

مقایسه میزان فلزات سنگین (Hg و Zn، Cu، Pb، Cd) در آب، رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای آنودونت تالاب انزلی (*Anodonta cygnea*) در دو فصل پاییز و بهار (۱۳۸۳-۱۳۸۴)

• آریا اشجع اردلان، عضو هیأت علمی، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی تهران

• ژاله خوش‌خو، دانشجوی دکترای شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی

• محمد ربانی، عضو هیأت علمی دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی تهران

• سهراب معینی، عضو هیأت علمی گروه علوم و صنایع غذایی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۱۳۸۴

Email: a_ashjaardalan@yahoo.com

چکیده

تالاب انزلی یکی از بوم‌سازگان‌های مهم آبی ایران است که در جنوب غربی دریای خزر قرار دارد. این تالاب زیستگاه ماهیان و آبزیان با ارزشی است که نقش بسیار مهمی را در چرخه زیستی این تالاب دارند. از آنجائیکه دوکفه‌ای‌ها شاخص‌های زیستی محسوب می‌گردند، جهت بررسی میزان فلزات سنگین، دوکفه‌ای *Anodonta cygnea* که یکی از دوکفه‌ای‌های موجود در تالاب انزلی می‌باشد مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق از منطقه سلکه تالاب انزلی که در یافت کننده آب حوضه آبریز بخش جنوبی تالاب می‌باشد در فصل پاییز سال ۱۳۸۳ تعداد ۳۰ نمونه و در فصل بهار سال ۱۳۸۴ تعداد ۲۰ نمونه صدف به طور تصادفی همراه با نمونه آب و رسوب محل زیست این دوکفه‌ای برداشت گردید. صدف‌ها به طور زنده به آزمایشگاه منتقل و بیومتری گردیدند. ابتدا بخش‌های نرم صدف، نمونه‌های آب و رسوب به روش هضم اسیدی جهت انجام مراحل بعدی آزمایشات آماده سازی شدند و سپس با استفاده از دستگاه جذب اتمی با شعله، میزان غلظت چهار فلز سنگین روی، مس، سرب و کادمیوم در بافت نرم آنودونت (به طور مجزا در جنس نر و ماده)، آب و رسوب در دو فصل پاییز و بهار تعیین و مورد مقایسه قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری عنصر جیوه بعد از آماده سازی نمونه‌های صدف، آب و رسوب به روش هضم اسیدی و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز به سیستم تولید بخار سرد، میزان فلز جیوه اندازه‌گیری گردید. نتایج حاصله نشان دادند که در جنس نر صدف آنودونت میزان غلظت فلز سنگین روی در دو فصل پاییز و بهار به ترتیب ۱۶/۴۰ و ۲۳/۵۰ میکروگرم بر گرم وزن تر و پس از آن عنصر مس در دو فصل پاییز و بهار با مقدار ۰/۵۸ و ۰/۷۷ میکروگرم بر گرم وزن تر بیشترین مقدار را نسبت به دیگر فلزات داشته‌اند. در جنس ماده نیز میزان غلظت فلز روی در دو فصل پاییز و بهار به ترتیب ۷/۹۰ و ۱۵/۳۷ و عنصر مس با غلظت ۰/۸۹ و ۰/۶۹ میکروگرم بر گرم وزن تر بیشترین مقدار را نسبت به سایر فلزات داشته‌اند. میزان تجمع سه فلز سرب، کادمیوم و جیوه در جنس نر و ماده بسیار ناچیز بدست آمد و در اکثر موارد از حد تشخیص کمتر بود. میزان غلظت فلزات سنگین در آب نشان داد که عنصر روی در دو فصل پاییز و بهار به ترتیب با میزان ۰/۱۱ و ۰/۰۰۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد و غلظت فلزات دیگر در اکثر موارد از حد تشخیص دستگاه کمتر بود. میزان تجمع فلزات سنگین در رسوب نشان داد که فلز روی در دو فصل پاییز و بهار به ترتیب با مقدار ۸۲/۵ و ۸۷/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک بیشترین مقدار و جیوه با میزان تجمع ۰/۰۵ و ۰/۰۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک در دو فصل مذکور کمترین مقدار را دارا می‌باشد. میزان تجمع فلزات مس، سرب و کادمیوم در دو فصل پاییز و بهار به ترتیب ۵۶/۳۰ و ۱۵/۰۸، ۵/۸۰ و ۶/۲۱، ۱/۸۵ و ۰/۶۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، آنودونت، *Anodonta cygnea*، تالاب انزلی

Pajouhesh & Sazandegi No 73 pp: 103-113

Comparative study for heavy metal concentration (Zn, Cu, Pb, Cd and Hg) in water, sediments and soft tissue of Anzali lagoon anodont (*Anodonta cygnea*) sampled in two seasons, Autumn and Spring (1383-1384)

By: Ashja Ardalan A., Member of Scientific Board, Faculty of Marine Science and Technology North Tehran Branch, Islamic Azad University.

Zh. Khoshkhoo , Ph.D Student of Sciences and Research Branch, Islamic Azad University .

M. Rabbani, Member of Scientific Board Faculty of Marine Science and Technology North Tehran Branch, Islamic Azad University.

S. Moini., Member of Scientific Board Faculty of Agriculture, Tehran Univ.

Anzali lagoon is one of the most important aquatic ecosystems of Iran located in south-west of the Caspian sea. This lagoon is a habitat for valuable fishes and aquatic animals which have an important role in life cycle of this ecosystem. As bivalves can be considered as bioindicators, *Anodonta cygnea* which is of the present bivalves in this habitat, are selected for investigation about heavy metals. In this study, from Selkeh area, where received waters from south part of the lagoon, 30 and 20 samples were collected randomly in Autumn (2004) and Spring (2005), respectively. Bivalves accompanied by water and sediments were collected as samples. Bivalves were transferred to laboratory alive and biometry was carried out. For analysis, first, soft body, water and sediments according to acidic digestion, were prepared. Then through atomic absorption spectrometer, four heavy metal concentration as zinc, copper, lead and cadmium present in soft body (male and female separately), water and Sediments in Autumn and Spring samples were determined. For mercury measurement, after preparation of bivalve, water and sediment samples by acidic digestion method, through atomic absorption with cold vapor production system, determination was done. Results showed that in male anodont, concentration of zinc in autumn and spring was 16.4 and 23.50 $\mu\text{g/g}$ wet weight, respectively followed by copper in Autumn and Spring with 0.58 and 0.77 $\mu\text{g/g}$ wet weight, respectively, more than the other heavy metals. In female anodont, concentration of zinc in Autumn and Spring was 7.9 and 15.37, respectively and after that concentration of copper with 0.89 and 0.69 $\mu\text{g/g}$ wet weight, respectively were more than the rest of the heavy metals. Concentration of the rest of the heavy metals, lead, cadmium and mercury, were insignificant and in most of the cases the concentration was lower than instrument limits. Presence of heavy metals in water showed that zinc in Autumn and Spring samples has 0.11 and 0.005 mg/l concentration, respectively, and the concentration of the other heavy metals were insignificant and in most of the cases was out of instrument limits. Heavy metal concentration in sediments showed that zinc concentration in Autumn and Spring were 82.5 and 87.5 $\mu\text{g/g}$ dry weight, respectively, have the highest value and mercury with 0.05 and 0.04 in mentioned seasons, respectively have the lowest concentration.

