



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی



## مطالعه فراوانی و خصوصیات ذرات میکروپلاستیک به عنوان آلاینده‌های نوظهور در رسوبات سد طالقان و رودخانه بالادست در استان البرز

مینا یگانه فر، عطا شاکری\*، میثم رستگاری مهر، امید لاهیجانی  
گروه زمین شناسی کاربردی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

**زمینه و هدف:** آلودگی میکروپلاستیک در چند دهه گذشته با روند افزایشی، به‌عنوان یک معضل عمده زیست‌محیطی در مقیاس جهانی محسوب می‌شود. سدها می‌توانند مخزنی مهم برای تجمع میکروپلاستیک‌ها باشند از اینرو در این مطالعه، وجود میکروپلاستیک‌ها در رسوبات سد طالقان و رودخانه بالادست آن به منظور: (۱) تعیین وضعیت محلی آلودگی میکروپلاستیک و (۲) تعیین فراوانی و ویژگی‌های میکروپلاستیک‌های شناسایی شده، مورد بررسی قرار گرفته است.

۹۸/۱۲/۲۴

تاریخ دریافت:

۹۹/۰۳/۱۷

تاریخ ویرایش:

۹۹/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش:

۹۹/۰۳/۳۱

تاریخ انتشار:

**روش بررسی:** نمونه‌برداری از رسوبات در ۱۵ ایستگاه در رودخانه بالادست و مخزن سد انجام شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها از روش جداسازی براساس اختلاف چگالی برای جداسازی میکروپلاستیک‌ها از رسوب و برای شمارش تعداد میکروپلاستیک‌ها و بررسی خصوصیات آنها از استریو میکروسکوپ و SEM-EDX استفاده شده است.

**واژگان کلیدی:** میکروپلاستیک، رسوب، سد طالقان، رودخانه، پسماند

**یافته‌ها:** براساس نتایج به‌دست آمده بیشینه و کمینه تعداد ذرات میکروپلاستیک شمارش شده به‌ترتیب در محدوده شهر طالقان با ۲۰۵۰ ذره در ۳۰۰g و مخزن سد با ۴۷۸ ذره در ۳۰۰g نمونه رسوب مشاهده شد. شکل، رنگ و اندازه غالب در ذرات شمارش شده به‌ترتیب چند وجهی، بی‌رنگ (شفاف) و ۱۰۰-۲۵۰ μm است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان می‌دهد میزان تمرکز میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های نزدیک به مناطق شهری و روستایی به‌دلیل ورود فاضلاب و رهاسازی انواع پسماندهای خانگی در آب، و همچنین در اسکله به‌دلیل تردد بیشتر افراد محلی و گردشگران و ریختن زباله در نوار ساحلی دریاچه، بیشتر از سایر ایستگاه‌ها است.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:  
atashakeri@khu.ac.ir

## مقدمه

با افزایش تقاضا، سدهای مخزنی زیادی به منظور تامین آب مورد نیاز برای مصارف خانگی و آشامیدنی، آبیاری و نیازهای کشاورزی بر روی رودخانه‌ها احداث شده است (۱)، (۲). مخازن سدها، با ورود آب رودخانه‌ها، می‌توانند نقاط داغی برای آلودگی میکروپلاستیک‌ها باشند و آن‌ها را در سواحل، آب‌های سطحی و رسوبات زیرین خود انباشت کنند (۳، ۴). رسوبات از نظر بوم‌شناختی بخش اصلی و جدایی‌ناپذیر سیستم‌های آب محسوب می‌شوند و به عنوان محلی برای ته‌نشینی طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها، مانند میکروپلاستیک‌ها (۵) شناخته شده‌اند.

پلاستیک یک اصطلاح کلی است که به خانواده‌ای از پلیمرهای آلی که از منابع نفتی مشتق شده‌اند، اطلاق می‌شود (۶). منابع اصلی برای ورود پلاستیک‌ها به محیط‌های آبی علاوه بر زباله‌های ایجاد شده توسط ساکنین، سیستم تصفیه فاضلاب، لیاف ناشی از شستن پارچه‌ها و رواناب جاده‌ها، شامل فعالیت‌های ماهیگیری، صنایع دریایی، فعالیت‌های گردشگری و ... است (۷، ۸). انسجام ساختاری پلاستیک‌ها در محیط‌های آبی از طریق فرایندهای فیزیکی، زیستی و شیمیایی کاهش می‌یابد، در نتیجه ذرات پلاستیکی از نظر اندازه در ابعاد متنوعی، از متر تا نانومتر مشاهده می‌شوند (۹). ذرات پلاستیکی با اندازه‌ای در محدوده ۵ mm تا چند میکرومتر به عنوان میکروپلاستیک تعریف می‌شوند (۱۰). خرده ذرات پلاستیکی کوچک که از پلاستیک‌های مصنوعی مشتق می‌شوند، میکروپلاستیک‌های اولیه و خرده ذرات ناشی از تکه تکه شدن قطعات پلاستیکی بزرگ‌تر، میکروپلاستیک ثانویه نامیده می‌شوند (۱۱). به‌طور کلی میکروپلاستیک‌ها برای دوره‌های طولانی در محیط زیست حفظ شده و به راحتی زیست تخریب نمی‌شوند (۱۲). جذب آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی پایدار (POPs) توسط ذرات میکروپلاستیک می‌تواند باعث آسیب به سیستم‌های غدد درون‌ریز موجودات شود (۱۳، ۱۴). همچنین میکروپلاستیک‌ها

