zavod za javno zdravlje Beograd

⁹Zavod za javno zdravlje Subotica

¹⁰Uprava za privredu, održivi razvoj i zaštitu životne sredine, grad Niš

¹¹ŠKRBIĆ & ČUPIĆ (2004)

¹²Gradska uprava za zaštitu životne sredine Novi Sad

¹³Službeni glasnik RS 23/94

Rezultati ovih ispitivanja zemljišta Beograda sa različitih lokaliteta istih delova grada pokazuju da se koncentracije ispitivanih elemenata u nekim slučajevima značajno razlikuju. Iz rezultata sledi da se sadržaj olova u uzorcima zemljišta sakupljenih sa više lokaliteta na Novom Beogradu značajno razlikuju visoke koncentracije su izmerene u zemljištu sakupljenom u blizini kružnog toka kod Opštine Novi Beograd ($573 \mu\text{g g}^{-1}$), a niske u zemljištu sa Savskog keja ($39,1 \mu\text{g g}^{-1}$). Rezultati ukazuju i na to da u uzorcima zemljišta sakupljenim u blizini kružnog toka kod Opštine Novi Beograd ima najviše olova, ali i dosta nikla, cinka i vanadijuma. Pretpostavljamo da je izvor ovih elemenata gorivo. Visoka koncentracija Pb ($628 \mu\text{g g}^{-1}$) je izmerena i u uzorcima zemljišta uzetih sa lokaliteta na Kalemegdanu, u blizini Pariske ulice, koja je, takođe, veoma prometna ulica i koja se nalazi u najužem centru grada. Pretpostavljamo da je različita koncentracija elemenata u ispitivanom zemljištu posledica različite udaljenosti ispitivanog zemljišta od veoma prometnih ulica, odnosno od izvora zagađenja. Poznato je, u slučaju olova da su njegov najveći izvor u urbanim zemljištima izduvni gasovi motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Iako se već duže vreme koriste bezolovna goriva, zemljišta u gradu su decenijama bila zagađivana ovim teškim metalom koji zbog svoje slabe mobilnosti u zemljištu i izražene precipitacije na pH oko neutralne, ostaje dugoročno akumuliran u zemljištu (ALLOWAY, 2013; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011; MEUSER, 2010; MARKIEWICZ-PATKOVSKA ET AL. 2005; KABALA & SINGH, 2001; CERQUEIRA ET AL. 2011).

5.1.3 Sezonska varijabilnost elemenata u zemljištu

Na koncentraciju metala u zemljištu utiču različiti procesi: razlaganje minerala stene, spiranje, promena pH vrednosti, smanjenje ili povećanje rastvorljivosti pojedinih metala, evaporacija kojom se joni "prenose" iz dubljih u površinske slojeve zemljišta. Obilne padavine dovode do spiranja katjona, kao što su Ca i Mg i do snažnijeg vezivanja katjona metala i vodonika. Iz naših rezultata sledi da je koncentracija nekih elemenata u urbanom zemljištu Beograda (na primer Mg) u zemljištu viša tokom kasnog proleća i leta. Ovi rezultati za Mg se mogu objasniti njegovom lakom mobilnošću i transportom iz dubljih ka površinskim slojevima zemljišta koja je posledica izražene evaporacije i kretanja kapilarne vode ka površini zemljišta. Više koncentracije **Co**, **Cd** i

Zn u zemljištu Beograda su izmerene u prolećnoj i letnjoj sezoni, što se objašnjava njihovom akumulacijom tokom hladnog perioda godine usled intenzivnije emisije zagađivača i intenzivnije depozicije toksičnih (teških) metala na površini zemljišta i zbog grejanja i upotrebe uglja i mazuta koji u gradskim zonama predstavljaju izuzetno veliki izvor ovih metala u vazduhu (VOUK & PIVER, 1983; SUSAYA ET AL. 2010). Sezonska promenljivost koncentracije ovih elemenata u površinskom sloju zemljišta zavisi i od mobilnosti njihove u vodi rastvorljive frakcije, na koju u velikoj meri utiču maksimalna adsorptivna sposobnost zemljišta i njihova rastvorljivost u zemljišnom rastvoru (PROKOP ET AL. 2001). Na isti način se može objasniti i smanjenje količine **Cd** i **Cu** koje se, gotovo po pravilu, uočava na svim gradskim lokalitetima tokom jeseni i zime. Pretpostavlja se da je razlog smanjenja sadržaja ova dva elementa, osim izostanka ložišta tokom leta i jeseni, i njihova velika mobilnost u procesima spiranja u dublje slojeve zemljišta (BEESLEY ET AL. 2010). Istraživači su pokazali da su teški metali koji u zemljište dolaze iz antropogenih izvora mobilniji u zemljištu, a time i dostupniji biljkama, u odnosu na one koji se postepeno oslobađaju iz minerala stena (KUO ET AL. 1983). Nasuprot njima, **gvožđa** je po pravilu bilo značajno više tokom jeseni i zime u odnosu na proleće i leto.

Za razliku od elemenata koji se javljaju u širem opsegu vrednosti između različitih lokaliteta u gradu i pokazuju sezonsku varijabilnost, elementi kao što su **Mn** i **Cr** su prisutni u ujednačenoj koncentraciji, kako između svih ispitivanih lokaliteta, tako i između sezona. Hrom se u zemljištu obično javlja u formi Cr(III) koji je inertan i formira veliki broj organskih i neorganskih kompleksa u kojima se veoma snažno vezuje, kao i u formi Cr(VI) koja je manje stabilna, pa se lako ispira iz zemljišta i biljke je usvajaju (BARLETT & JAMES, 1988). Nasuprot tome, mangan je relativno inertan u suvim i pH neutralnim i slabo alkalnim zemljištima (KASTORI, 1997), kakva su ispitivana zemljišta Beograda.

Variranja elemenata **Zn** i **Pb** su relativno mala ili ne ispoljavaju pravilan trend između sezona, što se objašnjava lokalnim specifičnostima u zagađivanju tokom godine, odnosno različitim intenzitetom saobraćaja, taloženjem finih čestica prašine sa metalnih šina tramvaja, upotrebom uglja i mazuta tokom zime, proleća i leta, ostacima različitih građevinskih materijala, abrazijom guma i metalnih delova vozila i slično (LEPP, 1981; ALLOWAY, 1995; ALLOWAY, 2013).

Na sadržaj toksičnih (teških) metala u zemljištu prirodnih i antropogeno nenarušavanih staništa, presudni značaj ima tip geološke podloge. Na Ostrozubu, koji je prirodno stanište vrste *P. laurocerasus*, dobijene su više koncentracije Fe i Mn u proleće, što je rezultat uticaja silikatne matične stene, velike količine organske mase koja je kiselog karaktera, kao i stalno vlažne podloge (HUMPHRIES ET AL. 2006; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011). Poznato je da zemljišta koja se formiraju na silikatnoj podlozi, u zemljišnom rastvoru kisele pH reakcije, sadrže dosta slobodnih jona toksičnih (teških) metala. Takođe, u stalno vlažnoj podlozi kisele pH reakcije procesi hidrolize i acidolize mineralne komponente zemljišta su izraženiji u odnosu na suvlje podloge, pa su i zemljišta koja se na ovakvim mestima formiraju bogatija elementima (SEGHAL ET AL. 1998). Ovo je posebno izraženo nakon perioda u kom je dreniranje zemljišta slabije, što se dešava tokom zimskog perioda godine sa puno snega.

5.1.4 Poreklo elemenata u površinskom sloju zemljišta u gradskim uslovima

Rezultati multivarijantne statističke analize sadržaja elemenata u površinskom sloju zemljišta u Beogradu pokazali su njihovo grupisanje u faktore u odnosu na poreklo. Slično kao i u većini analiziranih gradova širom sveta, i u površinskom sloju zemljišta u Beogradu, s jedne strane su se izdvojili teški metali koje LUO ET AL. (2012) označavaju kao "urbane metale" (Pb, Zn, Cu, Cd), a sa druge se nalaze metali koji vode poreklo od matične podloge (Ni, Cr, Mn). Takođe, poredeći prosečne količine toksičnih (teških) metala u površinskom sloju zemljišta u Beogradu, sa vrednostima koje RUDNICK & GAO (2003) daju za površinski sloj kontinentalne kore (Tabela 45), uočava se da je sadržaj Cd, Pb, Zn i Cu viši u odnosu na kontinentalnu koru, što može da potvrdi njihovo antropogeno poreklo. Nasuprot ovome, koncentracija hroma u površinskom sloju zemljišta u Beogradu je manja u odnosu na kontinentalnu koru, dok je koncentracija nikla neznatno viša, što bi moglo da potvrdi njihovo litogeno poreklo.

Međusobno značajno korelisani bakar i kadmijum, se jedne, i cink i olovo, s druge strane, čija koncentracija u najvećoj meri odstupa od proseka za kontinentalnu koru (Pb od 11,8 - 640 $\mu\text{g g}^{-1}$, Zn od 97,7 - 483 $\mu\text{g g}^{-1}$), odvajaju se po prvoj, odnosno drugoj osnovnoj komponenti. Nasuprot ovim elementima, nikl i hrom, za koje se navodi da u gradovima predstavljaju najmanje zagađujuće elemente (WEI & YANG, 2010),

zajedno sa manganom, odvojili su se u posebnu grupu koja je značajno korelisana sa trećom osnovnom komponentom.

Kao što je već istaknuto, prema dosadašnjim istraživanjima pre svega saobraćaj, ali i sagorevanje fosilnih goriva i industrija predstavljaju osnovni izvor Pb, Zn, Cu, Cd u gradskim zemljištima (MANTA ET AL. 2002; WEI & YANG, 2010; LUO ET AL. 2012). Visoke koncentracije olova su, u prvom redu, vezane za korišćenje benzina sa olovom, a cinka i bakra sa mehaničkom abrazijom vozila, pre svega kočionih sistema u slučaju bakra, i guma u slučaju cinka (DIVIRKLI ET AL. 2006; ZHENG ET AL. 2008; LI & FENG, 2012). Cd u gradsko zemljište najčešće dospeva iz akumulatora automobila i automobilske gume, kao i motornih ulja (VIARD ET AL. 2004; DIVIRKLI ET AL. 2006). Treba naglasiti da, iako se benzin sa olovom već duže vreme ne koristi, zbog dugog vremena zadržavanja olova u zemljištu (nekoliko stotina godina), u gradovima je i dalje izraženo zagađenje ovim elementom (WONG ET AL. 2006; ZHENG ET AL. 2008).

Grupisanje nikla i hroma, kao i mangana, dobijeno analizom osnovnih komponenti u ovom radu, koje potvrđuje njihovo litogeno poreklo u skladu je sa rezultatima analiza njihovog porekla za različite gradove širom sveta (FACCHINELLI ET AL. 2001; MANTA ET AL. 2002; ZHENG ET AL. 2008; YESILONIS ET AL. 2008; LUO ET AL. 2012).

5.2 Koncentracija i sezonska varijabilnost toksičnih metala i vanadijuma u listovima biljaka

Biljna tkiva u većoj ili manjoj meri odražavaju mineralni status zemljišta na kom rastu biljke. U urbanim uslovima, u listovima biljaka se može očekivati povećana koncentracija pojedinih toksičnih (teških) metala koji do njih stižu ili transportom iz korena ili ulaskom u listove kroz stome. Zbog toga se na listovima biljaka odražava stepen zagađenja životne sredine, odnosno vazduha ili zemljišta. U kojoj meri će se ovo zagađenje odraziti, zavisi od blizine izvora zagađenja, intenziteta i vremena izloženosti biljke zagađivanju, koncentracije i dostupnosti elementa, dužine trajanja listova, načinu transporta posmatranog elementa kroz biljku, kao i biljne vrste u odnosu na stepen apsorpcije i translokacije datog teškog metala (BARGAGLI, 1998).

Iz dobijenih rezultata sledi da su koncentracije Cd, Pb, Zn, Ni i Mn koje su detektovane u listovima ispitivanih biljaka bile niže od vrednosti koje se smatraju graničnim (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2011). Visoke koncentracije mangana je detektovana u *M. aquifolium* iz Ustaničke ulice i u *P. laurocerasus* sa Ostrozuba. Ovakve koncentracije teških metala i potpuno odsustvo vidljivih oštećenja na listovima tri ispitivane zimzelene biljne vrste ukazuju, s jedne strane na slabiju dostupnost pojedinih elemenata za usvajanje korenom, a sa druge na postojanje efikasnih mehanizama za izbegavanje usvajanja i translokaciju drugih ispitivanih metala u listove.

Koncentracije Cu, Zn u Pb u biljkama iz urbanih staništa Soluna (SAWIDIS ET AL. 1995) su kod *Ligustrum japonicum* varirala (u $\mu\text{g g}^{-1}$) na sledeći način: 4,8-10,3 za Cu, 15,5-42,2 za Zn i 1,5-4,4 za Pb, a kod *Nerium oleander* 7,2-17,8 za Cu, 18,7-42,2 za Zn i 1,5-14 za Pb. U poređenju sa ovim vrednostima, rezultati prikazani u disertaciji ukazuju da su koncentracije Zn mnogo niže, dok su koncentracije Cu i Pb više u listovima kod sve tri ispitivane vrste sa urbanih staništa Beograda, što ukazuje na zagađenost ovih lokaliteta, koji se nalaze pored velikih gradskih saobraćajnica.

Analiza sadržaja Fe, Mn, Ni, Zn, Pb, Cu, Cd, Cr, Co i V u listovima vrsta *B. sempervirens*, *M. aquifolium* i *P. laurocerasus* je pokazala da postoje značajne razlike u koncentraciji elemenata tokom sezona, kao i da su koncentracije metala bile u granicama normalnih vrednosti za biljke. Takođe, korelaciona analiza međusobnih odnosa analiziranih elemenata u listovima ispitivanih biljaka pokazala je da su dobijeni rezultati u skladu sa podacima koji se navode u literaturi (PAJAK ET AL. 2011; PETROVA, 2011; KORD & KORD, 2011 ; GAILEY ET AL. 1986).

Upoređivanjem koncentracije ispitivanih metala između vrsta uočava se da je najviše variranja u koncentracijama Mn, Zn, Cr, Cu prisutno kod vrste *M. aquifolium*. U tezi je pokazano i da je u listovima *M. aquifolium*, u odnosu na ostale dve ispitivane vrste, najveća koncentracija Mn, Zn, Cr, Cu i Ni. Koncentracija Co, Cd, Pb i V bila prilično ujednačena u listovima kod sve tri ispitivane vrste.

Iz teze sledi i da biljke iz urbanih staništa Beograda tokom proleća i leta akumuliraju pojedine metale u svojim listovima, kao što su Fe, Ni, Cr, dok za razliku od njih, Pb, Cu, a na većini staništa i Cd (osim u listovima *P. laurocerasus* i *M. aquifolium* iz Bulevara JNA, Botaničke bašte i kod Kalemegdana) ima više u listovima ispitivanih biljaka sakupljenih u proleće u odnosu na listove koji su sakupljeni tokom leta.

Gvožđa je najviše bilo u listovima vrsta *B. sempervirens* i *P. laurocerasus*. Iz prikazanih rezultata je evidentno da su, veće količine Fe u listovima bile u jesen i zimu nego u proleće i leto, mada nema veće razlike u dobijenim rezultatima. Pored litogenog porekla, Fe u zemljište može dospeti i kao posledica veoma intenzivnog saobraćaja na određenom lokalitetu, kao i sagorevanjem fosilnih goriva tokom zimskog perioda. Poznato je da je kretanje Fe kroz floem veoma slabo, pa je i njegova redistribucija iz listova u druge biljne organe zaista neznatna (PAGE & FELLER 2015; PAGE ET AL. 2006), čime se može objasniti slabo variranje u količini ovog elementa u listovima ispitivanih vrsta po sezonama. Najveća količina Fe je izmerena kod vrste *M. aquifolium* u zimskom periodu na lokalitetu NBGD (opština Novi Beograd); u tom istom periodu i na istom lokalitetu bila je i najniža koncentracija Mg u zemljištu. S obzirom da su prilikom usvajanja, Mg i Fe u antagonističkom odnosu, moguće je da je to razlog zašto je vrsta *M. aquifolium* usvojila veće količine Fe na ovom lokalitetu tokom zime, u odnosu na druge periode i ostale lokalitete (RADULESKU, 2007). Sadržaj Fe u listovima ispitivanih vrsta biljaka je uglavnom bila u granicama normalnih vrednosti datih u literaturi (KABATA-PENDIAS, 2011). Slični rezultati su dobijeni kod vrste *Olea europea* u Sevilji, gde je sadržaj Fe u listovima ove biljke bio od 107-293 mg kg⁻¹ (MADEJON ET AL. 2002), zatim kod vrsta *Betula pendula* (113-224 mg kg⁻¹), *Tilia cordata* (160-304 mg kg⁻¹) i *Aesculus hippocastanum* (208-297 mg kg⁻¹). Sve tri vrste su iz beogradskih parkova (TOMAŠEVIĆ ET AL. 2011).

Iz rezultata prikazanih u disertaciji evidentan je visok sadržaj mangana u gradskom zemljištu, dok je koncentracija Mn u listovima svih ispitivanih vrsta je bila u granicama normalnih vrednosti (BELL ET AL. 2002; KABATA-PENDIAS, 2001). Koncentracija Mn u listovima ispitivanih vrsta biljaka je slična podacima iz literature za vrstu *Pinus sylvestris* (110,5 mg kg⁻¹) gde su ispitivanja vršena na uzorcima sakupljenim u gradu na mestu koje je oko 2 km udaljeno od fabrike veštačkih đubriva (GIERTYCH ET AL. 1997) i *Olea europea* (56-131 mg kg⁻¹) gde su uzorci uzeti ispod mostova na kojima se odvija saobraćaj, a koji su udaljeni na oko 4 km od rudnika (MADEJON ET AL. 2002). Analiziranjem i upoređivanjem rezultata zaključuje se da je osim slabe dostupnosti ovog elementa biljakama, moguće da na slabo usvajanje Mn utiče skoro neutralna pH vrednost zemljišta, kao i visok odnos između Ca i Mn u zemljištu. Ca i Mn su u antagonističkom odnosu, pa povećanje Ca u zemljištu ima za posledicu smanjenu

apsorpciju Mn (RADULESKU, 2007). Ovaj antagonistički odnos se najbolje manifestuje na Ostrozubu, prirodnom staništu vrste *P. laurocerasus*, gde je u zemljištu koje se razvija na silikatnoj matičnoj podlozi tokom cele godine zabeležena karakteristično niska koncentracija Ca. Tokom prolećne sezone zabeležena je najniža koncentracija Ca u zemljištu, dok je istovremeno izmerena najviša koncentracija Mn, kako u zemljištu, tako i u listovima vrste *P. laurocerasus*. Na visoku koncentraciju Mn u listovima biljaka utiče i niska pH vrednost zemljišnog rastvora (i u H₂O i u KCl), koja doprinosi boljoj dostupnosti Mn biljkama. Kao rezultat ovakvih edafskih uslova, u listovima vrste *P. laurocerasus* sa prirodnog staništa, koncentracija Mn je bila nekoliko puta iznad koncentracije koja se smatra toksičnom za većinu biljaka (BELL ET AL. 2002). Uprkos tome, na listovima vrste *P. laurocerasus* nisu se uočavali tragovi oštećenja, što ukazuje na to da ova vrsta poseduje mehanizme za izbegavanje toksičnog uticaja povećane koncentracije mangana. Iako se Mn lako kreće ksilemskim elementima od korena u akropetalnom pravcu, njegova redistribucija između biljnih organa je izuzetno slaba (PENG ET AL. 2008; PAGE & FELLER, 2005; REISEN & FELLER, 2005), što se može povezati sa relativno malim variranjima koncentracije Mn u listovima ispitivanih biljaka tokom sezone.