Keywords: Heavy metals, Anodont, *Anodonta cygnea*, Anzali lagoon.**مقدمه**

تالاب انزلی از جمله تالاب‌های ارزشمند جنوب غربی دریای خزر است که به دلیل شرایط خاص اکولوژیک، اقتصادی، اجتماعی و تنوع گونه‌های مختلف گیاهان و جانوران آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. وجود فعالیت‌های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی در نواحی اطراف تالاب انزلی و رودخانه‌های منتهی به آن، باعث گردیده تا میزان زیادی از آلاینده‌های مختلف از جمله عناصر سنگین وارد تالاب گشته و نهایتاً وارد رسوبات بستر و در واقع محل زندگی کفزیان گردد (۴). نرم تنان به خصوص دوکفه‌ای‌ها، به دلیل استفاده از سیستم تغذیه پلاایش خواری امکان بیشتری برای تجمع فلزات سنگین در بدن خود دارند. به همین دلیل تعداد زیادی از دوکفه‌ای‌ها به عنوان شاخص زیستی

مشخص گردیده اند (۱۴).

اکثر دوکفه‌ای‌ها در آب‌های شور ساکن هستند و فقط یک پنجم از تمام انواع آنها در آب شیرین زندگی می‌کنند (۱۲). گوشت نرم‌تنان دوکفه‌ای برای انسان مصرف خوراکی دارد و در برخی کشورها جزء غذاهای گران قیمت محسوب می‌شود. زیر خانواده بی دندانها (*Anodontinae*) شامل انواع گوناگون دوکفه‌ای‌های آب شیرین است که از تعداد زیادی جنس و گونه تشکیل شده است (۶).

یکی از گونه‌های مهم آن، گونه *Anodonta cygnea* می‌باشد که در تالاب انزلی واقع در استان گیلان یافت می‌شود (۵). *Anodonta cygnea*: دارای صدفی بزرگ - گرد تخم مرغی گوشه دار- دیواره نازک- ترد و شکننده- سبز همراه با خطوط قهوه‌ای- به وضوح

مواد و روش‌ها

از منطقه سلکه (بخش شرقی تالاب) (شکل ۱) تعداد ۳۰ نمونه صدف آنودونت در فصل پاییز سال ۱۳۸۳ و ۲۰ نمونه در فصل بهار سال ۱۳۸۴ به صورت تصادفی نمونه برداری گردید. نمونه برداری از این صدف با دست و یا بوسیله ساچوک ۲۰×۴۰ سانتی متر انجام گردید. در هنگام جمع آوری نمونه‌ها، صدف‌ها در اندازه‌های مختلف برداشت شدند. همچنین از آب و رسوب محل زیست صدف‌ها نیز (به طور تصادفی از چند نقطه) نمونه برداشت شد که نمونه‌برداری از نمونه‌های آب بوسیله ظروف پلی اتیلنی و از رسوبات بوسیله گرب با سطح دهانه ۲۵۵ سانتی متر مربع صورت پذیرفت.

بعد از نمونه برداری از منطقه، نمونه‌های صدف همراه با آب محل زیست به صورت زنده به تهران منتقل شدند و سپس نمونه‌ها بلافاصله برای بیومتری به آزمایشگاه منتقل و تعیین میانگین اندازه طول، عرض، ارتفاع بوسیله کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی متر و تعیین وزن کل و تر قسمت‌های نرم بدن با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم صورت گرفت (از هر منطقه ۱۵ نمونه صدف بیومتری گردید). بعد از بیومتری نمونه‌ها، دو کفه صدف را از هم جدا کرده و بعد از تعیین جنسیت، بافت نرم جنس نر و ماده به طور جداگانه هموزن گردید و سریعاً منجمد شد و به آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی همراه با نمونه‌ای آب و رسوب منتقل گردید.

برای تعیین مقادیر فلزات سنگین ابتدا باید نمونه‌ها آماده سازی می‌شدند که برای آماده سازی نمونه بافت، ابتدا بافت نرم را از فریزر خارج نموده و بعد از دی‌فراس‌ت شدن، کاملاً مخلوط گردید. سپس حدود ۲ تا ۳ گرم از نمونه داخل بشر و برای اندازه‌گیری جیوه در ظروف تفلونی قرار

شیرازدار - لایه‌های رشد آشکار می‌باشد (۲۱).

در سال ۱۳۶۹ یانوش اولای با بررسی میزان تراکم فلزات سنگین در آب‌های رودخانه پیربازار مشخص نمود که میزان عناصر سنگین در حد قابل قبولی بوده و برحسب افزایش دمای آب مقدار آنها در رودخانه پیربازار افزایش می‌یابد (۳).

در سال ۱۳۷۱، امینی رنجبر میزان تجمع فلزات سنگین را در رسوبات سطحی تالاب انزلی مورد مطالعه قرار داد (۱). نتایج حاصله نشان می‌دهد که میزان فلزات سنگین در ایستگاههای مختلف تفاوت زیادی ندارند، همچنین تفاوت آماری معنی داری بین فصول مختلف مشاهده نگردید.

در سال ۱۳۷۲، نوروز اصل در مورد تاثیرات فلزات سنگین در آب‌های تالاب انزلی تحقیق نمود. نتایج به دست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که مقادیر فلزات مزبور در کناره‌های تالاب به دلیل نزدیکی آن به ساحل و تماس مداوم این قسمت با خاک و رسوب کناری، بیشتر از مقادیر این فلزات در سطح آب و مرکز تالاب می‌باشد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهند که مقادیر فلزات از سطح به طرف عمق آب به دلیل ته نشینی افزایش می‌یابند (۴).