می‌توانند به سایر قسمت‌های بدن مانند سیستم گردش خون، ماهیچه‌ها و بافت کبدی وارد شوند (۱۵). مطالعات بسیاری در خصوص بررسی آلودگی میکروپلاستیک‌ها در رسوبات صورت گرفته است. Wang و همکاران (۱۶)، با بررسی فراوانی و ویژگی‌های میکروپلاستیک‌ها در رسوبات و موجودات کفزی دریای زرد جنوبی دریافتند فراوانی میکروپلاستیک‌ها در رسوبات، ۵۶۰ تا ۴۲۰۵ (p/kg dw) و در بافت‌های موجودات کفزی، ۷/۱ تا ۴۷ p/g ww است. لیاف، میکروپلاستیک‌های شفاف و کوچک (۰/۵ mm) از انواع غالب در رسوبات و موجودات و پلی‌پروپیلن (۳۱٪، PP)، پلی‌استر (۲۴٪، PE)، نایلون (۱۹٪) و پلی‌استایرن (۱۵٪، PS) فراوان‌ترین پلیمرها در رسوبات تعیین شدند. He و همکاران (۱۷) به بررسی فراوانی، الگوهای توزیع و شناسایی میکروپلاستیک‌ها در رسوبات رودخانه بریزبن، استرالیا پرداختند. اندازه بیشتر ذرات میکروپلاستیک شناسایی شده کمتر از ۳ mm بوده و پلی‌اتیلن (PE)، پلی‌آمید (PA) و پلی‌پروپیلن (PP) سه نوع اصلی پلیمر یافت شده در رسوبات رودخانه بریزبن بودند. Mehdinia و همکاران (۱۸) به شناسایی میکروپلاستیک‌های موجود در رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر پرداختند. فراوانی و اندازه میکروپلاستیک‌ها در ۱۷ نمونه به ترتیب بین ۲۵ تا ۳۳۰ p/kg dw و ۲۵۰-۵۰۰ μm بود. لیاف رایج‌ترین شکل میکروپلاستیک‌ها و پلی‌استایرن (PS) و پلی‌اتیلن (PE) انواع عمده پلیمر در نمونه‌ها بودند.

سد طالقان از جمله سدهای مهم و نسبتاً استراتژیک در زمینه تامین آب مورد نیاز کلان‌شهرهای تهران و کرج و تقویت بنیان‌های زراعی دشت قزوین است. اما توسعه ساخت و ساز در حاشیه رودخانه بالادست، ورود فاضلاب به درون آب، ریختن زباله در حاشیه رودخانه و سواحل دریاچه، فعالیت‌های کشاورزی، گردشگری و ... همگی زمینه‌ساز ایجاد آلودگی در محدوده مورد مطالعه شده‌اند. بنابراین هدف اصلی این پژوهش، بررسی آلودگی میکروپلاستیک‌ها در رسوبات مخزن سد طالقان و رودخانه بالادست آن است.

