

ANALIZA ZAGAĐENJA JEZERA MODRAC I RIJEKA SPREČE I TURIJE



eKO BIH



Finansira
Evropska unija



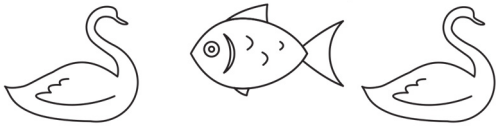
Centar za
životnu sredinu

UDRUŽENJE
AARHUS
CENTAR U BIH



cee
centar za ekologiju i energiju

Implementiraju partneri



ANALIZA ZAGAĐENJA JEZERA MODRAC
I RIJEKA SPREČE I TURIJE



TUZLA
2021.

IZDAVAČ:

Centar za ekologiju i energiju

Filipa Kljajića 22, 75000 Tuzla, BiH

www.ekologija.ba

Autor:

Dr.sci. Abdel Đozić, dipl.ing.tehn.

Centar za ekologiju i energiju

Amra Skramončin, projekt menadžer

Štampa:

OFF-SET d.o.o. Tuzla

Tiraž:

300 primjeraka

SADRŽAJ

1.	UVOD	7
2.	TEORETSKI DIO	9
2.1	Opći podaci o slivu rijeke Spreče, Turije i jezera Modrac	13
2.1.1	Nastanak i namjena akumulacije Modrac.....	13
2.1.2	Opći podaci o rijeci Spreči.....	17
2.1.3	Opći podaci o rijeci Turiji.....	18
2.2	Teški metali i okoliš	20
2.2.1	Arsen	21
2.2.2	Kadmij	22
2.2.3	Hrom	24
2.2.4	Živa	24
2.2.5	Nikl	26
2.2.6	Olovo	27
3.	EKSPERIMENTALNI DIO	29
3.1	Područje istraživanja	30
3.2	Rezultati analiza fizičko-hemijskih parametara kvalitete vode Spreče, Turije i jezera Modrac, 2018. – 2020. godina	31
3.3	Rezultati analiza fizičko-hemijskih parametara kvalitete vode Spreče, Turije i jezera Modrac, septembar 2021. godina	43
4.	ZAKLJUČCI I PREPORUKE	48
5.	LITERATURA	51

1. UVOD

Onečišćenje riječnog i/ili jezerskog ekosistema definiše se kao svako neposredno ili posredno mijenjanje biološkog, fizičkog, hemijskog ili radiološkog sastava vode ili ekosistema. Kontinuirano onečišćenje vodnih sistema vodi ka gubitku njihove prirodne moći samoprečišćavanja, odnosno akumuliranju različitih vrsta zagađujućih tvari u koncentracijama koje imaju izražen negativan uticaj na okoliš. Većina rijeka na području Federacije BiH je zagađena nizvodno od većih gradova i naselja, budući da se otpadne vode ispuštaju u vodotoke uglavnom bez ikakvog prečišćavanja. Korita rijeka su veoma često i mjesta za odlaganje čvrstog otpada, što dodatno utiče na zagađenje¹.

Onečišćenje rijeka usko je povezano sa narušavanjem kvalitete jezerske vode gdje najčešće dolazi do akumuliranja zagađujućih tvari u koncentracijama koje mogu dostići vrlo ekstremne vrijednosti. Uticaji takvog širokog spektra toksičnih i otrovnih tvari prije svega se manifestiraju negativnim uticajem na zdravlje opće populacije stanovništva. Prekomjerni unos zagađujućih tvari u rijeke na području Tuzlanskog kantona, a posebno u jezero Modrac, uzrokovao je da ova vodna tijela sadrže smjese različitih hemijskih tvari čiji negativni uticaji tek trebaju biti istraženi. Nekontrolisan unos pesticida, lijekova, deterdženata ima ksenoestrogeni uticaj. Ove hemikalije mijenjaju životni ciklus organizama, posebno ciklus razmnožavanja izazivajući različite deformitete.

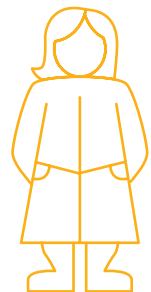
Teški metali kao što je tzv. toksična petorka As, Cd, Cr, Pb i Hg su elementi koji se prirodnim putem ne razgrađuju, oni se akumuliraju u sastavnicama okoliša i preko lanca ishrane dospjevaju u organizam čovjeka. Zagađenje vodnog sistema kojeg čine Spreča, Turija i jezero Modrac može se posmatrati kao kombinacija hemijskog neorganskog, hemijskog organskog i biološkog zagađenja različitim štetnim tvarima. Stepent štetnosti, odnosno intenzitet negativnog uticaja zavisi od vrste zagađujuće tvari i njene koncentracije.

U ovom radu u uzorcima vode (jezero Modrac, Spreča i Turija) i jednom uzorku ribe (smuđ, *stizostedion lucioperca*) analizirano je šest teških metala

¹ <https://www.zzjzfbih.ba/zagadenost-rijeka-i-jezera-i-njihov-uticaj-na-zdravlje-stanovnistva/>

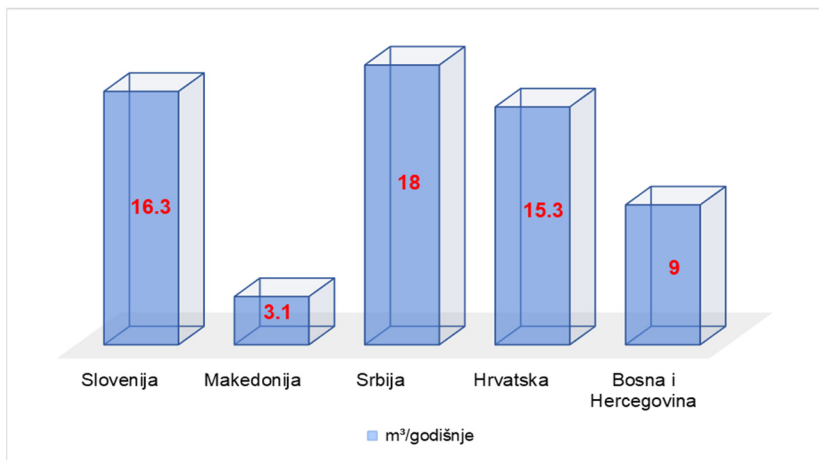
(As, Cd, Cr, Hg, Ni i Pb), tri organska polutanta (PAH, C₁₀ – C₁₃ hloralkani i benzen) kao i pH, BPK₅, HPK, amonijum jon, ukupni N, ukupni P, nitrati i ortofosfati. Cilj istraživanja je bio da se utvrdi prisustvo teških metala i organskih štetnih tvari kao pokazatelja hemijskog kvaliteta rijeka Spreče i Turije kao i jezera Modrac, odnosno da se ispita da li je došlo do unosa teških metala u lanac ishrane.

„Prije ili kasnije, morat ćemo priznati da i Zemlja ima pravo na život bez zagađenja. Ono što čovječanstvo mora znati je da ljudska bića ne mogu živjeti bez majke Zemlje, ali planet može živjeti bez ljudi“ Evo Morales



2. TEORETSKI DIO

Voda pripada kategoriji nezamjenjivih prirodnih resursa, osnovni je uslov za održavanje života. Ograničenih je količina i neravnomjerne prostorno-vremenske preraspodjele. Jedan je od najvažnijih faktora privrednog razvoja. Gotovo sve ljudske aktivnosti vezane su za korištenje vode. Značaj vode ogleda se u njenim specifičnim hemijskim osobinama. Naime, voda je univerzalan rastvarač. Na taj način omogućava unos esencijalnih tvari iz tla i otopljenih plinova poput kisika u biljni svijet. Ljudsko tijelo je u prosjeku sastavljeno od 60% vode, većina vode se nalazi u ćelijama, a oko 34% kruži unutar tijela prenoseći rastvorene tvari. Vodni resurs je multidisciplinarni koncept, obuhvata okolinske, društveno – ekonomske odnose kao i hidrološke i hidrogeološke mjere. Na slici 2.1 prikazani su vodni resursi u m³/godišnje Slovenije, Sjeverne Makedonije, Srbije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine.



Slika 2.1 Vodni resurs Slovenije, Sjeverne Makedonije, Srbije, Hrvatske i Bosne i Hercegovine²

Rijeke i prirodna i vještačka jezera na području sjeveroistočne Bosne bili su prepoznatljiviji po biodiverzitetu, čistoj i pitkoj vodi. Industrijski razvoj, te

² Upravljanje vodnim resursima u Jugoistočnoj Evropi 2003.g. Međunarodna banka za obnovu i razvoj / Svjetska banka (dostupno na: <https://cupdf.com/document/upravljanje-vodnim-resursima-u-jugoisto-noj-evropi-ohridsko-jezero-ohridsko-jezero.htm>)

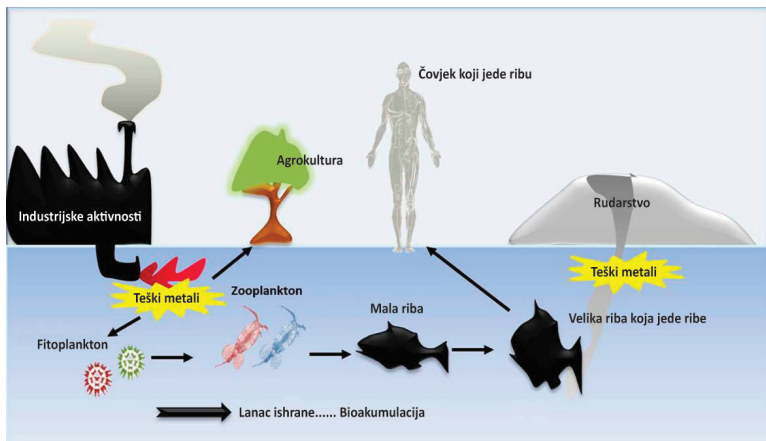
povećanje broja stanovništva ugrozili su postojeća vodna tijela koja su postala recipijent širokog spektra zagađujućih tvari iz različitih antropogenih izvora. Zagađivanje rijeka i jezera vidljivim otpadom, ali i različitim hemikalijama, mikroorganizmima zajedno sa sve češćim sušnim periodima, neefikasnim korištenjem vode doprinosi krizi pitke vode koja se ogleda u ugrožavanju podzemnih voda, odnosno izvorišta pitke vode.

Treba imati na umu da je očuvanje zaliha pitke vode imperativ ljudske zajednice, jer iako je 70% našeg planeta prekriveno vodom, samo je 2,5% pitka voda, a samo je 1% pitke vode lako dostupno. Značaj riječnog sliva pojedinih područja može se ocijeniti pomoću udjela opće populacije koja je nastanjena na tom području. U Bosni i Hercegovini, npr. 88% stanovništva živi u slivu rijeke Save, dok na području Tuzlanskog kantona preko 90% živi u slivu rijeke Spreče i Tinje.

Projekcija potrošnje vode u narednom periodu predviđena je u svim sektorima, a najviše u termoenergetskim sistemima, industriji, javnoj vodoopskrbi i navodnjavanju. Problematika vezana za vodna tijela u Tuzlanskom kantonu, sa akcentom na rijeku Spreču i Turiju, je prekid riječnog kontinuiteta (branom jezera Modrac) i branama na Turiji bez mogućnosti prolaska riba, kao i dugogodišnje zagađivanje i neujednačen protok i kvalitet vodnog tijela. Prekid u kontinuitetu riječnog toka podrazumjeva fizičku odvojenost između vrsta što utiče na smanjenje izmjene gena i smanjenu mogućnost prilagođavanja na promjene uzrokovane prirodnim i antropogenim uticajima. Vrste postaju izolovane, genetski siromašne i osjetljive na vanjske uticaje. Prekid u kontinuitetu vodotoka može biti uzokovan i zagađenjem.

Osim već dobro poznatih zagađujućih tvari koje imaju negativan uticaj na ljudsko zdravlje poput teških metala, postojećih organskih polutanata (POPs), polihloriranih bifenila (PCB), javljaju se i nove tvari poput polifluoroalkil (PAPs) i perhloroalkil tvari (PFASs). Pojedine skupine navedenih hemikalija imaju izuzetno dug period poluraspada, tako da su poznate kao „zauvijek hemikalije“. Ulaskom štetnih tvari u lanac ishrane dolazi do njihovog bioakumuliranja, odnosno u svakom sljedećem nivou ishrane do biomagnifikacije (porast koncentracije). Abiotičkim ili biotičkim procesima u okolišu ili u ljudskom organizmu npr. PFASs spojevi npr. mogu se transformirati u dugolančane perfluoroalkil karboksilne ili sulfonske kiseline odnosno u slučaju teških metala ugrađuju (inkorporiraju) se u različite organske sisteme.

