

بررسی حضور میکروپلاستیک‌ها در رسوبات سطحی سواحل دریای خزر (مطالعه موردی ساحل فرح‌آباد ساری)

فاطمه شریفی کیاسری^{۱*}، محمد طلائیان^۲، حسن نصرالله‌زاده ساروی^۳

^{۱*} - کارشناسی ارشد محیط زیست، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه محیط زیست کرج

^۲ - استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه محیط زیست کرج

^۳ - پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، مازندران، ساری

* ایمیل نویسنده مسئول: Fatemeh.sharifikia@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۲۳

چکیده

مقاله حاضر در راستای آشکارسازی میکروپلاستیک‌های موجود در سواحل دریای خزر، میزان فراوانی آن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. به‌منظور تخمین فراوانی و توزیع میکروپلاستیک‌ها بر اساس اندازه، شکل و رنگ، رسوبات شنی ساحل ایستگاه فرح‌آباد ساری در فصول زمستان سال ۱۳۹۶ و بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهند میکروپلاستیک‌ها در سواحل در اندازه ۱ الی ۴/۵ میلی‌متر دارای فراوانی بیشتری نسبت به ذرات ≥ 5 میلی‌متر هستند. اشکال مختلف میکروپلاستیک‌ها از جمله: فوم‌ها دارای فراوانی ۵۴۳ عدد در مترمربع در منطقه فرح‌آباد بودند. رنگ سفید در بین کلیه اشکال و میکروپلاستیک‌های از نوع پلی‌استیرن، نایلون و پلی‌پروپیلن دارای بیشترین فراوانی در منطقه بودند. میکروپلاستیک‌ها به‌صورت پراکنده و نامتوازن در خط ساحلی دریای خزر وجود دارند. این ذرات در طول سواحل به علت نزدیک بودن منابع آلوده‌کننده به دریای خزر از جمله فاضلاب‌های صنایع، پسماندهای شهری، اماکن گردشگری و مناطق مسکونی که حریم دریایی را رعایت ننموده‌اند، ایجاد شده‌اند.

کلمات کلیدی

"میکروپلاستیک‌ها"، "دریای خزر"، "ساحل فرح‌آباد"، "فوم‌ها"

Study on The Presence of Microplastics in the Surface Sediments of the Caspian coast (A case study of Farahabad coast in Sari)

Fatemeh Sharifi^{1*}, Mohammad Talaian², Hassan Nasrollahzadeh Saravi³

^{1*} - MSc Environmental, Department of Environmental Engineering, Karaj Environmental University

² - Assistant Professor of Environmental Engineering, Karaj Environmental University

³ - Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

*Email Address: Fatemeh.sharifikia@gmail.com

Abstract

This paper investigates the frequency of microplastics present on the Caspian coast. To estimate the number and distribution of microplastics based on size, shape, and color, the sand sediments of Farah Abad station were investigated in winter, spring and summer 2018. The results show that the microplastics with the size of 1 to 4.5 mm are more abundant than particles larger or equal to 5 mm. The various forms of microplastics, including foams, have 543 numbers per square meter in the Farah Abad region. The color white was the most abundant color among all forms and types of polystyrene, nylon and polypropylene microplastics in this region. Microplastics are scattered on the shores of the Caspian Sea in an unbalanced way. These particles have been created along the coast due to the proximity of pollutant sources such as industrial waste, urban waste, tourist sites and residential areas that do not respect the sea border.

Keywords

"Microplastics", "Caspian Sea", "Farah Abad coast", "Foam"

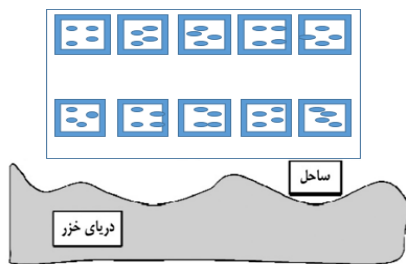
۱- مقدمه

هستند و همچنین اشکال به رنگ سفید دارای بیشترین فراوانی هستند. به طور کلی، پلت و تکه پاره پلاستیکی به صورت گسترده و نامتوازن در طول خط ساحلی دریای خزر پراکنده شده‌اند (مسعود نیک و همکاران، ۹۶). در این مقاله بر اساس روش استاندارد ابتدا نمونه برداری صورت گرفت تا میزان فراوانی میکروپلاستیک‌ها بررسی شود. سپس طبقه بندی انواع میکروپلاستیک‌های موجود بر اساس نوع پلیمر و مشخص کردن فراوان‌ترین آن‌ها، تعیین اختلاف زمانی مقدار میکروپلاستیک‌ها و مقایسه غلظت میکروپلاستیک‌ها در رسوبات شنی دریای خزر با مطالعات و نتایج دیگر محققین مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ مکان مورد مطالعه

