

UNIVERZITET U BEOGRADU
FARMACEUTSKI FAKULTET

Saša D. Jankovi

**PROCENA RIZIKA PRI EKSPOZICIJI
ORGANOHALOGENIM
KONTAMINANTIMA I TEŠKIM METALIMA
PUTEM HRANE**

doktorska disertacija

Beograd, 2015

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF PHARMACY

Saša D. Jankovi

**RISK ASSESSMENT OF THE EXPOSURE
TO ORGANOHALOGENATED
CONTAMINANTS AND HEAVY METALS IN
FOOD**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015

Mentor:

Dr sc. Biljana Antonijević, redovni profesor, mentor
Univerzitet u Beogradu – Farmaceutski fakultet

Članovi komisije za odbranu doktorske disertacije:

Dr sc. Zorica Bulat, docent
Univerzitet u Beogradu – Farmaceutski fakultet

Dr sc. Aurelija Spirić, naučni savetnik u penziji
Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd

U Beogradu _____

Izjave zahvalnosti

Zahvaljujem mom mentoru, prof. Biljani Antonijevi , na razumevanju, poverenju, podršci, prenetom znanju i pomo i pri osmišljavanju i izradi ove disertacije.

Zahvaljujem članovima komisije, dr Zorici Bulat na dobronamernim sugestijama i pruženoj pomo i tokom rada, i dr Aureliji Spiri na svemu što je za mene učinila, na strpljenju, pomo i i podršci.

Zahvaljujem prof. dr Kseniji Durgo na velikoj pomo i u eksperimentalnom radu.

Zahvaljujem svojoj mami i Institutu za higijenu i tehnologiju mesa u Beogradu na pruženoj pomo i u obezbeđenju uslova za izradu disertacije, kao i svim kolegama sa Instituta koji su znanjem, trudom i energijom doprineli izradi ove disertacije.

Zahvaljujem kolegama sa Katedre za toksikologiju “Akademik Danilo Soldatovi ” i prof. u penziji Mirjani Nedeljkovi koji su mi dali podstrek da se bavim toksikologijom.

Posebno zahvaljujem dr Marijani Durgo na nesebičnoj pomo i u trenucima kad mi je bila neophodna.

Procena rizika pri ekspoziciji organohalogenim kontaminantima i teškim metalima putem hrane

Rezime

Zadatak svih inilaca uklju enih u proizvodnju hrane je da stvore uslove da hrana koja dolazi do potroša a bude bezbedna. Ocena bezbednosti hrane, izme u ostalog, podrazumeva i procenu rizika od supstanci prisutnih u hrani, naro ito od onih koje nemaju gradivnu ili fiziološku vrednost. U realnim okolnostima ljudi su preko hrane istovremeno izloženi delovanju brojnih ksenobiotika, pa i teških metala i organohalogenih jedinjenja koji su odabrani za prou avanje u ovoj studiji.

Pored procene rizika zasnovane na ispitivanju svakog pojedina nog kontaminanta, cilj ove studije je bio i sprovo enje integrativne procene rizika pore enjem toksih efekata pojedina nih kontaminanata i njihove smeše zbog istovremene izloženosti ovim toksih supstancama. Pretpostavka je da, iako ne postoji rizik pri izloženosti pojedina nim toksih supstancama, integralni pristup proceni izloženosti može da ukaže na pove an rizik.

Svi uzorci ispitanih namirnica su bili u skladu sa važe im propisom, sa izuzetkom jednog uzorka ribe (Hg) i 16 uzoraka kakaoa (Cd). Kadmijum je detektovan u najve em broju vrsta namirnica kao i u najve em broju ispitanih uzoraka; organohalogenih jedinjenja su detektovana isklju ivo u namirnicama animalnog porekla – DDT u mleku, proizvodima od mleka i ribi, a ndl-PCB i PBDE isklju ivo u ribi. Najviše koncentracije kadmijuma dokazane su u lignjama i školjkama, žive u re nim ribama, olova u ajevima i za inima, DDT u slatkovodnoj ribi a ndl-PCB i PBDE u morskoj ribi. Zbog zna ajnog udela u ishrani glavni izvor ekspozicije kadmijumu u sve tri posmatrane grupe bile su žitarice i povr e. Unos žive bio je dominantno preko ribe, a olova preko žitarica, vo a i povr a.

Deterministi kom metodologijom dokazan je pove an rizik od unosa ispitanih kontaminanata u prose noj opštoj populaciji, populaciji na mediteranskoj dijeti i populaciji dece samo za ndl-PCB. Pored ndl-PCB, probabilisti kom metodologijom je procenjen pove an rizik i od unosa Cd za prose no izloženu populaciju sve tri ispitivane grupe.

Ukupan rizik od ispitivanih kontaminanata povećan je za prosečnu opštu populaciju, decu i osobe na mediteranskoj dijeli, što se objašnjava velikim uticajem indeksa hazarda ndl-PCB.

In vitro ispitivanja su pokazala da je citotoksični potencijal i efekat produkcije reaktivnih vrsta kiseonika kontaminanata u smešama niskih koncentracija veći i od sume efekata pojedinačnih kontaminanata.

S obzirom na različite mehanizme delovanja i činjenicu da su indeksi hazarda rađeni preko preporučenih vrednosti dobijenih na bazi toksikoloških ispitivanja svakog pojedinačnog kontaminanta, neophodna su dodatna ispitivanja smeša i postavljanje prihvatljivih vrednosti unosa kombinacija odabranih kontaminanata da bi se rizik od njihovog štetnog efekta procenio sa značajnom sigurnošću.

Cljučne reči: teški metali, organohalogeni jedinjenja, procena rizika, citotoksičnost, toksikologija smeša

Naučna oblast: Farmacija

Užana naučna oblast: Toksikološka hemija

UDK broj: 615.9:661.723:57.083.36 (043.3)

664.8.03:661.723(043.3)

Risk assessment of the exposure to organohalogenated contaminants and heavy metals in food

Abstract

The principal goal of food-producing stakeholders is to provide safe food for the consumer. Food safety assessment consists of (among the other) risk assessment in respect to substances that can be present in food, especially those of no nutritional or physiological significance. In real-life circumstances, humans are exposed to various xenobiotics, even heavy metals and organohalogenated compounds through food consumption, which are chosen for investigation in this study.

Besides the risk assessment based on investigation of each contaminant individually, the aim of this study was to conduct integrative risk assessment by comparison of toxic effects between individual contaminants and their mixtures, due to the simultaneous exposure to these toxic substances. The hypothesis is, that even no increased risk exists through exposure to individual toxic substances, integrative approach to risk assessment may reveal increased risk. All samples of investigated foodstuffs were compliant with current legislative except one fish sample (Hg) and 16 cocoa powder samples (Cd). Cadmium was the most detected element in most types of foodstuffs and in largest number of tested samples as well; organohalogenated compounds were detected exclusively in animal-originated foodstuffs – DDT in milk, dairy products and fish, while ndl-PCBs and PBDE were detected in fish only. The highest concentrations of cadmium were found in squids and clams, mercury in freshwater fish, lead in teas and spices, DDT in freshwater fish, while the highest concentrations of ndl-PCBs and PBDE were found in marine fish. Due to the significant contribution to the total diet, the major exposition sources of cadmium in all three investigated groups were cereals and vegetables. Dominant intake of mercury is through fish, while intake of lead occurs through cereals, fruits and vegetables.

Increased risk from the intake of investigated contaminants was confirmed in average general population, population having mediterranean diet and population of children, only for ndl-PCBs, using deterministic methodology. Besides ndl-PCBs, probabilistic methodology was employed in order to assess increased risk from Cd intake for averagely-exposed population in all three investigated groups.

Total risk from investigated contaminants is increased in average general population, children and persons taking mediterranean diet, which can be explained by large influence of ndl-PCBs hazard index.

In vitro investigations showed increased cytotoxic potential and production effect of reactive oxygen species in contaminants' mixtures compared to the sum of effects of individual contaminants.

Taking into account various mechanisms of action, and the fact that hazard indexes were calculated using recommended values obtained through toxicological investigations of each individual contaminant, further investigations of mixtures and setting of acceptable intake values of contaminants' combinations are necessary in order to assess the risk from their harmful effects with significant confidence.

Key words: heavy metals, organohalogenated compounds, risk assessment, cytotoxicity, toxicology of mixtures

Nau na oblast: Pharmacy

Uža nau na oblast: Toxicological chemistry

UDK No: 615.9:661.723:57.083.36 (043.3)

664.8.03:661.723(043.3)

Sadržaj:

1.UVOD	1
1.1.ISTORIJAT	1
1.2.PROCENA RIZIKA	3
1.3.KONTAMINANTI HRANE	5
1.3.1. Kadmijum	5
1.3.2. Živa	7
1.3.3. Olovo	8
1.3.4. 1,1,1-trihlor-2,2-bis(4-hlorfenil)etan (DDT)	9
1.3.5. Polihlorovani bifenili (PCB)	11
1.3.6. Polibromovani difeniletri (PBDE)	13
1.4.TOKSI NI EFEKTI SMEŠA	15
2. HIPOTEZA I CILJ ISTRAŽIVANJA	17
3. MATERIJAL I METODE	19
3.1. ODRE IVANJE TEŠKIH METALA	19
3.1.1. Reagensi i standardi	19
3.1.2. Priprema uzoraka	20
3.1.3. Uslovi odre ivanja teških metala	20
3.2. ODRE IVANJE ORGANOHALOGENIH JEDINJENJA	22
3.2.1. Reagensi i standardi	22
3.2.2. Priprema uzoraka animalnog porekla i biljnih masti i ulja	23
3.2.3. Priprema uzoraka namirnica biljnog porekla	25
3.2.4. Uslovi odre ivanja organohalogenih jedinjenja	25
3.3. PROCENA EKSPOZICIJE	27
3.4. <i>IN VITRO</i> ISPITIVANJA	28
3.4.1. Reagensi	29
3.4.2. Odre ivanje procenta preživljavanja elija	29
3.4.3. Odre ivanje koncentracije reaktivnih vrsta kiseonika	29
3.4.4. Alkalni komet test	30
3.5. STATISTI KA OBRADA PODATAKA	30
4. REZULTATI	31
4.1. KONCENTRACIJE TEŠKIH METALA U NAMIRNICAMA	31
4.2. KONCENTRACIJE ORGANOHALOGENIH JEDINJENJA U NAMIRNICAMA	36
4.3. DETERMINISTI KA PROCENA RIZIKA	39
4.3.1. Izloženost kadmijumu preko hrane	39
4.3.1.1. Izloženost opšte populacije	39
4.3.1.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijete	42
4.3.1.3. Izloženost dece	44
4.3.2. Izloženost živi preko hrane	46
4.3.2.1. Izloženost opšte populacije	46
4.3.2.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijete	49
4.3.2.3. Izloženost dece	51

4.3.3. Izloženost olovu preko hrane	53
4.3.3.1. Izloženost opšte populacije	53
4.3.3.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijeli	56
4.3.3.3. Izloženost dece	58
4.3.4. Izloženost DDT preko hrane	60
4.3.4.1. Izloženost opšte populacije	60
4.3.4.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijeli	63
4.3.4.3. Izloženost dece	65
4.3.5. Izloženost ndl-PCB preko hrane	67
4.3.5.1. Izloženost opšte populacije	67
4.3.5.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijeli	70
4.3.5.3. Izloženost dece	72
4.3.6. Izloženost PBDE preko hrane	74
4.3.6.1. Izloženost opšte populacije	74
4.3.6.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijeli	77
4.2.6.3. Izloženost dece	79
4.4. PROBABILISTI KA PROCENA RIZIKA	81
4.4.1. Izloženost kadmijumu preko hrane	81
4.4.2. Izloženost živi preko hrane	82
4.4.3. Izloženost olovu preko hrane	84
4.4.4. Izloženost DDT preko hrane	85
4.4.5. Izloženost ndl-PCB preko hrane	85
4.4.6. Izloženost PBDE preko hrane	87
4.5. INTEGRATIVNA PROCENA RIZIKA	87
4.6. <i>IN VITRO</i> ISPITIVANJE	88
4.6.1. Citotoksi nost kontaminanata	88
4.6.2. Efekat kontaminanata na produkciju reaktivnih vrsta kiseonika	91
4.6.3. Genotoksi ni efekat kontaminanata	94
5. DISKUSIJA	96
5.1. KADMIJUM	96
5.2. ŽIVA	103
5.3. OLOVO	109
5.4. DDT	113
5.5. ndl-PCB	117
5.6. PBDE	120
5.7. INTEGRATIVNA PROCENA RIZIKA	123
6. ZAKLJU CI	128
7. LITERATURA	130
8. PRILOZI	152
PRILOG I	152
PRILOG II	153
Biografija autora	171
Izjave	172

1. UVOD

Sva živa bića, uključujući i človeka, svakodnevno su izložena velikom broju supstanci iz životne sredine koje mogu negativno uticati na zdravlje. Neke od tih supstanci prisutne su u hrani. Pored hemikalija koje su namerno dodate, kao što su aditivi, hrana može da sadrži i kontaminante kao posledicu zagađenja životne sredine i/ili (ne)odgovarajućeg tretmana u poljoprivrednoj proizvodnji, a koji se zahvaljujući fizičko-hemijskim osobinama, ne mogu izbjeći. Zadatak svih činilaca uključenih u proizvodnju hrane je da stvore uslove da hrana koja dolazi do potrošača bude bezbedna. Ocena bezbednosti hrane, između ostalog, podrazumeva i procenu rizika od supstanci prisutnih u hrani, naročito od onih koje nemaju gradivnu ili fiziološku vrednost.

1.1. ISTORIJAT

Bezbednost u hrane u smislu donošenja međunarodnih standarda najpre se bavila Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (FAO - *Food and Agriculture Organization*), uspostavljena 1945. godine, a zatim od 1948. godine i Svetska zdravstvena organizacija (WHO – *World Health Organization*), u cilju promocije bezbednosti u lancu ishrane od proizvodnje do krajnjeg korisnika, tj. potrošača. U početku, vršen je nadzor nad bolestima prenosivim hranom i monitoring patogenih u hrani. Od 1950. godine akcent se stavlja na hemijske supstance koje se koriste u proizvodnji hrane, na pesticide i aditive. Zajednička ekspertska komisija FAO/WHO za aditive i kontaminante hrane (JECFA – *Joint Expert Committee on Food Additives and Contaminants*) osnovana je 1955. godine (1). Komisiju Codex Alimentarius, priznatu i podržanu od strane Svetske trgovinske organizacije (WTO – *World Trade Organization*), osnovali su 1963. godine FAO i WHO, sa zadatkom donošenja međunarodnih standarda u oblasti bezbednosti hrane. Razvojem analitičkih metoda, omogućena je detekcija većeg broja potencijalno toksičnih supstanci u hrani kao posledica kontaminacije pri procesu proizvodnje namirnica (2). Procena bezbednosti hrane uvrštena je 1980. godine od strane WHO u međunarodni program hemijske bezbednosti (IPCS – *International Programme on Chemical Safety*), čiji je

zadatak da formuliše principe za donošenje graničnih vrednosti za aditive i pesticide u hrani, vodi, zemljištu i radnoj sredini (3). Kako se broj incidenata vezanih za unos otrova zagađenom hranom povećavao (bovina spongiformna encefalopatija, dioksin, akrilamid), povećala je i pažnja naučne javnosti na razvoj mehanizama u otkrivanju bezbedne ishrane, od analitičkih tehnika, preko principa dobre proizvodne prakse, pa do regulatornih standarda u toj oblasti (4-6). Nebezbedna hrana nema samo zdravstvene implikacije, već i značajno utiče na procese prometa i trgovine hranom u celavom svetu, pa stoga problem otkrivanja bezbedne hrane sve više dobija i ekonomsku i političku konotaciju.

Ulanice WHO 2000. godine prihvataju rezoluciju kojom se bezbednost hrane prepoznaje kao esencijalna za ljudsko zdravlje. Procenom bezbednosti kontaminanata hrane uglavnom se bave ekspertske komisije FAO i WHO, koje, nakon opsežnih toksikoloških studija, donose prihvatljive i/ili tolerišuće nivoe za unos pojedinih supstanci za koje postoje jasni dokazi o potencijalnoj štetnosti po ljudsko zdravlje (1, 7).

Donošenjem zakona o hrani 2002. godine, Evropska unija osniva Evropsku agenciju za bezbednost hrane (EFSA – *European Food Safety Authority*) kao referentno telo u oblasti procene rizika na polju hrane i hrane za životinje, zdravlja i dobrobiti životinja i zaštite bilja (8). Preko uspostavljanja sistema brzog javljanja (*Rapid Alert System*), umrežavanjem nacionalnih organizacija i istraživanjima u oblasti bezbednosti hrane, EFSA omogućava Evropskoj komisiji dostupnost relevantnim informacijama, značajnim za donošenje odgovarajućih preventivnih i/ili kaznenih mera u cilju zaštite zdravlja potrošača.

Iako se problemima bezbednosti hrane svetska nauka na javnost i regulatorna tela bave od perioda nakon drugog svetskog rata, procena rizika od kontaminanata hrane egzistira od šezdesetih godina prošlog veka, a tek polovinom devedesetih postaje predmet naučno zasnovanih odluka ekspertskih komisija i panela kojima prethode opsežne toksikološke evaluacije. Veliki uticaj na razvoj ove oblasti imao je Ugovor o primeni sanitarnih i fitosanitarnih mera, prihvaćen od WTO 1994. godine, kojim se zemlje članice obavezuju da u proceni rizika primenjuju standardne procedure bazirane na naučnim istraživanjima, propisane od strane komisije *Codex alimentarius* (9).

1.2. PROCENA RIZIKA

Rizik se definiše kao verovatnoća da će se neka potencijalna opasnost i ostvariti u određenim uslovima izloženosti. Procena rizika je naučno utemeljena disciplina toksikologije. Deo je analize rizika i definiše se kao proces čiji je zadatak da izračuna ili proceni rizik od odabrane supstance, tj. verovatnoća da će kod eksponiranih osoba doći do pojave štetnog efekta, kao i prirodu i intenzitet tog efekta pod određenim uslovima ekspozicije. Podatke procene rizika u analizi rizika kroz interaktivnu razmenu informacija i mišljenja koriste regulatorna tela u procesu upravljanja rizikom sa zadatkom donošenja odluka i akcija imajući u vidu ekonomske, političke i socijalne posledice uvođenja regulatornih mera. Međutim, u naučnom smislu, u istraživanjima u oblasti procene rizika akcent se stavlja na istraživanja modela sa što manje nepouzdanosti, koji uključuju sve relevantne faktore koji utiču na izloženost.

Procena rizika se odvija u četiri stadijuma:

- Identifikacija opasnosti
- Procena odnosa doza-odgovor
- Procena izloženosti
- Karakterizacija rizika

Identifikacija opasnosti je prva faza u proceni rizika a sastoji se u nedvosmislenom dokazu da posmatrana supstanca pod određenim uslovima može imati štetan efekat. Kako su ispitivanja na ljudima ograničena, potvrda štetnog efekta neke supstance uglavnom je rezultat studija na eksperimentalnim životinjama, uočenih efekata na humanu populaciju nakon akcidenata ili *in vitro*, odnosno *in silico* ispitivanja. Hrana može da sadrži širok spektar kontaminanata i glavni je izvor ekspozicije ljudi za veliki broj toksičnih supstanci. Te supstance se mogu podeliti na kontaminante životne sredine, supstance primenjene u poljoprivredi i veterini, jedinjenja koja se koriste u procesu proizvodnje i pakovanja i endogene toksine (10).

U grupu zagađivača okoline spadaju teški metali, perzistentni organski zagađivači i radionuklidi. Od supstanci koje se primenjuju u poljoprivredi i veterini, mogući zagađivači hrane su brojni pesticidi i veterinarski lekovi. Kroz proces proizvodnje, kao deo

tehnološkog procesa, hrani se dodaje veliki broj aditiva koji, u zavisnosti od količine u kojoj se nalaze u namirnicama, mogu izazvati toksične efekte. Takođe, komponente ambalažnog materijala mogu dospeti u namirnice i potencijalno štetno delovati na ljudsko zdravlje. Na kraju, hrana može biti izvor endogenih toksina kao što su inhibitori proteaze (soja), glikoalkaloidi, cijanogeni glikozidi i dr.

Karakterizacija opasnosti podrazumeva kvantitativno definisanje nivoa pri kojima ispitivane supstance mogu ispoljiti štetan efekat. Zasniva se na odnosu doza-efekat koji se prati i karakteriše u eksperimentalnim studijama na životinjama (11). Doze sa odgovarajućim efektima na životinjama ekstrapoliraju se na čoveka primenom faktora sigurnosti.

Procena izloženosti, treća faza u proceni rizika, definiše se kao evaluacija unosa bioloških, hemijskih ili fizičkih agenasa preko hrane kao i preko drugih izvora ako su relevantni za posmatrane agense (12). Kako se u našem ispitivanju radi o izloženosti kontaminantima putem hrane, termin "izloženost" zameni ćemo terminom "unos". Dakle, unos kontaminanata zavisi od ishrane, tj. unosa određenih vrsta namirnica i od koncentracije kontaminanata u njima. Unos se može meriti direktno, primenom duplih obroka ispitivane populacije u određenom vremenskom periodu, gde bi se jedan obrok koristio za kvantitativnu analizu unetih kontaminanata. Obzirom na složenost i cenu ovakvog eksperimenta, u praksi se više koristi pristup nezavisnog prikupljanja podataka o ishrani i informacija o nivoima kontaminanata u namirnicama. Uglavnom se koriste već postojeći podaci iz dostupnih baza, studija i radova, pri čemu se javljaju problemi tumačenja podataka iz različitih izvora, posebno ako ne postoje podaci o vremenu, lokacijama, namirnicama, šemi izvođenja i metodologiji istraživanja, laboratorijskim procedurama i sl. (13, 14).

Postoje tri različita pristupa obradi raspoloživih podataka u cilju kvantifikacije unosa kontaminanata:

- deterministički model
- semi-probabilistički model
- probabilistički model

Deterministi ki model podrazumeva koriš enje fiksnih vrednosti konzumiranih namirnica (obi no srednjih i maksimalnih) i nivoa kontaminanata u njima. Jednostavan je za izvoženje i obi no predstavlja prvi korak u proceni rizika, ne pružaju i informacije o celoj populaciji niti o verovatno i da e se predvi eni scenariji zaista i dogoditi (13, 15-17).

Semi-probabilsti kim metodom upore uju se varijabilni podaci nivoa supstanci od interesa u namirnicama sa fiksnim podacima unosa pojedinih namirnica. Kombinovanjem varijabilnih podataka unosa i kontaminacije, primenom odgovaraju ih modela, koristi se probabilsti ki metod koji daje najviše informacija o unosu odre enog agensa jer u obzir uzima kako distribuciju podataka tako i merne nesigurnosti vezane za koriš ene podatke (15).

Karakterizacija rizika vrši se pore enjem procenjenog unosa štetnih supstanci sa definisanim maksimalnim vrednostima unosa koji nije štetan po zdravlje ljudi. Procenjeni rizik treba da rezultuje informacijama i preporukama koje e doprineti bezbednoj ishrani stanovništva.

1.3. KONTAMINANTI HRANE

Prisustvo kontaminanata u hrani je posledica zaga enja okolne sredine i/ili tretmana u toku proizvodnje, pakovanja, transporta i obrade hrane. Kontaminanti mogu biti prirodni (mikotoksini i bakterijski enterotoksini), zaga iva i okoline (polihlorovani bifenili, dioksini, policikl ni aromati ni ugljovodonici, teški metali) i supstance koriš ene u svim fazama proizvodnje i prometa hrane (pesticidi, aditivi).

1.3.1. Kadmijum

Kadmijum se u prirodi nalazi u malim koli inama u zemljinoj kori (0,1–0,5 mg/kg), uglavnom kao pratilac ruda cinka, olova i bakra, kao i u vodama okeana, u koncentraciji od 5 do 110 ng/l. Osim toga, nalaženje Cd u prirodi može biti rezultat vulkanskih erupcija, šumskih požara, formiranja aerosola morske soli i drugih prirodnih fenomena. Kako je poslednjih godina upotreba Cd porasla (koristi se u proizvodnji alkalnih baterija i

akumulatora, solarnih ploha, plastike, stakla, pigmenta, raznih legura), on se u okruženju može naći i kao posledica delovanja oveka. Glavni antropogeni izvori Cd u životnoj sredini su prerada obojenih metala, proizvodnja i primena fosfatnih ubriva, sagorevanje fosilnih goriva i odlaganje otpada. Dospevši u okolnu sredinu Cd zagađuje vodu i zemljište, a zatim, preko biljaka, ulazi u lanac ishrane oveka (18).

Hrana je najvažniji izvor kontaminacije Cd za opštu populaciju nepuša. Od ukupnog unosa Cd oko 90% je putem hrane, dok ostalih 10% uključuje unos Cd preko ambijentalnog vazduha i preko vode za piće. Populacija pušača značajnu količinu Cd unosi preko duvanskog dima (19, 20). Većina namirnica sadrži tragove Cd, a većine količine se mogu naći u iznutricama, školjkama, pečurkama, kao i nekim biljkama koje mogu da akumuliraju Cd (kakao, pirina).

Iz gastrointestinalnog trakta se kod ljudi resorbuje svega oko 5-6% Cd. Nivo apsorpcije je obrnuto proporcionalan sadržaju cinka, kalcijuma i gvožđa u hrani. U organizmu oveka Cd se vezuje za protein metalotionein, koji je važan transportni i deprotein za Cd, a ujedno je i osnovni sistem detoksikacije jer vezivanjem Cd sprečava njegove toksične efekte. Kadmijum se deponuje u jetri, bubrezima i kostima sa poluvremenom života u organizmu oveka od oko 20 godina. Iz organizma se eliminiše bilijarnim putem i delom preko urina. Najvažniji mehanizmi toksičnog dejstva Cd su vezivanje za sulfhidrilne grupe proteina, indukcija oksidativnog stresa i istiskivanje bioelemanata iz metal zavisnih enzima (18).

Od sredine 20. veka, kada je prepoznata opasnost profesionalnog izlaganja Cd, veliki broj ispitivanja se bavio toksičnim efektima Cd pri izloženosti ljudi i laboratorijskih životinja (21-26). Pri oralnoj ekspoziciji primarni ciljani organ za Cd su bubrezi. Kadmijum dovodi do oštećenja na nivou glomerularne filtracije i tubularne reapsorpcije, sa posledicom aminoacidurijom, pojavom proteina male molekulske mase u urinu, do potpunog gubitka bubrežne funkcije. Poremećaji kostiju - osteomalacija, osteoporoza, spontane frakture, jak bol u kostima, delom se takođe objašnjavaju renalnom disfunkcijom prouzrokovanom Cd, a delom su posledica efekata Cd na metabolizam kalcijuma (pojačana eliminacija kalcijuma), zatim poremećaji metabolizma vitamina D, interferencije Cd sa paratiroidnim hormonom, ometanja inkorporiranja kalcijuma u koštane ćelije i ometanje

sinteze kolagena u koštanim elijama. Na eksperimentalnim životinjama dokazana je i anemija, hepatotoksičnost, poremećaji nervnog sistema i poremećaji u razvoju.

Meunarodna agencija za istraživanje raka - IARC (*the International Agency for Research on Cancer*), na osnovu relevantnih ispitivanja, Cd svrstava u grupu 1, grupu dokazanih karcinogena za ljude (27).

1.3.2. Živa

Nalaženje Hg u životnoj sredini je rezultat kako prirodnih procesa (vulkanska aktivnost, erozije tla), tako i ljudske aktivnosti – sagorevanje fosilnih goriva, emisija iz industrije i rudnika, direktna primena veštačkih ubriva i fungicida. Živa se u prirodi nalazi kao elementarna, u neorganskim i organskim jedinjenjima. Elementarna Hg je sjajni, srebrnast metal, tean na sobnoj temperaturi. Koristila se u termometrima i električnim prekidačima, a i dalje se koristi u amalgamskim plombama. Jedinjenja Hg koristila su se kao fungicidi, a danas se još uvek koriste za amalgamaciju, u proizvodnji plastičnih materijala, kaustične sode itd. Od organskih jedinjenja u životnoj sredini najzastupljenija i najtoksičnija je metil-živa (28). Metilacija Hg je rezultat mikrobiološke aktivnosti i od primarnog je značaja za kruženje Hg u životnoj sredini (29-31). Kod vodenih organizama i njihovih predatora metil-živa se akumulira i dostiže nekoliko puta veće količine od onih u vodi. Konverzija neorganske u metil-živu predstavlja najvažniji korak u potencijalno štetnom delovanju na ljudsko zdravlje jer se metilacijom dobija stabilno jedinjenje, dobrih resorptivnih osobina, dobre rastvorljivosti u mastima i sa mogućnošću prolaska kroz krvno-moždanu i placentalnu barijeru.

Dominantan unos Hg kod čoveka je preko hrane, a preko 90% unete Hg potiče iz ribe i ribljih proizvoda. Metil-živa se dobro resorbuje iz digestivnog trakta (90%), a oko 80% unete količine se vezuje za eritrocite. Resorpcija neorganskih jedinjenja Hg, međutim, veoma je niska, svega oko 8%. Poluvreme života Hg kod ljudi je 70 dana, a izlazi se preko salive, urina, fecesa i mleka (28). Toksično dejstvo Hg uslovljeno je vezivanjem za sulfhidrilne i druge grupe proteina i promenom njihove strukture i funkcije.

Veliki broj informacija o toksičnosti metil-žive, nažalost, dobijen je nakon akcidenata u Iraku (32) i Japanskim gradovima Minamati i Nigati (33). Sve forme Hg su toksične, ali se nivoi toksičnosti značajno razlikuju. Neorganska jedinjenja Hg i elementarna Hg imaju malu toksičnost zbog slabe resorpcije. Izuzetak je HgCl_2 kao i živine pare koje se mogu resorbovati preko pluća i direktno u i u krvotok, sa veoma opasnim posledicama po zdravlje. Za razliku od Hg^{2+} , koja je dominantno nefrotoksična i akumulira se u bubrezima, organska Hg je neurotoksična. U osnovi obe toksičnosti leži sposobnost mimikrije. Kompleks metil-Hg-cistein imitira metionin i u tom obliku prolazi krvnomoždanu barijeru koristeći specifične transportere za amino kiseline. Nakon ulaska u mozak metil živa remeti glikolizu, biosintezu nukleinskih kiselina, aerobnu respiraciju, sintezu proteina, oslobađanje neurotransmitera itd. tako što se vezuje za -SH grupe proteina, izaziva oksidativni stres i menja homeostazu kalcijuma. Metil živa dovodi do oštećenja neurona i difuzne encefalopatije izazivajući i senzorne, motorne i kognitivne poremećaje. S obzirom da su elementarna Hg i metil-živa liposolibilne i prolaze kroz placentu javlja se i teratogeni efekat. Dokazana je i genotoksičnost u vidu hromozomskih aberacija izazvanih vezivanjem Hg za sulfhidrilne grupe na RNK i DNK (28, 34). Značajno je napomenuti da metil-živa do štethnih efekata na nervni sistem, prvenstveno dece, može dovesti i pri relativno niskim nivoima ekspozicije (35, 36).

Na osnovu dokaza o karcinogenom delovanju na životinje sa oštećenim bubrezima, IARC metil-živu svrstava u grupu 2B tj. u moguće kancerogene za ljude, dok elementarna Hg i neorganska jedinjenja Hg nisu klasifikovani kao karcinogeni (37).

1.3.3. Olovo

Olovo se u prirodi nalazi u zemljinoj kori. Nivo Pb u životnoj sredini dominantno je rezultat ljudske aktivnosti. Olovne legure su se koristile u proizvodnji cevi, dok je tetraetil olovo korišćeno kao aditiv u benzinu. Danas se Pb koristi u industriji akumulatora i boja, u proizvodnji municije, kao zaštita od zračenja i sl. U životnoj sredini Pb se procesom biometilovanja prevodi u tetrametil-olovo sa visokim stepenom biodostupnosti. Prema nekim istraživanjima i do 24% Pb u ribama nalazi se u obliku tetrametil-olova (38).

Dominantno se Pb unosi inhalacijom – i do 40%, posebno u krajevima sa razvijenom industrijom ili pored velikih saobra ajnica. Preko hrane se unosi do 15% od ukupne unete koli ine Pb (38).

Resorpcija iz gastrointestinalnog trakta zavisi od starosti i kre e se od oko 10% kod odraslih osoba, pa do 50% kod dece. Preko 90% unetog Pb se akumulira u kostima i zubima, gde mu je poluživot preko 20 godina. Problem ovih depozita je što se u odre enim stanjima kao što su trudno a, dojenje, periodi intenzivnog rasta, Pb može iz njih osloboditi i u i u sistemsku cirkulaciju, što je preduslov njegovog štetnog delovanja. Olovo prolazi kroz moždanu barijeru i koncentriše se u sivoj masi centralnog nervnog sistema (CNS). Nepromenjeno metaboli kim procesima, Pb koje se nije deponovalo u kostima ili zubima, izlu uje se urinom i fecesom, i to 99% kod odraslih, a samo 32% kod dece, u toku nekoliko nedelja nakon ekspozicije (38).

Hroni ni toksi ni efekti Pb se razlikuju kod dece i odraslih. Kod odraslih primarno su ugroženi bubrezi, periferni nervi, hematopoetski i reproduktivni sistem. Nefrotoksi ni efekat olovo ispoljava delovanjem na enzimske sisteme u proksimalnim tubulima. Olovo, u manjoj ili ve oj meri, inhibira gotovo sve enzime u sintezi hemoglobina dovode i do anemije. Kod dece je dominantan štetni efekat Pb na CNS (39-51). Interakcijama sa raznim enzimskim sistemima, Pb posebno uti e na tkiva i organe u razvoju, što se manifestuje mentalnom retardiranoš u, poreme ajima u govoru, svesti i ponašanju. ak i trovanja malim koli inama olova mogu kod dece imati zna ajne klini ke posledice (52-55).

Na osnovu podataka o izazivanju karcinoma kod eksperimentalnih životinja, IARC neorganska jedinjenja Pb klasifikuje kao verovatno karcinogena za ljude – grupa A2, dok, zbog nedovoljnih dokaza o uticaju na razvoj karcinoma kod oveka i životinja, organska jedinjenja Pb ne klasifikuje kao karcinogene (27).

1.3.4. 1,1,1-trihlor-2,2-bis(4-hlorfenil)etan (DDT)

Organohlorno jedinjenje 1,1,1-trihlor-2,2-bis(4-hlorfenil)etan (DDT) je sintetisano 1873. godine, dok svoju primenu kao insekticid nalazi od 1939. godine.

Do ranih sedamdesetih godina, kada je u nekim zemljama zabranjen, primenjivan je kao insekticid za zaštitu ljudi, doma ih životinja, na gra evinama, poljoprivrednim usevima i šumama. Danas se, po preporuci WHO, dozvoljava primena DDT u kontroli malarije samo u malom broju zemalja, gde zamena DDT drugim insekticidima, zbog njegove efikasnosti, nije mogu a.

Svi izomeri DDT su beli kristali bez ukusa, gotovo bez mirisa. Izrazito je lipofilan, a u vodi se ne rastvara. Na temperaturama iznad ta ke topljenja (109 °C), u prisustvu katalizatora ili svetla, DDT se transformiše u oblik DDE (1,1-*bis*-(4-hlorfenil)-2,2-dihloreten). Tako e, pod uticajem mikroorganizama, DDT se sporo razlaže do DDE i DDD (1-hloro-4-[2,2-dihloro-1-(4-hlorfenil)etil]benzen) (56).

Proizvodnja i primena ovog insekticida imala je za posledicu ulazak DDT u sve kompartmente životne sredine. S obzirom da se radi o postojanom jedinjenju sa poluživotom od 2-15 godina, DDT se i danas nalazi u okolnoj sredini.

Opšta populacija je uglavnom izložena DDT preko hrane, više od 90% (57). Iako je danas retkost, do ekspozicije inhalacionim putem ili resorpcijom preko kože dolazilo je u toku prizvodnje ili primene DDT. Najve e koli ine DDT u ljudskoj ishrani poti u iz ribe, mesa, i proizvoda od mleka. Budu i da niži vodeni organizmi i ribe DDT preuzimaju i akumuliraju iz vode, najve e koncentracije DDT su dokazane u masnom tkivu morskih životinja. Istraživanja pokazuju da se ribom unese i do 75% ukupnog DDT (58).

Bez obzira na put unosa, DDT, DDE i DDD se relativno dobro resorbuju. Nakon peroralne ekspozicije, resorbovane koli ine DDT, DDE i DDD se transportuju limfnim sistemom i distribuiraju do svih tkiva u organizmu i deponuju u koli ini koja je proporcionalna sadržaju masti u tim tkivima. Glavni put eliminacije kod ljudi je urinarni, ali se deo DDT izlu uje i putem fecesa (bilijarna ekskrecija) i mleka. Ekskrecija DDT-a putem fecesa može biti glavni put eliminacije pri ekspoziciji visokim dozama (59-61).

S obzirom da remeti provo enje nervnih impulsa, DDT je primarno neurotoksi an. Pretpostavlja se da DDT inhibira transport jona kalcijuma, vezuju i se za hidrofobno mesto kalmodulina, ime posredno deluje na funkciju Ca/Mg ATP-aze (62).

Pored neurotoksi nog efekta, DDT može da dovede do zna ajnih poreme aja funkcija jetre, imunog sistema, reprodukcije i razvoja, ali su ovi efekti u najve em broju

slu ajeva bili jasno uo eni samo kod eksperimentalnih životinja. Malobrojne studije kod ljudi ukazale su da visoke doze DDT/DDE mogu da uti u na one kriti ne efekte koji su hormonski regulisani, kao što su plodnost, tok i održanje trudno e i dužina laktacije. Uticaj DDT na reprodukciju i razvoj odvija se preko interakcije na nivou receptora za estrogene i androgene (56, 63, 64).

Studije na životinjama su pokazale da DDT i njegovi derivati mogu dovesti do pojave karcinoma jetre, ali ne postoje dokazi o vezi ekspozicije DDT i pojave karcinoma kod ljudi (65), pa IARC svrstava DDT u grupu mogu ih kancerogena za ljude (66).

1.3.5. Polihlorovani bifenili (PCB)

Polihlorovani bifenili su smeša organohlornih jedinjenja. Sintetisani su još 1864. godine, a primenu u industriji nalaze tek tridesetih godina dvadesetog veka. Od tada im proizvodnja raste do sedamdesetih godina, kada su istraživanja nakon akcidenata (Japan, Kalifornija, Slovenija) ukazala na njihovu toksi nost (67, 68). injenica da se radi o veoma postojanim, izrazito lipofilnim jedinjenjima, koja ulaze u lanac ishrane, dovela je do niza regulatornih propisa kojima se proizvodnja i primena PCB smanjuje, a u ve ini zemalja i zabranjuje. U našoj zemlji PCB se nisu proizvodili, ali su imali široku primenu u raznim granama industrije, gde su još uvek prisutni u zna ajnim koli inama, pre svega u transformatorima i kondenzatorima. Imperativ je, gde god je to mogu e, zamena PCB ulja sli nim formulacijama. Nažalost, nerazvijene zemlje nemaju ekonomski opravdane mehanizme zamene PCB drugim manje štetnim materijama, pa je usled akcidenata i/ili nesavesnog i nestru nog odlaganja otpada problem zaga enja PCB, zbog ulaska u lanac ishrane, i danas aktuelan.

Hlorovanjem bifenila nastaju kongeneri koji se razlikuju po broju atoma hlora, tj. stepenu hlorovanja, kao i izomeri koji imaju isti broj atoma hlora, ali se razlikuju po mestu supstitucije. Kongeneri u kojima se hlor nalazi u *meta* i/ili *para* položaju su planarni, tj. koplanarni, a svi ostali neplanarni, tj. nonkoplanarni. Polihlorovani bifenili nisu zapaljivi, imaju visoku termi ku, a nisku elektri nu provodljivost i ekstremno su otporni prema termi kom dejstvu.

Od ukupnog unosa PCB u organizam čoveka, gotovo 90% potiče iz konzumirane hrane (69-71). Najveći sadržaj PCB imaju namirnice bogate mastima, u prvom redu riba, meso, jaja i mleko, a manje u povrću. Iako je unos ribe u poređenju sa drugim grupama namirnica, kao što su meso i mleko, relativno nizak, ipak se i do 50% PCB unese u organizam preko konzumirane ribe i proizvoda od ribe. Polihlorovani bifenili se naročito akumuliraju u ribama i morskim sisarima dostižu i nivoe koji mogu biti i nekoliko hiljada puta veći od onih u vodi. Nivoi PCB i kod kopnenih životinja rastu prema višim nivoima lanca ishrane. Sve ove činjenice ukazuju da PCB imaju značajan potencijal za biomagnifikaciju (72, 73).

Kada se unose peroralno, PCB se dobro resorbuju, dok je stepen resorpcije znatno niži ako se unose dermalnim putem. U gastrointestinalnom traktu kongeneri se resorbuju pasivnom difuzijom. U plazmi se PCB vezuju za lipoproteinsku frakciju. Zahvaljujući lipofilnosti, PCB, a naročito visoko hlorovani kongeneri, imaju tendenciju akumulacije u tkivima koja su bogata mastima. Polihlorovani bifenili se metabolišu u prisustvu sistema mikrozomalnih monooksigenaza do polarnih metabolita koji se dalje konjuguju sa glutationom i glukuronskom kiselinom. Neki kongeneri (više hlorovani derivati i kongeneri koji imaju supstituisane *meta/para* položaje) se relativno slabo metabolišu pa usled toga ostaju dugo u organizmu (više meseci i godina). Međutim i neki od hidroksilovanih metabolita se relativno dugo zadržavaju u organizmu, verovatno zahvaljujući i dalje visokoj lipofilnosti ili reverzibilnom vezivanju za proteine (74).

Svi PCB mogu se podeliti na osnovu mehanizma toksičnosti uslovljenog hemijskom strukturom na PCB slične dioksinu – dl-PCB (*dioxin like PCB*) i PCB koji nisu slični dioksinu – ndl-PCB (*non dioxin like PCB*). U životnoj sredini i posledično u hrani ndl-PCB su daleko zastupljeniji.

Polihlorovani bifenili i kod ljudi i kod životinja izazivaju toksične efekte na jetru, štitnu žlezdu, kožu i oči, imuni sistem, zatim poremećaje u razvoju nervnog sistema, reproduktivnu toksičnost i karcinogenost. Dioksinu slični PCB deluju preko receptora za aromatične ugljovodonike (Ah receptora) u citoplazmi. Stvoreni kompleks PCB-Ah receptor ulazi u jedro ćelije dovodeći do promene transkripcije gena, što dalje utiče na stvaranje izmenjenih sekvenci gena. Ovim mehanizmom objašnjavaju se indukcija enzima,

imunotoksi nost, teratogenost i hepatotoksi nost, a razli it odgovor organizama tuma i se dvojakom – razli itim nivoom Ah receptora i razli itom stabilnoš u kompleksa PCB-Ah receptor, što zavisi od vrste, pola i starosti organizma (75). Brojni eksperimenti su pokazali da dl-PCB indukuju mikrozomalne citohrom P450 oksigenaze koje katalizuju veliki broj metaboli kih oksidoredukcija mnogih endogenih supstancija i ksenobiotika. Pored citohrom oksigenaze, dl-PCB indukuju i glutation-S-transferazu, epoksihidrolaze i sintetazu δ -amino levulinske kiseline, a inhibitorno deluju na dehidrogenazu δ -amino levulinske kiseline i uroporfirinogen dekarboksilazu, koji su uklju eni u sintezu hema, što rezultuje pojavom porfirije (74).

Polihlorovani bifenili koji nisu sli ni dioksinu izazivaju razli ite vrste odgovora u odnosu na dl-PCB, putevima koji ne ukju uju Ah receptore (71). U ve ini eksperimentalnih studija toksi nosti PCB koriš ene su komercijalne smeše PCB, pa se mehanizam delovanja i posledí na toksi nost ndl-PCB nije mogla razlikovati, tj. odvojiti od dl-PCB. U jednom takvom ispitivanju, koriš enjem dva ista ndl-PCB kongenera – 52 i 180, dokazana je delimi na sli nost u štetnim efektima kao što izazivaju i dl-PCB. Naime, ndl-PCB su delovali na citohrom P450, ali je induktivni profil bio razli it od profila uo enog u ispitivanjima sa dl-PCB, pa se za ndl-PCB ne može re i da su hepatotoksi ni. Sa druge strane, dokazano je smanjenje tireoidnih hormona T3 i T4, kao i poreme aji u razvoju nervnog i reproduktivnog sistema (76).

Me unarodna agencija za istraživanje raka svrstava PCB u grupu 2A, tj. u supstancije verovatno karcinogene za ljude, što zna i da postoje podaci o karcinogenosti na eksperimentalnim životinjama i ograni eni podaci o pojavi karcinoma kod ljudi (77).

1.3.6. Polibromovani difeniletri (PBDE)

Polibromovani difeniletri (PBDE) predstavljaju grupu sintetskih organskih jedinjenja koja se u industriji koriste kao supstance koje spre avaju gorenje, a imaju zna ajnu primenu u proizvodnji plasti nih, tekstilnih i proizvoda elektronske industrije.

Regulativa mnogih zemlja usloвила je otpornost proizvoda koji se koriste u doma instvu na zapaljivost, što je dodatno pove alo porast i zna aj primene usporiva a

gorenja (78-82). Polibromovani difeniletri se smatraju izuzetno efikasnim i ekonomičnim, što potvrđuju podaci o obimu proizvodnje i potrošnje (80, 83).

Polibromovani difeniletri su perzistentna liposolubilna jedinjenja slabo rastvorljiva u vodi (84). Bez obzira na nesporan doprinos, činjenica je da PBDE migriraju iz proizvoda, dospevaju u životnu sredinu i predstavljaju rizik za ljudsko zdravlje. Polibromovani difeniletri su 2009. godine dodati listi perzistentnih organskih polutanata (POPs) usvojenoj Stokholmskom konvencijom, čiji je cilj da ograniči ili zabrani proizvodnju, upotrebu, emisiju ili uvoz i izvoz toksičnih supstanci označenih kao POPs radi zaštite zdravlja ljudi i životne sredine (85).

Do ekspozicije ljudi PBDE dolazi na nekoliko načina, a unos putem hrane, tj. putem kontaminirane ribe je najznačajniji (81, 86-89). U pilem i govećem mesu koncentracije PBDE su niže nego u ribi, ali dovoljne da izdvajaju ove namirnice kao potencijalni izvor PBDE (90-92). Hrana nije jedini izvor PBDE, s obzirom da prisustvo ovih jedinjenja u građevinskom materijalu, nameštaju, elektronskim uređajima doprinosi izloženosti ljudi inhalacijom kontaminiranog vazduha ili prašine (93-95). Smatra se da je dermalni put unosa PBDE kod ljudi najmanje moguć, ali se nikako ne sme zanemariti naročito u slučajevima profesionalne ekspozicije (93, 96).

Toksikokinetika PBDE se razlikuje u zavisnosti od tipa kongenera i puta unosa. Nakon peroralnog unosa deka BDE se veoma slabo resorbuje, oko 10% (81). Niži kongeneri se apsorbuju brže, a stepen apsorpcije je viši. PBDE se distribuiraju u najvećoj meri u pluća, masno tkivo i jetru, ali su detektovani i u nadbubrežnoj žlezdi, slezini, bubrezima i mozgu (79-81, 97). Od metaboličkih promena uočene su hidroksilacija i supstitucija sa tiolima (98-100).

Poluživot PBDE raste sa porastom broja atoma broma u molekulu, od 19,1 dan za tetra do 119,1 dan za heksa BDE. Izuzetak je deka BDE, koji se, pored slabe apsorpcije, odlikuje i veoma kratkim poluvremenom eliminacije – manje od 24h (101-104). Dominantni put eliminacije PBDE iz organizma je putem fecesa (81).

O mehanizmima toksičnosti PBDE se još uvek spekulira (82, 103). Zbog strukturne sličnosti sa dioksinima pripisuje im se ispoljavanje toksičnih efekata preko Ah receptora, a

da su pojedini efekti, poput indukcije mikrozomalne monoooksigenaze jetre, posredovani drugim mehanizmima (101-103).

Prema podacima iz studija o akutnoj i hroni noj ekspoziciji, toksi nost deka BDE je manje izražena od penta ili okta BDE komercijalnih smeša. Razlika u toksi nosti je najverovatnije vezana za potencijal nižih BDE za akumulaciju obzirom na ve i particioni koeficijent, zadržavanje u tkivima bogatim mastima i nižim stepenom metabolizma i eliminacije u odnosu na deka BDE. Razlike u trodimenzionalnoj strukturi izme u kongenera, tako e mogu objasniti razlike u toksi nosti. Bazirano na studijama na životinjama može se smatrati da PBDE najzna ajnije toksi ne efekte ispoljavaju na jetru, štitnu žlezdu, nervni sistem, rast i razvoj (79-81, 105). Podaci o karcinogenosti proizilaze samo iz jedne studije hroni ne toksi nosti, gde je oralno primenjen deka BDE i jedne studije hroni ne toksi nosti, gde su primenjene smeše nižih kongenera PBDE (101). Dek a BDE je kod pacova izazvao pojavu neoplasti nih nodula na jetri i hepatocelularnih adenoma kod miševa. Kod miševa je tako e uo ena i pojava elijskih tumora folikula štitne žlezde. Studije koje su ispitivale karcinogenost nižih kongenera su donekle limitirane niskim primenjenim dozama i testiranjem sprovedenim na samo jednoj životinjskoj vrsti. Me unarodna agencija za istraživanje raka ne klasifikuje deka BDE kao karcinogene za ljude (grupa 3), a EPA klasifikuje samo deka BDE kao mogu karcinogen za ljude (grupa C), (106, 107). Do sada nema podataka o genotoksi nosti ovih jedinjenja (81). Na bazi toksikoloških ispitivanja u Evropskoj uniji je 2003. godine stupila na snagu zabrana upotrebe proizvoda sa sadržajem penta i okta BDE, dok se deka BDE još primenjuje u skladu sa zakonskim odredbama (108).

1.4. TOKSI NI EFEKTI SMEŠA

U realnim okolnostima ljudi su preko hrane istovremeno izloženi delovanju brojnih ksenobiotika, pa i onih koji su odabrani za prou avanje u ovoj studiji. Kako se u ovoj studiji radi o kontaminantima sa razli itim na inom delovanja, shodno preporukama EFSA (109), najpre se procenjuje efekat svakog kontaminanta pojedina no, a zatim se, koriste i pretpostavku o nezavisnom na inu delovanja, procenjuje efekat smeše na bazi *in*

vivo ili *in vitro* toksikokinetičkih i/ili toksidogeničkih ispitivanja. Njihov ukupan efekat po zdravlju ovekada u tom smislu može biti (110):

1. aditivni (suma individualnih efekata),
2. sinergistički (ukupan efekat je veći od prostog zbira pojedinačnih efekata),
3. potencirajući (sličan sinergističkom sa tom razlikom da posmatrana supstanca/e može imati drugačiji efekat),
4. koalicioni (efekat je kvalitativno drugačiji od pojedinačnog efekta bilo koje posmatrane supstance),
5. antagonistički (ukupan efekat je manji od zbira individualnih).

Koncept ukupnog rizika kao sume rizika od svih posmatranih kontaminanata iz jednog izvora ekspozicije, u ovom slučaju hrane, ne uzima u obzir različite toksikološke profile ispitivanih supstanci. Primenjuje se kada ne postoji drugi način kvantitativnog izražavanja ukupnog rizika pri ekspoziciji većem broju kontaminanata.

U zavisnosti od integrativnog efekta i procenjeni rizik od unosa određene supstancije hranom može biti različito posmatran u zavisnosti od međusobnog uticaja posmatranih kontaminanata, tj. karakterizacija rizika smeše preko hazard indeksa može biti različitna ne samo kao prost zbir pojedinačnih hazarda već uz korekcije u zavisnosti od eksperimentalno dobijenih rezultata o efektima odabranih supstanci primenjenih pojedinačno ili u smeši.

2. HIPOTEZA I CILJ ISTRAŽIVANJA

Na osnovu preliminarnih podataka o sadržaju kontaminanata u namirnicama na tržištu Republike Srbije, kao i literaturnih podataka o istraživanjima u oblasti procene rizika od izloženosti toksi nim supstancama prisutnim u hrani, najzna ajnije grupe kontaminanata predstavljaju teški metali – Cd, Hg i Pb, organohlorni pesticid DDT, sa svojim metabolitima i degradacionim proizvodima DDE i DDD i ndl-PCB. Tako e, u ispitavanja je uklju ena i grupa polibromovanih difeniletara, perzistentnih jedinjenja koja se, kao usporiva i gorenja, dodaju velikom broju proizvoda, jer o njihovim koncentracijama u namirnicama u Republici Srbiji još uvek nema objavljenih podataka. Pored procene rizika zasnovane na ispitivanju svakog pojedina nog kontaminanta, neophodno je sprovesti i integrativnu procenu rizika, koja e ukazati na ukupni rizik usled istovremene izloženosti ovim toksi nim supstancama, zbog pretpostavke da, iako ne postoji neprihvatljiva izloženost pojedina nim toksi nim supstancama, integralni pristup proceni izloženosti može da ukaže na pove an rizik.

