



Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>

Original Article



Investigating the accumulation of microplastics in the hard coral species (*Platygyra daedalea*) of the Persian Gulf

Amir Mozarfar Hosseini^{1*}, Mohammad Sharif Ranjbar¹, Majid Askari Hesni^{2*}

1. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

2. Department of Biology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

* Corresponding Author Email: amirmozafarhosseiny@gmail.com; mahesni@uk.ac.ir

Received: 7 January 2024

Revise Date: 12 February 2024

Accepted: 22 July 2024

DOI: 10.22113/jmst.2024.431576.2567

ABSTRACT

Microplastics, considered an emerging pollutant, are carriers for transferring various chemical substances in natural ecosystems. They contribute to overall toxicity in oceans and can adversely affect human health through their transfer along the food chain. Coral reefs, as crucial marine ecosystems, support the livelihoods of many aquatic species and serve as essential food sources for humans. Unfortunately, in recent years, coral reefs have been threatened due to the increase in various pollutants, including plastic pollutants. In this study, the accumulation of microplastics in the hard coral species *Platygyra daedalea* was investigated in the Kish, Kharg, Hengam, and Larak islands. Samples were collected from the selected islands, transported to the laboratory, and examined using a stereomicroscope to assess the distribution and density of microplastics on the coral surfaces. The results indicated that all examined samples contained microplastics, with approximately 47 ± 6.1 pieces of microplastics found per colony. Regarding the types of microplastics, fragments constituted the majority at 54%. The largest piece of microplastic found had a length of 4.5 millimeters, while the smallest measured 12 micrometers. The predominant colors of the identified microplastics were blue, followed by black. Unfortunately, all investigated locations exhibited microplastic contamination. Among the islands, Hengam Island showed the least contamination, while Kharko Island displayed the highest levels of microplastic pollution.

Keywords: coral reefs; pollutants; plastic; environment

1. INTRODUCTION

Due to the importance of coral habitats in marine ecosystems as one of the food reserves for aquatic organisms and humans, the investigation of threatening factors to this ecosystem is crucial (Castro and Huber, 2008).

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



additionally, microplastics are a new pollutant (Lamb et al., 2018), and there is still limited information about them, particularly in the coral reefs of the Persian Gulf, which serve as a seafood reserve for humans. Therefore, this study examines the accumulation of microplastics on the surfaces of coral reefs in some islands of the Persian Gulf and discusses the implications of this contamination.

2. MATERIALS AND METHODS

Sampling was carried out around the islands of Kharg, Kharko, Hengam, and Larak in the Persian Gulf. After collection, the samples were weighed using a digital scale, coded, wrapped in foil, and transported to the research laboratory of Hormozgan University via an icebox.

For the assessment of the distribution and density of microplastics and the presence or absence of microplastics, a portion of the samples was separated and placed in a 20% KOH solution. The samples were kept in an isolated environment at a temperature of 25 degrees for 4 to 7 days. Following the complete digestion of coral tissue and the separation of microplastics present on the surface and inside the coralites (Ding et al., 2019), the resulting solution was filtered through a Wattman filter. Subsequently, filter paper was placed under the microscope, and microplastics were examined for their accumulation, density, color, and size. The recorded data were analyzed using SPSS software version 24.

3. RESULTS

Unfortunately, all the samples under investigation contained microplastics. In total, 190 plastic pieces were identified, fragments constituting the highest percentage at 54%; fibers accounted for 39%, films for 6%, and pellets for less than 1% of the microplastic composition. The largest microplastic piece found had a length of 4.5 millimeters at its longest point, and the smallest piece measured around 12 micrometers.

The most prevalent colors among the identified microplastics were blue, followed by black. The overall percentage distribution of different colors of microplastics is as follows: blue 43%, black 42%, brown 4%, orange 4%, white 3%, red 2%, pink 1%, yellow 1%, and gray 1%.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The status of microplastic pollution in corals of the Middle East has remained unexplored until now, and this study represents the first published research in this field. A comparison among four islands reveals significant differences in the type and color spectrum of the found microplastics. This variation can be crucial for identifying the source of microplastics for each island in future research and even for implementing measures to mitigate it. Among the islands, Hengam Island exhibited the least contamination, while Kharko Island had the highest microplastic pollution. The higher contamination on Kharko Island and Kharg Island can be attributed to the presence of oil facilities, companies, a larger population, and significant maritime transportation activities. Additionally, the geographical positioning of these islands in a region of the Persian Gulf where water circulation is lower contributes to the accumulation of microplastics.

Various factors, such as the sampling region, analytical methods, water currents, and coral species, can influence the prevalence of reported microplastics in rocky areas (Huang et al., 2020). Therefore, further assessment is needed in future studies to better understand and account for these influencing factors.

REFERENCES:

- Castro, P. and Huber, M. E., 2008. *Marine biology*, McGraw-Hill Education.
- Ding, J., Jiang, F., Li, J., Wang, Z., Sun, C., Wang, Z., Fu, L., Ding, N. X. and He, C., 2019. Microplastics in the coral reef systems from Xisha Islands of South China Sea. *Environmental science & technology*, 53, 8036-8046. DOI: 10.1021/acs.est.9b01452.
- Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A. and Jompa, J., 2018. Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359, 460-462. DOI: 10.1126/science.aar3320.



مقاله پژوهشی

Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>



بررسی تجمع میکروپلاستیک‌ها در مرجان سخت گونه (*Platygyra daedalea*) خلیج فارس

امیرمظفر حسینی^{۱*}، محمدشریف رنجبر^۲، مجید عسکری حسنی^{۳*}

۱. گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران.

۲. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: amirmozafarhosseiny@gmail.com; mahesni@uk.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۷

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/jmst.2024.431576.2567

چکیده

میکروپلاستیک‌ها که به عنوان یک آلودگی نوظهور محسوب می‌شوند به عنوان ناقلی برای انتقال انواع مختلف مواد شیمیایی در اکوسیستم‌های طبیعی نیز عمل می‌کنند همچنین به سمیت کلی در اقیانوس‌ها می‌افزایند و همچنین از طریق انتقال در طول زنجیره غذایی می‌توانند اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان داشته باشند. زیستگاه‌های مرجانی یکی از مهم‌ترین بوم‌سازگان دریایی هستند که حیات بسیاری از آبزیان و منابع غذایی دریایی انسان‌ها به آنها وابسته است. اما متأسفانه در سال‌های اخیر در اثر افزایش آلاینده‌های متعدد از جمله آلاینده‌های پلاستیکی در معرض تهدید قرار گرفته‌اند. در این پژوهش تجمع میکروپلاستیک‌ها در مرجان سخت *Platygyra daedalea* در جزایر خارگ، خارکو، هنگام و لارک بررسی شد. جهت ارزیابی پراکنش و تراکم میکروپلاستیک‌ها و وجود یا عدم وجود میکروپلاستیک بر سطح کورالیت‌های کلنی مرجانی، نمونه‌ها از جزایر مورد نظر جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و توسط استریومیکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تمامی نمونه‌های مورد بررسی دارای میکروپلاستیک هستند و بر اساس بررسی صورت گرفته در هر کلنی در حدود $47 \pm 6,1$ قطعه میکروپلاستیک یافت شد و از نظر نوع میکروپلاستیک‌ها، فرگمت‌ها با ۵۴٪ درصد، بیشترین مقدار را به خود اختصاص می‌دادند. بزرگترین قطعه میکروپلاستیک یافت شده طولش در طویل‌ترین نقطه ۴,۵ میلی‌متر و کوچکترین قطعه ۱۲ میکرومتر همچنین بیشترین رنگ میکروپلاستیک‌های یافت شده آبی و سپس مشکی بود. متأسفانه تمامی نقاط مورد بررسی دارای آلودگی میکروپلاستیک و در میان جزایر، جزیره هنگام کمترین آلودگی و جزیره خارکو بیشترین آلودگی میکروپلاستیک را دارا می‌باشد.