ساحل فرح‌آباد در کنار دریای خزر و ۳۵ کیلومتری شمال شهر ساری واقع شده است. این منطقه با مجتمع‌های تفریحی و اداره‌های دولتی گوناگون شناخته می‌شود. از جمله دیگر فعالیت‌های رایج در آن صید انواع ماهی‌ها است. روش مورد استفاده در این مطالعه برگرفته از پروتکل دستورالعمل چهارچوب استراتژی‌های دریایی اتحادیه اروپا (MFSFD)^۱ است. طبق این روش ساحل شنی منطقه مطالعاتی (واقع در فرح‌آباد شهرستان ساری) به حدود ۱ کیلومتر با طول جغرافیایی (۳۶ درجه ۴۸ دقیقه شمالی) و عرض جغرافیایی (۵۳ درجه و ۶ دقیقه شرقی) انتخاب شد و در این محدوده، دو ترانسکت به موازات هم ایجاد شد (شکل ۱).



شکل ۱- نمایی شماتیک از منطقه نمونه برداری در ساحل جنوبی دریای خزر (۲۰۱۸)

۲-۲ روش مورد مطالعه

بدین منظور در طول ۳ فصل (زمستان، بهار و تابستان) و از هر فصل یک ماه به عنوان شاخص آن فصل انتخاب شد و در آن یک ماه به مدت ۴ هفته نمونه برداری متوالی صورت پذیرفت. از هر ترانسکت به صورت مجزا تعداد پنج کوادرات در اندازه $1 \times 1 \text{ m}^2$ برداشت شد که در مجموع ۴۰ کوادرات در هر فصل را شامل شد. عمق برداشت شده از شن و ماسه کوادرات‌ها در حدود ۰ الی ۵ سانتی‌متر بود. تمام شن و ماسه‌های برداشت شده از این عمق توسط الک‌هایی به اندازه ۰/۵ و ۱ میلی‌متر غربال شدند و آنچه در روی الک‌ها از ذرات شن و ماسه و ذرات دیگر باقی ماندند در ظروف شیشه‌ای مجزا با برچسب نام منطقه و شماره کوادرات و مختصات جغرافیایی محل نمونه برداری منتقل شدند (MSFD, 2013). نمونه‌ها جهت بررسی به پژوهشگاه اکتولوژی دریای خزر واقع در فرح‌آباد ساری برای بررسی دقیق ارسال

