

**UNIVERZITET U BEOGRADU  
FAKULTET VETERINARSKE MEDICINE**



**Mr sci. Dragoljub A. Jovanović**

**ISPITIVANJE SADRŽAJA TEŠKIH  
METALA I METALOIDA U TKIVIMA RIBA  
IZ OTVORENIH VODA U ZAVISNOSTI  
OD NAČINA ISHRANE**

**Doktorska disertacija**

Beograd, 2015.

**UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE**



**MSc. Dragoljub A. Jovanović**

**DETERMINATION OF HEAVY METALS  
AND METALLOIDS CONTENT IN THE  
TISSUE OF FRESHWATER FISH  
DEPENDING ON THE TYPE OF FEEDING**

**Doctoral dissertation**

Belgrade, 2015.

## **Mentor:**

**dr Dragan Šefer**

redovni profesor

Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Katedra za ishranu i botaniku

## **Članovi komisije:**

**dr Svetlana Grdović**

vanredni profesor

Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Katedra za ishranu i botaniku

**dr Vlado Teodorović**

redovni profesor

Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

**dr Milan Ž. Baltić**

redovni profesor

Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

**dr Vesna Đorđević**

naučni saradnik

Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd

(.....)

datum odbrane doktorske disertacije

*Ova doktorska disertacija je realizovana na Katedri za ishranu i botaniku, Fakulteta veterinarske medicine, Univerziteta u Beogradu, uz mentorsko vođstvo i podršku prof. dr Dragana Šefera. Želim da mu se zahvalim na nesebičnoj pomoći, strpljenju i stručnim savetima koji su mi bili od neprocenjivog značaja tokom izrade ovog rada.*

*Najtoplije se zahvaljujem prof. dr Milanu Ž. Baltiću na velikodušnoj pomoći, vremenu, idejama i dragocnim savetima koje mi je pružio tokom rada na disertaciji.*

*Veliko hvala prof. dr Vladi Teodoroviću na ukazanom poverenju, korisnim savetima i sugestijama u toku izrade ovog disertacije.*

*Takođe se zahvaljujem prof. dr Svetlani Grdović na pomoći koju mi je pružila prilikom pisanja ovog rada.*

*Hvala dr Vesni Đorđević, naučnom saradniku Instituta za higijenu i tehnologiju mesa iz Beograda na korisnim sugestijama.*

*Izizetnu zahvalnost dugujem prof. dr Radmili Marković i doc. dr Mileni Krstić na velikoj i nesebičnoj pomoći, a pre svega na podršci koju su mi pružile tokom izrade ove doktorske disertacije.*

*Hvala naučnim saradnicama dr Jeleni Ivanović, dr Jeleni Janjić i dr Mariji Starčević, saradnicama na projektu 31034, zaposlenima na Fakultetu veterinarske medicine na pomoći tokom obrade statističkih podataka.*

*Takođe se zahvaljujem kolegama sa Katedre za ishranu i botaniku na pomoći, razumevanju i druženju prilikom izrade i pisanja ove disertacije.*

*Veliku zahvalnost dugujem svojoj porodici na bezrezervnoj podršci i razumevanju tokom svih ovih godina.*

## **ISPITIVANJE SADRŽAJA TEŠKIH METALA I METALOIDA U TKIVIMA RIBA IZ OTVORENIH VODA U ZAVISNOSTI OD NAČINA ISHRANE**

### *Rezime*

Cilj ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije je utvrđivanje sadržaja teških metala i metaloida (Pb, Cd, Hg, Cu, Fe, Zn i As) u mišićnom tkivu riba iz Dunava (dve lokacije Zemun i Grocka) i sedam jezera oko grada Beograda (Rabrovac, Markovac, Bečmen, Očaga, Veliko blato, Grabovac i Mokri Sebeš) kao i u različitim organima riba (jetra, digestivni trakt i škrge) što može da posluži kao pokazatelj bezbednosti ribe kao namirnice ali i kao pokazatelj zagađenja životne sredine. Za potrebe ispitivanja od profesionalnih ribara uzeto je 246 uzoraka mesa ribe, kao i 108 uzoraka organa ribe (jetra, digestivni trakt i škrge) na dve lokacije reke Dunav (Zemun i Grocka) i sedam jezera sa područja grada Beograda. Za ispitivanja korišćena je mikrotalasna peć i atomski apsorpcioni spektrometar.

Najveći prosečan sadržaj olova, kadmijuma, žive, gvožđa i arsena u uzorcima ribe izlovljene na oba lokaliteta Dunava (Grocka i Zemun), utvrđen je u mišićnom tkivu šarana i deverike (svaštojedna vrsta ribe), bakra u mišićnom tkivu soma (mesojedna vrsta ribe), dok je najveći prosečan sadržaj cinka utvrđen u mišićnom tkivu babuške (biljojedna vrsta ribe). Između prosečnog sadržaja teških metala i metaloida u mišićnom tkivu biljojednih vrsta riba (babuška) na lokaciji Zemun i Grocka utvrđena je statistički značajna razlika između svih ispitivanih elemenata (olovo, kadmijum, živa, bakar, gvožđe, cink i arsen), s tim da je na lokaciji Grocka utvrđen veći sadržaj olova, žive, bakra i arsena, odnosno na lokaciji Zemun veći sadržaj kadmijuma, gvožđa i cinka. U mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (deverika, mrena, šaran) izlovljene u Dunavu na lokaciji Grocka prosečan sadržaj olova, kadmijuma, žive i arsena bio je statistički značajno veći od prosečnog sadržaja ovih elemenata u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (deverika, mrena, šaran) izlovljene u Dunavu na lokaciji Zemun. Prosečan sadržaj teških metala (olovo, kadmijum, živa i bakar) i arsena u mišićnom tkivu mesojednih vrsta riba (smuđ, som) na lokaciji Grocka bio je statistički značajno veći od prosečnog sadržaja ovih elemenata u mišićnom tkivu mesojednih vrsta riba (smuđ, som) na lokaciji Zemun sa izuzetkom prosečnog sadržaja kadmijuma (som) gde nije uočena statistička značajnost. Ispitivanjem sadržaja teških metala i arsena u mišićnom tkivu riba izlovljenih na lokalitetu sedam različitih jezera oko Beograda (Rabrovac, Markovac, Grabovac, Očaga, Veliko blato, Mokri Sebeš i Bečmen) najveći prosečan sadržaj žive i arsena je utvrđen u mišićnom tkivu šarana (svaštojedna vrsta ribe) sa lokaliteta Veliko

blato. Najveća prosečna količina olova, kadmijuma, bakra i gvožđa utvrđena je u mišićnom tkivu štuke (mesojedna vrsta ribe) sa lokaliteta Rabrovac i Bečmen, dok je najveći prosečan sadržaj cinka utvrđen u mišićnom tkivu babuške (biljojedna vrsta ribe) sa lokaliteta Očaga. Najveći prosečan sadržaj olova i arsena utvrđen je u jetri mesojednih vrsta (som, smuđ), kadmijuma, gvožđa odnosno žive i cinka u jetri svaštojednih vrsta riba (deverika i šaran), dok je najveći sadržaj bakra utvrđen u jetri biljojednih vrsta (babuška). U digestivnom traktu svaštojednih vrsta riba (deverika, šaran, mrena) utvrđena je najveća količina kadmijuma, žive, bakra, cinka i arsena. Najveća količina olova i gvožđa utvrđena je u digestivnom traktu biljojednih vrsta riba (babuška). Ispitivanjem sadržaja teških metala i metaloida u škragama riba utvrđeno je da je najveća količina kadmijuma, žive, olova, bakra, gvožđa i arsena prisutna u škragama svaštojednih vrsta riba (deverika, mrena, šaran), dok je najveći sadržaj cinka utvrđen u škragama biljojednih vrsta riba (babuška). U svim ispitivanim uzorcima prosečan sadržaj olova, žive i arsena u mišićnom tkivu ribe izlovljene u Dunavu (lokacija Zemun i Grocka) i jezera oko grada Beograda (Rabrovac, Markovac, Grabovac, Očaga, Veliko blato, Mokri Sebeš i Bečmen) nije prelazio maksimalno dozvoljene količine propisane Pravilnikom, izuzev uzorka mesa šarana sa lokaliteta jezera Veliko blato gde je utvrđena nedozvoljena količina žive. U svim ispitivanim uzorcima mesa riba izlovljene sa lokacije Dunav (Zemun i Grocka) i jezera oko grada Beograda (Rabrovac, Markovac, Grabovac, Očaga, Veliko blato, Mokri Sebeš i Bečmen) utvrđena je nedozvoljena količina kadmijuma izuzev uzoraka mesa deverike i smuđa iz Dunava (lokacija Zemun i Grocka).

Iz dobijenih podataka uočava se da mesto izlova ribe ima značajan uticaj na sadržaj arsena i teških metala u mišićnom tkivu, digestivnom traktu, jetri i škragama riba. Podaci o nalazu teških metala i arsena kod riba govore istovremeno o bezbednosti ribe kao hrane i mogu da budu pokazatelj zagađenja životne sredine.

**Ključne reči:** riba, teški metali, metaloidi, ishrana

**Naučna oblast:** Veterinarinarstvo

**Uža naučna oblast:** Ishrana

**UDK broj:** 639.043.2:549.24

# **DETERMINATION OF HEAVY METALS AND METALLOIDS CONTENT IN THE TISSUE OF FRESHWATER FISH DEPENDING ON THE TYPE OF FEEDING**

## *Summary*

The aim of examination within this doctoral dissertation is determination of the content of heavy metals and metalloids (Pb, Cd, Hg, Cu, Fe, Zn and As) in the muscle tissue of fish from the Danube (two locations Zemun and Grocka) and seven lakes around the city of Belgrade (Rabrovac, Markovac, Bečmen, Očaga, Veliko blato, Grabovac and Mokri Sebeš) and in various organs of fish (liver, digestive tract and gills) that can serve as an indicator of the safety of fish as food but also as an indicator of environmental pollution. For the purposes of examination from professional fishermen were taken 246 samples of fish meat, as well as 108 samples of fish organs (liver, digestive tract and gills) in two locations of the Danube (Zemun and Grocka) and seven lakes with areas of the city of Belgrade. For testing we used the microwave oven and atomic absorption spectrometer. The highest average content of lead, cadmium, mercury, iron and arsenic in samples of fish caught in both places of the Danube (Zemun and Grocka), was found in the muscle tissue of carp and bream (omnivores type of fish), copper in the muscle tissue of catfish (carnivorous fish species) while the highest average zinc content was determined in muscle tissue of prussian carp (herbivorous fish species). Between the average content of heavy metals and metalloids in the muscle tissue of herbivorous fish (prussian carp) in the location Zemun and Grocka was a statistically significant difference between all investigated elements (lead, cadmium, mercury, copper, iron, zinc and arsenic), provided that the location Grocka determined higher content of lead, mercury, copper, arsenic or in the location Zemun higher content of cadmium, iron and zinc. In muscle tissue omnivores fish (bream, barbel, carp) caught on the Danube locations Grocka average content of lead, cadmium, mercury and arsenic was significantly higher than the average content of these elements in muscle tissue of the omnivores fish (bream, barbel, carp) caught on the Danube locations Zemun. The average content of heavy metals (lead, cadmium, mercury and copper) and metalloids (arsenic) in the muscle tissue of carnivorous fish species (pikeperch, catfish) in location Grocka was statistically significantly exceeds the average of these elements in the muscle tissue of carnivorous fish species (pikeperch, catfish) in the location with the exception of the average cadmium content (catfish) where there were no statistical differences. The study of heavy metals and arsenic in muscle tissue of fish landed at the site of seven

different lakes around Belgrade (Rabrovac, Markovac, Grabovac, Očaga, Veliko blato, Mokri Sebeš and Bečmen) highest average content of mercury and arsenic was found in the muscle tissue of carp (omnivores fish species) from the lake Veliko blato. The highest average levels of lead, cadmium, copper and iron was found in the muscle tissue of pike (carnivorous fish species) from the lake Rabrovac and Bečmen, while the highest average zinc content was determined in muscle tissue of prussian carp (herbivorous fish species) from the lake Očaga. The highest average content of lead and arsenic was found in the liver of carnivorous fish species (catfish, pikeperch), cadmium, iron and mercury and zinc in the liver omnivores fish (bream and carp), while the highest copper content is determined in the liver of herbivorous fish species (prussian carp). In the digestive tract omnivores fish (bream, carp, barbel) established the maximum amount of cadmium, mercury, copper, zinc and arsenic. The maximum amount of lead and iron was found in the digestive tract of herbivorous fish (prussian carp). The examination amount of heavy metals and metalloids in the gills of fish has been found that the maximum amount of cadmium, copper, iron, lead, mercury and arsenic has been found in the gills of the omnivores fish (carp, barbel, bream), while the highest zinc content was determined in the gills of herbivorous species fish (prussian carp). In all tested samples average content of lead, mercury and arsenic in the muscle tissue of fish caught on the Danube (locations Zemun and Grocka) and lakes around the city of Belgrade (Rabrovac, Markovac, Grabovac, Očaga, Veliko blato, Mokri Sebeš and Bečmen) did not exceed the maximum amount allowed by the Regulations, except of carp meat sample from the site of the lake Veliko Blato where there has been found unacceptable levels of mercury. In all tested samples of meat fish caught in the Danube (location Zemun and Grocka) and lakes around the city of Belgrade (Rabrovac, Markovac, Grabovac, Očaga, Veliko blato, Mokri Sebeš and Bečmen) unacceptable levels of cadmium was found with the exception of meat samples of bream and pikeperch from the Danube (location Zemun and Grocka). From the obtained data it can be seen that the place of fishing has significant influence to the content of heavy metals and arsenic in the muscle tissue, digestive tract, liver and gills of fish. The obtained data on heavy metals and arsenic in fish at the same time speak about the safety of fish as food and can be an indicator of environmental pollution.

**Key words:** fish, heavy metals, metalloids, nutrition

**Scientific field:** Veterinary medicine

**Specific scientific field:** Nutrition

**UDC number:** 639.043.2:549.24



# S A D R Ž A J

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. PREGLED LITERATURE</b>	<b>3</b>
2.1. Značaj ribe u ishrani ljudi	3
2.1.1. Hranljiva vrednost i hemijski sastav mesa ribe	3
2.1.2. Uticaj ishrane ribom na zdravlje ljudi	5
2.2. Riba na tržištu (poreklo, trendovi i potražnja u svetu)	7
2.3. Ulov i proizvodnja ribe u Srbiji	10
2.4. Najčešće vrste riba u Srbiji	13
2.4.1. Babuška ( <i>Carassius auratus gibelio</i> )	13
2.4.2. Deverika ( <i>Abramis brama</i> )	14
2.4.3. Mrena ( <i>Barbus barbus</i> )	15
2.4.4. Šaran ( <i>Cyprinus carpio</i> )	16
2.4.5. Smuđ ( <i>Stizostedion lucioperca</i> )	17
2.4.6. Som ( <i>Silurus glanis</i> )	18
2.4.7. Štuka ( <i>Esox lucius</i> )	19
2.5. Riba kao uzročnik oboljenja ljudi	20
2.5.1. Riba kao uzročnik oboljenja ljudi – biološke opasnosti	20
2.5.2. Riba kao uzročnik oboljenja ljudi – hemijske opasnosti	24
2.6. Teški metali i metaloidi	28
2.6.1. Olovo (Pb)	28
2.6.2. Kadmijum (Cd)	32
2.6.3. Živa (Hg)	36
2.6.4. Bakar (Cu)	40
2.6.5. Gvožđe (Fe)	43
2.6.6. Cink (Zn)	45
2.6.7. Arsen (As)	49
2.7. Sadržaj teških metala i metaloida u tkivima riba iz slatkih voda	54
<b>3. CILJ I ZADACI ISPITIVANJA</b>	<b>63</b>
<b>4. MATERIJAL I METODE</b>	<b>65</b>
4.1. Materijal	65
4.1.1. Uzorkovanje materijala	65
4.1.2. Lokacije sakupljanja uzoraka	66

<b>4.2. Metode</b>	<b>67</b>
<b>4.2.1. Priprema uzoraka</b>	<b>67</b>
<b>4.2.2. Instrumentalno određivanje sadržaja teških metala i metaloida</b>	<b>68</b>
<b>4.3. Statistička obrada podataka</b>	<b>71</b>
<b>5. REZULTATI ISPITIVANJA</b>	<b>72</b>
<b>5.1. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ i som) vrsta riba iz Dunava sa lokacija Zemun i Grocka</b>	<b>72</b>
<b>5.1.1. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu babuške</b>	<b>72</b>
<b>5.1.2. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu deverike</b>	<b>73</b>
<b>5.1.3. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu mrene</b>	<b>73</b>
<b>5.1.4. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu šarana</b>	<b>74</b>
<b>5.1.5. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu smuđa</b>	<b>75</b>
<b>5.1.6. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu soma</b>	<b>76</b>
<b>5.2. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu biljojednih (babuška), svaštojednih (šaran) i mesojednih (štuka) vrsta riba iz jezera u okolini Beograda</b>	<b>76</b>
<b>5.2.1. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu babuške iz jezera Rabrovac, Markovac, Bečmen, Očaga, Veliko blato, Grabovac i Mokri Sebeš</b>	<b>77</b>
<b>5.2.2. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu šarana iz jezera Rabrovac, Markovac, Bečmen, Očaga, Veliko blato, Grabovac i Mokri Sebeš</b>	<b>79</b>
<b>5.2.3. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu štuke na jezerima Rabrovac, Markovac, Bečmen i Očaga</b>	<b>81</b>
<b>5.3. Sadržaj teških metala i arsena u jetri, digestivnom traktu i škragama biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ i som) vrsta riba</b>	<b>83</b>
<b>5.3.1. Sadržaj teških metala i arsena u jetri biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba</b>	<b>83</b>
<b>5.3.2. Sadržaj teških metala i arsena u digestivnom traktu biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba</b>	<b>85</b>

<b>5.3.3.</b> Sadržaj teških metala i arsena u škragama biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba	<b>87</b>
<b>5.4.</b> Poređenje utvrđenih vrednosti teških metala i arsena u ispitivanim uzorcima mesa riba sa važećom zakonskom regulativom	<b>89</b>
<b>6. DISKUSIJA</b>	<b>91</b>
<b>6.1.</b> Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ i som) vrsta riba iz Dunava sa lokacija Zemun i Grocka	<b>91</b>
<b>6.2.</b> Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu biljojednih (babuška), svaštojednih (šaran) i mesojednih vrsta riba (štuka) iz jezera u okolini Beograda	<b>96</b>
<b>6.3.</b> Sadržaj teških metala i arsena u jetri biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih vrsta riba (smuđ i som) iz Dunava i jezera u okolini Beograda	<b>102</b>
<b>6.4.</b> Sadržaj teških metala i arsena u digestivnom traktu biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba iz Dunava i jezera u okolini Beograda	<b>106</b>
<b>6.5.</b> Sadržaj teških metala i arsena u škragama biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba iz Dunava i jezera u okolini Beograda	<b>111</b>
<b>7. ZAKLJUČCI</b>	<b>116</b>
<b>8. LITERATURA</b>	<b>118</b>
<b>9. PRILOZI</b>	<b>148</b>

## **1. UVOD**

U ishrani ljudi širom sveta, riba predstavlja značajan izvor proteina, najvažnijeg sastojka hrane. Potrošnja ove životne namirnice stalno raste zbog njenog dobro poznatog pozitivnog uticaja na zdravlje ljudi. Riba se odlikuje malim sadržajem masti i holesterola, visokim sadržajem nezasićenih masnih kiselina i povoljnim odnosom omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Pored toga ona sadrži i druge hranljive sastojke (vitamine, minerale) značajne za ishranu čoveka. Poznato je da riba povoljno utiče na rad mozga, prevenciju i smanjenje učestalosti kardiovaskularnih oboljenja, zatim kod zapaljenskih procesa zglobova, a najnovija istraživanja pokazuju da pomaže i u prevenciji i lečenju raka. Zbog svog odličnog nutritivnog profila i visoko kvalitetnih belančevina preporučuje se u ishrani dece i trudnica. Nažalost, i pored poznate nutritivne vrednosti ribe, njena potrošnja u svetu značajno varira između pojedinih regiona i zemalja. Na potrošnju ribe utiču brojni različiti činioci među kojima su najvažniji navike potrošača, dostupnost ribe, način stavljanja u promet, kupovna moć potrošača itd.

Riba, međutim, kao i ostala hrana, ponekad može i da ugrozi zdravlje potrošača. Prema savremenom pristupu bezbednosti hrane, opasnosti koje iz nje potiču a mogu da ugroze zdravlje ljudi, definišu se kao biološke (bakterije, paraziti, biotoksini, virusi), hemijske (pesticidi i teški metali) i fizičke (metalni fragmenti, staklo, drvo, plastika). Potencijalno hrana, pa i riba, može da sadrži hemijska jedinjenja koje mogu štetno delovati na zdravlje ljudi. One uključuju veterinarske lekove, sredstva za promociju rasta, prirodne toksične supstance, komponente materijala za pakovanje, aditive hrane, hemijska sredstva koja se koriste u poljoprivredi, kao i materije koje nastaju kao posledica kontaminacije životne sredine. Opasnosti iz grupe industrijskih zagađivača podrazumevaju, pre svega, teške metale i metaloide (olovo, kadmijum, živa, arsen, cink, bakar, nikl, kalaj).

Zbog zaštite zdravlja potrošača, količina teških metala i metaloida ograničena je propisima u većini zemalja u svetu (i u Srbiji) u hrani pa i u ribi. To se pre svega odnosi na živu, olovo, kadmijum, arsen, a u pojedinim slučajevima i na druge teške metale kao što su cink, kalaj, bakar i gvožđe, čija je količina je ograničena kod proizvoda spravljanih od ribe pakovane u limenoj ambalaži. Svetska zdravstvena organizacija (World Health Organization, WHO) i Svetska organizacija za hranu i poljoprivredu

(Food and Agriculture Organization, FAO) definišu obavezan monitoring za osam elemenata kod riba, i to za: živu (Hg), kadmijum (Cd), olovo (Pb), arsen (As), bakar (Cu), cink (Zn), gvožđe (Fe) i kalaj (Sn), a monitoring se preporučuje za mangan (Mn) i hrom (Cr).

Količina toksičnih elemenata u jestivom tkivu, koja je sa stanovišta ishrane ljudi najvažnija, manja je nego njihova količina u unutrašnjim organima (jetra > bubrezi). Tako, na primer, olova u jetri jegulje može da bude 10 puta više nego u jestivom, mišićnom tkivu. Sa starošću, odnosno porastom mase ribe, povećava se količina žive ne samo u njenim mišićima nego i u celoj ribi. Zbog toga su za one koje duže žive (tuna, sabljarka) dozvoljene i veće količine kadmijuma, žive i arsena (u mesu) nego za ostale vrste riba.

Količina kadmijuma sa uzrastom, odnosno masom ribe povećava se naročito u jetri i bubrezima, ali ne i u mišićima. Zbog toga je nalaz kadmijuma u bubrezima i jetri bolji pokazatelj zagađenja kadmijumom nego nalaz kadmijuma u jestivom tkivu.

Prisustvo zagađujućih supstanci u mesu riba ima naročit značaj za one iz veštačkog uzgoja (akvakultura), iz relativno zatvorenih akumulacijam (prirodna i veštačka jezera), te onih koje žive u rekama, bočatnim vodama kao i kod riba koje se love u priobalnim delovima mora, budući da su zagađenja vode u ovim slučajevima daleko veća. Zbog mogućnosti da ozbiljno ugroze zdravlje ljudi preduzimaju se različite mere sa ciljem da zagađujućih materija u jestivom tkivu (mesu) ribe bude što manje.

Teški metali i metaloidi među zagađivačima životne sredine imaju posebno značajno mesto. Njihovo prisustvo u tkivima riba može da se posmatra sa stanovišta ribe kao hrane, ali i kao indikatora zagađenja životne sredine. Sadržaj teških metala i metaloida u ribi definisan je propisima sa ciljem da riba koja se stavlja u promet bude bezbedna hrana. Zaštita životne sredine od štetnih materija podrazumeva niz mera među kojima su praćene količine štetnih supstanci u definisanim segmentima lanca hrane, pa i u samoj hrani (ribi).

## **2. PREGLED LITERATURE**

### **2.1. ZNAČAJ RIBE U ISHRANI LJUDI**

Sa više od 30.000 poznatih vrsta, ribe predstavljaju najveću grupu u životinjskom carstvu koja se koristi u proizvodnji hrane životinjskog porekla. Od toga svega oko 1.000 vrsta komercijalno se lovi i koristi za proizvodnju hrane za ljude i životinje (Sándor i sar., 2011).

U ishrani ljudi, riba se koristi od davnina, jer je čovek ribolovom jednostavno i lako dolazio do hrane. Riba zauzima značajno mesto u ishrani ljudi, a njena potrošnja naročito se povećala od 1995. godine, sa porastom interesovanja za ovu namirnicu kao biološki veoma vrednu (Baltić i sar., 2009). Zdravstveni značaj mesa ribe jedan je od razloga za neprestani rast potražnje ribe, posebno one gajene u akvakulturi (Burger i Gochfeld, 2009). Meso ribe u manjoj je meri uzrok nastanka zoonoza nego meso drugih vrsta životinja, ali je i manje opterećeno različitim aditivima koji se u savremenoj proizvodnji koriste u svinjarstvu i živinarstvu (Pavličević i sar., 2014).

Zbog svoje hranljive vrednosti meso i proizvodi od ribe predstavljaju visoko vrednu namirnicu važnu za pravilnu ishranu i zaštitu zdravlja svih kategorija ljudi (Connor, 2000; Sidhu, 2003). Hranljiva vrednost ribe ogleda se pre svega u sadržaju lako svarljivih proteina sa visokim sadržajem esencijalnih aminokiselina (lizin, metionin), vitamina rastvorljivih u mastima (A i D), makro i mikro elementima (kalcijum, bakar, cink, gvožđe, jod, fluor i dr.), kao i visokonezasićenim masnim kiselinama (Ackman, 2000; Kminkova i sar., 2001). Lipidna frakcija mesa riba ima poseban značaj, zbog visokog sadržaja  $\omega$ -3 polinezasićenih masnih kiselina (Polyunsaturated Fatty Acids -PUFA).

#### **2.1.1. Hranljiva vrednost i hemijski sastav mesa ribe**

Glavne komponente mesa ribe su proteini i lipidi, dok su ugljeni hidrati zastupljeni u znatno manjoj količini (manje od 0,5%). Sadržaj lipida, u ribljem mesu varira (0,2-25,0%) (Sándor i sar., 2011), dok je sadržaj proteina relativno konstantan i kreće se u opsegu 15-24% (Baltić i sar., 2009).

Hemijski sastav ribe nije stalan i na njega osim genetskih faktora utiče i kvalitet vode, sadržaj kiseonika, pH, temperatura, godišnje doba, vrsta hrane, kao i motorne

aktivnosti i uzrast ribe (Buchtova i sar., 2007; Menoyo i sar., 2007). Sastav mesa ribe sličan je sastavu mesa drugih životinja, s tim da meso ribe sadrži manje vezivnog tkiva, što utiče na bolju svarljivost i veću iskoristljivost (Vladau i sar., 2008). Od sveže, zamrznute ili dimljene ribe resorbuje se 95% proteina i do 91% sadržaja masti (Baltić i Teodorović, 1997; Baltić i Tadić, 2001).

U ukupnom bilansu proteina životinjskog porekla, riba predstavlja neophodan dodatak ishrani ljudi, s obzirom na to da se biološka vrednost njenih proteina ne razlikuje od biološke vrednosti proteina drugih vrsta mesa. Proteini ribljeg mesa imaju pogodniji aminokiselinski sastav, odnosno veću zastupljenost pojedinih esencijalnih aminokiselina (metionin, lizin, triptofan, arginin, histidin) u odnosu na druge vrste mesa (Tešić i sar., 2013). Procenjuje se da je skoro 15% potreba za životinjskim proteinima u svetu pokriveno konzumacijom ribe (Anon, 1999). Dnevne potrebe čoveka u proteinima mogu da se zadovolje sa 400 g ribljeg mesa (Vranić i sar., 2010). Sadržaj proteina u mesu sisara i riba je vrlo sličan, ali meso sisara sadrži neuporedivo veći procenat masti.

Hemijski sastav lipida ribljeg mesa se razlikuje od lipida mesa drugih životinja po većem učešću mono i polinezasićenih masnih kiselina u njima (Baltić i Tadić, 2001). Od nezasićenih masnih kiselina, u mesu ribe se u velikoj količini nalaze esencijalne kiseline (linolna, linoleinska i arahidonska) kao i oleinska kiselina, koje kao kofaktori u složenim biohemijским reakcijama održavaju povoljno zdravstveno stanje organizma ljudi (Pavličević i sar., 2014).

U ljudskoj ishrani, meso ribe predstavlja važan izvor  $\omega$ -3 polinezasićenih masnih kiselina, eikozapentaenske kiseline (eicosaenoic acid, EPA) i dokozaheksaenske kiseline (docosaenoic acid, DHA), koje su od posebnog značaja u ljudskoj ishrani, s obzirom na njihovu ulogu u pojedinim fiziološkim procesima (Calder i Grimble, 2002). Dugolančane  $\omega$ -3 PUFA ljudski organizam ne može da sintetiše, tako da je neophodno da se one unesu hranom (Alasalvar i sar., 2002).

Slatkovodna riba ne sme se zanemariti kao izvor  $\omega$ -3 PUFA, budući da ona poseduje veću sposobnost desaturacije kraćih masnih kiselina i njihove transformacije u duže EPA i DHA, u odnosu na morsku ribu (Cahu i sar., 2004)

Kako se pomenute  $\omega$ -3 PUFA efikasno sintetišu kod akvatičnih organizama, one se mogu uneti u organizam ljudi konzumiranjem morskih i slatkovodnih riba (Sushchik i sar., 2007).

Potrebno je istaći da po količini minerala i vitamina, meso ribe ne zaostaje za mesom sisara. U pojedinim slučajevima, ono je bolji izvor nekih hranljivih sastojaka

(jod, fluor, vitamini A, D, E itd.) (Baltić i Tadić, 2001). U poređenju sa mesom domaćih životinja, meso ribe sadrži veće količine mineralnih materija, posebno kalcijuma, fosfora, magnezijuma i kalijuma (Ćirković i sar., 2002). Najveća količina vitamina E utvrđena je u pastrmci, dok je sadržaj vitamina B sličan sadržaju u goveđem mesu (Anon, 2003; Vranić i sar., 2010).

### **2.1.2. Uticaj ishrane ribom na zdravlje ljudi**

Interesovanje o eventualno pozitivnom efektu konzumiranja ribe po zdravlje ljudi javilo se pedesetih godina prošlog veka, kada je uočeno da riblje ulje povoljno utiče na ublažavanje simptoma atipičnog ekcema i artritisa, kao i da snižava nivo holesterola u krvi (Riediger i sar., 2009). Tako je kod Eskima sa Grenlanda uočena deset puta niža stopa srčanih oboljenja u odnosu na druge narode (Sidhu, 2003; König i sar., 2005), s obzirom na to da je u njihovoj ishrani najviše zastupljeno meso foka, kitova i raznih vrsta riba, koje su glavni izvor polinezasićenih masnih kiselina (Connor, 2000). Tokom istraživanja u Japanu uočeno je da familije ribara koji koriste veću količinu ribe u ishrani imaju manju stopu kardiovaskularnih oboljenja odnosno, manju smrtnost u odnosu na porodice farmera koje u ishrani ređe koriste ribu (Valfre i sar., 2003).

U ishrani ljudi, riba se posebno preporučuje zbog sadržaja esencijalnih masnih kiselina, za koje je dokazano da preveniraju mnogobrojna oboljenja (Connor, 2000; Ćirković, 2002; Kilibarda, 2006). O povoljnom uticaju  $\omega$ -3 polinezasićenih masnih kiselina iz mesa ribe na zdravlje čoveka postoje mnogobrojne studije (Arts i sar., 2001; Von Shacky, 2001; Mozaffarian i sar., 2005; Givens i sar., 2006; Sahena i sar., 2009; Barcelo-Coblijn i Murphy, 2009), kojima se potvrđuje da povećana konzumacija ribe utiče na sprečavanje nastanka koronarnih oboljenja, posebno infarkta miokarda, arterioskleroze, hipertenzije, kao i drugih oboljenja kardiovaskularnog sistema (Kris-Etherton i sar., 2002; Mayneris-Perxachs i sar., 2010).

Svetska zdravstvena organizacija (WHO) smatra da pravilna ishrana podrazumeva konzumiranje ribe jedanput ili dva puta nedeljno, čime se obezbeđuje količina od 200 do 500 mg EPA i DHA (Kris-Etherton i Hill, 2008). Naučni savetodavni komitet o ishrani (Scientific Advisory Committee on Nutrition, SACN) i Komitet o toksikologiji (The Committee on Toxicology, COT) iz Velike Britanije su mišljenja da nezasićene masne kiseline treba unostiti u količini od 3,15 g nedeljno, što bi odgovaralo količini od dva obroka ribe nedeljno, pri čemu bi u jednom bila



zastupljena bela riba, a u drugom masna (Lunn i Theobald, 2006). U Velikoj Britaniji se predlaže unošenje pojedinih masnih kiselina od 200 do 1250 mg, u Danskoj 300 mg, dok se u Nemačkoj preporučuje optimalno unošenje polinezasićenih masnih kiselina od 1.500 mg dnevno (Mason, 2000).

Preporuka Američke asocijacije za srce (American Heart Association, AHA) jeste da pacijenti bez obzira na postojanje oboljenja, treba da konzumiraju ribu najmanje dva puta nedeljno. Osobe kojima nije dijagnostifikovano srčano oboljenje preporučuje se da uzimaju 500 mg EPA i DHA, dok se za srčane bolesnike preporučuje 1 g dnevno. U slučaju osoba sa povišenim sadržajem triglicerida u krvi, preporuka je da konzumiraju 2-4 g navedenih masnih kiselina dnevno, dok se za trudnice i novorođenčad preporučuje dva obroka ribe nedeljno (Domingo, 2007; Zatsick i Mayket, 2007).

U cilju postizanja optimalnog dnevnog unošenja polinezasićenih masnih kiselina preporučuju se dve do tri porcije (80-120 g) ribe nedeljno, bez potrebe za dodatnim unošenjem ovih kiselina preko dodataka u ishrani (Trbović i sar., 2009).

Dokazano je i da  $\omega$ -3 PUFA prisutne u ribljem ulju smanjuju sadržaj holesterola i triglicerida u krvnom serumu ljudi (Stolyhwo i sar., 2006), kao i da riblje ulje nema uticaj na koncentraciju (LDL) holesterola (low-density lipoprotein, „loš holesterol“), ali povećava sadržaj (HDL) holesterola (high-density lipoprotein, „dobar holesterol“) u serumu. Takođe,  $\omega$ -3 PUFA inhibiraju agregaciju trombocita, sprečavaju oštećenja krvnih sudova i imaju značajnu ulogu u prenatalnom razvoju nervnog sistema (Allen i Harris, 2001).

Prema istraživanjima Kang-a i Leaf-a (2000), povećanje količine ribljeg ulja u ishrani smanjuje pojavu srčanih aritmija, dok redovno korišćenje u ishrani (barem deset puta nedeljno) snižava krvni pritisak (sistolni i dijastolni) (Sidhu, 2003). DHA i arahidonska kiselina u ribljem ulju, ugrađuju se u fosfolipidni sloj ćelijskih membrana, gde imaju značajnu strukturnu i funkcionalnu ulogu (Hunter i Roberts, 2000; Anon, 2003). Prema Connor-u (2000), DHA čini 36,4% od ukupne količine masnih kiselina koje učestvuju u izgradnji mozga i predstavljaju osnovnu masnu kiselinu koja učestvuje u građi etanolamin fosfoglicerida i fosfatidilserina u svojoj masi mozga i retini oka. Takođe, nervi i membrane fotoreceptora u retini su bogate sa DHA. To ukazuje na važnu ulogu ovih sastojaka u neuronskoj transmisiji i procesu vida. Nedostatak  $\omega$ -3 esencijalnih masnih kiselina može dovesti do promene funkcije ćelijske membrane u

nervnom sistemu i uticati na pojedine elektrofiziološke parametre, kao što je između ostalog i sposobnost učenja (Hunter i Roberts, 2000).

Arts i sar. (2001) su istakli da PUFA serije  $\omega$ -6, a posebno  $\omega$ -3 učestvuju u prevenciji bolesti nervnog sistema i imaju važnu ulogu u ontogenezi. Nedostatak ovih masnih kiselina u ishrani ljudi dovodi se u vezu sa problemom smanjene pažnje kod hiperaktivne dece (Kris-Etherton i Hill, 2008). Pregledom 12.000 trudnica, utvrđeno je da masa placente, obim glave i masa rođene bebe rastu srazmerno sa povećanjem korišćenja ribe u ishrani (Sidhu, 2003).

Brojnim istraživanjima dokazano je da nedostatak nezasićenih masnih kiselina ima značajnu ulogu u etiologiji nastanka depresije, disleksije, šizofrenije i Alchajmerove bolesti (Anon, 2003; Sidhu, 2003; Lunn i Theobald, 2006; Morris, 2007), kao i da se uvođenjem veće količine  $\omega$ -3 masnih kiselina u ishranu obolelih od psorijaze, smanjuju psorijatične lezije, svrab i perutanje, karakteristične za ovo oboljenje. Ispitivanjem sprovedenim laboratorijskim životinjama uočeno je da  $\omega$ -3 PUFA iz ribljeg ulja, smanjuju ćelijsku proliferaciju i prekancerogene promene u ćeliji (Mason, 2000).

Sa zdravstvenog aspekta, meso ribe u ishrani ima veoma važnu ulogu u sprečavanju inflamatornih (Moreno i Mitjavila, 2003), autoimunih (Zamaria, 2004) i malignih oboljenja (Terry i sar., 2004), kao i dijabetesa (Nettleton i Katz, 2005).

Više autora (Mathew i sar., 1999; Luzia i sar., 2003) konstatuje da je za ljudsko zdravlje pogodnija ishrana rečnom, nego morskom ribom, zbog manjeg sadržaja holesterola u rečnoj ribi. Istraživanja su pokazala da većina ispitanih riba ima sličan sadržaj holesterola (49-92 mg/100 g) kao svinjsko ili goveđe meso (45-84 mg/100 g) (Piironen i sar., 2002).

## **2.2. RIBA NA TRŽIŠTU (poreklo, trendovi i potražnja u svetu)**

Tržište se ribom snabdeva na dva načina, i to ribom iz prirodnih resursa (okeani, mora, jezera i reke) i ribom koja se gaji u akvakulturi. Od toga, najveći broj vrsta u prometu se nalazi kao sveža i zamrznuta riba, dok se manja količina ribe koristi za preradu. Ulov ribe u svetu, u 20. veku je porastao skoro za dvadeset puta, tako da je početkom veka iznosio pet miliona tona, a na kraju 20. veka bio blizu 100 miliona tona. Ovakav obim ulova nije ostao bez posledica, jer je ugrozio opstanak najčešće lovljenih vrsta (Baltić i sar., 2009).

### **Ulov ribe**

Prosečni ulov ribe u prvoj deceniji 21. veka iznosio je 94 miliona tona, s tim da je proizvodnja ribe u akvakulturi porasla na skoro 50 miliona tona, što čini više od jedne trećine ukupnog udela (Tešić i sar., 2013).

Najveći ulov ribe i morskih plodova u svetu, u periodu 2000-2005. god., ostvaruje Kina i iznosi 16,60 miliona tona. Među deset zemalja sa najvećim ulovom ribe i morskih plodova u svetu su još Peru, SAD, Japan, Indonezija, Čile, Indija, Ruska Federacija, Tajland i Norveška (Kilibarda i sar., 2008). Poslednjih godina proizvodnja ribe u akvakulturi ima prosečni godišnji porast između 9 i 10%, što ne ostvaruje nijedna grana stočarstva (Baltić i sar., 2009). U 2006. godini oko 110 miliona tona morskih plodova iz ribarstva i akvakulture čini oko 15% od prosečnog unošenja proteina životinjskog porekla po stanovniku (FAO, 2008). Akvakultura je sektor proizvodnje hrane koji se najbrže razvijao u svetu poslednjih trideset godina 20. veka i obezbeđuje oko 40% svetske potrebe stanovništva za ribom (Josupeit i Lem, 2000; Cole i sar., 2009).

Tranzicija u strukturi ribarstva se kreće u smeru dominiranja akvakulture, (Belton i Thilsted, 2014), koja predstavlja dominantan način u zadovoljavanju rastućih potreba za ribom. U akvakulturi (Mitrović-Tutundžić i Baltić, 2000; Kilibarda i sar., 2008) se najčešće gaje šaranske vrste riba (tostolobik, šaran i amur). Riba u akvakulturi može da se proizvodi u slatkim, morskim i bočatnim vodama, s tim da je najveća proizvodnja u slatkim vodama, koja je 2005. godine iznosila 57,52% od ukupne proizvodnje ribe u akvakulturi (Kilibarda i sar., 2008).

### **Namena ulovljene ribe**

Ulovljena riba kao i riba proizvedena u akvakulturi koristi se na različite načine, u zavisnosti od mnogobrojnih činilaca (vrste ribe, obima ulova različitih vrsta, mogućnosti prerade i zahteva tržišta). Osnovna podela ribe, vezana je za činjenicu da li je riba namenjena za ishranu ljudi ili se koristi u druge svrhe. Od ukupno ulovljene i proizvedene ribe od 2000. do 2005. godine, za ishranu ljudi koristilo se od 97,04 do 108,01 milion tona, što čini 74,00 do 76,40%. U ostale svrhe se koristilo od 30,82 do 34,67 miliona tona ribe, odnosno 23,40-26,00%. Riba namenjena ishrani ljudi, najčešće, se koristi kao sveža (više od 50%), dok se nešto manje od jedne četvrtine stavlja u promet kao zamrznuta riba. Približno ista količina (10-11%) koristi se za proizvodnju konzervi, odnosno za druge vidove konzervisanja (dimljena, soljena i sušena riba) (Baltić i sar., 2009). Riba koja nije namenjena za ishranu ljudi (Mirilović i sar., 2008),

uglavnom služi za proizvodnju ribljeg brašna (70,40-82,00%), ali i u druge svrhe (ishrana riba u akvakulturi, ishrana pasa i drugih karnivora, proizvodnja tehničkog ulja, đubrenje zemljišta, upotrebna galanterija i drugo).

U 2009. godini više od 121 milion tona svetskog ulova i proizvodnje ribe korišćeno je za direktnu ljudsku ishranu. Od toga je jedan deo ribe (46,8%) namenjen za ljudsku ishranu u živom i svežem obliku, dok je ostala količina prerađena (53,2%). Oko 28,6% prerađene ribe je korišćeno u proizvodnji za direktnu ljudsku potrošnju u zamrznutom stanju, oko 14,4% čini konzerviranu ribu, a 10,2% dimljenu (Anon, 2009).

Od ukupno ulovljene i proizvedene ribe u svetu, od 2000. do 2005. godine, između 36,6-44,4% je bilo namenjeno izvozu, a veći deo domaćoj (sopstvenoj) potrošnji. Najveći uvoznici ribe su Japan i SAD, dok najveći izvoz ribe u svetu ostvaruje Kina. Za pojedine zemlje, ribarstvo je značajna privredna grana, o čemu govori podatak o učešću ribarstva u ukupnom izvozu ribe, kao posebno vrednog proizvoda. Riba čini 99,1% od ukupne vrednosti poljoprivredne proizvodnje Maldiva, dok je sa druge strane izvoz ribe sa Islanda u vrednosti ukupnog izvoza svih ostalih poljoprivrednih proizvoda i učestvuje sa 94,9%. Zbog velike potražnje, mnoge zemlje su značajni uvoznici ribe, tako da u Japanu, od vrednosti uvoza ukupnih poljoprivrednih proizvoda riba učestvuje sa više od jedne petine (21,20%). Riba u ukupnoj vrednosti uvoza poljoprivrednih proizvoda značajnog udela ima i u Portugaliji, Koreji, Švedskoj, Hongkongu, SAD itd. (Radisavljević i sar., 2008).

### **Potrošnja ribe**

Najveći svetski potrošač ribe je ostrvska država Maldivi, sa potrošnjom od 202,3 kg po stanovniku, a zatim slede, ostrvske države Island (91,0 kg), Farska Ostrva (87,0 kg) i Grenland (85,0 kg). Prosečna godišnja potrošnja ribe u zemljama EU u navedenom periodu, iznosila je 25,7 kg, s tim da je najmanju potrošnju ribe imala Austrija (11,0 kg), a najveću Portugalija (57,0 kg) (Lekić-Arandelović i sar., 2008).

Od evropskih zemalja izvan Evropske unije prosečna godišnja potrošnja po stanovniku u Švajcarskoj je 15,0 kg, a u Norveškoj 49,0 kg. Od zemalja bivših članica SFRJ, najmanju potrošnju ima Srbija (više od 5,0 kg), a najveću Hrvatska (13,2 kg). U Ruskoj Federaciji, prosečna potrošnja ribe po stanovniku je 17,3 kg. U Kini, zemlji sa najvećim ulovom i proizvodnjom ribe u akvakulturi na svetu, prosečna godišnja potrošnja ribe po stanovniku iznosi 26,0 kg. U Africi prosečna godišnja potrošnja ribe po stanovniku je najmanja u Etiopiji (0,2 kg), a najveća u Gabonu (37,2 kg). Iz navedenih podataka se može zaključiti da je potrošnja ove životne namirnice veoma

različita od zemlje do zemlje, što je uslovljeno, pre svega geografskim položajem, tradicijom, ekonomskim razvojem, navikama itd. (Lekić-Arandelović i sar., 2008).

Ukupna prosečna proizvodnja dimljene ribe u svetu, za period od 2003. do 2005. godine, bila je 810.798 t. Najveći proizvođač dimljenih salmonidnih vrsta je Francuska sa 238.450 t (27,14% ukupne proizvodnje), a zatim slede Nemačka, Danska i Velika Britanija. Baltić i sar. (2009) ističu da od ostalih vrsta dimljenih riba najveću proizvodnju ima Kina, a daleko manju Tajland, Poljska, Filipini i Indonezija.

Potrošnja dimljene ribe je znatno povećana u poslednjoj deceniji u mnogim evropskim zemljama (Gallart-Jornet i sar., 2007), tako da se skoro 40-50% evropskog uzgojenog lososa konzumira kao hladnodimljen proizvod (Rora i sar., 1999).

Rašireno je verovanje potrošača da je kvalitet mesa riba iz slobodnog izlova bolji od mesa gajenih riba (Mairesse i sar., 2005). Ukoliko se sagleda bezbednost potrošača, treba imati u vidu da je, prema dosadašnjim istraživanjima, sadržaj kontaminenata u mesu riba iz ribnjaka daleko ispod maksimalno dozvoljenih granica (Đinović i sar., 2010). Sa druge strane, rezultati nekih istraživanja ukazuju da je koncentracija pojedinih kontaminenata veća u ribi iz akvakulture u odnosu na ribu iz slobodnog izlova (Minh i sar., 2006; Pinto i sar., 2008).

### **2.3. ULOV I PROIZVODNJA RIBE U SRBIJI**

Za razliku od ulova i proizvodnje ribe u svetu koji je svoj maksimum ostvario početkom ovoga veka, ulov i proizvodnja ribe u Srbiji raste iz godine u godinu. Naša zemlja ima povoljne prirodne i privredne uslove za dalji razvoj domaćeg ribarstva. Od ukupne proizvodnje, odnosno godišnjeg ulova ribe, najveći deo se organizovano otkupi, manji deo se izveze, dok ostatak ide u promet putem maloprodaje na pijacama.

Ukupna proizvodnja riba na godišnjem nivou (Tešić i sar., 2013) kreće se od 9.000 do 15.000 t, s tim da se u pastrmskim ribnjacima proizvede od 1.500 do 2.000 t (75% konzumna pastrmka), a u šaranskim 7.500 do 13.000 t (70% konzumna riba). Prosečna ukupna proizvodnja i ulov ribe u Srbiji u periodu 2004-2011. godine iznosila je  $9.417 \pm 1.123$  t sa godišnjom stopom rasta od 17,4%. U ukupnoj proizvodnji ribe u našoj zemlji, znatno veće učešće ima proizvodnja (65,39%) od ulova ribe (34,61%), dok najveće učešće u ukupnoj proizvodnji ribe ima proizvodnja šaranske ribe sa 58,07% i ulov profesionalnih ribara u tekućim i stajaćim vodama sa 19,80%.

Akvakultura, kao privredna grana u Srbiji, nažalost, nije dovoljno razvijena i najvećim delom (više od 95%) obuhvata gajenje ribe u šaranskim i pastrmskim ribnjacima (Spirić i sar., 2009). Prema zvaničnim podacima, Srbija poseduje 14.600 hektara šaranskih i 17 hektara pastrmskih ribnjaka (Milijašević i sar., 2012), s tim da se najveći deo površine pod ribnjacima nalazi u Vojvodini (97%). Saznanja o pozitivnom uticaju mesa ribe na zdravlje čoveka i dugogodišnja eksploatacija morskih i slatkovodnih resursa, doprinose razvoju akvakulture i njenoj ekspanziji u mnogim zemljama sveta, pa i kod nas. Domaća proizvodnja ribe, i pored povoljnog bioekološkog podneblja, nije dovoljna, a mogućnosti za razvoj ribarstva su velike (Spirić i sar., 2009).

Poslednjih godina preduzimaju se mere koje doprinose razvoju akvakulture, (Vandeputte i sar., 2008; Marković i sar., 2009), a odnose se na unapređenje uslova uzgoja i povećanje nutritivne vrednosti hrane (uvođenje dopunske ishrane kukuruzom, žitaricama, peletiranom ili drugom vrstom hrane).

Hemijski sastav ribe gajene u akvakulturi varira, i na njega utiču kontrolisani uslovi gajenja, sadržaj proteina i masti u hrani, uslovi okoline, veličina ribe i genetski potencijal (Vranić i sar., 2012). Gajenje u kvalitetnoj vodi, sa dobro izbalansiranim hranivima i pravilno sprovedenom zdravstvenom zaštitom daje bolje rezultate u odnosu na energetske deficitarnu ishranu, prevelike čestice hrane ili previše gust nasad (Vranić i sar., 2010).

Kod nas je potrošnja ribe po stanovniku relativno mala i iznosi svega 4,5 do 5,0 kg, za razliku od potrošnje mesa domaćih životinja koja je približna potrošnji mesa u svetu, i iznosi oko 40 kg po stanovniku godišnje (Ćirković i sar., 2002; Baltić i sar., 2009). Ova činjenica svakako nije za pohvalu, i da bi se to promenilo trebalo bi uticati na svest ljudi da češće, koliko je to moguće, konzumiraju ribu.

Potrošnja ribe u našoj zemlji, ne zadovoljava se domaćom proizvodnjom, već se znatna količina uvozi. Uvoz ribe sa 17.000 t (2001. godina) porastao je na 29.000 t (2006. godina). Riba se u našoj zemlji konzumira najviše u vreme tradicionalnih praznika i u dane posta. Smatra se da gradska domaćinstva troše 4,1, mešovita 3, a poljoprivredna 2,9 kg ribe godišnje, s tim da se meso ribe koristi u 95,07% domaćinstava, dok 57,3% domaćinstava koristi ribu jednom nedeljno, a 39,55% samo u vreme posta (Baltić i sar., 2009). Razlog relativno niske potrošnje mesa riba kod nas, jeste slaba kupovna moć stanovništva, ali i ograničena i neadekvatna ponuda na tržištu, kao i nedostatak navike korišćenja ove namirnice u ishrani (Baltić i sar., 2009).

Ponuda ribe na našem tržištu je dosta skromna, tako da se u prometu nalazi više od 50% ribe u svežem stanju, dok se manje od jedne četvrtine nalazi kao zamrznuta riba ili konzervisana (Tešić i sar., 2013). Kada je u pitanju ponuda morske ribe, na našem tržištu se, od plave ribe može naći skuša, sardela, papalina, haringa, a od bele ribe oslić, škarpina, brancin, zubatac, orada i losos. Kada je u pitanju slatkovodna riba (Baltić, 2009), u ponudi je najzastupljenija riba iz akvakulture, odnosno šaranske i pastrmske vrste riba (šaran, amur, tolstolobik, pastrmka).

Kod nas, u ishrani stanovništva, veoma je zastupljen i pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*), koji se na naše tržište uvozi iz Vijetnama. Ova riba je dobro prihvaćena od strane potrošača (Milijašević i sar., 2012), kako zbog povoljne cene tako i iz razloga što je njena priprema za konzumiranje veoma laka (dolazi u obliku fileta bez kostiju i kože).

Ukupan ulov ribe u Srbiji u 2014. godini iznosi 3591 t i u periodu od 2009 do 2014. godine proizvodnja ribe u šaranskim ribnjacima je daleko veća od proizvodnje u pastrmskim ribnjacima (tabela 1).

**Tabela 1.** Osnovni pokazatelji proizvodnje ribe u Srbiji u periodu 2009-2014.

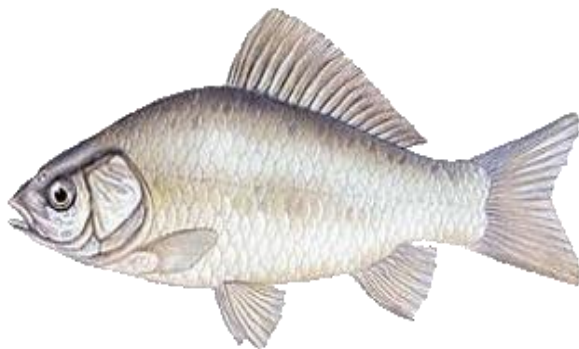
	Obeležje	n	$X \pm S_x$	SD	CV	Xmin	Xmax
1.	Proizv. konzumne ribe, t/ šaranski ribnjaci	6	6.513±312	766	11,76	5.080	7.322
2.	Proizv. konzumne ribe, t/ pastrmski ribnjaci	6	825±23	55	6,72	736	880
3.	Ulov ribe ukupno, t/	6	4.577±287	704	15,37	3591	5384
4.	Ulov šarana ukupno, t/	6	434±33	79	18,24	331	497
5.	Ulov soma ukupno, t/	6	290±13	31	10,70	255	346
6.	Ulov smuđa ukupno, t/	6	221±11	27	12,29	189	258
7.	Ulov deverike ukupno,t/	6	421±36	89	21,14	281	528
8.	Ulov srebrnog karaša (babuška) ukupno, t/	6	799±41	102	12,70	600	863

## 2.4. NAJČEŠĆE VRSTE RIBA U SRBIJI

Poznato je da u svetu postoji oko 30.000 različitih vrsta riba, a njihova zastupljenost, kako u okeanskim i morskim basenima tako i u rečnim vodotokovima, različita je. U našoj zemlji je broj daleko manji, ali nekolike vrste riba su gotovo konstantno prisutne u rekama i jezerima.

### 2.4.1. Babuška (*Carassius auratus gibelio*)

Babuška (slika 1) je sve češća riba u našim ribolovnim vodama. Prilagodljive je prirode i pripada porodici šarana. Poreklom je iz Azije odnosno iz Sibira, a kod nas se prvi put pojavila početkom osamdesetih godina. Zahvaljujući specifičnom načinu razmnožavanja, kao i otpornosti na različite uslove života u vodi, njena populacija raste, uglavnom na štetu karaša sa kojim se može i ukrštati. Prosečna lovna masa babuške je oko 500 g, ali pojedini primerci mogu dostići telesnu masu i preko 2 kg. Telo joj je debelo, najčešće srebrne boje i nema brčiće kao običan šaran.



**Slika 1.** Babuška (*Carassius auratus gibelio*)

Nastanjuje uglavnom jezera i reke sa mirnijim tokom. Babuška je riba dna, gde se hrani delovima biljaka. Pri višim temperaturama, metabolizam joj je brži i samim tim hrani se intenzivnije, dok se u zimskom periodu ukopava u mulj. U stanju je da preživi u vodama koje se potpuno lede zahvaljujući kožnoj izlučevini koja se ne mrzne, ali u toku sušnih meseci, u stanju je da ukopana preživi potpuno isušivanje bare ili jezera.

Rano ujutro i predveče pliva blizu obale, 70-80 cm od dna, i hrani se priobalnim biljkama. U vodi bogatoj vegetacijom, babuške se kreću i borave u neposrednoj blizini rastinja, koje pored prirodne hrane, predstavlja i zaklon od raznih neprijatelja.



#### 2.4.2. Deverika (*Abramis brama*)

Deverika (slika 2) pripada rodu šarana. Ima visoko bočno spljošteno telo, tako da izgleda poput dlana. Manji primerci su srebrnkaste boje, dok krupniji primerci imaju tamnozelenkasta leđa i nešto tamnije telo. Posebna karakteristika deverike je izuzetno upadljivo analno peraje, po kome se razlikuje od crnooke deverike (*Abramis sapa*), kod koje je ovo peraje znatno duže i koja naraste i do 30 cm.

Prava deverika može narasti do 70 cm i dostići masu oko 5 kg, s tim da životni vek može trajati do 20 godina. Najčešće stanište deverike su reke, ali se sreće i u jezerima i kanalima, koji su dovoljno duboki i sa dovoljno kiseonika.

Kao i većina ostalih ciprinida, i deverika je riba jata, bez obzira na uzrast. Jato je uvek uniformno, sastavljeno od jedinki približno istog uzrasta, tako da se na područjima koja nisu hranilišta ili mrestilišta, uglavnom sreću čista jata deverika.



**Slika 2.** Deverika (*Abramis brama*)

Na hranilištima i mrestilištima, pored deverika mogu se naći i ostale bele ribe, kao protfiš, bodorka itd. Aktivnost deverike zavisi pre svega od doba godine, koje određuje temperaturu vode, kao i od doba dana, koje određuje dinamiku ishrane.

Preko zime, deverike se ukopavaju u dno, osim u slučajevima kada se nalaze u područjima priliva toplije vode (termocentrale, kanalizacioni izlivi i sl.) gde ima dovoljno hrane. Početkom proleća sa zagrevanjem vode, one postaju aktivnije i kreću u potragu za hranom neophodnom za dozrevanje polnih žlezda i pripremu za mrest. Mlade jedinke se hrane sitnijim predstavnicima faune dna (pužići i školjke), dok je jelovnik starijih sličan, samo što jedu navedene vrste većih dimenzija.

U zatavljenim područjima, deverika se hrani vegetacijom, s obzirom na to da se u njoj mogu naći račići i larve raznih insekata. U proleće se deverika hrani preko celog dana, a najintenzivnije ujutru i predveče. Sa porastom temperature vode, vreme hranjenja je tačno određeno i deli se na jutarnji i večernji period. Početkom jeseni i spuštanjem temperature vode, deverika prelazi na režim sličan režimu u proleće do dolaska zime, kada se ukopavaju u dno (krtože). Brzina rasta ove vrste je vrlo

promenljiva i zavisi od odlika staništa, odnosno od količine dostupne hrane u njemu. Polnu zrelost mužjak deverike stiče u trećoj godini života, a ženka do pete godine. Mresti se od aprila do juna, kada ženka položi od 100.000 do 500.000 komada ikre. Deverika u Srbiji spada u tzv. belu ribu i računa se kao riba III kategorije. Zakonom o ribarstvu je zaštićena minimalnom dužinom izlova od 20 cm.

#### 2.4.3. Mrena (*Barbus barbus*)

Mrena (slika 3) je svaštojedna riba koja naseljava otvorene vode širom Evrope i srednje Azije. Lako se razlikuje od drugih riba, pre svega po surlastom rilu sa četiri dugačka brka, od kojih su dva na kraju gornje usne koja prekriva donju, a dva na uglovima usana.

Telo joj je izduženo, skoro cilindrično, maslinasto-zelene boje, sa svetlijim bokovima, dok je trbuh beo sa srebrnastim nijansama. Leđno peraje joj je plavičasto sa koščatom i nazubljenom prvom žbicom, dok su ostala peraja crvenkaste boje.