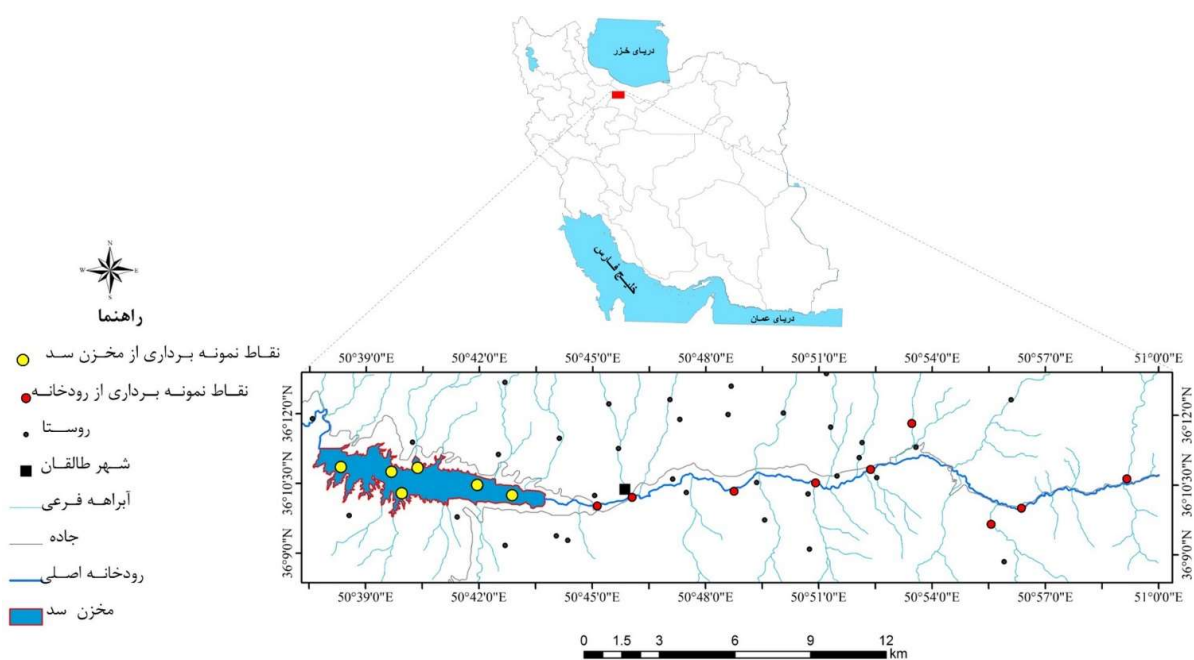
## مواد و روش‌ها

### - منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز طالقان به عنوان یکی از زیرحوضه‌های آبریز سفیدرود، با مساحت ۱۴۰۰۰۰ ha و سد مخزنی طالقان با مساحت ۹۵۸۱۳ ha، در دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز و در مختصات جغرافیایی "۳۱' ۵' ۳۶" تا "۳۷' ۲۰' ۳۶" عرض شمالی و "۵' ۳۰' ۵۰" تا "۱۶' ۱۱' ۵۱" طول شرقی واقع شده‌اند (شکل ۱). مهم‌ترین و بزرگ‌ترین رود این منطقه شاهرود است که در جهت شرقی- غربی جریان دارد و سد مخزنی طالقان را تغذیه می‌کند. بیشینه و کمینه دبی ماهانه آب رودخانه به ترتیب در اردیبهشت و شهریور ماه اندازه‌گیری شده است. میانگین بارش منطقه ۶۹۰ mm و متوسط دمای سالانه  $۳/۰۶^{\circ}\text{C}$  است. از نظر زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه در زون زمین‌شناسی البرز و زیر زون البرز مرکزی واقع شده است. کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه به پنج طبقه فاقد پوشش، مرتع، باغ، کشاورزی و دریاچه طبقه‌بندی شده است (۱۹، ۲۰).

### - نمونه‌برداری و آماده‌سازی رسوبات

در این مطالعه به منظور پوشش کامل مخزن سد و رودخانه بالادست، تعداد ۱۵ نمونه رسوب با روش نمونه‌برداری قضاوتی (با توجه به کاربری اراضی، موقعیت منابع احتمالی آلاینده مانند محل انباشت پسماندهای روستایی و شهری، مساحت مخزن سد و شاخه‌های فرعی و پساب‌های ورودی به رودخانه) و با استفاده از چنگک فولادی ضدزنگ ون‌وین (Van Veen Grab Sampler) و بیلچه پلاستیکی برداشت شد. از تعداد ۱۵ نمونه برداشته شده، ۹ نمونه مربوط به رودخانه و ۶ نمونه مربوط به مخزن سد است (شکل ۱). نمونه‌های رسوب در هر ایستگاه نمونه‌برداری از عمق حدوداً ۵-۰ cm رسوبات (۲۱) برداشته شد تا شرایط حال حاضر منطقه بررسی شود. نمونه‌ها در فویل آلومینیومی قرار گرفته و پس از شماره‌گذاری، به آزمایشگاه آماده‌سازی نمونه دانشکده علوم زمین دانشگاه خوارزمی منتقل شده و در دمای اتاق خشک شدند. سپس هر نمونه در هاون چینی مخصوص همگن شده و بخشی از آن برای آنالیز میکروپلاستیک‌ها از الک ۴/۷۶ mm عبور داده شد.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری از رسوب در محدوده مورد مطالعه

