بررسی فراوانی، توزیع و تجمع رزین پلت و فرگمنت‌های پلاستیکی در دریای خزر: مطالعه موردی ساحل نور

محمد مسعودنیک[۱]، علیرضا ریاحی بختیاری[۲*]، مهدی عبدالهی[۳]

۱- کارشناسی ارشد محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، پست الکترونیکی: mohamadmasoudnikm@gmail.com

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، پست الکترونیکی: riahi@modares.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی پلیمر، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، پست الکترونیکی: abdollahim@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۱۶ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲۰*

چکیده

هدف از این مقاله، تخمین فراوانی، توزیع و تجمع رزین پلت و فرگمنت‌های پلاستیکی در دریای خزر بر اساس رنگ، اندازه و شکل است. بر اساس روش NOAA ضایعات پلاستیکی از دو ایستگاه جداگانه با ۱۸ کوادرات و محدوده‌ای به طول دو کیلومتر جمع‌آوری شدند. نتایج نشان داد که میکروپلاستیک‌ها (اندازه های کمتر از ۵ میلی‌متر) فراوانی بیشتری نسبت به مزو و ماکروپلاستیک‌ها دارند. بر اساس یافته‌ها، پلاستیک رزین پلت‌ها با فراوانی ۴۲۶۳ عدد در متر مربع فراوانترین نوع میکروپلاستیک هستند. همچنین نتایج حاصل از آنالیز رنگ‌ها نشان داد که نوع رزین پلت و فرگمنت های سفید دارای بیشترین فراوانی هستند. به طور کلی بر اساس شواهد، رزین پلت و فرگمنت‌های پلاستیکی به صورت گسترده و نامتوازن در طول خط ساحلی دریای خزر پراکنده شده‌اند. به نظر می رسد این پدیده بیشتر نتیجه تاثیرگذاری عواملی از قبیل ویژگی‌های دریای خزر، تغییرات اقلیم، نزدیکی به منابع و فعالیت‌های دریایی، زمین‌شناختی منطقه است و همچنین عوامل فیزیکی مانند شکل، اندازه و چگالی ضایعات پلاستیکی است و کمتر از منابع انسانی متاثر شده است.

کلمات کلیدی: *ضایعات پلاستیکی، رزین پلت، فرگمنت، دریای خزر.*

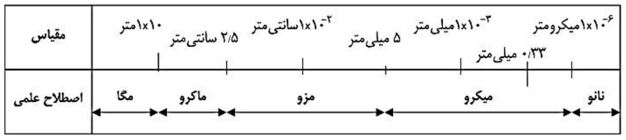
۱. مقدمه

یکی از اشکال اساسی آلودگی که توسط انسان ایجاد می‌شود و تهدید برای زیستمندان دریایی به حساب می‌آید، آلودگی ایجاد شده توسط ضایعات پلاستیکی[۱] است. ضایعات پلاستیکی یکی از اشکال گسترده آلودگی هستند (Allsopp et al., 2006). و یکی از متداول‌ترین نگرانی‌ها ورود این ضایعات پلاستیکی به محیط‌های دریایی است (Gregory, 2009). در واقع ضایعات پلاستیکی شامل هر نوع ماده دور ریختنی حاصل از فعالیت‌های انسانی، صنعتی و تولید مواد پلاستیکی هستند که صرف نظر از اندازه و فراوانی، در دریا و سواحل یافت می‌شوند.

[1] Plastic debris

این ضایعات شامل فعالیت‌های غیر مستقیم مثل رودخانه‌ها، جویبارها، سیستم‌های تصفیه فاضلاب شهری، سیلاب و باد هستند که این مواد را به دریا یا اقیانوس وارد می‌کنند (CMS, 2014). بر اساس آخرین گزارش NOAA[1] در سال ۲۰۱۳ ضایعات دریـایی از نظر اندازه به صورت جدول ۱ دسته‌بندی می‌شوند:

جدول ۱: سایزبندی ضایعات دریایی (NOAA, 2013)



از مهمترین مشکلات مربوط به ضایعات پلاستیک می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱) یک محیط واسطه برای انتقال گونه‌های غیر بومی
۲) گرفتاری موجودات در دام این ضایعات
۳) خوردن این ضایعات توسط موجودات زنده
۴) جذب آلاینده‌های آلی پایدار

دو گروه عمده از ضایعات پلاستیکی که در محیط دریا و اقیانوس یافت می‌شوند رزین پلت‌های پلاستیکی[2] و فرگمنت-های پلاستیکی[3] هستند. رزین پلت‌ها موادی هستند که به عنوان مواد خام در صنایع پلاستیک سازی برای تولید انواع مختلف پلاستیک استفاده می‌شوند و معمولا دارای اندازه‌هایی در حدود ۱ تا ۵ میلی‌متر هستند (Derraik, 2002). این مواد در طی فرآیندهای ساخت، تولید و حمل و نقل به محیط دریایی وارد می‌شوند (Karapanagioti and Klontza, 2007). رزین پلت ها دارای اشکال مختلفی (قرصی شکل، استوانه‌ای، دایره‌ای، گرد و دیسکی) هستند که اکثریت آنها به خاطر از دست دادن زواید کناری، دیسکی شکل شده‌اند. فرگمنت های پلاستیکی شامل قطعات ریزی هستند که از شکسته شدن پلاستیک های بزرگتر تحت تاثیر فرآیندهای فیزیکی (برخورد موج، صخره‌ها و رسوبات موجود در آب)، زیست شناختی (تجزیه توسط گیاهان، رشد و توسعه میکروگیاهان روی سطح آنها) و شیمیایی (نور خورشید، گرما و اکسیداسیون)، در خشکی و دریا حاصل می‌شوند (Thompson et al., 2009; Ryan et al., 2009). ۲۶۷ موجود دریایی شناخته شده‌اند که می‌توانند از راه‌های مختلف تحت تاثیر ضایعات پلاستیکی قرار گیرند (Derraik, 2002; Moore, 2008). به عنوان مثاله می‌توان به فک‌ها، ماهی‌ها، کوسه‌ها، پرندگان دریایی و لاک پشت‌ها اشاره کرد (Derraik, 2002). همچنین ۴۴ درصد گونه‌های پرندگان، پلاستیک‌های شناور را به جای غذا در هنگام تغذیه در سطح آب و ساحل می‌بلعند. مطالعه‌ای که توسط Antunes و همکاران (۲۰۱۳) در سواحل پرتغال انجام گرفت، تعداد ۲۴۲۱ ضایعات از سواحل جمع‌آوری شدند که ۹۸ درصد آنها (۲۳۹۷) پلاستیک بودند و ۵۳ درصد از کل پلاستیک‌ها (۱۲۸۹) از نوع رزین پلت‌های پلاستیکی بودند.

