2025, 1(2): 69-76

JAER

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Research Article

The relationship between the concentration of heavy elements with bioerosion, macrobioeroders and skeletal density in coral reefs: A case study in Kharg and Khargo islands

Yamin Pouryousef [1], Jafar Seyfabadi [1*], Mohammad Reza Shokri [2]

[1]Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

[2]Department of Animal Sciences and Marine Biology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Key Words

Macrobioeroders
Skeletal density
Bioerosion
Coral reefs
Heavy elements

Abstract

Introduction: Coral reefs form dynamic systems caused by the alignment between reef growth and physical and biological erosion, which results in the chemical balance of ocean water, and about half of the calcium entering the seas is precipitated as calcium carbonate annually. The structure of coral reefs depends on the balance between reef growth and physical and biological erosion, which can be disrupted by environmental disturbances. The role and importance of coral reefs ecologically and economically make their research and protection necessary.

Material & Methods: In this study, the effect of some concentration of heavy elements on bioerosion, macrobioeroders and skeletal density in four dominant hard coral species (*Porites harrisoni*, *Platygyra daedalea*, *Cyphastrea microphtalma*, *Dipsastraea pallida*) was investigated. Sampling was performed in 5 replicates with similar sizes in three stations of Kharg and Khargo islands in 2021. Each sample was placed individually in a ziploc with a specific code, then transferred to the laboratory and kept in a freezer with a temperature of -20 degrees Celsius.

Results: The results showed that some elements can have a significant positive effect on bioerosion and skeletal density. The results of Spearman's correlation test between the ratio of skeletal elements and bioerosion measure in different stations and coral species showed that between the bioerosion and the abundance of burrowing bivalves and polychaetes with the ratio of elements Cu/Ca, Ba/Ca, Zn/Ca and Mg/Ca there is a significant positive correlation. On the other hand, the results of this test showed a significant positive correlation between the abundance of burrowing sponges with the ratio of Mn/Ca and Cu/Ca elements. Finally, the results of the Spearman correlation test between the ratio of skeletal elements and skeletal density in different stations and coral species showed that there is a significant negative and positive correlation between skeletal density and the ratio of Mn/Ca and Ba/Ca elements, respectively.

Conclusion: According to the present study, it can be concluded that some elements can have a significant effect on the bioerosion intensity, the abundance of macroborers and the skeletal density of hard corals, although the accurate proof of this issue requires conducting more detailed tests in a laboratory over a certain period of time.

Article info

* Corresponding Author's email: seyfabadi@modares.ac.ir

Received: 28 January 2025
Reviewed: 1 March 2025
Revised: 5 May 2025
Accepted: 9 June 2025

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.69]

مقاله علمی - پژوهشی

ارتباط غلظت عناصر سنگین با فرسایش زیستی، بزرگ‌بی‌مهرگان حفار و تراکم اسکلتی در آبسنگ‌های مرجانی: مطالعه موردی در جزایر خارگ و خارگو

یامین پوریوسف[۱]، جعفر سیف‌آبادی[۱*]، محمدرضا شکری[۲]

[۱]گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

[۲]گروه علوم جانوری و زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران

کلمات کلیدی

بزرگ‌بی‌مهرگان حفار
تراکم اسکلتی
فرسایش زیستی
آبسنگ‌های مرجانی
عناصر سنگین

چکیده

مقدمه: آبسنگ‌های مرجانی سامانه‌های پویایی را تشکیل می‌دهند که این پویایی ناشی از همسویی بین رشد آبسنگ و فرسایش فیزیکی و زیستی ایجاد می‌شود که تعادل شیمیایی آب اقیانوس را در پی دارد و هر ساله حدود نیمی از کلسیم وارد شده به دریاها را به‌صورت کربنات کلسیم ترسیب می‌کنند. ساختار آبسنگ‌های مرجانی در گرو تعادل بین رشد آبسنگ‌ها و فرسایش فیزیکی و زیستی است که می‌تواند توسط اختلالات محیطی مختل شود. نقش و اهمیت به‌سزای آبسنگ‌های مرجانی از لحاظ بوم‌شناختی و اقتصادی، پژوهش و حفاظت از آن‌ها را ضروری می‌نماید.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تأثیر برخی از غلظت عناصر سنگین بر روی فرسایش زیستی، بزرگ‌بی‌مهرگان حفار و تراکم اسکلتی در چهار گونه مرجان سخت غالب (*Porites harrisoni*، *Platygyra daedalea*، *Cyphastrea microphtalma*، *Dipsastraea pallida*) بررسی شد. نمونه‌برداری در ۵ تکرار در اندازه‌های یکسان در سه ایستگاه از جزایر خارگ و خارگو در سال ۱۴۰۰ انجام شد. نمونه‌ها جداگانه در زیپ‌کیپ با کد مشخص در جعبه‌های یونولیت حاوی یخ به فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه انتقال داده‌شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که برخی عناصر می‌توانند بر سنجه فرسایش زیستی و تراکم اسکلتی تأثیر مستقیم معنی‌دار داشته باشند. نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین نسبت عناصر اسکلتی و سنجه فرسایش زیستی در ایستگاه‌ها و گونه‌های مرجانی مختلف نشان داد که بین سنجه فرسایش زیستی و فراوانی دوکفه‌ای‌ها و کرم‌های پرتار حفار با نسبت عناصر Cu/Ca، Ba/Ca، Zn/Ca، Mg/Ca همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد. هم‌چنین نتایج این آزمون همبستگی مثبت معنی‌داری را بین فراوانی اسفنج‌های حفار با نسبت عناصر Mn/Ca و Cu/Ca نشان داد. در نهایت نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین نسبت عناصر اسکلتی و تراکم اسکلتی در ایستگاه‌ها و گونه‌های مرجانی مختلف نشان داد که بین تراکم اسکلتی با نسبت عناصر Mn/Ca و Ba/Ca به‌ترتیب همبستگی منفی و مثبت معنی‌دار وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به مطالعه حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برخی عناصر می‌توانند بر سنجه فرسایش زیستی، فراوانی بزرگ‌بی‌مهرگان حفار و تراکم اسکلتی مرجان‌های سخت تأثیر معنی‌دار داشته باشند، البته اثبات دقیق این موضوع نیازمند انجام آزمایش‌های دقیق‌تر در محیط آزمایشگاهی در یک دوره زمانی مشخص است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
seyfabadi@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۱۱ اسفند ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۹ خرداد ۱۴۰۴

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.69]

