بررسی میزان غلظت سرب در آب و ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) در تالاب بین‌المللی چغاخور

- **مهسا تکش**: گروه محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان (خوراسگان)، ایران
- **عاطفه چمنی***: گروه محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان (خوراسگان)، ایران
- **ثمر مرتضوی**: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت: آذر ١٣٩٦ تاریخ پذیرش: اسفند ١٣٩٦

چکیده

آلودگی اکوسیستم‌های طبیعی با طیف گسترده ای از آلاینده‌های زیست محیطی به‌خصوص فلزات سنگین، در دهه‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. کپورمعمولی به‌دلیل بزرگی اندازه بدن و میانگین سنی بالاتر می‌تواند میزان بالایی از فلزات سنگین را در خود جذب نماید. هم‌چنین رژیم همه‌چیزخواری و استفاده از جانوران کفزی و نرم‌تنان توسط این ماهی، امکان تجمع مقادیر بالایی از فلزات سنگین را در اندام‌های مختلف این ماهی به‌خصوص کبد، کلیه و عضله فراهم آورده است. در پژوهش حاضر، میزان تجمع سرب در عضله ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و آب تالاب چغاخورمورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور، تعداد ٤٥ نمونه کپورمعمولی توسط تور صیادی به‌همراه ٤٥ نمونه آب در سه ایستگاه در تابستان و بهار ١٣٩٥هر ١٥ روز یک‌بار، نمونه‌برداری گردید. پس از تعیین سن، جنس و وزن هر نمونه ماهی و اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی شیمیایی آب، میزان فلز سرب در هر نمونه آب و ماهی بعد از عصاره‌گیری، با استفاده از دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی کوره گرافیتی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد باقی‌مانده سرب در عضله ماهی کپور ٠/٢ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که از میزان استاندارد سازمان بهداشت جهانی (٠/٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم) پایین‌تر است ولی با افزایش میزان مصرف کودها و سموم شیمیایی احتمال دارد به‌تدریج میزان آلودگی افزایش یافته و به درجه خطر برسد. وجود فعالیت‌های کشاورزی گسترده درحاشیه تالاب، از عوامل ورود پساب ناشی از کودها و سموم کشاورزی است که حیات آبزیان را تحت تاثیر قرار داده است.

کلمات کلیدی: تالاب چغاخور، چهارمحال بختیاری، ماهی کپورمعمولی، پارامترهای زیست‌شناختی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: atefehchamani@yahoo.com

مقدمه

در سراسر جهان آلودگی آب‌های سطحی به‌وسیله آلاینده‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی به‌عنوان یک معضل همه‌گیر وجود دارد و توانسته بر بسیاری از فعالیت‌های انسان تأثیرات زیان‌بار و چشمگیر برجای گذارد (Chehregani و همکاران، ۲۰۰۹). توسعه شهرنشینی و افزایش آلودگی ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل‌های دفن زباله موجب تغییر و کاهش کیفیت آب‌ها شده است (صمدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Simeonov و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین کنترل مقدار عناصر کمیاب سمی و مشخص کردن آلودگی آب بسیار لازم و ضروری است (کریمی و هاشم‌نیا، ۱۳۸۷). از انواع این آلاینده‌ها می‌توان به فلزات سنگینی نظیر سرب، کادمیوم، جیوه و نیکل اشاره کرد که به‌طور طبیعی به‌مقدار بسیار کم در اکوسیستم‌های طبیعی یافت می‌شوند (میرسنجری، ۱۳۸۰). نقش فلزات سنگین در محیط زیست و اثرات آن بر سلامت انسان و سایر موجودات زنده همواره مورد توجه بسیاری از پژوهشگران بوده است. فلزات سنگین به‌دلیل دارا بودن خاصیت سمیت و تجزیه ناپذیری در محیط به‌عنوان آلاینده‌های خطرناک محسوب می‌شوند (Ekpo و همکاران، ۲۰۰۸؛ Pourang و همکاران، ۲۰۰۵). هم‌چنین به‌دلیل بزرگ‌نمایی زیستی در بافت‌های مختلف و نیز مقاومت در برابر تغییرات بیولوژیک، به‌تدریج در بافت‌های چربی در بدن مصرف کنندگانی مانند انسان ذخیره شده و بیماری‌های حاد و مزمن را باعث می‌شوند (نبوی، ۱۳۸۵). سرب یکی از پایدارترین فلزات سنگین است که به‌صورت ترکیبات متعددی وجود دارد. سمی بودن این ترکیبات تا حدودی به pH و شرایط محیطی وابسته است (طهمورث‌پور و همکاران، ۱۳۸۸). سرب در صورت تماس و جذب کافی می‌تواند برای انسان مسمومیت‌زا باشد. سرب که بیش‌تر از طریق فاضلاب کارخانجات باطری‌سازی، مهمات‌سازی و غیره وارد آب می‌گردد، بعد از ورود به بدن جایگزین کلسیم استخوان می‌شودو در تولید آنزیمی هم که در ساخت هموگلوبین خون نقش دارد، اختلال ایجاد می‌کند. هم‌چنین باعث اختلال در تولید آنزیم‌های کلیوی شده و مشکلات استخوانی و خونی و کلیوی را به‌دنبال خواهد داشت. سرب اثرات منفی زیادی روی نوزادان داشته وعلاوه بر خطرات فوق سبب عقب‌ماندگی ذهنی آنان می‌شود (Patrick، ۲۰۰۶). ویژگی‌های موجود زنده ازجمله سن، طول، وزن، جنس، عادت تغذیه‌ای و نیازهای اکولوژیک و هم‌چنین مدت زمان ماندگاری در محیط آبی، فصل سال و خواص فیزیکی و شیمیایی آب از عوامل مؤثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های گوناگون موجود زنده هستند (Demirak ، ۲۰۰۶). یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای پاسخ دادن به سؤالات دربارهٔ وضعیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک آب مطالعه مستقیم گیاهان و جانورانی است که در آن زیست می‌کنند. خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) یکی از بزرگ‌ترین خانواده‌های ماهیان استخوانی در جهان بوده و شامل حداقل ۱۷۰۰ گونه و بیش از ۲۰۰ جنس می‌باشد که در مصب رودخانه‌ها و آب‌های لب‌شور یافت می‌شوند (Abdi، ۲۰۱۰). در بین اعضای این خانواده، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بیش‌ترین فراوانی را به‌خود اختصاص می‌دهد. کشور ایران از نظر تولید کپورمعمولی در رتبه هفتم جهان قرار گرفته است (FAO، ۲۰۰۹). تالاب چغاخور بزرگ‌ترین تالاب در استان چهار محال و بختیاری است که مجاور بودن با روستاها و زمین‌های کشاورزی، ورود هرز آب‌های کشاورزی و هم‌چنین ورود سیلاب‌های فصلی به تالاب، تاثیر قابل توجهی را بر افزایش پارامترهای شیمیایی از قبیل نیترات و فسفات آب تالاب گذاشته و همواره باعث افزایش دامنه نوسان آن‌ها شده است. این تغییرات شرایط زیست سختی را برای انواع ماهیان، گیاهان آبزی و پرندگان آبزی موجود در تالاب ایجاد کرده است. به همین دلیل تنها موجوداتی که دارای دامنه تحمل بالایی نسبت به این تغییرات بوده، توانایی زیستن در این منطقه را داشته‌اند (خانجانی و ابراهیمی، ۱۳۸۷). با توجه به منابع موجود و اظهارنظر کارشناسان محیط زیست منطقه، از خانواده کپورماهیان تنها چهار گونه کپور معمولی، فیتوفاگ، بیگ هد و آمور در تالاب چغاخور حضور دارند. هدف از این تحقیق، تعیین میزان غلظت سرب در عضله کپور معمولی و آب تالاب چغاخور می‌باشد. کپور معمولی به‌دلیل بزرگی اندازه بدن و میانگین سنی بالاتر می‌تواند میزان بالاتری از فلزات سنگین را جذب نماید. هم‌چنین رژیم همه‌چیزخواری و استفاده از جانوران کفزی و نرم‌تنان، امکان تجمع مقادیر بالایی از فلزات سنگین را در اندام‌های مختلف این ماهی به‌خصوص کبد، کلیه و عضله فراهم می‌آورد (Pazooki و همکاران، ۲۰۱۲).

