

Екол. зашт. живот. сред.	Том 1	Број 1-2	стр. 1-123	Скопје 1993
Ekol. zašt. život. sred.	Vol.	No	p.p.	Skopje

Примено во редакцијата
6 октомври 1992

ISSN 0354-2491
УДК 504^37.54.054:546(497.17)+
582.475.2.044^043.054(497.17)
оригинален научен труд

СОДРЖИНА НА НЕКОИ ТЕШКИ МЕТАЛИ ВО ПОЧВАТА И ВО ЛИСТОВИТЕ И КОРАТА НА ЕЛАТА (*ABIES SP.*) ВО ГРАДОТ СКОПЈЕ

Милто МУЛЕВ, Љупчо МЕЛОВСКИ и Лидија ДЕРЛИЕВА
Институт за биологија, Природно-математички факултет
91000 Скопје, Македонија

ИЗВОД

Мулев, М., Меловски, Љ. и Дерлиева, Л. (1993). Содржина на некои тешки метали во почвата и во листовите и кората на елата (*Abies sp.*) во градот Скопје. Екол. Зашт. Живот. Сред. Том 1, Бр. 1. Скопје.

Беше проучувана содржината на олово, цинк и бакар во листовите и кората на елата, како и во површинскиот слој на почвата под пробните дрвја во градот Скопје. Истражувањата беа спроведени во текот на целата 1990 година со месечна динамика. Пробите беа земани од пет мерни точки во градот: Средно Водно - регион за кој сметавме дека е релативно незагаден; Долно Водно - во близина на Државна болница; Градски Парк; Жена Парк - во центарот на градот и Автокоманда - индустриски дел од градот.

Највисоки вредности за содржината на олово беа регистрирани во Жена Парк и Автокоманда, додека најниски во Средно Водно и Градски Парк. Највисоки вредности цинкот покажа во Автокоманда и Жена Парк, а најниски во Средно Водно и Долно Водно. Слично на другите два елементи, највисоки вредности на содржината на бакар беа регистрирани во Жена Парк и Автокоманда, а пониски во Средно Водно и Градски Парк.

Клучни зборови: тешки метали, олово, цинк, бакар, *Abies*, загадување.

ABSTRACT

Mulev, M., Melovski, Lj. and Derlieva, L. (1993). The Content of some Heavy Metals in Soil, and Leaves and Bark of Fir (*Abies sp.*) in the City of Skopje. Ekol. Zašt. Život. Sred., Vol. 1, No 1. Skopje.

The content of lead, zinc and copper in the leaves and the bark of fir as well as in the surface layer of the soil beneath the sample trees was studied in the city of Skopje. The investigation was carried out during the whole 1990 by collecting the monthly samples. The samples were taken from five points in the city: Sredno Vodno, - the region that we considered as a relatively clear area; Dolno Vodno - next to the State Hospital; City Park; Žena Park - in the center of the city; and Avtokomanda - industrial part of the city.

The highest values of lead content were registered in Žena Park and Avtokomanda and the lowest in Sredno Vodno and City Park. The highest values of zinc content were measured in Avtokomanda and Žena Park and the lowest, in Sredno Vodno and Dolno Vodno. Similar to other two elements, the highest values of copper content were registered in Žena Park and Avtokomanda, and lower in Sredno Vodno and City Park.

Key words: heavy metals, lead, zinc, copper, *Abies*, pollution.

ВОВЕД

Интензивниот развој на индустријата, автомобилизмот и хемизацијата предизвикува загадување и загрозување на животната средина.

Особено сложена состојба се создава во поголемите градови, каде што главно се сконцентрирани индустријата и автотранспортот

Милто МУЛЕВ, Љупчо МЕЛОВСКИ и Лидија ДЕРЛИЕВА. Екологија и заштита на животната средина

Честичките на отпадните материи кои се издвојуваат во атмосферскиот воздух, имаат широк спектар на големина. Дел од честичките е суспендиран во атмосферата, додека друг дел се таложи на почвата и на околната вегетација. Во емисијата на издвоените материи се наоѓаат и ретки метали, а многу од нив припаѓаат на групата на тешки метали. Некои од нив, како што се на пример: железото, манганот, бакарот, цинкот и други, се биоелементи кои во многу мали концентрации се неопходни за животот на организмите, додека пак, други, како што се: оловото, кадмиумот, никелот, барем до сега, не е познато да имаат некаква одредена метаболична функција. Скоро сите ретки метали во поголеми концентрации имаат неповолно влијание на

животот на растителните и животинските организми, вклучувајќи го и човекот, посредно или непосредно.

Фактот дека градот Скопје претставува најголем урбан центар во нашата република во кој е сконцентриран голем дел од индустријата и е силно развиен автотранспортот, побуди кај нас интерес да ја следиме содржината на неколку тешки метали во поодделни органи кај некои растенија, како и во површинскиот слој на почвата во непосредна близина до испитуваните растенија, во разни делови на градот во текот на целата календарска 1990 година. Во овој труд прикажани се резултатите од истражувањата поврзани со утврдувањето на степенот на контаминацијата на елата (*Abies sp.*).

ОБЈЕКТ И МЕТОДИ НА РАБОТА

Беше испитувана содржината на олово, цинк и бакар во листовите и кората на садници од ела (*Abies sp.*), како и во почвата од непосредна близина на садниците до длабочина од 10 см. Истражуваниот вид ела претставува едно од најчестите растенија на озеленетите површини во Скопје. Пробите беа земани еднаш месечно во текот на целата 1990 година од мерните точки: Средно Водно - на надморска височина од околу 500 м, подрачје за кое претпоставуваме дека е релативно помалку загадено; Долно Водно - во близина на крстосницата над Државната болница; Градски Парк - кој претставува најголем пошумен појас во градот; Жена Парк - мал „шумски“ појас во центарот на градот во чија непосредна близина има изразито развиен автомобилски сообраќај и Автокоманда - подрачје во градот со голема

Фреквенција на сообраќај и голема концентрација на индустриски објекти.