واژگان کلیدی: آب‌سنگ‌های مرجانی، آلاینده‌ها، پلاستیک، محیط زیست.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



۱. مقدمه

پلیمرهای مصنوعی در اواخر قرن نوزدهم در حدود دهه ۱۸۶۰ ظاهر شدند، اما پس از جنگ جهانی دوم "ظهور پلاستیک" به طور جدی آغاز شد (Bissagou Koumba, 2018). پلاستیک از زمان پیدایش خود به عنوان رزین فتل فرمالدئید (یعنی باکلیت) به یکی از رایج ترین مواد در همه جا تبدیل شده است. پلاستیک‌ها به عنوان ترکیبی از ویژگی‌های عملکردی بینظیر با هزینه کم، به یک عضو جدایی‌ناپذیر از اقتصاد مدرن تبدیل شده‌اند. استفاده از آن‌ها در نیم قرن گذشته بیست برابر شده است و انتظار می‌رود در سال‌های آینده چند برابر شود. امروزه تقریباً همه افراد، در همه جا، هر روز با پلاستیک‌ها، به ویژه بسته‌بندی‌های پلاستیکی در تماس هستند. به گونه‌ای که تصور دنیایی بدون پلاستیک تقریباً غیرممکن است. پلاستیک‌ها به دلیل ترکیبی از هزینه کم، تطبیق پذیری، دوام و نسبت استحکام بالا نسبت به وزن کم مزایای اقتصادی زیادی برای این بخش‌ها به ارمغان آورده‌اند و در نتیجه تقاضای این مواد افزایش یافته‌است (Andrady and Neal, 2009) و اساساً پلاستیک برای تسهیل برخی شرایط زندگی انسان طراحی گردیده است اما امروزه به یک نگرانی واقعی زیست محیطی تبدیل شده است (Singh et al., 2023).

در اثر افزایش تقاضا، تولید پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا سال ۲۰۱۸ به طور تصاعدی افزایش یافته است و پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ دو برابر شود. همچنین پیش بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۵ میزان انباشته زباله‌های پلاستیکی در زمین برابر با تراکم و وزن ماهیان در اقیانوس‌ها شود (Stubbins et al., 2021).

انسان‌ها، اقیانوس‌ها و محیط‌های آبی را به عنوان سطل زباله‌ای برای تخلیه ی آلودگی‌های تولید شده‌ی خود مورد استفاده قرار می‌دهند و باور همگانی بر این است که "عوامل انسانی" عامل اصلی آلودگی دریاها و اکوسیستم‌های آبی است همچنین در میان زباله‌ها و ضایعاتی که وارد پهنه‌های آبی می‌شوند، پلاستیک‌ها بخش عمده را به خود اختصاص می‌دهند؛ به گونه‌ای که نسبت آنها بین ۶۰ تا ۸۰ درصد از کل زباله‌های دریایی تخمین زده شده است از این میزان ۸۰ درصد از مناطق خشکی و ۲۰ درصد هم از مناطق دریایی و فعالیت‌های دریایی وارد این زیستگاه‌های مهم می‌شوند و متأسفانه به تدریج بخشی از این آلاینده‌ها به شکل‌های مختلف در طی زنجیره غذایی به بدن انسان باز می‌گردند (Qiu et al., 2016).

مواد پلاستیکی از ۱ میکرومتر تا ۵ میلی متر را به عنوان میکروپلاستیک طبقه‌بندی می‌کنند (Cole et al., 2011). حضور

میکروپلاستیک به مناطق ساحلی و آب‌های سطحی محدود نشده‌است، بلکه در آب‌های عمیق دریاها و اقیانوس‌ها، نمونه‌های رسوبات و مناطق قطبی نیز وجود دارد (Auta et al., 2017).

بطور کلی در سال‌های اخیر آلودگی‌های ناشی پلاستیک‌ها به یکی از نگرانی‌های جدید بشر تبدیل شده و ماهیت همه جانبه میکروپلاستیک‌ها در محیط و محصولات مصرفی منجر به مواجهه اجتناب‌ناپذیر انسان با این ذرات می‌شود و بلع به عنوان مسیر اصلی قرار گرفتن انسان در معرض میکروپلاستیک‌ها در نظر گرفته می‌شود (Shahsavari et al., 2023). از خبرهای سال ۲۰۲۲ می‌توان به پیدا شدن میکروپلاستیک در ریه ۱۱ مریض از ۱۳ مراجعه کننده‌ای که برای جراحی ریه مراجعه کرده بودند اشاره کرد (Jenner et al., 2022)، همچنین محققان پلاستیک را در خون ۱۷ نفر از ۲۲ شرکت کننده یا حدود ۷۷ درصد یافتند (Leslie et al., 2022) و فرضیه ایشان مبنی بر ورود ذرات میکروپلاستیک به بدن و انتقال آنها در سراسر بدن در حال اثبات می‌باشد همچنین یک گروه ایتالیایی در تحقیقی که بر روی ۳۴ مادر بعد از یک هفته از زایمانشان انجام داده بودند در شیر ۷۵ درصد آن‌ها میکروپلاستیک را یافت کرده بودند که بسیار نگران کننده است و نشان دهنده انتقال میکروپلاستیک از مادر به نوزاد می‌باشد (Montano et al., 2023). با این حال، عواقب این قرار گرفتن در معرض میکروپلاستیک هنوز به خوبی درک نشده است. اما مطلبی که روشن است این است که این میکروپلاستیک‌ها می‌توانند بر روی سیستم گوارش، تنفس، گردش خون و ... به مرور زمان تاثیر گذاشته و عواقب مضر را در پی داشته باشند.

زیستگاه‌های مرجانی یکی از مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های دریایی هستند که حیات بسیاری از آبزیان به آنها وابسته است اما متأسفانه در سال‌های اخیر در اثر افزایش آلاینده‌های متعدد از جمله آلاینده‌های پلاستیکی در معرض تهدید قرار گرفته‌اند (Castro and Huber, 2008). بر اساس پیش بینی‌های صورت گرفته در حدود ۱ تا ۱۰ میلیون موجود زنده اعم از میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و جانوران به این اکوسیستم وابسته هستند و بخشی از این آبزیان از جمله ماهیان، سخت پوستان و نرم‌تنان به عنوان غذای انسان می‌باشند و در صورت افزایش آلودگی در این آبزیان، آلاینده‌ها از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل و باعث بروز بیماری‌های متعددی می‌گردند (Andersson et al., 2019).

در یک بررسی میدانی در ۱۲۴۰۰۰ مرجان از ۱۵۹ صخره مرجانی در سراسر اقیانوس‌های آسیا-اقیانوس آرام، (Lamb et al., 2018) تخمین زده شد که ۱۱,۱ میلیارد اقلام پلاستیکی بزرگ در این

ابزارهای پیچیده استخراج می‌شوند. علاوه بر این، شناسایی مورفولوژیکی نکاتی را در مورد منابع آلودگی پلاستیکی و اطلاعاتی در مورد سرنوشت نوع خاصی از زباله‌ها ارائه می‌دهد. این موارد شامل الیاف منسوجات مصنوعی، ابزارهای ماهیگیری، گلوله‌های صنعتی (ذرات مدور و کوچک پلاستیک که برای مصارف صنعتی تولید می‌شوند) و بسیاری موارد دیگر است. با این حال، شناسایی بدون ابهام اجسام سه بعدی ناهمگن کار دشواری است (Rosal, 2021).