مقدمه

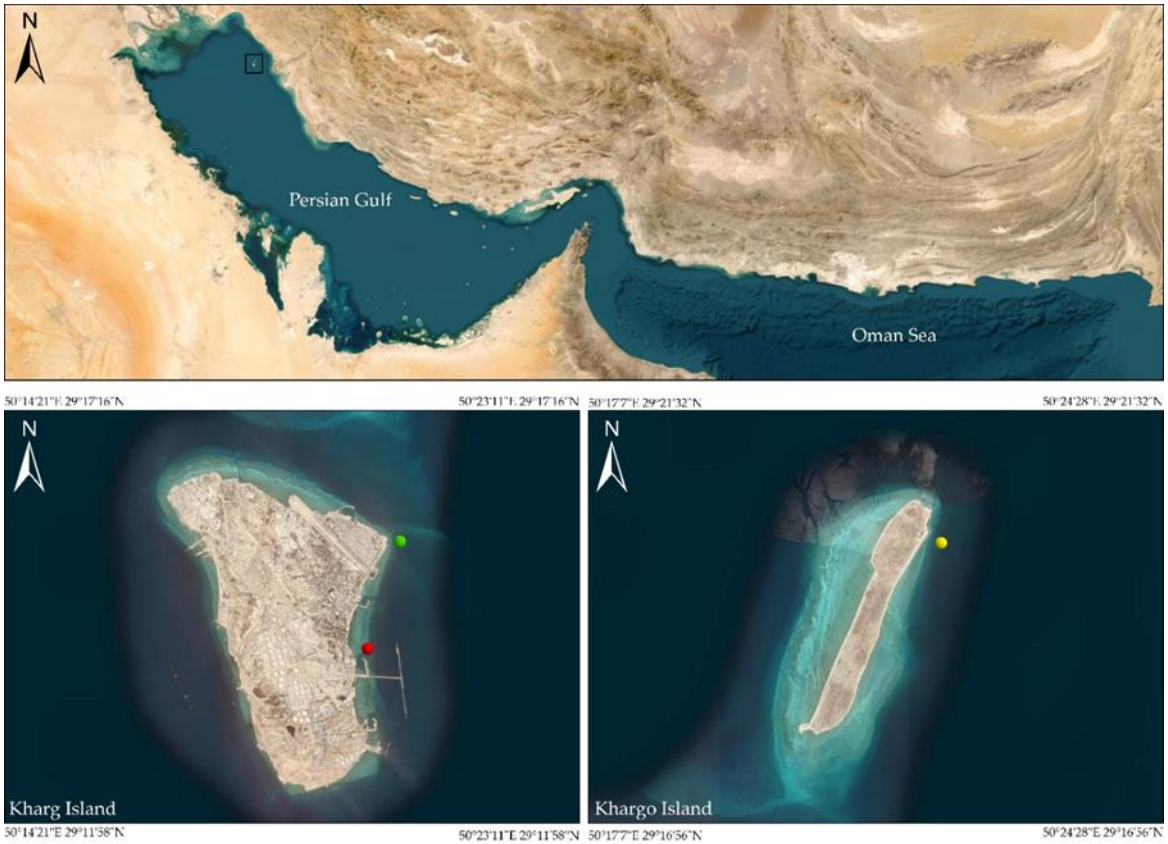
آبسنگ‌های مرجانی باعث تعادل شیمیایی آب اقیانوس‌ها می‌شوند، به‌طوری‌که تقریباً هر ساله نیمی از کلسیم وارد شده به اقیانوس‌ها و دریاها توسط آبسنگ‌های مرجانی به‌صورت کربنات کلسیم ترسیب می‌شوند(۷). آبسنگ‌های مرجانی سامانه‌های پویایی را تشکیل می‌دهند که ناشی از هم‌سویی بین رشد آبسنگ و فرسایش فیزیکی و زیستی ایجاد شده‌است (۳۷). با این‌که اهمیت فرسایش زیستی و نقش آن در فرآیند رشد و گسترش آبسنگ‌های مرجانی از زمان داروین (۱۸۴۲) آشکار شده است (۲۷)، نخستین‌بار Neumann از واژه فرسایش زیستی برای توصیف زیستمندانی استفاده کرد (۵۰) که سبب فرسایش و تحلیل کربنات کلسیم مرجان‌ها و جلبک‌های مرجانی و در نتیجه شکنندگی اسکلت مرجانی می‌شود (۳۷). به کارگیری سنجه فرسایش زیستی به‌عنوان یک نشانگر برای سنجش سلامت مرجان‌ها از طرف Holmes (۳۱) پیشنهاد شد که مورد پذیرش دیگر پژوهشگران قرار گرفت (۵۷، ۳۸، ۴۶، ۵۹). زیست‌فرساینده‌ها با دربرگرفتن چهار سلسله از پنج سلسله زیستمندان روی زمین از اجزای فراوان و متنوع آبسنگ‌ها به‌شمار می‌آیند و در رابطه با اندازه، ماهیت زیستی و کنج بوم‌شناختی آن‌ها دسته‌بندی شده‌اند (۴۳، ۵۹). واژه کریپتوفون توسط Klumpp (۴۴) مطرح شد که بی‌مهرگانی را دربر می‌گیرد که اسکلت آبسنگ‌ها را حفر کرده و از آن برای پایداری خود استفاده می‌کنند (۴۶). به‌دنبال پدیده‌هایی مانند کاهش کیفیت آب، دگرسانی‌های آب‌وهوایی و کاهش فشار گیاه‌خواری، مرجان‌ها در سرتاسر جهان با نرخ بی‌سابقه‌ای کاهش یافته‌اند. در حالی‌که سازندگان بنیادین آبسنگ‌ها توان ایستادگی در برابر سنجه فعلی این دگرسانی‌ها را ندارند، اما به‌نظر می‌رسد که این شرایط برای جانوران فرسایشگر مطلوب باشد (۱۸). فرسایش زیستی در آبسنگ‌های سالم به‌عنوان پدیده‌ای معمول در همسانی نسبی با زایش کربنات کلسیم قرار دارد (۲۶)، اما این همسانی در آبسنگ‌های دستخوش بیماری، آلودگی و پدیده سفیدشدگی برهم خورده و سنجه فرسایش بیش از رشد مرجان می‌شود (۵۳، ۲۰، ۵۲). جانوران فرسایشگر با یورش به آبسنگ‌ها، ترکیب جوامع آن‌ها را در سنجه‌های متفاوت تغییر می‌دهند (۳۱). کرم‌های پرتار در مراحل ابتدایی مرگ مرجان‌ها تحت تأثیر کنشگرانی مانند سفیدشدگی، بیماری، فرسایش فیزیکی ناشی از طوفان و یورش ستارهای دریایی که سبب تشکیل یک بستر جدید برای جانوران فرسایشگر می‌شوند، نقش بسیار مهمی را بازی می‌کنند. کرم‌های پرتار نیز به‌نوبه خود زمینه‌ساز حضور دیگر گروه‌های فرسایشگر هم چون اسفنج‌ها، نرم‌تنان و غیره می‌شوند (۳۷). فرسایشگران عملکرد متفاوتی دارند که به تراکم اسکلتی آبسنگ، گونه فرسایشگر و دیگر کنشگران فیزیکوشیمیایی هم‌چون وفور مواد مغذی و ژرفابستگی دارد (۱۴). در زمینه شناسایی زیست‌فرسایشگران، کنشگران اثرگذار و سنجه فرسایش، پژوهش‌های گسترده‌ای انجام شده، از جمله دسته‌بندی و تشریح کلی آن‌ها در مناطق گوناگون (۳۵، ۳۶، ۲۷، ۲۸) و به‌طور متمرکز روی یک یا چند گروه از آن‌ها (۳۲، ۳۸، ۱۰، ۱۱، ۳۷). در ارتباط با مرجان‌های خلیج‌فارس، پژوهش‌های محدودی پیرامون شناسایی، پراکنش و جایگاه این موجودات انجام یافته (۵۸، ۳۰، ۲۲، ۴۷، ۴۲)، و به‌دنبال، به دیگر زمینه‌های مرتبط با مرجان‌ها کشیده شد، از جمله تنوع مکانی دوتاژکداران همزیست در جزایر کیش و لارک (۶۰)، ایزوتوپ‌های پایدار آبسنگ‌های مرجانی پیرامون جزیره لارک (۲۴)، تنوع نرخ رشد خطی، تراکم و نرخ جذب کلسیم در اسکلت مرجان‌های جزیره‌های خارگ و هندورابی (۸)، اثر توریسم و غواصی تفریحی بر سلامت آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش (۶۲)، تجمع زیستی فلزات در بافت اسکلتی و رسوبات مرجان‌های سخت غالب در مناطق مرجانی (۱۷، ۵۶، ۶۴، ۹)، بررسی جوامع مرجانی جزیره هرمز (۵۴)، اثر گرمایش جهانی بر سفیدشدگی اکوسیستم‌های مرجانی (۴۱)، نشست جوامع چسبنده زیستی نواحی مرجانی جزیره هنگام (۶۸). علی‌رغم پژوهش‌های متعدد صورت‌گرفته روی جنبه‌های مختلف آبسنگ‌های مرجانی در خلیج‌فارس، اطلاعات در مورد فرآیند فرسایش زیستی آبسنگ‌های مرجانی به‌ویژه در آب‌های ایرانی هنوز محدود به چند مطالعه در شمال خلیج‌فارس شامل بررسی رابطه بین فرسایش زیستی و مواد مغذی در خلیج نایبند (۱۶) و جزیره هنگام (۲۵)، ارزیابی فرسایش زیستی صخره‌های مرجانی زنده و مرده در منطقه جزر و مدی جزیره هرمز (۴۰) و رابطه تراکم اسکلتی مرجانی با شدت فرسایش زیستی در جزیره لارک (۴۸) است. از پژوهش های انجام شده در این زمینه در آب‌های غیر ایرانی خلیج‌فارس و دریای‌عمان، می‌توان به پژوهش‌های ۳، ۳۴ اشاره کرد. نقش و اهمیت به‌سزای مرجان‌ها از لحاظ بوم‌شناختی و اقتصادی، پژوهش و حفاظت از آن‌ها را ضروری می‌نماید. درحالی‌که پژوهش‌های بسیاری در بیش تر بوم‌سازگان‌های مرجانی دنیا انجام شده، از آبسنگ‌های مرجانی ایران در بسیاری از نقاط هنوز داده‌های مشخصی در دست نیست. یکی از این مناطق جزایر خارگ و خارگو می‌باشد که فرسایش زیستی در آبسنگ‌های مرجانی آن الگوی مناسبی برای پژوهش در این زمینه است. با توجه به موارد ذکر شده و اهمیت بررسی فرسایش زیستی در رابطه با نقشی که در بوم‌سازگان‌های مرجانی ایفا می‌کنند و با توجه به کمبود داده‌ها د خصوص فرسایش زیستی در آبسنگ‌های مرجانی خلیج فارس و نبود داده در مورد ارتباط برخی عناصر با سنجه فرسایش زیستی و تراکم اسکلتی، هدف از انجام این پژوهش بررسی ارتباط نسبت عناصر سنگین با

