

Procjena navika konzumacije morske ribe u hrvatskoj i određivanje sadržaja elemenata mišićja pridnenih vrsta ribe iz Jadranskoga mora

Novak, Antonela

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:785479>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-16**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan, 2022.

Antonela Novak

PROCJENA NAVIKA
KONZUMACIJE MORSKE RIBE
U HRVATSKOJ
I ODREĐIVANJE SADRŽAJA
ELEMENATA MIŠIĆJA PRIDNENIH
VRSTA RIBE
IZ JADRANSKOGA MORA

Rad je izrađen pod mentorstvom doc. dr. sc. Ivane Rumora Samarin (Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu), u Jedinici za analitičku toksikologiju i mineralni metabolizam, Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu pod komentorstvom dr. sc. Antonije Sulimanec Grgec, mag. nutr., znan. sur.

Zahvala

Od srca se zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Ivani Rumora Samarin i komentorici dr. sc. Antoniji Sulimanec Grgec na stručnom vodstvu, nesebičnoj pomoći i pruženim savjetima. Hvala vam na uloženom vremenu, trudu i strpljenju tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala zaposlenicima Jedinice za analitičku toksikologiju i mineralni metabolizam, Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu, na uloženom radu i pomoći prilikom provedbe eksperimentalnog dijela rada.

Hvala svim prijateljima, unutar i izvan prostorija PBF-a, zahvaljujući kojima je ovo iskustvo bilo znatno lakše i zabavnije.

Zahvaljujem Deni na bezuvjetnoj ljubavi, podršci i bodrenju u ostvarivanju svih mojih ciljeva.

Najveće zahvale mojim roditeljima, Aniti i Tonću, i sestri Lani na beskrajnoj ljubavi i podršci tijekom cijelog života te vjeri u mene tijekom školovanja. Hvala vam što ste uvijek bili tu za mene.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda

Laboratorij za kemiju i biokemiju hrane

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Nutricionizam

Diplomski sveučilišni studij: Nutricionizam

PROCJENA NAVIKA KONZUMACIJE MORSKE RIBE U HRVATSKOJ I ODREĐIVANJE
SADRŽAJA ELEMENATA MIŠIĆJA PRIDNENIH VRSTA RIBE IZ JADRANSKOGA MORA

Antonela Novak, univ. bacc. nutr.

0058210091

Sažetak: Morska riba je vrijedan izvor energije, visoko kvalitetnih proteina, vitamina, omega-3 masnih kiselina i esencijalnih elemenata. Ipak, konzumacijom ribe može se povećati i unos različitih toksikanata koje nakuplja iz okoliša, uključujući živu. Cilj ovog rada bio je ispitati navike konzumacije morske ribe u Hrvatskoj, odrediti sadržaj elemenata u mišićju najčešće konzumiranih pridnenih vrsta iz Jadranskog mora, te procijeniti korist i moguće rizike konzumacije ribe s obzirom na njen elementni sastav. Utvrđeno je da se najviše konzumira svježa riba iz divljeg ulova u Jadranskom moru, 1,4 puta tjedno. Prema vrstama, prosječni raspon koncentracija elemenata (mg/kg) bio je: K: 4523 - 4685; Mg: 335 - 342; Zn: 2,6 - 3,9; Fe: 0,89 - 2,3; Cu: 0,12 - 0,20; Se: 0,19 - 0,45; Hg: 0,07 - 1,2. Arbuni su imali koncentracije žive veće od 1,0 mg/kg. Jedan obrok (150 g) brancina, orade, oslića i/ili trlje blatarice dobar je izvor selena (cca. 75 % DRV), a njegova tjedna konzumacija ne predstavlja rizik od štetnih učinaka žive za zdravlje potrošača.

Ključne riječi: morska riba, esencijalni elementi, živa, navike konzumacije morske ribe

Rad sadrži: 41 stranica, 13 slika, 9 tablica, 42 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: doc. dr. sc. Ivana Rumora Samarin

Komentor: dr. sc. Antonija Sulimanec Grgec, znan. sur., IMI

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. prof.dr.sc. Nada Vahčić
2. doc. dr. sc. Ivana Rumora Samarin
3. dr. sc. Antonija Sulimanec Grgec
4. prof.dr.sc. Ksenija Marković

Datum obrane: 23. rujna 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Quality Control
Laboratory for Food Chemistry and Biochemistry

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

Graduate university study programme: Nutrition

ASSESSMENT OF MARINE FISH CONSUMPTION HABITS IN CROATIA AND CONTENT OF
MUSCLE ELEMENTS OF BOTTOM SPECIES OF FISH FROM THE ADRIATIC SEA

Antonela Novak, univ. bacc. nutr.
0058210091

Abstract:

Marine fish is a valuable source of energy, high-quality proteins, vitamins, omega-3 fatty acids and essential elements. However, consumption of fish can increase the intake of various toxicants that are accumulated from the environment, including mercury. The aim of this work was to examine the consumption habits of sea fish in Croatia, to determine the content of elements in the muscles of the most commonly consumed demersal species from the Adriatic Sea, and to assess the benefits and possible risks of fish consumption with regard to its elemental composition. It was established that the most consumed was fresh fish from the wild catch in the Adriatic Sea, 1,4 times a week. According to species, the average range of element concentrations (mg/kg) was K: 4523 - 4685; Mg: 335 - 342; Zn: 2.6 - 3.9; Fe: 0.89 - 2.3; Cu: 0.12 - 0.20; Se: 0.19 - 0.45; Hg: 0.07 - 1.2. Arbuns had mercury concentrations higher than 1.0 mg/kg. One serving (150 g) of sea bass, sea bream, hake and/or red mullet is a good source of selenium (ca. 75 % DRV), and its weekly consumption does not pose a risk of harmful effects of mercury for the health of the consumer.

Keywords: sea fish, essential elements, mercury, sea fish consumption habits

Thesis contains: 41 pages, 13 figures, 9 tables, 42 references

Original in: Croatian

Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) form is deposited in: The Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

Mentor: Ivana Rumora Samarin, PhD, Assistant Professor

Co-mentor: Antonija Sulimanec Grgec, PhD, Research Associate, IMI

Reviewers:

1. Nada Vahčić, PhD, Full Professor
2. Ivana Rumora Samarin, PhD, Assistant Professor
3. Antonija Sulimanec Grgec, PhD, Research Associate, IMI
4. Ksenija Marković, PhD, Associate Professor

Thesis defended: September 23rd, 2022

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. MORSKA RIBA: KARAKTERISTIKE I HRANJIVA VRIJEDNOST	2
2.2. KEMIJSKI SASTAV MESA MORSKE RIBE	4
2.3. PREHRAMBENE PREPORUKE ZA OČUVANJE ZDRAVLJA VEZANE UZ KONZUMACIJU MORSKE RIBE	5
2.4. NAVIKE KONZUMACIJE MORSKE RIBE U HRVATSKOJ	7
2.5. IZLOŽENOST ŽIVI KONZUMACIJOM MORSKE RIBE	7
3. EKSPERIMENTALNI DIO	11
3.1. CILJEVI I PLAN ISTRAŽIVANJA	11
3.2. ISPITANICI	11
3.3. MATERIJALI	12
3.3.1. Uzorci ribe	12
3.3.2. Kemikalije i standardi	13
3.3.3. Aparatura i pribor	13
3.4. METODE RADA	14
3.4.1. Priprema uzoraka ribe za analizu elemenata	14
3.4.2. Analiza elemenata u uzorcima ribe	16
3.5. OBRADA PODATAKA	17
3.6. IZRAČUNI PROCJENA KORISTI I MOGUĆIH RIZIKA KONZUMACIJE RIBE ZA ZDRAVLJE	17
4. REZULTATI I RASPRAVA	19
4.1. OPĆE ZNAČAJKE ISPITANIKA	19
4.2. NAVIKE KONZUMACIJE MORSKE RIBE ISPITANIKA	21
4.3. ESENCIJALNI ELEMENTI U PRIDNENIM VRSTAMA RIBE IZ JADRANSKOGA MORA	25
4.4. ŽIVA U PRIDNENIM VRSTAMA RIBE IZ JADRANSKOGA MORA	29
4.5. PROCJENA DOBROBITI KONZUMIRANJA MORSKE RIBE ZBOG UNOSA ESENCIJALNIH ELEMENATA I MOGUĆEG RIZIKA ZA ZDRAVLJE ZBOG IZLOŽENOSTI TOKSIČNOJ ŽIVI	32
5. ZAKLJUČCI	36
6. LITERATURA	37

1. UVOD

Tijekom proteklih nekoliko desetljeća znanstvenici su poseban naglasak stavljali na prepoznavanje određenih skupina i vrsta hrane koje imaju povoljan utjecaj na zdravlje. Jedna od tih skupina je i hrana morskoga podrijetla, posebice riba (Verbeke i sur., 2005). Morska riba je prepoznata kao "funkcionalna hrana" što znači da osim svoje osnovne nutritivne vrijednosti na povoljan način utječe na različite funkcije u tijelu i djeluje preventivno na razvoj pojedinih bolesti kao što su bolesti srca, bubrega i kostiju, karcinom i druge (Hei, 2021). Osim što je vrijedan izvor energije, morska riba je važan izvor visoko kvalitetnih proteina, vitamina (A, E, D, B₁₂), esencijalnih elemenata, posebice selen, mangana i bakra te omega-3 masnih kiselina, eikosapentaenske (EPA) i dokosaheksaenske (DHA) masne kiseline (Gil i Gil, 2015). S druge strane, konzumacijom morske ribe može se povećati unos različitih toksičnih elemenata, a time i rizik za zdravlje potrošača (Squadrone i sur., 2016). Od toksičnih metala u ribi, važno je istaknuti živu, odnosno njen visokotoksični organski oblik metilživu, koji može imati štetne učinke na razvoj živčanog sustava djeteta, posebice tijekom prenatalnog razdoblja (EFSA, 2015). Pored navedenog, metilživa štetno djeluje i na imunološki i enzimski sustav, uzrokuje oštećenja živčanog sustava te nepovoljno utječe na ekspresiju gena (Squadrone i sur., 2016). Pojedine vrste ribe kao što su krupne pučinske (tuna i sabljarka) i pridnene vrste (arbut i trlja blatarica) mogu povećano nakupljati živu. Stoga, da bi se osigurala sigurnost konzumacije ribe za konzumente, važno je kontinuirano pratiti razine elemenata u ribljem mišićju (EFSA, 2015).

U Hrvatskoj je do sada provedeno nekoliko istraživanja o navikama konzumacije morske ribe među stanovništvom (EUROFISH, 2017; Tomić i sur., 2017; 2016) kao i o zastupljenosti esencijalnih i toksičnih elemenata u mišićju pučinskih i pridnenih vrsta ribe iz Jadranskoga mora (Sulimanec Grgec i sur., 2022; Sulimanec Grgec i sur., 2020; Bilandžić i sur., 2018; Srebočan i sur., 2014; Žvab Rožić i sur., 2014; Jureša i Blanuša, 2003).

Ciljevi ovog istraživanja bili su odrediti učestalost i preferencije konzumacije morske ribe u stanovnika kontinentalnog i priobalnog područja Hrvatske i odrediti sadržaj glavnih elemenata kalija i magnezija, elemenata u tragovima željeza, cinka, bakra i selen te toksične žive u mesu najčešće konzumiranih vrsta pridnene ribe za koje je poznato da mogu povećano nakupljati živu.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. MORSKA RIBA: KARAKTERISTIKE I HRANJIVA VRIJEDNOST

Morska riba pripada skupini namirnica životinjskog podrijetla čije se redovito konzumiranje uvelike potiče zbog dokazanih blagotvornih učinaka na zdravlje (EUROFISH, 2017). Za razliku od ostalih namirnica životinjskog podrijetla, ribu je jednostavnije pripremiti za jelo, pojesti te naposljetku i probaviti. Riblji proteini su visoko kvalitetni te sadrže sve esencijalne aminokiseline koje imaju važne strukturne i fiziološke uloge (Hei, 2020). Morska riba se tradicionalno smatra dijelom uravnotežene, zdrave prehrane te se putem prehrambenih preporuka potiče njena redovita konzumacija (Ruxton, 2011). Konzumacija ribe preporuča se svim dobnim skupinama stanovništva zbog lakoće probavljanja, sadržaja omega-3 masnih kiselina, vitamina i minerala (Tomić, 2017). Omega-3 masne kiseline, EPA i DHA, imaju povoljan učinak na kardiovaskularni sustav i smanjuju rizik nastanka takvih bolesti što potvrđuju četiri randomizirana kontrolirana istraživanja ($n = 40\ 000$) (Johnsen i sur., 2018). Utvrđeno je da suplementi EPA i DHA mogu smanjiti rizik od srčane smrti kod pacijenata koji su već doživjeli infarkt miokarda, prvenstveno smanjenjem ventrikularne fibrilacije koja je posljedica smanjenog protoka krvi. Slijedom navedenog, Američko udruženje za srce (engl. *American Heart Association*) preporučilo je srčanim bolesnicima svakodnevni unos do 1 g omega-3 masnih kiselina bilo konzumacijom masne ribe ili korištenjem suplemenata ribljih ulja (Johnsen i sur., 2018).

Ribu se često opisuje kao idealnu hranu za mozak. Oko 60 % sive tvari mozga čine molekule lipidne strukture među kojima su EPA i DHA koje djeluju pozitivno na razvoj i funkciju mozga te se povezuju s boljim kvocijentom inteligencije. Posebice treba istaknuti DHA koja je glavni gradivni element moždanog tkiva (sive tvari mozga) i retine (mrežnice oka), a niska razina u tijelu se povezuje s depresijom, gubitkom pamćenja, demencijom i problemima s vidom (Hei, 2021). Trenutno, prehranom se unosi više omega-6 masnih kiselina u odnosu na omega-3, što može dugoročno nepovoljno djelovati na zdravlje. Odnos omega-3 i omega-6 trebao bi biti 4:1. S obzirom da je riba prepoznata kao vrijedan izvor omega-3 masnih kiselina, Europska agencija za sigurnost hrane (engl. *European Food Safety Authority*, *EFSA*) preporučila je konzumirati ribu jednom do dva puta tjedno, što može zadovoljiti preporučeni unos EPA i DHA od 250 mg na dan (Tilami i Samples, 2017).

Riba je i vrijedan izvor visokokvalitetnih i lako probavljivih proteina koji sadrže sve esencijalne aminokiseline. Aminokiseline tirozin, triptofan, arginin i histidin imaju važnu

ulogu u kemijskim reakcijama u mozgu, iz njih se sintetiziraju brojni neurotransmiteri i neuromodulatori i mogu utjecati na raspoloženje. Aromatske aminokiseline fenilalanin, tirozin i triptofan su prekursori neurotransmitera dopamina, serotonina i norepinefrina, a glutamat i aspartat su i sami neurotransmiteri (Hei, 2021). Brojna istraživanja proučavaju djelovanje ribljih proteina, peptida i hidrolizata na različita upalna stanja, metabolički sindrom, osteoporozu, inzulinsku rezistenciju, komorbiditete povezane s pretilosti te razvoj karcinoma. Primjerice, utvrđeno je da proteini iz srdela mogu smanjiti inzulinsku rezistenciju, razine leptina i faktora tumorske nekroze (TNF- α) te oksidativnog stresa kod laboratorijskih štakora s metaboličkim sindromom. Također, proteini bakalara dokazano imaju blagotvoran utjecaj na rast i regeneraciju skeletnih mišića nakon traume. Već četritjedna konzumacije do 60 % proteina iz hrane morskoga podrijetla od ukupne količine proteina u prehrani može smanjiti razine triglicerida u serumu i prevenirati porast razina LDL kolesterola u usporedbi s prehranom koja ne sadrži takve proteine (Tilami i Samples, 2017).

