بسم الله الرحمن الرحيم

۹۰-۳۲۱-۰۲
دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی
گروه بیولوژی دریا

پایان نامه کارشناسي ارشد رشته بیولوژی دریا، گرایش آلودگی دریا

مطالعه تأثیر پدیده مونسون بر تغییرات غلظت فلزات سنگین (**Pb, Ni, Cu, Cd** و **Zn**) در رسوب و دوکفه ای ***Saccostrea cucullata*** درسواحل جزر و مدی چابهار (حدفاصل گواتر تا پزم)

استادان راهنما:
دکتر علیرضا صفاهیه
دکتر محمدتقی رونق

استادان مشاور:
دکتر بیتا ارچنگی
مهندس محمدعلی حمزه

پژوهشگر:
ساحل پاکزاد توچایی

مهر ماه ۱۳۹۰

كليه حقوق مادي مترتب بر نتايج مطالعات، ابتكارات و نوآوري هاي ناشي از تحقيق موضوع اين پايان نامه متعلق به دانشگاه علوم و فنون دريايي خرمشهر است.

پروردگارا تو راسپاس که فرصتی به من عطا نمودی تا گامی در کسب دانش بردارم که بی تو هیچ آغازی به پایان نمی رسید.

با سپاس

از آقایان **دکتر علیرضا صفاهیه** و **دکتر محمدتقی رونق** که هدایت این تحقیق بر عهده ایشان بود و زحمت بسیاری را متحمل و مرا صمیمانه راهنمایی و تشویق نمودند

از خانم **دکتر بیتا ارچنگی** که از مشاوره ایشان سود بسیار بردم

از آقای **مهندس محمدعلی حمزه** ریاست محترم مرکز اقیانوس شناسی دریای عمان واقیانوس هند(چابهار)که علاوه بر مشاوره، در تمام فصول نمونه برداری اینجانب را یاری رساندند،

از اساتید محترم دانشکده که از ایشان بسیار آموختم

ازکارشناسان محترم آزمایشگاههای دانشکده آقای **محسن گراوند** وخانمها **جلیلیان و حمیدی**

از دوست گرامیم آقای **عمار مریم‌آبادی** کارشناس مسئول آزمایشگاه معتمد که صادقانه مرا یاری نمود

از دوست وهمکلاسی عزیزم آقای **محمدرضا سامانی** که در دوران تحصیل همراه من بود و ازایشان نیز بسیار آموختم

از پرسنل محترم مرکز اقیانوس شناسی چابهار بخصوص آقای **مهندس بسکله** و آقای **مخبری**

از کلیه اساتید ودوستانی که ذکر نامشان در این مقال نمی‌گنجد

از **همسر** صبورم که در تمام لحظات یاریگر و مشوق من بود.

در پایان خالصانه ترین و بی ریا ترین تشکر را تقدیم می دارم به **پدر و مادر** عزیزم وبر دستانشان بوسه می زنم.

تقدیم به

اسوه صبر و تفکر

پدرم **که همه وجودم از اوست**

حامی مهربانم

مادرم **که دعایش بدرقه راه من است**

خواهرم **که بودنش معنای امید است**

همسرم **که همیشه یاور و همراه من است**

و

کیهان دلبندم

نام: ساحل **نام خانوادگی:** پاکزاد توچای

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته و گرایش:** زیست شناسی دریا- آلودگی دریا

اساتید راهنما: دکتر علیرضا صفاهیه، دکتر محمدتقی رونق

اساتید مشاور: دکتر بیتا ارچنگی، مهندس محمدعلی حمزه تاریخ دفاع : **۱۳۹۰/۷/٤**

کلید واژه ها: مونسون، فلزات سنگین، دوکفه ای *Saccostrea cucullata*، سواحل چابهار

چکیده

فلزات سنگین موجود در محیط های دریایی از دو منبع طبیعی و انسانی منشأ می گیرند و اهمیت مطالعات فلزات سنگین معمولاً در ارتباط با مسایل آلودگی و سمیت آنها است. در سال ۱۳۸۹ این تحقیق به منظور بررسی تأثیر پدیده مونسون بر تغییرات غلظت فلزات سنگین Cd، Cu، Ni، Pb و Zn در رسوب و بافت های نرم و سخت دوکفه ای *Saccostrea cucullata* در سواحل جزر و مدی چابهار (در امتداد گواتر تا پزم) صورت گرفت. برای انجام کار ایستگاه های گواتر، بریس، رمین، چابهار، تیس و پزم انتخاب شدند. نمونه برداری از رسوب و دوکفه ای از هر یک از ایستگاه ها در فصل های پیش مونسون، مونسون و پس از مونسون (به ترتیب اردیبهشت، مرداد و آبان) در هنگام جزر انجام شد. غلظت عناصر بعد از آماده سازی نمونه ها، توسط دستگاه جذب اتمی SAVANTAA مدل Σ اندازه گیری گردید. غلظت Cd، Cu، Ni، Pb و Zn در رسوب به ترتیب ۰/۳۶، ۴/۹۷، ۱۷/۱۴، ۸/۸۸ و ۲۴/۹۳ میکروگرم بر گرم بر وزن خشک اندازه گیری شد. غلظت های ۱۱/۵۳، ۴۴۱، ۶/۰۵، ۱/۱۱ و ۱۲۶۵/۶۲ میکروگرم بر گرم بر وزن خشک نیز به ترتیب برای فلزات Cd، Cu، Ni، Pb و Zn در بافت نرم صدف به دست آمد. غلظت فلزات Cd، Cu، Ni، Pb و Zn در بافت سخت صدف نیز به ترتیب ۰/۸۷، ۱/۳۳، ۶/۶۵، ۰/۶۷ و ۷/۷۶ میکروگرم بر گرم اندازه گیری گردید. تفاوت غلظت فلزات در بین فصل های مختلف توسط آزمون One Way ANOVA بررسی شد. بر اساس نتایج به دست آمده عدم تفاوت غلظت Cd و Ni می تواند ناشی از وجود منشأ طبیعی آن در این سواحل باشد. روند افزایشی فلزات Cu و Zn رسوب از پیش مونسون به پس از مونسون نیز می تواند ناشی از بارندگی و آشفتگی رسوبات ساحلی باشد. غلظت Pb رسوب نیز در مونسون و پس از آن افزایش یافت. به دلیل تمایل فلز سرب به نشست سریع و رسوب گذاری، می توان گفت افزایش غلظت این فلز در مونسون و پس از مونسون ناشی از شستشو و جاری شدن آبهای ساحلی و از سرگیری مجدد فعالیت شناورها در پس از مونسون است. تفاوت غلظت فلزات Cd، Ni و Pb در بافت نرم دوکفه ای در بین فصل های مختلف معنی دار بود و از فصل پیش مونسون به پس از مونسون افزایش یافت. عامل افزایش دهنده غلظت این فلزات در بافت نرم صدف را می توان جریانات فراجوشش و افزایش تولیدات پلانکتونی دانست. روند افزاشی فلز Cd در پوسته از پیش مونسون به پس از مونسون می تواند ناشی از در دسترس بودن فلز Cd باشد. الگوی کاهش فلز Cu و Zn در بافت نرم از پیش مونسون به پس از مونسون نیز می تواند به دلیل فصل تولید مثل دوکفه ای در تابستان باشد. افزایش غلظت فلزات Ni و Pb بافت سخت از پیش مونسون به پس از مونسون نیز می تواند ناشی از تغییر غلظت این فلز در محیط اطراف دوکفه ای و ناشی از فعالیت پدیده مونسون باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پدیده مونسون می تواند بر تغییر غلظت فلزات سنگین در رسوب و بافت های دوکفه ای این منطقه موثر و دخیل باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ اثر فاکتورهای محیطی و فصلی بر غلظت فلزات سنگین ۶