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]
[DOI: 10.22034/aer.1.2.69]

فرسایش زیستی، بزرگ‌بی‌مهرگان حفار و تراکم اسکلتی آبسنگ‌های مرجانی جزایر خارگ و خارگو است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌موردبررسی: جزیره‌خارگ (′۲۹°۱۵ شمالی و ′۵۰°۲۰ خاوری) در باختری‌ترین بخش آب‌های شمالی خلیج فارس به‌عنوان مهم‌ترین پایانه صادراتی نفت ایران است. جزیره خارگو (′۲۹°۱۹ شمالی و ′۵۰°۲۱ خاوری) در فاصله ۵ کیلومتری جزیره خارگ قرار گرفته و به‌عنوان اثر طبیعی ملی به‌شمار می‌آید (شکل ۱). این دو جزیره دارای بیش‌ترین پوشش آبسنگ‌های مرجانی در شمال‌غربی خلیج فارس هستند (۵۱). جزایر خارگ و خارگو توسط لکه‌های مرجانی احاطه شده‌اند که عمدتاً تحت سلطه جنس‌هایی با شکل رشد توده‌ای و نیمه توده‌ای ازجمله *Porites*، *Platygyra*، *Cyphastrea* و *Dipsastraea* هستند (۵۱). آبسنگ‌های مرجانی در جزیره خارگ در معرض فاضلاب‌های غنی از مواد مغذی و آب‌های شیرین جاری هستند که به‌طور جزئی بر شوری، جریانات و رسوب‌گذاری تأثیر می‌گذارند (۱۳).



شکل ۱: موقعیت جزایر خارگ و خارگو و مکان‌های نمونه‌برداری

نقطه قرمز نشان‌دهنده مکان به شدت تحت تأثیر (HIL) در نزدیکی اسکله T است؛ نقطه سبز نشان‌دهنده مکان تحت تأثیر متوسط (IIL) است؛ نقطه زرد نشان‌دهنده مکان شاهد (CL) است

Figure 1: Location of Kharg and Khargo islands and sampling locations.

The red marker indicates the heavily impacted location (HIL) near the T jetty; the green marker indicates the intermediate impacted location (IIL); the yellow marker indicates the control location (CL)

