علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۰

اندازه گیری کادمیوم در برخی بافت‌های فوک خزری Caspian seals در سواحل جنوب شرقی دریای خزر

سیده ملیحه حسینی[۱]*

malihhosseini90@yahoo.com

سمیه نمرودی[۲]

امیر صیادشیرازی[۳]

آنالیزا زاکارونی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۴ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۳**

چکیده

هدف: امروزه ورود پساب‌های حاوی فلزات سنگین که بیشتر حاصل فعالیت‌های صنعتی می‌باشند، به بوم سازگان‌های آبی و به تبع آن تجمع این فلزات در بدن آبزیان یک نگرانی عمده است،که حیات آبزیان و تنوع زیستی اکوسیستم‌های آبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. دریای خزر یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی است که ورود آلاینده‌های گوناگون آسیب جدی بر این بوم سازگان وارد کرده است. فوک خزری که تنها پستاندار دریای خزر می‌باشد، در معرض خطر انقراض قرار گرفته است. این مطالعه با هدف اندازه‌گیری کادمیوم در برخی بافت‌های فوک خزری در سواحل جنوب شرقی دریای خزر انجام یافته است.

روش بررسی: در مطالعه حاضر ده عدد لاشه فوک خزری از سواحل دریای خزرجمع آوری و کالبدگشایی شدند. نمونه‌های بافت کبد، کلیه و چربی به منظور اندازه گیری میزان فلز کادمیوم هضم گردیدند. غلظت فلز کادمیوم توسط دستگاه طیف سنج جذب اتمی مورد سنجش قرار گرفت.

۱- نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- استادیار محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- رئیس مرکز درمانی و تحقیقاتی فوک خزری.

۴- استادیار دامپزشکی، گروه دامپزشکی بهداشت عمومی و آسیب‌شناسی حیوانات، دانشکده دامپزشکی دانشگاه بولونیا ایتالیا.

یافته‌ها: غلظت فلز کادمیوم در بافت کلیه با میانگین۰/۷۳ ±۱۳/۵۹ میکروگرم برگرم بیشتر از کبد با میانگین۰/۱۶ ±۱/۶ میکروگرم برگرم و بیشتر از چربی با میانگین۰/۰۲ ±0/07 بود. میزان غلظت کادمیوم در بافت‌های فوک‌های نر و ماده مورد بررسی قرار گرفت و رابطه معنی داری بین غلظت فلز کادمیوم با جنسیت فوک‌ها وجود نداشت. وجود مقادیر قابل توجه فلز کادمیوم در ۹۰ درصد نمونه‌ها، آلودگی بالای دریای خزر به فلزات سنگین از جمله فلز کادمیوم که حتی در مقدار بسیار کم سمی می‌باشد، را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به کاهش چشم‌گیر جمعیت فوک خزری در سال‌های اخیر و پایداری فلزات سنگین، باید استفاده از این فلزات سمی در عرصه صنعت کاهش داده و همچنین منابع ورود این آلاینده‌ها را به دریای خزر شناسایی کرده تا مانع ورود این فلزات سمی به دریای خزر شده یا قبل از ورود عمل تصفیه صورت گیرد. از این طریق هم آلودگی دریای خزر را کاهش می‌دهیم و هم به سلامت آبزیان کمک خواهیم کرد.

کلمات کلیدی: دریای خزر، فوک خزری(Caspian Seals)، آلودگی، کادمیوم، فلز سنگین

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No.1, April, 2021

Measurement of Cadmium in Some Tissues of the Caspian Seals in the Southeastern Coast of the Caspian Sea

Seyedeh Malihe Hoseini[1*]
malihhosseini90@yahoo.com
Somayeh Namroodi[2]
Amir Sayadshirazi[3]
Annalisa Zaccaroni[4]

Accepted: 2018.06.13 Received: 2017.09.26

Abstract

Backgrounds& Objectives: Nowadays, the entry of effluents containing heavy metals, which are mostly the result of industrial activities, into the ecosystem of aquatic organisms and, consequently, the accumulation of these metals in the body of aquatic animals is a major concern which is aquatic life and biodiversity of aquatic ecosystems affects. The Caspian Sea is one of the most important aquatic ecosystems that the entry of various pollutants has caused serious damage to these ecosystems. The Caspian seal, the only mammal in the Caspian Sea, is endangered. The aim of this study was to measure cadmium in some Caspian seal tissues on the southeastern shores of the Caspian Sea.