Slika 3. Mrena (*Barbus barbus*)

Ubraja se u prilično krupne ribe i može dostići težinu 10-12 kg. Obično naraste do 70 cm, kada je teška oko 4 kg. Živi 15-20 godina, ali postaje plodna tek u četvrtoj godini. Odrasla mrena voli brzu, čistu i dosta hladnu vodu, tako da uglavnom boravi na kamenitim dubokim mestima, oko mostova, vodenica, stubova sojenica, dok je u stajaćim vodama skoro nema. Uglavnom boravi na dnu, gde se hrani crvima, i retko sitnom ribom. Kada se reka izlije, nalazimo je i uz samu obalu, gde se hrani biljnim i životinjskim otpacima. Mrena je snažna, vešta i lukava riba, koja se brzo kreće i ponekad iskače iz vode. Retko je na jednom mestu i kreće se u manjim jatima ili pojedinačno, dok se veća jata mogu primetiti samo za vreme mresta. Mresti se od maja do jula, kada ženka položi oko 8.000 jajašaca krupne narandžaste ikre. Ikra mreane je otrovna i izaziva kolerične napade, pa je iz tog razloga ne treba jesti. Usoljenu ikru mreane mnogi ribolovci nakon nekoliko dana, koriste za primamljivanje i lov skobalja.

#### 2.4.4. Šaran (*Cyprinus carpio*)

Šaran (slika 4) je slatkovodna riba koja istovremeno pripada i mekoperkama i porodici šarana. Lokalni naziv mu je krap ili krmača. Često ga zovu i dunavski lisac, jer dugo ispituje mamac, pa ga je teško uloviti.



**Slika 4.** Šaran (*Cyprinus carpio*)

Danas, kada se govori o šaranu, uglavnom se misli na ribnjačkog šarana (Ćirković i sar., 2002). U našoj zemlji kao i u velikom broju drugih zemalja, šaran predstavlja najcenjeniju i najvažniju ribu toplovodnih ribnjaka. Osim toga, on je i atraktivna riba za sportski ribolov. Od svih vrsta ribe najčešće se nalazi na našim trpezama ribnjački šaran – golać. Masa ribnjačkog šarana je 2 do 2,5 kg. Zahvaljujući brojnim kvalitetima (dobro iskorišćavanje prirodne i dodatne hrane, velika plodnost, brz tempo rasta, otpornost prema lošim uslovima životne sredine i bolestima) ova vrsta ribe ima veliku vrednost.

Ribnjački šaran je nastao od divljeg pretka dugogodišnjom selekcijom (preko 500 godina). U odnosu na divljeg šarana, telo ribnjačkog šarana je znatno zbijenije zbog veće visine trupa i širine leđa i može da dostigne dužinu od jednog metra, odnosno masu od preko 20 kg. Ima oblo izduženo telo, krupnu glavu i jedno leđno peraje koje počinje oštrom žbicom. Usni otvor mu je mali, a usta su pokretna i oblikuju elastičnu cev, koja je pogodna za sakupljanje bentalnih organizama iz mulja. U uglovima usana nalaze se po dva brčića nejednake dužine. Leđna strana tela je različito obojena u zavisnosti od staništa na kome živi, dok je trbušna uglavnom svetlija.

Šaran živi u mirnim i toplijim vodama, a optimalna temperatura vode u kojoj živi je 20-28 °C. Pri temperaturi vode nižoj od 13-14 °C dolazi do pada intenziteta metaboličkih procesa, dok na temperaturi nižoj od 4 °C šaran pada na dno, ne hrani se i slabo se kreće (Ćirković i sar., 2002).

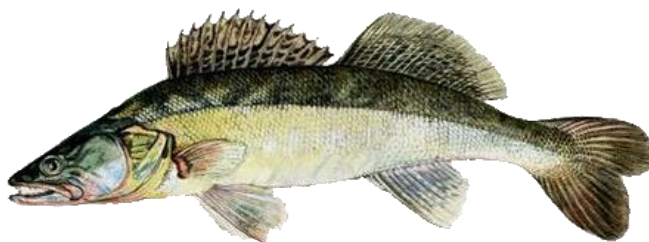
Što se tiče načina ishrane, šaran je svaštojed (omnivor) koji najčešće konzumira neke životinjske organizme koji naseljavaju dno. Koristi i biljnu hranu i to semenje viših biljaka. Zbog ove svoje osobine, pri veštačkom gajenju, lako se privikava na

dotatnu zrnastu hranu i dobro je koristi. Larve šarana, od trenutka prelaska na mešovitu ishranu, pa do petnaest dana starosti, hrane se sitnim zooplanktonom. Pri dužini od 18 mm larve, prelaze na ishranu bentnom faunom. Odrasli šarani najčešće konzumiraju vodene gliste, larve, račiće i mekušce (Ćirković i sar., 2002).

Polnu zrelost šarani dostižu u starosti 3-5 godina, mužjaci uvek jednu godinu ranije od ženki. Spadaju u izuzetno plodne ribe, relativna plodnost iznosi 180.000 komada ikre na kilogram telesne mase, a apsolutna plodnost kod najkрупnijih matičica se kreće i do 1,5 miliona. Polaganje ikre – mrest, događa se tokom maja i juna pri temperaturi 18-20 °C. Razvoj ikre na temperaturi od 15 °C traje pet dana, a na 20 °C svega tri dana. Danas se mlađ šarana dobija laboratorijskim mrestom.

#### 2.4.5. Smuđ (*Stizostedion lucioperca*)

Smuđ (slika 5) je jedna od najzanimljivijih riba sportskog ribolova. Smatra se najplemenitijom grabljivicom kako prirodnih voda tako i ribnjaka. Razlikujemo pet vrsta smuđa, od kojih tri naseljavaju slivove Crnog, Baltičkog, Aralskog i Kaspijskog mora, a dve vrste naseljavaju područje Severne Amerike. U Srbiji se smuđ može naći u jezerima Panonske nizije i rekama dunavskog sliva.



Slika 5. – Smuđ (*Stizostedion lucioperca*)

Ova vrsta voli duboku, tekuću i čistu vodu, ali i virove i limane, gde joj odgovara šljunkovito ili kameno dno. Zadržava se oko podvodnih krševa, potopljenih stabala i u blizini potopljenih plovnih objekata. U slučaju akcidentalnih zagađenja vode, spada u vrstu ribe koja prva strada (Ćirković i sar., 2002).

Telo smuđa je vrlo skladne građe, bočno spljošteno, najčešće je dužine do 70 cm, mase 2-4 kg, mada se mogu naći primerci do 20 kg težine. Ima dva leđna peraja, koja se najčešće dodiruju. Životni vek smuđa je oko 17 godina. Aktivan je tokom cele godine, kako zimi tako i leti, a optimalna temperatura za njegov život je oko 27 °C, dok je letalna oko 35 °C.

Mresti se ranom zorom u proleće, na dubini 0,5-1 m pri temperaturi vode od 12 do 15 °C kada izbacuje oko 1.000.000 jaja (do 200.000 na kilogram tela ženke). U jezerima je mrest zabeležen čak na dubinama do 17 m. Ukoliko žive u jezerima gde nema tekuće vode, smuđevi prilaze obali tražeći što čistiju i bistriju vodu.

Tokom mrešćenja se ne hrane, a najčešća podloga za mrešćenje je šljunak. Postaju polno zreli sa 3, a najčešće sa 4 do 7 godina. Mlade jединke se hrane larvama drugih vrsta riba kao i larvama insekata koji se nastanjuju u vodi. Odrasli smuđ se hrani drugim vrstama riba (Ćirković i sar., 2002).

#### 2.4.6. Som (*Silurus glanis*)

Po dužini i telesnoj masi koju dostiže, som (slika 6) spada u naše najveće ribe. Karakteriše ga okruglast trup, sa velikom spljoštenom glavom i ogromnim ustima. Telo mu je sluzavo golo i bez krljušti. Naseljava vode severne i istočne Evrope, Azije, sve do Kaspijskog mora. Naročito je zastupljen u vodenom slivu Dunava (Ćirković i sar., 2002).



Slika 6. Som (*Silurus glanis*)

U prirodnim uslovima odabira jedno mesto za život i retko se od njega udaljava. Ne podnosi mutnu vodu, pa ponekad, slično smuđu, ugine u prljavoj vodi. Samo u proleće, kada su vode visoke, povremeno napušta svoju jamu, odlazeći uzvodno. U dubokim virovima se zadržava sve dok ga glad ne natera da pođe u lov. Glavna hrana odraslih somova je riba. Hrani se i žabama, punoglavcima, rakovima, a napada i vodene ptice, pse i druge sisare. Žrtve rado čeka, mameći ih svojim brkovima.

Mresti se u više navrata, najčešće u maju i junu, ređe u julu. Ženka polnu zrelost postiže u svojoj trećoj ili četvrtoj godini, kada položi 16.000-17.000 jajašaca. Mužjak čuva ikru, i rasteruje od gnezda ostale ribe.

Mali somovi se izvaljuju posle desetak dana i izvesno vreme ostaju u gnezdu, hraneći se planktonima i sitnim životinjicama. Za odrasle somove je svojstveno da jedu svoju mladunčad. Mlađ brzo raste i već prve godine jedinke mogu da dostignu dužinu od 20 cm. Mladi somovi tokom prvih 5-6 godina rastu brzo, tako da im se svake godine udvostruči masa. Danas se najčešće hvataju jedinke duge do 1 m i teške do 10 kg, mada su ranije lovljeni i veoma krupni primerci mase do 300 kg. Stanište takvih primeraka su češće rečna jezera, gde rastu znatno sporije nego u reci gde je obilje hrane (Ćirković i sar., 2002).

#### 2.4.7. Štuka (*Esox lucius*)

Štuka (slika 7) je slatkovodna, agresivna riba – predator i zastupljena je u mnogim vodama Evrope. Ima izduženo, strelasto telo sa velikom glavom čije su vilice produžene i podsećaju na pačiji kljun. Najčešće ne prelazi masu veću od 15 kg, mada se mogu naći primerci teški preko 30 kg i veličine preko 1,5 m. U Srbiji se nalazi u vodama nizijskih reka, jezera i bara (Ćirković i sar., 2002).



**Slika 7.** Štuka (*Esox lucius*)

Životni vek štuke je oko 40 godina. Mresti se krajem zime, od februara do aprila. U mrest ulazi sa tri do četiri godine starosti. Ženka u zavisnosti od veličine polaže 16.000 do 75.000 komada ikre, čija inkubacija posle oplodjenja traje 10 do 15 dana.

Hrani se u početku zooplanktonom, a vrlo brzo prelazi na riblju mlađ raznih vrsta riba. Već nakon 1,5 do 2 meseca i pri dužini od 3 do 5 cm počinje da se hrani ribom i to najčešće mladuncima grgeča. Do prve godine života, kada dostiže dužinu od 30 cm, intenzivno se hrani svakim plenom koji može da proguta, a najčešće raznim vrstama ribe iz svog okruženja. U slučaju nedostatka drugih riba, štuka pokazuje kanibalističke navike. Odrasle štuke osim ribom, hrane se i žabama, sitnim vodenim pticama i sisarima (Ćirković i sar., 2002).

## 2.5. RIBA KAO UZROČNIK OBOLJENJA LJUDI

Snabdevanje potrošača kvalitetnim i bezbednim proizvodima akvakulture, koji ne sadrže hemijske, mikrobiološke i druge kontaminente, predstavlja osnovni zahtev u njihovoj proizvodnji. Zagađenja ekosistema, u ovom slučaju vode, sedimenta i mulja, hemijskim i mikrobiološkim kontaminentima, direktno se odražava na kvalitet proizvoda akvakulture (Đinović i sar., 2010).

### 2.5.1. Riba kao uzročnik oboljenja ljudi – biološke opasnosti

Biološke opasnosti su organizmi ili agensi biološkog porekla čije prisustvo u namirnici može da dovede do toga da proizvod tj. hrana bude nepodesna ili opasna za konzumaciju. Oni su često povezani sa sirovinama od kojih se proizvod priprema. Međutim, biološke opasnosti mogu dospeti u proizvod i u toku procesa njegove obrade i prerade, iz sredine u kojoj se radi sa hranom, iz sastojaka koji se dodaju u proizvod ili od ljudi uključenih u te procese.

Značajne biološke opasnosti koje se mogu pojaviti u procesu obrade sveže ribe i prouzrokovati oboljenja kod ljudi su: bakterije (*Salmonella spp*, *E. coli*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus*), biotoksini (*Scombrotoxin*), paraziti (*Trematodae*, *Nematodae*, *Cestodae*) i virusi (*Norwalk virus*, *Enterovirusi*, *Hepatitis A*, *Rotovirus*) (tabela 2).

**Tabela 2.** Biološke opasnosti pre, u toku i posle ulova ribe

Vrste bioloških opasnosti	Opasnosti pre i u toku ulova	Opasnosti posle ulova i u toku obrade
Patogene bakterije	<i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Vibrio vulnificus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Clostridium botulinum</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>
Biotoksini	<i>Tetrodotoxin</i> , <i>Scombrotoxin</i>	Scombrotoxin, Staph. enterotoxin, Botulinum toxin
Paraziti	Paraziti od značaja za javno zdravlje ljudi: <i>Trematode</i> , <i>Nematode</i> , <i>Cestode</i>	/
Enterovirusi	<i>Norwalk virus</i>	<i>Hepatitis A</i> , <i>Rotovirus</i>

#### *Bakterije*

Sveža riba je, zbog prisustva enzima i bakterija, lako kvarljiva namirnica. Promene u mesu ribe počinju u trenutku njene smrti ili već u trenutku izlova (Stamatis i Arkoudelos, 2005). Jedan od osnovnih razloga za kratku održivost ribe jeste i njen



hemijski sastav. Meso ribe se brže kvvari od mesa toplokrvnih životinja, s obzirom na to da ima manji sadržaj vezivnog tkiva, povećanu količinu vode i pH vrednost, kao i specifičnu mikrofloru (Milijašević i sar., 2011). Neposredno posle izlova uočljiv je pad kvaliteta ribe, što je posledica autolitičkih i metaboličkih procesa i razmnožavanja bakterija (Haard, 1992). Svi ovi procesi mogu voditi ka smanjenoj održivosti (Huss, 1988) i potpunoj neupotrebljivosti ribe kao namirnice (Scott i sar., 1988).

Pri izboru ribe koja se koristi u procesu proizvodnje treba voditi računa o tome da ona bude bakteriološki ispravna (Trbović i sar., 2011). Bakterijska kontaminacija, pored toga što može da utiče na kvalitet gotovog proizvoda i njegovu održivost, takođe može prouzrokovati i oboljenja ljudi (Karabasil i sar., 2005).

Bakterijska flora tek ulovljene ribe veoma je raznovrsna. Digestivni trakt ribe sadrži mnogobrojne mikroorganizme i enzime koji mogu da ubrzaju kvarljivost ribe. Takođe, razni mikroorganizmi su prisutni na koži i u škragama sveže ulovljene ribe.

Vreme do početka mikrobiološkog kvara ribe, čak i pri strogo kontrolisanim temperaturnim uslovima, veoma je ograničeno (Sivertsvik i sar., 2003). Promene u mišićima ribe su posledica aktivnosti sopstvenih enzima, metabolizma mikroorganizama i oksidacije lipida (Ježek i Buchtová, 2007). Delovanje mikroorganizama na proteine mesa ribe je bitno, jer njihova aktivnost dovodi do promene mirisa i ukusa. Proteini se razgrađuju do peptida, aminokiselina, amonijaka i ostalih azotnih jedinjenja (Babić i sar., 2009).

Opasnosti vezane za ribu mogu se podeliti u dve grupe, i to opasnosti koje nastaju pre i u toku ulova ribe, odnosno opasnosti koje nastaju posle ulova i u toku obrade ribe. Nivo kontaminacije ribe u vreme ulova zavisi od okoline i bakteriološkog statusa vode iz koje se riba izlovljava. Najznačajniji činioci koji utiču na mikrofloru riba su: temperatura vode, količina i kvalitet hrane za ribu, blizina ribolovnog područja (ribnjaka) naseljenom mestu, kao i postupak izlova.

Postoje dve osnovne grupe bakterija opasne za zdravlje ljudi, kojima se može kontaminirati riba od momenta ulova. Jednu čine bakterije koje su prisutne u vodenoj sredini i označavaju se kao specifična mikroflora, a posledica su kontaminacije vode otpadom. Ovu grupu bakterija čine: *Aeromonas hydrophyla*, *Clostridium botulinum*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio vulnificus* i *Listeria monocytogenes*. Bakterije koje nisu specifične, a opasne su za zdravlje ljudi su iz roda *Enterobacteriaceae*, kao što su: *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, i *Escherichia coli*.



Opasnost po zdravlje ljudi predstavljaju i *Edwardsiella tarda*, *Pleisomonas shigelloides* i *Yersinia enterocolitica* koje se ređe izoluju. *Stahylococcus aureus* može takođe da se pojavi i proizvede termorezistentni toksin (Karabasil i sar., 2002; Karabasil i sar., 2005; Dimitrijević, 2007). *Vibrio* vrste se uglavnom susreću u zalivima i toplim vodama, ali se mogu naći i u ribama iz akvakulture. Toplotna obrada kao i preveniranje unakrsne kontaminacije gotovih proizvoda (proizvoda pripremljenih za jelo) smanjuje opasnost od *Vibrio spp.* prisutnih u ribi. Takođe, brzo hlađenje posle ulova smanjuje mogućnost razmnožavanja ovih bakterija.

Predstavnici roda *Aeromonas* često se izoluju iz uzoraka ribe (Panin, 1993; Tsai i Chen, 1996 Karabasil i sar., 1999), a najčešća je posledica trovanje ovim bakterijama gastroenteritis, mada se uglavnom radi o pojedinačnim slučajevima, bez većih epidemija. Simptomi oboljenja su mučnina, povraćanje, stomačni grčevi i dijareja (Ashdown i Koehler, 1993; Janda i Abbot, 1998). *Clostridium botulinum* (tip E, B.F) je patogena bakterija za čoveka i ribu, a nalazi se u slanim vodama (Hackney i Dicharry, 1988). Ostale patogene bakterije su kontaminanti vode poreklom iz humanih i animalnih izvora. *Cl. botulinum* se u većim količinama nalazi u muljevitom dnu ribnjaka (Hus i sar., 1974). *Listeria monocytogenes* je patogena bakterija i razvija se u namirnicama od ribe koje nisu adekvatno termički obrađene i dugo skladištene, odnosno koje su proizvedene na mestu na kojem principi higijenskog rukovanja hranom nisu sprovedeni (Finlay, 2001). Najčešći fekalni kontaminanti su *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, *E.coli*, *Shigella spp.* i *Salmonella spp.*

Specifične patogene bakterije, kada su prisutne u svežoj ribi, nalaze se u malom broju i adekvatnom termičkom obradom riba pre upotrebe, smanjuje se opasnost po zdravlje ljudi. Opasnost od patogenih bakterija može da se kontroliše zadovoljavajućom toplotnom obradom koja uništava bakterije, držanjem riba na niskim temperaturama i sprečavanjem postprocesne unakrsne kontaminacije (Karabasil i sar., 2005, Baltic i sar., 2009).

#### *Biotoksini*

Brojni biotoksini su značajni i mogu se naći u ribi kao namirnici. Registrovano je oko 400 vrsta otrovnih riba, a supstance koje ih čine toksičnim nazvane su biotoksinima. Kod nekih riba (jegulja, murina i zmijuljica) toksin je prisutan u krvi i nazvan je ihtiohemotoksin.

Kod drugih vrsta riba toksin se nalazi u različitim tkivima (meso, unutrašnji organi, koža) i uobičajeno se označava kao ihtiosarkotoksin. Neke ribe (murina) imaju

otrovan ugriz, otrovne bodlje (morski pauk, škarčina) i otrovnu kožu (čikov). U našim vodama, kao što je pomenuto, mrena u vreme mrešta (maj - avgust) ima otrovnu ikru jer se u njoj nalazi biotoksin (Keiichi i sar., 1998). Generalno, svi ovi toksini su najčešće termostabilni i najpouzdanija kontrolna mera koja sprečava toksično dejstvo biotoksina, jeste dobro poznavanje vrsta riba (Keiichi i sar., 1998). Jedan od poznatijih biotoksina je *Ciguatoxin* koji se nalazi u različitim vrstama karnivornih riba nastanjenih u plitkim vodama blizu tropskih ili suptropskih koralnih grebena (Pearn, 1997; Keiichi i sar., 1998). *Tetrodotoxin* je toksin koji se najčešće nalazi u jetri, ikri i crevima, a ređe u mišićnom tkivu tj. mesu ribe (Keiichi i sar., 1998; Lopman i sar., 2004) iz familije *Tetradontidea*. *Scombrotoksin* je biotoksin, uzročnik skombroidne intoksikacije (trovanje histaminom), a posledica je konzumiranja ribe koja nije adekvatno ohlađena posle izlova. Enterobakterije se označavaju kao osnovni inicijatori stvaranja skombrotoksina, jer mogu da pokrenu stvaranje značajne količine histamina i drugih biogenih amina u mesu riba koja nije adekvatno ohlađena posle ulova. Vrste riba koje proizvode skombrotoksin su tuna, skuša ali i ostale vrste riba pre svega ribe iz familije *Clupeidae*. Intoksikacija je retko fatalna i simptomi su umereno izraženi (Baltić i sar., 2009 a).

#### *Paraziti*

Paraziti riba, kao i paraziti poreklom iz namirnica, predmet su sve većeg interesovanja. Orlandi i sar. (2002) ističu da je u SAD-u do 1990. godine proučavano 13 vrsta parazita koji potiču iz namirnica koje mogu da izazovu oboljenja ljudi, da bi se u 2002. godini taj broj povećao na 107 vrsta parazita. Od ovih 107 vrsta, njih 69 vezano je za meso riba i za ostale plodove iz voda. Paraziti riba često se vezuju za određeno geografsko područje, što je posledica adaptacije parazita na specifičnog domaćina i posebne uslove sredine (Baltić i sar., 2005). Usled povećanog međunarodnog prometa mesa riba dolazi do češćeg kontakta potrošača sa parazitima riba, a promene navika u potrošnji hrane dovode do povećanja parazitarnih infekcija. Zaobilaze se postupci pripreme (toplotna obrada) koji imaju za cilj smanjenje i preveniranje infekcije ljudi patogenima, a naročito njihovim cističnim oblicima koji dugo preživljavaju u hrani. Najugroženiji su predstavnici instiktoterapije koji konzumiraju sirove (sveže) i nekuvane namirnice (Baltić, 1991). Za parazitarnu infekciju ljudi, karakteristično je da često ostaju nedijagnostikovane zbog manje specifičnih simptoma bolesti. Potrošači koji se prvi put susreću sa nekim parazitom mogu imati ozbiljne zdravstvene probleme usled parazitarnih infekcija, a naročito su ugrožene imunodeficitarne osobe (Baltić i Teodorović 1997; Orlandi i sar., 2002). Kod sirove, odnosno nedovoljno ili neadekvatno

toplotno obrađene ribe, ne dolazi do inaktivacije parazita. Zamrzavanjem na  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  sedam dana ili na  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  za oko 24 sata se inaktiviraju paraziti pa se takva riba posle odmrzavanja može jesti sirova. Postupci soljenja i salamurenja mogu umanjiti opasnost od parazita pod uslovom da su ti postupci vremenski dovoljno dugi. Međutim, ovim postupcima se paraziti ne eliminišu, a samim tim ni opasnost po zdravlje ljudi. Paraziti koji mogu da izazovu oboljenja ljudi, a prenose se preko ribe, klasifikuju se kao helminti ili parazitski crvi. Podeljeni su u klase nematoda, cestoda i trematoda (Baltić i sar., 2009 a).

#### a) Nematode

Postoje brojne vrste nematoda kod riba, a najpoznatije su: *Anisakis spp.*, *Capillaria spp.*, *Gnathostoma spp.* i *Pseudoteranova spp.* koje se mogu naći u mesu, jetri i potrbušinama morskih riba. Infektivni oblik nematoda inaktiviraju se zagrevanjem ( $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  za jedan minut) ili zamrzavanjem ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  za 24 sata), pod uslovom da se ove temperature postignu u svim delovima ribe (Baltić i Teodorović, 1997; Alidiciana i sar., 2008).

#### b) Cestode

Cestode spadaju u vrste pantljičara, a najčešće se vezuje za ribu *Dibothriocephalus latus*. Oboljenja kod ljudi izazvana cestodama nastaju posle konzumacije sirove, odnosno neprerađene ribe. Ovaj parazit se kao i kod nematoda, inaktiviraju zamrzavanjem, odnosno toplotnom obradom (Muller, 2002; Chai i sar., 2005).

#### c) Trematode

Trematode (pljosnati crvi) su najčešći uzrok oboljenja ljudi izazvanih parazitima prisutnim u ribi, a u najvažnije uzročnike oboljenja ubrajaju se rodovi *Clonorchis* i *Ophistorchis* (metilji jetre), *Paragonimus* (metilj pluća), kao i *Heterophyes* i *Echinochasmus* (metilj creva). Kao kod cestoda i nematoda, do oboljenja ljudi dolazi usled konzumiranja sveže, nedovoljno termički obrađene ribe koja sadrži infektivne oblike ovih parazita (Hong, 2003; Chai, 2005).

### 2.5.2. Riba kao uzročnik oboljenja ljudi – hemijske opasnosti

Proučavanja toksičnih elemenata u rekama, jezerima, ribama i sedimentima, bila su glavna tema istraživanja o životnoj sredini krajem devedesetih godina prošlog veka i početkom ovog (Elbaz-Poulichet i sar., 1996; Bortoli i sar., 1998; Grosheva i sar., 2000). Sediment je važan matriks u kome su prisutne značajne količine zagađivača kao

što su pesticidi, toksični elementi i dr. Direktni transfer zagađivača iz sedimenta u vodene organizme smatra se glavnim putem, tj. načinom prelaska zagađivača u mnoge vodene vrste (Zoumis i sar., 2001; Cole i sar., 2009; Vallod i Sarrazin, 2010; Đinović i sar., 2010), dok dalja konzumacija ribe predstavlja uzrok oboljenja kod ljudi. Riba i proizvodi od ribe su u značajnoj meri podložni hemijskoj kontaminaciji ubikvitarnim zagađivačima kao što su teški metali i polihlorovana organska jedinjenja. Zbog ovoga, konzumacija ribe se smatra jednim od najznačajnijih izvora izloženosti navedenim kontaminantima (Janković i sar., 2012). U najpoznatije i najčešće hemijske zagađivače koji ulaze u lanac ishrane spadaju organski zagađivači, teški metali i antibiotici.

#### *Organski zagađivači*

Organohlorni pesticidi (Organochlorine Pesticides, OCP) i polihlorovani bifenili (Polychlorinated Biphenyls, PCB) dospevaju u životnu sredinu kao posledica primene u poljoprivredi i industriji (Nie i sar., 2012; Meng i sar., 2013). Iako je njihova proizvodnja i upotreba zabranjena ili ograničena, krajem 80-ih godina prošlog veka mnoga istraživanja ukazuju na to da su OCP i PCB jedinjenja još uvek prisutna u različitim delovima životne sredine kao što su voda, vazduh i zemljište (Loganathan i Kannan, 1994; Castro-Jimenez i sar., 2011; Barakat i sar., 2013). Stepen kontaminacije izlovljene ribe (Janković i sar., 2002) može da ukaže na njenu higijensku ispravnost i zabrani ili dozvoli ograničeno korišćenje kontaminiranih vrsta riba u ishrani potrošača (Dewailly i sar., 2007).

Brojni podaci iz literature ukazuju na prisustvo antropogenih zagađivača, kao što su perzistentni organski zagađivači (Persistent Organic Pollutants, POP's) u vazduhu, zemljištu i vodi (Baldassarri i sar., 2007), koji mogu da uslove različite toksične efekte kod ljudi kao što su reproduktivna disfunkcija, smanjenje imuniteta, povećanje incidence kancera itd. (Jepson i sar., 2005; Ylitalo i sar., 2005; Đinović i sar., 2010).

POP's su složena organska jedinjenja velike molekulske mase, koja, često, sadrže halogene elemente, uglavnom hlor. Na osnovu strukture molekula, POP's jedinjenja se mogu podeliti na policiklične aromatične ugljovodonike (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH), i halogenovane ugljovodonike, kao što su OCP, PCB, dioksini itd. Ova jedinjenja spadaju u toksična jedinjenja koja imaju značajnu fotolitičku, biološku i hemijsku stabilnost. Slabo su rastvorljiva u vodi, a veoma dobro u mastima, tako da se lako transportuju kroz fosfolipidne strukture bioloških membrana, nakon čega se deponuju u masnom tkivu (Naso i sar., 2005; Đinović i sar., 2010).

Preko vazduha, vode i migratorskih vrsta, transportuju se na velike razdaljine, daleko od mesta nastanka, gde dolazi do njihove bioakumulacije i biomagnifikacije u lancu ishrane (Trbović i sar., 2011; Babut i sar., 2012; Shoiful i sar., 2013). Na taj način mogu negativno uticati na zdravlje ljudi (Baldassari i sar., 2007; Shi i sar., 2013). Izloženost stanovništva organohlorim zagađivačima je najveća preko hrane, a oko 90% ovih zagađivača se unosi u organizam čoveka konzumiranjem prehrambenih proizvoda životinjskog porekla, pre svega ribe (Baldassari i sar., 2007; Cole i sar., 2009). Akumulacija OCP i PCB jedinjenja u ribama zavisi od različitih faktora, pre svega od zagađenja životne sredine ovim organohlorim jedinjenjima, zatim od bioloških faktora, kao što su vrsta ribe, starost, veličina, njihovo fiziološko stanje, te od vremenskih prilika u pojedinim geografskim oblastima (Fisk i sar., 2001; Borga i sar., 2004; Eqani i sar., 2013) kao i od mesta ribe u lancu ishrane i sadržaja lipida u njima (Roche i sar., 2000; Zhou i Wong, 2004). Monitoring vodenih ekosistema, kako otvorenih voda tako i akvakulturnih objekata, u pogledu kontaminacije POP's jedinjenjima predstavlja veoma bitan faktor u obezbeđivanju higijenski ispravne hrane, odnosno ribe, i očuvanju zdravlja potrošača.

#### *Teški metali*

Praćenje zagađenja zemljišta, sedimenta i vodenih resursa mikroelementima i teškim metalima veoma je važno s obzirom na njihovu toksičnost, perzistentnost i bioakumulativnu prirodu. Istraživanja u ovom pravcu su posebno važna ukoliko se akvakulturni objekat nalazi u blizini neke industrijske zone. Ljudi su koristili teške metale u različitim oblastima hiljadama godina, ali se njihova upotreba menjala, kao i svrha korišćenja. Uticaj njihove upotrebe na kontaminaciju životne sredine, a samim tim i potencijalne zdravstvene poteškoće može se svesti na najmanje dva različita načina. Usled ljudskog tj. antropogenog doprinosa dolazi do akumulacije teških metala u životnoj sredini, odnosno menja se njihov udeo u vazduhu, vodi, zemljištu i hrani. Sa druge strane dolazi do promene forme teških metala u životnoj sredini, odnosno, prevođenja neorganske, u organsku (biohemijisku) formu (Beijer i Jernelov, 1986).

Iako su štetni efekti teških metala po zdravlje ljudi poznati već duže vreme, ekspresija ljudi ovim metalima se i dalje nastavlja. Primećeno je da je u nekim delovima sveta povećano izlaganje ovim kontaminantima, posebno u manje razvijenim zemljama, dok su emisije u većini razvijenih zemalja opale u poslednjih sto godina (Jarup, 2003). Zahvaljujući svojoj toksičnosti i sklonosti da se akumuliraju u vodi i sedimentu, kada se

teški metali i metaloidi jave u većim koncentracijama, postaju jaki otrovi za sve žive organizme (Has-Schon i sar., 2006).

Nivo bioakumulacije teških metala u tkivima riba je pod uticajem biotičkih i abiotičkih faktora, kao što su biološka staništa riba, hemijska forma metala u vodi, temperatura vode, pH vrednost, koncentracija rastvornog kiseonika, kao i pol, starost, telesna masa i fiziološko stanje ribe (Morgan i Stumm, 1991; Has-Schon i sar., 2006). Povećane koncentracije metala, uglavnom žive, olova i kadmijuma su zabeležene kod slatkovodnih riba u otvorenim vodama, što je verovatno posledica vrlo bitne činjenice da su koncentracije metala u vodi u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijama istih u tkivu riba (Svobodova i sar., 1996). Katastrofa u Minamati (Japan), kada je utvrđen visok sadržaj metil-žive kod riba, inicirao je mnogobrojne studije ispitivanja uticaja efekata teških metala prisutnih u svežoj ribi na ljudsko zdravlje. Mnogobrojni radovi sugerišu da visok sadržaj žive u ribi može umanjiti kardiozaštitni efekat uzimanja ribe (Salonen i sar., 2000; Guallar i sar., 2002; Yoshizawa i sar., 2002). Kadmijum, olovo i arsen su takođe povezani sa ozbiljnim štetnim efektima po zdravlje dece i odraslih. Mnogobrojna istraživanja ukazuju na povećani nivo ovih metala u različitim vrstama ribe izvan dozvoljenih količina (Abernathy i sar., 2003; Burger i Gochfeld 2005; Andreji i sar., 2006; Falcó i sar., 2006; Has-Schön i sar., 2006) što pokazuje da preči neminovna opasnost po zdravlje ljudi.

#### *Antibiotici*

Antibiotici spadaju u jedinjenja koja suzbijaju rast svih mikroorganizama. Prvi korišćeni antibiotici bili su i sami produkti mikroorganizama (penicilin), a novije generacije antibiotika su sintetisane hemijskim putem. Spadaju u lekove koji se svakodnevno koriste u suzbijanju infekcija ili stimulaciji rasta životinja i kao takvi potencijalna su opasnost po životnu sredinu. Njihova upotreba regulisana je zakonskom regulativom, s tim da se rezidue antibiotika (ostaci ili metaboliti antibiotika) deponuju u ćelijama, tkivima i organima životinja i nakon njihove upotrebe u terapijske svrhe mogu se naći u namirnicama za ljudsku upotrebu (meso, med, proizvodi prerade ovih namirnica).

U skorije vreme, preterana upotreba antibiotika u humanoj i veterinarskoj medicini dovela je do pojave rezistentnih bakterija na različite vrste lekova (Sofos, 2008;. Tohidpour i sar., 2010;. Bošković i sar., 2013). Jedno od mogućih rešenja ovog nekonvencionalnog rastućeg problema može biti i upotreba alternativnih rešenja (probiotici, prebiotici, fitobiotici) u medicinske svrhe (Najafian i Babji, 2012).

## 2.6. TEŠKI METALI I METALOIDI

### 2.6.1 Olovo

Olovo (Pb) je teški metal plavkastosive boje, poznat od davnina, a u prirodi se obično nalazi u kombinaciji sa dva ili više elementa sa kojima formira jedinjenja (Agency for Toxic Substance and Disease Registry ATSDR, 2005). Još u staroj Grčkoj, olovo je označeno kao opasnost za rudare i radnike koji obrađuju ovaj metal. Retko se nalazi u prirodi u čistom obliku, već se javlja u obliku sulfida (PbS) u mineralu galenit. Olovo se smatra jednim od glavnih zagađivača spoljašnje sredine.

#### **Prisustvo olova u životnoj sredini**

Najznačajniji izvori kontaminacije životne sredine olovom su metalurški kombinati, tekstilna industrija, industrija proizvodnje akumulatora, olovni aditivi benzina (tetraetil-olovo), olovne boje, kao i insekticidi pravljeni na bazi olovo arsenata.

#### **Izvori zagađenja olovom**

**Vazduh** – Emisija olova u atmosferu je od posebnog značaja, s obzirom na to da je atmosfera početni recipijent za veliki deo olova koji se oslobađa u životnu sredinu. Stalni izvori olova se nalaze blizu topionica kao i industrijskih postrojenja koja se bave proizvodnjom produkata koji sadrže olovo (Teodorović i Dimitrijević, 2011). Olovo u atmosferu dospeva i spaljivanjem otpada (Biswas i sar., 1992). Smatra se da su prirodne emisije ovog metala u atmosferu iz vulkana i prašine od manjeg značaja (Environmental Protection Agency EPA, 1986).

Dodavanje olova u sve vrste goriva u SAD je zabranjeno od 1996. god., tako da od tada emisije olova iz izduvnih gasova motornih vozila više ne predstavljaju dominantan izvor ovog elementa u atmosferi. Emisije poreklom iz boja na bazi olova često su ograničene na prostor u neposrednom okruženju obojenih površina. Oštećenje boje ili njeno uklanjanje može da rezultuje visokim lokalnim koncentracijama olova u zatvorenom prostoru (Teodorović i Dimitrijević, 2011).

**Voda** – Industrija čelika i gvožđa, kao i proizvodnja olova predstavljaju najznačajnije izvore emisije olova u vodi (EPA, 1982). U vodenom sistemu olovo se može naći i usled površinske erozije tla i atmosferskog taloženja. U područjima gde su učestale kisele kiše, aciditet pijaće vode se povećava, a kao posledica nastaje oslobađanje olova iz vodenih sistema (McDonald, 1985). U površinskoj vodi olovo se nalazi u malim koncentracijama, osim ako se ne radi o zagađenom području. U prečišćenim vodama koncentracija olova je niža nego u sirovoj vodi, ali postoje i obrnuti slučajevi - kada

olovo poreklom iz starih vodovodnih instalacija može kontaminirati vodu za piće. Na migraciju olova u vodu, pored nižeg pH utiče i smanjena tvrdoća vode.

**Zemljište** – Kontaminacija zemljišta olovom uglavnom je antropogenog porekla, pri čemu su glavni izvori rudnici i topionice, otpadni muljevi, izduvni gasovi i olovo arsenat ( $PbAsO_4$ ) koji se koristi u voćnjacima za suzbijanje insekata (Kastori, 1997).

#### **Ekotoksikološki uticaj olova**

Usled raširene upotrebe i proizvodnje, olovo može da kontaminira životnu sredinu i uđe u lanac ishrane preko namirnica biljnog i životinjskog porekla. Tokom proteklih decenija, sadržaj olova u hrani je značajno opao zahvaljujući postignutim rezultatima vezanim za smanjenje emisije Pb. Nivoi zaštite životne sredine su porasli više od 1.000 puta u poslednja tri veka i rezultat su ljudske aktivnosti, i najveći rast je zabeležen između 1950. i 2000. godine (ATSDR, 2005).

Glavni način izlaganja olovu za ljudsku populaciju su hrana i vazduh. Olovo i njegova jedinjenja su izuzetno otrovna i predstavljaju glavnu pretnju zdravlju životinja i čoveka, a lako prodiru u organizam kroz kožu, usta i organe za disanje.

Za olovo je karakteristično da je problem kontaminacije vezan, pre svega, za kontaminaciju vazduha. Olovo u obliku čestica i aerosola u vazduhu, apsorbuje se u respiratornom traktu i do 40%. Ulaskom u lanac ishrane olovo se biomagnifikuje na raznim trofičnim nivoima. Nakon ingestije olova iz spoljašnje sredine kod ljudi se resorbuje samo 5-10% od unete količine (Teodorović i Dimitrijević, 2011). Apsorpcija olova unetog putem hrane u velikoj meri zavisi od nivoa prisutnosti drugih metala kao što su kalcijum, gvožđe i cink (Goyer, 1995). U hrani je olovo prisutno u niskim koncentracijama, a najveću koncentraciju sadrže iznutrice i telo mekušaca. Kontaminacija hrane tokom obrade ili proizvodnje hrane u kontaminiranim područjima, glavni su razlozi za pojačan unos olova preko namirnica (Sabine i sar., 2011).

Nagomilavanje olova u organizmu ljudi je progresivno, budući da je količina olova u kostima ljudi nađenim iz osamnaestog veka iznosila 10 ng/g, a u kostima iz prošlog veka čak 200 ng/g (Rabinowitz i Needleman, 1983).

Olovo iz ambalaže (paste za zube, limena ambalaža namirnica) takođe predstavlja opasnost po zdravlje čoveka, a posebno u slučajevima kada se kiselo povrće nalazi u limenoj ambalaži (Underwood, 1977; Klaasen i sar., 1986).

U duvanu, olovo se nalazi u koncentracijama od približno 2,5-12,2  $\mu\text{g}$ /cigareti, pri čemu može biti inhalirano 2-6% (WHO, 1977).



Biljke slabo usvajaju olovo u neorganskom obliku, dok su organska jedinjenja olova, alkilni derivati, mobilni ne samo u zemljištu već i u biljkama, te se često nakupljaju u reproduktivnim organima (semenu pšenice) (Kastori, 1997).

U morskim i slatkovodnim ribama akumulacija olova je neznatna, zbog čega se olovo ne smatra opasnim za čoveka upotrebom ribe u ishrani, osim u slučajevima velikih i vanrednih zagađenja. I pored činjenice da se organska jedinjenja olova u vodenoj sredini retko akumuliraju u značajnim količinama, treba naglasiti da su ova jedinjenja visokotoksična i da predstavljaju opasne kontaminante (Marković i sar., 1996). Olovo i njegova jedinjenja su manje toksična za vodene nego za kopnene ekosisteme.

U domaćinstvu trovanja olovom nastaju pri dugotrajnoj upotrebi olovnih sudova za spravljanje i čuvanje hrane, kao i prilikom unošenja pesticida na bazi olova preko zagađene hrane.

### **Toksičnost olova**

Olovo je otrovan, bioakumulativni teški metal, bez poznate biološke funkcije (Jović, 2013). Akumulira se u ljudskom telu i predstavlja ozbiljan rizik po zdravlje stanovništva. Za otrovnost, odnosno toksičnost olova, čija je proizvodnja počela još pre 4.500 godina u topionicama srebra znali su još stari grčki i arapski lekari. Prvo trovanje olovom, pod nazivom *plumbismus* opisao je grčki pesnik i lekar Nikander pre više od 2.000 godina.

Smatra se da je trovanje olovom (nastalo kao rezultat konzumiranja vode kontaminirane ovim metalom ili konzumiranje vina iz pehara izrađenih od olovnih legura) bio jedan od razloga propasti Rimske imperije, budući da je unošenje olova bio uzrok nastanka encefalopatije i poremećenog mentalnog zdravlja imperatora Klaudija (54. g.n.e.) i Nerona (68. g.n.e.) (Velev i sar., 2009).

Olovo je sistemski otrov koji oštećuje razna tkiva. Smatra se da olovo potiskuje druge metale iz raznih metaloenzima i na taj način direktno dovodi do inhibicije enzima. Pokazuje visok afinitet vezivanja za tiolne grupe i na taj način može da inaktivira enzime, posebno one koji su uključeni u sintezu hema, kao što su gama-aminolevulinska kisela dehidrataza i ferohelataza (Gwaltney - Brant, 2002). Sa druge strane, olovo pokazuje veći afinitet od kalcijuma za protein kalmodulin, a može da zameni kalcijum i u nekoliko njegovih receptora, čime se blokira transport kalcijuma (Simons, 1986; Goyer, 1997; Bridges i Zalups, 2005). Interakcija između olova i kalcijuma dokazuje da je apsorpcija olova obrnuto proporcionalna količini kalcijuma u ishrani, na osnovu čega

može da se zaključi da mali unos kalcijuma može dovesti do većih koncentracija olova u krvi (Bogden i sar., 1992). Olovo, takođe, izaziva snažno povećanje permeabilnosti membrane, brz gubitak kalcijuma iz eritrocita i opadanje intracelularnog adenozin-trifosfata (ATP).

Posle resorpcije, olovo se akumulira u visokim koncentracijama u kostima, zubima, jetri, plućima, bubrezima, mozgu i slezini, a prolazi i kroz krvno-moždanu barijeru i posteljicu (Goyer i Clarksom, 2001; Gwaltene-Brant, 2002). U koštanom tkivu se akumulira oko 90% olova u odnosu na ceo organizam u obliku nerastvorljive soli  $Pb_3(PO_4)_2$ . Najmanje količine olova prisutne su u mišićnom i nervnom tkivu. Koncentracija olova u kostima raste sa starošću, dok se koncentracija u mekim tkivima održava relativno stabilno tokom života. Koštani depoi imaju veliki toksikološki značaj, s obzirom na to da u određenim momentima pada imuniteta organizma, mogu dovesti do mobilizacije olova iz kostiju i prelazka u cirkulaciju (Mikov, 1985).

Najizraženiji efekat toksičnog dejstva olova ispoljava se na nervni sistem u razvoju, hematološki, kardiovaskularni sistem i na bubrege (ATSDR, 2005). Klinički simptomi trovanja su mnogobrojni i odnose se na anemiju, oštećenje mozga, jetre i bubrega, gubitak apetita, pojavu glavobolja, razdražljivosti kao i simptome vezane za nervni sistem. Hronična izlaganja, dovode do mogućnosti slabije pažnje, opstipacije, povraćanja, konvulzije, kome i smrti (Jarup, 2003). Dece su posebno osetljiva na toksična dejstva olova, s tim da je najosetljiviji nervni sistem (Goyer, 1993; Goyer i Clarksom, 2001; Jarup, 2003). Trovanje olovom kod dece može izazvati povraćanje, razdražljivost, anoreksiju i encefalopatiju sa letargijom, a u težim slučajevima dolazi do poremećaja ponašanja, posebno konfuzije, psihoze i agresije (Bellinger i sar., 1992; Gwaltene-Brant, 2002; Jarup, 2003; ATSDR, 2005). Biološki poluživot olova znatno je veći kod dece nego kod odraslih. Procenjeno je da olovo u krvi ima poluživot od 35, u mekom tkivu 40 dana, a u kostima 20-30 godina (Papanikolau i sar., 2005).

Sadržaj olova u krvi ukazuje na akutnu izloženost olovu, dok prisustvo olova u kostima (kod odraslih 90-95%, a dece 80-95% unetog olova) označava hroničnu izloženost (Kakkar i Jafferi, 2005).

Glavni put izlučivanja apsorbovanog olova je urinarni trakt, s tim da olovo može da se izluči i putem žuči kroz gastrointestinalni trakt. Nešto manje količine se mogu izlučiti preko kože, sluzokože, pljuvačnih, znojnih i mlečnih žlezda (Mikov, 1985; Kastori, 1997; Goyer i Clarksom, 2001).

Svetska zdravstvena organizacija (WHO) i Svetska organizacija za hranu i poljoprivredu (FAO) propisale su privremeno tolerantan nedeljni unos (Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI) olova od 25 µg/kg telesne mase, odnosno 1750 µg olova nedeljno za čoveka prosečne težine 70 kg (FAO/WHO, 2014).

Na osnovu Pravilnika o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja („Službeni glasnik RS“, br. 29/2014, 37/2014 – isp., 39/2014 i 72/2014), maksimalno dozvoljena koncentracija za olovo u mesu riba iznosi 0,3 mg/kg.

### **2.6.2. Kadmijum**

Kadmijum (Cd) je otkriven 1817. godine i pripada grupi prelaznih metala. U prirodi se javlja u rudama cinka, bakra i olova. U elementarnom obliku kadmijum se ne rastvara u vodi, dok se u obliku svojih soli hlorida, nitrata i sulfata rastvara. U Zemljinjori kori se nalazi u količinama od 0,1-0,5 ppm.

#### **Prisustvo kadmijuma u životnoj sredini**

Prirodna emisija kadmijuma je rezultat vulkanskih erupcija, šumskih požara, formiranja aerosola morske soli, kao i drugih prirodnih fenomena. Poslednjih godina uočen je porast upotrebe kadmijuma u industrijskim procesima, usled čega se sve češće javlja u životnoj sredini. Glavni antropogeni izvori kadmijuma su prerada obojenih metala, proizvodnja i primena fosfatnih đubriva, sagorevanje fosilnih goriva, odlaganje otpada, proizvodnja alkalnih baterija, akumulatora, plastike, stakla, pigmenata, raznih legura i dr. Pojava kadmijuma u životnoj sredini uslovljava zagađenje voda i zemljišta, da bi preko korena biljaka, kadmijum ušao u lanac ishrane (ATSDR, 2008).

Postoje procene da se svake godine 30.000 t kadmijuma oslobađa u životnu sredinu, a od toga je 4.000-13.000 t rezultat ljudske aktivnosti (ATSDR, 2003a).

#### **Izvori zagađenja kadmijumom**

**Vazduh** – Kadmijum prisutan u atmosferi može u nju dospeti iz prirodnih i antropogenih izvora. Prirodni izvori kadmijuma su vulkanske erupcije, čestice prašine i druge prirodne pojave (EPA, 1985a).

Antropogeni izvori kadmijuma mogu biti industrijska postrojenja (topionice cinka, bakra, olova i kadmijuma), kotlovi sa pogonom na ugalj i naftu, industrija gume, kao i primena đubriva i fungicida (EPA, 1985b). Nafta i ugalj koji se koriste kao

pogonsko gorivo u fabrikama čine skoro polovinu emitovanog kadmijuma u atmosferu (Thornton, 1992).

**Voda** – Najznačajniji izvori kontaminacije vode kadmijumom su industrijska postrojenja, pogoni za topljenje metalnih ruda, fabrike za proizvodnju đubriva kao i kadmijum prisutan u atmosferskim padavinama ili u zemljištu (EPA, 1981, 1985a, Muntau i Baudo, 1992; International Agency for Research on Cancer IARC, 1993).

Sadržaj kadmijuma u površinskim i podzemnim vodama procenjen je na manje od 1 ppb (Elinder, 1992), i njegova koncentracija u vodi je obrnuto proporcionalna količini organske materije, kao i pH vrednosti.

**Zemljište** – Glavni vid kontaminacije zemljišta kadmijumom predstavlja otpad koji sadrži visoku koncentraciju kadmijuma (uključujući i baterije). Fosfatna đubriva i talog iz otpadnih voda značajno doprinose dodatnom zagađenju zemljišta kadmijumom (EPA, 1985b; IARC, 1993).

#### **Ekotoksikološki uticaj kadmijuma**

Uopšteno gledano, izloženost ljudske populacije kadmijumu je uslovljena ili hranom i vodom koji su kontaminirani kadmijumom ili prisustvom u vazduhu. Iz vazduha se u organizam kadmijum unosi inhalacijom kontaminiranim česticama iz industrije ili tokom svakodnevnih aktivnosti, među kojima se izdvaja duvanski dim. Udisanje kadmijuma iz duvanskog dima veoma je opasno, zato što se ovaj oblik kadmijuma ( $Cd^{2+}$ ) lako apsorbuje u plućima (Goyer, 1997; Stohs i sar., 1997).

Pušači unose značajnu količinu kadmijuma preko duvanskog dima, oko 90% od ukupnog unosa, dok ostalih 10% otpada na unos kadmijuma disanjem ili preko vode za piće (Vahter i sar., 1991; Olsson i sar., 2002). Za populaciju nepušača, hrana predstavlja najvažniji izvor kontaminacije ovim teškim metalom (Petrović i Janković, 2008; Milijašević i sar., 2012). Kadmijum se u tragovima nalazi u većini namirnica, s tim da se najveća količina deponuje u iznutricama (bubrezi, jetra), školjkama, gljivama, kao i nekim biljkama koje mogu da akumuliraju kadmijum kao što su kakao, pirinač, pšenica i druge žitarice (ATSDR, 2008).

Kadmijum dospeva u biljke ili preko zemljišta koje ga prirodno sadrži ili preko zemljišta zagađenog otpadnim vodama. Može da se akumulira u lišću biljaka, pa samim tim lisnato povrće sa zemljišta, koje je kontaminirano kadmijumom, predstavlja veću opasnost nego semenje ili koren (Alloway i sar., 1990). Koncentracija kadmijuma u biljnom svetu je obično manja od 0,1 mg/kg.

Veći sadržaj kadmijuma utvrđen je u jetri i bubrezima kičmenjaka, u poređenju sa sadržajem kadmijuma koji se nalazi u mesu (Vos i sar., 1990; Sileo i sar., 1985). Povećana koncentracija kadmijuma utvrđena je i kod nekih vrsta riba koje se hrane na dnu (Campbell, 1994). S obzirom na to da je intestinalna apsorpcija kadmijuma niska, biomagnifikacija preko lanca ishrane je od manjeg značaja (Teodorović i Dimitrijević, 2011).

Najčešći izvor zagađenja hrane kadmijumom predstavljaju fosfatna đubriva, zatim oprema koja sadrži kadmijum, a koja se upotrebljava u proizvodnji hrane, kao i stabilizatori koji se koriste u plastičnim materijama koji su u kontaktu sa hranom (Galal-Gorchev, 1993).

Resorpcija kadmijuma iz gastrointestinalnog trakta iznosi svega 5-6%, dok se ostatak eliminiše fecesom. Nivo apsorpcije je obrnuto proporcionalan sadržaju cinka, kalcijuma i gvožđa u hrani. U organizmu se kadmijum vezuje za protein metalotionein, koji je važan transportni i depo-protein za ovaj element. Takođe, ovaj protein učestvuje u detoksifikaciji, jer vezivanjem kadmijuma sprečava njegov toksični efekat. Kadmijum se deponuje u jetri, bubrezima i kostima, sa poluvremenom života u organizmu od 20 godina (Goyer i Clarksom, 2001; Janković i sar., 2013).

Prva karika uključivanja kadmijuma u lanac ishrane su obično plavozelene alge, a preko njih vodeni organizmi putem kojih kadmijum dospeva i u organizam čoveka. Postoje podaci da se ovaj metal akumulira u gotovo svim nivoima lanca ishrane, tako da je prisustvo kadmijuma utvrđeno u zeljastim biljkama, usevima, glistama, živini, preživarima, konjima i divljači (Sileo i Beyer, 1985; Alloway i sar., 1990; Vos i sar., 1990).

### **Toksičnost kadmijuma**

Na osnovu dostupnih informacija (IARC) kadmijum se svrstava u prvu grupu dokazanih karcinogena za ljude (European Food Safety Authority EFSA, 2009). Važno je naglasiti da su sva jedinjenja kadmijuma toksična bilo da su u obliku dima, prašine ili rastvora.

Kadmijum nije esencijalan ni za jedan organizam, i za sada nije poznato da u organizmu sisara ima neku biološku funkciju. U ljudskom organizmu, kadmijum ima tendenciju akumulacije, s tim da se najvećim delom, preko 75%, deponuje u jetri i bubrezima. Pedesetih godina ovog veka, u Japanu je opisano oboljenje poznato kao itai-itai, sa kliničkom slikom oboljenja bubrega, pluća i lomljenja kostiju, za koje je

utvrđeno da je nastalo kao posledica trovanja kadmijumom koji je dospao u organizam konzumacijom pirinča zalivanog otpadnim vodama (Teodorović i Dimitrijević, 2011).

U pogledu kliničke slike trovanja, razlikuju se akutno i hronično trovanje. Simptomi akutnog trovanja kadmijumom su u osnovi slični onim koja izazivaju drugi toksični elementi, i to se pre svega odnosi na oštećenja centralnog nervnog sistema, uz pojavu glavobolje, suvoću grla, kašlja i povraćanje (Teodorović i Dimitrijević, 2011).

Hronično trovanje kadmijumom nastaje obično posle dužeg izlaganja (4-10 godina) dimu ili prašini gde su prisutna jedinjenja kadmijuma. Simptomi su oštećenje bubrega i pluća, poremećaji u funkciji jetre i metabolizma vitamina D, anemija, osteomalacija, osteoporoza, ometanje inkorporiranja kalcijuma u koštane ćelije i sinteza kolagena u koštanim ćelijama, spontane frakture, hipertenzija, rak prostate i pluća, visoka telesna temperatura (Mumtaz; 2002; Teodorović i Dimitrijević, 2011; Janković i sar., 2013). Trovanje kadmijumom kod dece manifestuje se pre svega poremećajima centralnog nervnog sistema sa simptomima neuroloških poremećaja, kao što su smetnje u učenju i hiperaktivnost (Thatcher i sar., 1982). Mehanizmi toksičnog delovanja kadmijuma na molekulskom nivou nisu još u potpunosti razjašnjeni. Poznato je da kadmijum stimuliše lipidnu peroksidaciju i povećava produkciju slobodnih radikala u nekoliko organa, što se uglavnom odnosi na mozak i pluća (Shukla i sar., 1987; Kumar i sar., 1996; Casalino i sar., 2002; Mendez-Armenta i sar., 2007), a prisustvo slobodnih radikala može da dovode do oksidacije nukleinskih kiselina (Hartwig i sar., 2002).

Delovanja kadmijuma, između ostalog, zasniva se i na činjenici da je on konkurentan element cinku koji je značajan za brojne metaboličke procese u organizmu (Leonard 1978; Underwood, 1977). Kadmijum reaguje brzo sa tiolnim grupama i zamenjuje cink u aktivnom centru enzima (Figueiredo-Pereira i sar., 1998) dovodeći do promene u antioksidativnoj enzimskoj aktivnosti.

U literaturi postoje različiti podaci u pogledu kancerogenog, mutagenog i teratogenog delovanja kadmijuma na organizam čoveka (Ronald, 2000), tako da su Svetska zdravstvena organizacija (WHO) i Svetska organizacija za hranu i poljoprivredu (FAO) propisale su privremeno tolerantan nedeljni unos (PTWI) kadmijuma od 7 $\mu$ g/kg telesne mase, odnosno 490  $\mu$ g kadmijuma nedeljno za čoveka prosečne telesne mase 70 kg (FAO/WHO, 2014).

Na osnovu Pravilnika o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja („Službeni

glasnik RS“, br. 29/2014, 37/2014 – isp., 39/2014 i 72/2014), maksimalno dozvoljena koncentracija kadmijuma u mesu riba iznosi 0,05 mg/kg.

### 2.6.3 Živa

Živa (Hg) je sastojak stena i zemljišta i čini 0,1 ppm Zemljine kore. Ovaj toksični metal se u prirodi nalazi u elementarnom stanju ili, što je mnogo češće, vezan u obliku minerala. Rude žive su prisutne u mnogim vrstama stena, a njena koncentracija u sedimentnim stenama i mineralima iznosi 10-50 ng/g. Najveća koncentracija žive se nalazi u mineralu cinabaritu (živin-sulfid) i iznosi 86,2% (Stokinger, 1981). Osim u rudama, ovaj metal se u prirodi javlja kao posledica vulkanske aktivnosti, sagorevanja fosilnih goriva, kao i pod uticajem čoveka.

#### Prisustvo žive u životnoj sredini

Živa spada u najtoksičnije metale u životnoj sredini uključujući litosferu, hidrosferu, atmosferu i biosferu. Zagađenje životne sredine ovim metalom nastaje njegovom emisijom kako prirodnim procesima tako i iz antropogenih izvora. Najvažniji antropogeni izvori zagađivanja živom u okruženju su urbana i industrijska pražnjenja, poljoprivredni materijali, rudarstvo, kao i sagorevanje goriva (Jackson, 1997; Zhang i Wong, 2007).

#### Izvori zagađivanja živom

**Vazduh** – Prisustvo žive i njenih jedinjenja u vazduhu najčešće su posledica vulkanskih erupcija, ali i emisije živinih para iz termoelektrana koje koriste uglj kao gorivo. Prisutna u vazduhu, živa lako ulazi u lanac ishrane jer se putem padavina prenosi na vodene površine i zemljište iz kojih dalje dospeva u vodene životinje (ribe) i biljke, a na kraju i do čoveka. Pirrone i sar. (1996) zaključuju da prirodni, industrijski izvori i recikliranje žive antropogenog porekla, pojedinačno doprinose sa jednom trećinom trenutnog globalnog opterećenja živom u atmosferi. Najveći antropogeni doprinos prisustva žive u atmosferi su rudnici i topionice žive i drugih ruda metalnih sulfida. Blizu 80% antropogenih izvora žive predstavlja oslobađanje elementarne žive u vazduh, sagorevanjem naftnih derivata, iz rudnika, topionica kao i spaljivanjem čvrstog otpada (Stein i sar., 1996).