Растителниот материјал беше сушен на 100°C во сушилник за време од 24 часа, а потоа хомогенизиран со мелење во електрична мелница. Почвата беше сушена 48 часа, иситнета во порцеланско аванче и просеана преку пластично сито со дијаметар на отворите од 1 мм. Минерализацијата на материјалот беше вршена со мокро согорување во смеса од азотна, перхлорна и сулфурна киселина. Концентрацијата на испитуваните метал и беше отчитувана на атомски апсорпционен спектрометар тип „Varian“, а добиените вредности се прикажани во милиграми на килограм сува тежина (растителна маса или почва).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Поради големиот број податоци, а заради подобра прегледност, ќе бидат прикажани средните вредности на испитуваните елементи од трите месеци за поодделните годишни периоди-графички, додека минималните, максималните и средно-годишните вредности за петте мерни точки -табеларно.

ОЛОВО (Pb): Поради големата токсичност на овој елемент, во истражувањата во светот, па и кај нас се посветува големо внимание на изворите на неговата емисија во атмосферата на неговата концентрација во педосферата, растителните органи, прехранбените продукти, внесувањето во човековиот организам, директно или индиректно, преку храната и водата, како и на штетните ефекти на оловото врз живите организми. ""

Во поразвиените земји, автотранспортот се јавува како најголем извор на загадување на атмосферата, односно биосферата како целина, со олово. Според Бондарев (1976), при согорување на 1 дм³ гориво, во атмосферата се емитуваат 200-

400 мг олово. Според податоците на Mayers (од Доброволскиј 1987), скоро 70% од оловото, дадено во бензинот, при согорувањето се издвојува во атмосферскиот воздух со издувните гасови од кое количество 30% се таложи на површината на педосферата (Доброволскиј 1987). Во 1971 година 1 литар бензин содржел 0,5 г. олово, а автомобил кој работел на такво гориво издвојувал во атмосферата 3-4 г. олово на секои 100 км поминат пат (Доброволскиј и Савелјева, 1978).

Содржината на олово во растителните органи зависи од ред фактори како што се, на пример: таксономската припадност на растението, условите на стаништето, фенолошката фаза, возраст и т.н. Значењето на оловото за метаболизмот на растенијата сè уште не е доволно јасно. Има противречни мислења кои укажуваат за некое стимулативно значење на мали концентрации врз растот, примањето на водата, фотосинтезата и др., меѓутоа постои општо мислење дека оловото не претставува биоелемент

и дека штетно дејствува на растот и развитокот на растенијата.

Во Таб. 1 се дадени минималните, максималните и средногодишните вредности на оловото во листовите и кората на елата и површинскиот слој на почвата во петте мерни точки во градот.

Како што се гледа од Таб. 1, минималните вредности на содржината на олово измерени во текот на годината во петте мерни точки во листовите на елата варираа од $12,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Средно Водно) до $46,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Автокоманда), додека максималните од $61,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Градскиот Парк до $82,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Автокоманда. Од годишните

Таб. 1. Минимални, максимални и средногодишни вредности на содржината на олово во листовите и кората на елата, и почвата во Скопје, mg/kg сува тежина)

Tab. 1 Minimum, maximum and yearly average values of lead content in the fir's leaves and bark, and in the soil in Skopje (mg/kg dry weight)

мерна точка lokation	листови - leaves			кора - bark			почва - soil		
	мин. min.	макс. max.	сп.вред. average	мин. min.	макс. max.	сп.вред. average	мин. min.	макс. max.	сп.вред. average
Средно Водно	12,7	73,1	32,4	8,0	66,8	30,2	49,4	86,4	68,6
Долно Водно	23,9	74,4	47,8	17,0	45,0	33,0	18,6	100,0	61,0
Градски Парк	21,2	61,6	34,4	16,2	78,8	47,9	17,6	93,8	60,6
Жена Парк	24,4	62,0	43,7	19,2	70,3	45,8	48,2	162,0	91,6
Автокоманда	46,7	82,9	63,7	18,9	145,0	66,8	61,6	120,0	81,6

периоди, најголема вредност на содржината на оловото во листовите беше постигната во есенскиот период, и тоа во мерната точка Автокоманда каде што средната вредност на трите есенски месеци изнесуваше $73,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува тежина, а најниска во зимскиот период, и тоа на мерната точка Средно Водно ($22,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Сл. 1). Средногодишните вредности на содржината на олово во листовите на елата во петте мерни точки во градот Скопје варираа од $32,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ на Средно Водно до $63,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Автокоманда (Таб. 1).

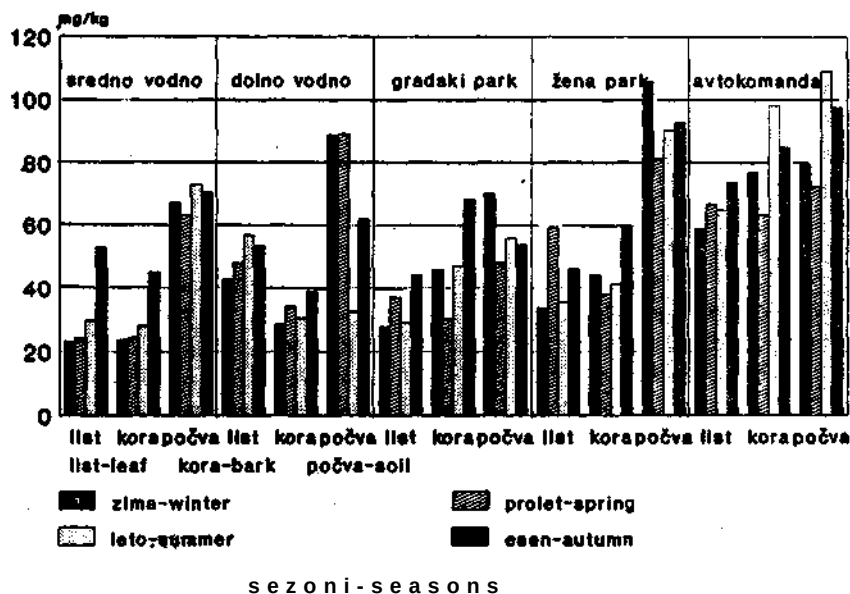
Апсолутните минимални вредности на оловото во кората на елата се движеа вр границите од $8,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Средно Водно) до $19,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Жена Парк), а максималните од $45,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Долно Водно до $145,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Автокоманда. Средногодишните вредности варираа од $30,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ до $66,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ на Средно Водно и Автокоманда соодветно (Таб. 1). По однос на сезонската динамика, највисоки вредности на концентрацијата на оловото во кората на елата беа постигнати во есенскиот период, и тоа во мерната точка Автокоманда, каде што средната вредност за есенските месеци изнесуваше $98,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува тежина (Сл. 1).

