مقاله علمی–پژوهشی:

آلودگی میکروپلاستیک در رسوبات تالاب انزلی، جنوب غربی دریای خزر (استان گیلان)

مجید راستا[۱]، مسعود ستاری*[۱و۲]، مجتبی شکرالله زاده طالشی[۳]، جاوید ایمان‌پور نمین[۱]

*msattari@guilan.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران، کد پستی: ٤٣٦١٩-٩٦١٩٦.
۲- گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳- گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران، کد پستی: ٤٧٤١٦-١٣٥٣٤.

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۸

چکیده

وقوع و فراوانی میکروپلاستیک‌ها (MPs) در رسوبات تالاب انزلی برای اولین بار در این مطالعه بررسی شد. نمونه‌برداری از رسوبات با استفاده از گرب ون وین در بهار ۱۳۹۷ انجام شد. میکروپلاستیک‌ها بعد از جداسازی از طریق محلول NaCl اشباع شده، با یک استریومیکروسکوپ شمارش شده و تجزیه و تحلیل شدند. تعداد میکروپلاستیک‌ها در محدوده ۲۸۲-۱۴ قطعه در ۱۰۰ گرم از رسوب خشک (۲۸۲۰-۱۴۰ قطعه در یک کیلوگرم رسوب خشک) بود. ایستگاه ۱۰ با تعداد ۱۷۱/۱۴±۲۸۲ قطعه میکروپلاستیک در ۱۰۰ گرم رسوب خشک و ایستگاه ۹ با تعداد ۳±۱۴ قطعه میکروپلاستیک در ۱۰۰ گرم رسوب خشک بترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان آلودگی بودند. اندازه تمامی میکروپلاستیک‌ها در محدوده ۵-۰/۳ میلی‌متر بود. میکروپلاستیک‌ها در اندازه ۲-۱ میلی‌متر با ۳۷/۳ ٪ دارای بیشترین فروانی بودند. شکل غالب میکروپلاستیک‌ها، رشته‌ای بود. قطعات تکه پاره و غشایی نیز در نمونه‌ها یافت شد. رنگ‌های قرمز، سیاه و آبی بترتیب با ۳۴/۱ ٪ و ۳۰/۸ ٪ و ۲۶/۴ ٪ دارای بیشترین فراوانی رنگ در بین نمونه‌ها بودند. در مجموع، ۵ پلیمر پلی‌استایرن (PS)، پلی‌پروپیلن (PP)، پلی‌استر (PES)، پلی-اتیلن (PE) و پلی اکریلونیتریل (PAN) شناسایی شد. این تحقیق به عنوان اولین مطالعه، داده‌های اصلی مربوط به حضور میکروپلاستیک‌ها را در تالاب انزلی نشان می‌دهد که دسترسی زیستی آنها را برای موجودات آبزی به عنوان غذا و سپس انتقال احتمالی آنها را به انسان تعیین می‌کند. نتایج بدست آمده اطلاعات مفیدی را برای تحقیقات بیشتر ارائه می‌دهد.

لغات کلیدی: میکروپلاستیک، تالاب انزلی، آلودگی، پلیمر

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

مقدمه

دریاها و اقیانوس‌های جهان تحت تأثیر تهدیدات زیست محیطی مختلفی قرار دارند که در این بین تجمع زباله‌های انسانی یک مشکل بزرگ و جهانی است و برای چندین دهه نگرانی‌های زیست‌محیطی را بخود جلب کرده است. امروزه آلودگی محیط دریایی با میکروپلاستیک‌ها (ذرات کمتر از ۵ میلی‌متر) (Arthur *et al*., 2009) یک نگرانی رو به رشد است زیرا تهدیدی برای حیات وحش است و می‌تواند تاثیرات اقتصادی مهمی در شیلات داشته باشد (Ryan *et al*., 2009).

میکروپلاستیک‌ها قطعات بسیار ریزی هستند که معمولاً اندازه کمتر از ۵ میلی‌متر (Barnes *et al*., 2009) دارند. به طور کلی، میکروپلاستیک‌ها به دو دسته میکروپلاستیک‌های اولیه و ثانویه تقسیم‌بندی می‌شوند (Cole *et al*., 2011). میکروپلاستیک‌های اولیه به اندازه میلی‌متر یا کمتر از میلی‌متر هستند و بیشتر در محصولات بهداشت شخصی و به میزان کم در پزشکی، یعنی به‌عنوان حامل‌های دارویی استفاده (Gouin *et al*., 2015) و به شکل مهره یا دانه‌های کروی کوچک در محیط یافت می‌شوند. میکروپلاستیک‌های ثانویه از شکستن قطعات پلاستیکی بزرگتر حاصل می‌شوند. قطعات پلیمری هنگامی که وارد طبیعت می‌شوند، تحت تأثیر فرآیندهای فیزیکی، زیستی و شیمیایی قرار می‌گیرند. این فرآیندها با کاهش یکپارچگی ساختار ذرات پلاستیک، منجر به شکسته شدن آنها می‌شوند (Costa *et al*., 2016).

میکروپلاستیک‌ها نسبت به بقایای پلاستیکی بزرگتر، تهدید جدی‌تری برای محیط زیست آبی و زیستگان آن محسوب می‌شوند زیرا اغلب این بقایا دقیقاً به اندازه ذرات مواد غذایی طبیعی‌ای هستند که در محیط‌های آبی یافت می‌شوند و به همین دلیل، به اشتباه به عنوان منبع غذا بلعیده و مصرف می‌شوند (Boerger *et al*., 2010; Lusher *et al*., 2013). خطرات مرتبط با مصرف میکروپلاستیک‌ها شامل اثرات فیزیکی مواد (Rochman *et al*., 2013a)، ترکیبات شیمیایی پلاستیک‌ها (Lithner *et al*., 2011; Rochman *et al*., 2013a) و مواد شیمیایی جذب شده از محیط [از جمله تجمع زیستی پایدار و مواد سمی (PBT) (Rochman *et al*., 2013b) و فلزات (Holmes *et al*., 2012)] است.