U listovima ispitivanih zimzelenih vrsta zabeležene su visoke koncentracije **nikla** i to tokom proleća, a posebno u uzorcima uzetim u letnjem periodu, koje su i nekoliko puta veće od normalnih vrednosti (KABATA-PENDIAS, 2011; WANG ET AL. 2009). Tokom jeseni i zime vrednosti nikla u listovima ispitivanih vrsta na svim urbanim lokalitetima su bile daleko niže ili su bile ispod nivoa detekcije. Ovako velika razlika u sadržaju nikla u listovima između proleća i leta s jedne strane, i jeseni i zime s druge, može se objasniti visokom mobilnošću ovog elementa u floemu, odnosno njegovom dobrom redistribucijom iz starijih listova u druge delove biljke (PAGE & FELLER, 2015). Iako nikel u zemljištu uglavnom potiče iz geološke podloge, u urbanim uslovima dospeva u zemljište sagorevanjem nafte i uglja ili depozicijom pepela iz dimnjaka (toplana ili domaćinstva). Depozicijom, pepeo i prašina dospevaju na površinu listova i ukoliko nema obilnijih padavina i spiranja sa površine lista, biljka može da usvoji nikel, kao i neke druge elemente i preko listova (KABATA-PENDIAS, 2011). Postoji velika mogućnost da su ispitivane vrste biljaka usvojile nikel preko listova tokom proleća, a posebno tokom veoma sušnog leta 2012. godine. Iako je na Ostrozubu,

prirodnom staništu vrste *P. laurocerasus*, ustanovljena najmanja koncentracija Ni u zemljištu, u listovima je ustanovljena najveća koncentracija ovog elementa i to u proleće i leto. Poznato je da se na niskoj pH vrednosti zemljišnog rastvora Ni nalazi u obliku koji je lako dostupan biljkama, zbog čega ga one lako usvajaju. Kao rezultat toga, usvajanje ovog elementa, i pored njegovog niskog sadržaja u zemljištu, bilo je znatno intenzivnije kod biljaka na prirodnom staništu na planini Ostrožub, u odnosu biljke koje rastu na na urbanim lokalitetima.

Koncentracija **cinka** u listovima ispitivanih vrsta biljaka se kretala u okviru normalnih vrednosti datih u literaturi (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011; STOREY, 2007). Slične vrednosti koncentracije Zn u listovima su dobijene i kod vrste *Pinus sylvestris* – 47,4 mg kg⁻¹ (SKONIECZNA ET AL. 2014) i *Quercus ilex* – 23,89 mg kg⁻¹ (DE NIKOLA ET AL. 2008). Za ovaj element nije ustanovljen jasan trend promene koncentracije u listovima tokom sve četiri sezone. Kao mogući razlog odsustva pravilnosti u sezonskom variranju sadržaja ovog elementa u uzorcima listova ispitivanih vrsta biljaka, je velika fluktacija sadržaja Zn u pojedinim biljnim organima, tj. premeštanje i nagomilavanje ovog elementa u različitim biljnim organima i tkivima (KABATA-PENDIAS, 2011; STOREY, 2007). Imajući u vidu da se cink dobro usvaja korenima i da se nakon usvajanja lako translocira u nadzemne organe biljke, kao i da se umereno do odlično redistribuira floemom iz listova u druge delove biljke, može se pretpostaviti da je količina cinka u listovima rezultat intenziteta zagađivanja tokom zimskog i letnjeg perioda na nekom od lokaliteta u urbanoj sredini, kao i fiziološkog stanja ispitivanih vrsta biljaka.

Tokom proleća, a naročito leta, zabeležene su visoke koncentracije **hroma** u listovima ispitivanih vrsta biljaka, dok u jesenjem i zimskom periodu u većini slučajeva hrom nije ni detektovan. Dobijene vrednosti koncentracije Cr u listovima su bile iznad granice normalnih vrednosti (BELL ET AL. 2002; PETERSON ET AL. 1981), odnosno bile su na graničnim vrednostima koje su ustanovili CICEK ET AL. (2004) i SHANKER ET AL. (2005). Slične vrednosti koncentracije Cr u listovima, pronađene su u literaturi za vrste *M. aquifolium*, *Ilex aquifolium* i *Rhododendron catawbiense* (SAMECKA-CYMERMAN ET AL. 1999). Iz literature je poznato da je transport hroma iz korena u nadzemne delove biljke veoma spor. Iako se veoma malo zna o hromu i njegovoj redistribuciji u okviru biljke, sličan tip promena u količini hroma u listovima između sezona veoma podseća na tip promena koji je detektovan kod nikla. Stoga se može pretpostaviti da ova dva

elementa imaju sličan način retranslokacije u biljci. Rezultati ukazuju da iako je hroma u zemljištu sa prirodnog staništa vrste *P. laurocerasus* bilo manje nego u zemljištu sa urbanih lokaliteta, listovi ovih biljaka su imali veću koncentraciju hroma u odnosu na biljke iz gradske sredine. Kao i u slučaju Ni, na dobru pristupačnost hroma biljkama utiče izrazito niska pH vrednost zemljišnog rastvora na Ostrozubu ($pH_{H_2O} = 4,27$; $pH_{KCl} = 3,36$). Poznato je da je hrom mobilniji u kiseljoj sredini, dok na neutralnoj pH sredine postaje uglavnom slabo rastvorljiv i time teško dostupan za usvajanje korenovim sistemom (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011; PETERSON ET AL. 1981).

Kobalt nije identifikovan u svim uzorcima listova ispitivanih vrsta biljaka, ali u uzorcima u kojima je pronađen, uglavnom je iznad normalnih vrednosti i veoma je blizu koncentracijama koje se smatraju toksičnim za većinu biljaka (ALLOWAY, 2013; BROOKS, 1998). Izuzetno mala koncentracija kobalta u većini uzoraka može se povezati sa slabim transportom ovog elementa iz korena u nadzemne organe, obično zbog njegovog snažnog vezivanja u korenu (PAGE & FELLER, 2005; PAGE ET AL. 2006). Veće koncentracije kobalta su konstatovane u uzorcima listova vrste *P. laurocerasus* na prirodnom staništu na Ostrozubu. Na intenzivnije usvajanje Co od strane biljke uticala je niska pH vrednost zemljišnog rastvora (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011). Slični rezultati su dati u literaturi za vrste *M. aquifolium*, *Ilex aquifolium* i *Rhododendron catawbiense* koje su rasle u Botaničkoj bašti u gradu Vroclavu u Poljskoj (SAMECKA-CYMERMAN ET AL. 1999).

Analiziranjem prikazanih rezultata sledi da **bakra** najviše ima tokom jeseni i zime u listovima sve tri ispitivane vrste, iako se najvišim sadržajem Cu odlikuju uzorci zemljišta sakupljeni u proleće i leto. Bakar je slabo pokretljiv u zemljištu, uglavnom se akumulira u površinskim slojevima, ali u odnosu na druge ispitivane metale ima najniži procenat usvajanja od strane biljke. Osim toga, iz korena se teško i sporo translocira u nadzemne delove, a slaba pokretljivost bakra u biljnom organizmu bi mogla biti objašnjenje za ovakav međusobni odnos najviših koncentracija bakra u zemljištu i listovima tokom svih sezona (KOPSELL ET AL. 2007). Iako je veća koncentracija bakra detektovana u mladim u odnosu na starije listove kod *Aesculus hippocastanum*, *Trifolium subterraneum*, *Vulpia sp.*, *Lolium rigidum* i *Arctotheca calendula* (KIM & FERGUSSON, 1994; REDDY ET AL. 1981), suprotan trend koji se uočava kod ispitivanih zimzelenih vrsta se može objasniti dugovečnošću listova i fiziološkom ulogom bakra,

koji predstavlja jedan od esencijalnih elemenata za biljke. Izmarene količine bakra u listovima sakupljenim tokom jeseni i zime su iznad normalnih vrednosti za biljke, a u nekim slučajevima su čak na granici toksičnih vrednosti (ROBSON & REUTER, 1981; KABATA ET AL. 1984; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011). Iz prikazanih rezultata zaključuje se da je razlog veće koncentracije bakra u listovima velika koncentracija ovog elementa u podlozi, akumulacija bakra u listovima tokom godine i njegova slaba redistribucija u druge delove biljke.

Prikazani rezultati u tezi pokazuju da je koncentracija **kadmijuma** u listovima ispitivanih biljaka kod sve tri vrste bila ujednačena, u skladu sa njegovom koncentracijom u odgovarajućim zemljištima i iznad vrednosti koje se smatraju normalnim, čak i po nekoliko puta većim u većini uzoraka. Istraživanja drugih naučnika ukazuju na to da je kadmijum slabo mobilan u zemljištu, i da je mobilniji u uslovima povišene vlažnosti i niske pH vrednosti zemljišnog rastvora, kada ga biljke veoma lako usvajaju, da se kadmijum sporo transportuje do listova i da se veliki deo ovog elementa bude zadržava u korenu, kod velikog broja vrsta je translokacija i da je koncentracija u listovima u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom ovog elementa u zemljištu (KABATA-PENDIAS ET AL. 2011; KUANG ET AL. 2007). Kadmijum je prisutan u najvećim koncentracijama u listovima tokom proleća i leta, da bi se po pravilu manjim količinama odlikovali listovi sakupljeni u jesen i zimu. Kadmijum je kao polutant koji nema fiziološku ulogu u biljci, umereno mobilan i translocira se u najstarije listove biljke (PAGE & FELLER, 2015). U pogledu trenda promena sadržaja Cd u zemljištu tokom godine, slični rezultati su dobijeni od strane DEMIRAYAK ET AL. (2011), a u pogledu sadržaja Cd u listovima slične rezultate su publikovali SAMECKA-CYMERMAN ET AL. (1999).

Koncentracija **olova** je u listovima svih ispitivanih biljaka iznad normalnih vrednosti, naročito u proleće i leto (GORSHKOV ET AL. 2006; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011), uprkos njegovoj slaboj rastvorljivosti i dostupnosti biljkama, posebno u neutralnoj sredini (DAVIS, 1995). Visoki sadržaj olova u biljci može biti uzrok visokog sadržaja ovog elementa u zemljištu, mada je premeštenje Pb u nadzemne organe iz korena slabo i sporo. Na osnovu dobijenih rezultata u ovom radu, koncentracija Pb u listovima nije usklađena sa koncentracijom Pb u odgovarajućem zemljištu. Budući da je Pb jedan od elemenata koji se lako usvaja preko lista, može se pretpostaviti da je biljka

usvojila Pb nakon depozicije aerosola na površinu listova. Svi lokaliteti na urbanim staništima se nalaze u neposrednoj blizini ulica i bulevara koje su izuzetno opterećene saobraćajem i velikom emisijom izduvnih gasova. Dim i čađ, kao produkti sagorevanja fosilnih goriva, mogu biti značajan izvor čestica Pb koje padaju na površinu lista i koje biljka apsorbuje listovima, u nekim slučajevima i do 95% (LEPP, 1981; KABATA-PENDIAS ET AL. 2011). Slične vrednosti koncentracije olova u listovima zabeležene su kod *Quercus rotundifolia* (MADEJON ET AL. 2002) i *M. aquifolium*, *I. aquifolium* i *R. catawbiense* (SAMECKA-CYMERMAN ET AL. 1999).

Iz prikazanih rezultata sledi i da je sadržaj **vanadijuma** u listovima ispitivanih vrsta biljaka u granicama normalnih vrednosti. Identifikovan je samo u tri uzorka listova i to sva tri u proleće. Sadržaj V u zemljištu je bio najveći u toku leta, što je posledica njegovog nagomilavanja u površinskom sloju zemljišta i veoma slabe mobilnosti u dublje slojeve. Drugo objašnjenje za povećan sadržaj V u listovima ispitivanih vrsta tokom leta, leži u činjenici da povećana količina fosfatnih đubriva povećava sadržaj vanadijum u biljnim tkivima, pa postoji mogućnost da je tokom leta bilo intenzivnije đubrenje na pojedinim urbanim lokalitetima (ONDER ET AL. 2007). Treba napomenuti da u neutralnoj i alkalnoj sredini, biljke veoma teško usvajaju vanadijum, pa verovatno zato i nije identifikovan u većem broju uzoraka listova ispitivanih biljnih vrsta (PILBEAM ET AL. 2006). Slične vrednosti sadržaja V utvrđene su u listovima *Quercus ilex* (NICOLA ET AL. 2006) kao i kod lipe u Beogradskim parkovima (TOMAŠEVIĆ ET AL. 2011).

5.3 Analiza indeksa bioakumulacije

Da bi se odredilo kojoj kategoriji ispitivane vrste biljaka pripadaju, izračunat je indeks bioakumulacije (IBA). Na osnovu vrednosti indeksa bioakumulacije, biljne vrste se mogu uvrstiti u grupu ekskludera, indikatora, akumulatora i hiperakumulatora, (BAKER, 1981; BHARGAVA ET AL. 2012; PERLATO-VIALEA ET AL. 2009).

Iz prikazanih rezultata izračunavanja indeksa bioakumulacije kod vrste *B. sempervirens*, ističu se individue koje su rasle na nekoliko urbanih lokaliteta na području Beograda, jer su kod njih utvrđene vrednosti $IBA > 1$ za Cd, Pb, Co i Cu. Vrednost indeksa bioakumulacije veća od 1 ($IBA > 1$) za Cd konstatovana je kod biljaka

tokom sve četiri sezone na urbanom lokalitetu Bulevar JNA. Kod individua na lokalitetu Botanička bašta tokom jeseni i zime konstatovana je IBA>1 za Cd, Pb i Cu. U istim sezonama je IBA>1 za Cu utvrđena na dva urbana lokaliteta, kao i na prirodnom staništu. Treba pomenuti i vrednost IBA>1 za Co kod biljka koje su rasle na lokalitetu Novi Beograd.

Kod vrste *M. aquifolium*, slično kao i kod *B. sempervirens*, IBA>1 za Cd utvrđena je kod biljaka koje su rasle na nekoliko urbanih lokaliteta, s tim što se posebno ističe povećana vrednost indeksa bioakumulacije tokom zime (kada je njegova vrednost veća od jedan), na četiri od šest urbanih lokaliteta, kao i na prirodnom staništu. Pored kadmijuma, vrednosti IBA veće od jedan konstatovane su i za bakar, naročito tokom zime, kada su ove vrednosti zabeležene u biljkama prisutnim na svim lokalitetima uključujući i one na prirodnom staništu.

Kod vrste *P. laurocerasus*, najznačajnije vrednosti IBA su bile za Cu i Cd. IBA>1 za Cu je zabeležen u biljkama koje su rasle na svim lokalitetima tokom jeseni i zime. U biljkama na većini lokaliteta tokom jesena i zime konstatovana je IBA>1 za Cd, dok je tokom proleća i leta IBA>1 bila samo kod biljaka koje su rasle na dva urbana lokaliteta. IBA>1 za Mn i Ni konstatovana je kod biljaka koje su rasle na prirodnom staništu tokom čitave godine, dok je IBA>1 za Cu bila zabeležena samo kod biljaka u zimskom periodu.

Zaključuje se da su prikazane vrednosti IBA uglavnom u skladu sa koncentracijama Cu, Pb, Cd, Mn, Ni i Co u odgovarajućem zemljištu i u odgovarajućem periodu. Iz ovoga proizilazi, da se vrste *B. sempervirens* za Cd, Cu i Pb, *M. aquifolium* za Cd i Cu i *P. laurocerasus* za Cu, Cd, Mn i Ni, mogu smatrati indikatorima koncentracija navedenih toksičnih (teških) metala u odgovarajućim zemljišnim rastvorima. Razlog za ovakvu konstataciju leži u činjenici da ove tri vrste biljaka koncentracijama toksičnih metala u svojim listovima manje-više proporcionalno odražavaju koncentracije tih metala u zemljištu na kojima rastu. Pored ispitivanih vrsta biljaka, u literaturi se navode i druge zimzelene vrste koje su indikatori pojedinih teških metala u urbanim uslovima: *Ligustrum lucidum* (OLIVA ET AL. 2014), *Magnolia grandiflora* L. *Ligustrum vulgare* L. (DEMIRAYAK ET AL. 2011), *Quercus ilex* L. (BALDANTONI ET AL. 2014).

Na osnovu prikazanih rezultata može se konstatovati da se: *B. sempervirens* za Fe, Mn, Zn, Co, Cr, Ni i V, *M. aquifolium* za Fe, Mn, Pb, Zn, Co, Cr, Ni i V i *P. laurocerasus* za Fe, Pb, Zn, Co, Cr i V mogu svrstati u kategoriju ekskludera, odnosno, da pripadaju onim biljnim vrstama koje, određenim mehanizmima, pokušavaju da spreče usvajanje toksičnih metala u ćelije korena i na taj način održavaju koncentraciju toksičnih (teških) metala u nadzemnim delovima ispod kritičnih vrednosti uprkos povišenim koncentracijama u zemljištu (BAKER, 1981; BAKER, 1989). Ovakav mehanizam odbrane na visoke koncentracije toksičnih metala u zemljištu su razvile, na primer vrste *M. cajuputi*, *A. mangium* i *L. leucocephala*, koje zadržavaju aluminijum u korenu (BRUNNER ET AL. 2013), kao i vrsta *N. oleander* za Cu, Cd, Ba i Ni (OLIVA ET AL. 2007).

Da bi se ova pretpostavka dokazala, neophodno je prvo utvrditi sadržaj dostupnih metala (elemenata) u zemljištu, a potom analizirati sadržaj toksičnih (teških) metala u korenu ispitivanih vrsta biljaka, da bi se utvrdilo da li je biljka te dostupne količine metale usvojila, i u kojoj meri.

6. Zaključci

Na osnovu podataka dobijenih hemijskim analizama 72 uzorka zemljišta sakupljena u užoj gradskoj zoni Beograda i na prirodnim, nezagađenim lokalitetima ispitivanih vrsta biljaka (*Prunus laurocerasus*, *Buxus sempervirens* i *Mahonia aquifolium*) 2012. godine u svim sezonama, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- **pH vrednost** zemljišta u gradu je izmerena od blago kisele do blago bazne reakcije ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6,11 – 8,16; pH_{KCl} 5,78 – 7,48), što se poklapa sa postojećim podacima za druge gradove u Srbiji i uopšteno za antropomorfna zemljišta.
- Izuzetno niskom pH vrednošću ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,18 – 4,64; pH_{KCl} 3,03 – 3,93) odlikuje se zemljište sa Ostrozuba, prirodnog staništa vrste *P. laurocerasus*, a ovako izrazito kisela reakcija je rezultat uticaja silikatne matične podloge, male količine kalcijuma, kao i velike količine organske mase (14,72 – 67,68%) koja je kiselog karaktera.
- Sadržaj **organskih jedinjenja** (oko 5%) u uzorcima zemljišta iz Beograda se smatra umerenim i karakterističnim za zemljišta koja se odlikuju relativno brзом razgradnjom organskih ostataka. Udeo organske komponente na svim lokalitetima pokazuje sezonske fluktuacije, te je ustanovljeno da je najveća količina organske mase u zemljištu bila tokom zime, a najniža tokom jeseni.
- Koncentracija ukupnog **magnezijuma** u zemljištu je bila u širokom opsegu tokom godine (od 153 – 3039 $\mu\text{g g}^{-1}$ vazdušno suvog zemljišta). Značajno viši sadržaj Mg u zemljištu je bio prisutan u proleće i leto, a niži tokom jeseni i zime, što se može objasniti sa dobrom mobilnošću ovog elementa duž zemljišnog profila pod uticajem kretanja vode.
- Koncentracija ukupnog **kalcijuma** u zemljištu na urbanim lokalitetima je tokom svih sezona bila u intervalu 5627 $\mu\text{g g}^{-1}$ – 18476 $\mu\text{g g}^{-1}$. Koncentracija kalcijuma je na svakom pojedinačnom lokalitetu bila dosta ujednačena tokom godine, ali je po pravilu bila uvek najviša tokom zimskog perioda, a najniža uglavnom tokom jeseni.
- Prosečne koncentracije **mangana, nikla, cinka, kobalta, kadmijuma i olova** u ispitivanim uzorcima zemljišta iz Beograda su u nivou vrednosti koje su konstatovane za druge gradove u Evropi i svetu, dok je količina V u ispitivanim

uzorcima zemljišta ispod prosečnih vrednosti u svetu. Koncentracije većine ispitivanih elemenata u zemljištu Beograda su nešto više u odnosu na uzorke zemljišta sa teritorije grada Niša, Smedereva, Požarevca, Subotice i Novog Sada, što se može objasniti razlikama u intenzitetu saobraćaja i drugih oblika aerozagađenja (sagorevanje gasa, uglja i mazuta).

- Sadržaj **toksičnih metala i vanadjuma** u uzorcima zemljišta je u različitoj meri varirao u zavisnosti od lokaliteta i sezone; najveće variranje je ustanovljeno u slučaju olova, bakra i cinka, a nešto umerenije kod kadmijuma, hroma, gvožđa, nikla, kobalta i mangana.
- Među uzorcima zemljišta uzetih sa različitih lokaliteta u okviru istih delova grada, uočavaju se u nekim slučajevima značajne razlike u koncentracijama ispitivanih elemenata, što je direktno vezano za udaljenost od prometnih saobraćajnica.
- Na Ostrozubu, prirodnom staništu vrste *P. laurocerasus*, detektovane su više koncentracije gvožđa i mangana, što je rezultat uticaja silikatne matične podloge bogate ovim elementima, niske pH vrednosti i stalno vlažne podloge.
- Statistička analiza dobijenih podataka je pokazala da se u površinskom sloju zemljišta u Beogradu, s jedne strane nalazi veća koncentracija toksičnih (teških) metala koji se u literaturi označavaju kao "urbani metali" (olovo, cink, bakar, kadmijum), odnosno oni koji u zemljište dospevaju zahvaljujući antropogenim aktivnostima, a sa druge strane se nalaze metali koji vode poreklo od matične stene (nikl, hrom, mangan).