**نحوه استخراج میکروپلاستیک‌ها از رسوب**

حدود ۳۰۰ g از نمونه‌های رسوب غربال شده با الک mm ۴/۷۶، در بشرهای ۱۰۰۰ mL ریخته شدند. برای حذف مواد آلی رسوبات از هیدروژن پراکسید ۳۵ درصد استفاده شد (۲۲). مقدار هیدروژن پراکسید مورد استفاده به میزان مواد آلی موجود در نمونه‌ها بستگی دارد. این پروسه ممکن است در حدود ۶ تا ۱۰ روز طول بکشد. پس از حذف مواد آلی برای خشک کردن نمونه‌ها از آن با دمای °C ۵۰-۶۰ استفاده شد. در گام بعدی در حدود ۱۰۰ mL محلول NaI با چگالی  $1/6 \text{ g/cm}^3$  به نمونه‌های رسوب خشک شده، اضافه شد (۱۶، ۲۳). محلول NaI باید در حدود ۱-۲ cm روی نمونه رسوب را پوشش دهد. مخلوط به دست آمده ابتدا ۲۰ s با دست و سپس ۵ min با شیکر با سرعت ۳۵۰ rpm همزده شد. سپس نمونه‌ها تا ته‌نشینی رسوبات در حالت سکون قرار گرفتند. محلول شفاف ایجاد شده پس از ته‌نشینی رسوب، درون لوله فالكون ۲۵ mL ریخته شده و به مدت ۳ min با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. محلول به دست آمده، از کاغذ صافی با اندازه کوچکتر از  $2 \mu\text{m}$  عبور داده شد. تمام مراحل دستور کار دو بار دیگر تکرار شده و در پایان کاغذ صافی با آب مقطر شسته شد. کاغذ صافی حاوی میکروپلاستیک در دمای اتاق خشک شده و در نهایت میکروپلاستیک‌های آن به پتری‌دیش منتقل شدند. در مرحله بعدی برای شمارش میکروپلاستیک‌ها و بررسی خصوصیات آنها از استریو میکروسکوپ و SEM-EDX (بعد از پوشش نمونه با ورقه طلا) استفاده شد. در این مطالعه ذرات میکروپلاستیک از نظر تعداد، اندازه، رنگ (بی رنگ، قرمز، سیاه، آبی، زرد و ...) و شکل (خرده ذرات، کروی، رشته‌ای، ورقه‌ای) مورد بررسی قرار گرفتند.

**تجزیه و تحلیل آماری**

در این مطالعه آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) برای بررسی تابع توزیع داده‌ها و آزمون آماری تی تست غیروابسته (Independent t-test) (به دلیل توزیع نرمال

داده‌ها) برای مقایسه میانگین تعداد ذرات میکروپلاستیک و مشخصات ذرات در نمونه‌های رسوب رودخانه و مخزن سد با استفاده از نرم افزار SPSS، ۱۹ استفاده شد.

**یافته‌ها**

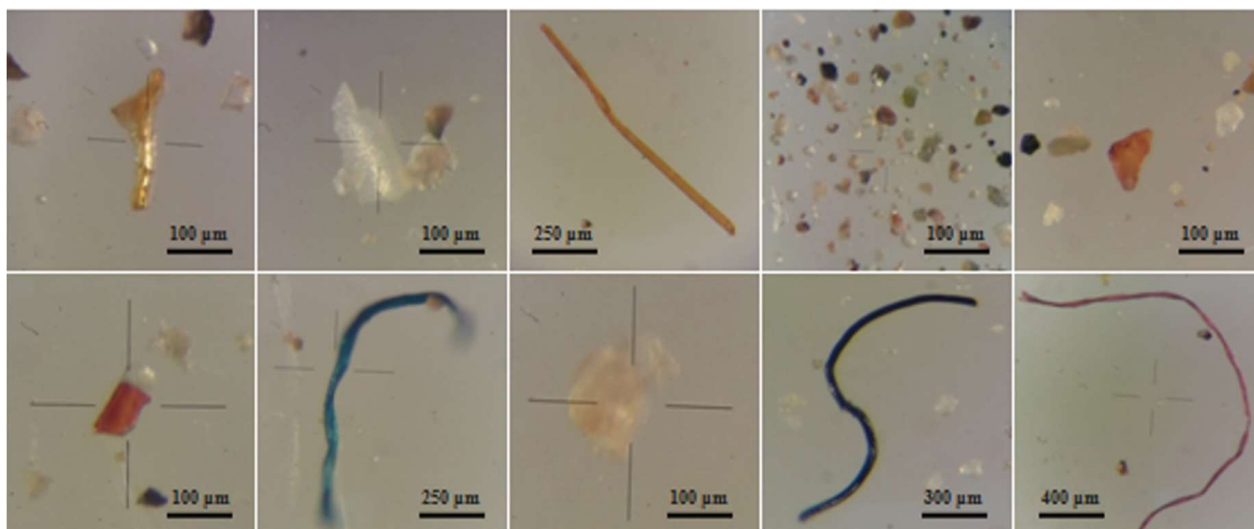
نتایج شمارش ذرات میکروپلاستیک در هر ایستگاه به همراه مختصات نقاط نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه شده است. ذرات میکروپلاستیک در تمام نمونه‌های رسوب، یافت شدند. فراوانی ذرات در ایستگاه‌های مختلف متغیر است. نمونه‌هایی از میکروپلاستیک‌های شناسایی شده با استریو میکروسکوپ در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. ذرات شناسایی شده با استفاده از SEM-EDX مورد بررسی قرار گرفتند تا اطمینان حاصل شود که این ذرات، میکروپلاستیک هستند، بنابراین نتایج بر این اساس تصحیح شد. در شکل ۳ نمونه‌ای از تصویر میکروپلاستیک ثبت شده با SEM-EDX نشان داده شده است. با تصحیح تعداد شمارش‌ها براساس نتایج SEM-EDX مشخص شد که بیشینه و کمینه ذرات میکروپلاستیک در نمونه برداشته شده از رودخانه شاهرود در داخل شهر طالقان با  $2050 \text{ p/}300 \text{ g dw}$  و مخزن سد با  $478 \text{ p/}300 \text{ g dw}$  نمونه رسوب، شمارش شده است. به طور کلی تعداد ذرات میکروپلاستیک در نمونه‌های مخزن سد با میانگین  $830 \text{ p/}300 \text{ g dw}$  کمتر از نمونه‌های برداشته شده از رودخانه و آبراهه‌های بالادست با میانگین  $1369 \text{ p/}300 \text{ g dw}$  است.

