فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۴۸، بهار ۹۸

سنجش غلظت فلز سنگین سرب در آب و بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) رودخانه پلنگ‌رود گیلان

مجتبی عظیمی اسک شهر[۱]

مریم شاپوری [۲*]

m_shapoori@iausk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۳**

چکیده

آلودگی سرب به علت اثرات سمی، از بزرگ‌ترین مشکلات منابع طبیعی و محیط زیستی است. تحقیق حاضر در زمستان ۱۳۹۱ تا تابستان ۱۳۹۲ به منظور ارزیابی میزان آلودگی فلز سنگین سرب در آب و بافت‌های (کبد، آبشش و ماهیچه) سیاه ماهی *Capoeta capoeta gracilis* رودخانه پلنگ‌رود در منطقه اباتر شهرستان صومعه‌سرا در استان گیلان صورت گرفته است.

نمونه های آب و ماهی در ۳ ایستگاه مشخص جمع‌آوری شد. برای نمونه برداری از آب رودخانه از دستگاه واترسمپلر (water sampler) و برای صید ماهیان از تور ماشک استفاده شد. پس از انجام آزمایش بر روی نمونه‌ها با کمک نرم افزار اکسل مورد بررسی آماری قرار گرفت و برای بررسی همبستگی از آزمون رگرسیون استفاده شد.

غلظت سرب در بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه به ترتیب ۵۰/۷ mg/kg، ۳۴/۲ mg/kg و ۲۴/۳ mg/kg است و طبق داده‌ها غلظت سرب بالاتر از استانداردهای WHO، FAO، USFDA و NHMRC است.

نتایج حاصل، بیان‌گر بالاتر بودن حد مجاز عنصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌ها در مقایسه با استانداردهای مورد بحث است و منطقه از لحاظ فلز سنگین سرب بسیار آلوده می‌باشد.

کلمات کلیدی: آلودگی فلزات سنگین، سرب، سیاه ماهی، بافت، استاندارد.

۱- کارشناس ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، گروه منابع طبیعی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- استادیار گروه منابع طبیعی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران.

Human & Environment., No. 48, Spring 2019

Determination of heavy metal (Lead) concentration in water, gill, liver and muscles tissues of *Capoeta capoeta* in Palangrood River of Glian

Mojtaba Azimi Ask Shahr [1]
Maryam Shapoori [2]**(Corresponding Author)*
m_shapoori@iausk.ac.ir

Abstract

Lead pollution due to toxic effects is one of the biggest problems of natural resources and environment. The current research have been done in winter 2012 till summer 2012, in order to measure the rate of pollution in the heavy metal, lead, in the water and the tissues of Lenkoran (*Capoeta capoeta gracilis*) fish (liver, gills and muscles) in Palangrood river, located in Abatar city of Somesara, Gilan province.

Water and fish samples have been collected from three specific stations. Water sampler and net vetch were used respectively for taking samples from water of the river and catching fish. After carrying out tests on the samples, we analyzed them statistically by excel software; also regression test was used for the study of cohesion.

The density of lead in gills, liver and muscles are respectively 50.7 mg/kg, 34.2 mg/kg and 24.3 mg/kg; according to data, lead density is higher than WHO, FAO, USFDA and NHMRC standards.

The results are showed that rates of the measured element in the samples higher than limitations of discussed standards and the region is densely polluted with the lead heavy metal.

Key Words: Heavy metal Pollution, Lead, *Capoeta capoeta*, Tissues, Standard.

1- MSc in Aquaculture, Depatment of Natrual Resources, Savadkooh Branch, Islamic Azad Univesity, Savadkooh, Iran *(Corresponding Author).
2- Assistant Professor, Depatment of Natrual Resources, Savadkooh Branch, Islamic Azad Univesity, Savadkooh, Iran.

مقدمه

آلودگی محیط زیست ناشی از فلزات سنگین در اثر توسعه‌ی شهرنشینی و صنایع، که منجر به افزایش کمیت و کیفیت فاضلاب و پساب تولید شده است، به طور فزاینده‌ای درحال رشد است. هم اکنون پیدایش مسمومیت‌های شدید در انسانها و حیوانات مصرف‌کننده آب و محصولات کشاورزی، به‌صورت یکی از مباحث مهم دنیا در آمده است (۱).