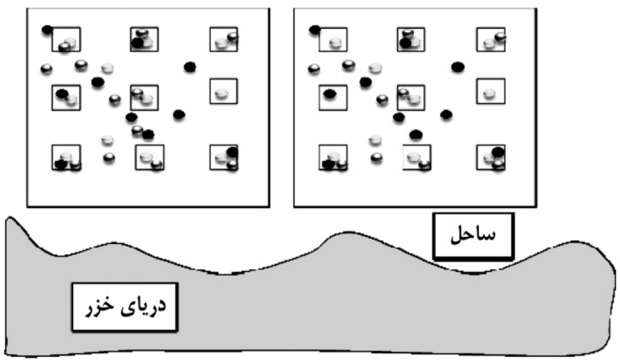
Fisner و همکاران (۲۰۱۳)، غلظت ترکیبات PAH را در ۳۰ ایستگاه در امتداد ساحل خلیج Santos مورد بررسی قرار دادند. با توجه به اینکه شکل ریخت‌شناختی سواحل و توزیع پلت‌ها و همچنین منابع آلودگی آن‌ها متفاوت بود، انتظار می‌رفت که این تفاوت‌ها در آلودگی و ترکیبات آلاینده‌ها بازتاب یابد. اما نتایج نشان داد که الگوی روشنی از آلودگی سواحل به ترکیبات PAH وجود ندارد. Van و همکاران (۲۰۱۲) در سواحل ساندیگو کالیفرنیا تعداد ۲۴۵۳ ضایعات پلاستیکی از سواحل جمع آوری کردند و با توجه به اینکه مطالعه روی میکروپلاستیک‌های با اندازه کمتر از ۵ میلی‌متر بود، لذا ۶۸ درصد از آنها (۱۷۷۸) با اندازه ذکر شده انتخاب شدند و غلظت ترکیبات شیمیایی در انواع ضایعات پلاستیکی مشخص شدند. در این مقاله بر اساس روش استاندارد ابتدا اقدام به نمونه برداری شد تا بتوان تخمین واقع بینانه‌ای از فراوانی، توزیع و تجمع دو نوع متداول از ضایعات پلاستیکی (رزین پلت و فرگمنت‌های پلاستیکی) را داشت و سپس در راستای پروژه پایش جهانی پلت با اندازه‌گیری خصوصیات ذاتی هر یک از این ضایعات، این امید را می توان داشت که زمینه مناسبی برای مطالعات پیش رو و همچنین شناسایی منابع عمده ضایعات پلاستیکی در شهرستان نور به عنوان پایتخت توریستی و گردشگری ایران فراهم شود.

۲. مواد و روش‌ها

استاندارد سازی این روش برای جمع آوری پلاستیک رزین پلت و فرگمنت‌ها بر اساس روش اعلام شده توسط NOAA

[1] National Oceanic and Atmospheric Administration
[2] Plastic resin pellet
[3] Plastic fragment

انتخاب گردید. روش مذکور در ۲ ایستگاه که از نظر توزیع و فراوانی پلاستیک رزین پلت و فرگمنت‌ها دارای بیشترین مقدار بودند اجرا شد. بر اساس این روش محدوده ۲۶ × ۱۳ متر در دو بخش شرق (واقع در شهرستان نور) با طول جغرافیایی (۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی) و عرض جغرافیایی (۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی) و غرب (در محل ورود رودخانه لاویج به دریای خزر) با طول جغرافیایی (۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی) و عرض جغرافیایی (۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی)، منطقه نمونه‌برداری انتخاب شد و در این محدوده تعداد ۹ کوادرات ۱× ۱مترمربع با مجموع کل ۱۸ کوادرات در دو بخش شرقی و غربی نمونه‌برداری شدند. بدین منظور به مدت ۱۰ هفته در دو روز شنبه و یک شنبه از تاریخ اول آبان ۱۳۹۴ماه تا تاریخ ۷ دی ماه ۱۳۹۴ نمونه برداری از کوادرت های هر ایستگاه که ۵ متر در طول و ۲ متر در عرض فاصله داشتند صورت پذیرفت. به دلیل بارندگی‌های زیادی که در این منطقه صورت می‌گرفت تمام تلاش بر این بود که نمونه برداری بعد از بارندگی انجام شود. لذا در بعضی از مواقع ممکن بود نمونه برداری به دلیل بارش در دو روز مذکور صورت نگیرد. در نتیجه به حداکثر یک روز بعد از بارندگی موکول گردید. تمام نمونه های پلاستیک رزین پلت و فرگمنت موجود در هر کوادرات جمع آوری گردیدند و به صورت جداگانه در فویل آلومنیومی پیچیده شدند و به آزمایشگاه انتقال یافتند.



شکل ۱: طرح شماتیک ایستگاه نمونه‌برداری (Van et al., 2012)

همچنین به منظور برآورد فراوانی این ضایعات بر اساس میزان حضور گردشگران در ساحل، در فاصله‌ای به طول ۲ کیلومتر در حد فاصل بین ایستگاه شهرستان نور تا ایستگاه رودخانه لاویج، ۵ ایستگاه با فواصل منظم ۴۰۰ متری انتخاب شدند و فراوانی هر کدام جداگانه یاداشت گردید. در این روش فقط در محدوده ۲۶ در ۱۳ متر بدون در نظر گرفتن کوادرات ها نمونه‌ها جمع آوری شدند. در ابتدای شروع نمونه برداری، بخشی از منطقه نمونه برداری در تملک دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس بود و دسترسی گردشگران به آن منطقه امکان پذیر نبود (نقطه شاهدی برای عدم حضور) و نقطه دوم شروع نمونه برداری، ایستگاه ساحل تمیشان بود که به دلیل سهولت دسترسی، همه روزه جمعیت زیادی از گردشگران در آن منطقه حضور داشتند (نقطه شاهدی برای حضور). دیگر ایستگاه‌ها، بر مبنای این دو ایستگاه با فواصل منظم ۴۰۰ متری نمونه برداری شدند و نمونه ها در هر کدام جداگانه جمع آوری شدند. فرآیند جمع آوری نمونه ها معمولا در اوایل صبح صورت گرفت تا حداقل دستکاری ناشی از حضور افراد، گردشگران و ماهیگیران در ساحل باشد. زیرا میزان حضور می تواند بر فراوانی ضایعات پلاستیکی و یا به هم خوردن نظم ساحل تاثیر چشم گیری داشته باشد. در طول فرآیند نمونه برداری هوا صاف و آفتابی، با حداقل وزش باد و دریا در حالت آرامش قرار داشت و هیچ گونه اثری از امواج که می توانست پراکندگی ضایعات پلاستیکی حاصل از طوفان و بارندگی روز گذشته را تحت تاثیر قرار دهد وجود نداشت.