Апсолутно минималните вредности на содржината на олово во површинскиот слој на почвата под испитуваните ели, варираа од $17,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Градски Парк до $61,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Автокоманда. Максималните вредности се движеа во рамките од $86,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Средно Водно до $162,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во мерната точка Жена Парк. Средногодишните вредности варираа во границите од $60,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Градски Парк до $91,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Жена Парк. По однос на годишните периоди,

највисока вредност на содржината на олово во површинскиот слој на почвата беше измерена во летниот период, во мерната точка Автокоманда, каде што средната вредност на трите летни месеци изнесуваше $109,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. За разлика од Автокоманда, во мерната точка Долно Водно, беше забележана најниска средна вредност на содржината на олово во почвата ($32,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) во истиот годишен период.

Прикажаните резултати беа и статистички обработени. Добиените резултати укажуваат на висока сигнификантност на разликите во концентрацијата на оловото во различни мерни точки. Така на пример, разликата помеѓу содржината на олово во листовите на елата во Средно Водно и онаа во Автокоманда, според t-тестот, е високо сигнификантна на 99,95 %-но ниво, односно пресметната t-вредност изнесува $7,28^{***}$ ($p=0,005$). Во случајот со кората на елата, се забележува истата оправданост на разликите ($t=6,96^{***}$; $p=0,006$), додека кај почвата сигнификантноста нешто се намалува, иако е сè уште високо значајна ($t=4,64^{**}$; $p=0,019$). Направениот Newman-Keuls-ов мултипли компарационен тест укажува на сигнификантна разлика (на 95%-но ниво) во содржината на олово помеѓу скоро сите мерни точки (пресметаната Q-вредност е повисока од критичната q-вредност).

- Автокоманда > Средно Водно; $Q=8,980$, $q=4,027$
- Автокоманда > Градски Парк; $Q=8,285$, $q=3,780$
- Автокоманда > Долно Водно; $Q=7,264$, $q=3,433$
- Автокоманда > Жена Парк; $Q=4,642$, $q=2,852$
- Жена Парк > Средно Водно; $Q=4,388$, $q=3,780$
- Жена Парк > Градски Парк; $Q=3,644$, $q=3,433$



Сл. 1. Динамика на содржината на олово во листовите и кората на елата и во почвата по мерни точки ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува материја)

Fig. 1. Dynamics of lead content in the fir's leaves and bark, and in the soil in different points in Skopje ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dry matter)

Несигнификантни се само разликите во содржината на олово во органите на елата и почвата помеѓу мерните точки Градски Парк, Средно Водно и донекаде Долно Водно (трите точки се карактеризираат со мала загаденост со олово).

Очигледно високата фреквенција на сообраќај во мерната точка Жена Парк и концентрацијата на индустриските објекти и сообраќајот во Автокоманда, условуваат зголемена концентрација на олово во таа област како во растителните органи, така и во почвата.

Од изложените резултати (Сл. 1), се забележува дека количеството на олово во истражуваните органи на елата, како и во почвата, варира во широки рамки во текот на годишните сезони. Од графичкиот приказ на Сл. 1 се забележува дека е присутна тенденција на зголемување на концентрацијата на оловото во листовите и кората, од зимските кон есенските месеци. Статистичката обработка го докажува претходното тврдење, бидејќи, според мултиплиот компарационен тест, постојат оправдани разлики ($p=0,05$) помеѓу вредностите во сите мерни точки во зимскиот и есенскиот период за листовите на елата ($Q=5,937$; $q=4,199$), како и за кората - помеѓу зимскиот и есенскиот период ($Q=4,269$; $q=3,773$) и помеѓу пролетниот и есенскиот период ($Q=5,937$; $q=4,199$). Во случајот со почвата не постојат оправдани разлики во содржината на оловото во

различни сезони. Исто така, за разлика од листовите и кората, најголемо количество олово во почвата беше регистрирано во зимскиот период. Ваквите показатели укажуваат на тоа дека главен фактор кој влијае на менливоста на количеството на оловото во листовите и кората на елата е главно, сообраќајот. Наталоженото олово на листовите и кората од издувните гасови на автомобилите (максимум е во есенскиот и зимскиот период, поради слабата подвижност на воздушните маси во Скопската котлина во овие периоди), во зимскиот период лесно се испира со честите дождови, поради што во зимата беа регистрирани ниски вредности, а есента беа забележани максималните вредности. Во случајот со почвата не се регистрирани истите законитости поради тоа што е многу потешко испирањето од почвените слоеви, отколку од листовите и кората на дрвјата. Токму заради тоа, кај почвата постои поправилан распоред на содржината на олово во текот на годишните сезони. И покрај тоа што е статистички незначајно, ќе ја коментираме и поголемата содржина на олово во почвата во зимскиот период. Таа состојба настанува како резултат на испраното количество олово од листовите и кората во доцноесенскиот и зимскиот период кое доаѓа на површината на почвата и придонесува за зголемување на количеството на олово. Со топењето на снегот и ранопролетните дождови се испира дел од оловото од површинските слоеви на

почвата, и на тој начин се постигнува минимумот на содржината на оловото во почвата во пролетниот период.