**Voda** – Veliko prisustvo žive u površinskim vodama posledica je atmosferskog taloženja elementarne žive iz prirodnih ili antropogenih izvora (WHO, 1991). U površinske vode, živa dospeva iz zemljišta putem kišnih padavina, tako da spiranje zemljišta predstavlja važan mehanizam migracije žive u površinske vode (Meili, 1991).

Isto tako i otpad koji je nastao kao rezultat velikog broja industrijskih procesa (kopanje ruda, hemijska industrija, metalurgija) ima bitan udeo u kontaminaciji površinskih voda živom (Dean i sar., 1972). Utvrđeno je da bez obzira na prisustvo ovog elementa u podzemnim vodama, njegov sadržaj u vodi za piće je značajno manji od dozvoljene koncentracije 1 µg/l (WHO, 1991).

**Zemljište** – Atmosfersko taloženje predstavlja indirektan izvor žive u zemljištu i sedimentima kako iz prirodnih tako i iz antropogenih izvora (WHO, 1990, 1991). Odlaganje industrijskog čvrstog otpada, kao i otpada iz domaćinstava (termometri, baterije i električne sijalice) predstavljaju antropogeni izvor kontaminacije živom. Takođe, obradivo zemljište može biti kontaminirano živom usled upotrebe raznih preparata koji sadrže ovaj metal u svom sastavu kao što su organska i neorganska đubriva, fungicidi i kreč (Andersson, 1979).

#### **Ekotoksikološki uticaj žive**

Kao i drugi toksični metali, živa na različite načine kontaminira životnu sredinu i uključuje se u lanac ishrane. Oblik i stanje u kome se ona nalazi u prirodi zavisi od velikog broja faktora, kao što su redoks potencijal i pH sredine. Serija složenih hemijskih transformacija omogućava da se živa u svom ciklusu u okruženju javlja u tri različita oblika (Barbosa i sar., 2001) koji podrazumevaju elementarnu živu, živu koja ulazi u sastav neorganskih jedinjenja kao i organski vezanu živu. Metalni, odnosno redukovani oblik žive je tečan i lako isparava. U parnoj fazi u atmosferi najzastupljeniji oblik žive je njen elementarni oblik ( $\text{Hg}^0$ ) sa 98%; dok je metil-živa ( $\text{CH}_3\text{Hg}$ ) u pogledu toksičnosti najvažniji oblik ovog elementa, kako za žive organizme tako i za životnu sredinu (Jackson, 1997; Goyer i Clarksom, 2001; ATSDR, 2003b).

Lanac kontaminacije živom počinje industrijskom proizvodnjom, pa preko atmosfere, zemljišta i vode, živa dospeva u fitoplankton, zooplankton, ribu i konačno stiže do ljudske populacije (Kadar i sar., 2000). U organizam čoveka živa dospeva najčešće na dva načina, i to konzumacijom ribe i morskih sisara (kitove, foke) ili oslobađanjem elementarne žive iz dentalnog amalgama (Sallsten i sar., 1996; ATSDR, 2003b).

U površinskim vodama i zemljištu živa podleže različitim oblicima biotransformacije. Mikroorganizmi imaju sposobnost da neorganski oblik žive prevedu u mnogo toksičniji organski oblik, metil-živu, koja se lako rastvara i deponuje u masnom tkivu. Na ovaj način, ona se bioakumulira krećući se kroz lanac ishrane u vodenom svetu (Jaeger i sar., 2009; Carrasco i sar., 2011; Gewurtz i sar., 2011). Takođe,



neki kvasci pri niskom pH, imaju sposobnost da metiluju, ali i redukuju jonski oblik žive do elementarne žive (Teodorović i Dimitrijević, 2011).

U vodenim sistemima živa je u većoj meri prisutna u ribama, i to najčešće kao metil-živa (Merritt i Amirbahman, 2009; Ersoy i Celik, 2010). Prisustvo bilo kog oblika ovog metala u ribama predstavlja potencijalnu opasnost po zdravlje ljudi koji ih konzumiraju. Istraživanja su utvrdila tendenciju deponovanja žive u tkivima smuđa, štuke, sabljarke, tune i ajkule koje mogu da sadrže visok nivo metil-žive usled bioakumulacije i biomagnifikacije (ATSDR, 2003b; Janković i sar., 2012).

Bioakumulacija metil-žive u ribama zavisi od trofičnog nivoa (položaj u lancu ishrane), i u pozitivnoj je korelaciji sa starošću i dužinom ribe (Zhang i Wong, 2007). U drugim namirnicama živa je uglavnom prisutna u neorganskom obliku, koji ima manji toksični efekat zbog manjeg stepena akumulacije (Janković i sar., 2012). Upotreba ribljeg brašna u ishrani domaćih životinja može da dovede do dodatnog izlaganja ljudi metil-živi koja se iz ribljeg brašna prenosi u meso i jaja.

### **Toksičnost žive**

Interesovanje za živu datira još od 60-ih godina dvadesetog veka, kada su istraživači u Evropi (Johnels i Vestermark, 1969; Expert Group, 1971) i Severnoj Americi (Wobeser i sar., 1970), ustanovili da uzročnik minamata bolesti (trovanje metil-živom) potiče iz visokog sadržaja žive koja se nalazi u ribama.

Međutim, toksične efekte pokazuju i metalna živa, živine pare i živine soli rastvorljive u vodi. Od neorganskih jedinjenja, živa(II)-hlorid (sublimat) je dobro rastvorljiv u vodi i predstavlja veoma jak otrov za razliku od žive(I)-hlorida (kalomela) koji se praktično ne rastvara, ne apsorbuje i samim tim nije toksičan. Ipak, u digestivnom traktu neka nerastvorljiva jedinjenja mogu preći u rastvorljiva pod uticajem hlorovodonične kiseline (Velev i sar., 2009). Živa je kumulativni otrov, tako da ispoljavanje simptoma trovanja zavisi od učestalosti, odnosno količine unosa (Teodorović i Dimitrijević, 2011).

Živa se intracelularno vezuje za tiolne ostatke proteina, dovodeći do inaktivacije odgovarajućih enzima, kofaktora i hormona (Mathieson, 1995).

Glavni mehanizmi na nivou molekula koji su uključeni u toksičnost metil-žive su inhibicija sinteze proteina i povećanje intracelularnog  $\text{Ca}^{2+}$  sa remećenjem neurotransmiterskih funkcija, izazvane vezivanjem metil-žive za tiolne grupe (Committee on Toxicological Effects, CTE, 2000; Sanfeliu i sar., 2003; Bridges i Zalups, 2005). Hiperprodukcija slobodnih radikala može rezultovati indirektnim

interakcijama metil-žive na kritičnim ćelijskim mestima (Mori i sar., 2007; Costa i sar., 2007).

Gastrointestinalna apsorpcija metil-žive je u rasponu od 90-95%. Na ovaj način apsorbovana metil-živa se transportuje do crvenih krvnih zrnaca, preko kojih se distribuira u celom telu, a izlučuje se putem urina i fecesa. Biološki poluživot metil-žive u ljudskom organizmu je oko 65 dana (Clarkson, 2002; Gwaltney-Brant, 2002).

Trovanje metil-živom uglavnom utiče na nervni sistem, pri čemu je izuzetno toksična za razvoj nervnog sistema dece. Majke koje su izložene metil-živi, mogu da ugroze fetus usled mogućnosti da se metil živa prenese kroz placentu do fetusa u razvoju (Slikker, 1994; Gochfeld, 2003). Mozak fetusa je osetljiviji na oštećenja indukovana živom, nego što je mozak odrasle osobe (Clarkson i sar., 2003). Klinička slika trovanja živom zavisi od prirode jedinjenja, mesta i načina ulaska u organizam, količine i dužine izloženosti. Preovlađuju tri vida kliničkih simptoma: respiratorni (inhalacija živinih para), bubrežni (peroralna ingestija neorganskih soli žive) i nervni (trovanja organskim jedinjenjima žive) (Velev i sar., 2009).

Kod hroničnog trovanja, pored nespecifičnih simptoma u vidu slabosti, malaksalosti, stalnog umora, gubitka apetita i gubitka u težini, dolazi do poremećaja nervnog sistema, sa simptomima ukočenosti u rukama, nogama, teškoća u koordinaciji, koncentričnog suženje vidnog polja, auditivnih simptoma, moždanog udara, demencije i depresije (Jarup, 2003; Morris i sar., 2005). Trovanje metil-živom može da izazove nefrotoksičnost i gastrointestinalnu toksičnost (Stohs i Bagghi, 1995; Gwaltney-Brant, 2002).

Svi oblici žive deluju toksično na većinu organa čoveka (Oliveira i sar., 1987, Aguado i sar., 1989). Organizam brzo apsorbuje živu i skladišti je u jetri, bubrežima, slezini, kostima, zidu tankog creva, mišićima, srcu i plućima, a prodire i u centralni nervni sistem (CNS) gde se deponuje u sivoj moždanoj masi (Himeno i sar., 1986; Mumtaz, 2002).

Za živu se smatra da oštećuje vezu kore velikog mozga sa talamusom i hipotalamusom. Iz organizma se eliminiše preko pluća, bubrega, jetre, sluzokože creva, pljuvačnim i znojnim žlezdama (Mikov, 1985).

Oralni unos malih količina rastvora živinih soli može dovesti relativno brzo do letalnog ishoda. Inhalacija većih količina živinih para, isto tako, izaziva iritaciju respiratornog trakta, poremećaje digestivnog trakta, kao i oštećenje bubrega i sl. (Teodorović i Dimitrijević, 2011).

U monitoringu izloženosti ljudi živom najčešće se kao uzorak za dijagnostiku koriste krv i dlaka, dok urin može biti pokazatelj izloženosti živi vezanoj za profesiju (EPA, 1996).

Svetska zdravstvena organizacija (WHO) i Svetska organizacija za hranu i poljoprivredu (FAO) propisale su privremeno tolerantan nedeljni unos (PTWI) žive od 5 µg/kg telesne mase, odnosno 350 µg žive nedeljno za čoveka prosečne telesne mase 70 kg (FAO/WHO, 2014).

Na osnovu Pravilnika o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja („Službeni glasnik RS“, br. 29/2014, 37/2014 – isp., 39/2014 i 72/2014), maksimalno dozvoljena koncentracija za živu u mesu riba iznosi 0,5 mg/kg dok za ribu koja duže živi iznosi 1 mg/kg.

#### **2.6.4. Bakar**

Bakar (Cu) spada u mikroelemente neophodne za pravilno odvijanje procesa metabolizma u organizmima ljudi i životinja. Mikroelementi, uključujući i bakar, jesu nutritivne materije koje su od suštinskog značaja za različite biohemijske funkcije u organizmu. Potrebno je da bakar u ishrani bude zastupljen u dovoljnim količinama, zato što on ima veoma važnu ulogu u očuvanju zdravlja, utiče na reprodukciju, te na iskoristivost gvožđa i neophodan je sastojak fiziološki važnih metaloenzima (Šefer, 2008). Spada u metale I b grupe Periodnog sistema elemenata i poznat je od davnina. Široko je rasprostranjen u prirodi i nalazi se najčešće u obliku svojih minerala halkopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), kuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) i azurita ( $2\text{CuCO}_3 \times \text{Cu(OH)}_2$ ) mada ga ima i u elementarnom stanju. Prosečna koncentracija bakra u Zemljinoj kori je 50 ppm, dok je u zemljištu 15 ppm (Jović, 2013).

#### **Funkcija bakra u organizmu**

Bakar je funkcionalni sastojak svih ćelija i ima veliki uticaj na aktivnost proteina i enzima (Mumtaz, 2002). Ovaj element ima važnu ulogu kao kofaktor enzima (tirozinaza, citohromoksidaza, lizil-oksidaza, superoksid-dismutaza) koji su uključeni u metabolizam glukoze, sintezu hemoglobina, mioglobina, antitela, vezivnog tkiva i fosfolipida, procese respiracije kao i pigmentaciju i keratinizaciju dlake i vune (Linder i Hazegh-Azam, 1996; Ward i Spears 1997; Šefer, 2008).

### **Prisustvo bakra u životnoj sredini**

Bakar dospeva u životnu sredinu najčešće iz industrijskih postrojenja za preradu njegovih ruda, mada se bakar iz Zemljine kore, emituje i iz prirodnih izvora putem vulkanskih erupcija. U atmosferu se oslobađa u obliku čvrste materije ili za nju adsorbovan. Najveći deo bakra koji se istaloži iz atmosfere u vodu, sedimente ili u zemljište, vezuje se za organsku materiju, glinu ili hidrate gvožđa i okside mangana (EPA, 1979; Fuhrer, 1986).

### **Izvori kontaminacije bakrom**

**Vazduh** – Vazduh može da se kontaminira bakrom iz prirodnih i antropogenih izvora. Najveći izvori bakra koji dospevaju u atmosferu su šumski požari, vulkanske erupcije i biogeni procesi (WHO, 1998). Najčešći antropogeni izvori emisije bakra u atmosferu jesu prerada metala, proizvodnja drveta, gvožđa i čelika, sagorevanje uglja, proizvodnja fosfatnih đubriva kao i prerada otpada. Procenjuje se da se samo 0,04% bakra oslobođenog u okolinu emituje u vazduh (Perwak i sar., 1980).

**Voda** – U prirodi, bakar se nalazi u zemljištu, preko koga dospeva u vodene tokove prirodnim spiranjem ili usled antropogenih uticaja. Bakar je široko rasprostranjen u vodi s obzirom na to da se normalno javlja u prirodi. Toksičnost bakra je veća u kiselim, nego u baznim vodama, jer se količina slobodnih jona povećava pri niskim pH vrednostima (Marković i sar., 1996). Takođe, povećane koncentracije bakra u pijaćoj vodi mogu nastati usled rastvaranja bakra iz cevi u cevovodima (Strain i sar., 1984).

**Zemljište** – Smatra se da 97% bakra iz svih izvora primarno dospeva u zemljište (Perwak i sar., 1980). Sadržaj bakra u zemljištu može biti mnogo veći u blizini izvora emisije bakra kao što su rudnici ili topionice (Davies, 1985). Sediment je važan rezervoar bakra. U oblastima u kojima nema poznatog antropogenog izvora ovog teškog metala, koncentracija u sedimentu je manja od 50 ppm bakra. U kontaminiranim područjima ova vrednost može dostići i nekoliko hiljada ppm (Harrison, 1984).

### **Ekotoksikološki uticaj bakra**

Zbog velike rasprostranjenosti u prirodi i česticama vazduha, izlaganje bakru putem inhalacije je česta pojava (EPA, 1987a). Osim pijaće vode, konzumacija hrane je drugi važan način unošenja bakra u organizam. Ovaj element može dospeti u hranu kontaminacijom životne sredine, đubrenjem useva i usled primene pesticida na bazi bakra koji se najčešće koriste u biljnoj proizvodnji u nekim zemljama (Onianwa i sar.,

2001). Velika primena bakra je u borbi protiv štetočina, gde je on sastavni deo mnogobrojnih fungicida, baktericida i herbicida (Provenzano i sar., 2010).

Pri kombinovanom delovanju bakra i olova, kao i bakra i kadmijuma prisutan je antagonizam u njihovom uticaju na biljke, dok u slučaju delovanja bakra i nikla dolazi do sinergističkog delovanja.

Prema (Food and Drug Administration, FDA) najveće koncentracije bakra se mogu naći u jetri životinja, nekim žitaricama, orasima i mahunastim plodovima, kao i avokadu i pečurkama (Teodorović i Dimitrijević, 2011). Osobe koje redovno konzumiraju iznutrice (jetru, bubrege), orahe, semenje (uključujući kakao), leguminoze, mogu uneti veću količinu bakra. Osobe koje često koriste ostrige ili mekušce u ishrani takođe mogu da povećaju unos bakra (Perwak i sar., 1980).

### **Toksičnost bakra**

Trovanje bakrom kod ljudi retko se dešava jer bakar i njegove soli deluju kao jaka emetična sredstva tj. izazivaju povraćanje (Kastori, 1997). U elementarnom obliku, bakar nije toksičan, ali neke od njegovih soli jesu (Mumtaz, 2002). Ipak, akutna trovanja bakrom izazivaju simptome mučnine, povraćanja i bolove u mišićima (Olivares, 1996). Unet u većim koncentracijama, bakar izaziva vrtoglavice, dijareju, hemolitičku anemiju, neurološku i bubrežnu disfunkciju, cirozu jetre, hipertenziju, dermatitis i niz neuroloških poremećaja (Mumtaz, 2002; Storelli i sar., 2007).

### **Deficit bakra**

Deficit zbog apsolutno niskih količina bakra u hrani (< 3ppm) je vrlo redak, a znatno je češći granični deficit bez jasno izražene kliničke manifestacije. U praksi je češći slučaj uslovnog deficita bakra u hrani (6-16 ppm) pri čemu zadovoljavajuće količine bakra nisu dovoljno iskoristive usled prisustva drugih sastojaka sa kojima je u antagonističkom odnosu (Mo, Fe, S, Zn, Pb, Cd) (Šefer, 2008). U organizmu odraslog čoveka, bakar se nalazi u količini 100-150 mg, a njegov nedostatak u ishrani prouzrokuje anemiju, narušava sintezu fosfatida i dolazi do smanjenja aktivnosti citohromoksidaze (Teodorović i Dimitrijević, 2011). Nedostatak bakra takođe dovodi do depresije, depigmentacije, demineralizacije kostiju, poremećaja u varenju, a može da poveća i rizik od razvoja koronarne srčane bolesti (Olivares, 1996; Onianwa i sar., 2001).

Svetska zdravstvena Organizacija (WHO) i Svetska organizacija za hranu i poljoprivredu (FAO) propisale su privremeno maksimalni tolerantan nedeljni unos (Provisional Maximum Tolerable Daily Intake, PMTWI) bakra od 3,5 mg/kg telesne

mase, odnosno, 245 mg bakra nedeljno za čoveka prosečne telesne mase 70 kg (FAO/WHO, 2014).

Na osnovu Pravilnika o kvalitetu hrane za životinje („Sl. glasnik RS“ br. 4/2010) potpune smeše za ishranu riba (mlađ šarana i mlađ pastrmke) treba da sadrže najmanje 5 mg/kg bakra.

### **2.6.5. Gvožđe**

Gvožđe (Fe) je esencijalni mikroelement potreban svim živim bićima. Prisutan je u hranljivim materijama biljnog i životinjskog porekla, u pijaćoj vodi i zemljištu. U hrani se nalazi u obliku organskih i neorganskih soli (karbonati, sulfati, sulfidi, hloridi), organskih kompleksa gvožđa poput hema i različitih oblika oksida gvožđa (Šefer, 2008). Biodostupnost gvožđa je usko povezana sa njegovim hemijskim oblikom.

#### **Funkcija gvožđa**

Gvožđe je učesnik mnogih za život esencijalnih funkcija u organizmu, od kojih je najvažnija, prenos kiseonika, koju obavlja u formi hemoglobina (Maughan, 1999; Guyton, 2006; Šefer, 2008). Takođe, sastavni je deo mioglobina, citohroma i enzima mišićnih ćelija, te učestvuje u reakcijama oksidacije potrebnim za proizvodnju energije (Williams 2005; Guyton, 2006; Šefer, 2008).

#### **Prisustvo gvožđa u životnoj sredini**

Gvožđe je jedan od najzastupljenijih elemenata u prirodi. U Zemljinoj kori njegova prosečna koncentracija iznosi 54.000 ppm a u zemljištu 21.000 ppm (Mumtaz, 2002). Sa aspekta biodostupnosti, hrana predstavlja značajan izvor gvožđa za organizam čoveka. Namirnice bogate gvoždem su sve vrste životinjskih iznutrica, zrnasta hraniva, lisnato povrće, meso i jaja. Kao kontaminant gvožđe se uglavnom nalazi u obliku oksida i hidroksida (Hofvander, 1968).

#### **Izvori kontaminacije gvoždem**

**Vazduh** – Gvožđe u atmosferu može dospeti iz prirodnih i antropogenih izvora, s tim da prirodni izvori predstavljaju 75% ukupne emisije gvožđa u atmosferu (Sabovljević, 2007). Antropogeni izvori gvožđa potiču najčešće iz metalne industrije gde se ispušta otpadni vazduh u kome se nalazi i gvožđe. Veće količine gvožđa nađene su u podzemnim železnicama u vidu suspendovanih čestica najčešće u obliku magnetita ( $Fe_3O_4$ ) (Bukowiecki i sar., 2007).

**Voda** – Soli gvožđa su dobro rastvorljive u vodi, s tim da gvožđe(II) može lako da se oksiduje do gvožđa(III), koje dalje gradi nerastvorni hidroksid i taloži se. U

sistemima za vodosnabdevanje prisustvo gvožđa je najčešće posledica korozije cevi i distributivnog sistema. Podzemne vode su po pravilu opterećene visokim sadržajem gvožđa, drugim teškim metalima i arsenom. Vode mogu biti kontaminirane većim količinama gvožđa koje ističu iz obližnjih fabrika za preradu ruda.

**Zemljište** – Prisustvo gvožđa u zemljištu u najvećoj meri može da se pripíše otpadu od električne ili elektronske opreme gde je od metala najviše zastupljeno gvožđe, zatim ambalažnom otpadu, kao i građevinskom otpadnom materijalu. Gvožđe se u zemljištu može naći kao posledica ispiranja kiselih ruda i otpadnih industrijskih voda koje sadrže gvožđe.

### **Ekotoksikološki uticaj gvožđa**

Smatra se da je gvožđe, uz mangan, jedan od najmanje toksičnih metala. Kod riba se taloži na škrgama u obliku feri-hidroksida, što može dovesti do uginuća ribe. Gvožđe pokazuje sposobnost apsorpcije žive, cinka, bakra, olova i nikla i na taj način doprinosi prečišćavanju vode.

Prisustvo malih koncentracija kalcijuma, cinka i gvožđa u hrani pojačava apsorpciju i toksičnost olova i kadmijuma, dok prisustvo kadmijuma u digestivnom traktu smanjuje apsorpciju hranljivih materija i gvožđa.

Gvožđe se nalazi u mesu, iznutricama, pojedinom povrću i voću, zbog čega su vegetarijanci i osobe na određenim dijetama posebno izložene riziku od nastanka deficita ovog mikroelementa (Williams, 2005; Zadik i sar., 2009).

Gvožđe se u hrani nalazi u dva oblika, u obliku hemu kao i nevezano za hem. Gvožđe u obliku hema vezano je u hemoglobinu i mioglobinu i prisutno je u mesu i iznutricama. Njegova apsorpcija je neuporedivo bolja od drugih vrsta gvožđa (20-30%) i ne podleže uticajima drugih sastojaka hrane. Gvožđe koje nije u obliku hema, u hrani je prisutno u vidu neorganskih soli, a često je vezano i za neku organsku kiselinu ili protein. Iskorišćenje ovakvog gvožđa je 1-20%, pri čemu ono prvo mora biti redukovano iz feri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) oblika u fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) oblik. Značajnu ulogu u ovom procesu ima prisustvo vitamina C, koji kao redukciono sredstvo povećava resorpciju ovog elementa, koja u velikoj meri može biti otežana konzumacijom čaja ili kafe (Jaređić i Vučetić, 1997).

### **Toksičnost gvožđa**

Trovanje gvožđem se najčešće javlja pri greškama u ishrani. Pored opštih simptoma u vidu smanjenog apetita i dijareje, javlja se i metabolička acidoza koja je praćena nekontrolisanim pokretima i konvulzijama. Višak gvožđa se deponuje u tkivima, i to u jetri, dok se u patološkim stanjima nagomilava u krvi (hipersideremija) i mekim tkivima (sideroza) (Jaređić i Vučetić, 1997, Šefer, 2008). Količina gvožđa koja može da dovede do poremećaja zdravstvenog stanja zavisi i od drugih sastojaka u hrani sa kojima gvožđe interferira (P, Mn, Cu, vitamin E) (Šefer, 2008).

### **Deficit gvožđa**

Uopšteno gledajući, hrana sadrži veće količine gvožđa od onih koje su nam potrebne, ali usled različitih patoloških procesa kao i relativno loše apsorpcije često dolazi do pojave anemije kod ljudi. Smanjena količina gvožđa ogleda se u izraženom zamoru, slabom apetitu i smanjenoj otpornosti organizma (Vučković i sar., 2010).

Gvožđe spada u minerale sa najsnažnijim efektom na sportske performanse, čiji nedostatak najčešće dovodi do anemije i smanjenja kapaciteta prenosa kiseonika (Maughan, 1999; O'Connor i sar., 2005; Zadik i sar., 2009; Jenkinson i sar., 2009). Poseban oblik deficita gvožđa ogleda se u nedostatku depoa u vidu serumskog feritina (Williams, 2005). Istraživanja kao razlog navode nedovoljan unos putem hrane, ali i gubitak usled prekomernog znojenja, obilnih menstruacija, mioglobinurije i hematurije, koji se mogu javiti kao posledica napornog treninga (O'Connor i sar., 2005; Zadik i sar., 2009).

Svetska zdravstvena organizacija (WHO) i Svetska organizacija za hranu i poljoprivredu (FAO) propisale su privremeno maksimalno tolerantni nedeljni unos (PMTWI) gvožđa od 5,6 mg/kg telesne mase, odnosno 392 mg gvožđa nedeljno za čoveka prosečne telesne mase 70 kg (FAO/WHO, 2014).

Na osnovu Pravilnika o kvalitetu hrane za životinje („Sl. glasnik RS“ br. 4/2010) potpune smeše za ishranu riba (mlađ šarana i mlađ pastrmke) treba da sadrže najmanje 30 odnosno 40 mg/kg gvožđa.

### **2.6.6. Cink**

Cink (Zn) kao i bakar spada u važne esencijalne mikroelemente koji učestvuje u brojnim fiziološkim funkcijama. Sastavni je deo većeg broja metaloenzima (karboanhidraza, karboksipeptidaza, alkalna fosfataza i dr.), a može se naći i vezan za molekul insulina. Jedan je od najprisutnijih elemenata u tragovima kod čoveka i njegova



količina u organizmu je relativno velika u poređenju sa ostalim mikroelementima. Široko je rasprostranjen element u prirodi, a može se naći u vodi, zemlji i vazduhu. U Zemljinoj kori prosečna koncentracija cinka je 70 ppm, a u zemljištu 36 ppm. Najčešće se javlja u obliku svojih minerala sfalerita (ZnS), smitsonita (ZnCO<sub>3</sub>) i cinkita (ZnO) (Mumtaz, 2002; Guo i sar., 2010).

### **Funkcija cinka u organizmu**

Cink, kao esencijalni element za biljke, životinje i ljude, uključen je u većinu metaboličkih puteva. Kod ljudi je strukturni element i/ili aktivator preko dve stotine fiziološki važnih enzima. Vezuje se za sulfhidrilne, amino, imidazol i fosfatne grupe pa ima važnu ulogu u metabolizmu proteina, ugljenih hidrata, lipida, odnosno celokupnog prometa hranljivih materija, zatim nukleinskih kiselina i vitamina A. Isto tako, biološka uloga cinka vezana je za normalni rast, razvitak, polno sazrevanje, replikaciju ćelije, transkripciju i translaciju genetskog materijala, održavanje reproduktivne funkcije jedinke, jačanje imuniteta i brže zarastanje rana (Kastori, 1997; Mumtaz, 2002; Šefer, 2008; Ćupić i sar., 2010; Mendil i sar., 2010). Više od polovine ukupnog cinka u organizmu nalazi se u mišićima, zbog čega mu se pripisuje značajna uloga u proizvodnji energije i zaštiti od oksidativnog stresa (Lukaski, 2000; Williams, 2005; Šefer, 2008).

### **Prisustvo cinka u životnoj sredini**

Cink dospeva u životnu sredinu iz industrijskih zona i najvećim delom se vezuje za čestice koje se unose u organizam respiratornim putem (Dorn i sar., 1976). Iz atmosfere se cink prenosi u zemljište i vodu taloženjem, putem padavina (kiša i sneg), kao i suvim taloženjem (gravitaciona taloženja) (Pacyna i sar., 1989).

### **Izvori zagađenja cinkom**

**Vazduh** – Cink i njegova jedinjenja dospevaju u vazduh uglavnom iz zemljišta, šumskih požara, vulkanskih i biogenih emisija, kao i aerosola poreklom iz vodenih (najčešće morskih) izvora (Nriagu, 1989).

Antropogene izvore cinka koji dospevaju u atmosferu predstavljaju prašina i isparenja poreklom iz rudnika, topionica, livnica, postrojenja za preradu cinka, prerade otpada, i proizvodnje gvožđa i čelika kao i iz procesa sagorevanja uglja i goriva (Ragaini i sar., 1977; EPA, 1980; Parizanganeh i sar., 2010).

**Voda** – U Zemljinoj kori, cink se nalazi u sastavu stena, minerala i pojedinih karbonatnih sedimenata. Usled ispiranja nastaju rastvorljiva jedinjenja cinka koja dospevaju u vodu (EPA, 1980). Veće količine cinka u vodi mogu biti iz industrije čelika i gvožđa, plastike, topionice cinka i elektroindustrije (EPA, 1980), kao i poreklom

iz atmosferskih padavina i otpadnih voda iz domaćinstava (Nriagu i Pacyna, 1988). Koncentracija cinka u vodi za piće može biti povećana i usled ispuštanja ovog metala iz neispravnih cevovoda. Maksimalno dozvoljena koncentracija cinka u vodi za piće iznosi 3 ppm (Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, Sl.list SRJ, 44/99).

**Zemljište** – Usled atmosferskih taloženja, cink je često prisutan i u zemljištu, a najznačajniji njegovi izvori su topionice, ugalj i pepeo, đubriva, kao i jalovina nastala nakon odvajanja ruda. Loranger i sar., (1996) ističu da ostaci guma za vozila sadrže značajne količine cinka, koji mogu da kontaminiraju zemljište pored puteva.

#### **Ekotoksikološki uticaj cinka**

Poznato je da je cink biogeni elemenat i da se nalazi u živim organizmima nezavisno od njegove koncentracije u životnoj sredini, odnosno vodi i zemljištu (EPA, 1987b). Međutim, povećana koncentracija u životnoj sredini neminovno dovodi do većeg sadržaja ovog metala u živim organizmima. U vodenoj sredini cink se aktivno bioakumulira, s tim da značajno mesto njegovog taloženja predstavljaju sedimenti. Vodene životinje, rakovi i ribe, mogu da akumuliraju cink kako iz vode tako i iz hrane.

U svakodnevnoj ishrani, cink je široko rasprostranjen, a posebno u hrani animalnog porekla, odnosno onoj koja potiče iz mora. Najbolji izvori cinka su namirnice životinjskog porekla, s tim da ga najviše ima u morskim plodovima (školjkama i rakovima) i crvenim vrstama mesa. Živinsko meso, jaja, tvrdi sirevi, mleko, jogurt, orasi i cela zrna žitarica su relativno dobar izvor cinka. Od mesa, ovčije meso sadrži 44 mg/kg, goveđe 49 mg/kg, a svinjsko 25 mg/kg cinka (Jaredić i sar., 1997). Meso, riba i živina sadrže prosečno 24,5 mg/kg, žitarice 8 mg/kg, a krompir sadrži 6 mg/kg cinka (Mahaffey i sar., 1975).

Cink zajedno sa drugim teškim metalima (Cu, Cr, Ni) je fitotoksičan i direktno utiče na plodnost zemljišta, prinos i kvalitet gajenih biljaka. U otpadnom mulju često se nalaze znatne količine cinka, i one mogu toksično da deluju na gajenje biljaka (Kastori, 1997).

#### **Toksičnost cinka**

Cink se resorbuje u digestivnom traktu zavisno od potreba organizma za ovim metalom. Postoje široke granice tolerancije između normalnih količina cinka unetih hranom i onih koje mogu prouzrokovati štetne efekte, s tim da su u praksi češći slučajevi njegovog deficita nego suficita (Kastori, 1997). Toksične doze cinka teško je precizirati pošto one ne zavise samo od unetih soli cinka, već i od koncentracije i

interakcije sa drugim elementima (Ca, P, Fe, Cu, Se) i jedinjenjima (fitati) prisutnim u hrani koje utiču na svarljivost i iskoristljivost (Šefer, 2008).

Kod ljudi do sada nisu poznate bolesti nastale usled prekomernog unošenja cinka (Ćupić i sar., 2010), a mogu biti trovanja namirnicama pripremljenim i čuvanim u pocinkovanim posudama. Prevelik unos cinka putem hrane praktično je nemoguć. Unos veće količine cinka može da dovede do deficita bakra, koji se manifestuje sideroplastnom anemijom (Williams, 2005; Janković i sar., 2007). Akutna trovanja cinkom nastaju najčešće, udisanjem dima koji sadrži velike količine cinka, a karakteriše se osećajem slatkastog ukusa u ustima, suvoćom grla, kašljem, slabošću, drhtavicom, povišenom temperaturom, mučninom i povraćanjem (Teodorović i Dimitrijević, 2011).

### **Deficit cinka**

Do deficita cinka može doći pod različitim okolnostima, kao što su nedovoljan unos, otežano iskorišćavanje i deponovanje u organizmu ili pojačano izlučivanje (Šefer, 2008). Isto tako različita oboljenja i stanja mogu dovesti do deficita cinka (Šefer, 2008; Ćupić i sar., 2010). Nedostatak ovog metala dovodi do usporenog mentalnog razvoja kod dece, gubitka čula dodira i mirisa, slabijeg apetita, kao i do promene na koži. Slabljenje imuniteta i poremećaj ponašanja se, najčešće pripisuje upravo nedovoljnom unosu hranom ovog mikroelementa, a jedna od najrizičnijih grupa su trudnice i žene u reproduktivnom dobu (Williams, 2005; Mendil i sar., 2010).

Klinički znaci deficita cinka kod ljudi, najčešće su opisani kod dece (Prasadov sindrom) iz siromašnih i zaostalih delova sveta, čija se ishrana bazirana na hlebu bez kvasca ili na prevelikom unosu cerealijske, a bez namirnica koje sadrže proteine animalnog porekla. U ovim slučajevima uočeno je zaostajanje u rastu i polnom sazrevanju, hipogonadizam ali i usporeno zarastanje rana (Prasad i sar., 1963).

Svetska zdravstvena organizacija (WHO) i Svetska organizacija za hranu i poljoprivredu (FAO) propisale su privremeno maksimalno tolerantni nedeljni unos (PMTWI) cinka od 7 mg/kg telesne mase, odnosno, 490 mg cinka nedeljno za čoveka prosečne telesne mase 70 kg (FAO/WHO, 2014).

Na osnovu Pravilnika o kvalitetu hrane za životinje („Sl. glasnik RS“ br. 4/2010) potpune smeše za ishranu riba (mlađ šarana i mlađ pastrmke) treba da sadrže najmanje 30 odnosno 40 mg/kg cinka.

### 2.6.7. Arsen

Arsen (As) je element koji se nalazi u petoj grupi periodnog sistema i pripada metaloidima. Razmatra se u sklopu teških metala jer pojedina njegova jedinjenja pokazuju toksična svojstva koja su karakteristična za teške metale. U elementarnom stanju je slabo toksičan, međutim njegova jedinjenja kao što su arsen(III)-oksid, arseniti i arsenati su vrlo toksični. U biosferi je prisutan u organskoj i neorganskoj formi, a u prirodi se najčešće javlja u obliku arsen-trioksida ili kao sulfid u rudama bakra, antimona, nikla, kobalta i olova.

Prisutan je u zemljištu, oslobađa se iz vulkana, a u vazduhu se nalazi u obliku čestica prašine. U Zemljinoj kori se javlja u oksidacionim stanjima -3, 0, +3 i +5.

#### Prisustvo arsena u životnoj sredini

U životnu sredinu u kojoj je široko rasprostranjen (voda, zemljište, vazduh) arsen dospeva iz brojnih izvora kao što su termoelektrane na čvrsto gorivo (mrki ugalj), topionice bakra, sagorevanje drveta, ulja, kao i gradska đubrišta i proizvodnja pamuka (Goyer i Clarksom, 2001; Teodorović i Dimitrijević, 2011). Upotreba jedinjenja arsena kao herbicida, pesticida i fungicida su dodatni izvori zagađenja životne sredine.

#### Izvori zagađenja arsenom

**Vazduh** – Arsen se u vazduh oslobađa iz zemljišta i vulkana u vidu čestica prašine. Gasovita jedinjenja arsena (alkil-arsenati) mogu biogenim procesima, iz zemljišta koje je tretirano neorganskim jedinjenjima arsena da dospeju u atmosferu i povećaju njegovu koncentraciju (Schroeder i sar., 1987; Tamaki i Frankenberger, 1992).

U prirodi se arsen javlja u uglju i ulju, tako da se ovaj metaloid oslobađa u atmosferu tokom prerada ovih sirovina. Vazduh koji sadrži arsen, poreklom iz fabrika sa pogonom na ugalj, uglavnom sadrži trovalentni oblik arsena (Pacyna, 1987). U vazduhu se arsen najčešće javlja u svojim neorganskim jedinjenjima, dok su metilovani oblici od manjeg značaja.

**Voda** – Kontaminacija pijaće vode zavisi od geološkog sastav zemljišta, kao i od mobilizacije štetnih metala sa mesta odlaganja otpada. Arsen u vodu najčešće dospeva iz industrijskih pogona, prirodnih naslaga u zemlji, vulkanskih područja kao i usled primene veštačkih đubriva i insekticida (Stojiljković i sar., 2004). Najveći antropogeni doprinosi kontaminaciji vode arsenom su vezani za procese prerade ruda

koje sadrže arsen, proizvodnju metala posebno bakra, rada fabrika sa pogonom na uglj kao i prisustvo arsena u otpadnim vodama (Nriagu i Pacyna, 1988; Pacyna i sar., 1995).

**Zemljište** – Arsen u zemljište dospeva na isti način kao pri kontaminaciji vode (rudnici, topionice, pepeo iz fabrika, primena đubriva i pesticida, industrijski otpad). U zemljištu, arsen je najvećim delom prisutan u obliku organskih jedinjenja koja su manje toksična (Kastori, 1997). U malom procentu je zastupljen u Zemljinoj kori, ali je zbog izrazite mobilnosti veoma raširen, tako da se njegovi tragovi mogu naći svuda (Jovanović i sar., 2011).

Arsen je prirodni sastojak stena, ali se zbog korišćenja u industriji i agrokulturi koncentracija ovog elementa mnogostruko uvećava. Nekontaminirano zemljište sadrži oko 0,05 mg/kg arsena (Stojiljković i sar., 2004).

#### **Ekotoksikološki uticaj arsena**

Istraživanja arsena u nauci, medicini i tehnologiji uvek su u znaku štetnog odnosno toksičnog dejstva ovog metaloida na živa bića. Nakupljanje arsena u životnoj sredini i namirnicama, predstavlja ozbiljnu opasnosti po zdravlje ljudi, dovodeći do povećanja broja obolelih, prevremenog starenja i ireverzibilnih promena kod budućih generacija (Stojiljković i sar., 2004).

U organizam, arsen dospeva vodom ili preko lanca ishrane. Ovaj metaloid se u hrani nalazi u organskom i neorganskom obliku. Organska jedinjenja arsena prvenstveno se nalaze u ribi i školjkama, dok voda za piće uglavnom sadrži neorganske oblike arsena (ATSDR, 2003c; Jarup, 2003). Visoke doze organskog oblika arsena imaju iste toksikološke efekte kao i manje doze neorganskog arsena (ATSDR, 2003c). Na osnovu dokaza o vezi između povećanog rizika pojave raka i izloženosti arsenovim jedinjenjima, Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) klasifikovala je neorganska jedinjenja arsena kao kancerogena (grupa 1) za ljudsku populaciju (IARC 1987) Agencija za zaštitu životne sredine (EPA) je takođe neorganski arsen, koji je nađen u zemljištu i vodi, svrstala u grupu humanih karcinogena (EPA, 1999; ATSDR, 2003c).

Za većinu ljudi, glavni način unosa arsena je ishrana zasnovana na ribi i morskim plodovima. Poznato je da morska hrana sadrži veće količine ovog elementa od drugih namirnica (Tao i Bolger, 1999; Uneyama i sar., 2007). Međutim, primećeno je da je organska forma arsena u hrani i morskim plodovima manje toksična od neorganskih oblika (Abernathy i sar., 2003) jer se veći deo arsena u ribi, školjkama i u morskoj flori

nalazi u obliku relativno netoksičnih organskih jedinjenja, arsenobetaina, koji se izlučuje putem urina (Eisler, 1994).

Prema European Food Safety Authority (EFSA, 2009 a) samo 2% odnosno 3,5% arsena sadržanog u ribama i školjkama, predstavlja neorganski toksični arsen. Međutim, rezultati analiza sprovedenih u Holandiji su pokazali da arsen u neorganskoj formi čini čak 0,1-41% ukupnog arsena prisutnog u morskoj hrani (Vaessen i sar., 1989).

Većina namirnica za ljude (voće, povrće, proizvodi od žitarica, meso i mlečni proizvodi) sadrži manje od 0,5 ppm, a retko iznad 1 ppm arsena. Morski organizmi koji se hrane ljuskarima i algama sadrže veće koncentracije arsena nego organizmi koji se hrane ribljim vrstama (Storelli i sar., 2005), s tim da je najveći sadržaj ovog elementa deponovan u mišićnom tkivu (Falco i sar., 2006; Višnjić-Jeftić i sar., 2010).

Dominantan izvor izloženosti i ugroženosti čoveka arsenom jeste voda za piće u kojoj je koncentracija arsena veća od 10 µg/L (IARC, 1987; International Programme on Chemical Safety IPSC, 2001). Svetska zdravstvena organizacija (WHO) dala je preporuke za maksimalno dozvoljenu koncentraciju (MDK) arsena u vodi za piće koja iznosi 10 µg/L (WHO, 2008). Trovanje arsenom putem konzumiranja vode koja sadrži arsen nije trenutne prirode (jednokratno konzumiranje vode sa visokim koncentracijama arsena), već kumulativne (dugotrajno konzumiranje vode sa malim koncentracijama arsena).

Arsen u elementarnom obliku nije otrovan ali su otrovna sva njegova jedinjenja rastvorena u vodi. Od neorganskih oblika arsena za čoveka se najtoksičnijim smatra gas arsin ( $\text{AsH}_3$ ) koji nije sastojak vode, a potom slede jedinjenja trovalentnog arsena (arseniti) kao i jedinjenja petovalentnog arsena (arsenati) (Vukašinović-Pešić i sar., 2005).

Na teritoriji Srbije, arsen je najviše prisutan u podzemnim vodama na teritoriji Vojvodine, gde su zabeležene i najveće koncentracije arsena u prirodnim izvorima vode koja se koristi za vodosnabdevanje stanovništva. Najveće koncentracije arsena u uzorcima vode na teritoriji Banata, ustanovljene su u Zrenjaninu (0,315-0,580), Elemiru (0,569-0,586) i u Tarašu (0,687-0,859 mg/L) (Jovanović i sar., 2011).

U medicini je poznata upotreba arsena (lečenje leukemije, uništenje zubne pulpe) mada su njegovu upotrebu danas potisla druga sredstva. Resorpcija oralno unetog arsena u digestivnom traktu je od 10 do 40% i veća je ukoliko su čestice arsena manje.

Arsen je prisutan i u duvanu, ali je nakon zabrane upotrebe pesticida sa arsenom, sadržaj ovog metaloida u duvanu opao sa 52 µg/g na svega 3 µg/g.

Ispitivanja sadržaja arsena u plućima preminulih ljudi, pokazuju da nema značajne razlike u sadržaju arsena u plućima pušača i nepušača (Kraus i sar., 2000).

### **Toksičnost arsena**

Iz istorije je poznato i lekovito i otrovno delovanje jedinjenja arsena. Još 2000. godine p.n.e. arsen(III)-oksid,  $As_2O_3$  odnosno arsenik, koji je dobijen pri topljenju bakra i kalaja, upotrebljavao se kao lek i otrov. Naziv arsenik dolazi od grčke reči arsenikon (moćan, jak). Arsenik je vekovima bio zloglasni otrov, a 1786. god. je uveden u medicinu kao lek za astmu i psorijazu u obliku Fowlerovog rastvora, 1%  $As_2O_3$  (Velev i sar., 2009). Arsen je i pored značajnih količina u životnoj sredini, opisan više kao uzrok akutnih nego hroničnih trovanja. Akutno trovanje je uglavnom akcidentalnog tipa, a može da bude letalno i traje od nekoliko sekundi pa do par sati. Simptomi akutnog trovanja kod ljudi su različiti zavisno od vrste preparata, doze, individualne osetljivosti i sl. Pri oralnom unošenju arsena najčešće dolazi do mučnine, povraćanja, abdominalnih bolova, dijareje, groznice, poremećaja centralnog nervnog sistema, što se može završiti letalnim ishodom (Gwaltney-Brant, 2002; Jarup, 2003). U Kanadi je zabeleženo trovanje vodom iz bunara koja je bila u kontaktu sa krečnjakom koji je sadržavao arsen, dok je 1900. godine zbog upotrebe piva sa sadržajem 15 mg/L arsena u SAD otrovano 6.000 ljudi (Stojiljković i sar., 2004).

Hronično dejstvo arsena nastaje nakon izloženosti koje traje duži vremenski period, od nekoliko dana, pa do više godina, ili pak u više navrata. Hronična profesionalna trovanja poznata su pod imenom „arsenicizam“, i mogu dovesti do karakterističnih promena na koži (pojava bradavica), pojave kurjih očiju na dlanovima i tabanima i promena pigmentacije na licu, vratu i leđima (Kakkar i Jaffery, 2005). U moguće simptome hroničnog trovanja arsenom i njegovim jedinjenjima spadaju i anemija, poremećaji organa za varenje, određene promene na jetri i bubrezima, kao i psihološki problemi (Spirić i sar., 1999; 2001; 2007). Hronična izlaganja jedinjenjima neorganskog arsena takođe mogu toksično delovati na periferni i centralni nervni sistem (Goyer i Clarksom, 2001).

Umerene doze neorganskih jedinjenja arsena smanjuju broj leukocita i eritrocita u krvi, a prouzrokuju i njihove morfološke promene. Udisanje visokih koncentracija arsena dovodi do iritacije pluća, i nastanka plućnog edema (Teodorović i Dimitrijević, 2011). Duža izloženost organizma jedinjenjima arsena može dovesti do relativnog navikavanja na otrov, tako da adaptirane osobe mogu da unesu znatno veće doze od letalnih (Kastori, 1997).

Arsen se akumulira u jetri, odakle se sporo oslobađa i raspoređuje u želudac, creva, nervni sistem i kožu, a nakon dužeg unošenja, pokazuje tendenciju da se deponuje u kostima, koži i keratiniziranim proizvodima kože, kao i zubima gde se trajno deponuje (Underwood, 1977; Klaasen i sar., 1986; Goyer i Clarksom, 2001; Gwaltene-Brant, 2002). Najčešći biomarkeri koji se koriste za identifikaciju i kvantifikaciju izlaganja arsenu su urin, krv, kosa i nokti (Kakkar i Jaffery, 2005).

Mehanizmi toksičnog delovanja arsena zasnivaju se na njegovom vezivanju za brojne tiolne grupe sadržane u proteinima i enzimskim sistemima (Thomas i sar., 2001) čime se ozbiljno remeti proces ćelijske respiracije. Arsen se slabije vezuje za tkivne proteine i nije kumulativan. Trovalentni arsen blokira enzime na specifičan način, i mnogo je toksičniji od petovalentnog oblika. Razlog za opisano dejstvo delimično leži u činjenici što se petovalentna jedinjenja arsena brže izlučuju iz organizma od trovalentnih. Petovalentna organska jedinjenja arsena su manje toksična od trovalentnih i zbog toga što neznatno utiču na procese respiracije u ćelijama (Velev i sar., 2009).

Trovalentna jedinjenja arsena su uglavnom toksična i zbog vezivanja za tiolnu (SH) grupu liponske kiseline, dela lipotiamida pirofosfata, osnovnog koenzima koji učestvuje u oksidativnoj dekarboksilaciji pirogroždane i alfa keto-glutarne kiseline (Kastori, 1997).

Apsorpcija arsena koji se nalazi u inhaliranim česticama zavisi od rastvorljivosti i veličina čestica koje se deponuju u respiratornom traktu, a oralno unesen arsen se dobro apsorbuje unutar gastrointestinalnog trakta (pre svega njegova rastvorljiva jedinjenja) (Goyer i Clarksom, 2001; Thomas i sar., 2001; Gwaltene-Brant, 2002; ATSDR, 2003c).

Biološki poluživot peroralno unetog neorganskog arsena je oko 10 časova, s tim da se 50-80% izlučuje za oko tri dana, za razliku od metilovanog arsena koji ima poluživot od 30 časova (Goyer i Clarksom, 2001; Gwaltene-Brant, 2002).

Arsen se najviše izlučuje putem urina, kao smeša  $As^{+3}$  i  $As^{+5}$  jona (Goyer i Clarksom, 2001; ATSDR, 2003c; Abernathy i sar., 2003), a manje fecesom, znojem i mlekom. Brzina ekskrecije obično je u obrnutom odnosu sa toksičnošću tog jedinjenja.

Zajednički su FAO/WHO preporučili privremeno tolerantan nedeljni unos (PTWI) za neorganski arsen od 0,015 mg/kg telesne mase, odnosno za organski arsen od oko 0,05 mg/kg telesne mase (FAO/WHO, 2014), jer je dokazano da organski arsen ne izaziva štetne efekte (Uneyama i sar., 2007).



Na osnovu Pravilnika o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja („Službeni glasnik RS“, br. 29/2014, 37/2014 – isp., 39/2014 i 72/2014), maksimalno dozvoljena koncentracija za arsen kod plave i rečne ribe iznosi 2, dok kod riba koje duže žive iznosi 4 mg/kg.

## **2.7. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I METALOIDA U TKIVIMA RIBA IZ SLATKIH VODA**

Sadržaj teških metala u tkivima riba varira, a najčešće je ispitivan u mišićnom tkivu, škrigama, jetri, digestivnom traktu i bubrezima. Dobijene vrednosti su vrlo različite i u onim slučajevima gde je zaključeno da se one nalaze iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija, riba se ne sme koristiti u ishrani ljudi.

Andreji i sar. (2005) su izneli rezultate istraživanja sadržaja teških metala u mišićnom tkivu različitih vrsta ribe iz reke Nitra, u Slovačkoj. Najmanji sadržaj žive utvrđen je u mesu klena (1,35-3,88 mg/kg), dok je najveći sadržaj žive utvrđen u mesu grgeča (2,73-6,52 mg/kg). U mesu mreke utvrđen je najmanji sadržaj kadmijuma (0,06-0,32 mg/kg), dok je najveći sadržaj kadmijuma utvrđen u mesu crvenperke (0,19-0,58 mg/kg). Najmanji sadržaj olova utvrđen je u mesu crvenperke (0,20-0,38 mg/kg), a najveći sadržaj u mesu klena (0,26-2,48 mg/kg).

U sledećem radu Andreji i sar. (2006) su utvrdili veću koncentraciju olova u ispitivanim uzorcima mesa riba (šaran, klen, crvenperka, som, babuška) iz reke Donja Nitra u Slovačkoj, od dozvoljenih koncentracija koja po lokalnoj legislativi iznosi 0,2 mg/kg. Najmanja vrednost olova utvrđena je u mišićnom tkivu šarana (0,30-0,49 mg/kg), dok je najveća utvrđena u mišićnom tkivu klena i crvenperke (0,32-24,3 mg/kg, odnosno 0,33-34,59 mg/kg). Veće koncentracije kadmijuma od dozvoljenih (0,05 mg/kg) utvrđene su u mišićima pet vrsta riba. Najveća koncentracija kadmijuma utvrđena je u mesu soma (0,39-2,76 mg/kg), a najmanja u mesu crvenperke (0,18-0,92 mg/kg). U mesu soma utvrđen je najveći sadržaj žive (0,44-3,64 mg/kg), dok je najmanji sadržaj utvrđen u mesu crvenperke (0,15-1,02 mg/kg) i šarana (0,46-0,95 mg/kg).

Has-Schon i sar. (2006) su izneli rezultate ispitivanja sadržaja teških metala u različitim organima riba iz reke Neretve u Hrvatskoj. Utvrđena koncentracija žive u

mišićnom tkivu ispitivanih vrsta se kretala u intervalu 0,03-0,109 mg/kg (strugač) do 0,11-0,287 mg/kg (šaran), kadmijuma 0,01-0,048 mg/kg (strugač) do 0,016-0,155 mg/kg (šaran), olova 0,1-0,11 mg/kg (cipal) do 0,211-0,432 mg/kg (šaran), dok se koncentracija arsena nalazila u intervalu 0,016-0,07 mg/kg (šaran) do 0,255-0,42 (cipal) mg/kg.

U cilju ispitivanja zagađenja životne sredine Bošnjak i sar. (2003) su utvrdili sadržaj toksičnih metala i metaloida u ribama iz reke Save u okolini Zagreba. Istraživanja su vršena na ribama iz familija *Cyprinidae* i familije *Ictaluridae*. Veća koncentracija olova ustanovljena je u familiji *Ictaluridae* (144 µg/kg) u odnosu na familiju *Cyprinidae* (107 µg/kg), s tim što prosečan sadržaj olova (112,3±95 µg/kg) u ispitivanim vrstama riba nije prelazio dozvoljenih 1000 µg/kg. Prosečan sadržaj kadmijuma je iznosio 8,5±11 µg/kg, dok je dozvoljen sadržaj 100 µg/kg. Takođe, utvrđeni sadržaj kadmijuma je bio veći u familiji *Ictaluridae* 10,2 µg/kg u odnosu na familiju *Cyprinidae* 8,2 µg/kg. Prosečan sadržaj arsena (23,5±36) nije prelazio ni u jednom slučaju dozvoljenih 200 µg/kg, s tim da je srednja vrednost u ribama iz familije *Cyprinidae* iznosila 23,8 a u ribama iz familije *Ictaluridae* 21,8 µg/kg. Veći sadržaj žive utvrđen je u uzorcima ribe familije *Ictaluridae*, (153 µg/kg), u odnosu na familiju *Cyprinidae*, (124 µg/kg), tako da prosečan sadržaj žive 127,8±90 µg/kg ni u jednom ispitivanom slučaju nije prelazio maksimalno dozvoljenih 500 µg/kg.

Matasin i sar. (2011) su ispitivali sadržaj teških metala u tkivima predatorskih riba štuke i soma. Određivan je sadržaj olova, cinka, bakra, gvožđa, mangana i hroma u različitim tkivima (bubreg, jetra, digestivni trakt, koža i mišićno tkivo zajedno). Utvrđeni sadržaj olova (0,24 mg/kg), bakra (1,19 mg/kg) i gvožđa (44,80 mg/kg) u jetri štuke bio je veći u odnosu na ustanovljeni sadržaj olova (0,16 mg/kg), bakra (0,52 mg/kg) i gvožđa (22,62 mg/kg) u jetri soma. Kod štuke je utvrđen opadajući niz sadržaja olova jetra>digestivni trakt>mišićno tkivo, za razliku od soma gde je utvrđen opadajući niz, mišićno tkivo>jetra>digestivni trakt. Uočeno je da je sadržaj olova u mišićnom tkivu štuke znatno manji u odnosu na mišićno tkivo soma.

Bioakumulacija kadmijuma, bakra, gvožđa, olova i cinka u škragama, digestivnom traktu i mišićnom tkivu bila je predmet israživanja Eneji i sar. (2011). Ovi autori su zaključili da je najveći sadržaj teških metala skoncentrisan u škragama tilapije (52,2%). Manji sadržaj teških metala utvrđen je u digestivnom traktu (26,3%) a najmanji u mišićnom tkivu (21,5%). Isti redosled sadržaja ispitivanih teških metala

nađen je i u tkivima afričkog soma i to škrge (40,3%), digestivni trakt (31,6%) i mišićno tkivo (28,1%).

Ozturk i sar. (2009) ispitivali su sadržaj teških metala u mišićnom tkivu, škragama, digestivnom traktu i jetri šarana. Najveći sadržaj kadmijuma i bakra zabeležen je u jetri ( $0,79 \pm 0,33$  mg/kg, odnosno  $9,73 \pm 4,03$  mg/kg), dok je najveći sadržaj gvožđa i olova utvrđen u digestivnom traktu ( $396,9 \pm 128,2$  mg/kg, odnosno  $3,61 \pm 0,37$  mg/kg). Sa druge strane najmanja količina teških metala (osim Cd) ustanovljena je u mišićnom tkivu.

Senarathne i sar. (2007) su ispitivali akumulaciju teških metala olova, kadmijuma, bakra i cinka u mišićnom tkivu, jetri i škragama soma na četiri lokacije na Bolgoda jezeru. Prisustvo ispitivanih metala dokazano je u mišićnom tkivu, jetri i škragama, s tim da je akumulacija metala bila veća u jetri u poređenju sa mišićnim tkivom. Na pojedinim lokacijama, tkivo škrge takođe je sadržalo visoku koncentraciju teških metala sličan koncentraciji u jetri, dok se na pojedinim lokacijama sadržaj teških metala u škragama nije znatno razlikovao od sadržaja u mišićnom tkivu. Sadržaj olova u mišićnom tkivu nalazio se u intervalu od 0,2 do 3,0  $\mu\text{g/g}$ , cinka od 5,9 do 11,1  $\mu\text{g/g}$ , odnosno bakra od 0,8 do 9,3  $\mu\text{g/g}$ . U svim ispitivanim uzorcima sadržaj kadmijuma bio je manji od 0,1  $\mu\text{g/g}$ . Koncentracija olova detektovana je u škragama u intervalu od 0,2 do 6,6  $\mu\text{g/g}$ , kadmijuma od 0,02 do 1,1  $\mu\text{g/g}$  cinka od 103 do 1.103  $\mu\text{g/g}$  i bakra od 1,1 do 13,2  $\mu\text{g/g}$ , dok se u jetri sadržaj olova kretao u intervalu od 0,8 do 14,7  $\mu\text{g/g}$ , kadmijuma od 0,2 do 2,9  $\mu\text{g/g}$ , cinka od 1.054 do 4.276  $\mu\text{g/g}$  i bakra od 6,1 do 29,7  $\mu\text{g/g}$ .

Milijašević i sar. (2012) su u cilju ispitivanja higijenske ispravnosti hrane određivali sadržaj teških metala u mišićnom tkivu pangasiusa (azijski som) i šarana. Sadržaj olova u uzorcima pangasiusa je bio u opsegu granice detekcije i kretao se od 0,05 do 0,21 mg/kg, kadmijuma od 0,005 do 0,032 mg/kg, a sadržaj žive od 0,005 do 0,19 mg/kg. U mesu šarana sadržaj olova kretao se u opsegu od 0,05 do 0,06 mg/kg, kadmijuma od 0,005 do 0,013 mg/kg, odnosno žive od 0,005 do 0,099 mg/kg. U ispitanim uzorcima nisu prekoračene maksimalno dozvoljene količine teških metala koje su propisane Pravilnikom („Službeni glasnik” RS broj 28/11).

Mazet i sar. (2005) su u uzorcima rečne ribe uzorkovane na različitim lokalitetima dokazali prisustvo kadmijuma i olova, pri čemu njihove koncentracije nisu prelazile vrednosti definisane evropskom regulativom (European Regulation R466/2001 od 16/03/2001).

Prisustvo pojedinih teških metala (Hg, Pb i Cd) u filetima različitih ribljih vrsta (kečiga, bucov, štika, deverika, mrena i šaran) ispitali su Trbović i sar. (2011). Živa je dokazana u svim ispitivanim uzorcima, olovo ni u jednom uzorku, dok je kadmijum utvrđen samo u filetima kečige u količini od 0,015 mg/kg uzorka (MDK = 0,050 mg/kg). Količina žive koja je dokazana u filetima bucova (1,255 mg/kg) nalazila se iznad MDK (0,5 mg/kg). U svim ostalim uzorcima utvrđeni sadržaj žive se nalazio ispod MDK, i iznosio je 0,484 mg/kg (štuka), 0,288 mg/kg (deverika), 0,218 mg/kg (mrena), 0,146 mg/kg (kečiga) odnosno 0,099 mg/kg (šaran).