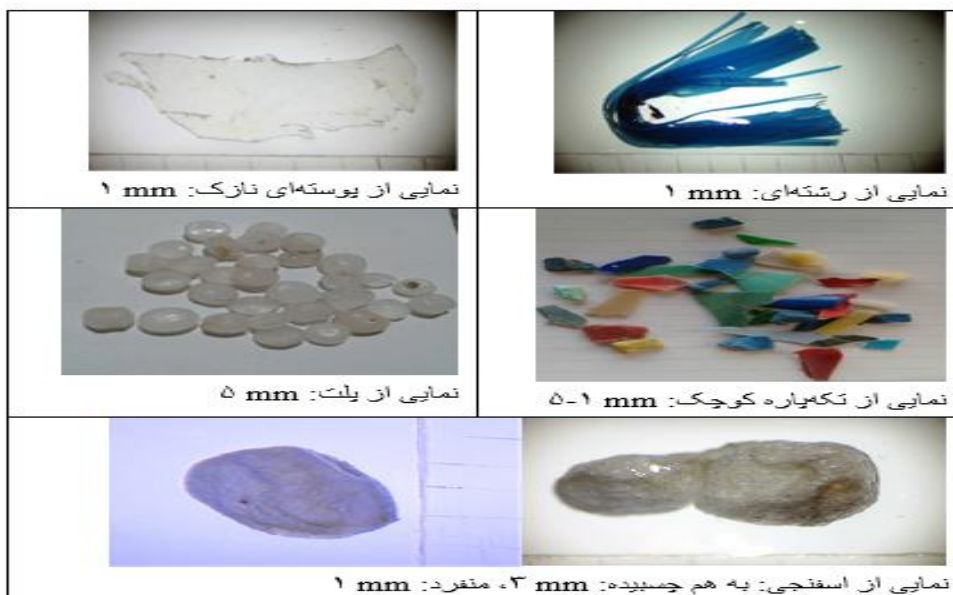
پلاستیک‌ها در سرتاسر جهان در محیط دریایی یافت شده‌اند، برآوردها نشان‌دهنده وجود بیش از ۲۵۰/۰۰۰ تن ضایعات پلاستیکی در دریاها است (Eriksen et al., 2014). میکروپلاستیک‌ها به عنوان قطعات پلاستیکی کمتر از ۵ میلی‌متر تعریف شده‌اند اما محدوده پایین‌تر در مورد اندازه آن‌ها هنوز تعیین نشده است (GESAMP, 2016). در حال حاضر این ذرات در تمام سطوح محیط‌های دریایی از جمله در نزدیکی مناطق پرجمعیت، مناطق دورافتاده و در انواع مختلف محیط‌های دریایی مانند سواحل (به عنوان نمونه Besley et al., 2017)، دهانه رودخانه‌ها (به عنوان مثال Leslie et al., 2017)، آب‌های سطحی (به عنوان نمونه Lusher et al., 2015) و رسوبات دریایی عمیق (Van Cauwenberghe et al., 2015) گزارش شده‌اند. میکروپلاستیک‌ها به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. میکروپلاستیک‌های اولیه در اندازه میکروسکوپی ساخته می‌شوند و غالباً هدفمند به محصولات اضافه می‌شوند یا می‌توانند به عنوان ماده اولیه در صنعت مورد استفاده قرار گیرند. این ذرات احتمالاً از طریق تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و سیستم‌های زهکشی صنعتی وارد محیط‌زیست می‌شوند (Napper et al., 2016). میکروپلاستیک‌های ثانویه در نتیجه هوازگی تدریجی یا سایش پلاستیک‌های بزرگ‌تر، عمدتاً از طریق قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض اشعه ماوراءبنفش خورشید ناشی از تخریب نوری، یا سایش مکانیکی ایجاد می‌شوند (GESAMP, 2015). میکروپلاستیک‌ها، محصولات متنوعی از قبیل پلت‌های پیش‌ساخته، قطعات وسایل ماهیگیری، بسته‌بندی و بطری‌های نوشیدنی، منسوجات مصنوعی، لاستیک اتومبیل، رنگ، لوازم آرایشی و محصولات مراقبت شخصی (مانند پاک‌کننده‌های صورت و ژل‌های خمیردندان) و تجهیزات الکترونیکی هستند (Andrady, 2016; GESAMP, 2017). مقدار قابل توجهی از این قبیل ضایعات پلاستیکی از منابع قاره‌ای به طور عمده از طریق رودخانه‌ها (Lebreton et al., 2017)، پساب صنعتی و شهری، رواناب رسوبات ساحلی و مزارع وارد محیط دریایی می‌شوند. بخش دیگر ناشی از ورود مستقیم این ضایعات به محیط زیست است، مانند فعالیت‌های صنعتی (به عنوان مثال استخراج نفت و گاز و آبریز پروری)، از بین رفتن توره‌های ماهیگیری و بسترهایی است که در طی فعالیت‌های دریایی از جمله گردشگری آزاد می‌شوند (GESAMP, 2016). در میان بسترهای پلاستیکی، میکروپلاستیک‌ها از نظر محیط‌زیست نگرانی ویژه‌ای را ایجاد می‌کنند و همچنین سلامتی حیوانات و انسان‌ها را به خطر می‌اندازند. اندازه کوچک، کمبود فن‌آوری موجود برای کمتر کردن حضور میکروپلاستیک‌ها در محیط و پتانسیل خطر آن‌ها باعث ایجاد عوارض جانبی بر روی موجودات زنده دریایی و انسان می‌شوند. در مطالعه‌ای فراوانی و تجمع رزین پلت و تکه پاره پلاستیکی در دریای خزر را بر اساس رنگ، اندازه و شکل در سواحل شهرستان نور تخمین زدند. نتایج نشان داد که میکروپلاستیک‌ها (اندازه‌های کمتر از ۵ میلی‌متر) فراوانی بیشتری نسبت به مزو و ماکروپلاستیک‌ها دارند. بر اساس یافته‌ها، اشکال پلت با فراوانی ۴۲۶۳ عدد در مترمربع فراوان‌ترین نوع میکروپلاستیک

شدند. در آزمایشگاه به جهت سهولت در جداسازی ذرات پلاستیکی از ذرات شن و ماسه از روش شناورسازی با آب دریا استفاده شد. به دلیل اینکه بسیاری از ذرات پلاستیکی چگالی سبک‌تری نسبت به آب دریا دارند در بالای ظرف شناور شده و به دیواره‌های ظرف می‌چسبند. بعد از جداسازی، ذرات پلاستیکی تحت بررسی بصری، اندازه‌گیری دستی و مشاهده توسط میکروسکوپ استریو (NOVEL NSZ-810, Ningoo Yongxin Optics Co. Ltd, Zhejiang, China) با بزرگنمایی ۶/۵ تا ۴۰ قرار گرفتند. تمام ذرات در محدوده اندازه ۱ الی ۵ میلی‌متر در جدولی بر اساس نوع، اندازه و رنگ طبقه‌بندی می‌شوند تا در تجزیه و تحلیل‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرند. به جهت شناسایی نوع پلیمر تعدادی از نمونه‌های ذرات پلاستیکی برای بررسی توسط دستگاه تبدیل فوریه مادون قرمز