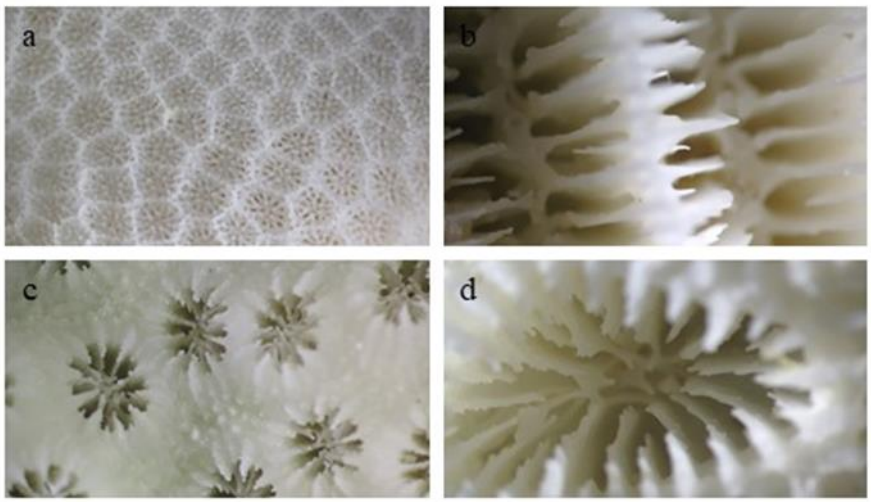
روش جمع آوری داده‌ها: نمونه‌برداری از چهار گونه مرجان سخت غالب (*Porites harrisoni*، *Platygyra daedalea*، *Cyphastrea microphtalma*، *Dipsastraea pallida*) در ۵ تکرار به‌وسیله قلم و چکش با اندازه‌های مشابه در امتداد شیب مواد نفتی در سه ایستگاه شامل: (۱) یک مکان به‌شدت تحت تأثیر (HIL) در مجاورت اسکله T در جنوب‌شرقی جزیره خارگ، (۲) یک مکان به‌طور متوسط تحت تأثیر (IIL) در شمال‌شرقی جزیره‌خارگ و (۳) یک مکان شاهد (CL) در شمال‌شرقی جزیره‌خارگو در سال ۱۴۰۰ انجام شد (شکل ۱). هر یک از نمونه‌ها به‌صورت جداگانه در یک‌زیپ‌کیپ با کد مشخص قرار داده شد، سپس در جعبه‌های یونولیت حاوی یخ به دور از تابش نور

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.69]

خورشید به آزمایشگاه انتقال داده‌شد و در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

شناسایی گونه‌های مرجان: برای شناسایی مرجان‌ها، تکه‌ای از آن‌ها به‌وسیله محلول هیپوکلریت سدیم سفید شدند (شکل ۲).



شکل ۲: نمایی از مرجان‌گاه مرجان‌های سخت شناسایی شده. (a) *P. harrisoni*، (b) *P. daedalea*، (c) *C. microphtalma* و (d) *D. pallida*

Figure 2: View of the corallie of identified hard corals. (a) *P. harrisoni*, (b) *P. daedalea*, (c) *C. microphthalma* and (d) *D. pallida*

سپس کورالیت‌های مرجان در زیر لوپ عکس‌برداری و با به‌کارگیری کلید شناسایی (۶۶) شناسایی گردیدند.

اندازه‌گیری مساحت فرسایش‌یافته: مساحت فرسایش‌یافته توسط بزرگ‌بی‌مهرگان حفار، بر اساس تصاویر تهیه شده از مقاطع مرجانی با نرم‌افزار Coral Point Count with Exel extensions (CPCe) بررسی و اندازه‌گیری شد (۴۵).

اندازه‌گیری تراکم اسکلتی در اسکلت مرجان: در این پژوهش جهت سنجش تراکم اسکلت مرجانی از روش اسکن اشعه ایکس به همراه استاندارد با استفاده از نرم‌افزار ویژه سیستم تراکم سنجی-رادیوگرافی تابش X مرجان‌ها (CoralXDS) به سفارش NOVA، استفاده شد.

آماده‌سازی نمونه‌ها و سنجش عناصر سنگین: برای سنجش عناصر سنگین از اسکلت مرجان‌ها نمونه‌برداری انجام شد. برای حذف آلاینده‌های سطحی و مواد آلی، تکه‌های مرجانی به‌مدت ۴۸ ساعت خیسانده‌شد و با ۱۰٪ H_2O_2 ضدعفونی و ۳ بار در حمام اولتراسونیک با به‌کارگیری آب دیونیزه پاکسازی شدند و سپس در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. نمونه‌ها پس از توزین در هاون پودر شدند. حدود ۰/۲۵ گرم از نمونه‌های پودر شده در ظروف پلی اتیلینی قرار گرفته و پس از اضافه کردن مخلوط اسید نیتریک (HNO_3) و اسید پرکلریک ($HClO_4$) در حمام بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده‌شدند. سپس محلول حاصله با کاغذ صافی در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری با آب دیونیزه به حجم رسانده شدند. در کنار نمونه‌های هضم شده، نمونه شاهد نیز در نظر گرفته شد. سنجه عناصر (Mn، Cu، Ba، Zn، Mg، Sr، Ca) توسط دستگاه ICP-MS سنجش گردید.

واکاوی کنترل کیفی: به‌منظور واکاوی کنترل کیفیت از blank و استاندارد DORM-3 به‌طور موازی به‌عنوان بخشی از پروتکل کنترل کیفیت استفاده شد. میانگین ریکاوری برای عناصر واکاوی‌شده ۹۴/۱۰ و ۱۰۵/۳ درصد و نتایج به‌دست‌آمده برای هر عنصر تطابق خوبی را با مقدار ریکاوری به‌دست‌آمده و استاندارد نشان داد. نتایج به‌صورت ppm گزارش گردید.

واکاوی آماری: در ابتدا چگونگی پیروی داده‌ها از توزیع طبیعی از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. ارتباط بین عناصر سنگین اسکلتی با سنجه فرسایش زیستی بزرگ‌بی‌مهرگان حفار و تراکم اسکلتی مرجان میان ایستگاه و گونه‌های مرجان با به‌کارگرفتن آزمون همبستگی اسپیرمن در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد.

نتایج

ارتباط نسبت عناصر سنگین اسکلتی با سنجه فرسایش زیستی و بزرگ‌بی‌مهرگان حفار: نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.69]

بین نسبت عناصر سنگین اسکلتی و سنجه فرسایش زیستی در ایستگاه‌ها و گونه‌های مرجانی مختلف نشان داد که بین سنجه فرسایش زیستی با نسبت عناصر Cu/Ca، Ba/Ca، Zn/Ca، Mg/Ca همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد. بااین‌حال، بین سنجه فرسایش زیستی با نسبت عناصر Mn/Ca و Sr/Ca ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

جدول ۱: ضریب همبستگی اسپیرمن بین سنجه فرسایش زیستی و نسبت عناصر سنگین اسکلتی

Table 1: Spearman correlation coefficient between bioerosion intensity and skeletal heavy element ratio

	Skeletal heavy element ratio					
	Mn/Ca	**Cu/Ca**	**Ba/Ca**	**Zn/Ca**	**Mg/Ca**	**Sr/Ca**
Bioerosion intensity	0.234	0.469*	0.364*	0.331*	0.422*	-0.012

*Correlation is significant at the 0.05 level

نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین نسبت عناصر اسکلتی و فراوانی بزرگ‌بی‌مهرگان حفار در ایستگاه‌ها و گونه‌های مرجانی مختلف نشان داد که بین فراوانی دوکفه‌ای‌ها و کرم‌های پرتار حفار با نسبت عناصر Cu/Ca، Ba/Ca، Zn/Ca و Mg/Ca همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد. هم‌چنین نتایج این آزمون همبستگی مثبت معنی‌داری را بین فراوانی اسفنج‌های حفار با نسبت عناصر Mn/Ca و Cu/Ca نشان داد درحالی‌که هیچ‌گونه ارتباط معنی‌داری بین بارناکل‌های حفار و شکم‌پایان حفار خانواده Vermetidae با نسبت عناصر اسکلتی مورد پژوهش مشاهده نگردید (جدول ۲).