Na osnovu podataka o koncentraciji metala dobijenih analizom uzoraka listova ispitivanih vrsta biljaka mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Analiza sadržaja Fe, Mn, Ni, Zn, Pb, Cu, Cd, Cr, Co i V u listovima vrsta *B. sempervirens*, *M. aquifolium* i *P. laurocerasus* je pokazala da se koncentracija pojedinih elemenata razlikovala u odnosu na biljnu vrstu, kao i u odnosu na različite urbane i prirodne lokalitete. Pored toga, prisutne su i značajne razlike u koncentraciji elemenata u listovima ispitivanih vrsta tokom sezona.

- U listovima vrste *M. aquifolium* su, u odnosu na ostale dve ispitivane vrste, zabeležene najveće koncentracije mangana, nikla, cinka, hroma i bakra, ali je uočeno i najveće variranje ovih elemenata tokom sezona.
- S druge strane, koncentracije kobalta, kadmijuma, olova i vanadijuma su bile prilično ujednačene u listovima kod sve tri ispitivane vrste.
- Koncentracije **gvožđa** i **mangana** su uglavnom bile u granicama normalnih vrednosti prikazanih u literaturi. Pri tome, najviše gvožđa je bilo u listovima vrsta *B. sempervirens* i *P. laurocerasus*, a veće koncentracije u listovima su bile izmerene u jesen i zimu; samo u listovima vrste *P. laurocerasus* sa prirodnog staništa, koncentracija mangana je bila višestruko iznad koncentracije koja se smatra toksičnom za većinu biljaka. Pri tome se na listovima nisu uočavali tragovi oštećenja, što ukazuje na to da ova vrsta poseduje mehanizme za zaštitu ćelija od toksičnog uticaja povećane koncentracije mangana u listu.
- U listovima ispitivanih biljnih vrsta zabeležene su visoke koncentracije **nikla** tokom proleća, a posebno visoke u uzorcima sakupljenim u letnjem periodu koje su i nekoliko puta veće od normalnih vrednosti. S druge strane, tokom jeseni i zime vrednosti nikla u listovima ispitivanih vrsta na svim urbanim lokalitetima su bile daleko niže ili su bile ispod nivoa detekcije. U listovima *P. laurocerasus* sa Ostrozuba, prirodnog staništa vrste, ustanovljene su visoke koncentracije ovog elementa i to zbog njegove lake dostupnosti biljkama, posebno tokom proleća i leta.
- Koncentracije **olova**, **kadmijuma** i **hroma** u listovima sve tri ispitivane vrste biljaka bile su u skladu sa koncentracijama u odgovarajućim zemljištima i iznad vrednosti koje se smatraju normalnim, čak i po nekoliko puta većim u većini uzoraka. Sva tri elementa su prisutna u najvećim koncentracijama u listovima tokom proleća, a naročito tokom leta.
- Utvrđene količine **bakra** u listovima sakupljenim tokom jeseni i zime su iznad normalnih vrednosti za biljke, a u nekim slučajevima su čak na granici toksičnih vrednosti. U listovima sve tri ispitivane vrste bakra ima najviše tokom jeseni i zime. Može se pretpostaviti da je razlog veće količine bakra u listovima velika količina ovog elementa u podlozi, akumulacija bakra u listovima tokom godine i njegova slaba redistribucija u druge delove biljke.

- Koncentracija **cinka** u listovima ispitivanih vrsta biljaka se kretala u okviru normalnih vrednosti prikazanih u literaturi. Za ovaj element nije ustanovljen jasan trend promene koncentracije u listovima tokom sve četiri sezone.
- **Kobalt** nije identifikovan u svim uzorcima listova ispitivanih vrsta biljaka, ali u uzorcima u kojima je pronađen, iznad normalnih vrednosti i veoma je blizu količinama koje se smatraju toksičnim za većinu biljaka. Veće koncentracije kobalta su konstatovane u listovima vrste *P. laurocerasus* sa Ostrozuba, prvenstveno zbog bolje dostupnosti ovog elementa pri kiseloj pH vrednosti zemljišta.
- Sadržaj **vanadijuma** u listovima ispitivanih vrsta biljaka je u granicama normalnih vrednosti. Identifikovan je samo u tri uzorka listova i to sva tri u proleće.

Izračunavanjem indeksa bioakumulacije došlo se do sledećih zaključaka:

- Za ispitivanu vrstu *B. sempervirens*, ističu se individue koje su rasle na nekoliko urbanih lokaliteta na području Beograda, jer su kod njih utvrđene vrednosti IBA>1 za **kadmijum, bakar, olovo i kobalt**. Pozitivna vrednost indeksa bioakumulacije (IBA>1) za kadmijum konstatovan je kod biljaka tokom sve četiri sezone na urbanom lokalitetu Bulevar JNA.
- Za ispitivanu vrstu *M. aquifolium* IBA>1 za **kadmijum** utvrđena je kod biljaka koje su rasle na nekoliko urbanih lokaliteta, s tim što se posebno ističe povećana vrednost indeksa bioakumulacije tokom zime (kada je njegova vrednost veća od jedan), na četiri od šest urbanih lokaliteta, kao i na prirodnom staništu.
- Za ispitivanu vrste *P. laurocerasus*, najznačajnije vrednosti IBA su bile za **kadmijum i bakar**. IBA>1 za kadmijum ustanovljen je u biljkama na većini lokaliteta tokom jesena i zime, dok je tokom proleća i leta IBA>1 bio samo kod biljaka koje su rasle na dva urbana lokaliteta. IBA>1 za bakar je zabeležen u biljkama koje su rasle na svim lokalitetima tokom jeseni i zime, dok je IBA>1 za mangan i nikel ustanovljen kod biljaka koje su rasle na prirodnom staništu tokom čitave godine.

Na osnovu svih prethodno iznešenih rezultata, diskusije, kao i zaključaka, može se smatrati sledeće:

- Sve tri ispitivane biljne vrste, *Buxus sempervirens*, *Mahonia aquifolium* i *Prunus laurocerasus* pokazale su sposobnost usvajanja i umerene akumulacije **kadmijuma** i **bakra** iz zemljišnog rastvora i to u onoj meri u kojoj je koncentracija tih elemenata varirala u zavisnosti od lokaliteta i godišnjeg doba. Dobijeni rezultati upućuju da se, ove tri vrste mogu smatrati **biljkama indikatorima** koncentracije navedenih elemenata u odgovarajućem zemljištu.
- Zaključuje se i da je vrsta *B. sempervirens* **indikator** koncentracije **olova** i **kobalta** u zemljištu, dok je *P. laurocerasus* **indikator** povećane koncentracije **mangana** i **nikla**, pre svega u prirodnim uslovima smanjene pH vrednosti zemljišnog rastvora.
- Iako su u zemljišnim rastvorima na ispitivanim urbanim lokalitetima zabeležene veće koncentracije **gvožđa**, **mangana**, **nikla**, **cinka**, **olova**, **kobalta** i **hroma** (i na nekoliko lokacija i **vanadijuma**) sve tri ispitivane zimzelene žbunaste vrste, u manjoj ili većoj meri, pokazuju sposobnost da ne akumuliraju navedene elemente u svojim listovima, pa se zbog te osobine mogu svrstati u kategoriju **biljaka ekskludera**.
- Rezultati upućuju na zaključak da sve tri zimzelene vrste *Buxus sempervirens*, *Mahonia aquifolium* i *Prunus laurocerasus* pokazuju uspešan opstanak i rast u urbanim uslovima na teritoriji grada Beograda. Ove višegodišnje žbunaste biljke se mogu veoma uspešno koristiti u hortikulturi za formiranje parkova i živih ograda u urbanim sredinama, u kojima je ograničen broj onih biljnih vrsta koje pokazuju otpornost na uslove povećanog zagađenja vazduha i zemljišta.

7. Literatura

- Agarwal, K. S. (2009): Air Pollution. S.B. Nangia, A P H Publishing Corporation, New Delhi.
- Alloway, J. B. (1995): Heavy Metals in Soils, Second Edition. Springer Science & Business Media.
- Anderson, A. K., Downing A. J. (2006): Dry and wet atmospheric deposition of nitrogen, phosphorus and silicon in an agricultural region. *Water, Air, and Soil Pollution*, 176, 351-374.
- Aničić, M., Frontasyeva, M. V., Tomašević M., Popović, A. (2007): Assesment of atmospheric deposition of heavy metals and other elements in Belgrade using the moss biomonitoring technique and neutron activation analysis. *Environment Monitoring Assesment*, 129, 207-219.
- Avramović, D., Zlatković, B., Randelović, N. (2005): Zaštićena prirodna dobra jugoistočne Srbije -Protected area of nature in southeastern Serbia. *Proceeding of the 8th Symposium on the flora of Southeastern Serbia and Neighbouring regions*, Niš.
- Baker, A. J. M. (1981): Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals. *Journal of plant nutrition*, 3 (1-4), 643-654.
- Baker, A. J. M., Brooks, R. R. (1989): Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, 1, 81-126.
- Baldantoni D., De Nicola F., Alfani A. (2014): Air biomonitoring of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons near a cement plant. *Atmospheric Pollution Research*, 5(2), 262-269.
- Bargagli, R. (1998): Trace elements in terrestrial plants. An ecophysiological approach to biomonitoring and biorecovery. Springer-Verlag, Berlino.
- Barker V. A., Pilbeam J. (2007): Handbook of Plant Nutrition, CRC Press, Taylor & Francis Group.

- Barlett, R. J., James, B. R. (1988): Mobility and bioavailability of chromium in soils. In: Nriagu, J. O., Nieboer, E. J. (eds.) Chromium in Natural and Human Environment, pp 267-304, Wiley and Sons. Inc..
- Baycu, G., Tolunay, D., Özden, H., Günebakan, S. (2006): Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Instambul. *Environmental Pollution*, 143, 545-554.
- Beesley, L., Moreno-Jiménez, E., Clemente, R., Lepp, N., Dickinson, N. (2010): Mobility of arsenic, cadmium and zinc in a multi-element contaminated soil profile assessed by in-situ soil pore water sampling, column leaching and sequential extraction. *Environmental Pollution*, 158, 155-160.
- Bell, B. N. J., Treshow, M. (2002): *Air Pollution and Plant Life*, John Wiley & Sons, LTD, Chichester.
- Bernstein, S., Donsky, H., Gulliver, W., Hamilton, D., Nobel, S., Norman, R., (2006): Treatment of mild to moderate psoriasis with Reliéva, a *Mahonia aquifolium* extract--a double-blind, placebo-controlled study. *American Journal Therapy*, 13 (2), 121-6.
- Bhargava, A., Fuentes, F. F., Bhargava, M., Srivastava, S. (2012): Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals. *Journal of Environmental Management*, 105, 103-120.
- Bidar, G., Pruvot, C., Garçon, G., Verdin, A., Shirali, P., Douay, F. (2009): Seasonal and annual variations of metal uptake, bioaccumulation, and toxicity in *Trifolium repens* and *Lolium perenne* growing in a heavy metal-contaminated field. *Environmental Science and Pollution Research International*, 16(1), 42-53.
- Biodiversity Strategy and Action Plan of the Republic of Macedonia, Ministry of environment and physical planning, Skopje (2004): (http://www.catsg.org/balkanlynx/05_wildlifemanagement/5_4_biodiversity/Pdfs/DarrellSmith_2003_Biodiversity_strategy_action_plan_FYR_Macedonia.pdf)
- Boyd, S. R. (1998): Hyperaccumulation as a plant defensive strategy. In: Brooks. R. R. (ed.) *Plants that hyperaccumulate heavy metals*, pp 181-202. CAB Internacional, London and Washington.
- Brady, N. C., Weil, R. R., (2002): *The nature and properties of soils*. Thirteenth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

- Brooks, R. R. (1998): General introduction. In: Brooks, R. R. (ed.) Plants that hyperaccumulate heavy metals, pp 1-14. CAB Internacional, London and Washington.
- Brown, H. P. (2007): Nickel. In: Handbook of Plant Nutrition, CRC Press, Taylor & Francis Group. pp 395-406.
- Brunner, I., Sperisen, C. (2013): Aluminum exclusion and aluminum tolerance in woody plants. *Frontiers in Plant Science*, 4, 2-27.
- Bykowszczenko, N., Baranowska-Bosiacka, I., Bosiacka, B., Kaczmarek, A., Chlubek, D. (2006): Determination of heavy metal concentration in mosses of Slowiński National Park using atomic absorption spectrometry and neutron activation analysis methods. *Polish Journal of Environmental Study*, 15(1), 41-46.
- Cavelier, J., Wright, S. J., Santamaría, J. (1999): Effects of irrigation on litterfall, fine root biomass and production in a semideciduous lowland forest in Panama. *Plant and Soil*, 211, 207-213.
- Celik, A., Kartal, A. A., Akodoğan, A., Kaska, Y. (2005): Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinio pseudo-acacia* L. *Environmental International*, 31, 105-112.
- Cengiz, C., (2013): Urban Ecology. In: Özyavuz M. (ed) *Advances in Landscape Architecture*, pp. 677-696. InTech.
- Cerqueira, B., Covelo, E. F., Andrade, M. L., Vega F. A. (2011): Retention and Mobility of Copper and Lead in Soils as Influenced by Soil Horizon Properties. *Pedosphere*, 21(5), 603-614.
- Chibuike, U., G., Obiora, C. S. (2014): Heavy Metal Polluted Soils: Effect on Plants and Bioremediation Methods. *Applied and Environmental Soil Science*, Article ID 752708.
- Chojancka K., Chojancki A., Górecka H., Górecki H. (2005): Bioavailability of heavy metals from polluted soils to plants. *Science of the Total Environment*, 337, 175-182.
- Cicek, A., Koparal, A.S. (2004): Accumulation of sulphur heavy metals in soil and tree leaves sampled from the surroundings of Tunçbilek Thermal Power Plant. *Chemosphere*, 57, 1031- 036.
- Climate: Dolna Matka: (<http://en.climate-data.org/location/416942>)

- Conesa, M. H., Faz, Á., Arnaldos, R. (2006): Heavy metal accumulation and tolerance in plants from mine tailings of the semiarid Cartagena-La Unión mining district (SE Spain). *Science of the Total Environment*, 366, 1-11.
- Correche, R. E., Andjuar, A. S., Kurdelas, R. R., Lechon, M. J. G., Freile, L. M., Enriz, D. R. (2008): Antioxidant and cytotoxic activities of canadine: Biological effects and structural aspects. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 16(7), 3641-3651.
- Covelo, E. F., Matías, J. M., Vega, F. A., Reigosa, M. J., Andrade, M. L. (2008): A tree regression analysis of factors determining the sorption and retention of heavy metals by soil. *Geoderma*, 147, 75-85.
- Czarnowska, K., Gworek, B. (1983): Spatial distribution of heavy metals in soils and soil pH in Warsaw area. *Polish Ecological Studies*, 9, 85-95.
- Davidson, E. A., Savage, K., Bolstad, P., Clark, D. A., Curtis, P. S., Ellsworth, D. S., Hanson, P. J., Law, B. E., Luo, Y., Pregitzer, K. S., Randolph, J. C., Zak, D. (2002): Belowground carbon allocation in forests estimated from litterfall and IRGA-based soil respiration measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 113, 39-51.
- Davies, E. B. (1994): Soil Chemistry and Bioavailability with Special Reference to trace elements. In: Farago E. M. (ed.) *Plants and the Chemical Elements*, VCH, Weinheim, pp 2-30.
- Davis, A. P., Singh, I. (1995): Washing of zinc (II) from contaminated soil column. *Journal of Environmental Engineering, ASCE* 121, 174-185.
- De Miguel, E., Jiménez de Grado, M., Llamas, J. F., Martín Dorado, A., Mazadiego, L. F. (1998): The overlooked contribution of compost application to the trace elements load in the urban soil of Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*, 215, 113-122.
- De Nicola F., Maisto G., Prati V. M., Alfani A. (2007): Leaf accumulation of trace elements and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in *Quercus ilex* L. *Environmental Pollution*, 153, 376-383.
- Demirayak, A., H., Kutbay, G., Kilic, D., Bilgin, A., Husseinova, R. (2011): Heavy Metal Accumulation in Some Natural and Exotic Plants in Samsun City. *Ekoloji* 20, 79, 1-11.

- Di Domenico, F., Lucchese, F., Magri, D. (2011): Late glacial and Holocene history of *Buxus sempervirens* L. in Italy. *Anali di Botanica*, 1, 45-58.
- Diklić, N. (1970): Berberidaceae Terr. et Gay. In: Josifović, M. (ed.) *Flora SR Srbije* 2: pp. 1-6. Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd.
- Divrikli, U., N. Horzum., M. Soylak, L. Elci, L. (2006): Trace heavy metal contents of some spices and herbal plants from western Anatolia, Turkey. *International Journal of Food Sciences and Technology*, 41, 712-716.
- Domínguez, B. J. (2008): *Soil Contamination Research Trends*, Nova Publishers.
- Dumana F., Obalib O. (2008): Seasonal variation of metal accumulation and translocation in yellow pond-lily (*Nuphar lutea*). *Chemical Speciation and Bioavailability*, 20(3), 181-190.
- Ekološki atlas Beograda, Gradski zavod za zaštitu zdravlja Beograd (<http://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas/index.html>)
- Facchinelli, A., Sacchi, E., Mallen, L. (2001): Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. *Environmental Pollution*, 114(3), 313-324.
- Farago, E. M., Mehra, A. (1994): Metal Ions and Plant Nutrition. In: Farago E. M. (ed.) *Plants and the Chemical Elements*, VCH, Weinheim, pp 32-66.
- Farmer, A. (1997): *Managing Environmental Pollution*, Psychology Press, Routledge.
- Favas, P. J.C., Pratas, J., Varun, M., D'Souza, R., Paul, M. S. (2014): Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Areas: Potential of Native Flora. In: Hernandez-Soriano, M. C. (ed.) *Environmental Risk Assessment of Soil Contamination*, CC BY.
- Fierer, N., Schimel, J.P., Holden, P.A. (2003): Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(1), 167-176.
- Gailey, F. A., Lloyd, O. L. (1986): Atmospheric Metal Pollution Monitored by Spherical Moss Bags: A Case Study of Armadale. *Environmental Health Perspectives*, 68, 187-196.
- Fonseca, B., Figueiredo, H., Rodrigues, J., Queiroz, A., Tavares, T. (2011): Mobility of Cr, Pb, Cd, Cu and Zn in a loamy sand soil: A comparative study. *Geoderma*, 164, 232-237.

- Fontanetti, S. C., Nogarol, R. L., , De Souza, B. R., Perez, G. D., Maziviero, T. G. (2011): Bioindicators and Biomarkers in the Assessment of Soil Toxicity. In: Pascucci, S. (ed.) Soil Contamination, CC BY-NC-SA.
- Franiel, I., Babczyńska, A. (2011): The Growth and Reproductive Effort of *Betula pendula* Roth in a Heavy-Metals Polluted Area. Polish Journal of Environmental Study, 20(4), 1097-1101.
- Fruška Gora (<http://www.fruskagora.rs>)
- Fuller, C. T., Mcchivrock, E. (1986): Angiosperms: Dicotyledones, In: Poisonous Plants of California, California Natural History Guides 53, University of California Press, 64-264.
- Furini A., (2012): Plants and Heavy Metals, Springer Science & Business Media.
- Gailey, Y. A., Lloyd, L. O. (1986): Atmospheric Metal Pollution Monitored by Spherical Moss Bags: A Case Study of Armadale. Environmental Health Perspectives, 68, 187-196.
- Gajić, G., Mitrović, M., Pavlović, P., Stevanović, B., Đurđević, L., Kostić, O. (2009): An assessment of the tolerance of *Ligustrum ovalifolium* Hassk. to traffic-generated Pb using physiological and biochemical markers. Ecotoxicology and Environmental Safety, 72, 1090-1101.
- Gawlik, B. M., Bidoglio, G. (2006): Background values in European soils and sewage sludges PART III Conclusions, comments and recommendations, EUR 22265 EN, Results of a JRC coordinated study on background values. European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
- Ghosh, M., Spingh, P. S. (2005): A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts. Applied Ecology and Environmental Research, 3(1), 1-18.
- Gieler, U., von der Weth, A., Heger, M., (1995): *Mahonia aquifolium*: A new type of topical treatment for psoriasis. Journal of Dermatological Treatment, 6(1), 31-34.
- Giertych, M. J., De Temmerman, L. O., Rachwal, L. (1997): Distribution of elements along the length of Scots pine needles in a heavily polluted and a control environment. Tree Physiology, 17, 697-703.

- Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2012. Godine, Agencija za zaštitu životne sredine, <http://www.sepa.gov.rs/>
- Gorham, J. (2007): Sodium. In: Handbook of Plant Nutrition, CRC Press, Taylor & Francis Group, pp 569-575.
- Gorshkov, G. A., Mikhailova, A. T., Berezhanya, S. N., Vereshchagin, L. A. (2006): Pine needles as a biomonitor for estimation of the regional-scale distribution of organic pollutants. *Geography, Doklady Earth Sciences*, 408(1), 599-601.
- Graham, R. D., Ascher, J. S., Hynes, S. C. (1992): Selecting zinc-efficient cereal genotypes for soils of low zinc status. *Plant and Soil*, 146, 241-250.
- Grime, J. P., Hodgson J., G., (1969): An investigation of the ecological significance of lime-chlorosis by means of large-scale comparative experiments. In: Rorison, I. H. (ed.), *Ecological aspects of the mineral nutrition of plants*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 67-100.
- Gržetić, I., Ghariani, G. H. A. (2008): Potential health risk assesment for soil heavy metal contamination in the central zone of Belgrade (Serbia). *Journal of the Serbian Chemical Society*, 73(8-9), 923-934.
- Gu, Y. G., Wang, Z. H., Lu, S. H., Jiang, S. J., Mu, D. H., Shu, Y. H. (2012): Multivariate statistical and GIS-based approach to identify source of anthropogenic impacts on metallic elements in sediments from the mid Guangdong coasts, China. *Environmental Pollution*, 163, 248-255.
- Guttman, L. (1954) A new approach to factor analysis: The radex. In Lazarsfeld, P. F. (ed.) *Mathematical Thinking in the Social Sciences*. Free Press, New York.
- Guttman, L. (1954) Some necessary conditions for common-factor analysis. *Psychometrika*, 19, 149-161.
- Harmanescu, M., Alda, L. M., Bordean, D. M., Gogoasa, I., Gergen, I. (2011): Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area; a case study: Banat County Romania. *Chemistry Central Journal*, 5, 64.
- Harrison, R. M. (2014): *Pollution: Causes, Effects and Control*. 5th Edition, The Royal Society of Chemistry.

- He, Z. L., Yang, X. E., Stoffella, P. J. (2005): Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 19, 125-140.
- Heavy metals and organic compounds from wastes used as organic fertilizer, ENV. A. 2. / ETU / 2001 / 0024, ANNEX 2, compost quality definition – legalization and standards, Working Group (http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/hm_annex2.pdf)
- Horak, O., Kinzel, H. (1971): Typen des Mineralstoffwechsels bei den höheren Pflanzen. *Österreichische botanische Zeitschrift*, 119, 475-495.
- Humphries, J., Stangoulis, J., Graham, R. (2007): Manganese. In: Barker, A., Pilbeam, D. (eds.) *Handbook of Plant Nutrition*, Taylor and Francis, pp. 351-366.
- Ilić, E. (1951): Prilog poznavanju ekologije *Prunus laurocerasus* L. na Ostrozubu u Srbiji. *Srpska akademija nauka, Zbornik radova* 11, Institut za ekologiju i biogeografiju, 2, 253-258.
- Ivankovic, N., Kasanin-Grubin, M., Brceski, I., Vukelic, N. (2010): Possible sources of heavy metals in urban soils: example from Belgrade, Serbia. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 11(2), 455-464.
- Izveštaj o ispitivanju zagađenosti zemljišta opasnim i štetnim materijama na teritoriji SO Kruševac (<http://www.zavodks.rs/izvestaji/zemljiste>)
- Izveštaj o sprovođenju monitoringa zemljišta na teritoriji grada Smedereva u 2013. godini. *Gradski zavod za javno zdravlje Beograd*.
- Izveštaj o stanju zemljišta u Republici Srbiji 2009. godine, Agencija za zaštitu životne sredine, <http://www.sepa.gov.rs/>
- Izveštaj o stanju zemljišta u Republici Srbiji 2013. godine, Agencija za zaštitu životne sredine, <http://www.sepa.gov.rs/>
- Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2014. godinu, Agencija za zaštitu životne sredine, <http://www.sepa.gov.rs/>
- Jablanović, M. (1991): *Biljka u zagađenoj sredini*, IDP Naučna knjiga, Beograd.
- Jadia, D. C., Fulekar, H. M., (2008): Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques, *African Journal of Biotechnology*, 8 (6), 921-928.
- Javno komunalno preduzeće “Zelenilo-Beograd”, Plan upravljanja spomenici prirode – pojedinačna stabla 2012-2016, <http://www.zelenilo.rs/>

- Jovanović, S. (1994), Ekološka studija ruderalne flore i vegetacije Beograda, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Jovanović, B (1972): Amygdalaceae G. Don. U: Josifović, M. (ed.) Flora SR Srbije 4: 179-207. Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd.
- Jovanović, B. (1999): *Prunus laurocerasus* L. In: Stevanović, V. (ed.): Crvena knjiga flore Srbije 1, 343-355. Ministarstvo za životnu sredinu Republike Srbije, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za zaštitu prirode Republike Srbije.
- Jovanović, S. P. (1930): Reljef skopske kotline. In: Glasnik skopskog naučnog društva, 10, Odeljenje prirodnih nauka.
- Jovanović, B. (1967): Fitocenoza sa zeleničetom na Ostrozubu (*Lauroceraso-Fagetum*). - In: Josifović, M (ed.), Pančićev zbornik u spomen 150. godišnjice njegovog rođenja, 127-137, Srpska akademija nauka i umetnosti, Odeljenje Prirodno-Matematičkih nauka, Beograd.
- Jung, C. I., Thornton, I. (1997): Heavy metal contamination and seasonal variation of metals in soils, plants and waters in the paddy fields around a Pb-Zn mine, Korea. Science of The Total Environment, 198(2), 105-121.
- Kabala, C., Singh, B. R. (2001): Fractionation and Mobility of Copper, Lead, and Zinc in Soil Profiles in the Vicinity of a Copper Smelter. Journal of Environmental Quality, 30, 485-492.
- Kabata-Pendias, A. (2011): Trace Elements in Soils and Plants, Fourth Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Kabata-Pendis, A. (2004): Soil-plant transfer of trace elements-an environmental issue. Geoderma, 122, 143-149.
- Kachout, S. S., Mansoura, B. A., Leclerc, C. J., Mechergui, R., Rejeb, M. N., Oureghi, Z. (2010): Effects of heavy metals on antioxidant activities of: *Atriplex hortensis* and *A. rosea*. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 9(3), 444-457.
- Kadović, R., Knežević, M. (2002): Teški metali u šumskim ekosistemima, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine Republike Srbije, Beograd.

- Kaiser, H. F. (1960): The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- Kalbande, M. D., Dhadse, N. S., Chaudhari, R. P., Wate R. S. (2008): Biomonitoring of heavy metals by pollen in urban environment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138, 233-238.
- Kamran, S., Shafaqat, A., Samra, H., Sana, A., Samar, F., Muhammad, B. S., Saima, A. B., Hafiz, M. T. (2013): Heavy Metals Contamination and what are the Impacts on Living Organisms. *Greener Journal of Environmental Management and Public Safety*, 2(4), 172-179.
- Kanellopoulou, E.A. (2001). Determination of heavy metal in wet deposition of Athens. *Global Nest Journal*, 3(1), 45-50.
- Karacan, S. M. (2006): Monitoring of changing chlorophyll content of *Buxus sempervirens* L. and *Euonymus japonica* L. fill leaves affected with air pollutants in Ankara. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2(2), 213.
- Kastori, R. (1997): Teški metali u životnoj sredini. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Kastori, R., Ilin, Ž., Maksimović, I., Putnik-Đelić, M. (2013): Kalijum u ishrani biljaka. Poljoprivredni fakultet u Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu.
- Khan, S., Farooq, R., Shahbaz, S., Khan, A. M., Sadique, M. (2009): Health risk assessment of heavy metals for population via consumption of vegetables, *World Applied Sciences Journal*, 6(12), 1602-1606.
- Kim, N. D., Fergusson, J. E. (1992): Seasonal variations in the concentrations of cadmium, copper, lead and zinc in leaves of the horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). *Environmental Pollution*, 86, 89-97.
- Koeppe, E. D. (1981): Lead: Understanding the Minimal Toxicity of Lead in Plants. In: Lepp. W. N. (ed.) *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*. Applied science Publishers, London and New Jersey, pp 55-76.
- Kojić, M. (1972): Buxaceae. In: Josifović, M. (ed.) *Flora SR Srbije* 3: 536-537. Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd.
- Konačni izveštaj za prolećni period za 2015. godinu po Programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta na teritoriji Grada Niša. Grad Niš, Uprava za privredu, održivi razvoj I zaštitu životne sredine.

- Koniecznyński, P., Wesolowski, M. (2007): Determination of zinc, iron, nitrogen and phosphorus in several botanical species of medicinal plants. *Polish Journal of Environmental Study*, 16(5), 785-790.
- Kopsell, E. D., Kopsell, A. D. (2007): Copper. In: *Handbook of Plant Nutrition*, CRC Press, Taylor & Francis Group, pp 121-140.
- Kord, B., Kord, B. (2011): Heavy metal levels in pine (*Pinus eldarica* Medw.) tree barks as indicators of atmospheric pollution. *BioResources*, 6(2), 927-935.
- Krstić, N., Isaković, O. (1984): O prelesnom kvartaru u Beogradu. Savetovanje "Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, Beograd.
- Kuang, Y. W., Wen, D. Z., Liu, S. Z. (2007): Distribution of elements in needles of *Pinus massoniana* (Lamb.) was uneven and effected by needle age. *Environmental Pollution*, 145, 146-153.
- Kuo, S., Heilman, P. E., Baker, A. S. (1983): Distribution and forms of copper, zinc, cadmium, iron, and manganese in soils near a copper smelter. *Soil Science*, 135(2), 101-109.
- Kuzmanoski, M. M., Todorović, M. N., Aničić Urošević, M. P., Rajšić, S. F. (2014): Heavy metal content of soil in urban parks of Belgrade. *Hemijska Industrija*, 68(5), 643-651.
- Kvalitet životne sredine grada Beograda u 2012. godini, Gradski Zavod za javno zdravlje, Beograd.
- Kvaltínova, Z., Luković, L., Machova M., Fatranska M. (1991): Effect of steroidal alkaloid buxaminol E on blood pressure, acetyl cholinesterase activity and (tritiated) quinuclidinyl benzilate binding in cerebral cortex. *Pharmacology*, 43, 20-25.
- Landsberg, H., (1981): *The Urban Climate*. Academic Press, New York.
- Lane, S. D., Martin, E. S., Garrod, J. F. (1978): Lead toxicity effects on indole-3-acetic acid induced cell elongation. *Planta*, 144, 79.
- Lehmann, A., Stahr, K. (2007): Nature and significance of anthropogenic urban soils. *Journal of Soils and Sediments*, 7, 247-260.
- Lepp, W. N. (1981): Cooper. In: Lepp, W. N. (ed.) *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*, Applied science Publishers, London and New Jersey, pp 111-144.

- Li, X., Feng, L. (2012): Multivariate and geostatistical analyzes of metals in urban soil of Weinan industrial areas, Northwest of China. *Atmospheric Environment*, 47, 58-65.
- Lipman, E. (2004) (ed.): Report of a Working Group on Medicinal and Aromatic Plants, Second Meeting, 16–18 December 2004, Strumica, Macedonia FYR.
- Loide, V. (2004): About the effect of the contents and ratios of soil's available calcium, potassium, and magnesium in liming of acid soils. *Agronomy Research*, 2, 71-82.
- Lu, X., Wang, L., Li, L.Y., Lei, K., Huang, L., Kang, D. (2010): Multivariate statistical analysis of heavy metals in street dust of Baoji, NW China. *Journal of Hazardous Materials*, 173, 744-749.
- Luković, T. M. (1930): Geološki sastav i tektonika Skopske kotline i njenog oboda. In: *Glasnik skopskog naučnog društva*, 10, Odeljenje prirodnih nauka, Skoplje.
- Luo, X. S., Yu, S., Zhu, Y. G., Li, X. D. (2012): Trace metal contamination in urban soils of China. *Science of the Total Environment*, 421, 17-30.
- Lux, W. (1986): Schwermetallgehalte und -isoplethen in Böden, subhydrischen Ablagerung und Pflanzen im Südosten Hamburgs. *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten*, 5, 249 p.
- Madejón, T., Marañón, J.M., Murillo and F. Cabrera (2005): Evolution of Arsenic, Lead, Iron and Manganese in Evergreen Trees Affected by the Aznalcóllar. In: del Valls, Á., Blasco, J. (eds.) *Environmental impact assessment, 1.1. terrestrial ecosystem, integrated assessment and management of the ecosystems affected by the Aznalcóllar mining spill (SW, Spain)*. Unesco.
- Mahonia aquifolium*, <http://www.bastovanstvo.rs/index.php?topic=107.0>
- Mahonia aquifolium*,
<http://www.jardinjasmin.com/catalogue/product.php?ProductID=3491&UILanguage=EN>
- Mahonia aquifolium*, Oregon Grape, Holly Grape
 (<http://www.habitas.org.uk/gardenflora/mahonia.htm>)
- Manta, D. S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R., Sprovieri, M. (2002): Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. *Science of the Total Environment*, 300(1), 229-243.

- Marakoglu, T., Akbulut, M., Calisir, S. (2010): Some physico-chemical properties of *Mahonia aquifolium* fruits. *Asian Journal of Chemistry*, 22(2), 1606-1614.
- Marjanović, D. M., Vukčević, M. M., Antonović, G. D., Dimitrijević, I. S., Jovanović, M. Đ., Matavulj, N. M., Ristić, Đ. M. (2009): Heavy metal concentration in soil from parks and green areas in Belgrade. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 74(6), 697-706.
- Markiewicz-Patkowska, J. A., Hursthouse, A., Przybyla-Kij, H. (2005): The interaction of heavy metals with urban soils: sorption behaviour of Cd, Cu, Cr, Pb and Zn with a typical mixed brownfield deposit. *Environment International*, 31, 513-521.
- Marschner, H. (1995): *Mineral nutrition of higher plants*, 2nd ed. Academic Press, London.
- Mendiguchía, C., M. M. Carlos, G. R. D., Manuel, G. V. (2004): Using Chemometric Tools to Assess Anthropogenic Effects in River Water: A Case Study: Guadalquivir River (Spain). *Analytica Chimica Acta*, 515(1), 143-149.
- Mengel, K., (2007): Potassium. In: *Handbook of Plant Nutrition*, CRC Press, Taylor & Francis Group, pp 91-116.
- Merhaut, J., D. (2007): Magnesium. In: *Handbook of Plant Nutrition*, CRC Press, Taylor & Francis Group, pp 146-172.
- Meuser, H. (2010): *Contaminated Urban Soils*, Springer Science & Business Media.
- Micevski, K. (1995): Flora of the Republic of Macedonia. 1(3): 503-548, Makedonska akademija na naukite i umetnostite, Skopje.
- Micevski, K. (1998): Flora of the Republic of Macedonia. 1(4): 781-1113, Makedonska akademija na naukite i umetnostite, Skopje.
- Michalak, A. (2006): Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Plants Growing under heavy metal stress. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15 (4), 523-530.
- Migaszewski, M. Z., Galuszka, A., Świercz, A., Kucharzyk, J. (2001): Element concentrations in soils and plant bioindicators in selected habitats of the Holy Cross Mountains, Poland. *Water, Air and Soil Protection*, 129, 369-386.
- Miljković, S. N. (1996): *Osnovi pedologije*. Univerzitet u Novom sadu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za geografiju, Novi Sad.

- Mingorance, D. M., Rossini Oliva, S. (2006): Heavy metals content in *N. oleander* leaves as urban pollution assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119, 57-68.
- Mirsal, A. I. (2008): *Soil Pollution - Origin, Monitoring & Remediation*, 2nd Ed. Springer.
- Mmolawa, K. B., Likuku, A. S., Gaboutloeloe, G. K. (2011): Assessment of heavy metal pollution in soils along major roadside areas in Botswana. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 5(3), 186-196.
- Modlingerova, V., Szakova, J., Sysalova, J., Tlustos, P. (2012): The effect of intensive traffic on soil and vegetation risk element contents as affected by the distance from a highway. *Plant Soil and Environment*, 58, 379-384.
- Monotoring kvaliteta zemljišta na teritoriji grada Subotice u 2013. godini, Godišnji izveštaj. Zavod za javno zdravlje Subotica, Centar za higijenu i humanu ekologiju, Subotica.
- Moore, F., Kargar, S., Rastmanesh, F. (2013): Heavy metal concentration of soils affected by Zn-smelter activities in the Qeshm Island, Iran. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 24(4), 339-346.
- Morrissey, J., Guerinot, M. L., (2009): Iron uptake and transport in plants: The good, the bad, and the ionome. *Chemical Review*, 109(10), 4553-4567.
- Morton-Bermea, O., E., Hernandez-Alvarez, G., Gonzalez-Hernandez, F., Romero, R. L., Beramendi-Orosco, L. E. (2009): Assessment of heavy metal pollution in urban topsoils from the metropolitan area of Mexico City. *Journal of Geochem. Exploration*, 101, 218-224.
- Nacionalni park Fruška Gora (<http://www.npfruskagora.co.rs>)
- Nacionalni program zaštite životne sredine („Službeni glasnik RS”, br. 12/10)
- Nandeesh, R., Kumar, A. S. B., Lakshman, K., Manohara, P. K., Khan, S., Ganapathy, S. (2010): Histological and physico-chemical evaluation of *Buxus wallichiana* Baill. *Botanica Serbica*, 34(1), 51-56.
- Nemergut, R. D., Shade, A., Violle, C. (2014): When, where and how does microbial community composition matter? *Frontiers in Microbiology*, 26 September 2014.
- Nešković, M., Konjević, R., Čulafić, Lj. (2003): *Fiziologija biljaka*. NNK International, Beograd.

- Nunes, J. R., Ramos-Miras, J., Lopez-Piñeiro, A., Loures, L., Gil, C., Coelho, J., Loures, A. (2014): Concentrations of Available Heavy Metals in Mediterranean Agricultural Soils and their Relation with Some Soil Selected Properties: A Case Study in Typical Mediterranean Soils. *Sustainability*, 6, 9124-9138.
- Oke, T.R., (1973): City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7(8), 769-779.
- Oliva, S. R., Valdés, B (2004): *Ligustrum lucidum* Ait. f. Leaves as a Bioindicator of the Air-Quality in a Mediterranean City. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96(1), 221-232.
- Oliva, S. R., Fernández Espinosa, A. J. (2007): Monitoring of heavy metals in topsoils, atmospheric particles and plant leaves to identify possible contamination sources. *Microchemical Journal*, 86(1), 131-139.
- Onder, S., Dursun, S., Gezging, S., Demirbas, A. (2007): Determination of heavy pollution in grass and soil of city green areas (Konya, Turkey). *Polish Journal of Environmental Study*, 12(1), 145-154.
- Page, L. A, Bingham, T. F., Chang, C. A. (1981): Cadmium. In: Lepp. W. N. (ed.) *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*. Applied science Publishers, London and New Jersey, pp. 77-110.
- Page, V., Feller, U. (2005): Selective transport of zinc, manganese, nickel, cobalt and cadmium in the root system and transfer to the leaves in young wheat plants. *Annals of Botany*, 96, 425-434.
- Page, V., Feller, U. (2015): Heavy metals in crop plants: Transport and redistribution processes on the whole plant level. *Agronomy*, 5, 447-463.
- Page, V., Weisskopf, L., Feller, U. (2006): Heavy metals in white lupin: Uptake, root-to-shoot transfer and redistribution within the plant. *New Phytologist*, 171, 329-341.
- Pajak, M., Jasik, M. (2011): Heavy metal (Zn, Pb, Cd) concentration in soil and moss (*Pleurozium schreberii*) in the Brynica district, southern Poland. *Journal of Biogeosciences and Forestry*, 4, 176-180.
- Paul, A. E. (2007): *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*, 3rd Ed. Elsevier.
- Peng, K., Luo, C., Lou, L., L, X., Shen, Z. (2008): Bioaccumulation of heavy metals by the aquatic plants *Potamogeton pectinatus* L. and *Potamogeton malaianus* Miq.

