

---

**DETERMINATION OF ARSENIC, CADMIUM, LEAD, COOPER AND ZINC IN  
DRINKING WATER FROM R. MACEDONIA**

**Nadica Todorovska**

Military Medical Center Skopje, Center of Preventive Health Care, Skopje, R. Macedonia

nadica\_todorovska@yahoo.com

**Orce Popovski**

Military Academy General Mihailo Apostolski, Skopje, University “Goce Delcev”, Stip,  
R. Macedonia

**Neven Trajchevski**

Military Academy General Mihailo Apostolski, Skopje, University “Goce Delcev”, Stip,  
R. Macedonia

**Katerina Atkovska**

Faculty of Technology and Metallurgy, University “Ss. Cyril and Methodius”,  
Skopje, R. Macedonia

**Kiril Lisichkov**

Faculty of Technology and Metallurgy, University “Ss. Cyril and Methodius”,  
Skopje, R. Macedonia, klisickov@yahoo.com

**Abstract:** The presence of some chemical compounds at higher levels than maximum permissible concentrations (MPC) in the drinking water, suggests of water resources pollution. In this paper the following elements were analyzed: total arsenic, cadmium, lead, cooper and zinc. Twelve samples of water from the water supply system from the city of Skopje were examined during one year from three different springs. Also, ten samples of bottled water from three producers from the Macedonian market were tested.

The determined average mass concentrations of total As, Cd(II), Pb(II), Cu(II) and Zn(II) in the analyzed water samples from the water supply system are 1.35 µg/l, 0.06 µg/l, 0.6 µg/l, 0.9 µg/l and 1,12 µg/l, respectively, and for the tested bottled water, the mean values ranges from 0.56 - 0.83 µg total As / l, 0.053 - 0.056 µg Cd(II)/l, 0.51 - 0.54 µg Pb(II)/l, 0.6 - 0.87 µg Cu(II)/l and 0.68 - 0.8 µg Zn(II)/l water.

The following instrumental analytical methods and techniques were used for the analysis of the tested samples of drinking water: flame atomic absorption spectroscopy (AAS), atomic absorption spectroscopy with hydride cell, electrothermal atomic absorption spectroscopy.

The obtained results are shown in tables and graphic form. According to the obtained results a comparative analysis was carried out indicate that it is a water of good quality that can be used in different branches of the process industry.

The obtained results in this paper do not exceed the values of the MPC of the Republic of Macedonia prescribed by the legal regulations for the drinking water, which confirm the health safety of the drinking water from the water supply system in the city of Skopje and the packed waters from the Macedonian market in relation to the tested elements.

**Keywords:** total As, Cd(II) Pb(II) Cu(II), Zn(II), AAS, drinking water

**ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА АРСЕН, КАДМИУМ, ОЛОВО, БАКАР И ЦИНК ВО ВОДА  
ЗА ПИЕЊЕ ОД Р. МАКЕДОНИЈА**

**Надица Тодоровска**

Воено медицински центар, Скопје РМ, nadica\_todorovska@yahoo.com

**Орце Поповски**

Воена Академија-Скопје Универзитет „Гоце Делчев“, Штип РМ

**Невен Трајчевски**

Воена Академија-Скопје Универзитет „Гоце Делчев“, Штип РМ

**Катерина Атковска**

Технолошко – металуршки факултет Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје РМ

**Кирил Лисичков**

Технолошко – металуршки факултет Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје РМ

**Резиме:** Покачувањето на количеството на елементите во водата за пиење укажува на евентуално хемиско загадување. Извршено е определување на испитуваните елементи во вода за пиење и тоа: вкупен арсен со хидридно генерирачка атомска апсорпциона спектрометрија ААС, за кадмиум и олово со електротермичка ААС, за бакар и цинк со пламена ААС. Испитувани се дванаесет мостри вода од водоводна мрежа од град Скопје во текот на една година од три различни извори. Испитани се и по 10 мостри пакувана вода од три производители од македонскиот пазар.

Определените средни вредности на масената концентрација на вкупен As, Cd, Pb, Cu и Zn во испитуваните мостри вода од водоводната мрежа соодветно изнесуваат: 1,35 µg/L, 0,06 µg/L, 0,6 µg/L, 0,9 µg/L и 1,12 µg/L соодветно, а за испитуваните пакувани води средната вредност се движи 0,56 - 0,83 µg As/L, 0,053 - 0,056 µg Cd/L, 0,51 - 0,54 µg Pb/L, 0,6 - 0,87 µg Cu/L и 0,68 - 0,8 µg Zn/L вода.