جدول ۲: ضریب همبستگی اسپیرمن بین بزرگ‌بی‌مهرگان حفار و نسبت عناصر سنگین اسکلتی

Table 2: Spearman correlation coefficient between macroborers and skeletal heavy element ratio

Macroborers	Skeletal heavy element ratio					
	Mn/Ca	**Cu/Ca**	**Ba/Ca**	**Zn/Ca**	**Mg/Ca**	**Sr/Ca**
Bivalves	0.200	0.477**	0.308*	0.276*	0.313*	-0.008
Polychaetes	0.118	0.430**	0.471**	0.290*	0.428**	0.128
Sponges	0.262*	0.299*	0.187	-0.009	0.198	-0.132
Barnacles	-0.025	-0.187	-0.092	0.239	0.020	-0.099
Gastropods	0.066	-0.045	-0.027	0.076	0.075	-0.145

*Correlation is significant at the 0.05 level; **Correlation is significant at the 0.01 level

ارتباط نسبت عناصر اسکلتی با تراکم اسکلتی: نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین نسبت عناصر سنگین اسکلتی و تراکم اسکلتی در ایستگاه‌ها و گونه‌های مرجانی مختلف نشان داد که بین تراکم اسکلتی با نسبت عناصر Mn/Ca و Ba/Ca به‌ترتیب همبستگی منفی و مثبت معنی‌دار وجود دارد. بااین‌حال، بین تراکم اسکلتی با نسبت عناصر Cu/Ca، Zn/Ca، Mg/Ca و Sr/Ca ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳: ضریب همبستگی اسپیرمن بین تراکم اسکلتی و نسبت عناصر سنگین اسکلتی

Table 3: Spearman correlation coefficient between skeletal density and skeletal heavy element ratio

	Skeletal heavy element ratio					
	Mn/Ca	**Cu/Ca**	**Ba/Ca**	**Zn/Ca**	**Mg/Ca**	**Sr/Ca**
Skeletal density	-0.306**	-0.129	0.263*	-0.080	-0.162	0.081

*Correlation is significant at the 0.05 level; **Correlation is significant at the 0.01 level

بحث

سنجه تمرکز عناصر نادر در آب دریا بدون شک بر آبزیان تأثیر می‌گذارد. مرجان‌ها نیز به‌عنوان یکی از آبزیان خلیج فارس تحت تأثیر این عناصر قرار گرفته و مقداری از این عناصر را جذب بافت زنده و اسکلتی خود می‌کنند. مرجان‌ها اسکلت‌های خود را از کلسیم و کربنات استخراج شده از آب دریا می‌سازند (۱). عناصر کمیاب یون‌های دو ظرفیتی درون اسکلت مرجان از طریق جایگزینی مستقیم کلسیم (یا کربنات) در ساختار آراگونیت مرجانی تراوش می‌شوند (۱۵، ۶۷)، درحالی‌که یون‌های غیر دو ظرفیتی توسط مواد پوده‌ای درون فضاهای منافذ اسکلتی، جذب مواد آلی، اتصال عناصر درون اسکلت‌های مرجان یا تغذیه مرجان‌ها به دام می‌افتند (۲۹، ۶۳، ۱۵، ۲۳، ۳۳). عناصر کمیاب برای مرجان‌ها علاوه بر نقش‌های فیزیولوژیکی، نقش مهمی در اسکلت دارند (۶). به‌طور متناوب دامنه‌های عناصر مختلف ممکن است تفاوت ژنتیکی بین کلنی‌های مرجانی را منعکس کند که بر ضریب توزیع عناصر کمیاب و جزئی تأثیر می‌گذارد (۲). افزایش عناصر در اسکلت مرجانی ممکن است کنشگرهای محیطی را علاوه بر تأثیرات انسانی منعکس کند (۶۱، ۲۱). چگالی فلز در اشکال مرجانی به ویژگی‌های ریخت‌شناسی توده‌ای، شاخه‌ای و یا برگی بستگی دارد (۵). در روند تشکیل $CaCO_3$، یون‌های فلزی

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.69]

توسط شبکه آراگونیت مطابق با یک واکنش تبادل یونی ($CaCO_3 + Me^{2+} = MeCO_3 + Ca^{2+}$) گرفته می‌شوند. نسبت فلز به کلسیم (Me/Ca) آراگونیت مرجان به‌طور عمده توسط سه کنشگر کنترل می‌شود: (۱) ضریب توزیع یون فلز بین آراگونیت و آب دریا، (۲) نسبت Me2+/Ca2+ آب سطحی اقیانوس و (۳) کنشگران زیستی (۵۵). براساس نتایج این مطالعه، فقط نسبت عناصر Cu/Ca، Ba/Ca، Zn/Ca، Mg/Ca همبستگی مثبت معنی‌داری را با سنجه فرسایش زیستی در منطقه مورد پژوهش نشان داد که می‌تواند بیانگر نقش مؤثر این عناصر نسبت به سایر عناصر مورد پژوهش بر روی سنجه فرسایش زیستی باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که نسبت عناصر Cu/Ca، Ba/Ca، Zn/Ca و Mg/Ca همبستگی مثبت معنی‌داری با فراوانی دوکفه‌ای‌های حفار و کرم‌های پرتار حفار دارد که نسبت Cu/Ca بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر دوکفه‌ای‌ها و نسبت Zn/Ca کم‌ترین تأثیر مثبت را بر روی کرم‌های پرتار حفار نشان داد. هم‌چنین از میان عناصر مورد پژوهش تنها نسبت عناصر Mn/Ca و Cu/Ca تأثیر مثبت معنی‌داری را بر اسفنج‌های حفار نشان داد. براساس نتایج، نسبت عناصر Mn/Ca و Ba/Ca به‌ترتیب همبستگی منفی و مثبت معنی‌داری را با تراکم اسکلتی مرجان‌های مورد پژوهش نشان داد که نسبت Mn/Ca بیانگر بیش‌ترین تأثیر منفی و نسبت Ba/Ca بیانگر کم‌ترین تأثیر مثبت بر تراکم اسکلتی مرجان‌ها بود. افزایش تخلخل اسکلتی سبب سستی ماتریکس اسکلتی شده و مرجان را در برابر کنشگران مکانیکی و زیست‌فرسایشگران آسیب‌پذیرتر می‌کند (۱۲، ۱۹، ۴۹). معدنی شدن اسکلت در آب‌های با فسفات بالا بسیار پایین است(۴). در فرایند پرورش مرجان، افزایش فسفات آب می‌تواند نرخ رشد را افزایش دهد، اما این اتفاق با کاهش تراکم اسکلت همراه است که ممکن است مرجان را به‌طور فزاینده‌ای در برابر تلاطم‌ها یا زیست‌فرساینده آسیب‌پذیر کند (۱۹). ارتوفسفات به‌سرعت روی بلورهای آراگونیت ترسیب و رشد بلوری بعدی را سرکوب می‌کند (۶۵، ۳۹). بنابراین جذب ارتوفسفات در آراگونیت مرجانی ممکن است مسئول کاهش تراکم اسکلتی در فسفات بالا باشد. همان‌طور که اشاره شد در پژوهش‌های پیشین نقش تأثیرگذار برخی عناصر هم‌چون فسفر بر تراکم اسکلتی ثابت شده است. هم‌چنین براساس نتایج به دست‌آمده از پژوهش حاضر، برخی عناصر می‌توانند بر سنجه فرسایش زیستی، فراوانی بزرگ‌بی‌مهرگان حفار و تراکم اسکلتی مرجان‌های سخت تأثیر معنی‌دار داشته باشند، البته اثبات دقیق این موضوع نیازمند انجام آزمایش‌های دقیق‌تر در محیط آزمایشگاهی در یک دوره‌زمانی مشخص است. پژوهش‌های آینده در رابطه با نقش عناصر می‌تواند اطلاعات تکمیلی دقیق‌تری را در اختیار پژوهشگران قرار دهد.