عناصر سنگین به عنوان یکی از اجزای پوسته زمین می‌باشند. فلزات سنگین گروهی از عناصر با وزن اتمی ۵۹/۲۰۰ ـ ۶۳/۵۴۶ که وزن مخصوص آن‌ها بیش‌تر از ۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد، به وسیله‌ی عوامل طبیعی و یا توسط انسان به محیط‌زیست راه یافته و از این طریق داخل بیوسفر و زنجیره غذایی می‌گردند (۲). فلزات سنگین به طور طبیعی در پوسته قشرزمین وجود دارند و همچنین این فلزات جزء عوامل متشکله آب‌دریاها هستند و مقدار فراوانی آن به صورت طبیعی از راه‌های متفاوت مانند فرسایش سنگ‌های معادن، باد، ذرات غبار، فعالیت‌های آتشفشانی، رودخانه‌ها و آب‌های زیر زمینی وارد دریاها می‌گردند. ولی آن‌چه مساله‌ساز است افزایش این فلزات در برخی مناطق به خاطر فعالیت‌های صنعتی انسان‌ها مانند افزایش پساب‌ها و ضایعات صنعتی کارخانجات، آلودگی-های نفتی، سموم دفع آفات است. این آلاینده‌ها از یک طرف منجر به کاهش اکسیژن محلول آب شده و از طرف دیگر در صورت سمی بودن، اثرات مضری بر روی ماهیان دارد و باعث تلف شدن آن‌ها می‌گردند (۳). جذب فلزات سنگین به طور عمده از سطح اندام‌های بدن ماهیان (سطح مورد تماس با محیط اطراف) رخ می‌دهد. این مسیرها شامل آبشش، پوست، باله‌ها و روده است که در میان آن‌ها سهم آبشش بیش از مسیرهای دیگر است و سلول‌های کلراید در این اندام دارای نقش اساسی هستند (۳). آلودگی آب با فلزات سنگین، منجر به مسمومیت خونی ماهیان و به دنبال آن، تلفات مستقیم و یا مسمومیت مزمن و تغییرات ظریف در فیزیولوژی ماهیان می‌شود که نتیجه‌ی آن عدم توانایی جانور برای ادامه‌ی حیات خواهد بود. مسمومیت مزمن بعضی فلزات در ماهیان سبب کاهش توانایی تولید مثل، تغییر شکل بدن، ناتوانی فرار از هجوم دشمنان و افزایش حساسیت به عفونت‌ها می‌شود. فلزات سنگین بسته به کمیت و کیفیت سبب تغییر در عملکرد طبیعی سیستم تنفسی و شنا، سیستم عصبی، گردش خون، تولید مثل و اختلالات بافتی آبزیان می‌گردند (۴). از آنجایی که سیاه ماهی گونه بومی ایران بوده و از لحاظ حفظ ذخایر ژنتیکی حایز اهمیت می باشد، همچنین تحقیقات اندکی در ارتباط با میزان فلزات سنگین در این ماهی در رودخانه پلنگ رود صورت گرفته لذا اهمیت این بررسی به منظور تعیین میزان فلزات سنگین در بافت‌های ماهی ضروری است.

روش بررسی

برای تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری ابتدا رودخانه پلنگ‌رود از نزدیک مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به قابل دسترس بودن رودخانه و منبع آلودگی ۳ ایستگاه در ۸ کیلومتر از طول رودخانه در حدفاصل عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۱/۹۲ دقیقه شمالی تا ۳۷ درجه و ۲۲/۶۳ دقیقه شمال و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۵/۸۳ دقیقه شرقی تا ۴۹ درجه و ۱۶/۷۰ دقیقه شرقی انتخاب شد. بستر رودخانه در تمام ایستگاه‌ها گلی ماسه‌ای است (جدول ۱).