با توجه به اهمیت زیستگاه‌های مرجانی در اکوسیستم دریایی به عنوان یکی از ذخایر غذایی آبزیان و انسان، بررسی عوامل تهدیدکننده این اکوسیستم بسیار حائز اهمیت می‌باشد همچنین میکروپلاستیک یک آلاینده جدید بوده که هنوز اطلاعات چندانی از آن به خصوص در آبسنگ‌های مرجانی خلیج فارس به عنوان یک ذخیره غذایی دریایی انسانی در دست نمی‌باشد لذا در این تحقیق تجمع میکروپلاستیک‌ها بر سطح آبسنگ‌های مرجانی در برخی جزایر خلیج فارس مورد بررسی و بحث قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از اطراف جزایر خارگ، خارکو، هنگام و لارک در خلیج فارس انجام شد

جزایر خارگ و خارکو دو جزیره مهم مرجانی هستند که در ناحیه شمال غربی خلیج فارس در استان بوشهر قرار دارند و به شدت تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی از جمله فرایند استخراج و ذخیره منابع نفتی می‌باشند (شکل ۱).

صخره‌ها به دام افتاده هستند. پیش بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ میکروپلاستیک‌های (قطر بیش از ۵۰ میلی متر) در اطراف زیستگاه‌های مرجانی تا ۴۰ درصد افزایش یابند و حساسیت بیماری مرجان‌های صخره ساز را از ۴ درصد به بیش از ۸۰ درصد افزایش دهند (Lamb et al., 2016). از طرفی مواد زائد پلاستیکی می‌توانند منجر به ساییدگی و آسیب فیزیکی به بافت‌های مرجانی شوند و باعث تهاجم پاتوژن‌ها و تک یاخته‌های مؤکدار و در نتیجه باعث بیماری‌های مرجانی مانند فرسایش نوار اسکلتی شوند (Page and Willis, 2008; Lamb et al., 2016). همچنین گزارش شده است که سایر آلاینده‌های آب مانند فلزات سنگین و سایر مواد شیمیایی به راحتی به میکروپلاستیک‌ها متصل می‌شوند و میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک ناقل آلودگی نیز عمل می‌کنند که منجر به تجمع زیستی انواع هیدروکربن‌ها، فلزات سنگین و غیره در اقیانوس‌ها می‌شود (Amelia et al., 2021)؛ به این معنی که این پلیمرهای مصنوعی علاوه بر اینکه خود آلاینده هستند، به عنوان ناقلی برای انتقال انواع مختلف مواد شیمیایی در اکوسیستم‌های طبیعی نیز عمل می‌کنند همچنین می‌توانند به سمیت کلی در اقیانوس‌ها بیفزایند.

میکروپلاستیک‌ها بسیار ناهمگن بوده و طیف گسترده‌ای از اشکال را نشان می‌دهند که از گلوله‌های کروی یا استوانه‌ای معمولی گرفته تا الیاف با تعداد بالا را شامل می‌شود. هنگامی که مواد پلاستیکی در محیط قرار می‌گیرند، فرآیندهای تخریب فیزیکی و شیمیایی را متحمل می‌شوند که منجر به تجزیه یا ذرات بزرگتر به قطعات نامنظم کوچکتر می‌شود. شناسایی مورفولوژی‌های مختلف میکروپلاستیک‌های موجود در نمونه‌های محیطی، روشی مرسوم برای ارائه طبقه‌بندی بر اساس ویژگی‌هایی است که به آسانی بدون نیاز به

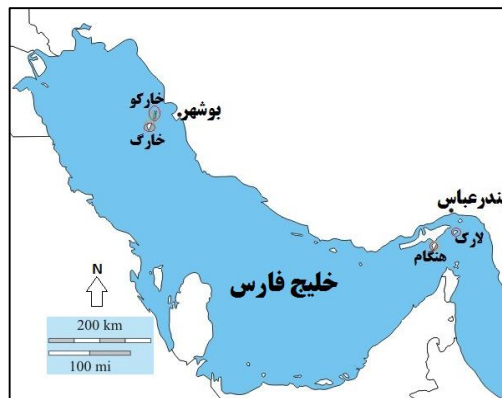


Fig. 1- The location of sampling areas including Larak, Hengam, Kharg and Kharkoo islands in the Persian Gulf

شکل ۱- موقعیت مناطق نمونه‌برداری شامل جزایر لارک، هنگام، خارگ و خارکو در خلیج فارس

منبسط یا اکستروود شده را تداعی می‌کنند (گاهی اوقات به اشتباه تحت نام تجاری استایروفوم قرار می‌گیرند). فیلم‌ها (Films) نیز نامنظم، اما نازک تر از قطعات و انعطاف پذیر هستند (GESAMP et al., 2019). پنج دسته مورفولوژیکی اصلی، یعنی قطعات، فوم‌ها، فیلم‌ها، خطوط و گلوله‌ها (fragments, foams, films, lines, and pellets) را توصیه می‌کند. دسته "خطوط" بر اساس نسبت ابعاد ذرات است و شامل رشته‌ها و الیاف است (GESAMP, 2019).

میکروپلاستیک موجود در لباس و یا ذرات موجود در هوا، تجزیه و تحلیل میکروپلاستیک را در محیط به خطر می‌اندازد که این عامل می‌تواند موجب خطا و برآورد بیشتر غلظت میکروپلاستیک، در نمونه شود؛ بنابراین تمامی مراحل انجام آزمایش تحت شرایط استریل و زیر هود انجام شد و تمامی ظروف مورد استفاده با آب مقطر شسته و با فویل آلومینیومی پوشانده شدند محدود استرومیوکروسکوپ قبل از باز کردن و تجزیه و تحلیل ظروفی که در آن میکروپلاستیک‌ها نگهداری می‌شدند، تمیز شد.

۳. نتایج

جزیره خارگ

بر اساس بررسی صورت گرفته بر سطح کلنی مرجانی گونه‌ی *Platygyra daedalea* مشخص شد که سطح کلنی دارای تنوع میکروپلاستیک می‌باشد بطوری که بر سطح ۱۲ کلنی مطالعه شده فیبر فرگمنت (قطعه میکروپلاستیک)، فیلم و لکه نفتی مشاهده گردید.

بر اساس مشاهدات صورت گرفته و نتایج بیشترین مقدار میکروپلاستیک‌ها را در این جزیره فرگمنت‌های (قطعات ریز) آبی، فیبرهای مشکی شامل می‌شوند و بقیه ذرات میکروپلاستیک نسبتاً کم و به تعداد یک الی دو میکروپلاستیک بودند (شکل ۲). به طور میانگین میزان میکرو پلاستیک‌ها در هر کلنی با سطح مقطع ۱۵۰ سانتیمتر مربع برابر با 4.8 ± 4.6 عدد بود که به سه نوع فرگمنت، فیبر و فیلم تقسیم می‌گردند. علاوه بر میکروپلاستیک‌ها، لکه‌های نفتی نیز بر سطح کلنی مرجانی مشاهده شد.

میکروپلاستیک‌های آبی بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده و ۶۴ درصد از کل میکروپلاستیک‌ها را شامل شده است.