**نتایج بررسی خصوصیات ذرات میکروپلاستیک**

ذرات میکروپلاستیک با اندازه، شکل، رنگ و ترکیب شیمیایی در سطح جهان طبقه‌بندی شده‌اند و استاندارد کلی خصوصیات هنوز در دست توسعه است (۲۴-۲۶). در این پژوهش، ذرات شمارش شده دارای اشکال خرده ذرات (چند وجهی)، رشته‌ای (الیاف)، کروی و ورقه‌ای هستند، که اشکال خرده ذرات و رشته‌ای با میانگین به ترتیب ۷۴/۴۶ و ۲۰/۶۷ درصد جزء اشکال غالب در بین فرم‌های

جدول ۱- مختصات نمونه‌های رسوب و تعداد میکروپلاستیک‌های شمارش شده در هر ایستگاه

| ایستگاه‌های نمونه برداری | مختصات جغرافیایی |               | موقعیت مکانی نمونه‌ها                              | فراوانی میکروپلاستیک‌ها (p/300 g dw) |
|--------------------------|------------------|---------------|--|--------------------------------------|
|                          | عرض جغرافیایی    | طول جغرافیایی |  |                                      |
| RS1                      | ۴۰۰۳۶۰۶          | ۴۹۸۷۴۵        | شاخه فرعی (نزدیک معدن سنگ گچ)                      | ۹۵۲                                  |
| RS5                      | ۴۰۰۲۴۴۲          | ۴۹۴۵۵۵        | رودخانه شاهرود                                     | ۸۳۶                                  |
| RS7                      | ۴۰۰۲۰۶۶          | ۴۹۳۰۲۸        | مسیل خشک در نزدیکی مقبره امامزاده سید ضیاءالدین    | ۷۱۵                                  |
| RS9                      | ۴۰۰۵۵۳۷          | ۴۸۹۶۶۵        | شاخه فرعی (در نزدیکی روستای جویستان)               | ۱۰۱۱                                 |
| RS10                     | ۴۰۰۳۹۷۹          | ۴۸۸۵۶۹        | رودخانه شاهرود (در نزدیکی روستای نسا)              | ۱۵۲۱                                 |
| RS11                     | ۴۰۰۳۴۴۶          | ۴۸۶۳۸۴        | رودخانه شاهرود (پایین دست منطقه منگلان و سفچ‌خانی) | ۱۸۰۴                                 |
| RS12                     | ۴۰۰۳۱۱۳          | ۴۸۳۱۴۱        | رودخانه شاهرود                                     | ۱۴۲۲                                 |
| RS13                     | ۴۰۰۲۸۷۱          | ۴۷۹۱۰۰        | رودخانه شاهرود (داخل شهر طالقان)                   | ۲۰۵۰                                 |
| RS14                     | ۴۰۰۲۳۶۸          | ۴۷۷۷۶۵        | رودخانه شاهرود (قسمت نزدیک به ورودی سد-گلینک)      | ۲۰۱۱                                 |
| DS18                     | ۴۰۰۲۹۵۵          | ۴۷۴۳۵۴        | قسمت ورودی سد                                      | ۱۳۹۶                                 |
| DS20                     | ۴۰۰۳۳۰۸          | ۴۷۳۰۰۲        | مخزن سد (تقریباً نزدیک به روستای آردکان)           | ۷۱۰                                  |
| DS24                     | ۴۰۰۴۰۵۴          | ۴۷۰۵۳۹        | مخزن سد (تقریباً نزدیک به روستای آرموت)            | ۶۵۶                                  |
| DS25                     | ۴۰۰۲۹۸۰          | ۴۶۹۹۹۶        | اسکله (تقریباً نزدیک به روستای کلندر)              | ۱۲۴۱                                 |
| DS26                     | ۴۰۰۳۹۰۳          | ۴۶۹۵۵۶        | مخزن سد  | ۵۰۴                                  |
| DS28                     | ۴۰۰۴۰۹۵          | ۴۶۷۵۳۵        | مخزن سد (نزدیک به تاج سد)                          | ۴۷۸                                  |