در آزمایشگاه تمامی نمونه ها در دمای ۲۵ درجه اتاق خشک شدند و بر اساس نوع (رزین پلت و فرگمنت) از لحاظ بصری جداسازی شدند. سپس طبقات رنگی هر کدام بر اساس نوع، در اندازه کمتر از ۵ میلی‌متر (شامل نمونه های کمتر از ۵ میلی متر) تا کمتر از ۵۰ میلی‌متر (شامل هر نمونه کمتر از ۵۰ میلی‌متر) دسته بندی شدند. بر این اساس در این بازه ۸ طبقه اندازه تعریف گردید و فراوانی در هر طبقه جداگانه یاداشت شد. مطالعه‌ای که توسط Heo و همکاران (۲۰۱۳) روی ضایعات پلاستیکی در خطوط بالای منطقه جزر و مدی و مقطع عرضی ساحل Heungnam کره جنوبی انجام گرفت، مناطقی از ساحل انتخاب گردیدند که بیشترین نزدیکی به مناطق شهری و گردشگری را داشتند. در این مطالعه نمونه‌ها از ساحل و بخش ۵ سانتی‌متری رسوبات سطحی برداشت شدند و سپس به چهار دسته فوم‌های استیرن، فرگمنت‌های پلاستیکی، رزین پلت‌های پلاستیکی و پلاستیک‌های بی‌شکل تقسیم بندی شدند. سپس پلت‌ها بر اساس رنگ (شفاف، سفید و رنگی) و پلاستیک‌های دیگر بر اساس اندازه (۱۰-۲، ۵۰ -۱۰، و بیشتر از ۵۰ میلی متر) برای اندازه‌گیری فراوانی دسته بندی شدند.

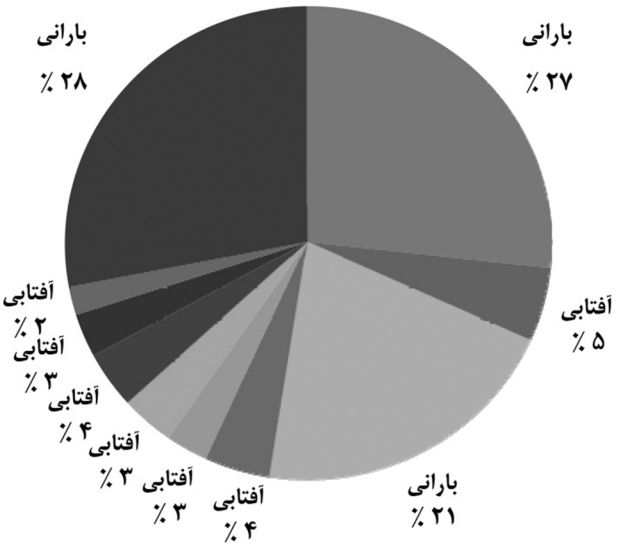
۲-۱ *جداسازی رزین پلت و فرگمنت‌ها*

تمام رزین پلت‌های جمع آوری شده بر اساس رنگ در سه دسته سفید، رسوبی و رنگی دسته بندی شدند. برای فرگمنت‌ها نیز فرآیندها تقریبا مشابه رزین پلت‌ها بود با این تفاوت که فرگمنت‌ها دارای اندازه‌های مختلفی از ۱ تا ۵۰ میلی‌متر بودند. منظور از رنگ بندی، فرگمنت‌های رنگ خود فرگمنت است که در طی فرآیند کارخانه به آن اضافه گردیده است و به نحوه دریافت آلودگی مربوط نیست. فرگمنت‌ها در ادامه با اندازه گیری توسط خط کش و کولیس در گستره بین ۱ تا ۵۰ میلی‌متر در ۹ طبقه مختلف از لحاظ اندازه قرار گرفتند. این در حالی است که رزین پلت ها دارای دسته بندی های متفاوتی بودند. دسته اول پلت های خام یا سفید رنگ بودند، دسته دوم گروهی بودند که در مرحله اول سفید رنگ بودند، اما پس از دریافت آلودگی در محیط دریایی تغییر رنگ یافتند و به رنگ های زرد، نارنجی، قهوه‌ای و رنگ تیره درآمدند. دسته سوم شامل پلاستیک رزین پلت‌هایی بود که در طی فرآیند تولید کارخانه، این رنگ به آنها اضافه شد و در رنگ های مختلف زرد، نارنجی، سبز، آبی، بنفش، قرمز و سیاه یافت شدند.

۳. نتایج و بحث

۳-۱ *فراوانی رزین پلت و فرگمنت‌ها بر اساس شرایط جوی*

همانطور که داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد تعداد ۷۷۶۱ عدد از ضایعات پلاستیکی از ۲ ایستگاه با ۱۸ کوادرات در طی ۱۰ هفته جمع آوری شدند. با توجه به جدول ۳ از این تعداد ۲۹۸۳ عدد در هر متر مربع در محدوده کوادرات های ۱ × ۱ متر مربع واقع شده بودند. از مجموع کل فراوانی، پلاستیک رزین پلت‌ها فراوانی (۴۲۹۳ عدد) بیشتری را نسبت به فرگمنت‌ها با فراوانی ۳۴۶۸ عدد به خود اختصاص داده بودند. در مطالعه‌ای مشابه که توسط Van و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد، مقدار بیشتری از پلاستیک رزین پلت ها (۱۰۰۱ عدد) را در مقایسه با فرگمنت ها (۵۷۶ عدد) گزارش نمودند. این در حالی است که Morét-Ferguson و همکاران (۲۰۱۰) با روش متفاوت نمونه برداری نسبت به مطالعه حاضر، مقدار فرگمنت‌ها را بیشتر از رزین پلت‌ها اعلام نمودند. به نظر می‌رسد روش‌های متفاوت نمونه-برداری بر این نوع فراوانی تاثیرگذار است. بر اساس مطالعات صورت گرفته به دلیل تغییر وضعیت سریع سواحل و مکان‌های نمونه‌برداری به نظر می‌رسد که توزیع و فراوانی ضایعات پلاستیکی تحت تاثیر وضعیت ریخت‌شناختی سواحل هستند (Heo et al., 2013). همچنین الگوی توزیع و فراوانی ضایعات پلاستیکی تحت تاثیر طوفان، باد، امواج و خصوصیات منحصر به فرد (اندازه، چگالی، شکل و نوع) ضایعات پلاستیکی قرار می‌گیرند (Thompson et al., 2009; Browne et al., 2010; Kubota, 1994). دیگر خصوصیات محلی از قبیل میزان و الگوی توزیع بارندگی، تغییر سطح آب دریای خزر (Aubrey, 1996) و رودخانه‌ها در این توزیع و فراوانی نقش عمده‌ای داشته است. همان‌طور که در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است، مقدار بیشتری از ضایعات پلاستیکی در روزهای بعد از طوفان و بارندگی جمع آوری شدند که مطابق با دیگر مطالعات صورت گرفته است (Lattin et al., 2004; Van et al., 2012) (نمودار ۱).