- and their potential use for contamination indicators and in wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, 392, 22-29.
- Peralta-Videa, R. J., Lopez, L. M., Narayan, M., Saupe, G., Gardea-Torresdey, J. (2009): The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: implications for the food chain. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 41(8), 1665-1677.
- Peterson, J. P, Girling, A. C. (1981): Other Trace Metals. In: Lepp. W. N. (ed.) *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*. Applied science Publishers, London and New Jersey, pp. 213-278.
- Petrova, T. (2011): Biomonitoring Study of Air Pollution with *Betula pendula* Roth., from Plovdiv. *Ecologia Balcanica*, 3(1), 1-10.
- Phipps, A. D. (1981): Chemistry and Biochemistry of Trace Metals in Biological Systems. In: Lepp. W. N. (ed.) *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*. Applied science Publishers, London and New Jersey, pp. 13-54.
- Pilbeam J., D., Morley S., P., (2007), Calcium. In: *Handbook of Plant Nutrition*, CRC Press, Taylor & Francis Group, pp 121-140.
- Podlešáková, E., Němeček, J., Vácha, R. (2002): Critical values of trace elements in soil from the viewpoint of the transfer pathway soil-plant. *Rostlinná Výroba*, 48(5), 193-202.
- Pokrajinski zavod za zaštitu prirode (<http://www.pzzp.rs>)
- Pokrajinski zavod za zaštitu prirode, Nacionalni park „Fruška gora“
<http://www.pzzp.rs/page.php?id=81>
- Polec-Pawlak, K., Ruzik, R., Lipiec, E., Ciurzynska, M., Gawronsk,a H. (2007): Investigation of Pb(II) binding to pectin in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 22, 968-972.
- Prasad, V. N. M., Freitas, H. (2000): Removal of toxic metals from solution by leaf, stem and root phytomass of *Quercus ilex* L. (holly oak). *Environmental Pollution*, 110, 277-283.
- Prasad, V. N. M., Freitas, H. (2003): Metal hyperaccumulation in plants – Biodiversity proepecting for phytoremediation technology. *Electronic journal of biotechnology*, 6(3), 286-302.

- Program ispitivanja kvaliteta zemljišta na teritoriji Beograda za 2012. godinu, Gradskog sekretarijata za zaštitu životne sredine - Izveštaj o stanju zemljišta u Republici Srbiji za 2012. godinu Beograd 2013. Republika Srbija, Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine
- Program praćenja kvaliteta poljoprivrednog i nepoljoprivrednog zemljišta na teritoriji grada Novog Sada tokom 2011. godine. Laboratorija za zemljište i agroekologiju, Grad Novi sad, Gradska uprava za zaštitu životne sredine.
- Prokop, Z., Cupr, P., Zlevorova-Zlamalikova, V., Komarek, J., Dusek, L., Holoubek, I. (2001): Mobility, bioavailability, and toxic effects of cadmium in soil samples. *Environmental Research*, 91, 119-126.
- Prosser, J. I., Bohannon, B. J. M., Curtis, T. P., Ellis, R. J., Firestone, M. K., Freckleton, R. P., et al. (2007): Essay - the role of ecological theory in microbial ecology. *Nature Reviews Microbiology*, 5, 384-392.
- Pulford, D. I., Watson, C. (2002): Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees-a review. *Environmental International*, 29, 529-540.
- Radulescu, H., Taubert, L., KISS A. S., Princz, E., Stefanovits-Banyai, E. (2007): Effects of an industrial chemical waste on the uptake of cations by green oat. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 72(6), 629-633.
- Radunz, A., Schmid, H. G. (2000): Wax esters and tryglicerides as storage substances in seeds of *Buxus sempervirens*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 734-738.
- Rahman, A., Parveen, S., Khalid, A., Farooq, A., Choudhary, I. M. (2001): Acetyl and butyrylcholinesterase-inhibiting triterpenoid alkaloids from *Buxus papillosa*. *Phytochemistry*, 58, 963-968.
- Reddy, G. D., Alston, A. M., Tiller, K. G. (1981): Seasonal changes in the concentrations of copper, molybdenum and sulfur in pasture plants. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 21(112), 498-505.
- Riesen, O., Feller, U. (2005): Redistribution of nickel, cobalt, manganese, zinc and cadmium via the phloem in young and maturing wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 421-430.

- Robson, A. D., Reuter, D. J. (1981): Diagnosis of copper deficiency and toxicity. pp. 287-312, In: Loneragan, J. F., Robson, A. D., Graham, R. D. (eds.) Copper in soils and plants. Academic Press, Sydney.
- Roj-Rojewski, S., Klimaszewska, M. (2014): Heavy Metals Contamination in Soils of a Small Town with Intensive Road Traffic. Polish Journal of Environmental Studies 23(5), 1711-1717.
- Römheld, V., Nikolic, M. (2007): Iron. In: Handbook of Plant Nutrition, CRC Press, Taylor & Francis Group, pp 329-345.
- Ross, A. C., Auge, H., Durka, W. (2008): Genetic relationships among three native North-American *Mahonia* species, invasive *Mahonia* populations from Europe, and commercial cultivars. Plant Systematics and Evolution, 275(3-4), 219-229.
- Ross, A. C., Faust, D., Auge, H. (2009): *Mahonia* invasions in different habitats: local adaption or general-purpose genotypes? Biological Invasions, 11(2), 441-452.
- Rudnick, R. L., Gao, S. X. (2003): Composition of the continental crust. Treatise on Geochemistry, 3, 1-64.
- Samecka-Cymerman, A., Kempers, J. A. (1999): Bioindication of heavy metals in the town Wroclaw (Poland) with evergreen plants. Atmospheric Environment. 33, 419-430.
- Sawidis, T., Marnasidis, A., Zachariadis, G., & Stratis, J. (1995): A study of air-pollution with heavy-metals in Thessaloniki City (Greece) using trees as biological indicators. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 28, 118-124.
- Sbaraglia, M., Lucci, E., (1994): Guida all'interpretazione delle analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia (Roma), 123.
- Schnoor, L. J. (1997): Phytoremediation, Technology evaluation report, GWRTAC, Pittsburg.
- Schulze, D. E., Beck, E., Müller-Hohenstein, K. (2005): Plant Ecology, Springer, Berlin.
- Seghal, J., Blum, W. E., Gajbhiye, K. S. (1998): Red & Lateritic Soils, Volume 1. Balkema Publishers, Rotterdam.

- Shallari, S., Schwartz, C., Hasko, A., Morel, L. J. (1998): Heavy metals in soil and plants of serpentine and industrial sites of Albania. *The Science of the Total Environment*, 209, 133-142.
- Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S. (2005) Chromium toxicity in plants. *Environment International*, 31, 739-753.
- Shepherd, T., Griffiths, W. D. (2006): The effects of stress on plant cuticular waxes. *New Phytologist*, 171, 469-499.
- Shi, Ji-Yan, Lin Qi, Chen Xin-Cai, Chen Ying-Xu, Wang Yuan-Peng (2007): Heavy metal availability and impact on activity of soil microorganisms along a Cu/Zn contamination gradient. *Journal of Environmental Sciences*, 19, 848-853.
- Skonieczna, J., Małek, S., Polowy, K., Węgiel, A. (2014): Element content of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands of different densities. *Drewno: prace naukowe, doniesienia, komunikaty*, 57(192), 77-87.
- Słomka, A., Kawalec, P., Kellner, K., Jędrzejczyk-Korycińska, M., Rostański, A., Kuta, E. (2010): Was reduced pollen viability in *Viola tricolor* L. the result of heavy metal pollution or rather the test applied? *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 52(1), 123-127.
- Službeni glasnik Republike Srbije br. 66/91, 83/92 i 50/93
- Službeni list EU (86/278/EEZ)
- Small, E. (2014): Oregon Grape. In: *North American Cornucopia – TOP 100 Indigenous Food Plants*, CRC Press, Taylor & Francis Group, pp 491-495.
- Spingh, P. S., Ghosh, M. (2005): A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts. *Applied Ecology and Environmental Research*, 3(1), 1-18.
- Stankovic, D., Krstic, B., Orlovic, S., Trivan, G., Pajnik Poljak, P. L., Sijacic Nikolic, M. (2011): Woody plants and herbs as bioindicators of the current condition of the natural environment in Serbia. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(15), 3507-3512.
- Stevanović, B., Janković, M. (2001): *Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka*. NNK International, Beograd.
- Stevanović, B., Dražić, G., Tomović, G., Šinžar-Sekulić, J., Melovski, Lj., Novović, I., Marković, D. M. (2010): Accumulation of arsenic and heavy metals in some

- Viola* species from an abandoned mine, Alchar, Republic of Macedonia (FYROM). *Plant Biosystems*, 144(3), 644-655.
- Storey, B. J. (2007): Zinc. In: *Handbook of Plant Nutrition*, CRC Press, Taylor & Francis Group, pp. 411-430.
- Studija o proceni uticaja na životnu sredinu uređenja slobodnih površina, izgradnje hidrantske mreže i dogradnje kišne kanalizacije u Botaničkoj bašti “Jevremovac” u Beogradu, Gradski zavod za zaštitu zdravlja Beograd, Beograd, Decembar 2005. godine
- Sulusoglu, M. (2011): The cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) tree selection. *African Journal of Agricultural Research*, 6(15), 3574-3582.
- Susaya, J., Kim, K. H., Ahn, J. W., Jung, M. C., Kang, C. H. (2010): BBQ charcoal combustion as an important source of trace metal exposure to humans. *Journal of Hazardous Materials*, 176(1-3), 932-937.
- Škrbić, B., Čupić, S. (2004): Trace metal distribution in surface soils of Novi Sad and bank sediment of the Danube River. *Journal of Environmental Science and Health*, 39(6), 1547-1558.
- Šućur, M. K., Aničić M. P., Tomašević M., Antanasijević, D. Z., Perić-Grujić, A. A., Ristić, M. DJ. (2010): Urban deciduous tree leaves biomonitors of trace element (As, V and Cd) atmospheric pollution in Belgrade, Serbia. *Environment Monitoring Assessment*, 75(10), 1453-1461.
- Tahri, M., Benya, F., Bounakhla, M., Bilal, E., Gruffat, J. J., Moutte, J., Garcia, D. (2005): Multivariate analysis of heavy metal contents in soils, sediments and water in the region of Meknes (central Morocco). *Environmental Monitoring and Assessment*, 102(1), 405-417.
- Tanasijević, D., Sandić, M., Pavićević, N. (1951): Tipovi zemljišta u okolini Beograda i Obrenovca. *Arhiv za poljoprivredene nauke*, 6, Beograd.
- Tatić, B. (1996): Stota godišnjica botaničke bašte Jevremovac. *Zavod za udžbenike i nastavna sredstva*, Beograd.
- Thurman, A. D. (1981): Mechanism of Metal Tolerance in Higher Plants. In: Lepp, W. N. (ed.) *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*. Applied science Publishers, London and New Jersey, pp. 239-249.
- Tjurin, I. V. (1965): *Agrochemical methods of soil analysis*. Nauka, Moscow.

- Tomašević, M., Aničić, M., Jovanović, Lj., Perić-Grujić, A., Ristić, M. (2011): Deciduous tree leaves in trace elements biomonitoring: A contribution to methodology. *Ecological Indicators*, 11, 1689-1695.
- Tomašević, M., Rajšić, S., Đorđević, D., Tasić, M., Krstić, J., Novaković, V. (2004): Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas. *Environmental Chemistry Letters*, 2, 151-154.
- Turner, B. L., Wright, S. J. (2014): The response of microbial biomass and hydrolytic enzyme activities to a decade of nitrogen, phosphorus, and potassium addition in a lowland tropical rain forest. *Biogeochemistry*, 117, 115-130.
- Unkašević M. (1994): *Klima Beograda*. Naučna knjiga, Beograd.
- Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologije za izradu remedijacionih programa Službeni glasnik RS“ br. 23/94
- Van Reeuwijk, L. P. (2002): *Procedures for soil analysis*. Sixth edition, International soil Reference and information centre (ISRIC), Food and agriculture organisation of the United Nations, Netherlands.
- Vega, F. A., Covelo, E. F., Andrade, M. L. (2009): Hysteresis in the individual and competitive sorption of cadmium, copper and lead by various soil horizons. *Journal of Colloid and Interface Science*, 331, 312-317.
- Velevski, M. (2008): Evaluation of bird fauna at Matka canyon, Macedonia. *Natura Montenegrina*, 7(2), 369-370.
- Viard, B., Pihan, F., Promeyrat, S., Pihan, J. C. (2004): Integrated assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway pollution: bioaccumulation in soil, Graminaceae and land snails. *Chemosphere*, 55, 1349-1359.
- Vouk, V. B., Piver, W. T. (1983): *Metallic Elements in Fossil Fuel Combustion Products: Amounts and Form of Emissions and Evaluation of Carcinogenicity and Mutagenicity*. *Environmental Health Perspectives*, 47, 201-225.
- Vratuša, V. (1999): *Istraživanje stepena zagađenosti zemljišta teškim metalima zelenih površina Beograda i okoline*. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Wang, K. L., Chen, P. J., Hung, Y-T., Shammass, K. N. (2009): *Heavy metals in the environment*. CRC Press, Taylor & Francis Group.

- Watson, C., Pulford, D. I. (2003): Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees-a review. *Environmental international*, 29, 529-540.
- Wei, B., Yang, L. (2010): A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*, 94(2), 99-107.
- Weiss, F., St. George, R. A. (1959): Culture, diseases and pests of the Box tree. *Farmers' Bulletin No. 1855 US. Department of Agriculture Washington, DC.*
- Whiting, N. S., Reeves, D. R., Richards, D., Johnson, S. M., Cooke, A. J., Malaisse, F., Paton, A., Smith, C. A. J., Angle, R. L., Chaney, L. R., Ginocchio, R., Jaffré, T., Johns, R., McIntyre, T., Purvis, W. O., Salt, E. D., Schat, H., Zhao, J. F., Baker, M. J. A. (2004): Research priorities for conservation of metallophyte biodiversity and their potential for restoration and site remediation. *Restoration Ecology*, 12(1), 106-116.
- Wilcke, W., Muller, S., Kanchanakool, N., Zech, W. (1998): Urban soils contamination in Bangkok: heavy metal and aluminum partitioning in top soils. *Geoderma*, 86, 211-228.
- Wong, C. S., Li, X., Thornton, I. (2006): Urban environmental geochemistry of trace metals. *Environmental Pollution*, 142(1), 1-16.
- Y.-J. Liu, Y.-G. Zhu, Ding, H. (2007): Lead and cadmium in leaves of deciduous trees in Beijing, China: development of a metal accumulation index (MAI). *Environmental Pollution*, 145(2), 387-390.
- Y.-X. Yan., Y.-X. Yan., Y. Sun., J.-C. Chen., J. Su, Y., Li, and M. -H., Qiu (2011): A New Triterpenoid Alkaloid from *Buxus sempervirens*, *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen* 66b, 1076-1078.
- Yavitt, J. B., Wright, S. J. (2001): Drought and irrigation effects on fine root dynamics in a tropical moist forest, Panama. *Biotropica*, 33, 421-434.
- Yesilonis, I. D., Pouyat, R. V., Neerchal, N. K. (2008): Spatial distribution of metals in soils in Baltimore, Maryland: role of native parent material, proximity to major roads, housing age and screening guidelines. *Environmental Pollution*, 156(3), 723-731.
- Zavod za zaštitu prirode Srbije (<http://www.zzps.rs>)

- Zheng, Y. M., Chen, T. B., He, J. Z. (2008): Multivariate geostatistical analysis of heavy metals in topsoils from Beijing, China. *Journal of Soils and Sediments*, 8(1), 51-58.
- Zhevelev, H. M., Sarah, P., Oz, A. (2013): The Spatial Variability and Temporal Dynamics of Soil Properties as Affected by Visitors' Pressure in an Urban Park. *Journal of Environmental Protection*, 4, 52-64.
- Žaković, N., Jovanović, B., Miličić, U. (1994): Predlog za zaštitu prirodnog dobra Botaničke bašte "Jevremovac" u Beogradu, kao spomenika prirode. Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd.

Prilog 1

Koncentracije ispitivanih elemenata u zemljištu

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Proleće	22513 ± 543	3148 ± 34,8	49 ± 1,67	152 ± 3,86	26,9 ± 0,38	17,8 ± 0,65	51,6 ± 1,63
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Proleće	28206 ± 29,7	893 ± 29,7	69,5 ± 1,83	179 ± 3,72	59,5 ± 0,66	21 ± 0,69	81 ± 1,66
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Proleće	25451 ± 530	1112 ± 29,5	62,1 ± 1,16	171 ± 3,72	46,8 ± 1	14 ± 0,58	98,5 ± 1,62
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Proleće	31753 ± 531	1164 ± 29,9	83,3 ± 2,66	235 ± 3,73	67,9 ± 0,38	17,6 ± 0,7	47,9 ± 1,69
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Proleće	30490 ± 531	1107 ± 30	55,1 ± 1,5	102 ± 3,73	61,3 ± 1	18,8 ± 0,55	39,4 ± 1,78
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	27793 ± 531	836 ± 29,9	53,2 ± 1,16	205 ± 3,73	46,8 ± 1	17,1 ± 0,76	51,9 ± 1,69
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Proleće	29836 ± 524	977 ± 27,2	52,5 ± 1,5	130 ± 3,65	49,7 ± 0,66	16,6 ± 0,58	38,1 ± 1,63
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Leto	17031 ± 539	1879 ± 33,5	42,5 ± 1,5	145 ± 3,83	21,4 ± 0,66	20,5 ± 0,5	42,8 ± 1,76
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Leto	26440 ± 531	932 ± 30	59,6 ± 1,5	227 ± 3,73	46,6 ± 1,37	18,1 ± 0,56	75,3 ± 1,72
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Leto	24187 ± 530	988 ± 29,4	61,6 ± 0,83	134 ± 3,71	47,9 ± 0,76	19,5 ± 0,67	85,6 ± 1,62
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Leto	23083 ± 531	1117 ± 29,8	83,1 ± 3,16	295 ± 3,72	64,8 ± 1,14	22,2 ± 0,52	48,7 ± 1,68
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Leto	31633 ± 531	977 ± 30	55,1 ± 1,5	101 ± 3,73	47,7 ± 0,66	19,9 ± 0,67	39,3 ± 1,72
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	29854 ± 526	810 ± 28	56,2 ± 0,88	271 ± 3,67	49,2 ± 1,37	19,6 ± 0,46	61,7 ± 1,68
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Leto	29443 ± 527	871 ± 28,3	52,3 ± 1,5	139 ± 3,68	47,7 ± 1,31	20,1 ± 0,44	36,2 ± 1,72
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Jesen	28088 ± 324	1271 ± 13,3	47,3 ± 0,78	168 ± 3,64	45,6 ± 0,98	15,6 ± 0,43	28,4 ± 0,34
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Jesen	35192 ± 467	1089 ± 19,2	52 ± 0,63	320 ± 7,28	46,4 ± 0,82	14,1 ± 0,37	41 ± 0,87
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Jesen	22061 ± 405	1113 ± 16,6	71,8 ± 0,97	183 ± 3,64	91,4 ± 1,77	16,3 ± 0,49	58,7 ± 0,61
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Jesen	31492 ± 492	1160 ± 20,2	48,6 ± 0,6	177 ± 3,33	43,9 ± 1,1	14,5 ± 0,39	4,09 ± 0,08
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Jesen	38876 ± 585	1395 ± 24	50,6 ± 0,71	126 ± 2,98	48,4 ± 0,6	17,2 ± 0,43	22,6 ± 0,34
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	30100 ± 331	1066 ± 13,6	44,7 ± 0,77	123 ± 2,67	45,4 ± 1,26	15,4 ± 0,46	21,8 ± 0,43
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Jesen	26861 ± 382	924 ± 15,7	58,9 ± 0,91	188 ± 4,64	55,8 ± 1,04	16,1 ± 0,41	35,6 ± 0,54
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Zima	20642 ± 353	1761 ± 20,2	35,9 ± 0,6	127 ± 2,98	22,3 ± 0,64	14,8 ± 0,4	24,4 ± 0,41
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Zima	34070 ± 382	956 ± 15,7	53,5 ± 0,91	245 ± 3,33	44 ± 1,04	14 ± 0,37	42,2 ± 0,54
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Zima	41734 ± 492	831 ± 20,2	56,5 ± 0,6	165 ± 2,02	49,5 ± 1,42	14,9 ± 0,39	50,3 ± 0,67
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Zima	40912 ± 628	1220 ± 25,8	72,6 ± 0,94	340 ± 4,34	59,4 ± 1,04	16,6 ± 0,38	25,9 ± 0,36
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Zima	40170 ± 596	1238 ± 24,5	47,1 ± 0,71	122 ± 1,75	43,5 ± 0,82	15,2 ± 0,43	20,3 ± 0,28
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	38436 ± 628	1085 ± 25,8	45,3 ± 0,74	233 ± 2,67	45 ± 1,04	13,3 ± 0,38	27,4 ± 0,36
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Zima	39625 ± 692	1046 ± 25,9	45,2 ± 0,76	209 ± 2,85	40,7 ± 1,09	14,1 ± 0,38	24,1 ± 0,37