مواد و روش‌ها

تالاب بین‌المللی چغاخور بزرگ‌ترین تالاب در استان چهار محال و بختیاری دارای مساحتی بالغ بر ۲۳۰۰ هکتار یکی از ذخیره‌گاه‌های اکولوژیکی مهم در منطقه محسوب می‌گردد. از نظر تقسیمات کشوری در بخش بلداجی از شهرستان بروجن و در ۶۵ کیلومتری

شهرستان شهرکرد قرار دارد و از ۶ چشمه اصلی به‌عنوان منبع آبی بهره می‌برد (امینی، ۱۳۸۱). جامعه آماری مورد بررسی شامل ۴۵ عدد ماهی کپور معمولی و ۴۵ نمونه آب می‌باشد که توسط ماهیگیران محلی صید و در یخدان محتوی یخ نگه‌داری و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها از سه ایستگاه واقع در شمال، جنوب و غرب تالاب براساس نزدیکی به محل ورود پساب کشاورزی و پساب مجتمع گردشگری برداشت گردید. لازم به ذکر است که براساس Team RC، (۲۰۱۷) برای انجام مطالعات آمار زیستی، نمونه‌برداری با حداقل تعداد ۲۵ فرد از نظر آماری مورد تایید است. پیش از کالبد شکافی و آماده‌سازی، عملیات زیست‌سنجی اولیه شامل اندازه‌گیری وزن، طول، سن و جنس، روی همه نمونه‌ها و برای جلوگیری از خطا توسط یک فرد انجام شد. سپس نمونه‌های ماهی با آب مقطر شستشو داده شدند و سپس، بافت‌های هدف (عضله) جداسازی گردید (طبق دستورالعمل AWWA= American ،WEF= Water Environment Federation APHA= American Public Health ،Water Works Association Association، ۱۹۹۲). قبل از توزین، نمونه‌ها به‌مدت چند دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت تا میزان خون مازاد روی بافت‌ها پاک گردد. نمونه‌های آب از عمق ۳۰ سانتی‌متری در سطح آب به‌صورت دستی برداشت شده و به‌درون بطری‌های استریل و کدگذاری شده ۱/۵ لیتری انتقال یافتند. جهت جلوگیری از فعل و انفعالات در محفظه یونولیتی و در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند. نمونه‌های عضله در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت نگه‌داری گردید (خیرور و دادالهی، ۱۳۸۹). نمونه‌ها پس از خشک شدن، در هاون کوبیده شدند. سپس دو گرم از نمونه رطوبت‌گیری شده به‌داخل ارلن منتقل شد و ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسیدنیتریک مرک ۶۵٪ و پنج میلی‌لیتر آب اکسیژنه اضافه شد، سپس به‌مدت یک شب (۱۲ ساعت) در زیر هود قرار داده شد. این مخلوط به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد درهات پلیت گرما داده‌شد. به تک‌تک نمونه‌ها ۵-۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد اضافه شد و به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۹۰- ۸۵ درجه سانتی‌گراد در هات‌پلیت گرما داده شدند. محلول شفاف پس از سرد شدن آماده فیلترکردن است. پس از گذشت زمان و خنک‌شدن ظرف، محلول آماده‌سازی شده در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری با آب مقطر دوبار تقطیر و با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شدو به‌حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد(AOAC، ۱۹۸۰).جهت اطمینان از دقت عملیات هضم و رفع خطای ناشی از آماده‌سازی نمونه و عدم تأثیر مواد مصرفی بر غلظت فلز، در هر نوبت از عملیات هضم، یک نمونه شاهد (Blank) درنظر گرفته شد. غلظت فلز سرب درهر نمونه با استفاده از دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی کوره گرافیتی مدل Furnace AAS Model 67OG اندازه‌گیری و در نهایت غلظت سرب در نمونه شاهد اندازه‌گیری و از مقادیر به‌دست آمده برای نمونه‌ها کسر گردید. میزان ریکاوری نتایج بین ۹۶٪ تا ۱۰۱٪ به‌دست آمد.