Zagađujuće tvari, općenito, u vodene ekosisteme dospijevaju na dva načina i to iz tačkastih i netačkastih izvora. Kod tačkastih izvora moguće je pratiti zagađujuće tvari i/ili tvari koje se ispuštaju u vodno tijelo, odnosno moguće je odrediti tačan izvor ispuštanja otpadnih voda. Kod netačkastih izvora nije moguće pratiti zagađujuće tvari do mjesta ispuštanja, niti utvrditi ko je zagađivač. Zagađujuće tvari u ovom slučaju dolaze iz više raspršenih (difuznih) izvora i često u manjim količinama dospijevaju u vodno tijelo gdje dolazi do (najčešće u jezerima) koncentriranja. Količina određene zagađujuće tvari u vodnom okolišu je važan faktor koji određuje njegov uticaj. Dugoročni negativni uticaji zagađivanja vodnih tijela ogledaju se u narušavanju i/ili oštećenju ekosistema, zdravstvenim problemima i trovanjem životinjskog svijeta. Neki od njih su vidljivi pokazatelji promjena ekosistema, pa tako prekomjernim unosom azota i fosfora potiče se rast algi koje tako stvaraju tzv. „mrtve zone“, odnosno područja s niskim udjelom rastvorenog kisika u kojima se viši organizmi (ihtiofauna) ne mogu normalno razvijati. U zemljama EU prema United Nations Foods and Agriculture Organisation, 38% vodnih tijela je pod direktnim uticajem zagađujućih tvari sa poljoprivrednih površina. Voda kao naš najznačajniji prirodni resurs eksploatiše se do takvog nivoa u kojem nije moguće kontrolirati njeno zagađivanje. Voda kao izvor života može uslijed prekomjernog zagađivanja postati ograničavajući faktor razvoja te prijetnja ljudskom zdravlju i održivosti prirodnih ekosistema. Jezera često sadrže visoke koncentracije zagađujućih tvari. One se mogu nalaziti u vodnom tijelu, ali najčešće su prisutne u sedimentu. Koja vrsta zagađujućih tvari je prisutna zavisi od antropogenih aktivnosti slivnog područja. Usljed koncentriranja zagađujućih tvari u jezerima, vodene vrste poput riba mogu usvojiti i akumulirati vrlo visoke koncentracije teških metala. Teški metali ali i pojedine organske tvari u vodenom okolišu se ne rastvaraju i ne razrjeđuju, odnosno sklonije su bioakumulaciji i u svakom narednom lancu ishrane njihova koncentracija se povećava da bi u vrstama koje se nalaze na vrhu lanca ishrane dostigle vrlo visoke koncentracije. Zbog toga, pojedini vodeni organizmi mogu se koristiti kao bioindikator zagađenja. Na slici 2.2. prikazan je način bioakumulacije teških metala u akvatičnom lancu ishrane.



Slika 2.2. Bioakumulacija teških metala u akvatičnom lancu ishrane³

Do štetnih efekata na zdravlje uslijed zagađenja rijeka i jezera dolazi najčešće po tipu fekalno-oralne infekcije, tj. usta predstavljaju ulazno mjesto infekcije (jer se ta voda često puta i popije), a osim toga do infekcije dolazi i preko očiju (konjunktivitis), ušiju, nosa i kože. Kupanjem u zagađenim vodama se najčešće oboli od bacilarne i amebne dizenterije i drugih dijarealnih oboljenja, hepatitisa A (zarazne žutice), gljivičnih i parazitarnih bolesti⁴. Ukoliko su rijeke i jezera zagađeni teškim metalima i specifičnim organskim polutantima, negativni uticaji mogu imati dalekosežne i dugotrajne posljedice kako na vodni ekosistem tako i na okoliš u cjelini.

Na osnovu provedenih istraživanja teških metali koji su najčešće prisutni u povišenim koncentracijama u ribama su živa, bakar, kadmijum, olovo, cink, hrom, mangan i željezo⁵. Dok su neki od ovih metala vitalni za

³ Biomonitoring of Heavy Metal Pollution Using Acanthocephalans Parasite in Ecosystem: An Updated Overview

⁴ <https://www.zzjzfbih.ba/zagadenost-rijeka-i-jezera-i-njihov-uticaj-na-zdravlje-stanovnistva/>

⁵ Afshan, S.; Ali, S.; Ameen, U.S.; Farid, M.; Bharwana, S.A.; Hannan, F.; Ahmad, R. Effect of different heavy metal pollution on fish. *Res. J. Chem. Environ. Sci.* **2014**, *2*, 74–79. [Google Scholar]

zdravlje riba na preporučenim koncentracijama⁶, za druge inducirana toksičnost obično počinje kada se dostignu granične koncentracije.

2.1 OPĆI PODACI O SLIVU RIJEKA SPREČE I TURIJE I JEZERA MODRAC

Ukupna površina slivnog područja akumulacije Modrac iznosi 1.189 km², od čega slivu rijeke Spreče pripada 832 km², slivu rijeke Turija 240 km² i neposrednom slivu Akumulacije oko 117 km². Prema današnjoj teritorijalno-administrativnoj podjeli, područje sliva akumulacije Modrac zahvata površine općina: Banovići, Živinice, Kalesija, a djelimično Kladanj, Tuzla i Lukavac na području Tuzlanskog kantona i općina Osmaci na području Republike Srpske.

Prema procjeni, danas u slivu akumulacije živi oko 130.000 stanovnika, a od toga oko 20.000 u naseljima lociranim po obodu Akumulacije, iz čega proizilazi da je naseljenost u slivu oko 110 stanovnika/km². Uredbom o klasifikaciji voda, rijeka Spreča do ušća u akumulaciju Modrac, svi drugi vodotoci u slivu akumulacije i sama akumulacija Modrac svrstani su u II kategoriju voda. Akumulacija Modrac, posebno u plićim dijelovima, ne zadovoljava ni II kategoriju kvaliteta vode posmatrajući parametre kao što su otopljeni kisik i otopljena organska zagađenja (utrošak KMnO₄), a utvrđene su prekoračene koncentracije azotnih i fosfornih jedinjenja, željeza, mangana, kao i teških metala (Pb, Zn, Cr, Cu, Al). Na osnovu bioloških istraživanja voda akumulacije Modrac koja su obavljena u proteklih par godina, može se zaključiti da je u posljednjih 40 godina, akumulacija izmijenila stepen trofije i degradirala taj parametar kvaliteta do granice eutrofnih voda.

2.1.1 NASTANAK I NAMJENA AKUMULACIJE MODRAC

Polovinom pedesetih i početkom šezdesetih godina prošlog vijeka, na području tuzlanske regije, došlo je do naglog razvoja privrede, posebno rudarstva, termoenergetike i bazne hemijske industrije, te razvoja urbanih aglomeracija. Nagli razvoj regije uslovljavala je potreba za sve većim

⁶ Padrilah, S.N.; Shukor, M.Y.A.; Yasid, N.A.; Ahmad, S.A.; Sabullah, M.K.; Shamaan, N.A. Toxicity Effects of Fish Histopathology on Copper Accumulation. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 2018, 41, 519–540. [Google Scholar]

količinama kvalitetne vode koje se nisu mogle obezbijediti iz postojećih vodotoka i izvorišta voda, uglavnom zbog nepovoljnog prirodnog režima voda u području regije (nedostatak i neravnomjerna raspodjela voda), te naglog prekomjernog i nekontrolisanog zagađenja voda u otvorenim vodotocima. Analizom ukupne vodoprivredne problematike sliva rijeke Spreče, kao jedino rješenje za nastale probleme bilo je izgradnja akumulacionog jezera na rijeci Spreči, kojim bi se obezbijedilo prihvatanje velikih voda u vlažnom razdoblju i time osigurale potrebne količine vode u sušnim razdobljima godine. Na odabranoj lokaciji na rijeci Spreči u tjesnacu Modrac kod Lukavca, 1964. godine izgrađena je Brana Modrac, kao višelučna armirano-betonska brana sa kotom normalnog uspora vode od 200,00 m.n.m. Prema zakonu o zaštiti akumulacije "Modrac" ("Službene novine Tuzlanskog kantona", broj: 5/06), namjene Akumulacije, po redoslijedu prioriteta, su:

- ✓ obezbjeđenje vode za potrebe stanovništva,
- ✓ obezbjeđenje vode za potrebe industrije,
- ✓ zaštita od poplava nizvodno od brane,
- ✓ obezbjeđenje biološkog minimuma za vodotok Spreče, nizvodno od akumulacije,
- ✓ razvoj turizma, rekreacije i sportova na vodi, u skladu sa navedenim zakonom,
- ✓ proizvodnju električne energije na malim hidroelektranama, korištenjem viška voda u akumulaciji Modrac.

Izuzetno, akumulacija može služiti i za druge namjene, pod uslovom i na način da se takvim korištenjem vode akumulacija ne zagađuje niti izlaže drugim štetnim uticajima. Za kotu normalnog uspora 200,00 m.n.m. Akumulacija obezbjeđuje 2,30 m³/s „sirove“ vode za potrebe stanovništva i privrednih kapaciteta i 4,70 m³/s kao vodoprivredni (hidrobiološki) minimum u rijeci Spreči nizvodno od akumulacije (projektovano stanje).

U proteklom razdoblju, od izgradnje objekta Brane i formiranja akumulacije Modrac pa do danas, kao posljedica prirodnih pojava (bujičnosti tokova, erozije zemljišta) i daleko više ljudskih aktivnosti (ubranog razvoja

privrede i naselja, industrijskih i komunalnih otpadnih voda koje se ispuštaju u vodotoke sliva Akumulacije, promjene korištenja zemljišta u slivu Akumulacije i dr.), došlo je do značajnih promjena morfometrijskih karakteristika Akumulacije, na što su ukazala sva dosadašnja hidrografska mjerenja na Akumulaciji, obavljena 1964, 1985, 2002. i 2012. godine.

Prema posljednjim mjerenjima, obavljenim tokom 2011/2012. godine, koja su vršena primjenom najsavremenijih tehnologija mjerenja, u Tabeli 2.1 navode se morfometrijske karakteristike akumulacije Modrac za 1964. godinu (u vrijeme formiranja akumulacije) i za 2012. godinu. Na osnovu izvršenih mjerenja utvrđeno je da je u akumulaciji Modrac za kotu normalnog uspora 200,00 m. n. m godišnje prosječno uneseno nanosa:

- 374.000,00 m³ za razdoblje između 1964. i 1979. godine,
- 376.666,67 m³ za razdoblje od 1979. do 1985. godine,
- 262.446,47 m³ za razdoblje od 1985. do 2002. godine.

Ovim mjerenjem utvrđeno je da je u razdoblju između 2002. do 2012. godine uneseno prosječno 268.831,27 m³/god. Iz navedenih podataka jasno je da je ukupna količina nanosa u akumulaciji do kote 200 m. n. m 15.019.903 m³, te da je unos u akumulaciju kontinuiran s oscilacijama u određenim vremenskim periodima⁷. Koncentracija suspendiranih materija u vodi rijeke Spreče zavisi od protoka vode i u prosjeku se kreće od 100-400 mg/l, povremeno i do 1.000 mg/l.

Tabela 2.1. Morfometrijske karakteristike akumulacije Modrac

Pokazatelji	Godina mjerenja	
	1964. godina	2012. godina
Površina	17,10 km ²	16,69 km ²
Ukupna zapremina	98 x 10 ⁶ m ³	102.759.630 m ³
Korisna zapremina	86 x 10 ⁶ m ³	87.739 727 m ³
Zapremina nanosa	– (0)	15.019.903 m ³
Maksimalna dubina vode	18,0 m	14,94 m
Prosječna dubina	5,7 m	5,32 m

⁷ Kupusović, T. Vučjak, B. Kovčić, O. (2015). Akumulacija Modrac i njeno funkcioniranje tijekom poplave u svibnju 2014. godine, Hrvatske vode, 23 91 pp.19-28.

Maksimalna dužina	10.700 m	10.475,72 m
Maksimalna širina	1.600 m	2.411,17 m
Dužina obale	33.250 m	42.537,63 m

Podaci dati u Tabeli 2.1 ukazuju na značajne promjene morfometrijskih karakteristika akumulacije do kojih je došlo od formiranja akumulacije do danas. To se posebno ogleda kada je u pitanju zapremina nanosa koji je u proteklih 49 godina deponiran u akumulaciji. Prema studiji "Utjecaj otpadnih voda iz rudnika uglja na akumulaciji Modrac", u jezeru Modrac se nalazi preko 15 miliona m³ mulja koji je najvećim dijelom uzrokovan neadekvatnim prečišćavanjem otpadnih voda iz separacija rudnika Banovići i Đurđevik. Raspoloživi podaci pokazuju da industrija stvara oko 85% ukupne količine veoma štetnih otpadnih voda u slivu rijeke Spreče.

Hidroakumulacija Modrac je najveći vodoprivredni objekat ove vrste u Bosni i Hercegovini. U hidrografskom pogledu pripada crnomorskom slivu i čine ga rijeke Spreča i Turija sa svojim pritokama, kao i brojne male pritoke, koje se u akumulaciju neposredno ulivaju. Hidrografska mreža je razbijena na povremene i stalne tokove. Većina pritoka su rječice i potoci povremenog karaktera sa malom količinom vode⁸. Prema Studiji o kvalitetu vode u sjeveroistočnoj Bosni iz 2010. godine, najznačajnije pritoke na sjevernoj strani su Ljubača, te više manjih potoka kao što su Simonovača, Krivi potok i Jasenik. Na južnoj strani je bogatija hidrografska mreža koju čini više stalnih i povremenih vodotoka od kojih su najznačajniji: Mednica, Ugar, Lipića potok, Rijeka, Ribac i Rajčevac.