Method: In the present study, ten corpses of Caspian seals were collected and inseminated from the coast of the Caspian Sea. Liver, kidney and fat samples were digested to measure cadmium content. The concentration of cadmium was measured by a mass spectrometer machine.

Findings: The highest concentration of cadmium in kidney tissues was 13.59±0.73 µg / kg which higher than the liver with mean of 1.6±0.16 µg / kg and greater than mean of 0.07±0.02 fat. The concentration of cadmium in male and female tissues was investigated and there was no significant relationship between cadmium metal concentration and sex of seals. The presence of significant amounts of cadmium in 90% of the samples shows the high pollution of the Caspian Sea with heavy metals, including cadmium metal, which is even toxic at very low levels.

Discussion and Conclusion: Considering the significant decrease in the population of the Caspian seals in recent years and the persistence of heavy metals, the use of these toxic metals in the industry has to be reduced, as well as the sources of the input of these pollutants to the Caspian Sea to prevent the entry of these toxic metals into the Caspian Sea or before filtration proceed. This will reduce the pollution of the Caspian Sea and helps the health of the aquatic environment.

Keywords: Caspian Sea, Caspian Seals, Pollution, Cadmium, Heavy metal

---

1- M.Sc., Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran *(Corresponding Author)
2 - Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3 - Head of Caspian Seal Treatment and Research Center, Gorgan, Iran
4 - Assistant Professor, Veterinary Medicine, Department of Veterinary Public Health and Animal Pathology, Veterinary School University of Bologna, Italy

مقدمه

دریای خزر یکی از اکوسیستم‌های آبی ایران و بزرگ‌ترین دریاچه لب شور دنیاست. رودهای متعددی به این دریاچه محصور وارد می‌شوند و دارای گونه‌های با ارزش آبزیان است. طول مرز ساحلی دریای خزر در ایران ۱۰۰۰ کیلومتر است .وجود ۲۰۰ شهر بزرگ و بیش از ۲۲۰ منبع آلودگی صنعتی در سواحل دریای خزر و هم‌چنین منحصر شدن بخش اعظم فعالیت‌های کشاورزی در استان‌های شمالی کشور و اطراف دریای خزر موجب تجمع انواع مختلف مواد آلاینده از جمله سموم ارگانوفسفره و ارگانوکلره، فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی در این دریا شده است، باتوجه به بسته بودن دریای خزر و جزر و مدی نبودن آن میزان غلظت این آلاینده‌ها روز به روز افزوده می‌شود(۱).

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های دریای خزر به‌شمار می آیند. این آلاینده‌ها بر اساس سمیت، پایداری و انتقال در زنجیره غذایی سلامت آبزیان را به مخاطره می‌اندازند. آلودگی به فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی به دلیل فعالیت‌های انسانی و انباشت فلزات در رسوبات ساحلی و اعماق دریاها یک نگرانی به‌شمار می‌آید(۲) فلزات سنگین به دو گروه عناصر ضروری و غیر ضروری تقسیم می‌شوند. عناصرضروری درغلظت‌های پایین جزو فلزات ضروری برای اعمال زیستی بوده و در غلظت‌های بالا سمی هستند(۳). عناصر غیرضروری مانند (آرسنیک، کادمیوم، سرب و قلع) برای فعالیت‌های زیستی مورد نیاز نیستند و در غلظت‌های پایین نیز سمی می‌باشند (۴و۵). فلزات سنگین از راه‌های مختلفی وارد محیط‌های آبی می‌شوند از جمله عوامل طبیعی می‌توان به هوازدگی پوسته زمین و نهشته‌ها اشاره کرد که موجب ورود فلزات سنگین به اکوسیستم‌های آبی می‌شوند. بخش اعظم ورود فلزات سنگین به محیط‌های آبی در اثر فعالیت‌های انسانی می‌باشد. در چند دهه گذشته استفاده از فلزات سنگین در فعالیت‌های صنعتی افزایش یافته است. دفع فاضلاب‌ها و رواناب‌های حاصل از این بخش به اکوسیستم‌های آبی روز به روز بر میزان این آلاینده‌ها افزوده و مقدار زیادی از این عناصر را در چندین برابر حد مجاز پایداری وارد اکوسیستم‌های آبی نموده و موجب رسوب در بستر شده است. فلزات سنگین تجزیه ناپذیر بوده و وقتی وارد محیط دریایی می‌شوند، به‌تدریج جذب رسوبات کف و بی مهرگان کفزی شده و موجب انتقال آنها به سطوح بالای زنجیره غذایی می‌شوند. فلزات سنگین ممکن است اثرات مخربی بر تنوع زیستی محیط‌های دریایی داشته باشند(۶).