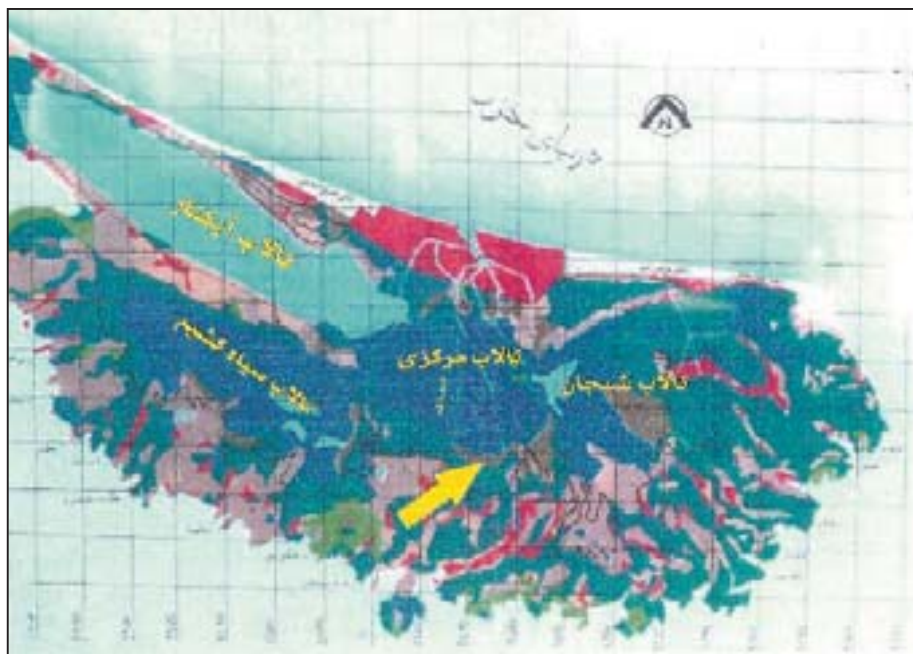
در سال ۱۳۸۰، پایدار تاثیر آلودگی عناصر سنگین در تالاب انزلی و رودخانه‌های اطراف را بر عضله و پوست شاه میگو *Astacus loeptoactylus* بررسی کرد و نشان داد که غلظت عناصر سنگین در شاه میگوی آب شیرین در حد قابل قبولی بوده و برای مصرف انسان مناسب می‌باشد (۴).

در سال ۱۳۸۰، بابایی به بررسی میزان فلزات سنگین در آب‌های مناطق مختلف تالاب انزلی پرداخت، نتایج حاصل از این بررسی حاکی از آن است که میزان غلظت فلزات سنگین در قسمت شرقی تالاب دارای مقادیر بیشتری نسبت به مناطق دیگر

تالاب می‌باشد (۲).

در سال ۱۹۹۹، Martin و همکاران روی عناصر سنگین در بافت نرم صدف *Crassostrea iridescens* در مکزیکو تحقیق کردند در این گزارش همبستگی معنی داری بین غلظت و طول بدن جاندار مشاهده نشد، همچنین اختلاف معنی داری بین بالاترین غلظت در بهار و تابستان و پاییز و زمستان مشاهده نشد (۱۰).

هدف از این تحقیق بررسی میزان تجمع فلزات سنگین روی، مس، سرب، کادمیوم و جیوه در بافت نرم صدف آنودونت به تفکیک در جنس نر و ماده و همچنین در آب و رسوب محل زیست صدف می‌باشد تا با توجه به ارزش غذایی این دو کفه‌ای در صورت آلوده نبودن، بتوان روش‌های بهره برداری مناسب از این آبزی را به عنوان غذایی مناسب برای صدور این گونه محصولات به صورت فرآورده‌های گوناگون به کشورهای مصرف کننده از جمله فرانسه، ژاپن، آمریکا و ... ارائه نمود.



شکل ۱. موقعیت تالاب انزلی

شرکت BUCK Scientific, Inc. استفاده گردید.

برای بدست آوردن انحراف معیار و رسم نمودار از نرم افزار Excel استفاده گردیده است (آنالیزها بدون تکرار در طبیعت صورت گرفته است).

نتایج

در جداول شماره ۱ و ۲ بیومتری صدف آنودونت منطقه سلک به ترتیب در فصل پاییز و بهار نشان داده شده است.

طبق نتایج بدست آمده، آنودونت منطقه سلک در فصل پاییز نسبت به فصل بهار دارای میانگین طول، عرض و ارتفاع و نیز میانگین وزن بیشتری می باشد.

مقایسه و تعیین میزان فلزات سنگین

نتایج حاصل از آنالیز نمونه های آب، رسوب و بافت نرم دوکفه ای *Anodonta cygnea* در تالاب انزلی (منطقه سلک) به تفکیک فصول پاییز و بهار در جداول ۳، ۴، ۵ و ۶ ارائه شده اند.

با توجه به نتایج بدست آمده در جداول ۳ و ۴ مشخص گردید که میزان غلظت فلزات سنگین در رسوب بسیار بیشتر از آب می باشد و در فصل پاییز غلظت فلزات کادمیوم، مس و جیوه در رسوب بیشتر از فصل بهار بوده است (نمودارهای ۱ و ۲).

طبق جدول ۵ مشخص می گردد که میزان عنصر روی در فصل پاییز در جنس نر نسبت به جنس ماده بیشتر می باشد و عنصر مس برعکس در جنس ماده مقدار بیشتری دارد (نمودار ۳).

طبق جدول ۶ مشخص می گردد که در فصل بهار، هر دو عنصر روی و مس در جنس نر بیشتر از جنس ماده می باشند (نمودار ۴). در جدول ۷ میانگین غلظت فلزات سنگین در دو فصل پاییز و بهار



شکل ۳. شمای درونی بافت نرم *Anodonta cygnea*

۱- مانتو (لبه فوقانی)، ۲- آبشش، ۳- پای عضلانی، ۴- مانتو (لبه زیرین)



شکل ۲. شکل ظاهری *Anodonta cygnea*

داده شد و به آنها ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه گردید و برای نمونه های داخل بشر ۱ میلی لیتر نیز اسید پرکلریک اضافه شد، سپس نمونه های داخل بشر در دمای حدود ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند تا هضم اسیدی صورت گیرد (۱۱). ظروف تفلونی نیز در آن در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت یکساعت قرار گرفتند و بعد از صاف کردن محلول به حجم رسید و برای نمونه برداری آماده شد (جنس نر و ماده به تفکیک انجام شد) (۱۰).