تشکر و قدردانی

این طرح با حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (شماره طرح: ۴۰۰۳۱۱۰) در چارچوب رساله دکتری انجام شده است. نویسندگان از همکاری آقای محمد قائدزاده در طول کار میدانی تشکر می‌کنند. نویسندگان هم‌چنین سپاسگزار آقایان دکتر فرهاد قلی‌نژاد، دکتر خسرو درویشی و مهندس مهدی یزدان‌پناه برای حمایت‌های بی‌دریغشان هستند.

منابع

1. **Allemand, D., Ferrier-Pagès, C., Furla, P., Houlbrèque, F., Puverel, S., Reynaud, S., Tambutté, É., Tambutté, S. and Zoccola, D., 2004.** Biomineralization in reef-building corals: from molecular mechanisms to environmental control. *Comptes Rendus Palevol*. 3(6): 453-467. doi: 10.1016/j.crpv.2004.07.011
2. **Allison, N., 1996.** Comparative determinations of trace and minor elements in coral aragonite by ion microprobe analysis, with preliminary results from Phuket, southern Thailand. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 60(18): 3457-3470. doi: 10.1016/0016-7037(96)00171-8
3. **Al-Mansoori, N., McParland, D., Howells, E., Bauman, A. and Burt, J.A., 2019.** Coral bioerosion on the marginal reefs of northeastern Arabia. Aquatic Ecosystem Health & Management. 23(2): 1-9. doi: 10. 1080/14634988.2019.1677204
4. **Al-Sawalmih, A., Al-Horani, F.A. and Al-Rousan, S., 2017.** Elemental analysis of the coral *Stylophora pistillata* incubated along the Jordanian coast of the Gulf of Aqaba. *Fresenius Environmental Bulletin*. 26(4): 3030-3037.
5. **Anu, G., Kumar, N.C., Jayalakshmi, K.J. and Nair, S.M., 2007.** Monitoring of heavy metal partitioning in reef corals of Lakshadweep Archipelago, Indian Ocean. *Environmental Monitoring and Assessment*. 128(1-3): 195-208. doi.org/10.1007/s10661-006-9305-7
6. **Balling, H.W., Janse, M. and Sondervan, P.J., 2008.** Trace elements, functions, sinks and replenishment in reef aquaria. Advances in Coral Husbandry in Public Aquariums. Public Aquarium Husbandry Series. Leewis, R.J. and Janse, M., (Eds.). 2: 143-156.
7. **Birkeland, C.E., 1997.** Chapter 1: Introduction. 1-12 In: Birkeland, C.E., (Ed.), life and death of coral reefs. New York: Chapman and Hall. 536 p.
8. **Bolouki Kourandeh, M., Nabavi, S.M.B. and Shokri, M.R., 2018.** Variation in skeletal extension, density and calcification of the Scleractinian coral *Porites lobate* across the northern Persian Gulf. *Regional Studies in Marine Science*. 24: 364-369. doi: 10.1016/j.rsma.2018. 09.013
9. **Bolouki Kourandeh, M., Nabavi, S.M.B., Shokri, M.R. and Feng, Y., 2021.** Trace metals content in annually banded scleractinian coral '*Porites lobata*' across the northern Persian Gulf. *Environmental Science and Pollution Research*. 28(43): 61008-61020. doi: 10.1007/s 11356-021-14938-8
10. **Calcinai, B., Bavestrello, G. and Cerrano, C., 2005.** Excavating sponge species from the Indo-Pacific Ocean. *Zoological studies*. 44(1): 5-18.
11. **Calcinai, B., Cerrano, C., Iwasaki, N. and Bavestrello, G., 2008.** Sponges boring into precious corals: an overview with description of a new species of *Alectona*

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]
[DOI: 10.22034/aer.1.2.69]

25. **Ghanbari, P., Pazooki, J. and Shokri, M.R., 2012.** Biological erosion of intertidal and subtidal reef building corals in Hengam Island, M.Sc. thesis, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. 68 p. (In Persian)

26. **Glynn, P.W., 1988.** Coral bleaching and mortality in the tropical eastern pacific during the 1982-83 El Nino warming event. In: Ogden, J. and Wicklund, R., (Eds.) Mass bleaching of coral reefs in the Caribbean: a research strategy. NOAA's Undersea Research Program, St Croix, US Virgin Islands, Research Report. 88-2: 42-45.

27. **Glynn, P.W., 1997.** Bioerosion and coral reef growth: 69-95. In: Birkeland, C.E., (Ed.), Life and death of coral reefs. New York: Chapman and Hall. 536 p.

28. **Griffin, S.P., Garcia, R.P. and Weil, E., 2003.** Bioerosion in coral reef communities in southwest Puerto Rico by the sea urchin *Echinometra viridis*. *Marine Biology*. 143: 79-84. doi: 10.1007/s00227-003-1056-1

29. **Hanna, R.G. and Muir, G.L., 1990.** Red sea corals as biomonitors of trace-metal pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*. 14: 211-222. doi: 10.1007/BF00677917

30. **Harger, J.R.E., 1984.** Rapid survey techniques to determine distribution and structure of coral communities. In comparing coral reef survey methods, UNEP-UNESCO workshop: Thailand. 88-91.

31. **Holmes, K.E., 1996.** The effects of eutrophication on clionid sponge communities. Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium. 2: 1411-1416.