U cilju ispitivanja stanja ekosistema, kvaliteta i bezbednosti mesa šarana Đinović i sar. (2010) određivali su sadržaj teških metala (Pb, Cd, Hg, Cu, Fe, Zn, Mn) i metaloida (As) u uzorcima fileta šarana. Utvrđena je koncentracija gvožđa (3,10-6,78 mg/kg) i cinka (4,20-8,95 mg/kg), dok je sadržaj mangana u svim ispitivanim uzorcima bio ispod granice detekcije (0,5 mg/kg). Takođe, utvrđena koncentracija bakra (0,10-0,42 mg/kg) u filetu šarana, bila je znatno veća nego u vodi. Sadržaji olova, kadmijuma i arsena u filetima šarana u ispitivanom periodu bili su ispod granice detekcije.

U svom radu Višnjić-Jeftić i sar. (2010) su ispitali akumulaciju teških metala i metaloida u mišićnom tkivu, jetri i škragama dunavske haringe izlovljene u Dunavu. Utvrđena koncentracija arsena u mišićnom tkivu iznosila je  $7,72 \pm 2,45$   $\mu\text{g/g}$ , kadmijuma  $0,43 \pm 0,18$   $\mu\text{g/g}$ , bakra  $4,07 \pm 2,43$   $\mu\text{g/g}$ , gvožđa  $40,34 \pm 40,04$   $\mu\text{g/g}$  i cinka  $66,09 \pm 62,63$   $\mu\text{g/g}$ . Sadržaj arsena u ispitivanim uzorcima jetre iznosio je  $6,39 \pm 3,69$   $\mu\text{g/g}$ , kadmijuma  $0,71 \pm 0,32$   $\mu\text{g/g}$ , bakra  $20,00 \pm 8,27$   $\mu\text{g/g}$ , gvožđa  $751,81 \pm 508,87$   $\mu\text{g/g}$  i cinka  $99,76 \pm 17,34$   $\mu\text{g/g}$ , dok je u škragama utvrđena koncentracija arsena  $1,63 \pm 1,26$   $\mu\text{g/g}$ , kadmijuma  $0,22 \pm 0,23$   $\mu\text{g/g}$ , bakra  $2,99 \pm 5,38$   $\mu\text{g/g}$ , gvožđa  $289,51 \pm 196,47$   $\mu\text{g/g}$  i cinka  $80,51 \pm 29,67$   $\mu\text{g/g}$ . Najveće koncentracije kadmijuma, bakra, cinka i gvožđa utvrđene su u jetri, dok je najveća koncentracija arsena zabeležena u mišićima. Sa druge strane najmanji sadržaj svih ispitivanih teških metala utvrđen je u uzorcima mišićnog tkiva.

Sa opisanim rezultatima slažu se i Dural i sar. (2006), koji su utvrdili da je koncentracija ispitivanih metala (Cd, Zn i Fe) najmanja u mišićima, a najveća u jetri i škragama. Rezultati ovih studija se poklapaju sa nalazima Poleksića i sar. (2010) gde su koncentracije bakra i gvožđa u jetri 35-40 puta više nego u mišićima i škragama kod kečige.

Sadržaj i bioakumulacija četiri metala (Cd, Cu, Fe i Zn) i metaloida (As) određivani su u jetri, mišićima, digestivnom traktu i škragama kečige poreklom iz Dunava (Jarić i sar., 2011). U uzorcima mišićnog tkiva kečige utvrđen je sadržaj arsena

0,272±0,581 µg/g, kadmijuma 0,085±0,116 µg/g, bakra 0,976±0,383 µg/g, gvožđa 12,494±22,867 µg/g i cinka 25,176±5,636 µg/g, dok je u jetri utvrđen sadržaj arsena 0,522±0,828 µg/g, kadmijuma 2,826±3,395 µg/g, bakra 104,019±58,553 µg/g, gvožđa 380,318±255,559 µg/g i cinka 123,999±46,435 µg/g. Takođe, u škragama je utvrđeno prisustvo arsena u koncentraciji od 0,045±0,146 µg/g, kadmijuma 0,147±0,127 µg/g, bakra 2,046±0,384 µg/g, gvožđa 379,439±123,094 µg/g i cinka 62,392±15,621 µg/g. U svim ispitivanim uzorcima digestivnog trakta sadržaj arsena je bio ispod limita detekcije, utvrđen je sadržaj kadmijuma 0,335±0,379 µg/g, bakra 10,556±5,934 µg/g i gvožđa 148,180±190,126 µg/g, dok je koncentracija cinka bila najveća i iznosila je 159,755±44,547 µg/g. Poređenjem bioakumulacije teških metala i metaloida u analiziranim tkivima utvrđena je statistički značajna razlika u distribuciji među organima za sve ispitivane elemente. U jetri su zabeležene najveće koncentracije arsena i kadmijuma, dok je koncentracija bakra bila 10-100 puta veća u odnosu na druga ispitivana tkiva. Najveća koncentracija gvožđa utvrđena je u jetri i škragama, cinka u digestivnom traktu, dok je najmanja koncentracija većine analiziranih metala (Fe, Cu, Cd i Zn) zabeležena u mišićnom tkivu. Najveće koncentracije kadmijuma dokazane su u jetri ispitivanih uzoraka. Povećan sadržaj kadmijuma utvrđen u jetri kečige zabrinjava zbog njegove visoke toksičnosti i štetnog uticaja na genetski materijal ribe. Autori zaključuju da su najveće koncentracije većine analiziranih elemenata utvrđene u jetri, a najmanje u mišićima (Ploetz i sar., 2007; Uysal i sar., 2009).

Zrnčić i sar. (2013) su ispitivali sadržaj olova, kadmijuma, žive i arsena u mišićnom tkivu različitih vrsta riba izlovljenih iz Dunava, a podeljenih u četiri kategorije u zavisnosti od načina ishrane ribe. Prosečne koncentracije olova kretale su se u rasponu od 0,015 mg/kg (planktivori) do 0,039 mg/kg (herbivori), kadmijuma od 0,013 mg/kg (herbivori) do 0,018 mg/kg (piscivori), živa od 0,191 mg/kg (omnivori) do 0,441 mg/kg (planktivori) i arsena 0,018 mg/kg (planktivori) do 0,039 mg/kg (omnivori). Ispitivanjem sadržaja navedenih toksičnih metala, samo u dva pojedinačna uzorka pronađen je sadržaj žive iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija od 0,5 mg/kg po nacionalnoj i regulativi EU o maksimalno dozvoljenim koncentracijama zagađivača u hrani. Distribuciju i sadržaj teških metala (Fe, Cu i Zn) u mišićnom tkivu, jetri i škragama proučavali su Karadede i sar. (2004) i zaključili da tkiva poseduju različiti kapacitet za akumulaciju teških metala. Najveće koncentracije gvožđa, bakra i cinka su utvrđene u jetri i škragama, za razliku od mišićnog tkiva koje pokazuje manju tendenciju za njihovo vezivanje. Najveća variranja bakra su utvrđena u jetri cipala od

28,78 do 572,39  $\mu\text{g/g}$ , tako da je prosečna srednja vrednost bakra iznosila 267,45  $\mu\text{g/g}$ , gvožđa 200,86  $\mu\text{g/g}$  i cinka 36,92  $\mu\text{g/g}$ . U uzorcima soma nisu utvrđena značajna variranja sadržaja bakra u jetri 6,45  $\mu\text{g/g}$ , mišićima 4,27  $\mu\text{g/g}$  i škragama 5,06  $\mu\text{g/g}$ , s tim da su pronađene koncentracije gvožđa i cinka u jetri i škragama veće nego u mišićima soma.

Jankovska i sar. (2012) isptivali su sadržaj kadmijuma, bakra i cinka u mišićnom tkivu (zajedno sa kožom i kostima), jetri i gonadama grgeča. Najveće koncentracije kadmijuma su utvrđene u jetri (0,44 mg/kg), a najmanje u mišićima (0,02 mg/kg). Sa druge strane najmanje koncentracije bakra su dokazane u mišićima (1,47 mg/kg), a najveće koncentracije u jetri (8,14 mg/kg), dok su najmanje koncentracije cinka zabeležene takođe u mišićima (54,2 mg/kg), a najveće u gonadama (135 mg/kg).

Distribucija teških metala (Pb, Cd, Hg i As) u tkivima šest različitih vrsta riba (šaran, linjak, sunčani ostriž, srebrni karaš-babuška, zubatak-strun i jegulja) koje se koriste u ljudskoj ishrani opisana je u radu Has-Schon i sar. (2008). Određivan je sadržaj u mišićnom tkivu, jetri, bubrezima, škragama i gonadama. U većini uzoraka ribe, izuzev šarana i zubatka, najveća koncentracija žive utvrđena je u mišićima (0,005-0,164 mg/kg), a najmanja u gonadama (0,005-0,014 mg/kg). Koncentracija žive u jetri se kretala u opsegu od 0,009 do 0,078 mg/kg, u bubrezima od 0,015 do 0,088 mg/kg i u škragama od 0,057 do 0,0107 mg/kg. Najveći sadržaj olova (0,007-0,42 mg/kg) uočen je u škragama dok se koncentracija olova u jetri kretala u intervalu od 0,011 do 0,216 mg/kg, bubrezima od 0,011 do 0,129 mg/kg, mišićnom tkivu od 0,007 do 0,128 mg/kg i u gonadama od 0,019 do 0,107 mg/kg. Najveće koncentracije kadmijuma (0,001-0,051 mg/kg) su utvrđene u bubrezima s tim da zubatak kao karnivor, pokazuje najmanju tendenciju akumulacije kadmijuma u svim tkivima izuzimajući škrge. U jetri ispitivanih vrsta riba koncentracija kadmijuma se kretala u opsegu od 0,02 do 0,282 mg/kg u mišićnom tkivu od 0,007 do 0,026 mg/kg, škragama od 0,139 do 0,274 mg/kg kao i u gonadama od 0,001 do 0,032 mg/kg. Primećeno je da je olovo zastupljeno u većoj koncentraciji od kadmijuma u mišićnom tkivu i gonadama kod svih ispitivanih vrsta. Koncentracije arsena su generalno vrlo niske u svim tkivima ispitivanih vrsta riba tako da je u mišićnom tkivu utvrđena koncentracije arsena u intervalu od 0,007 do 0,161 mg/kg u jetri od 0,022 do 0,115 mg/kg, bubrezima od 0,005 do 0,133 mg/kg, škragama od 0,033 do 0,101 mg/kg i u gonadama od 0,026 do 0,084 mg/kg.

Bioakumulacija teških metala olova, kadmijuma, žive, bakra i cinka u mišićnom tkivu, jetri, škragama i bubrezima indijskog šarana i belog amura opisana je u radu Malik

i sar. (2010). Autori su zaključili da organi riba pokazuju različitu tendenciju akumuliranja teških metala. Kod indijskog šarana akumulacija teških metala opada po redosledu jetra > bubreg > škrge > mišići, dok je kod belog amura zabeležena drugačija distribucija po organima i kreće se škrge > jetra > bubreg > mišići. Od svih ispitivanih metala, cink je bio najviše akumuliran metal, a živa najmanje. Najveća koncentracija olova kod belog amura zabeležena je u škragama 1,63 µg/g, zatim u jetri 1,47 µg/g, mišićima 1,32 µg/g, a najmanja u bubrezima 1,03 µg/g. Sa druge strane, u uzorcima indijskog šarana najveći sadržaj olova utvrđen je u jetri (1,26 µg/g), a najmanji u mišićima (0,393 µg/g). Škrge su glavni organ akumulacije kadmijuma kod indijskog šarana (0,583 µg/g) i belog amura (0,417 µg/g). Utvrđena vrednost za živu u škragama indijskog šarana je iznosila 0,107 µg/g, u mišićima 0,077 µg/g, jetri 0,315 µg/g i u bubrezima 0,0373 µg/g, dok je kod belog amura njihova zastupljenost 0,16 µg/g, 0,14 µg/g, 0,16 µg/g i 0,193 µg/g istim redom. Kod indijskog šarana je sadržaj cinka bio veći u jetri i bubrezima (1,04 µg/g i 1,02 µg/g), a najmanji u škragama (0,23 µg/g), dok su kod belog amura škrge imale najveći sadržaj cinka (2,64 µg/g) zatim jetra (2,38 µg/g) bubrezi (1,92 µg/g) i mišići (1,88 µg/g). Najveće koncentracije bakra kod indijskog šarana su utvrđene u jetri (1,035 µg/g) zatim u bubrezima (0,866 µg/g) mišićima (0,398 µg/g) i škragama (0,366 µg/g). Kod belog amura najveća koncentracija bakra ustanovljena je u bubrezima (0,92 µg/g). Koncentracije teških metala se razlikuju u tkivima ovih riba zbog različitih ekoloških potreba, metaboličkih aktivnosti i njihovih navika u ishrani.

Taweel i sar. (2013) su ispitivali sadržaj bakra, kadmijuma, cinka i olova u jetri, škragama i mesu ribe tilapije. Najveći sadržaj teških metala utvrđen je u jetri, zatim škragama a najmanji u mišićnom tkivu. Prosečan sadržaj ispitivanih metala u jetri se kretao opadajućim nizom (Cu>Zn>Pb>Cd), mišićima (Zn>Cu>Pb>Cd) i u škragama (Zn>Cu>Pb>Cd). Najveća koncentracija bakra je ustanovljena u jetri (809,27±70,64 µg/g) dok se u mišićima vrednost kretala u intervalu od 1,01 do 1,69 µg/g odnosno škragama od 1,66 do 3,35 µg/g. Sa druge strane najveći sadržaj cinka utvrđen je u škragama (73,04±5,07 µg/g), zatim u jetri (61,58-79,10 µg/g), a najmanji u mišićima (26,13±5,87 µg/g). Utvrđena koncentracija kadmijuma bila je manja u odnosu na ostale ispitivane metale i kretala se u intervalu od 0,16 do 1,71 µg/g (jetra), od 0,02 do 0,06 µg/g (škrge) i od 0,03 do 0,05 µg/g (mišići). Sa druge strane utvrđene vrednosti olova kretale su se u intervalu od 1,07 do 5,36 µg/g (jetra), od 0,43 do 1,85 µg/g (škrge) i od 0,26 do 0,99 µg/g (mišići).

Squadrone i sar., (2013) su ispitivali distribuciju teških metala (Pb, Cd, Hg i As) u različitim tkivima soma. U svim ispitivanim uzorcima mišića, sadržaj kadmijuma je bio ispod 0,05 mg/kg, u uzorcima škruga ispod 0,01 mg/kg, dok je u uzorcima jetre prosečna vrednost iznosila 0,06 mg/kg. Najveći prosečan sadržaj kadmijuma je dokazan u bubrezima, sa srednjom vrednošću od 0,32 mg/kg. Prosečan sadržaj žive u mišićnom tkivu je iznosio 0,34 mg/kg, s tim što je u 18% ispitivanih uzoraka sadržaj bio iznad maksimalno dozvoljenih vrednosti od 0,5 mg/kg. Dužina, težina i starost ribe bile su u tesnoj korelaciji sa sadržajem žive, pa je povećanje bioakumulacije žive povezano sa intenzitetom porasta ribe. Manje koncentracije žive u ispitivanim uzorcima su zabeležene u škrugama (0,08 mg/kg), bubrezima (0,14 mg/kg) kao i u jetri (0,25 mg/kg). Najveća prosečna koncentracija olova utvrđena je u uzorcima škruga (0,06 mg/kg) a najmanja u mišićnom tkivu (0,04 mg/kg). Najveći sadržaj arsena ustanovljen je u mišićima (maksimalna vrednost 2,04 mg/kg), dok se prosečna vrednost u svim ispitivanim tkivima kretala u intervalu od 0,01 do 0,08 mg/kg.

De Rosemond i sar. (2008) analizirajući sadržaj arsena u slatkovodnim ribljim vrstama utvrdili su količinu u mišićnom tkivu u rasponu od 0,57 do 1,15 mg/kg i u jetri od 0,42 do 2,25 mg/kg. Sa druge strane, Jankong i sar. (2007) su ispitivanjem sadržaja arsena u slatkovodnim vrstama u mišićnom tkivu zabeležili vrednost u rasponu od 0,05 do 0,81 mg/kg.

Bastić i sar., (2002) su ispitivali kvalitet mesa zlatnog karaša iz ribnjaka kao i bele vrste riba iz otvorenih voda. U mesu karaša utvrđen je najveći prosečan sadržaj cinka (25,96 mg/kg), manji gvožđa, bakra i arsena (11,52 mg/kg, 0,98 mg/kg, 0,08 mg/kg, pojedinačno) a najmanji žive (0,02 mg/kg). U mesu bele ribe utvrđeni sadržaj cinka je imao najveću vrednost (13,28 mg/kg), manju gvožđe (10,97 mg/kg) i bakar (0,78 mg/kg), a najmanju živa (0,03 mg/kg). Sadržaj kadmijuma i olova u svim ispitivanim uzorcima je bio ispod limita detekcije od 0,01 mg/kg odnosno 0,03 mg/kg.

Pantelica i sar. (2012) su u svom radu utvrdili sadržaj gvožđa i cinka kod kečige u količini od  $32,7 \pm 0,8$  mg/kg odnosno  $62,5 \pm 1,3$  mg/kg, sadržaj arsena od 82 µg/kg, a žive od 11 µg/kg. U istom radu sadržaj gvožđa i cinka, kod crvenperke je iznosio  $64,1 \pm 1,7$  mg/kg odnosno  $24,9 \pm 0,5$  mg/kg, sadržaj arsena je  $174 \pm 27$  µg/kg, a sadržaj žive  $8,4 \pm 5,1$  µg/kg. Sadržaj gvožđa i sadržaj cinka kod srebrnog karaša-babuške je iznosio  $51,4 \pm 1,2$  mg/kg odnosno  $82,5 \pm 2,0$  mg/kg, sadržaj arsena  $58,7 \pm 12,4$  µg/kg, a sadržaj žive je manji od 13 µg/kg.



Mendil i sar. (2010) su određivali sadržaj metala u različitim vrstama slatkovodne ribe u nezagađenim i zagađenim područjima. Istraživanje je ukazalo na najveću kontaminaciju gvožđem, dok je u ispitivanim uzorcima zabeležena najmanja vrednost olova. Koncentracija gvožđa u ribama sa nezagađenih područja kretala se u intervalu od 6,5 do 70,1  $\mu\text{g/g}$ , a u zagađenim područjima u intervalu od 16,5 do 116  $\mu\text{g/g}$ . Utvrđena vrednost cinka u nezagađenim područjima kretala se u intervalu od 21,0 do 50,9  $\mu\text{g/g}$ , odnosno od 30,1 do 63,5  $\mu\text{g/g}$ , a u zagađenim područjima, bakra od 1,0 do 1,9  $\mu\text{g/g}$  u nezagađenim i od 1,3 do 3,3  $\mu\text{g/g}$  u zagađenim područjima. Najveća vrednost kadmijuma u nezagađenom području iznosila je 0,54  $\mu\text{g/g}$ , odnosno u zagađenom području 0,75  $\mu\text{g/g}$ , a najveća vrednost za olovo u nezagađenim područjima iznosila je 0,26  $\mu\text{g/g}$ , odnosno u zagađenim područjima 0,56  $\mu\text{g/g}$ .

Bordajandi i sar. (2003) su ispitivali sadržaj teških metala i arsena u tkivima tri vrste riba izlovljenih iz reke Turia (Španija). Prosečan sadržaj olova u mišićnom tkivu riba se kretao u intervalu od 0,0273  $\mu\text{g/g}$  (pastrmka) do 0,108  $\mu\text{g/g}$  (jegulja), kadmijuma od 0,0014  $\mu\text{g/g}$  (pastrmka) do 0,0049  $\mu\text{g/g}$  (jegulja), a arsena od 0,0182  $\mu\text{g/g}$  (mrena) do 0,2279  $\mu\text{g/g}$  (jegulja). Sadržaj ispitivanih elemenata u mišićnom tkivu ribe bio je manji od dozvoljenih vrednosti definisanih nacionalnim propisom.

Subotić i sar. (2013) su ispitivali sadržaj arsena, kadmijuma i žive u uzorcima riba (som, smuđ, manić i šaran) izlovljenih iz Dunava (Pančevački most) i na ušću Save u Dunav. Sadržaj arsena se u mišićnom tkivu nalazio u opsegu od 0,17  $\mu\text{g/g}$  (smuđ) do 0,93  $\mu\text{g/g}$  (manić), a u jetri od 0,24  $\mu\text{g/g}$  (som) do 1,06  $\mu\text{g/g}$  (manić). U jetri soma, smuđa i manića koncentracija arsena je bila veća u odnosu na mišićno tkivo, dok je kod šarana veća koncentracija arsena utvrđena u mišićnom tkivu u odnosu na jetru. Sadržaj kadmijuma u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba kretao se u opsegu od 0,005  $\mu\text{g/g}$  (manić, smuđ, šaran) do 0,01  $\mu\text{g/g}$  (som) a u jetri od 0,02  $\mu\text{g/g}$  (smuđ, som) do 0,28  $\mu\text{g/g}$  (šaran). Sadržaj kadmijuma bio je uvek manji u mišićnom tkivu nego u jetri, što je dokazano i kod žive. Sadržaj žive u mišićnom tkivu nalazio se u opsegu od 0,89  $\mu\text{g/g}$  (šaran) do 1,69  $\mu\text{g/g}$  (som), a u jetri od 1,63  $\mu\text{g/g}$  (šaran) do 1,90  $\mu\text{g/g}$  (som).

### **3. CILJ I ZADACI ISPITIVANJA**

Cilj ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije jeste utvrđivanje sadržaja teških metala (Pb, Cd, Hg, Cu, Fe i Zn) i metaloida (As) u različitim tkivima riba (meso, jetra, digestivni trakt i škrge) izlovljenih iz Dunava i otvorenih voda (jezera sa područja grada Beograda), a u zavisnosti od načina njihove ishrane (biljojedi, svaštojedi i mesojedi). Dobijeni rezultati o nalazu teških metala i metaloida u mesu riba bili bi poređeni sa propisanim standardima i poslužili bi za procenu izloženosti ljudske populacije štetnim efektima teških metala i metaloida. Rezultati bi trebalo da ukažu na kvalitet mesa ribe kao namirnice za ishranu ljudi, na moguće hemijske opasnosti (teške metale i metaloide) iz grupe industrijskih zagađivača koji se mogu naći u ribi, zatim na zagađenje vodene odnosno životne sredine na području sa koga potiče uzorkovana riba, kao i na eventualne poremećaje zdravstvenog stanja ribe.

Za ostvarenje navedenog cilja istraživanja definisani su sledeći zadaci:

1. ispitati sadržaj teških metala i metaloida (Pb, Cd, Hg, Cu, Fe, Zn i As) u mesu šest vrsta riba, različitog načina ishrane (biljojedi, svaštojedi i mesojedi) iz Dunava (babuška, deverika, mrena, šaran, smuđ i som) sa dva različita lovna područja (uzvodno od Beograda, lokacija Zemun i nizvodno od Beograda, lokacija Grocka),
2. ispitati sadržaj teških metala i metaloida (Pb, Cd, Hg, Cu, Fe, Zn i As) u mesu tri različite vrste riba u zavisnosti od načina ishrane (babuška - biljojed, šaran - svaštojed i štika - mesojed) iz sedam jezera sa područja grada Beograda,
3. ispitati sadržaj teških metala i metaloida (Pb, Cd, Hg, Cu, Fe, Zn i As) u pojedinim organima (jetra, digestivni trakt i škrge) biljojednih (babuška), svaštojednih (šaran, deverika i mrena) i riba predatora (som i smuđ) izlovljenih u

Dunavu (mrena, som, smuđ), odnosno jezerima sa područja grada Beograda (babuška, deverika i šaran),

4. uporediti sadržaj teških metala i metaloida (Pb, Cd, Hg, Cu, Fe, Zn i As) u mesu ribe u odnosu na standarde iz zakonske regulative.

Svi dobijeni rezultati i podaci bili bi obrađeni i statistički analizirani u cilju izvođenja relevantnih zaključaka i prikazani u vidu tabela, grafikona i slika.

## 4. MATERIJAL I METODE

### 4.1. MATERIJAL

Određivanje sadržaja arsena i teških metala vršeno je na sledećim vrstama riba i to: babuška (*Carassius auratus gibelio*), mrena (*Barbus barbus*), deverika (*Abramis brama*), šaran (*Cyprinus carpio*), smuđ (*Stizostedion lucioperca*), som (*Silurus glanis*) i štika (*Esox lucius*).

#### 4.1.1. Uzorkovanje materijala

Uzorci ribe preuzeti su od lokalnih profesionalnih ribara, koji su posle ulova na uobičajen način primarno obrađeni. Za potrebe ispitivanja sadržaja teških metala i metaloida u organima prilikom evisceracije odvojeni su uzorci jetre i digestivnog trakta, a pri obradi trupa isečene su škrge. Od očišćene i oprane ribe odsecan je po komad mesa, a upakovani uzorci u plastičnim kesama su do laboratorije transportovani u ručnim hladnjacima. Svaki uzorak je obeležen brojem (šifrom) tako da se zna vrsta, težina i vreme uzorkovanja.

Ukupno je tokom 2013. i 2014. godine uzeto 246 uzoraka mesa ribe, kao i 108 uzoraka organa ribe (jetra, digestivni trakt i škrge) na dve lokacije iz Dunava (Zemun i Grocka) i iz sedam jezera sa područja grada Beograda, i to iz jezera Rabrovac i Markovac (teritorija opštine Mladenovac), iz jezera Očaga (teritorija opštine Lazarevac), te iz jezera Veliko blato i Mokri Sebeš (teritorija opštine Palilula), zatim iz jezera Grabovac (teritorija opštine Obrenovac) i iz veštačkog jezera Bečmen (teritorija opštine Surčin).

U prvoj fazi je izvršeno ispitivanje 120 uzoraka mesa različitih vrsta ribe u odnosu na način ishrane (biljojedi, svaštojedi, mesojedi), na prisustvo teških metala i metaloida, i to 60 uzoraka (po deset uzoraka babuške, deverike, mreene, šarana, soma i smuđa) uzvodno od Beograda na lokaciji Zemun, i na isti način, 60 uzoraka mesa istih vrsta riba nizvodno od Beograda na lokaciji Grocka.

U drugoj fazi, izvršeno je ispitivanje 126 uzoraka mesa ribe iz sedam jezera sa područja Beograda (Rabrovac, Markovac, Bečmen, Očaga, Veliko blato, Grabovac i Mokri Sebeš) i to po sedam uzoraka mesa babuške (biljojed) i šarana (svaštojed) sa

svake lokacije, odnosno po sedam uzoraka mesa štuke (mesojed) sa četiri lokacije (Rabrovac, Markovac, Bečmen i Očaga).

Istovremeno, izvršeno je ispitivanje sadržaja teških metala i metaloida u 108 uzoraka organa (po 36 uzoraka jetre, digestivnog trakta i škruga) biljojednih (babuška) svaštojednih (šaran, deverika i mrena) i riba predatora (som i smuđ) izlovljenih u Dunavu (mrena, som, smuđ), odnosno u jezerima sa područja grada Beograda (babuška, deverika i šaran).

#### **4.1.2. Lokacije sakupljanja uzoraka**

Jezeru iz kojih su uzimani uzorci se nalaze na široj teritoriji grada Beograda (slika 8). Jezero Rabrovac, nalazi se 12 km od Mladenovca na regionalnim putu Mladenovac - Smederevska Palanka. Dugačko je 780, široko 160 a duboko i do 16 m.

Jezero Markovac pripada opštini Mladenovac i nalazi se šest kilometara južno od Mladenovca, na putu Mladenovac - Topola. Ovo jezero nastalo je izgradnjom brane na rečici Košarnoj, dugo je 1,5 km, široko i do 500, a duboko oko 10 m.

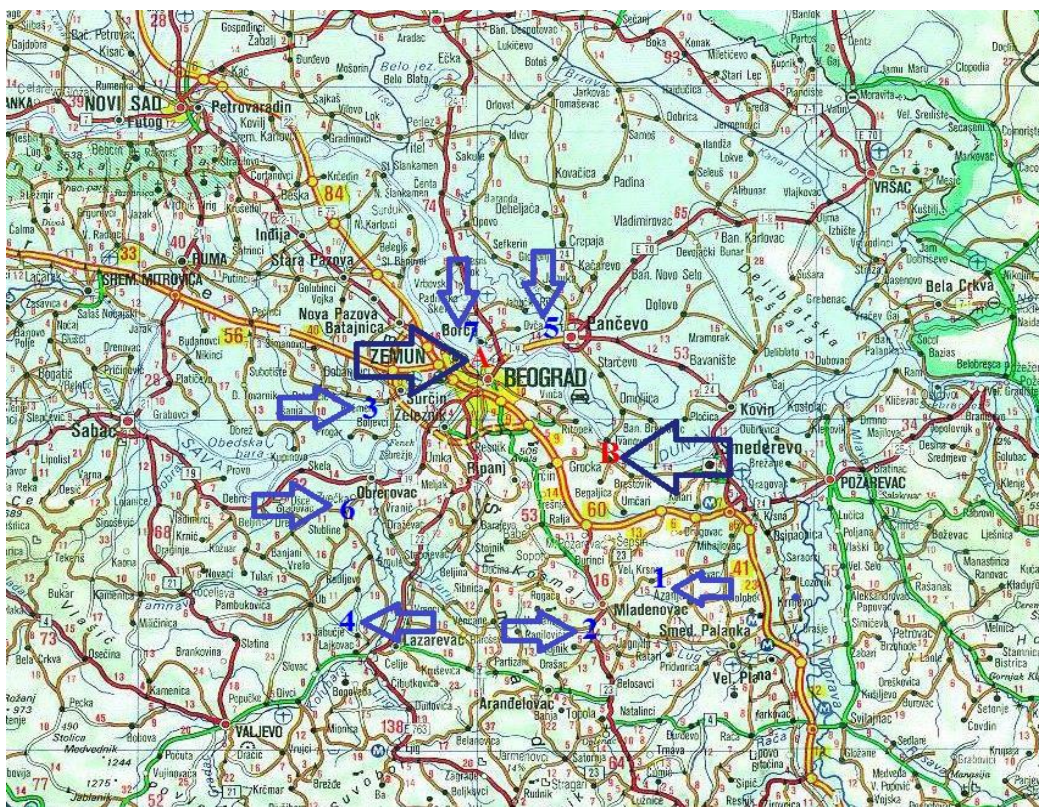
Veštačko jezero Bečmen ili Bečmenska bara je komercijalni ribnjak, koji se nalazi na teritoriji opštine Surčin, u mestu Bečmen. Bečmenski ribnjak se zapravo sastoji od tri međusobno povezana ribnjaka, dužine 1,5 km, širine 70-80 m i dubine oko 2 m.

Jezero Očaga se nalazi u opštini Lazarevac na desnoj strani Ibarske magistrale, u smeru iz Beograda ka centralnoj Srbiji. U pitanju je veštačko jezero, dubine oko 6 metara, koje ima izvorsku vodu koja se svakodnevno filtrira.

Veliko blato je ogromna vodena površina na opštini Palilula, u naselju Borča blizu Zrenjaninskog puta i Pančevačkog mosta preko Dunava. Prostor Veliko blato se sastoji od jezera i pošumljenog priobalja. Jezero je okruženo poljoprivrednim površinama, a jednim delom na njegove obale naslanja se i neplanski građeno naselje.

Jezero Grabovac se nalazi kod istoimenog mesta u blizini Obrenovca, na putu Obrenovac - Piroman. Reč je o uređenom velikom jezeru, prečnika preko 200 metara, dubine 2-3 m, a na pojedinim mestima i 7 m. Reč je zapravo o veštačkoj akumulaciji sa velikom zemljanom branom na severnoj strani.

Sebeš ili Mokri Sebeš je sistem sporih kanala na južnom močvarnom području Pančevačkog rita. Smer kretanja vode u kanalima ide južno od Borče i teče prema istoku ka močvari Veliko blato, i močvarama Sebeš i Reva. Sebeš važi za jedno od najpopularnijih mesta za ribolov.



Slika 8. Lokacije sakupljanja uzoraka

Legenda: **A.** Zemun **B.** Grocka **1.** Rabrovac **2.** Markovac **3.** Bečmen **4.** Očaga **5.** Veliko blato **6.** Grabovac **7.** Mokri Sebeš

## 4.2. METODE

U cilju određivanja sadržaja teških metala sve korišćene hemikalije su p.a. čistoće proizvođača J. T. Baker, a dejonizovana voda (specifične otpornosti od 18M $\Omega$ ) dobijena je iz dejonizatora vode Heming PO 2a + LD3M. Za pripremu uzoraka korišćeni su analitička vaga KERN ABS-220-4 i mikrotalasna peć Anton Paar MW 3000 (sa kivetama oznake MF 100).

Teški metali određeni su na atomskom apsorpcionom spektrometru Perkin Elmer Analyst 700 sa MHS sistemom uz korišćenje lampi istog proizvođača.

### 4.2.1. Priprema uzoraka

Za pripremu uzoraka korišćena je mikrotalasna digestija. Na analitičkoj vagi u kivete za pripremu uzoraka odmereno je oko  $1 \pm 0,001$  g usitnjenog i homogenizovanog uzorka. Tokom procesa digestije, korišćena je smeša od 65% HNO<sub>3</sub> (6 ml, Merck

suprapure) i 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (1 ml, Merck suprapure). Proces digestije je sproveden programom za razlaganje uzoraka hrane, sa opsegom od 250 do 630 W u četiri koraka.

1. Prvi korak	250 W	3:00 min
2. Drugi korak	630 W	8:00 min
3. Treći korak	500 W	22:00 min
4. Četvrti korak	0 W	30:00 min

Zajedno sa uzorkom, pripremana je i slepa proba (bez dela uzorka za ispitivanje). Posle hlađenja do sobne temperature pripremljeni uzorci su kvantitativno preneti u odmerni sud. Za određivanje sadržaja gvožđa, bakra, cinka, kadmijuma, olova i žive odmerni sud je dopunjen do označenog podeoka 0,1 mol/L HNO<sub>3</sub>. Za određivanje sadržaja arsena, pripremljeni uzorak kvantitativno je prenesen u odmerni sud od 25 mL uz dodatak 5 mL 6M HCl kao i 5mL redukcionog sredstva 5% rastvora KJ, i dopunjen je do podeoka dejonizovanom vodom. Uzorak je stabilan 24 časa na temperaturi od 4 °C.

#### 4.2.2. Instrumentalno određivanje sadržaja teških metala i metaloida

Sadržaji teških metala u uzorcima mesa i organa (jetra, digestivni trakt, škrge) riba određeni su metodom atomske apsorpcione spektrometrije (AAS), tehnikama plamene atomizacije (Cu, Zn i Fe), elektrotermalne atomizacije grafitnom kivetom (Pb i Cd), hidridnom tehnikom (As) i tehnikom hladnih para (Hg).

#### Određivanje sadržaja bakra, gvožđa i cinka – metoda atomske apsorpcione spektrometrije (AAS) – SRPS EN 14084 (2008)

Za određivanje sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima, korišćena je metoda atomske apsorpcione spektrometrije (AAS), tehnika plamene atomizacije (FAAS). Na aparatu je instalirana lampa sa šupljom katodom za određivanje odgovarajućeg elementa, kao i deuterijumska lampa za korekciju pozadinskog zračenja, a zatim je izabrana odgovarajuća talasna dužina karakteristična za svaki element ( $\lambda_{\text{Cu}} = 324,8 \text{ nm}$ ;  $\lambda_{\text{Fe}} = 248,3 \text{ nm}$ ;  $\lambda_{\text{Zn}} = 213,8 \text{ nm}$ ) uz podešavanje odgovarajućih uslova za analizu (širina proreza, položaj plamenika, protok acetilena i vazduha).

Rastvor uzorka je prenet u odmerni sud od 50 mL i dopunjen 0,1 M rastvorom HNO<sub>3</sub>. Pripremljena je serija standardnih rastvora koji su razblaženi vodenim 1,5 M

rastvorom HNO<sub>3</sub>, da bi koncentracija kiseline u uzorcima i standardima bila što približnija.

Nakon stabilizacije plamena, u plamen je prvo raspršena dejonizovana voda, zatim standardni rastvori i na kraju slepa proba i ispitivani rastvor. Na osnovu izmerene apsorpcije standardnih rastvora nacrtana je kalibraciona kriva. Sadržaj svakog elementa (Cu, Fe i Zn) određen je na osnovu kalibracione krive, uzimajući u obzir mase uzoraka i primenjena razblaženja.

### **Određivanje sadržaja olova i kadmijuma – metoda atomske apsorpcione spektrometrije (AAS) – SRPS EN 14084 (2008)**

Sadržaj kadmijuma i olova u uzorcima, usled niske koncentracije ovih elemenata, određen je metodom atomske apsorpcione spektrometrije (AAS), tehnikom elektrotermalne atomizacije grafitnom kivetom (GFAAS).

Na aparatu je instalirana grafitna kiveta, lampa sa šupljom katodom za određivanje odgovarajućeg elementa, kao i deuterijumska lampa za korekciju pozadinskog zračenja. Izabrana je odgovarajuća talasna dužina karakteristična za svaki element ( $\lambda_{\text{Pb}} = 283,3 \text{ nm}$ ;  $\lambda_{\text{Cd}} = 228,8 \text{ nm}$ ) i podešeni odgovarajući uslovi za analizu (autosempler, širina proreza, acetilen, vazduh, protok argona i ostali instrumentalni parametri prikazani su u tabeli 3). Po uputstvu proizvođača korišćeni su različiti modifikatori, rastvor primarnog amonijum-fosfata za olovo i rastvor paladijum-hlorida i magnezijum-nitrata za kadmijum.

**Tabela 3.** Parametri prilikom određivanja sadržaja metala (Pb, Cd) u grafitnoj kiveti

Metal	Talasna dužina (nm)	Parametar	Korak 1	Korak 2	Korak 3	Korak 4
Pb	283,3	Temp. (°C)	130	450	1900	2500
		Rampa (s)	10	15	0	2
		Vreme (s)	30	10	4	2
Cd	228,8	Temp. (°C)	130	350	1200	2500
		Rampa (s)	10	15	0	2
		Vreme (s)	30	10	4	2

Nakon podešavanja grafitne peći, u kiveti su najpre tretirani standardni rastvori zatim slepa proba i na kraju ispitivani rastvor. Na osnovu izmerene apsorpcije standardnih rastvora, nacrtana je kalibraciona kriva. Sadržaj svakog elementa (Pb i Cd) određen je na osnovu kalibracione krive, uzimajući u obzir mase uzoraka i eventualna primenjena razblaženja.



**Određivanje arsena – metoda atomske apsorpcione spektrometrije (AAS) – SRPS EN 14627 (2008)**

Za određivanje sadržaja arsena u uzorcima, korišćena je metoda atomske apsorpcione spektrometrije (AAS), hidridna tehnika (HGAAS). Na aparatu je instalirana EDL lampa za određivanje odgovarajućeg elementa, kao i deuterijumska lampa za korekciju pozadinskog zračenja, a zatim je izabrana odgovarajuća talasna dužina karakteristična za arsen ( $\lambda_{As} = 193,7 \text{ nm}$ ) uz podešavanje odgovarajućih uslova za analizu (širina proreza, položaj plamenika, protok acetilena, vazduha i azota).

Za analizu je uzimano 10 ml uzorka iz pripremljenog rastvora. Kao redukciono sredstvo upotrebljen je 3% rastvor natrijum-bor hidrida u 1% natrijum-hidroksidu. Nastali hidrid arsena u struji inertnog gasa (azot) unet je u atomizer, gde se razlaže i meri apsorpcioni signal koji potiče od arsena. Na osnovu izmerene apsorpcije standardnih rastvora, nacrtana je kalibraciona kriva. Sadržaj arsena određen je na osnovu kalibracione krive, uzimajući u obzir mase uzoraka i eventualna primenjena razblaženja.

**Određivanje žive – metoda atomske apsorpcione spektrometrije (AAS) – metoda SRPS EN 13806 (2008)**

Za određivanje sadržaja žive u uzorcima, korišćena je metoda atomske apsorpcione spektrometrije (AAS), tehnika hladnih para (CVAAS) koja se zasniva na osobini žive da joj je para stabilna na sobnoj temperaturi. Na aparatu je instalirana EDL lampa za određivanje žive, kao i deuterijumska lampa za korekciju pozadinskog zračenja, a zatim je izabrana odgovarajuća talasna dužina karakteristična za živu ( $\lambda_{Hg} = 253,7 \text{ nm}$ ) uz podešavanje odgovarajućih uslova za analizu (širina proreza, položaj plamenika, acetilen, vazduh i protok azota).

Iz pripremljenog rastvora, za analizu je uzimano 10 ml uzorka. Kao redukciono sredstvo upotrebljen je 3% rastvor natrijum-bor hidrida u 1% natrijum-hidroksidu koji redukuje živu do elementarne žive. Elementarna živa u struji inertnog gasa (azota) uneta je u atomizer, gde je meren njen apsorpcioni signal. Na osnovu izmerene apsorpcije standardnih rastvora nacrtana je kalibraciona kriva. Sadržaj žive određen je na osnovu kalibracione krive, uzimajući u obzir mase uzoraka i primenjena razblaženja.

### **4.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA**

U statističkoj analizi dobijenih rezultata izvedenog eksperimenta, kao osnovne statističke metode korišćeni su deskriptivni statistički parametri. Deskriptivni statistički parametri, odnosno aritmetička sredina, standardna devijacija, standardna greška, minimalna, maksimalna vrednost i koeficijent varijacije, omogućavaju opisivanje eksperimentalnih rezultata i njihovo tumačenje.

Za testiranje i utvrđivanje statistički značajnih razlika između ispitivanih grupa korišćena su dva testa, a za ispitivanje značajnosti razlika između srednjih vrednosti dve ispitivane grupe korišćen je t-test.

Za ispitivanje signifikantnih razlika između tri i više posmatranih tretmana korišćen je grupni test, ANOVA, a zatim su pojedinačnim Tukey testom ispitane statistički značajne razlike između tretmana.

Signifikantnost razlika je utvrđena na nivoima značajnosti od 5% i 1%. Svi dobijeni rezultati prikazani su tabelarno i grafički. Statistička analiza dobijenih rezultata urađena je u statističkom paketu PrismaPad 5.00.

## 5. REZULTATI ISPITIVANJA

### 5.1. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I ARSENA U MIŠIĆNOM TKIVU BILJOJEDNIH (BABUŠKA), SVAŠTOJEDNIH (DEVERIKA, MRENA, ŠARAN) I MESOJEDNIH (SMUĐ I SOM) VRSTA RIBA IZ DUNAVA, SA LOKACIJE ZEMUN I GROCKA

U ovom potpoglavlju prikazani su rezultati ispitivanja sadržaja olova, kadmijuma, žive, bakra, gvožđa, cinka i arsena u mišićnom tkivu babuške, deverike, mrene, šarana, smuđa i soma izlovljenih u Dunavu, na lokacijama Zemun i Grocka. Rezultati ispitivanja sadržaja teških metala i arsena u mišićnom tkivu prikazani su za svaku od šest ispitivanih vrsta ribe.

#### 5.1.1. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu babuške

U mišićnom tkivu babuške izlovljene na lokaciji Grocka prosečan sadržaj olova ( $0,040 \pm 0,002$  mg/kg), žive ( $0,139 \pm 0,005$  mg/kg), bakra ( $0,824 \pm 0,009$  mg/kg) i arsena ( $0,172 \pm 0,003$  mg/kg) bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ), pojedinačno od prosečnog sadržaja olova ( $0,030 \pm 0,003$  mg/kg), žive ( $0,094 \pm 0,006$  mg/kg), bakra ( $0,809 \pm 0,009$  mg/kg) odnosno arsena ( $0,139 \pm 0,006$  mg/kg) u mišićnom tkivu babuške izlovljene na lokaciji Zemun. Sa druge strane, utvrđeni prosečan sadržaj kadmijuma ( $0,057 \pm 0,003$  mg/kg), gvožđa ( $8,05 \pm 0,07$  mg/kg) i cinka ( $11,16 \pm 0,17$  mg/kg) u mišićnom tkivu babuške izlovljene na lokaciji Zemun bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ), pojedinačno od sadržaja kadmijuma ( $0,051 \pm 0,002$  mg/kg), gvožđa ( $7,25 \pm 0,12$  mg/kg), odnosno cinka ( $10,26 \pm 0,13$  mg/kg) u mišićnom tkivu babuške izlovljene na lokaciji Grocka (tabele 4 i 4a).

**Tabela 4.** Prosečan sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu babuške

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Zemun	$0,030^A \pm 0,003$	$0,057^A \pm 0,003$	$0,094^A \pm 0,006$	$0,139^A \pm 0,006$
Grocka	$0,040^A \pm 0,002$	$0,051^A \pm 0,002$	$0,139^A \pm 0,005$	$0,172^A \pm 0,003$

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

**Tabela 4a.** Prosečan sadržaj teških metala u mišićnom tkivu babuške

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )		
	Cu	Fe	Zn
Zemun	0,809 <sup>A</sup> ±0,009	8,05 <sup>A</sup> ±0,07	11,16 <sup>A</sup> ±0,17
Grocka	0,824 <sup>A</sup> ±0,009	7,25 <sup>A</sup> ±0,12	10,26 <sup>A</sup> ±0,13

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

### 5.1.2. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu deverike

Prosečan sadržaj olova, kadmijuma, žive i arsena u mišićnom tkivu deverike izlovljene na lokaciji Grocka (0,028±0,002 mg/kg, 0,027±0,003 mg/kg, 0,161±0,004 mg/kg, 0,154±0,004 mg/kg, pojedinačno) bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja ovih elemenata u mišićnom tkivu deverike izlovljene na lokaciji Zemun (Pb 0,019±0,002 mg/kg, Cd 0,021±0,002 mg/kg, Hg 0,110±0,005 mg/kg, As 0,109±0,003 mg/kg). U mišićnom tkivu deverike izlovljene na lokaciji Grocka, prosečan sadržaj bakra, gvožđa i cinka iznosio je 0,717±0,013 mg/kg, 13,54±0,15 mg/kg, 9,02±0,18 mg/kg, a na lokaciji Zemun 0,707±0,008 mg/kg, 13,60±0,33 mg/kg i 9,06±0,14 mg/kg s tim da nisu utvrđene statističke razlike (tabele 5 i 5a).

**Tabela 5.** Prosečan sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu deverike

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Zemun	0,019 <sup>A</sup> ±0,002	0,021 <sup>A</sup> ±0,002	0,110 <sup>A</sup> ±0,005	0,109 <sup>A</sup> ±0,003
Grocka	0,028 <sup>A</sup> ±0,002	0,027 <sup>A</sup> ±0,003	0,161 <sup>A</sup> ±0,004	0,154 <sup>A</sup> ±0,004

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

**Tabela 5a.** Prosečan sadržaj teških metala u mišićnom tkivu deverike

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )		
	Cu	Fe	Zn
Zemun	0,707±0,008	13,60±0,33	9,06±0,14
Grocka	0,717±0,013	13,54±0,15	9,02±0,18

### 5.1.3. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu mreke

Prosečan sadržaj olova (0,062±0,003 mg/kg) kadmijuma (0,062±0,003 mg/kg), žive (0,325±0,007 mg/kg), bakra (0,839±0,005 mg/kg), cinka (6,02±0,16 mg/kg) odnosno arsena (0,239±0,005 mg/kg) u mišićnom tkivu mreke izlovljene na lokaciji Grocka bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja olova (0,048±0,003 mg/kg),

kadmijuma ( $0,052 \pm 0,002$  mg/kg), žive ( $0,222 \pm 0,003$  mg/kg), bakra ( $0,826 \pm 0,005$  mg/kg), cinka ( $5,20 \pm 0,24$  mg/kg) odnosno arsena ( $0,189 \pm 0,003$  mg/kg) u mišićnom tkivu mrene izlovljene na lokaciji Zemun. Međutim, u mišićnom tkivu mrene izlovljene na lokaciji Zemun, prosečan sadržaj gvožđa ( $12,22 \pm 0,22$  mg/kg) bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja ovog elementa ( $11,91 \pm 0,17$  mg/kg) u mišićnom tkivu mrene sa lokacije Grocka (tabele 6 i 6a).

**Tabela 6.** Prosečan sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu mrene

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Zemun	$0,048^A \pm 0,003$	$0,052^A \pm 0,002$	$0,222^A \pm 0,003$	$0,189^A \pm 0,003$
Grocka	$0,062^A \pm 0,003$	$0,062^A \pm 0,003$	$0,325^A \pm 0,007$	$0,239^A \pm 0,005$

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

**Tabela 6a.** Prosečan sadržaj teških metala u mišićnom tkivu mrene

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )		
	Cu	Fe	Zn
Zemun	$0,826^A \pm 0,005$	$12,22^A \pm 0,22$	$5,20^A \pm 0,24$
Grocka	$0,839^A \pm 0,005$	$11,91^A \pm 0,17$	$6,02^A \pm 0,16$

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

#### 5.1.4. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu šarana

U mišićnom tkivu šarana izlovljenog na lokaciji Grocka utvrđen je prosečni sadržaj olova ( $0,084 \pm 0,004$  mg/kg), kadmijuma ( $0,082 \pm 0,003$  mg/kg), žive ( $0,465 \pm 0,006$  mg/kg), bakra ( $0,757 \pm 0,005$  mg/kg) odnosno arsena ( $0,333 \pm 0,007$  mg/kg) koji je bio statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od prosečnog sadržaja olova ( $0,059 \pm 0,002$  mg/kg), kadmijuma ( $0,059 \pm 0,002$  mg/kg), žive ( $0,393 \pm 0,004$  mg/kg), bakra ( $0,688 \pm 0,006$  mg/kg) odnosno arsena ( $0,258 \pm 0,003$  mg/kg) u mišićnom tkivu šarana izlovljenog na lokaciji Zemun. Utvrđeno je takođe da je i prosečan sadržaj gvožđa u mišićnom tkivu šarana izlovljenog na lokaciji Grocka ( $9,68 \pm 0,33$  mg/kg) bio statistički značajno veći ( $p < 0,05$ ) od prosečnog sadržaj gvožđa u mišićnom tkivu šarana izlovljenog na lokaciji Zemun ( $9,38 \pm 0,20$  mg/kg). Nije utvrđena statistički značajna razlika u sadržaju cinka u mišićnom tkivu šarana izlovljenog na lokaciji Zemun ( $6,16 \pm 0,16$  mg/kg) i sadržaja cinka u mišićnom tkivu šarana ( $6,17 \pm 0,15$  mg/kg) izlovljenog na lokaciji Grocka (tabela 7 i 7a).

**Tabela 7.** Prosečan sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu šarana

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Zemun	0,059 <sup>A</sup> ±0,002	0,059 <sup>A</sup> ±0,002	0,393 <sup>A</sup> ±0,004	0,258 <sup>A</sup> ±0,003
Grocka	0,084 <sup>A</sup> ±0,004	0,082 <sup>A</sup> ±0,003	0,465 <sup>A</sup> ±0,006	0,333 <sup>A</sup> ±0,007

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

**Tabela 7a.** Prosečan sadržaj teških metala u mišićnom tkivu šarana

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )		
	Cu	Fe	Zn
Zemun	0,688 <sup>A</sup> ±0,006	9,38 <sup>a</sup> ±0,20	6,16±0,16
Grocka	0,757 <sup>A</sup> ±0,005	9,68 <sup>a</sup> ±0,33	6,17±0,15

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$ ; a  $p < 0,05$

### 5.1.5. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu smuđa

Utvrđeni prosečan sadržaj olova, kadmijuma, žive, bakra i arsena u mišićnom tkivu smuđa izlovljenog na lokaciji Grocka (0,037±0,003 mg/kg, 0,036±0,003 mg/kg, 0,162±0,005 mg/kg, 0,574±0,007 mg/kg, 0,153±0,005 mg/kg, pojedinačno) bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja ovih elemenata u mišićnom tkivu smuđa izlovljenog na lokaciji Zemun (0,032±0,002 mg/kg, 0,023±0,002 mg/kg, 0,106±0,004 mg/kg, 0,548±0,011 mg/kg, 0,105±0,003 mg/kg, pojedinačno). Prosečan sadržaj gvožđa i cinka u mišićnom tkivu smuđa izlovljenog na lokaciji Grocka iznosio je 9,97±0,32 mg/kg i 5,17±0,23 mg/kg, a na lokaciji Zemun 10,10±0,09 mg/kg i 5,10±0,17 mg/kg, s tim da nisu utvrđene statistički značajne razlike (tabele 8 i 8a).

**Tabela 8.** Prosečan sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu smuđa

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Zemun	0,032 <sup>A</sup> ±0,002	0,023 <sup>A</sup> ±0,002	0,106 <sup>A</sup> ±0,004	0,105 <sup>A</sup> ±0,003
Grocka	0,037 <sup>A</sup> ±0,003	0,036 <sup>A</sup> ±0,003	0,162 <sup>A</sup> ±0,005	0,153 <sup>A</sup> ±0,005

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

**Tabela 8a.** Prosečan sadržaj teških metala u mišićnom tkivu smuđa

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )		
	Cu	Fe	Zn
Zemun	0,548 <sup>A</sup> ±0,011	10,10±0,09	5,10±0,17
Grocka	0,574 <sup>A</sup> ±0,007	9,97±0,32	5,17±0,23

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

### 5.1.6. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu soma

Prosečan sadržaj olova ( $0,069 \pm 0,002$  mg/kg), žive ( $0,260 \pm 0,007$  mg/kg), bakra ( $1,62 \pm 0,01$  mg/kg) i arsena ( $0,210 \pm 0,001$  mg/kg) u mišićnom tkivu soma izlovljenog u Dunavu na lokaciji Grocka bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja olova ( $0,058 \pm 0,003$  mg/kg), žive ( $0,208 \pm 0,003$  mg/kg), bakra ( $1,55 \pm 0,02$  mg/kg) odnosno arsena ( $0,160 \pm 0,003$  mg/kg) u mišićnom tkivu soma izlovljenog na lokaciji Zemun. Nisu ustanovljene statistički značajne razlike između prosečnih sadržaja kadmijuma u mišićnom tkivu soma izlovljenog na lokaciji Grocka ( $0,069 \pm 0,003$  mg/kg) odnosno Zemun ( $0,068 \pm 0,002$  mg/kg), gvožđa na lokaciji Grocka ( $8,17 \pm 0,24$  mg/kg) odnosno Zemun ( $8,32 \pm 0,18$  mg/kg) i cinka na lokaciji Grocka ( $6,68 \pm 0,11$  mg/kg) odnosno Zemun ( $7,06 \pm 0,08$  mg/kg) (tabela 9 i 9a).

**Tabela 9.** Prosečan sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu soma

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Zemun	$0,058^A \pm 0,003$	$0,068 \pm 0,002$	$0,208^A \pm 0,003$	$0,160^A \pm 0,003$
Grocka	$0,069^A \pm 0,002$	$0,069 \pm 0,003$	$0,260^A \pm 0,007$	$0,210^A \pm 0,010$

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

**Tabela 9a.** Prosečan sadržaj teških metala u mišićnom tkivu soma

Mesto izlova	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm SD$ )		
	Cu	Fe	Zn
Zemun	$1,55^A \pm 0,02$	$8,32 \pm 0,18$	$7,06 \pm 0,08$
Grocka	$1,62^A \pm 0,01$	$8,17 \pm 0,24$	$6,68 \pm 0,11$

Legenda: Isto slovo A -  $p < 0,01$

## 5.2. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I ARSENA U MIŠIĆNOM TKIVU BILJOJEDNIH (BABUŠKA), SVAŠTOJEDNIH (ŠARAN) I MESOJEDNIH (ŠTUKA) VRSTA RIBA IZ JEZERA U OKOLINI BEOGRADA

Rezultati ovog dela ispitivanja prikazuju sadržaj olova, kadmijuma, žive, bakra, gvožđa, cinka i arsena u mišićnom tkivu biljojednih (babuška), svaštojednih (šaran) i mesojednih (štuka) vrsta riba izlovljenih na jezerima Rabrovac, Markovac, Bečmen, Očaga, Veliko blato, Grabovac i Mokri Sebeš za svaku od navedene vrsta ribe pojedinačno.

### 5.2.1. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu babuške iz jezera Rabrovac, Markovac, Bečmen, Očaga, Veliko blato, Grabovac i Mokri Sebeš

U mišićnom tkivu babuške najveći prosečan sadržaj **olova** utvrđen je na lokalitetu Rabrovac ( $0,068 \pm 0,004$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja olova u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta Veliko blato ( $0,043 \pm 0,003$  mg/kg), Mokri Sebeš ( $0,038 \pm 0,002$  mg/kg), Bečmen ( $0,036 \pm 0,004$  mg/kg), Grabovac ( $0,035 \pm 0,004$  mg/kg) i Očaga ( $0,026 \pm 0,005$  mg/kg). Najmanja koncentracija olova utvrđena je u mišićnom tkivu babuške iz jezera Očaga i bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju olova u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta Markovac ( $0,064 \pm 0,005$  mg/kg), Rabrovac, Veliko blato, Mokri Sebeš, Bečmen i Grabovac (tabela 10).

Na lokalitetu jezera Bečmen u mišićnom tkivu babuške utvrđen je najveći sadržaj **kadmijuma** ( $0,066 \pm 0,004$  mg/kg) koji je bio statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od utvrđenog sadržaja kadmijuma u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta Očaga ( $0,053 \pm 0,003$  mg/kg) gde je utvrđena najmanja količina kadmijuma.

Najveći prosečan sadržaj **žive** utvrđen je u mišićnom tkivu babuške na lokalitetu Grabovac ( $0,331 \pm 0,025$  mg/kg), koji je bio statistički značajno veći u odnosu na sadržaj žive u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta Veliko blato ( $0,223 \pm 0,017$  mg/kg), Mokri Sebeš ( $0,194 \pm 0,008$  mg/kg), Bečmen ( $0,148 \pm 0,023$  mg/kg), Rabrovac ( $0,126 \pm 0,006$  mg/kg), Markovac ( $0,119 \pm 0,008$  mg/kg) i Očaga ( $0,096 \pm 0,005$  mg/kg). Najmanja prosečna koncentracija žive ustanovljena u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta Očaga bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na koncentraciju žive u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta Grabovac, Veliko blato, Mokri Sebeš i Bečmen odnosno statistički značajno manja ( $p < 0,05$ ) u odnosu na lokalitet Rabrovac.

U mišićnom tkivu babuške najveći prosečan sadržaj **bakra** utvrđen je na lokalitetu Veliko blato ( $0,875 \pm 0,014$  mg/kg), a najmanji u jezeru Grabovac ( $0,667 \pm 0,044$  mg/kg). Utvrđena prosečna koncentracija bakra u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta Veliko blato bila je statistički značajno veća ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju bakra sa lokaliteta Mokri Sebeš ( $0,792 \pm 0,012$  mg/kg), Očaga ( $0,789 \pm 0,021$  mg/kg), Rabrovac ( $0,714 \pm 0,010$  mg/kg), Markovac ( $0,707 \pm 0,011$  mg/kg) i Grabovac. Prosečan sadržaj bakra iz mišićnog tkiva babuške sa lokaliteta Grabovac bio je statistički značajno manji ( $p < 0,01$ ) od prosečnih vrednosti bakra iz mišićnog tkiva babuške sa lokaliteta Veliko blato, Bečmen, Mokri Sebeš, Očaga i Rabrovac, odnosno statistički značajno manji ( $p < 0,05$ ) u odnosu na lokalitet Markovac (tabela 10a).