Riba je, uz to što je dobar izvor kvalitetnih masti i proteina dobar izvor i vitamina A, D i B skupine, posebice niacina, B₆, B₉ i B₁₂ koji su važni za regulaciju prijenosa energije u stanice i aktivnosti neurotransmitera u mozgu. (Hei, 2021). Utvrđena je povezanost između učestale konzumacije ribe i smanjenog rizika prijeloma kukova kod osoba starije životne dobi, što se dijelom pripisuje i sadržaju vitamina D u ribi (Tilami i Samples, 2017).

Riba sadrži i različite esencijalne elemente, a posebno se ističu kalcij, fosfor, jod i selen. Kalcij je jedan od najvažnijih minerala za mozak jer ima ulogu prijenosnika informacija među živčanim stanicama te regulira prijenos neurotransmitera i podražljivost neurona. Slično kao i kalcij, magnezij je nužan za zdravlje živčanog sustava i važan u procesima pamćenja i učenja. Kalij pomaže u reguliranju kontrakcije mišića, održavanju pravilne funkcije živčanog sustava i ravnoteže tjelesnih tekućina, dok je jod posebice važan za održavanje ravnoteže hormona štitnjače. Esencijalni elementi u tragovima kao što su cink, bakar i mangan važni su za rast i razvoj, razne metaboličke procese, regulaciju imunološkog odgovora, održavanje funkcije živčanog sustava i reproduktivno zdravlje. Selen je element u ultratragu. U obliku selenoproteina, selen ima ulogu kofaktora mnogih antioksidativnih enzima (npr. glutacion peroksidaze) i enzima odgovornih za pravilno funkcioniranje štitnjače (Tilami i Samples, 2017). U koncentracijama od 120 do 160 ng/mL u plazmi selen povoljno djeluje na zdravlje. Selen djeluje protuupalno, a jedna od funkcija je i produkcija interleukina i TNF- α . Niske razine selen se povezuju s infarktom miokarda, povećanim rizikom nastanka karcinoma i bolesti bubrega (Fairweather-Tait i sur., 2011). Nadalje, smatra se da selen može smanjiti štetne učinke izloženosti metilživi konzumacijom ribe u molarnom omjeru selen i žive

većem od 1:1. Ralston i sur. (2019) predlažu parametar Se-HBV (engl. *Selenium Health Benefit Value*, zdravstvene dobrobiti selena) kao mjeru za relativni molarni odnos selena i žive u hrani, koja može poslužiti kao mjerilo sigurnosti konzumacije ribe za zdravlje. Ovaj koncept je kasnije unaprijeđen i uvedena je nova oznaka HBV-Se koja osim dostupnosti selena u obzir uzima i stanje selena u hrani nakon međudjelovanja s živom. Pored mesa, orašastih plodova i žitarice, morska riba je vrlo dobar izvor selena u prehrani. Hrana uglavnom sadrži selen u organskom obliku, za razliku od dodataka prehrani u kojima se selen nalazi u obliku različitih anorganskih soli. Količine selena u hrani ovise o geografskim i okolišnim faktorima, ali i suplementaciji (gnojiva, hrana za životinje) (Miklavčić i sur., 2013).

2.2. KEMIJSKI SASTAV MESA MORSKE RIBE

Riba je dobar izvor proteina koji se smatraju izrazito vrijednima zbog svoje probavljivosti, dobrog iskorištenja te dobrog aminokiselinskog sastava (tablica 1). Udio proteina u ribi je između 12 i 24 %, a dijele se u tri skupine: strukturalne (miozin, tropomiozin i aktin), sarkoplazmatske (mioalbumin, globulin i enzimi) te vezivno-tkivne (kolagen). Proteini mesa ribe razlikuju se od mesa sisavaca u fizikalno kemijskim svojstvima, primjerice, kolagen je termolabilniji s više unakrsnih veza, a izoelektrična točka ribljih strukturalnih proteina je oko pH 4,5 do 5,5.

Tablica 1. Esencijalne aminokiseline u različitim izvorima proteina u prehrani (prema Cvrtila i Kozacinski, 2006)

Aminokiseline	Riba, %	Mlijeko, %	Govedina, %	Jaja, %
Lizin	8,8	8,1	9,3	6,8
Triptofan	1,0	1,6	1,1	1,9
Histidin	2,0	2,6	3,8	2,2
Fenilalanin	3,9	5,3	4,5	5,4
Leucin	8,4	10,2	8,2	8,4
Izoleucin	6,0	7,2	5,2	7,1
Treonin	4,6	4,4	4,2	5,5
Metionin-cistin	4,0	4,3	2,9	3,3
Valin	6,0	7,6	5,0	8,1

U niskim koncentracijama u mesu ribe nalaze se neproteinski dušik, amonijak, urea i trimetilamin koji pridonose razvoju okusa i mirisa ribe te su pokazatelji stupnja svježine ribe s

obzirom da se njihova koncentracija povećava tijekom zrenja i skladištenja ribe.

Udio vode u organizmu ribe je 60 - 80 %, a može biti slobodna ili vezana. Slobodna voda ima ulogu otapala topljivih proteina i mineralnih tvari. Vezana voda važna je za okus, elastičnost i konzistenciju mesa ribe. Najpromjenjivija komponenta ribljeg mesa su masti. S obzirom na udio masti, riba se dijeli u tri kategorije: nemasna (do 3 % masti), srednje masna (do 8 % masti) i masna riba (iznad 8 % masti). Najzastupljenija vrsta masnih kiselina u ribi su nezasićene masne kiseline (60 - 84 %) i to uglavnom višestruko nezasićene s 5 ili 6 dvostrukih veza što ih čini podložnima oksidaciji i kvarenju. S obzirom na raspodjelu masti u organizmu, riba se dijeli na bijelu i plavu. Bijela riba pohranjuje masti u jetru i manjim dijelom u trbušnu šupljinu (stoga je udio masti u mesu nizak, oko 1 %), dok plava riba pohranjuje masti u masnim stanicama po cijelom tijelu. Ugljikohidrati su u najmanjoj količini zastupljeni u mesu ribe (0,5- 0,8 %). Uz navedene makronutrijente, riba sadrži i mikronutrijente: vitamin A, D, B kompleks te minerale cink, kalij, magnezij, jod, kalcij, fosfor, selen i druge.

Kemijski sastav mesa ribe razlikuje se s obzirom na vrstu, spol, starost, veličinu, spolnu zrelost, način ishrane, mjesto ulova, godišnje doba, vrijeme mrijesta i druge faktore, s tim da je količina proteina, esencijalnih aminokiselina i masti uglavnom viša u riba koje su uzgajane u akvakulturi od riba iz divljeg ulova (Cvrtila i Kozacinski, 2006).

2.3. PREHRAMBENE PREPORUKE ZA OČUVANJE ZDRAVLJA VEZANE UZ KONZUMACIJU MORSKE RIBE

Američka organizacija za hranu i lijekove (engl. *Food And Drug Administration*, FDA) preporučila je konzumiranje barem 8 unci (1 unca = 28,35 g) hrane morskoga podrijetla tjedno odraslim osobama koje unose 2000 kcal/dan, a trudnicama i dojiljama između 8 i 12 unci (227 do 340 g) tjedno, uz preporuku izbora vrsta s manjim sadržajem žive. Trudnicama i dojiljama preporuča se 2 do 3 serviranja ribe s popisa najbolji izbor (engl. *Best Choices*) ili jedno serviranje ribe s popisa dobar izbor (engl. *Good Choices*) (tablica 2) (FDA, 2021). Za najbolji izbor navode se: oslić, incun, bakalar, crni lubin, losos, srdele, konzervirana „light“ tuna i drugi. Dobri izvori su bijela tuna, žutorepa tuna, grdobina, bodečnjak i drugi. Zbog koncentracija žive većih od 1 mg/kg preporuča se izbjegavati konzumiranje grabežljivih vrsta kao što su morski pas, velikooka tuna, iglun, sabljarka i druge. U Ujedinjenom Kraljevstvu, ženama koje planiraju trudnoću, trudnicama i dojiljama te djeci do 16 godina preporuča se

unos ribe (uključujući i školjke, rakove i glavonošce) od jedan do 2 serviranja tjedno (140 do 280 g) uz izbjegavanje konzumacije morskog psa, sabljarkе i igluna. Za ostale osobe preporučeni unos ribe je 2 do 4 serviranja tjedno (280 do 560 g), s tim da barem jedna porcija bude masnija riba, dok je konzumacija morskog psa, sabljarkе i igluna ograničena na jedno serviranje tjedno (Ruxton, 2011). Slično preporuča i EFSA; trudnicama i srčanim bolesnicima predlaže se unos od 3 do 4 serviranja hrane morskog podrijetla tjedno, a ostalim osobama jedno do 2 serviranja tjedno, što iznosi od 150 do 300 g. Ističe se važnost odabira ribe i izbjegavanje onih vrsta za koje je poznato da mogu nakupljati veće količine žive. Preporuka je radije birati manju ribu koja je na dnu hranidbenog lanca. Takva riba je dobar izvor proteina i omega-3 masnih kiselina i sadrži niske razine žive (< 0,2 mg/kg) (EFSA, 2015).

Tablica 2. Vrste riba i ostalih morskih organizama svrstanih u skupine najbolji izbor (engl. *Best Choices*), dobar izbor (engl. *Good Choices*) i vrste koje treba izbjegavati (engl. *Choices to Avoid*) s obzirom na njihov sadržaj žive (prema FDA, 2021)

Najbolji izbor	Dobar izbor	Vrste koje treba izbjegavati
inćun, atlantska skuša, crni	žutorepa tuna, albacore	sabljarke,
lubin, bakalar, oslić, haringa,	(bijela) tuna, mahi-mahi,	morski pas,
tilapija, srdela, losos, raža,	čileanski lubin, crni	velikooka tuna,
ciplal, konzervirana „light“ tuna,	bakalar, španjolska skuša,	iglon
kamenice, škampi, plosnatice,	oceanski prugasti grgeč,	
lignje	grdobina, bodečnjak	

2.4. NAVIKE KONZUMIRANJA MORSKE RIBE U HRVATSKOJ

Prema izvješću međunarodne organizacije EUROFISH (2017) na područje Hrvatske, morsku i/ili slatkovodnu ribu konzumira 87 % ispitanika (n = 1001 ispitanika). Svježa riba najviše se konzumira u priobanom (Istra, Primorje i Dalmacija), a smrznuti morski proizvodi u kontinentalnom području (Zagreb i Sjeverna Hrvatska). Riba se najčešće konzumira zbog dobrog okusa i povoljnog utjecaja na zdravlje. Učestalost konzumacije ribe unutar kućanstva u Hrvatskoj je jednom ili nekoliko puta tjedno (71 % ispitanika) s najvećom učestalosti u Dalmaciji, Istri i Primorju, a konzumacija izvan kuće je svega nekoliko puta godišnje (75 % ispitanika). Količina ribe koja se troši po obroku je manje od 1 kg (45 %) ili 1 do 2 kg (47 %), što je u prosjeku oko 0,4 kg ribe po članu kućanstva. Nadalje, većina ispitanika posebice iz priobalne Hrvatske, najčešće nabavlja ribu u ribarnici (2/3 potrošača). Radije se bira divlja riba hrvatskog podrijetla (62 %), jer se povezuju s boljom kvalitetom i okusom od ribe iz uzgoja. Od morske ribe, najviše se konzumira oslić (40 %) i srdela (38 %) zatim tuna, orada i brancin (13 do 18 %). Slični rezultati dobiveni su u istraživanju Tomić i suradnika (2016) o stavovima potrošača vezanim za konzumaciju ribe (n=1151). Trećina ispitanika tog istraživanja izjasnila se da konzumira svježu ribu dva do tri puta mjesečno. Češće se konzumira morska (64 %) od slatkovodne ribe (14 %), a 24 % ispitanika preferira konzumaciju obje vrste ribe. Od morske ribe, podjednako često se konzumiraju orada i srdela, zatim oslić i brancin, te plavorepa tuna. U razdoblju od 2011. do 2013. na području grada Splita i otoka Visa te Korčule provedeno je istraživanje o usklađenosti postojeće prehrane s principima mediteranske prehrane. Rezultati su pokazali da 56 % ispitanika (n = 509) iz Splita te 62 % ispitanika s Korčule (n = 1874) i 66 % ispitanika s Visa (n = 385) konzumira ribu dva ili više puta tjedno (Kolčić i sur., 2016), što je u skladu s europskim preporukama za konzumaciju ribe.

2.5. IZLOŽENOST ŽIVI KONZUMACIJOM MORSKE RIBE

Jedan od potencijalnih čimbenika koji utječe na učestalost konzumacije ribe je sigurnost ribe za zdravlje. Konzumacija ribe može imati štetne učinke na zdravlje zbog izloženosti povećanim razinama različitih kemijskih kontaminanata iz okoliša koji se nakupljaju u ribi, kao što su metilživa, poliklorirani bifenili (PCBs), dioksini, organoklorirani pesticidi i drugi (Verbeke i sur., 2005). Toksični elementi sastavni su dio okoliša, a time i

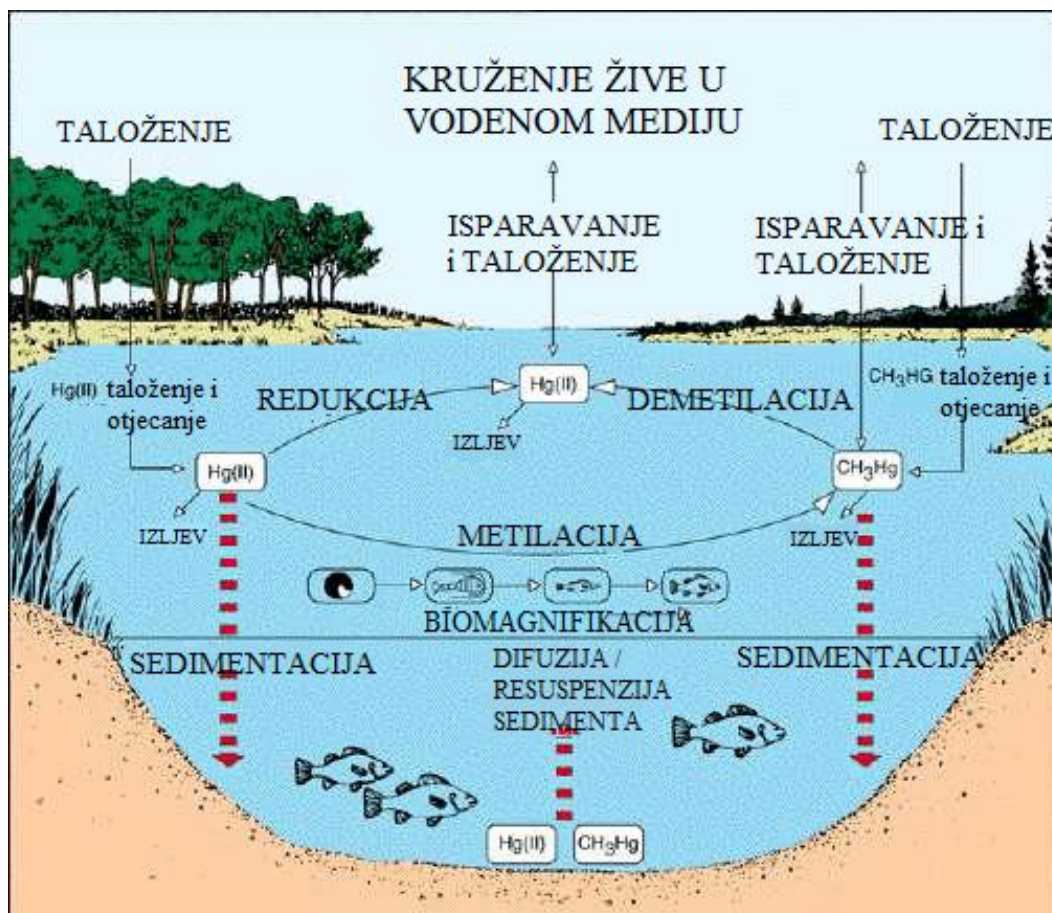
hrane. Problem nastaje kod kontaminiranih područja gdje je razina toksičnih elemenata veća od uobičajene. Najčešći izvori onečišćenja hrane su zagađen zrak i/ili voda. Morski organizmi, uključujući ribu iz priobalnih područja, posebice onih u kojima su smještena industrijska postrojenja, mogu nakupljati povećane koncentracije žive, arsena, kadmija i olova iz otpadnih voda. Navedeni metali imaju štetno djelovanje na kognitivne funkcije i rad središnjeg živčanog sustava, remete rad bubrega, jetre i pluća te smanjuju razinu energije (Hajeb i sur., 2014).