جدول ۱- محل انتخاب ایستگاه‌ها

نام ایستگاه	معیار انتخاب
پل جاده	فعالیت‌های توریستی و گردشگری
پل شهرک	منطقه مسکونی و محل خروج فاضلاب شهری
پل قدیمی	محل تخلیه زباله منطقه مسکونی

۳۶ نمونه (ماهی و آب) در مجموع از ایستگاه‌های مشخص شده برداشت شد. نمونه‌های آب درون ظروف درب‌دار ریخته و نمونه‌های ماهی پس از انجماد بوسیله یخ خشک و قرار دادن در

ظرف یونولیتی برای حفظ دما بـه آزمایشـگاه انتقـال داده شـد. پس از انتقال مـاهی بـه آزمایشـگاه اقـدام بـه تشـریح مـاهی و جداسازی بافت‌های مورد نظر شد. اندام‌های مـوردنظر آبشـش، کبد و ماهیچه جداسازی شده و در ظرف استریل قرار داده شد. اندام‌ها بعد از گـرفتن در آون و خشـک شـدن بـه روش هضـم اسیدفولیک هضم گردید. اندازه‌گیری فلـزات مـذکور در عصـاره حاصل از روش هضم به طریـق سـوزاندن خشـک و اسـتفاده از HCL انجام گرفت. میزان جذب سرب به ترتیب با طـول مـوج ۲۸۹/۵ نـانومتر انـدازه‌گیـری شـد و غلظـت عنصـر در نمونـه با استفاده از سیستم قرائت غلظت دستگاه بدست آمد (۵).

مقدار عناصر فلزات سنگین در نمونه خشـک مـاهی بـر حسـب میلی‌گرم در کیلوگرم به طریق فرمول ۱ حساب می‌شود:

$$(100 \div D.M) \times (V \div W) \times (a-b) \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، a : غلظت عنصر در نمونه بر حسـب ppm، b: غلظت عنصر در شاهد بر حسب ppm، V: حجم عصاره حاصل از هضم بر حسب میلی‌لیتـر، W: وزن نمونـه بـر حسـب گـرم، D.M: درصد ماده خشک می‌باشند.

انجام آنالیز نمونه از دستگاه جـذب اتمـی مـارک ترمـوالکترون (Thermo Electron) ساخت کشور آمریکا اسـتفاده شـد.

همچنین به منظور بررسی شرایط رودخانه پـارامتر دمـا و pH نیز اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده از بافت آبشش، ماهیچه و کبد نمونـه‌هـای ماهیـان بـا کمـک نـرم افـزار اکسـل ۲۰۱۳ مورد بررسی آماری قرار گرفتند و بـرای بررسـی همبسـتگی از آزمون رگرسیون استفاده شد.

یافته‌ها

با توجه به اندازه گیری دمای آب و pH، گرم‌ترین دمای آب در تیر ماه با میانگین دمـای ۲۶ درجـه سـانتی گـراد و سـردترین دمای آب در ماه‌هـای بهمـن و اسـفند بـا میـانگین دمـای ۱۹ درجه سانتی گراد ثبت گردید، همچنین کم‌ترین pH در بهمن با میانگین ۶/۴ و بیش‌ترین در تیـر مـاه بـا میـانگین ۷/۸ ثبـت گردید.