نمودار ۱: درصد فراوانی کل ضایعات پلاستیکی بر اساس شرایط جوی در مجموع دو ایستگاه ۱ و ۲

از آنجایی‌که پلاستیک‌های پلی اتیلن و پلی پروپیلن دارای وزن سبکی هستند بنابراین تحت تاثیر حرکت آب، باد و امواج خود را از مسافت‌های دورتر به ساحل رسانده و بر حسب وضعیت سواحل در آن تجمع می یابند (Endo et al., 2005). معمولا پلاستیک فرگمنت‌ها به دلیل داشتن سطح تماس بیشتر این امکان را فراهم می‌کنند که رسوبات، جانوران و جلبک‌ها، روی آنها مستقر شده و اندکی از قدرت جابجایی آنها بکاهند. پلت‌ها به دلیل داشتن اندازه کوچکتر کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرند.

جدول ۲: فراوانی کلی پلاستیک رزین پلت و فرگمنت‌ها در مجموع محدوده ۱۳×۲۶ بر اساس شرایط جوی و تعداد هفته

میزان بارش (۴ روز قبل)	وضعیت جوی	فراوانی کل محدوده۱۳×۲۶ ایستگاه‌های ۱ و ۲	فراوانی در متر مربع	نوع ضایعات	تاریخ میلادی ۲۰۱۴	تارخ شمسی ۱۳۹۳	تعداد هفته
۱۱ میلی‌متر	بارانی	۲۱۰۵	۱۳۱۲	رزین پلت	۲۳ اکتبر	۱آبان	هفته اول
			۷۹۳	فرگمنت	۲۳ اکتبر	۱ آبان	
۰	آفتابی	۴۱۱	۲۱۸	رزین پلت	۳۰ اکتبر	۸ آبان	هفته دوم
			۱۹۳	فرگمنت	۳۰ اکتبر	۸ آبان	
۹ میلی‌متر	بارانی	۱۷۳۶	۹۱۵	رزین پلت	۶ نوامبر	۱۵ آبان	هفته سوم
			۸۲۱	فرگمنت	۶ نوامبر	۱۵ آبان	
۰	آفتابی	۳۸۸	۲۷۸	رزین پلت	۱۲ نوامبر	۲۱ آبان	هفته چهارم
			۱۱۰	فرگمنت	۱۲ نوامبر	۲۱ آبان	
۰	آفتابی	۲۱۲	۱۱۳	رزین پلت	۱۹ نوامبر	۲۸ آبان	هفته پنجم
			۹۹	فرگمنت	۱۹ نوامبر	۲۸ آبان	
۰	آفتابی	۲۶۴	۱۰۹	رزین پلت	۲۶ نوامبر	۵ آذر	هفته ششم
			۱۵۵	فرگمنت	۲۶ نوامبر	۵ آذر	
۰	آفتابی	۲۸۷	۱۶۵	رزین پلت	۳ دسامبر	۱۲ آذر	هفته هفتم
			۱۲۲	فرگمنت	۳ دسامبر	۱۲ آذر	
۰	آفتابی	۱۴۰	۸۰	رزین پلت	۱۰دسامبر	۱۹ آذر	هفته هشتم
			۶۰	فرگمنت	۱۰ دسامبر	۱۹ آذر	
۰	آفتابی	۱۴۷	۵۰	رزین پلت	۱۷ دسامبر	۲۶ آذر	هفته نهم
			۹۷	فرگمنت	۱۷ دسامبر	۲۶ آذر	
۲۱ میلی‌متر	بارانی	۲۰۷۱	۱۰۵۳	رزین پلت	۲۴ دسامبر	۷ دی	هفته دهم
			۱۰۱۸	فرگمنت	۲۴ دسامبر	۷ دی	

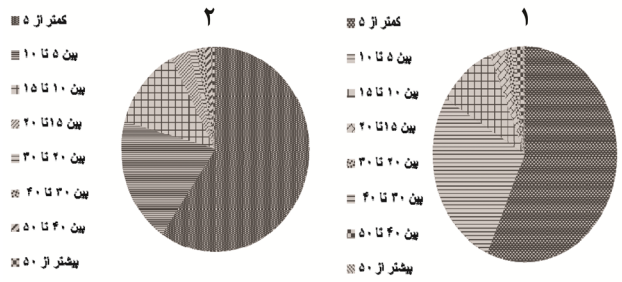
جدول ۳: فراوانی رزین پلت و فرگمنت‌های پلاستیکی در کوادرات‌های ایستگاه ۱ و ۲ بر اساس شرایط جوی و تعداد هفته

وضعیت جوی	فراوانی کل	فراوانی ۹ کوادرات هر دو ایستگاه ۱ و ۲	نوع ضایعات	کوادرات های ایستگاه ۱ و ۲	تعداد هفته
بارانی	۷۶۶	۴۰۲	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته اول
		۳۶۴	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	
آفتابی	۱۲۷	۷۷	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته دوم
		۵۰	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	
بارانی	۴۸۸	۳۱۰	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته سوم
		۱۷۸	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	
آفتابی	۷۶	۳۲	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته چهارم
		۴۴	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	
آفتابی	۸۹	۵۶	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته پنجم
		۳۳	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	
آفتابی	۱۱۷	۶۳	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته ششم
		۵۴	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	
افتابی	۱۲۸	۵۶	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته هفتم
		۷۲	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	
آفتابی	۱۸۱	۱۰۹	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته هشتم
		۶۳	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	
آفتابی	۵۹	۲۹	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته نهم
		۳۰	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	
بارانی	۹۴۲	۵۲۹	رزین پلت	ایستگاه ۱ و ۲	هفته دهم
		۴۱۳	فرگمنت	ایستگاه ۱ و ۲	