Hrana se smatra jednim od glavnih izvora izloženosti metalima općeg stanovništva. Brojna istraživanja provode se s ciljem pronalaska metode procesiranja i pripreme hrane za učinkovito smanjenje razina toksičnih metala u hrani. S obzirom da uobičajeni postupci pripreme hrane, primjerice kod ribe skidanje kože i čišćenje, uklanjanje masnog tkiva, prženje, kuhanje i paniranje, ne mogu smanjiti razine toksičnih metala, hranu bi trebalo kemijski tretirati različitim otopinama i medijima (kiselim i lužnatim otopinama, ispiranjem alkoholom pri povišenoj temperaturi, askorbinskom kiselinom, cisteina i homocisteina) ili u kombinaciji s reagensima za ispiranje metala kao što su EDTA, soli i cistein (Hajeb i sur., 2014).

Živa je široko rasprostranjena u okolišu. Najznačajniji prirodni izvori žive su erupcije vulkana, erozije i ispiranje stijena, djelovanje bakterija na razgradnju organskih živinih spojeva te bakterijska indukcija stvaranja organske žive (metilživa). Antropogeni izvori obuhvaćaju industrijske pogone koji koriste živu u tehnološkim procesima, izgaranje fosilnih goriva, termoelektrane, spaljivanje industrijskog otpada te rudarenje. U okolišu, živa se nalazi u tri oblika kao elementarna (u atmosferi), anorganska (u vodama, sedimentima i tlu) i organska živa (živi organizmi) (Srebočan i sur., 2014). Najtoksičniji oblik žive je metilživa, koja se nakuplja u organizmima, a njene koncentracije uslijed biomagnifikacije se povećavaju duž hranidbenog lanca. Akutna izloženost metilživi rezultira trajnim oštećenjima živčanog sustava, a može uzrokovati i infarkt miokarda, poremećaje funkcije bubrega, imunološkog sustava i povećan krvni tlak. Simptomi toksičnosti žive očituju se u poremećajima osjetnih organa i koordinacije pokreta, tremoru, mutnoći vida, problemima s govorom, sljepoći, a ishod ovisi o izloženoj dozi žive. U povijesti su zabilježena dva velika slučaja trovanja živinim spojevima; u Minamati zbog konzumacije ribe visoko onečišćene metilživom i u Iraku konzumacijom žita tretiranog fungicidima koji sadrže živu (Liu i sur., 2012).

Živa se nakuplja i magnificira u morskim organizmima duž prehrambenog lanca, od planktona i mikroorganizama do predatora na vrhu lanca (slika 1). Anorganska živa apsorbira se uglavnom na površini tijela i škrgama, a metilživa ishranom. Metilživa se nakuplja u

tkivima i organima riba. Razine žive u mišićju riba ovise o starosti i veličine ribe, ali i dubini na kojoj ribe obitavaju, mjestu u hranidbenom lancu, geografskom području, te okolišnim faktorima (npr. temperatura) (Azad i sur., 2019; Polak-Juszczak, 2018).



Slika 1. Kruženje žive u vodenom okruženju (prema Krabbenhoft i sur., 2013)

Konzumacija ribe, a time i izloženost živi razlikuje se diljem svijeta zbog različite dostupnosti ribe, prehrambenih navika i tradicije konzumiranja takve hrane. Priobalna područja, uključujući Mediteran, imaju veći rizik izloženosti povećanim koncentracijama žive konzumacijom ribe. Primjerice, u Hrvatskoj su usprkos niskoj do umjerenoj učestalosti konzumacije hrane morskoga podrijetla, utvrđene veće koncentracije žive u kosi rodilja iz priobalnog područja u odnosu na rodilje iz područja sjeverne i srednje Europe i Amerike (Sekovanić i sur., 2020).

Smatra se da selen ima zaštitno djelovanje na učinke žive, a njegovo djelovanje uvelike ovisi o omjeru selena i žive u hrani. Selen može povećati demetilaciju žive u anorganski oblik koji se lakše izlučuje iz organizma i smanjiti njenu apsorpciju u gastrointestinalni trakt. Zbog većeg afiniteta žive za selen, dolazi do formiranja stabilnih

kompleksa metilživa-selenocistein koji mogu smanjiti biodostupnost selena i njegovo antioksidativno djelovanje. Stoga je važno osigurati dovoljan unos selena prehranom i očuvati tjelesne zalihe selena.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. CILJEVI I PLAN ISTRAŽIVANJA

Ciljevi ovog rada bili su:

- 1) Istražiti navike konzumiranja morske ribe u Hrvatskoj
- 2) Odrediti sadržaj elemenata u najčešće konzumiranim vrstama pridnene ribe iz Jadranskoga mora
- 3) Procijeniti nutritivnu korist i moguće rizike konzumacije ribe za odraslo stanovništvo s obzirom na dobivene rezultate multielementne analize

3.2. ISPITANICI

U ovom istraživanju dobrovoljno je sudjelovalo ukupno 160 ispitanika. Ispitanicima je zajamčena anonimnost i zaštita osobnih podataka. Anketni upitnik se ispunjavao elektronskim putem u razdoblju od 30 dana početkom 2022. godine. Podaci su prikupljeni bez ikakvog utjecaja na ispitanike i njihove odgovore. Na pitanje o konzumaciji morske ribe negativno je odgovorilo 9 ispitanika, te su njihovi podaci i zabilježeni odgovori izuzeti iz statističke obrade.

3.2.1. Upitnik o navikama konzumacije morske ribe

Za potrebe istraživanja navika konzumiranja morske ribe u Hrvatskoj osmišljen je upitnik koji se sastojao od 18 pitanja podijeljenih u tri dijela. Prvi dio sadržavao je pitanja o vrstama morske ribe i tipu proizvoda koji se konzumira, preferencijama konzumacije ribe iz divljeg ulova ili iz uzgoja, učestalosti konzumacije određenih vrsta i mjestu nabavke ribe. Drugi dio upitnika služio je za prikupljanje općih podataka o ispitanicima kao što su spol, godina rođenja, područje odrastanja i mjesto trenutnog stanovanja u Hrvatskoj, stručna sprema, radni status, prosječni mjesečni prihodi po glavi kućanstva i broj članova u kućanstvu. Treći dio sadržavao je osnovna pitanja o građi tijela (tjelesna masa i visina).

Za ispunjavanje upitnika ispitanicima je bilo potrebno izdvojiti oko 10 minuta.

Za izradu i provođenje upitnika korištena je platforma *Google Forms*.

3.3. MATERIJALI

3.3.1. Uzorci ribe

Prikupljeno je šest vrsta pridnene ribe iz Jadranskog mora: brancin, oslić, orada, pišmolj, arbun i trlja blatarica. Značajke prikupljenih uzoraka ribe ($n = 68$) prikazane su u tablici 3.

Jedan dio uzoraka svježje ribe ulovljen je na nekoliko lokacija u istočnom dijelu Jadranskog mora (u sklopu euopskog projekta MEDIAS, tijekom 2021. godine u suradnji s dr. sc. V. Tičina, Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu) ($n = 47$), dok je drugi dio kupljen na ribarnicama u gradu Zagrebu (Dolac, Kvatrić, Trešnjevka, tijekom 2022. godine; u sklopu HrZZ projekta IP-2019-04-7193, voditeljica dr. sc. V. M. Varnai, IMI, Zagreb) ($n = 21$).

Tablica 3. Osnovne značajke uzoraka ribe iz Jadranskog mora upotrijebljenih u istraživanju

Vrsta ribe	Latinsko nazivlje	Jedinke (n)	Uzorci (n_I/n_C)	Duljina, mm; min-max	Masa, g; min-max
Brancin	<i>Dicentrarchus labrax</i>	8	8/0	280-400	377-955
Oslić	<i>Merluccius merluccius</i>	10	10/0	140-500	27-995
Orada	<i>Sparus aurata</i>	8	8/0	200-230	244-360
Pišmolj	<i>Merlangius merlangus</i>	6	6/0	240-250	131-162
Arbun	<i>Pagellus erythrinus</i>	4	2/1	130-170	49-110
Trlja blatarica	<i>Mullus barbatus</i>	32	7/9	90-170	13-90

n_I – broj uzorka s jednom jedinkom po uzorku; n_C – broj kompozitnih uzoraka s 2 do 3 jedinke po uzorku.

3.3.1.1. Kemikalije i standardi

Za analizu elemenata korištene su sljedeće kemikalije i standardi:

- koncentrirana dušična kiselina (HNO_3 , konc. 65 % p.a., Merck, Njemačka)
- standardne otopine pripremljene iz 1000 mg/L ICP multi-element standard solution IV (Merck) i standardna otopina žive 1000 $\mu\text{g/mL}$ (Inorganic Ventures, SAD)
- etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 96 % p.a., Kemika, Hrvatska)
- Kemex A (Kemika, Hrvatska)
- ultra čista voda, specifične vodljivosti: 0,555 $\mu\text{S/cm}$ (pri 25 °C; 18,2 $\text{M}\Omega\text{cm}$)

3.3.2. Aparatura i pribor

Oprema i uređaji korišteni tijekom eksperimentalnog rada:

- uređaj za masenu spektrometriju s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS, 7500cx, Agilent Technologies, Japan)
- uređaj za mikrovalnu razgradnju (UltraCLAVE IV, Milestone S.r.l., Italija)
- uređaj za liofilizaciju (HETOSIC, Heto, Danska)
- uređaj za ultra čistu vodu (BarnsteadTMSmart2Pure 6 UV/UF, Thermo Scientific, Njemačka)
- kvarcni sustav za pročišćavanje kiseline (SubPUR, Milestone S.r.l., Italija)
- laboratorijske vage: tehnička vaga (E 1600, Mettler Toledo AG, Švicarska) i analitička vaga (New Classic MS303S, Mettler Toledo AG, Švicarska)
- kuglični mlin (MM 400, Retsch, Njemačka)
- mješalica (Vortex Genius 3, IKA-Werke GmbH & Co. KG, Njemačka)

Pribor:

- Eppendorf pipete s nastavcima (200, 300, 1000 μL ; 5 mL) (Eppendorf AG, Njemačka)
- kvarcne kivete s teflonskim čepovima (12 mL, Milestone, Italija)
- posudice s čepovima na navoj ili poklopcima (PE 25 mL, PP 15 mL; Kartell; PP 5 i 100 mL, Sarstedt)
- volframove kuglice za homogenizaciju uzoraka
- keramički noževi i daske
- plastične žličice i pincete

3.4. METODE RADA

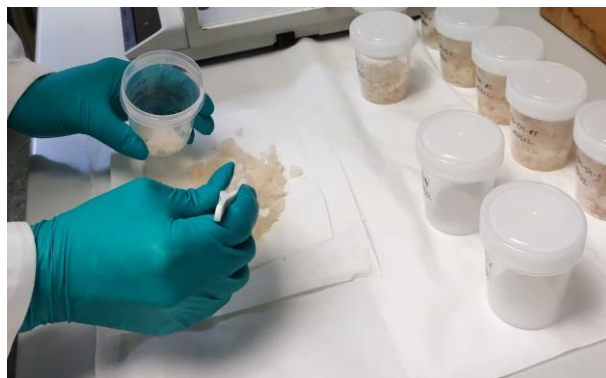
3.4.1. Priprema uzoraka ribe za analizu elemenata

Svakoj ribi izuzetoj za analizu izmjerena je duljina od vrha glave do repa (ravnalom) i izvagana ukupna masa na tehničkoj vagi (E 1600, Mettler Toledo AG, Švicarska) (slika 2). Za vrste brancin, orada, oslić i pišmolj svaki uzorak sastojao se od jedne jedinke, dok je za vrste arbun i trlja blatarica oblikovan tzv. kompozitni uzorak od po 2 do 3 jedinke po uzorku.

Prvo je svakoj ribi uklonjen filet mišića keramičkim nožem od završetka glave do repa pazeći da se ne zarežu iznutrice. Zatim je uklonjena koža te je filet usitnjen na manje komadiće koji su stavljeni u posudicu na navoj i izvagana je masa (cca. 20 g) na analitičkoj vagi (New Classic MS303S, Mettler Toledo, Švicarska) (Slika 3). Posudice s uzorcima su do postupka liofilizacije stavljene u zamrzivač na -15 °C.



Slika 2. Mjerenje duljine ribe vrste trlja blatarica (*Mullus barbatus*)



Slika 3. Usitnjavanje i pripremanje uzorka mišićja ribe za vaganje

Postupak liofilizacije uzoraka svježeg ribljeg mišićja trajao je 72 h pri temperaturi -50 °C na uređaju HETOSIC (Heto, Danska), nakon čega su izvagane suhe mase uzoraka. Tako pripremljeni uzorci su homogenizirani u posudicama za pohranu uzoraka s poklopcem pomoću volframovih kuglica u kugličnom mlinu (MM 400, Retsch, Njemačka) (slika 4). Homogenizacija je trajala 4 min uz frekvenciju vibriranja 22,5 Hz.

Prije analize, uzorci su razgrađeni u mikrovalnom visokotlačnom reaktoru UltraCLAVE IV (Milestone S.r.l., Italija) prema temperaturnom programu opisanom u Tablici 4.