نتایج

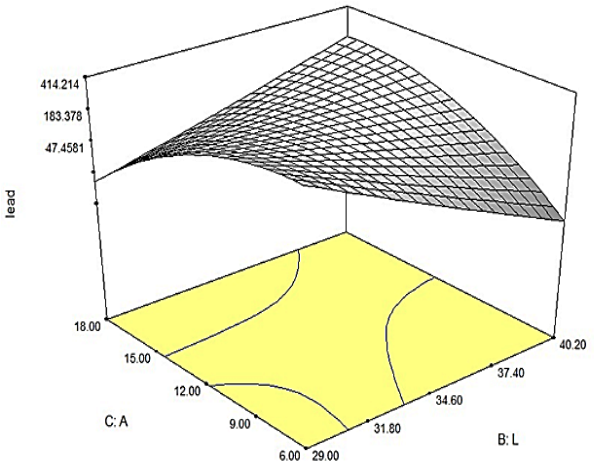
براساس نتایج، ۵۷/۱ درصد از نمونه تحقیق ماده و ۴۲/۹ درصد از نمونه تحقیق نر می‌باشند. ۴۲/۲۲ درصد از نمونه تحقیق در رده سنی زیر ۱۲ ماه، ۲۰ درصد در رده ۱۲ تا ۱۳ ماه ، ۶/۶۷ درصد در رده ۱۳ تا ۱۴ ماه و ۱۱/۱۱ درصد در رده سنی ۱۴ تا ۱۵ ماه، ۴/۴۴ درصد در رده ۱۵ تا ۱۶ ماه و ۱۵/۵۶ درصد در رده ۱۶ ماه و بالاتر قرار دارند.

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مورد بررسی

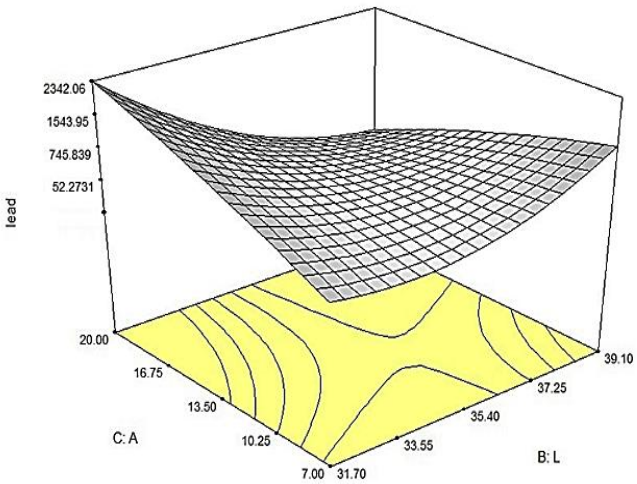
متغیر	انحراف استاندارد	میانگین	تعداد
سرب عضله (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۱۸	۰/۲	۴۵
وزن (گرم)	۱۹۴/۴۰	۷۱۰/۳۲	۴۵
طول (سانتی‌متر)	۳/۵۱	۳۵/۱۸	۴۵
اسیدیته	۱/۷۰	۸/۵۱	۴۵
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۱۲۴/۹	۴۰۵/۲۹	۴۵
ذرات جامد (میلی‌گرم بر لیتر)	۹۹/۲۸	۳۱۹/۵	۴۵
کل مواد جامد محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۰۵/۰۱	۲۳۳/۸۱	۴۵
مواد معلق محلول (میلی گرم بر لیتر)	۷۴/۳	۸۵/۷	۴۵
سرب آب (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۱۴	۰/۰۱۲	۴۵

در جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد وزن، طول، پتانسیل هیدروژن، هدایت الکتریکی، ذرات جامد، کل مواد جامد محلول، مواد معلق محلول و سرب آب و عضله نمونه‌ها آمده است. با توجه به شکل ۱، میزان جذب فلز سرب در ماهی کپور ماده با سن و طول (اندازه بدن) دارای همبستگی می‌باشد. براین اساس،در ماهی‌های ماده دارای طول (اندازه) بیش‌تر، با افزایش سن، میزان جذب افزایش می‌یابد. ولی

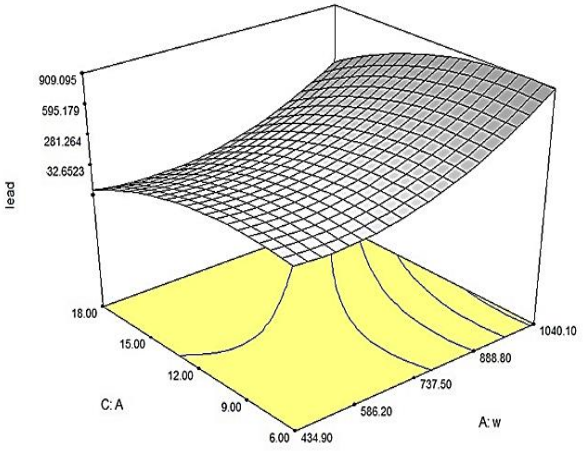
در ماهی‌های دارای طول کم‌تر، با افزایش سن، میزان جذب کاهش می‌یابد. با توجه به شکل ۲، در ماهی‌های نر دارای طول (اندازه) کم‌تر، با افزایش سن، نرخ جذب، افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۳، میزان جذب فلز سرب در ماهی‌های کپور ماده هم‌سن، با افزایش وزن، افزایش می‌یابد. در ماهی‌های ماده هم وزن، با افزایش سن، میزان جذب کاهش می‌یابد. به‌عبارتی دیگر، ماده‌های جوان دارای وزن زیاد، بیش‌ترین جذب و ماده‌های دارای سن بیش‌تر و وزن کم‌تر، کم‌ترین میزان جذب را دارا می‌باشند.