32. **Holmes, K.E., Edinger, E.N., Limmon, G.V. and Risk, M.J., 2000.** Bioerosion of live massive corals and branching coral rubble on Indonesian coral reefs. *Marine Pollution Bulletin*. 40(7): 606-617. doi: 10.1016/S0025-326X(00)00067-9

33. **Howard, L.S. and Brown, B.E., 1986.** Metals in tissues and skeleton of *Fungia Fungites* from Phuket, Thailand. *Marine Pollution Bulletin*. 17(12): 569-570. doi: 10.1016/0025-326X(86)90573-4

34. **Howells, E.J., Dunshea, G., McParland, D., Vaughan, G.O., Heron, S.F., Pratchett, M.S., Burt, J.A. and Bauman, A.G., 2018.** Species-specific coral calcification responses to the extreme environment of the southern Persian Gulf. *Frontiers in Marine Science*. 5: 1-13. doi: 10.3389/fmars.2018.00056

35. **Hutchings, P.A., 1974.** A preliminary report on the density and distribution of invertebrates living on coral reefs. Proceedings of the 2nd International Coral Reef Symposium 1: 285-296.

36. **Hutchings, P., 1990.** Terebellidae (Polychaeta) from the Hong Kong region: pp. 377- 412 In: Morton, B., (Ed.), The marine flora and fauna of Hong Kong and southern China. 1: 448 p.

37. **Hutchings, P., 2008.** Role of polychaetes in bioerosion of coral substrates. 249-264 In: wisshak, M. and Tapanila, L., (Ed), current developments in bioerosion. Erlangen Earth Conference Series. 499 p.

38. **Hutchings, P., Peyrot-Clausade, M. and Osnorno, A., 2005.** Influence of land runoff on rates and agents of bioerosion of coral substrates. *Marine Pollution Bulletin*. 51(1-4): 438-447. doi: 10.1016/j.marpolbul.2004.10.044

39. **Iijima, M., Yasumoto, K., Yasumoto, J., Yasumoto Hirose, M., Kuniya, N., Takeuchi, R., Nozaki, M., Nanba, N., Nakamura, T., Jimbo, M. and Watabe, S., 2019.** Phosphate enrichment hampers development of juvenile *Acropora digitifera* coral by inhibiting skeleton formation. *Marine Biotechnology*. 21: 291-300. doi: 10.1007/s10126-019-09880-3

40. **Jafari, M.A., Seyfabadi, J. and Shokri, M.R., 2016.** Internal bioerosion in dead and live hard corals in intertidal zone of Hormuz Island (Persian Gulf). *Marine* (Demospongiae, Alectonidae) and a worldwide identification key for the genus. *Marine Ecology*. 29(2): 273-279. doi: 10.1111/j.1439-0485.2008.00246.x

12. **Caroselli, E., Prada, F., Pasquini, L., Nonnis Marzano, F., Zaccanti, F., Falini, G., Levy, O., Dubinsky, Z. and Goffredo, S., 2011.** Environmental implications of skeletal micro-density and porosity variation in two scleractinian corals. *Zoology*. 114(5): 255-264. doi: 10.1016/j.zool.2011.04.003

13. **Carpenter, K.E., Harrison, P.L., Hodgson, G., Alsafar, A.H. and Althazeem, S.H., 1997.** The corals and coral reef fishes of Kuwait. Kuwait: Kuwait Institute for Scientific Research. 166 p.

14. **Chazottes, V., Lecampion-Alsumard, T., Peyrot-Clausade, M. and Cuet, P., 2002.** The effects of eutrophication- related alterations to coral reef communities on agents and rates of bioerosion (Reunion Island, Indian Ocean). *Coral Reefs*. 21(4): 375-390. doi: 10.1007/s00338-002-0259-0

15. **Correge, T., 2006.** Sea surface temperature and salinity reconstruction from coral geochemical tracers. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 232: 408-428. doi: 10.1016/j.palaeo.2005.10.014

16. **Dab, K., Shokri, M.R., Vajed Samiei, J. and Ghezellou, P., 2012.** A comparative survey on cryptofauna of common scleractinian corals in waters of the South Pars Special Economic Energy Zone (Nayband Bay, Persian Gulf). Coral Reefs of the Gulf Symposium.

17. **Darvishnia, Z., Riyahi Bakhtiari, A., Kamrani, E. and Sajjadi, M.M., 2016.** Bioaccumulation of Fe, Zn and Pb in Faviidae and Poritidae corals from Qeshm Island, Persian Gulf, Iran. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. (45)12: 1727-1732.

18. **De Bakker, D.M., Meesters, E.H., Bak, R.P.M., Nieuwland, G. and Van Duyl, F.C., 2016.** Long-term shifts in coral communities on shallow to deep reef slopes of CuracËao and Bonaire: Are there any winners? *Frontiers in Marine Science*. 3(247). doi: 10.3389/fmars.2016.00247

19. **Dunn, J.G., Sammarco, P.W. and La Fleur, G., 2012.** Effects of phosphate on growth and skeletal density in the scleractinian coral *Acropora muricata*: A controlled experimental approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 411: 34-44. doi: 10.1016/j.jembe.2011.10.013

20. **Eakin, C.M., 1996.** Where have all the carbonates gone? A model comparison of calcium carbonate budgets before and after the 1982-83 El Niño at Uva Island in the eastern Pacific. *Coral Reefs*. 15: 109-119. doi: 10.1007/BF01771900

21. **Esslemont, G., Harriott, V.J. and McConchie, D.M., 2000.** Variability of trace metal concentrations within and between colonies of *Pocillopora damicornis*. *Marine Pollution Bulletin*. 40(7): 637-642. doi: 10.1016/S0025-326X(00)00068-0

22. **Fatemi, S.M.R. and Shokri, M.R., 2001.** Iranian coral reefs status with particular reference to Kish Island, Persian Gulf. Proceeding of international coral reef initiative (ICRI) regional workshop for the Indian Ocean, Maputo, Mozambique, 26-28 November 2001.

23. **Flor, T.H. and Moore, W.S., 1977.** Radium/Calcium and Uranium/Calcium determinations for Western Atlantic Reef corals. Paper presented at the 3rd International Coral Reef Symposium.

24. **Forouzan, F., Ghazban, F. and Ardestani, M., 2014.** Sea surface temperature and salinity reconstruction from geochemical tracers of a massive coral in the Persian Gulf. *International Journal of Environmental Research*. 8(4): 1135-1144. doi: 10.22059/ijer.2014.807

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.69]

55. **Ramos, A.A., Inoue, Y. and Ohde, S., 2004.** Metal contents in *Porites* corals: Anthropogenic input of river run-off into a coral reef from an urbanized area, Okinawa. *Marine Pollution Bulletin*. 48(3-4): 281-294. doi: 10.1016/j.marpolbul.2003.08.003

56. **Ranjbar Jafarabadi, A., Riyahi Bakhtiari, A., Maisano, M., Pereira, P. and Cappello, T., 2018.** First record of bioaccumulation and bioconcentration of metals in scleractinian corals and their algal symbionts from Kharg and Lark coral reefs (Persian Gulf, Iran). *Science of the Total Environment*. 640: 1500-1511. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.029

57. **Risk, M.J., Heikoop, J.M., Edinger, E.N. and Erdmann, M.V., 2001.** The assessment "toolbox": Community-based reef evaluation methods coupled with geochemical techniques to identify sources of stress. *Bulletin of Marine Science*. 69(2): 443-458.