Koncentracije ispitivanih elemenata u zemljištu

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Cd	Pb	V	Mg	Ca	Na
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Proleće	3,58 ± 0,07	79,6 ± 0,64	<DL	3211 ± 79,9	7088 ± 323	39,6 ± 4,28
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Proleće	2,56 ± 0,1	136 ± 0	6,03 ± 2,3	1675 ± 77,5	13693 ± 313	107 ± 6,84
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Proleće	2,15 ± 0,09	123 ± 1,1	<DL	1377 ± 50,9	13393 ± 205	232 ± 4,49
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Proleće	2,21 ± 0,07	70,8 ± 0,64	5,23 ± 2,42	2074 ± 84,8	10863 ± 342	150 ± 7,49
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Proleće	1,54 ± 0,07	30,3 ± 0,64	13,2 ± 2,22	2307 ± 80	6358 ± 323	200 ± 7,07
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	2,21 ± 0,09	92,5 ± 1,1	<DL	2505 ± 68	13296 ± 275	212 ± 6,01
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Proleće	1,59 ± 0,06	42,4 ± 0,64	9,6 ± 1,59	1787 ± 65,5	9761 ± 265	98,4 ± 5,79
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Leto	3,48 ± 0,08	72,5 ± 0,63	<DL	1553 ± 82,3	9683 ± 333	172 ± 7,27
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Leto	1,95 ± 0,09	149 ± 1,68	23,1 ± 2,22	1301 ± 68,3	12520 ± 276	115 ± 6,03
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Leto	2,05 ± 0,09	119 ± 1,1	16,7 ± 2,18	1060 ± 65,7	13432 ± 266	96,9 ± 5,81
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Leto	2,15 ± 0,07	73,5 ± 0	22,3 ± 2,02	1291 ± 53,3	9585 ± 215	144 ± 4,7
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Leto	1,34 ± 0,06	33,5 ± 0,64	38,2 ± 2,22	2394 ± 75,1	5627 ± 303	131 ± 6,63
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	2,05 ± 0,07	105 ± 0,64	23,9 ± 1,59	2140 ± 63,2	11828 ± 255	140 ± 5,58
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Leto	1,44 ± 0,05	49,3 ± 1,1	43,7 ± 1,87	1495 ± 77,5	10270 ± 313	121 ± 6,84
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Jesen	1,61 ± 0,04	84,7 ± 1,15	<DL	187 ± 1,46	6231 ± 75	118 ± 1,29
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Jesen	1,16 ± 0,02	12 ± 0,22	<DL	265 ± 2,84	12180 ± 76,9	61,4 ± 0,85
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Jesen	1,49 ± 0,04	93,7 ± 2,18	<DL	193 ± 1,62	12843 ± 131	74 ± 0,78
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Jesen	1,56 ± 0,04	88,7 ± 1,42	<DL	293 ± 3,37	12218 ± 128	76,6 ± 1,35
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Jesen	0,74 ± 0,02	24,8 ± 0,67	<DL	436 ± 4,55	6256 ± 154	182 ± 1,44
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	1,37 ± 0,03	45,3 ± 1,09	<DL	428 ± 3,66	12452 ± 200	134 ± 2,29
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Jesen	1,22 ± 0,03	89 ± 1,28	<DL	248 ± 2,42	8371 ± 212	113 ± 2,81
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Zima	2,31 ± 0,03	54,5 ± 1,03	<DL	516 ± 6,64	9382 ± 233	305 ± 2,01
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Zima	1,35 ± 0,04	131 ± 1,45	<DL	291 ± 5,42	16445 ± 262	57,7 ± 2,07
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Zima	1,46 ± 0,04	114 ± 1,4	<DL	256 ± 4,27	16294 ± 66,5	195 ± 2,32
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Zima	1,46 ± 0,03	58,9 ± 0,91	<DL	346 ± 6,41	13310 ± 61,8	76,5 ± 1,39
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Zima	0,84 ± 0,02	26 ± 0,55	<DL	462 ± 6,8	8432 ± 51,2	75,7 ± 1,55
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	1,31 ± 0,03	70,7 ± 0,91	<DL	456 ± 5,21	16523 ± 113	102 ± 1,82
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Zima	1,14 ± 0,03	59,9 ± 1,36	<DL	404 ± 4,79	15306 ± 172	138 ± 2,13

Koncentracije ispitivanih elemenata u zemljištu

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Proleće	26272 ± 530	919 ± 29,5	57,7 ± 1,34	79,9 ± 3,72	48,8 ± 1	17,7 ± 0,48	27,9 ± 1,06
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Proleće	28120 ± 531	1048 ± 30,1	62 ± 1,7	267 ± 3,73	47,5 ± 1	17,1 ± 0,78	69,9 ± 1,78
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Proleće	25451 ± 530	1112 ± 29,5	62,1 ± 1,16	171 ± 3,72	46,8 ± 1	14 ± 0,58	98,5 ± 1,62
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Proleće	28601 ± 531	1144 ± 29,8	57,7 ± 1	153 ± 3,72	48,8 ± 0,38	19,4 ± 0,46	38 ± 1,67
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Proleće	28915 ± 573	906 ± 17,4	86,2 ± 1,66	109 ± 3,73	54,5 ± 1	16,5 ± 0,5	82,2 ± 0,97
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	26202 ± 531	825 ± 30,1	57,8 ± 1,67	319 ± 3,73	56,2 ± 0,66	14,1 ± 0,61	86,2 ± 1,63
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Proleće	26431 ± 532	830 ± 30,3	50,9 ± 1,67	111 ± 3,74	45,1 ± 0,66	17,6 ± 0,5	38,6 ± 1,75
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Leto	24799 ± 529	1040 ± 29	56,3 ± 1,83	91,4 ± 3,7	51,2 ± 0,76	18,3 ± 0,56	26 ± 0,81
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Leto	26285 ± 531	909 ± 30	45,1 ± 1,5	135 ± 3,73	38,7 ± 0,76	17,6 ± 0,67	89,2 ± 1,72
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Leto	24187 ± 530	988 ± 29,4	61,6 ± 0,83	134 ± 3,71	47,9 ± 0,76	19,5 ± 0,67	85,6 ± 1,62
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Leto	29561 ± 530	1013 ± 29,5	63,2 ± 1,34	190 ± 3,72	55,6 ± 0,66	20,4 ± 0,74	34,5 ± 1,62
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Leto	28905 ± 531	956 ± 29,8	61 ± 2,33	133 ± 3,72	44,9 ± 1	19,9 ± 0,67	91 ± 1,68
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	25908 ± 530	986 ± 29,5	62,3 ± 1,16	343 ± 3,72	61,5 ± 1,14	17,4 ± 0,63	96,2 ± 1,63
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Leto	26194 ± 530	905 ± 29,6	49,1 ± 0,88	111 ± 3,72	45,1 ± 1,14	19,4 ± 0,67	34,7 ± 1,64
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Jesen	37460 ± 725	606 ± 12,6	41 ± 0,74	39,6 ± 0,66	41,6 ± 0,99	14,4 ± 0,39	14,6 ± 0,34
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Jesen	25224 ± 474	815 ± 19,5	36,5 ± 0,57	123 ± 2,32	34,7 ± 0,39	13,8 ± 0,41	43,3 ± 0,82
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Jesen	22061 ± 405	1113 ± 16,6	71,8 ± 0,97	183 ± 3,64	91,4 ± 1,77	16,3 ± 0,49	58,7 ± 0,61
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Jesen	30421 ± 460	969 ± 18,9	52,8 ± 1,08	148 ± 3,64	45,4 ± 0,8	15,9 ± 0,39	44,7 ± 0,81
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Jesen	34749 ± 382	919 ± 15,7	54,5 ± 0,91	113 ± 2,38	45,6 ± 0,83	15,7 ± 0,4	46,1 ± 0,54
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	37697 ± 492	1272 ± 20,2	68,3 ± 1,19	137 ± 2,02	52,6 ± 1,26	16,9 ± 0,43	45,9 ± 0,87
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Jesen	36319 ± 659	879 ± 20,2	42,7 ± 0,6	183 ± 6,28	38,7 ± 0,99	14,8 ± 0,43	29,1 ± 0,34
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Zima	39196 ± 679	955 ± 20,2	52,5 ± 0,95	367 ± 7,28	47,1 ± 1,04	15,6 ± 0,41	15 ± 0,36
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Zima	27085 ± 399	788 ± 16,4	37,4 ± 0,48	128 ± 1,66	35,1 ± 0,9	11,8 ± 0,33	48 ± 0,56
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Zima	41734 ± 492	831 ± 20,2	56,5 ± 0,6	165 ± 2,02	49,5 ± 1,42	14,9 ± 0,39	50,3 ± 0,67
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Zima	43137 ± 677	750 ± 18,3	52,6 ± 0,6	115 ± 2,02	49 ± 1,02	14,8 ± 0,43	18,6 ± 0,35
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Zima	38325 ± 446	882 ± 18,3	54,2 ± 0,65	146 ± 1,75	42,5 ± 0,97	15,2 ± 0,43	49,1 ± 0,71
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	36192 ± 566	989 ± 23,2	57,4 ± 0,68	435 ± 7,94	59,5 ± 0,85	14,2 ± 0,36	55,5 ± 1,12
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Zima	34250 ± 505	1012 ± 20,7	52,7 ± 0,6	396 ± 6,97	43,7 ± 1,07	14,4 ± 0,36	53 ± 0,95

Koncentracije ispitivanih elemenata u zemljištu

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Cd	Pb	V	Mg	Ca	Na
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Proleće	1,85 ± 0,08	35,8 ± 1,69	<DL	2474 ± 60,9	14600 ± 246	47,2 ± 5,38
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Proleće	2,15 ± 0,09	111 ± 0,64	8,41 ± 2,18	2947 ± 68,7	14156 ± 278	87,1 ± 6,07
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Proleće	2,15 ± 0,09	123 ± 1,1	<DL	1377 ± 50,9	13393 ± 205	232 ± 4,49
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Proleće	1,8 ± 0,09	50,9 ± 0,64	4,84 ± 2,18	2173 ± 63	12233 ± 255	120 ± 5,57
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Proleće	1,8 ± 0,08	44,3 ± 0,64	9,99 ± 2,26	1698 ± 68	13817 ± 275	297 ± 6,01
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	2,46 ± 0,09	573 ± 1,69	<DL	1182 ± 63,2	9905 ± 255	252 ± 5,58
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Proleće	1,8 ± 0,08	57,1 ± 1,1	11,6 ± 2,38	2487 ± 55,7	14619 ± 225	88,7 ± 4,92
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Leto	1,54 ± 0,07	32 ± 0,64	39,4 ± 2,02	2463 ± 68	14697 ± 275	80,1 ± 6,01
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Leto	1,8 ± 0,07	54 ± 0,64	25,1 ± 2,26	3039 ± 65,7	13602 ± 266	206 ± 5,81
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Leto	2,05 ± 0,09	119 ± 1,1	16,7 ± 2,18	1060 ± 65,7	13432 ± 266	96,9 ± 5,81
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Leto	1,54 ± 0,06	41,1 ± 0,63	24,3 ± 1,98	1860 ± 68	12630 ± 275	421 ± 6,01
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Leto	1,7 ± 0,08	47,8 ± 0,64	37,8 ± 2,38	1304 ± 77,5	13719 ± 313	546 ± 6,85
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	2,21 ± 0,09	511 ± 5,43	16,3 ± 2,22	1128 ± 80	9918 ± 323	154 ± 7,07
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Leto	1,59 ± 0,07	53,3 ± 0,64	33,4 ± 2,06	2436 ± 79,9	15369 ± 323	101 ± 7,06
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Jesen	1,18 ± 0,01	21,5 ± 0,45	<DL	528 ± 4,77	13679 ± 260	32,8 ± 0,74
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Jesen	1,09 ± 0,02	38,9 ± 0,7	<DL	585 ± 5,99	13478 ± 184	108 ± 1,37
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Jesen	1,49 ± 0,04	93,7 ± 2,18	<DL	193 ± 1,62	12843 ± 131	74 ± 0,78
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Jesen	1,74 ± 0,04	109 ± 1,4	<DL	369 ± 7,61	11397 ± 48	234 ± 3,14
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Jesen	1,07 ± 0,03	34,7 ± 0,88	<DL	309 ± 6,51	11276 ± 57,5	210 ± 1,34
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	1,27 ± 0,03	51,3 ± 1,12	<DL	167 ± 1,82	9302 ± 232	162 ± 0,97
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Jesen	1,45 ± 0,03	81,7 ± 0,95	<DL	266 ± 1,43	13213 ± 93,5	113 ± 1,15
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Zima	1,14 ± 0,02	28,8 ± 0,55	<DL	623 ± 7,95	19657 ± 53,2	37,2 ± 0,74
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Zima	1,15 ± 0,02	41,5 ± 0,63	<DL	696 ± 5,22	17712 ± 26,5	139 ± 1,2
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Zima	1,46 ± 0,04	114 ± 1,4	<DL	256 ± 4,27	16294 ± 66,5	195 ± 2,32
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Zima	1,01 ± 0,02	39,1 ± 0,7	<DL	467 ± 5,3	15470 ± 0,9	127 ± 2,71
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Zima	1,24 ± 0,03	40,2 ± 1,07	<DL	419 ± 3,88	16506 ± 151	331 ± 1,73
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	1,81 ± 0,03	544 ± 10,4	<DL	175 ± 4,77	12918 ± 55,8	113 ± 2,74
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Zima	1,47 ± 0,04	95,6 ± 1,15	<DL	370 ± 5,95	18476 ± 179	94,2 ± 1,42

Koncentracije ispitivanih elemenata u zemljištu

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Proleće	27152 ± 548	3697 ± 37,1	29,1 ± 1,01	130 ± 3,92	40,7 ± 1	17,7 ± 0,65	23 ± 0,88
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Proleće	26649 ± 524	770 ± 27	51,7 ± 1,26	159 ± 3,65	49 ± 0,66	15,6 ± 0,59	63,6 ± 1,79
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Proleće	23597 ± 532	945 ± 30,3	68,1 ± 2	198 ± 3,74	58 ± 0,38	16,6 ± 0,71	118 ± 1,79
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Proleće	28601 ± 531	1144 ± 29,8	57,7 ± 1	153 ± 3,72	48,8 ± 0,38	19,4 ± 0,46	38 ± 1,67
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Proleće	26113 ± 532	1149 ± 30,5	58,5 ± 1,5	190 ± 3,74	50,3 ± 0,66	20,3 ± 0,47	47,9 ± 1,79
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	26621 ± 532	958 ± 30,4	67,8 ± 2,17	210 ± 3,74	53 ± 0,66	16,6 ± 0,72	67,5 ± 1,65
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Proleće	29433 ± 530	927 ± 29,7	73,3 ± 1,67	164 ± 3,72	54,3 ± 0,66	16 ± 0,59	69,4 ± 1,81
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Leto	14363 ± 363	595 ± 24,8	21,5 ± 0,51	77,1 ± 3,73	20,3 ± 0,38	10,9 ± 0,43	16,7 ± 0,71
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Leto	28305 ± 531	989 ± 29,9	54,7 ± 2,49	160 ± 3,73	45,1 ± 0,66	18,4 ± 0,6	56,9 ± 1,73
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Leto	23676 ± 531	1032 ± 30,1	64,7 ± 1,7	198 ± 3,73	46,8 ± 1	20,2 ± 0,74	103 ± 1,69
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Leto	29561 ± 530	1013 ± 29,5	63,2 ± 1,34	190 ± 3,72	55,6 ± 0,66	20,4 ± 0,74	34,5 ± 1,62
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Leto	28274 ± 532	1029 ± 30,3	54,2 ± 2,03	137 ± 3,74	45,1 ± 0,66	18,1 ± 0,69	54,8 ± 1,69
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	30344 ± 532	1130 ± 30,5	69 ± 2,35	323 ± 3,74	57,1 ± 0,38	19,1 ± 0,69	70,5 ± 1,63
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Leto	28232 ± 531	1222 ± 29,9	55,3 ± 0,83	162 ± 3,73	46,6 ± 0,76	20,3 ± 0,52	45,1 ± 1,65
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Jesen	16357 ± 285	414 ± 8,78	20,6 ± 0,26	77,7 ± 1,53	23,4 ± 0,62	74,8 ± 1,71	7,62 ± 0,17
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Jesen	38242 ± 523	809 ± 18,3	47,3 ± 0,54	159 ± 2,98	43,8 ± 0,96	15,2 ± 0,42	2,91 ± 0,07
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Jesen	37039 ± 520	1083 ± 21,3	53,6 ± 0,63	475 ± 7,28	59,7 ± 1,42	13 ± 0,36	53,8 ± 0,97
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Jesen	30421 ± 460	969 ± 18,9	52,8 ± 1,08	148 ± 3,64	45,4 ± 0,8	15,9 ± 0,39	44,7 ± 0,81
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Jesen	40181 ± 662	1185 ± 27,2	53,5 ± 0,77	311 ± 6,94	55,9 ± 1,26	16,5 ± 0,39	31,4 ± 0,43
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	34291 ± 583	1040 ± 23,9	44,5 ± 0,68	210 ± 4,64	42,9 ± 0,91	14,1 ± 0,38	23,2 ± 0,31
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Jesen	30515 ± 455	1039 ± 18,7	49,4 ± 0,74	206 ± 4,96	48,9 ± 1,13	12,9 ± 0,38	51,7 ± 0,81
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Zima	17821 ± 329	794 ± 13,5	25,6 ± 0,4	142 ± 2,38	27,3 ± 0,99	9,57 ± 0,26	17 ± 0,34
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Zima	40267 ± 487	1020 ± 20	48,7 ± 0,59	285 ± 6,88	39,7 ± 0,99	16 ± 0,46	3,03 ± 0,06
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Zima	29253 ± 539	1034 ± 22,1	56,7 ± 0,65	232 ± 2,67	48 ± 1,02	14,7 ± 0,41	5,72 ± 0,13
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Zima	43137 ± 677	750 ± 18,3	52,6 ± 0,6	115 ± 2,02	49 ± 1,02	14,8 ± 0,43	18,6 ± 0,35
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Zima	37411 ± 615	1093 ± 25,3	43,5 ± 0,73	241 ± 3,64	42 ± 0,95	13,8 ± 0,36	26,1 ± 0,33
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	39326 ± 688	1039 ± 24	56,6 ± 0,71	233 ± 3,64	45,5 ± 0,91	15,2 ± 0,39	33,6 ± 0,4
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Zima	33830 ± 632	872 ± 17,6	47,5 ± 0,63	162 ± 2,32	43,6 ± 0,64	14,7 ± 0,39	22,9 ± 0,28