۱-۳ پدیده مونسون ۶

۱-۴ پیشینه مطالعات ۱۰

فصل دوم: مواد و روشها ۱۵

۲-۱ منطقه مورد مطالعه ۱۶

۲-۲ نمونه برداری ۲۴

۲-۳ عملیات آزمایشگاهی ۲۶

۲-۳-۱ آماده سازی نمونه ها ۲۶

۲-۳-۲ هضم نمونه ها ۲۸

۲-۳-۳ سنجش غلظت فلزات سنگین ۲۹

۲-۴ تجزیه و تحلیل آماری داده ها ۳۰

فصل سوم: نتایج ۳۲

۳-۱ فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب دریا در فصول مختلف ۳۲

۳-۲ غلظت فلزات سنگین در رسوب ۳۴

۳-۲-۱ غلظت فلزات سنگین رسوب در بین ایستگاه های مورد مطالعه ۳۴

۳-۲-۲ غلظت فلزات سنگین رسوب در فصول مورد مطالعه درهر ایستگاه ۳۹

۳-۲-۳ مقایسه فصلی غلظت فلزات سنگین رسوب سواحل جزر و مدی چابهار ۴۲

۳-۳ غلظت فلزات سنگین در بافت نرم دوکفه ای *Saccostrea cucullata* ۴۵

۳-۳-۱ غلظت فلزات سنگین بافت نرم دوکفه ای در بین ایستگاه های مورد مطالعه ۴۵

۳-۳-۲ غلظت فلزات سنگین بافت نرم دو کفه ای در فصول مورد مطالعه درهر ایستگاه ۵۰

۳-۳-۳ مقایسه فصلی غلظت فلزات سنگین بافت نرم دوکفه ای سواحل جزر و مدی چابهار ۵۳

۳-۴ غلظت فلزات سنگین درپوسته دوکفه ای ۵۶

۳-۴-۱ غلظت فلزات سنگین بافت سخت دوکفه ای در بین ایستگاه های مورد مطالعه ۵۶

۳-۴-۲ غلظت فلزات سنگین بافت سخت دو کفه ای در فصول مورد مطالعه درهر ایستگاه ۶۱

۳-۴-۳ مقایسه فصلی غلظت فلزات سنگین در پوسته دوکفه ای سواحل جزر و مدی چابهار ۶۴

۳-۵ همبستگی بین غلظت فلزات رسوب، بافت نرم و سخت دوکفه ای در سه فصل ۶۷

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری ۷۵

۴-۱ فلزات سنگین در رسوب ۷۵

۴-۱-۱ غلظت فلزات سنگین رسوب در بین ایستگاه های مورد مطالعه ۷۵

۴-۱-۲ غلظت فلزات سنگین رسوب در فصول مورد مطالعه درهر ایستگاه ۸۱

۴-۱-۳ مقایسه فصلی غلظت فلزات سنگین رسوب سواحل جزر و مدی چابهار ۸۲

۴-۲ فلزات سنگین در دوکفه ای *S. cucullata* ۸۵

۴-۲-۱ غلظت فلزات سنگین دوکفه ای در بین ایستگاه های مورد مطالعه ۸۵

۴-۲-۲ غلظت فلزات سنگین بافت نرم و سخت دوکفه ای در فصول مورد مطالعه در هر ایستگاه ۹۴

۴-۲-۳ بررسی تأثیر پدیده مونسون بر تغییرات غلظت فلزات سنگین در دوکفه ای در منطقه مورد مطالعه ۹۶

۴-۳ همبستگی غلظت فلزات سنگین Pb, Ni, Cu, Cd و ZN در بین نمونه های مختلف ۹۹

۴-۴ مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوب و بافت نرم دوکفه ای *S. cucullata* با استانداردهای موجود ۱۰۲