Tablica 4. Temperaturni program za razgradnju uzoraka mišićja ribe u visokotlačnom mikrovalnom uređaju UltraCLAVE IV (Milestone, S.r.l., Italija)

	T (min:s)	E (W)	T1 (°C)	T2 (°C)	p (bar)
1.	3:30	700	70	70	100
2.	15	1000	180	70	100
3.	10	1000	250	70	140
4.	30	1000	250	70	140
5.	40	0	30	70	20

Uzorci su pripremljeni u kvarcnim kivetama s teflonskim čepovima. Na odvagu od cca. 0,250 g homogenata mišićnog tkiva ribe dodano je 2 mL koncentrirane dušične kiseline pročišćene u sustavu SubPUR (Milestone S.r.l., Italija) i 2 mL ultra-čiste vode specifične vodljivosti 0,055 µS/cm dobivene na uređaju BarnsteadTMSmart2Pure 6 UV/UF (Thermo Scientific, Njemačka). Uzorci su ostavljeni u digestoru 24 h do postupka mikrovalne razgradnje. Nakon razgradnje, kivete s uzorcima ohlađene su na sobnoj temperaturi, uzorci nadopunjeni ultra-čistom vodom do odvage 6 g i zatim preneseni u posudice s poklopcem s navojem.

Uzorci su čuvani na temperaturi od 4 °C do analize elemenata.



Slika 4. S lijeva na desno: posudice s uzorcima nakon liofilizacije, uređaj za homogenizaciju (MM 400 Retsch, Njemačka), homogenat ribljeg mišićja u posudici s volframovim kuglicama

3.4.2. Analiza elemenata u uzorcima ribe

Koncentracije elemenata (kalij, magnezij, željezo, cink, bakar, selen i živa) u razorenim uzorcima ribljeg mišićja određivane su na uređaju Agilent 7500cx (Agilent Technologies, Japan) metodom spektrometrije masa induktivno spregnute plazme (ICP-MS). Prije analize, uzorci su razrijeđeni 10 puta u otopini koja se sastojala od 1 % (v/v) HNO_3 i 3 $\mu\text{g/L}$ internih standarda (Ge, Rh, Tb, Lu i Ir). Kalibracijske krivulje pripremljene su u 5 % (v/v) HNO_3 i 1 % (v/v) HCl otopini za živu (Inorganic Ventures, SAD) i 1 % (v/v) HNO_3 otopini za ostale mjerene elemente (Merck, Njemačka).

Uvjeti rada mjernog instrumenta ICP-MS 7500cx (Agilent Technologies, Tokyo, Japan) za vrijeme analize bili su sljedeći: Scott (kvarc) komora za raspršivanje uzoraka, MicroMist raspršivač; temperatura u komori za raspršivanje 2 °C; protok plazma plina 15 L/min; protok plina nosioca 1,03 mL/min; protok plina za razrjeđenje 0,1 mL/min; RF snaga 1550 W; reakcijski plinovi helij, vodik i bez plina. Mjereni izotopi metala: 24Mg, 39K, 54Fe, 63Cu, 68Zn (helij); 78Se (vodik) i 202Hg (bez plina). Granice detekcije i kvantifikacije prikazane su u tablici 5.

Pored uzoraka, analizirani su i uzorci slijepe probe (radi utvrđivanja mogućeg onečišćenja uzoraka tijekom postupaka pripreme uzoraka i mjerenja) i referentni materijali IAEA-407 riblji homogenat (Međunarodna agencija za atomsku energiju, Monako) i IRMM ERM BB-422 mišić ribe (Institut za referentne materijale i mjerenja, Belgija) radi nadzora kakvoće mjerenja.

Koncentracije elemenata izražene su na mokru masu uzorka u mg/kg.

Tablica 5. Granica detekcije i granica kvantifikacije za elemente određivane u razorenim uzorcima mišićja ribe metodom ICP-MS (7500cx, Agilent Technologies, Tokyo, Japan)

Element	Koncentracija	Granica detekcije (LoD)	Granica kvantifikacije (LoQ)
K	mg/kg	17,9	28,2
Mg	mg/kg	5,5	7,4
Fe	mg/kg	0,48	0,65
Zn	mg/kg	0,17	0,38
Cu	mg/kg	0,03	0,08
Se	mg/kg	0,005	0,010
Hg	mg/kg	0,026	0,049

Vrijednost LoD izračunata je kao srednja vrijednost slijepe probe uvećana za tri standardne devijacije (3σ).

Vrijednost LoQ izračunata je kao srednja vrijednost slijepe probe uvećana za deset standardne devijacija (10σ).

3.5. IZRAČUNI PROCJENA KORISTI I MOGUĆIH RIZIKA KONZUMACIJE RIBE ZA ZDRAVLJE

U svrhu procjene koristi unosa esencijalnih elemenata konzumacijom morske ribe kao i procjene mogućih rizika konzumacije ribe zbog izloženosti živi/metilživi korištene su sljedeće formule:

- Procjena unosa elemenata po serviranju od 150 g ribe (engl. *Estimated Intake, EI*):

$$EI_{(\text{esencijalni element})} = MS \cdot C$$

$$EI_{(\text{toksični element})} = (MS \cdot C) / TM \quad [1]$$

- Procjena razine dosegutosti preporučenih vrijednosti unosa esencijalnih elemenata na dan (engl. *Dietary Reference Values, DRV*) za elemente kalij, magnezij, željezo, cink, bakar i selen (EFSA, 2017):

$$\% DRV = [(MS \cdot C) / DRV] \cdot 100 \quad [2]$$

- Procjena razine dosegutosti dozvoljenog tjednog unosa (engl. *Tolerable Weekly Intake, TWI*) za metilživu od 1,3 $\mu\text{g/kg}$ tjelesne mase (TM) (EFSA, 2012):

$$\% TWI = \{ [(MS \cdot C) / TM] / TWI \} \cdot 100 \quad [3]$$

- Kvocijent ciljne opasnosti (engl. *Target Hazard Quotient, THQ*) za metilživu izračunat je za konzumaciju 2 i 4 obroka na tjedan:

$$THQ_{MeHg} = [(EI \cdot 2 \text{ ili } 4) / TM] / (TWI) \quad [4]$$

THQ > 1 označava povećani rizik od mogućih štetnih učinaka metilžive na zdravlje.

-Najveća dopuštena količina unosa ribe na tjedan (engl. *Maximum quantity of fish for safe weekly consumption, CRw*) s obzirom na izloženost metilživi

$$CRw \text{ (g per week)} = (TWI \cdot TM) / C \text{ (Hg)} \quad [5]$$

Oznake u izračunima: MS – veličini serviranja ribe (150 g); C – izmjerena koncentracija elementa u ribi izražena u mg/kg mokre mase ribljeg mišićja; TM – tjelesna masa odrasle osobe, 70 kg.

Izračuni su rađeni uz pretpostavku da je sva živa koja je izmjerena u mišićju ribe u obliku metilžive.

Vrijednost DRV su izražene u mg/g na dan, a vrijednosti TWI u µg/kg TM na tjedan.

3.6. OBRADA PODATAKA

Podaci dobiveni anketnim upitnikom prikazani su u ovisnosti o broju ispitanika koji su odgovorili na pojedino pitanje. U prikazu rezultata primijenjene su standardne metode deskriptivne statistike (aritmetička sredina, standardna devijacija, medijan, interkvartilni raspon i ukupni raspon, te postotni broj (%)). Podaci vezani za procjenu unosa elemenata i procjenu koristi i mogućih opasnosti konzumacije morske ribe na zdravlje prikazani su kao srednja vrijednost i devedeseti percentil.

Razlike između skupina testirane su Mann-Whitneyov *U* testom ili Kruskal-Wallisov testom. Pearsonov koeficijent korelacije (*r*) korišten je za testiranje odnosa između izmjerenih razina žive u mišićju ribe i duljine ribe. Svi statistički testovi provedeni su na razini značajnosti $p < 0,05$ (95 %-tni interval pouzdanosti). Za statističku i grafičku obradu podataka korišteni su programi Microsoft Office Excel (2010, Microsoft, SAD) i TIBICO Statistica (ver. 14.0.015., TIBICO Software Inc., SAD).

4. REZULTATI I RASPRAVA

Riba je važan prehrambeni izvor mnogih nutrijenata među kojima treba istaknuti proteine i omega-3 masne kiseline, no može sadržavati i različite kontaminante koji su jednako opasni za same ribe kao i druge organizme koji ih konzumiraju, uključujući ljude. Izloženost toksičnim metalima iz ribe predstavlja značajnu zdravstvenu prijetnju zbog postojanosti metala u okolišu, te njihova nakupljanja i biomagnifikacije kroz hranidbeni lanac (Žvab Rožić i sur., 2014).

Ciljevi rada bili su istražiti navike konzumiranja morske ribe u Hrvatskoj i odrediti sadržaj elemenata kalija, magnezija, željeza, bakra, cinka, selen i žive u mišićju najčešće konzumiranih pridnenih vrsta ribe iz Jadranskoga mora. Podaci o navikama i preferencijama konzumiranja morske ribe u Hrvatskoj te općim i antropometrijskim karakteristikama ispitanika prikupljeni su putem upitnika. Multielementna analiza provedena je primjenom ICP-MS metode. Analizirane su razlike u sadržaju elemenata s obzirom na vrstu ribe. Za esencijalne elemente procijenjene su razine dosegutosti preporučenih prehrambenih vrijednosti (% DRV), dok je za živu procijenjen unos prema vrijednostima dopuštenog tjednog unosa za metilživu (% TWI), kvocijenta ciljne opasnosti (THQ) i najveće dopuštene količine unosa ribe na tjedan (CR_w).

Rezultati su prikazani u 7 slika i 4 tablice i podijeljeni u pet poglavlja s obzirom na prethodno definirane ciljeve istraživanja: navike konzumacije morske ribe u Hrvatskoj, sadržaj elemenata u mišićju ribe i procjene koristi i rizika konzumacije ribe za odraslo stanovništvo.

4.1. OPĆE KARAKTERISTIKE ISPITANIKA

Upitnik je ispunilo ukupno 160 ispitanika. Na prvo pitanje o konzumaciji morske ribe negativno je odgovorilo 9 ispitanika, te su oni izuzeti iz istraživanja. Opće značajke ispitanika prikazane su u Tablici 6. Od 151 ispitanika koji su sudjelovali u istraživanju, 66 % su bile žene, a 34 % muškarci. Oko 60% ispitanika je odraslo i trenutno živi u priobalnom području Hrvatske (cca. 60 %), dok preostali žive u kontinentalnom području (39%). Svega 5 % ispitanika izjasnilo se da je odraslo izvan područja Republike Hrvatske. Većina ispitanika (89 %) živi u urbanom području. Dobiveni rezultati većinom se slažu s podacima objavljenim u Izvješću o konzumaciji morske ribe u Hrvatskoj iz 2017. godine (EUROFISH, 2017). Ipak, u ovom istraživanju je sudjelovalo dvostruko više ispitanika iz priobalne Hrvatske (66 vs 33%).

Trećina ispitanika ovog istraživanja bila je u dobi od 20 do 30 godina (40 %). Ostale dobne skupine bile su podjednako zastupljene (13 do 19 %). U usporedbi s našim rezultatima, istraživanje EUROFISH-a je obuhvatilo veći broj ispitanika starijih od 65 godina (24 %).

Tablica 6. Opće karakteristike ispitanika

Parametar /skupine	Broj ispitanika i postotak (%)
Spol (n=151)	
Ženski	100 (66)
Muški	51 (34)
Područje trenutnog boravka u Hrvatskoj (n=150)	
Kontinentalno područje	59 (39)
Priobalno područje	91 (61)
Tip područje boravišta (n=150)	
Urbano (gradsko)	133 (89)
Ruralno (seosko)	17 (11)
Dob ispitanika prema godištu (n=150)	
od 2001. (do 21 godina)	17 (11)
1991. do 2000. (22 do 31 godina)	59 (40)
1981. do 1990. (32 do 41 godina)	26 (17)
1971. do 1980. (42 do 51 godina)	29 (19)
1940. do 1970. (52 do 82 godina)	18 (13)
Obrazovanje (n=150)	
Srednja stručna sprema, SSS	66 (44)
Viša/visoka stručna sprema, VŠS	59 (39)
Visoka stručna sprema sa završenim magisterijem i doktoratom, VSS	25 (17)
Radni status (n=149)	
Zaposlen/a	98 (66)
Nezaposlen/a	10 (7)
U mirovini	7 (4)
Učenik/student	34 (23)
Broj članova kućanstva (n=148)	
1	5 (4)
2	18 (12)
3	42 (28)
4	48 (32)
5	29 (19)
>5	7 (5)
Prosječni prihodi po članu kućanstva (n= 148)	
< 3500 kn	34 (13)
3501 do 5500 kn	26 (18)
5501 do 7500 kn	39 (26)
7501 9500 kn	27 (18)
> 9501 kn	22 (15)

S obzirom na obrazovanje, podjednaki broj ispitanika imao je srednju (44 %) i visoku/višu stručnu spremu (39 %), a visoku stručnu spremu sa završenim magisterijem i doktoratom 17 % ispitanika. Većina ispitanika bila je zaposlena (66 %), a tek vrlo mali broj u mirovini (4 %). Istraživanje EUROFISHA-a (2017) obuhvatilo je manji broj učenika/studenata (5 %), no veći broj nezaposlenih (17 %) i umirovljenika (33 %) od ovog istraživanja.

Oko trećine ispitanika se izjasnilo o zajedničkom kućanstvu s tri (28 %) ili četiri člana (32 %), a samo 1 % ispitanika živi kao samac. Što se tiče iznosa prosječnih mjesečnih prihoda po članu kućanstva, 26 % ispitanika ima primanja od 5501-7500 kn po članu kućanstva, a po 18 % u rasponu od 3500 do 5500 kn ili 7500 do 9500 kn.

U tablici 7. prikazane su antropometrijske karakteristike ispitanika, tjelesna masa (TM) i tjelesna visina (TV) na temelju kojih je izračunat indeks tjelesne mase (ITM). Iako je srednja vrijednost ITM-a unutar granica adekvatne tjelesne mase, promatrajući indeks tjelesne mase svake osobe zasebno, četiri osobe (3 %) imaju ITM manji od $18,5 \text{ kg/m}^2$ što odgovara kategoriji pothranjenosti, no mnogo veći broj ispitanika (38 %) ima prekomjernu tjelesnu masu ili su pretili (podaci nisu prikazani).