برای آماده سازی نمونه آب ۲۵ میلی لیتر از نمونه برداشت گردید و ۵ سی سی اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه شده و سپس در دمای حدود ۱۰۰ درجه سانتی گراد حدود نیم ساعت حرارت داده شد. سپس به همان حجم ۲۵ میلی لیتر رسید، در این حالت نمونه ها برای اندازه گیری فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم آماده بودند (۱۱). برای اندازه گیری فلز جیوه، ۵۰ میلی لیتر از نمونه آب را در داخل بالن ریخته و ۱ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه شد و سپس به حجم رسانده و بعد از صاف کردن، نمونه برای اندازه گیری توسط دستگاه آماده گردید (۱۰). برای اندازه گیری فلزات سنگین در رسوب، ابتدا نمونه رسوب را در آن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار داده تا خشک شود بعد از آن نمونه ها را کوبیده تا به صورت پودر در آیند. سپس ۱ گرم از نمونه داخل بشر ریخته شد و ۳۰ میلی لیتر از محلول تیزاب به آن بشر اضافه گردید و در زیر هود به مدت ۹۰ دقیقه حرارت داده شد، بعد به حجم رسید و محلول صاف گردید (۱۱). برای اندازه گیری جیوه ابتدا ۱ گرم از نمونه در ظروف تفلونی ریخته شد و سپس ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۲ میلی لیتر اسید پر کلریک اضافه گردید و در داخل آن در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد حدود یک ساعت قرار گرفت. بعد از صاف کردن و به حجم رساندن نمونه، اندازه گیری فلزات سنگین صورت گرفت (۱۰).

پس از آماده سازی نمونه های بافت نرم، آب و رسوب، میزان عناصر روی، مس، سرب و کادمیوم توسط دستگاه جذب اتمی با شعله مدل Aa-۲۲۰ واریان اندازه گیری شد و در مورد عنصر جیوه از دستگاه جذب اتمی با تکنیک تولید بخار سرد مدل A ۴۰۰ ساخت کشور انگلستان از

جدول ۱. نتایج بیومتری صدف آلودونت تالاب انزلی (پاییز ۱۳۸۳).

نمونه	طول (سانتی متر)	عرض (سانتی متر)	ارتفاع (سانتی متر)	وزن کل (گرم)	وزن تر قسمت‌های نرم داخل صدف (گرم)
۱	۱۱/۵۰	۵/۹۹	۴/۸۳	۱۵۱/۶۷	۷۴/۸۲
۲	۱۲/۳۰	۶/۸۸	۴/۷۲	۱۶۶/۵۹	۸۱/۷۱
۳	۱۱/۸۵	۶/۶۱	۴/۶۰	۱۵۱/۴۱	۶۴/۸۹
۴	۱۳/۲۵	۶/۹۶	۴/۶۴	۱۷۱/۳۲	۸۹/۶۱
۵	۱۱/۶۰	۶/۵۳	۵/۲۱	۱۵۸/۴۳	۷۷/۹۳
۶	۱۱/۴۰	۵/۶۴	۴/۳۴	۱۴۸/۸۲	۷۳/۷۵
۷	۱۰/۱۰	۴/۶۲	۳/۹۹	۱۲۵/۲۰	۵۶/۲۳
۸	۱۱/۲۰	۵/۸۲	۵/۴۳	۱۵۸/۸۴	۷۴/۹۹
۹	۱۰/۶۰	۴/۸۴	۳/۹۹	۱۲۶/۴۰	۵۸/۳۳
۱۰	۱۳/۳۰	۷/۵۹	۵/۵۲	۱۸۱/۲۰	۹۳/۱۰
۱۱	۹/۱۰	۴/۵۰	۳/۴۲	۱۱۸/۱۰	۵۲/۷۰
۱۲	۱۱/۶۱	۶/۵۳	۴/۵۲	۱۵۲/۶۷	۷۶/۷۳
۱۳	۱۱/۳۰	۵/۹۱	۵/۵۹	۱۵۸/۶۵	۷۵/۸۷
۱۴	۱۰/۴۰	۴/۸۳	۳/۸۸	۱۲۸/۴۰	۵۷/۸۴
۱۵	۹/۸۹	۴/۶۲	۳/۵۲	۱۲۳/۶۲	۵۵/۴۰
حداقل	۹/۱۰	۴/۵۰	۳/۴۲	۱۱۸/۱۰	۵۲/۷۰
حداکثر	۱۳/۳۰	۷/۵۹	۵/۵۹	۱۸۱/۲۰	۹۳/۱۰
میانگین	۱۱/۲۹	۵/۸۵	۴/۵۵	۱۴۸/۰۸	۷۰/۹۲
انحراف معیار (SD)	۱/۱۶	۰/۹۹	۰/۷۰	۱۹/۳۴	۱۲/۷۰

در بافت نرم صدف، آب و رسوب آورده شده است.

طبق نتایج جدول شماره ۷ مشخص می‌گردد که میزان فلزات سرب، کادمیوم، مس، روی و جیوه در رسوب بیشتر از بافت نرم و در بافت نرم بیشتر از آب (آب > بافت نرم > رسوب) می‌باشد (نمودار ۵ و ۶).

بحث

دوکفه‌ای آلودونت در سالهای گذشته در اکثر پهنه‌های آبی تالاب بین المللی انزلی وجود داشته است. ولی در زمان انجام این تحقیق در فصل پاییز سال ۱۳۸۳ فقط در منطقه سلکه بدست آمد.

ساختار شیمیایی رسوبات بستگی به میزان عناصر موجود در آب، نرخ رسوب گذاری عناصر از آب به رسوب، شرایط فیزیکی و شیمیایی عناصر و همچنین ویژگی‌های آب از نظر pH، قلیائیت و غلظت اکسیژن دارد (۱۳). در حقیقت هر فلزی در pH و قلیائیت مختلف، نرخ رسوب گذاری

متفاوتی را نشان می‌دهد (۱۹) و در تالاب انزلی به دلیل متاثر شدن از نفوذ آب دریا و تغییر شوری آب برخی از فلزات سریعتر رسوب می‌نمایند (۲). نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های بافت نرم دوکفه‌ای آلودونت (*Anodonta cygnea*) در جنس نر و ماده بیانگر آن است که غلظت مس در فصل پاییز به ترتیب در دو جنس نر و ماده ۰/۵۸ و ۰/۸۹ میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد و در فصل بهار ۰/۷۷ و ۰/۶۹ میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد که حاکی از آن است که در فصل پاییز در جنس ماده بیشتر از جنس نر و در فصل بهار در جنس نر بیشتر از ماده می‌باشد که می‌تواند به دلیل وجود جنین در بدن جنس ماده در تمام طول مدت پاییز و زمستان باشد که خود جنین عاملی برای جذب فلزات سنگین محسوب می‌گردد و همین طور در پاییز به علت رشد و نمو لاروها، تغذیه آلودونت از فیتوپلانکتون‌ها زیاد بوده ولی در فروردین لاروها از بدن مادر خارج می‌شوند (۵). فلز مس از صنایع گوناگون نشأت گرفته و توسط فیتوپلانکتون‌ها به زنجیره غذایی وارد شده است (۲) و (۱۷). غلظت روی در فصل پاییز به ترتیب در دو جنس نر و

جدول ۲. نتایج بیومتری صدف آلودونت تالاب انزلی (بهار ۱۳۸۴).