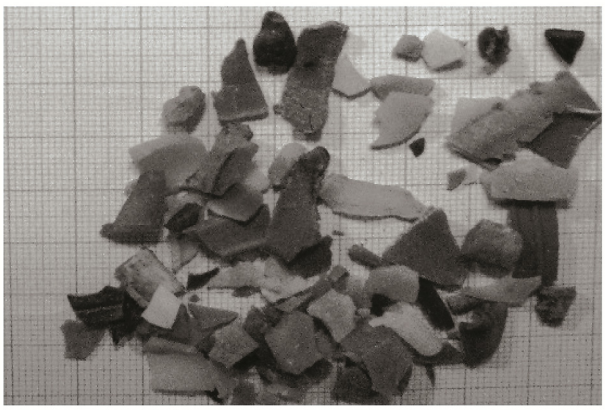
۳-۲ *سایزبندی*

در هر دو ایستگاه ۱ و ۲، ۱۰۰٪ پلاستیک رزین پلت‌ها دارای اندازه‌ای کمتر از ۵ میلی‌متر بودند (جدول ۴). برای فرگمنت‌ها ۵۳٪ در ایستگاه ۱ و ۵۹٪ در ایستگاه ۲ کمتر از ۵ میلی‌متر بودند. مابقی درصد در هر دو ایستگاه در ۷ کلاس اندازه‌ای در محدوده بیشتر از ۵ میلی‌متر تا کمتر از ۵۰ میلی-متر قرار داشتند (شکل ۲، جدول ۴ و نمودار ۲). بر این اساس میکرو پلاستیک‌ها فراوانی بیشتری را در مقایسه با مزو و ماکرو پلاستیک‌ها به خود اختصاص دادند که مطابق با یافته‌های مطالعات انجام شده توسط Browne و همکاران (۲۰۱۰) و Lee و همکاران (۲۰۱۳) است که توانسته بودند

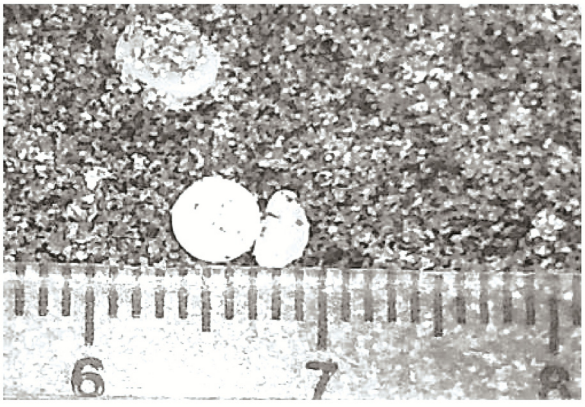
مقدار بیشتری از میکروپلاستیک‌ها را در مقایسه با دو نوع دیگر در شمال غرب آتلانتیک (سواحل تامار)، غرب آتلانتیک (سواحل فرناندو) و کره جنوبی (سواحل ناکدونک) جمع‌آوری نمایند.



نمودار ۲: مقایسه فراوانی سایز فرگمنت‌ها در محدوده (< ۵ میلی‌متر تا > ۵۰ میلی‌متر) در ایستگاه‌های ۱ و ۲



الف



ب

شکل ۲: الف) فرگمنت‌های با اندازه و رنگ متفاوت، ب) رزین پلت‌های سفید کمتر از ۵ میلی‌متر

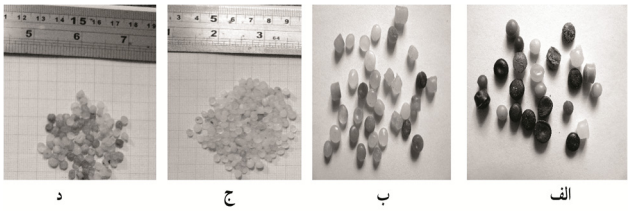
۳-۳ رنگ‌بندی

پلاستیک رزین پلت‌ها در سه دسته سفید، رسوبی (حاوی شن و دیگر مواد چسبنده) و رنگی دسته‌بندی شدند (شکل ۳، جدول ۴). پلت‌های رنگین نیز خود بر دو نوع بودند، نوع اول، پلت‌هایی که در طی فرآیندهای ساخت در کارخانه به ساختار آنها رنگ اضافه شده بود (شکل ۳الف) و نوع دوم، پلت‌های زرد تا قهوه‌ای رنگ که این نوع از رنگ، حاصل از جذب آلاینده‌های آلی بر سطح رزین پلت‌های سفید رنگ بود و به فرآیند کارخانه مربوط نمی‌شد (شکل ۳ب). بر اساس مطالعات انجام شده توسط Endo و همکاران (۲۰۰۵) و Ogata و همکاران (۲۰۰۹) این نوع از پلت‌ها به میزان بیشتری آلاینده‌ها را از محیط آبی اطراف جذب می‌کنند. بر اساس جدول ۳ بیشترین فراوانی در هر مترمربع را به ترتیب پلت‌های سفید رنگ (۵۲٪ در ایستگاه ۱ و ۷۲٪ در ایستگاه ۲) (شکل ۳ج)، پلت‌های رسوبی (۴۳٪ در ایستگاه ۱ و ۲۲٪ در ایستگاه ۲) (شکل ۳د) داشتند. در بین پلت‌های رنگین نیز نوع زرد تا قهوه‌ای (۰/۰۴٪) فراوانی بیشتری نسبت به پلت‌های رنگی کارخانه (۰/۰۰۵٪) داشتند. با توجه به اینکه پلت ها در واقع مواد خام صنایع پلاستیک‌سازی هستند و می توان فرگمنت ها را محصول رزین پلت‌ها قلمداد نمود بنابراین فراوانی رنگ رزین پلت با فراوانترین رنگ فرگمنت مطابقت ندارد و این می-تواند حاکی از فرآیند متفاوتی باشد که فرگمنت‌ها در صنایع پلاستیک‌سازی طی می کنند و هیچ گونه ارتباطی بین نوع رزین پلت رنگی با فرگمنت رنگی وجود ندارد. به نظر می رسد بعد از متداولترین رنگ (سفید)، محصولات پلاستیکی آبی و سبز بر اساس شواهد حاصل از رنگ آبی فرگمنت و در درجه بعدی رنگ سبز بیشترین استفاده را در هر دو ایستگاه نمونه‌برداری در حاشیه دریای خزر دارند. این دسته بندی از این جهت حائز اهمیت است که بر اساس مطالعات پیشین نوع رنگ می‌تواند در بلعیدن این ضایعات توسط زیستمندان دریایی مهم باشد به طوریکه بعد از مشاهده محتویات معده تعدادی از زیستمندان دریایی مشخص شد رنگ سفید، آبی، سبز، زرد و قرمز به ترتیب بیشترین فراوانی را در بین سایر رنگ ها دارند (Shaw and Day., 1994; Wright et al., 2013; Young and Eliote., 2016). این در حالی است که نتایج مطالعه حاضر بر مبنای دسته بندی رنگ‌ها، نشان دهنده روندی مشابه در ساحل می-

باشد. بنابراین چندان بعید به نظر نمی‌رسد که بعد از مشاهده محتویات دستگاه گوارش زیستمندان دریای خزر، به نتایج مشابه دیگر مطالعات دست پیدا نمود که نیازمند مطالعات تکمیلی بیشتر در این زمینه است.