نتیجه گیری کلی ۱۰۵

پیشنهادات ۱۰۷

منابع ۱۰۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ ایستگاه های مورد مطالعه ۱۷
جدول ۳-۱ غلظت فلزات سنگین رسوب در فصول مورد مطالعه در هر ایستگاه ۴۱
جدول ۳-۲ غلظت فلزات سنگین بافت نرم دوکفه ای در فصول مورد مطالعه در هر ایستگاه ۵۲
جدول ۳-۳ غلظت فلزات پوسته دوکفه ای در فصول مورد مطالعه در هر ایستگاه ۶۳
جدول ۳-۴ همبستگی غلظت فلزات در بین رسوب، بافت نرم و سخت صدف در فصول مورد مطالعه ۶۸
جدول ۴-۱ مقایسه روند تجمع فلزات سنگین در رسوب سواحل چابهار با سایر نقاط آبی جهان ۸۰
جدول ۴-۲ مقایسه روند تجمع فلزات سنگین در بافت نرم صدف *S. cucullata* سواحل چابهار با سایر نقاط آبی جهان ۹۳
جدول ۴-۳ مقایسه غلظت فلزات در رسوب سواحل چابهار با استانداردهای رسوب موجود ۱۰۲
جدول۴-۴ مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین درعضله صدف خوراکی با استانداردادهای مختلف ۱۰۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ بستر دو کفه ای *Saccostrea cucullata* در سواحل دریای عمان..... ۱۰
شکل ۱-۲ دو کفه ای *S. cucullata* ۱۰
شکل ۲-۱ نقشه مربوط به ایستگاه های نمونه برداری در سواحل دریای عمان ۱۷
شکل ۲-۲ موقعیت ایستگاه گواتر در سواحل چابهار..... ۱۸
شکل ۲-۳ گواتر پیش از مونسون ۱۸
شکل ۲-۴ گواتر در مونسون ۱۸
شکل ۲-۵ گواتر پس از مونسون..... ۱۸
شکل۲ -۶ موقعیت ایستگاه بریس در سواحل چابهار..... ۱۹
شکل ۲-۷ بریس پیش از مونسون ۱۹
شکل ۲-۸ بریس در مونسون ۱۹
شکل ۲-۹ بریس پس از مونسون ۱۹
شکل ۲-۱۰ موقعیت ایستگاه رمین درسواحل چابهار ۲۰
شکل ۲-۱۱ رمین پیش از مونسون ۲۰
شکل ۲-۱۲ رمین در مونسون ۲۰
شکل ۲-۱۳ رمین پس از مونسون ۲۰
شکل ۲-۱۴ موقعیت ایستگاه چابهار درسواحل چابهار ۲۱
شکل ۲-۱۵ چابهار پیش از مونسون ۲۱
شکل ۲-۱۶ چابهار در مونسون ۲۱
شکل ۲-۱۷ چابهار پس از مونسون ۲۱
شکل ۲-۱۸ موقعیت ایستگاه تیس درسواحل چابهار ۲۲
شکل ۲-۱۹ تیس پیش از مونسون ۲۲
شکل ۲-۲۰ تیس درمونسون ۲۲
شکل ۲-۲۱ تیس پس از مونسون ۲۲
شکل ۲-۲۲ موقعیت ایستگاه پزم در سواحل چابهار ۲۳
شکل ۲-۲۳ پزم پیش از مونسون ۲۳
شکل ۲-۲۴ پزم در مونسون ۲۳

شکل ۲-۲۵ پزم پس از مونسون ۲۳
شکل ۲-۲۶ فراوانی صدف *S. cucullata* در ساحل تیس ۲۵
شکل ۲-۲۷ نمونه برداری از صدف ۲۵
شکل ۲-۲۸ صدفهای هم اندازه نمونه برداری شده جهت انجام مطالعه ۲۵
شکل ۲-۲۹ بیو متری صدفها ۲۵
شکل ۲-۳۰ جداسازی پوسته ۲۶
شکل ۲-۳۱ جداسازی بافت نرم صدف *S. cucullata* ۲۷
شکل ۲-۳۲ توزین بافت نرم صدف *S. cucullata* ۲۷
شکل ۲-۳۳ بافت نرم صدف *S. cucullata* بعد از خشک شدن ۲۸
شکل ۲-۳۴ هضم نمونه ها با استفاده از دستگاه Hot plat digester ۲۹
شکل ۲-۳۵ دستگاه جذب اتمی ۳۰
شکل ۳-۱ مقایسه میزان pH در بین فصول مختلف ۳۳
شکل ۳-۲ مقایسه میزان شوری در بین فصول مختلف ۳۳
شکل ۳-۳ مقایسه میزان دمای آب در بین فصول مختلف ۳۴
شکل ۳-۴ غلظت فلز Cd رسوب در بین ایستگاه های مختلف ۳۵
شکل ۳-۵ غلظت فلز Cu رسوب در بین ایستگاه های مختلف ۳۶
شکل ۳-۶ غلظت فلز Ni رسوب در بین ایستگاه های مختلف ۳۷
شکل ۳-۷ غلظت فلز Pb رسوب در بین ایستگاه های مختلف ۳۸
شکل ۳-۸ غلظت فلز Zn رسوب در بین ایستگاه های مختلف ۳۹
شکل ۳-۹ مقایسه فصلی غلظت Cd رسوب سواحل چابهار..... ۴۲
شکل ۳-۱۰ مقایسه فصلی غلظت Cu رسوب سواحل چابهار ۴۳
شکل ۳-۱۱ مقایسه فصلی غلظت Ni رسوب سواحل چابهار ۴۳
شکل ۳-۱۲ مقایسه فصلی غلظت Pb رسوب سواحل چابهار ۴۴
شکل ۳-۱۳ مقایسه فصلی غلظت Zn رسوب سواحل چابهار ۴۴
شکل ۳-۱۴ غلظت فلز Cd بافت نرم دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۴۶
شکل ۳-۱۵ غلظت فلز Cu بافت نرم دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۴۷
شکل ۳-۱۶ غلظت فلز Ni بافت نرم دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۴۸
شکل ۳-۱۷ غلظت فلزPb بافت نرم دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۴۹
شکل ۳-۱۸ غلظت فلز Zn بافت نرم دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۵۰
شکل ۳-۱۹ مقایسه فصلی غلظت Cd بافت نرم دوکفه ای سواحل چابهار ۵۳
شکل ۳-۲۰ مقایسه فصلی غلظت Cu بافت نرم دوکفه ای سواحل چابهار ۵۴
شکل ۳-۲۱ مقایسه فصلی غلظت Ni بافت نرم دوکفه ای سواحل چابهار ۵۴
شکل ۳-۲۲ مقایسه فصلی غلظت Pb بافت نرم دوکفه ای سواحل چابهار ۵۵