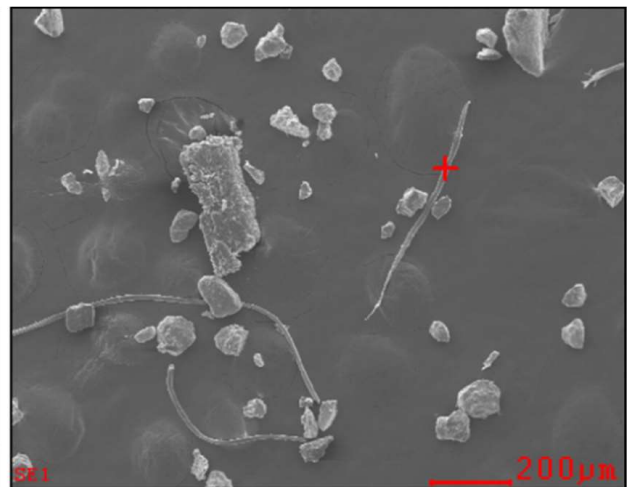
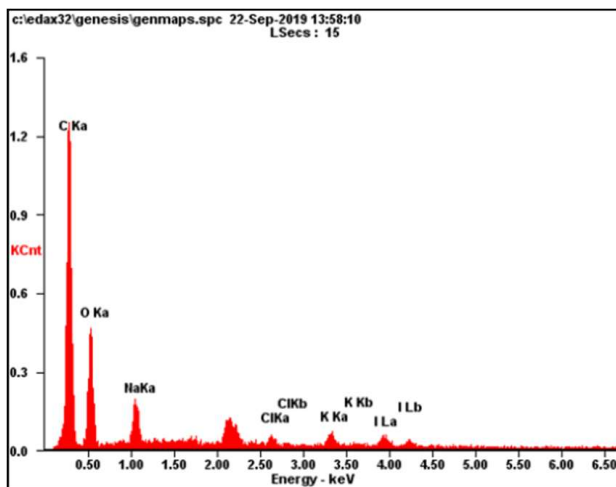


شکل ۲- نمونه‌هایی از میکروپلاستیک‌های شناسایی شده با استریو میکروسکوپ



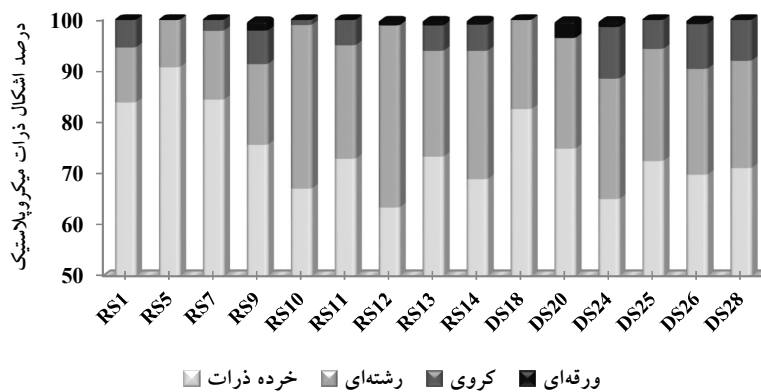
رنگ‌ها در رودخانه به ترتیب ۴/۶۱، ۴/۱۹، ۲/۵۶، ۱/۷۵ درصد و در مخزن سد به ترتیب ۳/۹۴، ۳/۳۵، ۲/۵۹ و ۱/۸۵ درصد را به خود اختصاص می‌دهند. از نظر سایز و اندازه، ذرات در محدوده ۲۵۰-۱۰۰  $\mu\text{m}$ ، ۵۰۰-۲۵۰  $\mu\text{m}$  و ۱۰۰۰-۵۰۰  $\mu\text{m}$  قرار می‌گیرند، اما اندازه غالب ذرات در رودخانه و مخزن سد به ترتیب با میانگین ۹۴/۲۷ و ۹۰/۵۶ درصد، ۲۵۰-۱۰۰  $\mu\text{m}$  است (نمودار ۳). نتایج آزمون Independent t-test (جدول ۲ تا ۵) نشان داد که بین تعداد کل ذرات میکروپلاستیک و درصد ذرات با اندازه ۲۰۰-۱۰۰  $\mu\text{m}$  در نمونه‌های رسوب رودخانه و سد طالقان تفاوت معنی‌دار وجود دارد ( $p < 0.05$ ) اما سایر ویژگی‌های میکروپلاستیک‌ها اختلاف معنی‌داری بین این دو محیط نشان نمی‌دهند ( $p > 0.05$ ).