شکل ۱: نمودار نتایج حاصل از مدل RSM در رابطه با میزان جذب سرب با طول و سن در کپور ماهی ماده

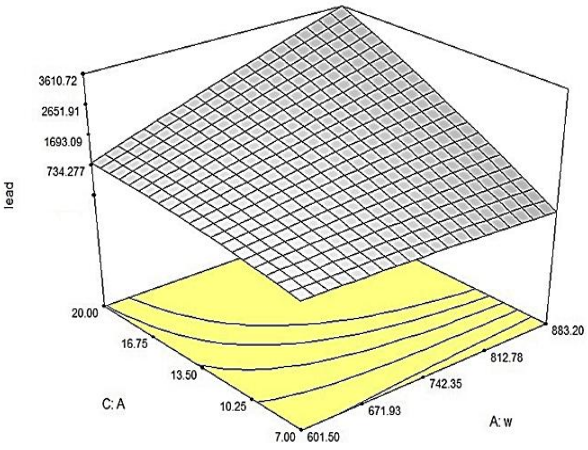


شکل ۲: نمودار نتایج حاصل از مدل RSM در رابطه با میزان جذب سرب با طول و سن در کپور ماهی نر



شکل ۳: نمودار نتایج حاصل از مدل RSM در رابطه با رابطه میان میزان جذب سرب با سن و وزن در کپور ماهی ماده

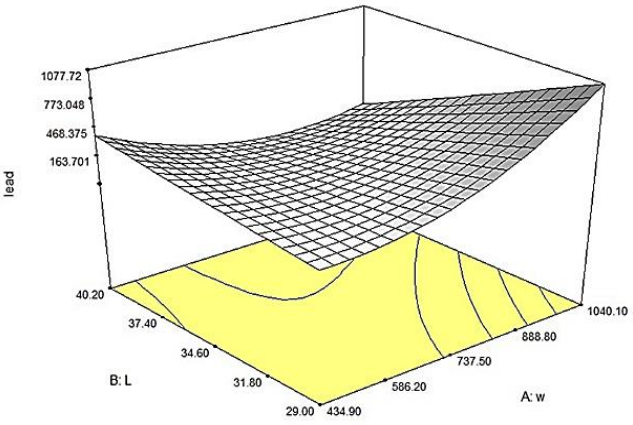
با توجه به شکل ۴، میزان جذب فلز سرب در ماهی‌های کپور نر هم وزن، با افزایش سن افزایش می‌یابد. از طرفی در ماهی‌های نر هم‌سن، هر چه وزن افزایش می‌یابد، میزان جذب افزایش می‌یابد. با افزایش توام سن و وزن، میزان جذب افزایش می‌یابد.



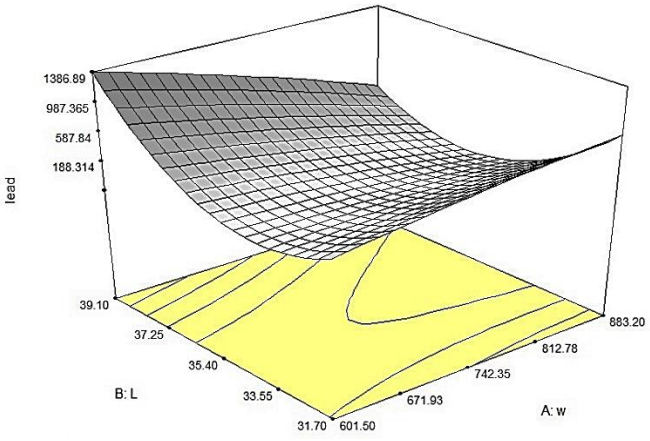
شکل ۴: نمودار نتایج حاصل از مدل RSM در رابطه با رابطه میان میزان جذب سرب با سن و وزن در کپور ماهی نر

با توجه به شکل ۵، میزان جذب فلز سرب در ماهی کپور ماده دارای وزن‌زیاد، با افزایش طول، میزان جذب‌کم می‌شودودر ماهی‌های ماده دارای وزن کم با افزایش طول، میزان جذب بیش‌تر می‌شود. در ماهی‌های ماده دارای اندازه کم، با افزایش وزن، میزان جذب افزایش

می‌یابد ولی در ماهی‌های ماده دارای اندازه زیاد، افزایش وزن تاثیر زیادی درمیزان جذب سرب ندارد. بیش‌ترین جذب را ماهی‌های دارای اندازه کم و وزن زیاد و کم‌ترین میزان جذب را ماهی‌های دارای اندازه زیاد و وزن کم دارند. با توجه به شکل ۶، در ماهی‌های نر دارای وزن کم، با افزایش طول میزان جذب فلز افزایش می‌یابد. براساس نتایج آزمون تی تک نمونه‌ای، میانگین غلظت سرب در عضله ماهی از میزان غلظت استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) کم‌تر است (P<۰/۰۵). میانگین غلظت سرب در آب (۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر) نیز در مقایسه با استاندارد آب مناسب برای حیات آبزیان (۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر) کم‌تر است.