تالاب‌ها در بین پر تولیدترین بوم سازگان‌های جهان قرار دارند. آنها منبع تنوع زیستی هستند و گونه‌های بی‌شماری از گیاهان و حیوانات برای زنده ماندن به آنها وابسته هستند (طاهری یزدی و همکاران، ۱۳۸۷). تالاب انزلی از جمله تالاب‌های ایران است که در سال‌های اخیر نظر بیشتر سازمان‌ها و محافل علمی را بخود معطوف داشته است. تالاب انزلی محل ورود رودخانه‌های بزرگ خمارود، پیربازار و زرجوب است که از جمله آلوده‌ترین رودخانه‌های شمال کشور بشمار می‌آیند (سلامات و همکاران، ۱۳۹۳). قسمت عمده انواع آلودگی‌های کشاورزی، شهری، صنعتی و اجسام سنگین (قطعات فلزی و لاستیکی) بوسیله رودخانه‌های ورودی که از مناطق شهری و روستایی عبور می‌کنند، وارد تالاب انزلی می‌شوند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴؛ سیف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷).

رسوبات، جزیی تفکیک ناپذیر از بوم سازگان تالابی هستند، آنها منابع غذایی بعضی از موجودات زنده هستند و از طریق فازهای آب و رسوب نقش مؤثری در آلودگی یا پالایش آبهای درگیر با رسوب ایفاء می‌کنند (Sunderland *et al*., 2008). طی سال‌های اخیر، تحقیقات مختلفی در زمینه سنجش آلودگی‌های مختلف (بخصوص عناصر سنگین) در رسوبات سطحی تالاب انزلی انجام شده است (غضبان و خوش اقبال، ۱۳۹۰؛ خزایی و پورخباز، ۱۳۹۱؛ فئید و همکاران، ۱۳۹۴). در تمامی مطالعات حضور آلودگی‌های مختلف در سطح رسوبات این تالاب به اثبات رسیده اما تاکنون هیچ مطالعه‌ای در مورد آلودگی میکروپلاستیک رسوبات آن انجام نشده است. این امر ضرورت انجام این تحقیق را مشخص می‌کند. لذا، مطالعه حاضر به عنوان اولین مطالعه از حضور و پراکنش آلودگی میکروپلاستیک در رسوبات تالاب انزلی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را برای مطالعات بعدی فراهم آورد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از رسوبات تالاب انزلی به منظور بررسی ذرات میکروپلاستیک و تعیین منابع اصلی آنها از طریق شناسایی ترکیب شیمیایی انجام شد. برای انجام این تحقیق در بخش‌های مختلف تالاب انزلی با توجه به منابع مختلف آلاینده و خصوصیات محیطی، ۱۱ ایستگاه در نظر گرفته شد. موقعیت ایستگاه‌ها به نحوی بود که بخش‌های مرکزی، غربی و شرقی تالاب را دربر گیرد (شکل ۱).



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رسوبات در تالاب انزلی

Figure 1: Sediment sampling stations in Anzali wetland

نمونه‌برداری و خشک کردن رسوبات

برای بررسی آلودگی میکروپلاستیکی رسوبات تالاب انزلی، نمونه‌ها در فصل بهار ۱۳۹۷ از رسوبات هر ایستگاه با گرب ون وین[1] جمع‌آوری (Loder and Gerdts, 2015) و در ظروف غیرپلاستیکی نگهداری شدند. برای خشک کردن رسوبات از روش خشک کردن در هوای آزاد استفاده گردید (Jayasiri *et al.*, 2013). در ابتدا برای هر ایستگاه، تشتک‌های آلومینیومی تهیه و سپس، رسوبات تر به داخل آن ریخته شدند. روی تشتک‌ها با استفاده از درپوش آلومینیومی بسته شد تا از ورود آلاینده‌های محیطی به داخل رسوبات جلوگیری شود. هر نمونه به مدت ۷ روز در هوای آزاد قرار گرفت تا کاملا خشک شود.

جداسازی نمونه ها با استفاده از محلول اشباع NaCl

بعد از خشک شدن، برای جلوگیری از ورود ذرات بزرگتر از ۵ میلی‌متر به نمونه‌ها، رسوبات در الک ۵ میلی‌متری غربال شدند. ۱۰۰ گرم از رسوبات هر ایستگاه با قاشق استیل ضد زنگ توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم وزن و در بشر ۱۰۰۰ میلی لیتری ریخته شد و سپس محلول اشباع NaCl (Corcoran *et al.*, 2009) به بشر اضافه شد. به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه بشر تکان داده شد تا ذرات پلاستیکی کاملاً از رسوبات جدا و معلق شوند. هر نمونه به مدت ۳۰ دقیقه ثابت نگه داشته شد تا معلق سازی انجام شود. مایع رویی (سوپرناتانت) بدست آمده که حاوی قطعات شناور جدا شده از رسوبات بود، از طریق قیف شیشه‌ای روی کاغذ صافی نیتروسلولزی فیلتر شدند (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). این روش برای هر نمونه ۳ بار تکرار شد تا تمامی ذرات از رسوبات جدا شوند. از هر

[1] Van Veen Grab

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

ایستگاه ۳ نمونه ۱۰۰ گرمی طبق روش بالا معلق و جداسازی شد. در مرحله بعد، کاغذ صافی در دستگاه آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا نمونه‌ها کاملا خشک شوند. در نهایت تمامی ذرات با استفاده از یک میکروسکوپ بینوکولار (استریومیکروسکوپ) با بزرگنمایی ۴۰ برابر مورد بررسی و ذرات میکروپلاستیک از دیگر اجزا توسط موگیر جدا و سپس، شمارش شدند. تعداد نمونه‌های جداسازی شده به صورت قطعه در ۱۰۰ گرم از رسوب خشک بیان شدند (Reddy *et al.*, 2006).

بررسی میکروپلاستیک‌ها از لحاظ رنگ، شکل و اندازه

برای بررسی میکروپلاستیک‌ها از لحاظ اندازه از یک عدسی چشمی مدرج استفاده شد (Abidli *et al.*, 2017). در ابتدا عدسی چشمی کالیبره و سپس تمامی نمونه‌های جداسازی شده اندازه‌گیری شدند. همچنین با استفاده از یک میکروسکوپ بینوکولار با بزرگنمایی ۴۰ برابر، میکروپلاستیک‌های استخراجی از لحاظ رنگ و شکل بررسی شدند.

