

ZNANSTVENO MIŠLJENJE

Znanstveno mišljenje o teškim metalima u mesu divljači

Radna grupa za izradu znanstvenog mišljenja

Zahtjev HAH – Z – 2012-3)

Usvojeno 18. srpnja 2012.

ČLANOVI RADNE GRUPE

Prof. dr.sc. Emil Srebočan, prof.dr.sc. Tihomir Florijančić, dr. sc. Nina Bilandžić, dr.sc. Maja Vihnanek – Lazarus, mr.sc. Ivica Bošković

KOORDINATOR IZ HAH-a

Andrea Gross-Bošković, dipl.ing.

SAŽETAK

Kadmij (Cd), olovo (Pb), živa (Hg) i arsen (As) sastavni su dio Zemljine biosfere, ne razgrađuju se već kruže u prirodi u različitim oksidacijskim i kemijskim oblicima. Čovjekovim djelovanjem povećavaju se prirodno prisutne razine tih elemenata u okolišu. Vodene i zračne struje prenose ih na velike udaljenosti od izvora onečišćenja, tako dolaze u tlo i biljke, a prehrambenim lancem i u životinje te čovjeka. Hrana biljnog i životinjskog podrijetla, uz elemente esencijalne za organizam, sadrži i elemente kao Cd, Hg, Pb i As koji nemaju poznatu funkciju u organizmu. Ti elementi u malim količinama mogu biti (otrovni) štetni, a njihovi toksični učinci ovise o unesenoj (dozi) količini, oksidacijskom stanju i kemijskom obliku. Oni imaju sposobnost nakupljanja u organizmu, ograničena im je mogućnost detoksikacije, sporo se izlučuju iz organizma, a zajedničko obilježje im je višestruko toksično djelovanje na organe kao što su pluća, bubrezi, jetra, žuč i probavni trakt. Divljač se, kao predstavnik divljeg svijeta šume i njenih rubnih dijelova, smatra pogodnim bioindikatorom eventualne onečišćenosti okoliša navedenim elementima.

Razine Cd, Pb, Hg i As u domaćih i divljih životinja u pravilu se uvelike razlikuju jer divlje životinje imaju slobodu izbora hrane, prehrana im ovisi o sezonskoj raspoloživosti određene vrste hrane, hrane se na velikom teritoriju te većinom žive puno duže od domaćih životinja kojima je prehrana jednolična, kontrolirana, a time i nižih razina Cd, Pb, Hg i As.

U Republici Hrvatskoj ne postoji nacionalna legislativa s obzirom na najviše dopuštene količine teških metala u mišićnom tkivu i iznutricama divljih životinja koje se koriste u prehrani, stoga su u procjeni zdravstvene ispravnosti mesa i iznutrica divljači korištene vrijednosti Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN, 154/08) pod nazivljem *meso i iznutrice odnosno jetra i bubreg goveda, ovaca, svinja i peradi*. Pravilnikom o izmjenama i dopunama Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN, 78/2011) u potpunosti su izbrisane vrijednosti za arsen (kao i željezo i nikal) koje se mogu naći u hrani, što znači da razine ukupnog arsena i u tkivima divljači više ne podliježu zakonskim propisima.

Procjena izloženosti ljudi Cd, Hg, Pb i As iz hrane tj. mesa i iznutrica divlje svinje, običnog jelena i srne, temeljena je na izmjerenim koncentracijama tih elemenata (medijanu koncentracije) objavljenima u Stručnoj studiji. U nedostatku točnih podataka o količini konzumiranog mesa i iznutrica divljači prosječne odrasle osobe u Hrvatskoj, u procjeni izloženosti korišteni su podaci iz Statističkog ljetopisa 2011. Državnog zavoda za statistiku o godišnjem prosjeku potrošnje divljači i mesa kunića tj. jestivih iznutrica po članu kućanstva.

Prema rezultatima Stručne studije, lovci i članovi njihova kućanstva učestalije konzumiraju divljač pa zbog toga unose i veće količine Cd, Pb, Hg i As od prosjeka populacije. Za pretpostaviti je da količina konzumiranog mesa divljači uvelike premašuje količinu konzumiranih iznutrica gdje su nađene više razine elemenata. Time je i rizik od unosa navedenih elemenata u količini koja bi premašila preporučene vrijednosti malen, čak i u ovom dijelu populacije. Osjetljivim populacijskih skupinama, djeci, trudnicama i dojiljama preporuča se ne konzumirati iznutrice divljači. Opća populacija Hrvatske prosječnom konzumacijom mesa pa i iznutrica divljači od nekoliko puta godišnje zanemarivo će povećati unos Cd, Pb, Hg i As hranom. Iznimka je konzumacija bubrega divljih svinja kojima će se unijeti nešto više Cd no ni te količine neće premašiti dopušteni tjedni unos.

S obzirom na nutritivnu vrijednost mesa divljači i gotovo zanemariv unos toksičnih elemenata, nema preporuka vezanih za količinu konzumiranog mesa divljači.

KLJUČNE RIJEČI

teški metali, As, Cd, Pb, Hg, meso divljači, procjena rizika

SUMMARY

Cadmium (Cd), lead (Pb), mercury (Hg) and arsenic (As) are an integral part of Earth's biosphere, they do not decompose than circulate in nature in different oxidation and chemical forms. Human activities increase the levels of these naturally occurring elements in the environment. Water and air currents carry them over long distances from sources of pollution, (coming into the) they are entering soil and plants, and through a food chain in animals and humans. Foods of plant and animal origin, with the elements essential for the organism, (includes) contain elements such as Cd, Hg, Pb and As that have no known function in the body. In small quantities these elements can be toxic, and their toxic effects depend on (dose) the amount, oxidation state and chemical form. They have the ability to accumulate in the body. Their detoxication ability is limited, they are slowly excreted from the body, and their common characteristic is multiple toxic effects on organs such as lungs, kidneys, liver, bile and digestive tract.

Game, as a representative of wildlife and their end portions, is considered (as) suitable bioindicator of potential pollution of the environment from these elements. Levels of Cd, Pb, Hg and As in domestic animals and game are generally very different, because game have the freedom to choose their food, their diet depends on the seasonal availability of certain types of food, they feed on a large territory and mainly live a lot longer than domestic animals whose nutrition is uniform, controlled, and thus have lower levels of Cd, Pb, Hg and As.

In Croatia there is no national legislation regarding the maximum allowable amounts of heavy metals in muscle tissues and intestinal organs for game used in the diet, therefore, in assessing the safety of game meat and offal values defined in Ordinance on the maximum levels of certain contaminants in foodstuffs (OG 154/08) under the titles *meat and offal i.e. liver and kidney of cattle, sheep, pigs and poultry* were used. Ordinance amending the previous Ordinance on maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (OG 78/2011) completely deleted values for arsenic (as well as iron and nickel) that can be found in food, which means that total arsenic levels in game tissues is no longer subject to statutory regulations.

Assessment of human exposure to Cd, Hg, Pb and As from food, i.e. meat and offal of wild boar, red deer and roe deer, is based on measured concentrations of these elements (median concentration) published in expert studies. In the absence of accurate data on the quantity of consumed game meat and offal for average adults in Croatia, exposure assessment data from the Statistical Yearbook 2011th of Central Bureau of Statistics on the annual average consumption of game meat and rabbits i.e. edible offal per household were used.

According to the results of expert studies, hunters and members of their households frequently (consume) eat game meat, thus (entering) consuming larger amounts of Cd, Pb, Hg and As than the average population. It is assumed that the amount of consumed game meat greatly exceeds the amount of consumed offal where higher-level of elements are found. This makes a risk of these elements to exceed the recommended amount small, even in this part of the population. Vulnerable

population groups, like children, pregnant women and nursing mothers, are advised not to consume offal from game. The exception is the consumption of the kidneys of wild pigs that would contribute more in Cd intake but even that amount would not exceed the permissible weekly intake.

Given the nutritional value of game meat and almost negligible intake of toxic elements, there are no recommendation regarding the amount of consumed game meat

KEY WORDS

heavy metals, As, Cd, Pb, Hg, game meat, risk assessment

SADRŽAJ

SAŽETAK	1
SUMMARY	3
POZADINA SLUČAJA	6
PROCJENA RIZIKA	
1. IDENTIFIKACIJA OPASNOSTI	
1.1. Prisutnost kadmija, olova žive i arsena u prirodi, divljim i domaćim životinjama	7
1.2. Zakonodavstvo	8
1.3. Određivanje koncentracije teških metala u tkivima	9
2. KARAKTERIZACIJA OPASNOSTI	
2.1. Kadmij	9
2.2. Živa	10
2.3. Olovo	11
2.4. Arsen	12
2.5. Analiza rezultata toksičnih elemenata stručne studije u divljih svinja, jelena i srne	13
3. PROCJENA IZLOŽENOSTI	20
4. KARAKTERIZACIJA RIZIKA	23
5. ZAKLJUČCI I PREPORUKE.....	24
6. LITERATURA	26

POZADINA SLUČAJA

Studija "Procjena rizika od teških metala u mesu divljači na zdravlje potrošača" inicirana je od strane Hrvatske agencije za hranu (HAH) temeljem problema koji su se pojavili tijekom 2007. godine na području Virovitičko - podravske županije zbog nalaza o prekomjernim koncentracijama teških metala u mesu divljači. Aktivnosti koje su u to vrijeme poduzimane uključivale su formiranje kriznog stožera koji se nekoliko puta sastajao po istom pitanju, a kao jedan od zaključaka bio je da studiju o procjeni sigurnosti od teških metala u mesu divljači treba izraditi Hrvatska agencija za hranu.

Kako do službenog zahtjeva od strane nadležnog tijela nije došlo, u proljeće 2008. HAH je samoinicijativno pokrenula zahtjev za provođenjem ove studije. Nakon provedenog javnog natječaja u rujnu 2008., za nositelja studije izabran je Poljoprivredni fakultet u Osijeku, dok je izvođač analiza bio Hrvatski veterinarski institut, Zagreb.