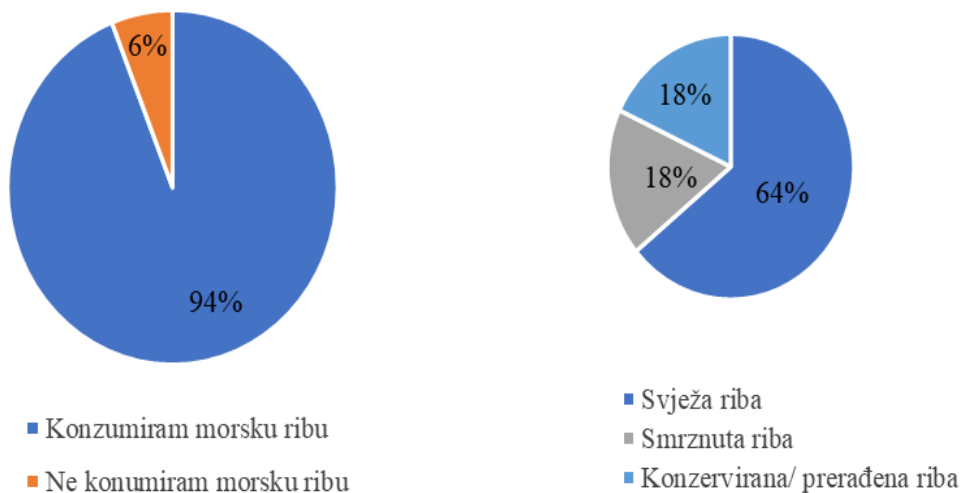
Tablica 7. Antropometrijske karakteristike ispitanika

Ispitanici (n)		Tjelesna masa (kg)	Tjelesna visina (m)	Indeks tjelesne mase (kg/m^2)
Svi (n=144)	Sred. vrijed.± SD (min-max)	$73,3 \pm 15,5$ (47–125)	$1,73 \pm 0,10$ (1,57–1,97)	$24,2 \pm 3,9$ (17,3–38,0)
Žene (n=93)	Sred. vrijed.± SD (min-max)	$71,1 \pm 12,8$ (47–100)	$1,73 \pm 0,10$ (1,57–1,80)	$24,0 \pm 3,3$ (17,3–32,3)
Muškarci (n=51)	Sred. vrijed.± SD (min-max)	$75,8 \pm 14,3$ (54–125)	$1,73 \pm 0,10$ (1,68–1,97)	$24,6 \pm 3,7$ (19,1–38,0)

4.2. NAVIKE KONZUMACIJE MORSKE RIBE ISPITANIKA

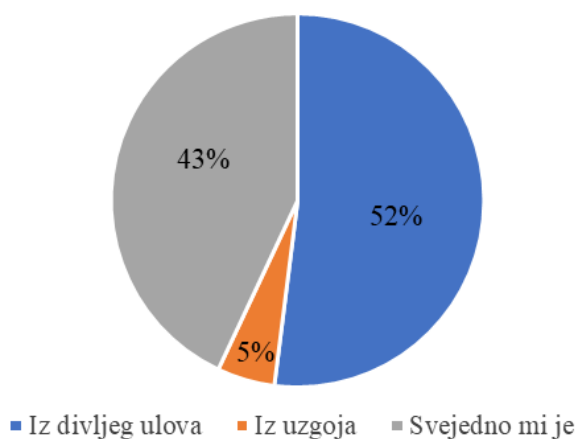
Prvi dio upitnika sadržavao je sedam pitanja o navikama konzumacije morske ribe. Prvo je pitanje bilo o konzumaciji morske ribe na koje su odgovorili svi ispitanici od kojih je 151 ispitanik (94 %) odgovorio pozitivno, a 9 ispitanika (6 %) negativno. Najčešće se konzumira svježa morska riba (64 %). Smrznutu i konzerviranu ribu konzumira po 18 % ispitanika (slika 5). Slični rezultati su dobiveni i u istraživanju iz 2017. gdje se 87 %

ispitanika izjasnilo da konzumiraju morsku ribu, od kojih većina (73 %) preferira svježu morsku ribu u donosu na smrznutu (21 %) i konzerviranu (6 %) (EUROFISH, 2017).



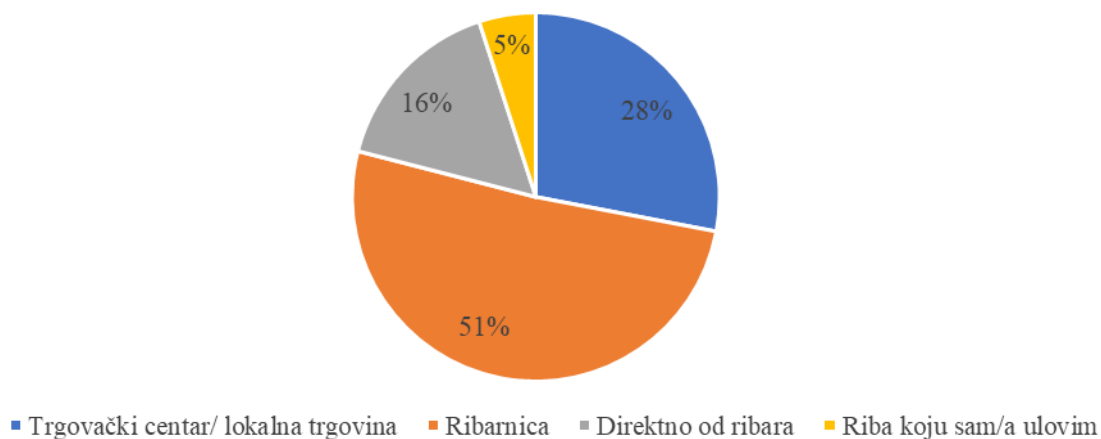
Slika 5. Raspodjela ispitanika s obzirom na konzumaciju ribe i najčešće konzumirane vrste proizvoda od ribe (n= 151)

Većina ispitanika ovog istraživanja preferira ribu iz divljeg ulova (52 %) i to oradu (44 %). Samo 5 % ispitanika preferira ribu iz uzgoja, dok se čak 43 % ispitanika izjasnilo da im je svejedno konzumiraju li ribu iz divljeg ulova ili uzgoja (slika 6). Dobiveni rezultati slažu se s prethodnim istraživanjem (EUROFISH, 2017).



Slika 6. Raspodjela ispitanika s obzirom na preferenciju konzumacije ribe iz divljeg ulova ili uzgoja (n= 151)

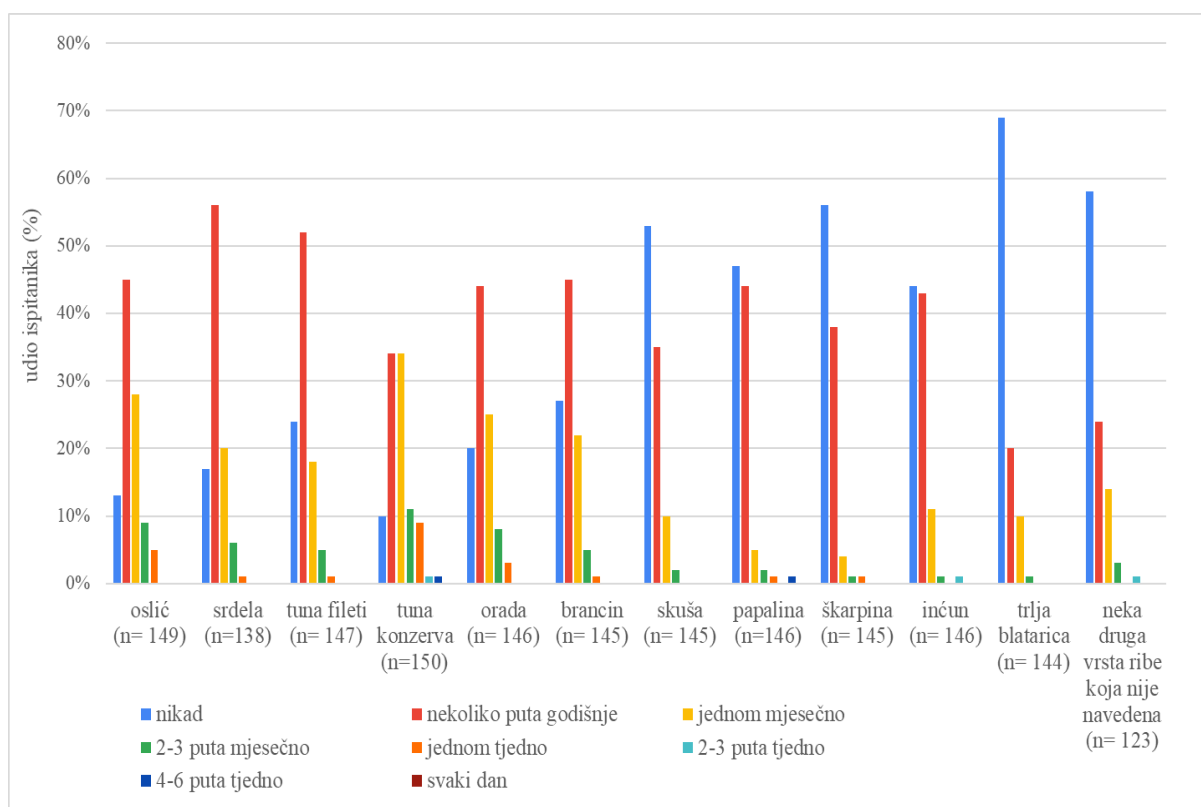
Nadalje, riba se najviše kupuje u ribarnici (51 %), a zatim u trgovačkim centrima i/ili lokalnim trgovinama (28 %). Svega 5 % ispitanika se izjasnilo da sami love ribu (slika 7). Čak 2/3 ispitanika prethodnog istraživanja (EUROFISH, 2017) kupuje ribu na ribarnici, dok više od polovice ribu nabavlja u trgovačkim centrima što je znatno veći udio ispitanika u odnosu na ovo istraživanje.



Slika 7. Raspodjela ispitanika prema mjestu nabave ribe (n= 151)

S obzirom na rezultate dobivene o učestalosti konzumacije svake od anketnim upitnikom ponuđenih vrsta riba, izračunat je prosječni tjedni unos morske ribe. Utvrđeno je da se morska riba konzumira 1,4 puta tjedno. Ovaj rezultat u suglasju je s podacima objavljenim u izvješću iz 2017 godine, a u kojem se navodi da $\frac{3}{4}$ ispitanika konzumira ribu od jedan do nekoliko puta na tjedan, dok jednom mjesečno i godišnje ribu konzumira oko 8 % ispitanika (EUROFISH, 2017). Na slici 8. prikazana je raspodjela ispitanika prema učestalosti konzumacije s obzirom na vrstu ribe. Dobiveno je da se većina upitnikom ponuđenih vrsta morske ribe konzumira od jednom na mjesec do nekoliko puta godišnje. Najčešće konzumirana vrsta je konzervirana tuna (34 %), zatim oslić (28 %), orada (25 %) i brancin (22 %). Srdelu na mjesečnoj razini konzumira 20 % ispitanika, a filete tuna 18 %. Po 10 % ispitanika konzumira inćune, trlju blataricu i skušu na mjesečnoj bazi. S obzirom na vrstu ribe, mali broj ispitanika konzumira ribu više puta tjedno (2-3 do 4-6 puta tjedno): tunu iz konzerve 3 %, inćun 2 % te papalinu 1 % ispitanika. Osim navedenih 11 vrsta ribe, 42 ispitanika izjasnilo se o konzumaciji drugih vrsta ribe: losos (19 %), grdobina (10 %), sabljarka (10 %), kantar, gof, list i morski pas (po 7 %), fratar i ušata (po 5 %), gavun, romb, modrak, raža i zubatac (po 2 %). Prema istraživanju iz 2017. godine najomiljenije riblje vrste

su oslić (40 %) i srdela (38 %), zatim tuna, orada i brancin (oko 20 %).

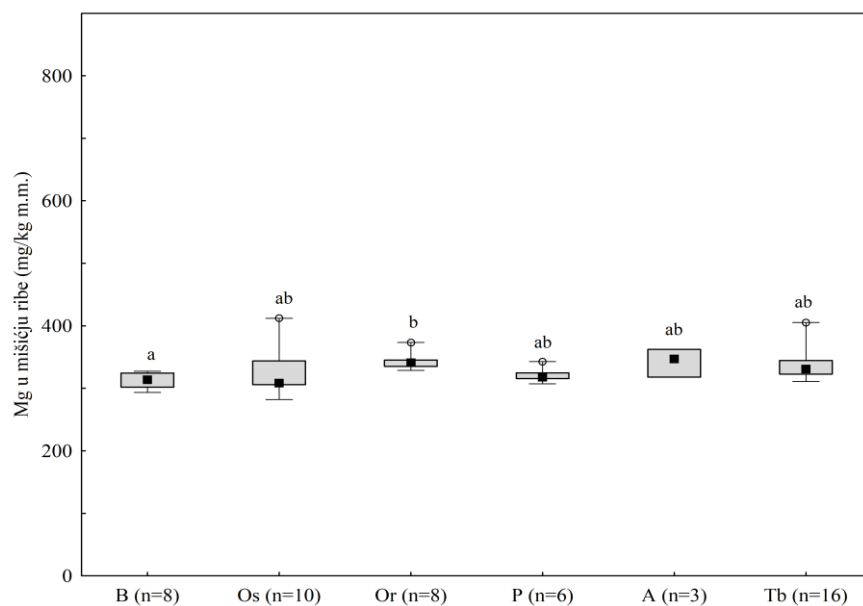


Slika 8. Raspodjela ispitanika prema učestalosti konzumacije morske ribe (n= 151) s obzirom na vrstu ribe

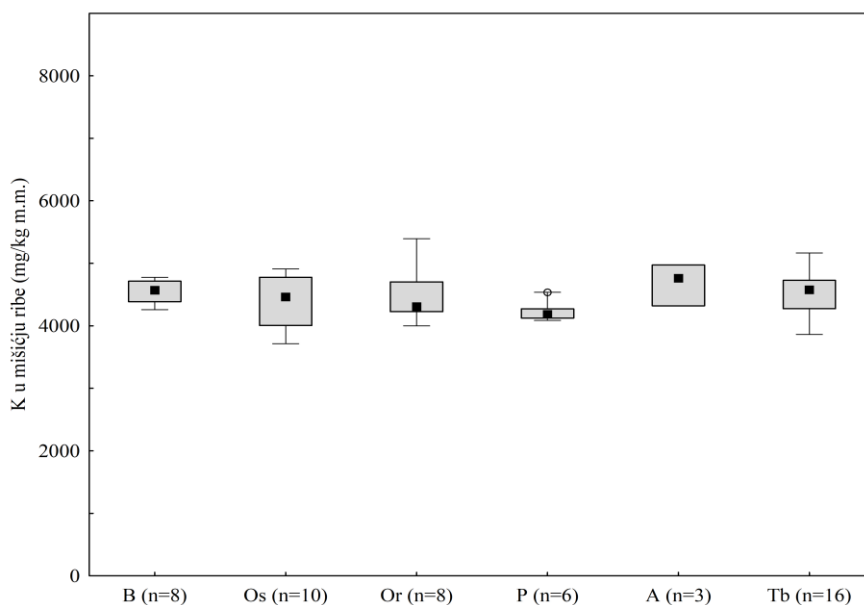
4.3. ESENCIJALNI ELEMENTI U PRIDNENIM VRSTAMA RIBE IZ JADRANSKOG MORA

Određene su razine esencijalnih elemenata, makroelementa kalija i magnezija (slika 9) te elemenata u tragovima cinka, bakra (slika 10), željeza i selen (slika 11) u mišićju šest vrsta pridnenih riba iz Jadranskoga mora. Razine kalija nisu se razlikovale između vrsta. Raspon vrijednosti medijana za kalij bio je od 4184 mg/kg u pišmolja do 4761 mg/kg u arbuna. Razine magnezija razlikovale su se samo između brancina (314 mg/kg) i orade (341 mg/kg). Raspon vrijednosti medijana za magnezij bio je od 309 mg/kg u oslića do 347 mg/kg u arbuna.