جزیره خارکو

بر اساس بررسی بر روی سطح کلنی گونه‌ی *Platygyra daedalea* در جزیره خارکو مشخص شد که سطح کلنی دارای تنوع

جزایر هنگام و لارک در جنوب و جنوب شرقی جزیره قشم در استان هرمزگان واقع و نزدیک‌ترین جزایر به تنگه هرمز می‌باشند و به شدت تحت تاثیر حمل و نقل‌های دریایی و فعالیت‌های صید و صیادپهستند؛ از طرفی با توجه به زیستگاه‌ها و سواحل شاخص جزء مناطق شاخص گردشگری در جنوب می‌باشند (شکل ۱).

جهت نمونه برداری از کلنی‌های مرجانی، نقاط پرتراکم مرجانی به روش غواصی اسکوبا و مانتاتو انتخاب سپس در هر جزیره سه ترانسکت ۵۰ متری به موازات ساحل بر بستر پهن گردید و در طول هر ترانسکت چهار کلنی با سطح مقطع 10×15 سانتی متری جدا گردیدند. بنابراین بر اساس محاسبه سطح مقطع کل نمونه‌های مطالعه شده، در مجموع در هر جزیره ۱۲ کلنی از هر ایستگاه مورد ارزیابی قرار گرفت.

پس از جمع‌آوری کلنی‌های مورد نظر، نمونه‌ها توسط ترازو دیجیتال وزن، کدگذاری و در فویل پیچیده شدند و توسط باکس یخ به آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه هرمزگان منتقل گردیدند.

در آزمایشگاه پس از بررسی ریخت شناسی خارجی، شناسایی گونه‌ای بر اساس کلید شناسایی معتبر (Veron, 2002) و بر طبق صفات استاندارد انجام شد که نمونه مورد بررسی گونه‌ی *Platygyra daedalea* Ellis & Solander, 1786 بود.

جهت ارزیابی پراکنش و تراکم میکروپلاستیک‌ها و وجود یا عدم وجود میکروپلاستیک بر سطح کورالیت‌های کلنی مرجانی، نمونه‌ها توسط استریو میکروسکوپ به صورت میکروسکوپی مورد بررسی قرار گرفتند و سپس تمام بخش‌های کلنی توسط دوربین Dino lite عکسبرداری شد.

پس از عکس‌برداری از سطوح خارجی کلنی مرجان، بخشی از آن را جدا کرده، در محلول KOH ۲۰ درصد قرار داده و نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه در محیط ایزوله به مدت ۴ تا ۷ روز نگهداری شدند. پس از هضم کامل بافت مرجانی و جدا شدن میکروپلاستیک‌های موجود بر سطح و درون کورالیت‌ها (Ding et al., 2019)، محلول حاصل را از صافی واتمن عبور داده، سپس کاغذ صافی را در زیر میکروسکوپ قرار داده و میکروپلاستیک‌ها، از نظر تجمعی و تراکم و رنگ و اندازه مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات ثبت شده با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ تجزیه و تحلیل شدند.

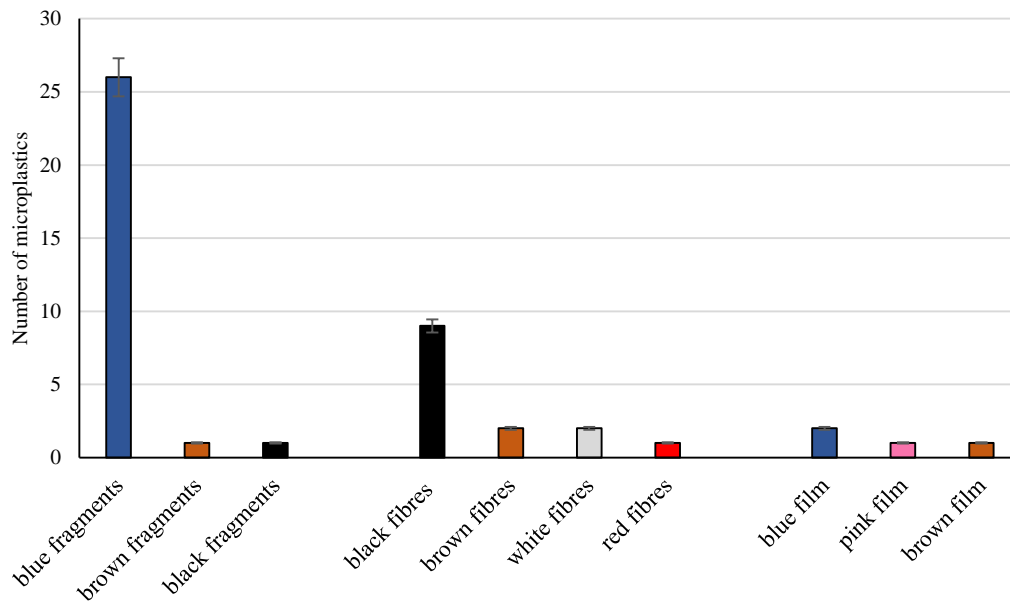
در بسیاری از موارد، استفاده از نام‌های خاص به منشا ذرات اشاره دارد. مهره‌ها (Beads) به استفاده از میکروپلاستیک‌های اولیه در لوازم آرایشی اشاره دارند. گلوله‌ها (Pellets) معمولاً در ساخت وساز استفاده می‌شوند. قطعات (Fragments) به عنوان ذرات با شکل و لبه‌های نامنظم تعریف شده‌اند که منشأ آنها از تکه تکه شدن ذرات بزرگ‌تر می‌باشد (Hartmann et al., 2019). فوم‌ها (Foams) پلی استایرن فوم شده،

کلنی با سطح مقطع ۱۵۰ سانتیمتر مربع برابر با 74 ± 7.4 عدد بود که به سه نوع فرگمنت، فیبر و فیلم تقسیم می‌گردند.

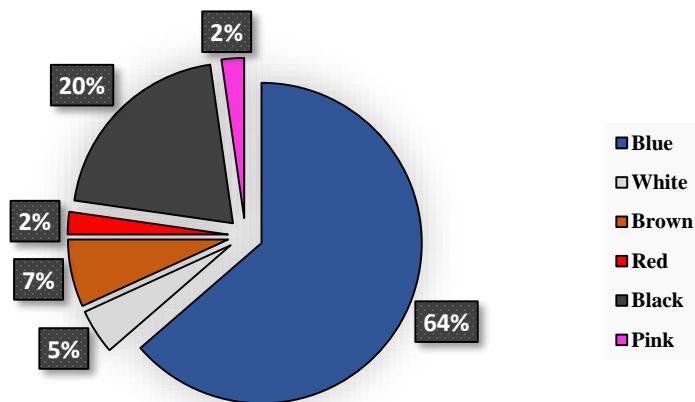
میکروپلاستیک‌های آبی بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده و ۶۹ درصد از کل میکروپلاستیک‌ها را شامل شده است.

میکروپلاستیک می‌باشد بطوری که بر سطح ۱۲ کلنی مطالعه شده فیبر، فرگمنت و فیلم مشاهده گردید.