Sa zapadne strane u akumulaciju utiče najznačajnija pritoka Turija sa svojim slivom koji čine rijeke: Seona sa pritokama Maleševac i Kruševac; Strojna, Vukov potok, Rosni potok, Orahovačka rijeka, Brijesnica sa pritokama Matička, Kreštalica i Joševac; Bukovica sa pritokama Fojnica, Kamenica i Kosamac, te Lukavac sa pritokom Suha Bukovica. Slivno područje akumulacije obuhvata površinu od 1.189 km², od čega slivu Spreče pripada 832 km², slivu Turije 240 km², dok neposrednom slivu akumulacije pripada 117 km². Na

⁸ Adrović, A. (2010): Kvalitet vode u rijekama i akvalnim akumulacijama Sjeveroistočne Bosne/ Studija o kvalitetu vode u sjeveroistočnoj Bosni, CEE, Tuzla

osnovu podataka višegodišnjih osmatranja na vodomjernoj stanici Modrac, proticaj Spreče sa Turijom varira u rasponu između 7,5 m³/s i 20,4 m³/s. Pri tome treba naglasiti veliki raspon između minimalnog proticaja koji može biti ispod 1,0 m³/s i maksimalnog koji se može popeti preko 500 m³/s.

2.1.2 OPĆI PODACI O RIJECI SPREČI

Dužina rijeke Spreče iznosi 137,5 km. Izvire ispod brda Velja Glava u mjestu Papraća, općina Šekovići, na nadmorskoj visini od 261 m i ulijeva se u rijeku Bosnu kod Doboja na nadmorskoj visini od 138 m. Na svom putu od izvora do ušća, rijeka Spreča protiče kroz područja općina Šekovići, Osmaci, Kalesija, Živinice, Lukavac, Petrovo, Gračanica, Doboj Istok i Doboj gdje se uliva u rijeku Bosnu. U pojedinim dijelovima, Spreča je granica između općina i entiteta što njen značaj čini još važnijim, a samu zaštitu kompleksnijom. Rijeka Spreča se formira od nekoliko izvora slabe izdašnosti. Ona se pojačava već u Capardama od desne pritoke Ljeskovicice. Nizvodno na oko 1 km, u Spreču se uliva Papraća, lijeva pritoka Spreče. Nizvodno od ovoga ušća, rijeka Spreča ulazi u prostor proširenog Sprečkog polja. Na tom dosta blagom uzdužnom profilu, koji ima odlike ravničarskog toka, Spreča se bogati pritokama: Gribaja, Oskova, Gostelja i Turija. Pored ovih srednje velikih pritoka Spreči dotiču još i Mramorak, Sajatovica i Brod kao lijeve pritoke te Bukovica, Bjelova i Krivača kao desne pritoke. Rijeka Jala je najznačajnija pritoka Spreče u Tuzlanskoj kotlini, koja je bogata vodama koje drenira iz jugoistočne podgorine Majevice.

Najznačajnije desne pritoke u donjem dijelu Spreče su: Lukavačka rijeka, Rašljevska rijeka, Sokoluša i Stanički potok, dok joj iz lijevog slivnog područja pritiču: Prenja, Velika rijeka, Mala rijeka, Ponikva, Jadrina i Kamenička rijeka. Maksimalni vodostaji i proticaji se javljaju u februaru, a minimalni u ljetnom hidrološkom periodu (august/septembar) kada su smanjene količine padavina, a visoke temperature utiču na podzemno gubljenje vode i isparavanje. Rijeka Spreča je desna pritoka rijeke Bosne i pripada slivnom području rijeke Save. Površinom sliva od 1.947 km² rijeka Spreča se uvrštava u srednje velike tokove na prostoru BiH.

Spreča se formira od nekoliko izvora slabe izdašnosti ispod Velja-glave u blizini Zvornika na nadmorskoj visini od 453 m. Po obrazovanju manjeg toka

njemu pritiču najprije slabovodonosne, a potom i srednjovodonosne pritoke, koje na dužini od 115 km pojačavaju tok prema ušću. Ušće Spreče se nalazi u Doboju na nadmorskoj visini od 149 m. Rijeka Spreča se pojačava već u Capardama od desne pritoke Ljeskovice. Nizvodno na oko 1 km, u Spreču se uliva Papatrača, lijeva pritoka Spreče. Nizvodno od ovoga ušća, rijeka Spreča ulazi u prostor proširenog Sprečkog polja. Na tom dosta blagom uzdužnom profilu, koji ima odlike ravničarskog toka, Spreča se bogati pritokama: Gribaja, Oskova sa Gosteljom i Turija.

Pored ovih srednje velikih pritoka Spreči dotiču još i Mramorak, Sajatovica i Brod kao lijeve pritoke te Bukovica, Bjelova i Krivača kao desne pritoke. Rijeka Jala je najznačajnija pritoka Spreče u Tuzlanskoj kotlini, koja je bogata vodama koje drenira iz jugoistočne podgorine Majevice. Donja Spreča ima slabije razvijenu riječnu mrežu. Najznačajnije desne pritoke su: Lukavačka rijeka, Rašljevska rijeka, Sokoluša i Stanički potok, dok joj iz lijevog slivnog područja pritiču: Prenja, Velika rijeka, Mala rijeka, Ponikva, Jadrina i Kamenička rijeka. Površinom sliva od 1947 km² Spreča se uvrštava u srednje velike tokove na prostoru BiH. U slivu rijeke Bosne, Spreča spada u njene najveće pritočne slivove. Maksimalna dužina sliva iznosi oko 83 km, a prosječna 23 km. Maksimalni vodostaji i proticaji se javljaju u februaru, a minimalni vodostaj i proticaji javljaju se u ljetnom hidrološkom periodu (august/septembar) kada su smanjene količine padavina, a visoke temperature utiču na podzemno gubljenje vode i isparavanje.

2.1.3 OPĆI PODACI O RIJECI TURIJU

Rijeka Turija izvire ispod brda Brezja sjevero-zapadno od Banovića, širi lokalitet sela Tulovići. Prve dvije trećine toka teče u pravcu sjeverozapada, dok zadnja trećina toka teče u pravcu istoka do ušća u akumulaciju jezera Modrac. Ukupna dužina vodotoka iznosi 23.800 m, od čega se više od dvije trećine prostire na području općine Lukavac, ukupna površina kompletnog sliva sa pritokama iznosi oko 242 km². Ukupan nagib vodotoka iznosi 1.03 %, dok je prosječan nagib 0.52 %. Prosječna godišnja temperatura vode iznosi oko 10 °C. Dvije najveće pritoke rijeke Turije su Brijesnica i Lukavčić, a pored njih još nekoliko manjih rijeka čine njene pritoke, od kojih izdvajamo Bukovicu, Seonu, Strojnu, Orahovačku rijeku. Sve navedene pritoke, osim rijeke Strojine,

ulijevaju se sa lijeve strane korita, što ima određene prednosti u pogledu mogućeg zagađenja (zbog manje naseljenosti). Kroz historiju ove rijeke, posebno u periodu poslije II svjetskog rata, na istoj je građeno nekoliko zaustavnih-drvenih brana u svrhu akumuliranja vode za potrebe rada vodenica (mlinovi).

Usljed znatnih bujičnih poplava praćenih taloženjem sedimenta navedene zaustavne brane su srušene. Početkom 70-tih godina, izgrađene su četiri betonske-zaustavne brane, ali u svrhu akumuliranja sedimenta i šljunka, kako se isti ne bi taložio u akumulaciji jezera Modrac. Također, dvije zaustavne brane (prethodno pomenute), su porušene bujicama, dok dvije i danas postoje. Jedna od tih brana je brana Soko, koja ima problem pristupa čišćenju nagomilanog sedimenta. Izvorište rijeke Turije, tzv. Pećina Turijica nalazi se nedaleko od kruga rudnika mrkog uglja Banovići, kao i taložnika sedimenta otpadnih voda, koje se iz radilišta ispuštavaju u taložnik. Na kvalitet vode, a samim time i sediment u rijeci Turiji uticalo je nekontrolisano ispuštanje sedimenta iz pomenutog taložnika (usljed čega je dolazilo do zagađenja rijeke Turije). Potrebno je naglasiti da su zbog stalnih pritisaka javnosti, od strane rudnika napravljeni određeni pomoci na rješavanju ovog problema. Na slici 2.3. prikazan je izvor rijeke Turije, lijevo na slici vidljiv je ulaz u pećinu Turijicu.



Slika 2.3. Izvor rijeke Turije i pećina Turijica

2.2 TEŠKI METALI I OKOLIŠ

Termin „teški metali“ najviše se koristi za specifičnu grupu metala u biološkim i okolinskim studijama i to u konotaciji zagađujućih materija i toksičnosti. Ne postoji opće prihvaćena definicija teških metala. Prema definiciji, pod pojmom teški metali podrazumjevaju se svi metali osim sljedeća četiri: natrij (Na), kalij (K), kalcij (Ca) i magnezij (Mg), odnosno, metali koji na standardnim uslovima imaju gustoću veću od 5 g/cm^3 . Postoji više termina koji se koriste da opišu i kategoriziraju metale: metali u tragovima, prelazni metali, mikronutrijenti, toksični metali i teški metali.

Najčešće teškim metalima definišemo metale gustine veće 5 g/cm^3 , međutim neke definicije uzimaju u obzir i elemente gustoće veće od $3,5 \text{ g/cm}^3$, elemente gustoće iznad 6 g/cm^3 , ali i iznad 7 g/cm^3 . Ipak, ove definicije imaju svoje manjkavosti npr. titan (Ti) i aluminij (Al) ne spadaju u gore navedene skupine iako Al u kiselom zemljištu ima izražen fitotoksični uticaj. Očigledno je da ne postoji jedinstvena definicija koja bi odredila pripadnost određenog elementa skupini teških metala upravo iz razloga što se metali razlikuju u pogledu biološke i ekološke funkcije u ekosistemu. U pogledu izučavanja uticaja teških metala kao toksičnih elemenata, u ovu skupinu ubrajamo i elemente koji sa stanovišta toksičnog uticaja spadaju u nemetale (Se) i polumetale arsen (As) i bor (B), te time se ustaljeni kriterij pripadnosti elemenata skupini teških metala mijenja.

Termin teški metali obuhvata široku skupinu elemenata koji imaju negativan uticaj na okolinu, odnosno zagađuju poljoprivredno zemljište čineći ga neupotrebljivim resursom za proizvodnju hrane. Kako odsutnost, tako i prisutnost pojedinih metala možemo povezati sa određenim bolestima ili stanjima. Često se pojedini povezuju sa akutno toksičnim (As, Ba, Cr, Hg, Ni, Pb, Sn), kancerogenim (As, Co, Cr, Ni, Pt), imunogenim (Au, Co, Cr, Ni, Pt), teratogenim (Hg), spermotoksičnim (Cd, Hg, Ni, Pb, Tl), nefrotoksičnim (Cd, U), neurotoksičnim (Al, Hg, Mg, Mn, Pb, Sn, Tl), genotoksičnim (Co, Cr) i alergogenim (Cr, Ni, Pt, Pd)⁹

⁹ World Health Organization, Environmental Health Criteria 234. Elemental speciation in human health risk assessment. [dostupno na: http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241572345_eng.pdf.]

Zbog visokog stepena toksičnosti, **arsen, kadmij, hrom, olovo i živa** svrstavaju se među prioritetne metale koji su od značaja za javno zdravlje. Ovi metalni elementi smatraju se sistemskim toksičnim tvarima za koje se zna da izazivaju oštećenje više organa, čak i pri nižim nivoima izloženosti. Također, prema američkoj Agenciji za zaštitu okoliša i Međunarodnoj agenciji za istraživanje raka su klasificirani kao kancerogeni za ljude (poznati ili vjerovatni).

Teški metali u zemljište dospjevaju na dva načina i to iz prirodnih (geogenih) i antropogenih izvora. Prirodni izvori teških metala u zemljištu su, uz matične stijene, i vulkanske erupcije, morski aerosoli i šumski požari (Reichman, 2002). Prirodni ili geogeni procesi obuhvataju trošenje stjenovitog dijela litosfere iz kojeg nastaje mineralni dio pedosfere, tj. zemljište ili tlo. Osobine i hemijski sastav zemljišta u direktnoj su zavisnosti od hemijskog sastava matične stijene, dok su biološki i hidrološki uticaji odgovorni za različitosti u horizontalnim strukturama.

Na području Tuzlanskog kantona geogeni izvori predstavljaju klizišta koja su nakon poplava 2014. godine dostigla broj od oko 6.000 i izražena su u gotovo svim općinama kantona. Takođe, na području općine Živinice otkriveno je manje nalazište nikla (Brezik-Tadid), a na istoj lokaciji zastupljen je i kobalt u rudi koja odgovara srednje bogatim ležištima. Drugi značajan geogeni izvor je ugajl koji izbija na pojedinim općinama na površinu. Antropogeni procesi odnose se na ljudsku aktivnost kojim teški metali dospjevaju u zemljište. Antropogeni izvori teških metala prisutni su u gotovo cijelom toku rijeke Spreče a obuhvataju industriju, saobraćaj, odlagališta otpada, tehnogena zemljišta i poljoprivrednu proizvodnju. Antropogeni izvori teških metala mogu se podijeliti u pet osnovnih grupa: (1) rudnici željeza i neuređene deponije otpada (As, Cd i Hg); (2) industrija (As, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Ni i Zn); (3) suha i mokra atmosferska depozicija (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg i U); (4) poljoprivreda (As, Cd, Cu, Pb, Se, U, Zn); i (5) odlagališta otpada (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg i Zn).