Во литературата постојат многубројни податоци за содржината на олово во растителните органи кај различни видови растенија и во почвата. Секако дека постојат големи разлики во содржината на оловото помеѓу видовите, што зависи од селективната способност за примање која е генетски условена. Така на пример, според податоците на Бондев и Богоев (1981), при иста содржина на олово во почвата, близу патна магистрала, во мовот *Hypericum cupressiforme* било измерено $206,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ оловово фитомасата, кај *Poa nemoralis* $31,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, *Cruciata glabra* - $36,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, а кај *Quercus daleschampii* $31,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Содржината на олово во растителните органи во голема мера зависи од степенот на загаденоста на животната средина. Кај видови кои се развиваат во релативно чиста животна средина, вредностите на содржината на олово се доста ниски. Според истражувањата на Меловски (1991), вршени во екосистемот на плоскач и цер во Националниот парк Галичица, подрачје кое се смета за релативно незагадено, содржината на оловото во отпадот од листовите на плоскачот и церот варираше од $10\text{--}20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува тежина. Кај 20 испитувани тревести видови од приземниот кат на истиот екосистем, вредностите варираше од $8\text{--}50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Во тревите кои се развиваат по должината на улиците на градот Халифакс содржината на олово варираше од $140\text{--}500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува маса; во растенијата кои се развиваат на површините кои го разделуваат двосмерното движење на една од автомагистралите во Австрија биле измерени $111\text{--}201 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Zyimothy et al., 1973). Содржината на олово во површинските слоеви на почвата близу градските автомагистрал и во поголемите градови варира во широки рамки. Така на пример, содржината на олово во почвите во Берлин варираше од $100\text{--}500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, во Бон од $202\text{--}400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Солун - $25\text{--}1500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Лос Анџелес - $37\text{--}2750 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ \ Торонто - $46\text{--}484 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Халифакс - $470\text{--}3045 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува тежина (Добровольский, 1987). Од горните податоци произлегува дека Скопје, со максимална измерена вредност од 162 mg олово на kg сува почва во мерната точка Жена Парк, е сè уште далеку од најзагрозените светски метрополи. Сепак, сите просечни вредности на концентрацијата на олово во почвите во Скопје (Таб. 1) се повисоки од највисоката вредност измерена во почвите под дабова шума во Националниот парк Галичица каде што содржината на олово варираше, според наши истражувања, од $20\text{--}40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува почва.

Цинк (Zn): Цинкот спаѓа во групата на метали кои имаат биогена функција. Се јавува во сите растителни органи во количество од $2\text{--}200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува маса, а ретко повеќе (Gračanin-Ilijanić

1977). Има многу значајна улога во бројни ензимски системи, активатор е на алдолазата, енолазата, хексокиназата и тн. Дефициенција од цинк во почвата на европскиот континент е ретка појава, но во природни услови, со мали исклучоци, не е позната токсична концентрација за растенијата. Заболениите растенија близу рудници содржеле 2400 mg Zn на kg сува материја (Gračanin-Ilijanić 1977). Во делувилните почви во Македонија, Савиќ и Јекиќ (1970) нашле $0,43\text{--}2,15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ цинк во еколошки активна фсдема. Нормалната содржина на цинк во незагадени почви варира од $25\text{--}65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува почва. Според наши истражувања, содржината на цинк во површинскиот слој на почва под дабова шума во Националниот парк Галичица, во различни периоди од годината изнесувала од $50\text{--}80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува почва. Во Централна Европа хумусниот слој на почвата под елова шума содржел 2300 mg цинк на kg сува почва, додека во Палмертон - Пенсилванија, во радиус од еден километар од фабриката за производство на цинк, содржината на цинкот достигнала до $135 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ сува почва (William 1981).

Во нашите истражувања апсолутните минимални вредности на цинкот, добиени во текот на годината, во листовите на елата варираше од $23,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во мерната точка Средно Водно до $77,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Автокоманда, додека пак максималните од $167,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Долно Водно до $280,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ во Градски Парк (Таб. 2).

По однос на годишните периоди, најголеми вредности на содржината на цинк во листовите на елата беа измерени во есенскиот период, со средна вредност од трите есенски месеци од $114,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ и зимскиот период, со средна вредност од $113,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ и тоа во мерните точки Градски Парк и Автокоманда соодветно (Сл.2). Според средногодишните вредности, точката Автокоманда покажа најголема вредност - $127,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Таб. 2).

Обработката на податоците за содржината на цинк во почвата и во листовите и кората на елата со мултиплиот компарационен тест покажа потполно иста законитост како и во случајот со оловото. Највисоките есенски вредности се сигнификантно ($p=0,05$) различни од летните вредности кај листовите, додека кај кората постои сигнификантна разлика помеѓу највисоката есенска вредност не само со летните вредности, туку и со зимските и пролетните. Слично како и кај оловото, почвата покажува слаби разлики во содржината на цинкот во текот на годината (t -тестот не покажа сигнификантна разлика помеѓу највисоките пролетни концентрации и најниските есенски, дури ни на 95% -но ниво - $t=2,49$; $p=0,067$). Фактот што пролетниот период се карактеризира со најголемо количество на цинк во почвата, укажува на потешкото испирање на цинкот од површинските слоеви на почвата во споредба со оловото, односно негово акумулирање во почвата од есента се до пролетта.

Апсолутно минималните вредности на содржината на цинкот во кората на елата варираа од 15,7 мг·кг⁻¹ во Градски Парк до 39,0 мг·кг⁻¹ во Средно Водно, додека пак максималните вредности варираа од 149,1-265,0 мг·кг⁻¹, исто така во Средно Водно и во Градскиот Парк. Средногодишните вредности на цинкот во кората на елата во петте мерни точки се движеа во границите од 71,2 мг·кг⁻¹ во Долно Водно до 143,4 мг·кг⁻¹ во Автокоманда. Во одделни годишни периоди, содржината на цинкот во кората на елата беше најголема во есенскиот период, со средни вредности од трите месеци од 102,9 мг·кг⁻¹ (Долно Водно) до 198,1

мг·кг⁻¹ (Жена Парк), додека пак најниски беа средните вредности од летните месеци, кои варираа во рамките од 23,0 мг·кг⁻¹ во Автокоманда до 73,0 мг·кг⁻¹ во мерната точка Средно Водно (Сл.2).