جدول ۴: مشخصات کلی ضایعات پلاستیکی جمع آوری شده از ایستگاه مجاور شهر نور و رودخانه لاویج

ایستگاه	نوع	رنگ	اندازه میلی‌متر							
			<۵	۵-۱۰	۱۰-۱۵	۱۵-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	>۵۰	فراوانی
		سفید	۱۰۳۴	۳۴۰	۲۱۸	۳۴	۱۰	۱۳	۲۵	۳	۱۶۷۷
		زرد	۲۸	۱۵	۹	۶	۱۳	–	–	–	۷۱
		سیاه	–	۱۱	۸	۱۰	–	–	–	–	۲۹
	فرگمنت	سبز	۲۱۱	۱۰۷	۱۳	۵	۴	۴	–	–	۳۴۴
		آبی	۱۸۹	۱۵۰	۲۲	۶	۱۱	–	–	۶	۳۸۴
		قرمز	۱۸	۲۲	–	–	–	–	–	–	۴۰
		قهوه ای	۳۲	۷۴	۴	۵	–	–	۹	–	۱۲۴
ایستگاه مجاور شهر نور (۱)		فراوانی	۱۵۱۲	۷۱۹	۲۷۴	۶۶	۳۸	۱۷	۳۴	۹	۲۶۶۶
		سفید	۲۴۳۳	–	–	–	–	–	–	–	۲۴۳۳
		زرد	۱۶۴	–	–	–	–	–	–	–	۱۶۴
		سیاه	۱۰	–	–	–	–	–	–	–	۱۰
		سبز	۳	–	–		–	–	–	–	۳
	پلت	آبی	۳	–	–	–	–	–	–	–	۳
		قرمز	۳	–	–	–	–	–	–	–	۳
		رسوبی	۷۴۱	–	–	–	–	–	–	–	۷۴۱
		فراوانی	۳۳۵۸	–	–	–	–	–	–		۳۳۵۸
		سفید	۸۵۵	۲۱۱	۱۸۷	۲۲	۱۲	۱۸	۱۴	۷	۱۳۲۶
		زرد	۱۶	۱۱	۷	۹	-	–	–	–	۴۳
		سیاه	۷	۳	۹	۱	–	–	۱	–	۲۱
	فرگمنت	سبز	۱۳۸	۲۷	۱۵	۲۱	۱	۶	–	۱	۲۰۹
		آبی	۱۴۴	۷۴	۳۱	-	-	۵	–	۲	۲۵۶
		قرمز	۱۳	۱۱	–	۷	۲	–	۸	–	۴۱
		قهوه ای	۲۵	۶۳	۱۲	۴	۹	۱	۱	۳	۱۱۸
ایستگاه مجاور رودخانه لاویج (۲)		فراوانی	۱۱۹۸	۴۰۰	۲۶۱	۶۴	۲۴	۳۰	۲۴	۱۳	۲۰۱۴
		سفید	۱۰۱۸	–	–	–	–	–	–	–	۱۰۱۸
		زرد	۹۵	–	–	–	–	–	–	–	۹۵
		سیاه	۷	–	–	–	–	–	–	–	۷
		سبز	۱	–	–		–	–	–	–	۱
	پلت	آبی	۱	–	–	–	–	–	–	–	۱
		قرمز	۱	–	–	–	–	–	–	–	۱
		رسوبی	۸۴۴	–	–	–	–	–	–	–	۸۴۴
		فراوانی	۱۹۶۷	–	–	–	–	–	–		۱۹۶۷



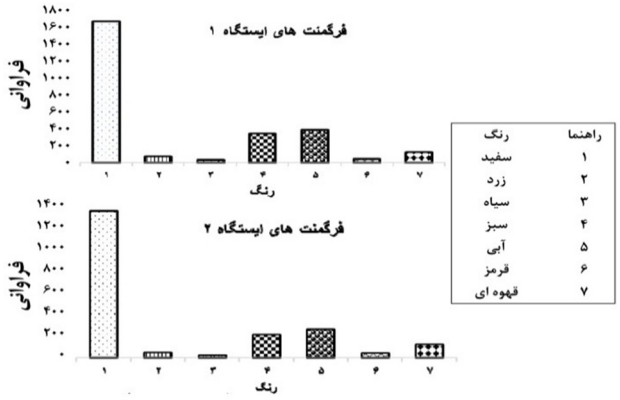
الف ب ج د

شکل ۳: الف) پلت‌های رنگین کارخانه، ب) پلت‌های رنگین حاصل از جذب آلاینده از دریا، ج) پلت‌های سفید رنگ حاصل از دریا، د) پلت‌های رسوبی حاصل از دریا

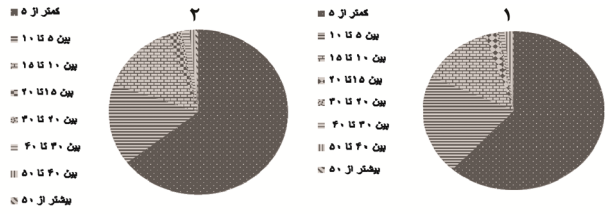
بر اساس جدول ۴، پلاستیک فرگمنت‌ها نیز بر اساس رنگ دسته بندی شدند و در ۷ کلاس از نوع رنگ قرار گرفتند که بر این اساس نوع سفید رنگ آن فراوانی بیشتری را نسبت به سایر رنگ‌ها در هر دو ایستگاه ۱ (۶۲٪) و ایستگاه ۲ (۶۵٪) نشان دادند (نمودار ۳). همچنین در بین فرگمنت‌های سفید رنگ، ۶۲٪ فرگمنت‌های سفید رنگ ایستگاه ۱ و ۶۴٪ پلت‌های سفید رنگ ایستگاه ۲ کمتر از ۵ میلی‌متر بودند (نمودار ۴).

۴-۳ فراوانی کلی ضایعات پلاستیکی (رزین پلت و فرگمنت) بر اساس میزان حضور گردشگران

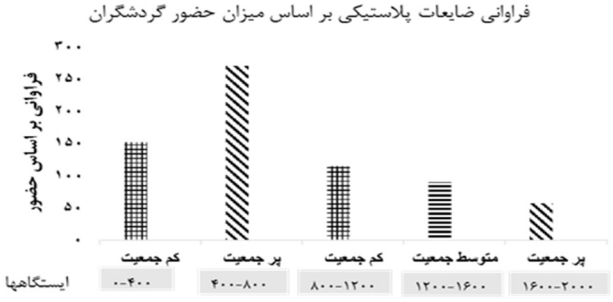
همان‌طور که در جداول ۵ و ۶ و همچنین نمودار ۵ نشان داده شده است، مناطق از لحاظ جمعیتی در ۳ دسته کم جمعیت، متوسط و پر جمعیت دسته‌بندی شدند. معمولا در مناطق پرجمعیت شرایط به گونه ای بود که یا امکان دسترسی به ساحل به راحتی مهیا نبود، یا در تملک فرد خاصی قرار داشت و یا اینکه وجود امکانات رفاهی از قبیل قهوه خانه، رستوران، هتل و همچنین وجود ورزش‌های دریایی از قبیل اسکی روی آب، جت اسکی بر جذب و حضور بیشتر گردشگران در این منطقه افزوده بود.