شکل ۵: نمودار نتایج حاصل از مدل RSM در رابطه با رابطه میان میزان جذب سرب با طول و وزن در ماهی کپور ماده



شکل ۶: نمودار نتایج حاصل از مدل RSM در رابطه با رابطه میان میزان جذب سرب با طول و وزن در ماهی کپور نر

بحث

میانگین غلظت سرب در بافت عضله ماهی تالاب چغاخور (۰/۲ میلی‌گرم/کیلوگرم) پایین‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای مصرف غذایی (۰/۵ میلی‌گرم/کیلوگرم) است. میزان تجمع و ذخیره فلز سرب در بافت عضله بسیار ناچیز و به‌مراتب کم‌تر از سایر بافت‌ها ازجمله بافت کبد، کلیه و آبشش‌ها بوده و احتمال آلودگی فلز سرب در کبد و آبشش این ماهیان بسیار بالاتر بوده و با ادامه روند فعلی میزان باقی‌مانده این فلز در ماهیان به مرز خطر نزدیک شده که عوارض بی‌شماری برای ماهیان و مصرف‌کنندگان به‌دنبال خواهد داشت. هم‌چنین ورود تدریجی سرب به محیط تالاب منجر به تجمع آن مواد در بستر شده و با توجه به همه‌چیزخوار بودن ماهی کپور و تغذیه آن از موجودات ریز بستر آب، کرم‌ها، سخت‌پوستان، نوزاد حشرات و حتی فضولات حیوانی و گیاهی، لاشه حیوانات، تخم ماهیان و ..... همین مقدار سرب در حال حاضر هم توانسته به‌عنوان یک هشدار تلقی گردد. افزایش غلظت فلز سرب به‌میزان فراتر از حد کشنده، سبب از بین رفتن کارایی بافت‌های مختلف ماهی ازجمله آبشش و ایجاد تاثیرات غیرقابل بازگشت می‌شود (رئیسی و همکاران، ۱۳۸۸). براساس نتایج بین دو ماهی کپور ماده دارای طول زیاد، ماهی که دارای سن بیش‌تری می‌باشد، میزان سرب بیش‌تری را جذب کرده است ولی بین دو ماهی کپور ماده دارای طول کم، تفاوت معنی‌داری در میزان جذب با تفاوت در سن، مشاهده نمی‌شود. بدین‌ترتیب در جنس ماده ماهی کپور افزایش سن فقط در ماهی‌های دارای اندازه بزرگ‌تر می‌تواند با میزان جذب فلز سرب دارای همبستگی مثبت باشد که بالطبع این را می‌توان به افزایش زمان در معرض قرارگیری ماهی و خاصیت تجمع (Bioaccumulation) و تمرکزپذیری (Bioconcentration) سرب در موجودات زنده مرتبط دانست. از طرفی بین دو ماهی ماده دارای وزن زیاد، ماهی که دارای طول بیش‌تری است، دارای غلظت کم‌تر سرب در عضله می‌باشد. هم‌چنین بین دو ماهی ماده دارای وزن کم، ماهی دارای طول بیش‌تر، حاوی سرب بیش‌تری در عضله می‌باشد. بدین ترتیب، تنها در ماده‌های دارای وزن کم، طول با میزان جذب فلز سرب دارای همبستگی مثبت می‌باشد. بین دو ماهی کپور ماده با سن یکسان، ماهی که وزن بیش‌تری دارد دارای غلظت سرب بیش‌تر می‌باشد که بالطبع به‌دلیل بیوماس بیش‌تر و تغذیه بیش‌تر ماهی سنگین وزن می‌باشد. منتهی بین دو ماهی کپور ماده با وزن یکسان، در ماهی که

سن بیش‌تری دارد میزان کم‌تری از فلز سرب در عضله تجمع یافته است که احتمال می‌رود به دفع تدریجی سرب از بدن با افزایش سن مرتبط باشد. از طرفی، فلزات سنگین اندام هدف خود را براساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند. بدین معنی که هرچه فعالیت متابولیک اندام هدف بیش‌تر باشد، تجمع سرب در آن بیش‌تر خواهد بود. این نکته علت تجمع بیش‌تر فلزات در بافت‌هایی‌نظیر کبد، کلیه و آبشش‌ها را در مقایسه با بافت ماهیچه (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می‌نماید (Filazi و همکاران، ۲۰۰۳). از آن‌جاکه فعالیت متابولیک ماهی جوان به‌صورت طبیعی بیش از ماهی مسن می‌باشد، کاهش تدریجی غلظت سرب در عضله با افزایش سن، قابل توجیه است (Elder و Collins، ۱۹۹۱). در نقطه مقابل، جنس نر ماهی کپور دارای ویژگی‌های متفاوت در میزان جذب فلز سرب و پارامترهای تاثیرگذار بر آن می‌باشد. براساس نتایج، بین دو ماهی کپور نر که دارای اندازه کوچک هستند، ماهی که سن بیش‌تری دارد مقادیر بیش‌تری از فلز سرب را در عضله جذب کرده است. هم‌چنین بین دو ماهی کپور نر هم وزن، هر کدام که سن بیش‌تری دارند غلظت بیش‌تری از فلز سرب را در عضله نشان دادند. به‌همین ترتیب، در ماهی‌های نر دارای سن یکسان، هرکدام وزن بیش‌تری دارند مقدار بیش‌تری سرب در عضله جذب کرده‌اند. از طرفی بین دو ماهی دارای وزن کم، ماهی که طول بیش‌تری دارد سرب بیش‌تری جذب کرده است. نتایج مطالعات Al-Yousuf و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد جنس و اندازه بر غلظت فلزات سنگین در گونه ماهی گوش قرمز موثر بوده است. آن‌ها دلیل بالا بودن غلظت فلزات در جنس ماده نسبت به جنس نر را اختلاف در هورمون‌ها و تعداد سایت‌های فعال پروتئین و سیتوکروم p-۴۵۰ بین جنس نر و ماده دانستند. نتایج مطالعات Ayse (۲۰۰۳)، که بر روی دو گونه کفال راه راه (*Mugil cephalus*) و ماهی سیم دریایی سرطلایی (*Sparus aurata*) انجام داده، مشخص نمود که بین غلظت فلزات سنگین آهن، مس، نیکل، کروم، سرب و روی در بافت‌های ماهیچه، پوست و با اندازه بدن (طول کل و وزن بدن) ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود داشته است و در تحقیقی دیگر توسط Canil و Atli (۲۰۰۳)، که در مورد ارتباط بین سطوح فلزات سنگین و اندازه ۶ گونه ماهی مدیترانه‌ای انجام دادند، مشخص نمودند که بین غلظت آهن و اندازه بدن (طول و وزن بدن) در آبشش، کبد و ماهیچه و نیز در مورد کادمیوم و سرب با طول ماهی یک همبستگی مثبت وجود دارد. هم‌چنین نتایج تحقیق Ayse (۲۰۰۳) با مطالعه‌ای که بر روی دو گونه کفال راه‌راه(*Mugil cephalus*) و ماهی‌سیم‌دریایی‌سرطلایی (*Sparus aurata*) انجام داد، مشخص نمود که بین غلظت فلزات سنگین آهن، مس، نیکل، کروم، سرب و روی در بافت‌های ماهیچه، پوست و با اندازه بدن (طول کل و وزن بدن) ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود دارد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد.