فلز کادمیوم بسیار محلول، پرتحرک و فعال بوده و برای بسیاری از موجودات زنده بسیار سمی است. سمیت کادمیوم ۲۰ برابر بیشتر از سایر فلزات سنگین می‌باشد(۷). این فلز در کبد و کلیه بیشتر از سایر اندام‌ها تجمع می‌یابد. کادمیوم در بدن شبیه کلسیم رفتار می‌کند و شباهت زیاد آن به روی سبب بزرگنمایی آن در بدن موجودات می‌شود(۸).

پستانداران به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین شناخته شده و با اندازه‌گیری مقدار تجمع این مواد در سطوح غذایی به واسطه پستانداران، هشدارهای اولیه اثرات سمی و نامطلوب در کل اکوسیستم را فراهم می‌کنند (۹).

فوک خزری تنها پستاندار دریای خزر است. ماهی‌ها بخش اعظم تغذیه فوک خزری را شامل می‌شوند، با تغذیه ماهی‌ها از موجودات کفزی که از فلزات سنگین انباشته شده اند، و تغذیه فوک خزری از ماهی‌های آلوده موجب تجمع زیستی فلزات سنگین در فوک خزری و بیماری و در نهایت مرگ این گونه می‌شود (۱۰). این گونه در سال ۲۰۰۸ میلادی در فهرست قرمز اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت قرار گرفت و در قله هرم غذایی قرار دارد و هم‌چنین عمر طولانی داشته و قادر است اثرات تجمعی انواع مختلف آلاینده‌ها را طی دوره‌های طولانی مدت نشان دهد (۱۱).

با توجه به این‌که در سال‌های اخیر هیچ‌گونه مطالعه‌ای در مورد وضعیت سلامت این گونه و خطرات محیطی که آن‌را تهدید می‌کند، صورت نگرفته است در نتیجه در مطالعه حاضر میزان آلودگی لاشه‌های فوک خزری صید شده در سواحل استان

گلستان و مازندران به فلز کادمیوم بررسی شد تا میزان آلودگی دریای خزر و فوک خزری شناسایی شده و در نتیجه راهکارهای حفاظتی و مدیریت مناسب جهت بهبود وضعیت این اکوسیستم آبی و جمعیت فوک خزری داده شود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌گیری

در مطالعه حاضر ۱۰ عدد لاشه فوک خزری طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ از سواحل دریای خزر، منطقه بندرترکمن و میانکاله جمع آوری شده و در مرکز درمانی و تحقیقاتی فوک خزری واقع در جزیره آشوراده نگه‌داری شد. لاشه‌ها به آزمایشگاه منتقل و بعد از بیومتری، کالبدگشایی شدند. از بافت کبد، کلیه و چربی لاشه-های فوک خزری جهت اندازه‌گیری کادمیوم، نمونه گیری شد.