Studija je započela u siječnju 2009. godine, a planirano vrijeme trajanja provedbe bilo je godinu dana. Međutim, kako se tijekom prve godine, zbog plana lovno-gospodarskih osnova za odstrelom jelenske i srneće divljači nije mogao realizirati predviđeni broj uzoraka sve navedene divljači, nego samo svinjske divljači, vrijeme provedbe studije je prolongirano te je ona završena u drugoj polovini 2011. godine.

Temeljem rezultata studije kao i ostalih relevantnih stručnih i znanstvenih radova, izrađeno je predmetno znanstveno mišljenje koje će nadležnom tijelu služiti u svrhu izrade plana monitoringa te plana službenih kontrola za određivanje teških metala u mesu divljači.

ZAHVALE

Hrvatska agencija za hranu zahvaljuje svim članovima Radne grupe u izradi ovog znanstvenog mišljenja.

PROCIJENA RIZIKA

1. IDENTIFIKACIJA OPASNOSTI

1.1. Prisutnost kadmija, olova žive i arsena u prirodi, divljim i domaćim životinjama

Kadmij (Cd), olovo (Pb), živa (Hg) i arsen (As) sastavni su dio Zemljine biosfere, ne razgrađuju se već kruže u prirodi u različitim oksidacijskim i kemijskim oblicima. Čovjekovim djelovanjem povećavaju se prirodno prisutne razine tih elemenata u okolišu. Vodene i zračne struje prenose ih na velike udaljenosti od izvora onečišćenja, tako dolaze u tlo i biljke, a prehrambenim lancem i u životinje te čovjeka. Hrana biljnog i životinjskog podrijetla, uz elemente esencijalne za organizam, sadrži i elemente kao Cd, Hg, Pb i As koji nemaju poznatu funkciju u organizmu. Ti elementi u malim količinama mogu biti (otrovni) štetni, a njihovi toksični učinci ovise o unesenoj (dozi) količini, oksidacijskom stanju i kemijskom obliku. Oni imaju sposobnost nakupljanja u organizmu, ograničena im je mogućnost detoksikacije, sporo se izlučuju iz organizma, a zajedničko obilježje im je višestruko toksično djelovanje na organe kao što su pluća, bubrezi, jetra, žuč i probavni trakt.

Djeca i trudnice dio su populacije posebno osjetljive na toksične učinke Cd, Hg, Pb i As. Nakon što ovi elementi uđu u pluća inhalacijom, ili u probavni sustav putem hrane i pitke vode, talože se na stjenke dišnih puteva ili se apsorbiraju kroz sluznicu probavnog sustava, od kuda ulaze u krv. Većina metala oštećuje organe i organske sustave, a toksičnost se očituje djelujući na specifične biokemijske procese (enzim) ili membranu stanice pa i organele. Stupanj disocijacije kemijskog spoja u kojem je vezan metal u procesu apsorpcije povezan je s otrovnosti metala. Čimbenik koji utječe na otrovnost je povećanje kiselosti probavnog sadržaja kada se povećava resorpcija nekih esencijalnih metala, kao što su željezo i bakar, što pak smanjuje resorpciju otrovnih metala. Drugi čimbenici toksičnosti su starosna dob i način života osobe; tako unošenje alkohola u organizam povećava resorpciju otrovnih metala, dok se kod povećane količine proteina u prehrani zdravog organizma, otrovnost Cd i Pb smanjuje (Merian i sur. 2004, Goyer 1986).

Divljač se smatra pogodnim bioindikatorom eventualne onečišćenosti okoliša navedenim elementima. Ustanovljeno je da su Pb i Cd najčešći toksični metalni zagađivači u tkivima jetre i bubrega običnog jelena (*Cervus elaphus L.*), srne obične (*Capreolus capreolus L.*) i divljih svinja (*Sus scrofa*) u mediteranskom šumskom ekosustavu u Španjolskoj (García Fernández-et al, 1995.; 1996, Santiago, 1998), odnosno različitim područjima Hrvatske (Pompe-Gotal i Prevendar Crnić 2002; Lazarus i sur. 2008; Bilandžić i sur., 2009, 2012; Srebočan i sur., 2005, 2011.).

Razine Cd, Pb, Hg i As u domaćih i divljih životinja u pravilu se uvelike razlikuju jer divlje životinje imaju slobodu izbora hrane, prehrana im ovisi o sezonskoj raspoloživosti određene vrste hrane, hrane se na velikom teritoriju te većinom žive puno duže od domaćih životinja kojima je prehrana jednolična, kontrolirana, a time i nižih razina Cd, Pb, Hg i As.

Cd, Pb i Hg imaju sposobnost nakupljanja u organizmu pa s dužom konzumacijom hrane iz okoliša koja ima nešto veće razine od hrane u uzgajalištima, divlje životinje posljedično imaju prirodno više razine ovih metala u svojim tkivima. S obzirom da je divljač u Hrvatskoj poželjna i vrlo cijenjena namirnica ljudske prehrane važna je njena zdravstvena ispravnost.

1.2. Zakonodavstvo

U Republici Hrvatskoj ne postoji nacionalna legislativa s obzirom na najviše dopuštene količine teških metala u tkivu i iznutricama divljih životinja koje se koriste u prehrani. Pravilnikom o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN, 154/08), donesenom prema Uredbi Europske komisije br. 1881/2006/EZ (EC, 2006) i 629/2008/EZ (EC, 2008), nacionalna legislativa određuje najviše dopuštene količine metala u domaćim životinjama (mg/kg). Ovim Pravilnikom, odnosno Uredbom, nisu obuhvaćene vrijednosti za živu.

Pravilnikom o izmjenama i dopunama Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN, 78/2011) donesenom prema Uredbi Europske komisije br. 420/2010 (EC, 2011) u potpunosti su izbrisane vrijednosti za arsen (kao i željezo i nikal) koje se mogu naći u hrani, što znači da razine ukupnog arsena i u tkivima divljači više ne podliježu zakonskim propisima.

Stoga su u procjeni zdravstvene ispravnosti mesa i iznutrica divljači za procjenu toksičnih količina teških metala korištene vrijednosti Pravilnika pod nazivljem *meso i iznutrice odnosno jetra i bubreg goveda, ovaca, svinja i peradi* (Tablica 1). Interpretacijom koncentracija Cd, Pb i Hg prema postojećem Pravilniku utvrđene koncentracije nerijetko prelaze najveće dopuštene količine što ne znači da će ljudi konzumacijom tih organa ugroziti zdravlje. Kao i sa svakim drugim otrovom, ključna je doza tj. količina i učestalost konzumacije takvih organa. Stoga bi Pravilnikom trebalo diferencirati dopuštene količine ovih elemenata u tkivima divljih od količina u domaćim životinjama uzevši u obzir i koliko često se divlje životinje konzumiraju, u odnosu na domaće. Za tu svrhu bilo bi potrebno provesti opsežno istraživanje na temelju kojeg bi se mogle postaviti temelji za higijensku ispravnost mesa divljači s obzirom na prisutnost teških metala.

Tablica 1. Najviše dopuštene količine metala (mg/kg) prema Pravilniku o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN, 154/08)

Organ goveda, ovaca, svinja i peradi	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	As (mg/kg)
Jetra	0,5	0,5	-	0,5
Bubreg	0,5	1,0	-	0,5
Mišić	0,1	0,05 0,2 - konj	-	0,1

1.3. Određivanje koncentracija teških metala u tkivima

Prilikom određivanja koncentracije metala u organizmu analiziraju se tkiva/dijelovi tkiva u kojima se traženi element nakuplja ili je aktivan. Kadmij i živa nakupljaju se u proksimalnim kanalčićima bubrega (Merian i sur. 2004) koji se većim dijelom nalaze u kori bubrega pa bi za analizu ovih metala najbolje bilo uzorkovati koru bubrega.

Omjer Cd u kori bubrega i cijelom bubregu izmjerili su različiti istraživači kod više vrsta životinja i kod čovjeka, a iznosio je za jelena 1.38 i 1.5, za govedo 1.37, za svinju 1.14, a za čovjeka 1.25 (Lazarus i sur. 2008). Ujednačeno uzorkovanje vrlo je važno za kasniju obradu podataka i usporedbu rezultata s literaturnim podacima.

Kako bi osigurali reprezentativnu analizu Hg u biološkim uzorcima, zbog specifične prirode Hg, uzorke treba zaštititi od odmrzavanja i ponovnog zamrzavanja (gubitak analita) te bakterijske kontaminacije (bakterije prevode metil-Hg u anorgansku Hg te anorgansku u elementarnu koja se zatim može izgubiti hlapljenjem) (Merian i sur. 2004).

Kontaminacija uzoraka za analizu olovom nije rijetkost zbog uporabe streljiva u lovu, u kojima se u većoj ili manjoj mjeri nalazi olovo, koje se pri ulazu u tkivo životinje rasipa i ne prolazi van. Također, olovo je prisutno svuda u okolišu, posebno u urbanim područjima pa se uzorak lako može kontaminirati i iz drugih izvora. Stoga je vrlo važno pri uzorkovanju izbjegavati mjesta ranjavanja te koristiti tkivo koje nije bilo u doticaju s mjestom nastrela ili krvnog podljeva. Bubrež je ciljni organ svih elemenata od interesa ove studije (iako s nejednakim afinitetom) pa je njegovo uzorkovanje dobar pokazatelj razine tih elemenata u organizmu. S obzirom na učestalost konzumacije životinjskih tkiva, mišić je primarno tkivo i zbog toga bi se, uz bubrež, trebalo uvijek uzorkovati i analizirati.