شکل ۳-۲۳ مقایسه فصلی غلظت Zn بافت نرم دوکفه ای سواحل چابهار ۵۵
شکل ۳-۲۴ غلظت فلز Cd پوسته دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۵۷
شکل ۳-۲۵ غلظت فلز Cu پوسته دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۵۸
شکل ۳-۲۶ غلظت فلز Ni پوسته دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۵۹
شکل ۳-۲۷ غلظت فلز Pb پوسته دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۶۰
شکل ۳-۲۸ غلظت فلزZn پوسته دوکفه ای در بین ایستگاه های مختلف ۶۱
شکل ۳-۲۹ مقایسه فصلی غلظت Cd پوسته دوکفه ای سواحل چابهار ۶۴
شکل ۳-۳۰ مقایسه فصلی غلظت Cu پوسته دوکفه ای سواحل چابهار ۶۵
شکل ۳-۳۱ مقایسه فصلی غلظت Ni پوسته دوکفه ای سواحل چابهار ۶۵
شکل ۳-۳۲ مقایسه فصلی غلظت Pb پوسته دوکفه ای سواحل چابهار ۶۶
شکل ۳-۳۳ مقایسه فصلی غلظت Zn پوسته دوکفه ای سواحل چابهار ۶۶
شکل ۳-۳۴ همبستگی بین غلظت Cd رسوب و بافت نرم در مونسون ۶۸
شکل ۳-۳۵ همبستگی بین غلظت Cd بافت نرم و بافت سخت در مونسون ۶۹
شکل ۳-۳۶ همبستگی بین غلظت Cu رسوب و بافت سخت در مونسون ۶۹
شکل ۳-۳۷ همبستگی بین غلظت Cu رسوب و بافت سخت در پس از مونسون ۷۰
شکل ۳-۳۸ همبستگی بین غلظت Cu بافت نرم و بافت سخت در مونسون ۷۰
شکل ۳-۳۹ همبستگی بین غلظت Ni رسوب و بافت نرم در پیش از مونسون ۷۱
شکل ۳-۴۰ همبستگی بین غلظت Ni رسوب و بافت سخت در پیش از مونسون ۷۱
شکل ۳-۴۱ همبستگی بین غلظت Ni رسوب و بافت سخت در مونسون ۷۲
شکل ۳-۴۲ همبستگی بین غلظت Ni بافت نرم بافت سخت در پیش از مونسون ۷۲
شکل ۳-۴۳ همبستگی بین غلظت Pb بافت نرم و بافت سخت در پیش از مونسون ۷۳
شکل ۳-۴۴ همبستگی بین غلظت Zn رسوب و بافت سخت درپیش از مونسون ۷۳
شکل ۳-۴۵ همبستگی بین غلظت Zn بافت نرم و بافت سخت در مونسون ۷۴
شکل ۳-۴۶ همبستگی بین غلظت Zn بافت نرم و بافت سخت در پس از مونسون ۷۴

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

در سال های اخیر ورود آلاینده های گوناگون به محیط های دریایی افزایش یافته و به عنوان یک خطر جدی برای این محیط ها به شمار می آیند. به دلیل مجاورت بسیاری از فعالیت های انسانی به سواحل، این اکوسیستم ها آسیب پذیری بیشتری نسبت به سایر اکوسیستم های دریایی دارند (Botte *et al*., 2007). در بین آلاینده های مختلف، فلزات سنگین نیز در محیط تجمع می یابند و بر زنجیره غذایی و بیولوژیکی موجودات اثرات سوء دارند و در صورت استفاده انسان از آبزیان آلوده، آسیب های متعددی ایجاد خواهند کرد (رحیمی و امین پور، ۱۳۸۹). فلزات سنگین گروهی از عناصر واسطه هستند که دارای جرم حجمی بیش از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب بوده و نمک های آنها عمدتاً در آب محلول می باشند (Duffus, 2002). به عبارت دیگر اصطلاح فلزات سنگین به عناصری از قبیل کادمیوم (Cd)، کروم (Cr)، مس (Cu)، جیوه (Hg)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، روی (Zn)، وانادیم (V) و فلزات دیگر که معمولاً در ارتباط با مسایل آلودگی و سمیت قرار دارند اتلاق می‌گردد (Moon and Chae, 2007). این ترکیبات از اجزای طبیعی محیط های مختلف از جمله محیط های دریایی محسوب می شوند (Wen Kuang *et al*., 2006). فرآیندهای اصلی افزایش دهنده غلظت فلزات سنگین در محیط های دریایی عوامل طبیعی شامل رودخانه ها، فعالیت های آتشفشانی و ته نشست های اتمسفری و یا از طریق بارندگی بر دریا و نواحی ساحلی (Fiantis *et al*., 2006; Ochieng *et al*., 2009) و فعالیتهای انسانی می باشد (Wills, 2000; Edith *et al*., 2009; Ashokkumar *et al*., 2009). مهم ترین فعالیت های انسانی که قادرند غلظت

فلزات سنگین را در اکوسیستم های دریایی افزایش دهند شامل کشتی رانی، تخلیه فاضلاب های شـهری و صـنعتی، معدن کاوی، سوزاندن سوخت های فسیلی و غیره هستند (Amman *et al*., 2002; Khalaf *et al*., 2009).

فرآیندهای بیولوژیک قادر به تجزیه فلزات سنگین نیستند و بر این اساس در صورت ورود به محیط های طبیعی مـی توانند در بافت های موجودات زنده تجمع یابند که به این فرآیند، تجمع زیستی[1] گفته می شود (UNEP, 2001; Gbaruko and Friday, 2007). به عبارت دیگر، تجمع زیستی عبارت از تجمع یک مـاده بـه وسـیله موجـود زنده از محیط می باشد (Hall, 2002). به دنبال تجمع فلزات در بافت های مختلف موجودات در صـورت انتقـال از هر سطح غذایی[2] به سطح غذایی دیگر، میزان آن افـزایش یافتـه کـه بـه آن بزرگنمـایی زیـستی[3] گفتـه مـی شـود (Gray *et al*., 2002; Croteau *et al*., 2005).