اندازه‌گیری کادمیوم

بافت‌های کبد، کلیه و چربی از فریزر خارج شده و با ترازوی دیجیتالی به دقت توزین شدند. برای آماده سازی، نمونه به مدت ۸۴ ساعت در آون قرار داده شد و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد کاملا خشک شد. نمونه خشک شده را از آون به ارلن منتقل و به ارلن حدود هشت میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ و دو میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن اضافه شد. نمونه به مدت ۱۲ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفت تا به آهستگی هضم شود. سپس نمونه با هاتپلت، حرارت داده شد تا به طور کامل هضم شود. بعد از هضم شدن کامل، نمونه در محیط آزمایشگاه قرار گرفت تا کاملاً سرد شد و سپس 25 سی سی اسیدنیتریک 1 در صد به آن اضافه گردید تا رقیق شود. سپس نمونه از کاغذ صافی واتمن 42 عبور داده شد و به درون بطری‌هایی که از قبل ضدعفونی و وزن شده بودند، ریخته شد و بطری‌های حاوی محلول دوباره وزن شدند (۱۲). محلول حاصل به دستگاه ICP-OES تزریق شد. بعد از شناسایی کادمیوم بر اساس طول موج مشخص، میزان غلظت فلز کادمیوم دربافت‌ها محاسبه شد. با استفاده از نرم افزار SPSS ۱۶,۰ و نرم افزار اکسل(Excel) به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شد. جهت به‌دست آوردن سطح معنی‌داری بین جنس فوک‌های نمونه‌گیری شده با غلظت فلز و هم‌چنین بین مکان جمع آوری فوک‌ها با غلظت فلز از آزمون تی استفاده شد و هم‌چنین برای به-دست آوردن سطح معنی‌داری بین غلظت فلز با اندازه طول فوک-ها از آزمون پیرسون استفاده شد ($P<0.05$).

نتایج

غلظت کادمیوم در نمونه‌های تهیه شده از بافت کلیه با میانگین ۰/۷۳±۱۳/۵۹ میکروگرم بر گرم، بیشتر از بافت کبد با میانگین۰/۱۶ ± ۱/۶میکروگرم بر گرم و بیشتر از چربی با میانگین ۰/۰۲± ۰/۰۷ میکروگرم بر گرم بود (بافت چربی < بافت کبد < بافت کلیه). بیشترین و کمترین مقدار غلظت کادمیوم در بافت کبد به‌ترتیب ۳/۸۹ و ۰/۰۱ میکروگرم بر گرم بود. بیشترین و کمترین مقدار غلظت فلز کادمیوم در بافت کلیه به‌ترتیب ۵۹/۰۴ و ۰/۳ میکروگرم بر گرم بود. و همچنین بیشترین و کمترین مقدار فلز کادمیوم در بافت چربی ۰/۰۹ و ۰/۰۱ بود(جدول ۱). نتایج حاصل از آزمون پیرسون بیان-گر ارتباط مثبت و معنی‌دار اندازه طول فوک خزری با غلظت کادمیوم در بافت‌های مورد بررسی بود. به این ترتیب که با افزایش اندازه طول بدن، غلظت کادمیوم در فوک‌های نمونه گیری شده افزایش می‌یابد (جدول ۲). همان‌طور که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود، بین غلظت فلز کادمیوم در بافت کبد، کلیه و چربی فوک‌ها و جنس فوک‌ها رابطه معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$). همچنین رابطه معنی‌داری بین میزان آلودگی فلز کادمیوم در بافت کبد، کلیه و چربی فوک‌ها و مکان جمع آوری فوک‌های خزری مشاهده نشد(۴).

جدول۱- نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت کادمیوم در بافت‌های فوک‌های خزری بر اساس طول بدن، جنس و محل نمونه‌گیری

Table 1- Results from measurement of cadmium concentrations in the tissues of the Caspian seals based on body length, sex and sampling site.

شماره نمونه		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	میانگین
محل صید		ب	م	ب	م	م	ب	ب	م	م	ب	
جنس		ماده	ماده	نر	ماده	ماده	نر	نر	نر	نر	نر	
اندازه بدن(سانتیمتر)		۱۱۵	۱۳۰	۱۱۸	۱۴۰	۱۳۲	۱۰۰	۹۹	۱۳۶	۹۵	۱۵۰	
غلظت کادمیوم (میکروگرم برگرم)	کبد	۰/۲	۰/۵	۰/۲	۳/۸۱	۰/۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۱/۲۳	۰/۰۱	۳/۸۹	۱/۶±۰/۱۶
	کلیه	۰/۴	۲/۶۲	۰/۵	۵۳/۵۹	۲/۶۹	۰/۳	۰/۳	۲/۹۳	۰	۵۹/۰۴	۱۳/۵۹±۰/۷۳
	چربی	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۹	۰	۰	۰/۰۹	۰	۰/۰۹	۰/۰۷±۰/۰۲

م= میانکاله، ب= بندرترکمن.