Bioraznolikost uzrokuje velike varijacije u razinama elemenata pa se u prikazu rezultata koriste medijani koji bolje predstavljaju distribuciju elemenata u divljači od srednjih vrijednosti.

2. KARAKTERIZACIJA OPASNOSTI

2.1. Kadmij

Kadmij je u industrijskim zemljama jedan od glavnih onečišćivača okoliša, a potječe od proizvodnje pigmenata, baterija, plastike, legura, fosfatnih gnojiva, odlaganja otpada, spaljivanja ugljena, proizvodnje željeza i čelika, fosfatnih gnojiva i cinka. Cd iz tla lako ulazi preko sustava korijena u biljku, jače u kiselim tlima, a manje u tlima bogatim Zn te organskom tvari gdje je vezan za čestice i time manje raspoloživ za apsorpciju u korijen. Stariji organizmi imaju generalno više razine Cd. Morski organizmi sadrže više razine Cd od onih slatkovodnih te kopnenih. Monitoring je pokazao da na razinu Cd utječe više faktora: prije svega, to je dob, a zatim vrsta i spol organizma, sezona

prikupljanja uzorka te okolišne razine Cd (Merian i sur. 2004). Hrana i voda su glavni izvor Cd kod sisavaca i ljudi (nepušača), a manje inhalacija. Od prehrambenih namirnica najveći izvor Cd u hrani su žitarice i povrće. Čovjek iz hrane apsorbira svega 3-5% Cd, ali se on nakuplja i zadržava u organizmu s vremenom poluraspada od 10-30 godina. Kod pušača je najveći izvor Cd cigaretni dim. Nakuplja se u bubrezima i jetri zbog čega kronična izloženost dovodi prvo do promjena na bubrezima. Cd je klasificiran kao humani karcinogen. Bioraspoloživost, zadržavanje i na kraju toksičnost Cd kod ljudi ovise o prehranbenom statusu (unos Fe i proteina), broju prethodnih trudnoća, stanju organizma ili bolesti. Razina Cd u kori bubrega kod koje bi došlo do njihova oštećenja (kritična koncentracija - određena od strane Svjetske zdravstvene organizacije; WHO) razlikuje se, primjerice, za štakora (360-720 µg/g s.t.) i čovjeka (200 µg /g mokre težine tkiva) (Wolkers i sur. 1994). Holterman i sur. (1984) nisu našli histopatološke promjene na tkivu konja iako je u bubregu sadržavao 3.37-136 µg/g Cd. Goering i sur. (1995) našli su promjene na hepatocitama i u aktivnosti enzima u plazmi štakora tek iznad 60 µg Cd/g jetre.

Procijenjeno je da se prosječni ukupni dnevni unos Cd u Njemačkoj, većini Europskih zemalja, SAD i Novom Zelandu kreće između 10 i 30 µg za osobu tešku 70 kg (Merian i sur. 2004). U Hrvatskoj je prosječni unos Cd procijenjen na 17,3 µg Cd/osobi/dan tj. 0,25 µg Cd/kg tjelesne mase/dan za osobu tešku 70 kg (Sapunar-Postružnik i sur. 1996), a u starijoj studiji, metodom duplih dijeta, na 8,5 µg Cd/osobi/dan tj. 0,12 µg Cd/kg tjelesne mase/dan (Blanuša i sur. 1991). European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) u znanstvenom mišljenju 2009. godine navodi da se prosječni tjedni unos Cd hranom u Europi kreće između 1,9 i 3,0 µg/kg tjelesne mase, a za izloženije potrošače i do 3,9 µg/kg tjelesne mase. Vegetarijanci, redoviti potrošači školjkaša i divljih gljiva mogu imati još viši tjedni unos Cd, do 5,4 µg/kg tjelesne mase. U istom mišljenju procijenjen je utjecaj čestog konzumiranja (100 g tjedno) iznutrica kao hrane s visokim udjelom Cd na izloženost ljudi Cd iz hrane. Čestom konzumacijom bubrega starije životinje povećao bi se ukupni tjedni unos Cd iz hrane za 0,96 µg/kg tjelesne težine. Zajednički WHO/FAO stručni odbor za aditive u hrani (FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA), 2010) povukao je prijašnju preporuku o potencijalno dopuštenom tjednom unosu Cd od 7 µg/kg tjelesne težine (PTWI; provisional tolerable weekly intake) zbog iznimno dugog vremena poluraspada te preporuku izrazio na mjesečnoj bazi (PTMI; provisional tolerable monthly intake: 25 µg/kg tjelesne mase), dok EFSA CONTAM Panel 2009. godine postavlja dopušteni tjedni unos na 2.5 µg Cd/kg tjelesne mase (TWI; tolerable weekly intake).

2.2. Živa

Živa kruži i perzistira u prirodi, a prisutna je u tri oblika koji imaju različitu toksičnost zbog razlike u distribuciji u organizmu: elementarna, anorganska i organska (na pr. metil-, etil-Hg). Sastavni je dio Zemljine kore od kuda se oslobađa vulkanskom aktivnošću i ispiranjem stijena no čovjek svojim aktivnostima (sagorijevanje fosilnih goriva, posebno ugljena, spaljivanje otpada, rudarenje Hg i Au) ponajviše utječe na onečišćenje okoliša. Prijenos Hg iz tla, pogotovo u nadzemne dijelove biljke,

gotovo je zanemariv pa je razina Hg u biljaka, posljedično i u mesu domaćih životinja, niska. Više razine mogu se naći u njihovim iznutricama (bubreg, jetra, slezena). Općenito, izloženost ljudi i divljih životinja Hg konzumacijom kopnenih organizama zanemariva je u odnosu na izloženost konzumacijom ribe. Morski organizmi, od namirnica, sadrže najviše razine Hg i to u obliku metil-Hg. Živa iz vode, sedimenta i drugih biota metilacijom ulazi u prehrambeni lanac, biokoncentrira se, bioakumulira te razina Hg raste prema vrhu lanca (Merian i sur. 2004). Čestom konzumacijom velikih riba koje dugo žive i pri vrhu su prehrambenog lanca (na pr. tuna, morski pas) čovjek može višestruko povećati unos Hg u organizam. Čovjek apsorbira 1-7% anorganske Hg iz hrane koja se nakuplja u bubregu s vremenom poluraspada od 40 dana. Organska Hg ima poseban toksikološki značaj jer se, nakon gotovo potpune apsorpcije (90-95%) iz gastrointestinalnog trakta, nakuplja i zadržava posebno u mozgu s vremenom poluraspada od oko 70 dana (Goyer 1986). Svi oblici Hg prelaze kroz placentu do fetusa, a mali dio se izlučuje i u mlijeko pa neke američke i britanske agencije preporučuju trudnicama, dojiljama i maloj djeci da ograniče obroke morskih organizama, posebno zbog unosa metil-Hg (Merian i sur. 2004).

Na temelju statističkih podataka o prosječnoj godišnjoj potrošnji ribe po članu kućanstva u Hrvatskoj Bošnjir i sur. (1999) su procijenili prosječni tjedni unos Hg za opću populaciju na 19 µg ukupne žive po osobi te 16 µg metil-Hg po osobi. Procjene unosa ukupne i metil-Hg za populaciju otoka Visa koja vrlo često konzumira ribu pokazale su da oko 20% stanovništva premašuje potencijalno dopušteni tjedni unos (PTWI) iako razine u kosi nisu premašivale kritičnu razinu kod koje se očekuje toksični učinak (Buzina i sur. 1995). Zajednički WHO/FAO stručni odbor za aditive u hrani povukao je prijašnju preporuku o potencijalno dopuštenom tjednom unosu ukupne Hg (PTWI: 5 µg/kg tjelesne mase) te postavio novu preporuku o potencijalno dopuštenom tjednom unosu anorganske Hg od 4 µg/kg tjelesne mase koja bi se koristila za izloženost ukupnoj Hg iz hrane koja ne obuhvaća ribe i školjke (FAO/WHO JECFA, 2010a).

2.3. Olovo

Olovo je sveprisutno u okolišu, a najvećim dijelom potječe od industrijske aktivnosti (proizvodnja akumulatora, kemijska industrija, proizvodnja boja i glazura, električnih kablova, vodovodnih i kanalizacijskih cijevi). Osim u slučaju profesionalne izloženosti, čovjek unosi najviše Pb putem hrane: olovom glaziranim keramičkim posudama ili lemljenim limenkama za hranu i piće, vodom (osobito zbog olovnih cijevi), zrakom (ispušni plinovi vozila na olovni benzin), navikama pušenja (dim duhana sadrži Pb) i konzumacijom alkohola. Tako je 1995. godine čak 90.6% ukupne emisije olova u Hrvatskoj bilo rezultat izgaranja olovnog benzina jer je bezolovni benzin u ukupnoj potrošnji benzina sudjelovao sa samo 26% (Moše i sur. 1999). Prodaja olovnog benzina u Hrvatskoj prestala je tek početkom 2006. godine. Od prehrambenih namirnica najveći izvor Pb u hrani su proizvodi od žitarica, rajčica, lisnato povrće i voda iz vodovoda. Olovo se nakuplja u organizmu tijekom cijelog života, uključujući i prenatalni period. Apsorpcija iz gastrointestinalnog trakta iznosi oko 10% u odraslih osoba, značajno više u male djece i osoba natašte. Nizak sadržaj kalcija, fosfora,

cinka i željeza te proteina u hrani povećavaju apsorpciju Pb. Ukupni sadržaj Pb u organizmu može se podijeliti na najmanje dva kinetička bazena. Kostur je najveći i Pb najbogatiji (90%) bazen, ali i kinetički najsporiji (Merian 2004). To čini kosti dobrim pokazateljem sadržaja Pb u organizmu, iako i ne najdostupnijim. Ostatak Pb (manje od 10%) nalazi se u krvi i mekim tkivima (bubrezi i jetra). Olovo uzrokuje oštećenja bubrega, testisa, kosti, gastrointestinalnog i živčanog sustava, a proglašen je i mogućim kancerogenom. Trudnice i mala djeca posebno su osjetljiva na djelovanje Pb.