Ciljevi ove doktorske disertacije bili su:

- 1) odrediti koncentraciju kontaminanata Cd, Hg, Pb, DDT, ndl-PCB (kongenera 28, 52, 101, 118, 138, 153 i 180) i PBDE (kongenera 47, 99, 100, 153, 154 i 209) u namirnicama koje se koriste u ishrani opšte populacije, osoba na mediteranskoj dijeti i dece i proceniti stepen kontaminacije,
- 2) za razli ite scenarije ishrane, utvrditi izloženost opšte populacije, osoba na mediteranskoj dijeti i dece,
- 3) analizirati rezultate dobijene primenom deterministi ke i probalisti ke metode procene izloženosti,
- 4) ispitati *in vitro* citotoksi ni efekat Cd, Hg, Pb, DDT, ndl-PCB i PBDE, kao i njihove smeše,
- 5) ispitati *in vitro* efekat Cd, Hg, Pb, DDT, ndl-PCB i PBDE, kao i njihove smeše, na produkciju reaktivnih vrsta kiseonika,

- 6) ispitati *in vitro* genotoksi ni efekat Cd, Hg, Pb, DDT, ndl-PCB i PBDE, kao i njihove smeše,
- 7) analizirati procenjeni rizik od pojedina nih kontaminanata i njihove smeše.

3. MATERIJAL I METODE

Koncentracije pojedinih kontaminanata u namirnicama koje se koriste u ishrani stanovništva Republike Srbije, preuzete su iz baze podataka Instituta za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd, formirane u periodu 2005-2012. godina. U bazu je uvršteno 50 grupa namirnica koje kao relevantne daje FAO/WHO (Prilog I).

U svakoj grupi namirnica odreivan je sadržaj teških metala: Cd, Hg, Pb, i organohalogenih jedinjenja: DDT (suma DDT, DDE i DDD), ndl-PCB (kongeneri 28, 52, 101, 118, 138, 153 i 180) i PBDE (kongeneri 47, 99, 100, 153, 154 i 209).

3.1. ODRE IVANJE TEŠKIH METALA

Koncentracija teških metala odreivana je iz rastvora razorenih uzoraka akreditovanim metodama (ISO 17025) atomske apsorpcione spektrometrije (AAS), i to: elektrotermalnom atomizacijom (Cd i Pb) i tehnikom hladnih para (Hg).

3.1.1. Reagensi i standardi

Za razaranje uzoraka korišeni su sledeći reagensi: nitratna kiselina (HNO_3), 64% *p.a.*, Sigma-Aldrich (*St. Louis, MA, SAD*); 30% vodonik-peroksid (H_2O_2), J.T. Baker (*Deventer, Holandija*); kalaj(II)-hlorid dihidrat ($\text{SnCl}_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$), J.T. Baker (*Deventer, Holandija*); hloridna kiselina (HCl) *p.a.*, Sigma-Aldrich (*St. Louis, MA, SAD*) i dejonizovana voda maksimalne provodljivosti $0,069 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ dobijena iz aparata Elga Purelab option DV 35 (*High Wycombe, Velika Britanija*).

Korišeni su osnovni standardni rastvori:

Cd, $c=1000 \pm 2 \text{mg}/\text{l}$, Merck (*Darmstadt, Nemačka*);

Hg, $c=1001 \pm 5 \text{mg}/\text{l}$, Merck (*Darmstadt, Nemačka*);

Pb, $c=1001 \pm 2 \text{mg}/\text{l}$, Merck (*Darmstadt, Nemačka*);

Od osnovnih standardnih rastvora pravljena su razblaženja u 5% HNO_3 do radnih kalibracionih rastvora (Tabela 1).

Tabela 1. Koncentracije kalibracionih rastvora teških metala

	$c_1, \mu\text{g/l}$	$c_2, \mu\text{g/l}$	$c_3, \mu\text{g/l}$	$c_4, \mu\text{g/l}$
Cd	0,2	0,5	1	2
Pb	2	5	10	20
Hg	2,5	5	10	15

3.1.2. Priprema uzoraka

U zavisnosti od vrste namirnice 0,25-1±0,001 g homogenizovanog uzorka odmeravano je u teflonsku posudu aparata za mikrotalasnu digestiju START D (*Milestone*, *Sorisole*, Italija), a zatim je dodavana smeša za digestiju sastava 8 ml HNO₃ + 1,5 ml H₂O₂. Uslovi za mineralizaciju ispitivanih uzoraka su postavljeni podešavanjem parametara programa digestije, i to: postizanje temperature od 180 °C tokom 5 minuta koja se održava narednih 10 minuta i ventilaciono hlađenje u trajanju od 15 minuta. Ovako pripremljeni uzorci su kvantitativno prenošeni dejonizovanom vodom u odmerne sudove i korišćeni za određivanje teških metala na instrumentu.

3.1.3. Uslovi određivanja teških metala

Kadmijum i Pb su određivani na atomskom apsorpcionom spektrofotometru sa elektrotermalnom atomizacijom Varian SpectrAA 220 GTA 110 (*Mulgrave*, Australija), korišćenjem argona kao inertnog gasa. Uslovi pod kojima su određivani Cd i Pb prikazani su u Tabeli 2.

Tabela 2. Radni uslovi određivanja kadmijuma i olova metodom AAS sa elektrotermalnom atomizacijom

faza	Cd			Pb		
	Temperatura, °C	Vreme, s	Protok gasa, l/min	Temperatura, °C	Vreme, s	Protok gasa, l/min
1.	85	5	3	85	5	3
2.	95	40	3	95	40	3
3.	120	10	3	120	10	3
4.	250	5	3	400	5	3
5.	250	1	3	400	1	3
6.	250	2	0	400	2	0
7.	1800	0,8	0	2100	1	0
8.	1800	2	0	2100	2	0
9.	1800	2	3	2100	2	3

Talasna dužina određivanja Cd je bila 228,8 nm, širina razreza 1 nm, a jačina struje lampe 4 mA. Metoda određivanja Cd je bila linearna u ispitivanom opsegu koncentracija, donja granica detekcije iznosila je 0,005 mg/kg, preciznost metode, izražena kao koeficijent varijacije, iznosila je 3,9%, a prinos metode je bio 92,3%.

Talasna dužina određivanja Pb bila je 283,3 nm, širina razreza 0,5 nm, a jačina struje lampe 8 mA. Metoda određivanja Pb je bila linearna u ispitivanom opsegu koncentracija, donja granica detekcije iznosila je 0,05 mg/kg, preciznost metode, izražena kao koeficijent varijacije, iznosila je 3,2 %, a prinos metode je bio 99,1 %.

Određivanje Hg vršeno je tehnikom hladnih para na AAS Varian SpectrAA 220, sa hidridnim sistemom VGA 77 (*Mulgrave*, Australija), redukcijom do elementarne Hg, korišćenjem azota kao nosača gasa. Kao reduktant korišćen je SnCl₂ (25% w/v) u HCl (20% v/v) pri protoku od 2 ml/min. Protok uzorka je bio 8 ml/min. Talasna dužina određivanja Hg bila je 253,7 nm, širina razreza 0,5 nm, a jačina struje lampe 4 mA. Metoda određivanja Hg je bila linearna u ispitivanom opsegu koncentracija, donja granica detekcije iznosila je 0,005 mg/kg, preciznost metode, izražena kao koeficijent varijacije, iznosila je 3,8%, a prinos metode je bio 97%.

Kontrola kvaliteta analitičkih metoda za određivanje teških metala je postignuta korišćenjem sertifikovanog referentnog materijala BCR 186 (Institute for Reference Materials and Measurements).

3.2. ODREĐIVANJE ORGANOHALOGENIH JEDINJENJA

Koncentracija organohalogenih jedinjenja u namirnicama određivana je metodom gasne hromatografije sa detektorom elektronskog zahvata (GC-ECD). Za detekciju jedinjenja korišćeno je retenciono vreme, a za kvantifikaciju je korišćena površina pika.

3.2.1. Reagensi i standardi

Za pripremu uzoraka korišćeni su sledeći reagensi: aluminijum oksid (Al_2O_3), aktiviran, neutralan, aktivnost po Brockmannu I, Sigma-Aldrich (*St. Louis, MA, SAD*); n-heksan, *p.a.*, Sigma-Aldrich (*St. Louis, MA, SAD*); aceton, isto e za HPLC – *chromasolv*, Sigma-Aldrich (*St. Louis, MA, SAD*); petrol etar, tačke ključanja $40-60^\circ\text{C}$, *p.a.* Sigma-Aldrich (*St. Louis, MA, SAD*); anhidrovani natrijum-sulfat (Na_2SO_4), *p.a.*, Zorka Pharma (Šabac, Srbija); kalijum-ferocijanid trihidrat [$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \times 3\text{H}_2\text{O}$], *p.a.*, Zorka Pharma (Šabac, Srbija); cink-acetat dihidrat [$\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$], *p.a.*, Zorka Pharma (Šabac, Srbija); glacijalna sirćetna kiselina, *p.a.*, Merck (*Darmstadt, Nemačka*); dietil etar, *p.a.*, Merck (*Darmstadt, Nemačka*); acetonitril, isto e za HPLC - *chromasolv*, Sigma-Aldrich (*St. Louis, MA, SAD*); etanol, isto e za HPLC – *chromasolv*, Sigma-Aldrich (*St. Louis, MA, SAD*); natrijum-oksalat ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$), *p.a.*, Carlo Erba (*Milano, Italija*); QuEChERS (*Quick Easy Cheap Effective Rugged Safe*) epruveta zapremine 50 ml sa 4 g anhidrovanog magnezijum-sulfata (MgSO_4), 1 g natrijum-hlorida (NaCl), 1 g trinatrijum-citrat dihidrata ($\text{Na}_3\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_7 \times 2\text{H}_2\text{O}$) i 0,5 g dinatrijum-hidrogencitrat seskvihidrata ($\text{Na}_2\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_7 \times 1,5\text{H}_2\text{O}$); disperzivne ekstrakcione epruvete vrste faze (dSPE) od 2 ml, sledećeg punjenja:

A - 150 mg MgSO_4 , 25 mg PSA (primarni i sekundarni amini), 25 mg C18

B - 150 mg MgSO_4 , 25 mg PSA, 7,5 mg GCB (grafitni ugljenik)

C - 150 mg MgSO_4 , 25 mg PSA, 2,5 mg GCB

D - 150 mg MgSO₄, 25 mg PSA

Za određivanje na gasnom hromatografu korišteni su sledeći osnovni standardni rastvori: 4,4'-DDT, 4,4'-DDE, 4,4'-DDD u cikloheksanu, c=100 ng/μl, Dr. Ehrenstorfer (Augsburg, Nemačka);

PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 u izooktanu, c=10 ng/μl, Dr. Ehrenstorfer (Augsburg, Nemačka);

BDE 47, 99, 100, 153, 154 u izooktanu, c=50 μg/ml, Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD);

BDE 209 u izooktanu i toluenu (9:1), c=50 μg/ml, Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD).

Od osnovnih standardnih rastvora pojedina njih organohalogenih jedinjenja pravljena su razblaženja u n-heksanu do radnih kalibracionih rastvora koje su koncentracije prikazane u Tabeli 3.

Tabela 3. Koncentracije radnih kalibracionih rastvora organohalogenih jedinjenja

	c ₁ , μg/ml	c ₂ , μg/ml	c ₃ , μg/ml	c ₄ , μg/ml	c ₅ , μg/ml
4,4'-DDT	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015
4,4'-DDE	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015
4,4'-DDD	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015
PCB 28	0,001	0,002	0,004	0,005	0,006
PCB 52	0,003	0,006	0,010	0,013	0,016
PCB 101	0,004	0,007	0,011	0,014	0,018
PCB 118	0,008	0,016	0,024	0,032	0,040
PCB 138	0,003	0,006	0,008	0,011	0,014
PCB 153	0,004	0,009	0,013	0,018	0,022
PCB 180	0,003	0,006	0,008	0,011	0,014
BDE 47	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
BDE 99	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
BDE 100	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
BDE 153	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
BDE 154	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
BDE 209	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025

3.2.2. Priprema uzoraka animalnog porekla i biljnih masti i ulja

Za potrebe određivanja DDT i ndl-PCB, iz prethodno usitnjenih i homogenizovanih uzoraka, mast je ekstrahovana postupcima koji su bili prilagođeni vrstama ispitivanih uzoraka.

Životinjske i biljne masti i ulja su topljeni na temperaturi 90-105 °C.

Usitnjenim uzorcima mesa, proizvoda od mesa, ribe i proizvoda od ribe dodavan je anhidrovani Na_2SO_4 da bi vezao vodu iz uzorka. Uzorak je homogenizovan sa petrol etrom na Ultra-Turrax homogenizatoru, a zatim je proce en kroz kvalitativnu filter hartiju. Homogenizacija i ce enje su ponovljeni sa ostatkom uzorka još dva puta. Kombinovani ekstrakti petroletra upareni su do suva na rotacionom vakuum upariva u.

Mleko, jogurt, kiselo mleko, mleko u prahu i pavlaka su pripremani tako što je uzorku dodat aceton i n-heksan. Mleko u prahu je pre ekstrakcije rekonstituisano na slede i na in:

obrano mleko u prahu - 9 g mleka je rastvarano u 91 ml vode;

poluobrano mleko u prahu - 11 g mleka je rastvarano u 89 ml vode;

punomasno mleko u prahu - 12,5 g mleka je rastvarano u 87,5 ml vode.

Nakon mešanja, dodavani su Carrez rastvor I (106 g $[\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \times 3\text{H}_2\text{O}]$ se rastvori u 1000 ml destilovane vode) i Carrez rastvor II (220 g $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times 2\text{H}_2\text{O}]$ se rastvori u 30 ml glacijalne sir etne kiseline i dopuni do 1000 ml destilovanom vodom) i uzorak je homogenizovan na Ultra-Turrax homogenizatoru. Nakon termostatiranja u toku jednog sata na temperaturi od 50 °C proba je proce ena kroz kvalitativni filter papir u levak za razdvajanje. Nakon snažnog mu kanja i raslojavanja, donji, vodeni sloj je odbacivan, a gornji, organski, je propušten kroz anhidrovani Na_2SO_4 . Organski ekstrakt je uparavan do suva na vakuum upariva u.

Puter, maslac i kajmak su topljeni na temperaturi ne ve oj od 50 °C. Prohla eni, ali još uvek te ni uzorak rastvaran je u n-heksanu i ce en kroz anhidrovani Na_2SO_4 . Rastvara je uparavan do suva na vakuum upariva u.

Uzorci sira su homogenizovani sa $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ i etanolom na Ultra-Turrax homogenizatoru. Nakon dodavanja Carrez-ovih rastvora I i II i vode, sadržaj je prenet u levak za razdvajanje i dodavan je petrol etar. Nakon mu kanja i dodavanja dietil etra, sadržaj je promukan i proce en kroz kvalitativni filter papir u drugi levak za razdvajanje u kome se nalazila voda. Posle mu kanja i raslojavanja donji, vodeni sloj je odbacivan. Organski sloj je propuštan kroz anhidrovani Na_2SO_4 , a zatim uparen do suva na vakuum upariva u.

Uzorcima jaja, uz mešanje, je dodavan anhidrovani Na_2SO_4 . Nakon toga, proba je prelivana petrol etrom i dodatno homogenizovana na Ultra Turax homogenizatoru. Nakon ce enja kroz kvalitativni filter papir ekstrakt je uparavan do suva na vakuum upariva u.

Otopljena ili ekstrahovana mast (0,1 g) je rastvarana u n-heksanu i propuššana kroz kolonu sa Al_2O_3 . Organohalogeni jedinjenja su eluirana n-heksanom koji je zatim uparavan do suva u struji azota. Suvi ostatak je rekonstituisan u 1 ml n-heksana od koga je 1 μl injektovan u gasni hromatograf.

Priprema uzoraka za odre ivanje PBDE sastojala se u odmeravanju 2 g uzorka (0,1 g za masti i ulja) u QuEChERS epruvetu od 50 ml, dodavanja 10 ml acetonitrila, mu kanja i centrifugiranja. Od supernatanta je alikvot od 1 ml prenošen u dSPE epruvetu, tako e mu kan i centrifugiran. Iz ovako dobijenog supernatanta 1 μl je injiciran u gasni hromatograf.

3.2.3. Priprema uzoraka namirnica biljnog porekla

Usitnjen, homogen uzorak je u ekstrakcionoj QuEChERS epruveti od 50 ml prelivan acetonitriлом. Nakon mu kanja i centrifugiranja, 1 ml primarnog ekstrakta je prenošen u dSPE epruvetu od 2 ml. U zavisnosti od vrste uzorka koriš ene su:

- dSPE epruvete A, za uzorke koji sadrže mast;
- dSPE epruvete B, za uzorke iji su ekstrakti intenzivno obojeni;
- dSPE epruvete C, za uzorke sa manje obojenim ekstraktima ali sa visokom koncentracijom karotinoida i hlorofila;
- dSPE epruvete D, za ostale uzorke biljnog porekla

Sadržaj epruveta je snažno mu kan sa 1 ml ekstrakta, a zatim centrifugiran. Alikvot od 1 μl iz supernatanta je injektovan u gasni hromatograf.

3.2.4. Uslovi odre ivanja organohalogenih jedinjenja

Odre ivanje DDT i ndl-PCB u uzorcima animalnog porekla i biljnih masti i ulja vršeno je na gasnom hromatografu Varian CP-3380 (*Mulgrave*, Australija) sa

autosemplerom CP-8400 i ECD detektorom ^{63}Ni . Injektovana zapremina je bila 1 μl . Razdvajanje je vršeno na koloni Zebron ZB-1, Phenomenex (*Torrance, SAD*), dužine 30 m, unutrašnjeg promera 0,25 mm i debljine filma od 0,25 μm . Gas nosa je bio azot visoke istote, a na instrumentu su podešavani sledeći i operativni uslovi: temperatura injektora 250 $^{\circ}\text{C}$, temperatura detektora 300 $^{\circ}\text{C}$, inicijalna temperatura kolone 80 $^{\circ}\text{C}$ 10 minuta, povećanje do 230 $^{\circ}\text{C}$ brzinom od 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ i zadržavanje 20 minuta na 230 $^{\circ}\text{C}$. Podaci su obrađivani STAR softverom Varian (*Mulgrave, Australija*). Eksperimentalno, u procesu validacije metode, utvrđena je donja granica detekcije od 0,001 mg/kg za svako pojedinačno jedinjenje. Metoda je linearna u ispitivanom opsegu koncentracija. Koeficijent varijacije iznosio je od 8,1% do 12,5%, a prinos metode od 81% do 96%.

Polihlorovani bifenili i DDT u uzorcima biljnog porekla određivani su na gasnom hromatografu Shimadzu GC-2010 (*Kyoto, Japan*), sa injektorom AOC-20i, autosemplerom AOC-20s i ECD detektorom ^{63}Ni . Injektovana zapremina je bila 1 μl . Za separaciju je korišćena kolona Zebron ZB-5, Phenomenex (*Torrance, SAD*), dužine 30 m, unutrašnjeg promera 0,25 mm i debljine filma od 0,25 μm . Azot visoke istote je bio nosa i gas, dok su operativni uslovi bili sledeći: temperatura injektora 250 $^{\circ}\text{C}$, temperatura detektora 300 $^{\circ}\text{C}$, inicijalna temperatura kolone 50 $^{\circ}\text{C}$ 2 min, povećanje do 200 $^{\circ}\text{C}$ brzinom od 50 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ i zadržavanje 5 min, zatim povećanje na 215 $^{\circ}\text{C}$ brzinom od 2,5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ pa, bez zadržavanja, brzinom od 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ povećanje na temperaturu od 230 $^{\circ}\text{C}$, na kojoj kolona ostaje 5,5 min. Podaci su obrađivani Shimadzu LabSolutions softverom (*Kyoto, Japan*). Metoda je linearna u ispitivanom opsegu koncentracija. Donja granica detekcije bila je 0,001 mg/kg za svako pojedinačno jedinjenje. Koeficijent varijacije iznosio je od 9,1% do 12,1%, a prinos metode od 75% do 82%.

Polibromovani difeniletri su određivani na gasnom hromatografu Shimadzu GC-2010 (*Kyoto, Japan*), sa injektorom AOC-20i, autosemplerom AOC-20s i ECD detektorom ^{63}Ni . Injektovana zapremina je bila 1 μl . Za separaciju je korišćena kolona Zebron ZB-5, Phenomenex (*Torrance, SAD*), dužine 30 m, unutrašnjeg promera 0,25 mm i debljine filma od 0,25 μm . Azot visoke istote je bio nosa i gas, dok su operativni uslovi bili sledeći: temperatura injektora 250 $^{\circ}\text{C}$, temperatura detektora 300 $^{\circ}\text{C}$, inicijalna temperatura kolone

80 °C 10 minuta, povećanje do 230 °C brzinom od 5 °C/min i zadržavanje 20 minuta na 230 °C. Podaci su obrađivani Shimadzu LabSolutions softverom (Kyoto, Japan). Utvrđeni limit detekcije je bio 0,001 mg/kg za svako pojedinačno jedinjenje. Metoda je linearna u ispitivanom opsegu koncentracija. Koeficijent varijacije je iznosio od 10,5% do 16,2%. Prinos metode je bio u opsegu 76%-91%.

Kontrola kvaliteta analitičkih metoda za određivanje organohalogenih jedinjenja je postignuta korišćenjem sertifikovanog referentnog materijala CIL-EDF-2524 Clean Fish (slurry) - Organic contaminants (LGC standards).

3.3. PROCENA EKSPOZICIJE

Unos kontaminanata preko hrane procenjivan je u tri populacione grupe: opštoj populaciji, populaciji odraslih na mediteranskoj dijeti i kod dece. Za procenu unosa pojedinih namirnica u ispitivanju su korišćeni podaci WHO o prosečnoj ishrani odraslog stanovništva Republike Srbije, jelovnici predškolskih ustanova koji obuhvataju doručak, užinu i ručak, odnosno 75% ukupnih energetske potrebe dece (111), kao i jelovnici mediteranske dijeta koja se preporučuje obolelima od kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa (Prilog I). Za telesne mase odrasle populacije korišćeni su podaci nacionalne studije Klinike za endokrinologiju Kliničkog centra Vojvodine, Novi Sad, u kojoj je učestvovalo 808 odraslih dobrovoljaca (395 žena i 413 muškaraca), a koji su dobijeni za potrebe zajedničkog rada. Telesne mase dece uzrasta od 4 do 7 godina dobijene su ljubaznošću u predškolske ustanove "11. april", Novi Beograd.

Pri proceni ekspozicije korišćene su 5. i 50. percentil telesnih masa. Deterministička procena unosa kontaminanata vršena je primenom četiri vrednosti koncentracija kontaminanata u namirnicama: srednje vrednosti, 50. percentila, 95. percentila i maksimalne vrednosti. Koncentracije kontaminanata u onim uzorcima u kojima kontaminanti nisu detektovani i kod determinističke i kod probabilističke procene izražavane su dvostruko – primenom nule i polovine vrednosti limita detekcije.

3.4. IN VITRO ISPITIVANJA

Eksperimenti *in vitro* su sprovedeni na ćelijskoj liniji humanog karcinoma debelog creva (SW 480) dobijenoj od Instituta Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvatska. ćelije su gajene na jednoslojnom *Dulbecco's Modified Eagle Medium* (Gibco, SAD), obogaćenom 10% fetalnim govejim serumom (Gibco, SAD), glukozom u koncentraciji 4,5 g/l i 1% rastvorom penicilina i streptomicina.

Koncentracioni nivoi (Tabela 4) su odgovarali koncentraciji pojedinačnih kontaminanata u namirnicama.

Tabela 4. Koncentracije kontaminanata korištene u *in vitro* testovima

Kontaminant	c ₁ , µg/l	c ₂ , µg/l	c ₃ , µg/l	c ₄ , µg/l
Hg	5	50	500	5000
Cd	1	10	100	1000
Pb	0,5	5	50	500
DDT	1	10	100	1000
ndl-PCB*	1,5	15	100	1000
PBDE**	0,1	1	10	100

* - odnos kongenera - 28:52:101:118:138:153:180=1:1:1:5:10:10:5

** - svi kongeneri podjednako zastupljeni u smesi

Smeše kontaminanata su spravljane mešanjem jednake zapremine standardnih rastvora svakog kontaminanta za 4 nivoa koncentracija (Tabela 5).

Tabela 5. Koncentracije kontaminanata u smešama korištenim u *in vitro* testovima

	Smeša 1	Smeša 2	Smeša 3	Smeša 4
Kontaminant	c ₁ , µg/l	c ₂ , µg/l	c ₃ , µg/l	c ₄ , µg/l
Hg	0,833	8,333	83,333	833,333
Cd	0,167	1,667	16,667	166,667
Pb	0,083	0,833	8,333	83,333
DDT	0,167	1,667	16,667	166,667
ndl-PCB	0,250	2,500	16,667	166,667
PBDE	0,017	0,167	1,667	16,667

3.4.1. Reagensi

Za radne rastvore ispitivanih kontaminanata i njihove smeše korišteni su osnovni standardni rastvori organohalogenih jedinjenja i teških metala iz poglavlja 3.1. i 3.2.

Hemikalije 2',7'-dihlorofluorescein-diacetat (DCF-DA) i *Neutral Red* (NR) bile su komercijalnog porekla Sigma-Aldrich (*St. Louis, MA, SAD*).

Dimetil sulfoksid, natrijum-hidroksid (NaOH), dinatrijum etilen diamin tetra sir etna kiselina (Na₂EDTA) i natrijum-hlorid (NaCl) su nabavljeni iz komercijalnog izvora (Kemika, Zagreb, Hrvatska).

3.4.2. Određivanje procenta preživljavanja elija

Citotoksičnost odabranih kontaminanata i njihovih smeša je određivana *Neutral Red* testom. Elijе su zasejavane na mikrotitarske ploče sa 96 mesta (po 3 x 10³ elija po mestu) i, nakon perioda inkubacije od 24 h, tretirane rastvorima u koncentracijama datim u tabelama 4. i 5. tokom perioda od 72 h, kada su se elije nalazile u eksponencijalnoj fazi rasta. Intenzitet apsorpcije vezanog *Neutral Red* u živim elijama nakon tretmana meren je na 540 nm na Cecil mikrotitarskom čitaču (*Cecil Instruments Ltd, Technical Centre Cambridge, Velika Britanija*). Preživljavanje elija je izražavano primenom jednačine:
$$\% \text{ preživljavanja elija} = (A_{\text{uzorka}} - A_{\text{kontrola}}) \times 100.$$
 Eksperiment je ponavljan tri puta, a svaka koncentracija je ispitivana u četiri ponavljanja.

3.4.3. Određivanje koncentracije reaktivnih vrsta kiseonika

Nastajanje reaktivnih vrsta kiseonika (ROS – *reactive oxygen species*) u elijama je mereno nakon tretmana kontaminantima, kao i smešama ispitivanih supstanci primenom testa DCF-DA. Tretirane elije su po dva puta ispirane rastvorom natrijum-fosfatnog pufera (PBS), pH = 7,4. Nakon toga DCF-DA je razblaživan PBS rastvorom sa 1% govećeg seruma do koncentracije od 50 μmol/l (112). Kao kontrola korišćena su mesta bez zasejanih elija, punjena fluorescentnom probom. Fluorescencija je merena posle 30 minuta na Ex

od 485 nm i 520 nm (svaka koncentracija je ponavljana četiri puta). Rezultati su prikazivani arbitrarnim jedinicama, a nivo reaktivnih vrsta kiseonika računat je prema jednačini:

$$DCF_{\text{arbitrarne jedinice}} = DCF_{\text{intenzitet fluorescencije}} / (A_{\text{uzorka}} - A_{\text{kontrola}}).$$

3.4.4. Alkalni komet test

Alkalni komet test sproveden je primenom procedura koju su dali Singh i sar. (113). Posle 1- asovne lize elija u zaleenom alkalnom rastvoru (2,5 mol/l NaCl, 100 mmol/l Na₂EDTA, 10 mmol/l Tris-HCl, 1% Na-sarkozinat, pH 10) sa 1% Triton X-100 i 10% DMSO, DNK je denaturisana u alkalnim uslovima (300 mmol/l NaOH, 1 mmol/l Na₂EDTA, pH 13,0; na 4 °C tokom 20 min). Elektroforeza je vršena 20 min na 25 V, a prikazi neutralisani puferom Tris-HCl pH 7,5, obojeni etidijum-bromidom i analizirani 250 x epifluorescentnim mikroskopom (*Leitz*, Nemačka) i *Comet Assay II* sistemom za analizu slike (*Perceptive Instruments Ltd., Suffolk*, Velika Britanija). Kao relevantni parametri oštećenja DNK korišćeni su % DNK u repu jedara i dužina repa jedara. Zapisivano je po 150 kometa po uzorku i to 50 po svakom replikatu prikaza.

3.5. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Za obradu podataka o koncentraciji kontaminanata u namirnicama i njihovom unosu, primenjena je deskriptivna statistika korišćenjem programa Microsoft Office excel 2007 (Microsoft Windows, SAD).

U *in vitro* testovima statistička obrada podataka vršena je primenom programa Statistica 7.0.

Za probabilističku procenu izloženosti korišćen je softver @RISK (*Palisade corporation*, Velika Britanija).

4. REZULTATI

4.1. KONCENTRACIJE TEŠKIH METALA U NAMIRNICAMA

U periodu 2005-2012. godina u 50 grupa namirnica, shodno FAO/WHO bazi podataka, sadržaj Cd je ispitan u ukupno 11227 uzoraka, Hg u 11107, a Pb u 11840 uzoraka (Tabela 6).

Kadmijum je, u poređenju sa Hg i Pb, detektovan u najvećem procentu ispitanih grupa namirnica (90%), kao i u najvećem broju ispitanih uzoraka (30,8%). Procentualno najveća zastupljenost Cd u ispitanim namirnicama utvrđena je za grupu mekušaca i glavonožaca, tj. u lignjama i školjkama (91,2% ispitanih uzoraka). Kadmijum je detektovan u preko 75% ispitanih uzoraka proizvoda od krompira, lisnatog i stabljikastog povrća, proizvoda od kakaoa, iznutrica i sokova od voća i povrća. Kadmijum je detektovan i u preko 50% uzoraka uljarica, krompira, korenastog povrća, proizvoda od žitarica, rakova i proizvoda od ribe. U mastima, ajevim i pi ima na bazi kafe, Cd nije detektovan ni u jednom ispitanom uzorku.

Živa je detektovana u 6 od 50 ispitanih grupa namirnica, tj. u 13,4% ispitanih uzoraka. Najveća zastupljenost Hg u namirnicama bila je u grupi morske ribe (98% ispitanih uzoraka), a pored riba, mekušaca, glavonožaca i njihovih proizvoda, Hg je detektovana još samo u uzorcima iznutrica domaćih životinja.

Olovo je od 50 ispitanih grupa namirnica detektovano u 26, ali u samo 4,7% ukupno ispitanih uzoraka. Najveća zastupljenost Pb u namirnicama bila je u grupi ajeva i za ina i dodacima jelu, ali je i u ovim namirnicama broj uzoraka u kojima je detektovano bio ispod 50%.

Tabela 6. Pregled uzoraka u kojima su ispitivani teški metali

Broj	Namirnica	Cd			Hg			Pb		
		I	D	D%	I	D	D%	I	D	D%
1.	Bobiasto voće	322	41	12,7	322	0	0	318	16	5,0
2.	Citrusi	902	54	6	902	0	0	892	31	3,5
3.	Jabučasto voće	478	43	9	478	0	0	474	10	2,1
4.	Koštiasto voće	84	18	21,4	84	0	0	76	8	10,5
5.	Tropsko i subtropsko voće	142	14	9,9	142	0	0	139	5	3,6
6.	Sušeno voće	58	12	20,7	58	0	0	58	8	13,8
7.	Proizvodi od voća, bez sokova	264	71	26,9	264	0	0	266	27	10,2
8.	Mahunarke i leguminoze	104	20	19,2	104	0	0	85	4	4,7
9.	Uljarice	5	3	60	5	0	0	5	0	0
10.	Koštunjavo voće	38	15	39,5	38	0	0	38	0	0
11.	Krompir	107	68	63,6	107	0	0	108	6	5,6
12.	Proizvodi od krompira	12	9	75	12	0	0	12	0	0
13.	Kupusnjača	227	40	17,6	227	0	0	227	5	2,2
14.	Lukovice	131	44	33,6	131	0	0	131	0	0
15.	Krastavac	318	18	5,7	318	0	0	294	9	3,1
16.	Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	612	133	21,7	612	0	0	616	17	2,8
17.	Lisnato povrće	17	14	82,4	17	0	0	16	2	12,5
18.	Korenasto povrće	19	10	52,6	19	0	0	20	2	10
19.	Stabljiasto povrće	11	10	90,9	11	0	0	10	1	10
20.	Drugo mešano povrće	554	149	26,9	554	0	0	552	19	3,4
21.	Začini i dodaci jelima	13	6	46,2	25	0	0	394	145	36,8
22.	Sosovi i sirevi	72	34	47,2	60	0	0	66	0	0
23.	Žitarice i brašno	248	119	48	248	0	0	185	23	12,4
24.	Proizvodi od žitarica	1159	672	58,0	1159	0	0	1063	76	7,1
25.	Šećer, med, bombone	110	18	16,4	110	0	0	122	0	0
26.	Kakao proizvodi	426	360	84,5	426	0	0	78	8	10,3
27.	Mlečne masti	7	2	28,6	7	0	0	7	0	0
28.	Ostale životinjske masti	6	0	0	6	0	0	6	0	0
29.	Živinska mast	3	0	0	3	0	0	3	0	0
30.	Biljna mast	25	0	0	25	0	0	169	0	0
31.	Mleko	725	69	9,5	725	0	0	725	0	0
32.	Proizvodi od mleka	204	14	6,9	204	0	0	204	0	0
33.	Meso sisara	612	39	6,4	612	0	0	612	0	0
34.	Živinsko meso	214	39	18,2	214	0	0	214	0	0
35.	Iznutrice sisara	133	117	88,0	180	25	13,9	180	0	0
36.	Iznutrice živine	93	70	75,3	93	0	0	93	0	0
37.	Proizvodi od mesa i iznutrica	670	170	25,4	670	0	0	670	0	0
38.	Jaja	48	8	16,7	48	0	0	48	0	0
39.	Proizvodi od jaja	15	6	40	15	0	0	15	5	33,3
40.	Slatkovodna riba	68	8	11,8	69	66	95,7	80	0	0
41.	Morska riba	525	229	43,6	508	498	98,0	609	0	0
42.	Rakovi	41	30	73,2	35	30	85,7	39	0	0
43.	Mekušci i glavonošci	68	62	91,2	64	57	89,1	91	0	0
44.	Proizvodi od ribe	927	556	60	976	812	83,2	976	0	0
45.	Sokovi od voća i povrća	11	9	81,8	40	0	0	44	8	18,2
46.	Bezalkoholna pića	134	14	10,4	39	0	0	136	16	11,8
47.	Piće na bazi kafe	18	0	0	18	0	0	305	0	0
48.	Čajevi	25	0	0	25	0	0	139	68	48,9
49.	Pivo	35	8	22,9	43	0	0	43	7	16,3
50.	Druga alkoholna pića	187	18	9,6	55	0	0	187	28	15,0
	Ukupno	11227	3463	30,8	11107	1488	13,4	11840	554	4,7

I- broj ispitanih uzoraka; D- broj uzoraka u kojima su detektovani teški metali; D% - procenat uzoraka u kojima su detektovani teški metali; označene su najveće vrednosti

Procentualno najveća zastupljenost Cd u ispitanim namirnicama dokazana je u grupi mekušaca i glavonožaca, tj. u lignjama i školjkama. U istoj grupi je izmerena i najveća koncentracija Cd od 520 ng/g, kao i najveća srednja vrednost, 50. i 95. percentil vrednosti (Tabela 7). Prosečna koncentracija Cd visoka je i u iznutricama (84 ng/g), celeru (64 ng/g), uljaricama (42 ng/g) i kakau i proizvodima od kakaoa (40 ng/g). U mastima, ajevima i pi ima na bazi kafe Cd nije detektovan ni u jednom ispitanom uzorku, dok je prosečan sadržaj Cd ispod 10 ng/g ustanovljen u namirnicama veoma zastupljenim u ishrani kao što su voće, mleko i proizvodi od mleka, jaja i proizvodi od jaja i meso i proizvodi od mesa (Tabela 7).

Najveća zastupljenost Hg u namirnicama je u grupi morske ribe, u 98% ispitanih uzoraka, a pored riba, mekušaca, glavonožaca i njihovih proizvoda, Hg je detektovana još samo u uzorcima iznutrica doma ih životinja (Tabela 7). Maksimalna koncentracija od 1255 ng/g, detektovana je u ribi bucov, izlovljenoj iz Dunava, dok je prosečna koncentracija Hg takođe bila najviša u slatkovodnoj ribi (70 ng/g). Najveća vrednost 50. percentila od 34 ng/g, dobijena je za grupu morske ribe, dok je najveća vrednost 95. percentila dobijena za slatkovodnu ribu i iznosila je 284 ng/g (Tabela 8).

Veoma mali broj uzoraka sa detektovanim Pb uslovio je da su u scenariju B sve vrednosti Pb u namirnicama jednake nuli (B_a), odnosno polovini limita detekcije (B_b). U grupi ajeva izmerena je najveća koncentracija Pb od 1480 ng/g, dok je prosečno Pb (A scenario) takođe najviše bilo u aju, a zatim u začinima i dodacima jelu (Tabela 9).

Tabela 7. Koncentracija kadmijuma u namirnicama

Broj	Namirnica	Cd, ng/g						
		min - max	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb
1.	Bobiasto voće	n.d. - 44	2	4	0	2,5	14	14
2.	Citrusi	n.d. - 45	1	3	0	2,5	6	6
3.	Jabučasto voće	n.d. - 50	1	3	0	2,5	8	8
4.	Koštasto voće	n.d. - 32	2	4	0	2,5	9	9
5.	Tropsko i subtropsko voće	n.d. - 8	1	3	0	2,5	6	6
6.	Sušeno voće	n.d. - 56	3	5	0	2,5	15	15
7.	Proizvodi od voća, bez sokova	n.d. - 51	5	7	0	2,5	29	29
8.	Mahunarke i leguminoze	n.d. - 46	3	5	0	2,5	15	15
9.	Uljarice	n.d. - 117	41	42	38	38	104	104
10.	Koštunjavo voće	n.d. - 50	9	10	0	2,5	44	44
11.	Krompir	n.d. - 102	11	12	7	7	35	35
12.	Proizvodi od krompira	n.d. - 50	31	31	45	45	50	50
13.	Kupusnjače	n.d. - 49	2	4	0	2,5	10	10
14.	Lukovice	n.d. - 98	6	7	0	2,5	28	28
15.	Krastavac	n.d. - 28	1	3	0	2,5	5	5
16.	Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	n.d. - 229	3	5	0	2,5	13	13
17.	Lisnato povrće	n.d. - 45	18	19	16	16	45	45
18.	Korenasto povrće	n.d. - 26	6	7	5	5	17	17
19.	Stabljasto povrće	n.d. - 179	63	64	49	49	151	151
20.	Drugo mešano povrće	n.d. - 42	3	5	0	2,5	19	19
21.	Začini i dodaci jelima	n.d. - 25	8	10	0	2,5	24	24
22.	Sosovi i sirevi	n.d. - 43	8	9	0	2,5	27	27
23.	Žitarice i brašno	n.d. - 356	13	15	0	2,5	50	50
24.	Proizvodi od žitarica	n.d. - 330	11	12	7	7	35	35
25.	Šećer, med, bombone	n.d. - 30	2	4	0	2,5	14	14
26.	Kakao proizvodi	n.d. - 480	40	40	13	13	190	190
27.	Mlečne masti	n.d. - 10	3	4	0	2,5	0	2,5
28.	Ostale životinjske masti	n.d.	0	2,5	0	2,5	0	2,5
29.	Živinska mast	n.d.	0	2,5	0	2,5	0	2,5
30.	Biljna mast	n.d.	0	2,5	0	2,5	0	2,5
31.	Mleko	n.d. - 19	1	3	0	2,5	8	8
32.	Proizvodi od mleka	n.d. - 10	0,4	3	0	2,5	5	5
33.	Meso sisara	n.d. - 45	1	3	0	2,5	7	7
34.	Živinsko meso	n.d. - 31	2	4	0	2,5	15	15
35.	Iznutrice sisara	n.d. - 501	84	84	56	56	282	282
36.	Iznutrice živine	n.d. - 106	26	26	18	18	92	92
37.	Proizvodi od mesa i iznutrica	n.d. - 70	3	5	0	2,5	16	16
38.	Jaja	n.d. - 29	3	5	0	2,5	16	16
39.	Proizvodi od jaja	n.d. - 20	5	6	0	2,5	17	17
40.	Slatkovodna riba	n.d. - 38	1	4	0	2,5	9	9
41.	Morska riba	n.d. - 64	7	8	0	2,5	29	29
42.	Rakovi	n.d. - 348	39	40	12	12	173	173
43.	Mekušci i glavonošci	n.d. - 520	110	110	89	89	304	304
44.	Proizvodi od ribe	n.d. - 150	15	16	8	8	54	54
45.	Sokovi od voća i povrća	n.d. - 38	17	18	19	19	36	36
46.	Bezalkoholna pića	n.d. - 25	1	3	0	2,5	9	9
47.	Piće na bazi kafe	n.d.	0	2,5	0	2,5	0	2,5
48.	Čajevi	n.d.	0	2,5	0	2,5	0	2,5
49.	Pivo	n.d. - 27	2	4	0	2,5	10	10
50.	Druga alkoholna pića	n.d. - 37	1	3	0	2,5	7	7

A - x; B - 50. percentil, C - 95. percentil; a - n.d. = 0; b - n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Tabela 8. Koncentracija žive u namirnicama

Broj	Namirnica	Hg, ng/g						
		min - max	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb
35.	Iznutrice sisara	n.d. - 93	3	5	0	2,5	18	18
40.	Slatkovodna riba	n.d. - 1255	70	70	19	19	284	284
41.	Morska riba	n.d. - 991	44	44	34	34	98	98
42.	Rakovi	n.d. - 98	18	19	10	10	58	58
43.	Mekušci i glavonošci	n.d. - 205	24	24	16	16	55	55
44.	Proizvodi od ribe	n.d. - 205	24	24	32	32	184	184

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Tabela 9. Koncentracija olova u namirnicama

Broj	Namirnica	Pb, ng/g						
		min - max	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb
1.	Bobasto voće	n.d. - 100	4	27	0	25	8	29
2.	Citrusi	n.d. - 600	4	28	0	25	0	25
3.	Jabasto voće	n.d. - 660	4	28	0	25	0	25
4.	Koštasto voće	n.d. - 160	9	32	0	25	72	72
5.	Tropsko i subtropsko voće	n.d. - 100	3	27	0	25	0	25
6.	Sušeno voće	n.d. - 160	16	37	0	25	112	112
7.	Proizvodi od voća, bez sokova	n.d. - 340	11	33	0	25	80	80
8.	Mahunarke i leguminoze	n.d. - 280	6	30	0	25	0	25
11.	Krompir	n.d. - 130	5	29	0	25	39	48
13.	Kupusnjača	n.d. - 160	2	26	0	25	0	25
15.	Krastavac	n.d. - 220	3	27	0	25	0	25
16.	Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	n.d. - 100	2	26	0	25	0	25
17.	Lisnato povrće	n.d. - 260	21	43	0	25	0	25
18.	Korenasto povrće	n.d. - 60	6	28	0	25	60	60
19.	Stabljaasto povrće	n.d. - 60	6	28	0	25	33	44
20.	Drugo mešano povrće	n.d. - 370	3	28	0	25	0	25
21.	Začini i dodaci jelima	n.d. - 780	80	100	0	25	370	370
23.	Žitarice i brašno	n.d. - 220	16	38	0	25	130	130
24.	Proizvodi od žitarica	n.d. - 380	9	32	0	25	70	70
26.	Kakao proizvodi	n.d. - 370	14	36	0	25	83	83
39.	Proizvodi od jaja	n.d. - 180	40	50	0	25	140	140
45.	Sokovi od voća i povrća	n.d. - 160	20	41	0	25	147	147
46.	Bezalkoholna pića	n.d. - 140	10	30	0	25	100	100
48.	Čajevi	n.d. - 1480	140	150	0	25	630	630
49.	Pivo	n.d. - 200	20	30	0	25	70	70
50.	Druga alkoholna pića	n.d. - 190	10	30	0	25	90	90

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

4.2. KONCENTRACIJE ORGANOHALOGENIH JEDINJENJA U NAMIRNICAMA

Od ukupnog broja uzoraka ispitanih u periodu 2005–2012. godina, u 6,6% je dokazan DDT, u 2,2% ndl-PCB i u 2,7% uzoraka detektovani su PBDE (Tabela 10).

Od ispitanih 50 grupa namirnica, DDT je detektovan jedino u mleku i proizvodima od mleka i ribi i proizvodima od ribe. Najveća zastupljenost DDT u namirnicama, preko 80%, zapažena je u grupi slatkovodne ribe, dok je u ostalim namirnicama DDT detektovan u manje od 50% ispitanih uzoraka.

U više od 60% uzoraka slatkovodne ribe detektovani su ndl-PCB, dok je taj procenat niži od 50% u uzorcima morske ribe i proizvoda od ribe.

Polibromovani difeniletri su detektovani samo u slatkovodnoj ribi, morskoj ribi i proizvodima od ribe i to kongener BDE 47 u svim uzorcima, a kongener BDE 100 u 12% uzoraka.

Tabela 10. Pregled uzoraka u kojima su ispitivana organohalogenjena jedinjenja

Broj	Namirnica	DDT			ndl-PCB			PBDE		
		I	D	D%	I	D	D%	I	D	D%
1.	Bobiasto voće	318	0	0	318	0	0	318	0	0
2.	Citrusi	892	0	0	892	0	0	892	0	0
3.	Jabuko voće	474	0	0	474	0	0	474	0	0
4.	Koštasto voće	76	0	0	76	0	0	76	0	0
5.	Tropsko i subtropsko voće	139	0	0	139	0	0	139	0	0
6.	Sušeno voće	58	0	0	58	0	0	58	0	0
7.	Proizvodi od voća, bez sokova	266	0	0	266	0	0	266	0	0
8.	Mahunarke i leguminoze	85	0	0	85	0	0	85	0	0
9.	Uljarice	5	0	0	5	0	0	5	0	0
10.	Koštunjavo voće	38	0	0	38	0	0	38	0	0
11.	Krompir	108	0	0	108	0	0	108	0	0
12.	Proizvodi od krompira	12	0	0	12	0	0	12	0	0
13.	Kupusnjača	227	0	0	227	0	0	227	0	0
14.	Lukovice	131	0	0	131	0	0	131	0	0
15.	Krastavac	294	0	0	294	0	0	294	0	0
16.	Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	616	0	0	616	0	0	616	0	0
17.	Lisnato povrće	16	0	0	16	0	0	16	0	0
18.	Korenasto povrće	20	0	0	20	0	0	20	0	0
19.	Stabljasto povrće	10	0	0	10	0	0	10	0	0
20.	Drugo mešano povrće	552	0	0	552	0	0	552	0	0
21.	Začini i dodaci jelima	390	0	0	390	0	0	120	0	0
22.	Sosovi i sirevi	60	0	0	60	0	0	50	0	0
23.	Žitarice i brašno	185	0	0	185	0	0	185	0	0
24.	Proizvodi od žitarica	1063	0	0	1063	0	0	1063	0	0
25.	Šećer, med, bombone	110	0	0	110	0	0	110	0	0
26.	Kakao proizvodi	426	0	0	426	0	0	426	0	0
27.	Mlečne masti	25	0	0	25	0	0	25	0	0
28.	Ostale životinjske masti	10	0	0	10	0	0	10	0	0
29.	Živinska mast	10	0	0	10	0	0	10	0	0
30.	Biljna mast	150	0	0	150	0	0	150	0	0
31.	Mleko	487	169	34,7	487	0	0	487	0	0
32.	Proizvodi od mleka	425	165	38,8	425	0	0	425	0	0
33.	Meso sisara	612	0	0	612	0	0	612	0	0
34.	Živinsko meso	214	0	0	214	0	0	214	0	0
35.	Iznutrice sisara	180	0	0	180	0	0	180	0	0
36.	Iznutrice živine	93	0	0	93	0	0	93	0	0
37.	Proizvodi od mesa i iznutrica	670	0	0	670	0	0	670	0	0
38.	Jaja	48	0	0	48	0	0	48	0	0
39.	Proizvodi od jaja	15	0	0	15	0	0	15	0	0
40.	Slatkovodna riba	63	54	85,7	41	26	63,4	69	5	7,2
41.	Morska riba	515	216	41,9	405	139	34,3	522	110	21,1
42.	Rakovi	35	0	0	35	0	0	35	0	0
43.	Mekušci i glavonošci	64	0	0	64	0	0	64	0	0
44.	Proizvodi od ribe	933	183	19,6	403	70	17,4	933	183	19,6
45.	Sokovi od voća i povrća	44	0	0	44	0	0	44	0	0
46.	Bezalkoholna pića	135	0	0	75	0	0	75	0	0
47.	Piće na bazi kafe	300	0	0	50	0	0	50	0	0
48.	Čajevi	130	0	0	20	0	0	20	0	0
49.	Pivo	40	0	0	20	0	0	20	0	0
50.	Druga alkoholna pića	180	0	0	55	0	0	75	0	0
	Ukupno	11949	787	6,6	10722	235	2,2	11137	298	2,7

I- broj ispitanih uzoraka; D- broj uzoraka u kojima su detektovana organohalogenjena jedinjenja; D% - procenat uzoraka u kojima su detektovana organohalogenjena jedinjenja; označene su najveće vrednosti

Maksimalna vrednost DDT izmerena je u morskoj ribi i dostizala je 89 ng/g, dok je prose no najve a vrednost DDT izmerena u slatkovodnoj ribi (Tabela 11). Prose no, najviše koncentracije ndl-PCB detektovane su u morskoj ribi. Od sedam ispitanih kongenera, najzastupljeniji su bili kongener PCB 138 – 36% i kongener PCB 153 – 28% od ukupnih ndl-PCB (Tabela 12).

Polibromovani difeniletri detektovani su u veoma niskim koncentracijama, sa maksimumom od svega 6 ng/g (Tabela 13). Prose no, najviša koncentracija PBDE detektovana je u morskoj ribi.

Tabela 11. Koncentracija DDT u namirnicama

Broj	Namirnica	DDT, ng/g						
		min - max	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb
31.	Mleko	n.d. - 16	0,6	1	0	0,5	2	2
32.	Proizvodi od mleka	n.d. - 54	3	4	0	0,5	17	17
40.	Slatkovodna riba	n.d. - 45	6	6	4	4	16	16
41.	Morska riba	n.d. - 89	5	6	0	0,5	26	26
44.	Proizvodi od ribe	n.d. - 70	1	2	0	0,5	6	6

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; ozna ene su najve e vrednosti

Tabela 12. Koncentracija ndl-PCB u namirnicama

Broj	Namirnica	ndl-PCB, ng/g						
		min - max	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb
40.	Slatkovodna riba	n.d. - 41	4	4	2	2	15	15
41.	Morska riba	n.d. - 193	8	10	0	0,5	42	42
44.	Proizvodi od ribe	n.d. - 85	4	4	0	0,5	32	32

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; a – n.d. = 0, b – n.d. = l.d./2; ozna ene su najve e vrednosti

Tabela 13. Koncentracija PBDE u namirnicama

Broj	Namirnica	PBDE, ng/g						
		min - max	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb
40.	Slatkovodna riba	n.d. - 2	0,1	0,6	0	0,5	1	1
41.	Morska riba	n.d. - 6	0,55	1	0	0,5	3	3
44.	Proizvodi od ribe	n.d. - 4	0,2	0,6	0	0,5	2	2

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2
oznake su najveće vrednosti

4.3. DETERMINISTIČKA PROCENA RIZIKA

4.3.1. Izloženost kadmijumu preko hrane

4.3.1.1. Izloženost opšte populacije

I pored činjenice da je koncentracija Cd prosečno najviša u lignjama i školjkama, relativno nizak unos ovih namirnica uslovio je da je unos Cd hranom, za scenarija Aa i Ab, ipak bio najveći i preko krompira – 39,4% ukupnog unosa Cd u scenariju Ba, odnosno žitarica – 31,4% ukupnog unosa u scenariju Aa (Tabela 14).