نمونه	طول (سانتی متر)	عرض (سانتی متر)	ارتفاع (سانتی متر)	وزن کل (گرم)	وزن تر قسمت‌های نرم داخل صدف (گرم)
۱	۸/۹۱	۵/۴۸	۳/۷۲	۸۲/۳۹	۳۸/۱۰
۲	۱۲/۹۲	۷/۳۰	۵/۱۳	۱۶۵/۱۶	۷۵/۲۷
۳	۱۱/۸۲	۶/۸۳	۴/۶۱	۱۵۷/۴۷	۷۳/۷۲
۴	۱۰/۵۹	۶/۱۰	۴/۱۳	۱۱۴/۵۱	۵۲/۳۰
۵	۱۰/۶۶	۶/۵۵	۳/۸۹	۱۱۳/۳۱	۵۲/۷۷
۶	۱۱/۴۵	۶/۶۲	۵/۰۶	۱۶۷/۶۴	۷۶/۴۹
۷	۱۰/۴۳	۴/۷۱	۴/۰۱	۱۲۵/۳۰	۵۸/۶۳
۸	۹/۹۳	۴/۶۸	۳/۹۸	۱۲۴/۹۰	۶۰/۳۴
۹	۱۱/۲۰	۵/۶۵	۴/۲۹	۱۳۱/۴۲	۶۲/۴۲
۱۰	۱۲/۴۰	۶/۸۳	۴/۶۴	۱۵۷/۳۲	۷۳/۴۰
۱۱	۱۰/۵۰	۴/۷۴	۴/۱۲	۱۱۳/۹۹	۵۴/۶۹
۱۲	۱۰/۴۴	۴/۷۶	۴/۱۱	۱۱۴/۲۴	۵۳/۵۹
۱۳	۱۱/۱۰	۵/۷۳	۴/۳۳	۱۱۶/۳۲	۵۶/۷۵
۱۴	۱۰/۸۱	۴/۸۸	۴/۳۲	۱۱۶/۴۵	۵۴/۴۱
۱۵	۱۰/۹۲	۴/۹۳	۴/۳۳	۱۲۴/۶۰	۵۷/۳۱
حداقل	۸/۹۱	۴/۶۸	۳/۷۲	۸۲/۳۹	۳۸/۱۰
حداکثر	۱۲/۹۲	۷/۳۰	۵/۱۳	۱۶۷/۶۴	۷۶/۴۹
میانگین	۱۰/۹۳	۵/۳۹	۴/۳۱	۱۲۸/۳۳	۶۰/۰۱
انحراف معیار (SD)	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۴۰	۲۳/۶۸	۱۰/۶۶

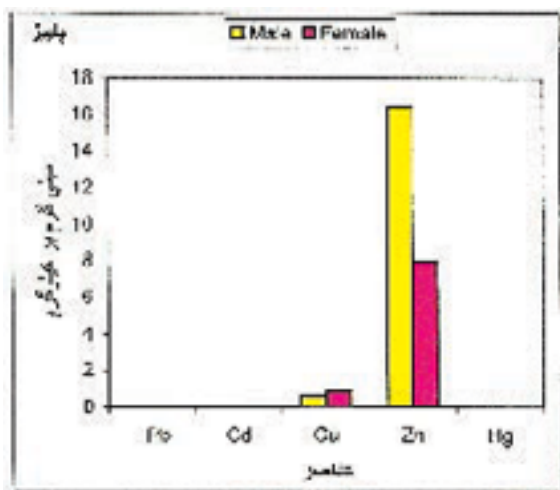
بهار از حد آشکار سازی دستگاه خارج بود. میزان عنصر جیوه در فصل پاییز در دو جنس نر و ماده از حد آشکار سازی دستگاه خارج بوده ولی در فصل بهار در دو جنس نر و ماده ۰/۰۵ و ۰/۰۴ میکروگرم بر گرم وزن تر بود.

بررسی نتایج مشخص کرد که تجمع فلزات، در بافت نرم دوکفه‌ای مورد مطالعه به صورت: $Zn > Cu > Cd > Hg > Pb$ می‌باشد.

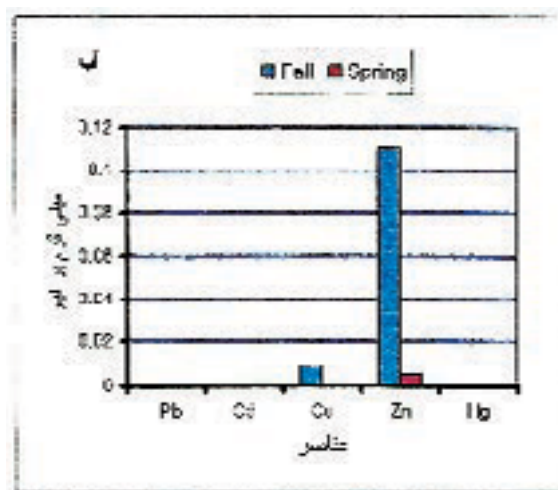
با تغییر فصول، تغییراتی در فعالیت گنادها و اندامهای داخلی دوکفه‌ای‌ها ایجاد می‌گردد و این امر احتمالاً سبب تغییراتی در تجمع فلزات در دوکفه‌ای‌ها می‌گردد (۱۳).

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های آب بیانگر آن است که در فصل پاییز غلظت مس ۰/۰۰۹ میلی گرم بر لیتر و در فصل بهار در حد تشخیص دستگاه جذب اتمی نبوده است. غلظت روی در فصل پاییز ۰/۱۱ و در فصل بهار ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر بود. لازم به ذکر است که در این بررسی میزان غلظت فلزات کادمیوم، سرب و جیوه در طی دو فصل در حد

ماده ۱۶/۴ و ۷/۹ و در فصل بهار ۲۳/۵۰ و ۱۵/۳۷ میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد، که در دو فصل میزان غلظت عنصر روی در جنس نر بیشتر از ماده می‌باشد که می‌تواند به دلیل وجود عنصر روی در ساختار گناد جنس نر باشد و در فصل بهار بیشتر از پاییز می‌باشد که به دلیل بالا بودن غلظت عنصر روی در رسوب در فصل بهار نسبت به فصل پاییز می‌باشد. همچنین طبق بررسی‌های انجام شده بر روی آبریان میزان فلز روی با افزایش وزن آبی کاهش می‌یابد (۲۰). دوکفه‌ای‌ها با توجه به عمل پالایش خواری، فلزات سنگین را به مقدار زیاد در خود جذب می‌نمایند (۱۴). غلظت فلزات روی و مس در مقایسه با غلظت فلزات دیگر در دوکفه‌ایها بیشتر بوده است زیرا این دو عنصر، از فلزات ضروری محسوب می‌گردند (۳). غلظت کادمیوم در دو جنس نر و ماده، در دو فصل پاییز و بهار کمتر از حد تشخیص دستگاه بود و در فصل بهار به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۱۸ میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد. غلظت سرب در دو جنس نر و ماده در فصل پاییز و