Unos Pb hranom istraživao je metodom duplih dijeta na maloj populaciji žena iz Zagreba te je procijenjen na 15 µg Pb/osobi/dan tj. 0,21 µg Pb/kg tj.t./dan za osobu tešku 70 kg (Blanuša i sur. 1991). Drugim istraživanjem unos Pb odrasle osobe u Hrvatskoj je procijenjen na 100 µg/osobi/dan tj. 1,43 µg Pb/kg tj.t./dan (Sapunar-Postružnik i sur. 1996). EFSA CONTAM Panel u znanstvenom mišljenju 2010. godine navodi da se dnevni unos Pb hranom za prosječnog odraslog potrošača u 19 Europskih zemalja kreće između 0,36 i 1,24 µg/kg tjelesne težine, a za izloženije potrošače i do 2,43 µg/kg tjelesne mase. U istom mišljenju procijenjen je utjecaj čestog konzumiranja (200 g tjedno) mesa divljači i iznutrica divljači (100 g tjedno) na izloženost ljudi Pb iz hrane. Česta konzumacija mesa divljači 2,5 puta je povećala unos Pb iz hrane dok je česta konzumacija iznutrica divljači imala skroman utjecaj na unos Pb iz hrane. Zajednički WHO/FAO stručni odbor za aditive u hrani povukao je prijašnju preporuku o potencijalno dopuštenom tjednom unosu Pb od 25 µg/kg tjelesne težine (PTWI; FAO/WHO JECFA, 2010). EFSA CONTAM Panel 2010. zaključuje da dosadašnji PTWI više nije prikladan već pri procjeni rizika od dugotrajne oralne izloženosti Pb predlaže vrijednosti BMDL₀₁ (low boundary of benchmark dose) od 0,50 µg Pb/kg tj.t. na dan (za razvojnu neurotoksičnost), 1,50 µg/kg tj.t./dan (za učinak na sistolički krvni tlak) te 0,63 µg/kg tj.t./dan (za učinke na učestalost kronične bolesti bubrega), kao granicu dnevnog unosa Pb ispod koje ne dolazi do kritičnih zdravstvenih učinaka.

2.4. Arsen

Arsen je široko rasprostranjen u okolišu i većinom se transportira u vodi. Prisutan je u puno oblika (anorganski i organski) različitih karakteristika, a može biti tro- ili peterovalentan. Od anorganskih oblika, spojevi arsenita (As(III)) često su višestruko toksičniji od onih arsenata (As(V)), dok su organski spojevi (na pr. arsenobetain, arsenošećeri, arsenolipidi) generalno manje toksični od anorganskih. Arsen se koristi u drvnoj, tekstilnoj industriji, industriji stakla i keramike, pripremi insekticida, pesticida, fungicida i rodenticida, herbicida. S obzirom na sastav stijena, podzemne vode nekih područja na Zemlji (posebno u Indiji i Bangladešu) mogu sadržavati visoke razine anorganskog As. Biljke sadrže relativno niske razine As s obzirom na tlo, a prijenos ovisi o sadržaju fosfata i vanadata u tlu. Lišće može sadržavati više As zbog kontaminirane prašine. Gljive nakupljaju As iz tla. Arsen se bioakumulira u vodenim organizmima no njegova razina ne raste prema vrhu prehrambenog lanca. Hrana i piće su glavni izvor As kod ljudi. Namirnice koje se uzgajaju na kopnu općenito sadrže niske razine ukupnog, a time i anorganskog As. Glavni prehrambeni izvor ukupnog As kod ljudi su ribe

i školjke (64-92%) u kojima je >90% As u obliku praktično netoksičnog organskog spoja, arsenobetaina. Ostatak As je u anorganskom obliku i ima toksikološki značaj kod procjene rizika što specijaciju spojeva pri analizi As čini vrlo važnom. Sama brojka ukupnog As u nekoj namirnici bez detalja o odnosu organskih i anorganskih spojeva, primjerice sadržaju arsenobetaina ili arsenokolina koji su neškodljivi, mogla bi rezultirati krivom procjenom zdravstvene ispravnosti namirnice ili precijeniti zdravstveni rizik od konzumacije takve namirnice. Ipak, većina literaturnih podataka navodi sadržaj ukupnog As u namirnicama. Smatra se da udio anorganskog As varira između 50 i 100% ukupnog As u namirnicama (osim riba i morskih plodova gdje je udio puno manji) (EFSA 2009). Najveći izvor anorganskog As su žitarice i njihovi proizvodi, hrana za posebne prehrabene potrebe (na pr. alge), flaširana voda, kava, pivo, riža i rižini proizvodi, riba i povrće. Iako se 60-90% As apsorbira iz gastrointestinalnog trakta, većina (>90%) brzo nestaje iz krvi i izluči se u roku od 48h. Arsen se vremenom ne nakuplja u organizmu značajno, niti njegova količina raste kroz prehrabeni lanac. Arsen djeluje toksično na kožu i pluća (rak), srce, jetru i bubrege.

EFSA CONTAM Panel u znanstvenom mišljenju 2009. godine navodi da se dnevni unos anorganskog As hranom za prosječnog odraslog potrošača u 19 Europskih zemalja kreće između 0,13 i 0,56 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tjelesne mase, a za izloženije potrošače i do 1,22 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tjelesne mase. Zajednički WHO/FAO stručni odbor za aditive u hrani povukao je prijašnju preporuku o potencijalno dopuštenom tjednom unosu anorganskog As od 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tjelesne težine (PTWI; FAO/WHO JECFA, 2010a). EFSA CONTAM Panel 2009. zaključuje da dosadašnji PTWI više nije prikladan već pri procjeni rizika izloženosti anorganskom As predlaže raspon BMDL_{01} vrijednosti od 0,3 do 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tjelesne mase na dan, kao granicu dnevnog dugotrajnog oralnog unosa ispod koje ne dolazi do kritičnih zdravstvenih učinaka (rak pluća, lezije kože).

U vodi za piće arsen je većinom u anorganskom obliku (As (III) ili As (V)) te kao takav ima toksikološki značaj posebno na područjima s prirodno povišenim vrijednostima. Podzemna voda istočne Hrvatske sadrži povišenu razinu As s obzirom na maksimalno dopuštene koncentracije u vodi za piće (NN 47/2008) zbog čega je i unos As konzumacijom vode povišen u tamošnjih stanovnika (Romić i sur. 2011, Čavar i sur. 2005). S obzirom da meso i iznutrice divljači nisu obilježeni kao namirnice s visokom razinom As (EFSA 2009), učestala konzumacija ne bi značajno utjecala na dnevni unos As hranom.

2.5. Analiza rezultata toksičnih elemenata stručne studije u divljih svinja, jelena i srne

Rezultati određivanja zastupljenosti odnosno koncentracija toksičnih elemenata Stručne studije u parenhimskim organima i mišićnom tkivu pojedinih vrsta divljači na području lovišta tri županije, Osječko-baranjske, Virovitičko-podravske i Vukovarsko-srijemske, objedinjeno su prikazani su u Tablicama 1 do 4 (Florijančić, Bošković, 2011). Koncentracije elemenata izražene su kao srednje

vrijednosti, odnosno medijan, s obzirom na pojedine dobne kategorije što je značajno u utvrđivanju nacionalnih najvećih dopuštenih koncentracija za divljač.

Za divlje svinje (*Sus scrofa*) utvrđene su dobne kategorije s reprezentativnim brojem životinja po pojedinoj skupini: mlade do dvije godine (n = 55–57), srednje 2 – 4 godine (n =48-50) i zrele 4 – 6 godina (n =36–39). Postavka studije temeljena je na prijašnjim podacima iz literature da se toksični elementi dugogodišnjim unošenjem u organizam akumuliraju prvenstveno u parenhimskim organima, masnom i mišićnom tkivu. Stoga je pretpostavljeno da je moguće da je meso, odnosno iznutrice, mlađih kategorija ispravno, a da je u srednjedobne i zrele divljači zdravstveno neispravno.

Studija je sukladno prijašnjim saznanjima dokazala da su koncentracije toksičnih elemenata u različitim starosnim kategorijama divljači različite. Međutim, nisu utvrđene statistički značajne razlike što olakšava utvrđivanje kumulacije toksičnih elemenata u tkivima divljih svinja te naglašava definiranje stvarnih razlika u koncentracijama pojedinog toksičnog elementa ovisno o vrsti tkiva u kojoj se određuje.

Koncentracija Cd u bubrezima divljih svinja višestruko je viša je od koncentracija u jetri i mišićima. Utvrđene su pozitivne statistički značajne korelacije između koncentracija Cd u bubregu i jetre odnosno bubregu i mišiću te jetri i mišiću. Rezultati studije su pokazali s obzirom na promatrane županije, da postoje značajne razlike između županija s obzirom na koncentracije u jeri i bubrezima. Također, koncentracija Cd u jetri najviša u Osječko-baranjskoj županiji.

Tablica 1. Koncentracije olova u divljim svinjama s obzirom na dobne kategorije.

Dobna kategorija	Pb	Mišić	Jetra	Bubreg
MLADI	Prosjek (mg/kg)	0,095	0,055	0,088
	Median (mg/kg)	0,025	0,039	0,038
SREDNJI	Prosjek (mg/kg)	0,26	0,060	0,075
	Median (mg/kg)	0,023	0,038	0,043
ZRELI	Prosjek (mg/kg)	0,063	0,041	0,11
	Median (mg/kg)	0,017	0,032	0,041
Sve tri dobne skupine	Prosjek (mg/kg)	0,14	0,053	0,089
	Medijan (mg/kg)	0,023	0,036	0,041

Dobne kategorije: mladi: do 2 godine; srednji: 2 – 4 godine; zreli: 4 – 6 godina

Tablica 2. Koncentracije kadmija u divljim svinjama s obzirom na dobne kategorije.