2.2.1 ARSEN

Arsen se rijetko pojavljuje u svom elementarnom obliku. Uglavnom se nalazi u obliku jedinjenja ili spojeva, pa tako postoje tri glavna oblika arsena: anorganski, organski, arsinski gas. Arsen u organskom obliku je relativno netoksičan arsen i kao takav on se lako eliminiše iz organizma. Kada je riječ o

arsenu, najvažniji problem vezan za njegovo prisustvo jeste kontaminacija voda uglavnom sa anorganskim vrstama As. Arsen spada u metaloide, ali se zbog svoje toksičnosti svrstava u teške metale. Pojavljuje se u spojevima kao As^{3+} i As^{5+} , a najčešće se nalazi u vidu trovalentnog oksida As_2O_3 koji je i najtoksičniji. U prirodi je najviše zastupljen u stijenama (99%), a ostatak se nalazi u zemljištu i vodama. U biosferu dospijeva i iz antropogenih izvora, kao što su rafinerije i topionice.

U prirodi arsen je uglavnom vezan u različite geološke formacije iz kojih najčešće procjeđivanjem dospijeva u vodotoke. Arsen je u zemljištu jako mobilan što mu omogućava da kontaminira i podzemne vode. Zemljište i biljke ga akumuliraju i zadržavaju, pa se u podzemnoj vodi nalazi u nižim koncentracijama. Arsen je subjekat bioakumulacije, rijetko i biomagnifikacije. Toksičnost arsena i njegovih jedinjenja prati promjene na koži (mjhurići na koži, čirevi, hiperpigmentacija, pa i rak kože), kancerogenost i neurotoksičnost. Kardiovaskularna toksičnost arsena povezuje se s hipertenzijom i tzv. bolešću crnih stopala, zbog poremećaja periferne cirkulacije, kao i s aterosklerozom, srčanim, moždanim udarom i dr. Arsen i neorganski spojevi arsena (arsen trioksid, arsenati, arseniti...) su kancerogeni za ljude (prema IARC klasificirani su u Grupu 1, odnosno dokazani kancerogen za ljude i životinje)¹⁰. Dokazani su uzročnici raka pluća, urinarnog sistema i kože. Takođe, postoji veza između izloženosti arsenu i njegovim neorganskim spojevima s rakom jetre, bubrega i prostate. Različiti neorganski spojevi arsena smatraju se kancerogenim zbog toga što kao i elementarni arsen dijele jedan metabolički put arsenat→arsenit→metilarsenat→dimetilarsenit.

2.2.2 KADMIJ

Na temelju dosadašnjih istraživanja utvrđeno je da kadmij nema esencijalne biološke funkcije, ali je pronađen u više od 1.000 vrsta terestrične i akvatične flore i faune. On je teški metal sa izrazitim negativnim uticajem za sve sastavnice okoline, zbog čega mu se i posvećuje posebna pažnja. Prirodni izvor kadmija je matični supstrat i najčešće se pojavljuje u sastavu sfalerita i galenita, tj. kao primjesa u sulfidnim rudama cinka i olova.

¹⁰ <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-6.pdf>

Antropogena emisija kadmija u atmosferi javlja se kod proizvodnje i upotrebe kadmija i njegovih spojeva, odlaganja otpada koji sadrži kadmij, spaljivanja fosilnih goriva, proizvodnje cementa itd. Kadmij je prisutan u zemljištu kao njegov prirodni sastojak i njegov sadržaj iznosi 0,1-1,0 mg/kg zemljišta, odnosno 1-3 mg/kg na zraku suhog zemljišta. Sadržaj kadmija u zemljištu je relativno nizak, ali ima veliku sklonost nakupljanja, naročito u površinskom horizontu gdje dostiže visoke koncentracije i zbog toga je pristupačniji biljkama, za razliku od drugih teških metala u zemljištu. Antropogenim uticajem, kadmij u zemljište dopijeva uglavnom iz zraka.

Kadmij se apsorbira u tlu iz kojeg ga uzimaju biljke te tako, preko konzumacije hrane direktno ili preko životinja, ulazi u lanac ishrane. Kadmij može u organizmu zamijeniti cink, kalcij i kalij i teško ga je ukloniti. Prema Međunarodnoj agenciji za istraživanje raka (IARC) kadmij je klasificiran u Grupu 1 kancerogena, odnosno on je dokazani kancerogen za ljude i životinje. U ljudski organizam kadmij ulazi preko probavnog i disajnog sistema te preko kože. Kadmij je prvenstveno toksičan za jetru i bubrege, zatim probavni trakt, a hroničnim unosom uz nedovoljan unos kalcija ili zbog visokog unosa može se ugraditi u kosti. Zadržava se u bubrezima i jetri i do 40 godina, a nakuplja se i u kostima.

Kadmij uzrokuje i druge negativne efekte kod ljudi kao što su reproduktivna toksičnost¹¹, teratogenost¹², negativne efekte na jetri, hematološke (negativan uticaj na krv), endokrine (sistem žlijezda sa unutrašnjim lučenjem) i imunološke (otpornost organizma na bolesti) efekte. Kadmij je prvenstveno toksičan za jetru i bubrege, zatim probavni trakt, a hroničnim unosom uz nedovoljan unos kalcija ili zbog visokog unosa može se ugraditi u kosti i izazvati tzv. itai-itai, tj. bolest bolnih kostiju.

¹¹ Reproductivna toksičnost je pojam koji se odnosi na negativan uticaj zagađujuće tvari ili supstance na spermatogenezu u muškarca, negativna uticaj na menstruakni ciklus, mliječnost kod žena.

¹² Teratogene zagađujuće tvari ili supstance negativno utiču na razvoj fetusa.

2.2.3 HROM

Postoje dva oblika hroma, heksavalentni hrom [VI] i trovalentni hrom [III]. Šestovalentni oblik je 100-1000 puta toksičniji od najčešćih trovalentnih spojeva. Toksičnost hromovih spojeva povezana je sa snažnim oksidirajućim svojstvima šestovalentnog spoja, koja se redukuje u trovalentni oblik nakon apsorpiranja u tijelo. Apсорpcija se odvija preko gastrointestinalnog trakta i pluća, a sistemski učinci mogući su i preko kože. Oko 60% apsorpirane doze izlučuje se u urinu unutar 8 sati nakon apсорpcije. Hromovi spojevi su iritansi kože i sluznice, a alergeni za kožu i pluća. Šestovalentni hrom je dokazani kancerogen za ljude i životinje (Grupa 1)¹³. Uzrokuje rak pluća, nosne šupljine i nazalnih sinusa.

2.2.4 ŽIVA

Jedini metal koji je u tečnom stanju pri običnoj temperaturi jeste živa. S obzirom da živa rastvara druge metale, ona na taj način gradi hemijska jedinjenja odnosno amalgame. Ne reaguje sa bazama i većinom kiselina i na zraku je veoma stabilna. Procesi gdje se može doći u dodir sa živom i izložiti opasnostima od toksičnog djelovanja potiču iz dva izvora: prirodnog i antropogenog. Prirodni izvori su vulkanske erupcije, erozija tla, a antropogeni primarno sagorijevanje fosilnih goriva, topljenje ruda i spalionice otpada. Uslijed korištenja žive u brojnim industrijskim granama, smatra se da je njen sadržaj u biosferi porastao u posljednjih 100 godina za tri puta.

Glavni izvori zagađenja žive uključuju antropogene aktivnosti kao što su poljoprivreda, ispuštanje komunalnih otpadnih voda, rudarstvo, spaljivanje i ispuštanje industrijskih otpadnih voda. Živa se javlja uglavnom u tri oblika: metalni elementi, neorganske soli i organska jedinjenja, od kojih svaka posjeduje različitu toksičnost i bioraspoloživost. Poznato je da živa isparava na sobnoj temperaturi, oko 70-80% živnih para se nakon inhalacije apsorbuje u organizam. Preko digestivnog trakta apsorbuje se manje od 10% od unesene vrijednosti a sve u zavisnosti u kojem obliku je živa unesena. U tijelu, elementarna živa oksidira u dvovalentnu i veže se za sulfhidrilne grupe. Jetra

¹³ <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-9.pdf>

je organ u kojem se živa najduže zadržava. Konzumiranje akvatičnih životinja koje su kontaminirane predstavljaju glavni put izloženosti ljudi metil-živom.

Metil živa predstavlja najtoksičniji oblik koji nastaje procesom metilacije pomoću metanogenih bakterija. Metil živa je neurotoksično jedinjenje koje je odgovorno za uništavanje mikrotubula, oštećenje mitohondrija, peroksidaciju lipida i akumulaciju neurotoksičnih molekula kao što su serotonin, aspartat i glutamat. Karakteristika metil žive je njena gotovo cjelokupna apsorpcija iz probavnog trakta i njena distribucija u skoro sva tkiva. Ciljani organ za živu ipak ostaje mozak, međutim trovanje živom može uzrokovati i oštećenja nerava, bubrega i mišića. Abiotička redukcija neorganske žive u metalnu živu može se takođe javiti u vodenim sistemima, posebno u prisustvu rastvorljivih huminskih supstanci (kisele vode koje sadrže huminsku i fulvinsku kiselinu). Ovaj redukcion proces je povišen pri svjetlosti, javlja se u aerobnim i anaerobnim uslovima i inhibiran je kompeticijom od strane hloridnih jona¹⁴.

Živa svoj toksični uticaj ispoljava blokiranjem funkcionalnih tiol grupa enzima što izaziva brojne poremećaje. S obzirom da se ne razgrađuje niti jednim procesom, ona ima negativan uticaj na okoliš. Stalna izloženost uticaju živinih para može kod ljudi izazvati različite poremećaje centralnog nervnog sistema, čije posljedice mogu biti: drhtanje, poremećaji sna, pa sve do gubitka pamćenja, depresije, delirija i halucinacija. Kod odraslih osoba male se količine žive u organizmu povezuju s hroničnim neurodegenerativnim bolestima, kao što su Parkinsonova bolest, Alzheimerova bolest, reumatoidni artritis itd., te poremećajima imunološkog sistema i alergijama. Prema tome, opasnost od trovanja živom za čovjeka ovisi o hemijskom obliku žive, količinama kojima je čovjek izložen, starosti osobe (fetus je najosjetljiviji), vremenu izloženosti, načinu izloženosti: udisanjem, unosom hrane, u kontaktu s kožom, te prethodnim zdravstvenim stanjem osobe koja je izložena.

Prema IARC klasifikaciji metil živa je klasificirana kao mogući karcinogenik za ljude Grupa 2B. Elementarna živa i njeni neorganski spojevi pripadaju Grupi 3, odnosno nisu klasificirani kao uzročnici karcinoma kod ljudi.

¹⁴ Raša Đ. Milanov, Ispitivanje sadržaja teških metala i metaloida u tkivima rečne ribe kao pokazatelja bezbednosti mesa ribe i zagađenja životne sredine, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, 2014.

Međutim, to u svakom slučaju ne umanjuje izrazitu toksičnost žive za sve žive organizme.

2.2.5 NIKL

Zbog svojih jedinstvenih hemijskih i fizikalnih svojstava, te izvrsne otpornosti na koroziju u industrijskim procesima širom svijeta, nikl sudjeluje s 87% u proizvodnji legura i s 9% u procesu platiniranja. Radna izloženost jedinjenjima nikla ovisi o industrijskoj preradi i obično je znatno veća od izloženosti niklu koja nije povezana s radom. Oblik nikla na koji su radnici izloženi razlikuje se u različitim industrijama u kojima se nikl koristi i unosi se u organizam inhalacijom ili prilikom kontakta sa kožom (inhalacija je primarni put izloženosti), uz ingestiranje gdje je praksa industrijske higijene slaba. Obično uključuje inhalaciju jedne od sljedećih tvari: prašine relativno netopivih jedinjenja nikla, aerosola izvedenih iz nikalnih otopina (topivog nikla) i plinovitih oblika koji sadrže nikl (obično nikl karbonil). Apsorpcija slobodnih iona nikla u probavnom traktu može biti 40 puta veća u odnosu na nikl u hrani vezan u obliku kompleksa.

Apsorpcija nikla iz vode za piće povećava se kod gladovanja. Anorganski spojevi nikla se iz probavnoga trakta apsorbiraju oko 10% ili manje. Iako ne postoje posebne procjene za nikl, čini se da se topivi nikl, oslobođen iz materijala u dodiru s hranom, vrlo lako apsorbira za razliku od nikla u hrani koji dolazi vezan u komplekse. Nikl prema IARC je klasificiran u Grupu 1 kancerogena, odnosno on je dokazani kancerogen za ljude i životinje. Nikl se prvenstveno absorbira kroz disajni sistem, a manje se absorbuje u probavnom sistemu. Iako se veže na proteine plazme i brzo se uklanja iz bubrega. Kod ljudi, nuspojave spojeva nikla topivih u vodi javljaju se nakon kontakta s kožom i nakon inhalacije (koja uzrokuje iritaciju dišnih putova i astmu). Izlaganje ljudi anorganskim spojevima nikla netopivih u vodi obično se javlja putem udisanja dima ili prašine.

Akutna toksičnost nikla i njegovih jedinjenja je mala. Hronično trovanje može uzrokovati iritaciju kože i sluznica, te kontaktni dermatitis. Prema IARC postoji dovoljno dokaza da nikl i njegova jedinjenja uzrokuju rak pluća, nosne šupljine i paranazalnih sinusa. Kako bi se spriječilo onečišćenje vodenih sistema sa sadržajem teških metala, najčešće se koriste metode fizikalno-

hemijskog prečišćavanja otpadnih voda. U fizikalno-hemijsko prečišćavanje otpadnih voda spadaju sljedeći postupci: adsorpcioni, ekstrakcioni, flotacioni, membranski i elektrohemijski postupci.