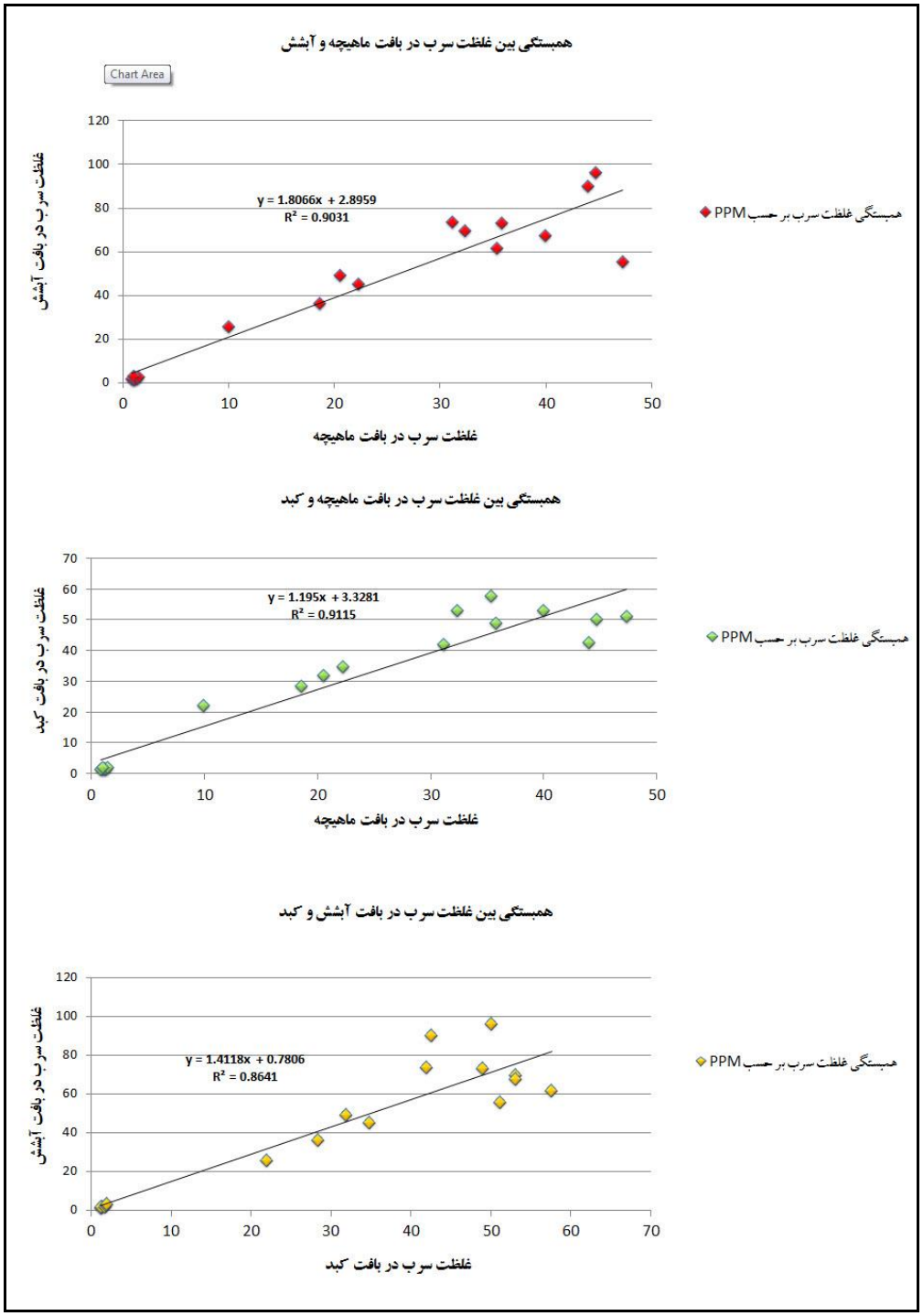
این بررسی به منظـور سـنجش غلظـت فلـز سـنگین سـرب در ایستگاه‌های مختلف در آب و اندام‌های سیاه ماهی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس داده‌های به دست آمـده، بـالاترین میـزان آلودگی آب به فلز سـرب در منطقـه پـل قـدیمی ppm۴۰/۵۸ بوده است (جدول ۲). همچنـین براسـاس نمودارهـای موجـود میانگین حداکثر فلز سرب درنیم گرم بافت آبشش ppm ۵۰/۷ در ایستگاه پل شـهرک و میـانگین حـداقل آن ppm ۲۶/۵ در ایستگاه پـل قـدیمی مشـاهده شـد. میـانگین حـداکثر غلظـت فلز سرب در یک گرم بافـت ماهیچـه ppm ۲۸/۳ در ایسـتگاه پل قدیمی و میانگین حداقل آن ppm ۱۲/۳ در ایستگاه جاده انزلی مشاهده شد. همچنین میانگین حداکثر غلظت فلز سـرب در نیم گرم بافت کبـد ppm ۳۴/۴ در ایسـتگاه پـل شـهرک و میانگین حداقل آن ppm ۲۰/۱ در ایستگاه جاده انزلی گزارش شد (شکل ۱).