فلزات سنگین از نظر بیولوژی به دو دسته ضروری و غیر ضروری[4] تقسیم می شوند. عناصری از قبیـل مـس، روی و کبالت ضروری بوده و تا غلظت معینی مورد نیاز موجودات هستند و در صورت افزایش غلظت سـمی خواهنـد بـود (Rainbow, 2002). به عنوان مثال توزیع مس در بـدن موجـودات زنـده بـسیار زیـاد اسـت و اعمـال مختلـف و متفاوتی را در گیاهان و حیوانات عهده‌دار می‌باشد و در تشکیل هموگلوبین و هموسیانین موجـودات دریـایی نقـش دارد (Fraga, 2005)، ولـی در غلظـت‌هـای زیـاد بـرای انـسان، حیوانـات و گیاهـان و حتـی بـرای فعالیـت‌هـای میکروارگانیزم‌ها نیز سمی است (Van Assche and Clijsters 1990; Duffus, 2002; Naumann *et al*., 2007). مهمترین تأثیر ناشی از افزایش غلظت و در نتیجه سمیت فلز مس در جانداران آلـی، تخریـب سیـستم عصبی، گوارشی و خونسازی است. استنشاق گرد و غبار ترکیبات و املاح مس باعث پرخون شدن مخـاط و نـسوج بینی و گاهی سوراخ شدن جدار و دیواره بینی می شود. دود مس فلزی یا املاح آن باعث ازدیاد ترشح بزاق، حالت تهوع و استفراق در دهان و معده، خونریزی معده و اسهال، گرفتگـی عـضلات و بـالاخره لـرز و لـرزش عـضلانی و ضعف و ناتوانی زیاد می‌شود. در تماس‌های مزمن کبد، کلیه‌ها و طحال ممکن است صدمه دیده و کم خونی ایجـاد شود (OhioEPA, 2002; NDPSC, 2003).

فلز روی نیز جزء فلزات ضروری دسته بندی می شود. دامنه حساسیت موجودات آبزی نسبت به روی وسیع می باشد (Lines *et al*., 2007). این فلز در افزایش سطح ایمنی بدن و کارکرد صحیح دستگاه ایمنی نقش مهمی دارد. فلز روی در ساختمان بیش از ۲۰۰ آنزیم در بدن شرکت دارد و علاوه بر شرکت در ساخت آنزیم ها، به عنوان تسریع کننده واکنش های بدن عمل می کند. فلز روی در ساختمان دزاکسی ریبونوکلئیک اسید و آنزیم کربورات هیدراز نقش دارد (Luke *et al*., 2003; Sidhu *et al*., 2005). کمبود روی باعث بروز

[1] Bioaccumulation
[2] Trophic level
[3] Biomagnification
[4] Essential and nonessential

اختلالات متعددی از قبیل اختلال در کارکرد سیستم ایمنی، افزایش شکنندگی گلبول های قرمز خون، کند شدن ترمیم زخم، عقب افتادگی رشد به علت کاهش عامل رشد شبه انسولین و افزایش سطح پاراتورمون می شود (Fraga, 2005).

دریافت غلظت های بالاتر از حد مجاز روی می تواند خطراتی را برای سلامتی انسان به همراه داشته باشد. اثرات کوتاه مدت استنشاق اکسید روی بر انسان موجب تب، کم خونی، التهاب پانکراس، تهوع، استفراغ، اختلال تنفسی و فیبروز ریه می شود (Barceloux, 1999; Plum *et al*., 2010). عنصر روی در ساختمان آنزیم کربوکسی پپتیداز که یکی از آنزیم های فرعی تبدیل کننده آنژیوتانسیون است، نقش مهمی ایفا می کند و مسمویت با آن از همین طریق می تواند در ایجاد فشار خون بالا دخیل باشد (Islam *et al*., 2007).

نیکل نیز در غلظت های کم می تواند در برخی از فعالیت های زیستی انسان نقش داشته باشد و افزایش غلظت آن قادر است اثرات مخربی به همراه داشته باشد. نیکل از منابع مختلفی از جمله هوا، آب، غذا و تنباکو وارد بدن انسان می شود. در صورتیکه این فلز با سولفور ترکیب شود یک ساختار هندسی محکمی را ایجاد می کند که می تواند در سنتز و تجزیه سلول های خونی اختلال ایجاد کند (Bennett, 1994; Salnikov *et al*., 2002). این فلز همچنین می تواند موجب التهابات پوستی، خارش و سوزش دست ها شود که این خارش می تواند به تاول های پوستی منجر شود. سردرد، تهوع، تنگی نفس و سیانوز (نرسیدن اکسیژن به بافت ها) تب و اختلال سیستم مرکزی مغز نیز از اثرات مسمویت با فلز نیکل است (اسماعیلی ساری،۱۳۸۱).

فلزات سنگین غیر ضروری عناصری می باشند که حتی در غلظت های بسیار اندک برای موجودات سمی و خطرناک بوده و در صورت ورود به بافت های موجودات، قادرند به آنها آسیب برسانند (Duruibe *et al*., 2007). از مهمترین این فلزات می توان به کادمیوم و سرب اشاره کرد.

فلز کادمیوم با کاربرد عمومی، تولید صنعتی و انتشار از سوخت های فسیلی بعد از فلز جیوه دومین فلز سمی در محیط دریایی می باشد. کادمیوم به دلیل پراکندگی وسیع در محیط های آبی به عنوان یک آلاینده مهم محسوب می شود (Miao and Wang, 2006). غلظت بالایی از کادمیوم به واسطه فعالیت های انسانی از جمله خاکستر حاصل از فعالیت های معدنی، خروجی های هوایی مربوط به فرایندهای گدازکاری و صنعتی و غیره به محیط های مختلف از جمله محیط های دریایی وارد می شوند. بررسی ها نشان می دهد که حدود ۶۰ درصد فلز کادمیوم رسیده به محیط های اقیانوسی ناشی از فعالیت های انسانی می باشد (Khalaf *et al*., 2009). عوارض ناشی از

مسومیت فلز کادمیوم را می توان فشار خون بالا، تخریب کلیه ها، تخریب بافت های بیضه و تخریب گلبول های قرمز خون دانست (Smirjdkova *et al*., 2005; Bernard, 2008).