Апсолутните минимални вредности на концентрацијата на цинкот во сите мерни точки во текот на истражуваниот период варираа од 59,6 мг·кг⁻¹ во Средно Водно до 142,0 мг·кг⁻¹ во Автокоманда, додека пак максималните од 179,0 мг·кг⁻¹ во Средно Водно до 655,0 мг·кг⁻¹ сува почва во мерната точка Автокоманда. По однос на годишните периоди, највисока беше средната вредност на содржината на цинкот во почвата од

Таб. 2 Минимални, максимални и средногодишни вредности на содржината на цинк во листовите и кората на елата и во почвата во Скопје (мг·кг⁻¹ сува тежина) Tab. 2 Minimum, maximum and yearly average values of zink content in the fir's leaves and bark, and in the soil in Skopje (mg/kg dry weight)

мерна точка lokation	листови - leaves			кора - bark			почва - soil		
	мин. min.	макс. max.	сп.вред. average	мин. min.	макс. max.	сп.вред. average	мин. min.	макс. max.	сп.вред. average
Средно Водно	23,1	179,0	78,0	39,0	144,2	94,3	59,6	179,0	144,5
Долно Водно	42,0	167,7	98,9	16,0	149,1	71,2	61,2	213,0	139,2
Градски Парк	55,6	280,0	116,7	15,7	265,2	131,0	101,0	280,0	177,4
Жена Парк	61,5	248,3	122,0	17,2	255,0	121,0	129,6	388,0	244,3
Автокоманда	77,0	240,6	127,3	20,4	259,0	143,4	142,0	652,0	261,1

трите зимски месеци, и тоа во мерната точка Автокоманда (341,0 мг·кг⁻¹). Средногодишните вредности варираат од 139,2 мг·кг⁻¹ во Долно Водно до 261,1 мг·кг⁻¹ во мерната точка Автокоманда (Таб. 2).

Постои сигнификантна разлика помеѓу вредностите на содржината на цинкот во листовите и кората на елата и во почвата во мерните точки Автокоманда и Жена Парк, спрема мерните точки Средно Водно и Долно Водно. Мерната точка Градски Парк зазема средна позиција. Единствено во тоа се состои разликата помеѓу содржината на цинкот и оловото во Скопје, бидејќи во случајот на оловото, Долно Водно заземаше централна положба. Мерната точка Долно Водно се наоѓа во непосредна близина на прометен крстопат кај Државна болница, поради што покажува поголема загаденост со олово во однос на Градскиот Парк. Бидејќи загадувањето со цинк не се должи на автотранспортот, мерната точка Долно Водно, која е подалеку од индустриските објекти, покажува помала загаденост со цинк од Градскиот Парк. Резултатите од мултиплиот компарационен тест се следните:

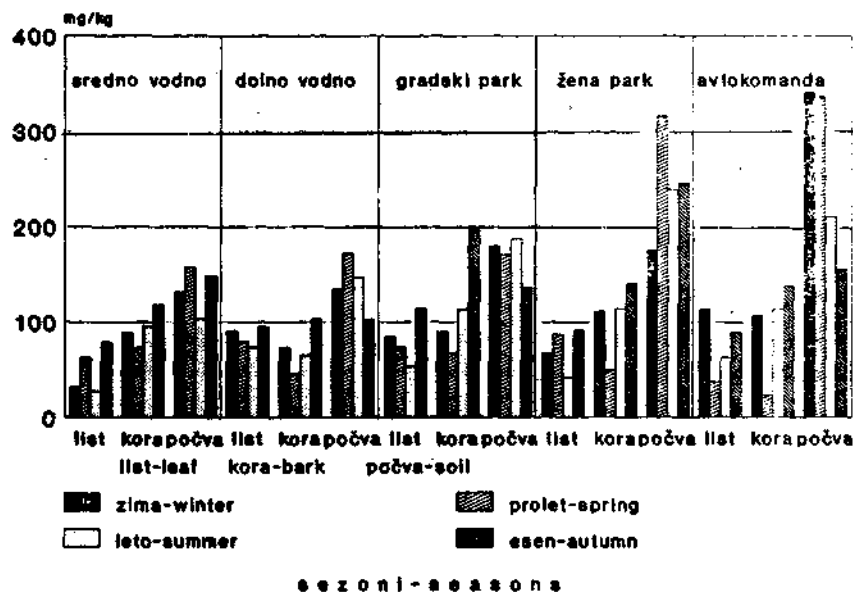
- Автокоманда > Средно Водно; Q=4,273, q=4,027
- Автокоманда > Долно Водно; Q=3,835, q=3,780
- Жена Парк > Средно Водно; Q=3,944, q=3,780
- Жена Парк > Долно Водно; Q=3,506, q=3,433

Забележливо е дека разликите, иако сигнификантни, се помали во споредба со оние на оловото.

Од изложеното може да се заклучи дека содржината на цинкот во органите на елата, па и во почвата во градот Скопје не ги достигнала критичните концентрации. Сепак, добиените вредности се релативно повисоки од нормалните вредности на содржината на цинк во незагадени подрачја. Симптоми на повреденост од цинк на листовите кај елата се појавуваат кога концентрацијата на цинк во листот изнесува преку 596 мг·кг⁻¹ сува маса; кај *Acer rubrum* - преку 421 мг·кг⁻¹, додека пак кај *Pinus strobus*, при концентрација од преку 1006 мг·кг⁻¹ (Mitchell and Fretz 1977).

Цинкот во органите на одделни растителни видови по својата содржина варира во широки рамки, што е генетски условено. Така на пример, кај тревестите видови од приземниот кат на заедницата на плоскач и цер во Националниот парк Галичица, содржината на цинкот се движела во граници од 80 мг·кг⁻¹ кај *Trifolium pignatii* до 2280 мг·кг⁻¹ кај видот *Platanther bifolia* (Меловски 1991).