شناسایی پلیمری میکروپلاستیک‌ها بوسیله دستگاه طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) به روش ATR

برای تعیین ترکیب پلیمری میکروپلاستیک‌های خارج شده از رسوب به روش ATR، از دستگاه طیف‌سنج تبدیل فوریه مادون قرمز (Nor and Obbard, 2014) مدل نیکولت نکسوز ۴۷۰ ساخت شرکت ترمو نیکولت آمریکا، متصل به نرم‌افزار OMNIC، مجهز به ابزار ثبت انعکاسی (ATR) با سطح آنالیزور کریستال ZnSe، استفاده شد. محدوده‌ی مورد بررسی $4000-650 cm^{-1}$ بود. قبل از هر آزمون، دستگاه با طیف هوا به عنوان زمینه، کالیبره می‌شد. سپس طیف‌ها به منظور سنجش امکان تفکیک و شناسایی پلیمرهای میکروپلاستیک بر اساس شکل و موقعیت پیک‌ها ارزیابی شدند.

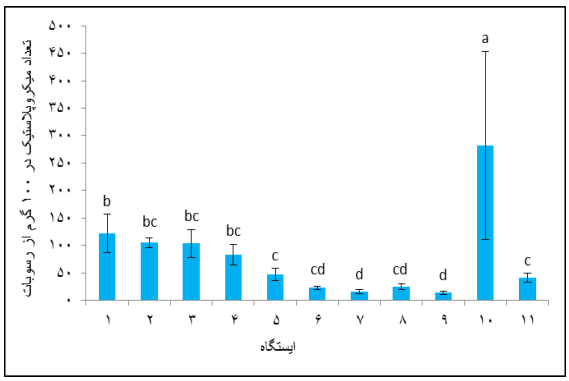
تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها ابتدا برای اطمینان از نرمال بودن با آزمون شاپیرو-ویلک[1] بررسی شدند. سپس داده‌ها با استفاده از آزمون ناپارامتری کروسکال – والیس [2] در سطح اطمینان ۹۵٪ بررسی شدند. مقایسه بین میانگین‌ها با آزمون من ویتنی[3] انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ ترسیم شدند.

نتایج

فراوانی میکروپلاستیک‌ها

میکروپلاستیک‌ها در تمام ۱۱ ایستگاه نمونه برداری یافت شدند. میانگین تعداد آنها ۷۸/۰۸±۷۸/۳۶ قطعه در ۱۰۰ گرم رسوب خشک (۷۸۰/۸±۷۸۳/۶ قطعه در یک کیلوگرم رسوب خشک) بود. ایستگاه ۱۰ با تعداد ۱۷۱/۱۴±۲۸۲ قطعه و ایستگاه ۹ با تعداد ۳±۱۴ قطعه در ۱۰۰ گرم رسوب خشک بترتیب بیشترین و کمترین تعداد میکروپلاستیک از لحاظ فراوانی را بخود اختصاص دادند (شکل ۲). بر اساس آزمون کروسکال والیس و من ویتنی اختلاف معنی‌دار آماری بین ایستگاه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0/05$).



شکل ۲: میانگین و انحراف معیار تعداد میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های مختلف

Figure 2: Mean ± S.D of microplastics in sediment of Anzali Wetland

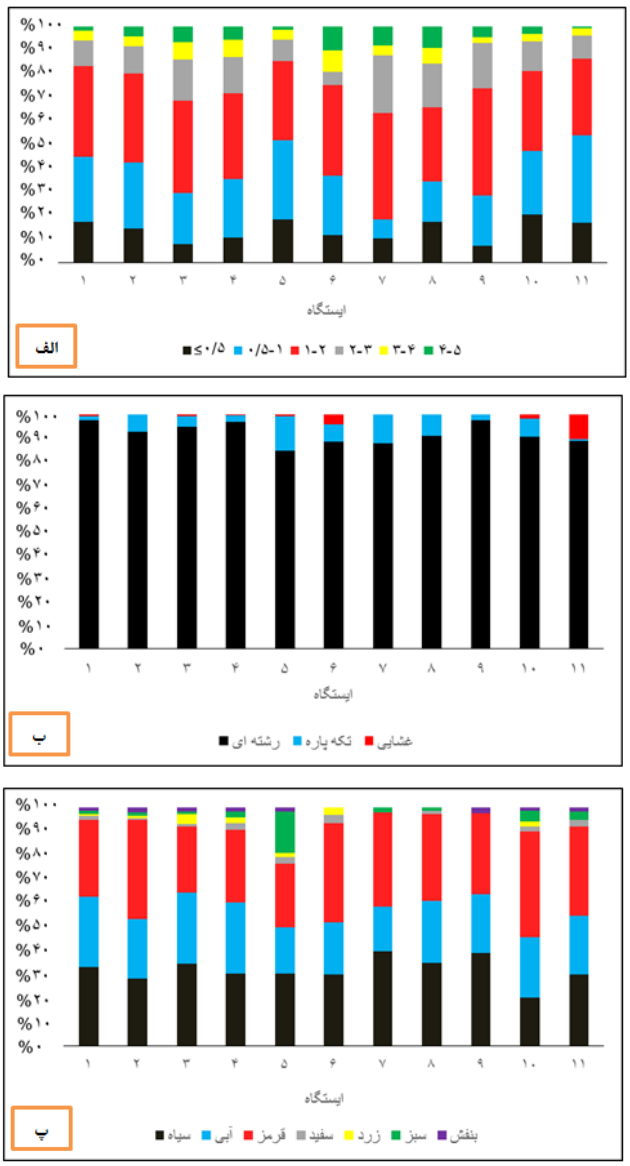
[1] Shapiro-wilk
[2] Kruskal-Wallis
[3] Mann-Whitney U

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

رنگ، شکل و اندازه میکروپلاستیک‌ها

اندازه تمامی میکروپلاستیک‌ها در محدوده ۵-۰/۳ میلی متر بود. میکروپلاستیک‌ها از لحاظ اندازه در ۶ دسته مختلف تقسیم بندی شدند. نتایج نشان داد که دسته ۲-۱ میلی‌متری با ۳۷/۳ ٪ دارای بیشترین فراوانی بوده در حالیکه دسته‌های ۴-۳ و ۵-۴ میلی‌متری با ۵/۱ ٪ دارای کمترین فراوانی بودند (شکل۳ الف).