Dobna kategorija	Cd	Mišić	Jetra	Bubreg
MLADI	Prosjek (mg/kg)	0,013	0,19	2,08
	Median (mg/kg)	0,007	0,14	1,52
SREDNJI	Prosjek (mg/kg)	0,016	0,30	2,89
	Median (mg/kg)	0,012	0,22	2,47

ZRELI	Prosjek (mg/kg)	0,024	0,33	2,56
	Median (mg/kg)	0,015	0,19	1,69
Sve tri dobne skupine	Prosjek (mg/kg)	0,017	0,26	2,57
	Medijan (mg/kg)	0,01	0,169	1,92

Dobne kategorije: mladi: do 2 godine; srednji: 2 – 4 godine; zreli: 4 – 6 godina

Tablica 3. Koncentracije žive u divljim svinjama s obzirom na dobne kategorije.

Dobna kategorija	Hg	Mišić	Jetra	Bubreg
MLADI	Prosjek (mg/kg)	0,0056	0,019	0,30
	Median (mg/kg)	0,0042	0,018	0,081
SREDNJI	Prosjek (mg/kg)	0,0074	0,027	0,14
	Median (mg/kg)	0,0045	0,020	0,063
ZRELI	Prosjek (mg/kg)	0,0072	0,017	0,26
	Median (mg/kg)	0,0050	0,024	0,091
Sve tri dobne skupine	Prosjek (mg/kg)	0,0066	0,022	0,23
	Medijan (mg/kg)	0,005	0,018	0,077

Dobne kategorije: mladi: do 2 godine; srednji: 2 – 4 godine; zreli: 4 – 6 godina

Tablica 4. Koncentracije arsena u divljim svinjama s obzirom na dobne kategorije.

Dobna kategorija	As	Mišić	Jetra	Bubreg
MLADI	Prosjek (mg/kg)	0,014	0,016	0,017
	Median (mg/kg)	0,020	0,020	0,020
SREDNJI	Prosjek (mg/kg)	0,016	0,017	0,016
	Median (mg/kg)	0,020	0,020	0,020
ZRELI	Prosjek (mg/kg)	0,015	0,015	0,016
	Median (mg/kg)	0,020	0,02	0,020
Sve tri dobne skupine	Prosjek (mg/kg)	0,015	0,016	0,016
	Medijan (mg/kg)	0,020	0,020	0,020

Dobne kategorije: mladi: do 2 godine; srednji: 2 – 4 godine; zreli: 4 – 6 godina

Određene koncentracije uspoređene su sa koncentracijama toksičnih elemenata Cd, Pb i Hg u tkivima divljih svinja utvrđenih u prijašnjim istraživanjima u posljednja 2 desetljeća u Republici Hrvatskoj te drugim zemljama Europske Unije (Tablica 5).

Tablica 5. Koncentracije toksičnih elemenata Cd, Pb, Hg i As u tkivima divljih svinja u prijašnjih istraživanjima u Republici Hrvatskoj i Stručnoj studiji te drugim zemljama Europske Unije.

Zemlja / Godina	Tkivo	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)
Nizozemska / 1994 ^{a*}	jetra	0,877-1,08	0,803-2,36	
	bubreg	1,11-1,77	5,91-47,2	
Slovenija / 1995 ^b	bubreg	1,62	2,429	
Slovačka / 1998 ^c	mišić	0,28	0,02	
	bubreg	0,25	0,24	
Španjolska / 1998 ^d	bubreg	0,62	1,35	
Poljska / 2002 ^e	jetra			0,015 – 0,061
	bubreg			0,04 – 0,15
Hrvatska / 2009 ^f	mišić	0,059 – 2,28	0,01-0,23	
	jetra	0,061 – 0,202	0,11 – 0,49	
	bubreg	0,073 – 0,355	1,04 – 5,98	
Hrvatska / 2010 ^g	mišić	0,065	0,023	0,008
	bubreg	0,183	2,84	0,077
Hrvatska / 2011 ^{h*}	mišić	0,002 – 0,015	0,0007 – 0,026	0,071 – 0,0116
	jetra	0,025 – 0,041	0,053 – 0,458	0,0225 – 0,0395
	bubreg	0,020 – 0,032	0,563 – 3,707	0,063 – 0,129

^a Wolkers i sur., 1994

^b Doganoc i Gačnik, 1995

^c Kottferová i Koréneková, 1998

^d Santiago i sur., 1998

^e Dobrowolska i Melosik, 2002

^f Bilandžić i sur., 2009

^g Bilandžić i sur., 2010

^h Srebočan i sur., 2011

* vrijednosti izražene u rasponu medijana

Rezultati koncentracija Cd Stručne studije u skladu su sa prethodnim izvješćima iz Republike Hrvatske (Bilandžić i sur., 2009, 2012; Srebočan i sur., 2011.). Između pojedinih dobnih kategorija ne postoje značajne razlike te se može reći da su normalno prisutne koncentracije Cd u pojedinim tkivima (mg/kg) u rasponima: mišić 0,001 - 0,115; jetra 0,022 – 1,62; bubreg 0,001 – 12,7. Utvrđene su srednje vrijednosti odnosno medijani Cd (mg/kg): mišić 0,017/0,01, jetra 0,26/0,169 i bubreg 2,57/1,92. Utvrđeni rezultati potvrđuju nakupljanje Cd i u tkivima mladih divljih svinja. Prikazani rezultati odgovaraju vrijednostima studije u Sloveniji (Doganoc i Šinigoj-Gačniku 1995), međutim veće

su od koncentracija u bubrezima izmjerenih u Španjolskoj (Santiago i sur 1998.) odnosno više nego deseterostruko onih u Slovačkoj (Kottferova i Korenekova, 1998).

Koncentracija Pb utvrđene Stručnom studijom su također u skladu sa prijašnjim istraživanjima u Republici Hrvatskoj (Bilandžić i sur., 2009, 2010; Srebočan i sur., 2011.). S obzirom na vrstu tkiva između dobni kategorija divljih svinja ne postoje značajne razlike. U studiji nisu utvrđene značajne razlike u koncentracijama između lovnih područja pojedinih županija. Utvrđene su normalno prisutne koncentracije Pb u pojedinim tkivima (mg/kg) u rasponima: mišić 0,002 – 0,14; jetra 0,001 – 0,62; bubreg 0,001 – 2,24. Srednje vrijednosti odnosno medijani Pb (mg/kg) su: mišić 0,014/0,023, jetra 0,053/0,036 i bubreg 0,089/0,041. Koncentracije određene u bubrezima su slične vrijednostima određenim u Slovačkoj (Kottferova i Korenekova, 1998) i Španjolskoj (Santiago i sur 1998.). Vrlo visoke koncentracije Pb u bubrezima određene su u studiji u Sloveniji (Doganoc i Šinigoj-Gačniku 1995).

Ne postoji veliki broj literaturnih podataka o koncentracijama Hg u divljači. Prosječne koncentracije Hg bubrezima i jetri divljih svinja Stručne studije slične su prethodnim nalazima u Poljskoj (Dobrowolska i Melosik 2002) odnosno prijašnjim istraživanjima u Hrvatskoj (Bilandžić i sur., 2009, 2010; Srebočan i sur., 2011.). Između županija utvrđene su značajne razlike u koncentracijama Hg u jeri i mišićima. Normalno prisutne koncentracije Cd u pojedinim tkivima (mg/kg) sve tri dobne kategorije su u rasponima: mišić 0,001 - 0,125; jetra 0,001 – 0,146; bubreg 0,001 – 3,66. Srednje vrijednosti odnosno medijani Cd (mg/kg) za pojedina tkiva iznose: mišić 0,0066 / 0,005, jetra 0,022/0,018 i bubreg 0,23/0,077.

Iako koncentracije As, kako je već naznačeno, ne podliježu zakonskim propisima u hrani, određivanje njegove koncentracija u tkivima divljih svinja bilo je također predmet Stručne studije. U poznatoj literaturi nema podataka o koncentracijama As u divljači. U ovoj studiji normalno prisutne koncentracije As u pojedinim tkivima (mg/kg) u sve tri dobne kategorije za mišić, jetru i bubreg je do 0,068 mg/kg, a srednje vrijednosti odnosno medijani (mg/kg) za pojedina tkiva iznose: mišić 0,015/0,02, jetra 0,016/0,02 i bubreg 0,016/0,02.

Prikazani rasponi koncentracija te srednje vrijednosti mogu se smatrati normalno prisutnim koncentracijama toksičnih elemenata u tkivima divljih svinja.

Iz literature su poznate razlike u razinama Cd u domaćih životinja i divljači (Wolkers et al., 1994). Analizom Cd u bubrezima goveda i svinja iz Hrvatske (Sapunar-Postružnik i sur. 1996) nađene su puno niže vrijednosti od onih u baranjskom jelenu (Lazarus i sur. 2008), divljim svinjama i jelenu s područja Podravine, Slavonije, Baranje i Srijema (Bilandžić i sur. 2009), srni s područja SZ Hrvatske i Podravine (Pompe-Gotal i Prevendar Crnić 2002) te jelenu lopataru s Brijuna (Srebočan i sur. 2005). Ta velika razlika može se objasniti različitom ishranom (pošto najveći dio Cd u organizmu potječe iz hrane), a domaće životinje ne jedu višegodišnje biljke ili gljive koje su posebno bogate Cd (Anke i sur. 1979) i žive kraće, što je važan faktor s obzirom na poznatu činjenicu da Cd ima sposobnost nakupljanja u organizmu i generalno je viši u starijih životinja.