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون پیرسون بر مقادیر کادمیوم در بافت‌ها و رابطه آن با اندازه طول فوک‌ها

Table 2- Results of Pearson test on cadmium values in tissues and their relationship with the size of Caspian seals lengths

	طول بدن	غلظت کادمیوم
طول بدن	۱	۰/۰۰۶**
غلظت کادمیوم	۰/۰۰۶**	۱

$(p<0.05)^{**}$.

جدول۳- نتایج حاصل از آزمون تی بین جنس فوک‌ها و غلظت کادمیوم در بافت‌ها

Table 3- The results of the T-test between Caspian seals sex and cadmium concentrations in tissues

میزان غلظت کادمیوم در بافت‌های کبد، کلیه و چربی	فراوانی	P	T
غلظت کادمیوم در بافت کبد	۱۵۸/۷۲۰	۰/۰۷	۲/۶۷۰
غلظت کادمیوم در بافت کلیه	۷۶۱/۵۳۳	۰/۱۵	۱/۸۶۷
غلظت کادمیوم در بافت چربی	۲۰/۷۰	۰/۰۷	۲/۷۲۹

جدول ۴- نتایج حاصل از تست آزمون تی بین مکان جمع آوری لاشه فوک‌ها و غلظت کادمیوم در بافت‌ها

Table 4- Results of T-test for determining the location of corpses of Caspian seals and the concentration of cadmium in tissues

میزان غلظت کادمیوم در بافت‌های کبد، کلیه و چربی	فراوانی	P	T
غلظت کادمیوم در بافت کبد	۵۱/۰۵	۰/۰۶	۲/۵۶۷
غلظت کادمیوم در بافت کلیه	۵۸/۳۷۰	۰/۱۴	۱/۸۲۰
غلظت کادمیوم در بافت چربی	۱۵/۵۸۳	۰/۰۷	۲/۳۸۲

بحث و نتیجه گیری

مطالعات بافت‌شناسی می‌تواند به عنوان ابزار مفیدی برای ارزیابی آسیب‌های ناشی از فلزات سنگین به کار رود. امروزه با صنعتی شدن اکثر شهرها و ایجاد کارخانه‌ها در مناطق شهری و عدم استفاده صحیح از سیستم فاضلاب در اکثر کارخانه‌ها این آلاینده-ها بخش اعظم محیط زیست موجودات زنده را تهدید می کنند، به طوری‌که حتی باعث نابودی برخی از گونه‌های جانوری و گیاهی در چنین مناطقی شده‌اند و این موضوع در سال‌های اخیر اکثر محققین را بر آن داشته تا از موجوداتی متعلق به خود اکوسیستم استفاده کرده، و با کمک آنها میزان این آلاینده ها را محاسبه نمایند. این موجودات معمولاً نسبت به میزان این آلودگی‌ها حساس بوده و برای از بین بردن اثر سمی این مواد، آنها را در بدن خود انباشته می‌سازند که این خود می تواند کمک ارزنده ای برای محاسبه این مواد باشد(۱۳). فوک‌ها به‌دلیل پراکنش جهانی و قرار گرفتن در قله هرم غذایی و بیولوژی خاص خود همواره به‌عنوان شاخص‌های زیستی برای آلودگی‌ها محسوب می‌شوند. فوک دریای خزر به‌عنوان یکی از اندیکاتورهای اصلی برای مواد آلاینده این دریا شناخته شده است. مواد آلاینده در اندام‌ها و بافت‌های این جانور در حد نسبتا بالایی تجمع می‌یابد که نشان از تغییرات شدید اکوسیستم دریا است. پری زنگنه و لاکان در سال 2007 به بررسی غلظت فلزات سنگین از جمله کادمیوم، آلومینیوم، نیکل و مس در رسوبات سطحی قسمت جنوبی دریای خزر پرداختند .نتایج مطالعه بیانگر بالابودن غلظت این فلزات در رسوبات بود که ناشی از تخلیه میزان قابل توجهی از آلاینده‌های انسانی به دریای خزر می‌باشد(۱۴). باتوجه به مشابه بودن محل نمونه‌گیری رسوبات این مطالعه با محل صید لاشه‌های فوک خزری در مطالعه حاضر، بالا بودن غلظت کادمیوم در نمونه-ها قابل انتظار بود.