همین طور مطالعه‌ای دیگر، توسط Schön و همکاران (۲۰۱۵) که روی توزیع و تجمع وابسته به سن برای فلزات سنگین سرب، جیوه، کادمیوم‌و آرسنیک دربافت‌های کپورماهی‌معمولی‌و گربه‌ماهی اروپایی (*Sylurus glanis*) از مخزن آب بوسنی و هرزگوین انجام گرفت، نشان داد که‌رابطه مثبت خطی با سن برای‌تجمع‌فلزات سنگین در بافت‌های کپور ماهی معمولی و گربه ماهی وجود دارد. در پژوهشی که Agah و همکاران (۲۰۰۹)، بر روی ۱۴۱ گونه ماهی در مناطق آبادان- دیلم و نیروگاه بوشهر برای اندازه‌گیری غلظت ۱۶ عنصر فلزی در ماهیچه و کبد این ماهیان انجام دادند، نتایج نشان داد که تجمع فلزات سنگین در ماهیان بزرگ‌تر (مسن‌تر) بیش‌تر می‌باشد و برعکس در ماهیان جوان تجمع فلزات سنگین کم‌تر است. نبوی و همکاران (۱۳۸۵)، با بررسی میزان تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت‌های عضله و کبد دو گونه کفشک ماهی تیز دندان و گرد در سواحل بندر لنگه و بندرعباس نشان دادند که بین غلظت فلزات و اندازه بدن (طول و وزن بدن)ارتباط معنی‌دار آماری وجود دارد. بدین‌معنی که با افزایش طول و وزن بدن شدت آلودگی نیز افزایش می‌یابد.

نتایج حاصل از بررسی غلظت فلز در عضله دو گونه ماهی از ساحل جنوب‌شرقی برزیل توسط Roy و همکاران (۲۰۱۴) و توزیع کادمیوم، جیوه و سرب در اندام‌های مختلف ماهی توسط Atobatele و Olutona (۲۰۱۵) با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. نتایج حاصل از پاکزاد و همکاران (۱۳۹۶) نیز رابطه مستقیم عوامل ریخت شناسی با میزان تجمع فلزات سنگین در کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) را تایید کرده است. دادالهی و همکاران (۱۳۸۷)، در بررسی ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروندرود به این نتیجه رسیدند که رابطه خطی مستقیم بین میزان تجمع فلزات کادمیوم و سرب با طول و وزن کل در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت وجود دارد. رئیسی و همکاران (۱۳۸۸)، مطالعه‌ای در جهت تعیین میزان سرب و کادمیم در گوشت چهار گونه از کپور ماهیان رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری و بررسی رابطه آن با سن و گونه ماهی را انجام دادند. بررسی آماری نشان داد با افزایش سن ماهیان میزان تجمع هر دو فلز سرب و کادمیوم در عضله

ماهیان افزایش می‌یابد. اختلاف در گونه ماهی، عادات و رفتارهای تغذیه‌ای و بیولوژیکی گونه و الگوی پراکندگی، تاثیر به‌سزایی در میزان تجمع این فلزات در بافت ماهیان دارند. هم‌چنین نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات Gaspic و همکاران (۲۰۰۲)، Farkas و همکاران (۲۰۰۳)، Gungordu و Ozmen (۲۰۱۱)، ناصری و همکاران (۱۳۸۴)، Agah و همکاران (۲۰۰۹)، داداللهی و همکاران (۱۳۸۷)، رییسی و همکاران (۱۳۸۸)، امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا (۱۳۸۴)، کوسج و همکاران (۱۳۹۲) و محمدنبی‌زاده و پورخباز (۱۳۹۲) مطابقت دارد.