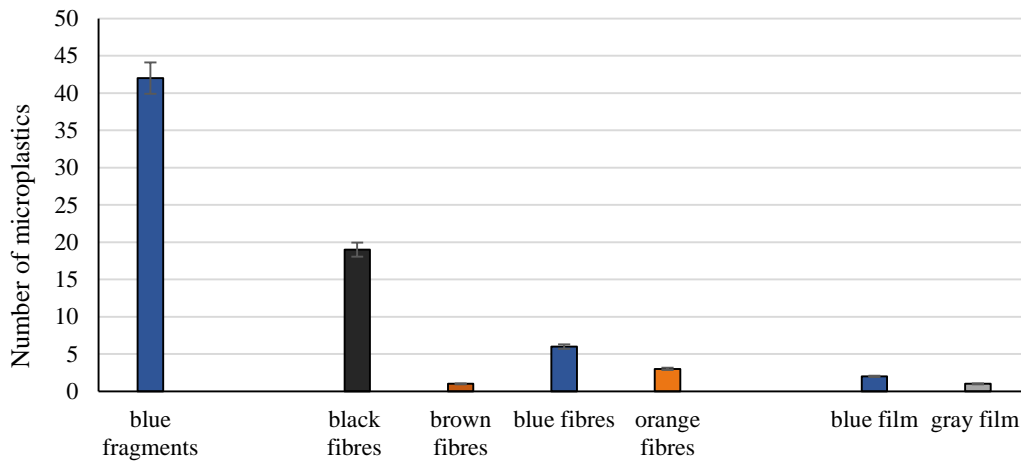
بیشترین مقدار میکروپلاستیک‌ها را در این ناحیه فرگمنت‌های آبی و فیبرهای مشکی تشکیل می‌دهند و بقیه ذرات میکروپلاستیک تعدادشان کمتر می‌باشد (شکل ۴). به طور میانگین میزان میکرو پلاستیک‌ها در هر



شکل ۲- میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در گونه‌ی *P. daedalea* (خارگ)
 Fig. 2- Microplastics observed in *P. daedalea* species (Kharg)

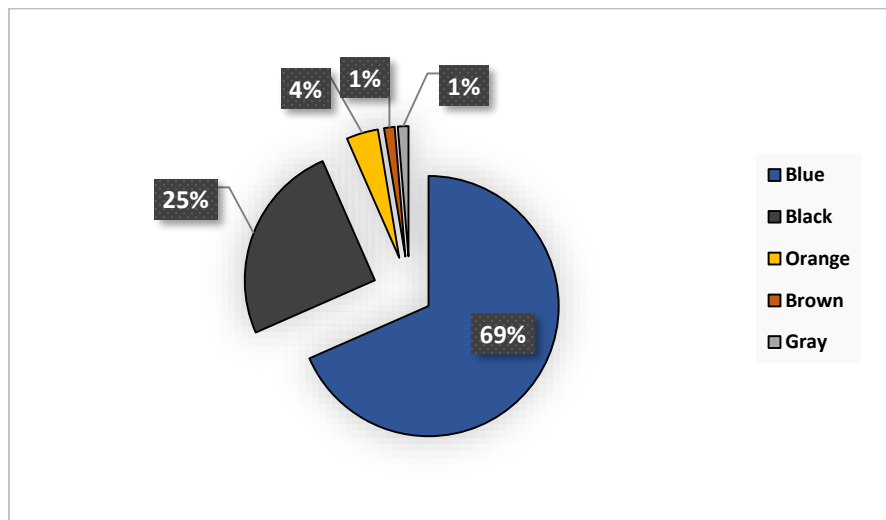


شکل ۳- رنگ میکروپلاستیک‌های دیده شده در گونه‌ی *P. daedalea* (خارگ)
 Fig. 3- The color of microplastics observed in *P. daedalea* species (Kharg)



شکل ۴- Error! No text of specified style in document.- میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در گونه‌ی *P. daedalea* (خارکو)

Fig. 4- Microplastics observed in *P. daedalea* (Kharko)



شکل ۵- رنگ میکروپلاستیک‌های دیده شده در گونه‌ی *P. daedalea* (خارکو)

Fig. 5- The color of microplastics observed in *P. daedalea* (Kharko)

بر اساس مشاهدات صورت گرفته و نتایج بیشترین مقدار میکروپلاستیک‌ها را در این ناحیه فیبرها و فرگمت‌های مشکی تشکیل می‌دهند و بقیه ذرات میکروپلاستیک تعدادشان کمتر می‌باشد (شکل ۶). در کل میانگین میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در نمونه این جزیره برابر با $33 \pm 4,4$ عدد بود که در مقایسه با تعداد میکروپلاستیک‌های نمونه‌های

جزیره هنگام

بر اساس بررسی صورت گرفته بر روی سطح کلنی گونه‌ی *Platygyra daedalea* در جزیره هنگام مشخص شد که سطح کلنی دارای تنوع میکروپلاستیک می‌باشد بطوری که بر سطح ۱۲ کلنی مطالعه شده میکروپلاستیک‌های متنوع شامل فیبر فرگمت و دانه می‌باشند.

بر اساس مشاهدات صورت گرفته و نتایج بیشترین مقدار میکروپلاستیک‌ها را در این ناحیه فیبرها و فرگمنت‌های مشکی تشکیل می‌دهند و بقیه ذرات میکروپلاستیک تعدادشان کمتر می‌باشد (شکل ۸). در کل میانگین میکروپلاستیک‌های مشاهده شده برابر با 3.7 ± 3.7 عدد بوده که در مقایسه با تعداد میکروپلاستیک‌های نمونه‌های خارگ و خارکو کمتر می‌باشد اما با تعداد میکروپلاستیک‌های نمونه جزیره هنگام تفاوت چشم گیری نداشت و به سه نوع فرگمنت، فیبر و فیلم تقسیم می‌گردند. میکروپلاستیک‌های مشکی بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده و ۹۲ درصد از کل میکروپلاستیک‌ها را شامل شده است (شکل ۹).

خارگ و خارکو کمتر می‌باشد و میکروپلاستیک‌ها به سه نوع فرگمنت، فیبر و دانه (گلوله) تقسیم می‌گردند.

میکروپلاستیک‌های مشکی رنگ بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده و ۵۲ درصد از کل میکروپلاستیک‌ها را شامل شده است (شکل ۷).

جزیره لارک

بر اساس بررسی صورت گرفته بر روی سطح کلنی گونه‌ی *Platygyra daedalea* در جزیره لارک میکروپلاستیک‌های متنوع شامل فیبر، فرگمنت و فیلم می‌باشند.