نمودار ۳: فراوانی هریک از انواع مختلف پلاستیک فرگمنت‌ها بر اساس رنگ



نمودار ۴: مقایسه فراوانی سایز فرگمنت‌های سفید رنگ در محدوده < ۵ میلی-متر تا > ۵۰ میلی‌متر در ایستگاه‌های ۱ و ۲



نمودار ۵: فراوانی ضایعات پلاستیکی (رزین پلت و فرگمنت ها) بر اساس جدول ۶

جدول ۵: توزیع و فراوانی رزین پلت ها در محدوده بین شهرستان نور تا رودخانه لاویج در ۵ ایستگاه

تعداد	محدوده های نمونه برداری
۱۵۲	۰-۴۰۰
۲۷۰	۴۰۰-۸۰۰
۱۱۴	۸۰۰-۱۲۰۰
۸۹	۱۲۰۰-۱۶۰۰
۵۷	۱۶۰۰-۲۰۰۰

جدول ۶: وضعیت حضور گردشگران در منطقه

فراوانی بازدید کننده ها	محدوده های نمونه برداری
کم جمعیت	۰-۴۰۰
پر جمعیت	۴۰۰-۸۰۰
کم جمعیت	۸۰۰-۱۲۰۰
متوسط جمعیت	۱۲۰۰-۱۶۰۰
پر جمعیت	۱۶۰۰-۲۰۰۰

نمودار ۵ نشان می‌دهد که با توجه به منحصر به فرد بودن شکل خاص رزین پلت‌ها، بعید به نظر می‌رسد از طریق کالاهای مصرفی انسانی منشاء یافته باشند. بلکه احتمالا از یک منبع خاص نظیر شهرک صنعتی چمستان به دلیل وجود صنایع پلاستیک سازی متعدد منشاء گرفته‌اند و از طریق رودخانه لاویج، سواحل دریای خزر را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. نمونه‌برداری‌های موردی صورت گرفته از رودخانه لاویج تا حدودی این مطلب را تایید می‌کند، اما میزان نمونه‌های یافت شده در هر نمونه برداری به قدری نبود که بتواند شاهد خوبی بر این ادعا باشد. یکی از دلایلی که به نظر می‌رسد بر خارج از دسترس نمودن نمونه‌ها از رودخانه لاویج موثر باشد بارندگی-های شدیدی است که در این منطقه صورت می‌گیرد. در این قسمت فرگمنت‌ها در نظر گرفته نشدند که می‌تواند به این دلیل باشد که بر اساس شواهد (شباهت فرگمنت‌های کوچکتر به نوع بزرگتر خود) می توان اذعان نمود که این فرگمنت‌ها بیشتر از خود سواحل منشاء گرفته‌اند و به نوعی حاصل اثرات فرسایش و تخریب روی محصولات دور ریز در ساحل است که به نوعی به ارتباط مستقیم آنها با حضور گردشگران اشاره دارد. اما رزین پلت‌ها فاقد منبع مشخصی بودند که در این مطالعه حداقل ارتباط آنها با حضور افراد یا ساکنین اطراف ساحل را مشخص می‌کرد. موضوعی که در اینجا بیش از هرچیز حایز اهمیت است، شکل بستر سواحل بود که به نظر می‌رسد تاثیر به سزایی بر این نوع از فراوانی داشته باشد. معمولا در مناطقی که بستر ساحل در خطوط پشت جزر و مدی دارای برآمدگی‌های جزیی بود اینگونه به نظر می‌رسید که در مواقع برخورد امواج دریای

خزر به ساحل، قدرت امواج شکسته شده و دیگر فاقد نیروی لازم برای بازگشت رزین پلت‌ها به دریای خزر باشد، بنابراین به دلیل سبکی، این گونه ضایعات در حاشیه خطوط جزر و مدی در لبه ساحل به موازات همدیگر در ساحل انباشته می‌شدند. این در حالتی است که در دیگر مناطق که امواج با همان انرژی یا اندکی کمتر از حالت قبل به دریای باز می‌گشتند هیچ‌گونه ردی از رزین پلت‌ها به جای نمی‌ماند. با توجه به حالت پادساعتگرد دریای خزر و نتایج داده‌های حاصل از جمع آوری نمونه در روزهای بعد از بارندگی، به وضوح می توان به نقش زمین-شناختی ساحل، جریان‌های دریایی خزر و الگوهای آب و هوایی منطقه بر این گونه فراوانی‌ها پی برد.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به گستردگی طول سواحل کشور ایران و دارا بودن پتانسیل بالقوه این مناطق برای جذب گردشگران، لازم است تا به محیط زیست این مناطق به صورت یک موضوع ملی، منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای نگاه شود. بر اساس داده‌های برنامه پایش جهانی پلت[1] شواهد نشان می‌دهد که تاکنون هیچ‌گونه برآورد و مقایسه-ای در مقیاس محلی و منطقه ای روی فراوانی، توزیع و تجمع ضایعات پلاستیکی (رزین پلت و فرگمنت‌ها) بر اساس خصوصیات ذاتی (رنگ، شکل و اندازه) آنها در سواحل دریای خزر صورت نگرفته است. لذا به لحاظ فراوانی (پلاستیک رزین پلت و فرگمنت ها) و حجم بالای ضایعات پلاستیکی در دریای خزر قطعا آلودگی زیادی به لحاظ وجود این نوع ضایعات در مقایسه با دیگر مناطق است. با توجه به فراوانی بیشتر پلاستیک رزین پلت‌ها در مقایسه با فرگمنت‌ها و غالب بودن نوع سفید رزین پلت‌ها به نظر می‌رسد برخی منابع محلی از قبیل کارخانجات پلاستیک‌سازی شهرک صنعتی چمستان در این خصوص نقش مهمی را ایفا می‌کنند. زیرا اکثر خروجی کارخانجات شهرک صنعتی چمستان از طریق این رودخانه به دریای خزر وارد می‌شوند و به تازگی مراحل احداث تصفیه خانه برای این شهرک در نظر گرفته شده است. همچنین قابل توجه بودن فراوانی رزین پلت‌های رسوبی در مقایسه با رزین پلت‌های سفید این احتمال را ایجاد می‌کند که وجود بنادر نوشهر، بابلسر و دیگر مناطق دارای صنایع پلاستیک سازی و شهرهای مجاور بر این فراوانی تاثیر بسزایی دارند. با توجه به یکسان بودن نوع پلی-مر پلی اتیلن و پلی پروپیلن در تمام نقاط دنیا نمی توان به قطع و یقین این فراوانی را به این مناطق نسبت داد. بلکه با توجه به خاصیت شناوری و سبک بودن رزین پلت ها و حالت پادساعتگرد بودن جریان دریای خزر که به سمت سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد، می‌بایست این امکان را در نظر گرفت که رزین پلت ها ممکن است از دیگر کشورهای همسایه نیز به این مناطق آورده شده باشند.