Koncentracije ispitivanih elemenata u zemljištu

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Cd	Pb	V	Mg	Ca	Na
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Proleće	2,36 ± 0,09	138 ± 1,27	<DL	1296 ± 65,7	1285 ± 266	61,4 ± 5,81
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Proleće	2,1 ± 0,06	53,8 ± 1,1	<DL	2257 ± 68,3	12363 ± 276	106 ± 6,03
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Proleće	2,46 ± 0,11	135 ± 0,64	<DL	1220 ± 82,4	13935 ± 333	115 ± 7,28
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Proleće	1,8 ± 0,09	50,9 ± 0,64	4,84 ± 2,18	2173 ± 63	12233 ± 255	120 ± 5,57
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Proleće	1,85 ± 0,08	52,4 ± 0,64	8,41 ± 2,42	1764 ± 75,1	12624 ± 303	254 ± 6,63
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	2,1 ± 0,1	118 ± 1,1	<DL	1432 ± 75,1	10374 ± 303	275 ± 6,63
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Proleće	1,7 ± 0,08	52,7 ± 0	4,84 ± 2,3	1806 ± 55,7	8151 ± 225	209 ± 4,92
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Leto	1,24 ± 0,05	64,8 ± 1,27	<DL	2157 ± 63,2	2941 ± 255	127 ± 5,58
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Leto	1,7 ± 0,07	66,7 ± 0	19,1 ± 2,02	2037 ± 82,4	12024 ± 333	141 ± 7,28
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Leto	2,31 ± 0,11	138 ± 0,63	<DL	846 ± 82,4	13961 ± 333	201 ± 7,28
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Leto	1,54 ± 0,06	41,1 ± 0,63	24,3 ± 1,98	1860 ± 68	12630 ± 275	421 ± 6,01
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Leto	1,65 ± 0,08	59,3 ± 0,63	14,4 ± 2,38	1501 ± 68	13745 ± 275	527 ± 8,57
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	2,41 ± 0,1	124 ± 7,13	4,04 ± 2,26	1574 ± 75,1	10766 ± 303	152 ± 6,63
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Leto	1,54 ± 0,08	53,1 ± 0,63	27,9 ± 2,22	1383 ± 75,1	5764 ± 303	159 ± 6,63
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Jesen	0,5 ± 0,01	31,9 ± 0,91	<DL	206 ± 4,6	1124 ± 16,4	82 ± 1,97
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Jesen	1,08 ± 0,02	49,4 ± 0,63	<DL	404 ± 4,83	11279 ± 211	83 ± 1,53
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Jesen	1,89 ± 0,03	628 ± 10,4	<DL	153 ± 3,21	13164 ± 19,2	144 ± 2,67
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Jesen	1,74 ± 0,04	109 ± 1,4	<DL	369 ± 7,61	11397 ± 48	234 ± 3,14
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Jesen	1,4 ± 0,03	90,8 ± 1,1	<DL	270 ± 6,4	12452 ± 310	316 ± 1,46
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	0,9 ± 0,02	55,6 ± 0,91	<DL	250 ± 3,47	11332 ± 139	228 ± 1,97
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Jesen	1,39 ± 0,04	91,9 ± 1,15	<DL	269 ± 3,71	7301 ± 56	159 ± 1,92
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Zima	0,96 ± 0,03	71,5 ± 0,87	<DL	547 ± 5,37	3449 ± 91	70,9 ± 1,74
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Zima	1,17 ± 0,02	52,9 ± 0,77	<DL	459 ± 6,41	15340 ± 213	74 ± 0,78
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Zima	1,6 ± 0,04	106 ± 1,4	<DL	197 ± 3,73	18291 ± 165	118 ± 1,52
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Zima	1,01 ± 0,02	39,1 ± 0,7	<DL	467 ± 5,3	15470 ± 0,9	127 ± 2,71
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Zima	1,1 ± 0,02	49,8 ± 0,55	<DL	306 ± 4,39	16437 ± 222	25,6 ± 0,42
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	1,23 ± 0,03	87,7 ± 1,1	<DL	331 ± 3,38	15578 ± 273	174 ± 3,74
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Zima	1,01 ± 0,02	42,6 ± 0,7	<DL	282 ± 6,71	10851 ± 162	62,3 ± 0,77

Prilog 2

Koncentracije ispitivanih elemenata u biljkama

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Proleće	108 ± 1,03	82,9 ± 0,41	7,89 ± 0,92	3,43 ± 0,41	0,89 ± 0,05	<DL	2,67 ± 0,44
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Proleće	203 ± 0,97	65,5 ± 0,38	8,57 ± 0,87	6,93 ± 0,38	0,95 ± 0,05	0,61 ± 0,24	7,72 ± 0,41
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Proleće	231 ± 1,03	72 ± 0,41	8,33 ± 0,92	4,62 ± 0,41	1,13 ± 0,05	1,75 ± 0,26	5,39 ± 0,44
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Proleće	166 ± 1,06	57,9 ± 0,42	8,41 ± 0,95	8,18 ± 0,42	1,01 ± 0,09	1,25 ± 0,26	3,97 ± 0,45
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Proleće	177 ± 0,88	60,2 ± 0,35	8,64 ± 0,79	7,77 ± 0,35	0,98 ± 0,05	<DL	9,78 ± 0,37
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	200 ± 0,98	52,5 ± 0,38	8,72 ± 0,88	10,9 ± 0,39	1,01 ± 0,09	0,97 ± 0,24	7,3 ± 0,41
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Proleće	293 ± 0,97	57,3 ± 0,38	8,41 ± 0,87	5,2 ± 0,38	0,83 ± 0,09	<DL	4,47 ± 0,41
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Leto	184 ± 0,9	104 ± 0,35	12,3 ± 0,8	7,56 ± 0,35	2,11 ± 0,09	1,25 ± 0,22	2,89 ± 0,38
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Leto	260 ± 0,95	59,9 ± 0,37	13,5 ± 0,85	6,98 ± 0,37	1,78 ± 0,05	2,32 ± 0,24	6,36 ± 0,4
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Leto	174 ± 1,03	66,4 ± 0,4	10,2 ± 0,92	3,92 ± 0,41	2,11 ± 0,09	0,65 ± 0,26	3,95 ± 0,44
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Leto	264 ± 0,81	50,7 ± 0,32	13,4 ± 0,72	5,2 ± 0,32	1,78 ± 0,05	<DL	4,08 ± 0,34
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Leto	261 ± 1,01	57,5 ± 0,4	16,5 ± 0,9	6,63 ± 0,4	2,57 ± 0,09	0,7 ± 0,25	5,64 ± 0,43
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	277 ± 1,01	47,6 ± 0,4	16,8 ± 0,9	7,23 ± 0,4	3,92 ± 0,05	<DL	5,93 ± 0,43
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Leto	296 ± 1	48 ± 0,39	13,6 ± 0,9	5,2 ± 0,4	2,94 ± 0,09	2,35 ± 0,25	4,9 ± 0,42
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Jesen	160 ± 2,87	43 ± 0,6	<DL	2,85 ± 0	<DL	<DL	49,7 ± 0,95
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Jesen	165 ± 2,83	36,3 ± 0,59	0,22 ± 0	<DL	<DL	0,19 ± 0,01	33,3 ± 0,47
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Jesen	130 ± 1,45	44,8 ± 0,59	0,22 ± 0	1,88 ± 0	<DL	<DL	40 ± 0,48
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Jesen	205 ± 2,47	49,3 ± 1,01	<DL	<DL	<DL	<DL	4,95 ± 0,12
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Jesen	143 ± 2,27	38,8 ± 0,93	<DL	0,08 ± 0	<DL	<DL	4,06 ± 0,06
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	140 ± 1,57	38,2 ± 0,64	<DL	<DL	<DL	64,7 ± 1,71	2,28 ± 0,06
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Jesen	132 ± 3,46	34,8 ± 0,41	<DL	3,78 ± 0	<DL	<DL	101 ± 1,15
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Zima	132 ± 1,54	51,6 ± 0,63	2,43 ± 0,03	0,99 ± 0	0,12 ± 0	<DL	34,3 ± 0,47
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Zima	354 ± 4,34	103 ± 1,78	3,71 ± 0,06	37 ± 0,01	4,66 ± 0,05	<DL	59,4 ± 0,98
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Zima	152 ± 2,13	80,2 ± 0,87	<DL	<DL	0,12 ± 0	<DL	43 ± 0,47
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Zima	176 ± 2,86	58 ± 1,17	0,3 ± 0	0,59 ± 0	<DL	<DL	60,5 ± 0,95
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Zima	222 ± 4,26	50,4 ± 1,17	1,41 ± 0,02	4,05 ± 0	0,35 ± 0,01	1,06 ± 0,03	93,8 ± 1,42
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	174 ± 2,84	41,9 ± 0,88	<DL	<DL	<DL	<DL	22,1 ± 0,48
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Zima	197 ± 2,84	46,9 ± 1,17	<DL	<DL	<DL	<DL	40,5 ± 0,48

Koncentracije ispitivanih elemenata u biljkama

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Cd	Pb	V	Mg	Ca	K
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Proleće	1,87 ± 0,06	9,52 ± 3,44	<DL	2524 ± 86,5	2524 ± 86,5	1380 ± 57,6
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Proleće	1,92 ± 0,1	13,9 ± 0,95	<DL	2202 ± 81,7	722 ± 18,7	2595 ± 54,4
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Proleće	1,57 ± 0,1	18,3 ± 0	<DL	2326 ± 86,6	2326 ± 86,6	1959 ± 57,6
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Proleće	1,77 ± 0,06	15,6 ± 0,95	<DL	2499 ± 89	2499 ± 89	1997 ± 59,3
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Proleće	1,63 ± 0,08	12,3 ± 0,95	<DL	2654 ± 73,9	2654 ± 73,9	1867 ± 90,3
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	1,57 ± 0,13	16,7 ± 1,65	1,78 ± 0,05	2338 ± 82,2	2338 ± 82,2	2493 ± 54,7
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Proleće	1,47 ± 0,06	15 ± 1,65	<DL	3160 ± 81,8	3160 ± 81,8	1842 ± 54,4
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Leto	1,93 ± 0,07	20,5 ± 0,95	<DL	3216 ± 75,2	3216 ± 75,2	2079 ± 83,9
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Leto	1,85 ± 0,06	21,6 ± 1,65	<DL	2821 ± 79,4	2821 ± 79,4	2406 ± 52,8
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Leto	1,48 ± 0,15	21,1 ± 0,95	<DL	2553 ± 86,4	2553 ± 86,4	2189 ± 57,5
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Leto	1,55 ± 0,21	20 ± 1,65	<DL	346 ± 68,2	346 ± 68,2	1986 ± 45,3
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Leto	1,58 ± 0,13	20 ± 1,65	<DL	3049 ± 84,6	3049 ± 84,6	2079 ± 56,4
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	1,55 ± 0,16	21,1 ± 0,95	<DL	2047 ± 84,7	2047 ± 84,7	2095 ± 56,4
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Leto	1,64 ± 0,06	20 ± 1,65	<DL	2760 ± 84,1	2760 ± 84,1	1808 ± 83,9
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Jesen	1,37 ± 0,02	14 ± 0,22	<DL	1432 ± 29,8	1011 ± 4,39	1561 ± 28,8
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Jesen	1,63 ± 0,02	12,7 ± 0,14	<DL	1025 ± 14,7	935 ± 6,3	1361 ± 25,6
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Jesen	1,32 ± 0,02	12,4 ± 0,17	<DL	1159 ± 28,9	788 ± 6,38	1947 ± 24,1
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Jesen	0,61 ± 0,01	8,49 ± 0,16	<DL	1935 ± 21,7	1945 ± 9,94	2257 ± 25
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Jesen	0,75 ± 0,01	10,1 ± 0,16	<DL	1418 ± 14,3	740 ± 6,04	1656 ± 30,2
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	0,95 ± 0,01	8,51 ± 0,17	<DL	1042 ± 13,9	1220 ± 14,6	1039 ± 28,8
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Jesen	0,77 ± 0,01	9,19 ± 0,1	<DL	1658 ± 14,5	3278 ± 27,9	1302 ± 19,4
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Zima	1,55 ± 0,02	15,6 ± 0,24	<DL	2471 ± 13,2	1239 ± 6,63	1326 ± 27,1
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Zima	1,39 ± 0,02	18,2 ± 0,23	<DL	1333 ± 30,4	981 ± 8,57	1066 ± 19,4
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Zima	1,28 ± 0,01	15 ± 0,16	<DL	1185 ± 15,3	970 ± 8,17	1558 ± 27,1
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Zima	1,37 ± 0,02	14,4 ± 0,2	<DL	1355 ± 31	1020 ± 7,89	1053 ± 30,3
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Zima	1,51 ± 0,02	16 ± 0,16	<DL	1382 ± 11,1	960 ± 7,7	1419 ± 26,4
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	1,2 ± 0,01	13 ± 0,17	<DL	1181 ± 16,2	1178 ± 11,9	1303 ± 26,4
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Zima	1,2 ± 0,02	13,1 ± 0,14	<DL	1123 ± 24,5	890 ± 7,41	1187 ± 27,1

Koncentracije ispitivanih elemenata u biljkama

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Proleće	116 ± 0,87	121 ± 0,34	7,78 ± 0,77	6,44 ± 0,34	1,13 ± 0,05	<DL	1,94 ± 0,37
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Proleće	143 ± 0,81	216 ± 0,32	8,01 ± 0,72	27,3 ± 0,32	0,98 ± 0,05	<DL	3,39 ± 0,34
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Proleće	103 ± 0,92	169 ± 0,36	7,86 ± 0,82	9,96 ± 0,36	1,19 ± 0,09	0,12 ± 0,23	5,13 ± 0,39
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Proleće	109 ± 0,89	160 ± 0,35	9,77 ± 0,8	19,2 ± 0,35	0,58 ± 0,05	0,68 ± 0,22	5,49 ± 0,38
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Proleće	97,4 ± 1,08	174 ± 0,43	8,29 ± 0,97	14,4 ± 0,43	0,92 ± 0,09	0,83 ± 0,27	5,57 ± 0,46
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	184 ± 1,11	134 ± 0,44	8,24 ± 1	26,5 ± 0,44	1,35 ± 0,05	2,34 ± 0,28	6,08 ± 0,47
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Proleće	168 ± 0,81	227 ± 0,32	8,09 ± 0,72	29,8 ± 0,32	1,19 ± 0,09	<DL	6,44 ± 0,34
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Leto	243 ± 0,97	159 ± 0,38	19,4 ± 0,87	7,22 ± 0,38	5,39 ± 0,05	3,43 ± 0,24	3,47 ± 0,41
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Leto	138 ± 0,97	190 ± 0,38	10,6 ± 0,87	17,6 ± 0,38	3 ± 0,05	<DL	3,79 ± 0,41
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Leto	259 ± 0,95	129 ± 0,37	11,5 ± 0,85	3,2 ± 0,37	2,11 ± 0,09	1,22 ± 0,24	3,27 ± 0,4
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Leto	192 ± 1,06	120 ± 0,42	15,9 ± 0,95	12,9 ± 0,42	3,83 ± 0,05	<DL	4,1 ± 0,45
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Leto	226 ± 0,78	159 ± 0,31	10,1 ± 0,7	8,85 ± 0,31	2,11 ± 0,09	0,66 ± 0,19	5,42 ± 0,33
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	338 ± 0,7	190 ± 0,27	20,7 ± 0,62	26,8 ± 0,27	5,51 ± 0,09	0,66 ± 0,17	4,63 ± 0,29
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Leto	174 ± 0,7	559 ± 26,8	10,6 ± 0,62	21,7 ± 0,27	2,57 ± 0,09	3,44 ± 0,17	4,45 ± 0,29
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Jesen	95,7 ± 1,58	161 ± 2,38	<DL	1,94 ± 0,01	<DL	<DL	3,12 ± 0,06
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Jesen	78,5 ± 1,93	136 ± 1,94	<DL	15,7 ± 0	<DL	<DL	7,11 ± 0,18
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Jesen	127 ± 1,83	167 ± 2,19	<DL	1,43 ± 0	<DL	0,77 ± 0,01	5,89 ± 0,14
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Jesen	128 ± 2,93	107 ± 1,2	<DL	24,4 ± 0,01	<DL	<DL	67,9 ± 0,98
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Jesen	192 ± 2,13	162 ± 2,31	<DL	10,5 ± 0	<DL	<DL	57,7 ± 0,71
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	137 ± 1,68	266 ± 3,59	<DL	27,8 ± 0,01	<DL	3,61 ± 0,1	4,09 ± 0,1
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Jesen	299 ± 6,52	174 ± 2,68	<DL	43,6 ± 0	<DL	<DL	193 ± 2,17
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Zima	199 ± 4,2	188 ± 2,01	<DL	23 ± 0	<DL	<DL	188 ± 2,33
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Zima	158 ± 2,18	107 ± 1,76	0,3 ± 0,01	14,8 ± 0	<DL	<DL	103 ± 1,42
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Zima	346 ± 6,84	148 ± 2,8	0,9 ± 0,02	26,6 ± 0	<DL	<DL	187 ± 2,28
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Zima	139 ± 2,87	150 ± 1,75	<DL	14,3 ± 0	0,7 ± 0,01	<DL	100 ± 1,42
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Zima	203 ± 4,29	150 ± 1,76	<DL	8,18 ± 0	<DL	<DL	103 ± 1,43
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	727 ± 8,57	197 ± 3,52	<DL	34 ± 0	<DL	<DL	115 ± 1,45
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Zima	172 ± 2,89	127 ± 1,76	<DL	16,6 ± 0,01	<DL	<DL	69,4 ± 0,96

Koncentracije ispitivanih elemenata u biljkama

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Cd	Pb	V	Mg	Ca	K
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Proleće	1,17 ± 0,15	14,5 ± 0,95	<DL	1844 ± 72,8	1844 ± 72,8	1341 ± 48,3
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Proleće	1,49 ± 0,13	16,1 ± 0,95	<DL	3974 ± 68	3974 ± 68	851 ± 45,1
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Proleće	1,42 ± 0,11	16,1 ± 0,95	<DL	2058 ± 77,2	2058 ± 77,2	2012 ± 51,3
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Proleće	2,01 ± 0,07	15,6 ± 0,95	<DL	2408 ± 74,9	2408 ± 74,9	1589 ± 49,8
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Proleće	1,55 ± 0,15	16,7 ± 0	<DL	2219 ± 90,9	2219 ± 90,9	1989 ± 60,6
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	1,68 ± 0,11	18,3 ± 0	<DL	2408 ± 93,2	2408 ± 93,2	1892 ± 46,6
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Proleće	1,47 ± 0,07	16,1 ± 0,95	<DL	2476 ± 68,2	2476 ± 68,2	1526 ± 45,3
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Leto	1,6 ± 0,12	23,3 ± 1,65	<DL	2640 ± 81,7	2640 ± 81,7	1808 ± 54,4
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Leto	1,78 ± 0,07	22,7 ± 0,95	<DL	3701 ± 81,7	3701 ± 81,7	1260 ± 54,4
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Leto	1,57 ± 0,1	21,6 ± 1,65	<DL	3182 ± 79,4	3182 ± 79,4	1804 ± 52,8
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Leto	1,38 ± 0,1	19,4 ± 0,95	<DL	2502 ± 88,7	2502 ± 88,7	1682 ± 59,1
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Leto	1,71 ± 0,09	22,7 ± 0,95	<DL	3537 ± 65,6	3537 ± 65,6	1608 ± 43,5
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	1,26 ± 0,13	22,7 ± 0,95	<DL	2461 ± 58,7	2461 ± 58,7	1784 ± 38,8
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Leto	1,62 ± 0,08	23,8 ± 0,95	<DL	3015 ± 58,7	3015 ± 58,7	1418 ± 38,8
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Jesen	0,92 ± 0,01	8,2 ± 0,13	<DL	1352 ± 27	821 ± 7,89	1453 ± 27,2
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Jesen	1,22 ± 0,01	10,4 ± 0,19	<DL	3455 ± 22	864 ± 7,02	834 ± 29,6
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Jesen	0,76 ± 0,01	8,65 ± 0,33	<DL	2342 ± 13,7	1120 ± 7,16	1328 ± 24,9
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Jesen	1,26 ± 0,02	13,4 ± 0,14	<DL	1846 ± 42,5	764 ± 13,6	886 ± 22,6
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Jesen	0,85 ± 0,01	8,87 ± 0,09	<DL	2039 ± 21,8	773 ± 4,57	856 ± 45,1
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	1,24 ± 0,01	9,14 ± 0,14	<DL	2646 ± 27,1	765 ± 4,51	915 ± 29,6
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Jesen	0,98 ± 0,02	8,53 ± 0,11	<DL	1650 ± 19,9	734 ± 4,87	804 ± 27,3
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Zima	1,3 ± 0,02	13,3 ± 0,19	<DL	1323 ± 29	887 ± 10,6	1236 ± 41,9
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Zima	2,16 ± 0,04	17,6 ± 0,21	<DL	2336 ± 48,9	1395 ± 7,56	820 ± 27,2
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Zima	1,48 ± 0,02	13,1 ± 0,14	<DL	1264 ± 34,2	809 ± 6,71	1179 ± 37,3
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Zima	1,32 ± 0,02	16 ± 0,17	<DL	2763 ± 32,5	1133 ± 8,66	773 ± 21,7
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Zima	1,4 ± 0,02	15,6 ± 0,21	<DL	2777 ± 18,8	875 ± 4,37	934 ± 41,9
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	1,08 ± 0,01	17,5 ± 0,25	<DL	2637 ± 40,4	655 ± 4,75	827 ± 28,1
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Zima	1,27 ± 0,02	13 ± 0,22	<DL	2749 ± 40,5	825 ± 4,41	793 ± 29,5