Za scenarija Ba i Bb, opšta populacija odraslih bila je najviše izložena Cd preko krompira, pa tek onda preko žitarica, jer je Cd kod krompira detektovan u preko 60% ispitanih uzoraka, dok je kod žitarica Cd detektovan u manje od polovine ispitanih uzoraka.

Značajan udeo u unosu Cd u opštoj populaciji, pored žitarica i krompira, imale su i iznutrice, zahvaljujući visokoj prosečnoj koncentraciji Cd. U scenariju Ba, opšta populacija je iznutricama unosila 16,8% ukupnog Cd. U scenarijima b, uvođenjem zamene n.d. = l.d./2, važan izvor ekspozicije Cd postaju i namirnice u kojima je Cd detektovan u malom procentu uzoraka, ali je pretpostavljeni unos tih namirnica značajan, kao npr. mleko, sa najvećim udelom u ukupnom unosu Cd od 11% u scenariju Bb.

Tabela 14. Dnevni unos kadmijuma kod opšte populacije

Namirnica	Unos, g	Unos Cd, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	22,1	0,044	0,088	0	0,055	0,309	0,309	0,972
Citrusi	29	0,029	0,087	0	0,073	0,174	0,174	1,305
Jabučasto	64,6	0,065	0,194	0	0,162	0,517	0,517	3,230
Koštasto voće	31,4	0,063	0,126	0	0,079	0,283	0,283	1,005
Tropsko i subtropsko voće	30,6	0,031	0,092	0	0,077	0,184	0,184	0,245
Sušeno voće	2,2	0,007	0,011	0	0,006	0,033	0,033	0,123
Proizvodi od voća, bez sokova	8,4	0,042	0,059	0	0,021	0,244	0,244	0,428
Mahunarke i leguminoze	20,9	0,063	0,105	0	0,052	0,314	0,314	0,961
Uljarice	0,6	0,025	0,025	0,023	0,023	0,062	0,062	0,070
Koštunjavo voće	4	0,036	0,040	0	0,010	0,176	0,176	0,200
Krompir	193,4	2,127	2,321	1,354	1,354	6,769	6,769	19,727
Proizvodi od krompira	9,5	0,295	0,295	0,428	0,428	0,475	0,475	0,475
Kupusnjača	58,7	0,117	0,235	0	0,147	0,587	0,587	2,876
Lukovice	36,1	0,217	0,253	0	0,090	1,011	1,011	3,538
Krastavac	34,4	0,034	0,103	0	0,086	0,172	0,172	0,963
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	73,9	0,222	0,370	0	0,185	0,961	0,961	16,923
Lisnato povrće	7,5	0,135	0,143	0,120	0,120	0,338	0,338	0,338
Korenasto povrće	25,3	0,152	0,177	0,127	0,127	0,430	0,430	0,658
Stabljačasto povrće	0,3	0,019	0,019	0,015	0,015	0,045	0,045	0,054
Drugo mešano povrće	40,8	0,122	0,204	0	0,102	0,775	0,775	1,714
Začini i dodaci jelima	3,3	0,026	0,033	0	0,008	0,079	0,079	0,083
Sosovi i sirevi	2,4	0,019	0,022	0	0,006	0,065	0,065	0,103
Žitarice i brašno	262,3	3,410	3,935	0	0,656	13,115	13,115	93,379
Proizvodi od žitarica	19,4	0,213	0,233	0,136	0,136	0,679	0,679	6,402
Šećer, med, bombone	87,4	0,175	0,350	0	0,219	1,224	1,224	2,622
Kakao proizvodi	6,3	0,252	0,252	0,082	0,082	1,197	1,197	3,024
Mlečne masti	14,4	0,043	0,058	0	0,036	0	0,036	0,144
Ostale životinjske masti	14,1	0	0,035	0	0,035	0	0,035	0,035
Živinska mast	0,3	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Biljna mast	43,2	0	0,108	0	0,108	0	0,108	0,108
Mleko	352,3	0,352	1,057	0	0,881	2,818	2,818	6,694
Proizvodi od mleka	35,8	0,014	0,107	0	0,090	0,179	0,179	0,358
Meso sisara	114,1	0,114	0,342	0	0,285	0,799	0,799	5,135
Živinsko meso	55,6	0,111	0,222	0	0,139	0,834	0,834	1,724
Iznutrice sisara	10	0,840	0,840	0,560	0,560	2,820	2,820	5,010
Iznutrice živine	0,9	0,023	0,023	0,016	0,016	0,083	0,083	0,095
Proizvodi od mesa i iznutrica	7,5	0,023	0,038	0	0,019	0,120	0,120	0,525
Jaja	30	0,090	0,150	0	0,075	0,480	0,480	0,870
Proizvodi od jaja	1	0,005	0,006	0	0,003	0,017	0,017	0,020
Slatkovodna riba	2,1	0,002	0,008	0	0,005	0,019	0,019	0,080
Morska riba	0,1	0,001	0,001	0	0,000	0,003	0,003	0,006
Rakovi	0,2	0,008	0,008	0,002	0,002	0,035	0,035	0,070
Mekušci i glavonošci	1,6	0,176	0,176	0,142	0,142	0,486	0,486	0,832
Proizvodi od ribe	21,7	0,326	0,347	0,174	0,174	1,172	1,172	3,255
Sokovi od voća i povrća	13,5	0,230	0,243	0,257	0,257	0,486	0,486	0,513
Bezalkoholna pića	55,7	0,056	0,167	0	0,139	0,501	0,501	1,393
Piće na bazi kafe	9,3	0	0,023	0	0,023	0	0,023	0,023
Čajevi	0,9	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Pivo	225,2	0,4504	0,901	0	0,563	2,252	2,252	6,080
Druga alkoholna pića	61,4	0,0614	0,184	0	0,154	0,430	0,430	2,272
Ukupno	2145,7	10,864	14,816	3,434	8,023	43,749	43,955	196,662

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = 1.d./2; označene su najviše vrednosti

Primenom deterministi kog metoda, koriš enjem fiksnih vrednosti posmatranih parametara, izra unat je ukupan nedeljni unos Cd za opštu populaciju, za 5. i 50. percentil telesnih masa, u zavisnosti od primenjenog scenarija sa razli itim vrednostima koncentracija Cd u namirnicama (Tabela 15).

Tabela 15. Nedeljni unos kadmijuma primenom deterministi ke metodologije
Nedeljni unos Cd, µg/kg t. m.

Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	1,086	1,482	0,343	0,802	4,375	4,396	19,666
	5. ²	1,491	2,034	0,471	1,101	6,005	6,033	26,993
Populacija na mediteranskoj dijeti	50. ¹	1,122	1,462	0,418	0,780	4,332	4,338	25,691
	5. ²	1,540	2,007	0,573	1,070	5,946	5,954	35,262
Deca	50. ³	1,380	1,896	0,612	1,176	5,427	5,515	23,973
	5. ⁴	1,705	2,343	0,756	1,453	6,704	6,812	29,614

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; ¹ – 71 kg, ² – 50 kg; ³ – 21 kg; ⁴ – 17 kg

Minimalan nedeljni unos Cd u opštoj populaciji bio je 0,343 µg/kg t.m., dok je maksimalno procenjeni unos Cd bio kada je primenjen najnepovoljniji scenario ishrane (26,993 µg/kg t.m.).

Deljenjem procenjenog nedeljnog unosa Cd iz tabele 15. sa tolerišu im nedeljnim unosom (TWI - *Tolerable Weekly Intake*), vrednoš u preporu ene od EFSA (2,5 µg/kg t.m.), (114), dobija se HI kao merilo prihvatljivosti rizika od štetnog dejstva Cd (Tabela 16).

Tabela 16. Indeks hazarda za unos kadmijuma – deterministi ka procena

		INDEKS HAZARDA							
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db	
Opšta populacija	50. ¹	0,4	0,6	0,1	0,3	1,7	1,8	7,9	
	5. ²	0,6	0,8	0,2	0,4	2,4	2,4	10,8	
Populacija na mediteranskoj dijetei	50. ¹	0,4	0,6	0,2	0,3	1,7	1,7	10,3	
	5. ²	0,6	0,8	0,2	0,4	2,4	2,4	14,1	
Deca	50. ³	0,6	0,8	0,2	0,5	2,2	2,2	9,6	
	5. ⁴	0,7	0,9	0,3	0,6	2,7	2,7	11,8	

t.m. – telesna masa; A – x, B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; ¹ – 71 kg; ² – 50 kg; ³ – 21 kg; ⁴ – 17 kg; TWI = 2,5 µg/kg t.m.; ozna ene su vrednosti ve e od jedan

Indeks hazarda izra unat za unos Cd u svim scenarijima gde je unos ra unat preko srednje vrednosti koncentracije Cd u namirnicama, odnosno za 50. percentil koncentracija, bio je niži od 1. Primenom vrednosti za 95. percentil i maksimalne koncentracije Cd u namirnicama svi izra unati HI bili su ve i od 1.

4.3.1.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijetei

Preporuke mediteranske dijete podrazumevaju koriš enje 29 vrsta namirnica od ukupno 50 koje su uzimane u obzir kod izra unavanja indeksa hazarda za opštu populaciju (Tabela 17).

Za populaciju na mediteranskoj dijetei unos Cd hranom u svim scenarijima bio je najve i preko proizvoda od žitarica, sa maksimumom od 58,7% u scenariju Ba. Zna ajan unos Cd je dobijen i preko žitarica, 17,9% u scenariju Aa, i povr a, sa preko 20% udela u ukupnom unosu Cd u svim posmatranim scenarijima.

Tabela 17. Dnevni unos kadmijuma kod populacije na mediteranskoj dijeti

Namirnica	Unos, g	Unos Cd, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	57,1	0,114	0,228	0	0,143	0,799	0,799	2,512
Citrusi	42,9	0,043	0,129	0	0,107	0,257	0,257	1,931
Jabučasto	114,3	0,114	0,343	0	0,286	0,914	0,914	5,715
Koštasto voće	131,4	0,263	0,526	0	0,329	1,183	1,183	4,205
Tropsko i subtropsko voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Sušeno voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od voća, bez sokova	0	0	0	0	0	0	0	0
Mahunarke i leguminoze	75,7	0,227	0,379	0	0,189	1,136	1,136	3,482
Uljarice	9,3	0,381	0,391	0,353	0,353	0,963	0,963	1,088
Koštunjavo voće	47	0,423	0,470	0	0,118	2,068	2,068	2,350
Krompir	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od krompira	0	0	0	0	0	0	0	0
Kupusnjače	50	0,100	0,200	0	0,125	0,500	0,500	2,450
Lukovice	37,1	0,223	0,260	0	0,093	1,039	1,039	3,636
Krastavac	28,6	0,029	0,086	0	0,072	0,143	0,143	0,801
Paradajz, lubenice, dinje i pepurke	140	0,420	0,700	0	0,350	1,820	1,820	32,060
Lisnato povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Korenasto povrće	44,3	0,266	0,310	0,222	0,222	0,753	0,753	1,152
Stabljačasto povrće	14,3	0,901	0,915	0,701	0,701	2,159	2,159	2,560
Drugo mešano povrće	175,7	0,527	0,879	0	0,439	3,338	3,338	7,379
Začini i dodaci jelima	0	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sirevi	2,1	0,017	0,019	0	0,005	0,0567	0,0567	0,090
Žitarice i brašno	154,3	2,006	2,315	0	0,386	7,715	7,715	54,931
Proizvodi od žitarica	350	3,850	4,200	2,450	2,450	12,250	12,250	115,500
Šećer, med, bombone	0	0	0	0	0	0	0	0
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	20,7	0,000	0,052	0	0,052	0	0,052	0,052
Mleko	28,6	0,029	0,086	0	0,072	0,229	0,229	0,543
Proizvodi od mleka	201,4	0,081	0,604	0	0,504	1,007	1,007	2,014
Meso sisara	11,4	0,011	0,034	0	0,029	0,080	0,080	0,513
Živinsko meso	47,1	0,094	0,188	0	0,118	0,707	0,707	1,460
Iznutrice sisara	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	24,3	0,073	0,122	0	0,061	0,389	0,389	1,701
Jaja	17,1	0,051	0,086	0	0,043	0,274	0,274	0,496
Proizvodi od jaja	0	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
Slatkovodna riba	27,1	0,027	0,108	0	0,068	0,244	0,244	1,030
Morska riba	11,4	0,080	0,091	0	0,028	0,331	0,331	0,730
Rakovi	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mekušci i glavonošci	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Proizvodi od ribe	25,7	0,386	0,411	0,206	0,206	1,388	1,388	3,855
Sokovi od voća i povrća	121,4	0,486	0,486	0,243	0,243	1,578	1,578	2,671
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Piće na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
Čajevi	1,6	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	2011,9	11,220	14,619	4,174	7,791	43,320	43,376	256,910

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najviše vrednosti

Izračunati nedeljni unos Cd kod osoba na mediteranskoj dijeti kretao se u opsegu 1,122 – 35,262 µg/kg t.m. i veoma se malo razlikovao od nedeljnog unosa kod opšte populacije (Tabela 15). Sledstveno je i vrednost HI, slična opštoj populaciji, za sve scenarije u kojima je unos Cd računat preko srednjih vrednosti i 50. percentila koncentracija Cd u namirnicama bio niži od 1, dok su za scenarije sa 95. percentilom koncentracije Cd i scenario sa najvećim koncentracijama Cd HI bili viši od 1 sa maksimumom od 14,1 (Tabela 16).

4.2.1.3. Izloženost dece

Za populaciju dece, na osnovu jelovnika predškolskih ustanova, namirnice su svrstane u 34 grupe od 50 koliko ih sadrži GEMS/Food baza podataka (Tabela 18).

U svim predviđenim scenarijima najveći unos Cd bio je preko proizvoda od žitarica i povrća. Najveći udeo ovih grupa namirnica zabeležen je u scenariju Ba u kome je proizvodima od žitarica uneseno 32,4% ukupno uneseno Cd, dok je unos preko povrća iznosio 21,3%. Značajan udeo u unosu Cd u istom scenariju imale su i iznutrice sa 23,2%, dok je udeo mleka i žitarica bio preko 10% u scenarijima b.

Tabela 18. Dnevni unos kadmijuma kod dece

Namirnica	Unos, g	Unos Cd, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Citrusi	7,9	0,008	0,024	0	0,020	0,047	0,047	0,356
Jabučasto	28,6	0,029	0,086	0	0,072	0,229	0,229	1,430
Koštasto voće	0	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Tropsko i subtropsko voće	17,1	0,017	0,051	0	0,043	0,103	0,103	0,137
Sušeno voće	3,9	0,012	0,020	0	0,010	0,059	0,059	0,218
Proizvodi od voća, bez sokova	58,1	0,291	0,407	0	0,145	1,685	1,685	2,963
Mahunarke i leguminoze	23,6	0,071	0,118	0	0,059	0,354	0,354	1,086
Uljarice	0	0	0	0	0	0	0	0
Koštunjavo voće	1,4	0,013	0,014	0	0,004	0,062	0,062	0,070
Krompir	23,6	0,260	0,283	0,165	0,165	0,826	0,826	2,407
Proizvodi od krompira	6,3	0,195	0,195	0,284	0,284	0,315	0,315	0,315
Kupusnjača	17,7	0,035	0,071	0	0,044	0,177	0,177	0,867
Lukovice	10,1	0,061	0,071	0	0,025	0,283	0,283	0,990
Krastavac	10,3	0,010	0,031	0	0,026	0,052	0,052	0,288
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	19,2	0,058	0,096	0	0,048	0,250	0,250	4,397
Lisnato povrće	8,7	0,157	0,165	0,139	0,139	0,392	0,392	0,392
Korenasto povrće	17,4	0,104	0,122	0,087	0,087	0,296	0,296	0,452
Stabljasto povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Drugo mešano povrće	19,3	0,058	0,097	0	0,048	0,367	0,367	0,811
Začini i dodaci jelima	0,1	0,001	0,001	0	0,000	0,002	0,002	0,003
Sosovi i sirevi	0,3	0,002	0,003	0	0,001	0,008	0,008	0,013
Žitarice i brašno	38,4	0,499	0,576	0	0,096	1,920	1,920	13,670
Proizvodi od žitarica	84,9	0,934	1,019	0,594	0,594	2,972	2,972	28,017
Šećer, med, bombone	15,7	0,031	0,063	0	0,039	0,220	0,220	0,471
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0,9	0,003	0,004	0	0,002	0	0,002	0,009
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	103	0,000	0,258	0	0,258	0	0,258	0,258
Mleko	194,4	0,194	0,583	0	0,486	1,555	1,555	3,694
Proizvodi od mleka	48,1	0,019	0,144	0	0,120	0,241	0,241	0,481
Meso sisara	25	0,025	0,075	0	0,063	0,175	0,175	1,125
Živinsko meso	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice sisara	7,6	0,638	0,638	0,426	0,426	2,143	2,143	3,808
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	8,3	0,025	0,042	0	0,021	0,133	0,133	0,581
Jaja	14,4	0,043	0,072	0	0,036	0,230	0,230	0,418
Proizvodi od jaja	1,1	0,006	0,007	0	0,003	0,019	0,019	0,022
Slatkovodna riba	0	0	0	0	0	0	0	0
Morska riba	8,6	0,060	0,069	0	0,022	0,249	0,249	0,550
Rakovi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od ribe	1,1	0,017	0,018	0,009	0,009	0,059	0,059	0,165
Sokovi od voća i povrća	66,1	0,264	0,264	0,132	0,132	0,859	0,859	1,454
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Piće na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
Čajevi	0,6	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	891,8	4,140	5,689	1,836	3,529	16,282	16,544	71,920

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najviše vrednosti

Ukupan nedeljni unos Cd kod dece u svim pretpostavljenim scenarijima, sem scenarija D, bio je viši u odnosu na druge dve populacione grupe (Tabela 15). Međutim, u poređanju toga, izračunati HI i za populaciju dece u scenarijima A i B je niži od 1, dok rizik od Cd postoji u scenarijima C i D (Tabela 16).

4.3.2. Izloženost živi preko hrane

4.3.2.1. Izloženost opšte populacije

Najveći unos Hg u opštoj populaciji u scenarijima Aa, Ba i Ca bio je preko proizvoda od ribe, zbog većeg udela u ishrani u odnosu na ostale namirnice u kojima je Hg detektovana (Tabela 19). U scenarijima Ab, Bb i Cb, s obzirom da je u odnosu na ukupan unos namirnica, udeo ribe, proizvoda od ribe i plodova mora relativno mali (1,2%), najverovatniji izvor ekspozicije Hg bile su namirnice koje su najzastupljenije u ishrani, a to su mleko i žitarice.

Tabela 19. Dnevni unos žive kod opšte populacije

Namirnica	Unos, g	Unos Hg, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	22,1	0	0,055	0	0,055	0	0,055	0,055
Citrusi	29	0	0,073	0	0,073	0	0,073	0,073
Jabučasto	64,6	0	0,162	0	0,162	0	0,162	0,162
Koštasto voće	31,4	0	0,079	0	0,079	0	0,079	0,079
Tropsko i subtropsko voće	30,6	0	0,077	0	0,077	0	0,077	0,077
Sušeno voće	2,2	0	0,006	0	0,006	0	0,006	0,006
Proizvodi od voća, bez sokova	8,4	0	0,021	0	0,021	0	0,021	0,021
Mahunarke i leguminoze	20,9	0	0,052	0	0,052	0	0,052	0,052
Uljarice	0,6	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Koštunjavo voće	4	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Krompir	193,4	0	0,484	0	0,484	0	0,484	0,484
Proizvodi od krompira	9,5	0	0,024	0	0,024	0	0,024	0,024
Kupusnjača	58,7	0	0,147	0	0,147	0	0,147	0,147
Lukovice	36,1	0	0,090	0	0,090	0	0,090	0,090
Krastavac	34,4	0	0,086	0	0,086	0	0,086	0,086
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	73,9	0	0,185	0	0,185	0	0,185	0,185
Lisnato povrće	7,5	0	0,019	0	0,019	0	0,019	0,019
Korenasto povrće	25,3	0	0,063	0	0,063	0	0,063	0,063
Stabljasto povrće	0,3	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Drugo mešano povrće	40,8	0	0,102	0	0,102	0	0,102	0,102
Začini i dodaci jelima	3,3	0	0,008	0	0,008	0	0,008	0,008
Sosovi i sirevi	2,4	0	0,006	0	0,006	0	0,006	0,006
Žitarice i brašno	262,3	0	0,656	0	0,656	0	0,656	0,656
Proizvodi od žitarica	19,4	0	0,049	0	0,049	0	0,049	0,049
Šećer, med, bombone	87,4	0	0,219	0	0,219	0	0,219	0,219
Kakao proizvodi	6,3	0	0,016	0	0,016	0	0,016	0,016
Mlečne masti	14,4	0	0,036	0	0,036	0	0,036	0,036
Ostale životinjske masti	14,1	0	0,035	0	0,035	0	0,035	0,035
Živinska mast	0,3	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Biljna mast	43,2	0	0,108	0	0,108	0	0,108	0,108
Mleko	352,3	0	0,881	0	0,881	0	0,881	0,881
Proizvodi od mleka	35,8	0	0,090	0	0,090	0	0,090	0,090
Meso sisara	114,1	0	0,285	0	0,285	0	0,285	0,285
Živinsko meso	55,6	0	0,139	0	0,139	0	0,139	0,139
Iznutrice sisara	10	0,030	0,050	0	0,025	0,180	0,180	0,930
Iznutrice živine	0,9	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Proizvodi od mesa i iznutrica	7,5	0	0,019	0	0,019	0	0,019	0,019
Jaja	30	0	0,075	0	0,075	0	0,075	0,075
Proizvodi od jaja	1	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0,003
Slatkovodna riba	2,1	0,147	0,147	0,040	0,040	0,596	0,596	2,636
Morska riba	0,1	0,004	0,004	0,003	0,003	0,010	0,010	0,099
Rakovi	0,2	0,004	0,004	0,002	0,002	0,012	0,012	0,020
Mekušci i glavonošci	1,6	0,038	0,038	0,026	0,026	0,088	0,088	0,328
Proizvodi od ribe	21,7	0,521	0,521	0,694	0,694	3,993	3,993	4,449
Sokovi od voća i povrća	13,5	0	0,034	0	0,034	0	0,034	0,034
Bezalkoholna pića	55,7	0	0,139	0	0,139	0	0,139	0,139
Piće na bazi kafe	9,3	0	0,023	0	0,023	0	0,023	0,023
Čajevi	0,9	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Pivo	225,2	0	0,563	0	0,563	0	0,563	0,563
Druga alkoholna pića	61,4	0	0,154	0	0,154	0	0,154	0,154
Ukupno	2145,7	0,744	6,045	0,765	6,071	4,879	10,160	13,743

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; oznake su najveće vrednosti

Ukupan nedeljni unos Hg izra unat primenom deterministi kog metoda u opštoj populaciji pokazao je veoma male razlike za scenarija A i B (Tabela 20). Živa je detektovana u relativno malom broju vrsta namirnica, a u pet od šest grupa u kojima je detektovana to je bilo u preko 80% ispitanih uzoraka, pa su razlike izme u scenarija sa srednjim vrednostima i vrednostima za 50. percentil koncentracije Hg neznatne. Me utim, veliki broj uzoraka u kojima Hg nije detektovana uslovio je da je unos Hg u scenarijima b ve i od unosa u scenariju a, ak i preko osam puta.

Tabela 20. Nedeljni unos žive primenom deterministi ke metodologije

		Nedeljni unos Hg, µg/kg t. m.						
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	0,074	0,605	0,077	0,607	0,488	1,016	1,374
	5. ²	0,102	0,830	0,105	0,833	0,670	1,395	1,886
Populacija na mediteranskoj dijeti	50. ¹	0,302	0,789	0,173	0,660	1,354	1,842	5,545
	5. ²	0,414	1,083	0,237	0,906	1,859	2,528	7,611
Deca	50. ³	0,142	0,877	0,109	0,845	0,394	1,124	3,882
	5. ⁴	0,176	1,083	0,135	1,044	0,487	1,388	4,795

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; 1 – 71 kg; 2 – 50 kg; 3 – 21 kg; 4 – 17 kg

Procenjeni rizik izražen preko HI, dobijen pore enjem sa TWI od 1,3 µg/kg t.m. (115), bio je niži od 1 u svim posmatranim scenarijima opšte populacije, izuzev kada su koriš ene maksimalne vrednosti i vrednosti 95. percentila koncentracije Hg sa vrednoš u 5. percentila telesne mase (Tabela 21).

Tabela 21. Indeks hazarda unosa žive – deterministi ka procena

		INDEKS HAZARDA							
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db	
Opšta populacija	50. ¹	0,1	0,5	0,1	0,5	0,4	0,8	1,1	
	5. ²	0,1	0,6	0,1	0,6	0,5	1,1	1,5	
Populacija na mediteranskoj dijeti	50. ¹	0,2	0,6	0,1	0,5	1,0	1,4	4,3	
	5. ²	0,3	0,8	0,2	0,7	1,4	1,9	5,9	
Deca	50. ³	0,1	0,7	0,1	0,7	0,3	0,9	3,0	
	5. ⁴	0,1	0,8	0,1	0,8	0,4	1,1	3,7	

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; 1 – 71 kg; 2 – 50 kg; 3 – 21 kg; 4 – 17 kg, TWI=1,3 µg/kg t.m.; oznacene su vrednosti veće od jedan

4.3.2.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijeti

Kod populacije na mediteranskoj dijeti, specifična ishrana u kojoj je udeo ribe i proizvoda od ribe 2,7 puta veći i od udela u ishrani opšte populacije, uslovala je da se Hg dominantno unosi ovim namirnicama bez obzira na primenjeni scenario (Tabela 22).

Udeo ribe u ukupnom unosu Hg se smanjuje u scenarijima b i preko tri puta, s obzirom da se udeo ostalih namirnica u kojima Hg nije detektovana povećava.

Tabela 22. Dnevni unos žive kod populacije na mediteranskoj dijeti

Namirnica	Unos, g	Unos Hg, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	57,1	0	0,143	0	0,143	0	0,143	0,143
Citrusi	42,9	0	0,107	0	0,107	0	0,107	0,107
Jabučasto	114,3	0	0,286	0	0,286	0	0,286	0,286
Koštasto voće	131,4	0	0,329	0	0,329	0	0,329	0,329
Tropsko i subtropsko voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Sušeno voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od voća, bez sokova	0	0	0	0	0	0	0	0
Mahunarke i leguminoze	75,7	0	0,189	0	0,189	0	0,189	0,189
Uljarice	9,3	0	0,023	0	0,023	0	0,023	0,023
Koštunjavo voće	47	0	0,118	0	0,118	0	0,118	0,118
Krompir	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od krompira	0	0	0	0	0	0	0	0
Kupusnjača	50	0	0,125	0	0,125	0	0,125	0,125
Lukovice	37,1	0	0,093	0	0,093	0	0,093	0,093
Krastavac	28,6	0	0,072	0	0,072	0	0,072	0,072
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	140	0	0,350	0	0,350	0	0,350	0,350
Lisnato povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Korenasto povrće	44,3	0	0,111	0	0,111	0	0,111	0,111
Stabljasto povrće	14,3	0	0,036	0	0,036	0	0,036	0,036
Drugo mešano povrće	175,7	0	0,439	0	0,439	0	0,439	0,439
Začini i dodaci jelima	0	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sirevi	2,1	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Žitarice i brašno	154,3	0	0,386	0	0,386	0	0,386	0,386
Proizvodi od žitarica	350	0	0,875	0	0,875	0	0,875	0,875
Šećer, med, bombone	0	0	0	0	0	0	0	0
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	20,7	0	0,052	0	0,052	0	0,052	0,052
Mleko	28,6	0	0,072	0	0,072	0	0,072	0,072
Proizvodi od mleka	201,4	0	0,504	0	0,504	0	0,504	0,504
Meso sisara	11,4	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Živinsko meso	47,1	0	0,118	0	0,118	0	0,118	0,118
Iznutrice sisara	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	24,3	0	0,061	0	0,061	0	0,061	0,061
Jaja	17,1	0	0,043	0	0,043	0	0,043	0,043
Proizvodi od jaja	0	0	0	0	0	0	0	0
Slatkovodna riba	27,1	1,897	1,897	0,515	0,515	7,696	7,696	34,011
Morska riba	11,4	0,502	0,502	0,388	0,388	1,117	1,117	11,297
Rakovi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od ribe	25,7	0,617	0,617	0,822	0,822	4,729	4,729	5,269
Sokovi od voća i povrća	121,4	0	0,304	0	0,304	0	0,304	0,304
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Piće na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
Čajevi	1,6	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	2011,9	3,016	7,890	1,725	6,599	13,542	18,416	55,451

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Procenjeni nedeljni unos Hg u populaciji na mediteranskoj dijeti, s obzirom na veći unos ribe i proizvoda od ribe, bio je veći nego unos kod opšte populacije. Razlike srednje vrednosti i 50. percentila koncentracija Hg, posebno u slatkovodnoj ribi, uslovile su da je unos u scenariju Aa 1,7 puta veći od unosa Hg u scenariju Ba. Korišćenjem zamene n.d. = l.d./2, uticaj razlika između prosečne vrednosti i 50. percentila koncentracije Hg na ukupan unos je manji – unos u Ab scenariju je veći za 20% od Bb scenarija (Tabela 20).

Izračunati HI unosa Hg u populaciji na mediteranskoj dijeti u scenarijima A i B bio je niži od 1. Očekivano, kada su korišćeni 95. percentili i maksimalne koncentracije Hg u namirnicama postojao je povećan rizik od unosa Hg, tj. vrednosti HI bile su veće od 1 (Tabela 21).

4.3.2.3. Izloženost dece

Populacija dece unosila je Hg u scenarijima Aa, Ba i Ca najviše delom preko morske ribe – od 71,3% do 89,3% od ukupnog unosa Hg. Od svih ostalih namirnica, Hg je u posmatranoj populaciji unošena još samo preko proizvoda od ribe i iznutrica (Tabela 23).

U scenarijima Ab, Bb i Cb, zbog ishrane u kojoj dominira mleko, deca su značajnije unosila Hg preko ove namirnice.

Tabela 23. Dnevni unos žive kod dece

Namirnica	Unos, g	Unos Hg, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Citrusi	7,9	0	0,020	0	0,020	0	0,020	0,020
Jabučasto	28,6	0	0,072	0	0,072	0	0,072	0,072
Koštasto voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropsko i subtropsko voće	17,1	0	0,043	0	0,043	0	0,043	0,043
Sušeno voće	3,9	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Proizvodi od voća, bez sokova	58,1	0	0,145	0	0,145	0	0,145	0,145
Mahunarke i leguminoze	23,6	0	0,059	0	0,059	0	0,059	0,059
Uljarice	0	0	0	0	0	0	0	0
Koštunjavo voće	1,4	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Krompir	23,6	0	0,059	0	0,059	0	0,059	0,059
Proizvodi od krompira	6,3	0	0,016	0	0,016	0	0,016	0,016
Kupusnjača	17,7	0	0,044	0	0,044	0	0,044	0,044
Lukovice	10,1	0	0,025	0	0,025	0	0,025	0,025
Krastavac	10,3	0	0,026	0	0,026	0	0,026	0,026
Paradajz, lubenice, dinje i pepurke	19,2	0	0,048	0	0,048	0	0,048	0,048
Lisnato povrće	8,7	0	0,022	0	0,022	0	0,022	0,022
Korenasto povrće	17,4	0	0,044	0	0,044	0	0,044	0,044
Stabljasto povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Drugo mešano povrće	19,3	0	0,048	0	0,048	0	0,048	0,048
Začini i dodaci jelima	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sirevi	0,3	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Žitarice i brašno	38,4	0	0,096	0	0,096	0	0,096	0,096
Proizvodi od žitarica	84,9	0	0,212	0	0,212	0	0,212	0,212
Šećer, med, bombone	15,7	0	0,039	0	0,039	0	0,039	0,039
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0,9	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	103	0	0,258	0	0,258	0	0,258	0,258
Mleko	194,4	0	0,486	0	0,486	0	0,486	0,486
Proizvodi od mleka	48,1	0	0,120	0	0,120	0	0,120	0,120
Meso sisara	25	0	0,063	0	0,063	0	0,063	0,063
Živinsko meso	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice sisara	7,6	0,023	0,038	0	0,019	0,137	0,137	0,707
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	8,3	0	0,021	0	0,021	0	0,021	0,021
Jaja	14,4	0	0,036	0	0,036	0	0,036	0,036
Proizvodi od jaja	1,1	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0,003
Slatkovodna riba	0	0	0	0	0	0	0	0
Morska riba	8,6	0,378	0,378	0,292	0,292	0,843	0,843	8,523
Rakovi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od ribe	1,1	0,026	0,026	0,035	0,035	0,202	0,202	0,226
Sokovi od voća i povrća	66,1	0	0,165	0	0,165	0	0,165	0,165
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Piće na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
Čajevi	0,6	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	891,8	0,427	2,631	0,327	2,585	1,182	3,371	11,645

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Udeo ribe i proizvoda od ribe u ukupnoj ishrani od samo 1,1%, sli no opštoj populaciji, uslovio je neznatne razlike izme u scenarija A i B i velike razlike izme u unosa Hg u scenarijima a i b (Tabela 20). Ne ra unaju i ekstremni scenario ishrane, samo u slu aju primenjenih 95. percentila vrednosti Hg u namirnicama, vrednost HI za Hg u populaciji dece bio je neznatno ve i od 1 (Tabela 21).

4.3.3. Izloženost olovu preko hrane

4.3.3.1. Izloženost opšte populacije

Opšta populacija je u scenariju Aa, kada je unos Pb izra unat preko srednjih vrednosti Pb u namirnicama, uz uslov da je n.d. = 0, Pb najviše unosila preko piva (32,9%), žitarica i brašna (30,6%) i krompira (7,1% ukupnog unosa). Druga ije vrednosti za unos dobijene su u scenariju Ab, kada je najve i unos Pb bio preko žitarica i brašna – 16,2%. S obzirom da ni u jednoj grupi namirnica Pb nije detektovano u više od 50% ispitanih uzoraka, unos Pb u scenariju Ba bio je jednak nuli, dok je u scenariju Bb bio proporcionalan unosu pojedinih namirnica (Tabela 24).

Tabela 24. Dnevni unos olova kod opšte populacije

Namirnica	Unos, g	Unos Pb, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	22,1	0,088	0,597	0	0,553	0,177	0,641	2,210
Citrusi	29	0,116	0,812	0	0,725	0	0,725	17,400
Jabučasto	64,6	0,258	1,809	0	1,615	0	1,615	42,636
Koštiasto voće	31,4	0,283	1,005	0	0,785	2,261	2,261	5,024
Tropsko i subtropsko voće	30,6	0,092	0,826	0	0,765	0	0,765	3,060
Sušeno voće	2,2	0,035	0,081	0	0,055	0,246	0,246	0,352
Proizvodi od voća, bez sokova	8,4	0,092	0,277	0	0,210	0,672	0,672	2,856
Mahunarke i leguminoze	20,9	0,125	0,627	0	0,523	0	0,523	5,852
Uljarice	0,6	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Koštunjavo voće	4	0	0,100	0	0,100	0	0,100	0,100
Krompir	193,4	0,967	5,609	0	4,835	7,543	9,283	25,142
Proizvodi od krompira	9,5	0	0,238	0	0,238	0	0,238	0,238
Kupusnjača	58,7	0,117	1,526	0	1,468	0	1,468	9,392
Lukovice	36,1	0	0,903	0	0,903	0	0,903	0,903
Krastavac	34,4	0,103	0,929	0	0,860	0	0,860	7,568
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	73,9	0,148	1,921	0	1,848	0	1,848	7,390
Lisnato povrće	7,5	0,158	0,323	0	0,188	0	0,188	1,950
Korenasto povrće	25,3	0,152	0,708	0	0,633	1,518	1,518	1,518
Stabljasto povrće	0,3	0,002	0,008	0	0,008	0,010	0,013	0,018
Drugo mešano povrće	40,8	0,122	1,142	0	1,020	0	1,020	15,096
Začini i dodaci jelima	3,3	0,264	0,330	0	0,083	1,221	1,221	2,574
Sosovi i sirevi	2,4	0	0,060	0	0,060	0	0,060	0,060
Žitarice i brašno	262,3	4,197	9,967	0	6,558	34,099	34,099	56,132
Proizvodi od žitarica	19,4	0,175	0,621	0	0,485	1,358	1,358	7,372
Šećer, med, bombone	87,4	0	2,185	0	2,185	0	2,185	2,185
Kakao proizvodi	6,3	0,088	0,227	0	0,158	0,523	0,523	2,331
Mlečne masti	14,4	0	0,360	0	0,360	0	0,360	0,360
Ostale životinjske masti	14,1	0	0,353	0	0,353	0	0,353	0,353
Živinska mast	0,3	0	0,008	0	0,008	0	0,008	0,008
Biljna mast	43,2	0	1,080	0	1,080	0	1,080	1,080
Mleko	352,3	0	8,808	0	8,808	0	8,808	8,808
Proizvodi od mleka	35,8	0	0,895	0	0,895	0	0,895	0,895
Meso sisara	114,1	0	2,853	0	2,853	0	2,853	2,853
Živinsko meso	55,6	0	1,390	0	1,390	0	1,390	1,390
Iznutrice sisara	10	0	0,250	0	0,250	0	0,250	0,250
Iznutrice živine	0,9	0	0,023	0	0,023	0	0,023	0,023
Proizvodi od mesa i iznutrica	7,5	0	0,188	0	0,188	0	0,188	0,188
Jaja	30	0	0,750	0	0,750	0	0,750	0,750
Proizvodi od jaja	1	0,040	0,050	0	0,025	0,140	0,140	0,180
Slatkovidna riba	2,1	0	0,053	0	0,053	0	0,053	0,053
Morska riba	0,1	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0,003
Rakovi	0,2	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Mekušci i glavonošci	1,6	0	0,040	0	0,040	0	0,040	0,040
Proizvodi od ribe	21,7	0	0,543	0	0,543	0	0,543	0,543
Sokovi od voća i povrća	13,5	0,270	0,554	0	0,338	1,985	1,985	2,160
Bezalkoholna pića	55,7	0,557	1,671	0	1,393	5,570	5,570	7,798
Piće na bazi kafe	9,3	0	0,233	0	0,233	0	0,233	0,233
Čajevi	0,9	0,126	0,135	0	0,023	0,567	0,567	1,332
Pivo	225,2	4,504	6,756	0	5,630	15,764	15,764	45,040
Druga alkoholna pića	61,4	0,614	1,842	0	1,535	5,526	5,526	11,666
Ukupno	2145,7	13,693	61,689	0	53,655	79,180	111,735	305,385

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; oznake su najveće vrednosti

U scenariju Ba unos Pb je bio jednak nuli, a u scenariju Aa nedeljni unos Pb kod opšte populacije bio je 1,369 µg/kg t.m. Maksimalno procenjen unos Pb u najnepovoljnijem scenariju sa maksimalnim koncentracijama Pb u namirnicama bio je 41,916 µg/kg t.m. (Tabela 25).

Tabela 25. Nedeljni unos olova primenom deterministi ke metodologije

Nedeljni unos Pb, µg/kg t. m.								
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	1,369	6,169	0	5,366	7,918	11,174	30,539
	5. ²	1,879	8,467	0	7,364	10,868	15,336	41,916
Populacija na mediteranskoj dijetei	50. ¹	0,993	5,755	0	5,031	5,862	9,145	43,072
	5. ²	1,362	7,899	0	6,905	8,045	12,552	59,118
Deca	50. ³	1,084	8,187	0	7,435	6,184	11,789	42,535
	5. ⁴	1,339	10,113	0	9,184	7,639	14,562	52,544

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; ¹ – 71 kg; ² – 50 kg; ³ – 21 kg; ⁴ – 17 kg

Najmanji rizik od unosa Pb kod opšte populacije dobijen je kod scenarija Aa. Porede i procenjene unose sa privremenim tolerišu im nedeljnim unosom (PTWI - *Provisional Tolerable Weekly Intake*) od 25 µg/kg t.m. (116), dobijen je vrednosti indeksa hazarda koji su bili manji od jedan u svim posmatranim scenarijima osim vrednosti dobijenih u najnepovoljnijem scenariju Db (Tabela 26).

Tabela 26. Indeks hazarda unosa olova – deterministi ka procena

INDEKS HAZARDA								
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	0,1	0,2	0	0,2	0,3	0,4	1,2
	5. ²	0,1	0,3	0	0,3	0,4	0,6	1,7
Populacija na mediteranskoj dijetei	50. ¹	0,04	0,2	0	0,2	0,2	0,4	1,7
	5. ²	0,1	0,3	0	0,3	0,3	0,5	2,4
Deca	50. ³	0,04	0,3	0	0,3	0,2	0,5	1,7
	5. ⁴	0,1	0,4	0	0,4	0,3	0,6	2,1

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; ¹ – 71 kg; ² – 50 kg; ³ – 21 kg; ⁴ – 17 kg; PTWI=25 µg/kg; t.m.; ozna ene su vrednosti ve e od jedan

4.3.3.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijeti

Na osnovu koncentracije Pb u namirnicama i procenjenog unosa namirnica mediteranskom dijetom, dolazi se do zaključka da se Pb, kod osoba na mediteranskoj dijeti u scenarijima Aa i Ab najviše unosi preko proizvoda od žitarica (31,7% i 19,5%), žitarica (24,9% i 10,2%), voća (20,5% i 19,7%) i povrća (18,2% i 26,8%), (Tabela 27). Slično opštoj populaciji, unos Pb u scenariju Ba je bio jednak nuli, a u scenariju Bb proporcionalan udelu vrste namirnice u ukupnoj ishrani.

Tabela 27. Dnevni unos olova kod populacije na mediteranskoj dijetei

Namirnica	Unos, g	Unos Pb, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Namirnica								
Bobiasto voće	57,1	0,228	1,542	0	1,428	0,457	1,656	5,710
Citrusi	42,9	0,172	1,201	0	1,073	0	1,073	25,740
Jabuko	114,3	0,457	3,200	0	2,858	0	2,858	75,438
Koštasto voće	131,4	1,183	4,205	0	3,285	9,461	9,461	21,024
Tropsko i subtropsko voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Sušeno voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od voća, bez sokova	0	0	0	0	0	0	0	0
Mahunarke i leguminoze	75,7	0,454	2,271	0	1,893	0	1,893	21,196
Uljarice	9,3	0	0,233	0	0,233	0	0,233	0,233
Koštunjavo voće	47	0	1,175	0	1,175	0	1,175	1,175
Krompir	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od krompira	0	0	0	0	0	0	0	0
Kupusnjača	50	0,100	1,300	0	1,250	0	1,250	8,000
Lukovice	37,1	0	0,928	0	0,928	0	0,928	0,928
Krastavac	28,6	0,086	0,772	0	0,715	0	0,715	6,292
Paradajz, lubenice, dinje i pepurke	140	0,280	3,640	0	3,500	0	3,500	14,000
Lisnato povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Korenasto povrće	44,3	0,266	1,240	0	1,108	2,658	2,658	2,658
Stabljasto povrće	14,3	0,086	0,400	0	0,358	0,472	0,629	0,858
Drugo mešano povrće	175,7	0,527	4,920	0	4,393	0	4,393	65,009
Začini i dodaci jelima	0	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sirevi	2,1	0	0,053	0	0,053	0	0,053	0,053
Žitarice i brašno	154,3	2,469	5,863	0	3,858	20,059	20,059	33,020
Proizvodi od žitarica	350	3,150	11,200	0	8,750	24,500	24,500	133,000
Šećer, med, bombone	0	0	0	0	0	0	0	0
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	20,7	0	0,518	0	0,518	0	0,518	0,518
Mleko	28,6	0	0,715	0	0,715	0	0,715	0,715
Proizvodi od mleka	201,4	0	5,035	0	5,035	0	5,035	5,035
Meso sisara	11,4	0	0,285	0	0,285	0	0,285	0,285
Živinsko meso	47,1	0	1,178	0	1,178	0	1,178	1,178
Iznutrice sisara	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	24,3	0	0,608	0	0,608	0	0,608	0,608
Jaja	17,1	0	0,428	0	0,428	0	0,428	0,428
Proizvodi od jaja	0	0	0	0	0	0	0	0
Slatkovodna riba	27,1	0	0,678	0	0,678	0	0,678	0,678
Morska riba	11,4	0	0,285	0	0,285	0	0,285	0,285
Rakovi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od ribe	25,7	0	0,643	0	0,643	0	0,643	0,643
Sokovi od voća i povrća	121,4	0,243	2,792	0	3,035	0	3,035	3,642
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Piće na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
Čajevi	1,6	0,224	0,240	0	0,040	1,008	1,008	2,368
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	2011,9	9,924	57,545	0	50,298	58,615	91,443	430,713

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najviše vrednosti

Kod populacije na mediteranskoj dijeti izračunati unos Pb za scenarija A, B i C je bio niži od unosa kod opšte populacije i kretao se u opsegu 0,993 – 12,552 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. (Tabela 25). Slično opštoj populaciji, i kod osoba na mediteranskoj dijeti su HI vrednosti bile niže od 1, uz izuzetak najnepovoljnijeg scenarija (Tabela 26).

4.3.3.3. Izloženost dece

Udeo pojedinih namirnica u ishrani dece kao i prosečna koncentracija Pb u namirnicama uslovlili su da je u scenarijima Aa i Ab unos Pb bio najveći i preko proizvoda od žitarica (23,5% i 11,1%), povrća (21,8% i 18%) i proizvoda od voća (19,6% i 7,8%) (Tabela 28). Najveći unos Pb u scenariju Bb bio je preko mleka, s obzirom da je ova namirnica sa 21,8%, najviše korišćena u ishrani dece.

Tabela 28. Dnevni unos olova kod populacije dece

Namirnica	Unos, g	Unos Pb, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Namirnica								
Bobiasto voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Citrusi	7,9	0,032	0,221	0	0,198	0	0,198	4,740
Jabučasto	28,6	0,114	0,801	0	0,715	0	0,715	18,876
Koštasto voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropsko i subtropsko voće	17,1	0,051	0,462	0	0,428	0	0,428	1,710
Sušeno voće	3,9	0,062	0,144	0	0,098	0,437	0,437	0,624
Proizvodi od voća, bez sokova	58,1	0,639	1,917	0	1,453	4,648	4,648	19,754
Mahunarke i leguminoze	23,6	0,142	0,708	0	0,590	0	0,590	6,608
Uljarice	0	0	0	0	0	0	0	0
Koštunjavo voće	1,4	0	0,035	0	0,035	0	0,035	0,035
Krompir	23,6	0,118	0,684	0	0,590	0,920	1,133	3,068
Proizvodi od krompira	6,3	0	0,158	0	0,158	0	0,158	0,158
Kupusnjača	17,7	0,035	0,460	0	0,443	0	0,443	2,832
Lukovice	10,1	0	0,253	0	0,253	0	0,253	0,253
Krastavac	10,3	0,031	0,278	0	0,258	0	0,258	2,266
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	19,2	0,038	0,499	0	0,480	0	0,480	1,920
Lisnato povrće	8,7	0,183	0,374	0	0,218	0	0,218	2,262
Korenasto povrće	17,4	0,104	0,487	0	0,435	1,044	1,044	1,044
Stabljasto povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Drugo mešano povrće	19,3	0,058	0,540	0	0,483	0	0,483	7,141
Začini i dodaci jelima	0,1	0,008	0,010	0	0,003	0,037	0,037	0,078
Sosovi i sirevi	0,3	0	0,008	0	0,008	0	0,008	0,008
Žitarice i brašno	38,4	0,614	1,459	0	0,960	4,992	4,992	8,218
Proizvodi od žitarica	84,9	0,764	2,717	0	2,123	5,943	5,943	32,262
Šećer, med, bombone	15,7	0	0,393	0	0,393	0	0,393	0,393
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0,9	0	0,023	0	0,023	0	0,023	0,023
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	103	0	2,575	0	2,575	0	2,575	2,575
Mleko	194,4	0	4,860	0	4,860	0	4,860	4,860
Proizvodi od mleka	48,1	0	1,203	0	1,203	0	1,203	1,203
Meso sisara	25	0	0,625	0	0,625	0	0,625	0,625
Živinsko meso	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice sisara	7,6	0	0,190	0	0,190	0	0,190	0,190
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	8,3	0	0,208	0	0,208	0	0,208	0,208
Jaja	14,4	0	0,360	0	0,360	0	0,360	0,360
Proizvodi od jaja	1,1	0,044	0,055	0	0,028	0,154	0,154	0,198
Slatkovodna riba	0	0	0	0	0	0	0	0
Morska riba	8,6	0	0,215	0	0,215	0	0,215	0,215
Rakovi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od ribe	1,1	0	0,028	0	0,028	0	0,028	0,028
Sokovi od voća i povrća	66,1	0,132	1,520	0	1,653	0	1,653	1,983
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Pića na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
Čajevi	0,6	0,084	0,090	0	0,015	0,378	0,378	0,888
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	891,8	3,253	24,560	0	22,305	18,553	35,366	127,606

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

U zavisnosti od koncentracija Pb u namirnicama uzetim za proraun, kao i od telesnih masa dece, dnevni unos je bio u opsegu od 1,084 µg/kg t.m. za scenario Aa, do 52,544 µg/kg t.m. za najnepovoljniji Db scenario (Tabela 25). Kod dece ne postoji veliki rizik od unosa Pb budući da su, na ekstremni scenario ishrane, vrednosti HI bile ispod 1 (Tabela 26).

4.3.4. Izloženost DDT preko hrane

4.3.4.1. Izloženost opšte populacije

Kod opšte populacije je u scenarijima označenim sa a, unos DDT bio isključivo preko namirnica animalnog porekla – ribe i proizvoda od ribe i mleka i proizvoda od mleka. U scenariju Ba, celokupan unos DDT bio je preko slatkovodne ribe s obzirom da je to jedina grupa namirnica kod koje je u preko 50% ispitanih uzoraka detektovan DDT.

U scenarijima označenim sa b, pored dominantnog udela mleka, značajan izvor ekspozicije su i namirnice koje su zastupljene u većoj meri u ishrani prosečnog odraslog stanovnika Republike Srbije – žitarice, brašno, povrće i pivo (Tabela 29).

Tabela 29. Dnevni unos DDT kod opšte populacije

Namirnica	Unos, g	Unos DDT, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	22,1	0	0,011	0	0,011	0	0,011	0,011
Citrusi	29	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Jabučasto	64,6	0	0,032	0	0,032	0	0,032	0,032
Koštasto voće	31,4	0	0,016	0	0,016	0	0,016	0,016
Tropsko i subtropsko voće	30,6	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Sušeno voće	2,2	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Proizvodi od voća, bez sokova	8,4	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Mahunarke i leguminoze	20,9	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Uljarice	0,6	0	0	0	0	0	0	0
Koštunjavo voće	4	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Krompir	193,4	0	0,097	0	0,097	0	0,097	0,097
Proizvodi od krompira	9,5	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Kupusnjača	58,7	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Lukovice	36,1	0	0,018	0	0,018	0	0,018	0,018
Krastavac	34,4	0	0,017	0	0,017	0	0,017	0,017
Paradajz, lubenice, dinje i pepurke	73,9	0	0,037	0	0,037	0	0,037	0,037
Lisnato povrće	7,5	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Korenasto povrće	25,3	0	0,013	0	0,013	0	0,013	0,013
Stabljasto povrće	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Drugo mešano povrće	40,8	0	0,020	0	0,020	0	0,020	0,020
Začini i dodaci jelima	3,3	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Sosovi i sirevi	2,4	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Žitarice i brašno	262,3	0	0,131	0	0,131	0	0,131	0,131
Proizvodi od žitarica	19,4	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Šećer, med, bombone	87,4	0	0,044	0	0,044	0	0,044	0,044
Kakao proizvodi	6,3	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0,003
Mlečne masti	14,4	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Ostale životinjske masti	14,1	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Živinska mast	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	43,2	0	0,022	0	0,022	0	0,022	0,022
Mleko	352,3	0,211	0,352	0	0,176	0,705	0,705	5,637
Proizvodi od mleka	35,8	0,107	0,143	0	0,018	0,609	0,609	1,933
Meso sisara	114,1	0	0,057	0	0,057	0	0,057	0,057
Živinsko meso	55,6	0	0,028	0	0,028	0	0,028	0,028
Iznutrice sisara	10	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Iznutrice živine	0,9	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	7,5	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Jaja	30	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Proizvodi od jaja	1	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Slatkovodna riba	2,1	0,013	0,013	0,008	0,008	0,034	0,034	0,095
Morska riba	0,1	0,001	0,001	0	0	0,003	0,003	0,009
Rakovi	0,2	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	1,6	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Proizvodi od ribe	21,7	0,022	0,043	0	0,011	0,130	0,130	1,519
Sokovi od voća i povrća	13,5	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Bezalkoholna pića	55,7	0	0,028	0	0,028	0	0,028	0,028
Piće na bazi kafe	9,3	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Čajevi	0,9	0	0	0	0	0	0	0
Pivo	225,2	0	0,113	0	0,113	0	0,113	0,113
Druga alkoholna pića	61,4	0	0,031	0	0,031	0	0,031	0,031
Ukupno	2145,7	0,354	1,420	0,008	1,081	1,481	2,349	10,061

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Ukupan nedeljni unos DDT u opštoj populaciji bio je najmanji za scenario Ba (0,001 µg/kg t.m.), a najveći (1,381 µg/kg t.m.), u najnepovoljnijem scenariju sa maksimalnim vrednostima koncentracija DDT (Tabela 30). Unos DDT je u scenarijima označenim sa b bio daleko veći od scenarija označenim sa a, i to od 1,6 puta za scenarija C, preko četiri puta za scenarije A, pa do preko 100 puta u scenarijima B.