از لحاظ شکل، میکروپلاستیک‌ها در ۳ دسته‌ی رشته‌ای، که‌پاره و غشایی تقسیم‌بندی شدند. نتایج نشان داد میکروپلاستیک‌های رشته‌ای بیشترین میزان فراوانی را در تمام ایستگاه‌ها دارند (شکل ۳ ب). در این تحقیق میکروپلاستیک‌های جداسازی شده در ۷ رنگ سیاه، قرمز، آبی، زرد، بنفش، سبز و سفید مشاهده شدند. رنگ قرمز، سیاه و آبی بترتیب با ۳۴/۱ ٪ و ۳۰/۸ ٪ و ۲۶/۴ ٪ دارای بیشترین فراوانی و رنگ بنفش و زرد بترتیب با ۱/۲ ٪ و ۱/۸ ٪ دارای کمترین فراوانی بودند (شکل ۳ پ).



شکل ۳: تقسیم‌بندی میکروپلاستیک‌های جداسازی شده از رسوبات تالاب انزلی از لحاظ اندازه (الف)، شکل (ب) و رنگ (پ)

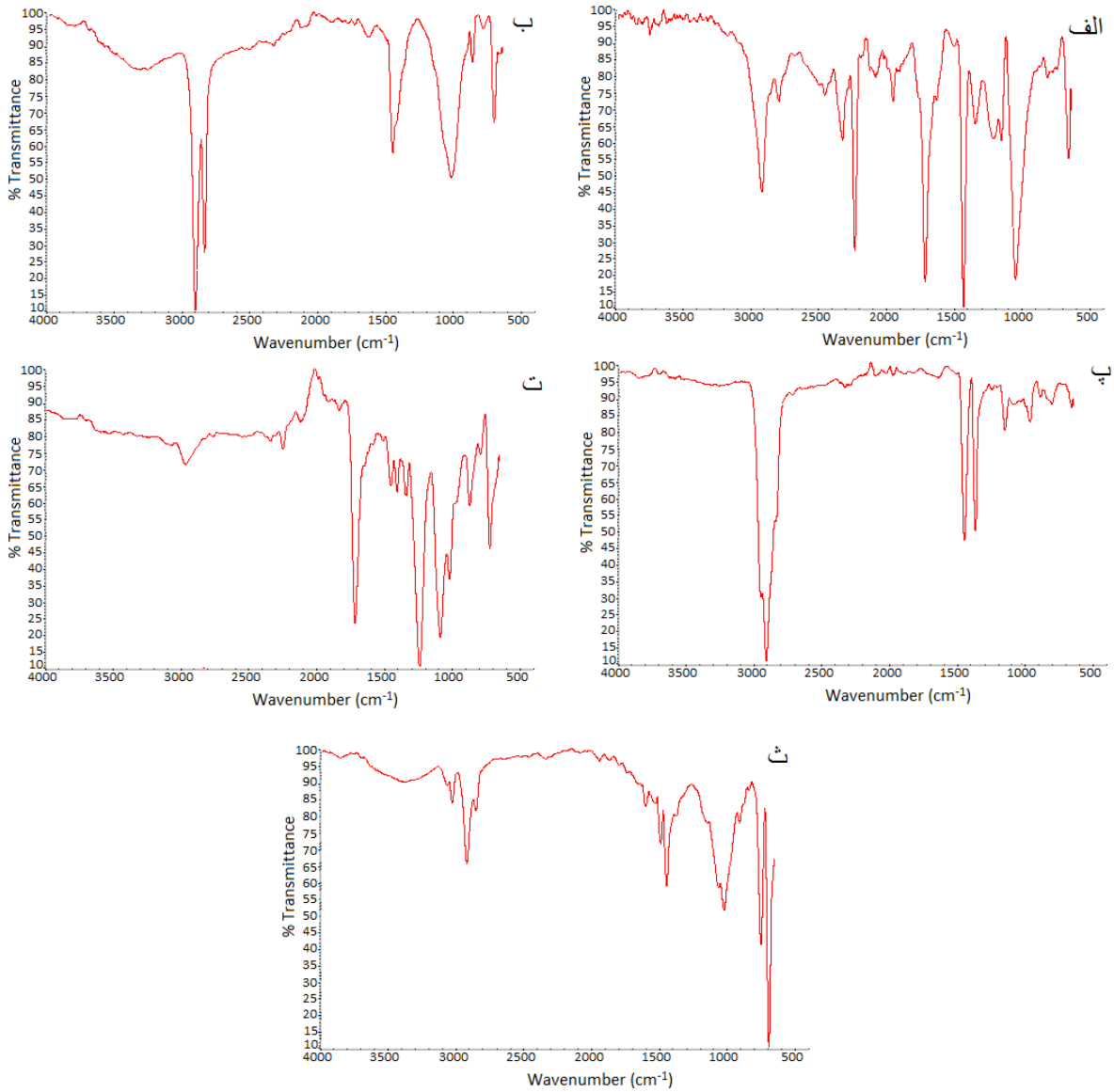
Figure 3: Classification of microplastics in terms of size (a), shape (b) and color (c) in different stations

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

شناسایی انواع پلیمر

برای شناسایی پلیمر میکروپلاستیک‌ها از دستگاه ATR-FTIR استفاده شد. در مجموع ۲۰ میکروپلاستیک به طور تصادفی از ایستگاهی که دارای بیشترین میزان فراوانی بود، با استفاده از موچین برداشته و از نظر نوع پلیمری بررسی شدند. در مجموع ۵ پلیمر مختلف شامل پلی-استایرن (PS)، پلی‌پروپیلن (PP)، پلی‌استر (PEST)، پلی‌اتیلن (PE) و پلی اکریلونیتریل (PAN) در رسوبات یافت شدند (شکل ۴).