این درحالی است که پلاستیک فرگمنت‌ها بیشتر در نتیجه خرد شدن مزو و ماکروپلاستیک‌ها در مناطق مورد مطالعه یافت شده-اند. زیرا اکثر نمونه‌های میکروپلاستیک شباهت‌های بیشتری به دو نوع دیگر داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پلاستیک فرگمنت‌ها مدت زمان بیشتری را در ساحل سپری نموده‌اند و بیشتر دچار فرآیندهای فرسایش و تجزیه شدن قرار گرفته‌اند و می‌توانند متاثر از ساحل (حضور گردشگران و فعالیت‌های دریایی) و دریا (ورود از طریق رودخانه ها به دریا و در نهایت حرکت به سمت ساحل با کمک امواج) باشند. در حالی که رزین پلت‌ها مدت زمان کوتاه‌تری را در ساحل و بیشتر در دریا حضور داشته‌اند، به همین دلیل توانسته‌اند مقدار بیشتری از آلاینده‌ها را نسبت به پلاستیک فرگمنت‌ها جذب نموده و کمتر دچار فرآیندهای فرسایش و تخریب شوند. زیرا روند فرسایش و تخریب به دلیل وجود لایه‌های سطحی آب و سردی آن به کندی در مقایسه با ساحل صورت می‌گیرد. بر اساس این مطالعه حضور رزین پلت‌های پلاستیکی با حضور گردشگران ارتباط نداشته لذا بیانگر یک منبع خاص غیر از منبع ورود مستقیم ضایعات توسط گردشگران است.

با توجه به وجود گونه‌های مختلف و ارزشمند دریای خزر که در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی دارای ارزش می باشند، اهمیت توجه به موضوع مدیریت ضایعات پلاستیکی و سواحل را بیش از پیش حایز اهمیت می‌کند. این در حالی است که اکثر کشورها همگام با برنامه پایش جهانی پلت، وضعیت سواحل خود را در رابطه با این نوع از ضایعات مشخص نموده اند. اما جای خالی داده های دریای خزر و خلیج فارس در این برنامه جهانی به منظور همگام شدن با دیگر کشورها در جهت بهبود وضعیت سواحل به خوبی احساس می‌شود.

[1] International pellet watch

منابع

Allsopp, M.; Walters, A.; Santillo, D.; Johnston, P., 2006. Plastic debris in the world's oceans. 43P. Greenpeace, Amesterdam, Netherlands.

Aubrey, D.; Moncheva, S.; Demirov, E.; Diaconu, V.; Dimitrov, A., 1996. Environmental changes in the western Black Sea related to anthropogenic and natural conditions. Journal of Marine Systems, 7(2): 411-425.

Antunes, J.; Frias, J.; Micaelo, A.; Sobral, P., 2013. Resin pellets from beaches of the Portuguese coast and adsorbed persistent organic pollutants. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 130: 62-69.

Browne, M.A.; Galloway, T.S.; Thompson, R,C.; 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines, Environmental Science & Technology, 44(9): 3404-3409.

CMS Family Online Reporting System, 2014. http://cms-family-ors.unep-wcmc.org. 10.4 Marine Debris. Visited date: 2014/8/16.

Derraik, J.G., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin, 44(9): 842-852.

Endo, S.; Takizawa, R.; Okuda, K.; Takada, H.; Chiba, K.; Kanehiro, H.; Date, T., 2005. Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: variability among individual particles and regional differences, Marine Pollution Bulletin, 50(10): 1103-1114.

Fisner, M.; Taniguchi, S.; Majer, A.; Bicego, M., 2013. Concentration and composition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in plastic pellets: Implications for small-scale diagnostic and environmental monitoring. Marine Pollution Bulletin, 76(1): 349-354.

Gregory, M.R., 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences, 364(1526): 2013-2025.

Heo, N.W.; Hong, S.H.; Han, G.M.; Hong, S.; Lee, J.; Song, Y.K.; 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.

Karapanagioti, H.; Klontza, I., 2007. Investigating the properties of plastic resin pellets found in the coastal areas of Lesvos island, Global NEST Journal, 9: 71-76.

Kubota, M., 1994. A mechanism for the accumulation of floating marine debris north of Hawaii. Journal of Physical Oceanography, 24(5): 1059-1064.

Lattin, G.L.; Moore, C.J.; Zellers, A.F.; Moore, S.L.; Weisberg, S.B., 2004. A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore. Marine Pollution Bulletin, 49(4): 291-294.

Lee, J.; Hong, S.; Song, Y.K.; Hong, S.H.; Jang, Y.C.; Jang, M.; Shim, W.J., 2013. Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. Marine Pollution Bulletin, 77(1): 349-354.

Moore, C.J., 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat, Environmental Research, 108(2): 131-139.

Morét-Ferguson, S.; Law, K.L.; Proskurowski, G.; Murphy, E.K.; Peacock, E.E.; Reddy, C.M., 2010. The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean. Marine Pollution Bulletin, 60(10): 1873-1878.

Ogata, Y.; Takada, H.; Mizukawa, K.; Hirai, H.; Iwasa, S.; Endo, S.; Thompson, R.C., 2009. International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters.1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs, Marine Pollution Bulletin,

Van, A.; Rochman, C.M.; Flores, E.M.; Hill, K.L.; Vargas, E.; Vargas, S.A.; Hoh, E., 2012. Persistent organic pollutants in plastic marine debris found on beaches in San Diego, California, Chemosphere, 86(3): 258-263.

Wright, S.L.; Thompson, R.C.; Galloway, T.S., 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: Environmental Pollution review, 178: 483-492.

Young, A.M.; Eliote, J.A., 2016. Characterization of microplastic and mesoplastic debris in sediments from kamilo beach and kahuku beach, Hawaii: Marine Pollution Bulletin, 113: 477-482.

58(10): 1437-1446.

Ryan, P.G.; Moore, C.J.; van Franeker, J.A.; Moloney, C.L., 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment, Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences, 364(1526): 1999-2012.

Shaw, D.G.; Day, R.H.; 1994. Colour and form-dependent loss of plastic micro-debris from the North Paci fic Ocean. Marine Pollution Bulletin, 28: 39-43.

Thompson, R.C.; Swan, S.H.; Moore, C.J.; vom Saal, F.S.; 2009. Our plastic age Introduction. Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences, 364(1526): 1973-1976.