Tabela 30. Nedeljni unos DDT primenom determinističke metodologije

		Nedeljni unos DDT, µg/kg t. m.						
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	0,035	0,142	0,001	0,108	0,148	0,235	1,006
	5. ²	0,049	0,195	0,001	0,148	0,203	0,322	1,381
Populacija na mediteranskoj dijeti	50. ¹	0,087	0,198	0,011	0,110	0,437	0,523	1,623
	5. ²	0,119	0,271	0,015	0,151	0,599	0,717	2,228
Deca	50. ³	0,102	0,254	0,000	0,149	0,479	0,586	2,290
	5. ⁴	0,126	0,313	0,000	0,184	0,592	0,724	2,829

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; ¹ – 71 kg; ² – 50 kg; ³ – 21 kg; ⁴ – 17 kg

Deljenjem izra unatog nedeljnog unosa DDT sa 70 µg/kg t.m., vrednosti izvedene od privremenog tolerišu dnevno dnevnog unosa (PTDI - *provisional tolerable daily intake*) koji iznosi 10 µg/kg t.m./dan (65), dobijene su vrednosti HI za DDT u opštoj populaciji (Tabela 31). Iako i u najnepovoljnijem scenariju Db, HI vrednosti ne prelaze 0,02, tj. 2% od preporučenih vrednosti tolerišu dnevnog unosa DDT.

Tabela 31. Indeks hazarda unosa DDT – deterministička procena

		INDEKS HAZARDA						
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	< 0,001	0,002	< 0,001	0,002	0,002	0,003	0,014
	5. ²	< 0,001	0,003	< 0,001	0,002	0,003	0,005	0,020
Populacija na mediteranskoj dijeti	50. ¹	0,001	0,003	< 0,001	0,002	0,006	0,008	0,023
	5. ²	0,002	0,004	< 0,001	0,002	0,009	0,010	0,032
Deca	50. ³	0,001	0,004	0	0,002	0,007	0,008	0,033
	5. ⁴	0,002	0,004	0	0,003	0,008	0,010	0,040

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; 1 – 71 kg; 2 – 50 kg; 3 – 21 kg; 4 – 17 kg; PTDI = 70 µg/kg t.m.

4.3.4.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijeti

Ukupan unos DDT hranom u scenarijima označenim sa a, slično opštoj populaciji i kod osoba na mediteranskoj dijeti, bio je preko namirnica animalnog porekla. Unos DDT najveći je preko proizvoda od mleka – scenariji Aa i Ca (69,7% i 40,8%) i slatkovodne ribe – scenario Ba (100%).

U scenarijima označenim sa b u kojima je koncentracija DDT u onim uzorcima u kojima DDT nije detektovan bila unata kao polovina limita detekcije, značajan udeo u ukupnom unosu DDT imaju i namirnice koje su zastupljenije u mediteranskoj dijeti – voće, povrće i proizvodi od žitarica (Tabela 32).

Tabela 32. Dnevni unos DDT kod populacije na mediteranskoj dijeli

Namirnica	Unos, g	Unos DDT, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	57,1	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Citrusi	42,9	0	0,021	0	0,021	0	0,021	0,021
Jabučasto	114,3	0	0,057	0	0,057	0	0,057	0,057
Koštasto voće	131,4	0	0,066	0	0,066	0	0,066	0,066
Tropsko i subtropsko voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Sušeno voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od voća, bez sokova	0	0	0	0	0	0	0	0
Mahunarke i leguminoze	75,7	0	0,038	0	0,038	0	0,038	0,038
Uljarice	9,3	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Koštunjavo voće	47	0	0,024	0	0,024	0	0,024	0,024
Krompir	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od krompira	0	0	0	0	0	0	0	0
Kupusnjača	50	0	0,025	0	0,025	0	0,025	0,025
Lukovice	37,1	0	0,019	0	0,019	0	0,019	0,019
Krastavac	28,6	0	0,014	0	0,014	0	0,014	0,014
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	140	0	0,070	0	0,070	0	0,070	0,070
Lisnato povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Korenasto povrće	44,3	0	0,022	0	0,022	0	0,022	0,022
Stabljasto povrće	14,3	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Drugo mešano povrće	175,7	0	0,088	0	0,088	0	0,088	0,088
Začini i dodaci jelima	0	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sirevi	2,1	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Žitarice i brašno	154,3	0	0,077	0	0,077	0	0,077	0,077
Proizvodi od žitarica	350	0	0,175	0	0,175	0	0,175	0,175
Šećer, med, bombone	0	0	0	0	0	0	0	0
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	20,7	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Mleko	28,6	0,017	0,029	0	0,014	0,057	0,057	0,458
Proizvodi od mleka	201,4	0,604	0,806	0	0,101	3,424	3,424	10,876
Meso sisara	11,4	0	0,006	0	0,006	0	0,006	0,006
Živinsko meso	47,1	0	0,024	0	0,024	0	0,024	0,024
Iznutrice sisara	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	24,3	0	0,012	0	0,012	0	0,012	0,012
Jaja	17,1	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Proizvodi od jaja	0	0	0	0	0	0	0	0
Slatkovodna riba	27,1	0,163	0,163	0,108	0,108	0,434	0,434	1,220
Morska riba	11,4	0,057	0,068	0	0,006	0,296	0,296	1,015
Rakovi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od ribe	25,7	0,026	0,051	0	0,013	0,154	0,154	1,799
Sokovi od voća i povrća	121,4	0	0,061	0	0,061	0	0,061	0,061
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Piće na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
Čajevi	1,6	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	2011,9	0,867	1,978	0,108	1,103	4,365	5,226	16,229

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Populacija na mediteranskoj dijeti imala je veći i nedeljni unos DDT od opšte populacije zbog većeg unosa namirnica u kojima je DDT detektovan. U odnosu na opštu populaciju, razlika u nedeljnom unosu kretala se od svega 2% za scenario Bb, pa do čak 15 puta većih vrednosti za scenario Ba (Tabela 30). Procenjeni rizik u populaciji na mediteranskoj dijeti izražen preko HI je bio veoma mali i najviše je iznosio 0,032 za scenario Db (Tabela 31).

4.3.4.3. Izloženost dece

Imaju u vidu činjenicu da su u ukupnoj ishrani dece mleko i proizvodi od mleka zastupljeni sa oko 30% i izloženost DDT kod populacije dece je bila najveća preko ovih namirnica. U scenariju Aa mlekom i proizvodima od mleka deca su unosila preko 80% ukupno unetog DDT, dok je u scenariju Ca taj udeo bio 50,9%. U scenariju Ba izraženi unos DDT bio je jednak nuli, s obzirom da se deca previše ne hrane slatkovodnom ribom, jedinom grupom namirnica u kojoj je 50. percentil koncentracija DDT veći od 0. U scenarijima označenim sa b, izvor ekspozicije DDT su i druge namirnice, posebno one kojima je udeo u ishrani dece veći, kao što su proizvodi od žitarica, voće i povrće (Tabela 33).

Tabela 33. Dnevni unos DDT kod dece

Namirnica	Unos, g	Unos DDT, µg/g						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobi asto vo e	0	0	0	0	0	0	0	0
Citrusi	7,9	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Jabu asto	28,6	0	0,014	0	0,014	0	0,014	0,014
Košti asto vo e	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropsko i subtropsko vo e	17,1	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Sušeno vo e	3,9	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Proizvodi od vo a, bez sokova	58,1	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Mahunarke i leguminoze	23,6	0	0,012	0	0,012	0	0,012	0,012
Uljarice	0	0	0	0	0	0	0	0
Koštunjavo vo e	1,4	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Krompir	23,6	0	0,012	0	0,012	0	0,012	0,012
Proizvodi od krompira	6,3	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0,003
Kupusnja e	17,7	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Lukovice	10,1	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Krastavac	10,3	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Paradajz, lubenice, dinje i pe urke	19,2	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Lisnato povr e	8,7	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Korenasto povr e	17,4	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Stablji asto povr e	0	0	0	0	0	0	0	0
Drugo mešano povr e	19,3	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Za ini i dodaci jelima	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sir e	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Žitarice i brašno	38,4	0	0,019	0	0,019	0	0,019	0,019
Proizvodi od žitarica	84,9	0	0,042	0	0,042	0	0,042	0,042
Še er, med, bombone	15,7	0	0,008	0	0,008	0	0,008	0,008
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mle ne masti	0,9	0	0	0	0	0	0	0
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	103	0	0,052	0	0,052	0	0,052	0,052
Mleko	194,4	0,117	0,194	0	0,097	0,389	0,389	3,110
Proizvodi od mleka	48,1	0,144	0,192	0	0,024	0,818	0,818	2,597
Meso sisara	25	0	0,013	0	0,013	0	0,013	0,013
Živinsko meso	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice sisara	7,6	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	8,3	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Jaja	14,4	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Proizvodi od jaja	1,1	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Slatkovodna riba	0	0	0	0	0	0	0	0
Morska riba	8,6	0,043	0,052	0	0,004	0,224	0,224	0,765
Rakovi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od ribe	1,1	0,001	0,002	0	0,001	0,007	0,007	0,077
Sokovi od vo a i povr a	66,1	0	0,033	0	0,033	0	0,033	0,033
Bezalkoholna pi a	0	0	0	0	0	0	0	0
Pi a na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
ajevi	0,6	0	0	0	0	0	0	0
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pi a	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	891,8	0,305	0,761	0	0,447	1,438	1,759	6,870

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; oznacene su najve e vrednosti

U odnosu na ostale ispitivane grupe, nedeljni unos DDT bio je najviši kod dece, a najveća vrednost je iznosila 2,829 µg/kg t.m. (Tabela 30). Posledično su i HI vrednosti kod dece bile najveće, ali i dalje mnogo manje od granične vrednosti (Tabela 31).

4.3.5. Izloženost ndl-PCB preko hrane

4.3.5.1. Izloženost opšte populacije

Imajući u vidu udeo namirnica u ishrani opšte populacije, u unosu ndl-PCB dominiraju proizvodi od ribe, posebno u scenarijima a. S obzirom da su ndl-PCB detektovani samo u ribi i proizvodima od ribe, u scenarijima b unos ndl-PCB preko ostalih namirnica proporcionalan je njihovom udelu u ukupnoj ishrani opšte populacije (Tabela 34).

Tabela 34. Dnevni unos ndl-PCB kod opšte populacije

Namirnica	Unos, g	Unos ndl-PCB, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	22,1	0	0,011	0	0,011	0	0,011	0,011
Citrusi	29	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Jabučasto	64,6	0	0,032	0	0,032	0	0,032	0,032
Koštasto voće	31,4	0	0,016	0	0,016	0	0,016	0,016
Tropsko i subtropsko voće	30,6	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Sušeno voće	2,2	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Proizvodi od voća, bez sokova	8,4	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Mahunarke i leguminoze	20,9	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Uljarice	0,6	0	0	0	0	0	0	0
Koštunjavo voće	4	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Krompir	193,4	0	0,097	0	0,097	0	0,097	0,097
Proizvodi od krompira	9,5	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Kupusnjača	58,7	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Lukovice	36,1	0	0,018	0	0,018	0	0,018	0,018
Krastavac	34,4	0	0,017	0	0,017	0	0,017	0,017
Paradajz, lubenice, dinje i pepurke	73,9	0	0,037	0	0,037	0	0,037	0,037
Lisnato povrće	7,5	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Korenasto povrće	25,3	0	0,013	0	0,013	0	0,013	0,013
Stabljačasto povrće	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Drugo mešano povrće	40,8	0	0,020	0	0,020	0	0,020	0,020
Začini i dodaci jelima	3,3	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Sosovi i sirevi	2,4	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Žitarice i brašno	262,3	0	0,131	0	0,131	0	0,131	0,131
Proizvodi od žitarica	19,4	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Šećer, med, bombone	87,4	0	0,044	0	0,044	0	0,044	0,044
Kakao proizvodi	6,3	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0,003
Mlečne masti	14,4	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Ostale životinjske masti	14,1	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Živinska mast	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	43,2	0	0,022	0	0,022	0	0,022	0,022
Mleko	352,3	0	0,176	0	0,176	0	0,176	0,176
Proizvodi od mleka	35,8	0	0,018	0	0,018	0	0,018	0,018
Meso sisara	114,1	0	0,057	0	0,057	0	0,057	0,057
Živinsko meso	55,6	0	0,028	0	0,028	0	0,028	0,028
Iznutrice sisara	10	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Iznutrice živine	0,9	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	7,5	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Jaja	30	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Proizvodi od jaja	1	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Slatkovodna riba	2,1	0,008	0,008	0,004	0,004	0,032	0,032	0,086
Morska riba	0,1	0,001	0,001	0	0	0,004	0,004	0,019
Rakovi	0,2	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	1,6	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Proizvodi od ribe	21,7	0,087	0,087	0	0,011	0,694	0,694	1,845
Sokovi od voća i povrća	13,5	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Bezalkoholna pića	55,7	0	0,028	0	0,028	0	0,028	0,028
Piće na bazi kafe	9,3	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Čajevi	0,9	0	0	0	0	0	0	0
Pivo	225,2	0	0,113	0	0,113	0	0,113	0,113
Druga alkoholna pića	61,4	0	0,031	0	0,031	0	0,031	0,031
Ukupno	2145,7	0,096	1,158	0,004	1,077	0,730	1,792	3,012

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Nedeljni unosi ndl-PCB u scenarijima b bili su mnogo viši od onih izra unatih za scenarija a, što je i o ekivano zbog velikog broja grupa namirnica u kojima ndl-PCB nisu detektovani. Ukupan nedeljni unos ndl-PCB u najnepovoljnijem scenariju kod opšte populacije iznosio je 0,413 µg/kg t.m. (Tabela 35).

Tabela 35. Nedeljni unos ndl-PCB primenom deterministi ke metodologije

		Nedeljni unos ndl-PCB, µg/kg t. m.						
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	0,010	0,116	<0,001	0,108	0,073	0,179	0,301
	5. ²	0,013	0,159	0,001	0,148	0,100	0,246	0,413
Populacija na mediteranskoj dijetei	50. ¹	0,030	0,130	0,005	0,105	0,171	0,268	0,647
	5. ²	0,041	0,179	0,007	0,144	0,234	0,368	0,888
Deca	50. ³	0,024	0,177	0	0,149	0,132	0,279	0,732
	5. ⁴	0,030	0,219	0	0,184	0,163	0,345	0,904

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; 1 – 71 kg; 2 – 50 kg; 3 – 21 kg; 4 – 17 kg

Pošto prihvatljivi unos ndl-PCB nije propisan od strane referentnih institucija, za potrebe karakterizacije rizika koriš ena je dnevna vrednost unosa Arnicha i sar. (2009), od 10 ng/kg t.m. (117). Deljenjem izra unatog nedeljnog unosa ndl-PCB sa 70 ng/kg t.m., dobijene su HI za ndl-PCB (Tabela 36). Samo u scenarijima Aa i Ba, HI je bio niži od 1. U svim ostalim scenarijima, vrednosti HI za ndl-PCB su prelazile bezbedne nivoe, sa maksimalnim HI od 5,9.

Tabela 36. Indeks hazarda unosa ndl-PCB – deterministi ka procena

		INDEKS HAZARDA						
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	0,1	1,7	<0,1	1,5	1,0	2,6	4,3
	5. ²	0,2	2,3	<0,1	2,1	1,4	3,5	5,9
Populacija na mediteranskoj dijetei	50. ¹	0,4	1,9	0,1	1,5	2,4	3,8	9,2
	5. ²	0,6	2,6	0,1	2,1	3,3	5,3	12,7
Deca	50. ³	0,3	2,5	0	2,1	1,9	4,0	10,5
	5. ⁴	0,4	3,1	0	2,6	2,3	4,9	12,9

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; 1 – 71 kg; 2 – 50 kg; 3 – 21 kg; 4 – 17 kg; referentna vrednost = 10 ng/kg t.m.; ozna ene su vrednosti ve e od jedan

4.3.5.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijeti

Zahvaljujući raznolikosti mediteranske dijeta, udio u ukupnom unosu ndl-PCB je kod osoba sa ovako preporučenom ishranom u scenarijima A skoro ravnomerno raspoređen na morsku i slatkovodnu ribu i proizvode od ribe (Tabela 37). U scenarijima b, zbog visokog udela u ukupnoj ishrani, značajan izvor ekspozicije ndl-PCB bili su i proizvodi od žitarica i proizvodi od mleka.

Tabela 37. Dnevni unos ndl-PCB kod populacije na mediteranskoj dijeli

Namirnica	Unos, g	Unos ndl-PCB, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	57,1	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Citrusi	42,9	0	0,021	0	0,021	0	0,021	0,021
Jabučasto	114,3	0	0,057	0	0,057	0	0,057	0,057
Koštasto voće	131,4	0	0,066	0	0,066	0	0,066	0,066
Tropsko i subtropsko voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Sušeno voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od voća, bez sokova	0	0	0	0	0	0	0	0
Mahunarke i leguminoze	75,7	0	0,038	0	0,038	0	0,038	0,038
Uljarice	9,3	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Koštunjavo voće	47	0	0,024	0	0,024	0	0,024	0,024
Krompir	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od krompira	0	0	0	0	0	0	0	0
Kupusnjača	50	0	0,025	0	0,025	0	0,025	0,025
Lukovice	37,1	0	0,019	0	0,019	0	0,019	0,019
Krastavac	28,6	0	0,014	0	0,014	0	0,014	0,014
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	140	0	0,070	0	0,070	0	0,070	0,070
Lisnato povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Korenasto povrće	44,3	0	0,022	0	0,022	0	0,022	0,022
Stabljasto povrće	14,3	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Drugo mešano povrće	175,7	0	0,088	0	0,088	0	0,088	0,088
Začini i dodaci jelima	0	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sirevi	2,1	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Žitarice i brašno	154,3	0	0,077	0	0,077	0	0,077	0,077
Proizvodi od žitarica	350	0	0,175	0	0,175	0	0,175	0,175
Šećer, med, bombone	0	0	0	0	0	0	0	0
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	20,7	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Mleko	28,6	0	0,014	0	0,014	0	0,014	0,014
Proizvodi od mleka	201,4	0	0,101	0	0,101	0	0,101	0,101
Meso sisara	11,4	0	0,006	0	0,006	0	0,006	0,006
Živinsko meso	47,1	0	0,024	0	0,024	0	0,024	0,024
Iznutrice sisara	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	24,3	0	0,012	0	0,012	0	0,012	0,012
Jaja	17,1	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Proizvodi od jaja	0	0	0	0	0	0	0	0
Slatkovodna riba	27,1	0,108	0,108	0,054	0,054	0,407	0,407	1,111
Morska riba	11,4	0,091	0,114	0	0,006	0,479	0,479	2,200
Rakovi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od ribe	25,7	0,103	0,103	0	0,013	0,822	0,822	2,185
Sokovi od voća i povrća	121,4	0	0,061	0	0,061	0	0,061	0,061
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Piće na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
Čajevi	1,6	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	2011,9	0,302	1,301	0,054	1,049	1,708	2,684	6,472

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Kada je primenjen scenario sa mediteranskom dijetom unos ndl-PCB bio je nešto veći nego sa uobičajenim načinom ishrane, iako na proseku koncentracije ndl-PCB u namirnicama, dok su za 50. percentil koncentracija (Bb) u oba scenarija dobijene približno iste vrednosti unosa ndl-PCB (Tabela 35). Unos ndl-PCB bio je bezbedan samo u scenarijima Aa i Ba, u kojima je izračunati HI niži od 1. U svim ostalim scenarijima, vrednosti HI za ndl-PCB su bile veće od granične vrednosti, sa maksimalnim HI od 12,7 (Tabela 36).

4.3.5.3. Izloženost dece

Populacija dece ndl-PCB je unosila dominantno morskom ribom, a u zavisnosti od primenjenog scenarija i preko 90% ukupnog unosa. U scenarijima a, pored morske ribe, izvor ekspozicije bili su još samo proizvodi od ribe. Proporcionalno udelu u ishrani, kao izvor ekspozicije ndl-PCB u scenarijima b, u nešto većem procentu, javljaju se i biljne masti i mleko (Tabela 38).

Tabela 38. Dnevni unos ndl-PCB kod dece

Namirnica	Unos, g	Unos ndl-PCB, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Citrusi	7,9	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Jabuko	28,6	0	0,014	0	0,014	0	0,014	0,014
Koštasto voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropsko i subtropsko voće	17,1	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Sušeno voće	3,9	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Proizvodi od voća, bez sokova	58,1	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Mahunarke i leguminoze	23,6	0	0,012	0	0,012	0	0,012	0,012
Uljarice	0	0	0	0	0	0	0	0
Koštunjavo voće	1,4	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Krompir	23,6	0	0,012	0	0,012	0	0,012	0,012
Proizvodi od krompira	6,3	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0,003
Kupusnjača	17,7	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Lukovice	10,1	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Krastavac	10,3	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	19,2	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Lisnato povrće	8,7	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Korenasto povrće	17,4	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Stabljasto povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Drugo mešano povrće	19,3	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Začini i dodaci jelima	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sirevi	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Žitarice i brašno	38,4	0	0,019	0	0,019	0	0,019	0,019
Proizvodi od žitarica	84,9	0	0,042	0	0,042	0	0,042	0,042
Šećer, med, bombone	15,7	0	0,008	0	0,008	0	0,008	0,008
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0,9	0	0	0	0	0	0	0
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	103	0	0,052	0	0,052	0	0,052	0,052
Mleko	194,4	0	0,097	0	0,097	0	0,097	0,097
Proizvodi od mleka	48,1	0	0,024	0	0,024	0	0,024	0,024
Meso sisara	25	0	0,013	0	0,013	0	0,013	0,013
Živinsko meso	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice sisara	7,6	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	8,3	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Jaja	14,4	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Proizvodi od jaja	1,1	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Slatkovidna riba	0	0	0	0	0	0	0	0
Morska riba	8,6	0,069	0,086	0	0,004	0,361	0,361	1,660
Rakovi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od ribe	1,1	0,004	0,004	0	0,001	0,035	0,035	0,094
Sokovi od voća i povrća	66,1	0	0,033	0	0,033	0	0,033	0,033
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Pića na bazi kafe	0	0	0	0	0	0	0	0
Čajevi	0,6	0	0	0	0	0	0	0
Pivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	891,8	0,073	0,532	0	0,447	0,396	0,838	2,196

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Nešto veće vrednosti unosa ndl-PCB u odnosu na opštu populaciju i osobe na mediteranskoj dijeti u scenarijima Ab, Bb i Db, zabeležene su u populaciji dece (Tabela 35). U scenarijima Aa i Ca, unos ndl-PCB je bio veći i kod dece nego unos kod opšte populacije, ali nešto niži od unosa kod populacije na mediteranskoj dijeti.

Ishrana dece u predškolskim ustanovama bezbedna je u scenarijima Aa i Ba, a u svim ostalim scenarijima vrednosti HI za ndl-PCB bile su ≥ 1 , sa najvećom vrednošću od 12,9 (Tabela 36).

4.3.6. Izloženost PBDE preko hrane

4.3.6.1. Izloženost opšte populacije

Pošto su PBDE detektovani samo u ribama i proizvodima od ribe, u scenarijima a doprinos ukupnom unosu zavisio je od vrste ribe i proizvoda od ribe korišćenih u ishrani određene populacije. Tako je opšta populacija PBDE unosila dominantno putem proizvoda od ribe, preko 90%. Procentualni udeo ostalih vrsta namirnica u scenarijima b bio je proporcionalan zastupljenosti namirnica u ishrani opšte populacije (Tabela 39).

Tabela 39. Dnevni unos PBDE kod opšte populacije

Namirnica	Unos, g	Unos PBDE, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	22,1	0	0,011	0	0,011	0	0,011	0,011
Citrusi	29	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Jabučasto	64,6	0	0,032	0	0,032	0	0,032	0,032
Koštasto voće	31,4	0	0,016	0	0,016	0	0,016	0,016
Tropsko i subtropsko voće	30,6	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Sušeno voće	2,2	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Proizvodi od voća, bez sokova	8,4	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Mahunarke i leguminoze	20,9	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Uljarice	0,6	0	0	0	0	0	0	0
Koštunjavo voće	4	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Krompir	193,4	0	0,097	0	0,097	0	0,097	0,097
Proizvodi od krompira	9,5	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Kupusnjača	58,7	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Lukovice	36,1	0	0,018	0	0,018	0	0,018	0,018
Krastavac	34,4	0	0,017	0	0,017	0	0,017	0,017
Paradajz, lubenice, dinje i pepurke	73,9	0	0,037	0	0,037	0	0,037	0,037
Lisnato povrće	7,5	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Korenasto povrće	25,3	0	0,013	0	0,013	0	0,013	0,013
Stabljasto povrće	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Drugo mešano povrće	40,8	0	0,020	0	0,020	0	0,020	0,020
Začini i dodaci jelima	3,3	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Sosovi i sirevi	2,4	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Žitarice i brašno	262,3	0	0,131	0	0,131	0	0,131	0,131
Proizvodi od žitarica	19,4	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Šećer, med, bombone	87,4	0	0,044	0	0,044	0	0,044	0,044
Kakao proizvodi	6,3	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0,003
Mlečne masti	14,4	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Ostale životinjske masti	14,1	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Živinska mast	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	43,2	0	0,022	0	0,022	0	0,022	0,022
Mleko	352,3	0	0,176	0	0,176	0	0,176	0,176
Proizvodi od mleka	35,8	0	0,018	0	0,018	0	0,018	0,018
Meso sisara	114,1	0	0,057	0	0,057	0	0,057	0,057
Živinsko meso	55,6	0	0,028	0	0,028	0	0,028	0,028
Iznutrice sisara	10	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Iznutrice živine	0,9	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	7,5	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Jaja	30	0	0,015	0	0,015	0	0,015	0,015
Proizvodi od jaja	1	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Slatkovodna riba	2,1	0	0,001	0	0,001	0,002	0,002	0,004
Morska riba	0,1	0	0	0	0	0	0	0,001
Rakovi	0,2	0	0	0	0,001	0	0	0
Mekušci i glavonošci	1,6	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Proizvodi od ribe	21,7	0,0043	0,013	0	0,011	0,043	0,043	0,087
Sokovi od voća i povrća	13,5	0	0,007	0	0,001	0	0,007	0,007
Bezalkoholna pića	55,7	0	0,028	0	0,001	0	0,028	0,028
Piće na bazi kafe	9,3	0	0,005	0	0,001	0	0,005	0,005
Čajevi	0,9	0	0	0	0,001	0	0	0
Pivo	225,2	0	0,113	0	0,001	0	0,113	0,113
Druga alkoholna pića	61,4	0	0,031	0	0,001	0	0,031	0,031
Ukupno	2145,7	0,005	1,076	0	0,897	0,045	1,107	1,154

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Sli no kao kod ndl-PCB, velike razlike unosa PBDE postojale su u zavisnosti od posmatranog scenarija (Tabela 40). Uvo enjem u izra unavanje polovine limita detekcije za uzorke u kojima PBDE nisu detektovani, u krajnjem zbiru dobija se i preko 100 puta ve i unos nego u scenarijima kada su te vrednosti jednake nuli. U najnepovoljnijem scenariju za odrasle osobe telesne mase od 51 kg, nedeljni unos iznosio je 0,158 µg/kg t.m.

Tabela 40. Nedeljni unos PBDE primenom deterministi ke metodologije

		Nedeljni unos PBDE, µg/kg t. m.						
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	< 0,001	0,108	0	0,090	0,005	0,111	0,115
	5. ²	0,001	0,148	0	0,123	0,006	0,152	0,158
Populacija na mediteranskoj dijeti	50. ¹	0,001	0,102	0	0,096	0,011	0,109	0,120
	5. ²	0,002	0,140	0	0,131	0,015	0,149	0,165
Deca	50. ³	0,002	0,151	0	0,141	0,009	0,157	0,166
	5. ⁴	0,002	0,186	0	0,174	0,012	0,194	0,205

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; 1 – 71 kg; 2 – 50 kg; 3 – 21 kg; 4 – 17 kg

Deljenjem izra unatog nedeljnog unosa PBDE sa 105 µg/kg t.m., vrednoš u izvedenom od propisane oralne referentne doze za PBDE koje pri dnevnoj ekspoziciji tokom života ne predstavljaju rizik po zdravlje oveka (25 µg/kg t.m.), (118), dobijene su vrednosti HI za PBDE (Tabela 41). ak i u najnepovoljnijem scenariju, gde je za izra unavanje uzeta maksimalna koncentracija PBDE u svim ispitanim namirnicama i 5. percentil telesnih masa, HI vrednosti iznose svega 0,002, odnosno 2% od prihva enog bezbednog unosa.

Tabela 41. Indeks hazarda unosa PBDE – deterministi ka procena

INDEKS HAZARDA								
Populacija	t.m., perc.	Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Opšta populacija	50. ¹	< 0,001	0,001	0	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001
	5. ²	< 0,001	0,001	0	0,001	< 0,001	0,001	0,002
Populacija na mediteranskoj dijetei	50. ¹	< 0,001	< 0,001	0	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001
	5. ²	< 0,001	0,001	0	0,001	< 0,001	0,001	0,002
Deca	50. ³	< 0,001	0,001	0	0,001	< 0,001	0,002	0,002
	5. ⁴	< 0,001	0,002	0	0,002	< 0,001	0,002	0,002

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0;
 b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; 1 – 71 kg; 2 – 50 kg; 3 – 21 kg; 4 – 17 kg;
 dnevna referentna doza - 25 µg/kg t.m.

4.3.6.2. Izloženost populacije na mediteranskoj dijetei

Primenom mediteranske dijete u scenarijima oznaenim kao a, unos PBDE je iskljuivo preko razliitih vrsta ribe i proizvoda od ribe (Tabela 42). U scenarijima b, izvor ekspozicije PBDE u vejoj meri bili su i proizvodi od žitarica, zbog najveeg udela u mediteranskoj dijetei, koji je iznosio 17,4%.

Tabela 42. Dnevni unos PBDE kod populacija na mediteranskoj dijeli

Namirnica	Unos, g	Unos PBDE, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobiasto voće	57,1	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Citrusi	42,9	0	0,021	0	0,021	0	0,021	0,021
Jabučasto	114,3	0	0,057	0	0,057	0	0,057	0,057
Koštunasto voće	131,4	0	0,066	0	0,066	0	0,066	0,066
Tropsko i subtropsko voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Sušeno voće	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od voća, bez sokova	0	0	0	0	0	0	0	0
Mahunarke i leguminoze	75,7	0	0,038	0	0,038	0	0,038	0,038
Uljarice	9,3	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Koštunjavo voće	47	0	0,024	0	0,024	0	0,024	0,024
Krompir	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od krompira	0	0	0	0	0	0	0	0
Kupusnjača	50	0	0,025	0	0,025	0	0,025	0,025
Lukovice	37,1	0	0,019	0	0,019	0	0,019	0,019
Krastavac	28,6	0	0,014	0	0,014	0	0,014	0,014
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	140	0	0,070	0	0,070	0	0,070	0,070
Lisnato povrće	0	0	0	0	0	0	0	0
Korenasto povrće	44,3	0	0,022	0	0,022	0	0,022	0,022
Stabljasto povrće	14,3	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Drugo mešano povrće	175,7	0	0,088	0	0,088	0	0,088	0,088
Začini i dodaci jelima	0	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sirevi	2,1	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Žitarice i brašno	154,3	0	0,077	0	0,077	0	0,077	0,077
Proizvodi od žitarica	350	0	0,175	0	0,175	0	0,175	0,175
Šećer, med, bombone	0	0	0	0	0	0	0	0
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mlečne masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	20,7	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Mleko	28,6	0	0,014	0	0,014	0	0,014	0,014
Proizvodi od mleka	201,4	0	0,101	0	0,101	0	0,101	0,101
Meso sisara	11,4	0	0,006	0	0,006	0	0,006	0,006
Živinsko meso	47,1	0	0,024	0	0,024	0	0,024	0,024
Iznutrice sisara	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	24,3	0	0,012	0	0,012	0	0,012	0,012
Jaja	17,1	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Proizvodi od jaja	0	0	0	0	0	0	0	0
Slatkovodna riba	27,1	0,003	0,016	0	0,014	0,027	0,027	0,054
Morska riba	11,4	0,006	0,011	0	0,006	0,034	0,034	0,068
Rakovi	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Proizvodi od ribe	25,7	0,005	0,015	0	0,013	0,051	0,051	0,103
Sokovi od voća i povrća	121,4	0	0,061	0	0,001	0	0,061	0,061
Bezalkoholna pića	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Piće na bazi kafe	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Čajevi	1,6	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Pivo	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Druga alkoholna pića	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Ukupno	2011,9	0,014	1,018	0	0,955	0,112	1,088	1,201

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; označene su najveće vrednosti

Slike vrednosti unosa PBDE u opštoj populaciji dobijene su i u scenariju sa mediteranskom dijetom. U zavisnosti od koncentracije PBDE uključene u proračun ekspozicije, nedeljni unos, ne računajući i scenario Ba, iznosio je od 0,001 µg/kg t.m. do 0,165 µg/kg t.m. za maksimalne koncentracije PBDE u namirnicama i 5. percentil telesnih masa (Tabela 40).

Unos PBDE kod osoba na mediteranskoj dijeti je bezbedan u svim posmatranim scenarijima (Tabela 41). Najnepovoljniji scenario kao i kod opšte populacije rezultuje vrednošću u HI od svega 0,002.

4.2.6.3. Izloženost dece

Zahvaljujući velikoj zastupljenosti morske ribe u ishrani dece u predškolskim ustanovama, u scenarijima a dominantan je unos PBDE preko ove vrste namirnica (Tabela 43). Kao i u druge dve ispitane populacije, u scenarijima b unos PBDE je proporcionalan udelu namirnice u ukupnoj ishrani, pa se tako zna da jedan deo PBDE unosi mlekom i biljnim uljima.

Tabela 43. Dnevni unos PBDE kod dece

Namirnica	Unos, g	Unos PBDE, µg/dan						
		Aa	Ab	Ba	Bb	Ca	Cb	Db
Bobi asto vo e	0	0	0	0	0	0	0	0
Citrusi	7,9	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Jabu asto	28,6	0	0,014	0	0,014	0	0,014	0,014
Košti asto vo e	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropsko i subtropsko vo e	17,1	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Sušeno vo e	3,9	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,002
Proizvodi od vo a, bez sokova	58,1	0	0,029	0	0,029	0	0,029	0,029
Mahunarke i leguminoze	23,6	0	0,012	0	0,012	0	0,012	0,012
Uljarice	0	0	0	0	0	0	0	0
Koštunjavo vo e	1,4	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Krompir	23,6	0	0,012	0	0,012	0	0,012	0,012
Proizvodi od krompira	6,3	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0,003
Kupusnja e	17,7	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Lukovice	10,1	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Krastavac	10,3	0	0,005	0	0,005	0	0,005	0,005
Paradajz, lubenice, dinje i pe urke	19,2	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Lisnato povr e	8,7	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Korenasto povr e	17,4	0	0,009	0	0,009	0	0,009	0,009
Stablji asto povr e	0	0	0	0	0	0	0	0
Drugo mešano povr e	19,3	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0,010
Za ini i dodaci jelima	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Sosovi i sir e	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Žitarice i brašno	38,4	0	0,019	0	0,019	0	0,019	0,019
Proizvodi od žitarica	84,9	0	0,042	0	0,042	0	0,042	0,042
Še er, med, bombone	15,7	0	0,008	0	0,008	0	0,008	0,008
Kakao proizvodi	0	0	0	0	0	0	0	0
Mle ne masti	0,9	0	0	0	0	0	0	0
Ostale životinjske masti	0	0	0	0	0	0	0	0
Živinska mast	0	0	0	0	0	0	0	0
Biljna mast	103	0	0,052	0	0,052	0	0,052	0,052
Mleko	194,4	0	0,097	0	0,097	0	0,097	0,097
Proizvodi od mleka	48,1	0	0,024	0	0,024	0	0,024	0,024
Meso sisara	25	0	0,013	0	0,013	0	0,013	0,013
Živinsko meso	0	0	0	0	0	0	0	0
Iznutrice sisara	7,6	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Iznutrice živine	0	0	0	0	0	0	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	8,3	0	0,004	0	0,004	0	0,004	0,004
Jaja	14,4	0	0,007	0	0,007	0	0,007	0,007
Proizvodi od jaja	1,1	0	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Slatkovodna riba	0	0	0	0	0	0	0	0
Morska riba	8,6	0,0047	0,009	0	0,004	0,026	0,026	0,052
Rakovi	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Mekušci i glavonošci	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Proizvodi od ribe	1,1	0,0002	0,001	0	0,001	0,002	0,002	0,004
Sokovi od vo a i povr a	66,1	0	0,033	0	0,001	0	0,033	0,033
Bezalkoholna pi a	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Pi a na bazi kafe	0	0	0	0	0,001	0	0	0
ajevi	0,6	0	0	0	0,001	0	0	0
Pivo	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Druga alkoholna pi a	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Ukupno	891,8	0,0049	0,452	0	0,422	0,028	0,470	0,498

A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; oznake su najveće vrednosti

Nedeljni unos PBDE kod populacije dece za scenarija Ab i Bb u proseku je bio veći za 33% od unosa kod populacije na mediteranskoj dijeti i za 34% od unosa kod opšte populacije (Tabela 40). Najveći unos, izračen u scenariju Db iznosio je 0,205 µg/kg t.m., a odgovarajuća vrednost HI ne prelazi 2% od preporučene vrednosti unosa PBDE (Tabela 41).

4.4. PROBABILISTIČKA PROCENA RIZIKA

Probabilističkom metodologijom, primenom @RISK softvera, dobijena je distribucija ekspozicije ispitanim kontaminantima u svim predviđenim scenarijima. Krive kumulativne distribucije unosa teških metala i organohalogenih jedinjenja date su u prilogu II.

4.4.1. Izloženost kadmijumu preko hrane

Tabela 44. Nedeljni unos kadmijuma primenom probabilističke metodologije

Populacija	Nedeljni unos Cd, µg/kg t. m.									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	1,141	1,498	3,171	3,199	3,024	3,059	4,606	4,900	8,687	10,087
Populacija na mediteranskoj dijeti	1,029	1,197	2,898	3,150	2,814	2,996	4,305	4,872	5,698	6,923
Deca	1,603	2,037	3,409	3,850	3,269	3,745	4,781	5,348	5,628	11,305

t.m. – telesna masa; Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2

Na osnovu podataka sa kumulativnih kriva procenjen je minimalan, srednji i maksimalan nedeljni unos Cd, kao i unos za 50. percentil i 95. percentil svake populacione grupe (Tabela 44). Iz procenjenog unosa izračunate su vrednosti HI (Tabela 45).

Tabela 45. Indeks hazarda unosa kadmijuma – probabilisti ka procena

	INDEKS HAZARDA									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
Populacija	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	0,5	0,6	1,3	1,3	1,2	1,2	1,8	2,0	3,5	4,0
Populacija na mediteranskoj dijeti	0,4	0,5	1,2	1,3	1,1	1,2	1,7	1,9	2,3	2,8
Deca	0,6	0,8	1,4	1,5	1,3	1,5	1,9	2,1	2,3	4,5

Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2;
TWI=2,5 µg/kg t.m.; ozna ene su vrednosti ve e od jedan

Dobijeni HI u oba scenarija koncentracije Cd u namirnicama, ra unaju i prose nu ekspoziciju Cd, 50. i 95. percentil opšte populacije, kao i maksimalnu izloženost, bili su ve i od 1. Vrednosti HI niže od 1 dobjene su samo za minimalnu ekspoziciju.

Dobijeni HI za Cd u populaciji sa mediteranskom ishranom nešto su niži od onih kod populacije sa uobi ajenim na inom ishrane. Osim za najnižu ekspoziciju, HI su viši od 1 za sve posmatrane scenarije i odabrane grupe (Tabela 45).

Izloženost dece Cd preko hrane bila je ve a od izloženosti odraslih, bez obzira na ispitivani scenario (Tabela 44). Vrednosti HI su niže od jedan samo za minimalno izloženi deo populacije dece, dok je maksimalno zabeležen HI za scenario b iznosio 4,5.

4.4.2. Izloženost živi preko hrane

Vrednosti nedeljnog unosa Hg u opštoj populaciji bile su u veoma širokom opsegu, od 0,007 µg/kg t.m. do 3,241 µg/kg t.m (Tabela 46). Uo ene su velike razlike u unosima Hg, koje su uslovljene izborom scenarija a ili b. Tako je za 50. percentil populacije, u scenariju b unos bio pet puta ve i u odnosu na primenjeni scenario a ra unatih koncentracija Hg u namirnicama u kojima Hg nije detektovana.

Tabela 46. Nedeljni unos žive primenom probabiliti ke metodologije

Populacija	Nedeljni unos Hg, µg/kg t.m.									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	0,007	0,322	0,175	0,707	0,133	0,672	0,434	1,071	2,849	3,241
Populacija na mediteranskoj dijetei	0,014	0,301	0,392	0,882	0,329	0,763	0,903	1,463	2,457	4,767
Deca	0,021	0,560	0,203	0,875	0,182	0,861	0,399	1,127	0,686	1,407

t.m. – telesna masa; Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2

Vrednosti HI za Hg dobijene iz izra unatih nedeljnih unosa pokazuju da je unos Hg bezbedan u svim posmatranim scenarijima sa uobi ajenom ishranom odraslih, sem kod maksimalne ekspozicije (Tabela 47).

Tabela 47. Indeks hazarda unosa žive – probabiliti ka procena

Populacija	INDEKS HAZARDA									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	0,01	0,2	0,1	0,5	0,1	0,5	0,3	0,8	2,2	2,5
Populacija na mediteranskoj dijetei	0,01	0,2	0,3	0,7	0,3	0,6	0,7	1,1	1,9	3,7
Deca	0,02	0,4	0,2	0,7	0,1	0,7	0,3	0,9	0,5	1,1

Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2;

TWI = 1,3 µg/kg t.m.; oznacene su vrednosti ve e od jedan

Nedeljni unos Hg u populaciji na mediteranskoj dijetei, usled ve e zastupljenosti ribe u ishrani, bio je ve i od unosa kod opšte populacije, i to 14% ve i za 50. percentil populacije (scenario b), i 25% ve i za prose no eksponovani deo populacija (Tabela 46).

Ve i unos Hg uslovio je i nešto ve e vrednosti HI kod populacije na mediteranskoj dijetei (Tabela 47). Za razliku od opšte populacije, vrednosti HI su prelazile 1 ne samo kod maksimalno izloženog dela populacije, nego i kod 95. percentila za scenario b.

Izra unati unos Hg u populaciji dece za 50. percentil populacije bio je ve i od unosa kod druge dve posmatrane populacione grupe (Tabela 46). Me utim, unos Hg u 95. percentilu populacije dece bio je niži od unosa kod populacije na mediteranskoj dijetei što je uslovalo, da sli no opštoj populaciji, sve vrednosti HI, osim za maksimalan unos (scenario b), budu manje od 1 (Tabela 47).

4.4.3. Izloženost olovu preko hrane

Tabela 48. Nedeljni unos olova primenom probabilitisti ke metodologije

	Nedeljni unos Pb, µg/kg t. m.										
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max		
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Populacija											
Opšta populacija	4,725	7,483	11,459	15,274	10,892	14,959	17,682	21,581	23,758	34,363	
Populacija na mediteranskoj dijetei	4,718	7,098	15,169	17,122	14,343	16,345	24,577	27,755	33,530	38,675	
Deca	5,551	9,296	13,839	17,920	13,412	17,472	21,721	25,179	24,927	32,529	

t.m. – telesna masa; Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2

Kod opšte populacije nedeljni unos Pb bio je u opsegu 4,725 µg/kg t.m. – 34,363 µg/kg t.m. Unos je u scenarijima b bio ve i za preko 30% u odnosu na unos ra unat u scenarijima a. Deljenjem procenjenog nedeljnog unosa Pb sa PTWI od 25 µg/kg t.m., izra unati su HI za sve ispitivane scenarije u svakoj populaciji (Tabela 49).

Tabela 49. Indeks hazarda unosa olova – probabilitisti ka procena

	INDEKS HAZARDA										
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max		
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Populacija											
Opšta populacija	0,2	0,3	0,5	0,6	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,4	
Populacija na mediteranskoj dijetei	0,2	0,3	0,6	0,7	0,6	0,7	1,0	1,1	1,3	1,5	
Deca	0,2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	1,3	

sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2;

PTWI = 25 µg/kg t.m.; ozna ene su vrednosti ve e jedan

Vrednosti HI za Pb dobijeni iz izra unatih nedeljnih unosa pokazuju da je unos Pb bezbedan u opštoj populaciji, osim kod maksimalne ekspozicije za scenario b (Tabela 49).

Nešto ve i nedeljni unos Pb u populaciji osoba na mediteranskoj dijetei (Tabela 48) uslovio je i da vrednosti HI budu iznad 1 ne samo u maksimalno eksponovanom delu populacije, ve i za 95. percentil populacije (Tabela 49).

Nedeljni unos Pb kod dece za srednju vrednost i 50. percentil populacije bio je ve i od druge dve posmatrane populacione grupe (Tabela 48). Za 95. percentil populacije dece unos Pb je bio niži od populacije na mediteranskoj dijetei, što je uslovilo da HI za Pb bude ve i od 1 za maksimalno izloženi deo populacije dece i na grani noj vrednosti HI za 95. percentil u scenariju b (Tabela 49).

4.4.4. Izloženost DDT preko hrane

Tabela 50. Nedeljni unos DDT primenom probabilisti ke metodologije

Populacija	Nedeljni unos DDT, $\mu\text{g/kg t. m.}$									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	0,002	0,065	0,212	0,340	0,183	0,312	0,496	0,542	0,828	1,109
Populacija na mediteranskoj dijetei	0,010	0,075	0,246	0,335	0,195	0,279	0,602	0,750	1,102	1,436
Deca	0,011	0,159	0,447	0,645	0,409	0,601	0,982	1,198	1,585	1,803

t.m. – telesna masa; Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2

Nedeljni unos DDT u posmatranim populacionim grupama bio je u opsegu 0,002 $\mu\text{g/kg t.m.}$ – 1,803 $\mu\text{g/kg t.m.}$ (Tabela 50). Deljenjem nedeljnog unosa sa 70 $\mu\text{g/kg t.m.}$, izra unati su HI za minimalan, srednji, 50. percentil, 95. percentil i maksimalan unos DDT u svakoj populaciji (Tabela 51).

Tabela 51. Indeks hazarda unosa DDT – probabilisti ka procena

Populacija	INDEKS HAZARDA									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	< 0,001	0,001	0,003	0,005	0,003	0,004	0,007	0,008	0,012	0,016
Populacija na mediteranskoj dijetei	< 0,001	0,001	0,004	0,005	0,003	0,004	0,009	0,011	0,021	0,030
Deca	< 0,001	0,002	0,006	0,009	0,006	0,009	0,014	0,017	0,023	0,026

Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; PTDI = 70 $\mu\text{g/kg t.m.}$

Vrednosti HI za unos DDT, dobijene na osnovu probabilisti ki izra unatog nedeljnog unosa DDT, pokazale su da je rizik od unosa DDT hranom u sve tri populacione grupe veoma mali, jer je najve i HI imao vrednost od 0,03. I pored niskih vrednosti, HI je kod populacije dece bio najve i. Za 50. percentil populacije i scenario b, HI kod dece bio je preko dva puta ve i od HI kod opšte populacije i populacije na mediteranskoj dijetei.

4.4.5. Izloženost ndl-PCB preko hrane

Primenom probabilisti kog metoda procene unosa, za svaki posmatrani scenario dobijene su krive distribucije unosa ndl-PCB u svakoj populacionoj grupi (Prilog II), a iz tako dobijenih distribucija i vrednosti nedeljnog unosa za minimalan, srednji, 50. percentil, 95. percentil i maksimalan nedeljni unos ndl-PCB (Tabela 52).

Tabela 52. Nedeljni unos ndl-PCB primenom probabilitisti ke metodologije

Populacija	Nedeljni unos ndl-PCB, µg/kg t. m.									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	< 0,001	0,054	0,011	0,120	0,004	0,117	0,040	0,165	0,664	1,153
Populacija na mediteranskoj dijetei	0,001	0,047	0,048	0,125	0,039	0,125	0,111	0,214	0,340	1,091
Deca	< 0,001	0,104	0,033	0,159	0,012	0,153	0,138	0,216	0,557	0,627

t.m. – telesna masa; Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2

Najve a vrednost nedeljnog unosa ndl-PCB kod opšte populacije iznosila je 1,153 µg/kg t.m. (Tabela 52). Uticaj primenjenog scenarija (a ili b) na izra unati unos je bio veoma veliki. Za prose nu ekspoziciju i 50. percentil populacije u scenarijima b dobijeni unosi ndl-PCB su bili ve i 11 odnosno 29 puta u odnosu na scenario a.

Deljenjem procenjenog nedeljnog unosa ndl-PCB sa 70 ng/kg t.m., izra unati su HI za minimalan, srednji, 50. percentil, 95. percentil i maksimalan unos ndl-PCB u svakoj populaciji (Tabela 53).

Tabela 53. Indeks hazarda unosa ndl-PCB – probabilitisti ka procena

Populacija	INDEKS HAZARDA									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	0,002	0,8	0,2	1,7	0,1	1,7	0,6	2,4	9,5	16,5
Populacija na mediteranskoj dijetei	0,01	0,7	0,7	1,8	0,6	1,8	1,6	3,1	4,9	15,6
Deca	0,003	1,5	0,5	2,3	0,2	2,2	2,0	3,1	8,0	9,0

sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; referentna vrednost = 10 ng/kg t.m.; ozna ene su vrednosti ve e od jedan

Sli no deterministi koj proceni, i probabilitisti kom metodologijom su za sve vrednosti unosa ndl-PCB, sem za deo opšte populacije sa minimalnom ekspozicijom, u primenjenom scenariju b, dobijene HI vrednosti ve e od 1 (Tabela 53). Druga ije vrednosti dobijene su za scenario a, kada samo deo opšte populacije sa maksimalnim unosom ndl-PCB ima pove an rizik od šetnog dejstva ndl-PCB.

Nešto ve i unos ndl-PCB u populaciji na mediteranskoj dijetei (Tabela 52) uslovio je da su i HI vrednosti bile ve e od jedan ne samo u scenarijima b, ve i u scenariju a za 95. percentil populacije (Tabela 53).

S obzirom da je u populaciji dece zabeležen najveći unos nndl-PCB, otkriveno je i da HI vrednosti budu najveće (Tabela 53). U svim scenarijima, čak i za minimalno izložen deo populacije, HI je bio veći od jedanaest.

4.4.6. Izloženost PBDE preko hrane

Tabela 54. Nedeljni unos PBDE primenom probabilističke metodologije

Populacija	Nedeljni unos PBDE, µg/kg t. m.									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	< 0,001	0,057	0,011	0,113	0,004	0,111	0,041	0,155	0,256	0,200
Populacija na mediteranskoj dijeti	0,002	0,051	0,011	0,111	0,011	0,109	0,018	0,152	0,040	0,195
Deca	0,001	0,097	0,008	0,143	0,008	0,141	0,016	0,176	0,041	0,221

t.m. – telesna masa; Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2

Izrađujući nedeljni unos PBDE kod dece je veći od unosa kod druge dve populacione grupe, a najveća vrednost bila je 0,221 µg/kg t.m. (Tabela 54).

Tabela 55. Indeks hazarda unosa PBDE – probabilistička procena

Populacija	INDEKS HAZARDA									
	min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,002	0,002
Populacija na mediteranskoj dijeti	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002
Deca	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,002

Sr.vr. - srednja vrednost; perc. – percentil; a - n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; dnevna referentna doza -25 µg/kg t.m.

Kao i pri determinističkoj proceni, i probabilističkom karakterizacijom rizika dobijene su izuzetno niske vrednosti HI u sve tri ispitane populacione grupe (Tabela 55).