Poznato je da je morska riba vrijedan izvor elemenata u tragovima, posebice selen. U ovom istraživanju najveće razine cinka izmjerene su u brancina i orade (3,84 mg/kg), a željeza (2,27 mg/kg) i bakra u trlje blatarice (0,205 mg/kg). Selen je posebno značajan element u ribi zbog sposobnosti zaštite od štetnih učinaka metilžive te smanjenja rizika od nastanka kardiovaskularnih bolesti (Burger i sur., 2011). Raspon vrijednosti medijana za selen bio je od 0,192 mg/kg u brancina do 0,440 mg/kg u pišmolja. Razine elemenata u tragovima također su se razlikovale između vrsta. Primjerice, u orade su izmjerene oko 1,2 puta veće razine cinka od pišmolja i oslića, a u trlje blatarice dvostruko veće razine željeza od brancina, orade i oslića, te bakra od oslića i pišmolja. U istraživanju Botwe (2021) provedenog u Gvineji, u morska riba sadržavala je veće razine željeza (1,23 - 3,87 mg/kg) i niže razine bakra (0,04 - 0,31 mg/kg) i cinka (0,17 - 0,42 mg/kg) od morske ribe u ovom istraživanju. Nadalje, u brancina (0,192 mg/kg) su nađene dvostruko niže razine selen nego u pišmolja i trlje blatarice. Razine selen u ribama mogu se razlikovati prema vrsti staništa i uvjetima uzgoja ribe. Pokazano je da pelagične vrste poput inćuna, skuše i šaruna imaju veće razine selen od pridnenih vrsta kao što su trlja blatarica i plosnata bljedica (Copat i sur., 2014), kao i da brancini iz divljeg ulova imaju veće razine selen od brancina iz uzgoja (0,238 vs 0,142 mg/kg; 0,321 vs 0,277 mg/kg) (Sulimanec Grgec i sur., 2022; Trocino i sur., 2012).



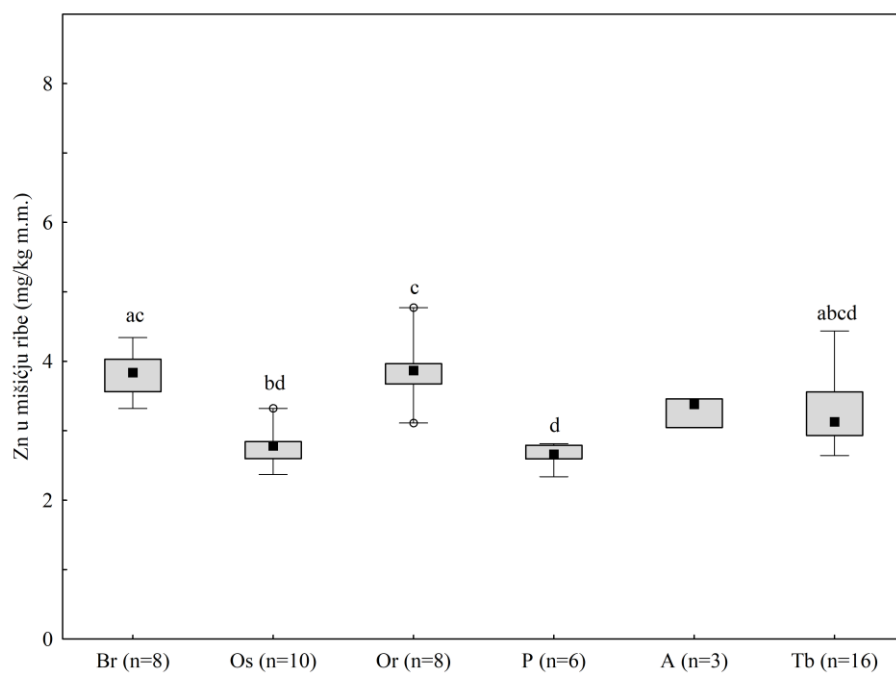
a) *B – brancin, Os – oslić, Or – orada, P – pišmolj, A – arbun, Tb – trlja blatarica*



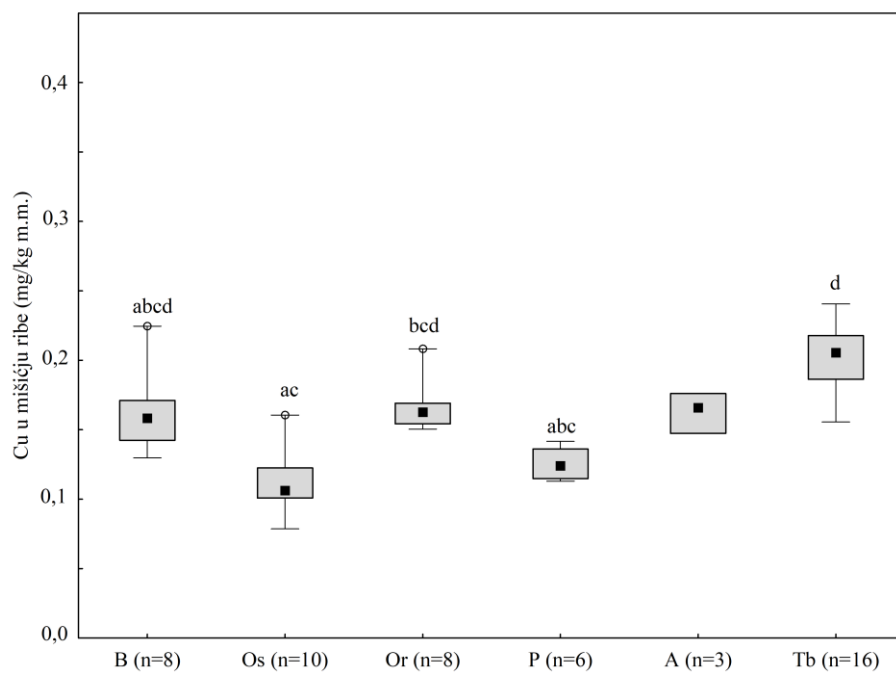
b) *B – brancin, Os – oslić, Or – orada, P – pišmolj, A – arbun, Tb – trlja blatarica*

^{a,b} Statistički značajne razlike ($p < 0,05$) testirane Kruskal-Wallis ANOVA testom i višestrukom usporedbom srednjih vrijednosti između skupina

Slika 9. Razine esencijalnih makroelemenata **a)** kalija (K) i **b)** magnezija (Mg) u mišićju pridnenih vrsta ribe iz Jadranskoga mora (Box i Whisker dijagram; donja i gornja linija predstavljaju najmanju i najveću vrijednost, crni kvadrat medijan, kružići netipične vrijednosti)



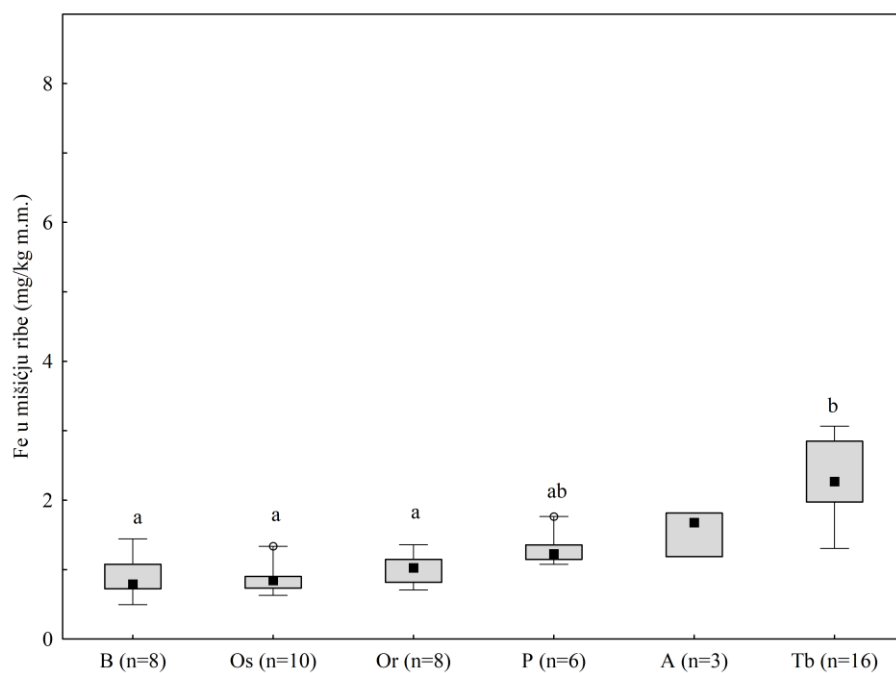
a) *B – brancin, Os – oslić, Or – orada, P – pišmolj, A – arbun, Tb – trlja blatarica*



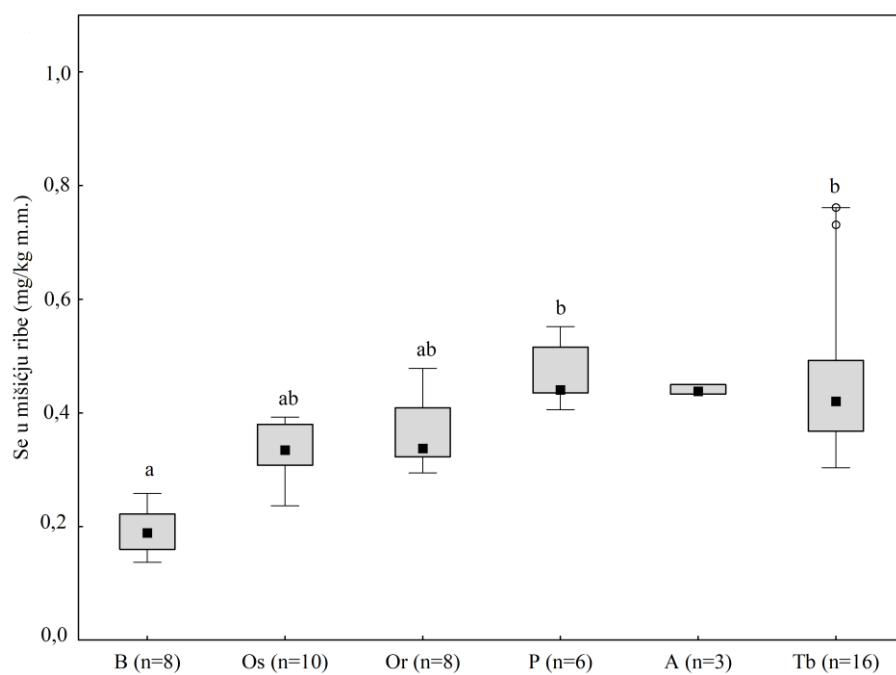
b) *B – brancin, Os – oslić, Or – orada, P – pišmolj, A – arbun, Tb – trlja blatarica*

^{a,b,c,d} Statistički značajne razlike ($p < 0,05$) testirane Kruskal-Wallis ANOVA testom i višestrukom usporedbom srednjih vrijednosti između skupina

Slika 10. Razine esencijalnih mikroelemenata **a)** cinka (Zn) i **b)** bakra (Cu) u mišićju pridnenih vrsta ribe iz Jadranskoga mora (Box i Whisker dijagram; donja i gornja linija predstavljaju najmanju i najveću vrijednost, crni kvadrat medijan, kružići netipične vrijednosti)



a) *B – brancin, Os – oslić, Or – orada, P – pišmolj, A – arbun, Tb – trlja blatarica*



b) *B – brancin, Os – oslić, Or – orada, P – pišmolj, A – arbun, Tb – trlja blatarica*

^{a,b} Statistički značajne razlike ($p < 0,05$) testirane Kruskal-Wallis ANOVA testom i višestrukom usporedbom srednjih vrijednosti između skupina

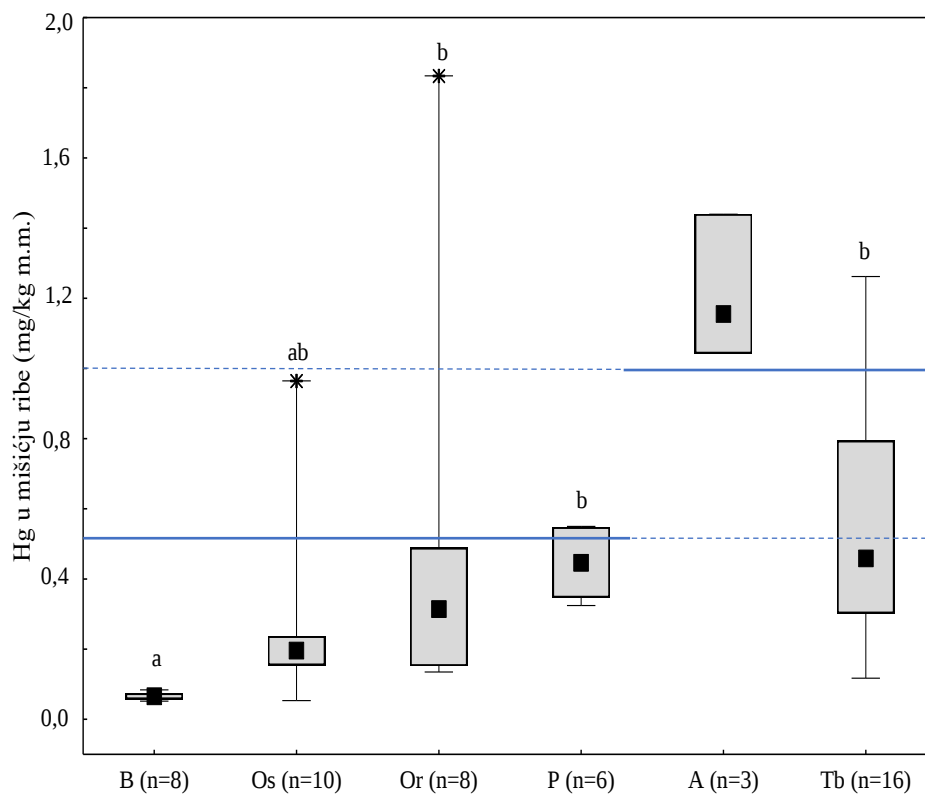
Slika 11. Razine esencijalnih mikroelemenata **a)** željeza (Fe) i **b)** selena (Se) u mišićju pridnenih vrsta ribe iz Jadranskoga mora (Box i Whisker dijagram; donja i gornja linija predstavljaju najmanju i najveću vrijednost, crni kvadrat medijan, kružići netipične vrijednosti)

4.4. ŽIVA U PRIDNENIM VRSTAMA RIBE IZ JADRANSKOG MORA

Razine toksičnih elemenata u mišićju riba razlikuju se među jedinkama i ovise o brojnim čimbenicima kao što su: geografska lokacija, biotični i abiotični čimbenici, kemijska svojstva metala, temperatura i pH vrijednost vode, karakteristike ribe (težina, starost, spol, fiziološki čimbenici). Nadalje, razine toksičnih elemenata u mišićju ribe dobar su pokazatelj onečišćenja morskog ekosustava (Bilandžić i sur., 2018).