مهمترین منبع ورود فلز سرب به محیط های دریایی فعالیت های انسانی هستند. فلز سرب از عناصر غیر ضروری بوده که در صورت ورود به بدن انسان و ورود به خون به راحتی قادر به تبادل با بافت ها و اندام ها می باشد (Anderlini, 2007). سرب قادر است در بافت های استخوانی جایگزین کلسیم شود و در بافت هایی مثل کلیه ها و مغز نیز تجمع یافته و اثرات مخربی را به همراه خواهد داشت. محل اصلی ذخیره فلز سرب در بدن معمولاً بافت های استخوانی و دندان هاست، در عین حال با غلظت های پایین تری در بافت هایی مثل کبد و کلیه نیز تجمع می یابد (Mudipalli, 2007). از علائم ورود فلز سرب می توان به خستگی، یبوست، از دست دادن اشتها، افتادگی و شل شدن عضلات اشاره کرد. در صورت تداوم تماس فرد با منبع آلوده کننده می توان عوارضی از قبیل کم خونی، فلج شدن عضلات دست و پا، اختلالات حافظه و نداشتن تمرکز حواس را نام برد. این فلز در شرایط حاد قادر است باعث اختلالات ژنتیکی و ایجاد آنسفالوپاتی (بیماری های استحاله مغز) گردد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱؛ Mudgal *et al*., 2010).

عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی متعددی در تجمع فلزات سنگین در بافت های موجودات زنده موثر هستند. از جمله این فرآیندها و عوامل می توان به پارامترهای محیطی (دما، شوری، pH، اکسیژن محلول، غلظت سایر مواد شیمیایی موجود) (Guo *et al*., 1997)، نوع ماده آلاینده (آلی یا معدنی)، شکل آلاینده، خواص آلاینده (آب دوستی،چربی دوستی و یا مقاومت در برابر تخریب)، پارامترهای بیولوژیک (از قبیل مرحله تکاملی، سن، جنس، وضعیت تولید مثلی و تغذیه ای موجود) (Wijnhoven *et al*., 2006) و قابلیت دسترسی زیستی[5] (میزان در معرض قرارگیری با آلاینده ها، ورودی های شیمیایی، مکانیسم های نقل و انتقال و درجه آلودگی) اشاره کرد (Lee *et al*., 2008; Loska and Wiechuła, 2000).

برخی از فلزات سنگین پس از ورود به محیط های دریایی به صورت محلول باقی می مانند. مقداری از این فلزات نیز توسط پیوندهای سست سولفیدی و یا آلی به ذرات معلق متصل می شوند. ذرات معلق حاوی فلزات سنگین، هنگام ته نشینی در رسوبات تجمع پیدا می کنند (Senze *et al*., 2008). فلزات سنگین پس از ورود به محیط های آبی و رسیدن به رسوبات قادرند با غلظت های بالایی در این بخش تجمع یابند. آلاینده های فلزی برای مدت طولانی در رسوبات باقی می مانند. میزان ماندگاری و سرنوشت فلزات تجمع یافته در رسوبات به پیوند با ذرات معلق بستگی دارد (Coung and Wang, 2000; Abdul-Wahab and Jupp, 2009). در عین حال بخشی از فلزات سنگین که دارای پیوندهای سست تری هستند در اثر اغتشاشات زیستی[6] (اثر فعالیت های

[5] Bioavailability
[6] Bioturbation

بیولوژیکی)[۷] (Zhihao *et al*., 2011) و تغییر شرایط فیزیکی و شیمیایی آبها و معلق شدن دوباره ذرات آزاد گردیده و غلظت فلزات را در آب افزایش می دهند (Chen and Jiao, 2008) و در صورتی که رسوبات تحت تأثیر جریانات فیزیکی آب قرار نگیرند، می توانند منبع سمی نسبتاً پایداری را بوجود آروند (Usero *et al*., 2008; Katsiry *et al*., 2009). بر این اساس رسوبات یکی از مهمترین منابع در بررسی تاریخچه آلودگی های یک اکوسیستم آبی هستند. لذا بررسی آلودگی فلزات سنگین در این بخش برای ارزیابی احتمالی آلودگی در یک منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است و می توان با بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوب یک منطقه به سطح ناپاکی موجود پی برد.

علاوه بر بررسی رسوبات جهت تعیین میزان ناپاکی، موجودات دریایی نیز به منظور تعیین وضعیت محیط مورد استفاده قرار می گیرند. زیرا موجودات دریایی از قبیل ماهی ها، دوکفه ای ها و جلبک ها می توانند فلزات سنگین را از طریق محلولهای آبی، غذا و یا بلعیدن ذرات حاوی فلزات دریافت کنند (Sokolova *et al*., 2005; Sundaram *et al*., 2010) که به این موجودات، نشانگرهای زیستی [۸] و به فرآیندی که در آن برای بررسی وضعیت محیط از موجودات زنده استفاده می شود، پایش زیستی[۹] اتلاق می گردد. پایشگرهای زیستی به موجوداتی گفته می شود که روند تغییرات غلظت ترکیبات مختلف در محیط، با غلظت این ترکیبات در بافت های آنها رابطه معنی داری را نشان دهد (Smith and Thomas, 2003; Corbin and Wade, 2004) و استفاده از آنها نه تنها وضعیت محیط را نشان می دهد، بلکه تخمین درستی از دسترسی زیستی فلزات را نیز فراهم می کند (Zhou *et al*., 2008; Ataabadi *et al*., 2011). بر این اساس با بررسی میزان آلاینده های مختلف از جمله فلزات سنگین در بافت های موجودات پایشگر در یک بازه زمانی می توان به وضعیت ترکیبات مورد بررسی پی برد. همچنین استفاده از موجودات زنده جهت بررسی غلظت و سطح ناپاکی فلزات سنگین در یک منطقه می تواند خطای ناشی از سنجش تغییرات محیطی فلزات سنگین در رسوبات را به حداقل رسانده و برآورد صحیحی از غلظت یک ترکیب را نشان دهد (Rainbow, 2006; Gopinath *et al*., 2011).