Бакар (Си): Бакарот е биоген елемент, кој во мали концентрации учествува во метаболичките процеси, во поодделни ензими и цели ензимски системи врзани за оксидо-



Сл. 2. Динамика на содржината на цинк во листовите и кората на елата и во почвата по мерни точки (мг·кг⁻¹ сува материја)
Fig. 2. Dynamics of zinc content in the fir's leaves and bark, and in the soil in different points in Skopje (mg·kg⁻¹ dry weight)

редукциските реакции во живите клетки. Во педосферата содржината на бакарот варира од 0,5 до 100 мг·кг⁻¹ почва. Во тешките глинести почви, обично го има во поголемо количество во споредба со лесните песокиви почви. Во еколошки активна форма варира од 0,2-20 мг·кг⁻¹ сува почва. Во алувијалните почви во Македонија варира од 3,0-13,0 мг·кг⁻¹, додека во делувијалните од 1,9-13,2 мг·кг⁻¹ сува почва (Савиќ и Јекиќ, 1970). Според William (1981), граничните вредности на содржината на бакарот во незагадени почви се наоѓаат во рамките од 2 до 100 мг·кг⁻¹ почва. Нашите истражувања во почвите под дабова шума во Националниот парк Галичица (релативно незагадена средина) покажаа дека вкупната содржина на бакарот во површинскиот слој варира во текот на годината од 10-30 мг·кг⁻¹ сува почва.

Во растителните органи содржината на бакарот варира од 2 до 20 мг·кг⁻¹ сува маса, но кај растителни видови кои се развиваат на почви богати со бакар, вредностите можат да бидат и многу повисоки (Gračanin i Ilijanić, 1977). Бакарот заслужува подеднакво внимание од гледиште на растителната, анималната и хуманата екологија, бидејќи амплитудите на поволните и токсичните концентрации на бакарот се многу блиски и тешко можат да се контролираат.

Од истражувањата кои ги вршевме во текот на 12 месеци во календарската 1990 година во петте мерни точки, во градот Скопје, констатиравме дека апсолутните минимални вредности на содржината на бакарот во листовите на елата варира од 0-3,2 мг·кг⁻¹ (Средно Водно - Автокоманда), додека пак во кората од 0 мг·кг⁻¹ (регистрирано во сите мерни точки, освен во Автокоманда) до 5,3 мг·кг⁻¹ (Автокоманда). Максималните вредности добиени во текот на истражуваниот период во листовите од елата се движеа во рамките од 16,1 мг·кг⁻¹ во мерната точка Средно Водно до 30,0 мг·кг⁻¹ Автокоманда. Во кората на елата беа измерени нешто повисоки вредности кои варираа од 19,2 мг·кг⁻¹ во Жена Парк до 37,6 мг·кг⁻¹ во Автокоманда (Таб. 3). Анализирајќи ги средните вредности на содржината на бакарот од месеците на поодделните годишни периоди во петте мерни точки, констатиравме дека во листовите на елата највисока средна вредност покажуваа летните месеци, и тоа во мерната точка Автокоманда (251,1 мг·кг⁻¹), додека пак минимална, скоро и немерлива вредност, беше регистрирана во пролетниот период во мерната точка Средно Водно. Во есенскиот период, средната вредност на бакарот во кората на елата беше највисока, исто така во Автокоманда,

додека во пролетниот период во Средно Водно вредноста беше блиска до 0, односно го имаше во трагови (Сл. 3). Средногодишните вредности на бакарот во листовите на елата во петте мерни точки се движеа во рамките од $7,4 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ во Средно Водно до $14,7 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ во Автокоманда, додека во кората од 9,9 до $21,8 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ во истите мерни точки (Таб. 3).

Во текот на истражуваниот период, минималните вредности на бакарот во површинските слоеви на почвата во мерните точки, во градот Скопје варираа од $0,0 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ односно под граница на детекција, во Средно Водно до $15,0 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ во Автокоманда, додека пак максималните од $39,8 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ (Средно Водно) до $54,8 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ (Градски Парк).

По однос на годишните периоди, содржината на бакарот во почвата највисоки вредности покажуваше во летото, и тоа во Автокоманда, каде што средната вредност од трите летни месеци се искачуваше и до $39,5 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ сува почва. Во зимскиот период беше забележана најниска вредност на содржината на бакарот во почвата, и тоа во мерната точка Градски Парк ($22,7 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) (Сл.3). Средногодишните вредности на содржината на бакарот во почвата во сите мерни точки во градот Скопје беа повисоки во споредба со тие од листот и кората на елата. Тие варираат од $13,1 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ во Градскиот Парк до $33,9 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ во Автокоманда.

При спроведување на мултиплиот компарационен тест на податоци за содржината на бакарот во листовите и кората на елата, како и во почвата во различни мерни точки, беа добиени следните резултати:

- Автокоманда > Средно Водно; $Q=7,978$, $q=4,027$
- Автокоманда > Долно Водно; ($2=7,125$, $q=3,780$)
- Автокоманда > Градски Парк; $Q=6,914$, $q=3,433$
- Автокоманда > Жена Парк; ($3=5,207$, $q=2,852$)

Останатите мерни точки не се разликуваа значајно во однос на содржината на бакар. Очигледно е дека постои високо сигнификантна разлика помеѓу содржината на бакарот во Автокоманда и сите останати мерни точки, што се должи на индустриското потекло на загадување со бакар.

При статистичка обработка на податоците за содржината на бакарот во почвата и во листовите и кората на елата, по однос на годишните периоди, беа добиени идентични резултати како и за оловото и цинкот (за листовите и кората). Меѓутоа, содржината на бакарот во почвата не е така правилно распоредена во текот на годината, како содржината на оловото и цинкот. Постои сигнификантна разлика ($p=0,05$) помеѓу највисоката летна и најниската зимска содржина на бакарот во почвата ($Q=5,125$, $q=4,199$) како и помеѓу пролетната и зимската ($Q=4,019$, $q=3,773$).