4.5. INTEGRATIVNA PROCENA RIZIKA

Ako pretpostavimo da je ukupan efekat ispitivanih kontaminanata u hrani aditivan, tj. da je suma pojedinačnih efekata svakog kontaminanta, rizik od njihovog unosa procenjen je sabiranjem vrednosti HI u različitim scenarijima ishrane (Tabele 56 i 57).

Tabela 56. Ukupni HI - deterministi ka procena

		UKUPNI HAZARD INDEKS – DETERMINISTI KA PROCENA							
		A		B		C		D	
Populacija	t.m., perc.	a	b	a	b	a	b	b	
Opšta populacija	50. ¹	0,687	2,957	0,206	2,546	3,486	5,550	14,458	
	5. ²	0,940	4,063	0,279	3,489	4,787	7,615	19,087	
Populacija na mediteranskoj dijetei	50. ¹	1,151	3,287	0,383	2,521	5,452	7,357	25,528	
	5. ²	1,581	4,510	0,523	3,452	7,490	10,101	35,045	
Deca	50. ³	1,054	4,294	0,330	3,542	4,616	7,540	24,758	
	5. ⁴	1,300	5,308	0,404	4,373	5,703	9,314	30,586	

t.m. – telesna masa; A – x; B – 50. percentil; C – 95. percentil; D – max; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; perc. – percentil; 1 – 71 kg; 2 – 50 kg; 3 – 21 kg; 4 – 17 kg; oznacene su vrednosti ve e od jedan

U svim posmatranim scenarijima, za sve tri ispitane grupe, sa izuzetkom opšte populacije, za srednju vrednost i 50. percentil koncentracije kontaminanata u namirnicama kada je n.d.=0, HI vrednosti su ve e od jedan (Tabela 56). Kao i kod deterministi kog prora una i pri primeni probalisti kog principa, zbir vrednosti HI svih kontaminanata obuhva enih ovom studijom, u ve ini scenarija ve i je od jedan (Tabela 57).

Tabela 57. Ukupni HI – probalisti ka procena

		UKUPNI HAZARD INDEKS – PROBALISTI KA PROCENA									
		min		Sr. vr.		50. perc.		95. perc.		max.	
Populacija		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Opšta populacija		0,865	1,619	2,187	3,873	2,034	3,708	3,614	5,819	25,576	14,916
Populacija na mediteranskoj dijetei		0,876	1,720	2,733	4,259	2,490	3,972	5,133	6,704	11,874	26,029
Deca		1,014	2,529	2,588	5,099	2,212	4,799	5,080	7,882	12,616	12,580

Sr.vr.–srednja vrednost; perc.–percentil; a – n.d. = 0; b – n.d. = l.d./2; oznacene su vrednosti ve e od jedan

4.6. IN VITRO ISPITIVANJE

4.6.1. Citotoksi nost kontaminanata

Od ispitanih teških metala najve u citotoksi nost ispoljavao je Cd, koji je, izuzimaju i najnižu primenjenu koncentraciju, izazvao smrtnost u preko 20% elija u koncentracijama od 10, 100 i 1000 µg/l, (Tabela 58). Manji citotoksi ni efekat beležimo

kod Hg i Pb, gde su do smrtnosti više od 10% ispitanih elija dovele samo najviše koncentracije (5000 µg/l za Hg i 500 µg/l za Pb).

I kod pojedina no primenjenih kontaminanata i kod ispitane smeše utvr ena je dozna zavisnost. U pore enju sa teškim metalima, na osnovu nagiba prava regresionih jedna ina (Slika 1), može se zaklju iti da je citotoksi nost organohalogenih jedinjenja ve a u pore enju sa citotoksi noš u Hg i Pb, ali ipak manja od efekta koji je izazvao Cd. Najve i efekat na smrtnost elija zabeležen je kod PBDE, gde je u najve oj ispitanoj koncentraciji od 100 µg/l dobijena smrtnost 26,42% elija (Tabela 58).

Tabela 58. Citotoksi ni efekat kontaminanata i njihove smeše

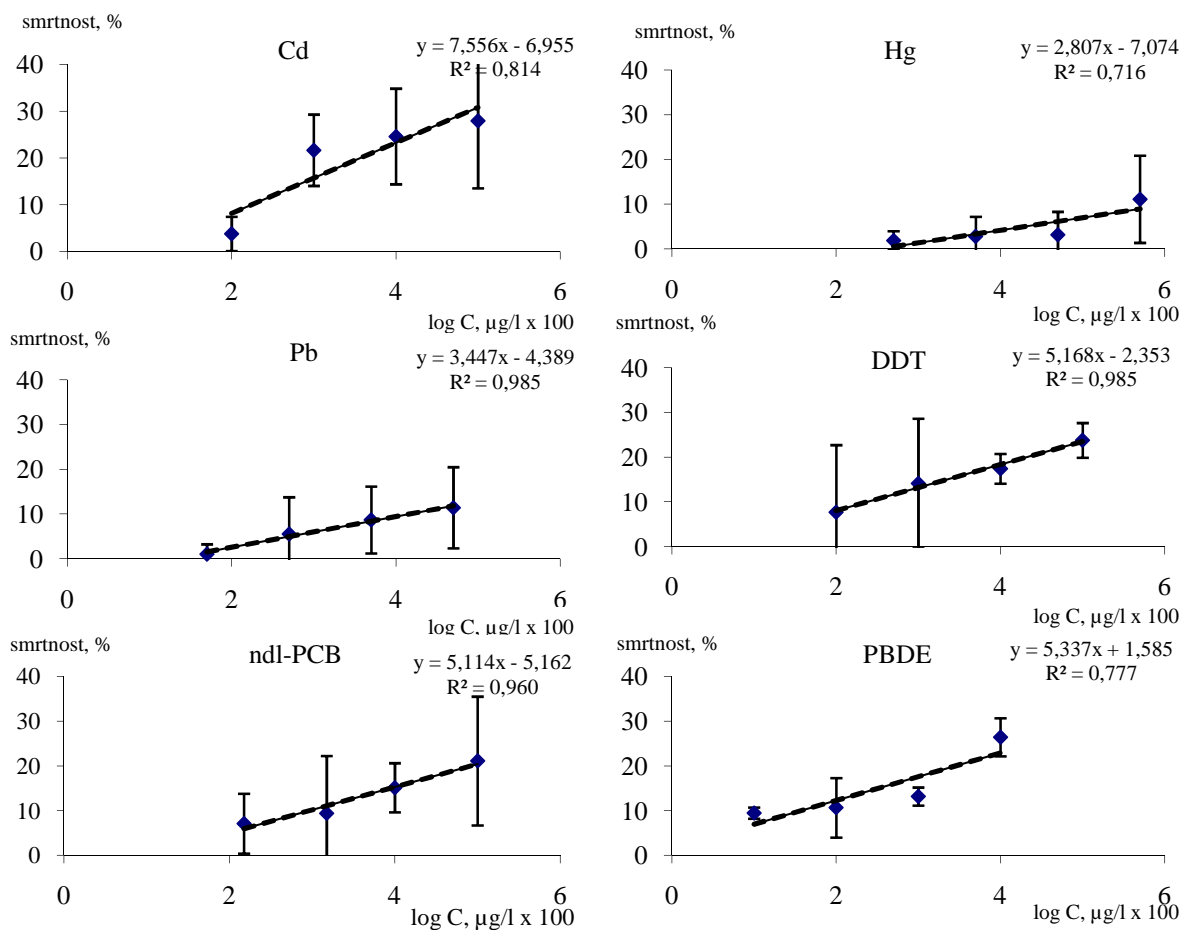
Kontaminant	µg/l	Smrtnost, %	
		Srednja vrednost	SD
Cd	1	3,75	3,68
	10	21,67	7,64
	100	24,60	10,24
	1000	27,96	14,45
Hg	5	1,84	2,10
	50	2,79	4,37
	500	3,14	5,12
	5000	11,08	9,76
Pb	0.5	0,96	2,29
	5	5,52	8,22
	50	8,67	7,49
	500	11,40	9,07
DDT	1	7,63	15,08
	10	14,13	14,48
	100	17,42	3,31
	1000	23,76	3,89
ndl-PCB	1.5	7,11	6,69
	15	9,40	12,86
	100	15,13	5,49
	1000	21,11	14,41
PBDE	0.1	9,47	1,26
	1	10,65	6,65
	10	13,17	2,03
	100	26,42	4,27
smeša	1*	37,36	13,24
	2*	50,63	1,64
	3*	62,97	8,52
	4*	70,19	2,34

SD – standardna devijacija;

* - koncentracije kontaminanata u smeši date su u tabeli 5

Citotoksi ni efekat smeše kontaminanata bio je daleko ve i. Ve smeša dobijena mešanjem iste zapremine rastvora najnižih koncentracija kontaminanata pokazala je citotoksi nost ve u od 37%. Najve i efekat je postignut u smeši sa najvišim nivoima kontaminanata, gde je zabeležena smrtnost 70,19% ispitanih elija (Tabela 58).

Citotoksi ni efekat kontaminanata i smeše grafi ki je prikazan na slici 1.



Slika 1. Prave regresionih jedna ina citotoksi nosti kontaminanata

Iz regresionih jedna ina svakog kontaminanta izra unat je teoretski citotoksi ni efekat smeša, koji je pore en sa eksperimentalno dobijenom smrtnoš u elija za ispitane smeše (Tabela 59).

Eksperimentalno dobijena citotoksi nost za smešu 1 ve a je za više od tri puta u odnosu na izra unatu vrednost na osnovu citotoksi nosti koju su ispoljili kontaminanti samostalno. Sli no je i smeša 2 imala za 46% ve i citotoksi ni efekat od teoretskog zбира

udela na smrtnost elija svakog pojedina nog kontaminanta. U ve im koncentracijama (smeše 3 i 4) taj efekat se gubi (Tabela 59).

Tabela 59. Citotoksi nost smeše kontaminanata

Smeša	Smrtnost, %	
	Teoretska	Eksperimentalna
1	11,62	37,36
2	34,67	50,63
3	61,75	62,97
4	89,99	70,19

4.6.2. Efekat kontaminanata na produkciju reaktivnih vrsta kiseonika

Sli no citotoksi nosti, i kod efekta na produkciju ROS utvr ena je dozna zavisnost, kako za pojedina ne kontaminante, tako i za njihovu smešu. U odnosu na kontrolu (AU = 1), pove anje produkcije ROS uslovljeno teškim metalima utvr eno je kod svih ispitanih koncentracija Cd i Hg, dok je kod Pb pove anje produkcije uo eno samo kod najve e ispitane koncentracije. Niže koncentracije DDT i PBDE nisu imale efekat na produkciju ROS. Izrazito pove anje produkcije ROS (blizu 100%) dokazano je za koncentracije od 1000 µg/l DDT i ndl-PCB. Najve i efekat pove anja produkcije ROS kod PBDE je 52,1%, za koncentraciju 100 µg/l (Tabela 60).

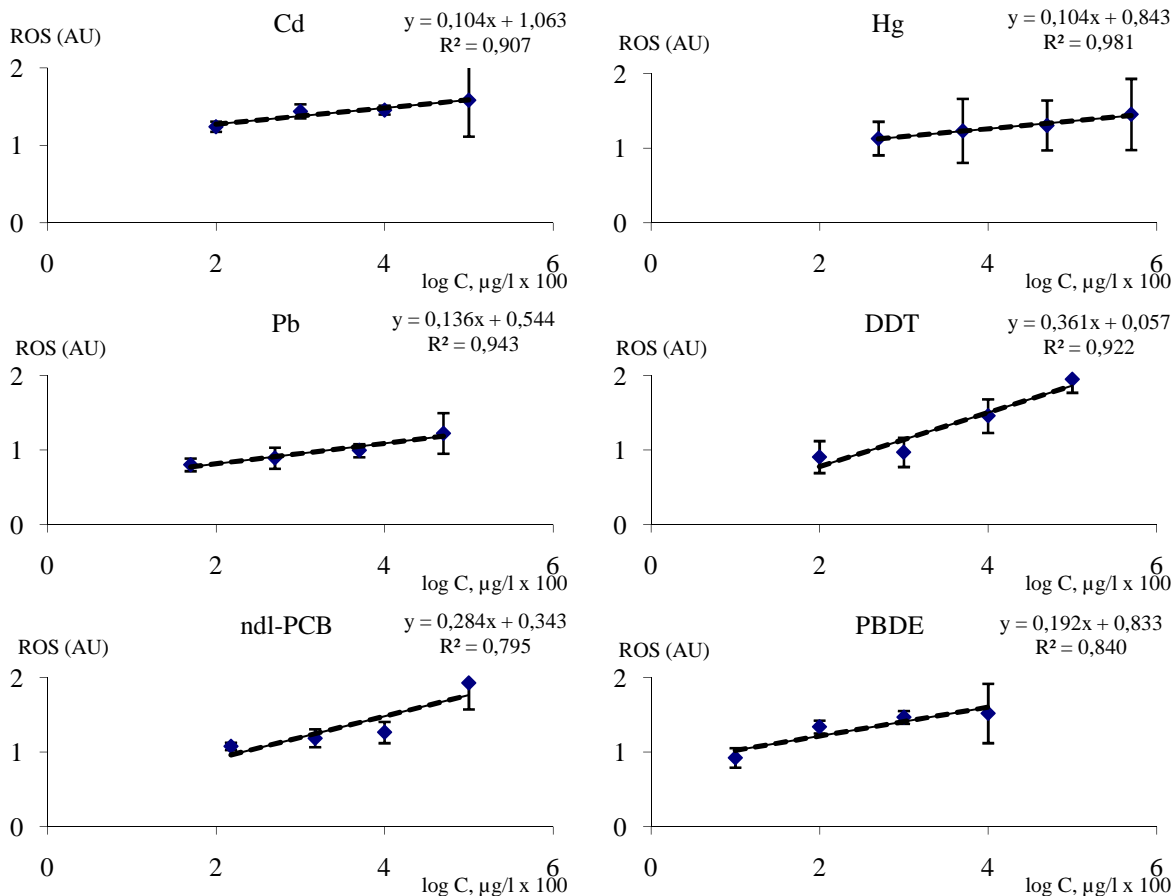
Tabela 60. Efekat kontaminanata i njihove smeše na produkciju ROS

		ROS, AU	
Kontaminant	$\mu\text{g/l}$	Srednja vrednost	SD
Cd	1	1,241	0,066
	10	1,440	0,091
	100	1,456	0,058
	1000	1,585	0,470
Hg	5	1,131	0,225
	50	1,234	0,430
	500	1,307	0,335
	5000	1,455	0,477
Pb	0.5	0,805	0,085
	5	0,895	0,142
	50	0,996	0,088
	500	1,226	0,273
DDT	1	0,909	0,215
	10	0,971	0,195
	100	1,459	0,225
	1000	1,951	0,180
ndl-PCB	1.5	1,079	0,050
	15	1,188	0,120
	100	1,266	0,143
	1000	1,929	0,353
PBDE	0.1	0,924	0,131
	1	1,339	0,086
	10	1,468	0,086
	100	1,521	0,399
smeša	1*	1,573	0,209
	2*	1,731	0,145
	3*	2,232	0,485
	4*	2,549	0,460

SD – standardna devijacija; AU – arbitrarna jedinica; * - koncentracije kontaminanata u smeši date su u tabeli 5

Efekat smeše na produkciju ROS bio je ve i od efekta pojedina no ispitanih kontaminanata. Produkcija ROS u odnosu na kontrolu je pove ana za 57,3% u smeši najnižih koncentracija, a najve i efekat pove anja zabeležen je u smeši sa najve im koncentracijama (154,9%).

Efekat kontaminanata na produkciju ROS prikazan je na slici 2.



Slika 2. Prave regresionih jedna ina efekta kontaminanata na produkciju ROS

Iz regresionih jedna ina svakog kontaminanta izra unat je o ekivani efekat smeša na produkciju ROS kao procenat pove anja efekta u odnosu na kontrolu, koji je zatim pore en sa eksperimentalno dobijenim vrednostima za ispitivane smeše (Tabela 61).

Tabela 61. Efekat produkcije ROS smeša kontaminanata

Smeša	ROS, % pove anja u odnosu na kontrolu	
	Teoretska	Eksperimentalna
1	19,0	57,3
2	53,3	73,1
3	138,7	123,2
4	250,9	154,9

Eksperimentalno dobijena vrednost efekta smeše 1 je gotovo tri puta ve a od izra unate produkcije ROS na osnovu regresionih jedna ina svakog kontaminanta i njegove

koncentracije u smeši. U smeši 2 tako e je eksperimentalno dobijeni efekat ve i od teoretskog zbira (37%). Kod visokih koncentracija kontaminanta u smešama trend pove anja nije potvr en. U smeši 3 vrednosti su približne, dok je u smeši 4 teoretska vrednost produkcije ROS ve a od eksperimentalno dobijenog efekta smeše (Tabela 61).

4.6.3. Genotoksi ni efekat kontaminanata

Za procenu genotoksi nog efekta, kao relevantni parametri ošte enja DNK, koriš eni su %DNK u repu jedara i dužina repa jedara. Merenj em %DNK u repu jedara, pozitivna kontrola (H₂O₂) je dovela do zna ajnog odgovora u test sistemu u pore enju sa netretiranim elijama. Ni za jedan ispitivani kontaminant nije dokazana dozna zavisnost. Kod ispitivanih teških metala, koncentracije Cd od 100 µg/l i Hg od 500 µg/l dovele su do najve eg efekta pove anja %DNK u repu jedara, dok je efekat najslabiji kod Pb. Od organohalogenih jedinjenja, najintenzivniji efekat na %DNK u repu jedara pokazuju ndl-PCB.

Dužina repa jedara kod pozitivne kontrole u odnosu na primenjene rastvara e u kojima su bili rastvarani kontaminanti pokazuje veoma mali opseg, od 2,89 do 3,32 µm. Kao i kod %DNK u repu jedara, ni za ispitivanja dužine repa nije utvr ena dozna zavisnost. Najniža koncentracija Cd i koncentracija Hg od 500 µg/l izazvale su najve e efekte na dužinu repa jedra (ve e od pozitivne kontrole), dok je kod ostalih koncentracija ispitanih teških metala efekat bio u opsegu negativne i pozitivne kontrole. Koncentracija DDT od 100 µg/l indukovala je najve u dužinu repa jedara od ispitivanih organohalogenih jedinjenja. Ispitivane smeše kontaminanata nisu pokazale pove anje %DNK ni dužine repa u odnosu na pojedina no ispitane kontaminante (Tabela 62).

Tabela 62. Intenzitet DNK u repu i dužina repa jedra elija humanog karcinoma debelog creva (SW 480) nakon 72 h ekspozicije

Kontaminant	Koncentracija, $\mu\text{g/l}$	Intenzitet DNK u repu jedara, %	Dužina repa jedara, μm
Negativna kontrola teških metala		1,04	2,89
Pozitivna kontrola		2,89	3,32
Cd	1	2,65	3,49
	10	1,15	3,22
	100	2,67	2,86
	1000	1,60	2,96
Hg	5	1,66	3,09
	50	2,12	3,30
	500	2,73	3,45
	5000	1,88	3,02
Pb	0,5	1,19	3,02
	5	1,05	2,99
	50	1,35	3,11
	500	1,41	3,02
Negativna kontrola organohalogenih jedinjenja		0,73	2,96
Pozitivna kontrola		2,89	3,32
DDT	1	0,69	2,74
	10	1,69	3,32
	100	1,97	3,41
	1000	1,22	3,09
ndl-PCB	1,5	1,92	3,32
	15	1,51	3,14
	100	2,05	3,32
	1000	2,26	3,32
PBDE	0.1	1,50	3,11
	1	1,18	2,96
	10	1,18	2,93
	100	1,48	3,11
Smeša	1*	1,30	2,93
	2*	1,39	3,06
	3*	1,46	3,10
	4*	1,54	3,07

* - koncentracije kontaminanata u smeši date su u tabeli 5

5. DISKUSIJA

5.1. KADMIJUM

Faktori koji utiču na koncentraciju Cd u hrani su vrsta hrane, uslovi gajenja, meteorološki uslovi i antropogena kontaminacija zemljišta i vodenih sistema. U dostupnoj literaturi, u većini namirnica sadržaj Cd je relativno nizak, niži od 20 ng/g. Visoke koncentracije Cd prisutne su u lisnatom povrću, krompiru, žitaricama, školjkama, glavonošcima, dok je nivo Cd znatno manji u mesu, jajima, mleku i ribi, sa izuzetkom jetre i bubrega u kojima se Cd akumulira (119-121). Rezultate studije u kojoj su učestvovala 22 zemlje članice EU sa podacima prikupljenim od 2003. do 2011. godine, EFSA je objavila 2012. godine. Najveći sadržaj Cd utvrđen je u algama, kakau i proizvodima od kakaosa i jestivim iznutricama, u bubregu konjaka 61 µg/g (122). Sand i Becker (123), u namirnicama u Švedskoj, najveći prosečni sadržaj Cd nalaze u spanaću (104 ng/g), morskim plodovima (170 ng/g) i jetri haringe (660 ng/g). Slični rezultati koncentracija Cd u namirnicama dobijeni su i u našoj studiji. Najviše koncentracije Cd u ispitanim namirnicama bile su u lignjama i školjkama. Prosečni sadržaj Cd bio je visok i u uljaricama, proizvodima od krompira, stabljastom povrću, proizvodima od kakaosa i iznutricama, preko 30 ng/g. U 16, od ispitanih 426, uzoraka kakao praha utvrđene vrednosti Cd su bile više od maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) propisane važećim Pravilnikom u Republici Srbiji (124), koji je preuzeo odredbe regulative EU (125), a sadrži i MDK za namirnice za koje u EU nema definisanih MDK. Nasuprot ovim rezultatima, koncentracija Cd ispod 10 ng/g detektovana je u namirnicama veoma zastupljenim u ishrani kao što su voće, mleko i proizvodi od mleka, jaja i proizvodi od jaja i meso i proizvodi od mesa.

Nedeljni unos Cd, pored toga što direktno zavisi od koncentracije Cd u svakoj namirnici, u funkciji je udela određene namirnice u ishrani. Tako, i pored činjenice da je prosečni sadržaj Cd u lignjama i školjkama najveći, veoma mali unos ovih namirnica kod odraslih (1,6 g/dan) uslovljava da je i unos Cd preko mekušaca i glavonožaca veoma nizak. Sa druge strane, dnevni unos od 262,3 g, uz relativno visok prosečni sadržaj Cd u

pore enju sa drugim grupama namirnica, posebno onim animalnog porekla, uslovio je da se žitaricama unosi najveća količina Cd.

Veliki uticaj na determinističku procenu unosa Cd preko neke namirnice ima i koncentracija Cd uključena u proračun, kao i na tretiranje onih uzoraka u kojima nije detektovan Cd. Računanjem unosa Cd preko 50. percentila koncentracija (scenario B), opšta populacija je najviše izložena preko krompira, pa tek onda preko žitarica, jer je Cd kod krompira detektovan u preko 60% ispitanih uzoraka, dok je kod žitarica Cd detektovan u manje od polovine ispitanih uzoraka, pa 50. percentil sadržaja Cd u njima zavisi od dodeljene vrednosti uzorcima u kojima Cd nije detektovan (scenarija a i b). Sledstveno je i unos Cd preko žitarica u scenariju Ba, jednak nuli, što navodi na zaključak da se determinističkim pristupom mogu dobiti samo osnovne informacije o unosu određenog kontaminanta. Značajan udeo u unosu Cd u opštoj populaciji, pored žitarica i krompira, imaju i iznutrice, zahvaljujući visokim vrednostima prosečne koncentracije (84 ng/g) i 50. percentilu koncentracija Cd (56 ng/g).

Uvođenjem polovine limita detekcije umesto nulte vrednosti u onim uzorcima u kojima Cd nije detektovan, kao izvor ekspozicije Cd javljaju se i namirnice u kojima je Cd detektovan u malom procentu uzoraka, ali je pretpostavljeni unos tih namirnica značajan. Tako je u scenariju Ab unos Cd preko mleka u opštoj populaciji bio 7,1%, a korišćenjem 50. percentila Cd, u scenariju Bb, taj udeo se povećava na 11%. Od značaja je tako i analitička metoda koja se koristi za detekciju i kvantifikaciju kontaminanta, zbog velikog uticaja limita detekcije metode na deterministički proračun unosa. Što je taj limit niži i mogućnost detekcije posmatrane supstance je veća, dok je eventualna greška do koje dolazi dodeljivanjem vrednosti polovine limita detekcije “negativnim” uzorcima i njen uticaj na procenu rizika manji.

Uticaj na dnevnu ishranu na unos Cd vidi se iz procenjenog udela unosa Cd preko namirnica kod osoba na mediteranskoj dijeti. Dnevni unos proizvoda od žitarica od 350 g, uslovio je i da je unos Cd u posmatranoj populaciji najveći i preko ove vrste namirnica i u zavisnosti od posmatranog scenarija, varira od 28,2% do 58,7% ukupnog unosa Cd. Jelovnici mediteranske dijete ne preporučuju krompir i iznutrice, pa je pored proizvoda od žitarica, unos Cd u značajnom procentu i preko žitarica i brašna, povrća i uljarica. Slika 10

unosu kod opšte populacije, u svim b scenarijima značajan unos Cd je i preko proizvoda od mleka, usled visokog dnevnog unosa ove grupe namirnica (201,4 g).

Kao u preporukama mediteranske dijeta i ishrana dece u predškolskim ustanovama koncipirana je tako da se dnevno unosi znatna količina proizvoda od žitarica, pa je procenjeni unos Cd najveći delom upravo preko ovih namirnica. Značajan udeo u unosu Cd kod dece imale su i iznutrice, žitarice i povrće. Proračunom koji uključuje 50. percentil koncentracije Cd u namirnicama u ishrani dece udeo krompira i proizvoda od krompira u ukupnom unosu Cd se povećao, dok se u Bb scenariju, imaju i u vidu relativno visok dnevni unos, povećao i udeo mleka u unosu Cd (13,8%).

Sličan zaključak o unosu Cd izvodi se i iz pomenute EFSA studije (122), gde su najveći udeo u unosu Cd imale žitarice i proizvodi od žitarica (26,9%), a zatim povrće i proizvodi od povrća (16%). Prema podacima koje su dali Sand i Becker, u Švedskoj je udeo krompira i pšenice u ukupnom unosu Cd 40-50% (123). Prema studiji Marti-Cid i sar. (126), osnovni izvori ekspozicije Cd u Kataloniji bile su mahunarke, krompir i žitarice. Najviše Cd i stanovništvo SAD unosi preko lisnatog povrća, krompira i žitarica, uz opasku da je unos Cd veći i kod osoba koje u ishrani koriste veće količine školjki i iznutrica (127). Za razliku od podataka koji se odnose na Evropu, Tsukahara i sar. (128) dokazuju da se u Japanu Cd najviše unosi preko pirinča (do 40%), dok je studija o unosu teških metala kod srednjoškolaca u Hong Kongu (129) pokazala da se Cd najviše unosi preko plodova mora, nerazličitih i ribu (33%), pa tek onda preko žitarica (27% od ukupnog unosa Cd).

Sabirajući unos Cd preko svih grupa namirnica za različite scenarije ishrane, dobija se ukupan nedeljni unos primenom determinističke metodologije. Za opštu populaciju je bio od 0,343 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ do 26,993 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, u zavisnosti od primenjenog scenarija.

Za Bb scenario procenjeni nedeljni unos Cd opšte populacije je bio 0,802 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za 50. percentil telesnih masa, odnosno 1,101 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za 5. percentil telesnih masa. Slične vrednosti unosa Cd, bez obzira na različitu ishranu, dobijene su i za populaciju na mediteranskoj dijeti i to 0,780 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za 50. percentil t.m., odnosno 1,070 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za 5. percentil t.m. Poređujući vrednosti unosa Cd sve tri ispitane grupe za Bb scenario i 50. percentil t.m., procenjeni unos Cd je najveći u populaciji dece (1,176 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ nedeljno), što je za 47%, odnosno 51% više od unosa opšte populacije i osoba na mediteranskoj dijeti.

Ovakva razlika unosa Cd je o ekvivalentna, s obzirom na razlike u zastupljenosti namirnica u ishrani i na razlike u telesnim masama odraslih i dece.

Probabilisti ki procenjeni unos Cd svake ispitivane grupe bio je ve i od unosa procenjenog deterministi kom metodom. Za 50. percentil populacije u b scenariju procenjeni nedeljni unos bio je u opsegu od 2,996 $\mu\text{g/kg t.m.}$ za populaciju na mediteranskoj dijeti, preko 3,059 $\mu\text{g/kg t.m.}$ za opštu populaciju, pa do maksimalnih 3,745 $\mu\text{g/kg t.m.}$ kod dece. Te vrednosti su u odnosu na uporedivi deterministi ki scenario Bb za 50. percentil t.m. ve e 3,8 puta za opštu populaciju i populaciju na mediteranskoj dijeti i 3,2 puta za populaciju dece. Ovakve razlike mogu se objasniti injenicom da je Cd detektovan u 90% grupa namirnica, ali svega u 30,8% ispitanih uzoraka. Veliki broj uzoraka u kojima je Cd detektovan ostao je "nevidljiv" za deterministi ki prora un zahvaljuju i tome što grupe namirnica kojima pripadaju nisu imale više od 50% detektovanih vrednosti, a takvih je bilo 36 od posmatranih 50 grupa, tj. 72%.

Porede i dobijene vrednosti nedeljnog unosa Cd sa tolerišu im nedeljnim unosom, dobijeni su HI kao mera rizika. Deterministi ki procenjeni HI su niži od 1 za sve ispitane grupe i za sve scenarije gde je unos ra unat preko srednje vrednosti i 50. percentila koncentracije Cd u namirnicama. Ukoliko se unos Cd ra una preko 95. percentila koncentracija Cd u namirnicama, HI je u svim populacionim grupama ve i od 1, što zna i da postoji deo svake posmatrane populacije sa povišenim rizikom od Cd. Primenom maksimalnih vrednosti Cd u namirnicama, u najnepovoljnijem ali i najmanje verovatnom scenariju ishrane, HI je dostigao maksimalnu vrednost od 11,8 za decu telesne mase 17 kg.

Veoma veliki uticaj na deterministi ki odre en HI ima na in izra unavanja unosa Cd, tj. dodeljene koncentracije Cd onim namirnicama u kojima Cd nije detektovan. Tako je, u opštoj populaciji i kod osoba na mediteranskoj dijeti u Ab scenariju izra unati HI ve i za 50% od scenarija Aa. Kod dece je razlika HI posmatranih scenarija nešto manja (33%). Još ve a razlika se dobija u B scenariju, gde je HI i do tri puta ve i u scenariju Bb u pore enju sa HI dobijenim u scenariju Ba (opšta populacija).

Nasuprot ovim primerima, kod 95. percentila koncentracija Cd tj. što su koncentracije Cd u namirnicama bliže maksimumu, oba posmatrana scenarija imaju veoma bliske vrednosti HI kod svih populacionih grupa.

Za razliku od deterministi kog pristupa, primenom probabilisti ke metodologije, dobijaju se HI ve i od 1 u svim populacionim grupama, kod oba scenarija ra unanja sadržaja Cd u namirnicama kod prose no eksponovanog dela populacije. Indikativno je da su manje razlike u vrednostima HI u scenarijima sa razli ito ra unatim vrednostima Cd manjim od limita detekcije u odnosu na isti princip kod deterministi kog pristupa.

I kod deterministi ke i kod probabilisti ke procene najve i rizik od uticaja Cd imaju deca, zatim opšta populacija, dok je procenjeni HI najniži kod populacije na mediteranskoj dijeti.

Literaturni podaci pokazuju da je i u drugim zemljama unos Cd preko hrane znatan. Tako Leblanc i sar. (130) u Francuskoj dokazuju da je unos Cd 17 $\mu\text{g}/\text{dan}$, što na nedeljnom nivou i prera unato na prose nu telesnu masu od 60 kg iznosi 2 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ Urieta i sar. (131) u Španiji nalaze nešto niže vrednosti (1,7 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ Cd nedeljno), dok u Gr koj Tsoumbaris i sar. (132) dolaze do vrednosti od 50% tadašnjeg PTWI, tj. do unosa Cd od 3,5 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, što je premašilo sadašnju TWI vrednost (2,5 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$) za 40%.

U studiji EFSA (2012), dobijene su ve e vrednosti unosa Cd za opštu populaciju i decu nego vrednosti našeg deterministi ki procenjenog unosa. S obzirom da u skoro polovini ispitanih uzoraka Cd nije detektovan, unos Cd je ra unat na tri na ina, odnosno rezultatima ispod limita detekcije dodeljena je vrednost nula, polovine limita detekcije i vrednost limita detekcije. Tako e, rezultati su izraženi u odnosu na prose an nivo ekspozicije i za 95. percentil. Kada je vrednost ispod limita detekcije proglašavana polovinom limita detekcije, nedeljni unos Cd preko hrane kod odraslih bio je u rasponu od 1,70 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za prose no eksponovan deo populacije do 3,09 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za 95. percentil populacije i niži je od unosa Cd dobijenog u našoj studiji primenom probabilisti kog metoda. Kod dece je i prose an unos Cd ve i od TWI i iznosi 3,96 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ Cd nedeljno (122).

Nešto niže vrednosti nedeljnog unosa Cd, bliske dobijenim nivoima deterministi ke procene u Republici Srbiji, dobijaju Sand i Becker u Švedskoj (123), i to 1 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za prose nu populaciju, odnosno 1,8 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za 95. percentil populacije, kao i Marti-Cid i sar. za populaciju Katalonije (126), prose no 0,98 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ ra unato na telesnu masu od

70 kg. U obe studije su vrednosti ispod limita detekcije Cd vrednovane polovinom te vrednosti.

Ispitivanjem duplih obroka, Wilhelm i sar. 1995. godine u Nema koj dolaze do zaklju ka da bi se unos Cd preko hrane morao smanjiti jer za grupu dece iz industrijski razvijene Rurske oblasti, prose ne starosti 1,8 godina, dobijaju prose an nedeljni unos Cd od 1,19 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, za decu starosti 3,8 godina 3,43 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, dok deca prose ne starosti 3,9 godina sa Amrum ostrva u Severnom moru, oblasti bez zna ajnijeg zaga enja, prose no unose 2,45 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ (133).

Beccaloni i sar., u studiji iz 2013. godine, bave se unosom Cd preko vo a i povr a stanovništva industrijalizovane zone Sardinije u Italiji. Ispitavši 255 uzoraka dolaze do zaklju ka da je prose an nedeljni unos Cd preko vo a i povr a za populaciju odraslih (telesna masa 70 kg) 3,8 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, za odoj ad i malu decu (telesna masa 11 kg) 5,7 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, dok je za decu starosti od 3 do 10 godina i prose ne telesne mase 26 kg unos 5,4 $\mu\text{g Cd}/\text{kg t.m.}$ Poredivši ih sa tada važe om preporukom za PTWI od strane JECFA od 7 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, smatraju da ne postoji rizik od unosa Cd preko ispitanih namirnica. Me utim, ukoliko se na dobijene vrednosti primeni PTWI preporu en 2011. od strane EFSA (2,5 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$), dolazi se do zaklju ka da je kod sve tri populacione grupe prekora en bezbedni limit, ak i preko dva puta (134). U studiji objavljenoj 2003. De Winter-Sorkina i sar. dobijaju da je prose an dnevni unos Cd putem hrane u opštoj populaciji Holandije 0,14 $\mu\text{g}/\text{kg t.m./dan}$, odnosno 0,32 $\mu\text{g}/\text{kg t.m./dan}$ za populacionu grupu dece starosti 1-6 godina. Rezultati se odnose na period 1999–2002., a namirnicama u kojima nije detektovan Cd dodeljene su nulte vrednosti (135). Prevođe i unos Cd na nedeljni nivo, dobija se 0,98 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za odrasle i 2,24 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za decu, što je u pore enju sa našim rezultatima deterministi ke procene 2,8 puta ve i unos kod odraslih i 4,8 puta ve i unos kod dece, za isti na in ra unanja.

U studiji o unosu teških metala kod srednjoškolaca u Hong Kongu dobijen je prose an nedeljni unos Cd od 2,42 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, dok je za visoke konzumente (95. percentil) procenjeni unos 5,71 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ nedeljno. Vrednosti Cd u namirnicama ispod limita detekcije, a bilo ih je 43,1%, ra unate su kao polovina limita detekcije (129). Liu i sar. u radu iz 2010. iznose podatke o unosu Cd populacije oblasti Jinhu u Kini (136). Prose ni

nedeljni unos kod odraslih je 1,49 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m., dok je kod dece starosti od 1,9 do 7 godina unos nešto viši (2,07 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m.). Kod obe populacione grupe, unos je niži od trenutno važećeg TWI.

Uticaj zagađenja na unos Cd ispitivali su Horiguchi i sar. u Japanu (137). Poredeći unos Cd u različitim oblastima Japana dolaze do zaključka da je unos Cd značajno viši u oblastima sa dokazanim visokim sadržajem Cd u pirinu nego u kontrolnoj regiji u kojoj nije zabeleženo zagađenje pirina Cd. Prosečno u 4 ispitivane oblasti stanovnici Japana unose od 2,27 do 6,72 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. Cd nedeljno, dok unos kontrolne grupe iznosi prosečno 0,86 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. Cd nedeljno. Kontrolišu i nivoove 1 i 2 mikroglobulina u urinu kao indikatore renalne tubularne disfunkcije usled delovanja Cd, autori zaključuju da nema razlike u njihovoj ekskreciji među ispitivanim grupama i dovode u sumnju opravdanost i tadašnjih preporučenih 7 μg Cd/kg t.m. nedeljno.

U SAD, procenjeni dnevni unos Cd kod odrasle populacije nepuša iznosi 0,35 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. za muškarce, odnosno 0,30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. kod žena. Te vrednosti izražene na nedeljnom nivou (2,45 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. muškarci; 2,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. žene), odgovaraju vrednostima dobijenim determinističkim metodom za opštu populaciju u Republici Srbiji (127).

Dobijene razlike u determinističkim i probablističkim procenjenom riziku su ekvivalentne, imajući u vidu različite metodološke princip. Međutim, s obzirom da je koncentracija Cd u gotovo svim ispitanim uzorcima bila niža od MDK, procenjeni povećani rizik od Cd za prosečno izložene ispitivane grupe u probablističkom modelu nije ekvivalentan. Bez obzira na razlike u ishrani, slične vrednosti unosa Cd kod stanovništva mnogih zemalja različitih regija ukazuju da uzroke povećanog rizika od Cd možemo tražiti u neadekvatnim referentnim vrednostima, kako MDK tako i TWI.

5.2. ŽIVA

Dominantan unos Hg kod oveka je preko hrane, od ega preko 90% potie iz ribe i proizvoda od ribe. U našoj studiji, pored ribe, Hg je detektovana još samo u grupi mekušaca, glavonožaca i iznutrica.

Najve a koncentracija Hg u namirnicama bila je u grupi re ne ribe (1255 ng/g). Ova vrednost je i jedina koja je bila ve a od maksimalno dozvoljene koli ine Hg (124). U scenariju B, najve i 50. percentil koncentracija Hg detektovan je u grupi morske ribe (34 ng/g).

Vrednosti dobijene za koncentraciju Hg u ribama koriš enim u ishrani stanovništva Republike Srbije niže su od prose nih nivoa Hg u ribama koje populacija evropskih zemalja koristi u ishrani. U Danskoj je srednja vrednost koncentracija Hg u ribi 52 ng/g, u Nema koj 173 ng/g, u Belgiji 189 ng/g, dok je najve a prose na koncentracija Hg u ribama u Portugaliji i iznosi 323 ng/g (138).

Opšta populacija najviše unosi Hg preko proizvoda od ribe, zbog njihovog ve eg udela u ishrani od slatkovodne i morske ribe. U scenarijima gde su koncentracije Hg u namirnicama u kojima nije detektovana ra unate kao nula, unos Hg preko proizvoda od ribe kre e se od 70% za srednje vrednosti Hg, pa do 90,7% ukupnog unosa Hg za 50. percentil koncentracija Hg. U scenarijima u kojima je svim uzorcima sa Hg ispod limita detekcije dodeljena vrednost 2,5 ng/g (l.d./2), zbog relativno malog unosa ribe i proizvoda od ribe u opštoj populaciji u pore enju sa drugim namirnicama, ra unski dobijamo da najve i udeo u unosu Hg imaju mleko, sa 14,5% i žitarice, sa 10,9% od ukupnog unosa Hg.

Kod populacije na mediteranskoj dijeti, s obzirom na specifi nu ishranu koja podrazumeva i pove an unos ribe i proizvoda od ribe, u scenarijima a Hg se dominantno unosi slatkovodnom ribom i proizvodima od ribe, i to u Aa scenariju 83,4%, a u Ba scenariju 77,6% od ukupno procenjenog unosa. Imaju i u vidu procenjeni dnevni unos od 350 g proizvoda od žitarica dnevno, ova grupa namirnica u b scenarijima mediteranske dijete, bez obzira što u uzorcima ove grupe Hg nije bila detektovana, u estvuje u unosu Hg sa 11,1%, u scenariju Ab, odnosno sa 13% u scenariju Bb.

Imaju i u vidu da u pretpostavljenoj ishrani dece nije zastupljena slatkovodna riba, u Aa scenariju unos Hg je najvećim delom preko morske ribe (88,5%). Od svih ostalih namirnica, Hg se u ovom scenariju unosi još samo preko proizvoda od ribe (6,2%) i iznutrica (5,3%).

Kada se uzorcima u kojima Hg nije detektovana dodele vrednosti polovine limita detekcije, zbog ishrane u kojoj dominira mleko (194,4 g/dan), deca Hg unose najviše preko ove namirnice (18,5%), u Ab scenariju, odnosno 8% u scenariju Bb.

Slične vrednosti unosa Hg nalaze se i u dostupnoj literaturi. U izveštaju projekta sprovedenog od 2001. do 2004. godine u 13 zemalja članica EU, zaključeno je da je prosečan unos Hg najvećim delom preko ribe i proizvoda od ribe (68,9%), značajan deo unosa je preko povrća i povrća, dok meso i iznutrice uestvuju u unosu Hg sa 9,2%. Najveći sadržaj Hg utvrđen je u predatorskim ribljim vrstama uz opasku da je, zbog malog udela u ishrani, procenat tako unete Hg u ukupno unetoj količini veoma mali (138). U radu Marti-Cid i sar. (2006) u Kataloniji, od svih ispitanih namirnica, Hg je detektovana samo u ribi i školjkama (126). De Winter-Sorkina i sar. (2003) objavljuju rezultate ispitivanja u Holandiji, u periodu 1999 – 2002. godina, i zaključuju da se preko ribe unosi 59% ukupne Hg (135). Nasuprot podacima iz evropskih zemalja, stanovništvo Južne Koreje, i pored činjenice da je sadržaj Hg najviši u ribama sa njihovog jelovnika, ipak Hg unose dominantno preko pirinča, najzastupljenije namirnice u ishrani ovog dela Azije (139). Studija u Hong Kongu pokazala je da se Hg najvećim delom unosi preko žitarica (34%), zatim preko povrća (21%) i ribe (18%), (129).

Procenjeni ukupni nedeljni unos Hg u opštoj populaciji primenom determinističkog modela je 0,074 µg/kg t.m. u scenariju Aa, za osobu telesne mase 70 kg. U scenariju Bb unos Hg osobe sa 50. percentilom t.m. je 0,607 µg/kg t.m. Najveći procenjeni unos Hg je kod 5. percentila telesne mase u scenariju Db (1,886 µg/kg t.m.). Zbog velikog udela ribe i proizvoda od ribe u preporučenoj ishrani mediteranske dijete procenjeni nedeljni unos Hg u ovoj posmatranoj grupi je veći nego kod opšte populacije i za 50. percentil telesne mase kreće se od najniže vrednosti 0,173 µg/kg t.m. (Ba scenario), preko prosečnih 0,660 µg/kg t.m. (Bb scenario), do najveće vrednosti od 5,545 µg/kg t.m. u najnepovoljnijem scenariju ishrane. Pretpostavljeni nedeljni unos ribe i proizvoda od ribe kod dece je preko šest puta

manji od preporu ene mediteranske dijete (67,9 g prema 449,4 g), što je rezultovalo nižim procenjenim unosom Hg kod dece u svim scenarijima gde su nedetektovane vrednosti Hg ra unate kao nula. Prose an nedeljni unos Hg u scenariju Ba kod dece je 0,109 µg/kg t.m. i viši je od unosa Hg kod odraslih (0,074 µg/kg t.m.), za isti posmatrani scenario.

Kada primenimo b scenarije odnos nedeljnih unosa Hg opšte populacije, osoba na mediteranskoj dijeti i dece baziran na prose nim i 50. percentilima koncentracije Hg u namirnicama ne pokazuje zna ajnije razlike, a i pored manjeg ukupnog unosa namirnica najve i je kod dece zbog manje telesne mase. Za deterministi ki prora un sa 95. percentilom i maksimalnim vrednostima Hg u namirnicama pove ava se uticaj koli ine ribe u ishrani na nedeljni unos Hg, pa je kod populacije na mediteranskoj dijeti on najve i bez obzira na vrednovanje uzoraka u kojima Hg nije detektovana.

Probalisti kom metodologijom, procenjeni unos Hg kod 50. percentila opšte populacije je od 0,133 µg/kg t.m. za a scenario do 0,672 µg/kg t.m. za b scenario.

Kod osoba na mediteranskoj dijeti, procenjeni unosi Hg za 50. percentil populacije (0,329 µg/kg t.m. u a scenariju, odnosno 0,763 µg/kg t.m. u b scenariju) je viši od procenjenog unosa opšte populacije. Kao i kod deterministi kog prora una, 50. percentil populacije dece u b scenariju nedeljno unosi najviše Hg (0,861 µg/kg t.m.) u pore enju sa druge dve posmatrane populacione grupe.

Deterministi kom procenom, u svim posmatranim scenarijima ishrane kod opšte populacije, izuzev koriš enjem maksimalnih i 95. percentila koncentracija Hg u namirnicama kod osoba telesne mase 51 kg, dobijena vrednost HI je niža od 1. Ako izuzmemo najnepovoljniji scenario sa maksimalnim vrednostima Hg u namirnicama, najve a vrednost HI (1,1) izra unata je u Cb scenariju za osobu telesne mase 51 kg (5. percentil).

Ve a zastupljenost ribe kao glavnog izvora ekspozicije Hg u mediteranskoj dijeti uslovljava da deterministi ki procenjen unos bude viši od preporu enog i u scenarijima Ca i Cb. Kod scenarija sa prose nim i 50. percentilima koncentracijama Hg u ispitivanim namirnicama sve vrednosti HI su bile niže od jedan.

Sli no nalazu kod odraslih, i kod dece je, ne ra unaju i ekstremni scenario ishrane, samo u slu aju primenjenih 95. percentila koncentracija Hg u namirnicama HI bio ve i od jedan.

Upore uju i vrednosti HI za Hg uo ava se da ne postoji velika razlika izme u rizika ra unatog sa srednjim vrednostima i 50. percentilom koncentracija Hg, s obzirom da je u onim grupama namirnica u kojima je Hg uopšte na ena ona detektovana u veoma velikom procentu uzoraka. Sa druge strane, uticaj na HI dodeljenih vrednosti Hg onim uzorcima u kojima Hg nije detektovana je izuzetno veliki, obzirom da je od 50 Hg dokazana samo u 6 grupa namirnica, odnosno u 13,4% ukupno ispitanih uzoraka. Tako su za scenario Bb u odnosu na Ba scenario vrednosti HI pet puta ve e kod opšte i populacije na mediteranskoj dijeti i sedam puta ve e kod dece.

Na osnovu probabilisti ke procene rizika, bez obzira na dodeljene vrednosti Hg za namirnice u kojima Hg nije detektovana, rizik od štetnih efekata Hg kod opšte populacije postoji samo za veoma mali procenat populacije sa maksimalnom ekspozicijom, jer je i za 95. percentil populacije izra unati HI manji od 1.

Vrednosti HI dobijene na osnovu probabilisti ke procene rizika od Hg u populaciji na mediteranskoj dijeti ukazuju da, sa izuzetkom maksimalno izloženog dela populacije, mali deo populacije (5%) može imati povišen rizik od štetnog delovanja Hg, i to samo u scenarijima sa rezultatima u kojima je koncentracija Hg izražena kao polovina limita detekcije za uzorke u kojima nije detektovana.

Procenjeni HI probabilisti kom metodologijom kod dece upu uje na zaklju ak da je na in ishrane odabrane populacije dece bezbedan u pogledu unosa Hg, tj. da su sve vrednosti HI, osim za deo populacije sa maksimalnim unosom ($n.d. = l.d./2$), manje od jedan.

Vrednosti HI dobijene za uporediva scenarija prose ne populacije, primenom dve razli ite metodologije – deterministi ke i probabilisti ke, veoma su sli ne u svim posmatranim grupama.

Za pore enje dobijenih vrednosti za unos Hg u populacionim grupama Republike Srbije sa literaturnim podacima koriš en je unos baziran na scenariju Bb i 50. percentilu telesnih masa, s obzirom da je najve i broj radova iz ove oblasti zasnovan na tako

koncipiranom scenariju. Iz pomenutog izveštaja ispitivanja u EU, može se zaključiti da je prosečan unos Hg u populaciji odraslih u EU nešto niži od unosa koji smo dobili za populaciju Republike Srbije (0,607 µg/kg t.m.) i iznosi 0,553 µg/kg t.m. Za razliku od ukupnog evropskog proseka, procenjeni unos Hg populacije Portugala, sa tradicionalno veći unosom ribe, prosečno je iznosio 1,44 µg/kg t.m. i veći je od važeće TWI vrednosti. Unos Hg u populaciji dece starosti 4-6 godina u Nemačkoj, prosečno je iznosio 38,95 µg nedeljno, što bi, uz pretpostavku da je prosečna telesna masa 21 kg, dalo nedeljni unos od 1,85 µg/kg t.m., što je preko dva puta veći od unosa dece u Republici Srbiji (138). U Francuskoj, procenjeni unos kod dece starosti 3-14 godina, prosečne telesne mase 31,6 kg, bio je nešto niži i iznosio je 1,3 µg/kg t.m., koliko je i važeća TWI. U odrasloj populaciji Francuske procenjeni unos od 0,895 µg/kg t.m. bio je niži od tolerišne vrednosti, ali istovremeno i viši od procenjenog unosa u našoj studiji (140). Veće vrednosti za unos Hg dobili su Bocio i sar. (141), koji su procenili da je nedeljni unos Hg stanovništva Katalonije 148 µg, što odgovara unosu od 2,1 µg/kg t.m. nedeljno za osobu prosečne telesne mase od 70 kg. Takođe, za populaciju Katalonije niže vrednosti dobijaju Marti-Cid i sar. (126). Prosečan dnevni unos Hg je iznosio 0,14 µg/kg t.m. odnosno 0,98 µg/kg t.m. nedeljno, računato na telesnu masu od 70 kg. De Winter-Sorkina i sar. (135) objavljuju rezultate ispitivanja u Holandiji u kojima su dobili da je prosečan dnevni unos Hg u opštoj populaciji bio 0,0037 µg/kg t.m./dan (0,026 µg/kg t.m. nedeljno), dok je kod dece starosti 1-6 godina dnevni unos bio 0,014 µg/kg t.m. (0,098 µg/kg t.m. nedeljno). Namirnicama u kojima nije detektovana Hg dodeljene su nulte vrednosti. Poređenjem sa rezultatima u Republici Srbiji dobijenim na isti način, može se zaključiti da je procenjeni unos Hg opšte populacije u Republici Srbiji pet puta, a dece dva puta viši.

Takođe nisku vrednost unosa Hg su dobili Puklova i sar. (142) u Češkoj. Oni procenjuju da se nedeljno hranom unosi prosečno svega 0,08 µgHg/kg t.m. Ovako nisku vrednost autori objašnjavaju malim udelom ribe u ishrani stanovništva Češke.

Niže vrednosti od procenjenog unosa Hg u Republici Srbiji dobijene su i u studiji u kojoj je učestvovalo 20 evropskih zemalja, u periodu 2004-2011. (143). Procenjeni nedeljni unos Hg odrasle populacije bio je 0,24 µg/kg t.m., dok je kod dece prosečan nedeljni unos iznosio 0,32 µg/kg t.m. Prosečan odrastao stanovnik SAD unosio je, u periodu 1982-1984.

godine, prose no 3,4 μg Hg/dan, da bi se u periodu 1986-1991. taj unos poveao na prose nih 8,4 μg , što, prera unato za osobu telesne mase od 70 kg, i dalje predstavlja bezbednih 0,84 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. (144).