جدول ۲- غلظت فلز سرب در آب بر حسب ppm در ایستگاه‌های مختلف رودخانه پلنگ‌رود (منطقه اباتر)

ماه‌های نمونه برداری	ایستگاه جاده انزلی	ایستگاه پل شهرک	ایستگاه پل قدیمی
بهمن	۱/۹۵	۱/۹۳	۲
اسفند	۲/۱۳	۲/۱	۲/۱۷
فروردین	۴۹/۰۶	۴۰/۳	۴۲
اردیبهشت	۵۲	۵۶/۳	۵۲/۲
خرداد	۵۸/۴	۷۰/۱۲	۷۳/۳
تیر	۵۳/۷	۶۷/۰۲	۷۱/۸۵
میانگین	۳۶/۲	۳۹/۶	۴۰/۵۸

شکل۱- مقایسه غلظت فلز سرب در اندام‌های مورد بررسی در ایستگاه‌های مختلف رودخانه پلنگ‌رود (منطقه اباتر)

به منظور مقایسه تفاوت غلظت فلز سرب در نمونه‌های بافت-های ماهی *Capoeta capoeta gracilis* در ایستگاه‌های مختلف از آزمون رگرسیون استفاده شد، نتایج نشان داد همبستگی زیادی بین غلظت سرب در بافت ماهیچه و آبشش وجود دارد $R^2=$ ۰/۹۰۳۱ ، همچنین غلظت سرب در بافت‌های ماهیچه و کبد دارای همبستگی بالایی می‌باشد $R^2=$ ۰/۹۱۱۵ و نیز غلظت سرب در بافت‌های آبشش و کبد نیز دارای همبستگی زیادی می‌باشد R^2=۰/۸۶۴۱ (شکل ۲). با توجه به نمودارها می‌توان گفت غلظت فلز سرب در سه بافت دارای همبستگی زیادی است، یعنی با افزایش غلظت فلز سرب در هریک از بافت‌ها ، غلظت این فلز در بافت‌های دیگر نیز به همان میزان افزایش یافته است.



شکل ۲- نمودار همبستگی غلظت سرب بر حسب ppm در بافت‌های مختلف ماهی *Capoeta capoeta gracilis*، ایستگاه‌های مختلف در رودخانه پلنگ‌رود

بحث و نتیجه‌گیری

آلودگی به فلزات سنگین در آبزیان توسط محققین زیادی گزارش شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل و ارزیابی غلظت سرب در این تحقیق نشان داد غلظت سرب در تمام نمونه‌های آب و بافت بیش‌تر از استانداردهای جهانی

سازمان بهداشتی جهانی (WHO)[1]، سازمان خوار بار جهانی (FAO)[2]، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC)[3] و مدیریت غذا و داروی آمریکا (US FDA)[4] می‌باشد. حد مجاز فلز سنگین سرب بر اساس استاندارد جهانی WHO برابر با ۰/۵، FAO برابر با ۱، US FDA برابر با ۱/۷ و NHMRC برابر با ۱/۵ می‌باشد (۲ و ۳). صنعتی شدن دنیا به طرز چشم‌گیری تخلیه پساب‌های حاوی فلزات سنگین را در منابع آبی و جانوران آبزی افزایش داده و به نقطه‌ای رسیده که سلامت جوامع را در معرض بیماری قرار داده است. امروزه فلزات سنگین در آب شرب، هوا و خاک در اثر استفاده فزاینده انسان از اجزاء و ترکیبات آنها به وفور یافت می‌شود. حدود ۲۰ سم فلزی سنگین مختلف هستند که می‌توانند بر روی سلامتی انسان اثر گذاشته و هر سمی می‌تواند تغییرات مادرزادی، فیزیولوژیک و رفتاری در هر فردی که در معرض آن قرار گرفته است، ایجاد نماید (۴).