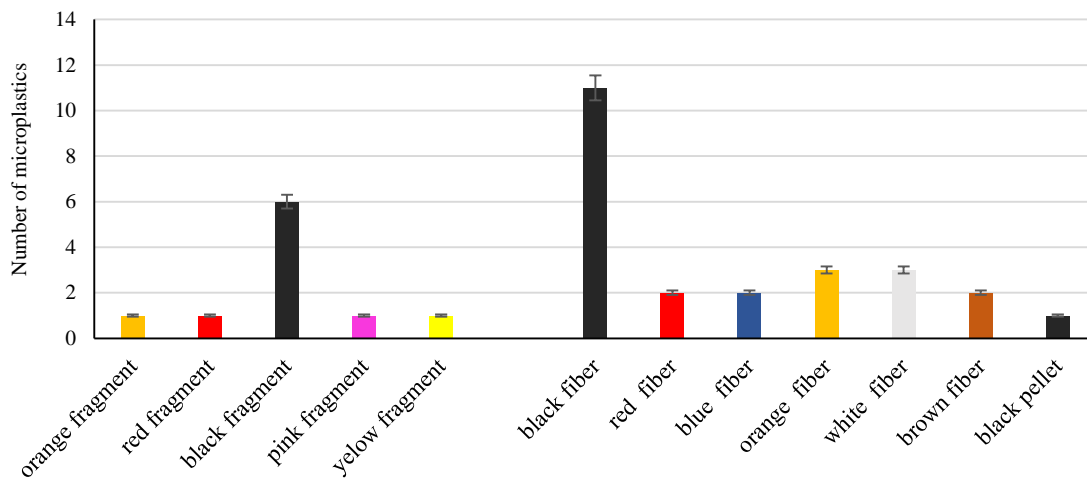
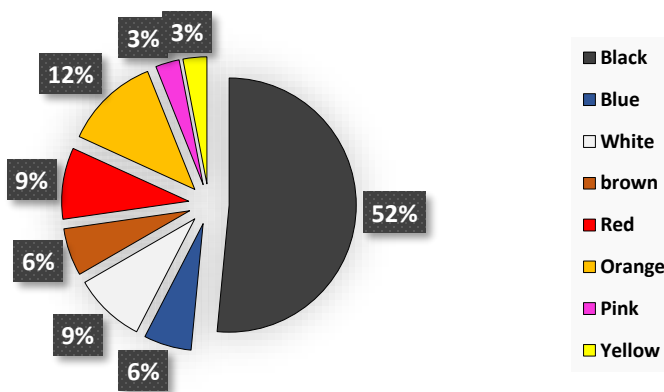
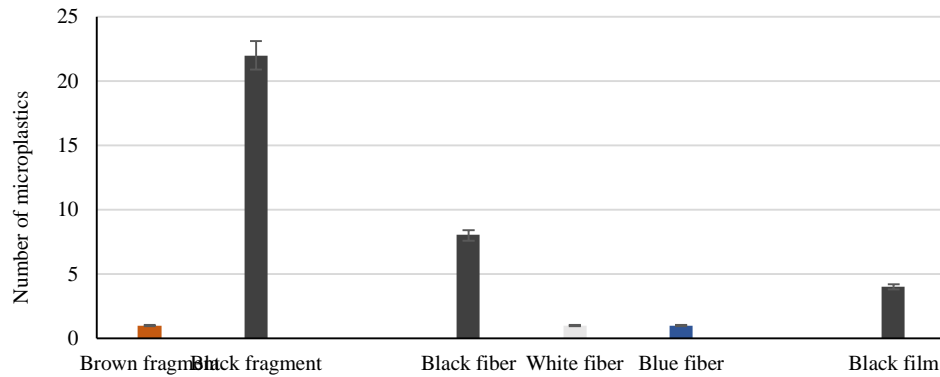


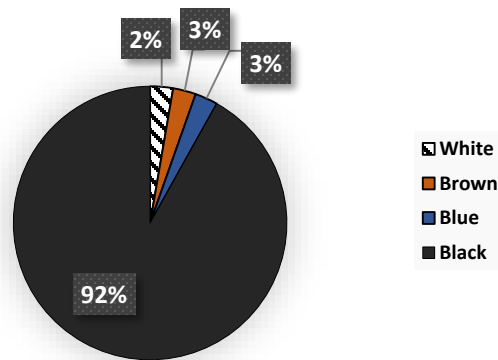
Fig. 6 - Microplastics observed in *P. daedalea* species (Hengam)
شکل ۶ - میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در گونه‌ی *P. daedalea* (هنگام)



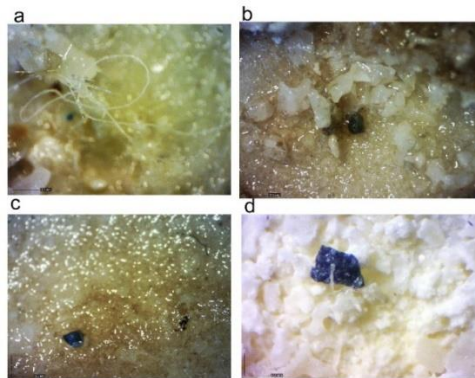
شکل ۷-رنگ میکروپلاستیک‌های دیده شده در گونه‌ی *P. daedalea* (هنگام)
Fig. 7- The color of microplastics observed in *P. daedalea* species (Hengam)



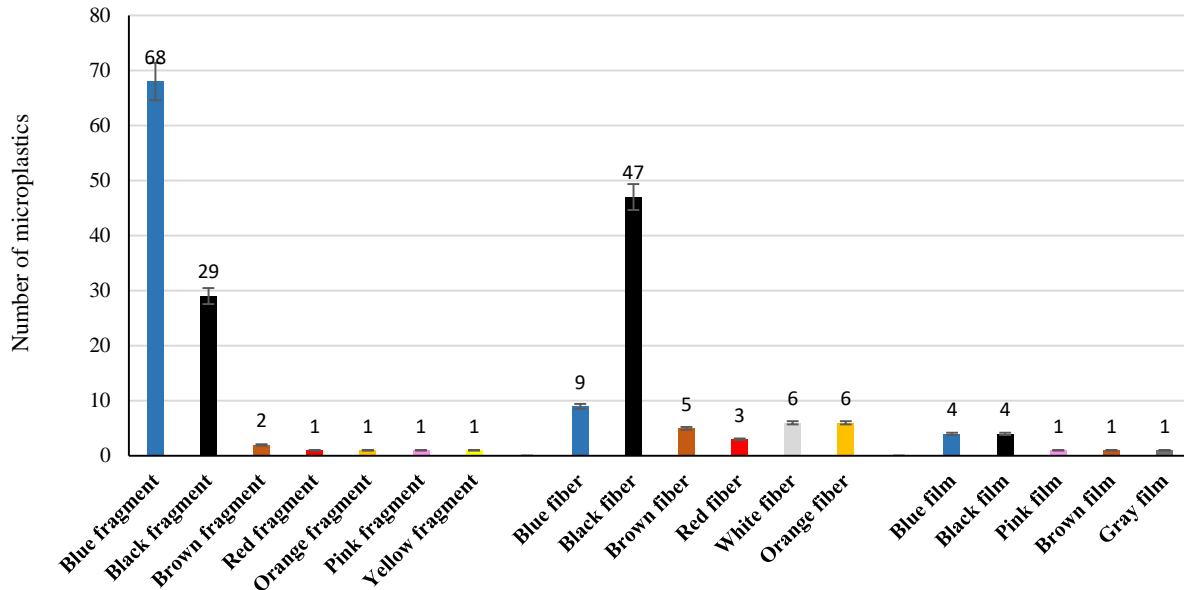
شکل ۸- میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در گونه‌ی *P. daedalea* (لارک)
 Fig. 8- Microplastics observed in *P. daedalea* species (Larak)



شکل ۹- رنگ میکروپلاستیک‌های دیده شده در گونه‌ی *P. daedalea* (لارک)
 Fig. 9- The color of microplastics observed in *P. daedalea* (Larak)



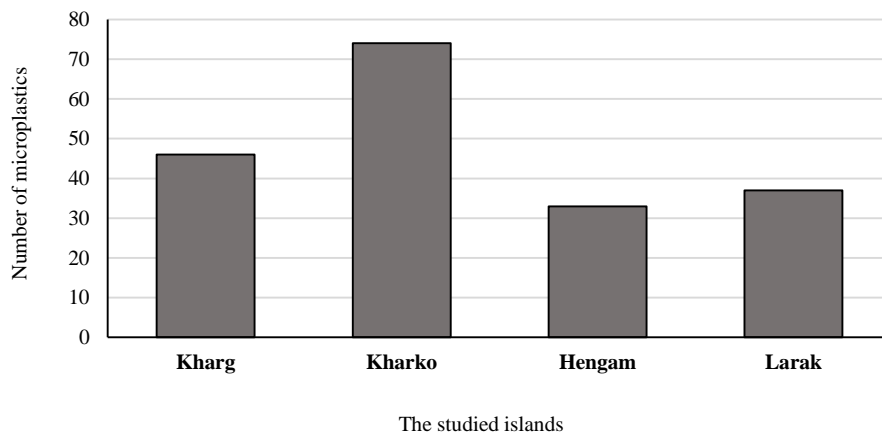
شکل ۱۰- a: فیبر، b: گلوله (دانه)، c: فیلم، d: فرگمنت
 Fig. 10- a: fiber, b: pellet (grain), c: film, d: fragment



شکل ۱۱- کل میکروپلاستیک‌های یافت شده براساس رنگ و نوع
 Fig. 11- Total microplastics found by color and type

یافت شده آبی و سپس مشکی بود؛ درصد کلی رنگ انواع مختلف میکروپلاستیک‌ها به ترتیب آبی ۴۳٪، مشکی ۴۲٪، قهوه‌ای ۴٪، نارنجی ۴٪، سفید ۳٪، قرمز ۲٪، صورتی ۱٪، زرد ۱٪، خاکستری ۱٪ می‌باشد. نمودار کل میکروپلاستیک‌های یافت شده براساس رنگ و نوع را در شکل شماره ۱۱ می‌توانید مشاهده کنید.