۳-۲ طبقه‌بندی و ثبت میکرو پلاستیک‌ها

طبق دستورالعمل‌های چهارچوب استراتژی دریایی اتحادیه اروپا، توصیه شده به جای اندازه‌گیری وزن یا حجم میکروپلاستیک‌ها، شمارش تعداد آن‌ها که سهل‌تر است صورت گیرد که در این مطالعه نیز بر این اساس اقدام گردید و اطلاعات زیر ثبت گردید.

- شماره ترانسکت، شماره کوادرات، نوع میکروپلاستیک، اندازه (ابعاد یا قطر برای موارد کروی)، رنگ و شماره عکس با توجه به طبقه‌بندی صورت گرفته در شکل ۲ می‌توان شناسایی نوع میکروپلاستیک‌ها را به صورت تصویر مشاهده نمود.



شکل ۲- نمایی از اشکال مختلف میکروپلاستیک‌ها با بزرگنمایی ۴۰ برابر در سواحل فرح‌آباد ساری (۲۰۱۸)

۳- نتایج

۳-۱ مقایسه میکروپلاستیک‌ها به لحاظ اندازه و رنگ

داده‌های جداول (۱ الی ۳) از منطقه فرح‌آباد حاکی از آن است که اندازه میکروپلاستیک‌ها در فصول زمستان، بهار و تابستان به ترتیب با تعداد (۲۹۵، ۴۹۴ و ۲۵۷) در محدوده ۱ الی ۴/۵ میلی‌متر از فراوانی بیشتری نسبت به ذرات ≥ 5 با تعداد (۱۴۳، ۲۴۳ و ۱۱۹) در اشکال مختلف میکروپلاستیک‌ها برخوردار هستند. همچنین بررسی فراوانی اندازه میکروپلاستیک‌ها در منطقه مطالعاتی نشان داد که از دو محدوده اندازه مورد بررسی، تعداد ۱۰۴۶ ذره پلاستیکی در محدوده ۱-۴/۵ میلی‌متر و ۵۰۰ ذره در محدوده ≥ 5 قرار داشتند که این امر نشانگر فراوانی ضایعات پلاستیکی در اندازه‌های کوچک‌تر میکروپلاستیک‌ها است. در مطالعه مشابهی که در سواحل خزر انجام شد، میزان میکروپلاستیک‌ها (۱۰۰٪ پلت‌ها و بیش از ۵۰٪ فرگمنت‌ها دارای اندازه < 5 mm بودند) در مقایسه با مزو و ماکروپلاستیک‌ها از فراوانی بیشتری برخوردار بودند (مسعود نیک و همکاران، ۱۳۹۶). در مطالعه دیگری که در دو جزیره بزرگ هاوایی انجام شد، ۹۲٪ از ذرات پلاستیکی در اندازه < 5 میلی‌متر بودند که نتایج این پژوهش با مطالعات پیشین مطابقت دارند (Yong and Eliot, 2016). در خصوص رنگ، اشکال اسفنجی به رنگ سفید با

فراوانی (۹۳٪ در فصل زمستان، ۹۵٪ در فصل بهار، ۹۸٪ در فصل تابستان)، اشکال تکه‌پاره کوچک در رنگ‌های سبز و آبی با مجموع فراوانی (۸۸٪ در فصل زمستان، ۷۳٪ در فصل بهار و ۸۵٪ در فصل تابستان)، پوسته‌ای نازک به رنگ شفاف با فراوانی (۹۶٪ در فصل بهار، ۸۹٪ در فصل بهار و ۹۵٪ در فصل تابستان)، پلت‌ها به رنگ‌های شفاف و سفید در مجموع با فراوانی (۹۵٪ در فصل زمستان، ۹۷٪ در فصل بهار و ۹۹٪ در فصل تابستان) و رشته‌ای به رنگ آبی و سفید با فراوانی (۱۰۰٪ در فصل زمستان، ۸۰٪ در فصل بهار و ۹۰٪ در فصل تابستان) بیشترین درصد را در بین سایر رنگ‌ها به خود اختصاص داده بودند؛ و از آنجایی که اشکال اسفنجی، پلت و تکه‌پاره کوچک در منطقه از فراوانی بالاتری نسبت به اشکال دیگر برخوردار بودند، در نتیجه میکروپلاستیک‌های به رنگ سفید و در درجه بعدی رنگ سبز و آبی بیشترین حضور را در منطقه دارا بودند. در مطالعه ای که بر روی رنگ میکروپلاستیک‌ها انجام شد، رایج‌ترین رنگ تکه-پاره‌های پلاستیکی، سفید/ شفاف (۷۱/۸٪) بودند که در درجه بعدی رنگ‌های آبی (۸/۵٪)، سبز (۷/۵٪) و سیاه/ خاکستری (۷/۳٪) قرار داشتند و در خصوص پلت‌ها ۸۷/۷٪ دارای رنگ سفید/شفاف بودند (Yong and Eliot, 2016). در مطالعات مشابه دیگری که در