2.2.6 OLOVO

Olovo je plavkasto sivi metal koji se pojavljuje u malim količinama u zemljinoj kori. Olovo je neesencijalni toksični teški metal sa izraženim negativnim uticajem na biološke sisteme. Iako olovo prirodno nastaje u okolišu, putem antropogenih aktivnosti kao što su: sagorijevanje fosilnih goriva, deponije i požari na deponijama, otpadni industrijski muljevi, olova iz đubriva na bazi fosfata, ispušni plinovi vozila i pesticidi doprinose oslobađanju veoma visokih koncentracija. Nalazi se u obliku svojih spojeva: sulfata, sulfida i karbonata. Smatra se vodećim zagađivačem okoliša i sve više ugrožava živi svijet, posebno okoliš velikih industrijskih postrojenja, frekventnih saobraćajnica i velikih gradova. Akumulira se u površinskom horizontu zemljišta i sedimentima gdje dugo ostaje biodostupno, međutim ne pokazuje afinitet bioakumuliranju. Zbog njegovog izraženog toksičnog uticaja u Velikoj Britaniji je zabranjeno koristiti olovo u ribolovačkom priboru uslijed visoke stope smrtnosti kod labudova izazvane olovom.

Hemijski oblici olova u vodenom sredini su veoma složeni. Olovo ima osobinu da stvara jedinjenja male rastvorljivosti sa većinom aniona prisutnih u vodi. Količina olova u površinskim vodama zavisna je od pH vode i sadržaja rastvorenih soli u vodi. Sadržaj olova u površinskim vodama široko varira u zavisnosti od izvora zagađivanja, sadržaja olova u sedimentu, i osobina sredine (pH, temperature itd.). Trovanje olovom može biti akutno i hronično. Akutna izloženost može uzrokovati gubitak apetita, glavobolju, hipertenziju, bol u trbuhu, poremećaj bubrega, umor, nesanicu, artritis, halucinacije i vrtoglavice.

Hronična izloženost olovu može dovesti do mentalne retardacije, poremećaja nastanka, psihoze, autizma, alergija, disleksije, gubitka tjelesne težine, hiperaktivnosti, paralize, mišićne slabosti, oštećenja mozga, oštećenja bubrega i čak može uzrokovati smrt. IARC je klasificirao neorgansko olovo kao karcinogen Grupe 2A, odnosno on je vjerovatni kancerogenik za ljude (postoje jaki dokazi da olovo izaziva rak kod čovjeka ali to još nije konačno zaključeno,

nedovoljno dokaza za ljude i dovoljno dokaza za eksperimentalne životinje). Olovo uneseno u ljudsko tijelo brzo se apsorbira u krvotok i veže za eritrocite (poluživot od oko 20-40 dana), a većina dugotrajnog skladištenog olova (90%) pohranjeno je u koštanom tkivu (poluživot od 20-30 godina). Iz koštanog tkiva postepeno se otpušta nazad u krvotok, osobito pri fiziološkim ili patološkim razdobljima demineralizacije kostiju kao što su trudnoća, dojenje i osteoporoza. Olovo utiče na gotovo svaki sistem u tijelu, uključujući krv i krvožilni sistem, endokrini, probavni, imunološki, te reproduktivni sistem. Najkritičnije ciljno tkivo za olovo je središnji živčani sistem, osobito mozak u razvoju kod kojeg olovo može štetno djelovati na kognitivni razvoj i intelektualne performanse djece, čak i pri niskim nivoima izloženosti. U tabeli 2.2 prikazane su maksimalno dozvoljena koncentracije pojedinih teških metala i njihov uticaj na pojavu bolesti¹⁵.

Tabela 2.2 Maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) i uticaj na pojavu bolesti pojedinih teških metala.

Teški metal	Bolesti	MDK (mg/l)
As	kožne i vaskularne bolesti, karcinom želuca	0,05
Cd	poremećaj i oštećenje bubrega, kancerogen	0,01
Cr	glavobolja, dijareja, mučnina, kancerogen	0,05
Hg	reumatoidni artritis, poremećaj cirkulacije, nervni poremećaj	$3 \cdot 10^{-5}$
Ni	dermatitis, hronična astma, kancerogen	0,2
Pb	cerebralni poremećaj, nervni poremećaj, poremećaj cirkulacije i bubrega	$6 \cdot 10^{-3}$

¹⁵ Sandhya Babel, Ta Kurniawa, 2003 Low-Cost Adsorbents for Heavy Metals Uptake From Contaminated Water: A Review Journal of Hazardous Materials 97 (1-3):219-43

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Analiza vode vršena je u laboratoriji¹⁶ akreditiranoj od strane Instituta za akreditiranje BiH „BATA“ po standardu BAS EN ISO/IEC 17025:2006. Uzorci površinske vode uzimani su kao jednokratni u mjesecu augustu 2021. godine. Uzorci su uzeti sa prosječne dubine od 30 cm. Od pojedinačnih uzoraka, uzet je jedan kompozitni sa svakog mjernog mjesta. Uzorci vode su uzeti u polipropilenske boce prethodno isprane koncentrovanom HNO₃. Uzorci su zakiseljeni koncentrovanom HNO₃ na pH ispod 2,0 kako bi se spriječila precipitacija i adsorpcija metalnih iona na zidove boca. Uzorci su zatim stavljeni u prenosni hladnjak pri temperaturi od 4 °C.

Digestija uzoraka vode i osiguranje kvalitete rezultata osigurano je na slijedeći način: u svakih 50 ml uzorka dodano je 50 ml koncentrovane HNO₃, grijano do reduciranja volumena na 15-20 ml koji je zatim profiltriran kroz Whatman No.42 filter papir u odmjernu tikvicu i dopunjen do oznake dejoniziranom vodom. Kvaliteta rezultata je osigurana korištenjem certificiranih referentnih materijala, provođenjem blank testova i repliciranjem očitavanja mjerenja. Laboratorijsko posuđe koje je korišteno u analizama je potopljeno u 10% HNO₃ i držano 12 h, a zatim je saprano dejoniziranom vodom.

Biološki uzorak ribe (smuđ, *Stizostedion lucioperca*) nakon hvatanja stavljen je u prijenosni spremnik na -20 °C. Uzorak ribe je opran dejoniziranom vodom i obrisan papirnim ubrusom kako bi se uklonio višak vlage. Riba je zatim usitnjena, uzorak dobro izmješšan i podjeljen na dva jednaka dijela. Za analizu As, Cd, Cr, Hg, Ni i Pb oko 20 g uzorka je osušeno u sušnici na 105 °C u trajanju od 12 h, zatim je uzorak prebačen u peć za žarenje gdje je držan na 150 °C u trajanju od 1 h, a zatim je temperatura podizana na 200 °C, 300 °C i 400 °C. Na svakoj od navedenih temperatura uzorak je držan 1 h kako bi se spriječio gubitak mase. Uzorak se zatim drži na 550 °C gdje prelazi u bijeli pepeo. Posuda sa pepelom se zatim ohladi na sobnu temperaturu, doda se 3 ml koncentrovane HNO₃ i 3 ml dejonizirane vode kako bi se rastvorile eventualno zaostale organske tvari.

¹⁶ Institut za hemijsko inženjerstvo d.o.o. Tuzla, Izvještaj o ispitivanju br. 584-05/21 od 20.09.2021. i Izvještaj o ispitivanju br. 584-06/21 od 22.09.2021. godine.

Uzorak se zatim ponovo zagrije na 150 °C u trajanju od 1 h ili dok se u potpunosti ne osuši, a zatim se prenese u peć za žarenje na 550 °C u trajanju od 3 h. Nakon hlađenja pepeo se rastvori u 10 ml koncentrovane HNO₃ uz zagrijavanje na 180 – 200 °C u trajanju od 10 min. Nakon što se pepeo rastvori i ohladi, uzorak se prenese u tikvicu od 50 ml i dopuni do oznake, dobro izmućka, a zatim se filtrira kroz Whatman filter papir (125 mm *circles) u odmjernu tikvicu od 100 ml i dopuni do oznake.

Za analizu As i Hg uzorak od 20 g se rastvori u 20 ml koncentrovane HNO₃ i 10 ml koncentrovane perhloratne kiseline. Uzorak se zatim zagrije na 180 – 200 °C. Proces se ponavlja dok se ne dobije gotovo prozirna tečnost. Rastvor se zatim prenese u tikvicu od 50 ml, dobro izmućka i filtrira kroz navedeni filter papir u tikvicu od 100 ml i dopuni do oznake.

3.1 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

U cilju određivanja sadržaja teških metala i organskih polutanata, kao i njihovog uticaja na hemijski kvalitet rijeka Spreče i Turije i jezera Modrac, izvršeno je uzorkovanje i analiza uzoraka vode sa slijedećih mjernih mjesta:

- Rijeka Spreča, kod mosta u naselju Suha - (S1),
- Rijeka Turija, most kod Mosorovačke bare – (S2),
- Jezero Modrac, 200 m od Mustinog zaliva prema ušću Spreče – (S3),
- Jezero Modrac, Krušici 300 m od ušća potoka Ugar – (S4),
- Jezero Modrac, tjesnac brana (S5).

Uzorci su uzeti sa dubine od 0 do 30 cm u količini od pet litara. Mjerenja su vršena u augustu 2021. godine kako bi se dobli što reprezentativniji rezultati obzirom da je u tom periodu vodostaj najniži. U cilju određivanja potencijalnog sadržaja teških metala u ribi, izvršena je analiza ribe smuđ (*Stizostedion lucioperca*). Na slici 3.1 prikazan je izgled analizirane jedinke (*Stizostedion lucioperca*), procjenjena starost smuđa je između 8 i 10 godina, masa ribe je iznosila 4,5 kg.



Slika 3.1 Uzorak ribe analiziran na sadržaj teških metala i organskih polutanata

3.2 REZULTATI ANALIZA FIZIČKO-HEMIJSKIH PARAMETARA KVALITETE VODE SPREČE, TURIJE I JEZERA MODRAC, 2018 – 2020. GODINA

Stanje vodnog tijela površinskih voda na području FBiH se, prema odredbi člana 32. stav 2. Zakona o vodama, određuje njegovim ekološkim i hemijskim stanjem, zavisno od toga koje je lošije. Ekološko stanje vodnog tijela površinskih voda se određuje na osnovu bioloških elemenata kvaliteta (bentički (makro) beskičmenjaci, riblje vrste, fitobentos i makrofite, fitoplankton) uzimajući u obzir hidromorfološke elemente kvaliteta, i opće fizičko-hemijske parametre kvaliteta (pH vrijednost, rastvoreni kiseonik, BPK₅, HPK (KMnO₄), ukupni organski ugljenik (TOC), amonijum jon (NH₄-N), nitrati (NO₃-N), ukupni azot (N), ortofosfati (PO₄-P), ukupni fosfor (P)), kao i prisustvo relevantnih specifičnih zagađujućih materija. Hemijsko stanje vodnog tijela površinskih voda se određuje prema listi prioriternih materija i određenih drugih zagađujućih materija.

Organska tvar koja dospije u vodeni sistem troši prisutni kisik u procesima svoje razgradnje. Na ovaj način se utvrđuje nivo zagađenja organskim tvarima, odnosno određivanjem potrebne količine kisika za razgradnju u vodi prisutnih različitih organskih spojeva utvrđujemo stepen opterećenosti vodnog tijela organskim spojevima. U tu svrhu koriste se dva parametra: biološka potrošnja kisika nakon pet dana (BKP₅) i hemijska

potrošnja kisika (HPK-permanganatni). Hemijska potrošnja kisika je količina kisika koja je potrebna za potpunu oksidaciju organske tvari u vodi i predstavlja osnovni parametar za određivanje zagađenosti vode organskim spojevima. Biohemijska potrošnja kisika (BPK₅) predstavlja količinu kisika koju potroše mikroorganizmi za razgradnju organske tvari u vodi u vremenskom periodu od pet dana.

Standard kvalitete okoliša (SKO) označava koncentraciju pojedine zagađujuće materije ili grupe zagađujućih materija u vodi, sedimentu ili bioti koja ne bi smjela biti prekoračena u cilju zaštite ljudskog zdravlja i okoliša. Usklađenost sa SKO se prati samo u odnosu na one zagađujuće materije, koje se unose u značajnim količinama u tijelo površinske vode. Iznosi su značajni kada je izvjesno da je premašena polovina vrijednosti SKO. Prioritetne supstance u vodama određene su na osnovi toksičnosti, nerazgradivosti i bioakumulacije.

Za ocjenu pojedinačnih pokazatelja hemijskog stanja voda u odnosu na prioritetne i prioritetne opasne materije primjenjuje se prosječna godišnja koncentracija (PGK) i maksimalna dozvoljena koncentracija (MDK). PGK je prosječna godišnja koncentracija zagađujućih materija iz Priloga 7. pomenute Odluke izmjerenih na tački mjerenja u različitim razdobljima tokom kalendarske godine i ne smije se premašiti unutar tijela površinske vode s ciljem izbjegavanja ozbiljnih nepovratnih dugoročnih posljedica za ekosisteme.

Stanje vodnoga tijela provjerava se i u odnosu na maksimalno dozvoljenu koncentraciju (MDK). MDK je maksimalna koncentracija pojedine zagađujuće materije iz Priloga 7. Odluke koja se ne smije premašiti unutar tijela površinske vode s ciljem izbjegavanja ozbiljnih nepovratnih kratkoročnih posljedica za ekosisteme.