Na lokalitetu jezera Bečmen utvrđen je najveći prosečan sadržaj **gvožđa** u mišićnom tkivu babuške ( $7,76 \pm 0,27$  mg/kg) koji je bio statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na najmanji prosečan sadržaj gvožđa utvrđen u mišićnom tkivu babuške u jezeru Grabovac ( $7,00 \pm 0,14$  mg/kg). Prosečan sadržaj gvožđa u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta jezera Grabovac bio je statistički značajno manji ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju gvožđa u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta jezera Bečmen i Rabrovac ( $7,72 \pm 0,12$  mg/kg).

Najveći prosečan sadržaj **cinka** u mišićnom tkivu babuške utvrđen je na lokalitetu jezera Očaga ( $10,24 \pm 0,45$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu količinu cinka sa lokaliteta Bečmen ( $7,91 \pm 0,26$  mg/kg), Veliko blato ( $6,45 \pm 0,31$  mg/kg), Rabrovac ( $6,44 \pm 0,10$  mg/kg), Markovac ( $6,29 \pm 0,16$  mg/kg) Mokri Sebeš ( $5,93 \pm 0,11$  mg/kg) i Grabovac ( $5,32 \pm 0,40$  mg/kg) gde je ustanovljena najmanja količina cinka.

U mišićnom tkivu babuške utvrđen je najveći prosečan sadržaj **arsena** na lokalitetu jezera Grabovac ( $0,278 \pm 0,029$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu količinu arsena u mišićnom tkivu babuške sa lokaliteta Bečmen ( $0,240 \pm 0,006$  mg/kg), Rabrovac ( $0,202 \pm 0,005$  mg/kg), Markovac ( $0,190 \pm 0,004$  mg/kg) i Očaga ( $0,135 \pm 0,003$  mg/kg) gde je utvrđen i najmanji prosečan sadržaj arsena (tabela 10).

**Tabela 10.** Prosečni sadržaji teških metala i arsena u mišićnom tkivu babuške iz ispitivanih jezera

Jezera	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Rabrovac	$0,068^{ABCDE} \pm 0,004$	$0,066^A \pm 0,002$	$0,126^{aABC} \pm 0,005$	$0,202^{ABCDE} \pm 0,005$
Markovac	$0,064^{FGHIJ} \pm 0,005$	$0,061^a \pm 0,002$	$0,119^{bDEF} \pm 0,008$	$0,190^{aFGH} \pm 0,004$
Bečmen	$0,036^{AFKa} \pm 0,004$	$0,066^B \pm 0,004$	$0,148^{bGHIJ} \pm 0,023$	$0,240^{AaIJK} \pm 0,006$
Očaga	$0,026^{BGKLMN} \pm 0,005$	$0,053^{AaBCb} \pm 0,003$	$0,096^{aGKLM} \pm 0,005$	$0,135^{BILMN} \pm 0,003$
V. blato	$0,043^{CHaLO} \pm 0,003$	$0,065^C \pm 0,005$	$0,223^{ADHKNC} \pm 0,017$	$0,255^{CFL} \pm 0,033$
Grabovac	$0,035^{DIMO} \pm 0,004$	$0,061^b \pm 0,009$	$0,331^{BEILNO} \pm 0,025$	$0,278^{DGJM} \pm 0,029$
M. Sebeš	$0,038^{EJN} \pm 0,002$	$0,059 \pm 0,004$	$0,194^{CFJMGO} \pm 0,008$	$0,276^{EHKN} \pm 0,015$

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O -  $p < 0,01$ ; a, b, c -  $p < 0,05$

**Tabela 10a.** Prosečni sadržaji teških metala u mišićnom tkivu babuške iz ispitivanih jezera

Jezera	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )		
	Cu	Fe	Zn
Rabrovac	0,714 <sup>ABCDE</sup> ±0,010	7,72 <sup>A</sup> ±0,12	6,44 <sup>ABCa</sup> ±0,10
Markovac	0,707 <sup>FHaI</sup> ±0,011	7,30±0,08	6,29 <sup>DEF</sup> ±0,16
Bečmen	0,868 <sup>AJKL</sup> ±0,018	7,76 <sup>B</sup> ±0,27	7,91 <sup>ADGHIJ</sup> ±0,26
Očaga	0,789 <sup>BGMN</sup> ±0,021	7,48±0,68	10,24 <sup>BEGKLM</sup> ±0,45
V. blato	0,875 <sup>CHMOP</sup> ±0,014	7,42±0,25	6,45 <sup>HKNb</sup> ±0,31
Grabovac	0,667 <sup>DaKNOR</sup> ±0,044	7,00 <sup>AB</sup> ±0,14	5,32 <sup>CFILNO</sup> ±0,40
M. Sebeš	0,792 <sup>EILPR</sup> ±0,012	7,26±0,10	5,93 <sup>aJMbO</sup> ±0,10

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, R -  $p < 0,01$ ; a, b -  $p < 0,05$

### 5.2.2. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu šarana iz jezera Rabrovac, Markovac, Bečmen, Očaga, Veliko blato, Grabovac i Mokri Sebeš

U mišićnom tkivu šarana najveći prosečan sadržaj **olova** utvrđen je na lokalitetu jezera Veliko blato ( $0,038 \pm 0,003$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja olova u mišićnom tkivu šarana sa lokaliteta Očaga ( $0,020 \pm 0,002$  mg/kg), Rabrovac ( $0,019 \pm 0,003$ ) i Markovac ( $0,018 \pm 0,004$  mg/kg). Najmanja koncentracija olova u mišićnom tkivu šarana utvrđena je u jezeru Markovac i bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju olova u mišićnom tkivu šarana sa lokaliteta Mokri Sebeš ( $0,031 \pm 0,014$  mg/kg) Grabovac ( $0,030 \pm 0,004$  mg/kg), Bečmen ( $0,030 \pm 0,004$  mg/kg) i Veliko blato (tabela 11).

Na lokalitetu Veliko blato u mišićnom tkivu šarana utvrđen je najveći sadržaj **kadmijuma** ( $0,075 \pm 0,004$  mg/kg), koji je bio statistički značajno veći ( $p < 0,05$ ) od utvrđenog sadržaja kadmijuma sa lokaliteta Markovac ( $0,061 \pm 0,004$  mg/kg), odnosno statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na lokalitet Očaga ( $0,058 \pm 0,015$  mg/kg) na kom je utvrđena najmanja količina kadmijuma u mišićnom tkivu šarana.

Najveći prosečan sadržaj **žive** u mišićnom tkivu šarana utvrđen je na lokalitetu Veliko blato ( $0,513 \pm 0,012$  mg/kg), koji je bio statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja žive iz mišićnog tkiva šarana sa lokaliteta Grabovac ( $0,485 \pm 0,022$  mg/kg), Bečmen ( $0,485 \pm 0,008$  mg/kg), Mokri Sebeš ( $0,482 \pm 0,015$  mg/kg), Rabrovac ( $0,401 \pm 0,011$  mg/kg), Markovac ( $0,393 \pm 0,011$ ) i Očaga ( $0,387 \pm 0,006$  mg/kg). Najmanja prosečna koncentracija žive utvrđena u mišićnom tkivu šarana sa lokaliteta Očaga, statistički je značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na koncentraciju žive u

mišićnom tkivu šarana sa lokaliteta Bečmen, Grabovac, Mokri Sebeš i lokaliteta Veliko blato.

U mišićnom tkivu šarana, najveći prosečan sadržaj **bakra** utvrđen je na lokalitetu Veliko blato ( $0,804 \pm 0,021$  mg/kg), a najmanji u jezeru Markovac ( $0,671 \pm 0,008$  mg/kg). Utvrđeni prosečan sadržaj bakra sa lokaliteta Veliko blato bio je statistički značajno veći ( $p < 0,05$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju bakra sa lokaliteta Mokri Sebeš ( $0,769 \pm 0,017$  mg/kg), odnosno ( $p < 0,01$ ) sa lokaliteta Bečmen ( $0,758 \pm 0,015$  mg/kg), Grabovac ( $0,702 \pm 0,004$  mg/kg), Rabrovac ( $0,689 \pm 0,007$  mg/kg) i Očaga ( $0,685 \pm 0,009$  mg/kg). Prosečan sadržaj bakra iz mišićnog tkiva šarana sa lokaliteta Markovac bio je statistički značajno manji ( $p < 0,01$ ) od prosečnih vrednosti bakra iz mišićnog tkiva šarana sa lokaliteta Bečmen, Mokri Sebeš i Veliko blato (tabela 11a).

Na lokalitetu jezera Veliko blato utvrđen je najveći prosečan sadržaj **gvožđa** u mišićnom tkivu šarana ( $7,75 \pm 0,15$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,05$ ) od prosečnog sadržaja gvožđa u mišićnom tkivu šarana sa lokaliteta jezera Mokri Sebeš ( $7,34 \pm 0,16$  mg/kg) i Grabovac ( $7,31 \pm 0,27$  mg/kg) gde je utvrđen najmanji sadržaj gvožđa.

Najveći prosečan sadržaj **cinka** u mišićnom tkivu šarana ustanovljen je na lokalitetu jezera Rabrovac ( $6,62 \pm 0,15$  mg/kg), a najmanji u jezeru Grabovac ( $5,13 \pm 0,15$  mg/kg). Najveća količina cinka utvrđena u mišićnom tkivu sa lokaliteta jezera Rabrovac bila je statistički značajno veća u odnosu na utvrđenu količinu cinka sa lokaliteta Bečmen ( $5,96 \pm 0,16$  mg/kg), Veliko blato ( $5,84 \pm 0,21$  mg/kg), Očaga ( $5,54 \pm 0,17$  mg/kg) Mokri Sebeš ( $5,27 \pm 0,07$  mg/kg) i lokaliteta jezera Grabovac. Prosečan sadržaj cinka iz mišićnog tkiva šarana sa jezera Grabovac bio je statistički manji ( $p < 0,01$ ) u odnosu na sadržaj cinka u mišićnom tkivu šarana sa lokaliteta jezera Očaga, Veliko blato, Bečmen, Markovac ( $6,42 \pm 0,15$  mg/kg) i Rabrovac .

U mišićnom tkivu šarana utvrđen je najveći prosečan sadržaj **arsena** na lokalitetu jezera Veliko blato ( $0,397 \pm 0,013$  mg/kg) a najmanji u jezeru Očagi ( $0,252 \pm 0,004$  mg/kg). Utvrđena količina arsena u mišićnom tkivu šarana na lokalitetu Veliko blato bila je statistički značajno veća ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu količinu arsena u mišićnom tkivu šarana sa lokaliteta Rabrovac ( $0,353 \pm 0,026$  mg/kg), Markovac ( $0,343 \pm 0,027$  mg/kg) i Grabovac ( $0,337 \pm 0,021$  mg/kg) i Očage (tabela 11).

**Tabela 11.** Prosečni sadržaji teških metala i arsena u mišićnom tkivu šarana iz ispitivanih jezera

Jezera	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Rabrovac	0,019 <sup>ABCD</sup> ±0,003	0,067±0,004	0,401 <sup>ABCD</sup> ±0,011	0,353 <sup>AB</sup> ±0,026
Markovac	0,019 <sup>EFGH</sup> ±0,004	0,061 <sup>a</sup> ±0,004	0,393 <sup>EFGH</sup> ±0,011	0,343 <sup>CDE</sup> ±0,027
Bečmen	0,030 <sup>AEIJ</sup> ±0,004	0,065±0,004	0,485 <sup>AEIJ</sup> ±0,008	0,378 <sup>CFG</sup> ±0,009
Očaga	0,020 <sup>IKLM</sup> ±0,002	0,058 <sup>A</sup> ±0,015	0,387 <sup>IKLM</sup> ±0,006	0,252 <sup>ADFHIJ</sup> ±0,004
V. blato	0,038 <sup>BFJKNO</sup> ±0,003	0,075 <sup>aA</sup> ±0,004	0,513 <sup>BFJKNO</sup> ±0,012	0,397 <sup>BEHK</sup> ±0,013
Grabovac	0,030 <sup>CGLN</sup> ±0,004	0,067±0,010	0,485 <sup>CGLN</sup> ±0,022	0,337 <sup>GIKL</sup> ±0,021
M. Sebeš	0,031 <sup>DHMO</sup> ±0,004	0,065±0,004	0,482 <sup>DHMO</sup> ±0,015	0,370 <sup>JL</sup> ±0,008

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O -  $p < 0,01$ ; a -  $p < 0,05$

**Tabela 11a.** Prosečni sadržaji teških metala u mišićnom tkivu šarana iz ispitivanih jezera

Jezera	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )		
	Cu	Fe	Zn
Rabrovac	0,689 <sup>ABC</sup> ±0,007	7,72 <sup>a</sup> ±0,17	6,62 <sup>ABCDE</sup> ±0,15
Markovac	0,671 <sup>DEF</sup> ±0,008	7,56±0,30	6,42 <sup>FGHIJ</sup> ±0,15
Bečmen	0,758 <sup>ADGHI</sup> ±0,015	7,50±0,11	5,96 <sup>AFKLM</sup> ±0,16
Očaga	0,685 <sup>GJK</sup> ±0,009	7,54±0,35	5,54 <sup>BGKaNb</sup> ±0,17
V. blato	0,804 <sup>BEHJLa</sup> ±0,021	7,75 <sup>bc</sup> ±0,15	5,84 <sup>CHaOP</sup> ±0,21
Grabovac	0,702 <sup>ILM</sup> ±0,038	7,31 <sup>ab</sup> ±0,27	5,13 <sup>DILNO</sup> ±0,15
M. Sebeš	0,769 <sup>CFKaM</sup> ±0,017	7,34 <sup>c</sup> ±0,16	5,27 <sup>EJMbP</sup> ±0,07

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P -  $p < 0,01$ ; a, b, c, -  $p < 0,05$

### 5.2.3. Sadržaj teških metala i arsena u mišićnom tkivu štuke iz jezera Rabrovac, Markovac, Bečmen i Očaga

U mišićnom tkivu štuke najveći prosečan sadržaj **olova** utvrđen je na lokalitetu jezera Rabrovac (0,069±0,003 mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja olova u mišićnom tkivu štuke sa lokaliteta Markovac (0,063±0,004 mg/kg) i Očaga (0,057±0,002 mg/kg). Najmanja koncentracija olova u mišićnom tkivu štuke utvrđena je u jezeru Očaga i bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju olova u mišićnom tkivu štuke sa lokaliteta jezera Bečmen (0,065±0,004 mg/kg), Markovac i Rabrovac (tabela 12).

Na lokalitetu jezera Bečmen u mišićnom tkivu štuke ustanovljen je najveći sadržaj **kadmijuma** (0,079±0,005 mg/kg) koji je bio statistički značajno veći ( $p < 0,01$ )

od utvrđenog sadržaja kadmijuma u mišićnom tkivu štuke sa lokaliteta Rabrovac ( $0,071\pm 0,003$  mg/kg), Markovac ( $0,067\pm 0,003$  mg/kg) i Očaga ( $0,063\pm 0,005$  mg/kg) na kom je utvrđena najmanja količina kadmijuma.

Najveći prosečan sadržaj **žive** u mišićnom tkivu štuke utvrđen je na lokalitetu Bečmen ( $0,313\pm 0,006$  mg/kg), koji je bio statistički značajno veći od sadržaja žive iz mišićnog tkiva štuke sa lokaliteta Rabrovac ( $0,294\pm 0,006$  mg/kg) Markovac ( $0,289\pm 0,007$  mg/kg) i Očaga ( $0,217\pm 0,005$  mg/kg). Najmanja prosečna koncentracija žive u mišićnom tkivu štuke sa lokaliteta Očaga bila je statistički značajno manja ( $p<0,01$ ) u odnosu na koncentraciju žive u mišićnom tkivu štuke sa lokaliteta Bečmen, Rabrovac i Markovac.

U mišićnom tkivu štuke najveći prosečan sadržaj **bakra** ustanovljen je na lokalitetu Bečmen ( $1,44\pm 0,04$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p<0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju bakra sa lokaliteta Rabrovac ( $1,16\pm 0,03$  mg/kg), a najmanji u jezeru Markovac ( $1,13\pm 0,01$  mg/kg) koji je bio statistički značajno manji ( $p<0,01$ ) od vrednosti bakra iz mišićnog tkiva štuke sa lokaliteta Očaga ( $1,40\pm 0,01$  mg/kg) i Bečmen (tabela 12a).

Na lokalitetu jezera Rabrovac u mišićnom tkivu štuke utvrđen je najveći prosečan sadržaj **gvožđa** ( $8,01\pm 0,11$  mg/kg), dok je najmanji prosečan sadržaj gvožđa utvrđen u mišićnom tkivu štuke u jezeru Bečmen ( $7,28\pm 1,21$  mg/kg), s tim da se prosečni sadržaji gvožđa nisu statistički značajno razlikovali ( $p<0,01$ ).

Najveći prosečan sadržaj **cinka** u mišićnom tkivu štuke utvrđen je na lokalitetu jezera Rabrovac ( $7,24\pm 0,76$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p<0,01$ ) u odnosu na utvrđenu količinu cinka u mišićnom tkivu štuke sa lokaliteta jezera Očaga ( $6,30\pm 0,18$  mg/kg) gde je utvrđena najmanja koncentracija cinka.

U mišićnom tkivu štuke utvrđen je najveći prosečan sadržaj **arsena** na lokalitetu jezera Bečmen ( $0,249\pm 0,007$  mg/kg), a najmanji na lokalitetu jezera Očaga ( $0,159\pm 0,007$  mg/kg). Utvrđena količina arsena u mišićnom tkivu štuke sa lokaliteta Bečmen bila je statistički značajno veća ( $p<0,01$ ) u odnosu na utvrđenu količinu arsena u mišićnom tkivu štuke sa lokaliteta Rabrovac ( $0,224\pm 0,010$  mg/kg), Markovac ( $0,206\pm 0,009$  mg/kg) i Očage (tabela 12).

**Tabela 12.** Prosečni sadržaji teških metala i arsena u mišićnom tkivu štuke iz ispitivanih jezera

Jezera	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Rabrovac	0,069 <sup>AB</sup> ±0,003	0,071 <sup>AB</sup> ±0,003	0,294 <sup>AB</sup> ±0,006	0,224 <sup>A</sup> ±0,010
Markovac	0,063 <sup>AC</sup> ±0,004	0,067 <sup>C</sup> ±0,003	0,289 <sup>CD</sup> ±0,007	0,206 <sup>A</sup> ±0,009
Bečmen	0,065 <sup>D</sup> ±0,004	0,079 <sup>ACD</sup> ±0,005	0,313 <sup>ACE</sup> ±0,006	0,249 <sup>A</sup> ±0,007
Očaga	0,057 <sup>BCD</sup> ±0,002	0,063 <sup>BD</sup> ±0,005	0,217 <sup>BDE</sup> ±0,005	0,159 <sup>A</sup> ±0,007

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E- p<0,01

**Tabela 12a.** Prosečni sadržaji teških metala u mišićnom tkivu štuke iz ispitivanih jezera

Jezera	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )		
	Cu	Fe	Zn
Rabrovac	1,16 <sup>AB</sup> ±0,03	8,01±0,11	7,24 <sup>A</sup> ±0,76
Markovac	1,13 <sup>CD</sup> ±0,01	7,90±0,12	6,78±0,12
Bečmen	1,44 <sup>AC</sup> ±0,04	7,28±1,21	6,81±0,29
Očaga	1,40 <sup>BD</sup> ±0,01	7,82±0,15	6,30 <sup>A</sup> ±0,18

Legenda: Ista slova A, B, C, D- p<0,01

### 5.3. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I ARSENA U JETRI, DIGESTIVNOM TRAKTU I ŠKRGAMA BILJOJEDNIH (BABUŠKA), SVAŠTOJEDNIH (DEVERIKA, MRENA, ŠARAN) I MESOJEDNIH (SMUĐ, SOM) VRSTA RIBA

U narednom potpoglavlju prikazani su rezultati ispitivanja sadržaja olova, kadmijuma, žive, bakra, gvožđa, cinka i arsena u jetri, digestivnom traktu i škragama biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba.

#### 5.3.1. Sadržaj teških metala i arsena u jetri biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba

U jetri soma utvrđen je najveći prosečan sadržaj **olova** (1,95±0,19 mg/kg) i bio je statistički značajno veći (p<0,01) od sadržaja olova u jetri mreke (0,936±0,034 mg/kg), babuške (0,903±0,021 mg/kg), šarana (0,887±0,021 mg/kg), smuđa (0,637±0,030 mg/kg) i deverike (0,632±0,039 mg/kg). Najmanja prosečna koncentracija

olova utvrđena u jetri deverike bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju olova u jetri šarana, babuške, mreine i soma (tabela 13).

Utvrđeni prosečan sadržaj **kadmijuma** u jetri deverike iznosio je ( $0,261 \pm 0,002$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od utvrđenog sadržaja kadmijuma u jetri babuške ( $0,207 \pm 0,004$  mg/kg), soma ( $0,190 \pm 0,003$  mg/kg), šarana ( $0,151 \pm 0,002$  mg/kg), mreine ( $0,074 \pm 0,002$  mg/kg) i smuđa ( $0,051 \pm 0,002$  mg/kg) gde je utvrđena najmanja količina kadmijuma.

Najveći prosečan sadržaj **žive** utvrđen je u jetri šarana ( $0,887 \pm 0,022$  mg/kg), koji je bio statistički značajno veći u odnosu na sadržaj žive u jetri babuške ( $0,472 \pm 0,023$  mg/kg), soma ( $0,313 \pm 0,020$  mg/kg), deverike ( $0,302 \pm 0,040$  mg/kg), smuđa ( $0,165 \pm 0,016$  mg/kg) i mreine ( $0,108 \pm 0,012$  mg/kg). Najmanja prosečna koncentracija žive utvrđena u jetri mreine bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na koncentraciju žive u jetri smuđa, deverike, soma, babuške i šarana.

U jetri babuške ustanovljen je najveći prosečan sadržaj **bakra** ( $41,40 \pm 1,71$  mg/kg), a najmanji u jetri deverike ( $2,02 \pm 0,19$  mg/kg). Utvrđena prosečna koncentracija bakra u jetri babuške bila je statistički značajno veća ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju bakra u jetri mreine ( $12,65 \pm 0,81$  mg/kg), šarana ( $9,65 \pm 0,46$  mg/kg), smuđa ( $7,22 \pm 0,37$  mg/kg), soma ( $3,52 \pm 0,20$  mg/kg) i deverike. Prosečan sadržaj bakra iz jetre deverike bio je statistički značajno manji ( $p < 0,01$ ) od prosečnih vrednosti bakra iz jetre smuđa, šarana, mreine i babuške, odnosno statistički značajno manji ( $p < 0,05$ ) od sadržaja bakra iz jetre soma (tabela 13a).

Prosečan sadržaj **gvožđa** utvrđen u jetri deverike ( $128,3 \pm 5,0$  mg/kg) je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na najmanji prosečan sadržaj gvožđa u jetri mreine ( $29,55 \pm 1,09$  mg/kg). Prosečan sadržaj gvožđa u jetri mreine je statistički značajno manji ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju gvožđa u jetri babuške ( $51,17 \pm 1,50$  mg/kg), soma ( $94,47 \pm 2,83$  mg/kg) i deverike.

Najveći prosečan sadržaj **cinka** utvrđen je u jetri šarana ( $126,5 \pm 4,1$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu količinu cinka u jetri mreine ( $62,47 \pm 0,80$  mg/kg), deverike ( $57,47 \pm 1,18$  mg/kg), soma ( $30,37 \pm 0,81$  mg/kg), smuđa ( $27,49 \pm 0,61$  mg/kg) i babuške ( $26,83 \pm 0,49$  mg/kg) gde je utvrđena najmanja količina cinka.

U jetri smuđa utvrđen je najveći prosečan sadržaj **arsena** ( $1,60 \pm 0,14$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu količinu arsena u jetri mreine ( $1,37 \pm 0,16$  mg/kg), šarana ( $0,407 \pm 0,022$  mg/kg), babuške ( $0,204 \pm 0,022$  mg/kg),

deverike ( $0,153 \pm 0,013$  mg/kg) i soma ( $0,055 \pm 0,005$  mg/kg) gde je utvrđen i najmanji prosečan sadržaj arsena (tabela 13).

**Tabela 13.** Prosečan sadržaj teških metala i arsena u jetri ispitivanih vrsta riba

Vrsta ribe	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Babuška	$0,903^{ABC} \pm 0,021$	$0,207^A \pm 0,004$	$0,472^{ABCDE} \pm 0,023$	$0,204^{ABab} \pm 0,022$
Deverika	$0,632^{ADEF} \pm 0,039$	$0,261^A \pm 0,002$	$0,302^{AFGH} \pm 0,040$	$0,153^{CDE} \pm 0,013$
Mrena	$0,936^{DGH} \pm 0,034$	$0,074^A \pm 0,002$	$0,108^{BFJK} \pm 0,012$	$1,37^{ACFGH} \pm 0,163$
Šaran	$0,887^{EIJ} \pm 0,021$	$0,151^A \pm 0,003$	$0,887^{CGILM} \pm 0,022$	$0,407^{aDFIJ} \pm 0,022$
Smuđ	$0,637^{BGIK} \pm 0,030$	$0,051^A \pm 0,002$	$0,165^{DHJLN} \pm 0,016$	$1,60^{BEGIK} \pm 0,141$
Som	$1,95^{CFHJK} \pm 0,19$	$0,190^A \pm 0,003$	$0,313^{EKMN} \pm 0,020$	$0,055^{bHJK} \pm 0,005$

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N -  $p < 0,01$ ; a, b -  $p < 0,05$

**Tabela 13a.** Prosečan sadržaj teških metala u jetri ispitivanih vrsta riba

Vrsta ribe	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )		
	Cu	Fe	Zn
Babuška	$41,40^{ABCDE} \pm 1,71$	$51,17^{ABCDE} \pm 1,50$	$26,83^{ABCa} \pm 0,49$
Deverika	$2,02^{AFGHa} \pm 0,19$	$128,3^{AFGHI} \pm 5,0$	$57,47^{ADEFg} \pm 1,18$
Mrena	$12,65^{BFJK} \pm 0,81$	$29,55^{BFJ} \pm 1,09$	$62,47^{BDHIJ} \pm 0,80$
Šaran	$9,65^{CGILM} \pm 0,46$	$29,82^{CGK} \pm 1,35$	$126,5^{CEHKL} \pm 4,1$
Smuđ	$7,22^{DHJLN} \pm 0,37$	$30,72^{DHL} \pm 1,08$	$27,49^{FIK} \pm 0,61$
Som	$3,52^{EIJKL} \pm 0,20$	$94,47^{EIJKL} \pm 2,83$	$30,37^{aGJL} \pm 0,81$

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N -  $p < 0,01$ ; a, b -  $p < 0,05$

### 5.3.2. Sadržaj teških metala i arsena u digestivnom traktu biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba

U digestivnom traktu babuške utvrđen je najveći prosečan sadržaj **olova** ( $0,926 \pm 0,019$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja olova u digestivnom traktu mreke ( $0,313 \pm 0,023$  mg/kg), deverike ( $0,252 \pm 0,017$  mg/kg), soma ( $0,188 \pm 0,015$  mg/kg), šarana ( $0,172 \pm 0,012$  mg/kg) i smuđa ( $0,162 \pm 0,014$  mg/kg). Najmanja prosečna koncentracija olova utvrđena u digestivnom traktu smuđa bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju olova u digestivnom traktu mreke, deverike i babuške.



Utvrđeni prosečan sadržaj **kadmijuma** u digestivnom traktu deverike iznosio je ( $0,214 \pm 0,002$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od utvrđenog sadržaja kadmijuma u digestivnom traktu šarana ( $0,172 \pm 0,005$  mg/kg), babuške ( $0,104 \pm 0,003$  mg/kg), mreine ( $0,106 \pm 0,003$  mg/kg), smuđa ( $0,076 \pm 0,002$  mg/kg) i soma ( $0,052 \pm 0,002$  mg/kg) gde je ustanovljena najmanja količina kadmijuma (tabela 14).

Najveći prosečan sadržaj **žive** utvrđen je u digestivnom traktu deverike ( $0,18 \pm 0,021$  mg/kg), koji je bio statistički značajno veći u odnosu na sadržaj žive u digestivnom traktu šarana ( $0,117 \pm 0,014$  mg/kg), babuške ( $0,102 \pm 0,012$  mg/kg), soma ( $0,095 \pm 0,011$  mg/kg), smuđa ( $0,093 \pm 0,012$  mg/kg) i mreine ( $0,092 \pm 0,015$  mg/kg). Najmanja prosečna koncentracija žive utvrđena u digestivnom traktu mreine bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na koncentraciju žive u digestivnom traktu deverike.

U digestivnom traktu šarana utvrđen je najveći prosečan sadržaj **bakra** ( $12,35 \pm 0,31$  mg/kg), a najmanji u digestivnom traktu smuđa ( $1,42 \pm 0,12$  mg/kg). Utvrđena prosečna koncentracija bakra u digestivnom traktu šarana bila je statistički značajno veća ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju bakra u digestivnom traktu mreine ( $10,18 \pm 0,33$  mg/kg), babuške ( $7,78 \pm 0,35$  mg/kg), soma ( $3,03 \pm 0,17$  mg/kg), deverike ( $2,43 \pm 0,26$  mg/kg) i smuđa. Prosečan sadržaj bakra u digestivnom traktu smuđa bio je statistički značajno manji ( $p < 0,01$ ) od prosečnih vrednosti bakra u digestivnom traktu deverike, soma, babuške, mreine i šarana (tabela 14a).

Utvrđeni prosečan sadržaj **gvožđa** u digestivnom traktu babuške ( $203,7 \pm 6,6$  mg/kg) je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđen najmanji prosečan sadržaj gvožđa u digestivnom traktu smuđa ( $23,78 \pm 0,50$  mg/kg). Prosečan sadržaj gvožđa u digestivnom traktu smuđa je statistički značajno manji ( $p < 0,01$ ) od sadržaja gvožđa u digestivnom traktu šarana ( $50,98 \pm 1,04$  mg/kg), soma ( $95,45 \pm 2,45$  mg/kg), deverike ( $155,8 \pm 4,3$  mg/kg) i babuške, odnosno statistički značajno manji ( $p < 0,05$ ) od utvrđene koncentracije gvožđa u digestivnom traktu mreine ( $29,90 \pm 1,33$  mg/kg).

Najveći prosečan sadržaj **cinka** utvrđen je u digestivnom traktu šarana ( $230,3 \pm 5,4$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na ustanovljenu količinu cinka u digestivnom traktu babuške ( $184,2 \pm 4,6$  mg/kg), mreine ( $40,47 \pm 0,70$  mg/kg), deverike ( $33,67 \pm 0,65$  mg/kg), soma ( $18,28 \pm 0,86$  mg/kg) i smuđa ( $15,05 \pm 0,16$  mg/kg) gde je utvrđena najmanja količina cinka.

U digestivnom traktu mreine utvrđen je najveći prosečan sadržaj **arsena** ( $1,21 \pm 0,03$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu

količinu arsena u digestivnom traktu babuške ( $0,695 \pm 0,024$  mg/kg), smuđa ( $0,663 \pm 0,023$  mg/kg), deverike ( $0,656 \pm 0,031$  mg/kg), šarana ( $0,492 \pm 0,017$  mg/kg) i soma ( $0,217 \pm 0,016$  mg/kg) gde je utvrđen i najmanji prosečan sadržaj arsena (tabela 14).

**Tabela 14.** Prosečan sadržaj teških metala i arsena u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba

Vrsta ribe	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Babuška	$0,926^{ABCDE} \pm 0,019$	$0,104^{ABCD} \pm 0,003$	$0,102^A \pm 0,012$	$0,695^{ABC} \pm 0,024$
Deverika	$0,252^{AFGHI} \pm 0,017$	$0,214^{AEFGH} \pm 0,002$	$0,180^{ABCDE} \pm 0,021$	$0,656^{DEF} \pm 0,031$
Mrena	$0,313^{BFJKL} \pm 0,023$	$0,106^{EJK} \pm 0,003$	$0,092^{Ba} \pm 0,015$	$1,21^{ADGHI} \pm 0,03$
Šaran	$0,172^{CGJ} \pm 0,012$	$0,172^{BFILM} \pm 0,005$	$0,117^{Ca} \pm 0,014$	$0,492^{BEGJa} \pm 0,017$
Smuđ	$0,162^{DHK} \pm 0,014$	$0,076^{CGJLN} \pm 0,002$	$0,093^D \pm 0,012$	$0,663^{FJK} \pm 0,023$
Som	$0,188^{EIL} \pm 0,015$	$0,052^{DHKMN} \pm 0,002$	$0,095^E \pm 0,011$	$0,217^{CHaK} \pm 0,016$

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N -  $p < 0,01$ ; a -  $p < 0,05$

**Tabela 14a.** Prosečan sadržaj teških metala u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba

Vrsta ribe	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )		
	Cu	Fe	Zn
Babuška	$7,78^A \pm 0,35$	$203,7^A \pm 6,6$	$184,2^{ABCDE} \pm 4,6$
Deverika	$2,43^A \pm 0,26$	$155,8^A \pm 4,3$	$33,67^{AFGHI} \pm 0,65$
Mrena	$10,18^A \pm 0,33$	$29,90^{Aa} \pm 1,33$	$40,47^{BFJKL} \pm 0,70$
Šaran	$12,35^A \pm 0,31$	$50,98^A \pm 1,04$	$230,3^{CGJMN} \pm 5,4$
Smuđ	$1,42^A \pm 0,12$	$23,78^{Aa} \pm 0,50$	$15,05^{DHKM} \pm 0,16$
Som	$3,03^A \pm 0,17$	$95,45^A \pm 2,45$	$18,28^{EILN} \pm 0,86$

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N -  $p < 0,01$ ; a -  $p < 0,05$

### 5.3.3. Sadržaj teških metala i arsena u škragama biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba

U škragama mreke utvrđen je najveći prosečan sadržaj **olova** ( $0,492 \pm 0,017$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od sadržaja olova u škragama soma ( $0,401 \pm 0,026$  mg/kg), deverike ( $0,315 \pm 0,015$  mg/kg), šarana ( $0,302 \pm 0,014$  mg/kg) i babuške ( $0,256 \pm 0,019$  mg/kg). Najmanja prosečna koncentracija olova nađena u škragama babuške bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju olova u škragama šarana, deverike, soma, smuđa ( $0,458 \pm 0,026$  mg/kg) i mreke (tabela 15).

Utvrđeni prosečan sadržaj **kadmijuma** u škragama deverike iznosio je  $0,210 \pm 0,002$  mg/kg i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) od utvrđenog sadržaja kadmijuma u škragama šarana ( $0,051 \pm 0,002$  mg/kg), babuške ( $0,044 \pm 0,003$  mg/kg), smuđa ( $0,044 \pm 0,003$  mg/kg), soma ( $0,026 \pm 0,001$  mg/kg) i mreine ( $0,025 \pm 0,002$  mg/kg) gde je ustanovljena najmanja količina kadmijuma.

Najveći prosečan sadržaj **žive** utvrđen je u škragama deverike ( $0,181 \pm 0,017$  mg/kg), koji je bio statistički značajno veći u odnosu na sadržaj žive u škragama smuđa ( $0,113 \pm 0,016$  mg/kg), babuške ( $0,095 \pm 0,015$  mg/kg), mreine ( $0,092 \pm 0,019$  mg/kg), šarana ( $0,087 \pm 0,008$  mg/kg) i soma ( $0,048 \pm 0,007$  mg/kg). Najmanja prosečna koncentracija žive nađena u škragama soma bila je statistički značajno manja ( $p < 0,01$ ) u odnosu na koncentraciju žive u škragama šarana, babuške, mreine, smuđa i deverike.

U škragama mreine utvrđen je najveći prosečan sadržaj bakra ( $2,17 \pm 0,19$  mg/kg), a najmanji u škragama deverike ( $0,698 \pm 0,035$  mg/kg). Utvrđena prosečna koncentracija bakra u škragama mreine bila je statistički značajno veća ( $p < 0,05$ ) u odnosu na utvrđenu koncentraciju bakra u škragama šarana ( $1,92 \pm 0,17$  mg/kg), odnosno statistički značajno veća ( $p < 0,01$ ) u odnosu na sadržaj bakra u škragama babuške ( $1,70 \pm 0,09$  mg/kg), soma ( $1,15 \pm 0,19$  mg/kg), smuđa ( $0,833 \pm 0,062$  mg/kg) i deverike ( $0,698 \pm 0,035$  mg/kg). Prosečan sadržaj bakra u škragama deverike bio je statistički značajno manji ( $p < 0,01$ ) od prosečnih vrednosti bakra u škragama soma, babuške i šarana (tabela 15a).

Utvrđen prosečan sadržaj **gvožđa** u škragama šarana ( $54,60 \pm 0,55$  mg/kg) je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na ustanovljeni najmanji prosečan sadržaj gvožđa u škragama babuške ( $14,92 \pm 0,71$  mg/kg). Prosečan sadržaj gvožđa u škragama babuške je statistički značajno manji ( $p < 0,01$ ) od utvrđene koncentracije gvožđa u škragama smuđa ( $27,93 \pm 0,63$  mg/kg), soma ( $41,43 \pm 1,24$  mg/kg), deverike ( $51,15 \pm 0,92$  mg/kg) i šarana.

Najveći prosečan sadržaj **cinka** utvrđen je u škragama babuške ( $40,23 \pm 1,02$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na nađenu količinu cinka u škragama šarana ( $22,17 \pm 1,47$  mg/kg), smuđa ( $21,25 \pm 1,88$  mg/kg), soma ( $16,15 \pm 0,39$  mg/kg), deverike ( $14,43 \pm 0,44$  mg/kg) i mreine ( $12,33 \pm 0,37$  mg/kg) gde je utvrđena najmanja količina cinka.

Najveći prosečan sadržaj **arsena** utvrđen je u škragama deverike ( $0,662 \pm 0,031$  mg/kg) i bio je statistički značajno veći ( $p < 0,01$ ) u odnosu na utvrđenu količinu arsena u škragama babuške ( $0,292 \pm 0,023$  mg/kg), soma ( $0,212 \pm 0,014$  mg/kg) i šarana ( $0,103 \pm 0,014$  mg/kg) gde je utvrđen i najmanji prosečan sadržaj arsena (tabela 15).

**Tabela 15.** Prosečan sadržaj teških metala i arsena u škragama ispitivanih vrsta riba

Vrsta ribe	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )			
	Pb	Cd	Hg	As
Babuška	0,256 <sup>ABCDE</sup> ±0,019	0,044 <sup>ABCD</sup> ±0,003	0,095 <sup>A</sup> ±0,015	0,292 <sup>ABaC</sup> ±0,023
Deverika	0,315 <sup>AFGH</sup> ±0,015	0,210 <sup>AIEFGH</sup> ±0,002	0,181 <sup>Ba</sup> ±0,017	0,662 <sup>ADE</sup> ±0,031
Mrena	0,492 <sup>BFIJ</sup> ±0,017	0,025 <sup>BEIJ</sup> ±0,002	0,092 <sup>C</sup> ±0,019	0,643 <sup>BFG</sup> ±0,029
Šaran	0,302 <sup>CKL</sup> ±0,014	0,051 <sup>CFIKL</sup> ±0,002	0,087 <sup>bD</sup> ±0,008	0,103 <sup>aDFH</sup> ±0,014
Smuđ	0,458 <sup>DGIKM</sup> ±0,026	0,044 <sup>GJKM</sup> ±0,003	0,113 <sup>BbF</sup> ±0,016	0,595 <sup>CHI</sup> ±0,021
Som	0,401 <sup>EHJLM</sup> ±0,026	0,026 <sup>DHLM</sup> ±0,001	0,048 <sup>AaCDE</sup> ±0,007	0,212 <sup>EGL</sup> ±0,014

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M -  $p < 0,01$ ; a -  $p < 0,05$

**Tabela 15a.** Prosečan sadržaj teških metala u škragama ispitivanih vrsta riba

Vrsta ribe	Sadržaj mg/kg ( $\bar{X} \pm Sd$ )		
	Cu	Fe	Zn
Babuška	1,70 <sup>ABCD</sup> ±0,09	14,92 <sup>ABCD</sup> ±0,71	40,23 <sup>ABCDE</sup> ±1,02
Deverika	0,698 <sup>AEFG</sup> ±0,035	51,15 <sup>AIEFGH</sup> ±0,92	14,43 <sup>AaFG</sup> ±0,44
Mrena	2,17 <sup>BeaHI</sup> ±0,19	15,52 <sup>EIJK</sup> ±0,46	12,33 <sup>BaHIJ</sup> ±0,37
Šaran	1,92 <sup>FaJK</sup> ±0,17	54,60 <sup>BFILM</sup> ±0,55	22,17 <sup>CFHK</sup> ±1,47
Smuđ	0,833 <sup>CHIL</sup> ±0,062	27,93 <sup>CGJLN</sup> ±0,63	21,25 <sup>DGIL</sup> ±1,88
Som	1,15 <sup>DGIKL</sup> ±0,19	41,43 <sup>DHKMN</sup> ±1,24	16,15 <sup>EJKL</sup> ±0,39

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N -  $p < 0,01$ ; a -  $p < 0,05$

#### 5.4. POREĐENJE UTVRĐENIH VREDNOSTI TEŠKIH METALA I ARSENA U ISPITIVANIM UZORCIMA MESA RIBA SA VAŽEĆOM ZAKONSKOM REGULATIVOM

Maksimalne količine teških metala u mesu riba definisane su Regulativom Evropske komisije, br. 1881/2006 (EC, 2006), odnosno izmenom i dopunom EC 629/2008 (EC, 2008), za olovo, kadmijum i živu, dok za arsen maksimalni nivo još nije definisan na evropskom nivou. Vrednosti teških metala koji se odnose na meso riba definisane su Pravilnikom Republike Srbije i usaglašene su sa navedenom regulativom Evropske komisije.

Na osnovu Pravilnika o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja („Službeni

glasnik RS“, br. 29/2014, 37/2014 – isp., 39/2014 i 72/2014), maksimalno dozvoljena količina propisana za **olovo** u mesu riba iznosi 0,3 mg/kg. U svim ispitivanim uzorcima mesa riba (izlovljene iz Dunava i iz jezera oko Beograda), utvrđena količina olova nije prelazila Pravilnikom maksimalno dozvoljene količine olova u mesu ribe.

U svim ispitivanim uzorcima mesa ribe (izlovljene sa lokacije Dunava i jezera oko Beograda) utvrđena je nedozvoljena količina **kadmijuma**, koja je prelazila količinu od 0,05 mg/kg propisanu Pravilnikom, izuzev uzoraka mesa deverike i smuđa iz Dunava (lokacija Zemun i Grocka).

Na osnovu Pravilnika, dozvoljena količina **žive** u mesu riba iznosi 0,5, odnosno za ribu koja duže živi 1 mg/kg. U svim ispitivanim uzorcima mesa ribe (izlovljene iz Dunava i iz jezera oko Beograda) utvrđeni prosečan sadržaj žive nije prelazio maksimalno dozvoljenu količinu propisanu pravilnikom (0,5 mg/kg) izuzev uzorka mesa šarana izlovljenog na lokalitetu jezera Veliko blato, gde je utvrđen sadržaj žive od 0,513 mg/kg.

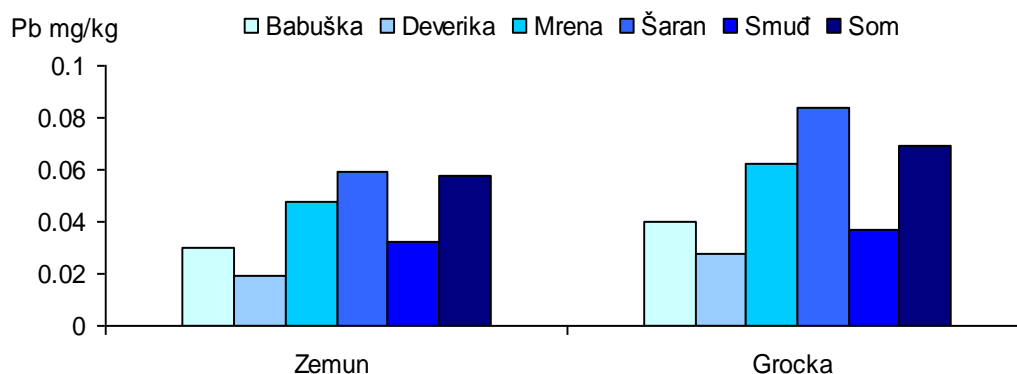
Na osnovu Pravilnika, maksimalno dozvoljena količina **arsena** kod rečne ribe iznosi 2, odnosno kod ribe koje duže žive 4 mg/kg sveže ribe. Prosečan sadržaj arsena u svim ispitivanim uzorcima mesa ribe (izlovljene iz Dunava i u jezerima oko Beograda) nije prelazio maksimalno propisanu količinu arsena od 2 mg/kg.

Količine **bakra**, **gvožđa** i **cinka** u svežoj ribi nisu definisane Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja („Službeni glasnik RS“, br. 29/2014, 37/2014 - isp., 39/2014 i 72/2014).

## 6. DISKUSIJA

### 6.1. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I ARSENA U MIŠIĆNOM TKIVU BILJOJEDNIH (BABUŠKA), SVAŠTOJEDNIH (DEVERIKA, MRENA, ŠARAN) I MESOJEDNIH (SMUĐ I SOM) VRSTA RIBA IZ DUNAVA SA LOKACIJE ZEMUN I GROCKA

Prosečan sadržaj **olova** u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba na lokaciji Zemun kretao se od  $0,019 \pm 0,002$  mg/kg (deverika) do  $0,059 \pm 0,002$  mg/kg (šaran), a na lokaciji Grocka od  $0,028 \pm 0,002$  mg/kg (deverika) do  $0,084 \pm 0,004$  mg/kg (šaran). U svim slučajevima poređenja prosečnih vrednosti sadržaja olova ispitivanih vrsta riba na lokaciji Zemun utvrđena je statistički značajna razlika ( $p < 0,01$ ), osim u slučaju poređenja prosečnih vrednosti sadržaja olova između soma i šarana kao i između babuške i smuđa, gde nije uočena statistička značajnost. Prosečne vrednosti sadržaja olova ispitivanih vrsta riba na lokaciji Grocka pokazale su statistički značajnu razliku ( $p < 0,01$ ) u svim slučajevima, osim između babuške i smuđa, gde nije uočena statistička značajnost (grafikon 1).

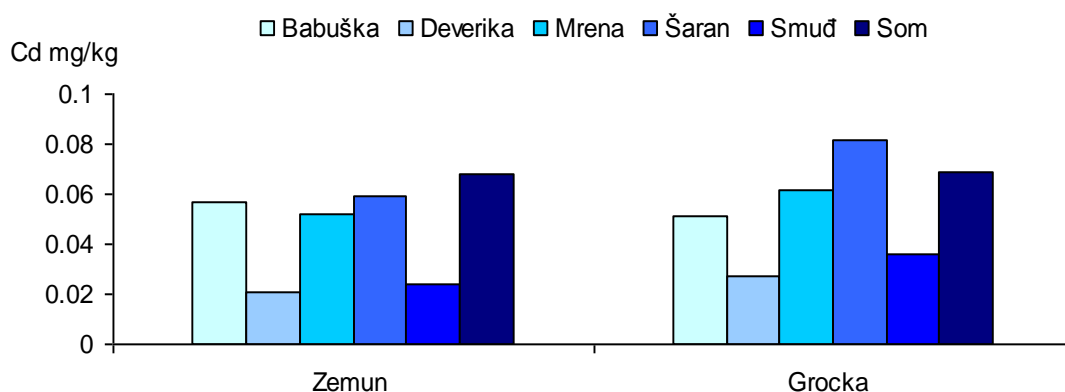


Grafikon 1. Sadržaj olova (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz Dunava

Dobijeni rezultati u saglasnosti su sa istraživanjima Milijašević i sar. (2012) koji su utvrdili sadržaj olova u količini 0,05-0,06 mg/kg u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran). Nasuprot tome, Andreji i sar. (2005) u reci Nitri (Slovačka) su utvrdili veće vrednosti olova (0,40-5,81 mg/kg, odnosno 0,24-0,89 mg/kg) u mišićnom tkivu mesojednih (grgeč) i svaštojednih (mrena) vrsta riba u odnosu na dobijene rezultate.

Has-Schon i sar. (2006) u svojim istraživanjima ističu da je u svim ispitivanim vrstama riba (šaran, cipal, linjak, strugač, jegulja) koncentracija olova u mišićnom tkivu slična, s tim da šaran ima tendenciju da akumulira ovaj teški metal u svim tkivima, osim u gonadama. Wei i sar. (2014) ističu da se najveći sadržaj teških metala (olovo) u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran) može objasniti načinom ishrane šarana, koji boravi na dnu i hrani se bentoznim organizmima. Na ovaj način riba je u stalnom kontaktu sa sedimentom i akumulira relativno visoke količine teških metala i na taj način pouzdano odražava ekološko stanje životne (vodene) sredine.

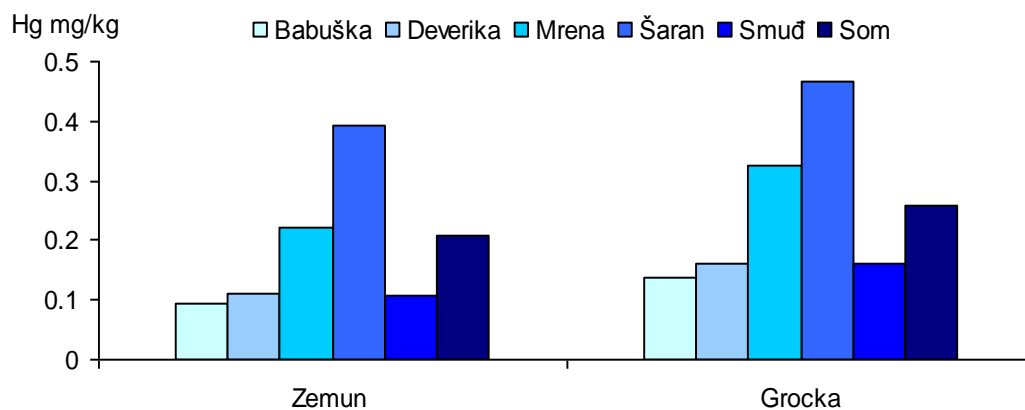
U mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba na lokaciji Zemun prosečan sadržaj **kadmijuma** kretao se od  $0,021 \pm 0,002$  mg/kg (deverika) do  $0,068 \pm 0,002$  mg/kg (som) a statistički značajna razlika ( $p < 0,01$ ) uočena je u svim slučajevima osim u slučaju poređenja prosečnih vrednosti između smuđa i deverike, odnosno babuške i šarana. Na lokaciji Grocka, sadržaj kadmijuma u mišićnom tkivu ispitivanih riba kretao se od  $0,027 \pm 0,003$  mg/kg (deverika) do  $0,082 \pm 0,003$  mg/kg (šaran), s tim da je utvrđena statistički značajna razlika ( $p < 0,01$ ) u svim slučajevima poređenja izuzev u slučaju poređenja prosečnih vrednosti između babuške i smuđa, gde je uočena statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ ) (grafikon 2).



Grafikon 2. Sadržaj kadmijuma (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz Dunava

Slične rezultate u svom radu ističu Has-Schon i sar. (2006) koji su utvrdili najveći sadržaj kadmijuma ( $0,016$ - $0,155$  mg/kg) u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran). S obzirom na to da je kadmijum prisutan u đubrivima (posebno fosfatnim), a takođe je sastavni deo fungicida (u obliku kadmijum sukcinata), povećan sadržaj kadmijuma u mišićnom tkivu riba je najverovatnije biljnog porekla i nastao usled intenzivnih poljoprivrednih aktivnosti u blizini reke.

Kod ispitivanih vrsta riba na lokaciji Zemun prosečan sadržaj **žive** kretao se od  $0,094 \pm 0,006$  mg/kg (babuška) do  $0,393 \pm 0,004$  (šaran), a na lokaciji Grocka od  $0,139 \pm 0,005$  mg/kg (babuška) do  $0,465 \pm 0,006$  mg/kg (šaran), s tim da je u svim slučajevima utvrđena statistički značajna razlika, izuzev između deverike i smuđa (grafikon 3).



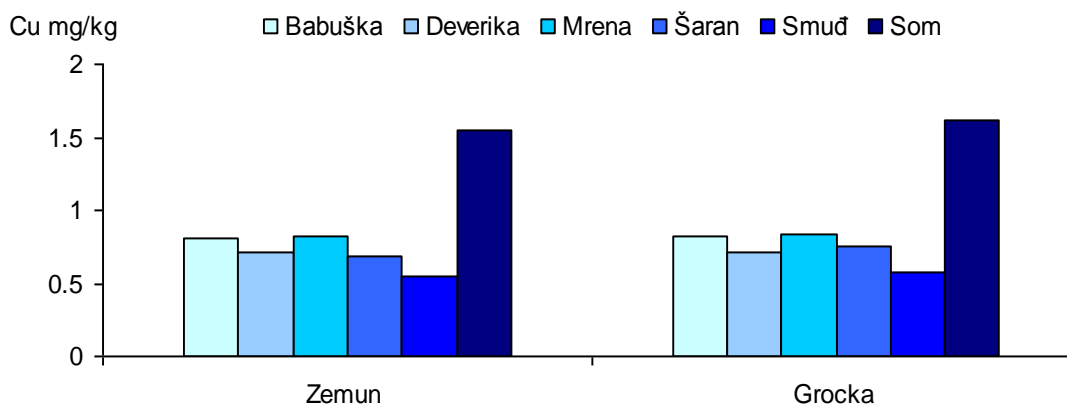
Grafikon 3. Sadržaj žive (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz Dunava

Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa istraživanjima Trbović i sar. (2011), s tim da je veći sadržaj žive utvrđen u mišićnom tkivu mesojednih vrsta riba (štuka,  $0,484$  mg/kg) u odnosu na mišićno tkivo svaštojednih vrsta riba (deverika,  $0,288$  mg/kg, mrena  $0,218$  mg/kg, kečiga,  $0,146$  mg/kg, odnosno šaran  $0,099$  mg/kg). Takođe, dobijene rezultate potvrđuju Bošnjir i sar. (2003) koji su utvrdili sadržaj žive ( $0,127 \pm 0,090$  mg/kg) u svaštojednim vrstama riba (mrena, deverika), što je u skladu sa rezultatima sadržaja žive ( $0,110$ - $0,325$  mg/kg) u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (babuška i mrena) u našim ispitivanjima.

U mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba na lokaciji Zemun prosečan sadržaj **bakra** kretao se od  $0,548 \pm 0,011$  mg/kg (smuđ) do  $1,55 \pm 0,02$  mg/kg (som), a na lokaciji Grocka od  $0,574 \pm 0,007$  mg/kg (smuđ) do  $1,62 \pm 0,011$  mg/kg (som), s tim da je u svim slučajevima poređenja na obe lokacije utvrđena statistički značajna razlika ( $p < 0,01$ ) (grafikon 4).

Dobijeni rezultati saglasni su sa istraživanjima Bastića i sar. (2002) koji su utvrdili najveće vrednosti bakra ( $0,98$  mg/kg) u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (karaš).

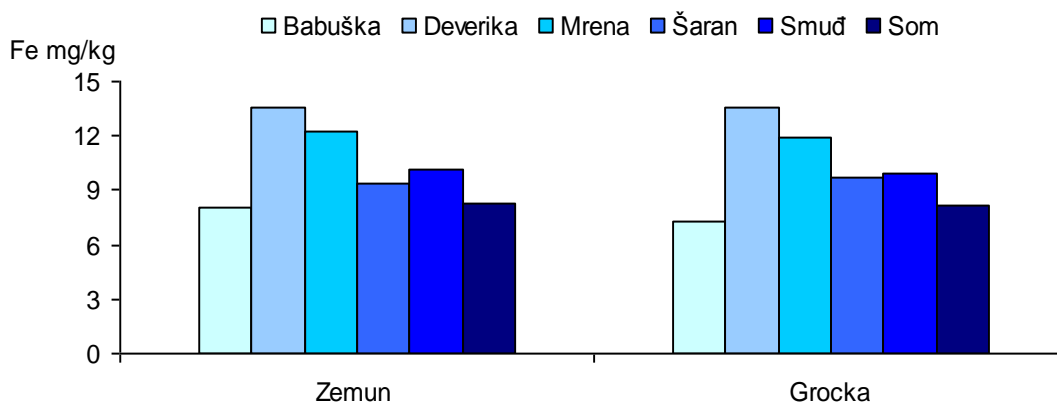




Grafikon 4. Sadržaj bakra (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz Dunava

Povećan sadržaj teških metala i metaloida, u tkivima mesojednih vrsta riba (som) koje se u ekosistemu nalaze na vrhu lanca ishrane, mogu dobro da reflektuju ambijentalne koncentracije metala, mada ima i drugačijih zapažanja. Tako Zrnčić i sar. (2013) ističu da su svaštojedne ribe (šaran) bolji biološki indikator kontaminacije životne sredine, odnosno da pružaju sigurniju ocenu stanja životne sredine.

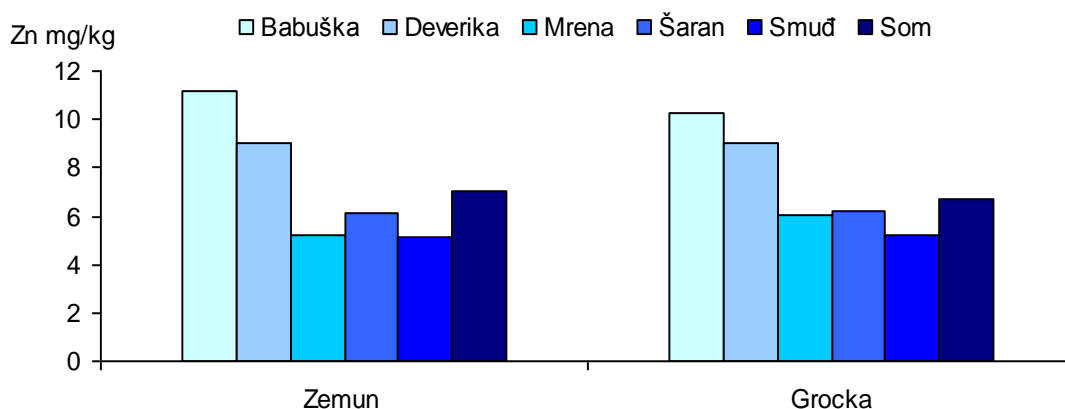
Kod ispitivanih vrsta riba na lokaciji Zemun, prosečan sadržaj **gvožđa** kretao se od  $8,05 \pm 0,074$  mg/kg (babuška) do  $13,60 \pm 0,330$  mg/kg (deverika) i statistički značajno se razlikovao ( $p < 0,01$ ) u svim slučajevima osim u slučaju poređenja prosečnih vrednosti gvožđa između soma i babuške gde je uočena statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ ). Na lokaciji Grocka sadržaj gvožđa u mišićnom tkivu ispitivanih riba kretao se od  $7,25 \pm 0,12$  mg/kg (babuška) do  $13,54 \pm 0,15$  mg/kg (deverika) i u svim slučajevima ustanovljena je statistički značajna razlika ( $p < 0,01$ ) izuzev u poređenju smuđa i šarana, gde je uočena statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ ) (grafikon 5).



Grafikon 5. Sadržaj gvožđa (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz Dunava

Utvrđeni sadržaj gvožđa nije u saglasnosti sa istraživanjima Matasin i sar. (2011) koji su utvrdili manje vrednosti gvožđa u zbirnom uzorku mišićnog tkiva i kože mesojednih vrsta riba (štuka, 4,98 mg/kg, odnosno som, 6,77 mg/kg). Zajednički matriks (mišićno tkivo i koža) je verovatno razlog manjih vrednosti gvožđa u odnosu na vrednosti dobijene u ovom istraživanju. Autori takođe ističu da je najmanja srednja vrednost uključujući sve ispitivane metale (Pb, Zn, Cu, Fe, Mn i Cr) u različitim tkivima (bubreg, jetra, digestivni trakt, koža i mišićno tkivo zajedno) utvrđena u koži i mišićnom tkivu (zajedno), izuzimajući mangan kod štuke, kao i sadržaj bakra, olova i hroma kod soma. Dobijene rezultate autori objašnjavaju neaktivnošću ovih organa (koža i mišićno tkivo) u akumulaciji metala. Najveća koncentracija teških metala (Cu i Mn) je utvrđena u jetri predatorskih vrsta (štuka, som) kao metabolički aktivnom organu koji akumulira metale. Akumulacija teških metala u mišićnom tkivu manja je u odnosu na druga tkiva, s obzirom na to da mišićno tkivo nije u direktnom kontaktu sa medijumom jer je prekriveno kožom. Takođe mišićno tkivo nije aktivno mesto za detoksifikaciju metala zbog čega je ujedno i manji transport teških metala iz drugih tkiva u mišićno tkivo.