За анализа на испитуваните примероци питка вода користени се следните инструментални аналитички методи и техники: пламена атомска апсорпциона спектроскопија (ААС), атомска апсорпциона спектроскопија со хидридна кивета, електротермичка атомска апсорпциона спектроскопија.

Добиените резултати се претставени табеларно и графички. Врз база на истите извршена е компаративна анализа што укажува дека се работи за води со добар квалитет кои можат да се користат во различни гранки на процесната индустрија.

Добиените резултати во овој труд не ги надминуваат вредностите на МДК на РМ пропишани со законските регулативи. Генерално може да се констатира здравствената исправност на водата за пиење од водоводот во град Скопје и пакуваните води од македонскиот пазар во однос на испитуваните елементи.

**Клучни зборови:** вкупен As, Cd, Pb, Cu, Zn, ААС, вода за пиење

## 1. ВОВЕД

Елементите арсен, кадмиум, олово, бакар и цинк во воздухот, почвата и водата, а преку нив и во храната, може да бидат природно присутни или како резултат на човековите активности. Покачувањето на количеството на овие елементи во водата укажува на евентуално хемиско загадување и неупотребливост на водата за пиење. Од голема важност е и определувањето на дневниот внес на елементите од интерес преку водата за влијанието на тие елементи врз здравјето на општата популација. Овие елементи според важечките правилници во нашата земја се најчесто испитувани во водата за пиење и се од голема важност како за следење на здравствената безбедност на водата, покачувањето на концентрации на испитуваните елементи во животната средина, така и за здравствената состојба на населението.

Од добиените резултати и проценката на дневен внес на елементите од интерес преку вода за пиење може да се заклучи дека добиените резултати се со ниски вредности и не ги надминуваат вредностите на МДК на РМ ниту пак литературните вредности [1-4]

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ

Извршено е определување на испитуваните елементи во вода за пиење и тоа: вкупен арсен со хидридно генерирачка ААС, ХГААС, за кадмиум и олово со електротермичка ААС, ЕТААС, за бакар и цинк со пламена ААС, ПААС, соодветно. Калибрационите дијаграми се подготвени со методата на стандардни додатоци. Границата на детекција е определена како вредност на слепата проба плус тројна вредност на стандардни девијации на слепата проба и изнесуваат: вкупен арсен 0,5 µg/L, за кадмиум 0,1 µg/L, за олово 0,6 µg/L, за бакар 0,4 µg/L и за цинк 0,5 µg/L. Мострата од вода за пиење или пакувана вода, веднаш по приемот во лабораторија, се подготвува за анализа [5-7].

Користени се основни стандардни раствори на: арсен (III) нитрат, кадмиум нитрат, олово (II) нитрат, бакар (II) нитрат и цинк нитрат со масена концентрација од 1 g/L на арсен, кадмиум, олово, бакар и цинк соодветно, сите произведени од *Merck*, Германија.

Испитувани се дванаесет мостри вода од водоводна мрежа од град Скопје во текот на една година од три чешми. Испитани се и по 10 мостри пакувана вода од три македонски производители.