Hemijsko stanje vodnoga tijela u odnosu na prioritetne zagađujuće materije iz Priloga 7. ove Odluke određuje se kao dobro kad je prosječna koncentracija svake od supstanci manja ili jednaka standardu kvaliteta okoliša, a maksimalna izmjerena koncentracija svake supstance je manja od maksimalne dozvoljene koncentracije. Otpadne materije kao rezultat antropogenih aktivnosti u većini slučajeva završavaju u vodotocima čime na posredan način utiču, najčešće negativno, na kvalitet slatkovodnih ekosistema. Poznavanje kvalitete površinskog vodotoka od presudnog je značaja za

određivanje stanja vodnog ekosistema, odnosno korištenja takve vode za navodnjavanje, rekreacijske svrhe ili kao pitke vode.

Na formiranje riječnog ili jezerskog ekosistema dominantan uticaj ima sediment (supstrat). Unošenjem onečišćujućih tvari, sediment se zagađuje za duži vremenski period a time dugoročno utiče na floru i faunu vodnog tijela. Za ocjenu stanja kvaliteta rijeka Spreče i Turije i jezera Modrac korišteni su podaci Javnog preduzeća za vodoprivrednu djelatnost Spreča¹⁷. U tabelama 3.1., 3.2. i 3.3. predstavljeni su objedinjeni rezultati (prosječne, minimalne i maksimalne) vrijednosti pojedinih parametara koji utiču na kvalitet rijeka Spreče i Turije, a u tabelama 3.4., 3.5. i 3.6. na kvalitet jezera Modrac. U tabeli 3.7 prikazane su granične vrijednosti fizičko-hemijskih parametara kvalitete za jezero Modrac.

Prema Odluci o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringa voda („Službene novine FBiH“, br. 01/14) rijeka Spreča pripada kategoriji Tip 5 Male i srednje velike ravničarske i brdske rijeke sa srednje krupnim supstratom dna. Za određivanje trofičnog statusa jezera Modrac korištene su vrijednosti fizičko-hemijskih elemenata za dinaridsko srednje veliko plitko nizinsko jezero na organskoj podlozi.

U tabeli 3.3. prikazane u referentne vrijednosti hemijskih elemenata kvalitete za jezero Modrac. Obzirom da se radi o površinskim vodnim tijelima, poređenje utvrđenih vrijednosti sa graničnim izvršeno je na osnovu Odluke o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda (“Službene novine FBiH“, br. 1/14)¹⁸ i Uredbe o klasifikaciji voda („Službeni list SR BiH“, br. 19/80)¹⁹.

¹⁷ <http://spreca.com/analiza-vode/>

¹⁸ <https://fmpvs.gov.ba/wp-content/uploads/2020/11/odluka-o-karakterizaciji.pdf>

¹⁹ <https://fmpvs.gov.ba/wp-content/uploads/2017/Vodoprivreda/Vode-uredbe/vode-uredbe1980.pdf>

Tabela 3.1 Rezultati analize kvaliteta rijeka Spreče i Turije za 2018. godinu.

Parametar	Jedinica	Spreča ušće			Turija ušće			Spreča ispred brane			Kriterij za ocjenu ²⁰	Referentna vrijednost ²¹ za Tip 5
		avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max		
pH	-	8.31	7.73	9.74	8.37	7.66	9.82	8.24	7.25	9.37	<7,0 - >9,0	7,0-8,6
Rastv. O ₂	mg/l	9.17	6.8	12.11	10.18	7.91	12.83	7.09	1.16	9.37	6,0-5,0	<7,0
BPK ₅	mg/l	4.12	1.94	8.68	1.76	0.86	3.56	2.97	0.07	5.53	6,0-8,0	<4,0
HPK perm.	mg/l	60.75	5.76	392	4.90	2.56	11.52	6.78	3.20	15.96	7,0-12,0	<4,0
Amon. jon	mg/l	0.24	0.04	0.9	0.10	0.02	0.3	0.14	0.03	0.33	0,25-0,70	<0,10
Nitrati	mg/l	2.17	1.66	4.42	1.83	0.54	4.36	0.94	0.11	2.16	2,0-5,0	<1,00
Ortofosfati	mg/l	0.54	0.17	2.12	0.14	0.01	0.34	0.17	0.01	0.47	0,10-0,20	<0,05
Ukupan N	mg/l	2.59	1.88	5.40	2.10	0.693	4.706	1.25	0.31	2.755	3,0-10,0	<1,5
Ukupan P	mg/l	3.30	0.63	4.73	0.77	0.042	2.678	1.02	0.198	2.204	0,20-0,40	<0,10
Susp. tvari	mg/l	325.71	35.6	870	46.37	6.40	285.0	38.63	5.4	66.6	-	-
Protok	m ³ /s	13.66	0.46	90.8	4.53	0.15	30.3	15.80	1.0	59.12	-	-

²⁰ Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda ("Službene novine FBiH", br. 1/14), Tabela 5.5. Vrijednosti bioloških i fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta za rijeke za Tip 5

²¹ Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u FBiH (2016.–2021), Tabela 17. str.30.

Tabela 3.2 Rezultati analize kvaliteta rijeke Spreče i Turije za 2019. godinu.

Parametar	Jedinica	Spreča ušće			Turija ušće			Spreča ispred brane			Kriterij za ocjenu	Referentna vrijednost za Tip 5
		avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max		
pH	-	8.20	7.14	8.65	8.23	7.61	8.63	8.15	7.09	8.68	<7,0 - >9,0	7,0-8,6
Rastv. O ₂	mg/l	8.86	5.47	11.57	10.23	8.0	12.34	7.60	2.07	12.27	6,0-5,0	<7,0
BPK ₅	mg/l	3.31	1.61	6.1	1.80	0.82	3.0	3.39	1.66	7.93	6,0-8,0	<4,0
HPK perm.	mg/l	44.93	1.61	224	4.82	1.9	8.64	8.24	5.44	16.85	7,0-12,0	<4,0
Amon. jon	mg/l	0.26	0.04	0.64	0.11	0.02	0.26	0.19	0.04	0.48	0,25-0,70	<0,10
Nitrati	mg/l	2.15	1.54	2.97	2.05	0.39	0.26	1.04	2.44	0.09	2,0-5,0	<1,00
Ortofosfati	mg/l	0.66	0.01	1.52	0.17	0.01	0.47	0.27	0,01	1.15	0,10-0,20	<0,05
Ukupan N	mg/l	2.36	0.15	3.30	2.29	0.45	3.541	1.35	0.447	2.882	3,0-10,0	<1,5
Ukupan P	mg/l	2.28	0.042	4.963	0.36	0.028	1.33	0.64	0,072	1.472	0,20-0,40	<0,10
Susp. tvari	mg/l	151.35	31.6	540	34.54	6.8	57.6	40.35	14.6	65	-	-
Protok	m ³ /s	10.34	0.4	72.6	3.45	0.13	24.2	17.03	1.0	72.62	-	-

Tabela 3.3 Rezultati analize kvaliteta rijeka Spreče i Turije za 2020. godinu.

Parametar	Jedinica	Spreča ušće			Turija ušće			Spreča ispred brane			Kriterij za ocjenu	Referentna vrijednost za Tip 5
		avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max		
pH	-	7.96	7.1	8.89	7.94	7.5	8.63	7.83	7.34	8.59	<7,0 - >9,0	7,0-8,6
Rastv. O ₂	mg/l	9.27	11.69	6.59	10.2	6.81	12.88	7.89	1.74	12.16	6,0-5,0	<7,0
BPK ₅	mg/l	3.84	2.18	6.33	1.98	0.76	3.42	2.53	1.22	4.36	6,0-8,0	<4,0
HPK perm.	mg/l	86.32	5.6	225	5.83	1.12	23.0	5.77	2.89	12.8	7,0-12,0	<4,0
Amon. jon	mg/l	0.20	0.03	0.65	0.09	0.01	0.23	0.09	0.01	0.32	0,25-0,70	<0,10
Nitrati	mg/l	2.12	1.33	2.86	2.27	1.24	4.67	1.20	0.01	2.26	2,0-5,0	<1,00
Ortofosfati	mg/l	1.22	0.66	2.86	0.81	0.17	1.62	0.74	0.20	1.07	0,10-0,20	<0,05
Ukupan N	mg/l	2.48	0.946	4.03	2.43	1.524	4.755	1.45	0.15	2.496	3,0-10,0	<1,5
Ukupan P	mg/l	3.41	1.606	4.997	0.76	0.142	1.854	0.95	0.348	1.978	0,20-0,40	<0,10
Susp. tvari	mg/l	350.47	55.4	1200	54.18	6.6	404.2	36.87	5.4	97.2	-	-
Protok	m ³ /s	17.79	1.93	182.49	5.93	0.64	60.83	13.58	1.0	77.58	-	-

Tabela 3.4 Rezultati analize kvaliteta jezera Modrac za 2018. godinu.

Parametar	Jedinica	Sredina jezera			Ispred ušća Spreče			Ispred Prokosovića			Ispred brane		
		avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max
pH	-	8.43	8.16	8.75	8.43	8.17	8.79	8.44	8.05	8.75	8.40	8.06	8.72
Rastv. O ₂	mg/l	9.11	6.07	12.5	10.42	7.27	15.46	8.83	5.72	12.13	8.35	3.96	14.04
BPK ₅	mg/l	3.39	1.99	4.77	3.75	1.88	5.51	2.90	1.02	4.51	3.26	2.3	4.98
HPK perm.	mg/l	6.44	2.72	10.88	5.86	3.12	8.96	5.27	2.88	7.68	5.57	3.12	7.52
Amon. jon	mg/l	0.10	0.04	0.28	0.08	0.03	0.27	0.09	0.03	0.27	0.10	0.04	0.3
Nitrati	mg/l	0.85	0.13	2.03	0.85	0.12	2.36	0.89	0.14	2.36	1.10	0.19	2.22
Ortofosfati	mg/l	0.11	0.01	0.25	0.11	0.01	0.27	0.11	0.01	0.26	0.12	0.01	0.27
Ukupan N	mg/l	1.30	0.235	4.41	1.03	0.18	2.43	1.06	0.26	2.23	1.28	0.34	2.32
Ukupan P	mg/l	1.01	0.474	2.08	1.07	0.63	2.09	1.02	0.54	1.70	1.04	0.56	2.03
Susp. tvari	mg/l	40.55	1.2	60	45.07	2.4	67.8	44.32	1.2	74.8	41.88	2.2	65.8

Tabela 3.5 Rezultati analize kvaliteta jezera Modrac za 2019. godinu.

Parametar	Jedinica	Sredina jezera			Ispred ušća Spreče			Ispred Prokosovića			Ispred brane		
		avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max
pH	-	8.31	7.57	8.79	8.36	7.59	8.73	8.34	7.72	8.90	8.31	7.63	8.88
Rastv. O ₂	mg/l	8.92	4.95	12.53	10.13	5.67	14.88	8.54	4.23	11.98	8.68	3.73	13.1
BPK ₅	mg/l	3.06	0.76	6.15	3.90	1.98	8.86	3.51	2.20	6.05	3.47	2.14	7.46
HPK perm.	mg/l	7.60	4.96	10.56	8.51	6.4	11.6	7.58	4.64	11.2	8.17	5.76	11.6
Amon. jon	mg/l	0.12	0.03	0.28	0.13	0.03	0.40	0.11	0.03	0.25	0.13	0.03	0.28
Nitrati	mg/l	0.99	0.10	2.22	0.94	0.08	2.30	1.00	0.10	2.21	1.02	0.12	2.31
Ortofosfati	mg/l	0.20	0.03	1.03	0.25	0.05	1.03	0.14	0.02	0.48	0.20	0.03	0.68
Ukupan N	mg/l	1.26	0.28	2.622	1.20	0.211	2.808	1.22	0.217	2.523	1.28	0.335	2.71
Ukupan P	mg/l	0.65	0.13	1.458	0.77	0.28	1.292	0.57	0.076	1.512	0.63	0.072	1.414
Susp. tvari	mg/l	44.58	25.0	61.0	50.32	24.6	75.2	49.32	34.4	61.2	46.58	25.2	62.6

Tabela 3.6 Rezultati analize kvaliteta jezera Modrac za 2020. godinu.