میزان مجاز اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای کادمیوم ۰/۱ میکروگرم بر گرم می‌باشد. در مطالعه حاضر مقدار میانگین فلز کادمیوم در دو بافت کبد و کلیه بالاتر از حد مجاز و در بافت چربی در حد آستانه حد مجاز اندازه گیری شد. مطالعات محدود مشابه بر روی گونه‌های ماهی بیان‌گر بالا بودن و یا در حد آستانه بودن غلظت فلز کادمیوم در قسمت جنوبی دریای خزر می‌باشد. برزو و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی روی سه نوع ماهی دریای خزر شامل کپور (*Cyprinus carpio*)، سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کفال (*Liza aurata*) پرداختند. غلظت کادمیوم در این سه نوع ماهی به ترتیب ۰/۲، ۰/۶ و ۰/۴ میکروگرم بر گرم اندازه گیری کردند. نتایج بیان‌گر در حد آستانه بودن میزان این فلز نسبت به استاندارد جهانی بود (۱۵). هم‌چنین در سال ۲۰۱۶ باقری توانی و نوروزی به بررسی غلظت کادمیوم در ماهی کفال طلایی پرداختند. میزان غلظت کادمیوم ۱/۲۳ میکروگرم بر گرم اندازه گیری کردند. نتایج بیان‌گر بالابودن غلظت کادمیوم از حد مجاز

می‌باشد(۱۶). نجم و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بررسی میزان غلظت فلزات سنگین (سرب، کروم و کادمیوم) بافت‌های مختلف ماهی کیلکا و سه خاره دریای خزر پرداختند و میزان فلز کادمیوم بالاتر از حد مجاز بوده است (۱۷). با توجه به اینکه غذای اصلی فوک خزری شامل ماهی کیلکا که در سالهای اخیر جمعیتش کاهش یافته است و هم‌چنین سایر ماهی‌های کوچک می‌باشد. و با توجه به مطالعات صورت گرفته، میزان این فلز در ماهی‌ها از حد آستانه مجاز بیشتر است، آلودگی فوک‌های خزری به کادمیوم یک نگرانی عمده و حتمی می‌باشد.

اولین مطالعه جهت بررسی آلودگی فوک‌های خزری به فلزات سنگین توسط واتانابه و همکاران بر روی نمونه فوک‌هایی که در سال ۱۹۹۳ جمع آوری شد، انجام شد(۱۸). مطالعه بعدی توسط ایکمتو و همکاران بر روی نمونه فوک‌هایی که در سال ۱۹۹۸ جمع آوری شد، انجام شد(۱۹). مطالعه اخیر توسط آنان و همکاران در سال ۲۰۰۲ بر روی فوک خزری انجام گرفت(۲۰). با مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در سه مطالعه صورت گرفته با مطالعه حاضر، نتیجه میگیریم که میزان غلظت انواع فلزات سنگین از جمله سرب، جیوه و کادمیوم در فوک خزری روند افزایشی داشته است، و همچنین میزان غلظت فلزات سنگین در دریای خزر روز به روز در حال افزایش می‌باشد. از علل افزایش فلزات سنگین در دریای خزر به خصوص در سال‌های اخیر می‌توان به افزایش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی اشاره کرد. با توجه به صید لاشه‌های فوک خزری از قسمت‌های بندر ترکمن و میانکاله و تحت تاثیر قرارداشتن این مناطق به منابع متعدد آلاینده که از مهمترین آنها می‌توان به مراکز صنعتی بندرترکمن و بهشهر اشاره کرد که پساب حاصل از این مناطق به طور مستقیم وارد دریای خزر می‌شود، موجب افزایش غلظت فلزات سنگین شده است.