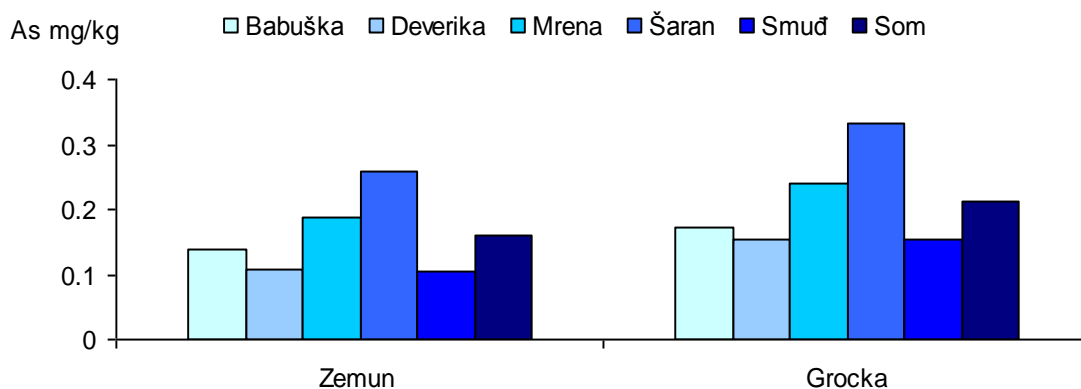
Prosečan sadržaj **cinka** u mišićnom tkivu riba na lokaciji Zemun kretao se od  $5,10 \pm 0,17$  mg/kg (smuđ) do  $11,16 \pm 0,17$  mg/kg (babuška), a na lokaciji Grocka od  $5,17 \pm 0,23$  mg/kg (smuđ) do  $10,26 \pm 0,13$  mg/kg (babuška), s tim da je u svim slučajevima poređenja utvrđena statistički značajna razlika, izuzev između smuđa i mreke (lokacija Zemun) kao i između šarana i mreke (lokacija Grocka) gde nije uočena statistička značajnost (grafikon 6).



Grafikon 6. Sadržaj cinka (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz Dunava

Pantelica i sar. (2012) ističu najveće vrednosti cinka ( $82,5 \pm 2,0$  mg/kg) u mišićnom tkivu biljojednih vrsta (babuška), a najmanje u u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (kečiga  $62,5 \pm 1,3$  mg/kg, odnosno crvenperka  $24,9 \pm 0,5$  mg/kg) što potvrđuju i dobijeni rezultati.

Prosečan sadržaj **arsena** u mišićnom tkivu ispitivanih riba na lokaciji Zemun kretao se od  $0,105 \pm 0,003$  mg/kg (smuđ) do  $0,258 \pm 0,003$  mg/kg (šaran), a na lokaciji Grocka od  $0,153 \pm 0,005$  mg/kg (smuđ) do  $0,333 \pm 0,007$  mg/kg (šaran). Između prosečnih poređenih vrednosti sadržaja arsena ispitivanih vrsta riba na obe lokacije utvrđena je statistički značajna razlika, s tim da između deverike i smuđa nema statistički značajnih razlika (grafikon 7).



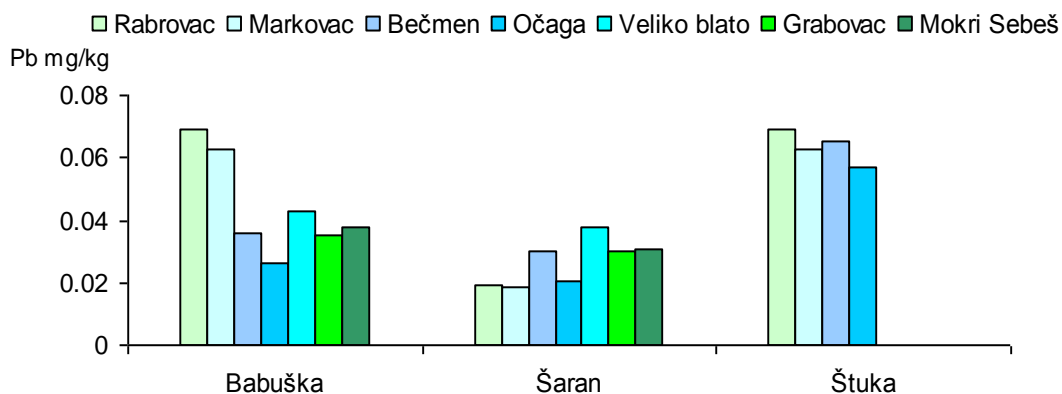
Grafikon 7. Sadržaj arsena (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz Dunava

Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa navodima Zrnčića i sar. (2013) koji su ispitujući sadržaj arsena u mišićnom tkivu riba izlovljenih iz Dunava utvrdili veće vrednosti u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta (šaran  $0,055 \pm 0,054$  mg/kg) u odnosu na mišićno tkivo mesojednih (štuka  $0,030 \pm 0,015$  mg/kg, odnosno som  $0,034 \pm 0,010$  mg/kg) i biljojednih vrsta riba (babuška  $0,031 \pm 0,011$  mg/kg, odnosno skobalj  $0,022 \pm 0,098$  mg/kg).

## 6.2. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I ARSENA U MIŠIĆNOM TKIVU BILJOJEDNIH (BABUŠKA), SVAŠTOJEDNIH (ŠARAN) I MESOJEDNIH (ŠTUKA) VRSTA RIBA IZ JEZERA U OKOLINI BEOGRADA

U mišićnom tkivu mesojednih vrsta riba (štuka) utvrđen je najveći prosečan sadržaj **olova**, koji se kretao u intervalu od  $0,057 \pm 0,002$  mg/kg (Očaga) do  $0,069 \pm 0,003$

mg/kg (Rabrovac), manji u mišićnom tkivu biljojednih vrsta (babuška) od  $0,026\pm 0,005$  mg/kg (Očaga) do  $0,068\pm 0,004$  mg/kg (Rabrovac), a najmanji sadržaj olova utvrđen je u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran) koji se kretao u intervalu od  $0,018\pm 0,004$  mg/kg (Markovac) do  $0,038\pm 0,003$  mg/kg (Veliko blato) (grafikon 8).

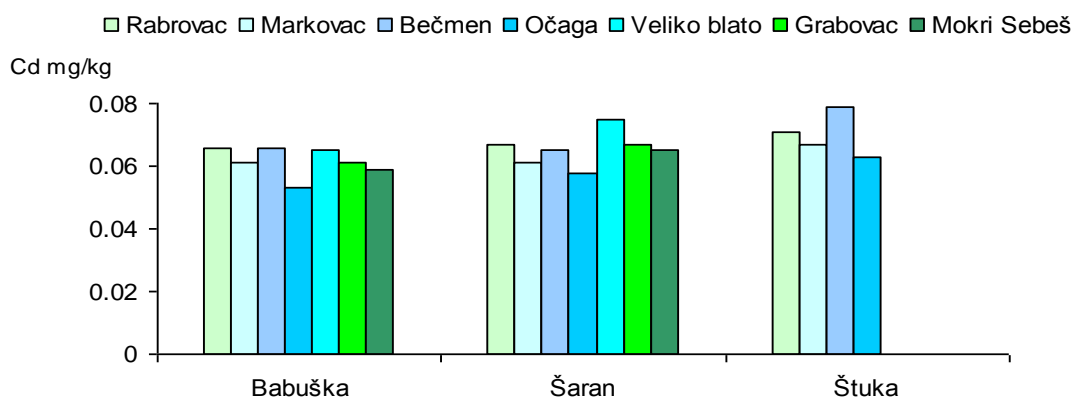


Grafikon 8. Sadržaj olova (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz jezera

Jafari i sar. (2014) su u svom istraživanju utvrdili takođe veći sadržaj olova ( $0,0110\pm 0,007$  mg/kg,  $0,008\pm 0,006$  mg/kg, pojedinačno) u mišićnom tkivu biljojednih vrsta riba (beli amur, beli tolstolobik) jezera Zarivar u zapadnom Iranu u odnosu na sadržaj olova ( $0,006\pm 0,003$  mg/kg) u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran).

Veći sadržaj olova u jezeru Buško blato u Bosni i Hercegovini utvrdili su i Has-Schon i sar. (2015) u mišićnom tkivu mesojednih vrsta (som, 1,2-1,50 mg/kg) u odnosu na sadržaj olova (0,95-1,30 mg/kg) u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran).

Prosečan sadržaj **kadmijuma** u mišićnom tkivu štuke kretao se u intervalu od  $0,063\pm 0,005$  mg/kg (Očaga) do  $0,079\pm 0,005$  mg/kg (Bečmen) i bio je veći od prosečnog sadržaja kadmijuma iz mišićnog tkiva šarana koji se kretao u intervalu od  $0,058\pm 0,015$  mg/kg (Očaga) do  $0,075\pm 0,004$  mg/kg (Veliko blato). Najmanja količina kadmijuma utvrđena je u mišićnom tkivu babuške i kretala se u intervalu od  $0,053\pm 0,003$  mg/kg (Očaga) do  $0,066\pm 0,004$  mg/kg (Veliko blato) (grafikon 9).

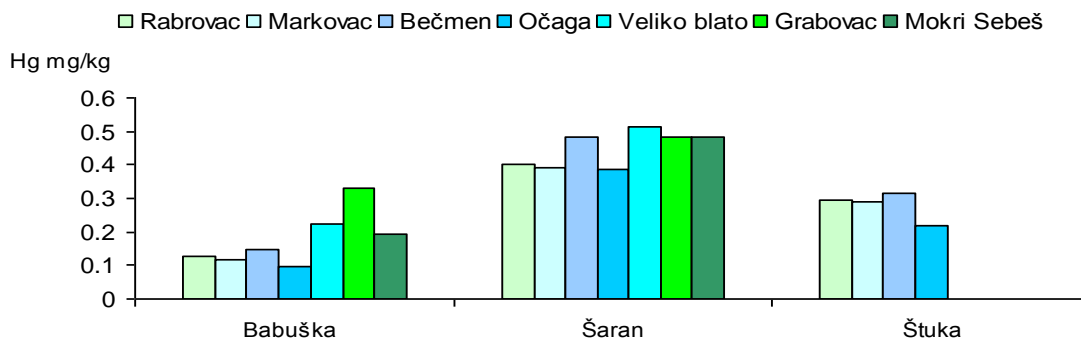


Grafikon 9. Sadržaj kadmijuma (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz jezera

Dobijeni rezultati u saglasnosti su sa istraživanjima Luczynska i sar. (2006) koji su u Maroz jezeru (severozapadna Poljska) utvrdili veći sadržaj kadmijuma (0,0036 mg/kg, 0,0030mg/kg, pojedinačno) u mišićnom tkivu mesojednih vrsta riba (štuka, smuđ) u odnosu na sadržaj kadmijuma (0,0027 mg/kg, 0,0020 mg/kg, pojedinačno) u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (deverika, šaran).

Najveći prosečan sadržaj **žive** utvrđen je u mišićnom tkivu šarana (svaštojedna vrsta) koji se kretao u intervalu od  $0,387 \pm 0,006$  mg/kg (Očaga) do  $0,513 \pm 0,012$  mg/kg (Veliko blato) i bio veći u odnosu na utvrđeni sadržaj žive u mišićnom tkivu štuke (mesojedna vrsta) i babuške (biljojedna vrsta) gde se kretao u intervalima od  $0,217 \pm 0,005$  mg/kg (Očaga) do  $0,313 \pm 0,006$  mg/kg (Bečmen), odnosno  $0,096 \pm 0,005$  mg/kg (Očaga) do  $0,331 \pm 0,025$  mg/kg (Grabovac), pojedinačno (grafikon 10).

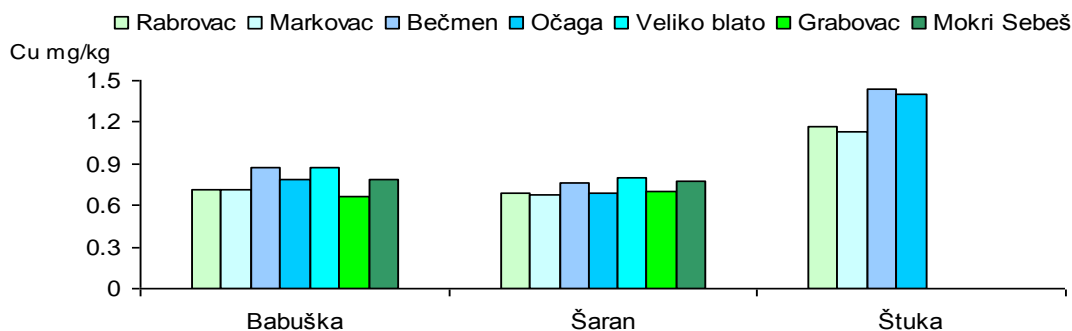
Slične rezultate ističu Dsikowitzky i sar. (2012), koji su u svojim istraživanjima utvrdili veći sadržaj žive (0,154-0,316 mg/kg) u mišićnom tkivu mesojednih vrsta (som) u odnosu na sadržaj žive (0,045-0,241 mg/kg) u mišićnom tkivu biljojednih vrsta ribe (nilska tilapija) u jezerima Awasa i Koka (Etiopija). Najveće koncentracije žive očekivano je da budu detektovane u mišićnom tkivu mesojednih vrsta (štuka) riba zbog njihovog položaja u lancu ishrane. Međutim, najveće koncentracije žive utvrđene u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran), mogu se objasniti veličinom i težinom ispitivanih komada ribe, jer je uočeno značajno povećanje sadržaja žive sa povećanjem dužine i težine ribe usled bioakumulacije u mišićnom tkivu.



Grafikon 10. Sadržaj žive (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz jezera

Jedan od razloga povećanog sadržaja žive u mišićnom tkivu riba može se pripisati migraciji ovog teškog metala iz mulja u ribu, jer je poznato da riba u potrazi za hranom uranja u mulj. Ovo je posebno izraženo ako se pojedini akvakulturni sistemi nalaze u blizini određene industrijske zone poput jezera Veliko blato i Mokri Sebeš, gde je i utvrđen najveći sadržaj žive u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba, a koja se nalaze nedaleko od Pančeva, važnog industrijskog kompleksa, a samim tim i mogućeg izvora zagađenja životne sredine. Sa druge strane, jezero Grabovac se nalazi na teritoriji opštine Obrenovac, odnosno u blizini istoimene termoelektrane, koja takođe može dovesti do povećanog sadržaja ovih metala kako u vodi tako i u živom svetu, odnosno u ribama.

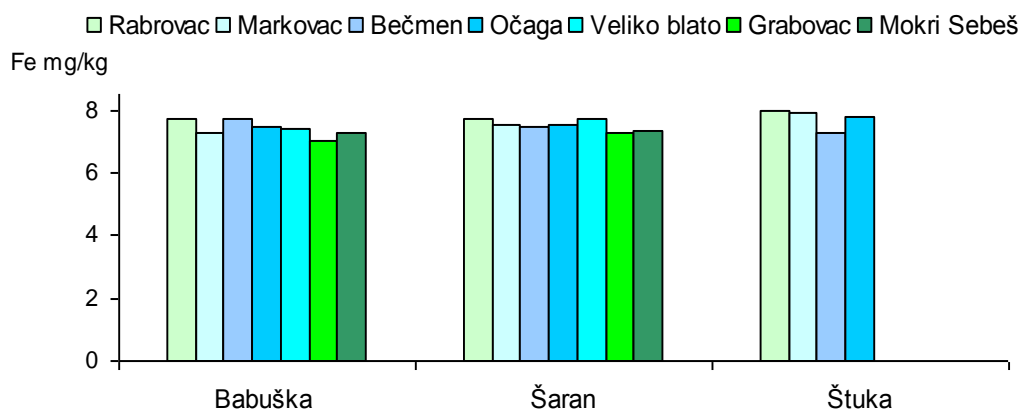
U mišićnom tkivu mesojednih vrsta riba (štuka) utvrđen je najveći prosečan sadržaj **bakra** koji se kretao u intervalu od  $1,13 \pm 0,01$  mg/kg, (Markovac) do  $1,44 \pm 0,04$  mg/kg (Bečmen). Manji sadržaj bakra utvrđen je u mišićnom tkivu biljojednih vrsta (babuška) od  $0,667 \pm 0,044$  mg/kg (Grabovac) do  $0,875 \pm 0,014$  mg/kg (Veliko blato), dok je najmanji sadržaj nađen u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran) i kretao se u intervalu od  $0,671 \pm 0,008$  mg/kg (Markovac) do  $0,804 \pm 0,021$  mg/kg (Veliko blato) (grafikon 11).



Grafikon 11. Sadržaj bakra (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz jezera

Ozparlak i sar. (2012) utvrdili su veći sadržaj ( $2,35 \pm 0,64$  mg/kg) bakra u mišićnom tkivu biljojednih vrsta riba (babuška) u odnosu na sadržaj ( $1,62 \pm 0,92$  mg/kg) bakra u mišićnom tkivu svaštojednih riba (šaran) izlovljenih iz jezera Beysehir (Turska) što je u saglasnosti sa dobijenim rezultatima.

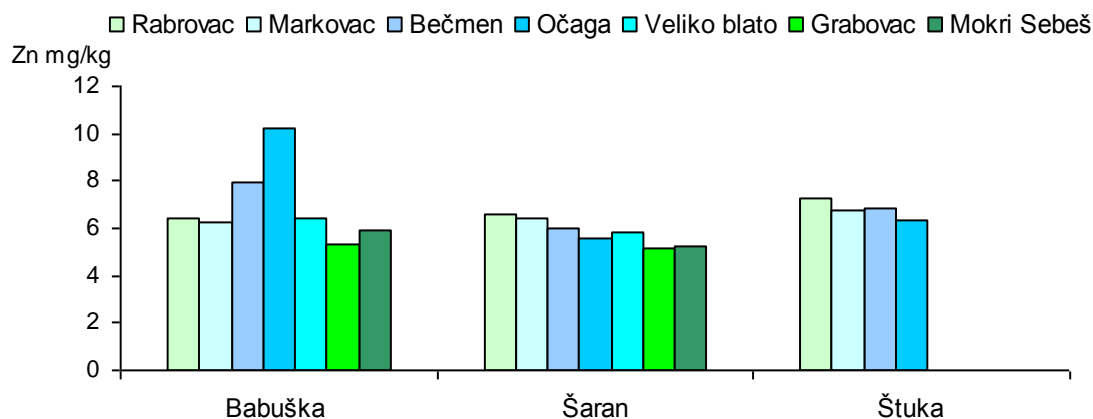
Prosečan sadržaj **gvožđa** u mišićnom tkivu štuke (mesojedna vrsta) kretao se u intervalu od  $7,28 \pm 1,21$  mg/kg (Bečmen) do  $8,01 \pm 0,11$  mg/kg (Rabrovac) i bio je veći od prosečnog sadržaja gvožđa u mišićnom tkivu šarana (svaštojedna vrsta) koji se kretao u intervalu od  $7,31 \pm 0,27$  mg/kg (Grabovac) do  $7,75 \pm 0,15$  mg/kg (Veliko blato) odnosno sadržaja gvožđa u mišićnom tkivu babuške (biljojedne vrsta) gde je iznosio od  $7,00 \pm 0,14$  mg/kg (Grabovac) do  $7,76 \pm 0,27$  mg/kg (Bečmen) (grafikon 12).



Grafikon 12. Sadržaj gvožđa (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz jezera

Dobijene rezultate potvrđuju istraživanja Qin i sar. (2015) koji su utvrdili veće vrednosti gvožđa ( $6,67 \pm 4,06$  mg/kg,  $8,02 \pm 3,94$  mg/kg, pojedinačno) u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran, karaš), u odnosu na sadržaj gvožđa ( $5,52 \pm 3,54$  mg/kg) u mišićnom tkivu biljojednih vrsta riba (beli amur).

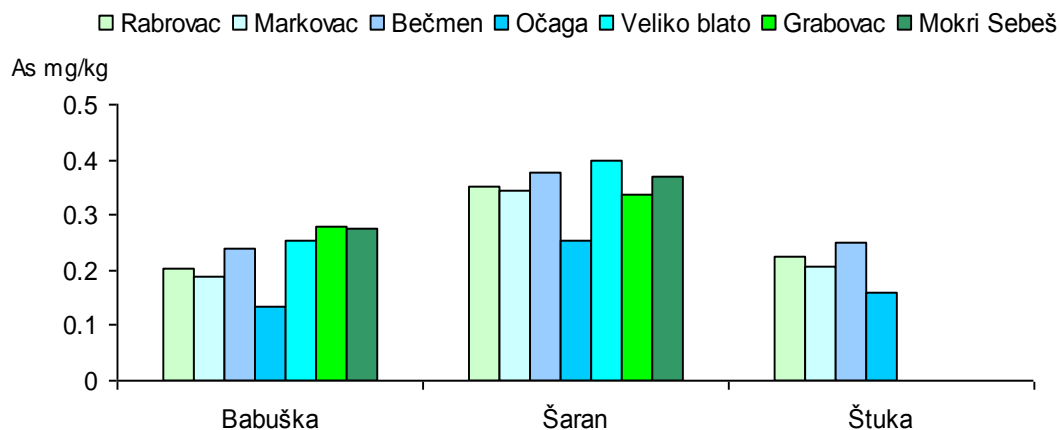
Kod ispitivanih vrsta riba najveći prosečan sadržaj **cinka** utvrđen je u mišićnom tkivu babuške (biljojedna vrsta) na lokalitetu jezera Očaga ( $10,24 \pm 0,45$  mg/kg) i bio je veći od prosečnog sadržaja cinka u mišićnom tkivu štuke (mesojedna vrsta) na lokalitetu jezera Rabrovac ( $7,24 \pm 0,76$  mg/kg) odnosno od prosečnog sadržaja cinka u mišićnom tkivu šarana ( $6,62 \pm 0,15$  mg/kg) sa lokaliteta jezera Rabrovac (grafikon 13).



Grafikon 13. Sadržaj cinka (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz jezera

Qiao-qiao i sar. (2007) su utvrdili veći sadržaj cinka u mišićnom tkivu biljojednih vrsta (babuška) u odnosu na sadržaj cinka u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran) koje su izlovljene iz jezera Taihu (Kina) što je saglasno sa utvrđenim sadržajem cinka u ovom radu.

U mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (šaran) utvrđeni prosečan sadržaj **arsena** kretao se u intervalu od  $0,252 \pm 0,004$  mg/kg (Očaga) do  $0,397 \pm 0,013$  mg/kg (Veliko blato) i bio je veći od prosečnog sadržaja arsena mišićnom tkivu mesojednih vrsta (štuka) koji se kretao u intervalu od  $0,159 \pm 0,007$  mg/kg (Očaga) do  $0,249 \pm 0,007$  mg/kg (Bečmen) i biljojednih vrsta riba (babuška) koji se nalazio u intervalu od  $0,135 \pm 0,003$  mg/kg (Očaga) do  $0,278 \pm 0,029$  mg/kg (Grabovac) (grafikon 14).



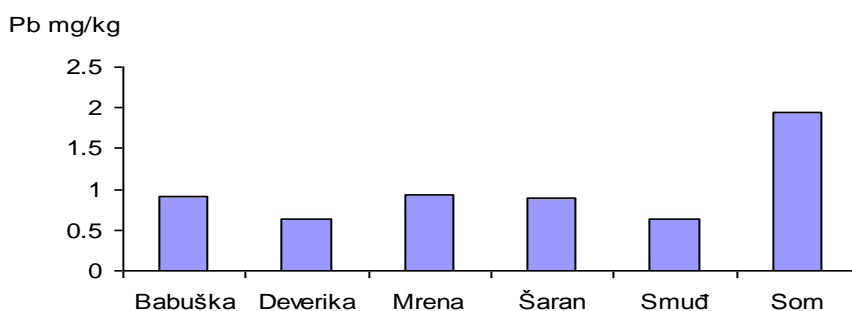
Grafikon 14. Sadržaj arsena (mg/kg) u mišićnom tkivu ispitivanih vrsta riba iz jezera



Sličnu raspodelu arsena u mišićnom tkivu različitih vrsta riba izlovljenih iz jezera Poyang (Kina) zabeležili su Wei i sar. (2014) koji su veći sadržaj arsena utvrdili u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta (šaran  $0,084 \pm 0,019$  mg/kg) u odnosu na sadržaj arsena u mišićnom tkivu mesojednih (som  $0,014 \pm 0,002$  mg/kg), odnosno biljojednih vrsta riba (beli amur  $0,01 \pm 0,001$  mg/kg).

### 6.3. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I ARSENA U JETRI BILJOJEDNIH (BABUŠKA), SVAŠTOJEDNIH (DEVERIKA, MRENA, ŠARAN) I MESOJEDNIH (SMUĐ I SOM) VRSTA RIBA IZ DUNAVA I JEZERA U OKOLINI BEOGRADA

Analizom sadržaja teških metala i arsena u jetri biljojednih (babuška), svaštojednih (deverika, mrena, šaran) i mesojednih (smuđ, som) vrsta riba, najveći prosečan sadržaj **olova** ( $1,95 \pm 0,19$  mg/kg) utvrđen je u jetri mesojednih vrsta riba (som), manji sadržaj ( $0,903 \pm 0,021$  mg/kg) u jetri biljojednih vrsta (babuška), dok je najmanji sadržaj olova utvrđen u jetri svaštojednih vrsta riba (deverika  $0,632 \pm 0,039$  mg/kg) (grafikon 15).

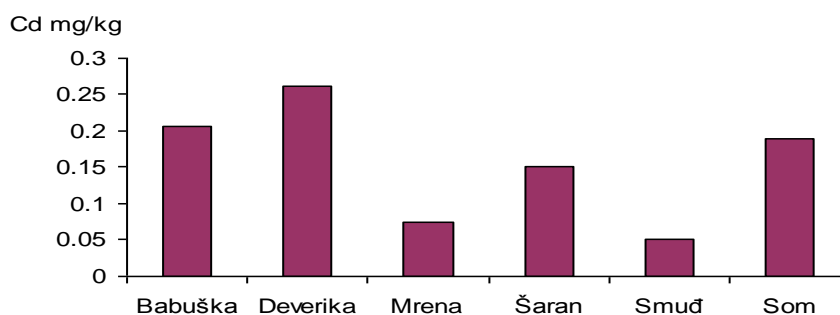


Grafikon 15. Sadržaj olova (mg/kg) u jetri ispitivanih vrsta riba

Dobijeni rezultati potvrđuju istraživanja Has-Schon i sar. (2008) koji su utvrdili veću količinu olova u jetri biljojednih (babuška  $0,125 \pm 0,005$  mg/kg) u odnosu na utvrđenu količinu olova u jetri svaštojednih vrsta riba (šaran  $0,017 \pm 0,004$  mg/kg).

Utvrđeni prosečan sadržaj **kadmijuma** u jetri svaštojednih vrsta riba (deverika  $0,261 \pm 0,002$  mg/kg), bio je veći od sadržaja kadmijuma u jetri biljojednih (babuška  $0,207 \pm 0,004$  mg/kg) i mesojednih vrsta riba (smuđ  $0,051 \pm 0,002$  mg/kg) (grafikon 16). Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Malik i sar. (2010) koji su utvrdili

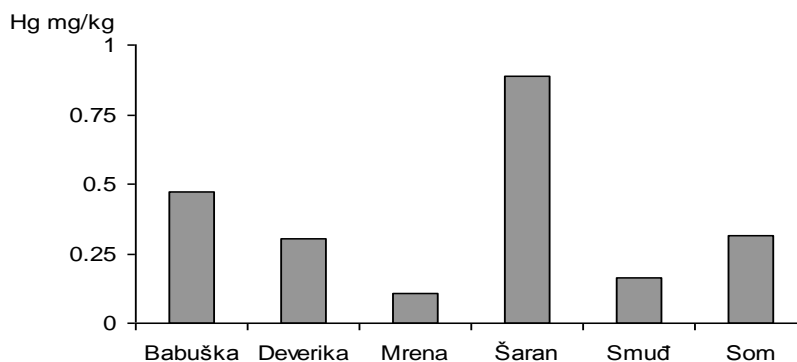
najveći sadržaj kadmijuma (0,315 mg/kg) u jetri svaštojednih vrsta (šaran), a najmanji (0,16 mg/kg) u jetri biljojednih vrsta riba (beli amur).



Grafikon 16. Sadržaj kadmijuma (mg/kg) u jetri ispitivanih vrsta riba

Visok sadržaj teških metala u jetri ispitivanih vrsta riba u odnosu na mišićno tkivo može se pripisati razlici u potencijalu akumulacije između ova dva tkiva. Jetra, kao metabolički aktivan organ akumulira metale zahvaljujući, aktivnošću metalotioneina, proteina koji se sintetiše pri povećanom unosu teških metala. Pomenuti protein, relativno male molekulske mase, bogat cisteinom (oko 30%), aminokiselinom sa tiolnom (SH) grupom, pokazuje tendenciju da veže teške metale (posebno Zn, Cd i Cu) i omogući tkivu jetre da ih akumulira u visokom stepenu. Ovaj proces ujedno predstavlja i detoksifikacioni mehanizam teških metala u organizmu (Ploetz i sar., 2007; Uysal i sar., 2009).

Najveći prosečan sadržaj **žive** ( $0,887 \pm 0,022$  mg/kg) utvrđen u jetri šarana (svaštojednih vrsta riba), bio je veći od utvrđenog sadržaja žive ( $0,472 \pm 0,023$  mg/kg) u jetri biljojednih (babuška), mesojednih (som  $0,313 \pm 0,020$  mg/kg, odnosno smuđ  $0,165 \pm 0,016$  mg/kg) i svaštojednih (mrena  $0,108 \pm 0,012$  mg/kg) vrsta riba (grafikon 17).

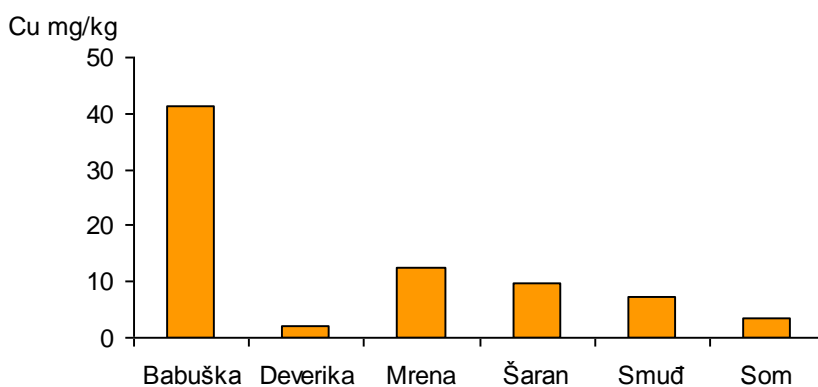


Grafikon 17. Sadržaj žive (mg/kg) u jetri ispitivanih vrsta riba

Slične rezultate dobili su Squadrone i sar. (2013), koji su u jetri mesojednih vrsta riba (som) utvrdili sadržaj žive od 0,25 mg/kg. Sa druge strane Subotić i sar. (2013) su

najveću prosečnu vrednost žive utvrdili u jetri mesojednih vrsta riba (som 1,90 mg/kg) a najmanju u jetri svaštojednih vrsta (šaran 1,63 mg/kg). Jetra različitih vrsta riba, jeste dobar indikator sadržaja teških metala u vodama, s obzirom na to da je njihova akumulacija u jetri obično proporcionalna sadržaju metala u životnoj sredini (vodama). Nivo teških metala (posebno Cd i Cu) u tkivu jetre, naglo se povećava tokom izlaganja riba ovim elementima i zadržava se dugo nakon prečišćavanja, dok se u drugim organima (škrge, digestivni trakt) njihov sadržaj brže smanjuje. Iz tog razloga se smatra da je jetra najbolji indikator hroničnog izlaganja teškim metalima kao i zagađenja voda.

U jetri biljojednih vrsta riba (babuška) ustanovljen je najveći prosečan sadržaj **bakra** ( $41,40 \pm 1,70$  mg/kg), manji u jetri svaštojednih vrsta (mrena  $12,65 \pm 0,81$  mg/kg, šaran  $9,65 \pm 0,46$  mg/kg) i mesojednih vrsta riba (smuč  $7,22 \pm 0,37$  mg/kg, odnosno som  $3,52 \pm 0,20$  mg/kg). Najmanji sadržaj bakra utvrđen u jetri svaštojednih vrsta riba (deverika  $2,02 \pm 0,19$  mg/kg) (grafikon br. 18).

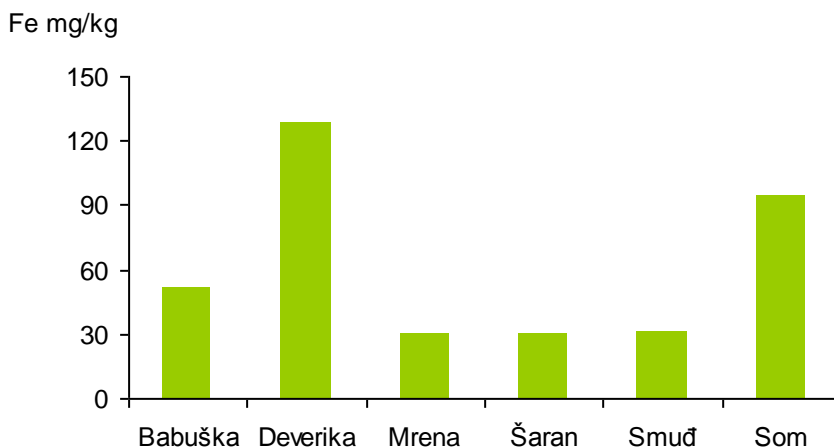


Grafikon 18. Sadržaj bakra (mg/kg) u jetri ispitivanih vrsta riba

Dobijeni rezultati potvrđuju istraživanja Ozturk i sar. (2009) koji su u jetri svaštojednih vrsta riba (šaran) ustanovili sadržaj bakra ( $9,73 \pm 4,03$  mg/kg) koji je odgovarao dobijenim vrednostima bakra u jetri svaštojednih vrsta ribe (šaran). Subotić i sar. (2013) ističu da biljojedne vrste riba (babuška), koje se nalaze na nižem trofičnom nivou, akumuliraju veće količine bakra u jetri, u odnosu na mesojedne vrste riba, koje se nalaze na višem trofičnom nivou.

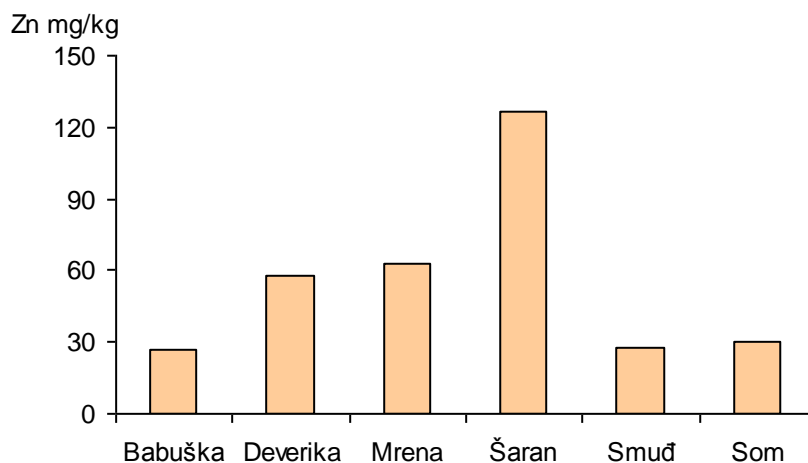
Prosečan sadržaj gvožđa u jetri svaštojednih vrsta riba (deverika  $128,3 \pm 5,0$  mg/kg), bio je veći od sadržaja **gvožđa** u jetri mesojednih (som  $94,47 \pm 2,82$  mg/kg, smuč  $30,72 \pm 1,08$  mg/kg) odnosno jetri biljojednih vrsta riba (babuška  $51,17 \pm 1,50$  mg/kg) (grafikon 19). Matasin i sar. (2011) utvrdili su sličan sadržaj gvožđa ( $44,80$

mg/kg) u jetri štuke (mesojedna vrsta ribe), s tim da su utvrđene nešto manje vrednosti gvožđa ( $35,31 \pm 36,56$  mg/kg) u jetri soma (mesojedna vrsta ribe) u odnosu na dobijene rezultate.



Grafikon 19. Sadržaj gvožđa (mg/kg) u jetri ispitivanih vrsta riba

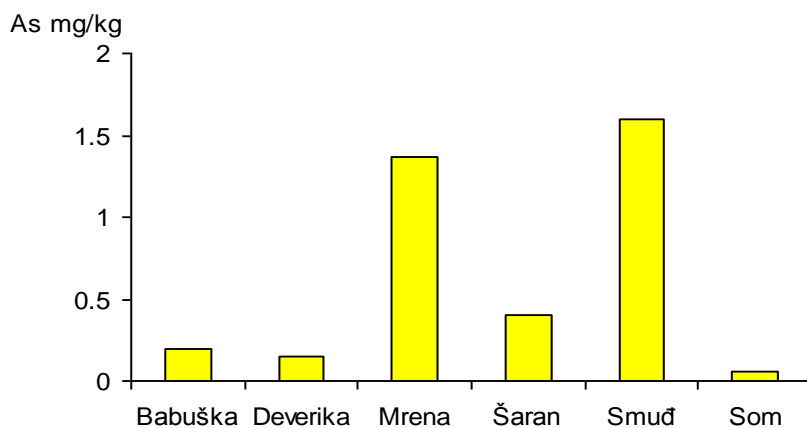
Najveći prosečan sadržaj **cinka** utvrđen je u jetri svaštojednih vrsta riba (šaran,  $126,5 \pm 4,1$  mg/kg), a manji u jetri mesojednih (som  $30,37 \pm 0,81$  mg/kg) odnosno biljojednih vrsta (babuška  $26,83 \pm 0,49$  mg/kg) (grafikon br. 20). Karadede i sar. (2004) u svojim istraživanjima su dobili slične vrednosti sadržaja cinka ( $20,36 \pm 5,23$  mg/kg) u jetri mesojednih vrsta riba (som).



Grafikon 20. Sadržaj cinka (mg/kg) u jetri ispitivanih vrsta riba

Aladesanmi i sar. (2014) ističu da se količine metala u tkivima riba povećavaju kroz proces biomagnifikacije na svakom trofičnom nivou, s tim da svaštojedi (šaran,

mrena) koji se hrane na dnu reka ili jezera akumuliraju najveće količine metala. Najveći prosečan sadržaj arsena utvrđen je u jetri mesojednih vrsta (smuđ  $1,60 \pm 0,14$  mg/kg) manji u jetri svaštojednih (mrena  $1,37 \pm 0,16$  mg/kg, šaran  $0,40 \pm 0,02$  mg/kg) i biljojednih (babuška  $0,204 \pm 0,022$  mg/kg). Interesantno je da je najmanja vrednost arsena nađena takođe u jetri mesojednih vrsta (som  $0,055 \pm 0,005$  mg/kg) (grafikon 21).

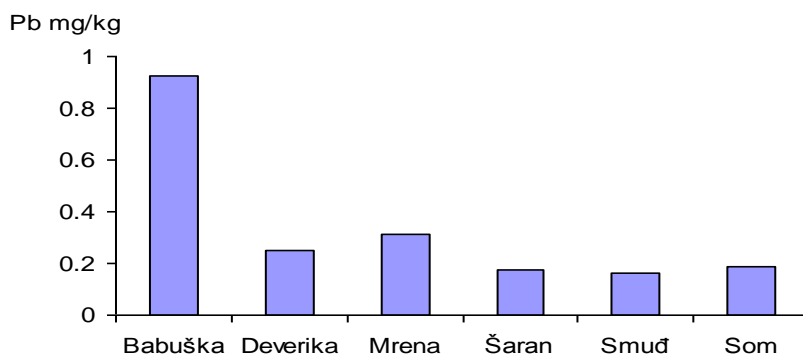


Grafikon 21. Sadržaj arsena (mg/kg) u jetri ispitivanih vrsta riba

Jarić i sar. (2011) su utvrdili sličnu vrednost sadržaja **arsena** ( $0,522 \pm 0,828$  mg/kg) u jetri svaštojednih vrsta riba (kečiga) izlovljenih iz Dunava. U literaturi su opisani slični rezultati prisustva arsena u jetri slatkovodnih vrsta riba (De Rosemond i sar., 2008; Jankong i sar., 2007) koji utvrđuju sadržaj arsena  $0,42-2,25$  mg/kg, odnosno  $0,05-0,81$  mg/kg.

#### 6.4. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I ARSENA U DIGESTIVNOM TRAKTU BILJOJEDNIH (BABUŠKA), SVAŠTOJEDNIH (DEVERIKA, MRENA, ŠARAN) I MESOJEDNIH (SMUĐ I SOM) VRSTA RIBA IZ DUNAVA I JEZERA U OKOLINI BEOGRADA

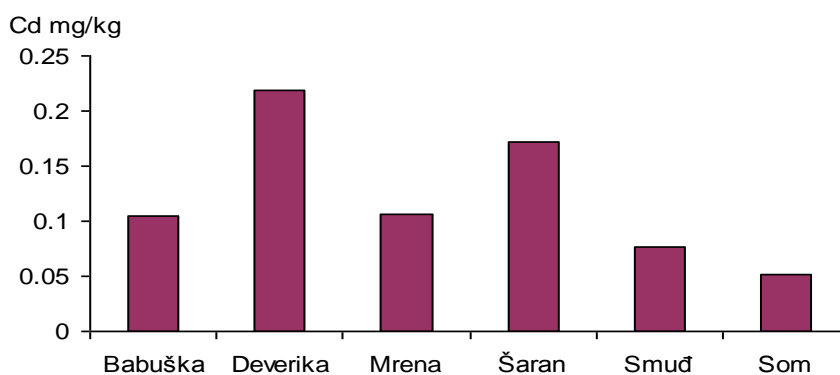
U digestivnom traktu biljojednih vrste riba (babuška) utvrđen je najveći prosečan sadržaj **olova** ( $0,926 \pm 0,019$  mg/kg), manji u digestivnom traktu svaštojednih vrsta (mrena  $0,313 \pm 0,023$  mg/kg, odnosno, deverika  $0,252 \pm 0,017$  mg/kg), a najmanji u digestivnom traktu mesojednih vrsta riba (som  $0,188 \pm 0,015$  mg/kg, odnosno smuđ  $0,162 \pm 0,014$  mg/kg) (grafikon 22).



Grafikon 22. Sadržaj olova (mg/kg) u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba

Slične rezultate istakli su Eneji i sar. (2011) koji su veću vrednost olova ustanovili u digestivnom traktu svaštojednih vrsta riba (tilapija) u odnosu na vrednosti olova u digestivnom traktu mesojednih vrsta riba (som), s tim da su apsolutne vrednosti sadržaja olova u digestivnom traktu tilapije (1,40 mg/kg) i soma (0,678 mg/kg) veće od dobijenih vrednosti u ovom radu. Povećana koncentracija teških metala u digestivnom traktu u odnosu na mišićno tkivo se može objasniti stvaranjem metalnih kompleksa sa prisutnim sluzima u digestivnom traktu koja se ne mogu potpuno ukloniti pre analize.

Utvrđeni prosečan sadržaj **kadmijuma** ( $0,218 \pm 0,002$  mg/kg) u digestivnom traktu deverike (svaštojedna vrsta), bio je veći od sadržaja kadmijuma ( $0,104 \pm 0,003$  mg/kg) u digestivnom traktu babuške (biljojedna vrsta riba) i soma (mesojedna vrsta  $0,052 \pm 0,002$  mg/kg) (grafikon 23).

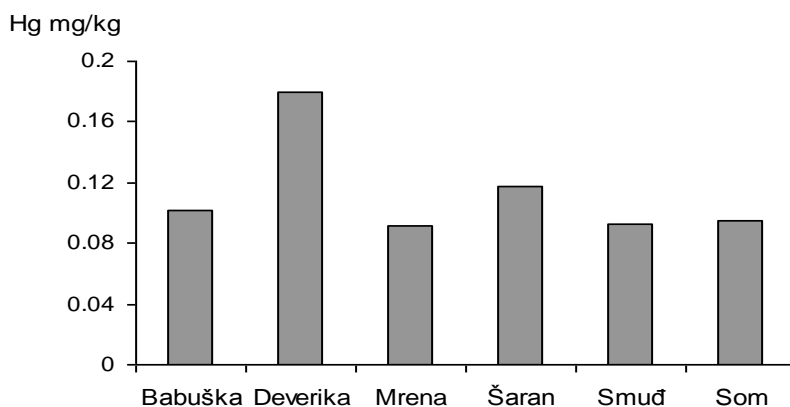


Grafikon 23. Sadržaj kadmijuma (mg/kg) u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba

Opaluwa i sar. (2012) su u digestivnom traktu soma (mesojedna vrsta) utvrdili nešto manju vrednost (0,025 mg/kg) kadmijuma u odnosu na dobijene vrednosti.

Najveći prosečan sadržaj **žive** ( $0,18 \pm 0,021$  mg/kg) utvrđen u digestivnom traktu svaštojednih vrsta ribe (deverika), bio je veći u odnosu na sadržaj žive

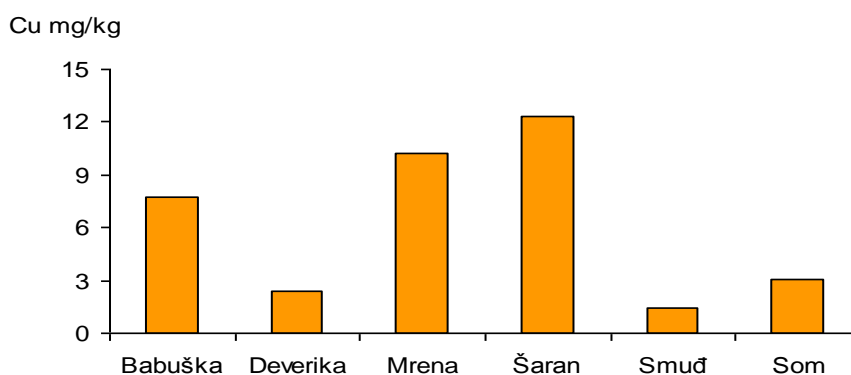
( $0,117\pm 0,014$  mg/kg) u digestivnom traktu biljojednih (šaran) i mesojednih vrsta riba (som  $0,095\pm 0,011$  mg/kg i smuđ  $0,093\pm 0,012$  mg/kg) (grafikon 24).



Grafikon 24. Sadržaj žive (mg/kg) u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba

Slične rezultate objavili su Zhang i sar. (2007) koji su utvrdili veći sadržaj žive u digestivnom traktu svaštojednih vrsta ribe (šaran) u odnosu na vrednosti žive u digestivnom traktu biljojednih (babuška) i mesojednih vrsta riba (som).

U digestivnom traktu svaštojednih vrsta riba (šaran) utvrđen je najveći prosečni sadržaj **bakra** ( $12,35\pm 0,31$  mg/kg), manji kod biljojednih (babuška  $7,78\pm 0,35$  mg/kg), a najmanji u digestivnom traktu mesojednih vrsta riba (som,  $3,03\pm 0,17$  mg/kg, odnosno smuđ  $1,42\pm 0,01$  mg/kg) (grafikon 25).

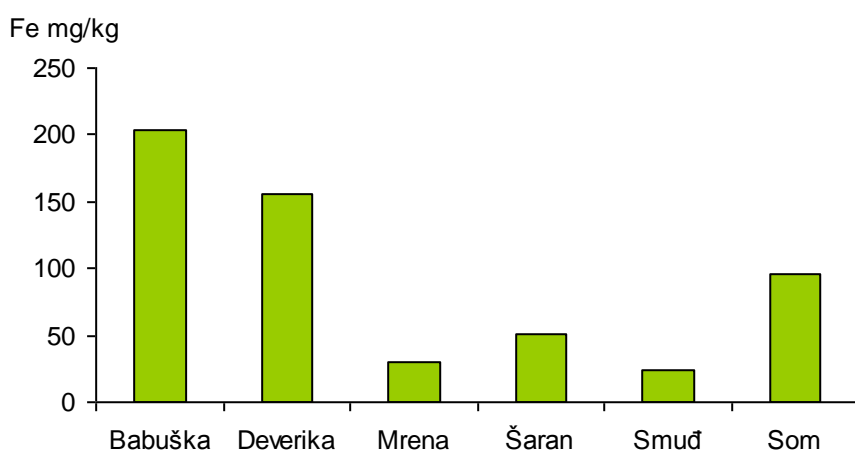


Grafikon 25. Sadržaj bakra (mg/kg) u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba

Zeng i sar. (2012) utvrdili su sličnu distribuciju, s tim da su najveće vrednosti ( $35,33\pm 13,90$  mg/kg) uočene u digestivnom traktu biljojednih (babuška), manje vrednosti ( $19,65\pm 2,94$  mg/kg) u digestivnom traktu svaštojednih (šaran), a najmanje vrednosti ( $11,12\pm 3,45$  mg/kg) u digestivnom traktu mesojednih vrsta riba.

Prosečan sadržaj **gvožđa** ( $203,7 \pm 6,6$  mg/kg) u digestivnom traktu biljojednih vrsta riba (babuška) bio je veći od utvrđene vrednosti gvožđa u digestivnom traktu svaštojednih (deverika  $155,8 \pm 4,3$  mg/kg i šaran  $50,98 \pm 1,04$  mg/kg), odnosno od sadržaja gvožđa ( $23,78 \pm 0,50$  mg/kg) u digestivnom traktu mesojednih vrsta riba (smuđ) (grafikon 26).

Dobijeni rezultati saglasni su sa rezultatima Adeyeye i sar. (1996) koji ističu najveće vrednosti gvožđa ( $57,57$  mg/kg) u digestivnom traktu svaštojednih (šaran), a najmanje vrednosti ( $11,00$  mg/kg) u digestivnom traktu mesojednih vrsta riba (som).

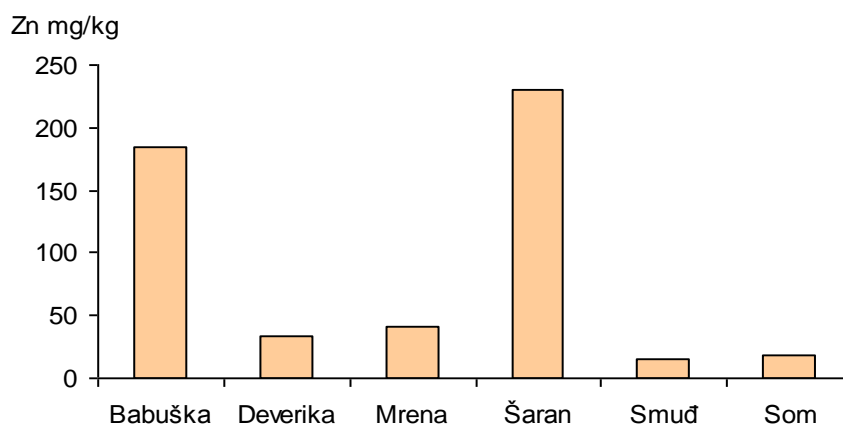


Grafikon 26. Sadržaj gvožđa (mg/kg) u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba

Sadržaj teških metala i metaloida u digestivnom traktu riba, ostaje visok tokom celog perioda konzumacije, za razliku od izlaganja riba teškim metalima i metaloidima iz vode, kada nivo teških metala i metaloida u digestivnom traktu obično ostaje nizak.

Najveći prosečan sadržaj **cinka** ( $230,3 \pm 5,4$  mg/kg) ustanovljen je u digestivnom traktu svaštojednih vrsta riba (šaran), manji u digestivnom traktu biljojednih (babuška  $184,20 \pm 4,58$  mg/kg), a najmanji u digestivnom traktu mesojednih vrsta riba (som  $18,28 \pm 0,86$  mg/kg, odnosno, smuđ  $15,05 \pm 0,16$  mg/kg) (grafikon 27). Jarić i sar. (2011) su ispitujući sadržaj cinka u digestivnom traktu svaštojednih vrsta riba (kečiga) poreklom iz Dunava utvrdili sličnu količinu ( $159,75 \pm 44,54$  mg/kg).

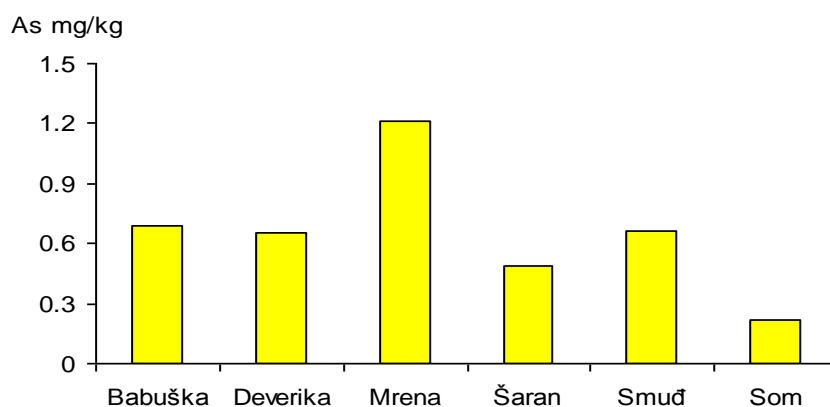




Grafikon 27. Sadržaj cinka (mg/kg) u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba

Dobijeni rezultati saglasni su sa rezultatima do kojih su došli Akan i sar. (2012) koji su utvrdili veći sadržaj cinka u digestivnom traktu svaštojednih vrsta riba (tilapija) u odnosu na sadržaj cinka u digestivnom traktu mesojednih vrsta (som). Liao i sar. (2006) navode da se veći sadržaj cinka, uočena u tkivima šarana u odnosu na tkiva ostalih ispitivanih vrsta, može objasniti fiziologijom šarana prema ovom teškom metalu i mogućem specifičnom vezivanju cinka za proteine. Sa druge strane Rashed (2001) povećan sadržaj cinka u digestivnom traktu biljojednih vrsta riba (babuška), tumači akumulacijom i koncentracijom ovog metala u mulju, odnosno vodenim biljkama kao čestom izvoru hrane pomenute vrste.

Ispitivanjem sadržaja **arsena** u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba, najveći sadržaj utvrđen je u digestivnom traktu svaštojednih vrsta riba (mrena  $1,21 \pm 0,03$  mg/kg), a manji u digestivnom traktu biljojednih (babuška  $0,695 \pm 0,024$  mg/kg) i mesojednih vrsta riba (som  $0,217 \pm 0,016$  mg/kg) gde je i ustanovljen najmanji prosečan sadržaj arsena (grafikon 28).



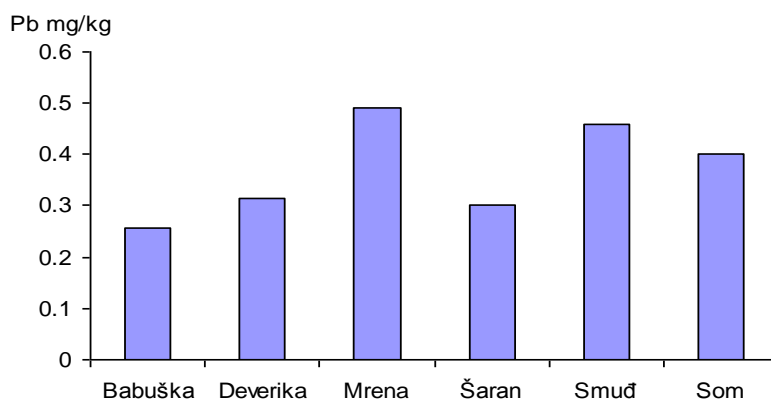
Grafikon 28. Sadržaj arsena (mg/kg) u digestivnom traktu ispitivanih vrsta riba

Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa istraživanjima Zhang i sar. (2007) koji su najveći sadržaj arsena utvrdili u digestivnom traktu svaštojednih vrsta riba (šaran 0,25-0,30 mg/kg), manji u digestivnom traktu biljojednih vrsta (babuška 0,20-0,25 mg/kg), a najmanji (0,15-0,20 mg/kg) u digestivnom traktu mesojednih vrsta riba (som).

#### 6.5. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I ARSENA U ŠKRGAMA BILJOJEDNIH (BABUŠKA), SVAŠTOJEDNIH (DEVERIKA, MRENA, ŠARAN) I MESOJEDNIH (SMUĐ I SOM) VRSTA RIBA IZ DUNAVA I JEZERA U OKOLINI BEOGRADA

Povećana koncentracija teških metala u škragama direktno reflektuje koncentraciju ovih metala u vodi. Rashed (2001) i Erdoğrul i sar. (2007) ispitujući sadržaj teških metala u različitim tkivima riba detektovali su olovo jedino u škragama i zaključili da su škrge centar akumulacije ovog teškog metala. Visok sadržaj olova u škragama riba može se objasniti činjenicom da usled niske pH vrednosti (zbog respiracije CO<sub>2</sub>) na površini škrge, olovo prelazi u rastvorljiviji oblik koji se lakše apsorbuje u njima. Sa druge strane, stvaranje kompleksa između metala i sluzi koja se ne može potpuno ukloniti pre analize sa površine škrge, može dovesti do povećanog sadržaja olova.

Najveći prosečan sadržaj **olova** utvrđen je u škragama svaštojednih vrsta riba, (mrena 0,492±0,017 mg/kg), manji u škragama mesojednih vrsta (smuđ 0,458±0,026mg/kg, odnosno som 0,401±0,026 mg/kg) dok su najmanje vrednosti utvrđene u škragama biljojednih vrsta riba (babuška 0,256±0,019 mg/kg) (grafikon 29).



Grafikon 29. Sadržaj olova (mg/kg) u škragama ispitivanih vrsta riba

Dobijeni rezultati saglasni su sa rezultatima Senarathne i sar. (2007) koji su u škragama mesojednih vrsta riba (som) utvrdili sličan sadržaj olova (0,2-0,4 mg/kg), pri čemu je u određenim uzorcima škrगा količina olova dostizala i veće vrednosti (6,6 mg/kg).

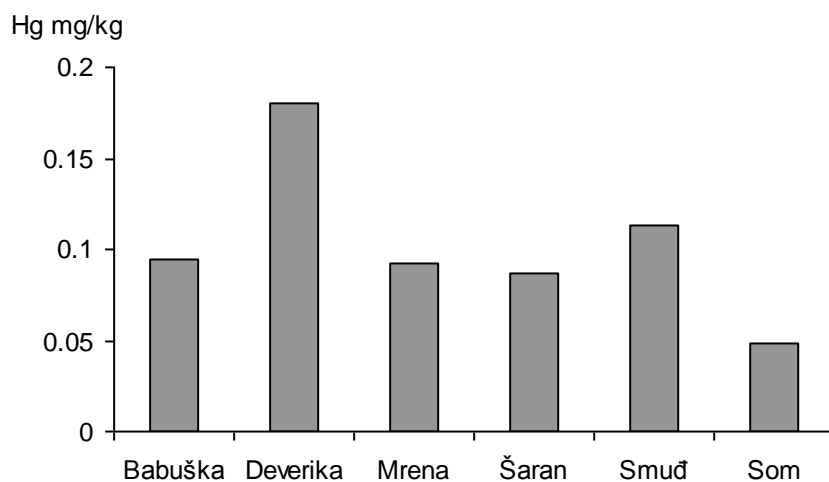
Utvrđeni prosečan sadržaj **kadmijuma** u škragama svaštojednih vrsta riba (deverika  $0,210 \pm 0,002$  mg/kg, šaran  $0,051 \pm 0,002$  mg/kg) bio je veći od utvrđenog sadržaja kadmijuma u škragama biljojednih (babuška  $0,044 \pm 0,003$  mg/kg) i mesojednih (smuđ  $0,044 \pm 0,003$  mg/kg, som  $0,026 \pm 0,001$  mg/kg) (grafikon 30).