Таб. 3. Минимални, максимални и средногодишни вредности на содржината на бакар во листовите и кората на елата, и во почвата во Скопје ($\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ сува тежина)

Tab. 3. Minimum, maximum and yearly average values of copper content in the fir's leaves and bark, and in the soil in Skopje ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dry weight)

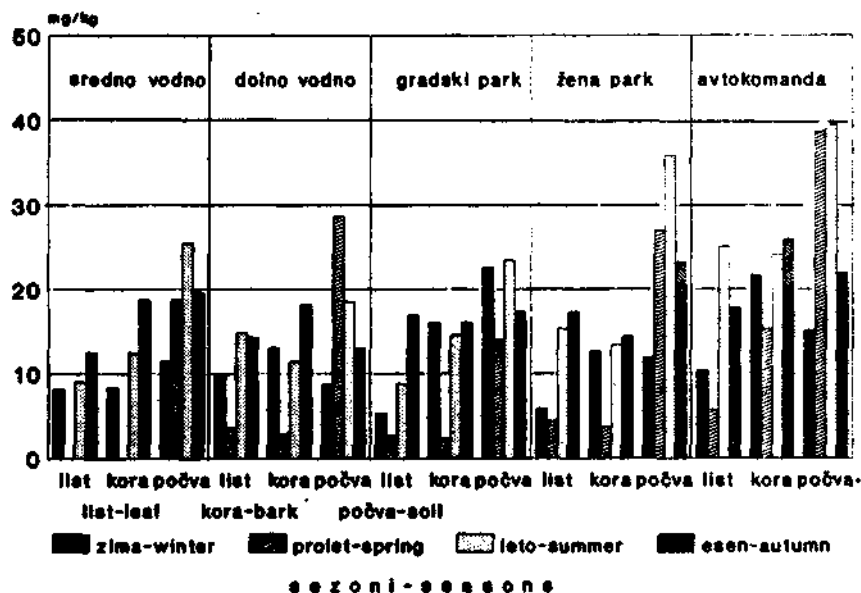
мерна точка lokation	листови - leaves			кора - bark			почва - soil		
	мин. min.	макс. max.	сп.вред. average	мин. min.	макс. max.	сп.вред. average	мин. min.	макс. max.	сп.вред. average
Средно Водно	0,0	16,1	7,4	0,0	23,6	9,9	11,1	53,2	29,8
Долно Водно	2,0	21,8	10,6	0,0	24,0	11,4	0,0	39,8	24,4
Градски Парк	1,0	19,7	11,0	0,0	26,0	12,7	4,4	54,8	13,1
Жена Парк	2,9	18,5	11,6	0,0	19,2	11,0	0,0	45,0	30,3
Автокоманда	3,2	30,0	14,7	5,3	37,6	21,8	15,0	47,3	33,9

Содржината на бакарот во листовите, кората, па и во почвата во непосредна близина на истражуваните ели во градот Скопје не покажува отстапувања на вредностите, во споредба со литературните податоци. Кај културните растенија, според Gračanin i Ilijanić (1977) бакарот варира од $4-35 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ сува маса. Во лисниот опад на плоскачот во Националниот парк Галичица содржината на бакарот варира од $6-20 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, кај церот од $6-21 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, додека пак кај поголем број видови растенија од тревестиот кат во истиот

дабов екосистем содржината на бакарот варира од $0-40 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ сува лисна маса (Меловски 1991). Во почвените слоеви на буково-елова шума во Германија содржината на бакарот варира од $17-24 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$; во шумската простирка од елова шума во централна Шведска било најдено 260 мг бакар на кг шумска простирка, додека во хумусниот слој почва $-600 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ (William 1981). Според истиот автор во Палмертон, Пенсилванија, во радиус од 1 км од фабриката за производство на цинк, во хумусниот слој било измерено 2000 мг бакар на кг

почва. Очигледно, содржината на бакарот во растителните органи и во почвата, во голема мера

зависи од степенот на загаденоста на животната средина, како резултат на индустријализацијата.



Сл. 3. Динамика на содржината на бакар во листовите и кората на елата и во почвата по мерни точки (мг·кг⁻¹ сува материја)
Fig. 3. Dynamics of copper content in the fir's leaves and bark, and in the soil in different points in Skopje (mg·kg⁻¹ dry matter)

ЗАКЛУЧОЦИ

Од добиените резултати при истражувањето на содржината на Pb, Zn и Cu во листовите и кората на елата (*Abies sp.*), како и во површинскиот слој на почвата во пет мерни точки во градот Скопје, може да се изведат следните заклучоци:

1. Од петте мерни точки во градот Скопје, во листот и кората на елата највисоки вредности на оловото се добиени во Автокоманда, додека во почвата во зимскиот и пролетниот период во мерната точка Жена Парк, а во летниот и есенскиот во Автокоманда. Апсолутно максималните вредности на оловото добиени во текот на истражувањето во петте мерни точки, во листот на елата варираат од 61,6 мг·кг⁻¹ во Градскиот Парк до 82,9 мг·кг⁻¹ во Автокоманда; во кората од 30,2 мг·кг⁻¹ во Средно Водно до 66,8 мг·кг⁻¹ во Автокоманда, додека во површинскиот слој на почвата од 86,4 мг·кг⁻¹ во Средно Водно до 162,0 мг·кг⁻¹ сува почва во мерната точка Жена Парк.

2. За разлика од оловото, апсолутните максимални вредности на цинкот во листот (280,0 мг·кг⁻¹) и кората (265,2 мг·кг⁻¹) се добиени во мерната точка Градски Парк, а во почвата (655,0 мг·кг⁻¹) во Автокоманда, меѓутоа средногодишните вредности на цинкот во листот (127,3 мг·кг⁻¹), кората (143,4 мг·кг⁻¹) и во почвата (261,1 мг·кг⁻¹) беа највисоки во мерната точка Автокоманда.