علی‌رغم این‌که میزان تجمع سرب در عضله ماهی و در آب تالاب چغاخور کم‌تر از استاندارد است ولی با افزایش میزان مصرف کودها و سموم شیمیایی احتمال دارد به‌تدریج میزان آلودگی افزایش یافته و به درجه خطر برسد. وجود فعالیت‌های کشاورزی گسترده در حاشیه تالاب، از عوامل ورود پساب ناشی از کودها و سموم کشاورزی است که حیات آبزیان را تحت تاثیر قرار داده است. به‌عنوان مثال، کودهای فسفره حاوی کادمیوم و برخی فلزات سنگین دیگر نظیر نیکل، سرب و جیوه است. سرب نقش مهمی را در مسمومیت انسان و آبزیان ایفا کرده و به‌صورت ترکیب با آنزیم‌ها و پروتئین‌های حامل، وارد یاخته‌ها شده و اثر مخرب خود را بر فعالیت سلول اعمال می‌نماید (رئیسی و همکاران، ۱۳۸۸). در سالیان اخیر به‌دنبال تغییرات بنیادی در میزان مجاز فلزات سنگین در محیط زیست، تقاضا برای کودهای عاری از سرب و کادمیوم و یا با میزان کم این عنصر افزایش یافته است. این عامل همراه با افزایش چند برابری قیمت کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر می‌تواند نویدی برای کاهش استفاده بی‌رویه از آن‌ها در آینده باشد.

منابع

۱. **امینی‌رنجبر، غ. و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸۴.** تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۸.

۲. **امینی، ح.، ۱۳۸۱.** راهنمای جهانگردی استان چهارمحال و بختیاری. سازمان ایرانگردی و جهانگردی. صفحات ۱۲ تا ۱۳.

۳. **پاکزاد، م.؛ چمنی، ع. و بسالت‌پور، ع.، ۱۳۹۶.** میزان تأثیرگذاری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب و ویژگی‌های ریخت‌شناسی بر میزان تجمع کادمیوم در کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی پروری دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر. سال ۱۱، شماره ۱، صفحات ۷۱ تا ۸۲.

۴. **خانجانی، م. و ابراهیمی، ع.، ۱۳۸۷.** نقش پساب‌های کشاورزی بر میزان آلودگی آب تالاب چغاخور در استان چهارمحال و بختیاری. اولین همایش ملی تالاب‌های ایران. ۱-۱۴ اسفند ۱۳۸۷. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸ صفحه.

۵. **خیرور، ن.؛ داداللهی‌سهراب، ع. و ثقیلی، م.، ۱۳۸۹.** غلظت فلزات سنگین نیکل، کادمیوم، سرب و مس در جلبک‌ها و رسوبات مناطق ساحلی استان هرمزگان (بندرعباس و بندر لنگه). مجله شیلات ایران. سال ۲۰، شماره ۱، صفحات ۳۱ تا ۴۲.

۶. **داداللهی، س.؛ نبوی، م. و خیرو، ر.ن.، ۱۳۸۷.** ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروند رود. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۷، شماره ۴، صفحات ۲۴ تا ۳۴.

۷. **رئیسی، م.؛ انصاری، م. و رحیمی، ا.، ۱۳۸۸.** تعیین میزان سرب و کادمیم در گوشت چهار گونه از کپورماهیان رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری و بررسی رابطه آن با سن و گونه ماهی. پژوهش‌های مجله علوم و فنون دریایی. شماره ۳، صفحات ۳۸ تا ۴۷.

۸. **صمدی، م.؛ ساقی، م.؛ رحمانی، ع. و ترابزاده، ح.، ۱۳۸۸.** پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه دره مراد بیک همدان براساس شاخص NSFWQI و بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان. دوره ۱۶، شماره ۳، صفحات ۳۸ تا ۴۳.

۹. **طهمورث‌پور، ا.؛ نصرآزادانی، ا. و هودجی، م.، ۱۳۸۸.** تعیین آستانه تحمل باکتری‌ها به سرب، روی و کادمیوم در سه نوع فاضلاب صنعتی. محیط‌شناسی. سال ۳۶، شمارهٔ ۵۶، صفحات ۷۵ تا ۸۶.

۱۰. **کریمی، م. و هاشم‌نیا، ن.، ۱۳۸۷.** بررسی اثرات آلودگی آب از دیدگاه زمین پزشکی و زیست‌محیطی. چهارمین همایش زمین‌شناسی و محیط زیست.

۱۱. **کوسج ، ن.؛ رحمانی، ع.؛ کامرانی، ا.؛ و طاهری‌زاده، م.ح. و علینیا، م.، ۱۳۹۲.** بررسی میزان ارتباط طول بدن با میزان تجمع سرب در ماهی گلخورک والتونی (*Periophthalmus waltoni*) در شمال خلیج فارس. اقیانوس‌شناسی. سال ۴، شماره ۱۵، صفحات ۱ تا ۹.

۱۲. **محمدنبی‌زاده، س. و پورخباز، ع.،۱۳۹۲.** بررسی تجمع فلزات سنگین کادمیوم و نیکل در بافت‌های ماهی زمین‌کن (*Platycephalus indicus*) در تالاب حرا. علوم و مهندسی محیط زیست. سال ۱، شماره ۱، صفحات ۱۱ تا ۱۸.

۱۳. **محوری‌حبیب‌آبادی، ع.، ۱۳۷۷.** اندازه‌گیری و مقایسه فلزات سنگین در بافت‌های ماهی شوریده. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه شهید چمران. دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی.

۱۴. **میرسنجری، م.، ۱۳۸۰.** بررسی اثرات آلودگی فلزات سنگین (جیوه و سرب) بر روی آبزیان دریای مازندران. چهارمین همایش کشوری بهداشت محیط. دانشگاه علوم. پزشکی یزد. صفحات۷۳۶ تا ۷۴۵.

۱۵. **ناصری، م.، ۱۳۸۴.** سنجش میزان عناصر سنگین آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز سواحل بوشهر. سمینار کارشناسی ارشد شیلات. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور. دانشگاه تربیت مدرس.