Grafikon 30. Sadržaj kadmijuma (mg/kg) u škragama ispitivanih vrsta riba

Zanimljivo je da je i najmanja količina kadmijuma utvrđena u škragama svaštojednih vrsta riba (mrena  $0,025 \pm 0,002$  mg/kg). Zeng i sar. (2012) ispitujući sadržaj kadmijuma u škragama različitih vrsta riba su utvrdili vrednosti  $0,07 \pm 0,01$  mg/kg kod svaštojednih (šaran),  $0,06 \pm 0,02$  mg/kg kod biljojednih (babuška), odnosno  $0,04 \pm 0,02$  mg/kg kod različitih vrsta mesojednih riba, koje odgovaraju dobijenim vrednostima. Veći sadržaj kadmijuma u škragama deverike može se pripisati činjenici da se ova vrsta ribe ukopava pored izliva kanalizacionih cevi, tako da je zagađenost vode direktan razlog povećanog sadržaja kadmijuma u škragama, s obzirom na njegovo prisustvo u kanalizacionom mulju.

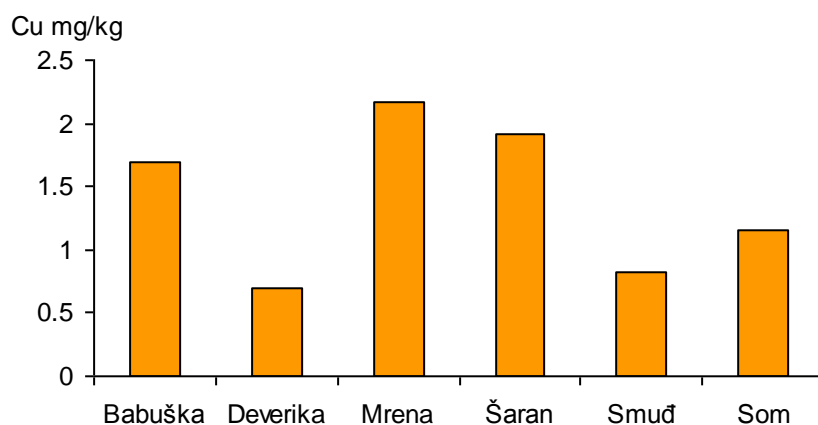
Najveći prosečan sadržaj **žive** ( $0,181 \pm 0,017$  mg/kg) ustanovljen je u škragama svaštojednih vrsta riba (deverika), manji u škragama biljojednih vrsta (babuška,  $0,095 \pm 0,015$  mg/kg), a najmanji u škragama mesojednih vrsta riba (som  $0,048 \pm 0,01$  mg/kg) (grafikon 31).



Grafikon 31. Sadržaj žive (mg/kg) u škragama ispitivanih vrsta riba

Dobijeni rezultati saglasni su sa rezultatima Wei i sar. (2014) koju su veći sadržaj žive ( $0,041 \pm 0,010$  mg/kg) utvrdili u škragama svaštojednih vrsta riba (šaran), u odnosu na sadržaj žive ( $0,025 \pm 0,013$  mg/kg) u škragama biljojednih vrsta ribe (beli amur).

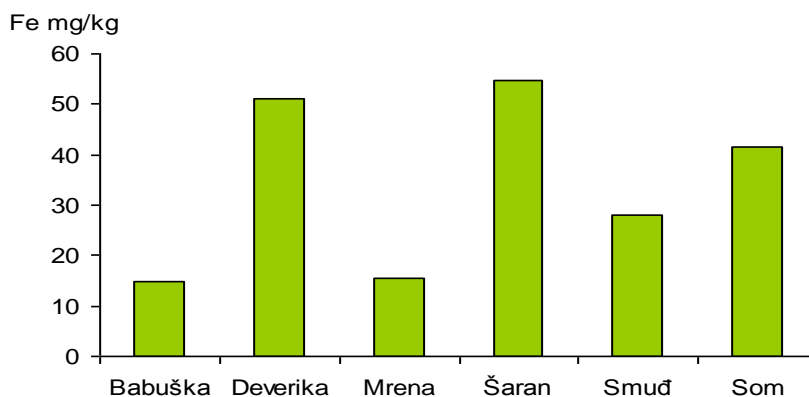
U škragama svaštojednih vrsta riba (mrena, šaran) utvrđen je veći prosečan sadržaj **bakra** ( $2,17 \pm 0,31$  mg/kg,  $1,92 \pm 0,17$  mg/kg, pojedinačno) u odnosu na sadržaj bakra u škragama biljojednih (babuška  $1,70 \pm 0,09$  mg/kg) i mesojednih (som, smuđ) vrsta riba ( $1,15 \pm 0,19$  mg/kg,  $0,833 \pm 0,062$  mg/kg, pojedinačno) (grafikon 32).



Grafikon 32. Sadržaj bakra (mg/kg) u škragama ispitivanih vrsta riba

Alhashemi i sar. (2012) uočili su sličan sadržaj bakra u škragama mesojednih vrsta (som 0,91-1,52 mg/kg), dok su u škragama svaštojednih vrsta (šaran) utvrdili veći sadržaj bakra (4,02-24,24 mg/kg).

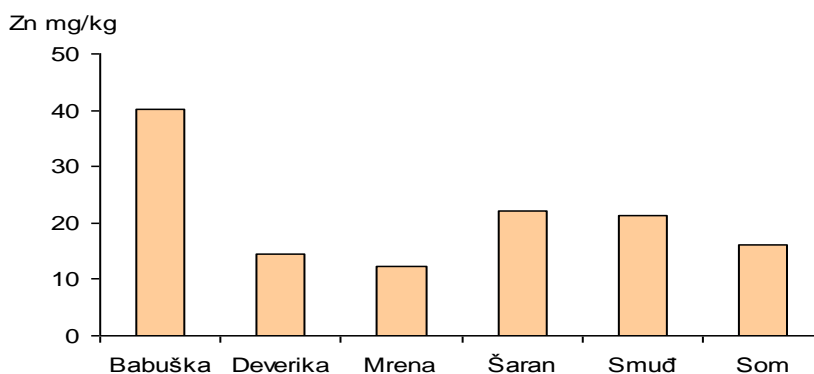
Prosečan sadržaj **gvožđa** ( $54,60 \pm 0,54$  mg/kg) bio je najveći u škragama svaštojednih vrsta (šaran) manji u škragama mesojednih vrsta (som  $41,43 \pm 1,24$  mg/kg, smuđ,  $27,93 \pm 0,63$  mg/kg), s tim da je najmanja količina gvožđa utvrđena u škragama biljojednih vrsta riba (babuška  $14,92 \pm 0,70$  mg/kg) (grafikon 33).



Grafikon 33. Sadržaj gvožđa (mg/kg) u škragama ispitivanih vrsta riba

Dobijeni rezultati se slažu sa ispitivanjima Adeyeye i sar. (1996), koji su najveći sadržaj gvožđa ( $24,67$  mg/kg) utvrdili u škragama svaštojednih (šaran), a najmanji sadržaj ( $6,43$  mg/kg) u škragama mesojednih vrsta riba (som).

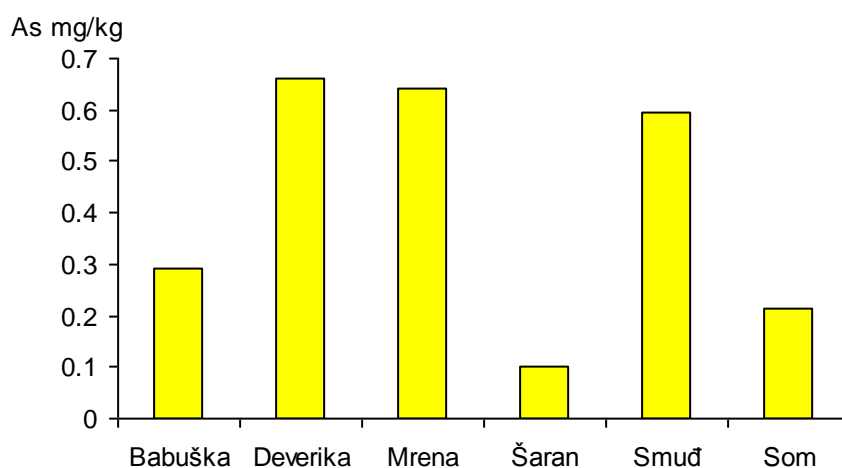
Najveći prosečan sadržaj **cinka** ( $40,23 \pm 1,02$  mg/kg), utvrđen je u škragama biljojednih vrsta riba (babuška), manji u škragama mesojednih vrsta riba (smuđ  $21,25 \pm 1,88$  mg/kg, odnosno som  $16,15 \pm 0,39$  mg/kg), dok su najmanje vrednosti cinka utvrđene u škragama svaštojednih vrsta riba (deverika  $14,43 \pm 0,44$  mg/kg, odnosno mrena  $12,33 \pm 0,37$  mg/kg) (grafikon 34).



Grafikon 34. Sadržaj cinka (mg/kg) u škragama ispitivanih vrsta riba

Dobijeni rezultati u saglasnosti su sa istraživanjima Malik i sar. (2010) koji su najveću koncentraciju cinka ustanovili u škragama biljojednih vrsta (beli amur), a najmanju u škragama svaštojednih vrsta riba (šaran). Autori dalje navode da u škragama mogu da se akumuliraju veće količine metala, odnosno da su one poznate kao depo organ za metale.

Ispitivanjem sadržaja **arsena** u škragama riba, utvrđena je najveća koncentracija u škragama svaštojednih vrsta riba (deverika  $0,662 \pm 0,031$  mg/kg, odnosno mrena  $0,643 \pm 0,029$  mg/kg), manja u škragama mesojednih (smuđ  $0,595 \pm 0,021$  mg/kg), dok je najmanja koncentracija arsena ( $0,292 \pm 0,023$  mg/kg) utvrđena u škragama biljojednih vrsta (babuška) (grafikon 35).



Grafikon 35. Sadržaj arsena (mg/kg) u škragama ispitivanih vrsta riba

Dobijeni rezultati saglasni su sa ispitivanjima Has-Schon i sar. (2008) koji su utvrdili najveći sadržaj arsena u škragama svaštojednih vrsta (šaran), manji u škragama mesojednih vrsta (zubatak), a najmanji u škragama biljojednih vrsta riba (babuška). Povećanje sadržaja teških metala i metaloida u tkivima škrगा, rezultat je trenutnih kontaminacija voda u kojima su ribe nastanjene, s obzirom na to da je povećan sadržaj teških metala i metaloida u škragama u pozitivnoj korelaciji sa njihovim prisustvom u vodama. Smanjenjem nivoa zagađenja voda, sadržaj teških metala i metaloida u tkivima škrगा se rapidno smanjuje.

## **7. ZAKLJUČCI**

Na osnovu rezultata dobijenih tokom izrade ove teze mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Najveći prosečan sadržaj olova, kadmijuma, žive, arsena i gvožđa u uzorcima ribe izlovljene na oba lokaliteta Dunava (Grocka i Zemun), utvrđen je u mišićnom tkivu šarana i deverike (svaštojedna vrsta ribe), bakra u mišićnom tkivu soma (mesojedna vrsta ribe), dok je najveći prosečan sadržaj cinka ustanovljen u mišićnom tkivu babuške (biljojedna vrsta ribe).
2. Između prosečnog sadržaja teških metala i arsena u mišićnom tkivu biljojednih vrsta riba (babuška) u Dunavu na lokaciji Zemun i Grocka utvrđena je statistički značajna razlika između svih ispitivanih elemenata (olovo, kadmijum, živa, bakar, gvožđe, cink i arsen), s tim da je na lokaciji Grocka utvrđen veći sadržaj olova, žive, bakra i arsena, odnosno, na lokaciji Zemun veći sadržaj kadmijuma, gvožđa i cinka.
3. U mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (deverika, mrena, šaran) izlovljene u Dunavu na lokaciji Grocka, sadržaj olova, kadmijuma, žive i arsena bio je statistički značajno veći od sadržaja ovih elemenata u mišićnom tkivu svaštojednih vrsta riba (deverika, mrena, šaran) izlovljene u Dunavu na lokaciji Zemun.
4. Prosečan sadržaj teških metala (olovo, kadmijum, živa i bakar) i metaloida (arsen) u mišićnom tkivu mesojednih vrsta riba (smuđ, som) u Dunavu na lokaciji Grocka bio je statistički značajno veći od prosečnog sadržaja ovih elemenata u mišićnom tkivu mesojednih vrsta riba (smuđ, som) na lokaciji Zemun, sa izuzetkom prosečnog sadržaja kadmijuma (som) gde nije uočena statistička značajnost.
5. Ispitivanjem sadržaja teških metala i arsena u mišićnom tkivu riba izlovljenih na lokalitetu sedam različitih jezera oko Beograda (Rabrovac, Markovac, Grabovac, Očaga, Veliko blato, Mokri Sebeš i Bečmen) najveći prosečan sadržaj žive i arsena utvrđen je u mišićnom tkivu šarana (svaštojedna vrsta ribe) sa lokaliteta Veliko blato. Najveća prosečna količina olova, gvožđa, kadmijuma i bakra utvrđena je u mišićnom tkivu štuke (mesojedna vrsta ribe) sa lokaliteta Rabrovac, odnosno Bečmen, dok je najveći prosečan sadržaj cinka ustanovljen u mišićnom tkivu babuške (biljojedna vrsta ribe) sa lokaliteta Očaga.

6. Najveći prosečan sadržaj olova i arsena utvrđen je u jetri mesojednih vrsta riba (som, smuđ), kadmijuma, gvožđa odnosno žive i cinka u jetri svaštojednih vrsta riba (deverika i šaran), dok je najveći sadržaj bakra utvrđen u jetri biljojednih vrsta ribe (babuška).
7. U digestivnom traktu svaštojednih vrsta riba (deverika, šaran, mrena) utvrđena je najveća količina kadmijuma, žive, bakra, cinka i arsena. Najveća količina olova i gvožđa utvrđena je u digestivnom traktu biljojednih vrsta riba (babuška).
8. Ispitivanjem sadržaja teških metala i arsena u škragama riba utvrđeno je da je najveća količina kadmijuma, bakra, gvožđa, olova, žive i arsena prisutna u škragama svaštojednih vrsta riba (šaran, mrena, deverika), dok je najveći sadržaj cinka ustanovljen u škragama biljojednih vrsta riba (babuška).
9. Ni u jednom ispitivanom uzorku, prosečan sadržaj olova, žive i arsena u mišićnom tkivu ribe izlovljene u Dunavu (lokacije Zemun i Grocka) i jezera oko grada Beograda (Rabrovac, Markovac, Grabovac, Očaga, Veliko blato, Mokri Sebeš i Bečmen) nije prelazio maksimalno dozvoljene količine propisane Pravilnikom, izuzev uzorka mesa šarana sa lokaliteta jezera Veliko blato gde je nađena nedozvoljena količina žive.
10. U svim ispitivanim uzorcima mesa ribe izlovljene u Dunavu (lokacije Zemun i Grocka) i jezera oko grada Beograda (Rabrovac, Markovac, Grabovac, Očaga, Veliko blato, Mokri Sebeš i Bečmen) utvrđena je veća količina kadmijuma od propisanih vrednosti izuzev uzoraka mesa deverike i smuđa iz Dunava (lokacija Zemun i Grocka).



## 8. LITERATURA

- 1) Abernathy O.C., Thomas D.J., Calderon L.R., 2003. Health effects and risk assessment of arsenic. *J. Nutr.*, 133, 536S–1538S.
- 2) Ackman R. G., 2000. Nutritional composition of fats in seafood. *Progress in Food and Nutrition Science*, 13, 161–241.
- 3) Adeyeye E.I., Akinyugha N.J., Fesobi M.E., Tenabe V.O., 1996. Determination of some metals in *Clarias gariepinus* (Cuvier and Vallenciennes), *Cyprinus carpio* (L.) and *Oreochromis niloticus* (L.) fishes in a polyculture fresh water pond and their environments, *Aquaculture*, 147, 205-214.
- 4) Agency for Toxic Substance and Disease Registry, 2003a. Toxicological Profile for Cadmium, U.S. Department of Health and Humans Services, Public Health Service, Centres for Diseases Control, Atlanta, GA.
- 5) Agency for Toxic Substance and Disease Registry, 2003b. Toxicological Profile for Mercury U.S. Department of Health and Humans Services, Public Health Service, Centres for Diseases Control, Atlanta, GA.
- 6) Agency for Toxic Substance and Disease Registry, 2003c. Toxicological Profile for Arsenic U.S. Department of Health and Humans Services, Public Health Service, Centres for Diseases Control, Atlanta, GA.
- 7) Agency for Toxic Substance and Disease Registry, 2005. Toxicological Profile for Lead, U.S. Department of Health and Humans Services, Public Health Service, Centres for Diseases Control, Atlanta, GA.
- 8) Agency for Toxic Substance and Disease Registry, 2008. Draft Toxicological profile for Cadmium, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA.
- 9) Aguado S., Quirós I. F., Marín R., Gago E., Gómez E., Fernández-Vega F., Alvarez G.J., 1989. Acute mercury vapour intoxication: report of six cases. *Nephrol. Dial. Transplant.*, 4, 2, 133–136.
- 10) Akan J.C., Mohmoud S., Yikala B.S., Ogugbuaja V.O., 2012. Bioaccumulation of Some Heavy Metals in Fish Samples from River Benue in Vinikilang, Adamawa State, Nigeria. *American Journal of Analytical Chemistry*, 3, 727-736.
- 11) Aladesanmi O.T., Awotoye O.O., 2014. Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish (*Clarias gariepinus*) Organs from Selected Streams in South Western

- Nigeria. 2014 2nd International Conference on Sustainable Environment and Agriculture IPCBEE, 76, 47-50.
- 12) Alasalvar C., Taylor K. D. A., Zubcom E., Shahidi F., Alexis M., 2002. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79, 145–150.
  - 13) Alidiciana T. M., Kennedy M. W., 2008. Anisakis Simplex: from Obscure Infectious Worm to Inducer of Immune Hypersensitivity. *Clinical Microbiology*, 21, 2, 360-79.
  - 14) Allen K. G. D., Harris M. A., 2001. The Role of n-3 Fatty Acids in Gestation and Parturition. *Experimental Biology and Medicine*, 226, 498–506.
  - 15) Alloway B. J., Jackson A. P., Morgan H., 1990. The accumulation of cadmium by vegetables grown on soils contaminated from a variety of sources. *Sci. Total. Environ.*, 31: 223-236.
  - 16) Andersson A., 1979. Mercury in soils. In: Nriagu Jo, ed. *The biogeochemistry of mercury in the environment*. New York, NY: Elsevier/North Holland Biomedical press, 79-112.
  - 17) Andreji J., Stránai I., Massàyi P., Valent M., 2006. Accumulation of some metals in muscles of five fish species from Lower Nitra River. *J. Environ. Sci. Health Part A* 41, 2607–2622.
  - 18) Andreji J., Stránai I., Massàyi P., Valent M., 2005. Concentration of selected metal in muscle of various fish species. *J. Environ. Sci. Health* 40, 899–912.
  - 19) Anon, 1999. Federal Agriculture Organization, [www.fao.org](http://www.fao.org).
  - 20) Anon, 2003. Nutritional aspects of fish, Bord Iascaigh Mhara/ Irish Sea Fisheries Board P.O. Box No. 12, Crofton Road, Dun Laoghaire, Co. Dublin. [www.bim.ie](http://www.bim.ie)
  - 21) Anon, 2009. FAO: <ftp://ftp.fao.org/FI/STAT/summary/default.htm>
  - 22) Arts M. T., Ackman R. G., Holub B. J., 2001. Essential fatty acids in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 1, 122–137.
  - 23) Ashdown L. R., Koehler, J. M., 1993. The spectrum of Aeromonas associated diarrhea in tropical Queensland, Australia. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 24, 347–353.
  - 24) Babić J., Milijašević M., Baltić M., Spirić A., Lilić S., Jovanović J., Đorđević M., 2009. Uticaj različitih smeša gasova na očuvanje senzorskih svojstava odrezaka šarana (*Cyprinus carpio*). *Tehnologija mesa*, 50 5-6, 328-334.

- 25) Babut M., Mathieu A., Pradelle S., Marchand P., Le Bizec B., Perceval O., 2012. Nationwide PCB congener pattern analysis in freshwater fish samples in France. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 407, Article Number: 07,
- 26) Baldassarri L. T., Abate V., Alivernini S., Battistelli C. L., Carasi S., Casella M., Iacovella N., Iamiceli A. L., Indelicato A., Scarcella C., La Rocca C., 2007. A study on PCB, PCDD/PCDF industrial contamination in a mixed urban-agricultural area significantly affecting the food chain and the human exposure. Part I: Soil and feed. *Chemosphere*, 67, 1822–1830.
- 27) Baltić Ž. M., Kilibarda N., Dimitrijević M., 2009. Činioci od značaja za održivost ribe i odabranih proizvoda od ribe u prometu. *Tehnologija mesa*, 50 1-2, 166-176.
- 28) Baltić M., Teodorović V., 1997. Higijena mesa, riba, rakova i školjki, udžbenik, Veterinarski fakultet, Beograd.
- 29) Baltić Ž. M., Tadić R., 2001. Proizvodnja i potrošnja mesa riba u svetu i kod nas, *Tehnologija mesa*, 42, 5–6, 345–357.
- 30) Baltić M. Ž., Kilibarda N., Teodorović V., Dimitrijević M., Karabasil N., Dokmanović M., 2009 a. Potencijalne biološke opasnosti od značaja za HACCP planove u procesu obrade sveže ribe, *Vet. Glasnik*, 63, 3-4, 201–213.
- 31) Baltić M., Kilibarda N., Teodorović V., Dimitrijević M., Karabasil N., 2005. Paraziti riba i zdravlje ljudi. III međunarodna konferencija «Ribarstvo», Zbornik predavanja, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 155–160.
- 32) Baltić M., 1991. Paraziti *Anisakis* spp. u ribi i njihov higijenski značaj. *Hrana i ishrana*, 32, 3, 163-165.
- 33) Barakat A. O., Khairy M., Aukaily I., 2013. Persistent organochlorine pesticide and PCB residues in surface sediments of Lake Qarun, a protected area of Egypt. *Chemosphere*, 90, 9, 2467–2476.
- 34) Barbosa A. C., Jardim W., Dòrea J. G., Fosberg B., Souza J., 2001. Air mercury speciation as a functioning of gender, age, and body mass index in habitants of the Negro River Basin, Amazon. Brazil. *Arch. Environ. Contamin. Toxicol.* 40, 439–444.
- 35) Barcelo-Coblijn G., Murphy E. J., 2009. Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: Benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels. *Progress in Lipid Research*, 48, 355–374.

- 36) Bastić Lj., Kočovski T., Antonović D., Vidarić D., 2002. The meat quality of some freshwater fish-nutritive and tehnological aspect. *Acta Veterinaria*, 52, 4, 259-266.
- 37) Beijer K., Jernelov A., 1986. Sources, transport and transformation of metals in the environment. In: Friberg L., Nordberg G.F., Vouk V.B. (Eds.). *Handbook on the Toxicology of Metals. General Aspects*, 2a Ed., Amsterdam, 68–74.
- 38) Bellinger D.C., Stiles K.M., Needelman H.L., 1992. Low-level lead exposure, intelligence and cademic achievement: a long-term follow-up study. *Pediatrics*, 90, 855–861.
- 39) Belton, B., Thilsted, S.H., 2014. Fisheries in transition: Food and nutrition security implications for the global South. *Global Food Security*, 3, 1, 59–66.
- 40) Biswas P, Lin W.Y., Wu C.Y., 1992. Formation and emission of metabolic aerosols from incinerators. *J. Aerosol. Sci.*, 23, 1, S273-S276
- 41) Bogden J.D., Gertner S.B., Christakos S., Kemp F.W., Yang Z., Katz S.R., Chu C., 1992. Dietary calcium modified concentrations of lead and other metals and renal calbindinn in rats. *J. Nutr.*, 122, 1351–1360.
- 42) Bordajandi L.R. , Gomez G., Fernandez M.A., Abad E., Rivera J., Gonzales M.J., 2003. Study on PCBs, PCDD/Fs, organochlorine pesticides heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the river Turia (Spain), *Chemosphere*, 53, 163-171.
- 43) Borga K., Fisk A.T., Hoekstra P.F., Muir D.C.G., 2004. Biological and chemical factors of importance in the bioaccumulation and trophic transfer of persistent organochlorine contaminants in arctic marine food webs. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23, 2367–2385.
- 44) Bortoli A., Dell'Andrea E., Gerotto M., Marchiori M., Palonta M., Troncon A., 1998. Soluble and particulate metals in the Adige River. *Microchemical Journal*, 59, 19–31.
- 45) Bošković M., Baltić Ž. M., Ivanović J., Đurić J., Lončina J., Dokmanović M., Marković R., 2013. Use of essential oils in order to prevent food borne illness caused by pathogens in meat, *Meat Technology*, 54, 1, 14–21.
- 46) Bošnjir J., Puntarić D., Škes I., Klarić M., Šimić S., Zorić I., Galić R., 2003. Toxic metals in Freshwater Fish from the Zagreb Area as Indicators of Environmental Pollution. *Coll. Antropol.*, 27, Suppl. 1, 31-39.

- 47) Bridges C.C., Zalups R.K., 2005. Molecular and ionic mimicry and the transport to toxic metals. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 204, 274–308.
- 48) Buchtova H., Svobodova Z., Križek M., Vacha F., Kocour M., Velišek J., 2007. Fatty acid composition in intramuscular lipids of experimental scaly crossbreds in 3-year-old common carp (*Cyprinus carpio L.*). *Acta Veterinaria Brno*, 76, S73–S81.
- 49) Bukowiecki N., Gehrig R., Hill M., Lienemann P., Zwicky C.N., Buchmann B., Weingartner E., Baltensperger U., 2007. Iron, manganese and copper emitted by cargo and passenger trains in Zurich (Switzerland): Size-segregated mass concentrations in ambient air. *Atmospheric Environment*, 41, 878–889.
- 50) Burger J., Gochfeld M., 2009. Perceptions of the risks and benefits of fish consumption: Individual choices to reduce risk and increase health benefits. *Environmental Research*, 109, 343–349.
- 51) Burger J., Gochfeld M., 2005. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environ. Res.*, 99, 403–413.
- 52) Cahu C., Salen P., Lorgeril M., 2004. Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 14, 34–41.
- 53) Calder P.C., Grimble R.F., 2002. Polyunsaturated fatty acids. inflammation and immunity. *European Journal of Clinical Nutrition*, 5, 6, S14– S19.
- 54) Carrasco L., Benejam L., Benito J., Bayona J.M., Díez S., 2011. Methylmercury levels and bioaccumulation in the aquatic food web of a highly mercury-contaminated reservoir. *Environ. Int.*, 37, 7, 1213–1218.
- 55) Casalino E., Calzaretti G., Sblano C., Landriscin C., 2002. Molecular inhibitory mechanism of antioxidant enzymes in rat liver and kidney by cadmium. *Toxicology*, 179, 37–50.
- 56) Castro-Jimenez J., Mariani G., Vives I., Skejo H., Umlauf G., Zaldivar J. M., Dueri S., Messiaen G., Laugier T., 2011. Atmospheric concentrations, occurrence and deposition of persistent organic pollutants (POPs) in a Mediterranean coastal site (Etang de Thau, France). *Environmental Pollution*, 159, 7, 1948–1956.
- 57) Chai J-Y., Murrel K. D., Lybery A. J., 2005. Fish-borne parasitic zoonoses: Status and issues. *Int. J. Parasitol.*, 35, 1233-54.

- 58) Clarkson W.T., 2002. The three modern faces of mercury. *Environ. Health Perspect.*, 110, Suppl. 1, 11–23.
- 59) Clarkson T.W., Magos L., Meyers G., 2003. The toxicology of mercury: current exposures and clinical manifestations. *N. Engl. J. Med.*, 18, 1337–1731.
- 60) Cole D.W., Cole R, Gaydos S.J., Gray J., Hyland G., Jacques M.L., Powell-Dunford N., Sawhney C., Au W.W. 2009. Aquaculture: Environmental, toxicological, and health issues. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212, 369–377.
- 61) Committee on Toxicological Effects (CTE), 2000. Methylmercury, Board on Environmental Studies and Toxicology; Commission on Life Sciences, National Research Council. *Toxicological Effects of Methylmercury*. National Academies Press, Washington, DC.
- 62) Connor W. E., 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71S, 171–175.
- 63) Costa L.G., Fattori V., Giordano G., Vitalone A., 2007. An in vitro approach to assess the toxicity of certain food contaminants methylmercury and polychlorinated biphenyls. *Toxicology*, 237, 65–76.
- 64) Ćirković M., Jovanović B., Maletin S., 2002. Ribarstvo-biologija-tehnologija-ekologija-ekonomija. Poljoprivredni fakultet, Univezitet u Novom Sadu.
- 65) Ćupić Ž., Mihaljev Ž., 2010. Uloga i značaj cinka u ishrani ljudi i životinja. *Hemijski pregled*, 51, 5, 121-124.
- 66) Davies D. J., Bennett B. G., 1985. Exposure of man to environmental copper – an exposure commitment. *Sci. Total. Environ.*, 46, 215-227.
- 67) Dean J.G., Bosqui F.L., Lanoveite K.H., 1972. Removing heavy metals from waste water. *Environ. Sci. Technol.*, 6, 518-522.
- 68) De Rosemond S., Xie Q., Liber K., 2008. Arsenic concentration and speciation in five freshwater fish species from Back Bay near Yellowknife, NT, Canada. *Environ. Monit. Assess.*, 147, 199–210.
- 69) Dewailly E., Ayotte P., Lucas M., Blanchet C., 2007. Risk and benefits from consuming salmon and trout: A Canadian perspective, *Food and Chemical Toxicology*, 45, 1343–1348.
- 70) Dimitrijević M., 2007. Ispitivanje puteva kontaminacije i preživljavanje različitih sojeva *Listeria monocytogenes* u dimljenom mesu riba. Doktorska disertacija, Fakultet veterinarske medicine, Beograd, 1-131.

- 71) Domingo J. L., 2007. Omega-3 fatty acids and the benefits of fish consumption: Is all that glitters gold? *Environment International*, 33, 993–998.
- 72) Dorn C.R., Pierce J.O., Phillips P.E., Chase G.R., 1976. Airborne Pb, Cd, Zn and Cu concentration by particle size near a Pb smelter. *Atmos. Environ.*, 10, 443-444.
- 73) Dsikowitzky L., Mengesha M., Dadebo E., Carvalho C.E.V., Sindern S., 2013. Assessment of heavy metals in water samples and tissues of edible fish species from Awassa and Koka Rift Valley Lakes, Ethiopia. *Environ. Monit. Assess.*, 185, 4, 3117-3131.
- 74) Dural M., Goksu M.Z.L., Ozak A.A., Derici B., 2006. Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of *Dicentrarchus labrax* L, 1758, *Sparus aurata* L, 1758, and *Mugil cephalus* L, 1758 from the Camlik Lagoon of the eastern coast of Mediterranean (Turkey), *Environ. Monit. Assess.*, 118, 65–74.
- 75) Đinović J., Trbović D., Vranić D., Janković S., Spirić D., Radičević T., Spirić A., 2010. Stanje ekosistema, kvalitet i bezbednost mesa šarana (*Cyprinus carpio*) iz akvakulture u toku uzgoja, *Tehnologija mesa*, 51, 124–132.
- 76) Eisler R., 1994. A review of arsenic hazards to plants and animals with emphasis on fishery and wildlife. In: Nriagu JO, ed. *Arsenic in the environment: Part II: Human health and ecosystem effects*, New York, NY: John Wiley and Sons, Inc, 185-259.
- 77) Elbaz-Poulichet F., Garnier J. M., Guan D. M., Martin J. M., Thomas A. J., 1996. The conservative behavior of trace metals (Cd, Cu, Ni and Pb) and As in the surface plume of stratified estuaries: Example of the Rhone river (France). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 42, 289–310.
- 78) Elinder C. G., 1992. Cadmium as an environmental hazard. *IARC Sci. Publ.* 1118, 123-132.
- 79) Eneji I. S., Sha'Ato R., Annune P. A., 2011. Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish (*Tilapia Zilli* and *Clarias Gariepinus*) Organs from river Benue, North-Central Nigeria. *Pak. J. Anal. Environ. Chem.*, 12, 1 – 2, 25-31.
- 80) Environmental Protection Agency, 1979. Water-related environmental fate of 129 priority pollutants: Vol. I. Introduction and technical background, metals and inorganics, pesticides and PCBs. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Planning and standard. EPA4400479029a.

- 81) Environmental Protection Agency, 1980. Exposure and risk assessment for zinc. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of water Regulations and Standards (WH-553). EPA 440481016. PB85212009.
- 82) Environmental Protection Agency, 1981. Health assessment document for cadmium. Research triangle Park, NC: Environmental Protection Agency, Environmental Protection and Assessment Office. EPA-600/8-81-023.
- 83) Environmental Protection Agency, 1982. U.S. Environmental Protection Agency. Code of Federal Regulations. 40 CFR 60; Subpart KK.
- 84) Environmental Protection Agency, 1985a. Cadmium contamination of the environment: An assessment of nationwide risk. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water Regulations and Standards. EPA-440/4-85-023.
- 85) Environmental Protection Agency, 1985b. U.S. Environmental Protection Agency. National Emission standards for hazardous air pollutants: Applicability. Code of Federal Regulations. 40 CFR 61-01.
- 86) Environmental Protection Agency, 1986. Air quality criteria for lead. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office. EPA600883028F.
- 87) Environmental Protection Agency, 1987a. Assessment of copper as a potentially toxic air pollutant. U.S. Environmental Protection Agency. Fed Regist. 52, 35, 5496-5499.
- 88) Environmental Protection Agency, 1987b. Ambient water quality criteria for zinc-1987. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards. EPA440587003. PB87153581.
- 89) Environmental Protection Agency, 1996. Mercury study report to Congress Volume IV. Health effects of mercury and mercury compounds. U.S. Environmental Protection Agency. Epa452/R -96-001d.
- 93) Environmental Protection Agency, 1999. Integrated Risk Information Systems (IRIS) on Arsenic. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC.
- 94) Eqani S.A., Malik R.N., Cincinelli A., Zhang G., Mohammad A., Qadir A., Rashid A., Bokhari H., Jones K.C., Katsoyiannis A., 2013. Uptake of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) by river



- water fish: The case of River Chenab. *Science of the Total Environment*, 450–451, 83–91.
- 95) Erdoğan Ö., Erbilir F., 2007. Heavy metal and trace elements in various fish samples from Sir Dam Lake, Kahramanmaraş, Turkey, *Environ. Monit. Assess.*, 130, 373–379.
- 96) Ersoy B., Çelik M., 2010. The essential and toxic elements in tissues of six commercial demersal fish from eastern Mediterranean Sea. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 5, 1377–1382.
- 97) European Food Safety Authority, 2009. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *The EFSA Journal*, 980, 1–139.
- 98) European Food Safety Authority, 2009 a. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific opinion on arsenic in food. *EFSA J*, 7, 10, 1351.
- 99) Expert Group., 1971. Methyl mercury in fish: a toxicologic-epidemiologic evaluation of risks. *Nordisk Nygienisk Tidsk. Suppl.* 4, 1–364.
- 100) Falcó G., Llobet J.M., Bocio A., Domingo J.L., 2006. Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consumption of edible marine species. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 6106–6112.
- 101) Figueiredo-Pereira M., Yakushin S., Cohen G., 1998: Disruption of the intracellular sulfhydryl homeostasis by cadmium-induced oxidative stress leads to protein thiolation and ubiquitination in neuronal cells . *J. Biol. Chem.*, 273, 21, 12703-12709.
- 102) Finlay B. B. , 2001. Cracking *Listeria's* password, *Science*, 292, 1665-1667.
- 103) Fisk A.T., Hobson K.A., Norstrom R.J., 2001. Influence of chemical and biological factors on trophic transfer of persistent organic pollutants in the northwater polynya marine food web. *Environmental Science and Technology*, 35, 732–738.
- 104) Food and Agriculture Organization, 2008. State of world aquaculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- 105) Food and Agriculture Organization/World Health Organization, 2014. Joint FAO/WHO food standards programme codex committee on contaminants in foods. Eighth Session The Hague, The Netherlands, 31 March – 4 April 2014.
- 106) Fuhrer G. J., 1986. Extractable cadmium, mercury, copper, lead and zinc in the lower Columbia river estuary, Oregon and Washington. U.S. Geological Survey

- Water Resources Investigations Report 86 (4088). Portland, Oregon: U.S. Department of Interior.
- 107) Galal – Gorchev H., 1993. Dietary intake, levels in food and estimated intake of lead, cadmium and mercury. *Food Additives and Contaminants*, 10, 1, 115-128.
- 108) Gallart-Jornet L., Barat J.M., Rustad T., Erikson U., Escriche I., Fito P., 2007. Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. *Journal of Food Engineering*, 80, 267–277.
- 109) Gewurtz S.B., Bhavsar S.P., Fletcher R., 2011. Influence of fish size and sex on mercury/PCB concentration: importance for fish consumption advisories. *Environ. Int.*, 37, 2, 425–434.
- 110) Givens D.I., Kliem K.E., Gibbs R.A., 2006. The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Science*, 74, 209–218.
- 111) Gochfeld M., 2003. Cases of mercury exposure bioavailability and absorption. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 56, 174–179.
- 112) Goyer A.R., 1997. Toxic metals and essential metal interactions. *Annu. Rev. Nutr.*, 17, 37–50.
- 113) Goyer R.A., 1995. Nutrition and metal toxicity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61, 646-650.
- 114) Goyer R.A., 1993. Lead toxicity: current concerns. *Environ. Health Perspect.*, 100,177–187.
- 115) Goyer R.A., Clarksom W.T., 2001. Toxic effects of metals. In: Klaassen, C.D. (Ed.), Casarett and Doull's Toxicology. The basic Science of Poisons. McGraw-Hill, NewYork, 811–867.
- 116) Grosheva E.I., Voronskaya G.N., Pastukhove M.V., 2000. Trace element bioavailability in Lake Baikal. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3, 229–234.
- 117) Guallar E., Sanz-Gallardo M.I., Van't Veer P., Bode P., Aro A., Gomez-Aracena J., Kark J.D., Riemersma A.R., Martín-Moreno J.M., Frans J.K., 2002. Mercury, fish oil, and the risk of myocardial infarction. *N. Engl. J. Med.*, 347, 1747–1754.
- 118) Guo X.Y., Zhong J.Y., Song Y., Tian Q.H., 2010. Substance flow analysis of zinc in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 171–177.
- 119) Guyton A.C, Hall J.E., 2006. Textbook of medical physiology. 11th ed. Philadelphia: Elsevier Inc.

- 120) Gwaltney-Brant S.M., 2002. Heavy metals. In: Haschek, W.M., Rosseaux, C.G., Wallig, A.M. (Eds.), *Handbook of Toxicologic Pathology*. Academic Press, New York, 701–732.
- 121) Haard N.F., 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Res. Int.*, 25, 289–307.
- 122) Harrison F.L., Bishop D.J., 1984. A review of the impact of copper released into freshwater environments. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Livermore, CA: Lawrence Livermore National Laboratory. NUREG/CR-3478.
- 123) Hartwig A., Asmuss M., Eleven I., Herzer U., Kostelac D., Pelzer A., Scwerdtle T., Bürkle, A., 2002. Interference by toxic metal ions with DNA repair processes and cell cycle control: molecular mechanisms. *Environ. Health Perspect.* 110, Suppl. 5, 797–799.
- 124) Has-Schön E., Bogut I., Vukovic R., Galovic D., Bogut A., Horvatic J., 2015. Distribution and age-related bioaccumulation of lead (Pb), mercury (Hg), cadmium (Cd), and arsenic (As) in tissues of common carp (*Cyprinus carpio*) and European catfish (*Sylurus glanis*) from the Buško blato reservoir (Bosnia and Herzegovina). *Chemosphere*, 135, 289–296.
- 125) Has-Schön E., Bogut, I., Strelec I., 2006. Heavy metal profile in five fish species included in human diet, domiciled in the end flow of River Neretva (Croatia). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 50, 545–551.
- 126) Has-Schön E., Bogut I., Rajković V., Bogut S., Čačić M., Horvatić J., 2008. Heavy Metal Distribution in Tissues of Six Fish Species Included in Human Diet, Inhabiting Freshwaters of the Nature Park “Hutovo Blato” (Bosnia and Herzegovina) *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 54, 75–83.
- 127) Himeno S., Watanabe C., Suzuki T., 1986. Urinary biochemical changes in workers exposed to mercury vapor. *Ind Health*, 24, 3, 151–155.
- 128) Hofvander Y., 1968. Hematological investigations in Ethiopia with special reference to a high iron intake, *Acta Med. Scand.*, Suppl., 494, 1-74.
- 129) Hong S.T., Miliotis M.D., Bier J.W., 2003. *Clonorchis sinensis*. *International Handbook of Foodborne Pathogens*. New York: Marcel Dekker, 581-592.
- 130) Hunter B.J., Roberts D.C.K., 2000. Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. *Nutrition Research*, 20, 7, 1047–1058.
- 131) Huss H.H., 1988. Fresh fish quality and quality changes. *FAO Fisheries Series*, No.29.

- 132) International Agency for Research on Cancer, 1987. Overall evaluations of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs. Volumes 1–42. Lyon, International Agency for Research on Cancer, (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Supp. 7), 100–106.
- 133) International Agency for Research on Cancer., 1993. Cadmium and certain cadmium compounds. In: IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of the chemicals to humans. Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry. IARC monographs, Vol. 58. Lyon, France: World Health Organization. International Agency for Research on Cancer, 39-141.
- 134) International Programme on Chemical Safety., 2001. Arsenic and arsenic compounds. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 224).
- 135) Jackson T.A., 1997. Long-range atmospheric transport of mercury to ecosystems, and the importance of anthropogenic emissions—a critical review and evaluation of the published evidence. *Environ. Rev.* 5, 99–120.
- 136) Jaeger I., Hop H., Gabrielsen G.W., 2009. Biomagnification of mercury in selected species from an Arctic marine food web in Svalbard. *Sci. Total Environ.*, 407, 16, 4744–4751.
- 137) Jafari S.M., Sobhanardakan S., 2014. Determination of Heavy Metal (Cu, Pb and Zn) Concentrations in Muscle Tissue of *Hypophthalmichthys molitrix*, *Cyprinus carpio* and *Ctenopharyngodon idella* Caught from Zarivar Wetland, western Iran. *Current World Environment.*, 9, 3, 923-931
- 138) Janda J.M., Abbott S.L., 1998. Evolving concepts regarding the genus *Aeromonas*: an expanding panorama of species, disease presentations and unanswered questions. *Clinical Infectious Diseases*, 27, 332–344.
- 139) Jankong P., Visoottiviseth P., Khokiattiwong S., 2007. Enhanced phytoremediation of arsenic contaminated land. *Chemosphere*, 68, 1906–1912.
- 140) Janković S., Antonijević B., Čurčić M., Radičević T., Stefanović S., Nikolić D., Čupić V., 2012. Assessment of mercury intake associated with fish consumption in Serbia. *Tehnologija mesa*, 53, 1, 56–61.
- 141) Janković S., Radicevic T., Spiric A., Nedeljkovic M., 2002. Contamination of Freshwater Fish from Rivers Sava and Danube with Polychlorinated Biphenyls, ENRY 2001, September, 27-30 (2001), published in the Monograph

- „Environmental Recovery of Yugoslavia”, ed. D. Antic, Inst. of Nucl. Sci. – Vinca, Belgrade, Yugoslavia (2002).
- 142) Janković S., Nikolić D., Stefanović S., Radičević T., Spirić D., Petrović Z., 2013. Procena unosa kadmijuma hranom u Srbiji. Tehnologija mesa, 54, 2, 123–129.
- 143) Jankovska I., Miholova D., Lukešova D., Kalous L., Valek P., Romočusky S., Vadlejch J., Petrtyl M., Langrova I., Čadkova Z., 2012. Concentrations of Zn, Mn, Cu and Cd in different tissues of perch (*Perca fluviatilis*) and in perch intestinal parasite (*Acanthocephalus lucii*) from the stream near Prague (Czech Republic). Environmental Research, 112, 83–85.
- 144) Jaredić M., Vučetić J., 1997. Mikroelementi u biološkom materijalu. D. P. Studentski trg, Beograd.
- 145) Jarić, I., Višnjić-Jeftić, Ž., Cvijanović, G., Gačić, Z., Jovanović Lj., Skorić, S., Lenhardt, M., 2011. Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (*Acipenser ruthenus*) from the Danube River in Serbia by ICP-OES. Microchemical Journal, 98, 77–81.
- 146) Jarup L., 2003. Hazards of heavy metal contamination. Brit. Med. Bull. 68, 167–182.
- 147) Jenkinson D. M., Harbert A. J., 2008. Supplements and sports. Am. Fam. Physician, 78, 1039-46.
- 148) Jepson P.D., Bennett P.M., Deaville R., Allchin C.R., Baker J.R., Law R.J., 2005. Relationships between polychlorinated biphenyls and health status in harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) stranded in the United Kingdom., Environmental Toxicology and Chemistry, 24, 238–248.
- 149) Ježek F., Buchtová H., 2007. Physical and Chemical Changes in Fresh Chilled Muscle Tissue of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Packed in a Modified Atmosphere. Acta Veterinaria Brno, 76, 83–92.
- 150) Johnels A.G., Westermark T., 1969. Mercury contamination of the environment in Sweden. In: Miller MW, Berg GG, editors. Chemical fallout. Springfield, IL: Charles C. Thomas, 221–244.
- 151) Jovanović B., Ljubisavljević D., Rajaković Lj., 2011. Uklanjanje arsena iz vode adsorpcijom na nekonvencionalnim materijalima, Vodoprivreda, 43, 252-254, 127-150.

- 152) Jović M., 2013. Ispitivanje mogućnosti primene nekih morskih organizama kao bioindikatora zagađenja teškim metalima vode zaliva Boka Kotorska. Doktorska disertacija.
- 153) Josupeit H., Lem A., 2000. Aquaculture products: quality, safety, marketing and trade. International Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific, NACA/FAO Book of Synopses, 173–175, 20–25 February, Bangkok, Thailand.
- 154) Kadar I., Koncz J., Fekete S., 2000. Experimental study of Cd, Hg, Mo, Pb and Se movement in soil-plant-animal systems. In: Krmiva, International Conference Proceedings, Opatija, Croatia, 72–76.
- 155) Kakkar P., Jaffery N.F., 2005. Biological markers for metal toxicity. ETAP 19, 335–349.
- 156) Kang X.J., Leaf A., 2000. Prevention of fatal cardiac arrhythmias by polyunsaturated fatty acids. American Journal of Clinical Nutrition, 71, 202S–207S.
- 157) Karabasil N., Ašanin R., Baltić M., Teodorović V., Dimitrijević M., 2002. Isolation of motile *Aeromonas* spp. from fish and their cytotoxic effects on vero cells cultures. Acta Vet., 52,1, 3-10.
- 158) Karabasil N., Dimitrijević M., Teodorović V., Kilibarda N., 2005. Najčešće bakterijske kontaminacije mesa riba. III međunarodna konferencija "Ribarstvo", Zbornik predavanja, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 161-166.
- 159) Karabasil N., Baltić Ž.M., Teodorović V., Aleksić J., 1999. Prevalenca i identifikacija pokretnih *Aeromonas* vrsta u plodovima voda. Tehnologija mesa, 40, 6, 294–306.
- 160) Karadede H., Oymakb S.A., Ünlü E., 2004. Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey Environment International, 30, 183– 188.
- 161) Kastori R., 1997. Teški metali u životnoj sredini. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.
- 162) Keiichi M, Tyler J.C., Paxtron J.R., Eschmeyer W.N., 1998. ed. Encyclopedia of Fishes. San Diego: Academic Press, 230-231.
- 163) Kilibarda N., 2006, Uticaj zamrzavanja na odabrane parametra dimljene pastrmke, Magistraska teza, Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu, 1–115.

- 164) Kilibarda N., Baltić Ž.M., Teodorović V., Karabasil N., Dimitrijević M., 2008. Tama i sjaj ribarstva kao izvora hrane na početku 21. veka. 20. Savetovanje veterinara Srbije, Zbornik radova i kratkih sadržaja, Zlatibor, 34-50.
- 165) Klaasen C. D., Amdur M., Doull J., 1986. Toxicology third edition, New York.
- 166) Kminkova M., Winterová R., Kučera J., 2001. Fatty acids in lipids of carp (*Cyprinus carpio*) tissues. Czech Journal of Food Sciences, 19, 177–181.
- 167) König A., Bouzan C., Cohen J. T., Connor W. E., Kris-Etherton P. M., Gray, G. M., Lawrence R. S., Savitz D. A., Teutsch S. M., 2005. A Quantitative Analysis of Fish Consumption and Coronary Heart Disease Mortality. American Journal of Preventive Medicine, 29, 4, 335–346.
- 168) Kraus T, Quidenus G, Schaller KH., 2000. Normal values for arsenic and selenium concentrations in human lung tissue. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 38, 384-389.
- 169) Kris-Etherton P. M., Harris W. S., Appel L. J., 2002. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. Circulation, 106, 2747–2757.
- 170) Kris-Etherton P. M., Hill A. M., 2008. n-3 fatty Acids: Food or Supplements? Journal of the American Dietetic Association, 108, 7, 1125-1130.
- 171) Kumar R., Agarwal A.K., Seth P.K., 1996. Oxidative stress-mediated neurotoxicity of cadmium. Toxicol. Lett. 89, 65–69.
- 172) Lekić-Arandelović I., Kilibarda N., Dimitrijević M., Karabasil N., 2008. Potrošnja ribe u svetu, Evropskoj uniji i Srbiji, Zbornik radova i kratkih sadržaja, 20. Savetovanje veterinara Srbije, Zlatibor, 94–97.
- 173) Leonard B.J., 1978. Archives of toxicology. Springer-verlag, Berlin, 1-358.
- 174) Liao H.J., Chen Y.H., Jeng S.S., 2006. Association of zinc with connective tissue in digestive tract of common carp. Fish. Sci., 72, 893-902.
- 175) Linder M.C., Hazegh-Azam M., 1996. Copper biochemistry and molecular biology. American Journal of Clinical Nutrition, 63, 797-811.
- 176) Loganathan B.G., Kannan K., 1994. Global organochlorine contamination trends: An overview. Ambio, 23, 187–191.
- 177) Lopman B.A., Vennema H., Kohli E., Pothier P., Sanches A., Negredo A., 2004. Increase in viral gastroenteritis outbreaks in Europe and epidemic spread of new norovirus variant. Lancet, 363, 682-8.
- 178) Loranger S., Tetrault M., Kennedy G., 1996. Mangan and other trace elements in urban snow near an expressway. Environ. Pollut., 92, 203-211.

- 179) Luczynska J., Ewa Brucka-Jastrzebska E.B., 2006. Determination of heavy metals in the muscles of some fish species from lakes of the north-eastern Poland. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 15/56, 2, 141–146.
- 180) Lukaski H.C., 2000. Magnesium, zinc, and chromium nutriture and physical activity. *Am. J. Clin. Nutr.*, 72, suppl, 585S–593S.
- 181) Lunn J., Theobald H.E., 2006. The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 31, 178–224.
- 182) Luzia A.L., Sampaio G.R., Castellucci C.M.N., Torres E.A.F.S., 2003. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. *Food Chemistry*, 83, 93–97.
- 183) Mahaffey K.R., Corneliussen P.E., Jelinek C.F., i sar., 1975. Heavy metal exposure from foods. *Environ. Health Perspect.*, 12, 63-69.
- 184) Mairesse G., Thomas M., Gardeur J.N., Brun-Bellut J., 2005. Appearance and technological characteristics in wild and reared Eurasian perch, *Perca fluviatilis* (L.). *Aquaculture*, 246, 295–311.
- 185) Malik, N., Biswas A.K., Qureshi T.A., Borana, K., Virha, R., 2010. Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal *Environ. Monit. Assess.*, 160, 267–276.
- 186) Marković D., Đarmati Š., Gržetić I., Veselinović D., 1996. Fizičko hemijski odnosi zaštite životne sredine Knjiga II, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 210-225.
- 187) Marković Z., Poleksić V., Živić I., Stanković M., Ćuk D., Spasić M., Dulić Z., Rašković B., Ćirić M., Bošković D., Vukojević D., 2009. Stanje ribarstva u Srbiji. IV međunarodna konferencija „Ribarstvo“, 27–29. maj, Beograd.
- 188) Mason P., 2000. Fish oils- an update. *The Pharmaceutical Journal*, 265, 720–724.
- 189) Matasin Ž., Ivanusic N., Orescanin V., Nejedli S., Gajger I.T., 2011. Heavy Metal Concentrations in Predator Fish. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10, 9, 1214-1218.
- 190) Mathew S., Amnu K., Nair P. G. V., Devadasan K., 1999. Cholesterol content of Indian fish and shellfish. *Food Chemistry*, 66, 455–461.
- 191) Mathieson, P.W., 1995. Mercury: god of TH2 cells. *Clin. Exp. Immunol*, 102, 229–230.



- 192) Matijašević D., Branokv J., Milanović A., 2010. Water quality in the Hydro-system Danube-Tisza-Danube. Conference Proceedings. BALWOIS 2010Conference, May 25-29, Ohrid, Macedonia, 1-7.
- 193) Maughan R. J., 1999. Role of micronutrients in sport and physical activity. *British Medical Bulletin*, 55, 683-90.
- 194) Mayneris-Perxachs J., Bondia-Pons I., Serra-Majem L., Castellote A. I., 2010. Long-chain n-3 fatty acids and classical cardiovascular disease risk factors among the Catalan population. *Food Chemistry*, 119, 54–61.
- 195) Mazet A., Keck G., Berny P., 2005. Concentrations of PCBs, organochlorine pesticides and heavy metals (lead, cadmium, and copper) in fish from the Drome river: Potential effects on otters (*Lutra lutra*). *Chemosphere*, 61, 810–816.
- 196) McDonald M.E., 1985. Acid deposition and drinking water. *Environ. Sci. Tehnol.* 19, 772-776.
- 197) Meili M., 1991. The coupling of mercury and organic matter in the biogeochemical cycle-towards a mechanistic model for the boreal forest zone. *Water Air Soil Pollut.*, 56, 333-347.
- 198) Mendez-Armenta M., Ríos C., 2007. Cadmium neurotoxicity. *ETAP* 23, 350–358.
- 199) Mendil D., Ünal Ö.F., Tüzen M., Soylak M., 2010. Determination of trace metals in different fish species and sediments from the River Yesilirmak in Tokat, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 1383–1392.
- 200) Meng J., Wang T., Wang P., Giesy, J.P., Lu Y.L., 2013. Perfluorinated compounds and organochlorine pesticides in soils around Huaihe River: a heavily contaminated watershed in Central China. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 6, 3965–3974.
- 201) Menoyo D., Lopez-Bote C. J., Diez A., Obach A., Bautista J. M., 2007. Impact of n-3 fatty acid chain length and n-3/n-6 ratio in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets. *Aquaculture*, 267, 248–259.
- 202) Merritt K.A., Amirbahman A., 2009. Mercury methylation dynamics in estuarine and coastal marine environments a critical review. *Earth Science Review*, 96, 1–2, 54–66.
- 203) Mikov M., 1985. *Medicina rada, Naučna knjiga, Beograd*, 163-191.

- 204) Milijašević M., Babić J., Baltić Ž.M., Dorđević V., Spirić D., Janković S., Spirić A., 2012. Parametri higijenske ispravnosti četiri vrste riba koje su najzastupljenije na tržištu Srbije. *Tehnologija mesa*, 53, 2, 127–133.
- 205) Milijašević M., Babić J., Spirić A., Jovanović J., Lakićević B., Borović B., Baltić M.Ž., 2011. Praćenje promena ukupnog broja mezofilnih bakterija i torimetrijske vrednosti u uzorcima sveže pastrmke upakovane u modifikovanu atmosferu i vacuum. *Vet. Glasnik*, 65, 5-6, 375 – 384.
- 206) Minh N.H., Minh T.B., Kajiwara N., Kunisue T., Iwata H., Viet P.H., 2006. Contamination by polybrominated diphenyl ethers and persistent organochlorine in catfish and feed from Mekong River Delta, Vietnam. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25, 2700–2708.
- 207) Mirilović M., Karabasil N., Teodrović V., Baltić M. Ž., Dimitrijević M., 2008. Raspored svetske proizvodnje i ulova ribe od 2000. do 2005. godine po obimu. Zbornik radova i kratkih sadržaja, 20. savetovanje veterinara Srbije, Zlatibor, 98–100.
- 208) Mitrović-Tutundžić V., Baltić, M.Ž., 2000. Stanje slatkovodnog ribarstva u svetu i kod nas i trendovi razvoja. *Savremeno ribarstvo Jugoslavije (Monografija)*, IV Jugoslovenski simpozijum «Ribarstvo Jugoslavije», 1–9.
- 209) Morgan J.J., Stumm W., 1991. Chemical Processes in the Environment, Relevance of Chemical Speciation, in E. Merien (ed.), *Metals and Their Compounds in the Environment*. Germany: VCH Publishers, 67–103.
- 210) Moreno J.J., Mitjavila M.T., 2003. The degree of unsaturation of dietary fatty acids and the development of atherosclerosis (review). *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14, 182–195.
- 211) Mori N., Yasutake A., Hirayama K., 2007. Comparative study of activities in reactive oxygen species production/defense system in mitochondria of rat brain and liver, and their susceptibility to methylmercury toxicity. *Arch. Toxicol.*, 81, 769–776.
- 212) Morris M.C., 2007. Fish, n-3 Fatty Acids and Dementia. Section II-E – Health Benefits of Fish, *Proceedings of the National Forum on Contaminants in Fish*. Environmental Protection Agency.
- 213) Morris M.C., Evans D.A., Tangney C.C., Bienias J.L., Wilson R.S., 2005. Fish consumption and cognitive decline with age in a large community study. *Arch. Neurol.*, 62, 1849–1853.