Koncentracije ispitivanih elemenata u biljkama

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Proleće	99,5 ± 0,88	2336 ± 33,9	24,2 ± 0,74	7,82 ± 7	4,22 ± 0,19	9,33 ± 0,2	5,16 ± 0,37
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Proleće	194 ± 1,09	29 ± 0,43	8,26 ± 0,97	2,57 ± 0,43	0,74 ± 0,09	0,29 ± 0,27	4,37 ± 0,29
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Proleće	188 ± 0,98	20,9 ± 0,38	8,09 ± 0,88	<DL	0,83 ± 0,09	<DL	3,18 ± 0,19
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Proleće	84,6 ± 0,7	21,5 ± 0,27	8,37 ± 0,62	7,77 ± 0,27	0,64 ± 0,09	<DL	3,94 ± 0,29
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Proleće	264 ± 0,7	92 ± 0,27	7,13 ± 0,63	<DL	0,74 ± 0,09	<DL	42,1 ± 1,19
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	241 ± 1,06	58,4 ± 0,42	8,41 ± 0,95	7,75 ± 0,42	1,1 ± 0,09	<DL	6,01 ± 0,3
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Proleće	309 ± 0,9	24,4 ± 0,35	8,36 ± 0,8	1,54 ± 0,35	0,8 ± 0,05	0,47 ± 0,22	4,21 ± 0,38
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Leto	102 ± 1,09	1282 ± 41,8	21,8 ± 0,74	9,33 ± 10,3	3,76 ± 0,25	8,39 ± 0,24	5,2 ± 0,46
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Leto	161 ± 0,97	32,7 ± 0,38	5,77 ± 0,87	6,98 ± 0,38	1,47 ± 0,09	<DL	4,49 ± 0,41
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Leto	204 ± 0,97	50,4 ± 0,38	8,39 ± 0,87	4,31 ± 0,38	2,27 ± 0,05	0,66 ± 0,24	2,77 ± 0,41
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Leto	150 ± 1,03	23,4 ± 0,41	10,1 ± 0,92	3,94 ± 0,41	2,24 ± 0,05	<DL	3,19 ± 0,44
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Leto	142 ± 0,81	92,5 ± 0,32	8,31 ± 0,72	8,7 ± 0,32	1,56 ± 0,09	<DL	4,05 ± 0,34
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	223 ± 1,03	33 ± 0,41	8,39 ± 0,92	7,29 ± 0,41	2,42 ± 0,14	<DL	3,92 ± 0,44
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Leto	254 ± 0,93	42,5 ± 0,36	10,3 ± 0,83	5,01 ± 0,37	1,81 ± 0,05	<DL	7,93 ± 0,39
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Jesen	73,4 ± 1,49	667 ± 9,24	<DL	4,33 ± 0,01	<DL	<DL	34,8 ± 0,5
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Jesen	133 ± 1,45	21,8 ± 0,45	<DL	<DL	<DL	<DL	27,3 ± 0,48
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Jesen	258 ± 3,69	330 ± 3,81	<DL	<DL	<DL	<DL	2,67 ± 0,06
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Jesen	94,6 ± 0,95	22,5 ± 0,39	<DL	<DL	<DL	<DL	13 ± 0,32
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Jesen	106 ± 2,05	53,5 ± 0,84	<DL	<DL	<DL	<DL	9,77 ± 0,22
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	155 ± 2,17	120 ± 1,75	<DL	2,71 ± 0,01	<DL	<DL	31,6 ± 0,49
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Jesen	121 ± 2,15	39,1 ± 0,88	<DL	3,06 ± 0	<DL	<DL	10,2 ± 0,25
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Zima	99,3 ± 1,44	703 ± 9,22	<DL	5,39 ± 0	<DL	<DL	20,1 ± 0,48
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Zima	160 ± 2,83	27,2 ± 0,59	<DL	<DL	<DL	<DL	19,7 ± 0,48
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Zima	151 ± 2,83	17 ± 0,31	<DL	<DL	<DL	<DL	19,5 ± 0,48
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Zima	127 ± 1,45	24,4 ± 0,6	<DL	<DL	<DL	<DL	33,7 ± 0,48
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Zima	194 ± 2,87	54,6 ± 1,18	<DL	<DL	<DL	<DL	80,8 ± 0,95
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	224 ± 3,53	87,8 ± 1,45	<DL	0,73 ± 0,01	<DL	<DL	40 ± 0,48
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Zima	145 ± 2,82	98,6 ± 1,16	<DL	2,42 ± 0	0,47 ± 0,01	<DL	44,6 ± 0,47

Koncentracije ispitivanih elemenata u biljkama

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Cd	Pb	V	Mg	Ca	K
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Proleće	1,88 ± 0,01	12,4 ± 0,26	<DL	4330 ± 74	4330 ± 74	1405 ± 54,7
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Proleće	1,56 ± 0,15	12,8 ± 0,95	1,20 ± 0,05	3944 ± 91	3944 ± 91	2146 ± 60,6
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Proleće	1,64 ± 0,08	14,5 ± 0,95	<DL	3212 ± 82,2	3212 ± 82,2	3355 ± 54,7
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Proleće	1,94 ± 0,09	15,6 ± 0,95	<DL	2980 ± 58,7	2980 ± 58,7	1514 ± 38,8
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Proleće	1,45 ± 0,04	12,8 ± 0,95	<DL	3327 ± 82	3327 ± 82	1927 ± 80,8
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	1,63 ± 0,08	13,9 ± 0,95	0,60 ± 0,02	3544 ± 88,9	3544 ± 88,9	1792 ± 59,3
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Proleće	1,78 ± 0,07	15,6 ± 0,95	<DL	2682 ± 75,2	2682 ± 75,2	2901 ± 50
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Leto	1,63 ± 0,01	10,2 ± 0,54	<DL	3737 ± 91	3737 ± 91	1674 ± 60,6
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Leto	1,64 ± 0,08	20 ± 1,65	<DL	3971 ± 81,8	3971 ± 81,8	2214 ± 54,4
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Leto	1,63 ± 0,07	17,2 ± 0,95	<DL	4188 ± 81,7	4188 ± 81,7	4004 ± 54,4
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Leto	1,66 ± 0,09	20,5 ± 0,95	<DL	3221 ± 86,5	3221 ± 86,5	1402 ± 57,6
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Leto	1,61 ± 0,1	18,9 ± 0,95	<DL	3948 ± 68	3948 ± 68	2865 ± 74,6
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	1,35 ± 0,09	16,7 ± 0	<DL	3823 ± 86,5	3823 ± 86,5	2122 ± 57,6
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Leto	1,55 ± 0,16	17,8 ± 0,95	<DL	3827 ± 78	3827 ± 78	2543 ± 51,9
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Jesen	1,03 ± 0,01	11,1 ± 0,13	<DL	3616 ± 9,39	2028 ± 12,4	1269 ± 23,3
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Jesen	0,78 ± 0,01	7,64 ± 0,03	<DL	4242 ± 18,9	911 ± 6,89	2092 ± 40,3
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Jesen	0,61 ± 0,01	6,82 ± 0,17	<DL	2534 ± 14,3	601 ± 4,13	2329 ± 27,3
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Jesen	0,95 ± 0,01	9,72 ± 0,21	<DL	2055 ± 39,3	1178 ± 7,65	572 ± 27,1
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Jesen	0,65 ± 0,01	9,41 ± 0,21	<DL	2748 ± 11,8	626 ± 4,23	1012 ± 30,3
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	1,04 ± 0,01	12,4 ± 0,16	<DL	3016 ± 14,8	695 ± 4,43	1766 ± 22,5
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Jesen	1,13 ± 0,02	11,1 ± 0,16	<DL	2050 ± 36,7	792 ± 4,59	2234 ± 27,3
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Zima	1,55 ± 0,02	17,3 ± 0,2	<DL	3269 ± 13,1	1692 ± 7,62	1051 ± 19,4
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Zima	0,64 ± 0,01	11 ± 0,21	<DL	2523 ± 20,8	859 ± 6,51	1365 ± 28,8
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Zima	1,21 ± 0,02	12,4 ± 0,16	<DL	1939 ± 44,8	1259 ± 7,96	1928 ± 28,8
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Zima	1,19 ± 0,02	14 ± 0,2	<DL	1649 ± 42	1099 ± 6,52	746 ± 22,6
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Zima	1,17 ± 0,01	14,1 ± 0,15	<DL	2639 ± 48,6	942 ± 7,14	1637 ± 25,9
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	0,91 ± 0,01	13 ± 0,16	<DL	2560 ± 40	956 ± 6,27	1578 ± 28,7
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Zima	1,3 ± 0,02	13,9 ± 0,28	<DL	2182 ± 15,1	890 ± 7,54	996 ± 28,1

Prilog 3

Indeks bioakumulacije ispitivanih elemenata u listovima ispitivanih biljnih vrsta

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb	V	Mg	Ca
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Proleće	0,005	0,026	0,161	0,023	0,033	-	0,052	0,521	0,120	-	0,786	0,356
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Proleće	0,007	0,073	0,123	0,039	0,016	0,029	0,095	0,748	0,103	-	1,315	0,053
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Proleće	0,009	0,065	0,134	0,027	0,024	0,125	0,055	0,727	0,148	-	1,689	0,174
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Proleće	0,005	0,050	0,101	0,035	0,015	0,071	0,083	0,803	0,220	-	1,205	0,230
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Proleće	0,006	0,054	0,157	0,076	0,016	-	0,248	1,057	0,405	0,135	1,151	0,417
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	0,007	0,063	0,164	0,053	0,022	0,057	0,141	0,710	0,180	-	0,933	0,176
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Proleće	0,010	0,059	0,160	0,040	0,017	-	0,117	0,919	0,354	-	1,768	0,324
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Leto	0,011	0,055	0,290	0,052	0,099	0,061	0,068	0,555	0,283	-	2,071	0,332
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Leto	0,010	0,064	0,227	0,031	0,038	0,128	0,084	0,947	0,145	-	2,169	0,225
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Leto	0,007	0,067	0,166	0,029	0,044	0,033	0,046	0,719	0,178	-	2,408	0,190
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Leto	0,011	0,045	0,161	0,018	0,027	-	0,084	0,718	0,272	-	0,268	0,036
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Leto	0,008	0,059	0,299	0,065	0,054	0,035	0,143	1,181	0,596	-	1,274	0,542
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	0,009	0,059	0,298	0,027	0,080	-	0,096	0,753	0,201	-	0,956	0,173
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Leto	0,010	0,055	0,260	0,037	0,062	0,117	0,135	1,137	0,405	-	1,846	0,269
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Jesen	0,006	0,034	-	0,017	-	-	1,750	0,851	0,165	-	7,653	0,162
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Jesen	0,005	0,033	0,004	-	-	0,013	0,812	1,410	1,062	-	3,862	0,077
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Jesen	0,006	0,040	0,003	0,010	-	-	0,682	0,886	0,132	-	5,992	0,061
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Jesen	0,007	0,043	-	-	-	-	1,210	0,393	0,096	-	6,600	0,159
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Jesen	0,004	0,028	-	0,001	-	-	0,180	1,008	0,408	-	3,253	0,118
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	0,005	0,036	-	-	-	4,199	0,104	0,689	0,188	-	2,436	0,098
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Jesen	0,005	0,038	-	0,020	-	-	2,849	0,632	0,103	-	6,685	0,392
<i>Buxus sepervirens</i>	Kanjon Matke	Zima	0,006	0,029	0,068	0,008	0,005	-	1,402	0,671	0,286	-	4,788	0,132
<i>Buxus sepervirens</i>	Botanička bašta	Zima	0,010	0,108	0,069	0,151	0,106	-	1,407	1,027	0,139	-	4,582	0,060
<i>Buxus sepervirens</i>	Kalemegdan	Zima	0,004	0,097	-	-	0,002	-	0,856	0,878	0,132	-	4,637	0,060
<i>Buxus sepervirens</i>	Savski kej	Zima	0,004	0,048	0,004	0,002	-	-	2,339	0,941	0,244	-	3,917	0,077
<i>Buxus sepervirens</i>	Bulevar JNA	Zima	0,006	0,041	0,030	0,033	0,008	0,070	4,618	1,790	0,615	-	2,994	0,114
<i>Buxus sepervirens</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	0,005	0,039	-	-	-	-	0,809	0,913	0,184	-	2,593	0,071
<i>Buxus sepervirens</i>	Ustanička	Zima	0,005	0,045	-	-	-	-	1,680	1,053	0,218	-	2,781	0,058

Indeks bioakumulacije ispitivanih elemenata u listovima ispitivanih biljnih vrsta

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb	V	Mg	Ca
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Proleće	0,004	0,131	0,135	0,081	0,023	-	0,069	0,635	0,404	-	0,745	0,126
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Proleće	0,005	0,206	0,129	0,102	0,021	-	0,048	0,693	0,145	-	1,348	0,281
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Proleće	0,004	0,152	0,127	0,058	0,026	0,009	0,052	0,659	0,131	-	1,495	0,154
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Proleće	0,004	0,140	0,169	0,126	0,012	0,035	0,144	1,115	0,306	-	1,109	0,197
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Proleće	0,003	0,192	0,096	0,133	0,017	0,050	0,068	0,863	0,376	-	1,307	0,161
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	0,007	0,163	0,143	0,083	0,024	0,165	0,071	0,684	0,032	-	2,038	0,243
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Proleće	0,006	0,274	0,159	0,268	0,027	-	0,167	0,816	0,282	-	0,996	0,169
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Leto	0,010	0,153	0,344	0,079	0,105	0,188	0,133	1,034	0,726	-	1,072	0,180
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Leto	0,005	0,209	0,235	0,130	0,078	-	0,043	0,988	0,420	-	1,218	0,272
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Leto	0,011	0,130	0,187	0,024	0,044	0,063	0,038	0,765	0,182	-	3,000	0,237
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Leto	0,007	0,118	0,252	0,068	0,069	-	0,119	0,895	0,473	-	1,345	0,198
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Leto	0,008	0,166	0,166	0,067	0,047	0,033	0,060	1,010	0,475	-	2,712	0,258
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	0,013	0,193	0,332	0,078	0,090	0,038	0,048	0,573	0,044	-	2,181	0,248
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Leto	0,007	0,618	0,216	0,195	0,057	0,177	0,128	1,018	0,447	-	1,238	0,196
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Jesen	0,003	0,265	-	0,049	-	-	0,214	0,778	0,382	-	2,560	0,060
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Jesen	0,003	0,167	-	0,127	-	-	0,164	1,118	0,267	-	5,905	0,064
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Jesen	0,006	0,150	-	0,008	-	0,047	0,100	0,508	0,092	-	12,105	0,087
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Jesen	0,004	0,110	-	0,164	-	-	1,520	0,724	0,123	-	4,995	0,067
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Jesen	0,006	0,177	-	0,093	-	-	1,252	0,799	0,255	-	6,598	0,069
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	0,004	0,209	-	0,203	-	0,214	0,089	0,977	0,178	-	15,850	0,082
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Jesen	0,008	0,198	-	0,238	-	-	6,629	0,680	0,104	-	6,191	0,056
<i>Mahonia aquifolium</i>	Fruška Gora	Zima	0,005	0,197	-	0,063	-	-	12,515	1,142	0,462	-	2,125	0,045
<i>Mahonia aquifolium</i>	Botanička bašta	Zima	0,006	0,136	0,008	0,116	-	-	2,152	1,889	0,423	-	3,357	0,079
<i>Mahonia aquifolium</i>	Kalemegdan	Zima	0,008	0,178	0,016	0,161	-	-	3,717	1,016	0,115	-	4,945	0,050
<i>Mahonia aquifolium</i>	Savski kej	Zima	0,003	0,200	-	0,125	0,014	-	5,387	1,300	0,409	-	5,910	0,073
<i>Mahonia aquifolium</i>	Bulevar JNA	Zima	0,005	0,170	-	0,056	-	-	2,105	1,130	0,388	-	6,627	0,053
<i>Mahonia aquifolium</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	0,020	0,199	-	0,078	-	-	2,077	0,594	0,032	-	15,091	0,051
<i>Mahonia aquifolium</i>	Ustanička	Zima	0,005	0,125	-	0,042	-	-	1,309	0,864	0,136	-	7,432	0,045

Indeks bioakumulacije ispitivanih elemenata u listovima ispitivanih biljnih vrsta

Vrsta	Lokalitet	Sezona	Fe	Mn	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Pb	V	Mg	Ca
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Proleće	0,004	0,632	0,832	0,060	0,104	0,528	0,224	0,795	0,090	-	3,340	3,371
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Proleće	0,007	0,038	0,160	0,016	0,015	0,019	0,069	0,740	0,238	-	1,748	0,319
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Proleće	0,008	0,022	0,119	-	0,014	-	0,027	0,666	0,107	-	2,632	0,231
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Proleće	0,003	0,019	0,145	0,051	0,013	-	0,104	1,080	0,306	-	1,372	0,244
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Proleće	0,010	0,080	0,122	-	0,015	-	0,880	0,784	0,245	-	1,886	0,264
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Proleće	0,009	0,061	0,124	0,037	0,021	-	0,089	0,776	0,118	-	2,475	0,342
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Proleće	0,010	0,026	0,114	0,009	0,015	0,030	0,061	1,049	0,295	-	1,485	0,329
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Leto	0,007	2,155	1,018	0,121	0,185	0,771	0,311	1,320	0,158	-	1,733	1,271
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Leto	0,006	0,033	0,106	0,044	0,033	-	0,079	0,969	0,300	-	1,949	0,330
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Leto	0,009	0,049	0,130	0,022	0,048	0,033	0,027	0,708	0,124	-	4,952	0,300
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Leto	0,005	0,023	0,160	0,021	0,040	-	0,092	1,073	0,500	-	1,732	0,255
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Leto	0,005	0,090	0,153	0,063	0,035	-	0,074	0,980	0,318	-	2,630	0,287
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Leto	0,007	0,029	0,122	0,023	0,042	-	0,056	0,560	0,134	-	2,429	0,355
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Leto	0,009	0,035	0,187	0,031	0,039	-	0,176	1,004	0,334	-	2,766	0,664
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Jesen	0,004	1,611	-	0,056	-	-	4,573	2,053	0,349	-	17,592	1,803
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Jesen	0,003	0,027	-	-	-	-	9,361	0,726	0,155	-	10,509	0,081
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Jesen	0,007	0,305	-	-	-	-	0,050	0,325	0,011	-	16,581	0,046
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Jesen	0,003	0,023	-	-	-	-	0,291	0,550	0,089	-	5,563	0,103
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Jesen	0,003	0,045	-	-	-	-	0,311	0,463	0,104	-	10,183	0,050
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Jesen	0,005	0,116	-	0,013	-	-	1,362	1,151	0,223	-	12,070	0,061
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Jesen	0,004	0,038	-	0,015	-	-	0,197	0,815	0,121	-	7,631	0,108
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ostrozub	Zima	0,006	0,885	-	0,038	-	-	1,181	1,617	0,241	-	5,977	0,490
<i>Prunus laurocerasus</i>	Botanička bašta	Zima	0,004	0,027	-	-	-	-	6,493	0,545	0,209	-	5,490	0,056
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kalemegdan	Zima	0,005	0,016	-	-	-	-	3,416	0,754	0,117	-	9,862	0,069
<i>Prunus laurocerasus</i>	Savski kej	Zima	0,003	0,032	-	-	-	-	1,806	1,169	0,358	-	3,528	0,071
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bulevar JNA	Zima	0,005	0,050	-	-	-	-	3,095	1,059	0,283	-	8,612	0,057
<i>Prunus laurocerasus</i>	Novi Beograd-Mihajla Pupina	Zima	0,006	0,084	-	0,003	-	-	1,189	0,735	0,149	-	7,729	0,061
<i>Prunus laurocerasus</i>	Ustanička	Zima	0,004	0,113	-	0,015	0,011	-	1,949	1,289	0,326	-	7,736	0,082

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а _____ Јасмина Грубин _____
број уписа _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Сезонске промене у садржају токсичних метала у земљишту и листовима
зимзелених врста *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. и
Mahonia aquifolium (Purch) Nutt. на подручју града Београда

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, _____ 09.05.2016. _____



Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске
верзије докторског рада**

Име и презиме аутора _____ Јасмина Грубин _____

Број уписа _____

Студијски програм _____ Екологија, биогеографија и заштита биодиверзитета _____

Наслов рада _____ Сезонске промене у садржају токсичних метала у земљишту и листовима зимзелених врста *Prunus laurocerasus* L., *Buxus sempervirens* L. и *Mahonia aquifolium* (Purch) Nutt. на подручју града Београда _____

Ментор _____ др Гордана Томовић, ванредни професор; др Тамара Ракић, доцент _____

Потписани _____ Јасмина Грубин _____

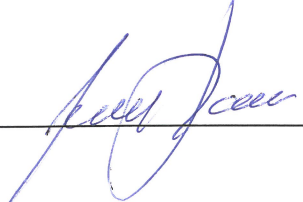
изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____ 09.05.2016. _____



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Сезонске промене у садржају токсичних метала у земљишту и листовима

зимзелених врста *Prunus laurocerasus* L., *Viburnum sempervirens* L. и

Mahonia aquifolium (Purch) Nutt. на подручју града Београда

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, _____ 09.05.2016. _____