ذرات هستند (نمودار ۱). در نمونه‌های برداشته شده از رودخانه ذرات شمارش شده دارای اشکال خرده ذرات، رشته‌ای (الیاف)، کروی و ورقه‌ای به ترتیب ۷۵/۶۳، ۲۰/۴۷، ۳/۳۲ و ۰/۵۸ درصد و در مخزن سد این مقادیر به ترتیب ۷۲/۹۴، ۲۰/۹۲، ۵/۲۲ و ۰/۹۲ درصد است. ذرات از نظر طیف رنگی شامل بی‌رنگ (شفاف)، قرمز مایل به قهوه‌ای و نارنجی، سیاه، زرد، آبی، سفید، سبز کم رنگ، قرمز، صورتی و نارنجی می‌شوند، اما رنگ غالب در بین ذرات، بی‌رنگ با میانگین ۵۴/۵۶ و ۵۶/۲۹ درصد (به ترتیب در نمونه‌های رودخانه و مخزن سد)، و قرمز مایل به قهوه‌ای و نارنجی با میانگین ۳۰/۳۵ و ۳۱/۹۸ درصد (به ترتیب در رودخانه و مخزن سد) است (نمودار ۲). همچنین میکروپلاستیک‌های سیاه، زرد، آبی و سایر

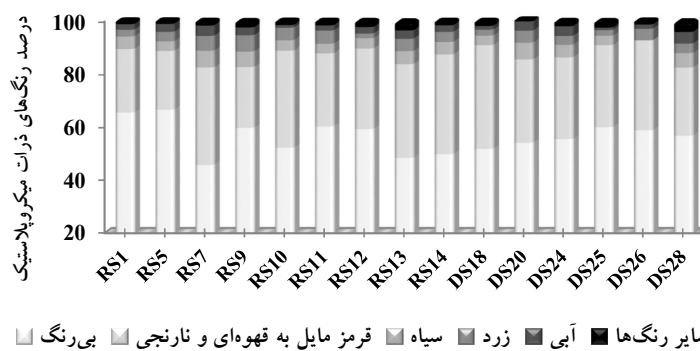


| Element | Wt%        | At%   |
|---------|------------|-------|
| CK      | 60.52      | 71.06 |
| OK      | 28.13      | 24.80 |
| NaK     | 04.57      | 02.80 |
| ClK     | 00.76      | 00.30 |
| KK      | 01.47      | 00.53 |
| IL      | 04.54      | 00.50 |
| Matrix  | Correction | ZAF   |

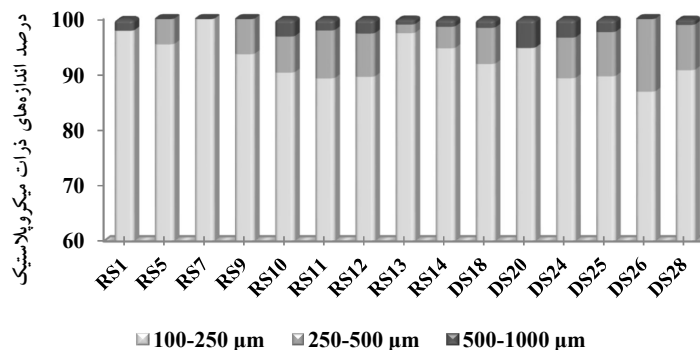
شکل ۳- نمونه‌ای از بررسی ذرات میکروپلاستیک توسط SEM-EDX در نمونه‌های رسوب



نمودار ۱- درصد فراوانی اشکال ذرات میکروپلاستیک در هر ایستگاه نمونه‌برداری



نمودار ۲- درصد فراوانی رنگ‌های مختلف ذرات میکروپلاستیک در هر ایستگاه نمونه‌برداری



نمودار ۳- درصد فراوانی اندازه‌های ذرات میکروپلاستیک در هر ایستگاه نمونه‌برداری

جدول ۲- نتایج Independent t-test برای بررسی تفاوت تعداد ذرات میکروپلاستیک

|           |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |       |                 |                 | 95% Confidence Interval of the Difference |       |         |
|-----------|-----------------------------|---|------|------------------------------|-------|-----------------|-----------------|---|-------|---------|
|           |                             | F                                       | Sig. | t                            | df    | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference                     | Lower | Upper   |
| Frequency | Equal variances assumed     | ۱/۱۰                                    | ۰/۳۱ | ۲/۱۷                         | ۱۳    | ۰/۰۴            | ۵۳۸/۲۷          | ۲۴۷/۵۹                                    | ۳/۳۷  | ۱۰۳۷/۱۷ |
|           | Equal variances not assumed |   |      | ۲/۳۰                         | ۱۲/۶۵ | ۰/۰۳            | ۵۳۸/۲۷          | ۲۳۳/۸۹                                    | ۳۱/۵۵ | ۱۰۴۵    |