غلظت فلزات سنگین در ماهیان ساکن (غیر مهاجر) شاخص مناسبی جهت بررسی اکوسیستم‌های آبی می باشد که تحت‌تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرند (۶). فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند. این نکته، علت تجمع بیشتر فلزات در بافت‌هایی نظیر کبد، کلیه و آبشش را در مقایسه با بافت ماهیچه (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می‌نمایند (۷). بافت آبشش شاخص خوبی از لحاظ در معرض قرار گرفتن طولانی مدت با فلزات سنگین محسوب می‌گردد به دلیل آن‌که این بافت جایگاه متابولیسم فلزات هستند می‌تواند نشان‌گر خوبی برای آلودگی توسط فلزات سنگین باشد. ماهیچه ماهی از مهم‌ترین بافت‌های ماهی است که مورد بررسی قرار می‌گیرد زیرا که این بخش خوراکی بوده و سلامت انسان را تحت‌تاثیرخود قرار می‌دهد (۷).

سرب از فلزات بسیار سمی است که هیچ‌گونه عملکرد زیستی در بدن موجودات زنده اعم از آبزیان و انسان ندارد، اولین نشانه مسمومیت با سرب عبارت است: علایم عصبی، افزایش ناهنجاری عصبی در کودکان و افزایش فشار خون در بزرگسالان. عوارض مربوط به جنین خصوصاً در زمان رشد و توسعه دستگاه عصبی جنین بسیار با اهمیت است. سرب جذب شده در بدن انسان، وارد خون شده و در بافت های نرم و استخوان توزیع می‌گردد. پس از در معرض قرار گیری طولانی با سرب، مقدار آن در خون و بافت های نرم به حد توازن می رسد، در حالی که استخوان‌ها می‌توانند سرب را بر حسب واحد زمان در خود ذخیره کنند (۵). در تحقیقی که Jezierska و همکارانش در سال ۲۰۰۱ انجام داده‌اند نتایج حاصل از آنالیز فلزات سنگین نشان داد که بالاترین میزان غلظت کادمیوم، سرب، روی و آهن در بافت آبشش و پایین‌ترین میزان غلظت آن‌ها در بافت ماهیچه ۵ گونه، Ruff، Perch، Bream، Roach، Pike با نیازهای غذایی مختلف وجود دارد. بافت آبشش دارای فعالیت متابولیک بالاتری نسبت به بافت‌های دیگر می‌باشد و این احتمال می‌تواند دلیلی بر میزان تجمع بالای فلزات در این بافت باشد. همچنین نباید از نظر دور داشت که بافت آبشش در تماس مستقیم با محیط آبی قرار دارد و این‌نکته می‌تواند دلیلی دیگر بر تجمع بیشتر فلزات در این بافت باشد. آبشش‌ها مکان جذب یون‌های فلزی موجود در آب توسط سلول‌های کلراید با اتصال به محل‌های فعال پمپ‌های کلسیم، به صورت انتشار (غیرفعال) هستند. جایی‌که غلظت فلزات به‌ویژه در ابتدای قرار گرفتن موجود در معرض آن‌ها، یعنی قبل از این‌که فلز به دیگر قسمت‌های بدن موجود وارد گردد در این قسمت دیده می‌شود که نتایج بدست آمده با مطالعات حاضر تشابه دارد (۸).

در مطالعه ای که بر روی سیاه ماهی در قنات های بخش مرکزی بیرجند انجام گرفته شد، نتایج حاصله بیش‌ترین میزان فلز سنگین روی و کادمیوم در اندام‌های کبد و آبشش بدست آمده است (۹). در مطالعه دیگری تجمع فلز سنگین

1- World Health Organization
2- Food and Agriculture Organization
3- National Health and Medical Research Council
4- US Food and Drug Administration

کادمیم در بافت ماهیچه و کبد سیاه ماهی در رودخانه تجن مورد بررسی قرار گرفته شد. نتایج بدست آمده با استاندارد جهانی نظیر سازمان بهداشت جهانی، نشان داد که غلظت عنصر کادمیم در بافت کبد و عنصر کادمیم در ماهیچه گونه ماهی مورد بررسی بالاتر از حد استاندارد می باشد که با نتایج حاصله در این تحقیق مشابه است (۱۰).

در نتایج حاصل از تحقیق خسروی و همکاران بر روی میزان فلزات سنگین رسوبات تالاب انزلی در سال ۱۳۹۰ نشان داده شد، که منطقه شرقی تالاب دارای آلودگی به فلز سرب است و میزان بدست آمده ppm ۳/۶۴۶ است که از استاندارد های WHO و NHMRC بالاتر است و علت آلودگی فعالیت های صنعتی اطراف تالاب می باشد که با نتایج تحقیق حاضر تشابه دارد (۱۱).