Rezultati određivanja koncentracija toksičnih elemenata Stručne studije u tkivu jelena (*Cervus elaphus L.*) i srne (*Capreolus capreolus L.*) na području tri županije, Osječko-baranjske, Virovitičko-podravske i Vukovarsko-srijemske, prikazani su u Tablici 6 (Florijančić, Bošković, 2011).

Tablica 6. Koncentracije toksičnih elemenata u jetri jelena običnog i srne.

Organ	Element	Broj uzoraka	Prosjek (mg/kg)	Minimum (mg/kg)	Maksimum (mg/kg)
Jetra jelena	Pb	144	0,239	0,01	2,4720
	Cd	146	0,124	0,002	0,442
	Hg	143	0,0047	0,0003	0,018
	As	146	0,171	0,01	0,368
Jetra srne	Pb	17	0,402	0,016	1,90
	Cd	17	0,107	0,003	0,514
	Hg	18	0,019	0,0008	0,133
	As	18	0,137	0,001	0,219

Dobne kategorije: mladi: do 3 godine; srednji: 3 – 6 godine; zreli 7 i višegodina

Koncentracije Cd u jetri jelena odnosno srne određene su u rasponu 0,002 - 0,442 mg/kg i 0,002 - 0,514 mg/kg. Prikazani rezultati u skladu su sa prethodnim izvješćima iz Republike Hrvatske (Pompe-Goral i Prevendar Crnić, 2002; Lazarus i sur., 2008; Bilandžić i sur., 2009; Srebočan i sur., 2011.) odnosno rezultatima određenim u Slovačkoj (Kottferova i Korenekova, 1998) i Španjolskoj (Santiago i sur 1998.).

Literaturni podaci koncentracija toksičnih elemenata Cd, Pb i Hg u tkivima jelena i srne i u mišićnom tkivu i bubrezima iz prijašnjih istraživanja u Republici Hrvatskoj te drugim zemljama Europske Unije tijekom prikazani su u Tablici 7. Usporedbom koncentracija Pb u jetri jelena utvrđene su nekoliko puta veće vrijednosti u odnosu na prethodna istraživanja u Hrvatskoj (Lazarus i sur., 2008; Bilandžić i sur., 2009). Međutim, usporedbom sa rezultatima u Slovačkoj i Španjolskoj koncentracije su za 2 i više puta niže.

Koncentracija Pb u srna te Hg u jetri jelena i srne slične su prethodno određenim koncentracijama u Hrvatskoj (Lazarus i sur., 2008; Bilandžić i sur., 2009; Srebočan i sur., 2011).

Koncentracije As u jetri jelena i srna ovoj studiji kretale su se u rasponu (mg/kg): jelena 0,01 do 0,368; srne 0,001 do 0,219.

Tablica 7. Koncentracije toksičnih elemenata Cd, Pb, Hg i As u tkivima jelena prijašnjih istraživanjima u Republici Hrvatskoj i Stručnoj studiji te drugim zemljama Europske Unije.

Jelen ili srna Zemlja / Godina	Tkivo	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)
JELEN Slovačka / 1998 ^a	mišić	0,09	0,03	
	jetra	0,73	0,31	
	bubreg	0,31	2,01	
JELEN Španjolska / 1998 ^b	jetra	0,57	0,21	
	bubreg	0,33	2,16	
SRNA Slovenija / 2000 ^{cde*}	mišić	0,05	0,03-0,04	0,0028-0,0794
	jetra	0,11-0,71	1,06-3,92	0,0137-0,845
	bubreg	0,03	0,21-22,7	0,02-18,7
SRNA Hrvatska / 2002 ^f	mišić		0,018	
	jetra		0,568	
	bubreg		4,905	
JELEN Hrvatska / 2005 ^g	jetra			
	bubreg		0,944	0,375
JELEN Hrvatska / 2008 ^h	mišić	0,148	0,115	0,006
	jetra	0,095	0,177	0,009
	bubreg	0,093	2,65	0,30
JELEN Hrvatska / 2009 ⁱ	mišić	0,057 – 0,561	0,01 – 0,07	
	jetra	0,077 - 0,108	0,011 – 0,20	
	bubreg	0,058 – 0,355	1,04 – 2,54	
SRNA Hrvatska / 2011 ^{i**}	mišić	0,001 – 0,034	0,008 – 0,006	0,012 – 0,0014
	jetra	0,018 – 0,055	0,155 – 0,527	0,0027 – 0,0112
	bubreg	0,024 – 0,057	0,953 – 5,076	0,024 – 0,096
JELEN Poljska / 2011 ^k	mišić	0,18	0,22	
	jetra	0,17	0,70	
	bubreg	0,30	12	

^a Kottferová i Koréneková, 1998

^b Santiago i sur., 1998

^c Gnamuš i sur., 2000

^d Pokorny, 2000

^e Pokorny i Ribarič-Lasnik, 2000

^f Pompe-Goral i Prevendar Crnić, 2002

^g Lazarus i sur., 2005

^h Lazarus i sur., 2008

ⁱ Bilandžić i sur., 2009

^j Srebočan i sur., 2011

^k Jarzynska i Falandysz, 2011

* vrijednosti izražene kao raspon srednjih vrijednosti za različite dobne skupine i regije

** vrijednosti izražene u rasponu medijana

3. PROCJENA IZLOŽENOSTI

Procjena izloženosti ljudi Cd, Hg, Pb i As iz hrane tj. mesa i iznutrica divlje svinje, običnog jelena i srne, temeljena je na izmjerenim koncentracijama tih elemenata (medijanu koncentracije) objavljenima u Stručnoj studiji. U nedostatku točnih podataka o količini konzumiranog mesa i iznutrica divljači prosječne odrasle osobe u Hrvatskoj, u procjeni izloženosti korišteni su podaci iz Statističkog ljetopisa 2011. Državnog zavoda za statistiku o godišnjem prosjeku potrošnje divljači i mesa kunića tj. jestivih iznutrica po članu kućanstva. Prosjek potrošnje divljači i mesa kunića u 2010. godini od 0,3 kg po članu kućanstva tj. tjedni prosjek od 5,8 g korišten je u procjeni izloženosti elementima iz analiziranih mišića divlje svinje pod pretpostavkom da je udio drugih konzumiranih vrsta divljači i kunića zanemariv. Prosjek potrošnje iznutrica u 2010. godini od 1,0 kg po članu kućanstva tj. tjedni prosjek od 19,2 g korišten je u procjeni izloženosti elementima iz analiziranih bubrega i jetre divlje svinje, jelena i srne pod pretpostavkom da je potrošnja iznutrica drugih životinja u kućanstvu zanemariva. Podaci o potrošnji iz Statističkog ljetopisa korišteni su za procjenu „prosječne tjedne izloženosti“ koja vrijedi za veliku većinu populacije Hrvatske. Kako bi procjenom izloženosti pokrili i dijelove populacije (većinom lovci i njihove obitelji) koji prema anketi iz Stručne studije često konzumiraju divljač tj. jednom tjedno, procijenjena je i „visoka tjedna izloženost“. U toj procjeni korištena je pretpostavka o konzumaciji 200 g mišića po obroku tj. 100 g jetre i bubrega, preuzeta iz znanstvenog mišljenja EFSA CONTAM Panela o Cd i Pb u hrani. Prosječna tjelesna težina od 70 kg za odraslog čovjeka uzeta je u račun prema preporukama European Food Safety Authority (EFSA, 2012). Procjene tjedne izloženosti Cd, Pb, Hg i anorganskom As prikazane su u Tablicama 8.- 11. i izražene u µg elementa po kilogramu tjelesne težine čovjeka ili postotku od potencijalno dopuštenog tjednog unosa (Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI).

Procjene su vrlo grube i pri njihovom tumačenju treba voditi računa o sljedećim ograničenjima:

- korištenje podataka iz Statističkog ljetopisa uz navedene pretpostavke vjerojatno dovodi do precijenjene procjene potrošnje mesa i iznutrica divljači s obzirom na prosječnog člana kućanstva Hrvatske. Također, malo je vjerojatno da osoba konzumira i jetru i bubrege u navedenim količinama no nije i nevjerojatno.
- procjene su rađene za odraslog čovjeka
- broj analiziranih uzoraka jetre srne je malen (N=17) pa prikazani medijani možda ne prikazuju pravo stanje elemenata u toj vrsti divljači

Tablica 8. Procjena tjedne izloženosti kadmiju s obzirom na različitu potrošnju tkiva divljači.

<i>Cd</i>	Medijan (mg/kg)	Prosječna potrošnja ¹ (g/tjedan)	Česta potrošnja ² (g/tjedan)	Prosječna tjedna izloženost ¹		Visoka tjedna izloženost ²	
				(µg/kg tj.m.)	(% TWI)	(µg/kg tj.t.)	(% TWI)
Mišić divlje svinje	0,010	5,8	200	0,0008	0,03	0,029	1,1
Jetra divlje svinje	0,169	19,2	100	0,046	1,9	0,241	9,7
Bubreg divlje svinje	1,92	19,2	100	0,526	21,0	2,74	110
Jetra jelena	0,104	19,2	100	0,028	1,1	0,149	5,9
Jetra srne	0,018	19,2	100	0,005	0,2	0,026	1,0

¹Prema podacima o godišnjoj potrošnji divljači i mesa kunića te iznutrica po članu kućanstva u Hrvatskoj iz Statističkog ljetopisa 2011. Državnog zavoda za statistiku. ² Prema podacima iz Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium/lead in food. ³ Dopušteni tjedni unos (TWI) za Cd iznosi 2,5 µg/kg tj.t.

Tablica 9. Procjena tjedne izloženosti olovu s obzirom na različitu potrošnju tkiva divljači.