نمودار ۳- میزان فلزات سنگین در جسن نر و ماده دو کفه‌ای آنودونت (فصل پاییز)



نمودار ۱- میزان فلزات سنگین آب منطقه سلکه در دو فصل پاییز و بهار

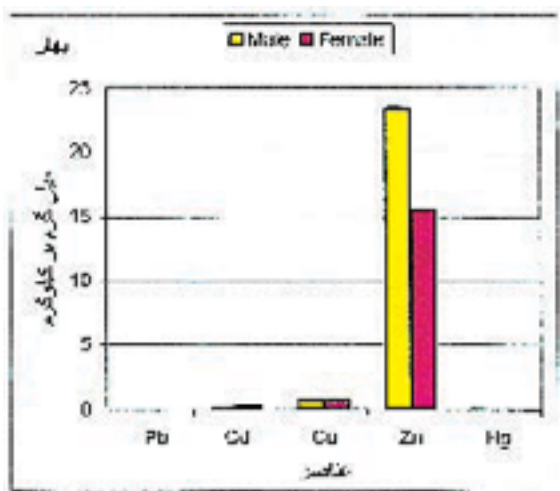
گرم می‌باشد.

با توجه به نتایج ذکر شده مشخص گردید که میزان این فلزات در رسوب چندین بار بیشتر از آب می‌باشد، که به دلیل بالا بودن مقادیر فلزات مزبور در کناره‌های تالاب نسبت به سطح آب و مرکز تالاب می‌باشد. صدف آنودونت حداکثر تا عمق ۸۵ سانتی متر زیست می‌کند و اکثراً در کناره‌های تالاب وجود دارد. همچنین مقادیر فلزات از سطح به طرف عمق آب به دلیل ته نشینی افزایش می‌یابند (۱).

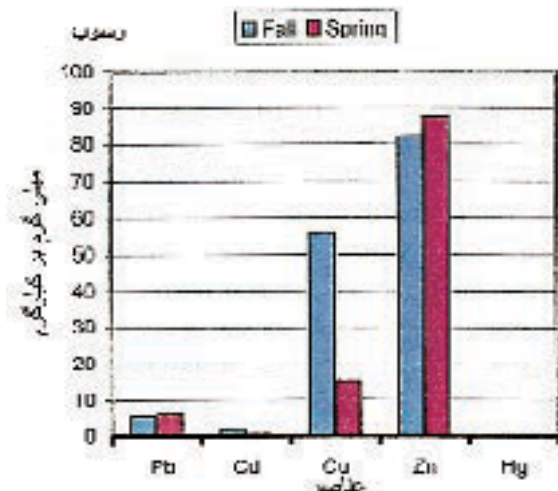
طبق بررسی‌های Chenrova و Khristoforova حداکثر غلظت مجاز فلزات در دوکفه‌ای‌ها، برای فلز روی: ۷۰۰۰، فلز مس: ۲۱۰، فلز کادمیوم: ۱۴ و میزان فلز سرب: ۱۴ میکروگرم در گرم وزن خشک تعیین گردید که تجمع هر چهار فلز در دوکفه‌ای مورد مطالعه کمتر از حداکثر غلظت مجاز این فلزات در دوکفه‌ای‌ها تعیین گردید (۱۶).

تشخیص دستگاه جذب اتمی نبوده است.

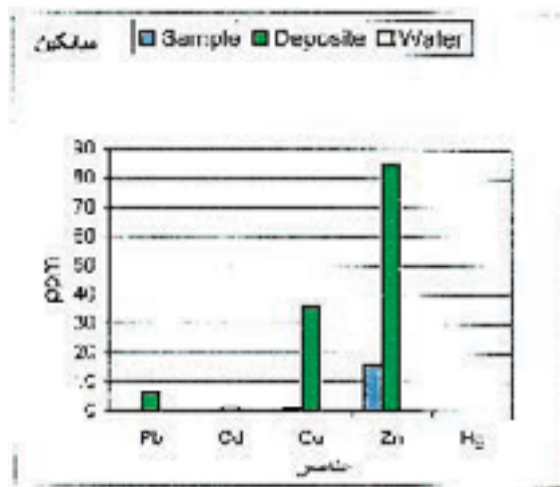
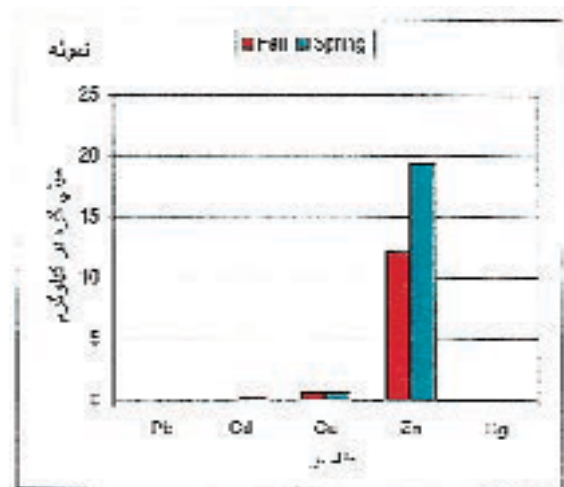
نتایج حاصل از نمونه‌های رسوب بیانگر آن است که در فصل پاییز غلظت مس ۵۶/۳ و در فصل بهار ۱۵/۰۸ میکروگرم بر گرم می‌باشد که در نمونه آب نیز در فصل بهار کاهش غلظت عنصر مس مشاهده گردید. غلظت روی در فصل پاییز ۸۲/۵ و در فصل بهار ۸۷/۶ میکروگرم بر گرم ثبت گردیده است. فلز کادمیوم در فصل پاییز ۱/۸۵ و در فصل بهار ۰/۵۹۷ میکروگرم بر گرم مشاهده شده است. عنصر سرب در فصل پاییز ۵/۸ و در فصل بهار ۶/۲۱ تعیین شده است که در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز می‌باشد که می‌تواند به دلیل بارندگی زیاد در فصل بهار نسبت به فصل پاییز باشد زیرا عنصر سرب از طریق نزولات جوی وارد اکوسیستم‌های آبی شده و رسوب می‌نماید (۹) و میزان عنصر جیوه در فصل پاییز و بهار به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۰۴ میکروگرم بر