3. Највисоки вредности на концентрацијата на бакар од петте мерни точки, во листот (30,0 мг·кг⁻¹) и кората на елата (37,6 мг·кг⁻¹) се измерени во мерната точка Автокоманда, додека апсолутно максимална вредностна концентрацијата на бакар во почвата е измерена во Градскиот Парк, која достигнува 54,8 мг·кг⁻¹ сува почва. Во мерната точка Автокоманда се постигнати и средногодишни максимални вредности на бакарот во листот (14,7 мг·кг⁻¹), кората (21,8 мг·кг⁻¹) и во почвата (33,9 мг·кг⁻¹).

4. Најниски вредности на олово, цинк и бакар во текот на истражуваниот период се измерени во мерните точки: Средно Водно и до некаде во Долно Водно и Градски Парк.

5. Највисоки вредности на содржина на олово, цинк и бакар во листовите и кората на елата се измерени во есенскиот период, додека максималната содржина на секој од овие елементи е различна во различни годишни периоди.

РЕФЕРЕНЦИ

- Бондев, А.И., Богоев, М.В. (1981). Замърсява ниена благунова гора (Quercetum frainetti) с олово от автотранспорта в района на Вакарелските височини. Екология, 1 Мо 9, 37-41, Бан, София.
- Бондарев, Л.Г. (1976). Ландшафты, металы и человек, с. 68, М., Мысль.
- Добровольский, В.В., (1987). Свинец во кружающей среде. „Наука“, М.
- Добровольский, В.В., Савельева, Л.А. (1978). Автотранспортное загрязнение свинцом окружающей среды за рубежом. Геохимия техногенного преобразования ландшафтов. с. 6-20, М.
- Gračanin, M., Ilijanic, Lj. (1977). Uvod u ekologiju bilja. Zagreb.
- Меловски. Љ (1991). Динамика и минерален составна годишниот опад и шумската простирка со почвено дишење во македонскиот екосистем на плоскач и цер во Нацио-
налниот парк „Галичица“. (Магистерска работа) -
Институт за биологија, Скопје.
- Mitchell, CD., Fretz, T.A (1977). Cadmium and zinc toxicity in white pine, red maple and norway spruce. Am. Soc. Hort. Sci., 102: 81-84.
- Савиќ, Б., Жекиќ, М. (1970). Содржина на манган, бакар и цинк во некои алувијални почви во СРМ. Земјоделски институт, книга ?, 17-26, Скопје.
- Штраус, В., Мэйнуорринг, С.Д. (1989). Контроль загрязнения воздушного бассейна. (Перевод санглиского С.А. Пиримовой), Стройиздат, М.
- William, H.S. (1981). Air Pollution and Forests. Interactions between Air Contaminants and Forest Ecosystems. Springer-Verlag New York.
- Zyimothy, I., Weiser, M., Fellner, A (1973). Iberdie Verkehrshedingte Bleikouta Mination langs Autostraysen. Wien. Tierarztl. Woch. Schr., Bd. 6, No. 8/9, p.p. 259-266.

THE CONTENT OF SOME HEAVY METALS IN SOIL AND LEAVES AND BARK OF FER (ABBES SP.) EN THE CITY OF SKOPJE

Mulev Milto, Melovski Ljupčo and Derlieva Lidija
Institute of Biology, Faculty of Sciences
91000 Skopje, Macedonia

Summary

The content of lead, zinc and cooper in the leaves and the bark of fir (Abies sp.), as well as in the surface layer of the soil beneath the investigated trees was studied. The investigation was carried out during the whole 1990 by taking the monthly samples from different places in the city of Skopje. The samples were taken from five points in the city: Sredno Vodno - a hill area that we considered as a relatively clear (at an elevation of about 500 m a.s.l.) located at the south edge of Skopje; Dolno Vodno - near the crossroad next to the State Hospital; City Park - the largest afforested belt in the city; Žena Park - small afforested area in the center of the city, surrounded by a streets with very heavy traffic; and Avtokomanda - the industrial zone of the city with very heavy traffic.

Throughout the year, the highest values of lead concentration in the leaves and the bark of fir were measured in Avtokomanda while in the soil, the highest concentrations of lead on the same area were registered in summer and autumn period. The maximum values of lead concentration in the soil in winter and spring period were registered in Žena Park.

The absolute maximal values registered during the period under investigation in the fir's leaves were varying from 61,6 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in City dry soil in Žena Park.

Average values of lead concentration during the investigated period in the fir's leaves varied from 32,4 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Sredno Vodno) to 63,7 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Avtokomanda); in the bark - from 30,2 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Sredno Vodno) to 66,8 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Avtokomanda) while in the soil - from 60,6 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in City Park to 91,6 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in Žena Park.

Although the absolute maximum values of zinc concentration in the leaves (280,0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and in the bark (265,2 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) were measured in City Park, and in the soil (655,0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) in Avtokomanda, the average maximum concentration of zinc in leaves (127,3 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), bark (143,4 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and in the soil (261,1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) were registered in Avtokomanda again, the same as in the case of lead.

The concentration of zinc, analyzed in different seasons, showed the maximum values in the soil in winter and spring months (Avtokomanda and Žena Park), while in the bark and leaves such a regularity was not established.

Absolute maximum values of copper content in the leaves of fir ($30,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and in the bark ($37,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) were registered in Avtokomanda, and in the soil ($54,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in City Park. The yearly average maximum values of copper content in the leaves ($14,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), in the bark ($21,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and in the soil ($33,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) were registered in Avtokomanda.

According to the results obtained for lead, zinc and copper content in the leaves and bark of fir and in the soil beneath the sample trees, the city areas Avtokomanda and Žena Park showed the highest values for all three heavy metals. These parts of Skopje are characterized by a high traffic frequency and a high concentration of industrial objects (Avtokomanda). Unlike the former parts of Skopje, in Sredno Vodno and to some extent Dolno Vodno and City Park, the lower values were obtained. The results obtained were statistically tested.