شکل ۴: پلیمرهای یافت شده در رسوبات تالاب انزلی. الف: پلی اکریلونیتریل، ب: پلی‌اتیلن، پ: پلی‌پروپیلن، ت: پلی‌استر، ث: پلی‌استایرن

Figure 4: Polymers found in the sediments of Anzali wetland. a: Polyacrylonitrile, b: Polyethylene, c: Polypropylene, d: Polyester and e: Polystyrene

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

بحث

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ذرات میکروپلاستیک در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی حضور دارند که نشان‌دهنده پراکندگی گسترده آنها در رسوبات تالاب انزلی است. محدوده فراوانی میکروپلاستیک‌ها در مطالعه حاضر ۲۸۲-۱۴ قطعه در ۱۰۰ گرم از رسوبات خشک با میانگین ۷۸/۰۸±۷۸/۳۶ قطعه در ۱۰۰ گرم رسوب خشک بود. سایر مطالعات نیز حضور و پراکنش میکروپلاستیک‌ها را در رسوبات تالاب‌ها نشان داده‌اند. تعداد میکروپلاستیک‌ها در تالاب ونیز ایتالیا ۲۱۷۵-۶۷۲ قطعه میکروپلاستیک در یک کیلوگرم رسوب خشک بیان شده است (Vianello *et al*., 2013). Abidli و همکاران (۲۰۱۷) تعداد میکروپلاستیک‌ها در رسوبات تالاب بیزرت تونس را در محدوده ۱۸-۳ قطعه/گرم رسوب (۱۸۰۰۰-۳۰۰۰ عدد در کیلوگرم رسوب) اعلام کردند. Townsend و همکاران (۲۰۱۹) ارتباط بین آلودگی میکروپلاستیک و کاربری اراضی را در رسوبات تالاب‌های شهری ملبورن استرالیا بررسی کردند. نتایج نشان داد که میکروپلاستیک-ها در تمام تالاب‌ها حضور دارند و میانگین آلودگی ۴۶ قطعه میکروپلاستیک در یک کیلوگرم بود. آنها همچنین عنوان کردند، شهرنشینی بشدت با آلودگی میکروپلاستیک در تالاب‌های ملبورن استرالیا همراه بوده است. در واقع، می‌توان گفت که افزایش توسعه شهری در یک حوضه آبریز با افزایش فراوانی میکروپلاستیک در رسوبات در ارتباط است. در مطالعه حاضر ایستگاه ۱۰ با تعداد ۲۸۲±۱۷۱/۴ قطعه میکروپلاستیک در ۱۰۰ گرم رسوب خشک، آلوده‌ترین ایستگاه بود. ریختن مستقیم زباله‌ها و پسماندهای صنعتی و انسانی به درون تالاب از طرف حاشیه نشینان تالاب و همچنین برپایی بازار هفتگی و به دنبال آن دور ریز زباله‌ها از طرف کاسبان و بازارگردها به درون تالاب می‌تواند از علل آلودگی بالای ایستگاه ۱۰ باشد. ایستگاه‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ هر کدام با تعداد کمتر از ۵ قطعه میکروپلاستیک در ۱۰۰ گرم رسوب خشک دارای کمترین آلودگی در این مطالعه بودند. آلودگی کم این ایستگاه‌ها می‌تواند مربوط به تراکم کم جمعیت و حضور زمین کشاورزی اطراف آنها باشد.

در این تحقیق میکروپلاستیک‌ها در ۳ دسته‌ی رشته‌ای، تکه‌پاره و غشایی تقسیم‌بندی شدند. میکروپلاستیک‌های رشته‌ای دارای بیشترین میزان فراوانی در تمام ایستگاه‌ها بودند در حالیکه هیچ میکروپلاستیکی به شکل گرانول یافت نشد. این نتایج نشان می‌دهد، میکروپلاستیک‌های ثانویه منبع اصلی قطعات میکروپلاستیک در تالاب انزلی هستند. میکروپلاستیک‌های ثانویه از تخریب بقایای پلاستیکی بزرگ از طریق نیروهای مکانیکی، اکسایش گرمایی، تجزیه گرمایی و احتمالا فرایندهای تجزیه زیستی (Laglbauer *et al*. 2014; Zhao *et al*. 2016) حاصل می‌شوند. از سوی دیگر، نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که شستن یک قطعه لباس می‌تواند ۱۹۰۰ الیاف به محیط وارد کند (Browne *et al*., 2011). بنابراین، ورود فاضلاب‌های خانگی شهر رشت از طریق رودخانه پیربازار و ورود مستقیم پساب‌های شهر انزلی به درون تالاب انزلی می‌تواند از علل فراوانی میکروپلاستیک‌های رشته‌ای در تالاب انزلی باشد. متاجی و شکراله زاده طالشی (۱۳۹۵) میکروپلاستیک‌های رسوبات ساحل خیرود در نوشهر را در چهار دسته اسفنجی، رشته‌ای، تکه پاره کوچک و تکه پاره بزرگ تقسیم‌بندی کردند. Abidli و همکاران (۲۰۱۷) شکل غالب میکروپلاستیک‌ها در رسوبات روگاه (مجرا) تالاب بیزرت تونس شمالی را رشته‌ای معرفی کردند. Vianello و همکاران (۲۰۱۳) شکل میکروپلاستیک‌های تالاب و نیز ایتالیا را تکه پاره (۸۷٪)، رشته‌ای (۱۰٪)، غشایی (۲٪) و گرانولی (۱٪) گزارش کردند. رایج‌ترین شکل یافت شده در محیط‌های آبی از انگلستان تا استرالیا (Thompson *et al*., 2004; Browne *et al*., 2011) و سواحل بلژیک (Claessens *et al*., 2011) نیز رشته‌ای بوده است.