همچنین در تحقیق عسکری ساری و همکارانش در سال ۱۳۹۱ میزان غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در عضلات ماهی شوریده پایین تر از استاندارد های WHOو NHMRC گزارش شده است. میزان سرب در این گزارش mg/kg ۰/۶۶۹ می باشد که با تحقیق حاضر متفاوت است (۱۲).

در مطالعه دیگری فرهادی و یاری در سال ۱۳۹۲ به مقایسه میزان تجمع مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم، آهن، روی، نیکل و مس در بافت‌های آبشش و عضلات سیاه ماهی فلس ریز پرداخته شد. غلظت سرب در بافت آبشش mg/kg ۶۷/۶ و بافت ماهیچه mg/kg ۱/۲ می باشد. نتایج حاصله با میزان غلظت سرب بدست آمده در این مطالعه یکسان بوده و در مقایسه با استانداردهای جهانی WHO، FAO و NHMRC اختلاف بالایی داشته است (۱).

در سال ۲۰۱۲ Khoshnood و همکاران تحقیقی بر روی میزان سرب و کادمیوم در بافت‌های ماهیچه و کبد ماهیان اقتصادی خلیج فارس انجام دادند که نتایج حاصل نشان داد، مقدار سرب در مقایسه با استاندردهای WHO و NHMRC بسیار پایین تر و در کبد و ماهیچه به ترتیب، به میزانmg/kg ۰/۰۹۹۵ و ۰/۰۳۹۶ است و هیچ‌گونه خطری برای مصرف انسان ندارد (۱۳).

در مطالعه ای دیگری که بر روی ماهی باربوس و سیاه ماهی در رودخانه حله انجام گرفت میزان فلزات سنگین کادمیوم، آرسنیک، جیوه و سرب مورد بررسی و سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد میزان فلزات سنگین آرسنیک، سرب و کادمیوم در ماهیچه ماهیان مورد بررسی تفاوت معنی داری را داشته است (۱۴).

در سال ۱۳۹۵ مطالعه ای که بر روی سیاه ماهی در رودخانه سرداب رود استان مازندران صورت گرفت نشان داده شد، غلظت کادمیوم در کبد برخی نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد می‌باشد که با توجه به این‌که کبد عضو خوراکی ماهی نیست لذا مصرف این ماهی ریسک سلامتی برای انسان ایجاد نخواهد کرد (۱۵).

جدول ۳- مقایسه مقدار سرب اندازه گیری شده در ایستگاه‌ها با استانداردهای جهانی

استانداردها	مقدار مجاز	منبع	مقدار اندازه‌گیری شده	ایستگاه‌ها
WHO	۰/۵	۲	۳۶/۲	جاده انزلی
FAO	۱	۲	۳۹/۶	پل شهرک
US FDA	۱/۷	۳	۴۰/۵۸	پل قدیمی

با توجه به نتایج حاصل از نمونه‌های رودخانه پلنگ‌رود، الگوی غلظت فلز سرب به این صورت است که بیش‌ترین غلظت مربوط به خرداد ماه در ایستگاه پل قدیمی که محل تخلیه و دفن زباله‌های شهری و کم‌ترین غلظت مربوط به بهمن ماه در ایستگاه پل شهرک که محل ورود فاضلاب شهری به رودخانه است، می‌باشد.

فلز سرب دارای الگوی مشابهی از نظر غلظت در بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه ماهی *Capoeta capoeta gracilis* در مکان‌های نمونه‌برداری است. تخلیه و دفن زباله‌های شهری و صنعتی در بستر رودخانه یکی از منابع عمده وارد کننده فلز سرب به آب و در نهایت بافت ماهی است. نتایج بدست آمده از نمونه‌های ماهی و آب نشان دهنده آلودگی بالای سرب در منطقه است و با توجه به بالا بودن غلظت فلز سرب در مقایسه با استانداردهای جهانی و تجمع در بدن انسان بر اثر استفاده از این منبع و ایجاد سرطان در انسان؛ بنابراین مصرف ماهیان این منطقه برای اهالی منطقه پلنگ‌رود مناسب نمی‌باشد.