مقاله مطابقت داشتند. دسته‌بندی بر اساس رنگ از این جهت حائز اهمیت است که رنگ میکروپلاستیک‌ها ممکن است به‌طور بالقوه، با توجه به شباهتی که طعمه‌ها با ذرات پلاستیکی دارند، احتمال مصرف آن‌ها را توسط موجودات زنده افزایش دهد. در جداول (۱) الی (۳) می‌توان اندازه و رنگ میکروپلاستیک‌ها را مشاهده نمود.

سواحل جنوبی دریای خزر انجام شد نیز نتایج به دست آمده با مطالعه حاضر مطابقت داشتند (مسعود نیک و همکاران، ۱۳۹۶؛ متاجی و شکراله زاده طالشی؛ ۱۳۹۵). همچنین در خصوص فراوانی رنگ سفید در اشکال پلت مطالعات توسط (Veerasingam et al., 2016; Corcoran et al., 2015; Heo et al., 2013) با نتایج این

جدول ۱- مشخصات میکروپلاستیک و ماکروپلاستیک‌های جمع‌آوری شده در فصل زمستان

فصل	نوع	رنگ	اندازه mm		فراوانی
			۱-۴.۵	۵≤	
زمستان	اسفنجی	سفید	۸۲	۵۳	۱۳۵
		زرد	۴	۲	۶
		آبی	۳	۱	۴
	تکه پاره	فراوانی	۸۹	۵۶	۱۴۵
		سفید	۴	۲	۶
		زرد	۶	۱	۷
		سیاه	۱	۰	۱
		سبز	۳۹	۶	۴۵
		آبی	۳۳	۹	۴۲
		قرمز	۷	۲	۹
پوسته ای	نارنجی	۳	۰	۳	
	خاکستری	۶	۰	۶	
	فراوانی	۹۹	۲۰	۱۱۹	
	شفاف	۳۹	۱۴	۵۳	
	سفید	۰	۱	۱	
	آبی	۱	۰	۱	
	فراوانی	۴۰	۱۵	۵۵	
	سفید	۱	۲	۳	
	آبی	۵	۱	۶	
	فراوانی	۶	۳	۹	
پلت	سفید	۲۹	۳۰	۵۹	
	شفاف	۲۷	۱۸	۴۵	
	سبز	۵	۰	۵	
	زرد	۰	۱	۱	
	فراوانی	۶۱	۴۹	۱۱۰	

جدول ۲- مشخصات میکروپلاستیک و ماکروپلاستیک‌های جمع‌آوری شده در فصل بهار

فصل	نوع	رنگ	اندازه mm		فراوانی
			۱-۴.۵	۵≤	
بهار	اسفنجی	سفید	۱۴۹	۱۰۰	۲۴۹
		زرد	۳	۴	۷
		آبی	۶	۰	۶
	تکه پاره	قرمز	۰	۱	۱
		فراوانی	۱۵۸	۱۰۵	۲۶۳
		سفید	۱۹	۵	۲۴
		زرد	۲	۰	۲
		سبز	۲۹	۱۶	۴۵
		آبی	۴۱	۲۰	۶۱
		قرمز	۱۳	۲	۱۵
پوسته ای	نارنجی	۰	۲	۲	
	خاکستری	۱	۲	۳	
	فراوانی	۱۰۵	۴۷	۱۵۲	
	شفاف	۴۸	۲۸	۷۶	
	سفید	۹	۴	۱۳	
	آبی	۱۵	۶	۲۱	
	قرمز	۳	۱	۴	
	زرد	۱	۱	۲	
	فراوانی	۷۶	۴۰	۱۱۶	
	قرمز	۲	۰	۲	
پلت	آبی	۱	۰	۱	
	فراوانی	۵	۰	۵	
	سفید	۱۳۲	۴۵	۱۷۷	
	شفاف	۱۲	۵	۱۷	
	سبز	۶	۱	۷	
	فراوانی	۱۵۰	۵۱	۲۰۱	