نمودار ۴- میزان فلزات سنگین در جسن نر و ماده دو کفه‌ای *Anodonta cygnea* (فصل بهار)



نمودار ۲- میزان فلزات سنگین رسوب منطقه سلکه در دو فصل پاییز و بهار

نمودار ۶- میزان فلزات سنگین در آب، رسوب و دوکفه‌ای *Anodonta cygnea*نمودار ۵- میانگین میزان فلزات سنگین دوکفه‌ای *Anodonta cygnea* در دو فصل پاییز و بهار

در اثر تغییرات شوری، فصل، دما، وجود همزمان چندین فلز در کنار هم، سن، وزن، اندازه و جنسیت جذب میزان فلزات توسط دوکفه‌ای تغییراتی را نشان می‌دهد (۱۳). تغییرات شوری آب که به دلیل خیزش سطح آب دریای خزر در تالاب انزلی ایجاد می‌گردد می‌تواند تا حدودی در متابولیسم صدف‌ها تاثیر گذار بوده و در ته نشین نمودن فلزات سنگین موثر باشد. میزان فلیاتیت آب تالاب نیز در محلول نمودن فلزات و یا بر عکس در ته نشست فلزات موثر می‌باشد.

امید است با بررسی‌های بیشتر بر روی سایر آبزیان تالاب انزلی و نیز آب و رسوب سایر مناطق، بتوان برآورد دقیقی از میزان فلزات سنگین موجود در منطقه جهت استفاده بهینه از آبزیان داشت و نیز راهکارهایی برای جلوگیری از افزایش آلودگی این اکوسیستم ارائه نمود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از جناب آقای دکتر حسین عمادی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند اعلام می‌نمائیم همچنین از آقای مهندس داود بهزادی به منظور همکاری در این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود و نیز از سرکار خانم‌هایده و کیلی مسئول محترم آزمایشگاه تحقیقات دانشکده علوم و فنون دریایی به دلیل مساعدت‌های لازم، کمال تشکر را داریم و از همکاری‌های صمیمانه کارشناسان محترم سازمان انرژی اتمی خصوصاً آقایان مهندس افلاکی و مهندس احمدی و همکاران محترم آقایان خداوردی، سهرابی، امیری و سرکار خانم فرحزادی، خانم صلاحی نژاد و خانم سجادی سپاسگزاری می‌شود، همچنین از مسئولین و پرسنل محترم مرکز تحقیقات شیلاتی بندر انزلی و آقای مهندس بابایی تقدیر و تشکر می‌نمائیم.

منابع مورد استفاده

۱- امینی رنجبر، غ.، ع. حسن پور، و ح. خداپرست. ۱۳۷۶؛ بررسی اثر غلظت فلزات سنگین بر میزان کلروفیل a در برگ سه گونه از گیاهان آبی تالاب

گرچه تجمع فلزات در بافت نرم دوکفه‌ای‌ها از حداکثر غلظت مجاز فلزات در دوکفه‌ای‌ها کمتر تعیین گردید ولی تحقیقات بر روی ده‌ها گونه دوکفه‌ای مشخص کرد که وجود مقادیر کم فلزات (در حدود ۱۰-۰/۱ ppm) در محیط زیست این آبزیان، سبب تغییرات رفتاری و ژنتیکی، افزایش مرگ و میر و کاهش رشد در دوکفه‌ای‌ها می‌گردد (۱۸).

مقایسه مقدار فلزات سنگین در گوشت برخی از آبزیان در تالاب انزلی با دوکفه‌ای مورد مطالعه نشان می‌دهد که غلظت Cu در کاراس: ۰/۰۷، اردک ماهی: ۰/۲۸، سیم: ۰/۲۳، همی کالتز: ۰/۴۷، آنودونت (فصل پاییز): ۰/۷۳ و آنودونت (فصل بهار): ۰/۷۳ میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد و میزان غلظت عنصر Zn در کاراس: ۱۱/۲۱، اردک ماهی: ۶/۹۷، سیم: ۶/۲۷، همی کالتز: ۱۰/۱۵، آنودونت (فصل پاییز): ۱۲/۱۰ و آنودونت (فصل بهار): ۱۹/۴۳ میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد که نشان می‌دهد غلظت عناصر روی و مس در دوکفه‌ای مورد مطالعه بیش از سایر آبزیان نام برده می‌باشد.

غلظت Cd در کاراس: ۰/۰۴، اردک ماهی: ۰/۰۵، سیم: ۰/۰۶، همی کالتز: ۰/۰۵، آنودونت (فصل پاییز): کمتر از حد تشخیص دستگاه، آنودونت (فصل بهار): ۰/۱۶ میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد که در تمام موارد غلظت کادمیوم جزئی می‌باشد.

غلظت عنصر Pb نشان می‌دهد که در کاراس: ۰/۲۸، اردک ماهی: ۰/۲۴، سیم: ۱/۴۴، همی کالتز: ۰/۰۵ میکروگرم بر گرم وزن تر و در دوکفه‌ای مورد مطالعه در حد تشخیص دستگاه نبوده است (۷، ۸).

نتایج حاضر تقویت کننده این نقطه نظر می‌باشد که میزان آلودگی محیط زیست تنها یک فاکتور از میان چندین فاکتور تاثیر گذار بر میزان غلظت فلزات موجود در بدن حیوانات می‌باشد (۱۵).

برغم اینکه بررسی‌های زیادی در خصوص جذب فلز توسط دوکفه‌ای صورت پذیرفته ولی عوامل مختلفی در نتایج بررسی یک شاخص زیستی موثر هستند که کاملاً شناخته شده نیستند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که

جدول ۳. غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب تالاب انزلی (سلکه)، پاییز ۱۳۸۳.

Hg	Zn	Cu	Cd	Pb	فلز
					نمونه
n.d	۰/۱۱	۰/۰۰۹	n.d	n.d	آب (mg/l)
۰/۰۵	۸۲/۵۰	۵۶/۳۰	۱/۸۵	۵/۸۰	رسوب (µg/g وزن خشک)

n.d. : not detected

جدول ۴. غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب تالاب انزلی (سلکه)، بهار ۱۳۸۴.

Hg	Zn	Cu	Cd	Pb	فلز
					نمونه
n.d	۰/۰۰۵	n.d	n.d	n.d	آب (mg/l)
۰/۰۴	۸۷/۶۰	۱۵/۰۸	۰/۶۰	۶/۲۱	رسوب (µg/g وزن خشک)

n.d. : not detected

جدول ۵. میزان تجمع فلزات سنگین بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر در بافت نرم صدف آلودونت در جنس نر و ماده در تالاب انزلی (سلکه)، پاییز ۱۳۸۳.