در این بین دوکفه ای ها به دلیل خاصیت فیلتر خواری، قادرند فلزات سنگین را با غلظت های بالایی در بافت های خود تجمع دهند. دوکفه ای ها به دلیل تنوع جغرافیایی وسیع، ساختار بدنی ساده، حضور جوامع غالبی که در محیط های آبی دارند و همچنین نشان دادن وضعیت موجود در منطقه، می توانند در دوره های بلند و کوتاه برای اندازه گیری فلزات سنگین مورد آزمایش قرار گیرند (Luna-Acosta *et al*., 2010).

---

[7] Resuspention
[8] Biomonitor
[9] Biomonitoring

۱-۲ اثر فاکتورهای محیطی و فصلی بر غلظت فلزات سنگین

فاکتورهای محیطی و فصلی نیز می توانند بر غلظت فلزات سنگین و سطح ناپاکی محیط موثر باشند (Shanthi Bossy *et al*., 2005;and Ramanibai, 2009). به عنوان نمونه در این بین می توان به میزان بارندگی در فصول مختلف و حجم رواناب ورودی به دریا و آبشویی ساحل، اثر امواج و فراجوشش اشاره کرد. Bossy و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی تجمع فلزات سنگین کادمیوم، روی و مس توسط دوکفه ای های *Crassostrea gigas*، *Cerastoderma edul* و *Ruditapes philipinarum* در خلیج Gironde (فرانسه) نشان دادند که کاهش اکسیژن محلول آب در فصل تابستان برکاهش میزان اکسیژن محلول رسوبات سطحی نیز اثرگذار بوده و باعث آزاد سازی فلزات کادمیوم، روی و مس از این بخش و افزایش دستیابی زیستی و تجمع بیشتر این عناصر در بافت های دوکفه ای ها می گردد.

افزایش بارندگی در نواحی ساحلی سبب فرسایش شده که می تواند باعث افزایش غلظت فلزات در محیط شود. دوکفه ای ها به دلیل خاصیت فیلترخواری قادرند فلزات سنگین را از محیط دریافت کنند (Vives *et al*., 2007). Orescanin و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی غلظت فلزات سنگین در دوکفه ای *Mytilus galoprovincialis* در سواحل شرقی دریای آدریاتیک نشان دادند که افزایش بارندگی و آب شویی کناره ساحل در فصل زمستان می تواند موجب افزایش غلظت فلزات سنگین در محیط و به دنبال آن در بافت نرم دوکفه ای شود.

پدیده فراجوشش موجب افزایش مواد مغذی در قسمت های سطحی آب می گردد. افزایش این مواد به همراه افزایش دما باعث رشد و شکوفایی فیتوپلانکتون ها می شود (Lee *et al*., 2008; Naidu and niitsuma., 2003). فلزات متصل به ذرات معلق موجود در ستون آب ممکن است از طریق جذب سطحی و یا بلع توسط این موجودات جذب شوند (Monterio *et al*., 2005). Sidoumou و همکاران (۲۰۰۶) با اندازه گیری غلظت فلزات کادمیوم، مس و روی در تعدادی از دوکفه ای ها در سواحل غربی سنگال دریافتند که غلظت بالای فلزات در این دوکفه ای ها می تواند ناشی از پدیده فراجوشش باشد. همچنین بررسی تعدادی از محققین نشان داده است که افزایش میزان بارندگی و رواناب و فراجوشش ناشی از مونسون در فصل تابستان نیز بر تغییر غلظت فلزات سنگین و افزایش آلودگی سواحل تأثیرگذار است (Combes *et al*., 2005; Antonia *et al*., 2007; Ashokkumar *et al*., 2009; Barua *et al*., 2011).

۱-۳ پدیده مونسون

مونسون در لغت به معنای باد موسمی و فصلی بوده و یکی از پدیده های بزرگ مقیاس اقلیمی است که بر آب و هوای بسیاری از مناطق حاره زمین تأثیر گذار است. اصطلاح مونسون معمولاً در جنوب آسیا برای اشاره به دوره

بسیار پرباران در بین ماه های ژوئن(خرداد)-سپتامبر(شهریور) به کار می رود،که به آن مونسون تابستانه هند گفته می شود. از نظر هواشناسان، پدیده مونسون به زمانی اتلاق می گردد که تغییرات فصلی باد در استراتوسفر و مزوسفر پیش آید که اثر نهایی آن ایجاد تغییرات شدید و غیر قابل پیش بینی بارندگی است (Mohankumar and Pillai, 2008). در جنوب شرق آسیا صفت خوب و بد هم برای مونسون قائل هستند که بستگی به میزان افزایش و یا کاهش بارندگی دارد. اگر میزان بارندگی کم شود مونسون بد و درصورتیکه افزایش یابد، به آن مونسون خوب گفته می شود. مونسون اهمیت های بسیار وسیع تری در زمینه های اجتماعی-فرهنگی و اقتصادی برای جنوب و جنوب شرق آسیا دارد (Chatterjee and Goswami, 2004; Gupta *et al*., 2004).

تئوری های مربوط به عوامل ایجاد کننده مونسون در طول قرون هجدهم و نوزدهم تنها براساس اثرات مربوط به تفاوت دمایی بین زمین و دریا استوار بود (خوش اخلاق، ۱۳۸۱). ولی در واقع مونسون در اثر ارتباط سه پدیده فیزیکی اتفاق می افتد: ۱- عدم همسانی دمای بین زمین و دریا که باعث تغییر فشار در بین خشکی و دریا می شود. ۲- چرخش زمین (Goswami, 2005). ۳- تغییر حالت آب از مایع به بخار که تعیین کننده میزان و محل بارندگی می باشد (Chang *et al*., 2004).