در تحقیق حاضر، میکروپلاستیک‌های جداسازی شده در رنگ‌های مختلف سیاه، قرمز، آبی، زرد، بنفش، سبز و سفید مشاهده شدند. رنگ قرمز و سیاه بترتیب با ۳۴/۱ ٪ و ۳۰/۸ ٪ بیشترین فراوانی و رنگ بنفش و زرد بترتیب با ۱/۲ ٪ و ۱/۸ ٪ کمترین فراوانی را بخود اختصاص دادند. رنگ آبی احتمالاً می‌تواند در نتیجه تجزیه بطری‌ها و قوطی‌های پلاستیکی آبی بدست آید. میکروپلاستیک‌های

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

رشته‌ای سبز ممکن است از تجزیه طناب‌ها و تورهای ماهیگیری موجود در تالاب انزلی بدست آمده باشد. ریزپلاستیک‌های رنگی با توجه به شباهت به شکارهای طبیعی در محیط‌های آبی، ممکن است به اشتباه به عنوان غذا از طرف شکارچیان مصرف شده (Boerger *et al*., 2010; Lusher *et al*., 2013) و سبب آسیب داخلی بافت‌ها در دستگاه گوارش موجود زنده شوند. این میکروپلاستیک‌های رنگی در ماهیان، پرندگان و لاک پشت‌ها شناسایی شده‌اند (Foekema *et al*., 2013; Hoarau *et al*., 2014). Stolte و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که تقریباً تمام نمونه‌های رسوبات ساحلی (ساحل بالتیک آلمان) حاوی الیاف رنگی هستند. Abidli و همکاران (۲۰۱۷) میکروپلاستیک‌ها با رنگ‌های شفاف، سفید، آبی، سبز، قرمز و سیاه را از رسوبات تالاب بیزرت تونس شمالی جداسازی کردند. متاجی و شکراله زاده طالشی (۱۳۹۵) رنگ غالب میکروپلاستیک‌ها در سواحل خیرود را سفید عنوان کردند.

اندازه تمامی میکروپلاستیک‌ها در تحقیق حاضر در محدوده ۵-۰/۳ میلی‌متر بود. نتایج نشان داد که دسته ۲-۱ میلی‌متری با ۳۷/۳ ٪ دارای بیشترین فراوانی بوده در حالیکه دسته‌های ۴-۳ و ۵-۴ میلی‌متری با ۵/۱ ٪ دارای کمترین فراوانی بودند. اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها، به دلیل تأثیر بالقوه این آلاینده‌ها بر موجودات زنده‌ی بوم‌سازگان، از اهمیت خاصی برخوردار است. در واقع، میکروپلاستیک‌ها با اندازه کوچک (مشابه غذا) می‌توانند از طرف طیف وسیعی از موجودات تغذیه شوند (Moore *et al*., 2001). میکروپلاستیک‌های تکه پاره کوچک می‌توانند پس از مصرف از طریق مدفوع موجودات دفع شوند، ولی قطعات بزرگتر ممکن است در دستگاه گوارش باقی بمانند و منجر به بروز حس اشتباه سیری شوند که این موضوع در بسیاری از گروه‌های مهره داران گزارش شده است (Ryan *et al*., 2009, Butterworth *et al*., 2012). این در حالی است که ذرات رشته‌ای ممکن است در هم پیچ بخورند و متراکم شوند و سپس انسداد اندام‌ها را بدنبال داشته باشند و مانع بلع غذا شوند (Derraik, 2002). Lusher و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها در مقایسه با ماکروپلاستیک‌ها، جذب آنها از طرف موجودات را تسهیل می‌کند. علاوه بر این، Rochman و همکاران (۲۰۱۳a) پیشنهاد کردند که عبور میکروپلاستیک‌ها با اندازه ۵-۲ میلی‌متر از معده موجودات زنده طولانی‌تر هستند و می‌توانند در دستگاه گوارش باقی بمانند و زمان قرار گرفتن در معرض سم‌های جذب شده را افزایش دهند. Abidli و همکاران (۲۰۱۷) اندازه متوسط میکروپلاستیک‌های رشته‌ای و تکه پاره جمع‌آوری شده در تالاب بیزرت تونس شمالی را بترتیب ۰/۲۷-/۳۹ و ۰/۱۹-۰/۵۱ میلی‌متر بیان نمودند.

در مطاللعه حاضر پلیمرهای پلی‌استایرن (PS)، پلی پروپیلن (PP)، پلی‌استر (PES)، پلی‌اتیلن (PE) و پلی اکریلونیتریل (PAN) شناسایی شدند. سایر مطالعات همچنین حجم زیادی از میکروپلاستیک‌ها را در محیط زیست دریایی گزارش کرده‌اند و آنها را عمدتاً به عنوان پلی‌پروپیلین، پلی‌استر، پلی‌اتیلن، پلی‌آمید (نایلون)، اکریلیک و پلی‌ونیل‌الکل شناسایی کرده‌اند (Browne *et al*., 2011; Claessens *et al*., 2011). این نوع پلیمرها اغلب در پارچه‌ها استفاده می‌شوند. Browne و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که ترکیب پلیمر در رسوبات بوضوح در مواجهه با فاضلاب‌ها (برای مثال، شستن لباس) منعکس می‌شوند. پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن برای ساخت طناب‌ها و تورهای ماهی‌گیری استفاده می‌شود (Claessens *et al*., 2011). علاوه بر این، الیاف پلی‌پروپیلن به طور گسترده‌ای برای تولید پوشش نساجی کفپوش، فرش و قالی و نیز اخیراً لباس ورزشی استفاده می‌شود. استفاده گسترده از تورها و طناب‌های ماهیگیری از طرف صیادان در تالاب انزلی می‌تواند منشاء اصلی حضور پلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن در رسوبات تالاب انزلی باشد. پلی‌استایرن به طور گسترده‌ای در بسته‌بندی و مواد یکبار مصرف مانند لیوان‌های یکبار مصرف و ظروف غذا استفاده می‌شود. بنابراین، رهاسازی ظروف یکبار مصرف به درون تالاب به صورت مستقیم یا از طریق رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی و به دنبال آن، تخریب آنها و تبدیل شدن به ذرات کوچک‌تر، از علل آلودگی میکروپلاستیک

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

در رسوبات تالاب انزلی است. پلی‌استرها (PES) بیشتر در صنایع نساجی و ساخت بدنه تجهیزات حمل ونقل، قایق و کشتی‌سازی، لوله، مخازن و ... کاربرد دارد (Scheirs and Long, 2003). یکی از علت‌های فراوانی پلی‌استر در مطالعه حاضر، ممکن است استفاده گسترده از قایق‌های صیادی و تفریحی در تالاب انزلی و رفت و آمد کشتی‌ها به اسکله بندر انزلی باشد. از الیاف پلی‌اکریلونیتریل در فراهم ساختن پارچه‌های پوشاکی به فراوانی استفاده می‌شود. علاوه بر این، این پلیمر تشکیل دهنده فیبر است که به طور گسترده برای تولید الیاف کربن و همچنین بادبان قایق‌های بادبانی بکار می‌رود (Karbownik *et al.*, 2019). بنابراین، ورود فاضلاب‌های خانگی (شستشوی لباس) و صنعتی می‌تواند از علت‌های حضور این پلیمر در تالاب انزلی باشد.