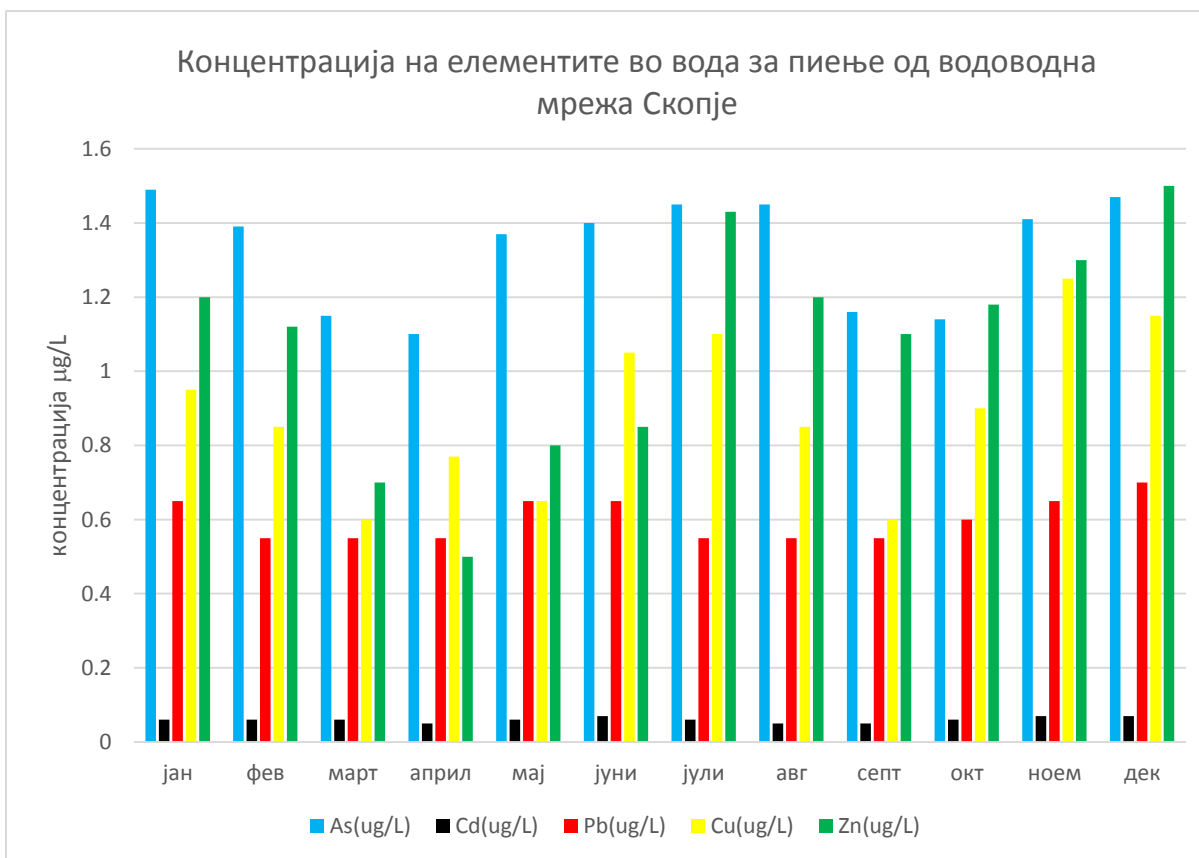
За статистичката обработка и графичко претставување на добиените резултати користена е анализа на варијанса *ANOVA* со употребено константно ниво на значајност од 0,05.

## 3. РЕЗУЛТАТИ

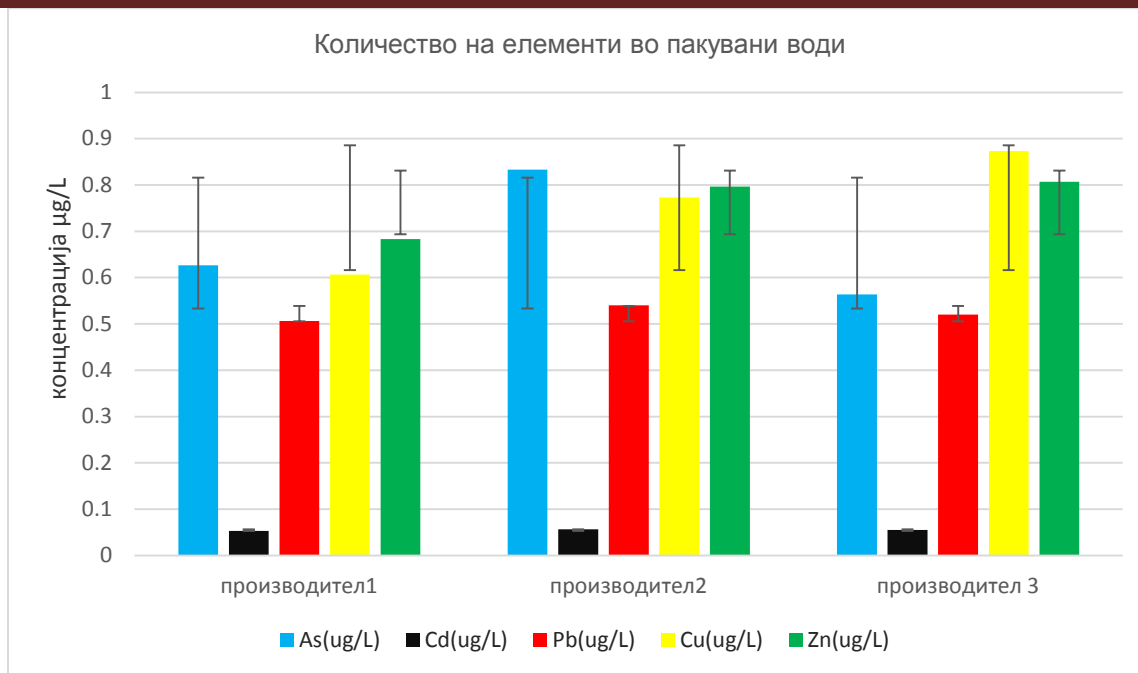
Добиените резултати на испитуваните мостри од вода за пиење за секој елемент соодветно се прикажани во табела 1.