Parametar	Jedinica	Sredina jezera			Ispred ušća Spreče			Ispred Prokosovića			Ispred brane		
		avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max
pH	-	7.87	7.50	8.32	7.98	7.50	8.35	7.95	7.69	8.34	7.95	7.64	8.3
Rastv. O ₂	mg/l	9.42	5.28	12.0	9.87	1.32	15.5	9.57	4.62	11.46	8.38	3.53	10.53
BPK ₅	mg/l	2.98	1.93	3.62	2.65	1.91	3.36	2.97	2.04	5.35	2.64	1.7	3.35
HPK perm.	mg/l	5.14	3.04	6.4	6.08	3.04	9.60	4.73	1.44	8.0	5.19	3.36	7.68
Amon. jon	mg/l	0.08	0.01	0.31	0.06	0.01	0.30	0.08	0.01	0.30	0.08	0.01	0.31
Nitrati	mg/l	1.23	0.47	2.06	1.18	0.09	2.53	1.02	0.12	2.13	1.23	0.15	2.08
Ortofosfati	mg/l	0.63	0.32	0.96	0.66	0.26	1.14	0.63	0.25	1.28	0.65	0.28	0.92
Ukupan N	mg/l	1.47	0.584	2.285	1.39	0.183	2.763	1.35	0.219	2.354	1.42	0.267	2.304
Ukupan P	mg/l	0.82	0.17	1.662	0.91	0.656	1.368	0.99	0.35	2.326	1.01	0.544	2.316
Susp. tvari	mg/l	44.61	25.4	64.6	41.82	21.0	78.6	46.62	10.0	113.2	32.2	9.4	50.6

Tabela 3.7 Vrijednosti fizičko-hemijskih parametara kvalitete za jezero Modrac

Trofija/stanje	Ukupni P, mg/l	Ukupni N, mg/l
Visoko	<0,03	<0,5
Dobro	0,03 – 0,05	0,5 – 1,0
Umjereno	0,05 – 0,1	>1,0

Na osnovu rezultata analize prikazane u tabelama 3.1., 3.2. i 3.3. može se zaključiti da parametri prelaze vrijednosti u odnosu na referentnu vrijednost za kategoriju Tip 5 vodotoka. To znači da je vodotok rijeke Spreče značajno izmjenjen u odnosu na prirodno stanje, odnosno na kvalitet vode koja bi imala da vladaju prirodni uslovi. U odnosu na zadati kriterij za ocjenu fizičko – hemijskih elemenata kvalitete, ono što je posebno uočljivo je visoka prosječna HPK vrijednost rijeke Spreče na ušću u jezero Modrac u koncentraciji od 60,75 mg/l u 2018. godini, 44,93 mg/l u 2019. godini i 86,32 mg/l u 2020. godini što je značajno više u odnosu na gornji kriterij od 12 mg/l. Zabilježene su i ekstremno visoke koncentracije HPK od 392 mg/l u mjesecu decembru 2018. godine. Takođe, iznad kriterija je i koncentracija ortofosfata od 0,54 mg/l u 2018. godini, 0,66 mg/l u 2019. godini i 1,22 mg/l u 2020. godini i ovdje je vidljiv trend porasta koncentracije ortofosfata od 2018. do 2020. godine.

Prisustvo ukupnih fosfata iznad zadatog kriterija od 0,4 mg/l iznosi 3.30 mg/l u 2018. godini, 2.28 mg/l u 2019. godini i 3.41 mg/l u 2021. godini. Navedeno ukazuje na zagađenje fosforom i značajan unos ovog nutrijenta u riječni i jezerski ekosistem. Suspendirane tvari prisutne u riječnoj vodi transportiraju se kao suspenzija koju čini oko 90% tvari veličine čestica manjeg od 1 mm. Najčešće su mineralnog porijekla nastalog erozijom riječnog dna i bočnih strana. Tokom intenzivnih oborina, mineralne tvari u riječno korito dospijevaju i erozijom tla u slivnom području vodotoka. Pri visokom vodostaju suspendirane tvari istaložene u riječni sediment ponovo se vraćaju u suspenziju i transportiraju nizvodno. U većini slučajeva mineralna tvar (čestice koje čine strukturu suspendovanih tvari) obložene su organskom tvari. Prema sadržaju suspendiranih materija i hemijskoj potrošnji kisika, Spreča pripada najlošijoj IV kategoriji vodotoka.

Voda sa ovako visokom vrijednosti HPK u rijeci Spreči uzrokuje povećanu potrošnju rastvorenog kisika, koji umjesto da se troši za održavanje

života u riječnom ekosistemu isti se troši na oksidaciju prisutnih organskih tvari. Na ovaj način se smanjuje količina dostupnog kisika u vodnom tijelu. Visoka HPK vrijednost je pokazatelj prisustva visoke koncentracije različitih organskih spojeva koji su oksidirali u neorganske spojeve.

Ukupne suspendirane tvari predstavljaju ukupan sadržaj vrste materije u uzorku, bilo da je prisutna u suspendovanom, koloidnom ili rastvorenom obliku. Ukupne suspendirane tvari svoj negativan uticaj na vodotok ostvaruju smanjenjem količine sunčeve svjetlosti koja prodire u vodno tijelo pri čemu se smanjuju ili u potpunosti prekidaju procesi fotosinteze kod akvatične flore. Izostanak fotosinteze i stvaranje površinskog sloja smanjuje količinu rastvorenog kisika prisutnog u vodi. Suspendirane tvari predstavljaju nosioce drugih zagađujućih tvari koje se adsorbiraju na njihovu površinu. Takođe, vidljivo je da značajne količine fosfora i azota ostaju u jezeru Modrac što u pogodnom trenutku može izazvati eutrofikaciju jezera i pojavu cijanobakterija.

Izvor fosfora u površinskim vodama uglavnom predstavljaju deterđenti i vještačka gnojiva, a u manjoj mjeri insekticidi na bazi organofosornih jedinjenja. Fosfor je osnovni nutritivni element bez kojeg nije moguć opstanak vodenih ekosistema, ali u visokim koncentracijama uzrokuje tzv. eutrofikaciju što se ogleda u naglom rastu algi, posebno na površinskom dijelu. Na taj način na površini vodotoka formira se gusti sloj koji sprečava prodiranje svjetlosti i prirodno rastvaranje kisika iz zraka u vodu, odnosno dolazi do uginuća planktona i razvoja različitih vrsta bakterija. Pojava eutrofikacije dugogodišnja je pojava u različitim dijelovima njenog toka, a posebno je izražena u blizini dubinskih bunara koji se koriste za snabdjevanja grada Lukavca vodom.

Ortofosfati su jedan od tri oblika u kojima se javlja fosfor, vrlo su reaktivni i veoma lako stupaju u reakcije. Oni su rastvorljivi oblik fosfora koji biljke i alge direktno usvajaju. U jezerima koncentracija ortofosfata se mijenja zbog brzog usvajanja od strane biljaka. U jezerskim ekosistemima, fosfor je limitirajući nutrijent, a to znači da biljke i alge u jezeru ima u višku sve ono što im je potrebno za rast (voda, toplina, sunčeva svjetlost, azot) osim fosfora. Fosfor ima direktan i limitirajući uticaj na rast biljaka i algi, što je više fosfora dostupno, više biljaka i algi je u jezeru.

Glavni izvori fosfora su animalni otpad, deterdženti, komunalne otpadne vode i otpadne vode sa poljoprivrednih površina. Drugi način povećanja koncentracije fosfora je njegovo otpuštanje iz jezerskog sedimenta. Ova pojava se najčešće dešava u kasno ljeto ili kasnu zimu. U ovom periodu dno jezera postane anoksično, hemijski procesi u sistemu sediment/voda uzrokuju oslobađanje fosfora iz sedimenta. Ovaj fenomen se naziva unutarnji doprinos (unutarnje punjenje) jer fosfor dolazi iz jezera (sedimenta). Uz fosfor pri anoksičnim uslovima u vodno tijelo se oslobađaju i pojedini teški metali poput Mn i Fe. Jedini način reguliranja rasta biljaka i algi je smanjenje unosa fosfora u jezero.

Azot se u vodi može pojaviti u četiri oblika: slobodni amonijačni, u obliku nitrita i nitrata i kao organski (albuminoidni). Prisustvo amonijačnog jona ukazuje na prisustvo nerazgrađene organske tvari. Takođe, to ukazuje na početnu fazu oksidacije prisutne organske tvari, odnosno da je zagađenje vode u početnoj fazi. Organski ugljik prisutan u vodi predstavlja količinu azota prije početka razlaganja. Prisustvo nitrita ukazuje da je dio organske tvari u vodi se dijelom razložio (oksidirao). U osnovi predstavlja intermedijarni stepen razlaganja prisutne organske tvari. Visoke koncentracije nitrata ukazuju da je organska materija prisutna u vodi u potpunosti se razložila (oksidirala), odnosno ukazuje da je vodno tijelo već duži period pod uticajem zagađenja. Prisustvo amonijum jona i nitrata iznad referentnih vrijednosti je jasan indikator kontinuiranog, višedecenijskog zagađenja rijeke Spreče, Turije i jezera Modrac organskom tvari.

Na osnovu prosječnih mjesečnih vrijednosti sadržaja ukupnog fosfora i azota može se zaključiti da se jezero Modrac i rijeka Spreča nalaze u trofičnom stanju. Granična vrijednost za fosfor za jezera iznosi 0,1 mg/l, a mjerenjima je utvrđena prosječna vrijednost za sredinu jezera 1,01 mg/l u 2018. godini, 0,65 mg/l u 2019. godini i 0,82 mg/l u 2020. godini. Takođe i na drugim mjernim mjestima na jezeru Modrac utvrđene su visoke vrijednosti ukupnog fosfora i azota.

3.3 REZULTATI ANALIZA FIZIČKO-HEMIJSKIH PARAMETARA KVALITETE VODE SPREČE, TURIJE I JEZERA MODRAC, SEPTEMBAR 2021. GODINA

Pod uticajem zagađujućih tvari, u vodama dolazi do primarnih, sekundarnih i tercijarnih promjena. Primarne promjene nastaju pri neposrednom uticaju zagađujućih tvari i izražavaju se u izmjenama fizičko-hemijskih i bioloških karakteristika vode, njenog sastava, temperature, plinskog režima i drugih uslova vezanih za život vodenih organizama. Ove promjene se nadalje pojačavaju složenim sekundarnim promjenama, nastalim pri međusobnoj reakciji zagađujućih tvari ili sa osnovnim sastojcima vode, pri čemu dolazi do obrazovanja novih tvari, koje negativno utiču na vodene organizme. Pri tome može doći do raspadanja (truljenja) i vrenja organskih sedimentata sa obrazovanjem toksičnih tvari, pojačanja ili slabljenja mineralizacije voda, biohemijskih procesa u vodama i tlu, kao i samoprečišćavanja voda.

Analize sadržaja teških metala u riječnim i jezerskim ekosistemima daju i odgovore o eventualnom aditivnom i sinergijskom delovanju teških metala. U ekosistemu tekućih voda suspendovana materija i perifitonska masa pokazuju najviše nivoe koncentracije teških metala. Srednji nivo akumulacije može se osmotriti kod bentičke faune i podvodne flore, dok se najmanji faktori koncentracije nalaze u ribljim mišićima²². Jedna od karakteristika rijeke Spreče je njen longitudinalni prekid kontinuiteta vodotoka izgradnjom brane, odnosno formiranjem akumulacije Modrac.

Prekid u kontinuitetu predstavlja prekid i u staništu pojedinih predstavnika ihtiofaune, ali i formiranje novih staništa sa specifičnim vrstama flore i faune. Navedeni prekid u kontinuitetu toka uzrokuje da većina zagađujućih tvari iz slivnog područja jezera Modrac se taloži u jezerskom sedimentu ili se razrjeđuje u samom jezeru. Međutim, količina unesenog zagađenja se vremenom koncentrira i može dostići takve koncentracije koje će u jednom trenutku uzrokovati ozbiljne posljedice na jezerski ekosistem.

²² Wachs B., (1991), Okobewertung der Schwermetallbelastung von Fließgewässern. - Munchener Beitr. Abwasser - Fischerei u. FluBbiol., 45, 295-335.

U cilju određivanja sadržaja teških metala i njihovog uticaja na hemijski kvalitet rijeke Spreče, Turije i jezera Modrac, odnosno da se ispita mogući unos teških metala u lanac ishrane, od strane akreditirane laboratorije izvršena je analiza uzoraka vode sa mjernih mjesta navedenih u poglavlju 3.1. U tabeli 3.8 prikazane su vrijednosti teških metala u uzorcima vode Spreče, Turije i jezera Modrac.

Tabela 3.8 Koncentracije teških metala u uzorcima vode za septembar 2021. godine

Mjerno mjesto	Teški metal, µg/l						Referentna vrijednost ²³ , µg/l
	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	
S1	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.003	0.001	Ni = 20
S2	0.000	0.000	0.000	<0.001	0.001	0.001	Cd = ≤0,45-1,5
S3	0.000	0.001	0.000	<0.001	0.002	0.001	
S4	0.000	0.000	0.000	<0.001	0.003	0.002	Pb = 7,2
S5	0.000	0.000	0.000	<0.001	0.002	0.001	As = 20
							Hg = 0,07

Na osnovu analize trenutnih uzoraka vode Spreče, Turije i jezera Modrac na sadržaj teških metala, može se zaključiti da se isti nalaze u tragovima i ne prelaze granične vrijednosti.

U tabeli 3.9 predstavljeni su objedinjeni rezultati pojedinih parametara koji utiču na kvalitet rijeke Spreče i Turije, a u tabeli 3.10 na kvalitet jezera Modrac.

²³ Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda ("Službene novine FBiH", br. 1/14). Tabela 6. Standardi kvalitete okoliša (SKO) za specifične zagađujuće materije

Tabela 3.9 Rezultati analize kvaliteta rijeka Spreče i Turije za septembar 2021. godine

Parametar	Jedinica	S1	S2	Kriterij za ocjenu	Referentna vrijednost
Temperatura	°C	17.0	17.0		
pH	-	7.94	8.27	<7,0 - >9,0	7,0-8,6
Rastv. O ₂	mg/l	6.89	7.96	6,0-5,0	<7,0
BPK ₅	mg/l	3.51	1.31	6,0-8,0	<4,0
HPK perm.	mg/l	10.2	6.95	7,0-12,0	<4,0
Amon. jon	mg/l	0.66	0.20	0,25-0,70	<0,10
Nitrati	mg/l	1.44	0.06	2,0-5,0	<1,00
Ortofosfati	mg/l	0.07	0.01	0,10-0,20	<0,05
Ukupan N	mg/l	2.15	0.28	3,0-10,0	<1,5
Ukupan P	mg/l	0.09	0.02	0,20-0,40	<0,10
Susp. tvari	mg/l	30.0	1.40	-	-
Benzen	µg/l	<0.01	<0.01		
C10-C13	µg/l	<0.40	<0.40		
PAH	µg/l	<0.10	<0.10		

Tabela 3.10 Rezultati analize kvaliteta jezera Modrac za septembar 2021. godine

Parametar	Jedinica	S3	S4	S5
Temperatura	°C	20	20	20.2
pH	-	8.49	8.69	8.46
Rastv. O ₂	mg/l	8.90	8.78	8.05
BPK ₅	mg/l	3.43	3.16	2.70
HPK perm.	mg/l	9.90	9.85	8.50
Amon. jon	mg/l	0.31	0.33	0.24
Nitrati	mg/l	0.07	0.03	0.04
Ortofosfati	mg/l	0.03	0.02	0.03
Ukupan N	mg/l	0.40	0.37	0.30
Ukupan P	mg/l	0.04	0.04	0.05
Susp. tvari	mg/l	3.10	0.75	1.10

Benzen	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01
C10-C13	µg/l	<0.40	<0.40	<0.40
PAH	µg/l	<0.10	<0.10	<0.10

Na osnovu analize trenutnih uzoraka vode jezera Modrac, može se zaključiti da isti ne prelaze vrijednosti fizičko-hemijskih parametara datih u tabeli 3.7.