<i>Pb</i>	Medijan (mg/kg)	Prosječna potrošnja ¹ (g/tjedan)	Česta potrošnja ² (g/tjedan)	Prosječna tjedna izloženost ¹		Visoka tjedna izloženost ²	
				(µg/kg tj.t.)	(% PTWI)	(µg/kg tj.t.)	(% PTWI)
Mišić divlje svinje	0,023	5,8	200	0,002	0,008	0,066	0,3
Jetra divlje svinje	0,036	19,2	100	0,01	0,04	0,051	0,2
Bubreg divlje svinje	0,041	19,2	100	0,011	0,04	0,059	0,2
Jetra jelena	0,078	19,2	100	0,021	0,09	0,111	0,4
Jetra srne	0,221	19,2	100	0,060	0,2	0,316	1,3

¹Prema podacima o godišnjoj potrošnji divljači i mesa kunića te iznutrica po članu kućanstva u Hrvatskoj iz Statističkog ljetopisa 2011. Državnog zavoda za statistiku.

² Prema podacima iz Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium/lead in food. ³ Računato prema potencijalno dopuštenom tjednom unosu (PTWI) za Pb od 25 µg/kg tj.t.

Tablica 10. Procjena tjedne izloženosti živi s obzirom na različitu potrošnju tkiva divljači.

<i>Hg</i>	Medijan (mg/kg)	Prosječna potrošnja ¹ (g/tjedan)	Česta potrošnja ² (g/tjedan)	Prosječna tjedna izloženost ¹		Visoka tjedna izloženost ²	
				(µg/kg tj.t.)	(% PTWI)	(µg/kg tj.t.)	(% PTWI)
Mišić divlje svinje	0,005	5,8	200	0,0004	0,01	0,014	0,4
Jetra divlje svinje	0,018	19,2	100	0,005	0,1	0,026	0,6
Bubreg divlje svinje	0,041	19,2	100	0,011	0,3	0,059	1,5
Jetra jelena	0,004	19,2	100	0,001	0,03	0,006	0,1
Jetra srne	0,007	19,2	100	0,002	0,05	0,01	0,3

¹Prema podacima o godišnjoj potrošnji divljači i mesa kunića te iznutrica po članu kućanstva u Hrvatskoj iz Statističkog ljetopisa 2011. Državnog zavoda za statistiku.

² Prema podacima iz Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium/lead in food. ³ Potencijalno dopušteni tjedni unos (PTWI) za anorgansku Hg iznosi 4 µg/kg tj.t.

Tablica 11. Procjena tjedne izloženosti anorganskom arsenu s obzirom na različitu potrošnju tkiva divljači.

<i>As</i>	Medijan uk. As (mg/kg)	Prosječna potrošnja ¹ (g/tjedan)	Česta potrošnja ² (g/tjedan)	Prosječna tjedna izloženost anorg. As ¹		Visoka tjedna izloženost anorg. As ²	
				(µg/kg tj.t.)	(% PTWI)	(µg/kg tj.t.)	(% PTWI)
Mišić divlje svinje	0,02	5,8	200	0,001	0,008	0,04	0,3
Jetra divlje svinje	0,02	19,2	100	0,004	0,026	0,02	0,1
Bubreg divlje svinje	0,02	19,2	100	0,004	0,026	0,02	0,1
Jetra jelena	0,153	19,2	100	0,029	0,2	0,153	1,0
Jetra srne	0,119	19,2	100	0,023	0,1	0,119	0,8

¹Prema podacima o godišnjoj potrošnji divljači i mesa kunića te iznutrica po članu kućanstva u Hrvatskoj iz Statističkog ljetopisa 2011. Državnog zavoda za statistiku. ² Prema podacima iz Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium/lead in food. ³ Računato prema potencijalno dopuštenom tjednom unosu (PTWI) za

anorganski As od 15 µg/kg tj.t. Pretpostavka je da uzorci mišića i iznutrica sadrže 70% anorganskog od ukupno izmjerenog As (medijan).

4. KARAKTERIZACIJA RIZIKA

Prema rezultatima Stručne studije, lovci i članovi njihova kućanstva učestalije konzumiraju divljač pa zbog toga unose i veće količine Cd, Pb, Hg i As od prosjeka populacije. Šest posto od ukupnog broja ispitanika jednom tjedno konzumira divljač što ih čini najizloženijom skupinom u populaciji. Za pretpostaviti je da količina konzumiranog mesa divljači uvelike premašuje količinu konzumiranih iznutrica gdje su nađene više razine elemenata. Time je i rizik od unosa navedenih elemenata u količini koja bi premašila preporučene vrijednosti malen, čak i u ovom dijelu populacije. Ipak, s obzirom na učestalost konzumacije (jednom tjedno) preporučuje se izbjegavati konzumaciju iznutrica divljači, posebno bubrega zbog nakupljanja Cd i Hg, što je posebno važno za pušače. Osjetljivim populacijskim skupinama, djeci, trudnicama i dojiljama preporuča se izbaciti bubrege divljih svinja s popisa prosječno konzumiranih namirnica te izbjegavati konzumaciju jetre divljači. Opća populacija Hrvatske prosječnom konzumacijom mesa pa i iznutrica divljači od nekoliko puta godišnje (što prema anketi iz Stručne studije čini 78,6% populacije) zanemarivo će povećati unos Cd, Pb, Hg i As hranom. Iznimka je konzumacija bubrega divljih svinja kojima će se unijeti nešto više Cd no ni te količine neće premašiti dopušteni tjedni unos (prema procjeni 21% dopuštenog tjednog unosa). Tek konzumacijom oko 17 kg mesa divljači tjedno s razinom Cd kakva je pronađena u divljim svinjama iz Stručne studije dostigla bi se granica dopuštenog tjednog unosa Cd od 2,5 µg/kg tjelesne težine.

S obzirom na nutritivnu vrijednost mesa divljači i gotovo zanemariv unos toksičnih elemenata, nema preporuka vezanih za količinu konzumiranog mesa divljači. Preporučuje se umjerena konzumacija jetre i bubrega divljači, s time da bubrege ne treba konzumirati na tjednoj bazi. Osjetljivim populacijskim skupinama preporuča se izbjegavati konzumaciju iznutrica divljači, a konzumaciju bubrega potrebno je potpuno izbaciti.

ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Divljač predstavlja važan bioindikator stanja onečišćenosti staništa, tla i vode, šumskih i poljoprivrednih površina u kojima divljač boravi, a sukladno tome i hrane koju ljudi konzumiraju.

Rezultati studije, kao i rezultati ostalih komparativnih istraživanja provedenih u Hrvatskoj, ali i šire, pokazuju da su nađene količine teških metala u mesu divljači višestruko ispod dopuštenih količina za promatrane teške metale. To znači da je mogućnost kontaminacije teškim metalima vrlo niska i uz prosječnu potrošnju mesa divljači po osobi u ovom trenutku ne može se govoriti o značajnom riziku od teških metala pri konzumiranju mesa divljači.

Iznutrice divljači ne mogu se nigdje u Hrvatskoj naći u slobodnoj prodaji. Jetra jelenske divljači se, u pravilu, ne konzumira zbog česte invazije metiljem *Fasciola hepatica* i *Fascioloides magna*, a kod lovačke populacije ne postoji navika konzumiranja bubrega jelenske divljači. Jetra i bubrezi srneće divljači i divljih svinja u pravilu se rijetko konzumiraju, no u slučaju da se to i dogodi, tada se pravilu radi o organima mladih životinja. Stoga je i prijedlog radne grupe da se iznutrice divljači ne koriste u prehrani ljudi te da se predlože nejestivima za ljudsku ishranu, s iznimkom korištenja jetre mladih grla divljih svinja i srneće divljači za osobnu konzumaciju.

Rizičnim skupinama (trudnice i djeca) preporuča se nikako ne konzumirati iznutrice divljači.

Pravilnikom o obimu i učestalosti uzorkovanja u svrhu monitoringa određenih tvari i njihovih rezidua u određenim proizvodima životinjskog podrijetla (NN 15/2010) propisano je da svake godine treba uzeti najmanje 100 uzoraka divljači iz prirodnog uzgoja na analize za teške metale, međutim nije navedeno o kojim se vrstama divljači i kojim tkivima radi, te nisu određena područja uzorkovanja.

Da bi se monitoring teških metala u mesu divljači obavljao kvalitetno i sustavno potrebno je područja uzorkovanja diferencirati po važnosti i zastupljenosti pojedinih vrsta divljači u odstrelu i konzumaciji te imenovati osobe za pravilno uzorkovanje.

Navedeni Pravilnik propisuje da je za potrebe monitoringa domaćih svinja potrebno uzorkovati 0,05% od broja zaklanih grla u prethodnoj godini, odnosno da je potrebno 0,03% uzoraka pretražiti na teške metale. S obzirom da se prilikom klanja domaćih svinja u pravilu kolju grla starosti 6-8 mjeseci (dakle mladih dobnih kategorija), smatramo da bi bilo potrebno uzorkovati najmanje isti udio grla divljih svinja, jer se radi o grlima mlade, srednje i zrele starosne dobi kod kojih se teški metali akumuliraju tijekom godina. Uzimajući u obzir da se u Republici Hrvatskoj odstrijeli oko 30 000 grla divljih svinja godišnje, prema navedenoj preporuci ministarstva to bi iznosilo oko 900 grla. Zbog smanjivanja financijskih izdataka za same analize predlažemo nešto manji broj uzoraka, a koji bi također zadovoljio uvjete monitoringa kao i potrebe za procjenom rizika.

S obzirom na brojno stanje divljači na pojedinim dijelovima RH i brojnosti odstrela, broj uzoraka za monitoring treba odrediti prema broju žive i odstreljene divljači na bazi 300 grla divljih svinja s područja cijele Hrvatske prema sljedećem modelu:

- 150 grla u istočnoj Hrvatskoj (Vukovarsko-srijemska, Osječko-baranjska, Brodsko-posavska, Požeško-slavonska i Virovitičko –podravska županija)
- 100 grla iz središnje Hrvatske (Bjelovarsko-bilogorska, Koprivničko-križevačka, Sisačko-moslavačka i Karlovačka županija)
- 50 grla u gorskoj i primorskoj Hrvatskoj.