**Табела 1. Средни вредности на арсен, кадмиум, олово, бакар и цинк во води од водоводна мрежа и пакувани води за пиење**

мостра	As( $\mu\text{g/L}$ ) $\pm$ SD	Cd( $\mu\text{g/L}$ ) $\pm$ SD	Pb( $\mu\text{g/L}$ ) $\pm$ SD	Cu( $\mu\text{g/L}$ ) $\pm$ SD	Zn( $\mu\text{g/L}$ ) $\pm$ SD
Вода за пиење скопски водовод во тек на 12 месеци	1,35 $\pm$ 0,16	0,06 $\pm$ 0,01	0,6 $\pm$ 0,05	0,9 $\pm$ 0,25	1,12 $\pm$ 0,36
Пакувана вода производител 1	0,63 $\pm$ 0,15	0,053 $\pm$ 0,006	0,5 $\pm$ 0,01	0,6 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,2
Пакувана вода производител 2	0,83 $\pm$ 0,16	0,056 $\pm$ 0,006	0,54 $\pm$ 0,05	0,77 $\pm$ 0,09	0,8 $\pm$ 0,12
Пакувана вода производител 3	0,56 $\pm$ 0,05	0,055 $\pm$ 0,006	0,52 $\pm$ 0,02	0,87 $\pm$ 0,08	0,8 $\pm$ 0,06



**Сл. 1. Застапеност на елементите во вода за пиење во тек на една година**



Сл. 2. Застапеност на елементите во пакувани води од три производители од РМ

На слика 1. се прикажани средните вредности на испитуваните елементи во мострите од скопската водоводна мрежа испитувани еднаш месечно во тек на една година, додека на слика 2. се прикажани средните вредности за десет мостри од пакувани води од три производители од РМ.

Во табела 2. се прикажани резултатите од испитувањето на вода за пиење од скопскиот водовод и средни вредности за пакуваните води. Во пресметките за дневен внес на елементите од интерес преку вода за пиење се земени концентрациите со повисоки вредности кои во ова истражување се измерени во мострите на вода за пиење од градскиот водовод.

Табела 2. Резултати од испитување на вода за пиење од скопскиот водовод и пакувани води од домашни производители

Мостра вода	As □g/L	Cd □g/L	Pb □g/L	Cu □g/L	Zn □g/L
Вода за пиење скопски водовод (средна вредност)	1,35	0,062	0,6	0,9	1,1
Пакувани води (средна вредност)	0,64	0,052	0,52	0,75	0,77
МДК Сл.В. РМ 46/2008	10	5	10	2000	3000
Дневен внес преку вода (просечно 2L дневно)	1,3-2,7□g/ден	0,01-0,12 □g/ден	1,04-1,2 □g/ден	1,5-1,8 □g/ден	1,54-2,1 □g/ден
Дневен внес преку вода од литература	15 □g/ден	<1 □g/ден	15 □g/ден	5 □g/ден	15 □g/ден

Се забележува дека сите измерени резултати се со ниски вредности и не ги надминуваат максимално дозволените концентрации, МДК, ниту пак вредностите наведени во цитираната литература.

#### 4. ДИСКУСИЈА

Масената концентрација на вкупен арсен во испитуваните мостри вода од водоводната мрежа се движи од 1,06 µg/L мерено во месеците со висок водостој, додека мерено во месеците со низок водостој до 1,5 µg/L, со средна вредност 1,35 µg/L и стандардна девијација SD 0,16 µg/L, а за испитуваните пакувани води средната

вредност се движи од 0,56 µg/L до 0,83 µg/L. Дневен внес на вкупен арсен преку вода (со просечно конзумирање на 2 L вода за пиење дневно) изнесува 2,7 µg/ден пресметано од добиените резултати од овој труд од водата од водоводната мрежа и просечно 1,3 µg/ден пресметано од резултатите од пакуваната вода за пиење.

Со најниска вредност е масената концентрација на кадмиум во испитуваните мостри вода од водовод и се движи од 0,05 µg/L до 0,07 µg/L, со средна вредност 0,06 µg/L и стандардна девијација од SD 0,008 µg/L, а за испитуваните пакувани води средната вредност на секоја вода од трите различни производители се движи од 0,053 µg/L до 0,056 µg/L. Дневен внес на кадмиум преку вода за пиење пресметано од добиените резултати од овој труд изнесува 0,12 µg/ден со конзумирање на водата од водоводната мрежа и околу 0,1 µg/ден пресметано од резултатите од пакуваната вода за пиење.