Na slici 12. prikazane su razine žive u šest vrsta pridnenih riba iz Jadranskoga mora. Najniže razine žive izmjerene su u brancina (medijan 0,066 mg/kg), a najviše u arbuna (medijan 1,16 mg/kg). Prema europskoj regulativi, najveća dopuštena količina (NDK) žive u mišićnom mesu ribe je 0,50 mg/kg za sve vrste riba, a za vrste poput arbuna i trlje 1,0 mg/kg (EZ 1881/2006). Razine žive (u mg/kg m.m.) veće od NDK vrijednosti za živu u mišićnom mesu ribe utvrđene su u jednom uzorku oslića (0,965), dva uzorka orade (0,506 i 1,83) te po tri uzorka pišmolja (0,535; 0,547; 0,550), trlje blatarice (1,09; 1,17; 1,26) i arbuna (1,04; 1,16; 1,44). U svim uzorcima brancina razine žive bile su niže od 0,10 mg/kg.

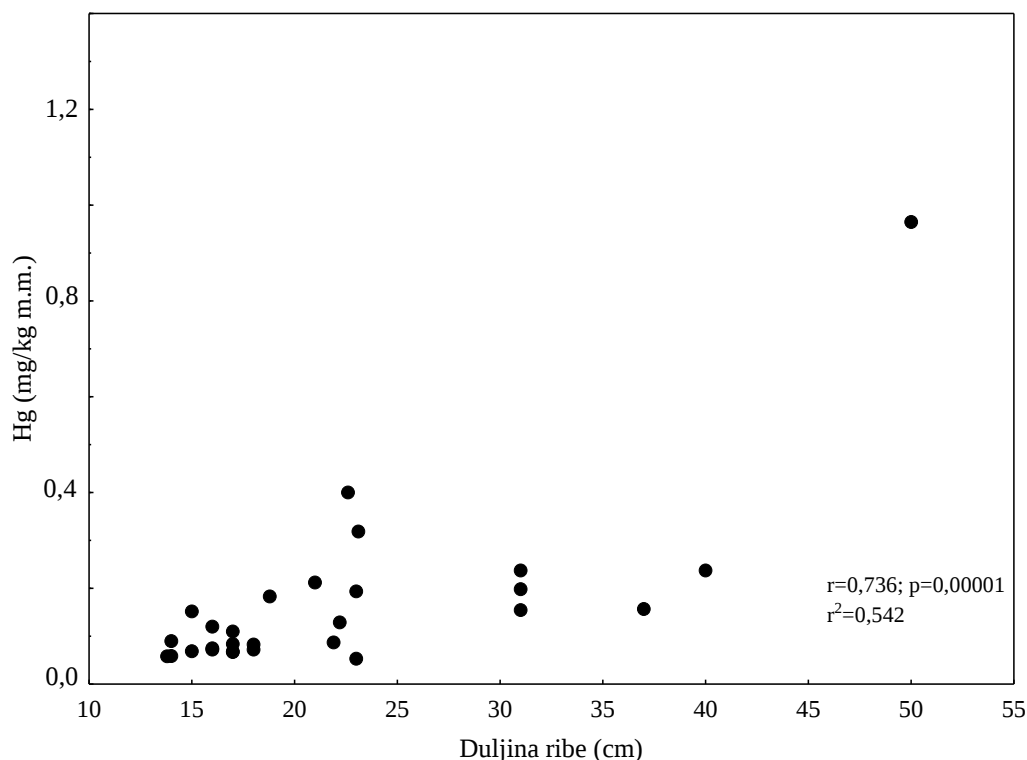
Nadalje, utvrđene su statistički značajne razlike u razinama žive među vrstama. Orade su sadržavale do 5 puta veće (0,315 mg/kg), a pišmolj (0,446 mg/kg) i trlja blatarica (0,459 mg/kg) do 7 puta veće razine žive od brancina (0,066 mg/kg). Utvrđene razine žive u osliću usporedive su s rezultatima istraživanja Bilandžić i suradnika (2018) o razinama žive u uzorcima oslića skupljenim na ribarnicama u Hrvatskoj (0,024 mg/kg) i dva puta niže od razina žive u oslićima ulovljenim u Jadranskom moru prije dvadesetak godina (0,373 mg/kg) (Jureša i Blanuša, 2003). Razine žive u pelagičnim i pridnenim vrstama iz Jonskog mora bile su dvostruko niže od dobivenih u ovom istraživanju, s time da nijedan uzorak nije bio sadržajem žive veći od NDK vrijednosti za živu (Copat i sur., 2014). Također, niže razine žive utvrđene su i u orada i brancina iz Egejskog i Kretskog mora (Renieri i sur., 2019). Pored navedenog, u tom istraživanju pokazan je utjecaj vrste, lokacije ulova i godišnjih doba na razine žive. Slično kao i kod selena, za orade i brancine iz divljeg ulova u Jadranskom moru utvrđene su veće razine žive (od 7,5 do 11 puta) u usporedbi s istim vrstama iz uzgoja (Sulimanec Grgec i sur., 2022; Vulić i sur., 2012). Takav rezultat se može pripisati načinu ishrane navedenih vrsta u divljini (mesožderi) i kontroliranim uvjetima u kaveznom uzgoju, te mjestu obitavanja (pridnene vrste). Veće razine žive u ribama iz Jadranskog i Tirenskog mora u usporedbi s drugim područjima u Mediteranskom bazenu (zapadni, srednji i istočni dio) (Copat i sur., 2015), mogu se pripisati živi iz prirodnih izvora (vulkani) te povećanom onečišćenju mora iz industrijskih postrojenja (sjeverna Italija) (Kotnik i sur., 2014).



Oznake: B – brancin, Os – oslić, Or – orada, P – pišmolj, A – arbun, Tb – trlja blatarica

^{a,b} Statistički značajne razlike ($p < 0,05$) testirane Kruskal-Wallis ANOVA testom i višestrukom usporedbom srednjih vrijednosti između skupina. Plava linija označava vrijednost najveće dopuštene količine živeu mišićnom mesu ribe od 0,50 mg/kg za sve vrste riba i 1,0 mg/kg za vrste poput arbuna i trlja (EZ 1881/2006).

Slika 12. Razine žive (Hg) u mišićju pridnenih vrsta ribe iz Jadranskoga mora. Rezultati su prikazani kao Box i Whisker dijagram; donja i gornja linija predstavljaju najmanju i najveću vrijednost, crni kvadrati medijani, kružići netipične vrijednosti, a zvjezdice ekstremne vrijednosti.



Slika 13. Odnos između razina Hg u mišićju (mg/kg m.m.) i duljine ribe (cm) u oslića (*Merluccius merluccius*, n=28) iz Jadranskog mora.

Slika 13. prikazuje odnos između razina žive u mišićju ribe (mg/kg) i duljine ribe (cm) u vrste oslić (*Merluccius merluccius*) iz Jadranskog mora. Utvrđena je statistički značajna pozitivna korelacija ($r= 0,736$, $p= 0,00001$) između duljine ribe i razine žive izmjerene u mišićju ribe. Veće (i starije) jedinke oslića sadržavale su veće razine žive. Poznato je da su jedinke oslića dulje od 36 cm predatori, a osim što jedu različite vrste ribe, jedu i jedinke iste vrste (kanibalizam), što rezultira nakupljanjem većih količina žive u mišićju (Carpentieri i sur., 2005). Slični rezultati dobiveni su i u drugim istraživanjima na oslićima ulovljenim u Jadranskom moru (Storelli i sur., 2005; Blanuša i Jureša, 2003) te drugim vrstama riba iz portugalskog akvatorija (Costa i sur.,2020).

4.5. PROCJENA DOBROBITI KONZUMIRANJA MORSKE RIBE ZBOG UNOSA ESENCIJALNIH ELEMENATA I MOGUĆEG RIZIKA ZA ZDRAVLJE ZBOG IZLOŽENOSTI TOKSIČNOJ ŽIVI

S obzirom na rezultate analize elemenata u mišićju morske ribe, procijenjen je unos esencijalnih elemenata kalija, magnezija, željeza, cinka, bakra i selen (Tablica 8) te toksičnog metala žive (tablica 9) konzumacijom jednog obroka ribe od 150 g za odrasle osobe prosječne tjelesne mase 70 kg.

Za makroelement kalij dobivene su vrijednosti oko 20 % preporučene prehrambene vrijednosti (19,2 do 22,1 % DRV) od kojih je najmanja vrijednost izračunata za brancin, a najveća za oradu. Također, u brancina je dobivena najmanja vrijednost unosa za magnezij (13,5 % DRV).

Što se tiče mikroelemenata, jednim obrokom ribe može se zadovoljiti od 1 do 3 % preporučene prehrambene vrijednosti za željezo (od 0,97 % DRV u oslića do 2,84 % DRV u trlje blatarice) i oko 3 % za cink (od 0,87 % DRV u oslića do 3,67 % DRV u trlje blatarice). Dobiveni podaci o unosu bakra konzumacijom jednog obroka ribe kreću se od 1,26 % DRV za oslić do 2,61 % DRV za trlju blataricu.

Riba je vrlo dobar izvor selen, što potvrđuju i naši rezultati. Procijenjeno je da se jednim obrokom ribe unese od 54,3 do 98,6 %DRV za selen.

Najveći % DRV za sve mjerene elemente osim kalija dobivene su za trlju blataricu, a najniže vrijednosti za brancin (za kalij, magnezij i selen) i oslić (za željezo, bakar i cink). Rezultati istraživanja iz 2020. pokazali su da konzumacijom dva obroka pelagičnih vrsta ribe (primjerice inćun, srdele, skuše) tjedno ne predstavlja rizik za zdravlje, a dobar je izvor selen u prehrani (Sulimanec Grgec i sur., 2020).

Tablica 8. Razine esencijalnih elemenata (K, Mg, Fe, Zn, Cu i Se) u najčešće konzumiranim vrstama pridonose ribe iz Jadranskoga mora, procijenjen unos (EI) i razine dosegnutosti preporučenih prehrambenih vrijednosti elemenata (% DRV) jednim obrokom ribe od 150 g za odraslu osobu

Vrsta ribe	K			Mg		
	C (mg/kg)	EI (mg/150 g)	% DRV	C (mg/kg)	EI (mg/150 g)	% DRV
Brancin	4485 [4878]	673 [732]	19,2 [20,9]	314 [343]	47 [52]	13,5 [14,7]
Orada	5156 [5744]	773 [862]	22,1 [24,6]	347 [380]	52 [57]	14,9 [16,3]
Oslić	4548 [4876]	682 [731]	19,5 [20,9]	373 [443]	56 [67]	15,9 [18,9]
Trlja blatarica	4608 [5014]	691 [752]	19,7 [21,5]	374 [463]	56 [67]	16,0 [19,8]
	Fe			Zn		
	EI (mg/kg)	C (mg/150 g)	% DRV	C (mg/kg)	EI (mg/150 g)	% DRV
Brancin	1,37 [2,01]	0,206 [0,302]	1,3 [1,9]	3,81 [4,34]	0,572 [0,651]	3,5 [4,0]
Orada	1,42 [1,93]	0,213 [0,289]	1,3 [1,8]	3,82 [4,43]	0,573 [0,665]	3,5 [4,1]
Oslić	1,03 [1,32]	0,155 [0,198]	0,9 [1,2]	3,12 [3,49]	0,468 [0,523]	2,9 [3,2]
Trlja blatarica	3,03 [4,22]	0,455 [0,633]	2,8 [4,0]	3,99 [5,85]	0,599 [0,878]	3,7 [5,4]
	Cu			Se		
	C (mg/kg)	EI (mg/150 g)	% DRV	C (mg/kg)	EI (mg/150 g)	% DRV
Brancin	0,225 [0,343]	0,034 [0,051]	2,1 [3,2]	0,255 [0,355]	0,038 [0,053]	54,3 [75,7]
Orada	0,187 [0,237]	0,028 [0,036]	1,8 [2,2]	0,355 [0,430]	0,053 [0,065]	75,7 [92,8]
Oslić	0,134 [0,160]	0,020 [0,024]	1,3 [1,5]	0,341 [0,394]	0,051 [0,059]	72,9 [84,3]
Trlja blatarica	0,278 [0,424]	0,042 [0,063]	2,6 [4,0]	0,463 [0,634]	0,069 [0,095]	98,6 [135,7]

*DRV (engl. *Dietary Reference Values*): preporučena prehrambena vrijednost za nutrijente za odrasle osobe propisana od Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA, 2017): K: **3500** mg/dan; Mg: 300-350 mg/dan; Fe: 11-16 mg/dan, Zn: 7,5-16,3 mg/dan; Cu: 1,3-1,6 mg/dan; Se: **0,07** mg/dan.

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i devedeseti percentil u uglatoj zagradi [P90].

Unos žive najčešće konzumiranim pridnenim vrstama morske ribe procijenjen je za odraslu osobu prosječne tjelesne mase 70 kg i jedan obrok ribe od 150 g (tablica 9). Dobiveno je da se jednim obrokom brancina, orade, oslića i trlje blatarice iz divljeg ulova u Jadranskom moru može unijeti od 0,025 do 0,093 mg Hg/kg tjelesne mase. Zbog razine žive veće od 0,50 mg Hg/kg mišićja ribe, konzumacija jednog obroka orade (103 % TWI_{MeHg}) prelazi vrijednost dopuštenog tjednog unosa metilžive koji iznosi 1,3 µg/kg tjelesne mase (EFSA, 2012).

Osim % TWI, izračunate su i vrijednosti kvocijenta ciljne opasnosti (THQ) za konzumaciju dva i četiri obroka ribe na tjedan. Vrijednosti THQ veće od 1 označavaju povećani rizik od mogućih štetnih učinaka metilžive na zdravlje. Uzeći u obzir prosječne vrijednosti žive u analiziranim vrstama ribe, dobiveno je da su vrijednosti THQ veće od 1 za unos dva i više obroka orade (2,05) i trlje blatarice (1,71) na tjedan. Za tjednu konzumaciju četiri obroka ribe, u svih vrsta je procijenjena vrijednost THQ veća od 1, što upućuje na mogući povećani rizik od štetnih učinaka žive za zdravlje. Slično je utvrđeno u istraživanju Copat i suradnika (2014) na različitim vrstama riba iz Jonskog mora, uključujući i trlju blataricu. Dobivena THQ vrijednost za konzumaciju četiri i više obroka trlje blatarice na tjedan bila je veća od 1. Renieri i sur. (2019) utvrdili su da orade iz divljeg ulova nakupljaju više žive od orada iz uzgoja. No s obzirom na utvrđene niske razine žive i analizu procjene rizika ($THQ < 1$) utvrđeno je da je njihova konzumacija sigurna za potrošače.

Za svaku vrstu ribe izračunata je i najveća dopuštena količina unosa na tjedan (CRw). U najvećim količinama se može konzumirati oslić (542 g na tjedan) jer sadrži najmanje razine žive (0,168 mg/kg), a orada najmanje (146 g na tjedan) zbog većih razina žive (0,622 mg/kg). Također, pokazano je da konzumacija jednog obroka ribe od 150 g vrste brancin, oslić i trlja blatarica na tjedan ne predstavlja opasnost za zdravlje konzumenata zbog izloženosti živi. Ukoliko se riba konzumira više puta na tjedan, tada je potrebno obratiti pozornost na vrstu ribe koja se jede kako bi se smanjio rizik od povećane izloženosti živi.