U tabeli 3.11 prikazane su prosječne koncentracije analiziranih teških metala u mišićnom mesu smuđ, (*Stizostedion lucioperca*). Analizirana je cijela riba, obzirom da ovo istraživanje obuhvata i humanističko-ekološki aspekt analiziranog područja.

Tabela 3.11 Koncentracije teških metala i organskih polutanata u uzorku ribe, (*Stizostedion lucioperca*)

Parametar	Izmjereno, µg/kg	Granična vrijednost ²⁴ , mg/kg	Commission Regulation (EC) No 1881/2006 and No 629/2008 ²⁵	Hrvatska ²⁶
As	0.00	0.5	-	2.0
Cd	0.00865	0.05	0.05	0.05
Cr	0,097	-	-	-
Hg	0,411	0.5	0.5	0.5
Ni	0.00	-	-	-
Pb	0,717	0.3	0.3	0.2
PAH	<0.10			

Bioakumulacija teških metala u ribama zavisi od vrste, načina ishrane, veličine ribe i starosti. Prema ranijim istraživanjima od različitih autora, najveće zabilježene koncentracije teških metala nalaze se u jetri²⁷.

²⁴ Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani ("Službeni glasnik BiH" br 37/09 i 3/12)

²⁵ The Commission of the European Communities No 1881/2006 and No 629/2008 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs

²⁶ Pravilnik o toksinima, metalima, metaloidima te drugim štetnim tvarima koje se mogu nalaziti u hrani ("Narodne novine", broj 16/05)

²⁷ A. A. Bawuro, R. B. Voegborlo, and A. A. Adimado (2018): Bioaccumulation of Heavy Metals in Some Tissues of Fish in Lake Geriyo, Adamawa State, Nigeria, Journal of Environmental and Public Health, Vol. 2018, Article ID 1854892, 7 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/1854892>

U uzorku smuđa iz jezera Modrac utvrđena je visoka koncentracija olova od 0.717 µg/kg, a takođe utvrđeno je i prisustvo žive. Ovako visoke koncentracije olova i žive u ribi koja se nalazi na vrhu lanca ishrane ukazuje na biomagnifikaciju teških metala i njihove vrlo visoke koncentracije u predstavnicima ihtiofaune na vrhu lanca ishrane. U slučaju monitoringa teških metala, posebno toksičnih, u pogledu sigurnosti ribe kao hrane ona je različita od posmatranja u ekološkom smislu. Ovdje se nivo teških metala ograničava samo na meso (jestivi dio).

U analiziranom uzorku utvrđeno je prisustvo kadmija koji je jedan od najtoksičnijih teških metala. U komparativnim testovima akutne toksičnosti, od svih 63 teška metala iz periodnog sistema elemenata, kadmij je pokazao najveću toksičnost. U vodenim sistemima organizmi najlakše apsorbiraju kadmij direktno iz vode u njegovom slobodnom jonskom obliku. Prisustvo kadmija u akvatičnoj fauni ukazuje na zagađenje vodnog tijela, a posebna opasnost krije se u činjenici da je kadmij sklon bioakumulaciji. Posebna karakteristika kadmija je njegovo akumuliranje u svim nivoima lanca ishrane. RIBE najčešće apsorbiraju metalne jone preko škrga i kože. U ranijim istraživanjima²⁸ utvrđeno je prisustvo olova, nikla i kadmija i uzorku babuške (*Carrasius gibelus*) u količini od 2,3 mg/kg, 0,98 i 0,21 mg/kg.

Različiti istraživači, ispitujući sadržaj teških metala kod mnogobrojnih vrsta riba, utvrdili su da je sadržaj teških metala niži u jestivom tkivu nego u jetri i škrgama. Zapažene su i razlike u sadržaju teških metala u zavisnosti od vrste riba. Samo kod žive je utvrđeno da njen sadržaj u mesu riba zavisi od biomagnifikacije (ishrana). Kod ostalih teških metala, njihov sadržaj u zavisnosti je od trofičnog nivoa ribe. U našem slučaju došlo je do bioakumulacije olova i žive, odnosno njihova koncentracija u organizmu smuđa dostigla je takve vrijednosti koje su više od onih koncentracija koju olovo i živa imaju u vodi, a rezultat je hemijskog usvajanja putem hemijske izloženosti (npr. apsorpcijom putem hrane, preko respiratornog sistema, apsorpcijom preko kože).

²⁸ A. Skramončin (2019): *Određivanje stepena zagađenja teškim metalima rijeke Spreče i jezera Modrac*, Magistarski rad, Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet.

4. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

- ✓ Na analiziranom profilu rijeke Spreče u periodu 2018. – 2020. godina utvrđene su visoke vrijednosti hemijske potrošnje kisika, ortofosfata i ukupnog fosfora što ukazuje na kontinuirano zagađenje uzrokovano antropogenim aktivnostima. Prema sadržaju suspendiranih tvari, rijeka Spreča prije ušća u jezero Modrac klasificira se u IV kategorija vodotoka. Visoke koncentracije ukupnog fosfora mogu uzrokovati nekontrolisani rast cijanobakterija, odnosno pojavu cijanotoksina u vodi.
- ✓ Analiza kvalitete vode jezera Modrac u periodu 2018. – 2020. ukazuje na visoku koncentraciju ukupnog fosfora i ukupnog azota što indicira da se jezero Modrac nalazi u trofičnom stanju. Utvrđen je i značajan unos suspendiranih tvari koji je posebno izražen u vrijeme intenzivnih padavina u riječnom slivu Spreče i Turije.
- ✓ U trenutnim uzorcima vode rijeke Spreče, Turije i jezera Modrac nije utvrđeno prisustvo teških metala i specifičnih organskih polutanata u koncentracijama koje prelaze granične vrijednosti. Međutim, to ne isključuje mogućnost njihovog prisustva u sedimentu iz kojeg se pri određenim uslovima mogu otpustiti u vodno tijelo.
- ✓ U analiziranom uzorku smuđa (*Stizostedion lucioperca*) utvrđeno je bioakumuliranje olova i žive. Zbog ovako visokih koncentracija navedenih teških metala ovu vrstu ribe nije preporučljivo koristiti za ljudsku ishranu. U ranijim istraživanjima, utvrđeno je bioakumuliranje olova, nikla i kadmija u babuški što ukazuje na prisustvo teških metala u ihtiofauni jezera Modrac.
- ✓ Ponašanje metalnih kationa, ali i organskih polutanata, u funkciji je hemijskog sastava sedimenta kao i samih uslova u vodnom tijelu poput

pH, rastvorenog kisika, temperature itd. Zbog toga je neophodno u budućim istraživanjima obuhvatiti veći broj teških metala i istraživanje usmjeriti na sediment kao i veći broj vrsta ihtiofaune posebno onih u vrhu lanca ishrane.

- ✓ Potrebno je uspostaviti jedinstven sistem upravljanja slivovima vodnih tijela na nivou BiH, pa tako i slivom rijeke Spreče kako bi se osigurala efektivna koordinacija aktivnosti u razvoju infrastrukture, zaštite vodotoka i općenito poboljšanja kvaliteta voda. Potrebno je izgraditi sisteme za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda koje nastaju u naseljima u neposrednom okruženju jezera Modrac.
- ✓ Za efektivno upravljanje zagađenjem jezera Modrac potrebno je definisati sve izvore zagađenja, odrediti količinu i vrstu zagađujućih tvari, odrediti postojeće negativne uticaje zagađujućih tvari na ekosistem jezera i njihov očekivani vijek uticaja.
- ✓ Evidentna je potreba usklađivanja federalnih i kantonalnih zakona i ostalih propisa koji regulišu upravljanje vodama, zaštitu okoliša i prostorno uređenje, sa ciljem da se osigura usklađivanje, pojednostavljenje i skraćivanje postupaka izdavanja vodnih akata i okolišne dozvole sa saglasnostima i dozvolama iz oblasti prostornog uređenja i građenja, i u konačnici cjelovito uskladi pravni okvir u ovim oblastima.
- ✓ Takođe je potrebno detaljnije propisati kontrolu za svako ispuštanje otpadnih voda u površinske vode, tačkastih i disperznih zagađivača (otpadne vode sa poljoprivrednih površina), u smislu kontrole emisija utemeljenih na najboljoj postojećoj tehnologiji i kontrole odgovarajućih graničnih vrijednosti emisija.

- ✓ Odrediti hemijski, biološki i ekološki status rijeke Spreče, Turije i jezera Modrac shodno zahtjevima datim u Odluci o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda ("Službene novine FBiH", br. 1/14).
- ✓ Uraditi katastar zagađivača na slivnom području rijeke Spreče i jezera Modrac, javno objaviti izdate vodne i okolinske dozvole najvećim zagađivačima kao i jednom godišnje objaviti stepen ispunjenja obaveza proizašlih iz izdatih dozvola.
- ✓ Odrediti koordinaciono tijelo na nivou općina koje koriste jezero Modrac, nadležnih kantonalnih i federalnih ministarstava, nevladinih organizacija u cilju aplikacije na EU fondove u svrhu pisanja projekata i obezbjeđenja dodatnih sredstava u cilju zaštite jezera Modrac.

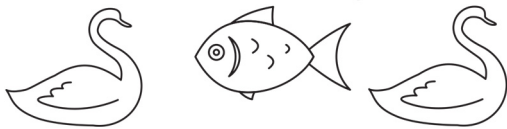


5. LITERATURA

- [1] Afshan, S.; Ali, S.; Ameen, U.S.; Farid, M.; Bharwana, S.A.; Hannan, F.; Ahmad, R. Effect of different heavy metal pollution on fish. *Res. J. Chem. Environ. Sci.* **2014**, *2*, 74–79.
- [2] Adrović, A. Kvalitet vode u rijekama i akvalnim akumulacijama Sjeveroistočne Bosne/ Studija o kvalitetu vode u sjeveroistočnoj Bosni, 2010. CEE, Tuzl
- [3] Bawuro, A. A.; Voegborlo, R. B.; Adimado. Bioaccumulation of Heavy Metals in Some Tissues of Fish in Lake Geriyo, Adamawa State, Nigeria, *Journal of Environmental and Public Health*, Vol. 2018, Article ID 1854892, 7 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/1854892>
- [4] Institut za hemijsko inženjerstvo d.o.o. Tuzla, Izvještaj o ispitivanju br. 584-05/21 od 20.09.2021. i Izvještaj o ispitivanju br. 584-06/21 od 22.09.2021. godine.
- [5] Kupusović, T.; Vučjak, B.; Kovčić, O. Akumulacija Modrac i njeno funkcioniranje tijekom poplave u svibnju 2014. godine, *Hrvatske vode*, 2015, 23 91 pp.19-28.
- [6] Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda ("Službene novine FBiH", br. 1/14). Vrijednosti bioloških i fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta za rijeke za Tip 5 i Tip 7
- [8] Padrilah, S.N.; Shukor, M.Y.A.; Yasid, N.A.; Ahmad, S.A.; Sabullah, M.K.; Shamaan, N.A. Toxicity Effects of Fish Histopathology on Copper Accumulation. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 2018, *41*, 519–540.
- [9] Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u FBiH (2016.–2021). Tabela 17. str.30.
- [10] Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani ("Službeni glasnik BiH" br 37/09 i 3/12)

- [11] Pravilnik o toksinima, metalima, metaloidima te drugim štetnim tvarima koje se mogu nalaziti u hrani ("Narodne novine", broj 16/05)
- [12] Raša, Đ. M. Ispitivanje sadržaja teških metala i metaloida u tkivima rečne ribe kao pokazatelja bezbednosti mesa ribe i zagađenja životne sredine, 2014. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu.
- [13] Sandhya, B.; Ta, K. Low-Cost Adsorbents for Heavy Metals Uptake From Contaminated Water: A Review Journal of Hazardous Materials. 2003. 97 (1-3):219-43
- [14] Skramončin, A. Određivanje stepena zagađenja teškim metalima rijeke Spreče i jezera Modrac. 2019. Magistarski rad, Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet.
- [15] Wachs, B. Okobewertung der Schwermetallbelastung von Fließgewässern. -Munchener Beitr. Abwasser - Fischerei u. Flußbiol., 1991. 45, 295-335.





Ova publikacija je napravljena uz finansijsku podršku Evropske unije.
Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost udruženja Eko - BiH
i ne odražava nužno stavove Evropske unije.