در این مطالعه رابطه مثبتی بین غلظت فلزات سنگین و طول بدن فوک‌های خزری و در واقع سن آنها دیده شده است. در سه مطالعه انجام شده بر روی فوک خزری در سال‌های گذشته نیز نتایج مشابه ثبت گردیده است. با افزایش سن فوک خزری مدت زمان زیادتری در معرض فلزات سنگین قرار گرفته، در نتیجه میزان انباشتگی فلزات در افراد مسن‌تر و بزرگ‌تر افزایش می‌یابد(۲۱).

مطالعات متعددی در ماهی صورت گرفته است که بیان‌گر رابطه مثبت بین جنسیت و غلظت فلزات سنگین می‌باشد، اما نتایج سایر مطالعات صورت گرفته بر پستانداران دریایی، به‌طور کلی بیان‌گر این مطلب بوده است که عامل جنسیت تاثیر زیادی بر میزان جذب فلزات سنگین در پستانداران دریایی ندارد(۲۲). در این مطالعه نیز تفاوت بارزی در میزان آلودگی دو جنس نر و ماده به فلزات سنگین دیده نشد. با وجود این با توجه به اینکه اکثر مطالعات صورت گرفته بر پستانداران دریایی همانند مطالعه حاضر از تعداد نمونه‌های پایین تشکیل شده است، به علت اینکه کمتر موفق به دستیابی به لاشه پستانداران دریایی نسبت به سایر گونه‌ها چون ماهی می‌شوند، انجام مطالعات وسیع‌تر ضروری است.

با بررسی مطالعات گوناگون صورت گرفته بر روی فوک خزری، ماهی‌ها و رسوبات دریای خزر و میزان بالابودن غلظت فلزات سنگین ازجمله کادمیوم و آلوده بودن دریای خزر، باید اقدامات جدی جهت جلوگیری از ورود انواع مختلف آلاینده‌ها به‌خصوص فلزات سنگین که تجزیه ناپذیر بوده و سال‌های سال در اکوسیستم باقی می‌ماند و سلامت آبزیان و اکوسیستم را تحت تاثیر قرار می‌دهند، بسیار مهم تلقی می‌شود. از جمله این اقدامات شناسایی منابع این آلاینده‌ها و راه ورودشان به دریای خزر، تصفیه پساب‌های حاصل از فعالیت‌های صنعتی و جلوگیری از ورود فلزات سنگین به دریای خزر است.

منابع

1. Agusa, T., Cainito, T., Tanabe, S., Pourkazemi, M., and Aubrey, D.G. 2004. “Concentrations of trace elements

in muscle of sturgeons in the Caspian Sea." J. Marine Pollution Bulletin. Vol .49, pp, 789-800.