Hg	Zn	Cu	Cd	Pb	فلز
					نمونه
n.d	۱۶/۴۰	۰/۵۸	n.d	n.d	جنس نر
n.d	۷/۹۰	۰/۸۹	n.d	n.d	جنس ماده
n.d	۱۲/۱۰	۰/۷۳	n.d	n.d	متوسط

n.d. : not detected

جدول ۶. غلظت فلزات سنگین بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر در بافت نرم صدف آلودونت در جنس نر و ماده در تالاب انزلی (سلکه)، بهار ۱۳۸۴

Hg	Zn	Cu	Cd	Pb	فلز نمونه	فصل
nd	۱۲/۱۰	۰/۷۳	nd	nd	بافت نرم دوکفه‌ای	پاییز
۰/۰۱۴	۱۹/۴۳	۰/۷۳	۰/۱۶	nd	بافت نرم دوکفه‌ای	بهار
۰/۰۱۴	۱۵/۷۶	۰/۷۳	۰/۱۶	nd	بافت نرم دوکفه‌ای	متوسط
۰/۰۵	۸۲/۵۰	۵۶/۳۰	۱/۸۵	۵/۸۰	رسوب	پاییز
۰/۰۴	۸۷/۶۰	۱۵/۰۸	۰/۶۰	۶/۲۱	رسوب	بهار
۰/۰۴	۸۵/۰۵	۳۵/۶۹	۱/۲۲	۶/۰۰	رسوب	متوسط
nd	۰/۱۱	۰/۰۰۹	nd	nd	آب	پاییز
nd	۰/۰۰۵	nd	nd	nd	آب	بهار
nd	۰/۰۶	۰/۰۰۹	nd	nd	آب	متوسط

n.d. : not detected

جدول ۷. میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت نرم دوکفه‌ای، آب و رسوب تالاب انزلی در دو فصل پاییز و بهار (۱۳۸۴-۱۳۸۳).

Hg	Zn	Cu	Cd	Pb	فلز نمونه
۰/۰۱۳	۲۳/۵۰	۰/۷۷	۰/۱۴	nd	جنس نر
۰/۰۱۵	۱۵/۳۷	۰/۶۹	۰/۱۸	nd	جنس ماده
۰/۰۱۴	۱۹/۴۳	۰/۷۳	۰/۱۶	nd	متوسط

n.d. : not detected

Company, London.

743 PP.

13- Barsytelovejoy, D. 1999; Heavy metal concentrations in water, sediments and mollusk tissues. Acta Zoologica Lituanica. Hydrobiologia. Vol 9. No 2.

14- Beone, G. M., R. Cenci & P. Lodigiani. 2003; Metal concentrations in *Unio Pictorum mancus* (Mollusca), Lamellibranchia from of 12 Northern Italian lakes in Relation to their trophic level. J. Limnol, 62(2):121-138.

15- Dalinger, R. 1987; Contaminated food and uptake of heavy metals by fish. Oecologia (Berlin), Vol. 73, PP. 91-103.

16- Khristoforova, N. K. and E. V. Chernova. 1988; Trace element composition of giant oyster from Poyset Bay sea of Japan. Biol. Morya. Biol. Vladivost (5). 540-546 pp.

17- Kress, N., H. Hornung, and B. Herut. 1998; Concentration of Hg, Cd, Cu, Zn, Fe & Mn in deep sea benthic from the southeastern Mediterranean sea, Marine Pollution Balletin, Vol. 30, 9, 11P.

18- Mance, G. 1990; Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Elsevier applied science. London. 372 p.

19- Ravera, O. and R. Cenci. 2003; Trace element concentrations in fresh water mussels and macrophytes as related to those in their environment. PP. 61-69.

20- Vanderstaphen, R. , R. Clerck, R. Vyncke, and W. R. Moermans. 1978; Content of Mercury, Zinc, Copper, Cadmium and Lead in selected fish species from the fox river. Agriculture, Vol. 32, No.2, 331P.

21- Zhadin, V. I. and S. V. Gerd. 1961; Fauna and Flora of the rivers, lakes and resering of the U.S.S.R. Translated by A. Mercado, M. Sc. 970. Israel Program for Scientific Translations Ltd. 596 PP.

انزلی. مجله پژوهش و سازندگی. شماره ۴۷. ۳صفحه.

۲- بابایی سیاهگل، ه. ۱۳۸۰؛ بررسی آلودگی فلزات سنگین در آب رودخانه‌های غرب گیلان (سفارود، کرگان رود، حویق). گزارش نهایی پروژه، مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان. ۵۴ صفحه.

۳- بهبهانی، ا. ۱۳۷۴؛ مقادیر روند تغییرات هفت فلز سنگین در دو گونه دوکفه‌ای غالب خوراکی مروارید ساز خلیج فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی. ۱۴۰ صفحه.

۴- پایدار، م. ۱۳۸۰؛ تاثیر آلودگی عناصر سنگین در تالاب انزلی بر عضله و پوست شاه میگو *Astacus leptodactylus*. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ۸۷ صفحه.

۵- پروانه، ا. ۱۳۷۳؛ بررسی ویژگی‌های زیستی و پراکنش صدف آنودونت در حوضه تالاب انزلی. گزارش نهایی پروژه، مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان. ۴۲ صفحه.

۶- زنگویچ، ال. آ. ۱۹۶۹؛ زندگی حیوانات. ج. دوم. ترجمه حسین فرپور ۱۳۵۷. شورای پژوهش‌های علمی کشور. نشریه شماره ۲۰، ۵۷۴ صفحه.

۷- صادقی راد، م. ۱۳۷۵؛ بررسی و تعیین میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیم، سرب، روی و کبالت) در چند گونه از ماهیان خوراکی تالاب انزلی (کیور، اردک ماهی، کاراس، فیتوفاگ). مجله علمی شیلات ایران. سال پنجم. شماره ۴. ۱۶ صفحه.

۸- مقدس، د. ۱۳۷۸؛ تعیین میزان عناصر سنگین سرب و کادمیم در آب و رسوبات معلق و رسوبات بستر، ماهی و کفزیان رودخانه هراز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۲۰ صفحه.

۹- وفایی، م. ۱۳۷۹؛ بررسی و تعیین غلظت عناصر سنگین در دو گونه ماهی سفید و کیور در سواحل جنوبی دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. ۹۹ صفحه.

10- Anderson, K. A. and R. A. Meyers. 2000; Mercury analysis in environmental samples by cold vapor techniques, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, PP. 2890-2903.

11- Baldwin, D. R. and W. J. Marshall. 1999; Heavy metal poisoning and its laboratory investigation, Ann. Clin. Biochem. 36, PP. 267-300.

12- Barnes, R. D. 1968; Invertebrate Zoology. By W. B. Saunders