Zna ajno više vrednosti unosa Hg dobijene su u zemljama ija je ishrana bazirana na ribi ili se pak radi o lokalitetima sa veoma zagaenom životnom sredinom. Tako stanovništvo Farskih Ostrva prose no unosi 36 μg Hg/dan, što odgovara unosu od 3,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. nedeljno (145), dok je procenjeni unos Hg na Grenlandu ak 846 μg Hg nedeljno, što bi za osobu mase 70 kg predstavljalo unos od 12,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. nedeljno, ili 9,3 puta više od tolerišu eg unosa (146). Mieiro i sar. (147), u Portugalskoj oblasti Ria de Aveiro zaga enoj Hg iz obližnjih postrojenja hemijske industrije, procenjuju da je unos Hg 4,2 puta ve i od ustanovljene TWI vrednosti. Buzina i sar. (148), za stanovnike nezaga enih delova jadranskog priobalja procenjuju da je nedeljni unos Hg prose no 194 μg , što bi za osobu telesne mase 70 kg bilo 2,77 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. nedeljno, odnosno 2,1 puta više od TWI.

Lee i sar. (139) procenjuju da je nedeljni unos Hg za odraslu osobu iz Južne Koreje prose ne telesne mase 55 kg, 0,21 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. Prose an unos Hg kod dece i odraslih u oblasti Jinhu u Kini iznosio je 0,14 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m., odnosno 0,09 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m., što u odnosu na TWI predstavlja 74%, odnosno 47% od preporu enog bezbednog nivoa unosa (149). U Hong Kongu, studija na srednjoškolicima je pokazala da prose an konzument unosi 2,98 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. Hg nedeljno, što je 2,3 puta ve e od preporu enog unosa Hg od strane EFSA (129).

Prose ne vrednosti unosa Hg u sve tri ispitivane grupe ne prelaze propisanu vrednost TWI, pa ne postoji rizik od Hg. Kao što navedeni literaturni podaci pokazuju, unos Hg proporcionalan je unosu ribe i proizvoda od ribe, koji u ishrani stanovništva Republike Srbije nemaju veliki udeo. Ipak, eventualne promene u na inu ishrane i pove anje koli ine konzumirane ribe, imaju i u vidu njen zna aj prevashodno u prevenciji kardiovaskularnih oboljenja, mogu dovesti i do promene unosa Hg i potencijalno šetnog efekta po zdravlje stanovništva Republike Srbije.

5.3. OLOVO

Sadržaj Pb u namirnicama veoma je promenljiv. Obično se Pb u hrani nalazi kao posledica atmosferskih depozita i prelaska iz zemljišta u biljni svet. Procena je da se 50% Pb u organizmu odrasle osobe unosi hranom, a da su namirnice biljnog porekla "bogatije" od namirnica animalnog porekla (150). U našoj studiji Pb je detektovano u preko 50% ispitanih grupa namirnica, ali samo u 4,7% ukupno ispitanih uzoraka. U namirnicama korišćenim u ishrani posmatranih populacionih grupa, najveća prosečna vrednost Pb bila je u grupi površnja (140 ng/g) i za površnja i dodataka jelu (80 ng/g).

Opšta populacija, ukoliko je unos izrađunat preko srednjih vrednosti Pb u namirnicama, uz uslov da je n.d. = l.d./2, Pb najviše unosi preko piva (32,9%), žitarica i brašna (30,6%) i krompira (7,1%). Računanjem da su namirnice u kojima Pb nije detektovano sadržavale polovinu limita detekcije (25 ng/g), dobija se nešto drugačija slika unosa Pb, sa najvećim udelom žitarica i brašna od 16,2%. Ukoliko se unos Pb računava preko 50. percentila koncentracije Pb u namirnicama, u scenariju Bb najveći udeo u unosu Pb ima mleko, sa 16,4%.

Kod mediteranske dijeta, odnosno osoba koje se pridržavaju preporučenih jelovnika bez piva, najveći udeo u unosu Pb se dominantno unosi preko žitarica i proizvoda od žitarica (56,6%) i površnja (20,5%).

Populacija dece je Pb izložena preko žitarica i proizvoda od žitarica (preko 40%), dok je značajan procenat unosa u scenarijima Bb i preko proizvoda od površnja, odnosno mleka.

Žitarice, površnja i površnja predstavljaju glavni izvor ekspozicije Pb, prema podacima iz dostupne literature. Brusaard i sar. (151) su došli do zaključka da se Pb u Holandiji najviše unosi preko napitaka (čaj i vino), (39%), zatim preko hleba (14%) i površnja (13%). Deset godina kasnije, u studiji de Winter-Sorkine i sar., žitarice predstavljaju glavni izvor ekspozicije Pb u ispitivanjima u Holandiji (2003) i to 35% kod odraslih i 41% Pb kod dece (135). Ispitivanje u Francuskoj je pokazalo da se Pb unosi dominantno preko hleba, površnja i napitaka (152). Istraživanja u EU sprovedena od 2001. do 2004. godine, u 12 zemalja članica EU, pokazala su da je 44% unosa Pb odrasle osobe bio poreklom od površnja i napitaka, 21% od napitaka i 8% od žitarica (138). Studija EFSA sprovedena u 19 evropskih zemalja u

periodu 2003-2009. pokazala je da je unos Pb uglavnom povezan sa unosom žitarica i povrća (153). Nasuprot navedenim podacima, Martí-Cid i sar. (126), u Kataloniji kao glavne izvore ekspozicije Pb navode mleko i proizvode od mleka, krompir, meso i morske plodove.

Mali broj uzoraka u kojima je detektovano Pb uslovio je da je u deterministi kom scenariju Ba unos Pb jednak nuli u svim populacionim grupama. Kod opšte populacije je najmanji nedeljni unos procenjen na 1,369 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za osobu telesne mase 70 kg, za scenario Aa. Najveći i procenjen unos dobijen je kod 5. percentila telesne mase u scenariju Db (41,916 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$). Za srednju vrednost i 50. percentil Pb u namirnicama, kod odrasle osobe telesne mase 70 kg, procenjeni nedeljni unos je bio 6,169 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, odnosno 5,366 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$

Kod populacije na mediteranskoj dijeti, za scenario Aa procenjen je niži nedeljni unos od unosa Pb kod opšte populacije, za oko 37%, dok je ta razlika za scenarije Ab i Bb niža i iznosi oko 7% .

Najniži procenjen unos Pb u populaciji dece je nešto viši od unosa mediteranske dijete, ali je za 26,3% niži od unosa opšte populacije (scenario Aa). Veći kod scenarija Ab i Bb procenjeni unos kod dece je veći i u poređenju sa unosom kod druge dve posmatrane populacije, za više od 30%.

Obzirom da je Pb detektovano u svega 4,3% ispitanih uzoraka, imajući u vidu i činjenicu da je limit detekcije primenjene metode bio relativno visok, očekivane su značajne razlike u rezultatima deterministički procenjenog unosa, u zavisnosti od dodeljene vrednosti onim uzorcima u kojima Pb nije detektovano. Takođe, mali broj "pozitivnih" uzoraka sa Pb, uslovio je i male razlike između vrednosti nedeljnog unosa, u zavisnosti da li je primenjena srednja vrednost koncentracija Pb u namirnicama ili njen 50. percentil pošto su u velikoj većini grupa namirnica to bile vrednosti polovine limita detekcije.

U odnosu na determinističku, probabilističku procenu kod svih populacionih grupa je dobijen veći unos Pb. U scenarijima b, izuzimajući deo populacije sa 95. percentilom i maksimalnim unosom Pb, sledi da deterministički proceni, najveći unos Pb je dokazan kod populacije dece, zatim kod osoba na mediteranskoj dijeti, dok je najmanji

unos procenjen za opštu populaciju. U scenarijima a najniži unos je tako e u opštoj populaciji, ali je procenjeni unos mediteranskom dijetom ve i od unosa kod dece.

Probabilisti ki dobijeni HI su ak i preko tri puta ve i od HI izra unatih deterministi kim modelom, ali i te ve e vrednosti su niže za 30-45% od PTWI. Kod opšte populacije, pove an rizik od Pb postoji samo za maksimalni unos, dok je 5% ispitivane populacije dece i osoba na mediteranskoj dijeti u potencijalnoj opasnosti od štetnog delovanja Pb.

U dostupnoj literaturi uo ava se veliki raspon procenjenog unosa Pb. Tako su ispitivanja u EU krajem prošlog veka pokazala da se unos Pb kretao od 16 $\mu\text{g}/\text{dan}$, koliko objavljuju Cuadrado i sar. (154), u Španiji, pa do 280 $\mu\text{g}/\text{dan}$, koliko je Kumpulainen 1996. godine procenio da je unos kod stanovništva Italije (155). Prera unato na nedeljni nivo i prose nu telesnu masu od 70 kg, u odnosu na PTWI vrednost od 25 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, navedene vrednosti unosa predstavljaju 6%, odnosno 112% unosa. Pored Italije, nešto ve i unos Pb, sli an onom koji smo dobili za Republiku Srbiju, procenjen je i u Gr koj i iznosi 56% od PTWI (132), a u Belgiji 83,5% od PTWI (156). U Holandiji, de Winter-Sorkina i sar. (135) zaklju uju da je prose an dnevni unos Pb u opštoj populaciji 0,05 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, dok je populacija dece starosti 1-6 godina dnevno unosila prose no 0,10 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, što je zna ajno manje od unosa Pb kod populacije odraslih i dece u Republici Srbiji.

Istraživanja u EU pokazala su da je unos Pb bio na nivou od 14% PTWI. Nešto ve e vrednosti dobijene su za populaciju Portugalije (13,3 $\mu\text{g}/\text{kg t.m. nedeljno}$, ili 53% od PTWI). Istovremeno, unos Pb kod dece uzrasta od 3 do 14 godina prose no je iznosio 278 μg ili 35% PTWI (138). Nešto niže vrednosti dobijaju Marti-Cid i sar. (126) za populaciju Katalonije. Prose an dnevni unos Pb je iznosio 0,85 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$, odnosno 5,95 $\mu\text{g}/\text{kg t.m. nedeljno}$ (24% PTWI), ra unato na telesnu masu od 70 kg. Studija EFSA (153) pokazala je da je prose an dnevni unos Pb kod odraslih bio nešto niži nego procenjeni unos u našoj studiji i, u zavisnosti od na ina ishrane u ispitivanoj zemlji, bio je u opsegu od 0,36 do 1,24 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ (od 10% do 34% PTWI), sa maksimalnih 2,43 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za visoko izložene konzumente. Istovremeno je kod dece procenjeni unos iznosio od 0,80 do 3,10 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ (od 22% do 86% PTWI), što su vrednosti bliske vrednostima koje smo dobili za populaciju dece u Republici Srbiji.

Nešto veće vrednosti unosa Pb dobijaju Beccaloni i sar. (134). Ispituju i unos Pb preko površine i površine kod stanovništva industrijalizovane zone Sardinije dolaze do zaključka da je prosečan nedeljni unos kod odraslih (telesna masa 70 kg) 10,8 µg/kg t.m., za odojčad (telesna masa 11 kg) 24,2 µg/kg t.m., dok je za decu starosti 3 - 10 godina i prosečne telesne mase 26 kg unos Pb bio 17,5 µg/kg t.m. U poređenju sa PTWI poseban rizik predstavlja populacija odojčadi i dece starosti do tri godine, koja prosečno unosi čak 98% od preporučene vrednosti.

Lee i sar. (139) procenjuju da je prosečan unos kod populacije u Koreji 3,1 µg/kg t.m. nedeljno (1,4% PTWI), dokazuju i da ishrana tamošnjeg stanovništva ne predstavlja ozbiljniji rizik od štetnog delovanja Pb i konstatuju da najveći udeo u ekspoziciji ima površina. Liu i sar. (136) procenjuju nedeljni unos Pb kod populacije odraslih u oblasti Jinhu u Kini na 8,83 µg/kg t.m., dok je kod dece starosti 1,9-7 godina unos bio nešto viši, 15,66 µg/kg t.m. Slične podacima dobijenim u Evropi i Koreji, prosečne vrednosti Pb hranom unose se i u Kanadi, 168 µg nedeljno za osobe mase 60 kg, ili 11% od tolerišne vrednosti (157). U SAD procenjeni dnevni unos Pb iznosio je, prema Mochandreasu i sar. (158), 1,009 µg/kg t.m., ili 28% PTWI.

Rezultati naše studije pokazuju da za najveći deo ispitanih grupa odraslih i dece ne postoji opasnost od štetnog delovanja Pb. Primenom osetljivijih analitičkih metoda dobila bi se realnija slika unosa, jer je relativno visok limit detekcije uslovio da se mnogim ispitanim uzorcima u kojima Pb nije detektovano dodele vrednosti koje nemaju realno uporište u dostupnoj literaturi. Unos Pb bi u tom slučaju, svakako, bio manji. Sa druge strane, treba imati u vidu da PTWI vrednost datira još od 1993. godine i da je EFSA 2010. godine zaključila da limit od 25 µg/kg t.m. nije adekvatan, posebno kada se imaju u vidu mogući efekti Pb na decu između 1 i 7 godina starosti i da je imperativ smanjivanje unosa Pb i istovremeno sprovođenje istraživanja koja će bolje opisati odnos doza-efekat pri ekspoziciji Pb (159).

5.4. DDT

ovek je, danas, dominantno izložen DDT preko hrane, a procena je da se ribom unese i do 75% ukupnog DDT. Od svih ispitanih namirnica u našoj studiji, DDT je detektovan samo u mleku i proizvodima od mleka i ribi i proizvodima od ribe.

Najveća koncentracija DDT u ispitanoj ribi bila je 89 ng/g (haringa), a najveća prosečna vrednost detektovana je u slatkovodnoj ribi, i to 6 ng/g. Slične vrednosti za DDT u ribi dobijaju Rabbito i sar. (160), koji u populaciji ribi, koja je značajna u ishrani stanovništva Brazila, prosečno nalaze 6 ng/g. U Ugandi Ssebugere i sar. (161) u šest vrsta riba nalaze DDT i njegove derivate u opsegu od nedetektovanih koncentracija do 68 ng/g, ali sa visokim procentom samog DDT što ukazuje na skorašnju ekspoziciju riba. Znatno veće vrednosti DDT nalaze Cheung i sar. (162) u ribama korišćenim u ishrani stanovništva Hong Konga, od 1 do čak 1018 ng/g.

Kalyoncu i sar. (163) u ribama u Turskoj detektuju maksimalnih 83 ng/g, zaključuju i da takav nivo ne predstavlja opasnost po ljudsko zdravlje. U ispitivanju ribljih proizvoda na Poljskom tržištu, Usydus i sar. (164) zaključuju da je vrednost DDT relativno niska. Najveća vrednost beleže u dimljenom lososu (50 ng/g), što je svega 3,6 % od MDK propisanih u Nemačkoj, uzetih za poređenje obzirom da Poljska nema propisane MDK vrednosti za organohlorne pesticide. Johansen i sar. (165) u mesu i ribama korišćenim u ishrani stanovništva Grenlanda, nalaze sumu DDT u opsegu od 1 ng/g do 1622 ng/g. U SAD, prosečna vrednost DDT u proizvodima od mleka bila je u opsegu 0,1 – 25,7 ng/g, u mesu 0,7 – 6,5 ng/g i u ribi 0,2-9,2 µg/g (56).

Pošto DDT dominantno dospeva u organizam oveka preko hrane animalnog porekla, posebno ribe, udeo ribe u ishrani stanovništva uslovljava i nivo unosa DDT hranom. S obzirom na veoma mali procenjeni unos ribe, DDT se preko hrane u opštoj populaciji Republike Srbije u najvećoj meri unosi preko mleka i proizvoda od mleka, sa izuzetkom scenarija Ba, gde je procenjeni unos DDT isključivo preko slatkovodne ribe, što se objašnjava činjenicom da je to jedina grupa namirnica u kojoj je DDT detektovan u preko 50% ispitanih uzoraka.

Celokupan unos DDT hranom i kod osoba na mediteranskoj dijeti je preko namirnica animalnog porekla, a DDT se najviše unosi preko proizvoda od mleka, skoro 70 % u scenariju A. Zahvaljujući većem udelu ribe u mediteranskoj ishrani od udela u opštoj populaciji, značajan deo DDT se u ovoj populacionoj grupi unosi i preko ribe (preko 25%).

Imajući u vidu činjenicu da su u ukupnoj ishrani dece mleko i proizvodi od mleka zastupljeni sa oko 30%, razumljivo je što je i izloženost DDT kod dece najveća a preko ovih namirnica, posebno u scenarijima Aa i Ca. U scenariju Ba nije bilo unosa DDT, s obzirom da u prethodnim jelovnicima nije zastupljena slatkovodna riba, jedina grupa namirnica u kojoj je 50. percentil koncentracija DDT veća i od nule.

Literaturni podaci, takođe, ukazuju da unos DDT pozitivno korelira sa unosom ribe, mleka i proizvoda od mleka. Analizom potrošnje hrane u Švedskoj, Darnerud i sar. (166) zaključuju da se 49% DDT unosi preko ribe, a 14% preko mleka i proizvoda od mleka. Nekoliko godina kasnije takođe u Švedskoj, Törnkvist i sar. (167) nalaze da se preko 50% ukupnog DDT unosi preko ribe, 26% preko mleka i proizvoda od mleka, a 16% DDT potiče iz mesa i proizvoda od mesa. U studiji koja je obuhvatila srednjoškolsku populaciju Hong Konga, Chung i sar. (168) procenjuju da je udeo ribe i plodova mora u izloženosti DDT bio 39%, dok mleko i proizvodi od mleka imaju udeo od svega 6% u ukupnom unosu DDT. Nasuprot njima, u istraživanju sprovedenom u Kini, Yu i sar. (169) dobijaju da najveći udeo u unosu DDT imaju mleko i proizvodi od mleka (38,8%), dok je udeo ribe i mesa značajno manji i iznosi 16,3%.

Ukupno deterministički procenjen nedeljni unos DDT u opštoj populaciji Republike Srbije bio je od 0,001 µg/kg t.m. do 1,381 µg/kg t.m. u najnepovoljnijem scenariju Db. Veći nedeljni unos DDT, uslovljen većom količinom ribe u preporučenjima dijeti, nalazimo u populaciji koja primenjuje mediteransku dijetu. Posebno su uočljive razlike u scenarijima, gde je unos DDT kod osoba na mediteranskoj dijeti i do 15 puta veći od unosa opšte populacije. Primenom najboljeg scenarija ta razlika je značajno manja, za scenario Ab 40%, a za scenario Bb svega 2%.

Najveći i procenjeni nedeljni unos DDT bio je kod dece, što je rezultat većeg udela ribe u ishrani ali i manje telesne mase u odnosu na grupe odraslog stanovništva. Za scenario

Bb nedeljni unos DDT ve i je od unosa kod opšte populacije za 38%, odnosno od populacije na mediteranskoj dijeti za 35%.

Relativno visoka vrednost tolerišu eg nedeljnog unosa od 70 µg/kg telesne mase, kao i nizak procenjeni unos ribe i proizvoda od ribe kao namirnica sa najvećim sadržajem DDT, usloveli su niske vrednosti HI u svim ispitivanim grupama. čak i u najnepovoljnijem determinističkom scenariju, najveća HI vrednost dobijena kod dece iznosi svega 0,04, tj. 4% tolerišu eg unosa, pa se može zaključiti da nema rizika od unosa DDT preko hrane u ispitanim populacionim grupama.

U odnosu na determinističku procenu, probabilističkim pristupom kod svih grupa dobili smo veće procenjene unose DDT za prosečnu populaciju, sa najvećim nedeljnim unosima DDT od 1,109 µg/kg t.m. za opštu populaciju, 1,436 µg/kg t.m. za populaciju na mediteranskoj dijeti i 1,803 µg/kg t.m. za decu.

Međutim, slično determinističkom proceni rizika, podaci dobijeni probabilističkim pristupom govore u prilog činjenici da je rizik od DDT u opštoj populaciji u Republici Srbiji veoma nizak, tj. da se hranom unosi manje od 2% tolerišu eg unosa DDT. Populacija koja se hrani u skladu sa preporukama mediteranske dijete, na osnovu izračunatih vrednosti HI, takođe ima malu verovatnoću štetnog efekta DDT preko hrane, sa procenom da se čak i u najnepovoljnijem scenariju unosi svega 3% tolerišu ekoličine DDT. Vrednosti HI dobijene na osnovu vrednosti nedeljnog unosa DDT pokazuju da je unos DDT hranom kod dece veći od druge dve ispitane grupe, ali i dalje daleko od granice vrednosti, najviše 0,026.

Procenjeni unos DDT preko hrane u Republici Srbiji višestruko je niži u poređenju sa dostupnim podacima za zemlje u kojima riba zauzima značajno mesto u ishrani. Cheung i sar. (162), u Hong Kongu, gde je prosečan unos ribe 164,4 g/dan, dobijaju da je u najnepovoljnijem scenariju ishrane unos 2,8 µg/kg t.m./dan (za osobe mase 60 kg), što je još uvek znatno niže od 10 µg/kg t.m. koliko WHO preporučuje kao tolerišu i dnevni unos. Maksimalni nedeljni unos DDT u opštoj populaciji Republike Srbije bio je 20 puta manji od ekspozicije u Hong Kongu.

Studija u Indiji pokazala je nizak nivo unosa DDT hranom, 1,61 µg/kg t.m. nedeljno, što je svega 2,3% tolerišu ekoličine vrednosti unosa (170), ali je istovremeno i preko 10

puta viši unos DDT od unosa dobijenog za populacije u Republici Srbiji. Fromberg i sar. (171), u Danskoj procenjuju prose ni unos odraslih na 0,27 $\mu\text{g}/\text{dan}$, tj. 0,004 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za osobu telesne mase 70 kg, što je niže od procenjenog unosa u Republici Srbiji. Johansen i sar. na Grenlandu procenjenjuju dnevni unos DDT od 25 μg u jesen, do 32 μg u proleće, što je znatno više u poređenju sa podacima za Republiku Srbiju, ali i dalje predstavlja svega 3-5% od tolerišu eg unosa DDT (165).

Procenjeni dnevni unos i u Kini je bio veći od unosa DDT u Republici Srbiji. U ispitivanju koje je obuhvatilo period od 2005. do 2007. godine unos DDT je bio od 2,69 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za decu od 1 - 6 godina, pa do 5,88 $\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$ za populaciju od 66-72 godine. Porede i dobijene vrednosti sa podacima dobijenim u sličnim studijama sprovedenim ranije, autori zaključuju da je unos DDT smanjen gotovo 100 puta u odnosu na sedamdesete godine prošlog veka, odnosno 10 puta porede i ga sa unosom 1992. godine (169).

Nasuprot ovim zemljama, države u kojima je na in ishrane bliži onom u Republici Srbiji imaju unos DDT sličan našim nalazima. U SAD je, nakon zabrane DDT 1972. godine, došlo do značajnog pada njegovog unosa hranom. Studija FDA pokazala je da je prosečan unos DDT 1970. godine bio 240 $\mu\text{g}/\text{dan}$, da bi već 1979. unos bio procenjen na 6,51 $\mu\text{g}/\text{dan}$, a 1991. ispod 1 $\mu\text{g}/\text{dan}$ (56). U ispitivanjima 2003. godine u Nemačkoj, kod žena starosti od 22 do 40 godina prosečno je dobijen dnevni unos sume DDT i DDE od 8,3 $\text{ng}/\text{kg t.m.}$ što na nedeljnom nivou iznosi 58,1 $\text{ng}/\text{kg t.m.}$ i niže je od uporedivog scenarija ishrane u Republici Srbiji (172). U Švedskoj je unos DDT hranom procenjen na 7,1 $\text{ng}/\text{kg t.m.}/\text{dan}$, odnosno 0,050 $\mu\text{g}/\text{kg t.m. nedeljno}$ (166). Adamikanova i sar. (173) u studiji rađenoj u Češkoj procenjuju unos DDT hranom od 29,1 $\text{ng}/\text{kg t.m.}/\text{dan}$ (0,204 $\mu\text{g}/\text{kg t.m. nedeljno}$) što je veoma blisko vrednostima za 50. percentil populacije dobijenim u našoj studiji.

I pored zabrane primene DDT se zahvaljujući hemijskoj postojanosti, još uvek detektuje u uzorcima hrane animalnog porekla. Ipak, i u scenarijima u kojima su svim uzorcima u kojima DDT nije detektovan dodeljene vrednosti polovine limita detekcije procenjeni unos ne predstavlja rizik po zdravlje stanovništva Republike Srbije.

5.5. ndl-PCB

Od svih ispitanih grupa namirnica, ndl-PCB su detektovani samo kod slatkovodne ribe (63,4% ispitanih uzoraka), morske ribe (34,3%) i proizvoda od ribe (17,4%). Prose no, najviše ndl-PCB detektovano je u morskoj ribi (10 ng/g), dok je 50. percentil koncentracija ndl-PCB najve i kod slatkovodne ribe (2 ng/g).

Nešto ve e prose ne vrednosti ndl-PCB u ribi nalazimo u studiji EFSA, na osnovu ispitivanja o sadržaju ndl-PCB u namirnicama i hrani za životinje, sprovedenog u 18 zemalja lanica EU, Islandu i Norveškoj, u periodu 1995-2008. Zaklju eno je da je riba namirnica sa najve om koli inom ndl-PCB i da, izuzimaju i jegulje, sadrži prose no 23,4 ng/g (jegulja ak 223 ng/g), (174).

S obzirom na mali broj uzoraka sa detektovanim ndl-PCB, u scenarijima sa 50. i 95. percentilom koncentracija i uslovom da je n.d. = l.d./2, unos ndl-PCB pojedinim namirnicama bio je proporcionalan unosu tih namirnica. Za scenario Aa, imaju i u vidu udeo namirnica u ishrani opšte populacije, u unosu ndl-PCB proizvodi od ribe dominiraju sa 90,4%.

Zahvaljuju i raznovrsnosti mediteranske dijete, unos ndl-PCB je u scenariju Aa gotovo ravnomerno raspore en na morsku i slatkovodnu ribu i proizvode od ribe, dok se kod dece ndl-PCB tako e unose dominantno ribom (94%) i proizvodima od ribe (6%).

Prema procenama EFSA (175), u humanoj ekspoziciji ndl-PCB hrana u estvuje sa više od 90%. Za razliku od naših rezultata, Baars i sar. (176), ispituju i sadržaj ndl-PCB u hrani u Holandiji, dolaze do zaklju ka da u ukupnoj ekspoziciji prednja e meso i proizvodi od mesa sa 27%, zatim riba i proizvodi od ribe (26%), pa mleko i proizvodi od mleka (17%). Razlika može biti posledica primenjene metode sa relativno visokim limitom detekcije ndl-PCB od 1 µg/g namirnica. Nasuprot ovim rezultatima, Törnkvist i sar. (167), za populaciju u Švedskoj procenjuju da je izloženost ndl-PCB preko ribe dominantna (64%). Sli no, na osnovu analize šest indikatorskih ndl-PCB u namirnicama koriš enim u ishrani stanovništva Italije, Fattore i sar. (177), zaklju uju da je riba bila glavni izvor izloženosti ndl-PCB, sa udelom od 59-68%.

Ukupan deterministi ki procenjen nedeljni unos ndl-PCB u najnepovoljnijem scenariju kod opšte populacije iznosio je 0,413 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m., dok je za 50. percentil telesnih masa i primenom srednje vrednosti ndl-PCB u namirnicama, nedeljni unos ndl-PCB bio 0,010 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. za Aa scenario, odnosno 0,116 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. za scenario Ab.

Zbog ve eg unosa ribe, mediteranskom dijetom unosi se i ve a koli ina ndl-PCB ra unato na prose ne koncnetracije ndl-PCB u namirnicama, dok se za 50. percentil koncentracija (Bb), usled malog broja uzoraka sa detektovanim ndl-PCB, ta razlika gubi i vrednosti unosa u obe populacije je gotovo ista, 0,108 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. kod opšte populacije, odnosno 0,105 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. kod mediteranske dijete. Nešto ve e vrednosti unosa ndl-PCB beležimo kod dece, što je rezultat kako ve eg unosa ribe tako i manje telesne mase na koju je unos ra unat. Za Bb scenario za dete telesne mase od 21 kg, procenjeni unos ndl-PCB je 0,149 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m. Za 50. percentil koncentracija ndl-PCB u scenariju Ba, deterministi im pristupom, dolazi se do zaklju ka da populacija dece uopšte i ne unosi ndl-PCB. Razlog ovako izvedene ra unice leži u injenici da u preporu enoj ishrani dece nema slatkovodne ribe, jedine ispitane namirnice u kojoj je broj uzoraka sa detektovanim ndl-PCB prelazio 50%.

Pošto prihvatljivi unos ndl-PCB nije propisan od strane referentnih institucija, za potrebe karakterizacije rizika koriš ena je preporu ena tolerišu a dnevna vrednost unosa ndl-PCB Arnicha i sar. (117) od 10 ng/kg t.m. Deterministi kom procenom rizika, samo za prose ne i vrednosti 50. percentila ndl-PCB, kada su vrednosti niže od limita detekcije ra unate kao nula, HI je niži od jedan. U svim ostalim scenarijima, vrednosti HI ndl-PCB prelaze prihva en bezbedni nivo sa najve im HI od 12,9.

Proporcionalno nedeljnom unosu, vrednosti HI bile se u opsegu 0,01-5,9 kod opšte populacije, 0,08–12,7 kod populacije na mediteranskoj dijeti i 0-12,9 kod dece. Ovako visoke vrednosti mogu se objasniti veoma niskim tolerišu im vrednostima dnevnog unosa za ndl-PCB, budu i da nisu odre ene referentne granice za ovu grupu kontaminanata.

U odnosu na deterministi ku procenu, probabilisti kom metodologijom, kod svih grupa, dobili smo ve e unose ndl-PCB i ve e HI vrednosti. Za sve vrednosti unosa ndl-PCB, osim za deo opšte populacije sa minimalnom ekspozicijom, dobijene HI vrednosti su ve e od jedan, uz uslov da su uzorcima sa nedetektovanim ndl-PCB dodeljene vrednosti

polovine l.d. Suprotno dobijamo ako takvim uzorcima dodelimo vrednost nula. U tom sluaju samo deo opšte populacije sa najvećim unosom ndl-PCB ima povećan rizik od štetnog delovanja ndl-PCB.

Proporcionalno povećanju ekspozicije i kod osoba na mediteranskoj dijeti i kod dece, vrednosti HI su bile više od jedan u svim scenarijima (ne računajući i najmanje izloženi deo populacije), kada su vrednosti u uzorcima u kojima ndl-PCB nisu detektovani računate kao polovina limita detekcije, kao i za 95. percentil vrednosti ndl-PCB, kada je n.d. = 0. Kod populacije na mediteranskoj dijeti vrednosti HI su u opsegu 0,01-15,6, a kod dece od 0,003 do 9. Poređenjem HI vrednosti posmatranih populacionih grupa, može se zaključiti da su HI najveći i kod dece, kao i kod drugih kontaminanata u ovoj studiji.

Prema procenama EFSA, prosečan dnevni unos ndl-PCB odraslih u Evropi je u opsegu 70-315 ng/kg t.m./dan, dok je za decu procenjena količina unetog ndl-PCB nešto veća i iznosi 189-350 ng/kg t.m./dan. Takođe, EFSA napominje da pojedine populacione grupe kao npr. ribolovci, mogu biti izloženi većim količinama ndl-PCB, i do 560 ng/kg t.m./dan (175). Procenjeni unos ndl-PCB EFSA je nešto veći od vrednosti nedeljnog unosa ndl-PCB koji smo dobili u našoj studiji probabilističkom procenom za 50. percentil populacije: 117 ng/kg t.m. za opštu populaciju, 125 ng/kg t.m. za osobe na mediteranskoj dijeti i 153 ng/kg t.m. za decu. U rezultatima EFSA objavljenim 2012. godine, koji se odnose na ispitivanja u 26 zemalja EU u periodu 2008-2010. godina, dobijene su niže vrednosti u poređenju sa prethodnim ispitivanjem EFSA. Procenjeno je da je kod dece dnevni unos po kilogramu telesne mase bio od 4,3 ng u Holandiji do 25,7 ng u Španiji (30,1 i 179,9 ng/kg t.m. nedeljno), što je slično unosu kod dece u Republici Srbiji. Kod opšte populacije najmanji dnevni unos ndl-PCB bio je, takođe, u Holandiji (4,5 ng/kg t.m.), a najveći i ponovo u Španiji (11,5 ng/kg t.m.), (178).

Baars i sar. (176), ispitujući sadržaj ndl-PCB u hrani u Holandiji, dolaze do zaključka da je unos ndl-PCB prosečno 5,6 ng/kg t.m./dan. Sličnu vrednost unosa (4,9 ng/kg t.m./dan), dobijaju i Törnkvist i sar. (167), za populaciju Švedske. Veće vrednosti unosa, na osnovu analize šest indikatorskih ndl-PCB u namirnicama korištenim u ishrani stanovništva Italije, procenjuju Fattore i sar. (177). Oni dobijaju da je unos ndl-PCB kod dece do šest godina 24,6 ng/kg t.m./dan (u Srbiji 21,3 ng/kg t.m./dan, Bb scenario), kod

dece od 7. do 12. godine 16,1 ng/kg t.m./dan, a da je unos najniži u populacionoj grupi odraslih 10,9 ng/kg t.m./dan. Nešto niže vrednosti procenjuju u Francuskoj, Arnic i sar. (117). Za grupu dece od 3 do 14 godina dobijena je vrednost unosa ndl-PCB od 12,9 ng/kg t.m./dan, a za starije od 15 godina 7,7 ng/kg t.m./dan. Na Grenlandu, ije stanovništvo ishranu bazira, prvenstveno, na ribi, procenjeni dnevni unos 10 kongenera ndl-PCB (28, 31, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 i 180) bio je 23 µg, što bi za osobu prose ne mase od 70 kg iznosilo 0,33 µg/kg t.m./dan, a to je gotovo tri puta više od unosa prose ne populacije u Republici Srbiji (165). U SAD je procenjeni dnevni unos sedamdesetih godina prošlog veka bio 30 ng/kg t.m., da bi istraživanja po etkom devedesetih pokazala da je unos ndl-PCB pao ispod 1 ng/kg t.m. (74).

I pored injenice da su u ve ini scenarija za sve tri ispitivane grupe dobijeni HI ve i od jedan, procenjeni rizik treba uzeti sa rezervom. Unos ndl-PCB u Republici Srbiji, uglavnom, je manji od unosa u drugim zemljama, dok je prihva ena radna tolerišu a vrednost izuzetno niska. Ona je izvedena iz TDI vrednosti od 20 ng PCB/kg t.m./dan, koju je 2003. godine usvojila WHO, tj. IPCS (179). Imaju i u vidu nepostojanje regulatornih vrednosti za unos ndl-PCB, Arnic i sar. su predložili, budu i da 50% od ukupnih PCB ine 6 indikatorskih kongenera, da TDI vrednost za ndl-PCB bude 10 ng/kg t.m. Me utim, ovu vrednost treba koristiti isklju ivo kao “radnu” s obzirom da analiti ki pristup ukupnim PCB podrazumeva izuzetno osetljive instrumente koji mogu detektovati PCB na veoma niskim nivoima.

5.6. PBDE

Polibromovani difenil etri su detektovani samo u uzorcima morske ribe (21,1%), proizvoda od ribe (19,6%) i slatkovodne ribe (7,2%). Od kongenera, detektovani su samo kongener 47, i to u svim uzorcima, i kongener 100 u 12% uzoraka. Relativno visok limit detekcije, od 1 ng/g uslovio je da su PBDE detektovani samo u ovoj grupi namirnica, s obzirom da se u drugim vrstama namirnica, prvenstveno mesu, mleku i jajima o ekuju niže vrednosti od 1 µg/kg PBDE.

Najviše koncentracije PBDE detektovane su u morskoj ribi (1-6 ng/g). U ispitivanju EFSA objavljenom 2011. godine, vrednosti PBDE u ribama bile su slične vrednostima dobijenim u našem ispitivanju. Prosečno je u ribama sa sadržajem masti većim od 8% detektovano 3,09 µg/kg šest kongenera PBDE ispitanih i u našoj studiji. U ribama sa sadržajem masti od 2-8%, prosečna koncentracija PBDE je bila 1,51 µg/kg, dok je u ribama sa manje od 2% masti bila prosečno 0,22 µg/kg PBDE (180). Najzastupljeniji kongener je PBDE 47, sa preko 50% udela u ukupnoj količini PBDE.

Doprinos ukupnom unosu PBDE zavisio je od vrste ribe/proizvoda preporučene za određenu populaciju. Tako je opšta populacija PBDE unosila dominantno proizvoda od ribe (94,1%), obzirom na udeo ove vrste namirnica u pretpostavljenoj ishrani. Mediteranskom dijetom se preporučuje uravnotežen unos morske i slatkovodne ribe i proizvoda od ribe, dok je jelovnicima predškolskih ustanova predviđena samo morska riba uz mali udeo proizvoda od ribe, pa je i unos PBDE dominantan preko morske ribe (95,6%).

U pomenutoj EFSA studiji, u Evropi je za različite kongenere različiti udeo u ukupnom unosu. Kongener PBDE 47, koji je najzastupljeniji u hrani, najviše se unosi preko ribe, 78,5%, a zatim preko životinjskih masti, 20,8%. Za kongener 100, koji je takođe detektovan u našim ispitivanjima, EFSA procenjuje da se 59,1% unosi preko ribe i proizvoda od ribe. U Kini su Chan i sar. (181) ispitivali unos PBDE u dva regiona sa pogonima za reciklažu elektronskog otpada. Glavni izvori ekspozicije PBDE (88-98%) bili su riba i proizvodi od ribe, a najzastupljeniji kongener 47.

U našem radu, deterministički procenjen nedeljni unos PBDE u opštoj populaciji, u najnepovoljnijem scenariju za osobe telesne mase od 51 kg, iznosio je 0,158 µg/kg t.m., dok je za 50. percentil telesnih masa i srednju koncentraciju PBDE nedeljni unos bio 0,108 µg/kg t.m.

Slične vrednosti smo dobili i za populaciju na mediteranskoj dijeti. U zavisnosti od koncentracije PBDE, nedeljni unos se kretao od prosečnih 0,102 µg/kg t.m. za scenario Ab, pa do 0,165 µg/kg t.m. za visoke koncentracije PBDE u namirnicama (5. percentil telesnih masa, n.d. = l.d./2). Zahvaljujući i nešto većem unosu ribe i manjoj telesnoj masi, nedeljni unos PBDE kod dece je veći za 47% od populacije na mediteranskoj dijeti i za 55% od opšte populacije, računato za scenario Bb.

Sli no procenjenom unosu ndl-PCB, i kod unosa PBDE deterministi ka procena, u velikoj meri, zavisi od tretmana uzoraka sa nedetektovanim PBDE, budu i da je samo mali broj ispitanih uzoraka imao detektabilne koli ine PBDE.

Zaklju ak EFSA iz 2011. godine je da još uvek ne postoje validni podaci iz hroni nih toksikoloških studija koji bi poslužili adekvatnoj karakterizaciji rizika u smislu postavljanja tolerišu ih vrednosti za PBDE (180). EPA je 2008. preporu ila oralne referentne doze za PBDE koje pri dnevnoj ekspoziciji tokom života ne predstavljaju rizik po zdravlje oveka. Za deka BDE vrednost je 10 µg/kg/dan, 3 µg/kg/dan za okta PBDE i 2 µg/kg/dan za penta PBDE (118). Deljenjem izra unatog nedeljnog unosa PBDE sa 105 µg/kg t.m., vrednosti izvedene od preporu enih referentnih doza za PBDE, dobili smo vrednosti HI za deterministi ku karakterizaciju rizika od PBDE.

Sli no DDT, i kod PBDE relativno visoka vrednost tolerišu eg nedeljnog unosa, kao i nizak procenjeni unos ribe i proizvoda od ribe, kao glavnog izvora ekspozicije PBDE, uslovljavaju niske vrednosti HI. ak i u najnepovoljnijem scenariju, sa maksimalnim sadržajem PBDE u svim ispitanim namirnicama i ra unato na 5. percentil telesnih masa, HI vrednosti, u svim ispitanim grupama, iznose svega 0,002.

U odnosu na deterministi ku procenu, kod probalisti ke procene su dobijene nešto ve e vrednosti nedeljnog unosa za sve populacione grupe, ali i dalje vrednosti HI manje od jedan.

Sli no ostalim kontaminantima u ovoj studiji, najve i unos PBDE dobijen je kod dece, uz napomenu da su, u svim posmatranim grupama, HI vrednosti daleko od referentnih vrednosti.

Rezultate ispitivanja sprovedenih u Evropi, kojim je obuhva eno 19 PBDE kongenera u 3971 uzoraka hrane, EFSA je objavila 2011. godine (180). Najzastupljeniji su bili kongeneri PBDE 47 i 209, a procenjeni dnevni unos bio je u opsegu 0,29-1,91 ng/kg t.m. za PBDE 47, 0,35-2,82 ng/kg t.m. za PBDE 209, dok je za populaciju sa ve im udelom ribe u ishrani maksimalno procenjeno 7,27 ng PBDE 47/kg t.m./dan. Procena JECFA (182) je da je prose an unos PBDE u Evropi 2,2 ng/kg t.m./dan, a u Severnoj Americi 3,6 ng/kg t.m./dan, odnosno 15,4 ng/kg t.m. i 25,2 ng/kg t.m. nedeljno, što je više od probabilisti ke procene u Republici Srbiji u kojoj smo dobili nedeljni unos PBDE od 4,2 ng/kg t.m. za

opštu populaciju, 11,2 ng/kg t.m. za osobe na mediteranskoj dijeti i 7,7 ng/kg t.m. za decu (50. percentil konc. PBDE, n.d. = 0). Glavni izvor ekspozicije, po JECFA, u Evropi je riba, dok je u Severnoj Americi veći udeo PBDE iz mesa i proizvoda od mesa. U preliminarnoj proceni rizika od PBDE u Kini, na osnovu ispitanih 10 kongenera PBDE, Miyake i sar. (183) zaključuju da su najzastupljeniji kongeneri PBDE 47 i 209, a da je prosečan dnevni unos u opsegu 0,489-0,946 ng/kg t.m. Veće vrednosti beleže Cheung i sar. (184), koji procenjuju da populacija u Hong Kongu unosi morskom ribom PBDE, od 222-1198 ng/dan, a slatkovodnom ribom od 403-2170 ng/dan. U Španiji, Domingo i sar. (185) procenjuju unos PBDE kod prosečne osobe (70 kg) na 1,1 ng/kg t.m./dan i zaključuju da je u periodu 2002-2006. godina došlo do smanjenja unosa za 23%. Od šest ispitanih kongenera, najzastupljeniji je PBDE 47, a najveća količina PBDE detektovana je u ribi. Sličnu vrednost, od 1,2 ng/kg t.m./dan, za Nemačku objavljuju Fromme i sar. (186), a nešto nižu vrednost procenjuju Voorspoels i sar. (187) u Belgiji, i to od 23-48 ng/dan, tj. za osobu telesne mase 70 kg 0,33-0,69 ng/kg t.m./dan i Kiviranta i sar. (72) u Finskoj, 44 ng/dan (0,69 ng/kg t.m./dan za osobu telesne mase 70 kg). U Kini su Chan i sar. (181) ispitali unos PBDE u dva regiona sa pogonima za reciklažu elektronskog otpada. Prosečan unos u Taizhou bio je 44,7 ng/kg t.m., a u Guiyu čak 931 ng/kg t.m. U Tajvanu, naprotiv, Chen i sar. (188) procenjuju dnevni unos na 67,95 ng/dan, što bi za osobu telesne mase 60 kg iznosilo 1,13 ng/kg t.m. (188). Schester i sar. u SAD, u više studija realizovanih od 2004-2010. godine, dobijaju prosečne vrednosti unosa PBDE u opsegu od 50 ng/dan do 89,6 ng/dan, odnosno za osobu telesne mase 70 kg od 0,7 do 1,28 ng/kg t.m. (189-192).

Imaju li u vidu relativno visok limit detekcije primenjene metode i mali broj uzoraka u kojima su PBDE detektovani, procenjeni unosi PBDE u posmatranim populacionim grupama moraju se uzeti sa dozom rezerve.

5.7. INTEGRATIVNA PROCENA RIZIKA

Preko hrane smo istovremeno izloženi brojnim kontaminantima među kojima su i oni koji su ispitani u ovom radu. Ako pretpostavimo da je ukupan efekat ispitivanih teških metala i organohalogenih jedinjenja aditivni, rizik od njihovog unosa procenjen je

sabiranjem vrednosti HI u različitim scenarijima ishrane. U svim posmatranim scenarijima, za sve tri ispitivane grupe, sa izuzetkom opšte populacije za scenario Aa i scenario Ba kod svih populacionih grupa, HI vrednosti izračunate determinističkom metodom veće su od jedan, što ukazuje na povećan rizik od unosa ispitanih kontaminanata.

Kao i kod determinističkog pristupa i pri primeni probabilističkog principa zbir vrednosti HI svih kontaminanata obuhvaćenih ovom studijom, u većini scenarija, veći je od jedan. U opštoj populaciji i kod osoba na mediteranskoj dijeti, HI je manji od jedan samo kod dela populacije sa minimalnim unosom kontaminanata, uz uslov da je n.d. = 0.

Ograničenje ovakvog pristupa je pretpostavka o aditivnosti, imajući u vidu da su toksični efekti pojedinačnih kontaminanata i mehanizmi njihovog delovanja različiti. Tako je prihvatljivi i preporučeni unos svake od ispitivanih supstanci, uzeti kao arbitrarni za izračunavanje indeksa hazarda u karakterizaciji rizika, izražavani su na osnovu toksikoloških studija koje su podrazumevale merenje različitim toksikološkim efektima. Zbog toga, ispitivanja toksičnosti smeša daju realniju sliku u proceni rizika od štetnog delovanja kontaminanata. U literaturi se, u većini slučajeva, pominju epidemiološke studije i modeli sa kontaminantima koji imaju isti ili sličan mehanizam dejstva, ili modeli sa dva kontaminanta koji imaju isti mehanizam dejstva različiti (193-196).

Naši rezultati pokazuju da najveći citotoksični efekat od ispitanih kontaminanata imaju su Cd i PBDE. Za Cd je poznato da preko produkcije ROS može izazvati ćelijsku smrt apoptozom, kao i da povećanje permeabilnosti lizozoma izazvano Cd dovodi do nekrotične smrti ćelija (197-202). Olovo i Hg, preko produkcije ROS, takođe mogu dovesti do smrti ćelija (203, 204). U našoj studiji, značajniji citotoksični efekat Pb i Hg, sa smrtnošću u više od 10% ćelija, ispoljen je samo u najvišim primenjenim koncentracijama i manji je u poređenju sa efektom koji je izazvao Cd. Slično dobijaju i Saidi i sar. (205) ispitujući citotoksičnost Cd, Pb i Hg na ćelijskoj liniji humane jetre HepG2, humanim embrionalnim ćelijama WRL-68 i ćelijskoj liniji jetre pacova FTO2B.

Citotoksičnost organohalogenih jedinjenja u našem ispitivanju je bila veća od citotoksičnog efekta teških metala. Slični koncentracioni nivoi DDT i ndl-PCB izazvali su smrtnost približnog procenta ispitanih ćelija. U poređenju sa PBDE, efekat DDT i ndl-PCB je bio niži, imajući u vidu da su ispitane koncentracije PBDE bile 10 puta niže. U do sada

objavljenim studijama potvrđena je citotoksičnost PBDE. Weihong i sar. (206) dokazuju da PBDE 47 *in vitro* dovodi do povećanja produkcije ROS, oštećenja DNK i apoptoze ćelija humanog neuroblastoma. Hu i sar. (207) dolaze do sličnog zaključka ispitujući citotoksičnost PBDE 209 na ćelijama humanog hepatoma, dok Yan i sar. (208), ispituju citotoksični efekat PBDE 47 na jurkat ćelijama, zaključuju da je, pored indukcije ROS, uzrok apoptoze ćelija i poremećaj mitohondrijalne aktivnosti indukovano PBDE 47. Perez-Maldonado i sar. (209) dokazuju da DDT i njegovi derivati *in vitro* izazivaju apoptozu humanih mononukleara, dok nekrotičnu smrt kao glavni uzrok citotoksičnosti DDT i derivata *in vitro* navode Geri i sar. (210). Iako mehanizam delovanja ndl-PCB nije dovoljno proučeno, Ferrante i sar. (211) dokazuju da je citotoksičnost ndl-PCB povezana sa apoptozom, koja je rezultat redukcije u ekspresiji antiapoptotskih proteina kao i povećanja indukcije proapoptotskih proteina ćelije linije makrofaga.

Ispitivanja *in vitro* su pokazala da se efekti smeše kontaminanata razlikuju od efekata do kojih dovode pojedinačni kontaminanti. Očekivani efekat smeše kontaminanata na preživljavanje ćelija, dobijen sabiranjem efekata svakog kontaminanta za koncentracioni nivo u smeši, niži je od eksperimentalno dobijenog efekta za smeše sa nižim koncentracijama. Smrtnost ćelija koje izazivaju smeše sa dva niža koncentraciona nivoa kontaminanata bila je tri puta odnosno za 46% veća od očekivane. Daljim povećanjem koncentracija ta razlika se smanjuje, da bi u smeši sa najvišim koncentracijama ispoljeni efekat bio niži od pretpostavljenog, aditivnog efekta kontaminanata. S obzirom da su u smeši najmanjih koncentracija primenjene koncentracije kontaminanata koje odgovaraju njihovim nivoima u namirnicama, možemo pretpostaviti da je citotoksični efekat ispitivanih kontaminanata veći od aditivnog, odnosno da je rizik od istovremenog unosa odabranih kontaminanata veći od prostog zbira pojedinačnih rizika. Slično, Campain i sar. (212) u *in vitro* ispitivanju citotoksičnosti smeše olova, kadmijuma, arsena i hroma na keratinocitima dobijaju sinergistički efekat za primenjene niže koncentracije, dok je taj efekat antagonistički za visoke koncentracije ispitanih elemenata. Dostupna ispitivanja toksičnosti smeša pokazuju različite rezultate, u zavisnosti od ispitivanog efekta. Tako je za Cd i Pb u smeši utvrđen efekat veći od aditivnog za neurotoksičnost i reproduktivnu toksičnost, aditivni efekat za kardiovaskularna oštećenja, ali je za nefrotoksičnost i hematotoksičnost

dokazan manji efekat smeše od efekta koji su izazvali ispitivani metali pojedina no (194). U smeši, Hg i Pb pokazuju nešto veći efekat na renalnu funkciju i neurotoksičnost od aditivnog efekta (195). Sinergistički efekat na oštećenje regulatornog mehanizma nivoa dopamina u mozgu pokazuje smeša Hg i PCB (193). *in vivo* studije (213) ukazuju na veći citotoksični potencijal smeše Cd i PBDE 209 u odnosu na pojedinačne otrove, i to primenjuju i u *in vitro* ispitivanjima veoma male koncentracije pomenutih kontaminanata. Imajući u vidu različite mehanizme delovanja ispitivanih kontaminanata, potrebna su opsežnija ispitivanja smeše koja bi uključivala evaluaciju velikog broja štetnih efekata preko odgovarajućih toksikokinetičkih i toksikodinamskih modela.

Jedan od mogućih mehanizama koji dovodi do ćelijske smrti je i produkcija ROS. U objavljenim ispitivanjima, za sve ispitane kontaminante u našoj studiji postoje relevantni dokazi o njihovom efektu na produkciju ROS (18, 28, 56, 197-204, 206-208, 214, 215). U našem *in vitro* ispitivanju, najveća u potpunosti nastajanje ROS pokazali su PBDE, zatim DDT i Cd, dok je veća produkcija ROS u odnosu na kontrolu kod Pb uočena samo za najveću ispitanu koncentraciju. U poređenju sa produkcijom ROS kod pojedinačnih kontaminanata, efekat smeše na produkciju ROS je veći. Međutim, pored i o ekvivalentni aditivni efekat, na osnovu pojedinačno određenih faktora produkcije ROS za koncentracione nivoe u smeši sa eksperimentalno utvrđenim vrednostima produkcije ROS, dobili smo rezultate slične onim dobijenim za citotoksičnost. Naime, smeša najmanjih koncentracija kontaminanata imala je oko dva puta veću produkciju ROS u odnosu na izračunatu vrednost. Veća u smeši većih koncentracija ta razlika je manja, da bi u smešama sa najvećim koncentracijama kontaminanata produkcija ROS bila manja od teoretski ekvivalentnog efekta. Slično ispitivanju citotoksičnosti, možemo zaključiti da je povećana produkcija ROS dokazana za niske koncentracije kontaminanata u smeši, karakteristične za namirnice korišćene u ishrani ispitivanih grupa.