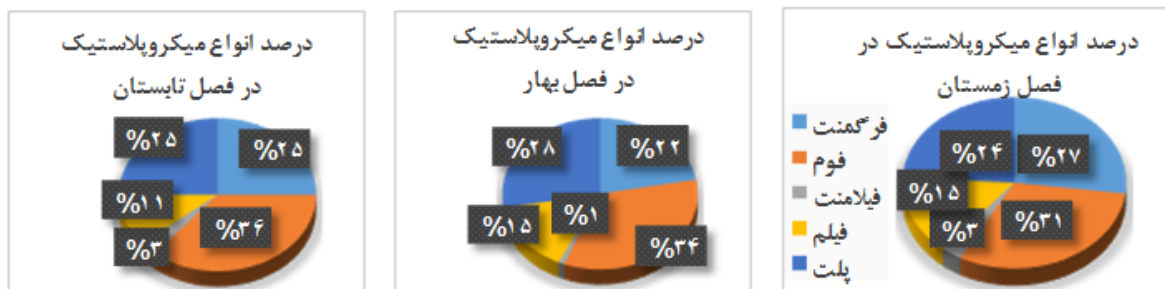
جدول ۳- مشخصات میکروپلاستیک و ماکروپلاستیک‌های جمع‌آوری شده در فصل تابستان

فصل	نوع	رنگ	اندازه mm		فراوانی
			۱- ۴/۵	۵≤	
تابستان	اسفنجی	سفید	۸۲	۵۱	۱۳۳
		زرد	۰	۱	۱
		آبی	۰	۱	۱
بهار	تکه پاره	فراوانی	۸۲	۵۳	۱۳۵
		سفید	۷	۱	۸
	زرد	۱	۰	۱	
	سبز	۲۹	۸	۳۷	
	آبی	۳۵	۲	۳۷	
	قرمز	۵	۰	۵	
	سیاه	۱	۱	۲	
	خاکستری	۲	۰	۲	
	بنفش	۲	۰	۲	
	فراوانی	۸۲	۱۲	۹۴	
زمستان	پوسته ای	شفاف	۲۴	۱۵	۳۹
		آبی	۲	۰	۲
	فراوانی	۲۶	۱۵	۴۱	
	رشته ای	سفید	۱	۲	۳
		آبی	۴	۳	۷
	فراوانی	۵	۵	۱۰	
	پلت	سفید	۲۷	۱۴	۴۱
شفاف		۳۴	۲۰	۵۴	
سبز		۱	۰	۱	
فراوانی		۶۲	۳۴	۹۶	

۳-۲ مقایسه میکرو پلاستیک‌ها به لحاظ شکل

بر اساس دستورالعمل MSFD اتحادیه اروپا که در بخش روش عنوان شد ذرات میکروپلاستیکی به ۵ دسته تقسیم و به صورت زیر مقایسه شدند. مقایسه فراوانی اشکال میکروپلاستیکی در فصول زمستان، بهار و تابستان (در مدت ۴ هفته نمونه‌برداری) به ترتیب کاهش یافته است:

زمستان : رشته‌ای > پوسته‌ای نازک > پلت > تکه پاره کوچک > اسفنجی
 بهار : رشته‌ای > پوسته‌ای نازک > تکه پاره کوچک > پلت > اسفنجی
 تابستان : رشته‌ای > پوسته‌ای نازک > تکه پاره کوچک و پلت > اسفنجی
 در شکل (۳) میانگین درصد انواع اشکال میکروپلاستیکی در فصول مختلف سال قابل مشاهده است.



شکل ۳- درصد انواع میکروپلاستیک‌ها در ۴ هفته متوالی نمونه‌برداری از ایستگاه فرح‌آباد طی فصول مختلف (۹۷-۱۳۹۶)

بررسی توسط دستگاه FTIR به آزمایشگاه فرستاده شدند. بیشترین میزان میکروپلاستیک‌ها در منطقه فرح‌آباد به ترتیب کاهش یافته است: پلی‌وینیل کلراید > پلی‌اتیلن > پلی‌پروپیلن > پلی‌آمید (نایلون) > پلی‌استیرن

مقایسه جهانی میزان میکروپلاستیک‌ها و نوع پلاستیک‌ها که در جدول ۴ نشان داده شده است بیانگر این امر است که کشورهای پرجمعیت و صنعتی همچون آمریکا، چین، هنگ‌کنگ و اسپانیا میزان بالاتری از آلودگی میکروپلاستیک‌ها را نسبت به ساحل دریای خزر دارا هستند ولی در مقایسه با کشور مالدیو این میزان بالاتر بود.

در مطالعه‌ای نتایج مشابهی که در رابطه با فراوانی اشکال اسفنجی گزارش شد؛ به ترتیب بیشترین فراوانی را اشکال اسفنجی (۹۰/۷ درصد)، تکه پاره‌ها، پلت‌های پلاستیکی و پلاستیک‌های بی‌شکل داشتند (Heo et al., 2013).