در فصل تابستان تابش خورشید به سطح خشکی موجب گرم شدن و تشکیل یک منطقه کم فشار بر روی این ناحیه شده و هوای گرم صعود می یابد. در عین حال در اثر سردی هوای سطح دریا منطقه پرفشار در این بخش ایجاد می شود. با صعود هوای گرم از سطح خشکی، هوای سرد مرطوب از منطقه پرفشار به سمت خشکی حرکت کرده و جایگزین هوای صعود یافته شده و در نتیجه موجب افزایش رطوبت شده و درنهایت بارندگی های موسمی را در پی خواهد داشت (Fu *et al*., 2003; Goswami, 2005). چرخش زمین نیز سبب انحراف بادهای ایجاد شده در نیمکره شمالی به سمت راست و در نیمکره جنوبی به سمت چپ می شود (Goswami, 2005). مونسون در نواحی آب های اقیانوسی گرمسیری و نیمه گرمسیری بین خلیج فارس و اقیانوس هند روی می دهد (Prell *et al*., 1992; Steinke *et al*., 2010). بادهای مونسونی در برخورد با کوه‌های جنوب هند به دو شاخه شرقی و غربی تقسیم شده که شاخه غربی آن پس از برخورد با کوه‌های هیمالیا به سمت پاکستان و ایران منحرف می‌شود. درحالیکه شاخه دوم که مربوط به بادهای جنوب شرقی آسیا بوده موجب افزایش بارندگی در طول ژوئن(خرداد) و سپتامبر(شهریور) می شود (Chatterjee and Goswami, 2004; Ge *et al*., 2010).

مونسون سبب ایجاد بادهای سهمگین تابستانی اقیانوس هند می شود با انتقال رطوبت از سمت دریاها و اقیانوس‌ها به سمت خشکی‌ها، پس از ماه های کم بارش زمستان و بهار، موجب افزایش بارندگی و جاری شدن سیل در این مناطق می شود (Liu and Yanai, 2001). این پدیده همچنین باعث انتقال حجم عظیمی از آب شده و با انتقال

آب سرد واقع در اعماق اقیانوس به سطح سبب ایجاد پدیده فراجوشش می شود (Naidu and Niitsuma, 2003; Satoko and Motoyoshi, 2007). در طول دوره مونسون، در اثر شدت امواج عمق اختلاط آب بیشتر شده و موجب افزایش مواد غذایی در لایه های بالاتر شده (Banakar *et al*., 2005) که اثر آن افزایش معنی دار تولیدات پلانکتونی در اقیانوس هند می باشد (Steinke *et al*., 2010).

ارتباط دریای عمان با اقیانوس هند، موجب می شود تا این دریا نیز تحت تأثیر پدیده مونسون قرار گیرد (Goswami and Xavier, 2004). این پدیده در سواحل دریای عمان می تواند موجب تغییرات و نوسانات فاکتورهای مختلف آب در این منطقه شود (کرباسی، ۱۳۷۹). این پدیده در این سواحل همچنین سبب تغییر در میزان بارندگی، اختلاط لایه های آبی و فراجوشش نیز می شود (Naidu and Niitsuma, 2003; Satoko and Motoyoshi, 2007). بیشترین تأثیر این پدیده بر سواحل کشور عمان بوده ولی به طور کلی بر دیگر بخش های ساحلی دریای عمان نیز اثرگذار است. مونسون در سواحل ایرانی دریای عمان موجب به وجود آمدن جریانات سریع توده آب، جریانات عمودی، جریانات فراجوشی ساحلی و اقیانوسی شده و اختلاط آب های عمقی با سطح را موجب می شود. همچنین این پدیده با ایجاد آشفتگی در دریا و تولید امواج شدید حتی مانع از فعالیت صیادی در این مناطق می گردد. قوی ترین بادها در آب های مرتبط با سواحل جزر و مدی چابهار نیز در مونسون تابستانه رخ می دهد (زارعی، ۱۳۷۴). پدیده مونسون همچنین می تواند بر تغییر ترکیبات مختلف موجود در محیط از جمله فلزات سنگین نیز تأثیرگذار بوده (Shanti and Ramaniboi, 2009) و بررسی اثرات آن بر غلظت فلزات سنگین سواحلی که تحت تأثیر پدیده مونسون قرار می گیرد، ضروری به نظر می رسد. بعلاوه با توجه به وسعت ایرانی سواحل دریای عمان که برابر ۷۸۴ کیلومتر می باشد، بایستی اثرات پدیده مونسون از قبیل تأثیر بر غلظت فلزات سنگین بر این سواحل نیز مورد مطالعه قرار بگیرد. از طرف دیگر در بررسی عین الهی (۱۳۸۷) بر غلظت فلزات سنگین در رسوب و صدف *Saccostrea cucullata* در سواحل چابهار، بیشترین غلظت فلزات در فصل تابستان به دست آمد. وی بیان کرد که افزایش موجود، احتمالاً حاصل پدیده فراجوشش ناشی از وقوع مونسون است. لذا جهت بررسی دقیق تر این فرضیه، مطالعه اخیر با هدف کلی بررسی تأثیر پدیده مونسون بر تغییرات غلظت فلزات سنگین در رسوب و بافت های سخت و نرم دوکفه ای *S. cucullata* در سواحل جزر و مدی چابهار صورت می گیرد و اهداف جزئی این مطالعه عبارتند از:

- تعیین غلظت فلزات سنگین (Ni, Zn, Pb, Cu, Cd) در رسوب، پوسته و بافت نرم دوکفه ای *S. cucullata* در ایستگاه های تعیین شده قبل از مونسون، در حین مونسون و بعد از مونسون.
- مقایسه غلظت فلزات سنگین (Ni, Zn, Pb, Cu, Cd) بدست آمده در رسوب و بافت های دوکفه ای *S. cucullata* نسبت به مناطق آبی دیگر .