Literaturni podaci, na osnovu *in vitro* i *in vivo* ispitivanja genotoksičnih efekata Cd, sugerišu da Cd ima potencijal da izazove oštećenje DNK, dovede do hromozomskih aberacija i genskih mutacija (216-218). Epidemiološke studije genotoksičnosti Hg su retke, dok *in vitro* studije jasno ukazuju na određenu osetljivost DNK na oštećenja izazvana Hg (219, 220). Iako nekad kontradiktorni, rezultati dostupnih istraživanja genotoksičnosti Pb

ukazuju na to da Pb indukuje oštećenja DNK i hromozomske aberacije perifernih limfocita (221-223). I pored evidentnih dokaza da DDT može dovesti do oštećenja DNK (224-226), podaci ne ukazuju da DDT i njegovi derivati predstavljaju genotoksični rizik u ekološki relevantnim koncentracijama (56). Genotoksičnost PCB je testirana u *in vivo* i *in vitro* studijama, sa, generalno, negativnim rezultatima (74). Studije kod ljudi nisu pokazale genotoksični efekat PBDE, a *in vitro* eksperimentima, takođe, nije dokazano direktno genotoksično delovanje PBDE (81). U vezi sa navedenim, naša ispitivanja genotoksičnosti ne ukazuju na značajnu razliku između efekata pojedinačnih kontaminanata i smeše. Iako su efekti pojedinačnih kontaminanata i njihovih smeša na %DNK u repu jedara i dužinu repova bili veći od kontrolne grupe, nije dokazana dozna zavisnost efekata.

6. ZAKLJU CI

1. Svi uzorci ispitanih namirnica su, u pogledu koncentracija teških metala i organohalogenih jedinjenja, bili u skladu sa važe im propisom, sa izuzetkom jednog uzorka ribe, u kome je sadržaj Hg bio iznad maksimalno dozvoljene koncentracije i 16 uzoraka kakaoa, sa pove anim sadržajem Cd.
2. Kadmijum je detektovan u najve em broju namirnica kao i u najve em broju ispitanih uzoraka; organohalogeni jedinjenja su detektovana isklju ivo u namirnicama animalnog porekla: DDT u mleku, proizvodima od mleka i ribi, a ndl-PCB i PBDE isklju ivo u ribi.
3. Najviše koncentracije kadmijuma su u lignjama i školjkama, žive u re nim ribama, olova u ajevima i za inima, DDT u slatkovodnoj ribi, a ndl-PCB i PBDE u morskoj ribi.
4. Primarni izvor ekspozicije Cd bile su žitarice i povr e. Unos Hg bio je dominantno preko ribe, a Pb preko žitarica, vo a i povr a. Unos DDT bio je pretežno preko mleka, proizvoda od mleka i ribe, a ndl-PCB i PBDE preko ribe.
5. Deterministi kom metodologijom dokazan je pove an rizik od unosa teških metala u scenarijima sa 95. percentilom i maksimalnim koncentracijama; kod ndl-PCB utvr en je pove an rizik i kod scenarija u kojima su koriš ene srednje i 50. percentil koncentracija, dok je kod DDT i PBDE rizik bio prihvatljiv.
6. Probabilisti kom metodologijom dokazan je pove an rizik od unosa Cd kod 50% populacije ispitanih grupa, Hg i Pb kod 5% populacije na mediteranskoj dijeti; kod ndl-PCB utvr en je rizik kod dece u ve ini scenarija i kod 50% populacije odraslih, dok je kod DDT i PBDE rizik bio prihvatljiv.
7. Ukupni rizik od izloženosti ispitivanim kontaminantima putem hrane bio je pove an kod svih populacionih grupa.
8. *In vitro* ispitivanja su pokazala da je citotoksi ni efekat kontaminanata u smešama nižih koncentracija ve i od sume efekata pojedina nih kontaminanata.
9. *In vitro* ispitivanja genotoksi nog efekta nisu pokazala razlike izme u efekata pojedina nih kontaminanata i njihove smeše.

Saglasno dosadašnjim saznanjima, procena rizika kod istovremene izloženosti ve em broju toksi nih supstanci sprovodi se na bazi toksikoloških ispitivanja pojedina nih kontaminanata, što imaju i u vidu različite mehanizme toksi nosti i mogu e *in vivo* interakcije, upu uje na potrebu dodatnih ispitivanja modela prou avanja smeša, u cilju preciznijeg definisanja bezbednih vrednosti izloženosti kontaminantima prisutnim u životnoj sredini.

7. LITERATURA

- (1) WHO, 2008. About the Joint FAO/WHO Expert Committee on food Additives (JECFA) (Internet). 2008. Available from:
http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/about_jecfa.pdf
- (2) Larsen JC. Risk assessment of chemicals in European traditional foods. *Trends Food Sci Tech.* 2006;17:471-81.
- (3) IPCS, 1987. Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food., Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Labour Organisation and the World Health Organization in collaboration with the Food and Agriculture Organization of the United Nations. WHO. *Environmental Health Criteria.* Geneva, Switzerland. 1987;70:1-83.
- (4) Trevit CR and Singh PN. Variant Creutzfeldt-Jakob disease: pathology, epidemiology, and public health implications. *Am J Clin Nutr.* 2003;78:651S-6S.
- (5) Bernard A, Broeckaert F, De Poorter G, De Cock A, Hermans C, Saegerman C, Houins G. The Belgian PCB/dioxin incident: analysis of the food chain contamination and health risk evaluation. *Environ Res.* 2002;88:1-18.
- (6) Tareke E, Rydberg P, Karlsson P, Eriksson S, Tornqvist M. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric Food Chem.* 2002;50:4998-5006.
- (7) WHO, 2008. About the Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR) (Internet). 2008. Available from: <http://www.who.int/ipcs/food/impr/about/en/index.html>
- (8) European Commission, 2002. Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. *Official Journal of the European Union.* 2002;L031:1-24.
- (9) WHO, 2005. Dietary exposure assessment of chemicals in food. Report of a Joint FAO/WHO. Consultation Annapolis, Maryland, USA. 2-6 May 2005.

- (10) WHO, 2004. Robertson A, Tirado C, Lobstein T, Jermini M, Knai C, Jensen JH, Ferro-Lucci A, James WP. Food and health in Europe: a new basis for action. WHO regional publications. European series, Copenhagen, Denmark. 2004;96:1-405.
- (11) Edler L, Poirier K, Dourson M, Kleiner J, Mileson B, Nordmann H, Renwick A, Slob W, Walton K, Wurtzen G. Mathematical modeling and quantitative methods. Food Chem Toxicol. 2002;40:283-326.
- (12) WHO, 1997. Guidelines for Predicting Dietary Intake of Pesticide Residues. GEMS/Food in collaboration with the codex committee on pesticide residues. Document WHO/FSF/FOS/97.7. Geneva, Switzerland: WHO. 1997.
- (13) Kroes R, Muller D, Lambe J, Lowik MRH, van Klaveren J, Kleiner J, Massey R, Mayer S, Urieta I, Verger P, Visconti A. Assessment of intake from the diet. Food Chem Toxicol. 2002;40(2-3):327-85.
- (14) Brüders N, Knetch G, Rappolder M. The German POP-DIOXIN DATABASE – A tool for flexible evaluation available as webservice. Organohalogen Compounds. 2005; 67:2076-8.
- (15) Vose D. Quantitative risk analysis. A guide to Monte Carlo simulation modelling. England: John Wiley & Sons, 1996.
- (16) Lambe J. The use of food consumption data in assessments of exposure to food chemicals including the application of probabilistic modelling. Proceedings of the Nutrition Society. 2002;61(1):11-8.
- (17) Petersen BJ. Probabilistic modelling theory and practice. Food Addit Contam. 2000;17(7):591-9.
- (18) ATSDR, 2008. Draft Toxicological profile for Cadmium. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. 2008.
- (19) Vahter M, Berglund M, Lind B, Jorhem L, Slorach Sand Friberg L. Personal monitoring of lead and cadmium exposure – a Swedish study with special reference to methodological aspects. Scand J Work Environ Health. 1991;17(1):65-74.
- (20) Olsson I M, Bensryd I, Lundh T, Ottosson H, Skerfving S, Oskarsson A. Cadmium in blood and urine – impact of sex, age, dietary intake, iron status, and former smoking – association of renal effects. Environ Health Perspect. 2002;110(12):1185-190.

- (21) Ezaki T, Tsukahara T, Moriguchi J, Furuki K, Fukui Y, Ukai H, Okamoto S, Sakurai H, Honda S, Ikeda M. No clear-cut evidence for cadmium - induced renal tubular dysfunction among over 10,000 women in the Japanese general population: A nation wide large – scale survey. *Int Arch Occup Environ Health*. 2003;76(3):186-96.
- (22) Jin T, Nordberg M, Frech W, Dumont X, Bernard A, Ye TT, Kong Q, Wang Z, Li P, Lundström NG, Li Y, Nordberg GF. Cadmium biomonitoring and renal dysfunction among a population environmentally exposed to cadmium from smelting in China. *Biometals*. 2002;15:397-410.
- (23) Noonan CW, Sarasua SM, Campagna D, Kathman SJ, Lybarger JA, Mueller PW. Effects of exposure to low levels of environmental cadmium on renal biomarkers. *Environ Health Perspect*. 2002;110(2):151-5.
- (24) Teeyakasem W, Nishijo M, Honda R, Satarug S, Swaddiwudhipong W, Ruangyuttikarn W. Monitoring of cadmium toxicity in a Thai population with high-level environmental exposure. *Toxicol Lett*. 2007;169:185-195.
- (25) Trzcinka-Ochocka M, Jakubowski M, Halatek T, Razniewska G. Reversibility of microproteinuria in nickel-cadmium battery workers after removal from exposure. *Int Arch Occup Environ Health*. 2002;75(Suppl):S101-S6.
- (26) Uno T, Kobayashi E, Suwazono Y, Okubo Y, Miura K, Sakata K, Okayama A, Ueshima H, Nakagawa H, Nogawa K. Health effects of cadmium exposure in the general environment in Japan with special reference to the lower limit of the benchmark dose as the threshold level of urinary cadmium. *Scand J Work Environ Health*. 2005;31(4):307-15.
- (27) IARC, International Agency on Research of Cancer. IARC Cancer Databases (Internet). Available from: <http://www.iarc.fr>
- (28) ATSDR, 1999. Toxicological profile for mercury, U.S. Department of health and human services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. March 1999.
- (29) Ersoy B, Çelik M. The essential and toxic elements in tissues of six commercial demersal fish from eastern mediterranean sea. *Food Chem Toxicol*. 2010;48(5):1377-82.
- (30) Merritt KA, Amirbahman A. Mercury methylation dynamics in estuarine and coastal marine environments-A critical review. *Earth Sci Rev*. 2009;96(1-2):54-66.

- (31) Saei-Dehkordi SS, Fallah AA, Nematollahi A. Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the persian gulf: Influence of season and habitat. *Food Chem Toxicol.* 2010;48(10):2945-50.
- (32) Bakir F, Damliji SF, Amin-Zaki L, Murtadha M, Khalidi A, Al-Rawi NY, Tikriti S, Dhahir HI, Clarkson TW, Smith JC, Doherty TW. MeHg poisoning in Iraq. *Science.* 1973;181:230–41.
- (33) Irukayama K, Tsubaki T, Shirakawa K, Hirota K, Kondo K, Sato T, Kanbayashi K. History and background, *In* Tsubaki T & Irukayama K (*Eds.*), Minamata disease. 1977;1–102.
- (34) WHO, 1990. International program on chemical safety, Environmental Health Criteria, 101: Methylmercury, Geneva, Switzerland, 1990.
- (35) Davidson P, Myers G, Cox C, Shamlaye C, Clarkson T, Marsh D, Tanner M, Berlin M, Sloane-Reves J, Cernichiari E, Choisy O, Chor A. Longitudinal neurodevelopmental study of Seychellois children following in utero exposure to MeHg from maternal fish ingestion: Outcomes at 19 and 29 months. *Neurotoxicology.* 1995;16:677–88.
- (36) Grandjean P, Weihe P, White R, Debes F, Araki S, Yokoyama K, Murata K, Sorensen N, Dahl R, Jorgensen P. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol. Teratol.* 1997;19:417–28.
- (37) IARC, 1993. International Agency on Research of Cancer. Mercury and Mercury compounds. IARC Summaries and Evaluations (Internet). 1993. Available from: <http://inchem.org/documents/iarc/vol58/mono58-3.html>
- (38) ATSDR, 2007. Toxicological profile for Lead, Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. 2007.
- (39) Schuhmacher M, Paternain JL, Domingo JL, Corbella J. An assessment of some biomarkers indicative of occupational exposure to lead. *Trace Elem Electrolytes.* 1997;14(3):145-9.
- (40) Gurer-Orhan H, Sabir HU, Ozgunes H. Correlation between clinical indicators of lead poisoning and oxidative stress parameters in controls and lead-exposed workers. *Toxicology.* 2004;195:147-54.

- (41) Goyer RA. Mechanisms of lead and cadmium nephrotoxicity. *Toxicol Lett.* 1989;46:153-62.
- (42) Loghman-Adham M. Renal effects of environmental and occupational lead exposure. *Environ Health Perspect.* 1997;105:928-39.
- (43) Diamond GL. Risk assessment of nephrotoxic metals. In: Tarloff J, Lash L, eds. *The toxicology of the kidney.* London: CRC Press. 2005;1099-132.
- (44) Spivey GH, Baloh RW, Brown CP, Browdy BL, Campion DS, Valentine JL, Morgan DE, Culver BD. Subclinical effects of chronic increased lead absorption - a prospective study: III. Neurologic findings at follow-up examination. *J Occup Med.* 1980;22:607-12.
- (45) Chia SE, Chia KS, Chia HP, Ong CN, Jeyaratnam J. Three-year follow-up of serial nerve conduction among lead – exposed workers. *Scand J Work Environ Health.* 1996;22(5):374-80.
- (46) Triebig G, Weitle D, Valentin H. Investigations on neurotoxicity of chemical substances at the workplace: V. Determination of the motor and sensory nerve conduction velocity in persons occupationally exposed to lead. *Int Arch Occup Environ Health.* 1984;53:189-204.
- (47) Borja-Aburto VH, Hertz-Picciotto I, Lopez MR, Farias P, Rios C, Blanco J. Blood lead levels measured prospectively and risk of spontaneous abortion. *Am J Epidemiol.* 1999;150:590-7.
- (48) Bonde JP, Kolstad H. Fertility of Danish battery workers exposed to lead. *Int J Epidemiol.* 1997; 26(6):1281-8.
- (49) Bonde JP, Joffe M, Apostoli P, Dale A, Kiss P, Spano M, Caruso F, Giwercman A, Bisanti L, Porru S. Sperm count and chromatin structure in men exposed to inorganic lead: Lowest adverse effect levels. *Occup Environ Med.* 2002;59:234-42.
- (50) Gennart J-P, Buchet J-P, Roels H, Ghyselen P, Ceulemans E, Lauwerys R. Fertility of male workers exposed to cadmium, lead or manganese. *Am J Epidemiol.* 1992;135:1208-19.
- (51) Sallmén M, Lindbohm ML, Nurminen M. Paternal exposure to lead and infertility. *Epidemiology.* 2000;11:148-52.

- (52) NAS, National Academy of Sciences. Lead: Airborne lead in perspective. Washington, DC. 1972; 71-177;281-313.
- (53) Bellinger DC, Leviton A, Needleman HL, Waternaux C, Rabinowitz M. Low-level lead exposure and infant development in the first year. *Neurobehav Toxicol Teratol.* 1986;8:151-61.
- (54) Koller K, Brown T, Spurgeon A, Levy L. Recent developments in low-level lead exposure and intellectual impairment in children. *Environ Health Perspect.* 2004;112(9):987-94.
- (55) Lidsky TI, Schneider JS. Lead neurotoxicity in children: Basic mechanisms and clinical correlates. *Brain.* 2003;126:5-19.
- (56) ATSDR, 2002. Toxicological profile for DDT, DDD and DDD, U.S. Department of health and human services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. September 2002.
- (57) Chung SWC, Kwong KP, Yau JCW. Dietary exposure to DDT of secondary students in Hong Kong. *Chemosphere.* 2008;73:65-9.
- (58) Dougherty CP, Holtz SH, Reinert JC, Panyacosit L, Axelrad DA, Wooddurff TJ. Dietary exposure to food contaminants across the United States. *Environ Res.* 2000;84:70-185.
- (59) WHO/IPCS, 1979. Environmental Health Criteria 9, DDT and its derivatives. Geneva, Switzerland. 1979.
- (60) WHO, 2003. Regional Office for Europe. Joint WHO/Convention Task Force on the Health Aspects of Air Pollution – health risks of persistent organic pollutants from long-range transboundary air pollution. Geneva, Switzerland. 2003.
- (61) International Programme on Chemical Safety. DDT: Poison Information Monograph 127. Geneva: WHO; (Internet). 1999 [cited 20 Sep 2004]. Available from: <http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pim127.htm>
- (62) Matsumura F, ed. 1985. Toxicology of insecticides. New York, NY: Plenum Press. 1985.
- (63) Binelli A, Provini A. DDT install a problem in developed countries: the heavy pollution of Lake Maggiore. *Chemosphere.* 2003;52:717-23.

- (64) Leanos-Castaneda O, Kraak VGD, Canul RR, Gold G. Endocrine disruption mechanism of *o, p*'-DDT in mature male tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Toxicol Appl Pharamacol*. 2007;221:158-67.
- (65) JMPR, 2000. Pesticide residues in food 2000: DDT (Internet). Available from: <http://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v00pr03.htm>
- (66) IARC, 2002. DDT and associated compounds (Group 2B). International Agency for Research on Cancer (Internet). Available from: <http://193.51.164.11/htdocs/Monographs/Vol53/04-DDT.HTM>
- (67) Jan J, Tratnik M, Polychlorinated biphenyls in residents around the River Krupa, Slovenia, Yugoslavia. *Bull Environ Contam Toxicol*. 1988;41:809-14.
- (68) Wells DE, de Boer J. Polychlorinated biphenyls, dioxins and other polyhalogenated hydrocarbons as environmental contaminants in food. *Environmental contaminants in food*, CRC Press. 1999;305-63.
- (69) Liem AKD, Fürst P, Rappe C. Exposure of populations to dioxins and related compounds. *Food Addit Contam*. 2000;17(4):241–59.
- (70) Lim Y, Yang J, Kim Y, Chang Y, Shin D. Assessment of human health risk of dioxin in Korea. *Environ Monit Assess*. 2004;92(1–3):211–28.
- (71) EFSA, 2005. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to the presence of non dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCB) in feed and food, Adopted on 8 November 2005. *The EFSA Journal*. 2005;284:1–137.
- (72) Kiviranta H, Ovaskainen MAL, Vartiainen T. Market basket study on dietary intake of PCDD/Fs, PCBs, and PBDEs in Finland. *Environ Int*. 2004;30(7):923–32.
- (73) Antonijevic B, Matthys C, Sioen I, Bilau M, VanCamp J, Willems JL, De Henauw S. Simulated impact of a fish based shift in the population on 3 fatty acids intake on exposure to dioxins and dioxin-like compounds. *Food Chem Toxicol*. 2007;45(11):2279–86.
- (74) ATSDR, 2000. Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs), Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. 2000.

- (75) Safe S. Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Environmental Impact, Biochemical and Toxic Responses, and Implications for Risk Assessment. *Crit Rev Toxicol*. 1994;24(2):87-149.
- (76) Viluksela M, VanderVen L, Schrenk D, Lilienthal H, Andersson P, Halldin K, Håkansson H. Biological and toxicological effects of non-dioxin-like PCBs. *Acta Vet Scand*. 2012;54(Suppl1):S16.
- (77) IARC, International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans Suppl. 7: Update of IARC Monographs vols. 1-42, World Health Organization, Lyons, France. 1987.
- (78) Alae M, Arias P, Sjödin A, Bergman A. An overview of commercially used brominated flame retardants (BFRs) and their applications, changes in their use pattern in different countries/regions over time and possible modes of release. *Environ Int*. 2003;29:683-9.
- (79) WHO, Environmental Health Criteria 192. Flame retardants: A general introduction. International Program on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 1997.
- (80) WHO, Environmental Health Criteria 162. Brominated diphenyl ethers. International Program on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 1994.
- (81) ATSDR, 2004. Toxicological profile for Polybrominated biphenyls and Polybrominated diphenyl ethers, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. 2004.
- (82) Environmental Protection Agency (EPA), 2008. Emerging Contaminants- Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDE) and Polybrominated Biphenyls (PBB), 2008.
- (83) BSEF, 2004. What are brominated flame retardants (Internet)? Available from: http://www.bsef.com/bromine/what_are_bfrs/index.php
- (84) de Wit CY. An overview of brominated flame retardants in the environment. *Chemosphere*. 2002;46:583-624.
- (85) UNEP, 2004. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland, 2004.

- (86) Hites AR. Polybrominated Diphenyl Ethers in the Environment and People: A Meta-Analysis of Concentration. *Environ Sci Technol*. 2004;38(4):945-56.
- (87) Wijesekera R, Halliwell C, Hunter S, Harrad S. Preliminary assessment of UK human exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs). *Organohalogen Compd*. 2002;55:239-42.
- (88) Harrad S, Wijesekera R, Hunter S, Halliwell C, Baker R. Preliminary assessment of U.K. human dietary and inhalation exposure to polybrominated diphenyl ethers. *Environ Sci Technol*. 2004;38:2345-50.
- (89) Domingo JL, Marty-Cid R, Castell V, Llobert JM. Human exposure to PBDEs through the diet in Catalonia, Spain: Temporal trend A review of recent literature on dietary PBDE intake. *Toxicology*. 2008;248:25–32.
- (90) Schechter A, Pöpke O, Tung KC, Staskal D, Birnbaum L. Polybrominated diphenyl ethers contamination of United States food. *Environ Sci Technol*. 2004;38:5306-11.
- (91) Schechter A, Harris TR, Shah N, Musumba A, Pöpke O. Brominated flame retardants in US food. *Mol Nutr Food Res*. 2008;52(2):266-72.
- (92) Huwe JK, Lorentzsen M, Thuresson K, Bergman A. Analysis of mono- to deca-brominated diphenyl ethers in chickens at the part per billion level. *Chemosphere*. 2002;46:635-40.
- (93) Sjödin A, Patterson DG Jr, Bergman A. A review on human exposure to brominated flame retardants (BFRs) - particularly polybrominated diphenyl ethers (PBDEs). *Environ Int*. 2003;29:829-39.
- (94) Sjödin A, Pöpke O, McGahee III, Jones RS, Focant JF, Pless-Mulloli T, Toms LM, Wang R, Zhang Y, Needham L, Herrmann T, Patterson DG. Concentration of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in house hold dust from various countries - inhalation a potential route of human exposure. *Organohal Compds*. 2004;66:3817-22.
- (95) Frederiksen M, Vorkamp K, Thomsen M, Knudsen EL. Human internal and external exposure to PBDEs - A review of level and sources. *Int J Hyg Envir Heal*. 2009;212(2):109-34.

- (96) Thuresson K, Bergman A, and Jakobsson K. Occupational exposure to commercial decabromodiphenyl ether in workers manufacturing or handling flame retarded rubber. *Environ Sci Technol*. 2005;39(7):1980-6.
- (97) Sjödin A, Jones RS, Focant JF, Lapeza C, Wang RY, McGahee EE, Zhang Y, Turner WE, Slazyk B, Needham LL, Patterson Jr DG. Retrospective time-trend study of polybrominated diphenyl ether and polybrominated and polychlorinated biphenyl levels in human serum from the United States. *Environ Health Perspect*. 2004;112:654-58.
- (98) Hakk H, Larsen G, Klasson Wehler E, Örn U and Bergman A. Tissue disposition, excretion, and metabolism of 2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether (BDE- 99) in male Sprague-Dawley rats. *Organohal Compds*. 1999;40:337-40.
- (99) Mörck A, Hakk H, Örn U, Klasson Wehler E. Decabromodiphenyl ether in the rat: absorption, distribution, metabolism, and excretion. *Drug Metab Dispos*. 2003;31:900-7.
- (100) Malmberg T, Athanasiadou M, Marsh G, Brandt I, Bergman A. Hydroxylated PBDE metabolites in rat blood after exposure to a mixture of PBDE congeners. *Organohal Compds*. 2004; 66:3836-41.
- (101) Darnerud PO, Eriksen G, Johannesson T, Larsen P, Viluksela M. Polybrominated diphenyl ethers: occurrence, dietary exposure, and toxicology. *Environ Health Perspect*. 2001;109:49-68.
- (102) Gill U, Chu I, Ryan JJ, Feeley M. Polybrominated diphenyl ethers: Human tissue levels and toxicology. *Rev Environ Contam Toxicol*. 2004;182:55-96.
- (103) Birnbaum SL, Staskal FD. Brominated Flame Retardants: Cause for Concern? *Environ Health Perspect*. 2004;112(1):9-17.
- (104) Darnerud PO. Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife. *Environ Int*. 2003;29:841-53.
- (105) McDonald TA. A perspective on the potential health risks of PBDEs. *Chemosphere*. 2002;46:745-55.
- (106) IARC, 1999. Decabromodiphenyl oxide. International Agency for Research on Cancer. Lyon, France. 1999.
- (107) IRIS, 2006. Toxicological profile for Decabromodiphenylether. Integrated Risk Information System. 2006.

- (108) European Parliament, 2002. Directive on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment 2002/95/EC. Official Journal of the European Union. 2002;L031:127-31.
- (109) EFSA, 2013. Scientific report of EFSA, International Frameworks Dealing with Human Risk Assessment of Combined Exposure to Multiple Chemicals. EFSA Journal. 2013;11(7):3313.
- (110) Timbrell JA. Principles of biochemical toxicology 3rd ed. Ed. Timbrell JA, CRC Press LLC, Taylor & Francis. 1999.
- (111) Ruži P, Milosavljevi R, Novi i S, Makevi D, Krulj M, An elkovi M, Biži Z, oli T, Konstantinovi Ž. Ishrana u predškolskim ustanovama. Zavod za ekonomiku doma instva Srbije, Beograd. 1996.
- (112) Hafer K, Iwamoto KS, Schiestl RH. Refinement of the dichlorofluorescein assay for flow cytometric measurement of reactive oxygen species in irradiated and bystander cell populations. Radiat Res. 2008;169(4):460–8.
- (113) Singh NP, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. Exp Cell Res. 1988;175(1):184–91.
- (114) EFSA, 2009. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. EFSA J. 2009;980:1–139.
- (115) EFSA, 2012. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). The EFSA Journal. 2012;10(12):2985.
- (116) WHO, 1987. Report of the 30th Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Rome, June 2-11, 1986. Geneva, Switzerland. 1987.
- (117) Arnich N, Tard A, Leblanc J, Le Bizec B, Narbonne J, Maximilien R. Dietary intake of non-dioxin-like PCBs (NDL-PCBs) in France, impact of maximum levels in some foodstuffs. Regul Toxicol Pharm. 2009;54:287–93.
- (118) U.S. Environmental Protection Agency, 2008. Solid Waste and Emergency Response. Emerging contaminants - Polybrominated diphenyl ethers (PBDE) and polybrominated biphenyls (PBB). Fact sheet. Washington, DC: EPA; 2008; p. 4.

- (119) UNEP, 2008. Interim Review of Scientific Information on Cadmium. Geneva: United Nations Environment Program. 2008.
- (120) EFSA, 2009. Cadmium in Food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. The EFSA Journal. 2009;980:1–139.
- (121) WHO, 2011. Cadmium. Food Additives Series, 24. Geneva (Internet). Available at: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je09.htm>
- (122) EFSA, 2012. Cadmium dietary exposure in the European population. Scientific Report of EFSA. The EFSA Journal. 2012;10(1):2551,1-37.
- (123) Sand S, Becker W. Assessment of dietary cadmium exposure in Sweden and population health concern including scenario analysis. Food Chem Toxicol. 2012;50:536–44.
- (124) Pravilnik o maksimalno dozvoljenim koli inama 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, Sl. glasnik RS, br. 29/2014, 37/2014, 39/2014 i 72/2014.
- (125) European Commission, 2006. Commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 december 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official journal of European Union. 2006;L 364:5-24.
- (126) Martí-Cid R, Llobet JM, Castell V, Domingo JL. Dietary Intake of Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead by the Population of Catalonia, Spain. Biol Trace Elem Res. 2008;125:120-32.
- (127) ATSDR, 2012. Toxicological profile for cadmium, U.S. Department of health and human services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. September 2012.
- (128) Tsukahara T, Ezaki T, Moriguchi J, Furuki K, Shimbo S, Matsuda-Inoguchi N, Ikeda M. Rice as the most influential source of cadmium intake among general Japanese population. Sci Total Environ. 2003;305:41-51.
- (129) Food and Environmental Hygiene Department, Hong Kong. Dietary exposure to heavy metals of secondary school students, Risk assessment Studies. Report No. 10B. Hong Kong. September 2002.

- (130) Leblanc J, Malmauret L, Guerin T, Bordet F, Boursier B, Verger P. Estimation of the dietary intake of pesticide residues, lead, cadmium, arsenic and radionuclides in France. *Food Addit Contam.* 2000;17:1–8.
- (131) Urieta I, Jalon M, Eguileor I. Food surveillance in the Basque Country (Spain). II. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides, heavy metals, arsenic, aflatoxin M1, iron, zinc through the total diet study, 1990/91. *Food Addit Contam.* 1996;13:29–52.
- (132) Tsooubaris P, Tsoukali-Papadopoulou H. Heavy metals in common foodstuff: daily intake. *Bull Environ Contam Toxicol.* 1994;53:67–70.
- (133) Wilhelm M, Wittsiepe J, Schrey P, Budde U, Idel H. Dietary intake of cadmium by children and adults from Germany using duplicate portion sampling. *Sci Total Environ.* 2002;285:11-9.
- (134) Beccaloni E, Vanni F, Beccaloni M, Carere M. Concentrations of arsenic, cadmium, lead and zinc in homegrown vegetables and fruits: Estimated intake by population in an industrialized area of Sardinia, Italy. *Microchem J.* 2013;107:190–5.
- (135) de Winter-Sorkina R, Bakker MI, van Donkersgoed G, van Klaveren JD. Dietary intake of heavy metals (cadmium, lead and mercury) by the Dutch population. RIVM report 320103001/2003. 2003.
- (136) Liu P, Wang CN, Song XY, Wu YN. Dietary intake of lead and cadmium by children and adults – Result calculated from dietary recall and available lead/cadmium level in food in comparison to result from food duplicate diet method. *Int J Hyg Envir Heal.* 2010;213:450–7.
- (137) Horiguchi H, Oguma E, Sasaki S, Miyamoto K, Ikeda Y, Machida M, Kayama F. Dietary exposure to cadmium at close the current provisional tolerable weekly intake does not affect renal function among female Japanese farmers. *Environ Res.* 2004;95:20-31.
- (138) Director-General Health and Consumer Protection, 2004. Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member States. Reports of experts participating in Task 3.2.11. March 2004.

- (139) Lee H, Cho Y, Park S, Kye S, Kim B, Hahm T, Kim M, Lee JO, Kim C. Dietary exposure of the Korean population to arsenic, cadmium, lead and mercury. *J Food Compos Anal.* 2006;19:S31-S7.
- (140) Leblanc JC, Guérin T, Noël L, Calamassi-Tran G, Volatier JL, Verger P. Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. *Food Addit Contam.* 2005;22(7):624–41.
- (141) Bocio A, Castell V, Falcó G, Gosálbez P, Ramos JC. Chemical contaminants: a total diet study in Catalonia. *Agencia Catalana de Seguretat Alimentaria, Barcelona, Spain.* 2005;146.
- (142) Puklova V, Krskova A, Cerna M, Cejchanova M, Rehurkova I, Ruprich J, Kratzer K, Kubinova R, Zimova M. The mercury burden of the Czech population: An integrated approach. *Int J Hyg Envir Heal.* 2010;213:243–51.
- (143) EFSA, 2012. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *The EFSA Journal.* 2012;10(12):2985.
- (144) Borchers A, Teuber SS, Keen CL, Gershwin ME. Food Safety, *Clinic Rev Allerg Immunol.* 2010;39:95–141.
- (145) Weihe P, Grandjean P, Debes F, White R. Health implications for Faroe Islanders of heavy metals and NDL-PCBs from pilot whales. *Sci Total Environ.* 1996;186:141-8.
- (146) Johansen P, Pars T, Bjerregaard P. Lead, cadmium, mercury and selenium intake by Greenlanders from local marine food. *Sci Total Environ.* 2000;245:187-94.
- (147) Mieiro CL, Pacheco M, Duarte AC, Pereira ME. Fish consumption and risk of contamination by mercury – Considerations on the definition of edible parts based on the case study of European sea bass. *Mar Pollut Bull.* 2011;62:2850-3.
- (148) Buzina R, Stegnar P, Buzina-Suboticanec K, Horvat M, Petric I, Farley TMM. Dietary mercury intake and human exposure in an Adriatic population. *Sci Total Environ.* 1995;170:199-208.
- (149) Sun J, Wang C, Song X, Wu Y, Yuan B, Liu P. Dietary intake of mercury by children and adults in Jinhu area of China. *Int J Hyg Envir Heal.* 2011;214:246–50.
- (150) Nasredinne L, Parent-Massin D. Food contamination by metals and pesticides in the European Union. Should we worry? *Toxicol Lett.* 2002;127:29-41.

- (151) Brussaard JH, Schneijder P, van Aken AM, van Dokkum W, de Vos RH. Dietary intake of food contaminants in the Netherlands – Input from TNO Total Diet Study 1988-1989, Part 1: Cadmium, lead, organochlorine compounds, nitrate and malathion. TNO Nutrition and Food Research, TNO report no. V93567. 1993.
- (152) The 1st French Total Diet Study, Mycotoxins, minerals and trace elements, Direction Générale de l'Alimentation and Institut National de la Recherche Agronomique. 2004.
- (153) EFSA, 2010. Scientific Opinion on Lead in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy, The EFSA Journal. 2010;8(4):1570.
- (154) Cuadrado C, Kumpulainen J, Moreiras O. Contaminants and nutrients in total diets in Spain. *Eur J Clin Nutr.* 1995;49:767-78.
- (155) Kumpulainen J. Proceedings of Technical Work-shop on Trace elements, Natural Antioxidants and Contaminants, Helsinki, Finland, August 25-26, 1995. FAO, vol. 49, Rome. 1995.
- (156) Buchet JP, Lauwery R, Vandervoorde A, Pycke JM. Oral daily intake of cadmium, lead, manganese, copper, chromium, mercury, calcium, zinc, and arsenic in Belgium: a duplicate meal study. *Food Chem Toxicol.* 1983;21:19-24.
- (157) Health and Welfare Canada, 1989. Lead and human health. Health Protection Branch, Ottawa. 1989.
- (158) Moschandreas DJ, Karuchit S, Berry MR, O'Rourke MK, Lo D, Lebowitz MD, Robertson G. Exposure apportionment: Ranking food items by their contribution to dietary exposure. *J Expo Anal Environ Epidemiol.* 2002;12:233-43.
- (159) EFSA, 2010. Scientific Opinion on Lead in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), The EFSA Journal. 2010;8(4):1570.
- (160) Rabbito IS, Bastos WR, Almeida R, Anjos A, de Holanda IB, Galvao RC, Neto FF, de Menzes LM, dos Santos CA, de Oliveira Ribeiro CA. Mercury and DDT exposure risk to fish-eating human populations in Amazon. *Environ Int.* 2011;37:56-65.
- (161) Ssebugere P, Kiremire BT, Kishimba M, Wandiga SO, Nyanzi SA, Wasswa J. DDT and metabolites in fish from Lake Edward, Uganda. *Chemosphere.* 2009;76:212-5.

- (162) Cheung KC, Leung HM, Kong KY, Wong MH. Residual levels of DDTs and PAHs in freshwater and marine fish from Hong Kong markets and their health risk assessment. *Chemosphere*. 2007;66:460-8.
- (163) Kalyoncu L, Agca I, Aktumsek A. Some organochlorine pesticide residues in fish species in Konya, Turkey. *Chemosphere*. 2009;74:885-9.
- (164) Usydus Z, Szlinder-Richert J, Polak-Juszczak L, Komar K, Adamczuk M, Malesa-Cieciewicz M, Ruczunska W. Fish products available in Polish market – Assessment of the nutritive value and human exposure to dioxins and other contaminants. *Chemosphere*. 2009;74:1420-28.
- (165) Johansen P, Muir D, Asmund G, Riget F. Human exposure to contaminants in the traditional Greenland diet. *Sci Total Environ*. 2004;331:189-206.
- (166) Darnerud PO, Atuma S, Aune M, Bjerselius R, Glynn A, Petersson Grawé K, Becker W. Dietary intake estimations of organohalogen contaminants (dioxins, NDL-PCB, PBDE and chlorinated pesticides, e.g. DDT) based on Swedish market basket data. *Food Chem Toxicol*. 2006;44:1597-1606.
- (167) Törnkvist A, Glynn A, Aune M, Darnerud PO, Ankaberg EH. PCDD/F, NDL-PCB, PBDE, HBCD and chlorinated pesticides in a Swedish market basket from 2005 – Levels and dietary intake estimations. *Chemosphere*. 2011;83:193-9.
- (168) Chung SWC, Kwong KP, Yau JCW. Dietary exposure to DDT of secondary school students in Hong Kong. *Chemosphere*. 2008;73:65-9.
- (169) Yu Y, Wang B, Wang X, Liu W, Cao J, Wong M, Tao S. Temporal trends in daily dietary intakes of DDTs and HCHs in urban populations from Beijing and Shenyang, China. *Chemosphere*. 2013;91:1395–1400.
- (170) Battu RS, Singh B, Kang BK, Joia BS. Risk assessment through dietary intake of total diet contaminated with pesticide residues in Punjab, India, 1999-2002. *Ecotox Environ Safe*. 2005;62:132-9.
- (171) Fromberg A, Granby K, Højgård A, Fagt S, Larsen JC. Estimation of dietary intake of NDL-PCB and organochlorine pesticides for children. *Food Chem*. 2011;125:1179–87.

- (172) Wilhelm M, Schrey P, Wittsiepe J, Heinzow B. Dietary intake of persistent organic pollutants (POPs) by German children using duplicate portion sampling. *Int J Hyg Environ Health*. 2002;204:359–62.
- (173) Adamikanova V, Borkovcova I, Dofkova M, Karpiskova K, Klimova M, Kolackova I, Krbuskova M, Janouskova E, Mikolas J, Ostry V, Pejchalova K, Rehakova J, Resova D, Ruprich J, Rehurkova I, Skarkova J. Environment and Health Monitoring Programme: Part IV. Dietary exposure. Internal report of the National Institute of Public Health, Prague, Czech Republic. 2003.
- (174) EFSA, 2010. Scientific Report, Results of the monitoring of non-dioxin-like PCBs in food and feed. *The EFSA Journal*. 2010;8(7):1701.
- (175) EFSA, 2005. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to the presence of non dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCB) in feed and food, Adopted on 8 November 2005. *The EFSA Journal*. 2005;284:1–137.
- (176) Baars AJ, Bakker MI, Baumann RA, Boon PE, Freijer JI, Hoogenboom LAP, Hoogerbrugge R, van Klaveren JD, Liem AKD, Traag WA, de Vries J. Dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in foodstuffs: occurrence and dietary intake in The Netherlands. *Toxicol Lett*. 2004;151:51–61.
- (177) Fattore E, Fanelli R, Dellate E, Turrini A, Domenico A. Assessment of the dietary exposure to non-dioxin-like PCBs of the Italian general population. *Chemosphere*. 2008;73:S278-S83.
- (178) EFSA, 2012. Update of the monitoring of levels of dioxins and PCBs in food and feed. *The EFSA Journal*. 2012;10(7):2832.
- (179) IPCS/WHO — International Programme on Chemical Safety/World Health Organization, 2003. CICADS 55 (Concise International Chemical Assessment Document). Polychlorinated biphenyls: human health aspects, Geneva (Internet). Available from: <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad55.htm>.
- (180) EFSA, 2011. Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food. *The EFSA Journal*. 2011;9(5):2156.

- (181) Chan JKY, Man YB, Wu SC, Wong MH. Dietary intake of PBDEs of residents at two major electronic waste recycling sites in China. *Sci Total Environ.* 2013;463-464:1138-46.
- (182) Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2005. Evaluation of certain food contaminants: 64th report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Rome, Italy. 2005.
- (183) Miyake Y, Jiang Q, Yuan W, Hanari N, Okazawa T, Wyrzykowska B, So MK, Lam PKS, Yamashita N. Preliminary health risk assessment for polybrominated diphenyl ethers and polybrominated dibenzo-p-dioxins/furans in seafood from Guangzhou and Zhoushan, China. *Mar Pollut Bull.* 2008;57:357-64.
- (184) Cheung KC, Zheng JS, Leung HM, Wong MH. Exposure to polybrominated diphenyl ethers associated with consumption of marine and freshwater fish in Hong Kong. *Chemosphere.* 2008;70:1707-20.
- (185) Domingo JL, Marti-Cid R, Castell V, Llobet JM. Human exposure to PBDEs through the diet in Catalonia, Spain: Temporal trend A review of recent literature on dietary PBDE intake. *Toxicology.* 2008;248:25-32.
- (186) Fromme N, Körner W, Shahin N, Wanner A, Albrecht M, Boehmer S, Parlar H, Mayer R, Liebl B, Bolte G. Human exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDE), as evidenced by data from a duplicate diet study, indoor air, house dust, and biomonitoring in Germany. *Environ Int.* 2009;35:1125-35.
- (187) Voorspoels S, Covaci A, Neels H, Schepens P. Dietary PBDE intake: A market-basket study in Belgium. *Environ Int.* 2007;33:93-7.
- (188) Chen ML, Wang L, Chi YK, Mao CC, Lung SCC, Mao IF. Polybrominated Diphenyl Ethers in Foodstuffs from Taiwan: Level and Human Dietary Exposure Assessment. *Sci Total Environ.* 2012;431:183-7.
- (189) Schecter A, Pöpke O, Tung KC, Staskal D, Birnbaum L. Polybrominated diphenyl ethers contamination of United States food. *Environ Sci Technol.* 2004;38:5306-11.
- (190) Schecter A, Pöpke O, Harris TR, Tung KC, Musumba A, Olson J, Birnbaum L. Polybrominated diphenyl ether (PBDE) levels in an expanded market basket survey of U.S.

food and estimated PBDE dietary intake by age and sex. *Environ Health Perspect.* 2006;114:1515–20.

(191) Schecter A, Colacino J, Patel K, Kannan K, Yun SH, Haffner D, Harris TR, Birnbaum L. Polybrominated diphenyl ether levels in foodstuffs collected from three locations from the United States. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2010;243:217–24.

(192) Schecter A, Haffner D, Colacino J, Patel K, Pöpke O, Opel M, Birnbaum L. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and hexabromocyclodecane (HBCD) in composite U.S. food samples. *Environ Health Perspect.* 2010;118:357–62.

(193) ATSDR, 2004. Interaction profile for: persistent chemicals found in fish (chlorinated dibenzo-*p*-dioxins, hexachlorobenzene, *p,p'*-dde, methylmercury, and polychlorinated biphenyls). Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. 2004.

(194) ATSDR, 2004. Interaction profile for: arsenic, cadmium, chromium, and lead. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. 2004.

(195) ATSDR, 2006. Interaction profile for: chlorpyrifos, lead, mercury, and methylmercury. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA. 2004.

(196) EFSA, 2013. Scientific Report of EFSA. International Frameworks Dealing with Human Risk Assessment of Combined Exposure to Multiple Chemicals. *The EFSA Journal.* 2013;11(7):3313.

(197) Watanabe M, Suzuki T. Involvement of reactive oxygen stress in cadmium-induced cellular damage in *Euglena gracilis*. *Comp Biochem Phys C.* 2002;131:491–500

(198) Barrouillet M, Ohayon-Courtès C, Dubus I, L'azou B, Nguyen Ba C. Influence of cadmium speciation for the evaluation of in vitro cadmium toxicity on LLC-PK1 cells. *Toxicol In Vitro.* 2001;15(4):525–9.

(199) Cui Z-G, Ogawa R, Piao J-L, Hamazaki K, Feril Jr LB, Shimomura A et al. Molecular mechanisms involved in the adaptive response to cadmium induced apoptosis in human myelomonocytic lymphoma U937 cells. *Toxicol In Vitro.* 2011;25(8):1687–93.

- (200) Gonçalves S, Fernandes AS, Oliveira NG, Marques J, Costa J, Fátima Cabral M et al. Cytotoxic effects of cadmium in mammary epithelial cells: Protective role of the macrocycle [15] pyN5. *Food Chem Toxicol.* 2012;50(6):2180–7.
- (201) Zhang W, Zhang M, An S, Xiong B, Li H, Cui C et al. Ecotoxicological effects of decabromodiphenyl ether and cadmium contamination on soil microbes and enzymes. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2012;82:71–9.
- (202) Messner B, Ploner C, Laufer G, Bernhard D. Cadmium activates a programmed, lysosomal membrane permeabilization-dependent necrosis pathway. *Toxicol Lett.* 2012;212(3):268–75.
- (203) Yedjou C, Milner J, Howard C, Tchounwou P. Basic Apoptotic Mechanisms of Lead Toxicity in Human Leukemia (HL-60) Cells. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2010;7:2008-17.
- (204) Kim SH, Sharma RP. Cytotoxicity of inorganic mercury in murine T and B lymphoma cell lines: involvement of reactive oxygen species, Ca²⁺ homeostasis, and cytokine gene expression. *Toxicol In Vitro.* 2003;17:385–95.
- (205) Saïdi SA, Azaza MS, Windmolders P, van Pelt J, El-Feki A. Cytotoxicity evaluation and antioxidant enzyme expression related to heavy metals found in tuna by-products meal: An in vitro study in human and rat liver cell lines. *Exp Toxicol Pathol.* 2013;65:1025–33.
- (206) Weihong H, Ping H, Aiguo W, Tao X, Bayi X, Xuemin C. Effects of PBDE-47 on cytotoxicity and genotoxicity in human neuroblastoma cells in vitro. *Mutat Res.* 2008;649:62–70.
- (207) Hu X-Z, Xu Y, Hu D-C, Hui Y, Yang F-X. Apoptosis induction on human hepatoma cells Hep G2 of decabrominated diphenyl ether (PBDE-209). *Toxicol Lett.* 2007;171(1-2):19–28.
- (208) Yan C, Huang D, Zhang Y. The involvement of ROS overproduction and mitochondrial dysfunction in PBDE-47-induced apoptosis on Jurkat cells. *Exp Toxicol Pathol.* 2011;63:413–417.
- (209) Pérez-Maldonado I, Díaz-Barriga F, de la Fuente H, González-Amaro R, Calderón J, Yáñez L. DDT induces apoptosis in human mononuclear cells in vitro and is associated with increased apoptosis in exposed children. *Environ Res.* 2004;94:38–46.

- (210) Geri M, Ceraj-Ceri N, Gajski G, Vasili Ž, Capuder Ž, Garaj-Vrhovac V. Cytogenetic status of human lymphocytes after exposure to low concentrations of *p,p'*-DDT, and its metabolites (*p,p'*-DDE, and *p,p'*-DDD) *in vitro*. *Chemosphere*. 2012;87:1288–94.
- (211) Ferrante MC, Raso GM, Esposito E, Bianco G, Iacono A, Clausi MT, Amero P, Santoro A, Simeoli R, Autore G, Meli R. Effects of non-dioxin-like polychlorinated biphenyl congeners (PCB 101, PCB 153 and PCB 180) alone or mixed on J774A.1 macrophage cell line: modification of apoptotic pathway. *Toxicol Lett*. 2011;202:61–8.
- (212) Campain JA, Bae D, Gennings C, et al. Toxicological interactions among arsenic, cadmium, chromium, and lead in human keratinocytes. *Toxicol Sci*. 2000;54(1):226.
- (213) Čurčić M, Durgo K, Kopjar N, Anđelić M, Vučinić S, Antonijević B. Cadmium and decabrominated diphenyl ether mixture: In vitro evaluation of cytotoxic, prooxidative and genotoxic effects. *Environ Toxicol Phar*. 2014;38:663-71.
- (214) He W, He P, Wang A, Xia T, Xu B, Chen X. Effects of PBDE-47 on cytotoxicity and genotoxicity in human neuroblastoma cells in vitro. *Mutat Res*. 2008;649(1-2):62-70.
- (215) Zhu Y, Kalen AL, Li L, Lehnler HJ, Robertson I, Goswami PC, Spitz DR, Aykin-Burns. Polychlorinated biphenyl (pcb) - induced oxidative stress and cytotoxicity can be mitigated by antioxidants following exposure. *Free Radic Biol Med*. 2009;47(12):1762–71.
- (216) Filipić M, Hei TK. Mutagenicity of cadmium in mammalian cells: Implication of oxidative DNA damage. *Mutat Res*. 2004;546(1-2):81-91.
- (217) Jianhua Z, Lian X, Shuanlai Z, Juan D, Shuanxi Y. DNA lesion and Hprt mutant frequency in rat lymphocytes and V79 Chinese hamster lung cells exposed to cadmium. *J Occup Health*. 2006;48(2):93-9.
- (218) Depault F, Cojocaru M, Fortin F, Chakrabarti S, Lemieux N. Genotoxic effects of chromium(VI) and cadmium(II) in human blood lymphocytes using the electron microscopy *in situ* end-labeling (EM-ISEL) assay. *Toxicol In Vitro*. 2006;20(4):513-8.
- (219) Suter KE. Studies on the dominant-lethal and fertility effects of the heavy metal compounds methylmercuric hydroxide, mercuric chloride and cadmium chloride in male and female mice. *Mutat Res*. 1975;30:365-74.

- (220) Zasukhina GD, Vasilyeva IM, Sdirkova NI, Krasovsky GN, Vasyukovich LY, Kenesariev UI, Butenko PG. Mutagenic effect of thallium and mercury salts on rodent cells with different repair activities. *Mutat Res.* 1983;124:163-73.
- (221) Fracasso ME, Perbellini L, Solda S, Talamini G, Franceschetti P. Lead induced DNA strand breaks in lymphocytes of exposed workers: Role of reactive oxygen species and protein kinase C. *Mutat Res.* 2002;515:159-69.
- (222) Vaglenov A, Creus A, Laltchev S, Petkova V, Pavlova S, Marcos R. Occupational exposure to lead and induction of genetic damage. *Environ Health Perspect.* 2001;109(3):295-8.
- (223) Danadevi K, Rozati R, Banu BS, Rao HP, Grover P. DNA damage in workers exposed to lead using comet assay. *Toxicology.* 2003;187:183-93.
- (224) Yáñez L, Borja-Aburto V, Rojas E, De la Fuente H, González-Amaro R, Gómez H, Jongitud A, Díaz-Barriga F. DDT induces DNA damage in blood cells. Studies in vitro and in women chronically exposed to this insecticide. *Environ Res.* 2004;94:18–24.
- (225) Pérez-Maldonado IN, Athanasiadou M, Yáñez L, González-Amaro R, Bergman A, Díaz-Barriga F. DDE-induced apoptosis in children exposed to the DDT metabolite. *Sci Total Environ.* 2006;370:343–51.
- (226) Binelli A, Riva C, Cogni D, Provini A. Genotoxic effects of p, p0 -DDT (1,1,1-trichloro-2,2-bis-(chlorophenyl)ethane) and its metabolites in zebra mussel (*D. polymorpha*) by SCGE assay and micronucleus test. *Environ Mol Mutagen.* 2008;49:406–15.
- (227) FAO/WHO (Food and agriculture organisation of the United Nations/World Health Organization. 2012. GEMS/Food Consumption Cluster Diets database. Available at. URL: http://www.who.int/nutrition/landscape_analysis/nlis_gem_food/en/.