متأسفانه تمامی نمونه‌های مورد بررسی دارای میکروپلاستیک بوده، که از این میان فرگمت‌ها با ۵۴٪ درصد بیشترین مقدار را داشتند؛ فیبرها ۳۹٪، فیلم‌ها نیز ۶٪ و دانه‌ها کمتر از ۱٪ را شامل می‌شدند. بزرگترین قطعه میکروپلاستیک یافت شده طولش در طویل‌ترین نقطه ۴٫۵ میلی‌متر و کوچکترین قطعه ۱۲ میکرومتر بود. بیشترین رنگ میکروپلاستیک‌های



شکل ۱۲- مقایسه نقاط مورد مطالعه
 Fig 12- Comparison of the studied points

هر کلتی برابر با $47 \pm 5/1$ مورد شمارش شد که به نتایج تحقیق دینگ و همکاران (۲۰۱۹) بسیار مشابه می‌باشد.

بر اساس مطالعه حاضر در جزایر خارگ و خارکو، به ترتیب فرگمنت‌ها یا همان قطعات بیشتر نوع میکروپلاستیک‌ها و بعد از آن فیبرها و فیلم‌ها قرار دارند. رنگ آبی، رنگ غالب و بعد از آن رنگ مشکی قرار دارد و سایر رنگ‌ها شامل قهوه‌ای، نارنجی، سفید، صورتی، قرمز و خاکستری می‌باشند. در جزیره هنگام فیبرها بیشترین نوع و در جزیره لارک فرگمنت‌ها نوع غالب بوده و رنگ غالب در هر دو جزیره رنگ مشکی می‌باشد و در این دو جزیره بر خلاف جزایر خارگ و خارگو رنگ آبی فراوانی چندانی نداشت و سایر رنگ‌ها به ترتیب شامل، نارنجی، قرمز، سفید، قهوه‌ای، صورتی و زرد بودند. از این تفاوت می‌توان نتیجه گرفت که این محیط و زیستگاه (بستر، نزدیکی به مناطق شهری یا صنعتی، قرار گرفتن در مسیر ماهیگیری و همچنین قرارگیری در مسیر حمل نقل دریایی) است که نقش تعیین کننده را در نوع و رنگ و حتی تعداد میکروپلاستیک‌ها ایفا می‌کند.

Rotjan et al. (2019) انواع میکروپلاستیک‌های سطح صخره‌های مرجانی Rhode Island را مورد بررسی قرار دادند و میکروپلاستیک‌ها را در قالب چهار گروه فرگمنت‌ها (قطعات)، فیبرها (الیاف)، فیلم‌ها و پالت‌ها (گلوله‌ها) شناسایی و معرفی نمودند که طبق تحقیق ایشان فیبرها بخش غالب میکروپلاستیک‌ها را تشکیل می‌دهند که در تحقیق حاضر نیز در هر چهار جزیره انواع میکروپلاستیک مشاهده شد که بیشترین میزان در جزایر خارگ و خارکو متعلق به فرگمنت‌ها و در جزیره هنگام و لارک مشابه نتایج (Rotjan et al., 2019) متعلق به فیبرها بود.

در مطالعه ی Nie et al. (2019) بر روی صخره‌های مرجانی Nansha واقع در دریای جنوب چین صورت گرفت؛ فرگمنت‌های آبی اکثر انواع میکروپلاستیک را تشکیل می‌دادند و بعد از فرگمنت‌های آبی، فیبرها و فرگمنت‌های مشکی بیشترین تعداد را به خود اختصاص می‌دادند که در تحقیق حاضر نیز به همین صورت بود.

وضعیت آلودگی میکروپلاستیک در مناطق صخره‌ای خاورمیانه تاکنون بررسی نشده باقی مانده است و این اولین تحقیق منتشر شده در این زمینه می‌باشد.

مقایسه بین چهار جزیره نشان می‌دهد که میکروپلاستیک‌های یافت شده از لحاظ نوع و طیف رنگی کاملاً باهم تفاوت دارند و از این تفاوت می‌توان برای شناسایی منبع میکروپلاستیک هر جزیره استفاده کرد و حتی برای رفع آن اقدام کرد. در بین جزایر جزیره هنگام کمترین آلودگی و جزیره خارکو بیشترین آلودگی میکروپلاستیک را دارا بود که در آلودگی جزیره خارکو و خارگ تاسیسات و شرکت‌های نفتی و سکنه و جمعیت

از مقایسه نقاط مورد مطالعه این نتیجه حاصل می‌شود که جزیره هنگام با میانگین ۳۳ میکروپلاستیک کمترین مقدار آلودگی میکروپلاستیک بر سطح مرجان مورد مطالعه و جزیره خارکو با میانگین ۷۴ میکروپلاستیک بیشترین مقدار آلودگی میکروپلاستیک را دارا می‌باشد و مقایسه تجمع میکروپلاستیک‌ها در گونه *P. daedalea* در جزایر مورد مطالعه مطابق شکل ۱۲ است.

۴. بحث و نتیجه گیری

زیستگاه‌های مرجانی به عنوان بارورترین اکوسیستم اقیانوسی محسوب می‌شوند که حیات بسیاری از آبزیان به آنها وابسته است و بخشی از این آبزیان از جمله ماهیان، سخت پوستان و نرم‌تنان به عنوان غذای انسان می‌باشند و در صورت افزایش آلودگی در این آبزیان، آلاینده‌ها از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل و باعث بروز بیماری‌های متعدد می‌گردند لذا حفاظت از این زیستگاه و مطالعات بر روی عوامل تهدیدکننده آنها از اولویت‌های بسیاری از ارگان‌های زیست محیطی جهانی قرار گرفته است که در تحقیق حاضر تجمع میکروپلاستیک‌ها بر سطح یکی از گونه‌های شاخص مرجانی با نام علمی *Platygyra daedalea* در جزایر خارگ، خارکو، هنگام و لارک انجام شد که نتایج حاصل نشان داد که میزان افزایش تجمع میکروپلاستیک‌ها بر سطح این گونه به ترتیب در جزایر خارکو، خارگ، لارک و سپس هنگام می‌باشد. با توجه به تحقیقات موجود در سال‌های اخیر، ویژگی‌های فراوانی و توزیع میکروپلاستیک‌ها در سیستم‌های صخره‌های مرجانی (شامل آب دریا، رسوبات و مرجان‌ها) از صفر تا ده‌ها هزار مورد در متر مکعب متغیر است؛ در حالی که به دلیل فقدان یک واحد نسبتاً استاندارد شده یا داده‌های کافی موجود، تعیین کمیت آنها در رسوبات و مرجان‌ها دشوار می‌باشد؛ همچنین، میکروپلاستیک‌ها در صخره‌های مرجانی عمدتاً از الیاف، گلوله‌ها، قطعات، فیلم‌ها و گرانول‌ها تشکیل شده‌اند که اندازه‌ها و رنگ‌های متنوع آن مشخص شده است که عمدتاً از انتشار زباله از شهرهای ساحلی و فعالیت‌های صید و صیادی منشاء می‌گیرند (Huang et al., 2020).