۳-۳ نتایج حاصل از دستگاه مادون قرمز تبدیل فوریه برای انواع پلاستیک‌ها

از تعداد کل نمونه‌های مورد بررسی، تعداد ۳۴ نمونه از تکه پاره‌ها، ۳۲ نمونه از پلت‌ها، ۴ نمونه از رشته‌ای‌ها و ۳۴ نمونه از اسفنجی‌ها برای

نوع پلاستیک‌ها را در سواحل تشکیل می‌دهند که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارند.

همچنین مقایسه نوع میکروپلاستیک‌ها با مطالعات جهانی نشان‌دهنده این امر است که پلی‌استیرن، نابلون، پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن بیشترین

جدول ۴- مقایسه جهانی فراوانی و ترکیبات میکروپلاستیک‌ها

کشور	غلظت	ترکیبات	منبع
کره جنوبی	۴۰۵±۹۷۶	PS	Heo et al., (2013)
چین	۶۷۰۱,۳۷۵	PS, PP	Fok et al., (2017)
هنگ کنگ	۵۵۹۵	EPS	Fok and Cheung, (2015)
مالدیو	۷۲۰±۶۴۷	PP, PE, PS	Imhof et al., (2017)
اسپانیا	۱۶۵۶	NA	Herrera et al., (2017)
آمریکا	۱۷۷۴	PE, PP	Young and Elliot, (2016)
ایران	۱۰۴۶	PS, PA, PP, PE, PVC	Sharifi and Talaeian, (2018)

فراوانی میکروپلاستیک‌های به شکل رشته‌ای نیز به جهت تورهای صیادی برای استفاده در ماهیگیری در این منطقه است. حضور اشکال فرگمنت و فیلم را در سواحل فرح‌آباد که از تجزیه لوازم پلاستیکی شامل ظروف پلاستیکی، منسوجات و غیره ایجاد می‌شوند، همچنین می‌توان به شهرنشینی و ارتباط مستقیم با حضور گردشگر در منطقه مرتبط دانست. از طرفی شواهد حاصل از نمونه‌برداری میکروپلاستیک‌های به شکل پلت بعد از روزهای بارندگی، تجمع بالای آن‌ها را در رسوبات سطحی منطقه مطالعاتی نشان داد. توزیع و فراوانی زمانی و مکانی میکروپلاستیک‌ها در سواحل توسط چندین عامل از جمله وضعیت ریخت‌شناسی سواحل، محل منبع ورودی آلوده‌کننده، شرایط جوی منطقه شامل بارندگی و باد، فعالیت‌های امواج، خصوصیات ضایعات پلاستیکی (اندازه، شکل، نوع و چگالی) و همچنین تعاملات پیچیده بعدی شامل فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. باوجود اینکه اطلاعات در خصوص همه جوانب مذکور توسعه پیدا کرده است، اما هنوز عدم اطمینان بسیاری در مورد توزیع زمانی و مکانی میکروپلاستیک‌ها وجود دارد (Browne et al., 2011). از آنجایی که بر اساس شواهد حاصل از نمونه‌برداری‌ها، صنعت صید و ماهیگیری، گردشگری و فاضلاب‌های صنعتی و خانگی از مهم‌ترین منابع تولیدکننده میکروپلاستیک‌ها در دریای خزر محسوب می‌شوند، لذا ضروری است که در این خصوص اقدامات کنترل، پیشگیری و پایش توسط مراکز مرتبط دولتی، خصوصی و مردم‌نهاد صورت گیرد.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به شکل میکروپلاستیک‌های اولیه در منطقه مطالعاتی شامل پلت‌ها (قرص‌های پلاستیکی در اندازه < 5 میلی‌متر)، بعید به نظر می‌رسد که میکروپلاستیک‌های به این شکل از محصولات پلاستیکی مورد مصرف انسان ایجاد شده باشند. عموماً کارخانه‌های نزدیک به ساحل دریای فرح‌آباد از جمله کارخانه MDF سازی که از روکش‌های PVC در تولید این محصول استفاده می‌کنند را می‌توان به وجود میکروپلاستیک‌های اولیه مرتبط دانست. از طرف دیگر اشکال پلت به دلیل سبکی و شکل مدور آن‌ها به سهولت از طریق جریان‌های دریایی از کشورهای همسایه و صنعتی دریای خزر وارد بخش جنوبی آن می‌شوند. پلت‌ها در نزدیکی خطوط جزر و مد بالا تجمع داشته اما مقادیر زیادی نیز در حوضچه‌ها و گودال‌ها بر روی ساحل وجود داشتند. وجود میکروپلاستیک‌های ثانویه در سواحل دریای خزر مانند تکه‌پاره‌ها، پوسته‌های، اسفنجی‌ها و رشته‌ای‌ها را که در نتیجه خرد شدن اقلام پلاستیکی شکل می‌گیرند، می‌توان به نزدیک بودن شهرنشینی و کارخانه‌ها به خطوط ساحلی و فعالیت‌های آن‌ها شامل سیستم فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، فعالیت‌های گردشگری و اقتصادی محلی شامل صید و ماهیگیری مرتبط دانست. به‌عنوان مثال وجود فراوانی بالای میکروپلاستیک‌های به شکل اسفنجی (از جنس پلی‌استیرن) در ساحل فرح‌آباد را فعالیت‌های صید و ماهیگیری اثبات می‌کنند زیرا ادارات شیلات از یخدان‌های جنس اسفنج برای حمل فرآورده‌های شیلاتی مانند ماهی استفاده می‌کنند.