8. PRILOZI

PRILOG I

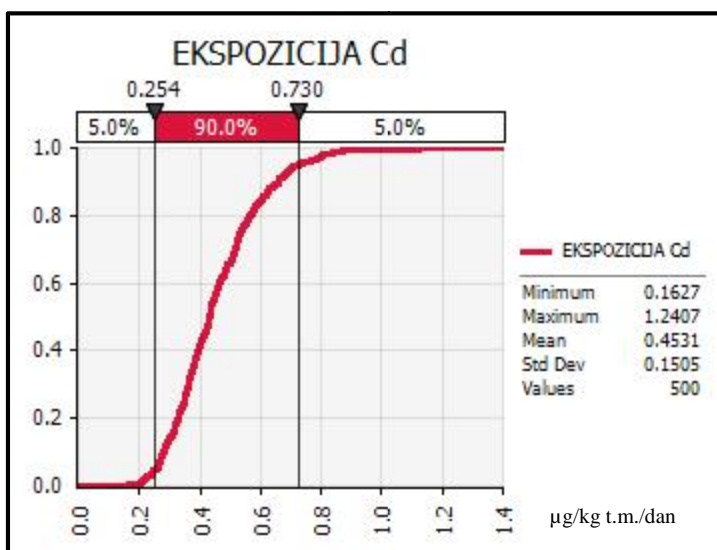
Tabela 1. Dnevni unos namirnica

Namirnica	Dnevni unos, g		
	Opšta populacija*	Mediteranska dijeta**	Deca***
Bobiasto voće	22,1	57,1	0
Citrusi	29	42,9	7,9
Jabučasto	64,6	114,3	28,6
Koštasto voće	31,4	131,4	0
Tropsko i subtropsko voće	30,6	0	17,1
Sušeno voće	2,2	0	3,9
Proizvodi od voća, bez sokova	8,4	0	58,1
Mahunarke i leguminoze	20,9	75,7	23,6
Uljarice	0,6	9,3	0
Koštunjavo voće	4	47	1,4
Krompir	193,4	0	23,6
Proizvodi od krompira	9,5	0	6,3
Kupusnjače	58,7	50	17,7
Lukovice	36,1	37,1	10,1
Krastavac	34,4	28,6	10,3
Paradajz, lubenice, dinje i peckurke	73,9	140	19,2
Lisnato povrće	7,5	0	8,7
Korenasto povrće	25,3	44,3	17,4
Stabljačasto povrće	0,3	14,3	0
Drugo mešano povrće	40,8	175,7	19,3
Začini i dodaci jelima	3,3	0	0,1
Sosovi i sirevi	2,4	2,1	0,3
Žitarice i brašno	262,3	154,3	38,4
Proizvodi od žitarica	19,4	350	84,9
Šećer, med, bombone	87,4	0	15,7
Kakao proizvodi	6,3	0	0
Mlečne masti	14,4	0	0,9
Ostale životinjske masti	14,1	0	0
Živinska mast	0,3	0	0
Biljna mast	43,2	20,7	103
Mleko	352,3	28,6	194,4
Proizvodi od mleka	35,8	201,4	48,1
Meso sisara	114,1	11,4	25
Živinsko meso	55,6	47,1	0
Iznutrice sisara	10	0	7,6
Iznutrice živine	0,9	0	0
Proizvodi od mesa i iznutrica	7,5	24,3	8,3
Jaja	30	17,1	14,4
Proizvodi od jaja	1	0	1,1
Slatkovodna riba	2,1	27,1	0
Morska riba	0,1	11,4	8,6
Rakovi	0,2	0	0
Mekušci i glavonošci	1,6	0	0
Proizvodi od riba	21,7	25,7	1,1
Sokovi od voća i povrća	13,5	121,4	66,1
Bezalkoholna pića	55,7	0	0
Piće na bazi kafe	9,3	0	0
Čajevi	0,9	1,6	0,6
Pivo	225,2	0	0
Druga alkoholna pića	61,4	0	0
Ukupno	2145,7	2011,9	891,8

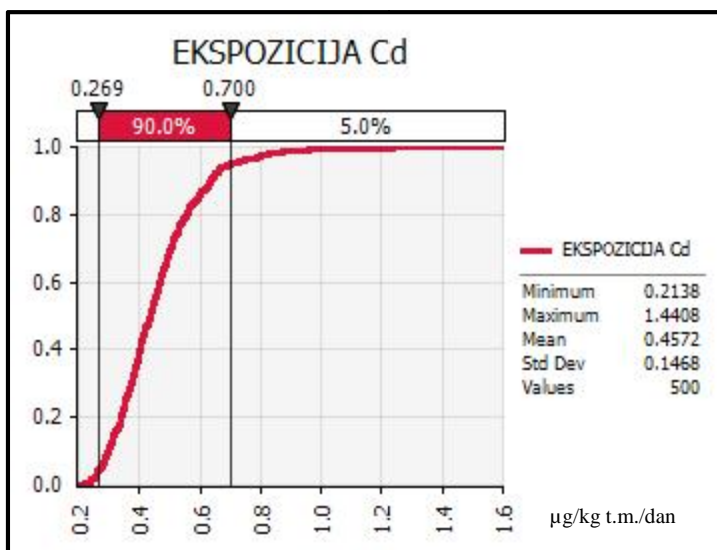
* - FAO/WHO (227); ** - Mediteranski jelovnik 2000 kcal; *** - Ružičić i sar. (111)

Prilog II

Probabilisti ka procena - opšta populacija

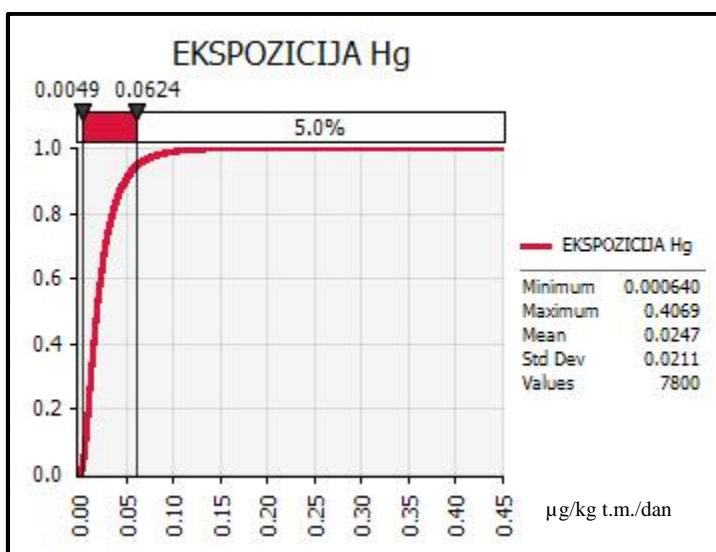


Slika 1. Kriva kumulativne distribucije unosa Cd; n.d.=0

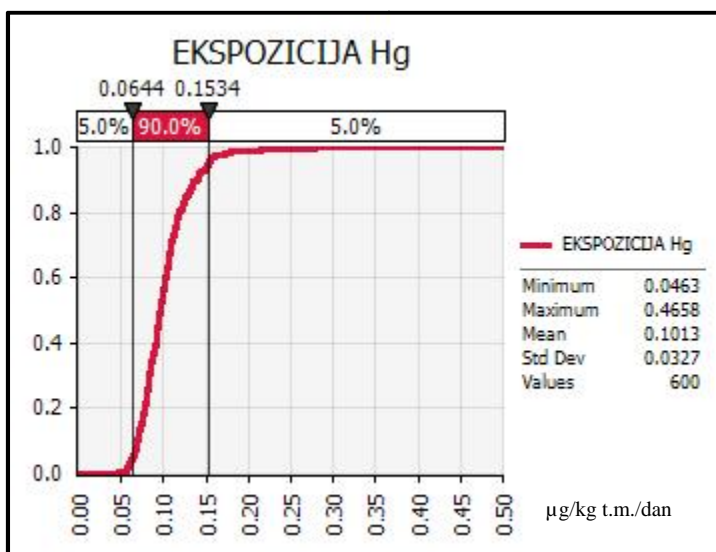


Slika 2. Kriva kumulativne distribucije unosa Cd; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena - opšta populacija

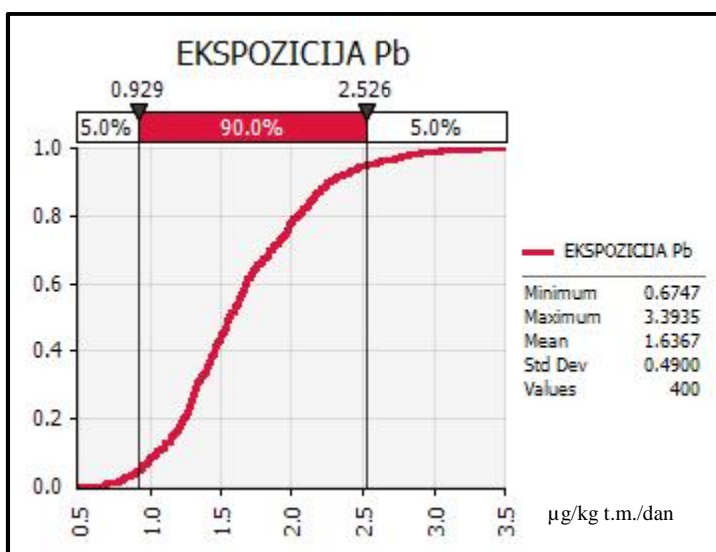


Slika 3. Kriva kumulativne distribucije unosa Hg; n.d.=0

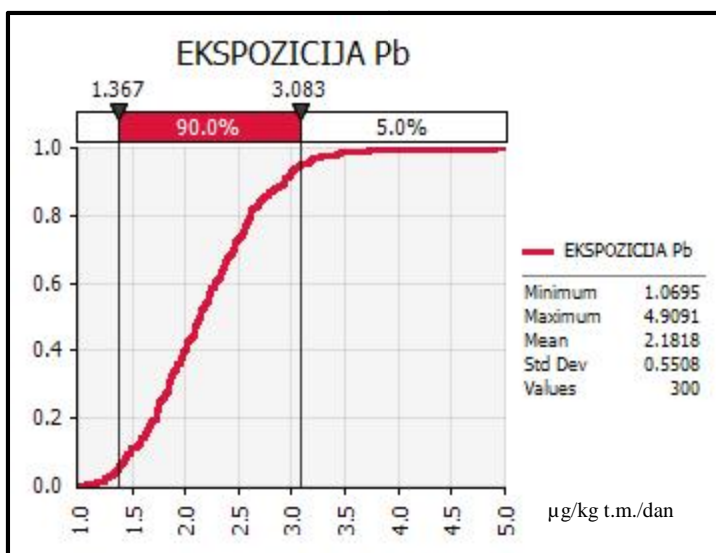


Slika 4. Kriva kumulativne distribucije unosa Hg; n.d.=1.d./2

Probabilisti ka procena - opšta populacija

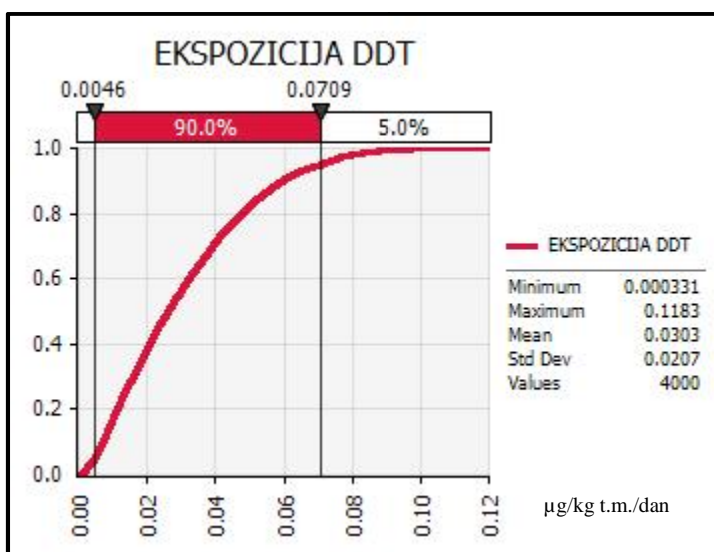


Slika 5. Kriva kumulativne distribucije unosa Pb; n.d.=0

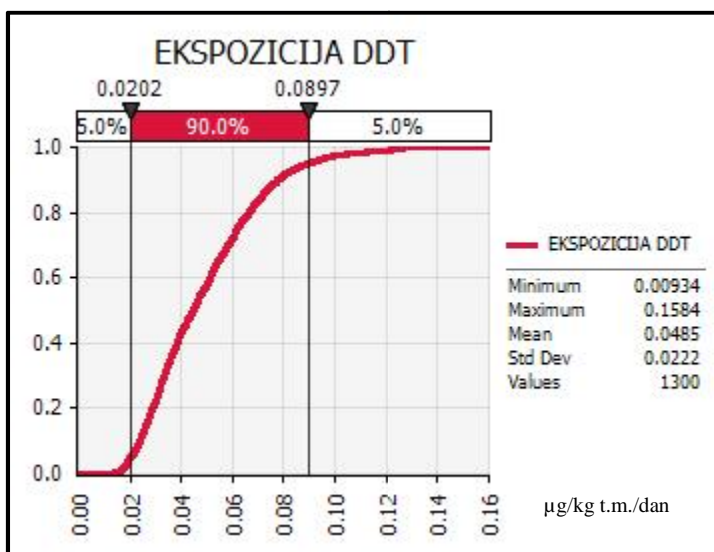


Slika 6. Kriva kumulativne distribucije unosa Pb; n.d.=1.d./2

Probabilisti ka procena - opšta populacija

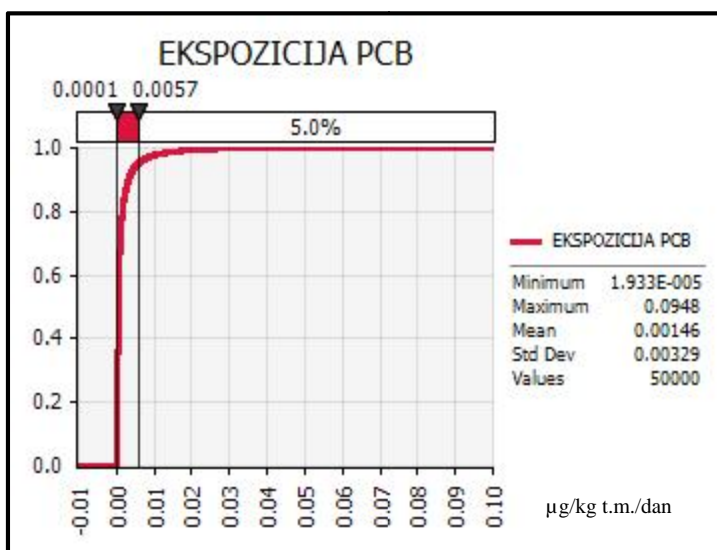


Slika 7. Kriva kumulativne distribucije unosa DDT; n.d.=0

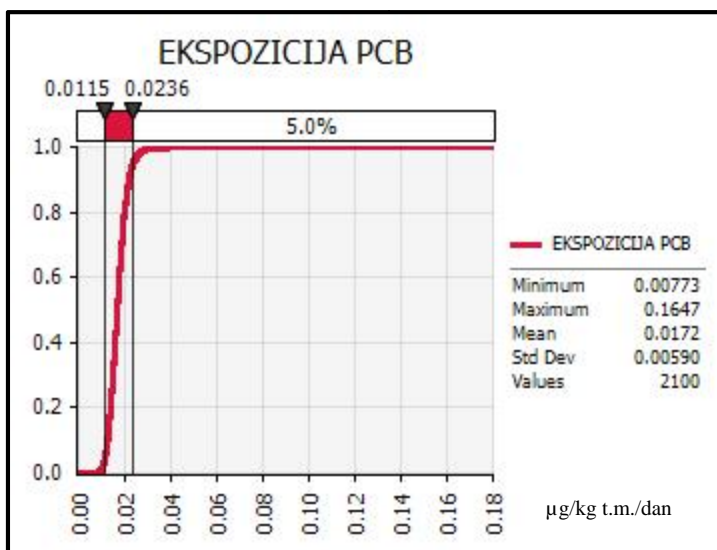


Slika 8. Kriva kumulativne distribucije unosa DDT; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena - opšta populacija

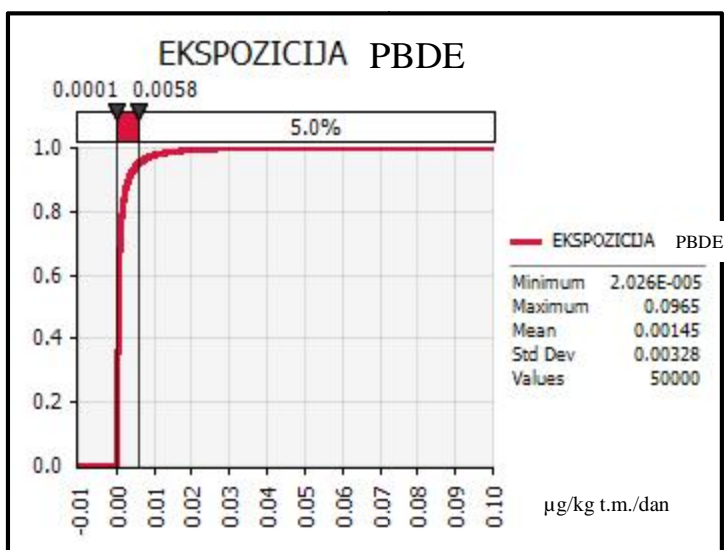


Slika 9. Kriva kumulativne distribucije unosa ndl-PCB; n.d.=0

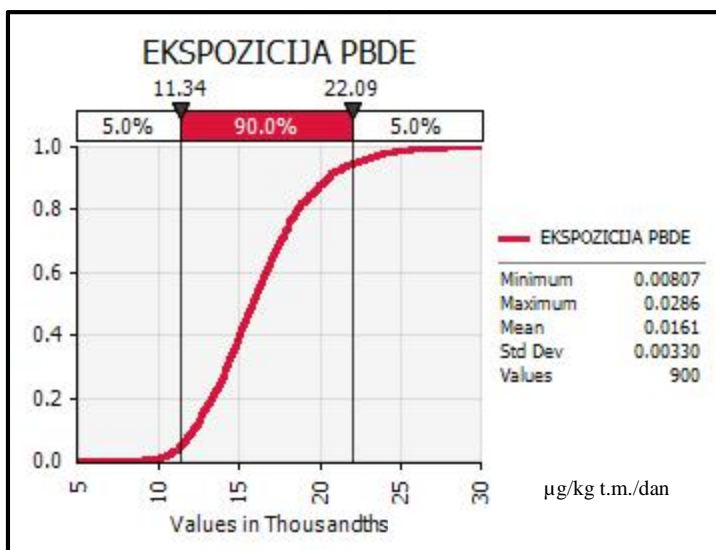


Slika 10. Kriva kumulativne distribucije unosa ndl-PCB; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena - opšta populacija

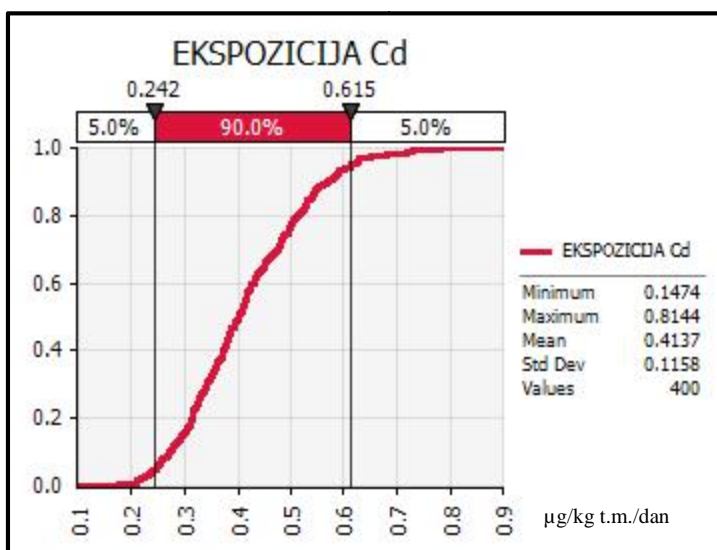


Slika 11. Kriva kumulativne distribucije unosa PBDE; n.d.=0

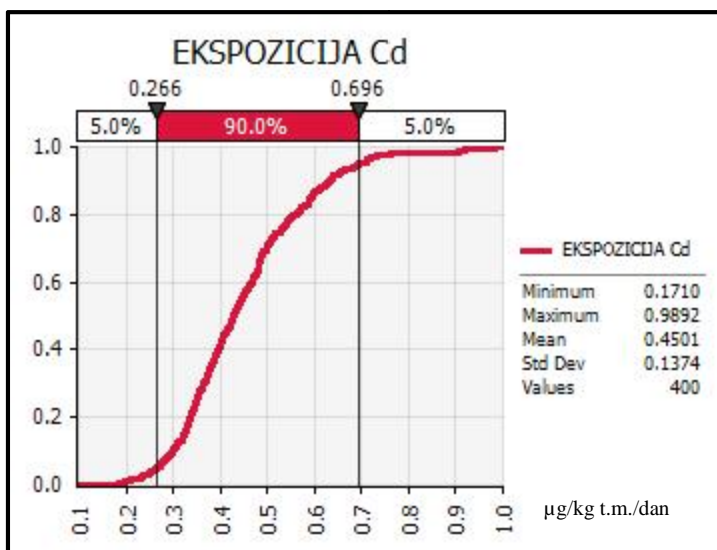


Slika 12. Kriva kumulativne distribucije unosa PBDE; n.d.=1.d./2

Probabilisti ka procena - populacija na mediteranskoj dijeli

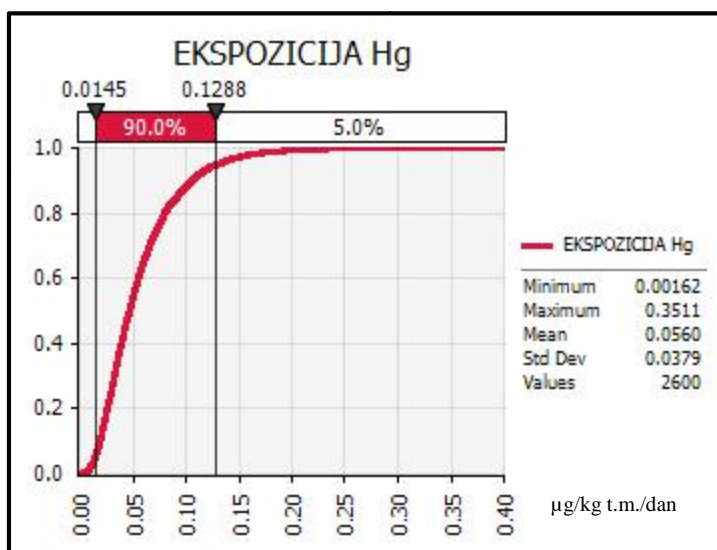


Slika 13. Kriva kumulativne distribucije unosa Cd; n.d.=0

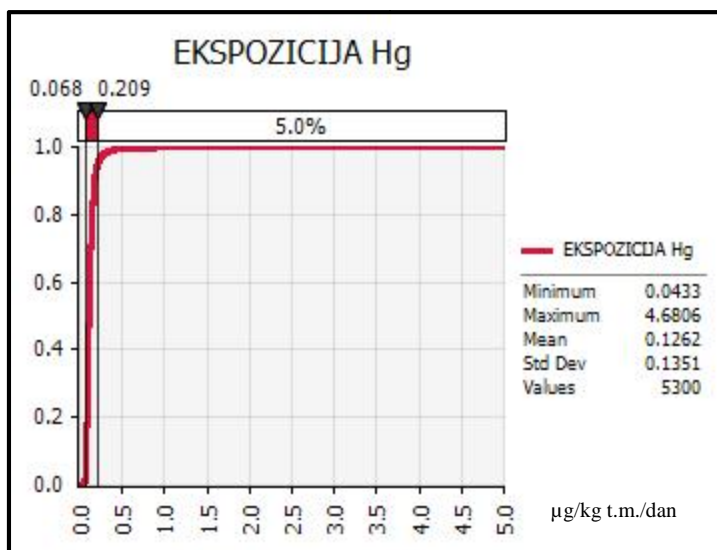


Slika 14. Kriva kumulativne distribucije unosa Cd; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena - populacija na mediteranskoj dijeti

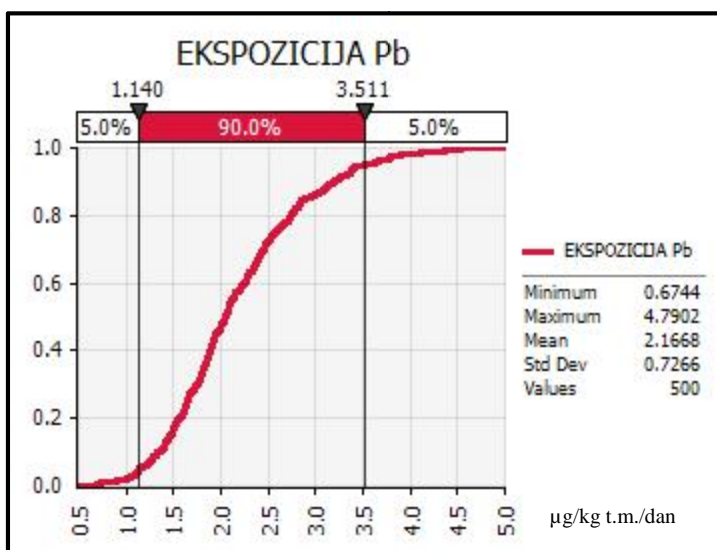


Slika 15. Kriva kumulativne distribucije unosa Hg; n.d.=0

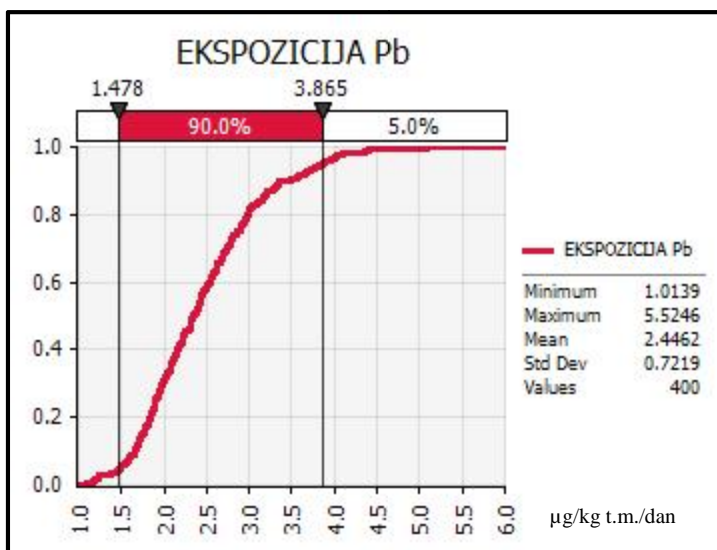


Slika 16. Kriva kumulativne distribucije unosa Hg; n.d.=1.d./2

Probabilisti ka procena - populacija na mediteranskoj dijeli

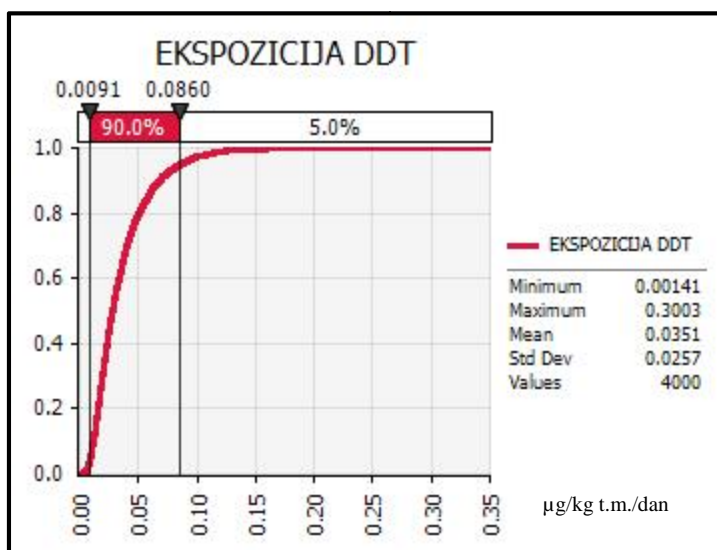


Slika 17. Kriva kumulativne distribucije unosa Pb; n.d.=0

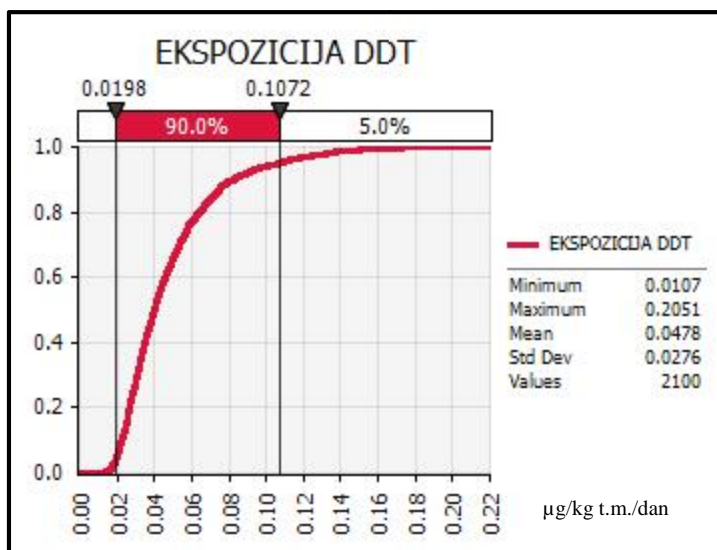


Slika 18. Kriva kumulativne distribucije unosa Pb; n.d.=1.d./2

Probabilisti ka procena - populacija na mediteranskoj dijeti

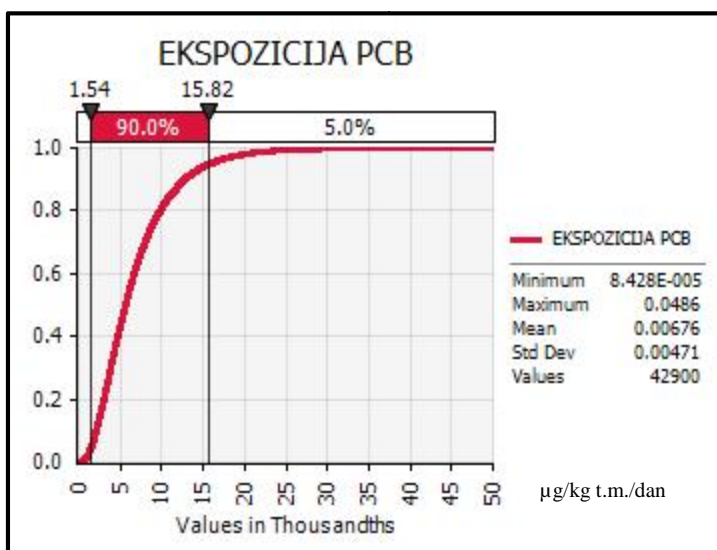


Slika 19. Kriva kumulativne distribucije unosa DDT; n.d.=0

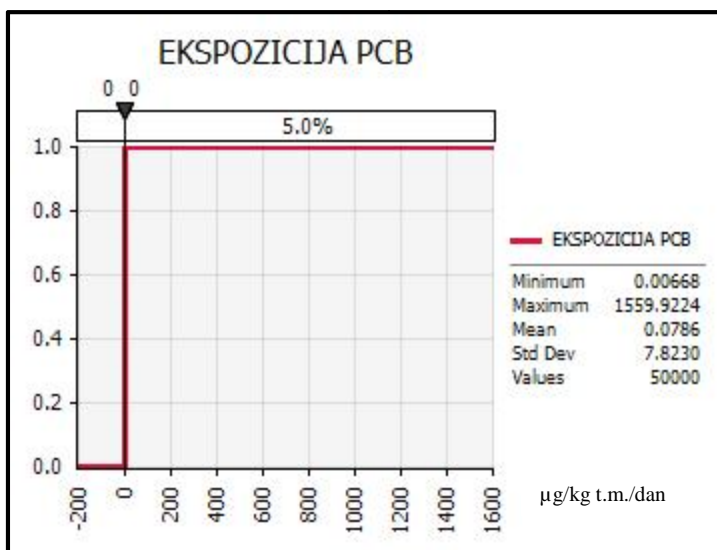


Slika 20. Kriva kumulativne distribucije unosa DDT; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena - populacija na mediteranskoj dijeti

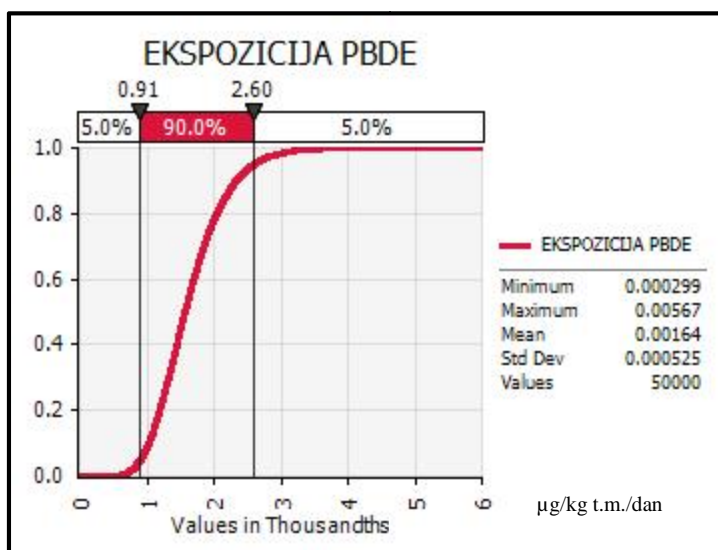


Slika 21. Kriva kumulativne distribucije unosa ndl-PCB; n.d.=0

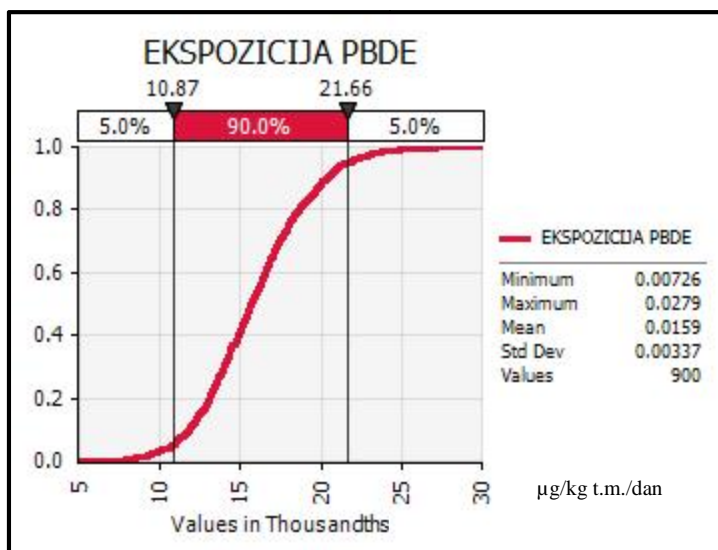


Slika 22. Kriva kumulativne distribucije unosa ndl-PCB; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena - populacija na mediteranskoj dijeti

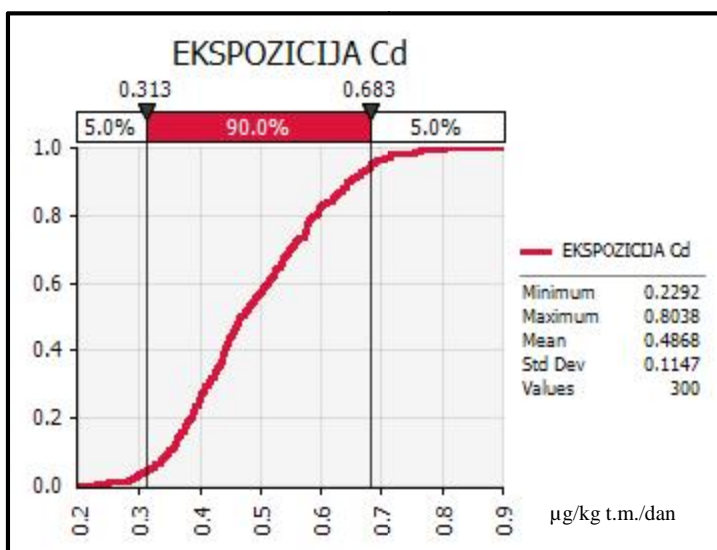


Slika 23. Kriva kumulativne distribucije unosa PBDE; n.d.=0

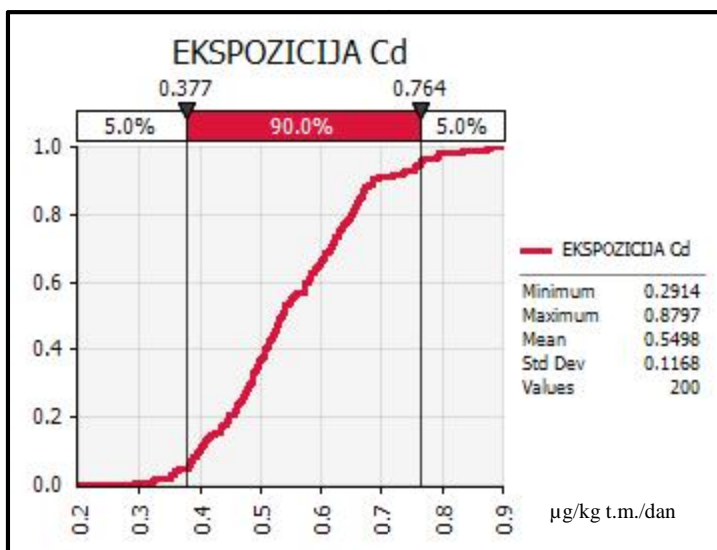


Slika 24. Kriva kumulativne distribucije unosa PBDE; n.d.=1.d./2

Probabilisti ka procena – deca

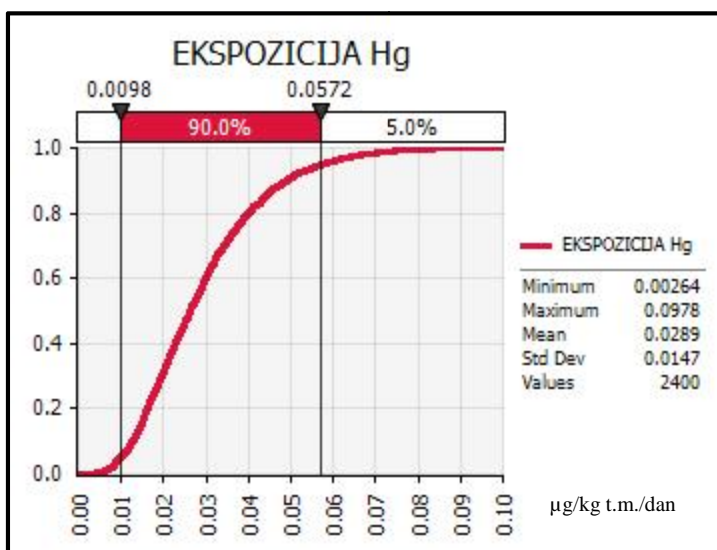


Slika 25. Kriva kumulativne distribucije unosa Cd; n.d.=0

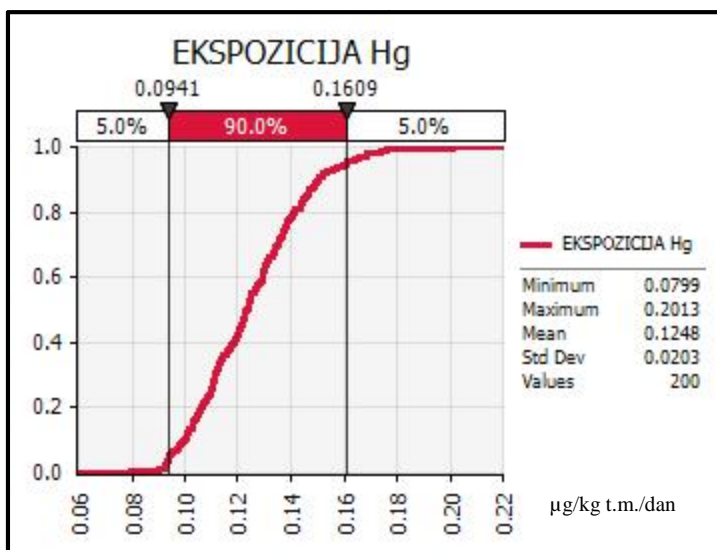


Slika 26. Kriva kumulativne distribucije unosa Cd; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena – deca

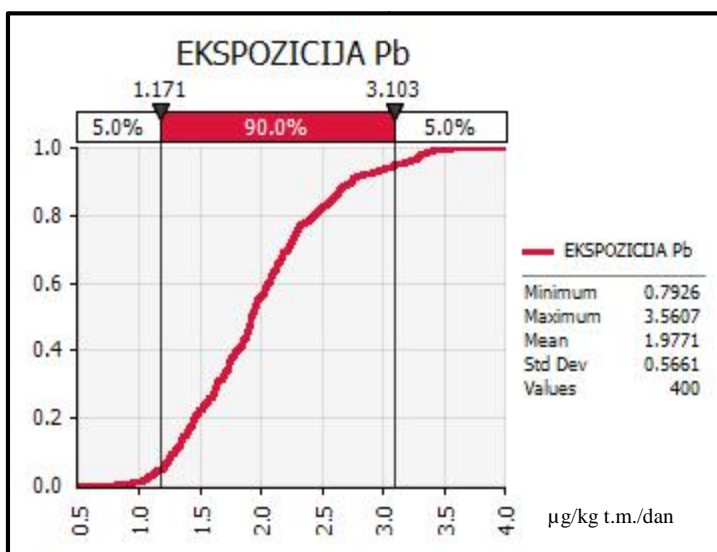


Slika 27. Kriva kumulativne distribucije unosa Hg; n.d.=0

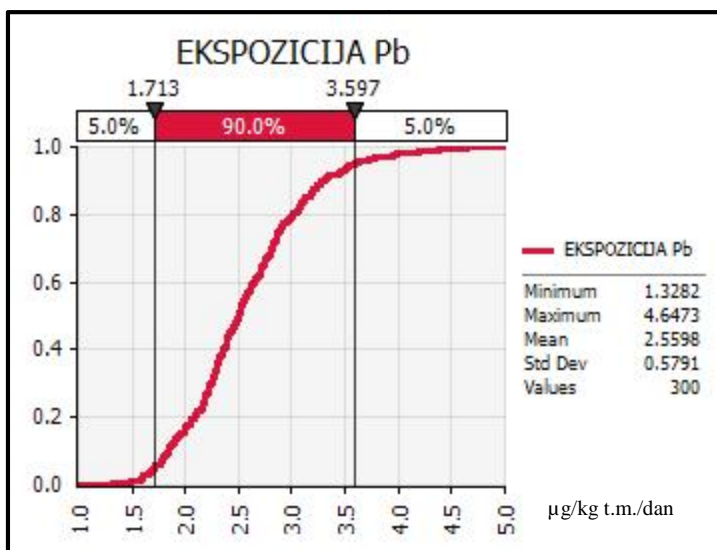


Slika 28. Kriva kumulativne distribucije unosa Hg; n.d.=1.d./2

Probabilisti ka procena – deca

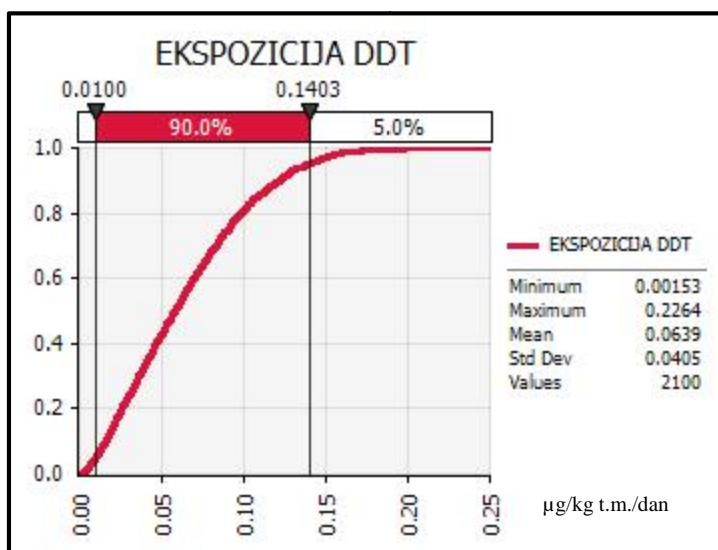


Slika 29. Kriva kumulativne distribucije unosa Pb; n.d.=0

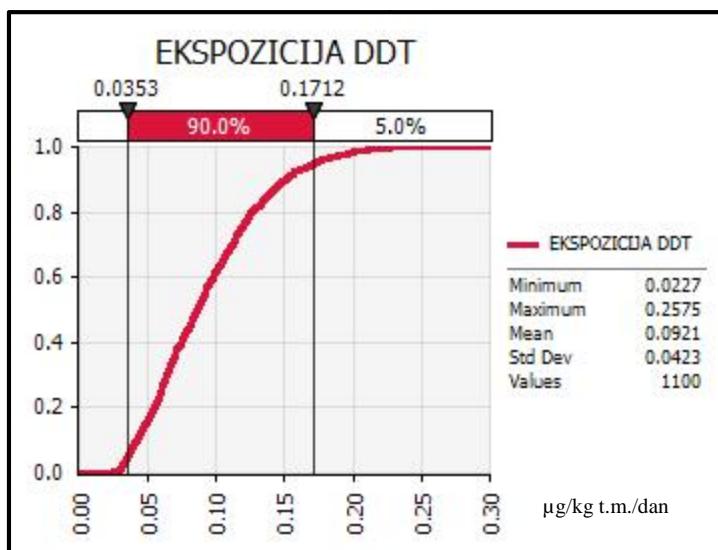


Slika 30. Kriva kumulativne distribucije unosa Pb; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena – deca

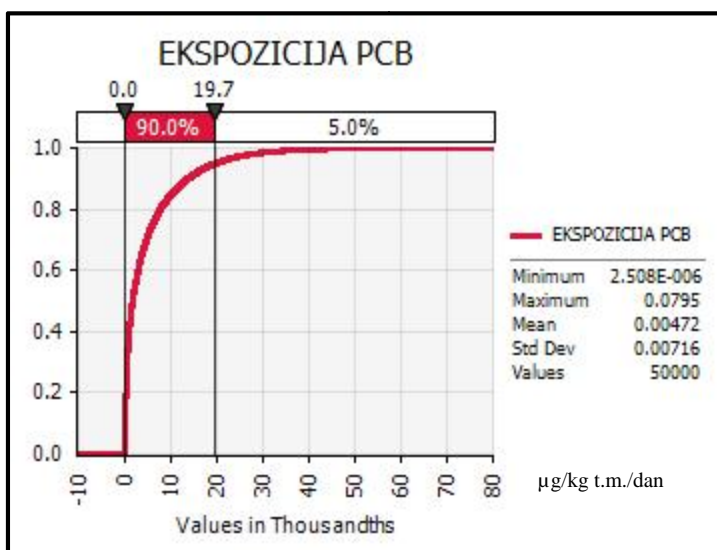


Slika 31. Kriva kumulativne distribucije unosa DDT; n.d.=0

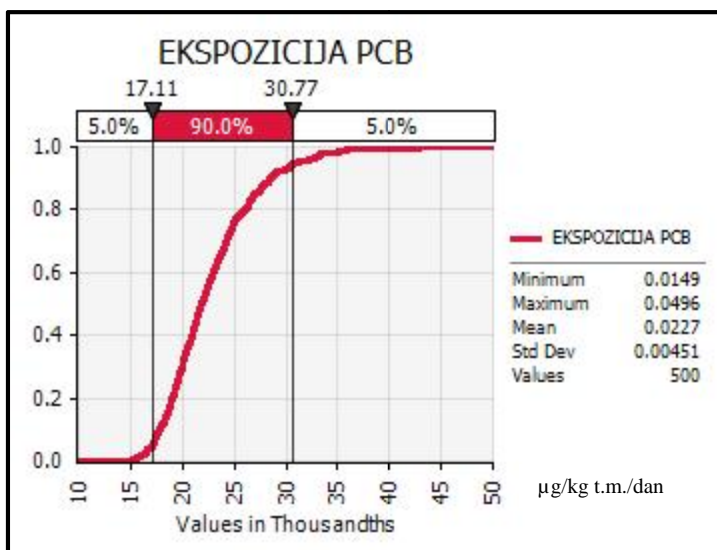


Slika 32. Kriva kumulativne distribucije unosa DDT; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena – deca

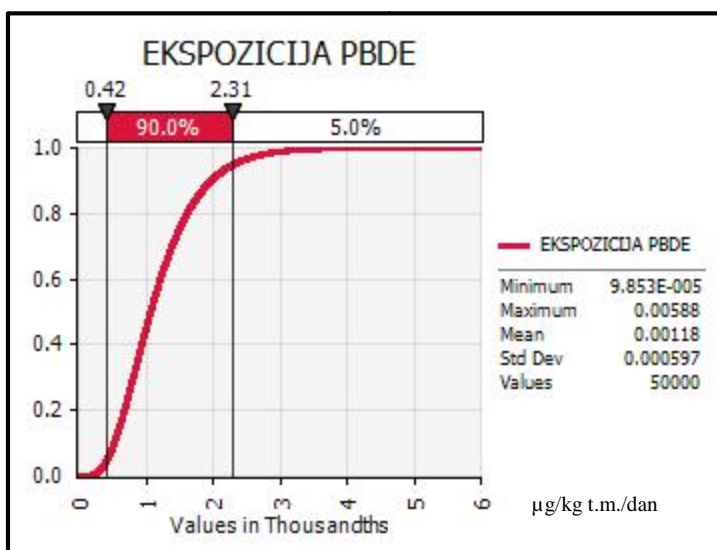


Slika 33. Kriva kumulativne distribucije unosa ndl-PCB; n.d.=0

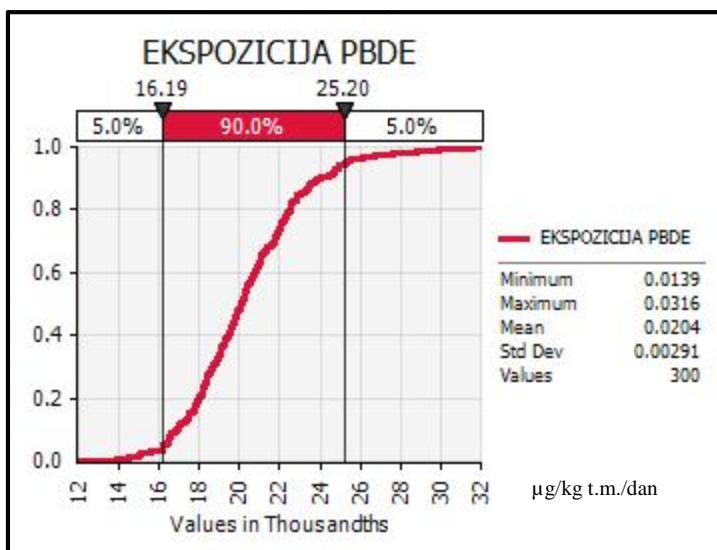


Slika 34. Kriva kumulativne distribucije unosa ndl-PCB; n.d.=l.d./2

Probabilisti ka procena – deca



Slika 35. Kriva kumulativne distribucije unosa PBDE; n.d.=0



Slika 36. Kriva kumulativne distribucije unosa PBDE; n.d.=1.d./2

Biografija autora

Saša Janković je rođen 11.03.1972. godine u Šapcu, gde je završio osnovnu i srednju školu. Školske 1991/92. godine upisao je Farmaceutski fakultet u Beogradu, smer medicinska biohemija, koji je završio januara 1997. godine sa prosečnom ocenom 8,93.

Po diplomiranju, kao stipendista Instituta za higijenu i tehnologiju mesa, Saša Janković 03.02.1997. godine zasniva radni odnos, a 1998. godine je izabran u zvanje i raspoređen na radno mesto istraživača-pripravnika. Od zasnivanja radnog odnosa radio je na poslovima vezanim za određivanje rezidua hemioterapeutika i zagađivača iz okoline u tkivima životinja, namirnicama, predmetima opšte upotrebe i hrani za životinje. Takođe, aktivno učestvuje u izradi i realizaciji Nacionalnog programa kontrole rezidua. Od 1.12.2009. raspoređen je na poslove rukovodioca Odeljenja za ispitivanje rezidua.

U toku rada u Institutu ovladao je brojnim analitičkim tehnikama za ispitivanje rezidua, i to: visokoefikasnom tehnikom hromatografijom (HPLC), gasnom hromatografijom (GC), atomskom apsorpcionom spektrometrijom (AAS), indukovano kuplovanom plazmom sa masenom detekcijom (ICP-MS), tehnikom hromatografijom sa masenom detekcijom (LC-MS/MS) i dr.

Poslediplomske magistarske studije iz toksikologije, na Farmaceutskom fakultetu, upisao je 1998. godine, a 2007. odobreno mu je upisivanje doktorskih akademskih studija iz toksikologije.

Naučnoistraživački i stručni rad Saše Jankovića ogleda se u broju i kvalitetu publikovanih radova na nacionalnom i međunarodnom nivou. Kandidat je objavio 73 publikacije. Od navedenog broja, dva rada su publikovana u vrhunskom međunarodnom časopisu, dva u istaknutom međunarodnom časopisu, četiri rada u međunarodnom časopisu, šest radova u međunarodnom časopisu verifikovanom posebnom odlukom, a 12 radova u vodećem časopisu nacionalnog značaja.

Osim navedenog, Saša Janković je bio učesnik u realizaciji tri naučno-istraživačka projekta iz oblasti tehnološkog razvoja Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj.

Govori, čita i piše ruski jezik, a služi se engleskim jezikom.

Izjave

1.

24/07

- ,
-
- ,
- /

, 19.03.2015.

Garnbet

2.

o

24/07

, 19.03.2015.

Jarnbet

3.

” “

:

/

(Creative Commons)

/ .

1.		
2.	-	
3.	-	-
4.	-	-
5.	-	
6.	-	
(
)

, 19.03.2015. .

Jarmbet