۱۶. **نبوی، م.، ۱۳۸۵.** بررسی تجمع فلزات سنگین (V,Pb,Ni,Hg,Cd) در دو گونه از کفشک ماهیان بندرعباس و بندرلنگه. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز. صفحات ۷۳ تا ۷۶.

۱۷. **Abdi, K., 2010.** Text book of Health and diseases of Cyprinid fishes. First published. Publisher artoveah vageah. Tehran, Iran (in persian).

۱۸. **Agah, H.; Leermakers, M.; Elskens, M.; Fatemi, S.M.R. and Baeyens, W., 2009.** Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 157, pp: 499-514.

۱۹. **Al-Yousuf, M.H.; El-Shahawi, M.S. and Al-Ghais, S.M., 2000.** "Trace metals in liver, skin and muscle of (*lethrinus lentjan*) fish species. Relation to Body length and Sex. Sci. Total Environ. Vol. 256, pp: 87-94.

۲۰. **AOAC. 1980.** Official methods of analysis, Association of official analytical chemists, INC., Arlington, Virginia, USA.

۲۱. **Atobatele, O. and Olutona, G., 2015.** Distribution of three non-essential trace metals (Cadmium, Mercury and Lead) in the organs of fish from Aiba Reservoir, Iwo, Nigeria. Toxicology Reports. Vol. 2, pp: 896-903.

۲۲. **Ayse, Y., 2003.** Comparison of heavy metal level of grey Mullet (*Mugil cephalus* L) and Sea Bream (*Sparusaurata* L.) caught in Iskenderun Bay. The science of the Environment. Vol. 25, No. 2, pp: 115-148.

۲۳. **Canil, M. and Atli, G., 2003.** The Relationships Between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Levels and The Size of Six Mediterranean Fish Species. Environmental Pollution. Vol. 121, pp: 129-136.

۲۴. **Chehregani, A.; Noori, M. and LariYazdi, H., 2009.** Phytoremediation of heavy metal polluted soils: Screening for new accumulator plants in Angouran mine (Iran) and evaluation of removal ability. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 72, pp: 1349-1353.

۲۵. **Demirak, A.; Yilmaz, F.; Tuna, AL. and Ozdemir, N., 2006.** Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere. Vol. 63, pp: 1451-1458.

۲۶. **Ekpo, K.E.; Asia, I.O.; Amayo K.O. and Jegede D.A., 2008.** Determination of lead, cadmium and mercury in surrounding water and organs of some species of fish from Ikpobariver in Benin City, Nigeria. International Journal of Physical Science. Vol. 3, No.11, pp: 289-292.

۲۷. **Elder, J.F. and Collins, J.J., 1991.** Freshwater mollusks as indicators of bioavailability and toxicity of metals in surface systems. Bull Environm Contam Toxicol. Vol. 122, pp: 37-39.

۲۸. **FAO. 2009.** Fishery Statistics Yearbook. Catches and Landings. FAO. Rome. Vol. 74, No. 63, pp: 1759-1764.

۲۹. **Farkas, A.; Salanki, J. and Specziar, A., 2003.** Age and size specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. Populating a Low-contaminated site. Water Research. Vol. 37, pp: 959-964.

۳۰. **Filazi, A.; Baskaya, R. and Kum, C., 2003.** Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* form Sinop-Icliman, Turkey. Human and Experimental Toxicology. www. Hetjournal.com. Vol. 22, pp: 85-87.

۳۱. **Gaspic, Z.K.; Zvonaric, T.; Vrgoc, N.; Odzak, N. and Baric, A., 2002.** Cadmium and Lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adratic sea. Water Research. 3d, pp: 5023-5028.

۳۲. **Gungordu, A. and Ozmen, M., 2011.** Assessment of seasonal and sex-related variability of biomarkers in carp (Cyprinus carpio L). from Karakaya Dam Lake Turkey. Environ Toxicol Pharmacol. Vol. 31, No. 3, pp: 347-356.

۳۳. **Patrick, L., 2006.** Lead toxicity, a review of the literature. part 1: Exposure. evaluation, and treatment. Altern Med Rev. Vol. 11, pp: 2-22.

۳۴. **Pazooki, J.; Ghaffar Haddadi, F. and Abtahi, B.A., 2012.** Comparison of heavy metal concentrations in skin and muscle tissues of wild and cultured carp (*Cyprinus carpio*) in the southeastern Caspian Sea area of Iran. Environmental Sciences. Vol. 9, No. 1, pp: 51-58.

۳۵. **Pourang, N.; Dennis, J.H. and Ghoorchian, H., 2004.** Tissue distributions on the roles of metallothionin, Ecotoxicology. Vol. 13, pp: 519-533.

۳۶. **Roy, D.; Ghosh, D. and Kumar Mandal, D., 2013.** Cadmium induced histopathology in the olfactory epithelium of a Snakehead fish, Channa punctatus (Bloch). International Journal of Aquatic Biology. Vol. 1, No. 5, pp: 221-227.

۳۷. **Schön, E.; Bogut.; Vuković, R.; Galović, D. and Bogut, A., 2015.** Janja Horvatić Distribution and age-related bioaccumulation of lead (Pb), mercury (Hg), cadmium (Cd), and arsenic (As) in tissues of common carp (*Cyprinus carpio*) and European catfish (*Sylurus glanis*) from the Buško Blato reservoir (Bosnia and Herzegovina). Journal article Chemosphere. Vol. 135, pp: 289-296.

۳۸. **Simeonov, V.; Stratis, J.A.; Samara, C.; Zachariadis, G.; Voutsa, D.; Anthemidis, A.; Sofoniou, M. and Kouimtzis, T.H., 2003.** Assessment of the surface water quality in Northern Greece, Water Research. Vol. 37, pp: 4119-4124.

۳۹. **Team RC, R., 2014.** A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.