Prema rezultatima našeg istraživanja o učestalosti konzumacije morske ribe u Hrvatskoj, oslić, orada i brancin se najčešće konzumiraju na mjesečnoj razini (od 1 do 4 puta). Stoga, uzevši u obzir navedene podatke i izmjerene razine žive, možemo zaključiti da njihova konzumacija ne predstavlja rizik od povećane izloženosti živi za stanovnike u Hrvatskoj. Rezultati istraživanja iz 2020. godine (Sulimanec Grgec i sur. 2020) pokazali su da tjedna konzumacija dva i više obroka male pelagične ribe (srdela, incun, lokarda) ne predstavlja rizik za zdravlje ljudi, uključujući i posebno osjetljive skupine stanovništva kao što su trudnice i mala djeca. Što se tiče pojedinih pridnenih vrsta kao što su trlja blatarica, arbun i morski pas, kao i velikih predatorskih pelagičnih vrsta (tuna, sabljarka) koje mogu nakupljati veće

količine žive, trudnice i mala djeca trebali bi izbjegavati njihovu konzumaciju. Slično su pokazali i rezultati našeg istraživanja.

Tablica 9. Razine žive u najčešće konzumiranih vrsta pridnenih riba iz Jadranskog mora, procijenjen unos (EI) žive, razine dosegnutosti dopuštenog tjednog unosa metilžive (% TWI_{MeHg}) za odraslu osobu tjelesne mase 70 kg jednim obrokom ribe od 150 g i vrijednosti kvocijenta ciljne opasnosti (THQ_{MeHg}) te najveće dopuštene količine unosa ribe na tjedan (CR_w) s obzirom na izloženost metilživi

Vrsta ribe	C (Hg) (mg/kg m.m.)	EI (Hg) (mg/150 g)	%TWI _{MeHg}	THQ _{MeHg} (2 obroka/tj.)	THQ _{MeHg} (4 obroka/tj.)	CR _w (g/tj.)
Brancin	0,184 [0,438]	0,028 [0,066]	30,3 [72,2]	0,607 [1,44]	1,21 [2,89]	495 [208]
Orada	0,622 [1,27]	0,093 [0,190]	103,0 [208,7]	2,05 [4,17]	4,10 [8,35]	146 [72]
Oslić	0,168 [0,262]	0,025 [0,039]	27,7 [43,2]	0,554 [0,864]	1,11 [1,73]	542 [347]
Trlja blatarica	0,520 [1,03]	0,078 [0,154]	85,7 [169,2]	1,71 [3,38]	3,43 [6,76]	175 [89]

Podebljane vrijednosti (THQ_{MeHg} >1) označavaju povećani rizik od mogućih štetnih učinaka metilžive na zdravlje. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i devedeseti percentil u uglatoj zagradi [P90].

5. ZAKLJUČCI

Morska riba pripada skupini namirnica životinjskog podrijetla čije se redovito konzumiranje uvelike potiče zbog vrijednog sadržaja visoko kvalitetnih proteina, omega-3 masnih kiselina, vitamina i minerala te njene visoke probavljivosti. Istovremeno, konzumacijom ribe može se povećati i unos različitih toksikanata, uključujući toksične metale koji se u njoj nakupljaju iz okoliša, od kojih posebice treba istaknuti živu u obliku visoko toksične metilžive.

Na temelju provedenog istraživanja može se zaključiti sljedeće:

1. Svježa morska riba (64 %) više se konzumira od smrznute i konzervirane (18 %), uz veću preferenciju ribe iz divljeg ulova (52 %) od ribe iz uzgoja (5 %)
2. Prosječni tjedni unos morske ribe bio je 1,4 puta
3. Promatrano prema pojedinoj vrsti riba, svaka od ponuđenih vrsta morske ribe, neovisno o načinu pripreme, se pretežito konzumira od jednom mjesečno do nekoliko puta godišnje
4. Najviše se konzumira konzervirana tuna (34 %), zatim oslić (28 %), orada (25 %), brancin (22 %) te srdela (20 %)
5. Jedan obrok od 150 g brancina, orade, oslića i/ili trlje blatarice osigurava u prosjeku od 15 do 20 % preporučenih prehrambenih vrijednosti za kalij i magnezij, do 4 % za željezo, cink i bakar te oko 75 % za selen
6. Vrste arbun, trlja blatarica i pišmolj nakupljaju više žive od brancina
7. Svi uzorci arbuna imali su razine žive veće od najveće dozvoljene vrijednosti za živu u mesu ribe od 1,0 mg/kg, stoga bi bilo poželjno izbjegavati njegovu čestu konzumaciju i ograničiti unos jednom na mjesec
8. Zbog sadržaja žive u mišićnom tkivu većeg od 0,50 mg/kg, preporuča se ograničiti konzumaciju orade i trlje blatarice na jedan obrok tjedno

6. LITERATURA

Azad AM, Frantzen S, Bank MS, Nilsen BM, Duinker A, Madsen L, Maage A (2019) Effects of geography and species variation on selenium and mercury molar ratios in Northeast Atlantic marine fish communities. *Sci Total Environ* **652**, 1482-1496. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.405>

Bilandžić N, Sedak M, Čalopek B, Đokić M, Solomun- Kolanović B, Božić- Luburić Đ i sur. (2018) Element contents in commercial fish species from the Croatian market. *J Food Compos Anal* **71**, 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.02.014>

Botwe BO (2021) Heavy metal concentrations in five fish species from the Gulf of Guinea and their human health implications. *Reg Stud Marine Sci* **44**, 101763. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101763>

Burger J, Gochfeld M (2011) Mercury and selenium levels in 19 species of saltwater fish from New Jersey as a function of species, size and season. *Sci Total Environ* **409** (8), 1418-1429. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.12.034>

Carpentieri P, Colloca F, Cardinale M, Belluscio A, Ardizzone GD (2005) Feeding habits of European hake (*Merluccius merluccius*) in the central Mediterranean Sea. *Fish Bull* **103** (2), 411-416.

Copat C, Vinceti M, D'Agati MG, Arena G, Mauceri V, Grasso A i sur. (2014) Mercury and selenium intake by seafood from the Ionian Sea: A risk evaluation. *Ecotox Environ Safe* **100**, 87-92. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.11.009>.

Copat C, Oliveri Conti G, Fallico R, Sciacca S, Ferrante M (2015) Heavy metals in fish from the Mediterranean: Potential impact on diet. U: Preedy V, Watson R (ured.) *The Mediterranean Diet*, str. 547-562. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407849-9.00049-X>

Costa F, Coelho JP, Baptista J, Martinho F, Pereira ME, Pardal MA (2019) Mercury accumulation in fish species along the Portuguese coast: Are there potential risks to human health? *Mar Pollut Bull* **150**, 110740. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110740>

EFSA (2012) Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA J* **10** (12), 2985.

<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2985>

EFSA (2014) Scientific opinion on dietary reference values for selenium. *EFSA J* **12** (10), 1-67. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3846>

EFSA (2015) Statement on the benefits of fish/seafood consumption compared to the risks of methylmercury in fish/seafood. *EFSA J* **13** (1), 1-36. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3982>

EFSA (2017) Dietary reference values for nutrients. Summary report. *EFSA supporting publication*, e15121, 98 str. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>

EUROFISH (2017) Konzumacija ribe u Hrvatskoj. EUROFISH i Uprava ribarstva, Ministarstvo poljoprivrede republike hrvatske, 2017. Izvještaj, 1–78. Dostupno na: https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/Final_hrvatski_Eurofish_Izvj%C5%A1taj_Konzu_macija%20ribe%20u%20Hrvatskoj_2017.pdf

Fairweather-Tait SJ, Bao Y, Broadley MR, Collings R, Ford D, Hesketh JE, Hurst R (2011) Selenium in Human Health and Disease. *Antioxid Redox Sign* **14** (7), 1337-83. <https://doi.org/10.1089/ars.2010.3275>

Gil A, Gil F (2015) Fish, a Mediterranean source of n-3 PUFA: Benefits do not justify limiting consumption. *Brit J Nutr* **113** (S2), S58-S67. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003742>.

HEAL/HCWH (2006) Mercury and fish consumption- fact sheet. Health and Environmental Alliance, Belgium / Health Care Without Harm, Czech Republic. https://www.env-health.org/IMG/pdf/5-Mercury_and_Fish_Consumption.pdf Pristupljeno: 10. srpnja 2022.

Hajeb P, Sloth JJ, Shakibazadeh S, Mahyudin NA (2014) Toxic Elements in Food: Occurrence, Binding, and Reduction Approaches. *Compr Rev Food Sci* **13**, 457–472. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12068>

Hei A (2018) Mental Health Benefits of Fish Consumption. *Clin Schizophr Relat Psychoses* **15**, (1). doi: 10.3371/CSRP.HA.012821

Jureša D, Blanuša M (2003) Mercury, arsenic, lead and cadmium in fish and shellfish from the Adriatic Sea. *Food Addit Contam* **20** (3), 241-246. <https://doi.org/10.1080/0265203021000055379>

Krabbenhoft DP, DeWild JF, Ogorek J, Tate M, Lepak R (2013) Mercury Cycling in the Environment <https://wi.water.usgs.gov/mercury/mercury-cycling.html> Pristupljeno: 10. srpnja 2022.

Kolčić I, Relja A, Gelemanović A, Boban K, Hayward C, Polašek O (2016) Mediterranean diet in the southern Croatia – does it still exist? *Croat Med J* **57** (5), 415-424. <https://doi.org/10.3325/cmj.2016.57.415>

Kozačinski L, Cvrtila Ž (2006) Kemijski sastav mesa riba. *MESO: Prvi Hrvatski Časopis o Mesu* **VIII** (6), 365-370. <https://hrcak.srce.hr/22462>. Pristupljeno 15. srpnja 2022.

Liu G, Cai Y, O'Driscoll N (2012) Environmental Chemistry and toxicology of mercury, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, str. 1-2.

Polak-Juszczak L (2015) Selenium and mercury molar ratios in commercial fish from the Baltic Sea: Additional risk assessment criterion for mercury exposure. *Food Control* **50**, 881-888. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.046>

Polak-Juszczak L (2018) Distribution of organic and inorganic mercury in the tissues and organs of fish from the southern Baltic Sea. *Environ Sci Pollut Res* **25**, 34181-34189. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3336-9>

Ralston NVC, Kaneko JJ, Raymond LJ (2019) Selenium health benefit values provide a reliable index of seafood benefits vs. risks. *J Trace Elem Med Biol* **55**, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.05.009>

Renieri EA, Safenkova IV, Alegakis AK, Slutskaia ES, Kokaraki V, Kentouri M. i sur. (2019) Cadmium, lead and mercury in muscle tissue of gilthead seabream and seabass: Risk evaluation for consumers. *Food Chem Toxicol* **124**, 439-449. doi: 10.1016/j.fct.2018.12.020.

Ruxton CHS (2011) The benefits of fish consumption. *Nutr Bull* **36** (1), 6-19. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2010.01869.x>

Sekovanić A, Piasek M, Orct T, Sulimanec Grgec A, Matek Sarić M, Stasenka S, Jurasović J (2020) Mercury Exposure Assessment in Mother – Infant Pairs from Continental and Coastal Croatia. *Biomolecules* **10** (6), 821. <https://doi.org/10.3390/biom10060821>

Squadrone S, Brizio P, Stella C, Prearo M, Pastorino P, Serracca L, Ercolini C, Abete MC

(2016) Presence of trace metals in aquaculture marine ecosystems of the northwestern Mediterranean Sea (Italy). *Environ Pollut* **215**, 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.096>

Srebočan E, Strunjak-Perović I, Lasić D, Opačak A, Knežević D (2014) Znanstveno mišljenje o prisutnosti žive, olova, kadmija i arsena u akvatičnim organizmima na tržištu Republike Hrvatske. HAH-Z-2014-2.

Storelli MM, Storelli A, Giacomini-Stuffler R, Marcotrigiano GO (2005) Mercury speciation in the muscle of two commercially important fish, hake (*Merluccius merluccius*) and striped mullet (*Mullus barbatus*) from the Mediterranean sea: estimated weekly intake. *Food Chem* **89**, 295-300. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.036>

Sulimanec Grgec A, Kljaković-Gašpić Z, Orct T, Tičina V, Sekovanić A, Jurasović J, Piasek M (2020) Mercury and selenium in fish from the eastern part of the Adriatic Sea: A risk-benefit assessment in vulnerable population groups. *Chemosphere* **261**, 127742. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127742>

Sulimanec Grgec A, Jurasović J, Kljaković-Gašpić Z, Orct T, Rumora Samarin I, Janči T, Sekovanić A, Grzunov Letinić J, Matek Sarić M., Benutić A., Capak K, Piasek M (2022) Potential risks and health benefits of fish in the diet during the childbearing period: Focus on trace elements and n-3 fatty acid content in commonly consumed fish species from the Adriatic Sea. *Environ Adv* **8**, 100226. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100226>

Tilami SK, Sampels S (2017) Nutritional value of fish: Lipids, proteins, vitamins, and minerals, *Rev Fish Sci Aquac* **26** (2), 243-253. <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104>.

Tomić M, Kovacčićek T, Matulić D (2016) Attitudes as basis for segmenting Croatian fresh fish consumers. *New Medit*, **15** (4), 63–71. <https://newmedit.iamb.it/2016/12/08/attitudes-as-basis-for-segmenting-croatian-fresh-fish-consumers/> Pristupljeno: 20. srpnja 2022.

Tomić M, Lucević Z, Tomljanović T, Matulić D (2017) Wild-caught versus farmed fish – consumer perception. *Croat J Fisher* **75** (2), 41-50. <https://doi.org/10.1515/cjf-2017-0007>

Trocino A, Xiccato G, Majolini D, Tazzoli M, Tulli F, Tibaldi E i sur. (2012) Levels of dioxin-like polychlorinated biphenyls (DL-PCBs) and metals in European sea bass from fish

farms in Italy. *Food Chem* **134**, 333–338. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.153>

Uredba komisije (EZ) br 1881/2006 o utvrđivanju najvećih dopuštenih količina određenih kontaminanata u hrani. *Službeni list Europske unije*. L 364/5 (13/sv.36).

Verbeke W, Sioen I, Pieniak Z, Van Camp J, De Henauw S (2005) Consumer perception versus scientific evidence about health benefits and safety risks from fish consumption. *Public Health Nutr* **8** (4), 422-429. <https://doi.org/10.1079/phn2004697>

Višnjevec AM, Kocman D, Horvat M (2014) Human mercury exposure and effects in Europe. *Environ Toxicol Chem* **33** (6), 1259-1270. <https://doi.org/10.1002/etc.2482>

Žvab Rožić P, Dolenec T, Karamarko V, Kniewald G, Dolenec M (2014) Element levels in cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) from the Adriatic Sea and potential risk assessment. *Environ Geochem Health* **36** (1), 19-39. <https://doi.org/10.1007/s10653-013-9516-0>

IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja, ANTONELA NOVAK, izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Vlastoručni potpis