Za kategoriju (domaći) papkari Pravilnikom je predviđen ciljani uzorak od 0,15% od broja zaklanih grla u prethodnoj godini. Broj odstreljene jelenske divljači kreće se godišnje oko 800 grla, a srneće divljači oko 5000 grla. Vidljivo je da se navedeni postotak ne može primijeniti na izračun plana monitoringa jelenske i srneće divljači jer uzorak ne bi bio statistički značajan te predlažemo odrediti obavezan broj uzoraka od 200 grla srneće divljači godišnje prema modelu

- 100 grla iz istočne Hrvatske
- 100 grla iz središnje Hrvatske

Za jelensku divljač predlažemo obavezan broj uzoraka od 50 grla, i to

- 20 grla iz Osječko - baranjske županije
- 20 grla iz Vukovarsko – srijemske županije i
- 10 grla iz Bjelovarsko – bilogorske županije

Vezano uz vrste analiza, a pozivajući se na Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN, 78/2011), potrebno je izbaciti analizu arsena, a zadržati analizu kadmija i olova.

Nadalje, sukladno zaključcima znanstvenog mišljenja, iz monitoringa je potrebno izbaciti analizu jetre i bubrega jer se one zanemarivo ili uopće ne koriste u prehrani ljudi.

Sukladno smanjenju postojećih analiza (arsen, jetra i bubrezi) moguće je povećati broj uzoraka mišićnog tkiva u okviru istog iznosa financijskih sredstava za navedeni monitoring, a prema predloženim modelima.

U uzorcima sve tri vrste divljači trebaju biti podjednako zastupljena oba spola, a prema starosnim kategorijama treba biti (sukladno strukturi odstrela) približno 60% mladih grla, 30% srednjedobnih i 10% zrelih grla.

LITERATURA

Anke M, Grun M, Briedermann L, Missbach K, Hennig A, Kronemann H. The supply of wild ruminants with major and trace elements. 1. The cadmium content of winter grazing and the cadmium status of red deer, fallow deer, roes and moulons. *Archiv fur Tierernahrung* 1979; 29(12):829-844. (In German)

Bilandžić N, Sedak M, Vratarić D, Perić T, Šimić B. Lead and cadmium in red deer and wild boar from different hunting grounds in Croatia. *Sci Total Environ* 2009;407(14):4243-4247.

Bilandžić, N., Sedak, M., Đokić, M., Šimić, B., 2010. Wild boar tissue levels of cadmium, lead and mercury in seven regions of continental Croatia. *Bulletin of Environmental and Contaminant Toxicology* 84, 738-743.

Blanuša M, Telišman S, Hršak J, Fugaš M, Prpić-Majić D, Šarić M. Assessment of exposure to lead and cadmium through air and food in inhabitants of Zagreb. *Arh hig rada toksikol* 1991;42:257-266.

Bošnjir J, Puntarić D, Šmit Z, Capuder Ž. Fish as an indicator of eco-system contamination with mercury. *Croatian Medical Journal* 1999;40(4):546-549.

Buzina R, Stegnar P, Buzina-Subotičanec K, Horvat M, Petric I, Farley TM. Dietary mercury intake and human exposure in an Adriatic population. *Sci Total Environ.* 1995;170(3):199-208.

Dobrowolska, A., Melosik, M., 2002. Mercury contents in liver and kidneys of wild boar (*Sus scrofa*) and red deer (*Cervus elaphus*). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 48, 156-160.

Doganoc, D.Z., Šinigoj-Gačnik. K., 1995. Lead and cadmium in meat and organs of game in Slovenia. *Bulletin of Environmental and Contaminant Toxicology* 54, 166-170.

Ćavar S, Klapac T, Grubešić RJ, Valek M. High exposure to arsenic from drinking water at several localities in eastern Croatia. *Sci Total Environ.* 2005;339(1-3):277-82.

EC, 2006. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union* 364, 5-24.

EC, 2008. Commission Regulation amending regulation (EC) No 1881/2006 of 2 July 2008 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union* 173, 6-9.

EC, 2011. Commission Regulation amending regulation (EC) No 420/2011 of 29 April 2011 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union 111, 3-6.

EFSA Scientific Committee; Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels and Units in the absence of actual measured data. EFSA Journal 2012;10(3):2579. Doi: 10.2903/j.efsa.2012.2579.

FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives. Summary and Conclusions. 2010. Dostupno na: <http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/summary73.pdf>.

FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives. Summary and Conclusions. 2010a. Dostupno na: http://www.who.int/foodsafety/chem/summary72_rev.pdf.

Florijančić, T., Bošković, I., 2011. Stručna studija: Utjecaj teških metala u mesu divljači na zdravlje potrošača. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 1-51.

Gnamuš A, Byrne AR, Horvat M. Mercury in the soil-plant-deer-predator food chain of a temperate forest in Slovenia. Environ Sci Technol 2000;34:3337-3345.

Goering PL, Waalkes MP, Klaassen CD..Toxicology of cadmium. In: Goyer RA Cherian MG, editors. Handbook of Experimental Pharmacology, Vol. 115: Toxicology of Metals - Biochemical Aspects. New York: Springer-Verlag. 1995:189-214.

Goyer, R.A. Toxic effects of metals. U: Casarett and Doull's Toxicology, The Basic Science of Poisons, 3. izdanje (C.D. Klaassen, M. Amdur, J. Doull, ured.), Macmillan Publishing Company, New York. 1986:582-635.

Holterman WFMO, Voogt P, Copius Peereboom–Stegeman JHJ. Cadmium/zinc relationships in kidney cortex and metallothionein of horse and red deer: Histopathological observations on horse kidneys. Environ Res 1984;35:466-481.

Jarzyńska G, Falandysz. Selenium and 17 other largely essential and toxic metals in muscle and organ meats of Red Deer (*Cervus elaphus*) – Consequences to human health. Environment International 2011;37:882-888.

Kottferová, J., Koréneková, B., 1998. Distribution of Cd and Pb in the tissues and organs of free-living animals in the territory of Slovakia. Bulletin of Environmental and Contaminant Toxicology 60, 171-176

Lazarus, M., Orct, T., Blanuša, M., Vicković, I., Šoštarić, B., 2005. Heavy metal levels in tissues of red deer (*Cervus elaphus*) from eastern Croatia. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 56, 233-240.

Lazarus M, Orct T, Blanuša M, Vicković I, Šoštarić B. Toxic and essential metal concentrations in four tissues of red deer (*Cervus elaphus*) from Baranja, Croatia. Food Add Contam 2008;25(3):270-283.

Merian E, Anke M, Ihnat M, Stoeppler M. Elements and Their Compounds in the Environment. Occurrence, Analysis and Biological Relevance. 2. izdanje. Wiley-VCH, Weinheim, Vol. 2 i 3. 2004.

Moše J, Ahmetović D, Rahelić N, Billege I, Mojsinović Z. Proizvodnja bezolovnog motornog benzina Super Plus 98. Goriva i maziva 1999;38:223-237.

Pokorny B. Roe deer *Capreolus capreolus* as an accumulative bioindicator of heavy metals in Slovenia. Web Ecology 2000;1:54-62.

Pokorny B, Ribarič-Lasnik C. Lead, cadmium, and zinc in tissues of roe deer (*Capreolus capreolus*) near the Lead smelter in the Koroška region (northern Slovenia). Bull Environ Contam Toxicol 2000;64:20-26.

Pompe-Gotal J, Prevendar-Crnić A. Cadmium in tissues of roe deer (*Capreolus capreolus*) in Croatia. Veterinarski arhiv 2002;72(6):303-310.

Pravilnik o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani. Narodne Novine br. 154/2008.

Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani. Narodne Novine br. 78/2011.

Romić Ž, Habuda-Stanić M, Kalajdžić B, Kuleš M. Arsenic distribution, concentration and speciation in groundwater of the Osijek area, eastern Croatia. Appl Geochem 2011;26:37-44.

Sapunar-Postružnik J, Bažulić D, Kubala H, Balint L. Estimation of dietary intake of lead and cadmium in the general population of the Republic of Croatia. Sci Total Environ 1996;177:31-35.

Santiago, D., Motas-Guzmán, M., Reja, A., María-Mojica, P., Rodero, B., García-Fernández, A.J., 1998. Lead and cadmium in red deer and wild boar from Sierra Morena Mountains (Andalusia, Spain). Bulletin of Environmental and Contaminant Toxicology 61, 730-737.

Scientific Opinion on Cadmium in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. The EFSA Journal 2009;980:1-139.

Scientific Opinion on Lead in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. The EFSA Journal 2010;8(4):1-147. Doi: 10.2903/j.efsa.2010.1570.

Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. The EFSA Journal 2009;7(10):1-199. Doi: 10.2903/j.efsa.2009.1351.

Srebočan E, Pompe-Gotal J, Konjević D, Prevendar-Crnić A, Kolić E. Cadmium in fallow deer tissue. In: Janicki Z, editor. Book of Abstracts. 1st International Symposium Game and Ecology; Brijuni, Croatia. 2005, Zagreb: Veterinarski fakultet. p 28.

Srebočan E, Pompe-Gotal J, Konjević D, Prevendar-Crnić A, Kolić E. Cadmium in fallow deer tissue. In: Janicki Z, editor. Book of Abstracts. 1st International Symposium Game and Ecology; Brijuni, Croatia. 2005, Zagreb: Veterinarski fakultet. p 28.

Wolkers H, Wensing T, Groot Bruinderink GWTA. Heavy metal contamination in organs of red deer (*Cervus elaphus*) and wild boar (*Sus scrofa*) and the effect on some trace elements. *Sci Total Environ* 1994;144:191-199.