2. Burge,r J., Gochfeld, M. 2000. Metals in Laysan Albatrosses from Mid way Atoll . Arch Environ ContamToxi col. Vol. 38(2), pp ,254-259.
3. Greckeis, H.1993. Di analytic von schwermetallen in wassern. Institut Fur Nukleare Entsor gungstechnik INE,Forschungszentrum Karlsruhe Gm BH.
4. Bayat, I., Raufi, N.D., Nejat , M.1985 . Determination of mercury and other toxic eleme nts in fish and food stuffs using destructive neutron activation analysis. IAEA,Vienna.
5. Elsagh, A., Rabani, M. 2010. Determination of heavy metals in salt from filtration with water washing method and comparing with s tandard. 2nd Iranian Congress for Trace Elements. Iran.
6. Forstner U., Wittmann, G.T.W. 1983 . Metal pollution in the aquatic environment. Berlin: Springer. pp, 30-61.
7. Ghosh M., Singh, S. 2005. A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. Environmental Pollution. Vol .133(2), pp ,365-71.
8. Jager, L.P., Rijnierse, F.V.J.,1996. Esselink H, Baars AJ. Biomonitoring with the buzzard Buteo buteointhe Netherlands: heavy metals andsources of variation. J Ornithol. Vol .137(3), pp ,295-318.
9. Sobanska, M.A. 2005. Wild Boar Hair (*Sus scrofa)* as a Non-Invasive Indicator of MercuryPollutionSciof the Total Environ. Vol .339, pp ,81–88.
10. Watanabe,1., Kunito, T., Tanabe, S., Amano, M., Koyama, Y., Miyazaki, N., Petrov, E.A., Tatsukawa, R. 2002. Accumulation of Heavy Metals in Caspian Seals (*Phoca caspica*). J. Environmental. Contamination. Toxicology. Vol .43, pp, 109–120 .
11. Tanabe, S., Satoko, N., Tu Binh, M., Nobuyuki, M., Evgeny, A., Petrov, S. 2003. Temporal Trends of Persistent Organochlorine Contamination in Russia: A Case Study of Baikal and caspean seal. Arch.J. Environmental. Contamination. Toxicology. Vol .44, pp, 533–545.
12. Gdula-Argasińska, J., Appleton, J., Sawicka-Kapusta, K., Spence, B. 2004. Further investigation of the heavy metal content of the teeth of the bank vole as an exposure indicator of environmental pollution in Poland. Environmental Pollution. Vol. 131(1), pp, 71-79.
13. Shojae, N. 2011. Demographic structure of Petroleciscus esfahani bride in Zayandehrood River in response to Cadmium contamination. Master's thesis, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, 72.
14. Parizangeneh, A.H., Lakan, C. 2007. Investigation on the concentration of heavy metals in surface sediments of the coast of the Persian Gulf. Water and Sewer No. 63. (in Persian)
15. Borzo, E., Zakipour, E., Sahari, M.A.2016. Determination of heavy

metals (lead, nickel and cadmium) pollution in three types of Caspian Sea fish (Bandar Turkman area). Journal of Food Processing and Production Year 6, Number Four. (in Persian)

16. Bagherytavani, M., Norouzi, M.2016. Monitoring the pollution of lead and cadmium in the southern basin of the Caspian Sea due to golden mullahs using the GIS system. Aquatic Ecology . Vol .6 (2), pp, 101-115. . (in Persian)
17. Najm, M., Shokrzadeh, M., Fakhar, M., Sharif, M., Hoseini, S.M., Rahimi Osboe, B., Habibi, f. 2013. Investigation of the concentration of heavy metals in different cliches and three species of Caspian Sea. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences , Vol .24(113), pp, 185-192. . (in Persian).
18. Watanabe, M., Tanabe, S., Tatsukawa, R., Amano, M., Miyazaki, N., Petrov, E.A., Khuraskin, S.L. 1999. Contamination Levels and Specific Accumulation of Persistent Organochlorines in Caspian Seal *(Phoca caspica)* from the Caspian Sea, Russia. Journal of Arch. Journal Environmental. Contamination. Toxicology. Vol .37, pp, 396-407.
19. Ikemoto, T., Kunito, T., Watanabe, I., Yasunaga, G., Baba, N., Miyazaki, N., Evgeny, A., Petrov, M., Tanabe, S. 2004. Comparison of trace element accumulation in Baikal seals (*Pusa sibirica*), Caspian seals (*Pusa caspica*) and northern fur seals (*Callorhinus ursinus*).J Environmental Pollution. Vol .127, pp, 83-97.
20. Anan, Y., Kunito, T., Ikemoto, R., Kubota, I., Watanabe, S., Tanabe, N., Miyazaki, E.A., Petro, V. 2002. Elevated Concentrations of Trace Elements in Caspian Seals (Phoca caspica) Found Stranded During the Mass Mortality Events in 2000. Vol. 42(3), pp, 354-362.
21. Saeki, K., Nakajima, M., Loughlin, T.R., Calkins, D.C., Baba, N., Kiyota, M., Tatsukawa, R. 2001. Accumulation of silver in the liver of three species of pinnipeds. J Environ. Pollut. Vol . pp, 112:19-25.
22. OShea, T.J. Reynolds, J.E., Rommel, S.A. 1999. Environmental contaminants and marine mammals. In: Biology of Marine Mammals. Smithsonian Institution Press, Washington. pp, 485–563.