فراوانی میکروپلاستیک‌های یافت شده در رسوبات تالاب انزلی نشان می‌دهد که این آلودگی ممکن است از طرف موجودات آبزی مانند ماهیان و پرندگان مصرف و از طریق زنجیره غذایی وارد بدن انسان شود. با افزایش فراوانی میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست، مطالعات بیشتری برای تعیین میزان حضور میکروپلاستیک‌ها در سایر بدنه‌های آبی کشور و دستگاه گوارش موجودات آبزی باید انجام شود.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای حر ترابی جفرودی، مهندس علی خدادوست، آقای عسگر قربان‌زاده، سرکار خانم نیلوفر شعبانپور لشکریان و دکتر مینا رهبر که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند، تشکر می‌شود.

منابع

احمدی، م.، خانی پور، ع.ا. و ابوالقاسمی، س.ج.، ۱۳۹۴. اندازه گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین کادمیوم ، نیکل و روی در بافت خوراکی عضله اردک ماهی (*Esox lucius*) تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۴، شماره ۱، صفحه ۷۵-۸۱. Doi: 10.22092/ISFJ.2014.103095

سلامات، ن.، خلیفی، خ.، اعتمادی، ل. و محمدی، ی.، ۱۳۹۳. سنجش میزان فلزات سنگین سرب، قلع و روی در بافتهای خوراکی عضله و غیر خوراکی کبد ماهی فیتوفاگ *Hypophthalmichthys molitrix* تالاب انزلی، فصلنامه دامپزشکی. دوره ۲۷، شماره ۴، صفحه ۷۷-۸۴. Doi: 10.22092/VJ.2015.100948

سیف زاده، م.، ولی پور، ع.ر.، زارع گشتی، ق. و خانی‌پور، ع.ا.، ۱۳۹۷. بررسی میزان تجمع سموم آلدرین، دیازینون و اندرین در بافت عضله خوراکی ماهیان اقتصادی تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۷، شماره ۳، صفحه ۲۳-۳۰. Doi: 10.22092/ISFJ.2018.116858

خزایی، ط. و پورخباز، ع.ر.، ۱۳۹۱. تعیین شدت آلودگی فلزات سنگین Cu و Cd وPb در رسوبات سطحی تالاب انزلی. علوم محیطی. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحه ۵۳-۶۴.

طاهری یزدی، ف.، دبیری، ف.، ریاضی، ب. و گشتاسب، ح.، ۱۳۸۷. بررسی کنوانسیون رامسر و نحوهٔ اجرای آن در ایران و ارائه چارچوب حقوقی جامع برای حفاظت از تالاب‌های ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیط زیست - حقوق محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات دانشکده محیط زیست و انرژی.

غضبان، ف. و زارع خوش اقبال، م.، ۱۳۹۰. بررسی منشاء آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران). محیط شناسی، سال سی و هفتم، شمارهٔ ۵۷.

فئید، م.، بابایی، ه. و عابدینی، ع.، ۱۳۹۴. بررسی پارامترهای میکروبی و فیزیکوشیمیایی در تالاب انزلی. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال هفتم شماره ۲۵.

متاجی، آ. و شکرالله زاده طالشی، م.، ۱۳۹۵.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

پراکنش میکروپلاستیک‌ها در رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر. چهارمین کنفرانس بین‌المللی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط زیست و گردشگری.

Abidli, S., Toumi, H., Lahbib, Y. and Trigui El Menif, N., 2017. The First Evaluation of Microplastics in Sediments from the Complex Lagoon-Channel of Bizerte (Northern Tunisia). *Water Air and Soil Pollution*, 228(7): 262. Doi: 10.1007/s11270-017-3439-9

Arthur, C., Baker, J. and Bamford, H., 2009. In: Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris, 9–11 September 2008, NOAA Technical, Memorandum NOS-OR&R30.

Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C. and Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526): 1985-1998. Doi: 10.1098/rstb.2008.0205

Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L. and Moore, C. J., 2010. Plastic in gestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 2275–2278. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.08.007

Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuton, E., Tonkin, A., Galloway, T. and Thompson, R.C., 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, 45, 9175–9179. Doi.org/10.1021/es201811s

Butterworth, A., Clegg, I. and Bass, C., 2012. Untangled - Marine Debris: A Global Picture of the Impact on Animal Welfare and of Animal-Focused Solutions. World Society for the Protection of Animals, London.

Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K. and Janssen, C.R., 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2199–2204. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.06.030

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. and Galloway, T.S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12). 2588-2597. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Corcoran, P.L., Biesinger, M.C. and Grifi, M. 2009. Plastics and beaches: A degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*, 58(1): 80-84. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2008.08.022

Costa, J.P.da., Santos, P.S.M., Duarte, A.C. and Rocha-Santos, T., 2016. (Nano) plastics in the environment: A sources, fates and effects. Sci. Total Environ. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.041

Derraik, J.G.B., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842–852. Doi: 10.1016/s0025-326x (02)00220-5

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

Foekema, M.E., Gruijter, C.D., Mergia, T.M., Van Franeker, J.A., Murk, J.A.T. and Koelmans, A.A., 2013. Plastic in North Sea Fish. *Environmental Science & Technology,* 47(15): pp.8818-8824. Doi: 10.1021/es400931b

Gouin, T., Avalos, J., Brunning, I., Brzuska, K., Graaf, J. Kaumanns, J.D., Konong, T., Meyberg, M., Rettinger, K. and Schlatter, H., 2015. Use of micro-plastic beads in cosmetic products in Europe and their estimated emissions to the North Sea environment. *SOFW-J,* 141: 40-46.