منابع

۱. فرهادی، اردوان.، یاوری، وحید. "پایش زیستی فلزات سنگین (Pb, Cd, Fe, Zn, Ni, Cu) توسط بافت‌های مختلف سیاه ماهی فلس ریز (*Capoeta damascina*) در رودخانه سزار استان لرستان"، مجله علمی شیلات، ۱۳۹۲، شماره ۳، صفحات ۱۲۶ – ۱۳۱.

2. Karadede, H., Oymak, S. A., & Ünlü, E. 2004. Heavy metals in mullet, Liza abu, and catfish, Silurus triostegus, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Environment International, Vol. 30, pp. 183-188.

3. Acquavita, A., Predonzani, S., Mattassi, G., Rossin, P., Tamberlich, F., Falomo, J. and Valic, I., 2010. Heavy metal contents and distribution in coastal sediments of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea, Italy). Water, Air, & Soil Pollution, Vol. 211, pp.95-111.

4. Sivaperumal P, Sankar TV, Nair PV. 2007. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. Food Chemistry; Vol. 102, pp. 612-620.

5. Türkmen M, Ciminli C. 2007. Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Food Chemistry; Vol. 103, pp. 670-675.

6. Kalay M, Canli M. 2000. Elimination of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zilli*. Turkish Journal of Zoology; Vol. 24, pp. 429-436.

7. Karadede H, Ünlü E. 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere; Vol. 41, pp.1371-1376.

8. Jezierska, b., & Witeska, M. 2001. Metal toxicity to fish. University of Podlasie. Monografie. pp. 279.

۹. منصوری، برهان.، ابراهیم پور، محمد.، بابایی، هادی. "تعیین میزان برخی فلزات سنگین در بافت های مختلف سیاه ماهی در قنات های بخش مرکزی بیرجند"، نشریه دامپزشکی، ۱۳۸۹، شماره ۴، صفحات ۴۵-۵۲.

۱۰. بناگر، غلامرضا.، رحمانی، حسین.، گل محمدی، سمانه.، مقدس، داریوش." مقایسه تجمع فلز سنگین کادمیم در بافت عضله و کبد سیاه ماهی *Capoeta*

capoeta در رودخانه تجن استان مازندران"، مجله آبزیان شیلات، شماره ۴، صفحات ۲۱-۲۹.

۱۱. خسروی، معصومه.، بهرامی فر، نادر.، قاسمپوری، محمود. "بررسی آلودگی فلزات سنگین (Hg، Pb، Cu،Cd) در رسوب سه بخش تالاب انزلی"، مجله سلامت و محیط زیست، ۱۳۹۰، شماره ۲، صفحات ۲۲۳ – ۲۳۲.

۱۲. عسکری ساری، ابوالفضل.، جواهری، مهران.، محجوب، ثمین.، ولایت زاده، محمد. "میزان فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در ماهیچه ماهی شوریده در بنادر صیادی آبادان و بندر عباس"، مجله علمی شیلات، ۱۳۹۱، شماره ۳، صفحات ۹۹ – ۱۰۶.

13. Khoshnood, Z., Khoshnood, R., Mokhlesi, A., Ehsanpour, M., & Afkhami, M. 2012. Determination of Cd Pb, Hg, Cu, Fe, Mn, Al, As, Ni and Zn in important commercial fish species in northern of Persian Gulf. Journal of Cell and Animal Biology, Vol. 6, pp.1-9.

14. Roomiani, L., Mashayekhi, F. and Ghaeni, M., 2016. Determination and Comparison of Heavy Metals (Hg, Cd, Pb and As) of Barbusgrypus and Capoetacapoeta in Heleh River from Iran. International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 7, pp.693.

۱۵. ملازاده، نسترن.، میر سجادی، میثم. "فلزات سنگین در کبد و عضله سیاه‌ماهی (*Capoeta capoeta*) رودخانه سرداب‌رود استان مازندران و تأثیر آن بر سلامت انسان"، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۱۳۹۵، شماره ۳. صفحات ۲۷-۳۴.