منابع

- مسعود نیک، م، ریاحی بختیاری، ع، عبدالمی، م، ۱۳۹۶. بررسی فراوانی، توزیع و تجمع رزین پلت‌های پلاستیکی و فرگمنت‌ها در دریای خزر: مطالعه موردی سواحل نور. فصلنامه اقیانوس شناسی، سال هشتم، شماره ۲۹، صفحات ۴۳-۵۳
- متاجی، آ، شکراله زاده طالشی، م، ۱۳۹۵. توزیع میکروپلاستیک‌ها در رسوبات بر روی ساحل جنوبی دریای خزر. کنفرانس بین‌المللی افق‌های مدرن در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست، تهران، انجمن علوم و فناوری جدید افق.
- Andrady, A.L. 2017. The plastic in microplastics: a review. *Marine Pollution Bulletin* 119(1), 12-22.
- Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P., Bosker, T. 2017. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin* 114, 77-83.
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., Thompson, R. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science Technology* 45, 9175-9179.

- Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., Reisser, J. 2014. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS One journal* 9(12), 1-15.
- Fok, L., Cheung, PK. 2015. Hong Kong at the Pearl River Estuary: A hotspot of microplastic pollution. *Marine Pollution Bulletin* 99: 112–118.
- Fok, L., Cheung, PK., Tang, G., et al. 2017. Size distribution of stranded small plastic debris on the coast of Guangdong, South China. *Environmental Pollution* 220, 407-412.
- GESAMP, 2016. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. In: Kershaw, P.J., Rochmann, C.M. (Eds.), (IMO/FAO/ UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Reports and studies GESAMP No. 93 (220 p).
- Heo, N. W., Hong, S.H., Han, G.M., Hong, S., Lee, J., Song, Y.K., Jang, M and Shim, W.J. 2013. 'Distribution of Small Plastic Debris in Cross-section and High Strandline on Heungnam Beach, South Korea'. *Ocean Science Journal* 48(2), 225-233.
- Herrera A, Asensio M, Martinez I, et al. 2017. Microplastic and tar pollution on three Canary Islands beaches: An annual study. *Marine Pollution Bulletin* 129, 494–502.
- Imhof HK, Sigl R, Brauer E, et al. 2017. Spatial and temporal variation of macro-, meso- and microplastic Abundance on a remote coral island of the Maldives, Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 116: 340–347.
- Lebreton, L.C.M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J. 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications* 8, 15611.
- Leslie, H.A., Brandsma, S.H., van Velzen, M.J.M., Vethaak, A.D. 2017. Microplastics en route: field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. *Environment International* 101, 133–142.
- Martins J and Sobral P. 2011. Plastic marine debris on the Portuguese coastline: A matter of size? *Marine Pollution Bulletin* 62, 2649–2653.
- MSFD, Technical Subgroup on Marine Litter. 2013. "Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas." Joint Research Centre Scientific and Policy Reports, European Commission 128 p.
- Napper, I.E., Thompson, R.C., 2016. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin* 112, 39–45.
- Report of Working Group 40. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a Global assessment. Reports and Studies GESAMP (90), 96 p.
- Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbins, J., Janssen, C.R. 2015. Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research* 111, 5–17.
- Veerasingam, S., Mugilarasan, M., Venkatachalapathy, R., Vethamony, P. 2016. Influence of 2015 flood on the distribution and occurrence of microplastic pellets along the Chennai coast, India. *Marine Pollution Bulletin* 109 (1), 196–204.
- Young, A.M., Elliott, J.A. 2016. Characterization of microplastic and mesoplastic debris in sediments from Kamilo Beach and Kahuku Beach, Hawaii. *Marine Pollution Bulletin* 113, 477–482.