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C. and Thiel, M., 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*, 46: 3060–3075. Doi: 10.1021/es2031505.

Hoarau, L., Ainley, L., Jean, C. and Ciccione, S., 2014. Ingestion and defecation of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from by-catches in the South-West Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 84(1-2): pp.90-96. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.05.031

Holmes, L.A., Turner, A. and Thompson, R.C., 2012. Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment. *Environmental Pollution*, 160: 42–48. Doi: 10.1016/j.envpol.2011.08.052.

Jayasiri, H.B., Purushothaman, C.S. and Vennila, A., 2013. Quantitative analysis of plastic debris on recreational beaches in Mumbai, India. *Marine Pollution Bulletin*, 77: 107-112. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.

Karbownik, I., Rac-Rumijowska, O., Fiedot-Toboła, M., Rybicki, T. and Teterycz, H., 2019. The Preparation and Characterization of Polyacrylonitrile-Polyaniline (PAN/PANI) Fibers. *Materials*, 12(4): 664. Doi: 10.3390/ma12040664.

Laglbauer, B.J., Franco-Santos, M.R., Andreu-Cazenave, M., Brunelli, L., Papadatou, M., Palatinus, A., Grego, M. and Deprez, T., 2014. Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *Marine Pollution Bulletin*, 89: 356–366. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.09.036.

Lithner, D., Larsson, A. and Dave, G., 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of the Total Environment*, 409(18): 3309-3324.
Doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.04.038.

Löder, M.G.J. and Gerdts G., 2015. Methodology Used for the Detection and Identification of Microplastics—*A Critical Appraisal*, pp. 201-227. Doi: 10.1007/978-3-319-16510-3_8.

Lusher, A.L., McHugh, M. and Thompson, R.C., 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67: 94–99. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.11.028.

Moore, C.J., Moore, S.L., Leecaster, M.K. and Weisberg, S.B., 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 42: 1297–1300. DOI: 10.1016/s0025-326x (01)00114-x.

Nor, N.H.M. and Obbard, J.P., 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 79: 278-283. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.11.025.

Reddy, M.S., Basha, S., Adimurthy, S. and Ramachandraiah, G., 2006. Description of the small plastics fragments in marine sediments along the Alang-Sosiya ship-breaking yard, India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68: 656 −660. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.03.018.

Rochman, C.M., Browne, M.A., Halpern, B.S., Hentschel, B.T., Hoh, E., Karapanagioti, H.K., Rios-Mendoza, L.M., Takada, H., Swee, T. and Thompson, R.C., 2013a. Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, 494: 169–171. DOI: 10.1038/494169a.

Rochman, C.M., Hoh, E., Hentschel, B.T. and Kaye, S., 2013b. Long-term field measurements of sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: Implications for plastic marine debris. *Environmental Science and Technology*, 47(3): pp.1646-1654. DOI: 10.1021/es303700s.

Ryan, P.G., Moore, C.J., van Franeker, J.A. and Moloney, C.L., 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-*Biological Sciences*, 364: 1999–2012. DOI: 10.1098/rstb.2008.0207.

Scheirs, J. and Long. T.E., 2003. Modern Polyesters: Chemistry and Technology of Polyesters and Copolyesters. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, UK. Doi.org/10.1002/0470090685. 788 P.

Stolte, A., Forster, A., Gerdts, G. and Schubert, H., 2015. Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin*, 99(1-2): 216-229. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.07.022.

Sunderland, E.M., Cohen, M.D., Selin, N.E. and Chmura, G.L., 2008. Reconciling models and measurements to assess trends in atmospheric mercury deposition. *Environmental Pollution*, 156(2): pp.526-535. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.01.021.

Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D. and Russell, A.E., 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304: 838. DOI: 10.1126/science.1094559.

Townsend, K.R., Lu, H.C., Sharley, D.J. and Pettigrove, V., 2019. Associations between microplastic pollution and land use in urban wetland sediments. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(22): pp.22551-22561. Doi: 10.1007/s11356-019-04885-w

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A. and Da Rosb, L., 2013. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130: pp.54-61 Doi: 10.1016/j.ecss.2013.03.022.

Zhao, S., Zhu, L. and Li, D., 2016. Microplastic in three urban estuaries, China. *Environmental Pollution*, 206: 597–604. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.08.027.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]

Microplastic pollutions in the Anzali Wetland sediments, Southwest Caspian Sea (Guilan Province, Iran)

Rasta M.[1]; Sattari M.[1,2*] ; Shokrollahzadeh Taleshi M.[3]; Imanpour Namin J.[1]

*msattari@guilan.ac.ir

1-Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan. Box 1144, Sowmehsara, Iran.
2- Department of Marine biology, The Caspian Sea Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran
3- Department of Marine Chemistry, Faculty of Marine and Ocean Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Abstract

Occurrence and abundance of Microplastics (MPs) were studied in sediments of the Anzali wetland for the first time in spring 2018. Sediment samplings were carried out using Van Ween Grab. After density separation in saline solution, MPs were counted by a stereomicroscope. The number of MPs was at the range of 14-282 items/100g dry sediment (140-2820 items/kg dry sediment). Stations 10 and 9 with 282 ± 171.14 and 14 ± 3 items/100g dry sediment exhibited the highest and lowest contaminations, respectively. The MPs gathered during the survey varied in size from 0.3 to 5 mm, and those with 1–2 mm in size had the highest frequency (37.3%). The dominant shape of MPs was fiber; Followed by fragments and films. Red, black, and blue were the most abundant colors by 34.1%, 30.8% and 26.4%, respectively. In total, 5 microplastic polymers including polystyrene (PS), polypropylene (PP), polyester (PEST), polyethylene (PE) and poly acrylonitrile (PAN) were identified. This first work provides original data on the presence of MPs, determining their bioavailability to organisms as seafood, and then possible transfer to human. The results provide useful information for further studies.

Keywords: Microplastic, Anzali wetland, Pollution, Polymer

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.11.5]