در مطالعه‌ای که توسط Ding et al. (2019) صورت گرفت فراوانی میکروپلاستیک‌ها را در زیستگاه‌های مرجانی جزایر شیشا (Xisha Islands) در دریای چین جنوبی با اندازه ۷ الی ۴۸۵۶ میکرومتر در سطح آبسنگ‌های مرجانی به میزان ۱ الی ۱۲،۲ و در شیب‌های صخره‌ای به میزان ۰،۲ الی ۱۱،۲ میکروپلاستیک برلیتر محاسبه شد. همچنین تعداد میکروپلاستیک‌ها بر روی و سطح اسکلت مرجانی بین ۱ تا ۴۴ مورد متغیر بود، در تحقیق حاضر نیز تمامی نمونه‌های مرجانی مطالعه شده دارای میکروپلاستیک بودند و کل میکروپلاستیک‌های یافت شده به ازای

کمتر در این نواحی رسوب کرده و تعداد میکروپلاستیک‌ها در این ناحیه کمتر است.

عوامل مختلفی (به عنوان مثال، منطقه نمونه‌برداری، روش‌های تحلیلی، حرکت آب، گونه‌های مرجانی) بر فراوانی میکروپلاستیک گزارش شده در مناطق صخره‌ای تاثیر دارد (Huang et al., 2020) بنابراین نیاز به ارزیابی بیشتر در مطالعات آینده دارد. علاوه بر این، منابع میکروپلاستیک‌ها پیچیده بوده و تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی هستند.

References:

Amelia, T. S. M., Khalik, W. M. a. W. M., Ong, M. C., Shao, Y. T., Pan, H.-J. and Bhubalan, K., 2021. Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8, 1-26.

Andersson, A. J., Venn, A. A., Pendleton, L., Brathwaite, A., Camp, E. F., Cooley, S., Gledhill, D., Koch, M., Maliki, S. and Manfrino, C., 2019. Ecological and socioeconomic strategies to sustain Caribbean coral reefs in a high-CO2 world. *Regional Studies in Marine Science*, 29, 100677.

Andrady, A. L. and Neal, M. A., 2009. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 1977-1984.

Auta, H. S., Emenike, C. U. and Fauziah, S. H., 2017. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment international*, 102, 165-176.

Bissagou Koumba, G. 2018. *Fragmentations chimique et physique de plastiques et microplastiques en eau douce sous irradiation UV-visible*. Université Clermont Auvergne (2017-2020).

Castro, P. and Huber, M. E., 2008. *Marine biology*, McGraw-Hill Education.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. and Galloway, T. S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 62, 2588-2597.

Ding, J., Jiang, F., Li, J., Wang, Z., Sun, C., Wang, Z., Fu, L., Ding, N. X. and He, C., 2019. Microplastics in the coral reef systems from Xisha Islands of South China Sea. *Environmental science & technology*, 53, 8036-8046.

بیشتر همچنین حمل و نقل‌های دریایی فراوانی که صورت می‌گیرد دخیل هستند همچنین نکته دیگری که وجود دارد این است که جزایر هنگام و لارک در نزدیکی تنگه هرمز واقع شدند و جریانات در این ناحیه بسیار زیاد است. در این ناحیه هم جریانات ورودی آب از دریای عمان و هم جریانات خروجی آب از سمت خلیج فارس وجود دارد در نتیجه آب در این ناحیه جریانات بیشتری داشته و دارای چرخش بیشتری نسبت به ناحیه شمال خلیج فارس که جزایر خارگ و خارکو قرار گرفته اند می باشد در نتیجه مرجان‌های جزایر هنگام و لارک به علت چرخش و جریان آب، پلاستیک

GESAMP, G., 2019. Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean. *GESAMP Reports Stud*, 99, p.130.

Hartmann, N. B., Huffer, T., Thompson, R. C., Hasselov, M., Verschoor, A., Dagaard, A. E., Rist, S., Karlsson, T., Brennholt, N. and Cole, M., 2019. Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. ACS Publications.

Huang, W., Zheng, S., Zhang, X., Zhou, W., Xiong, W. and Chen, J., 2020. Synthesis and application of Calix [6] quinone as a high-capacity organic cathode for plastic crystal electrolyte-based lithium-ion batteries. *Energy Storage Materials*, 26, 465-471.

Jenner, L. C., Rotchell, J. M., Bennett, R. T., Cowen, M., Tentzeris, V. and Sadofsky, L. R., 2022. Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Science of The Total Environment*, 831, 154907

Lamb, J. B., Wenger, A. S., Devlin, M. J., Ceccarelli, D. M., Williamson, D. H. and Willis, B. L., 2016. Reserves as tools for alleviating impacts of marine disease. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371, 20150210.

Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A. and Jompa, J., 2018. Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359, 460-462.

Leslie, H. A., Van Velzen, M. J., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J. and Lamoree, M. H., 2022. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment international*, 163, 107199.

- Magni, S., Binelli, A., Pittura, L., Avio, C. G., Della Torre, C., Parenti, C. C., Gorbi, S. and Regoli, F., 2019. The fate of microplastics in an Italian Wastewater Treatment Plant. *Science of the total environment*, 652, 602-610.
- Montano, L., Giorgini, E., Notarstefano, V., Notari, T., Ricciardi, M., Piscopo, M. and Motta, O., 2023. Raman Microspectroscopy evidence of microplastics in human semen. *Science of the Total Environment*, 901, 165922.
- Nie, H., Wang, J., Xu, K., Huang, Y. and Yan, M., 2019. Microplastic pollution in water and fish samples around Nanxun Reef in Nansha Islands, South China Sea. *Science of the Total Environment*, 696, 134022.
- Qiu, Q., Tan, Z., Wang, J., Peng, J., Li, M. and Zhan, Z., 2016. Extraction, enumeration and identification methods for monitoring microplastics in the environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 176, 102-109.
- Rosal, R., 2021. Morphological description of microplastic particles for environmental fate studies. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 112716.
- Rotjan, R. D., Sharp, K. H., Gauthier, A. E., Yelton, R., Lopez, E. M. B., Carilli, J., Kagan, J. C. and Urban-Rich, J., 2019. Patterns, dynamics and consequences of microplastic ingestion by the temperate coral, *Astrangia poculata*. *Proceedings of the Royal Society B*, 286, 20190726.
- Shahsavaripour, M., Abbasi, S., Mirzaee, M. and Amiri, H., 2023. Human occupational exposure to microplastics: A cross-sectional study in a plastic products manufacturing plant. *Science of The Total Environment*, 882, 163576.
- Singh, A. A., Bharathi, S. D. and Jacob, B. S. 2023. The Impacts of Plastics on Environmental Sustainability and Ways to Degrade Microplastics. *Applied Biotechnology for Emerging Pollutants Remediation and Energy Conversion*. Springer.
- Stubbins, A., Law, K. L., Muñoz, S. E., Bianchi, T. S. and Zhu, L., 2021. Plastics in the Earth system. *Science*, 373, 51-55.
- Veron, J. E. N., 2002. *New species described in Corals of the World*, Citeseer.