Највреднозначени вредности во текот на годината покажува масената концентрација на олово во испитуваните мостри вода од водовод и се движи од 0,5 µg/L до 0,7 µg/L, со средна вредност и SD од 0,6±0,05 µg/L, а за испитуваните пакувани води средната вредност се движи од 0,51 µg/L до 0,54 µg/L. Дневен внес преку вода изнесува 1,2 µg олово на ден пресметано од добиените резултати од овој труд од водата од водоводната мрежа и 1,0 µg/ден пресметано од резултатите од пакуваната вода за пиење.

Масената концентрација на бакар во испитуваните мостри вода од водовод се движи од 0,5 µg/L до 1,25 µg/L, со средна вредност од 0,9±0,25 µg/L, додека за испитуваните пакувани води средната вредност се движи од 0,6 µg/L до 0,87 µg/L. Дневен внес на бакар преку вода за пиење изнесува 1,8 µg/ден пресметано од добиените резултати од овој труд од водата од водоводната мрежа и 1,5 µg/ден пресметано од резултатите од пакуваната вода за пиење.

За разлика од масената концентрација на бакар, масената концентрација на цинк во испитуваните мостри вода од водовод се движи од 0,5 µg/L до 1,59 µg/L, со средна вредност и стандардна девијација од 1,12±0,36 µg/L, а за испитуваните пакувани води средната вредност се движи од 0,68 µg/L до 0,8 µg/L. Дневен внес на цинк преку консумација на просечно 2 L вода дневно изнесува 2,1 µg/ден пресметано од добиените резултати од водата од водоводната мрежа и 1,5 µg/ден пресметано од резултатите од пакуваната вода за пиење.

Стандардните девијации кај пакуваните води се со пониски вредности (и покрај пониските средни вредности за количеството на елементите од интерес кога се очекуваат повисоки вредности за стандардните девијации) од оние кај водата од водоводната мрежа, заради процесот на обработка на пакуваните води и воедначениот состав во текот на целата календарска година што е показател за високиот квалитет на пакуваните води од трите производители од македонскиот пазар.

## 5. ЗАКЛУЧОК

Добиените резултати прикажани во табела 1. и 2. и сликите 1. и 2. укажуваат дека вредностите за количеството елементи од интерес во водата за пиење од водоводната мрежа се нешто повисоки или многу блиски до оние кај пакуваните води за пиење. Ова се должи на разликите во водостојот на водите и варијациите на растворањето на минералите кои во случајот на пакуваните води за пиење се строго контролирани и воедначени во процесот на производството. Сепак сите се во согласност со пропишаните правилници, важечката законска регулатива во Република Македонија и со литературните вредности. Овој труд го потврдува високиот квалитет на водата за пиење од водовод во град Скопје и пакуваните води од македонскиот пазар во однос на испитуваните елементи.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. I. Ajai, S. S. Ochigbo, Z. Abdullahi, P. I. Anigboro, Determination of Trace Metals and Essential Minerals in Selected Fruit Juices in Minna, Nigeria, International Journal of Food Science, Vol. 2014, pp. 1-5, 2014
- [2] WHO World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th ed.; Geneva, Switzerland: WHO Press; 2011. ISBN: 978 92 4 1548151.
- [3] Сл.В.РМ 2008 Правилник за безбедноста на водата за пиење Сл.В. РМ 46/2008
- [4] Z. Božinovski, N. Manoleva, B. Petrovska, K. Nikolovski, Monitoring kvalitete vode u sustavu javne vodoopskrbe grada Skopja- Republika Makedonija, XIV. Znanstveno-stručni skup Voda i javna vodoopskrba. Baška, Hrvatska: Hrvatski zavod za javno zdravstvo; 2010.
- [5] European Commission. Council directive 98/83/EC of 3 November 1998, on the quality of water intended for human consumption. Off J Eur Communities. 1998:L330: 32–54. <http://eur-lex.europa.eu/>

- [6] C. K. Subramanian, Sample Preparation for Elemental Analysis of Biological Samples in the Environment, Encyclopedia Analytical Chemistry. 2006. DOI: 10.1002/9780470027318.a0861
- [7] EPA United States Environmental Protection Agency. Drinking Water Contaminants: National Primary and Secondary Drinking Water Regulations. 2009. EPA 816-F-09-004