- 214) Mozaffarian D., Ascherio A., Hu F.B., Stampfer M.J., Willett W.C., Siscovick D.S., Rimm E.B., 2005. Interplay between different polyunsaturated fatty acids and risk of coronary heart disease in men. *Circulation*, 111, 157–164.
- 215) Muller R., 2002. *Worms and Human Disease*. Second edition. Wallingford: CABI Publishing.
- 216) Mumtaz M., 2002. *Geochemical studies of heavy metals in the sea water along Karachi Makran coast*, PhD thesis, University of Karachi Pakistan.
- 217) Muntau H., Baudo R., 1992. Sources of cadmium, its distribution and turnover in the freshwater environment. *IARC Sci. publ.*, 118, 133-148.
- 218) Najafian L., Babji A.S., 2012. A review of fish-derived antioxidant and antimicrobial peptides: their production, assessment, and applications. *Peptides*, 33, 1, 178–185.
- 219) Naso B., Perrone D., Ferrante M.C., Bilancione M., Lucisano A., 2005. Persistent organic pollutants in edible marine species from the Gulf of Naples, Southern Italy. *Science of the Total Environment*, 343, 83–95.
- 220) Nettleton J. A., Katz R., 2005. n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in type 2 diabetes: a review. *Journal of the American Dietetic Association*, 105, 428–440.
- 221) Nie Z., Liu G., Liu W., Zhang B., Zheng M., 2012. Characterization and quantification of unintentional POP emissions from primary and secondary copper metallurgical processes in China, *Atmospheric Environment*, 57, 109–115.
- 222) Nriagu J.O., Pacyna J.M., 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, 333, 134-139.
- 223) Nriagu J.O., 1989. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, 338, 47-49.
- 224) Oliveira D.B., Foster G., Savill J., Syme P.D., Taylor A., 1987. Membranous nephropathy caused by mercury-containing skin lightening cream. *Postgrad. Med. J.*, 63, 738, 303–304.
- 225) Olivares M., Uauy R., 1996. Limits of metabolic tolerance to copper and biological basis for present recommendations. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63, 846-852.
- 226) Olsson I.M., Bensryd I., Lundh T., Ottosson H., Skerfving S., Oskarsson A., 2002. Cadmium in blood and urine impact of sex, age, dietary intake, iron status,

- and former smoking-association of renal effects. *Environmental Health Perspectives*, 110, 1185–1190.
- 227) Onianwa P.C., Adeyemo A.O., Idowu O.E., Ogabiela E.E., 2001. Copper and zinc contents of Nigerian foods and estimates of the adult dietary intakes. *Food Chemistry*, 72, 89-95.
- 228) Opaluwa O.D., Aremu M.O., Ogbo L.O., Magaji J.I., Odiba I.E., Ekpo E.R., 2012. Assessment of Heavy Metals in Water, Fish and Sediments from UKE Stream, Nasarawa State, Nigeria. *Curr. World Environ.*, 7, 2, 213-220.
- 229) Orlandi P.A., Bier J. W., Jackson G.J., 2002. Parasites and the food supply, *Food technology*, 56, 4, 72-81.
- 230) Öztürk M., Özözen G., Minareci O., Minareci I., 2009. Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam lake in Turkey. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 6, 2, 73-80.
- 231) Özparlak H., Arslan G., Arslan E., 2012. Determination of Some Metal Levels in Muscle Tissue of Nine Fish Species from Beyşehir Lake, Turkey. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 12, 761-770
- 232) Qiao-qiao C., Guang-wei Z., Langdon A., 2007. Bioaccumulation of heavy metals in fishes from Taihu Lake, China. *Journal of Environmental Sciences*, 19, 1500–1504.
- 233) Qin D., Jiang H., Bai S., Tang S., Mou Z., 2015. Determination of 28 trace elements in three farmed cyprinid fish species from Northeast China. *Food Control*, 50, 1-8.
- 234) Pacyna J.M., 1987. Atmospheric emissions of arsenic, cadmium, lead and mercury from high temperature processes in power generation and industry. In: Hutchinson TC, Meema KM, eds. *Lead, mercury, cadmium and arsenic in the environment*. New York: John Wiley and Sons Ltd., 69-87.
- 235) Pacyna J.M., Scholtz M.T, Li Y-F., 1995. Global budget of trace metal sources. *Environ. Rev.*, 3, 2, 145-159.
- 236) Pacyna J.M., Bartonova A., Cornille P., 1989. Modelling of long-range transport of trace elements: A case study. *Atmos. Environ.*, 23, 107-114.
- 237) Panin J., 1993. Izučavanje prisustva i higijenskog značaja *Aeromonas hydrophile* u nekim ogranima, mesu i proizvodima od mesa. Doktorska disertacija, Fakultet veterinarske medicine Beograd.

- 238) Pantelica A., Ene A., Georgescu I.I., 2012. Instrumental neutron activation analysis of some fish species from Danube River in Romania. *Microchemical Journal*, 103, 142–147.
- 239) Papanikolaou C.N., Hatzidaki G.E., Belivanis S., Tzanakakis G.N., Tsatsakis, M.A., 2005. Lead toxicity update. A brief review. *Med. Sci. Monit.*, 11, RA329–336.
- 240) Parizanganeh A., Hajisoltani P., Zamani A., 2010. Assessment of heavy metal pollution in surficial soils surrounding Zinc Industrial Complex in Zanjan-Iran. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 162–166.
- 241) Pavličević N., Baltić Ž. Milan, Dimitrijević M., Karabasil N., Đorđević V., Marković R., Grbić S., 2014. Polinezasićene masne kiseline u mesu ribe i njihov značaj za zdravlje ljudi. *Tehnologija mesa*, 55, 1, 1–7.
- 242) Pearn J. H., 1997. Chronic Fatigue Syndrome: chronic ciguatera poisoning as a differential diagnosis. *Med. J. Australia*, 166-916.
- 243) Perwak J., Bysshe S., Goyer M., 1980. An exposure and risk assessment for copper. Washington, DC: EPA. EPA -440/4-81-015.
- 244) Petrović Z., Janković S., 2008. Fazanska divljač kao bioindikator prisustva kadmijuma u životnoj sredini. *Tehnologija mesa* 49, 1–2, 36–40.
- 245) Piironen V., Toivo J., Lampi A. M., 2002. New data for cholesterol contents in meat, fish, milk, eggs and their products consumed in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 705–713.
- 246) Pinto B., Garritano S.L., Cristofani R., Ortaggi G., Giuliano A., Amodio-Cocchierri R., Cirillo R., DeGiusti M., Boccia A., Reali D., 2008. Monitoring of polychlorinated biphenyl contamination and estrogenic activity in water, commercial feed and farmed seafood. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144, 445–453.
- 247) Pirrone N., Keeler G. J., Nriagu J. O., 1996. Historical trends of airborne trace metals in Detroit from 1971-1992. *Water Air Soil Pollut.*, 88, 146-165.
- 248) Ploetz D.M., Fitts B.E., Rice T.M., 2007. Differential accumulation of heavymetals in muscle and liver of a marine fish, (King Mackerel, *Scomberomorus cavalla* Cuvier) from the Northern Gulf of Mexico, USA, B. *Environ. Contam. Tox.*, 78, 124–127.
- 249) Poleksić V., Lenhardt M., Jarić I., Djordjević D., Gacić Z., Cvijanović G., Rasković B., 2010. Liver, gills and skin histopathology and heavy metal content

- of the Danube starlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758), *Environ. Toxicol. Chem.*, 29, 3, 515-521.
- 250) Prasad S.A., Miale A.J., Farid Z., Sandstead H.H., Schulert A.R., 1963: Zinc metabolism in patients with the syndrome of iron deficiency anemia, hepatosplenomegaly, dwarfism and hypogonadism. *J. Labor. Clin. Med.*, 61 537-549.
- 251) Provenzano M. R., El Bilali H., Simeone V., Baser N., Mondelli D., Cesari G., 2010. Copper contents in grapes and wines from a Mediterranean organic vineyard. *Food Chemistry*, 72, 89-95.
- 252) Rabinowitz M., Needleman H.L., 1983. Petrol lead sales and umbilical cord blood lead levels in Boston Massachusetts. *Lancet*, 1, 63, 8314-8315.
- 253) Radisavljević K., Tešić M., Mirilović M., Teodorović V., Baltić M. Ž., 2008. Međunarodni promet ribe i plodova voda na početku 21. veka. Zbornik radova i kratkih sadržaja, 20. savetovanje veterinara Srbije, Zlatibor, 100–102.
- 254) Ragaini R.C., Ralston H.R., Roberts N., 1977. Environmental trace metal contamination in Kellogg, Idaho, near a lead smelting complex. *Environ. Sci. Technol.*, 11, 773-781.
- 255) Rashed M.N., 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake, *Environ. Int.*, 27, 27–33.
- 256) Riediger N. D., Othman R. A., Suh M., Moghadasian M. H., 2009. A Systemic Review of the Roles of n-3 Fatty Acids in Health and Disease. *Journal of the American Dietetic Association*, 109, 668–679.
- 257) Roche H., Buet A., Jonot O., Ramade F., 2000. Organochlorine residues in European eel (*Anguilla anguilla*), crucian carp (*Carassius carassius*) and catfish (*Ictalurus nebulosus*) from Vaccarès lagoon (French National Nature Reserve of Camargue)/effects on some physiological parameters. *Aquatic Toxicology*, 48, 443–459.
- 258) Ronald E., 2000. Handbook of chemical risk assessment: health hazards to humans, plants, and animals, Volume 1. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
- 259) Rora A. M., Kvale A., Morkore T., Rorvik K., Hallbjørn S., Thomassen S., 1999. Process yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to raw material characteristics. *Food Research International*, 31, 601–609.

- 260) Sabine A., Wolfgang J., Fredi S., Schwind K.-H., Hubertus W., 2011. Chemical safety in meat industry, *Tehnologija mesa*, 52, 1, 80–96.
- 261) Sabovljević M., Vukojević V., Sabovljević A., Mhajlović N., Dražić G., Vučinić Ž., 2007. Determination of heavy metal deposition in the county of Obrenovac (Serbia) using mosses as bioindicators. III. Copper (Cu), Iron (Fe) and Mercury (Hg). *Arch. Biol. Sci.*, Belgrade, 59, 4, 351-361.
- 262) Sahena F., Zaidul I.S.M., Jinap S., Saari N., Jahurul H.A., Abbas K.A., Norulaini N.A., 2009. PUFAs in fish: extraction, fractionation, importance in health. *Comprehensive Reviews in food science and food safety*, 8, 59–74.
- 263) Salonen J.T., Seppänen K., Lakka T.A., Salonen R., Kaplan G.A., 2000. Mercury accumulation and acceleration progression of carotid arteriosclerosis: a population based prospective 4-year follow-up study in men in eastern Finland. *Atherosclerosis*, 148, 265–273.
- 264) Sallsten G., Thoren J., Barregard L., Schutz A., Skarping G., 1996. Long-term use nicotine chewing gum and mercury exposure from dental amalgam fillings. *J. Dent. Res.*, 75, 594–598.
- 265) Sándor Z., Papp Z.G., Csengeri I., Jeney Z., 2011. Fish meat quality and safety. *Tehnologija mesa*, 52, 1, 97-105.
- 266) Sanfeliu C., Sebastià J., Cristòfol R., Rodríguez-Farré E., 2003. Neurotoxicity of organomercurial compounds. *Neurotox. Res.*, 5, 283–305.
- 267) Schroeder W.H., Dobson M., Kane D.M., 1987. Toxic trace elements associated with airborne particulate matter: A review. *J. Air Pollut. Control Assoc.*, 37, 11, 1267-1285.
- 268) Scientific Advisory Committee on Nutrition/Committee on Toxicity, 2004. *Advice on Fish Consumption: Benefits and Risks*. HMSO: London.
- 269) Scott D.N., Porter R.W., Kudo G., Miller R., Koury B., 1988. Effect of freezing and frozen storage of Alaska pollock on the chemical and gel-forming properties of surimi. *J. Food Sci.*, 50, 723-6.
- 270) Senarathne P., Pathiratne K.A.S., 2007. Accumulation of heavy metals in a food fish, *Mystus gulio* inhabiting Bolgoda Lake, Sri Lanka. *Sri Lanka J. Aquat. Sci.* 12, 61-75.
- 271) Shi J. ., Li Y., Liang H., Zheng G.J., Wu Y., Lui W., 2013. OCPs and PCBs in Marine Edible Fish and Human Health Risk Assessment in the Eastern

- Guangdong, China. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 64, 4, 632–642.
- 272) Shoiful A., Fujita H., Watanabe I., Honda K., 2013. Concentrations of organochlorine pesticides (OCPs) residues in foodstuffs collected from traditional markets in Indonesia. Chemosphere, 90, 1742–1750.
- 273) Shukla G.S., Hussain T., Chandra S.V., 1987. Possible role of regional, superoxide dismutase activity and lipid peroxide levels in cadmium neurotoxicity: in vivo and in vitro studies in growing rats. Life Sci., 41, 2215–2221.
- 274) Sidhu K.S., 2003. Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 38, 3, 336–344.
- 275) Sileo L., Beyer W.N., 1985. Heavy metals in white-tailed deer living near a zinc smelter in Pennsylvania. J. Wildlife Diseases, 21, 289–296.
- 276) Simons T.J., 1986. Cellular interactions between lead and calcium. Br. Med. Bull., 42, 431–434.
- 277) Sivertsvik M., Rosnes J.T., Kleiberg G.H., 2003. Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sensory quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. Journal of Food Science, 68, 4, 1467–1472.
- 278) Slikker J.W., 1994. Placental transfer and pharmacokinetics of developmental neurotoxicants. In: Chang, L.W. (Ed.), Principles of Neurotoxicology. Marcel Dekker Inc., New York, 659–680.
- 279) Sofos J.N., 2008. Challenges to meat safety in the 21st century, Meat Science, 78, 3–13.
- 280) Spirić A., Trbović D., Vranić D., Đinović J., Petronijević R., Milijašević M., Janković S., Radičević T., 2009. Uticaj masnih kiselina u hrani na sastav masnih kiselina i količinu holesterola kod kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*). Tehnologija mesa, 50, 3-4, 179-188.
- 281) Spirić A., Bastić Lj., Saičić S., 1999. Monitoring of Residues – Significance and Results, plenary paper, International 48th Meat Industry Conference. Meat Technology ,3–5, 129-135.
- 282) Spirić A., Janković S., Radičević T., 2001. The Use of Growth Promoters in Animal Breeding, Their Influence on Meat Quality and the Importance of



- Residue Control, International 50th Meat Industry Conference, plenary paper. Meat Technology, 5-6, 295-307.
- 283) Spirić A., Janković Batas V., Petronijević R., 2007. Strategija monitoringa rezidua i kontaminenata – stanje i perspektive. Tehnologija mesa, 48, 1-2, 69-75.
- 284) Squadrone S., Prearo M., Brizio P., Gavinelli S., Pellegrino M., Scanzio T., Guarise S., Benedetto A., Abete M., 2013. Heavy metals distribution in muscle, liver, kidney and gill of European catfish (*Silurus glanis*) from Italian Rivers. Chemosphere, 90, 358–365.
- 285) Stamatis N., Arkoudelos J., 2005. Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging. Food Control 18, 292–300.
- 286) Stein E. D., Cohen Y., Winer A. M., 1996. Environmental distribution and transformation of mercury compounds. Crit. Rev. Environ. Sci. Tehnol., 26, 1, 1-43.
- 287) Stohs S.J., Bagghi D., 1995. Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions. Free Radical Biol. Med. 18, 321–336.
- 288) Stohs S.J., Bagchi D., Bagchi M., 1997. Toxicity of trace elements in tobacco smoke. Inhal. Toxicol. 9, 867–890.
- 289) Stojiljković D., Tošić D., Ševaljević M., 2004. Sadržaj arsena i kvalitet voda uličnih bunara u Zrenjaninu. Letopis naučnih radova, 28, 1, 191–198.
- 290) Stokinger H., 1981. Patty's industrial hygiene and toxicology. In: Clayton GD, Clayton FE, eds. 3rd ed, vol. IIA. New York, NY: John Willey & Sons, 1769-1792.
- 291) Stolyhwo A., Kolodziejska I., Sikorski Y.E., 2006. Long chain polyunsaturated fatty acid in smoked Atlantic mackerel and Baltic sprats. Food Chemistry, 94, 585–595.
- 292) Storelli M., Barone M., Garofalo G., Marcotrigiano G.O., 2007. Metals and organochlorine compounds in eel (*Anguilla anguilla*) from the Lesina lagoon, Adriatic Sea (Italy). Food Chemistry, 100, 1337-1341.
- 293) Storelli M.M., Giacomini-Stuffler R., Storelli A., Marcotrigiano G.O., 2005. Accumulation of mercury, cadmium, lead and arsenic in swordfish and bluefin tuna from the Mediterranean Sea: a comparative study. Mar. Pollut. Bull. 50, 1004–1007.

- 294) Strain W. H., Hershey C. O., McInnes S., 1984. Hazards to groundwater from acid rain. *Trace Subst Environ Health*, 18, 178-184.
- 295) Subotić S., Spasić S., Višnjic-Jeftić Ž., Hrgediš A., Krpo-Ćetković J., Mićković B., Skorić S., Lenhardt M., 2013. Heavy metal and trace element bioaccumulation in target tissues of four edible fish species from the Danube River (Serbia), *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 98, 196-202.
- 296) Sushchik N.N., Gladyshev M.I., Kalachova G.S., 2007. Seasonal dynamic of fatty acid content of a common food fish from the Yenisei river, Siberian grayling, *Thymallus arcticus*. *Food Chemistry*, 104, 4, 1353-1358.
- 297) Svobodova Z., Beklova M., Machala M., Drabeck P., Dvorakova D., Kolarova J., Marsalek B., Modra H., 1996. Evaluation of the effect of chemical substances, preparation, wastes and waste waters to organisms in the aquatic environment. *Bull. VURH Vodnany*, 32, 76-96.
- 298) Šefer D., Sinovec Z., 2008. Opšta Ishrana, Fakultet veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu, Aura In, Beograd.
- 299) Tamaki S., Frankenberger W.T., 1992. Environmental biochemistry of arsenic. *Rev Environ Contam Toxicol.*, 124, 79-110.
- 300) Tao S.S. H, Bolger P.M., 1999. Dietary intakes of arsenic in the United States. *Food addit Contam.*, 16, 465-472.
- 301) Taweel A., Shuhaimi-Othman M., Ahmad A.K., 2013. Assessment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) From the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and evaluation of the health risk from tilapia consumption *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 93, 45-51.
- 302) Teodorović V., Dimitrijević M., 2011. Hemijski zagađivači namirnica animalnog porekla. Naučna KMD, Beograd.
- 303) Terry P.D., Terry J.B., Rohan T.E., 2004. Long-chain (n-3) fatty acid intake and risk of cancers of the breast and prostate recent epidemiological studies, biological mechanisms, and directions for future research. *Journal of Nutrition*, 134, 3412S-3420S.
- 304) Tešić M., Baltić Ž.M., Teodorović V., Mirilović M., Nedić D., Marković T., Marković R., Aleksić-Agelidis A., 2013. Tendencija razvoja ribarstva i potrošnja ribe u Srbiji. *Vet. Glasnik*, 67, 5-6, 417-427.

- 305) Thatcher R.W., Lester M.L., McAlester R., Horts R., 1982. Effects of low levels of cadmium and lead on cognitive functions in children. *Arch. Environ. Health*, 37, 159–166.
- 306) Thomas J.D., Styblo M., Lin S., 2001. The cellular metabolism and systemic toxicity of arsenic. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 176, 127–144.
- 307) Thornton I., 1992. Sources and pathways of cadmium in the environment. *IARC Sci Publ*, 118, 149-162.
- 308) Tohidpour A., Sattari M., Omidbaigi R., Yadegar A., Nazemi J., 2010. Antibacterial effect of essential oils from two medicinal plants against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Phytomedicine*, 17, 142–145.
- 309) Trbović D., Janković S., Ćirković M., Nikolić D., Matekalo-Sverak V., Đorđević V., Spirić A., 2011. Bezbednost i kvalitet mesa nekih slatkovodnih riba u Srbiji. *Tehnologija mesa*, 52, 2, 276–282.
- 310) Trbović D., Vranić D., Đinović J., Borović B., Spirić D., Babić J., Spirić A., 2009. Masnokiselinski sastav i sadržaj holesterola u mišićnom tkivu jednogodišnjeg šarana (*Cyprinus carpio*) u fazi uzgoja. *Tehnologija mesa*, 50, 5-6, 276-286.
- 311) Tsai G.J., Chen T.W., 1996. Incidence and toxigenicity of *Aeromonas hydrophila* in seafood. *International Journal of Food Microbiology*, 31, 121–131.
- 312) Underwood E.J., 1977. Trace elements in human and animal nutrition. Academic press., London.
- 313) Uneyama C., Toda M., Yamamoto M., Morikawa K., 2007. Arsenic in various foods: cumulative data. *Food Addit. Contam.*, 24, 447–534.
- 314) Uysal K., Köse E., Bülbül M., Dönmez M., Erdoğan Y., Koyun M., Ömeroğlu Ç., Özmal F., 2009. The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dame Lake (Kütahya/Turkey), *Environ. Monit. Assess.*, 157, 355–362.
- 315) Vaessen H.A., Van Ooik A., 1989. Speciation of arsenic in Dutch total diets: Methodology and results. *Z Lebensm Unters Forsch.*, 189, 232-235.
- 316) Vahter M., Berglund M., Lind B., Jorhem L., Slorach S., Friberg L., 1991. Personal monitoring of lead and cadmium exposure-a Swedish study with special reference to methodological aspects. *Scand Journal Work Environmental Health*, 17, 1, 65–74.

- 317) Valfre F., Caprino F., Turchini G.M., 2003. The Health Benefit of Seafood. *Veterinary Research Communications*, 27, 1, 507–512.
- 318) Vallod D., Sarrazin B., 2010. Water quality characteristics for draining an extensive fish farming pond. *Hydrological sciences journal-journal des sciences hydrologiques*, 55, 394–402.
- 319) Vandeputte M., Kocour M., Mauger S., Rodina M., Launay A., Gela D., Dupont-Nivet M., Hulak M., Linhard O., 2008. Genetic variation for growth at one and two summers of age in the common carp (*Cyprinus carpio L.*): Heritability estimates and response to selection. *Aquaculture*, 277, 7–13.
- 320) Velev R., Krleska-Veleva N., Čupić V., 2009. Trovanja domaćih životinja teškim metalima. *Vet. Glasnik*, 63, 5-6, 393 – 405.
- 321) Višnjić-Jeftić Z., Jarić I., Jovanović L., Skorić S., Smederevac-Lalic M., Nikcević M., Lenhardt M., 2010. Heavy metal and trace element accumulation in muscle, liver and gills of the Pontic shad (*Alosa immaculata Bennet 1835*) from the Danube River (Serbia). *Microchemical Journal.*, 95, 341–344.
- 322) Vladau V.V., Bud I., Stefan R., 2008. Nutritive value of fish meat comparative to some animals meat. *Bulletin UAS-VM Animal Science and Biotechnologies*, 65, 301–305.
- 323) Von Shacky C., 2001. Clinical trials, not n-6 to n-3 ratios, will resolve whether fatty acids prevent coronary heart disease. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103, 423–427.
- 324) Vos G., Lammers H., Kan C. A., 1990. Cadmium and lead in muscle tissue and organs of broilers, turkeys and spent hens in mechanically deboned poultry meat. *Food Addit. Contam.*, 7, 83-92.
- 325) Vranić D., Trbović D., Đinović J., Mažić Z., Spirić D., Milićević D., Spirić A., 2010. Nutritivna vrednost kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*) i šarana (*Cyprinus carpio*) iz akvakulture. *Tehnologija mesa*, 51, 2, 159–168.
- 326) Vranić D., Baltić Ž. M., Trbović D., Đinović-Stojanović J., Marković R., Petronijević R., Spirić A., 2012. Mlađ i konzumna kalifornijska pastrmka (*Oncorhynchus mykiss*): hemijski sastav, sadržaj holesterola i masnokiselinski sastav fileta. *Tehnologija mesa*, 53, 1, 26–35.
- 327) Vučković G., Veljković D., 2010. Minerali u ishrani. *Hemijski pregled*, 51, 1, 14-19.

- 328) Vukašinović-Pešić V.L., Đikanović M., Blagojević N.Z., Rajaković Lj.V., 2005. Source, characteristics and distribution of arsenic in the environment. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quaterly-CICEQ*, 11, 44-48.
- 329) Ward J.D., Spears J.W., 1997. Long-term effects of consumption of low-copper diets with or without supplemental molybdenum on copper status, performance, and carcass characteristics of cattle. *Journal of Animal Science*, 75, 3057-3065.
- 330) Wei Y.H., Zhang J.Y., Zhang D.W., Tu T.H., Luo L.G., 2014. Metal concentrations in various fish organs of different fish species from Poyang Lake, China *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 104, 182–188.
- 331) Williams M.H., 2005. Dietary supplements and sports performance: minerals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2, 43-49.
- 332) Wobeser G, Nielsen N.O., Dunlop R.H., 1970. Mercury concentrations in tissues of fish from the Saskatchewan River. *J. Fish Res. Board Canada*, 27, 830–834.
- 333) World Health Organization, 2008. *Guidelines for Drinking-water Quality, Third Edition Incorporating The First And Second Addenda, Volume 1 Recommendations* World Health Organization. WHO Press, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 306-308.
- 334) World Health Organization, 1991. *Inorganic mercury. Vol. 118.* Geneva, Switzerland: World Health Organization, International Programme on Chemical Safety, 168.
- 335) World Health Organization, 1990. *Methyl mercury. Vol. 101.* Geneva, Switzerland: World Health Organization, International Programme on Chemical Safety.
- 336) World Health Organization, 1977. *United Nations Environmental programme: Lead: Environmental Health Criteria 3.* Geneva Switzerland: World Health Organization, 112.
- 337) World Health Organization, 1998. *Copper.* Geneva: International Programme on Chemical Safety, World Health Organization. *Environmental Health Criteria* 200.
- 338) Ylitalo G.M., Stein J.E., Hom T., Johnson L.L., Tilbury K.L., Hall A.J., Rowles T., Greig D., Lowenstine L.J., Gulland F.M.D., 2005. The role of organochlorines in cancer-associated mortality in California sea lions (*Zalophus californianus*). *Marine Pollution Bulletin*, 50, 30–39.

- 339) Yoshizawa K., Rimm E.B., Morris, J.S., Spate V.L., Hsieh C.C., Spiegelman D., Stampfer M.J., Willet W.C., 2002. Mercury and the risk of coronary heart disease in men. *N. Engl. J. Med.*, 347, 1755–1760.
- 340) Zadik Z., Nemet D., Eliakim A., 2009. Hormonal and metabolic effects of nutrition in athletes. *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism*; 22: 769-777.
- 341) Zamaria N., 2004. Alteration of polysaturated fatty acid status and metabolism in health and disease. *Reproduction Nutrition Development*, 44, 273–282.
- 342) Zatsick N. M., Mayket P., 2007. Fish oil – Getting to the heart of it. *The Journal for Nurse Practitioners*, 104–109.
- 343) Zeng J., Yang L., Wang X., Wang W.X., Wu Q.L., 2012. Metal accumulation in fish from different zones of a large, shallow fresh water lake *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 86, 16–124.
- 344) Zhang I., Wong M.H., 2007. Environmental mercury contamination in China: sources and impacts. *Environ. Int.*, 33, 108–121.
- 345) Zhang Z., He L., Li J., Wu Z.B., 2007. Analysis of Heavy Metals of Muscle and Intestine Tissue in Fish – in Banan Section of Chongqing from Three Gorges Reservoir, China *Polish J. of Environ. Stud.*, 16, 6, 949-958.
- 346) Zhou H.Y., Wong M.H., 2004. Screening of organochlorines in freshwater fish collected from the Pearl River delta, People's Republic of China. *Archives of Environment Contamination and Toxicology*, 46, 106–113.
- 347) Zoumis T., Schmidt A., Grigorova L., Calmano W., 2001. Contaminants in sediments: remobilization and demobilization. *Science of the Total Environment*, 266, 195–202.
- 348) Zrnčić S., Oraić D., Čaleta M., Mihaljević Ž., Zanella D., Bilandžić N., 2013. Biomonitoring of heavy metals in fish from the Danube River. *Environ Monit Assess.*, 185, 1189–1198.

## 9. PRILOZI

**Prilog 1.** Prosečan sadržaj (Pb) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Zemun), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,030	0,0028	0,0009	0,025	0,035	9,21
Deverika	0,019	0,0021	0,0006	0,015	0,022	10,81
Mrena	0,048	0,0035	0,0011	0,043	0,052	7,16
Šaran	0,059	0,0022	0,0007	0,054	0,061	3,79
Smuđ	0,032	0,0024	0,0008	0,028	0,036	7,60
Som	0,058	0,0031	0,0010	0,053	0,062	5,37

**Prilog 2.** Prosečan sadržaj (Pb) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Grocka), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,040	0,0024	0,0008	0,035	0,044	6,06
Deverika	0,028	0,0026	0,0008	0,024	0,031	8,58
Mrena	0,062	0,0028	0,0009	0,059	0,067	4,42
Šaran	0,084	0,0036	0,0011	0,079	0,090	4,25
Smuđ	0,037	0,0027	0,0009	0,033	0,041	7,45
Som	0,069	0,0022	0,0007	0,065	0,071	3,15

**Prilog 3.** Prosečan sadržaj (Cd) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Zemun), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,057	0,0025	0,0008	0,053	0,061	4,36
Deverika	0,021	0,0024	0,0008	0,018	0,026	11,66
Mrena	0,052	0,0023	0,0007	0,050	0,056	4,35
Šaran	0,059	0,0022	0,0007	0,055	0,062	3,70
Smuđ	0,023	0,0020	0,0006	0,020	0,026	8,57
Som	0,068	0,0021	0,0007	0,065	0,071	3,01

**Prilog 4.** Prosečan sadržaj (Cd) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Grocka), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,051	0,0020	0,0006	0,050	0,055	3,33
Deverika	0,027	0,0031	0,0010	0,021	0,031	11,55
Mrena	0,062	0,0029	0,0009	0,057	0,066	4,65
Šaran	0,082	0,0033	0,0010	0,077	0,088	4,01
Smuđ	0,036	0,0032	0,0010	0,031	0,041	8,81
Som	0,069	0,0028	0,0009	0,065	0,074	3,97

**Prilog 5.** Prosečan sadržaj (Hg) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Zemun), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,094	0,0058	0,0018	0,085	0,101	6,17
Deverika	0,110	0,0052	0,0016	0,101	0,116	4,70
Mrena	0,222	0,0030	0,0009	0,217	0,226	1,35
Šaran	0,393	0,0042	0,0013	0,385	0,399	1,08
Smuđ	0,106	0,0043	0,0013	0,098	0,112	4,01
Som	0,208	0,0032	0,0010	0,201	0,211	1,53

**Prilog 6.** Prosečan sadržaj (Hg) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Grocka), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,139	0,0048	0,0015	0,128	0,144	3,49
Deverika	0,161	0,0044	0,0014	0,155	0,167	2,76
Mrena	0,325	0,0069	0,0022	0,310	0,334	2,13
Šaran	0,466	0,0060	0,0019	0,455	0,475	1,29
Smuđ	0,162	0,0046	0,0014	0,155	0,170	2,81
Som	0,260	0,0073	0,0023	0,245	0,268	2,80

**Prilog 7.** Prosečan sadržaj (Cu) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Zemun), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,809	0,0086	0,0027	0,795	0,822	1,06
Deverika	0,707	0,0083	0,0026	0,695	0,722	1,17
Mrena	0,826	0,0048	0,0015	0,818	0,832	0,58
Šaran	0,688	0,0063	0,0020	0,677	0,699	0,92
Smuđ	0,548	0,0108	0,0034	0,530	0,560	1,97
Som	1,55	0,0192	0,0061	1,52	1,58	1,24

**Prilog 8.** Prosečan sadržaj (Cu) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Grocka), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,824	0,0095	0,0030	0,812	0,840	1,15
Deverika	0,717	0,0132	0,0042	0,690	0,731	1,85
Mrena	0,839	0,0046	0,0015	0,830	0,845	0,55
Šaran	0,757	0,0055	0,0017	0,748	0,766	0,72
Smuđ	0,574	0,0072	0,0023	0,560	0,581	1,26
Som	1,62	0,0128	0,0040	1,59	1,65	0,7



**Prilog 9.** Prosečan sadržaj (Fe) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Zemun), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	8,05	0,0743	0,0235	7,92	8,12	0,92
Deverika	13,60	0,3250	0,1028	12,83	13,94	2,39
Mrena	12,22	0,2198	0,0695	11,88	12,44	1,80
Šaran	9,38	0,2023	0,0640	9,12	9,68	2,16
Smuđ	10,10	0,0903	0,0286	9,95	10,21	0,89
Som	8,32	0,1804	0,0570	8,11	8,61	2,17

**Prilog 10.** Prosečan sadržaj (Fe) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Grocka), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	7,25	0,1185	0,0375	7,08	7,41	1,63
Deverika	13,54	0,1465	0,0463	13,30	13,80	1,08
Mrena	11,91	0,1720	0,0544	11,68	12,20	1,44
Šaran	9,68	0,3330	0,1053	9,16	10,16	3,44
Smuđ	9,97	0,3219	0,1018	9,27	10,26	3,23
Som	8,17	0,2428	0,0768	7,90	8,75	2,97

**Prilog 11.** Prosečan sadržaj (Zn) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Zemun), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	11,16	0,1737	0,0549	10,85	11,40	1,56
Deverika	9,06	0,1407	0,0445	8,80	9,22	1,55
Mrena	5,20	0,2446	0,0774	4,95	5,81	4,71
Šaran	6,16	0,1580	0,0500	6,00	6,45	2,57
Smuđ	5,10	0,1705	0,0539	4,91	5,55	3,34
Som	7,06	0,0831	0,0263	6,90	7,16	1,18

**Prilog 12.** Prosečan sadržaj (Zn) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Grocka), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	10,26	0,1296	0,0410	10,080	10,480	1,26
Deverika	9,02	0,1821	0,0576	8,720	9,220	2,02
Mrena	6,02	0,1596	0,0505	5,700	6,210	2,65
Šaran	6,17	0,1526	0,0483	5,900	6,350	2,47
Smuđ	5,17	0,2345	0,0742	4,940	5,800	4,53
Som	6,68	0,1086	0,0344	6,500	6,810	1,63

**Prilog 13.** Prosečan sadržaj (As) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Zemun), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,139	0,0058	0,0015	0,128	0,144	3,49
Deverika	0,109	0,0030	0,0009	0,101	0,112	2,75
Mrena	0,189	0,0031	0,0010	0,184	0,194	1,63
Šaran	0,258	0,0032	0,0010	0,251	0,262	1,22
Smuđ	0,105	0,0031	0,0010	0,101	0,110	2,91
Som	0,160	0,0027	0,0009	0,155	0,163	1,72

**Prilog 14.** Prosečan sadržaj (As) u mišićnom tkivu ispitivanih riba iz Dunava (Grocka), (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,172	0,0026	0,0008	0,167	0,177	1,54
Deverika	0,154	0,0040	0,0013	0,148	0,159	2,59
Mrena	0,239	0,0050	0,0016	0,231	0,248	2,11
Šaran	0,333	0,0068	0,0022	0,320	0,342	2,06
Smuđ	0,153	0,0054	0,0017	0,140	0,160	3,53
Som	0,211	0,0096	0,0030	0,198	0,230	4,55

**Prilog 15.** Prosečan sadržaj (Pb) u mišićnom tkivu babuške iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,068	0,0043	0,0016	0,061	0,074	6,27
Markovac	0,064	0,0052	0,0020	0,055	0,070	8,16
Bečmen	0,036	0,0041	0,0015	0,030	0,041	11,46
Očaga	0,026	0,0053	0,0020	0,020	0,037	20,34
Veliko blato	0,043	0,0034	0,0013	0,037	0,047	7,97
Grabovac	0,035	0,0039	0,0015	0,029	0,040	11,12
Mokri Sebeš	0,038	0,0016	0,0006	0,036	0,040	4,19

**Prilog 16.** Prosečan sadržaj (Pb) u mišićnom tkivu šarana iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,019	0,0031	0,0012	0,015	0,024	16,32
Markovac	0,019	0,0039	0,0015	0,012	0,025	21,28
Bečmen	0,030	0,0043	0,0016	0,022	0,035	14,26
Očaga	0,020	0,0017	0,0006	0,018	0,023	8,41
Veliko blato	0,038	0,0028	0,0011	0,035	0,042	7,45
Grabovac	0,030	0,0036	0,001	0,024	0,035	11,83
Mokri Sebeš	0,031	0,0040	0,0015	0,025	0,036	12,89

**Prilog 17.** Prosečan sadržaj (Pb) u mišićnom tkivu štuke iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,069	0,0031	0,0012	0,066	0,075	4,45
Markovac	0,063	0,0039	0,0015	0,058	0,069	6,22
Bečmen	0,065	0,0037	0,0014	0,059	0,07	5,76
Očaga	0,057	0,0016	0,0006	0,055	0,06	2,86

**Prilog 18.** Prosečan sadržaj (Cd) u mišićnom tkivu babuške iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,066	0,0023	0,0009	0,063	0,069	3,43
Markovac	0,061	0,0018	0,0007	0,058	0,063	2,99
Bečmen	0,066	0,0042	0,0016	0,059	0,071	6,44
Očaga	0,053	0,0031	0,0012	0,049	0,057	5,90
Veliko blato	0,065	0,0048	0,0018	0,060	0,074	7,47
Grabovac	0,061	0,0090	0,0034	0,050	0,074	14,88
Mokri Sebeš	0,059	0,0035	0,0013	0,054	0,065	5,82

**Prilog 19.** Prosečan sadržaj (Cd) u mišićnom tkivu šarana iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,067	0,0038	0,0014	0,060	0,070	5,60
Markovac	0,061	0,0038	0,0014	0,054	0,065	6,28
Bečmen	0,065	0,0043	0,0016	0,060	0,071	6,60
Očaga	0,058	0,0145	0,0055	0,049	0,090	24,99
Veliko blato	0,075	0,0042	0,0016	0,068	0,080	5,55
Grabovac	0,067	0,0102	0,0039	0,055	0,084	15,39
Mokri Sebeš	0,065	0,0036	0,0014	0,061	0,070	5,55

**Prilog 20.** Prosečan sadržaj (Cd) u mišićnom tkivu štuke iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,071	0,0031	0,0012	0,068	0,075	4,34
Markovac	0,067	0,0030	0,0011	0,062	0,070	4,52
Bečmen	0,079	0,0046	0,0017	0,071	0,084	5,83
Očaga	0,063	0,0045	0,0017	0,058	0,069	7,16

**Prilog 21.** Prosečan sadržaj (Hg) u mišićnom tkivu babuške iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,126	0,0055	0,0021	0,118	0,132	4,36
Markovac	0,119	0,0083	0,0031	0,102	0,126	7,02
Bečmen	0,148	0,0228	0,0086	0,124	0,195	15,34
Očaga	0,096	0,0049	0,0018	0,091	0,102	5,08
Veliko blato	0,223	0,0171	0,0065	0,205	0,258	7,65
Grabovac	0,331	0,0252	0,0095	0,302	0,370	7,63
Mokri Sebeš	0,194	0,0078	0,0030	0,184	0,205	4,03

**Prilog 22.** Prosečan sadržaj (Hg) u mišićnom tkivu šaran iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,401	0,0105	0,0040	0,386	0,414	2,61
Markovac	0,393	0,0111	0,0042	0,381	0,410	2,81
Bečmen	0,485	0,0082	0,0031	0,471	0,493	1,69
Očaga	0,387	0,0063	0,0024	0,375	0,394	1,64
Veliko blato	0,513	0,0118	0,0044	0,495	0,525	2,29
Grabovac	0,485	0,0216	0,0082	0,425	0,492	4,46
Mokri Sebeš	0,482	0,0146	0,0055	0,455	0,490	3,02

**Prilog 23.** Prosečan sadržaj (Hg) u mišićnom tkivu štuke iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,294	0,0058	0,0022	0,285	0,300	1,97
Markovac	0,289	0,0067	0,0025	0,280	0,299	2,30
Bečmen	0,313	0,0064	0,0024	0,303	0,322	2,05
Očaga	0,217	0,0048	0,0018	0,210	0,224	2,20

**Prilog 24.** Prosečan sadržaj (Cu) u mišićnom tkivu babuške iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,714	0,0096	0,0036	0,700	0,728	1,35
Markovac	0,707	0,0109	0,0041	0,690	0,721	1,54
Bečmen	0,868	0,0178	0,0067	0,846	0,892	2,04
Očaga	0,789	0,0214	0,0081	0,745	0,810	2,72
Veliko blato	0,875	0,0143	0,0054	0,850	0,891	1,63
Grabovac	0,667	0,0438	0,0166	0,605	0,726	6,56
Mokri Sebeš	0,792	0,0124	0,0047	0,770	0,810	1,56

**Prilog 25.** Prosečan sadržaj (Cu) u mišićnom tkivu šarana iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,689	0,0074	0,0028	0,677	0,701	1,07
Markovac	0,671	0,0078	0,0030	0,658	0,681	1,17
Bečmen	0,758	0,0154	0,0058	0,740	0,780	2,03
Očaga	0,685	0,0095	0,0036	0,671	0,700	1,39
Veliko blato	0,804	0,0209	0,0079	0,775	0,831	2,60
Grabovac	0,702	0,0384	0,0145	0,650	0,750	5,47
Mokri Sebeš	0,769	0,0171	0,0065	0,748	0,799	2,22

**Prilog 26.** Prosečan sadržaj (Cu) u mišićnom tkivu štuke iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	1,16	0,0320	0,0121	1,13	1,22	2,75
Markovac	1,13	0,0141	0,0053	1,11	1,15	1,25
Bečmen	1,44	0,0398	0,0151	1,40	1,50	2,77
Očaga	1,40	0,0101	0,0038	1,39	1,42	0,72

**Prilog 27.** Prosečan sadržaj (Fe) u mišićnom tkivu babuške iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	7,72	0,1200	0,0453	7,58	7,91	1,55
Markovac	7,30	0,0772	0,0292	7,17	7,42	1,06
Bečmen	7,76	0,2670	0,1009	7,36	8,12	3,44
Očaga	7,48	0,6757	0,2554	6,80	8,40	9,03
Veliko blato	7,42	0,2553	0,0965	7,12	7,74	3,44
Grabovac	7,00	0,1403	0,0530	6,84	7,25	2,00
Mokri Sebeš	7,26	0,1009	0,0381	7,13	7,41	1,39

**Prilog 28.** Prosečan sadržaj (Fe) u mišićnom tkivu šarana iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	7,72	0,1661	0,0628	7,44	7,90	2,15
Markovac	7,56	0,2971	0,1123	7,08	7,92	3,93
Bečmen	7,50	0,1080	0,0408	7,38	7,65	1,44
Očaga	7,54	0,3548	0,1341	6,90	7,85	4,71
Veliko blato	7,75	0,1487	0,0562	7,60	8,00	1,92
Grabovac	7,31	0,2753	0,1041	7,12	7,88	3,77
Mokri Sebeš	7,34	0,1574	0,0595	7,18	7,65	2,14

**Prilog 29.** Prosečan sadržaj (Fe) u mišićnom tkivu štuke iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	8,01	0,1136	0,0429	7,80	8,12	1,42
Markovac	7,90	0,1238	0,0468	7,68	8,04	1,57
Bečmen	7,28	1,2050	0,4556	4,61	8,20	16,56
Očaga	7,82	0,1464	0,0553	7,60	8,02	1,87

**Prilog 30.** Prosečan sadržaj (Zn) u mišićnom tkivu babuške iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	6,44	0,0982	0,0371	6,28	6,55	1,52
Markovac	6,29	0,1639	0,0620	6,10	6,58	2,61
Bečmen	7,91	0,2637	0,0997	7,48	8,25	3,33
Očaga	10,24	0,4471	0,1690	9,58	11,05	4,37
Veliko blato	6,45	0,3056	0,1151	6,05	6,91	4,72
Grabovac	5,32	0,3970	0,1501	4,65	5,70	7,46
Mokri Sebeš	5,93	0,1134	0,0429	5,75	6,12	1,91

**Prilog 31.** Prosečan sadržaj (Zn) u mišićnom tkivu šarana iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	6,62	0,1547	0,0585	6,39	6,80	2,34
Markovac	6,42	0,1452	0,0549	6,29	6,64	2,26
Bečmen	5,96	0,1591	0,0601	5,79	6,18	2,67
Očaga	5,54	0,1730	0,0654	5,32	5,77	3,12
Veliko blato	5,84	0,2142	0,0810	5,48	6,12	3,67
Grabovac	5,13	0,1554	0,0588	4,90	5,30	3,03
Mokri Sebeš	5,27	0,0745	0,0282	5,18	5,38	1,41

**Prilog 32.** Prosečan sadržaj (Zn) u mišićnom tkivu štuke iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	7,24	0,7598	0,2872	6,78	8,94	10,50
Markovac	6,78	0,1233	0,0466	6,58	6,92	1,82
Bečmen	6,81	0,2863	0,1082	6,26	7,10	4,21
Očaga	6,30	0,1772	0,0670	6,17	6,66	2,81

**Prilog 33.** Prosečan sadržaj (As) u mišićnom tkivu babuške iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,202	0,0055	0,0021	0,196	0,210	2,73
Markovac	0,190	0,0039	0,0015	0,184	0,195	2,05
Bečmen	0,240	0,0057	0,0022	0,231	0,248	2,38
Očaga	0,135	0,0033	0,0012	0,131	0,140	2,40
Veliko blato	0,255	0,0331	0,0125	0,204	0,281	12,98
Grabovac	0,278	0,0293	0,0111	0,214	0,300	10,54
Mokri Sebeš	0,276	0,0149	0,0056	0,261	0,295	5,42

**Prilog 34.** Prosečan sadržaj (As) u mišićnom tkivu šarana iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,353	0,0256	0,0097	0,312	0,390	7,26
Markovac	0,343	0,0267	0,0101	0,302	0,380	7,78
Bečmen	0,378	0,0085	0,0032	0,366	0,392	2,26
Očaga	0,252	0,0040	0,0015	0,248	0,258	1,58
Veliko blato	0,397	0,0129	0,0049	0,380	0,412	3,24
Grabovac	0,337	0,0207	0,0078	0,320	0,379	6,14
Mokri Sebeš	0,370	0,0076	0,0029	0,360	0,381	2,04

**Prilog 35.** Prosečan sadržaj (As) u mišićnom tkivu štuke iz ispitivanih jezera, (mg/kg)

Jezero	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Rabrovac	0,224	0,0096	0,0036	0,214	0,241	4,29
Markovac	0,206	0,0087	0,0033	0,195	0,220	4,25
Bečmen	0,249	0,0068	0,0026	0,238	0,258	2,75
Očaga	0,159	0,0074	0,0028	0,152	0,170	4,64

**Prilog 36.** Prosečan sadržaj (Pb) u jetri ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,903	0,0206	0,0084	0,878	0,943	2,29
Deverika	0,632	0,0387	0,0158	0,592	0,691	6,12
Mrena	0,936	0,0339	0,0138	0,902	0,994	3,63
Šaran	0,887	0,0213	0,0088	0,860	0,920	2,44
Smuđ	0,637	0,0301	0,0122	0,604	0,680	4,73
Som	1,95	0,1871	0,0764	1,70	2,20	9,59

**Prilog 37.** Prosečan sadržaj (Cd) u jetri ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,207	0,0043	0,0018	0,206	0,212	2,09
Deverika	0,261	0,0024	0,0010	0,258	0,265	0,93
Mrena	0,074	0,0020	0,0008	0,072	0,078	2,73
Šaran	0,151	0,0026	0,0011	0,148	0,155	1,73
Smuđ	0,051	0,0017	0,0007	0,049	0,054	3,37
Som	0,190	0,0032	0,0013	0,185	0,195	1,70

**Prilog 38.** Prosečan sadržaj (Hg) u jetri ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,472	0,0228	0,0093	0,448	0,513	4,85
Deverika	0,302	0,0402	0,0164	0,248	0,362	13,33
Mrena	0,108	0,0117	0,0048	0,088	0,121	10,79
Šaran	0,887	0,0216	0,0088	0,861	0,924	2,44
Smuđ	0,165	0,0164	0,0067	0,148	0,193	9,96
Som	0,313	0,0197	0,0080	0,292	0,341	6,28

**Prilog 39.** Prosečan sadržaj (Cu) u jetri ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	41,40	1,708	0,6971	39,70	44,20	4,12
Deverika	2,02	0,1941	0,0792	1,80	2,30	9,62
Mrena	12,65	0,8093	0,3304	11,40	13,60	6,40
Šaran	9,65	0,4550	0,1857	9,20	10,40	4,71
Smuđ	7,22	0,3656	0,1493	6,80	7,80	5,07
Som	3,52	0,2041	0,0833	3,20	3,80	5,80

**Prilog 40.** Prosečan sadržaj (Fe) u jetri ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	51,17	1,5030	0,6136	49,70	53,60	2,94
Deverika	128,3	4,967	2,028	120,0	134,0	3,87
Mrena	29,55	1,097	0,4478	28,60	31,50	3,71
Šaran	29,82	1,348	0,5504	28,00	31,40	4,52
Smuđ	30,72	1,080	0,4408	29,50	32,10	3,51
Som	94,47	2,827	1,154	91,10	99,10	2,99



**Prilog 41.** Prosečan sadržaj (Zn) u jetri ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	26,83	0,4926	0,2011	26,10	27,40	1,84
Deverika	57,47	1,179	0,4814	56,10	59,20	2,05
Mrena	62,47	0,7992	0,3263	61,50	63,60	1,28
Šaran	126,5	4,087	1,668	120,0	131,0	3,23
Smuđ	27,49	0,6105	0,2492	26,66	28,55	2,22
Som	30,37	0,8116	0,3313	29,40	31,50	2,67

**Prilog 42.** Prosečan sadržaj (As) u jetri ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,204	0,0217	0,0089	0,201	0,258	9,64
Deverika	0,153	0,0137	0,0056	0,141	0,183	8,91
Mrena	1,37	0,1633	0,0667	1,20	1,60	11,95
Šaran	0,407	0,0216	0,0088	0,382	0,444	5,31
Smuđ	1,60	0,1414	0,0577	1,40	1,80	8,84
Som	0,055	0,0055	0,0022	0,051	0,061	9,96

**Prilog 43.** Prosečan sadržaj (Pb) u digestivnim traktu ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,926	0,0187	0,0076	0,894	0,952	2,02
Deverika	0,252	0,0172	0,0070	0,228	0,283	6,84
Mrena	0,313	0,0225	0,0092	0,292	0,353	7,18
Šaran	0,172	0,0117	0,0047	0,162	0,193	6,81
Smuđ	0,162	0,0141	0,0058	0,141	0,183	8,84
Som	0,188	0,0147	0,0060	0,172	0,214	7,82

**Prilog 44.** Prosečan sadržaj (Cd) u digestivnim traktu ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,104	0,0027	0,0011	0,101	0,108	2,61
Deverika	0,218	0,0024	0,0010	0,215	0,221	1,09
Mrena	0,106	0,0035	0,0014	0,104	0,113	3,27
Šaran	0,172	0,0052	0,0021	0,165	0,179	3,04
Smuđ	0,076	0,0023	0,0009	0,074	0,080	3,04
Som	0,052	0,0021	0,0008	0,048	0,054	4,12

**Prilog 45.** Prosečan sadržaj (Hg) u digestivnim traktu ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,102	0,0117	0,0048	0,088	0,123	11,50
Deverika	0,180	0,0206	0,0810	0,151	0,214	11,11
Mrena	0,092	0,0147	0,0060	0,072	0,114	16,06
Šaran	0,117	0,0137	0,0056	0,097	0,142	11,71
Smuđ	0,093	0,0121	0,0049	0,079	0,112	12,98
Som	0,095	0,0105	0,0043	0,081	0,112	11,04

**Prilog 46.** Prosečan sadržaj (Cu) u digestivnim traktu ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	7,78	0,3545	0,1447	7,40	8,30	4,55
Deverika	2,43	0,2582	0,1054	2,10	2,80	10,61
Mrena	10,18	0,3312	0,1352	9,70	10,60	3,25
Šaran	12,35	0,3082	0,1258	12,00	12,80	2,50
Smuđ	1,42	0,0117	0,0048	1,30	1,60	8,25
Som	3,03	0,1751	0,0715	2,80	3,30	5,77

**Prilog 47.** Prosečan sadržaj (Fe) u digestivnim traktu ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	203,7	6,623	2,704	194,0	212,0	3,25
Deverika	155,8	4,355	1,778	150,0	161,0	2,79
Mrena	29,90	1,330	0,5428	28,20	31,40	4,45
Šaran	50,98	1,036	0,4230	49,80	52,40	2,03
Smuđ	23,78	0,5015	0,2047	23,00	24,50	2,12
Som	95,45	2,448	0,9996	92,10	99,30	2,57

**Prilog 48.** Prosečan sadržaj (Zn) u digestivnim traktu ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	184,2	4,579	1,869	178,0	190,0	2,49
Deverika	33,67	0,6532	0,2667	32,80	34,50	1,94
Mrena	40,47	0,6973	0,2847	39,55	41,44	1,72
Šaran	230,3	5,428	2,216	222,0	238,0	2,36
Smuđ	15,05	0,1577	0,0643	14,85	15,25	1,05
Som	18,28	0,8635	0,3525	17,20	19,50	4,72

**Prilog 49.** Prosečan sadržaj (As) u digestivnim traktu ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,695	0,0243	0,0099	0,660	0,730	3,49
Deverika	0,656	0,0314	0,0128	0,614	0,702	4,78
Mrena	1,21	0,0267	0,0109	1,18	1,25	2,21
Šaran	0,492	0,0172	0,0070	0,468	0,522	3,50
Smuđ	0,663	0,0225	0,0092	0,631	0,708	3,39
Som	0,217	0,0163	0,0067	0,203	0,242	7,54

**Prilog 50.** Prosečan sadržaj (Pb) u škragama ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,256	0,0186	0,075	0,228	0,283	7,34
Deverika	0,315	0,0152	0,0062	0,303	0,343	4,81
Mrena	0,492	0,0172	0,0070	0,468	0,522	3,50
Šaran	0,302	0,0141	0,0057	0,278	0,324	4,71
Smuđ	0,458	0,0264	0,0108	0,429	0,504	5,76
Som	0,401	0,0261	0,0107	0,358	0,443	6,52

**Prilog 51.** Prosečan sadržaj (Cd) u škragama ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,044	0,0027	0,0011	0,040	0,048	6,26
Deverika	0,210	0,002	0,0006	0,186	0,224	5,27
Mrena	0,025	0,0022	0,009	0,022	0,028	8,85
Šaran	0,051	0,0017	0,0007	0,049	0,054	3,41
Smuđ	0,044	0,0027	0,0011	0,041	0,048	6,16
Som	0,026	0,0014	0,0006	0,024	0,028	5,32

**Prilog 52.** Prosečan sadržaj (Hg) u škragama ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,095	0,0152	0,0062	0,079	0,122	15,96
Deverika	0,181	0,0170	0,0060	0,159	0,210	8,79
Mrena	0,092	0,0194	0,0079	0,068	0,124	21,17
Šaran	0,087	0,0082	0,0033	0,081	0,104	9,42
Smuđ	0,113	0,0163	0,0067	0,088	0,132	14,41
Som	0,048	0,0075	0,0031	0,041	0,061	15,57

**Prilog 53.** Prosečan sadržaj (Cu) u škragama ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	1,70	0,0894	0,0365	1,60	1,80	5,26
Deverika	0,698	0,0351	0,0143	0,652	0,748	5,05
Mrena	2,17	0,1862	0,0760	1,90	2,40	8,59
Šaran	1,92	0,1722	0,0703	1,70	2,20	8,99
Smuđ	0,833	0,0618	0,0252	0,720	0,880	7,48
Som	1,15	0,1871	0,0764	0,901	1,40	16,27

**Prilog 54.** Prosečan sadržaj (Fe) u škragama ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	14,92	0,7083	0,2892	14,00	15,90	4,75
Deverika	51,15	0,9225	0,3766	49,80	52,10	1,80
Mrena	15,52	0,4622	0,1887	14,90	16,00	2,98
Šaran	54,60	0,5477	0,2236	53,90	55,20	1,00
Smuđ	27,93	0,6346	0,2591	27,10	28,90	2,27
Som	41,43	1,244	0,5077	40,00	43,10	3,00

**Prilog 55.** Prosečan sadržaj (Zn) u škragama ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	40,23	1,021	0,4169	39,10	41,50	2,54
Deverika	14,43	0,437	0,178	13,90	15,10	3,03
Mrena	12,33	0,3724	0,1520	11,80	12,80	3,02
Šaran	22,17	1,472	0,6009	20,11	24,32	6,64
Smuđ	21,25	1,881	0,7680	18,50	23,10	8,85
Som	16,15	0,3937	0,1607	15,70	16,80	2,44

**Prilog 56.** Prosečan sadržaj (As) u škragama ispitivanih vrsta riba, (mg/kg)

Vrsta ribe	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		Sd	Se	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$C_v$ (%)
Babuška	0,292	0,0232	0,0095	0,260	0,331	7,94
Deverika	0,662	0,0314	0,012	0,612	0,703	4,75
Mrena	0,643	0,0294	0,0120	0,602	0,681	4,58
Šaran	0,103	0,0141	0,0057	0,082	0,119	14,14
Smuđ	0,595	0,0207	0,0085	0,571	0,632	3,49
Som	0,212	0,014	0,0057	0,189	0,234	6,73

## Biografija autora

Dragoljub Jovanović je rođen 05. septembra 1970 god. u Beogradu. Osnovnu i srednju školu završio je u Beogradu. Hemijski fakultet, Univerziteta u Beogradu upisao je školske 1989. godine i počeo da ga pohađa po odsluženju vojnog roka 1989/90. godine, a diplomirao aprila 1997. godine.

Po diplomiranju, 2005. god., upisao je poslediplomske studije, odsek magistratura, smer hemija životne sredine, i položio sve planom i programom predviđene ispite, a 07. jula 2010. god. odbranio magistarsku tezu pod nazivom: „Sinteza i karakterizacija soli cinka(II) sa 9-amino-1,2,3,4- tetrahidroakridinom“.

Nakon završenih studija, oktobra 1997. god. zaposlio se u Ekotosikološkoj laboratoriji Gradskog Zavoda za zaštitu zdravlja, gde je radio na gasnom hromatografu. Školske 1999/2000. god. radio je u prosveti kao nastavnik hemije. Marta 2000. god., zaposlio se kao stručni saradnik na Katedri za ishranu na Veterinarskom fakultetu, gde je i danas angažovan. Dragoljub Jovanović od 2008-2013. god. vršio je dužnost tehničkog rukovodioca akreditovane laboratorije Katedre za ishranu i botaniku, na Fakultetu veterinarske medicine. Na Katedri za ishranu i botaniku radi na atomskom apsorpcionom spektrometru, a takođe izvodi i druge spektroskopske i hromatografske analize. Kao autor i koautor učestvovao je u izradi 12 naučnih radova. Od 2010. god. uključen je u projekat Ministarstva nauke i prosvete Republike Srbije „Odabrane biološke opasnosti za bezbednost/kvalitet hrane animalnog porekla i kontrolne mere od farme do potrošača“, Tehnološki razvoj, 2011-2014, br.projekta. 031034. Član je Komisije za standarde i srodna dokumenta (KS E034-10) – *Hrana za životinje* pri Institutu za standardizaciju Srbije. U okvir svog stručnog usavršavanja završio je sledeće obuke: “Obrada rezultat međulaboratorijskog ispitivanja”, u organizaciji Saveza hemijskih inženjera Srbije; “Implementacija interne kontrole kvaliteta u laboratorijama”, u organizaciji Saveza hemijskih inženjera Srbije; “Validacija metoda u laboratorijskoj praksi” u organizaciji Saveza hemijskih inženjera Srbije, “Train Mic-Principi i primene metrologije u hemiji”, u organizaciji Direkcije za mere i dragocene metale i Akreditacionog tela Srbije; “Propisi EU u oblasti hrane za životinje i njihova implementacija” u organizaciji Ministarstva Republike Srbije Uprava za Veterinu i Francuske ambasade U Beogradu; “Biološka bezbednost i kvalitet hrane”, “Novi pristupi kod klasičnih hemijskih analiza”.

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а \_\_\_\_\_ мр Драгољуб Јовановић \_\_\_\_\_

број уписа \_\_\_\_\_

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

„Испитивање садржаја тешких метала и металоида у ткивима риба из отворених вода у зависности од начина исхране“

- 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, 22. мај 2015. године

  
\_\_\_\_\_

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Драгољуб Јовановић

Број уписа \_\_\_\_\_

Студијски програм \_\_\_\_\_

Наслов рада: „Испитивање садржаја тешких метала и металоида у ткивима риба из отворених вода у зависности од начина исхране“

Ментор: Проф. др Драган Шефер

Потписани мр Драгољуб Јовановић

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, 22. мај 2015. године

  
\_\_\_\_\_

### Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

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

„Испитивање садржаја тешких метала и металоида у ткивима риба из отворених вода у зависности од начина исхране“

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, 22. мај 2015. године

Л. Јовановић



1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.