58. **Rosen, B.R., 1971.** The Distribution of Reef Coral Genera in the Indian Ocean, Symposia of the Zoological Society of London. 28: 263-299.

59. **Scaps, P. and Denis, V., 2008.** Can organisms associate with live scleractinian corals be used as indicators of coral reef status? Atoll Research Bulletin. 566 p.

60. **Seyfabadi, J., Shokri, N. and Fatemi, M.R., 2011.** Spatial variation of symbiotic dinoflagellates on coral reefs of the northern Persian Gulf. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 10(3): 475-486.

61. **Shen, G.T., Boyle, E.A. and Lea, D.W., 1987.** Cadmium in corals as a tracer of historical upwelling and industrial fallout. *Nature*. 328: 794-796. doi: 10.1038/328794a0

62. **Shokri, M.R. and Mohammadi, M., 2021.** Effects of recreational SCUBA diving on coral reefs with an emphasis on tourism suitability index and carrying capacity of reefs in Kish Island, the northern Persian Gulf. *Regional Studies in Marine Science*. 45: 101813. doi: 10.1016/j.rsma.2021.101813

63. **Smith, S.V., Buddemeier, R.W., Redalje, R.C. and Houck, J.E., 1979.** Strontium-calcium thermometry in coral skeletons. *Science*. 204: 404-407. doi: 10.1126/science.204.4391.404

64. **Souri, A., Niyogi, S. and Naji, A., 2019.** Distribution, source apportionment, bioavailability and ecological risks of metals in reef sediments and corals of the Persian Gulf (Iran): Khark Island, Chirouyeh, and Hendorabi Island. *Marine Pollution Bulletin*. 149: 110654. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110654

65. **Tadier, S., Rokidi, S., Rey, C., Combes, C. and Koutsoukos, P.G., 2017.** Crystal growth of aragonite in the presence of phosphate. *Journal of Crystal Growth*. 458: 44-52. doi: 10.1016/j.jcrysgro.2016.10.046

66. **Veron, J.E., 2000.** Corals of the world. Second Edition, Australian Institute of Marine Science. 490 p.

67. **Weber, J.N., 1973.** Incorporation of strontium into reef coral skeletal carbonate. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 37(9): 2173-2190. doi: 10.1016/0016-7037(73)90015-X

68. **Zamani Jamshidi, M.M., Seyfabadi, J., Nasrolahi, A. and Rezai Marnani, H., 2023.** Recruitment of biofouling communities in the coral reefs of Hengam Island (Persian Gulf): The interaction of nutrients and grazing. *Journal of Animal Environment*. 15(2): 293-306. doi: 10.22034/AEJ.2022.349394.2835 (In Persian)

Pollution Bulletin. 105(2): 586-592. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.11.048

41. **Javid, P., Behzadi, S. and Ranjbar, M.S., 2021.** The effect of global warming on bleaching of coral ecosystems in some islands of the Persian Gulf. *Journal of Animal Environment*. 13(2): 387-394. doi:10.22034/aej.2021.138981 (In Persian)

42. **Kavousi, J., Seyfabadi, J., Rezai, H. and Fenner, D., 2011.** Coral reefs and communities of Qeshm Island, the Persian Gulf. *Zoological Studies*. 50(3): 276-283.

43. **Kleemann, K. and Definitionen, T.I., 2001.** Marine bioerosion. Lecture notes distributed in University of Vienna Lecture, 21 August 2001.

44. **Klumpp, D.W., McKinnon, A.D. and Mundy, C.N., 1988.** Motile cryptofauna of a coral reef: Abundance, distribution and trophic potential. *Marine Ecology Progress Series*. 45(1-2): 95-108. doi: 10.3354/meps045095

45. **Kohler, K.E. and Gill, S.M., 2006.** Coral point count with excel extensions (CPCe): a visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers and Geosciences*. 32(9): 1259-1269. doi: 10.1016/j.cageo.2005.11.009

46. **Lopez, K., Bone, D., Rodriguez, C. and Padilla, F., 2008.** Biodiversity of cryptofauna associated with reefs of the Los Roques Archipelago National Park, Venezuela. Novaedu, Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida. 7-11 July 2008 Session Number 26.

47. **Maghsoudlou, A., Araghi, P.E., Wison, S., Taylor, O. and Medio, D., 2008.** Status of coral reefs in the ROPME Sea Area (The Persian Gulf, Gulf of Oman and Arabian Sea). In: Wilkinson, C., (Ed.), Status of coral reefs of the world: 2008, Australian Institute of Marine Science, Townsville.

48. **Mashhadi, H., Seyfabadi, J., Rezai Marnani, H. and Ghodrati Shojaei, M., 2021.** Bioerosion and its relation ship with skeletal density of *Platygyra daedalea* and *Porites harrisoni* in Larak Island, Persian Gulf. *Marine Ecology*. 42 (6): e12686. doi: 10.1111/maec.12686

49. **Mwachireya, S.A., McClanahan, T.R., Cote, I.M. and Hartwick, B.E., 2016.** Increased terrestrial perturbations modify skeletal properties and mechanical strength of hard corals. *Environment and Natural Resources Research*. 6(4): 153. doi: 10.5539/enrr.v6n4p153

50. **Neumann, A.C., 1966.** Observations on coastal erosion in Bermuda and measurements of the boring rate of the sponge, Cliona LAMPA 1, 2. *Limnology and Oceanography*. 11(1): 92-108. doi: 10.4319/lo.1966.11.1.0092

51. **Oladi, M. and Shokri, M.R., 2021.** Multiple benthic indicators are efficient for health assessment of coral reefs subjected to petroleum hydrocarbons contamination: A case study in the Persian Gulf. *Journal of Hazardous Materials*. 409: 124993. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124993

52. **Pari, N., Peyrot-Clausade, M., Lecampion-Alsumard, T., Hutchings, P., Chazottes, V., Golubic, S., Lecampion, J. and Fontaine, M., 1998.** Bioerosion of experimental substrate on high islands and on atoll lagoons (French Polynesia) after two years of exposure. *Marine Ecology Progress Series*. 166: 119-130. doi: 10.3354/meps166119

53. **Peyrot-Clausade, M., Hutchings, P.A. and Richard, G., 1992.** Temporal variations of macroborers in massive *Porites lobata* on Moorea, French Polynesia. *Coral Reefs*. 11: 161-166. doi: 10.1007/BF00255471

54. **Pouryousef, Y., Seyfabadi, J., Rezai, H., Mahvari, A. and Jafari, M.A., 2022.** Scleractinian coral communities of Hormuz Island in the Persian Gulf. *Acta Oceanologica Sinica*. 41(12): 48-57. doi: 10.1007/s13131-022-2048-7

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.69]