جدول ۳- نتایج Independent t-test برای بررسی تفاوت اندازه ذرات میکروپلاستیک

|                |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |       |                 |                 |                       |   |       |       |
|----------------|-----------------------------|---|------|------------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|-------|-------|
|                |                             | F                                       | Sig. | t                            | df    | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |       |       |
|                |                             |   |      |                              |       |                 |                 |                       |   | Lower | Upper |
| ۱۰۰-۲۵۰<br>µm  | Equal variances assumed     | ۱/۵۹                                    | ۰/۲۲ | ۲/۰۳                         | ۱۳    | ۰/۰۶            | ۳/۷             | ۱/۸۲                  | -۰/۲۳                                     | ۷/۶۴  |       |
|                | Equal variances not assumed |   |      | ۲/۱۹                         | ۱۲/۹۵ | ۰/۰۴            | ۳/۷             | ۱/۶۸                  | ۰/۰۵                                      | ۷/۳۵  |       |
| ۲۵۰-۵۰۰<br>µm  | Equal variances assumed     | ۰                                       | ۰/۹۶ | -۱/۴۶                        | ۱۳    | ۰/۱۶            | -۲/۸۱           | ۱/۹۲                  | -۶/۹۷                                     | ۱/۳۴  |       |
|                | Equal variances not assumed |   |      | -۱/۳۸                        | ۸/۹   | ۰/۲             | -۲/۸۱           | ۲/۰۳                  | -۷/۴۲                                     | ۱/۷۹  |       |
| ۵۰۰-۱۰۰۰<br>µm | Equal variances assumed     | ۰/۸۵                                    | ۰/۳۷ | -۱/۱۴                        | ۱۳    | ۰/۲۷            | -۰/۸۹           | ۰/۷۷                  | -۲/۵۷                                     | ۰/۷۹  |       |
|                | Equal variances not assumed |   |      | -۰/۴۱                        | ۷/۸۲  | ۰/۳۲            | -۰/۸۹           | ۰/۸۵                  | -۲/۸۶                                     | ۱/۰۷  |       |

جدول ۴- نتایج Independent t-test برای بررسی تفاوت رنگ ذرات میکروپلاستیک

|                                     |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |       |                 |                 |                       |   |       |       |
|-------------------------------------|-----------------------------|---|------|------------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|-------|-------|
|                                     |                             | F                                       | Sig. | T                            | df    | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |       |       |
|                                     |                             |   |      |                              |       |                 |                 |                       |   | Lower | Upper |
| بی رنگ                              | Equal variances assumed     | ۹/۲۲                                    | ۰/۰۱ | ۰/۰۷                         | ۱۳    | ۰/۹۴            | ۰/۲۵            | ۳/۲۸                  | -۶/۸۴                                     | ۷/۳۴  |       |
|                                     | Equal variances not assumed |   |      | ۰/۰۸                         | ۱۱/۲۴ | ۰/۹۳            | ۰/۲۵            | ۲/۸۱                  | -۵/۹۱                                     | ۶/۴۲  |       |
| قرمز مایل<br>به قهوه ای<br>و نارنجی | Equal variances assumed     | ۳/۰۵                                    | ۰/۱  | -۰/۴۵                        | ۱۳    | ۰/۵۹            | -۱/۶۳           | ۳                     | -۸/۱۳                                     | ۴/۸۶  |       |
|                                     | Equal variances not assumed |   |      | -۰/۵۸                        | ۱۲/۹۵ | ۰/۵۶            | -۱/۶۳           | ۲/۷۸                  | -۷/۶۵                                     | ۴/۳۸  |       |
| سیاه                                | Equal variances assumed     | ۲/۴۷                                    | ۰/۱۴ | ۰/۸۱                         | ۱۳    | ۰/۴۳            | ۰/۶۷            | ۰/۸۲                  | -۱/۱۱                                     | ۲/۴۵  |       |
|                                     | Equal variances not assumed |   |      | ۰/۷                          | ۶/۳   | ۰/۵             | ۰/۶۷            | ۰/۹۵                  | -۱/۶۴                                     | ۲/۹۹  |       |
| زرد                                 | Equal variances assumed     | ۰/۹۴                                    | ۰/۳۴ | ۱/۲۳                         | ۱۳    | ۰/۲۳            | ۰/۸۳            | ۰/۶۷                  | -۰/۶۲                                     | ۲/۲۹  |       |
|                                     | Equal variances not assumed |   |      | ۱/۳۲                         | ۱۲/۸۴ | ۰/۲             | ۰/۸۳            | ۰/۶۳                  | -۰/۵۲                                     | ۲/۱۹  |       |
| آبی                                 | Equal variances assumed     | ۶/۸                                     | ۰/۰۲ | -۰/۰۵                        | ۱۳    | ۰/۹۵            | -۰/۰۳           | ۰/۵۸                  | -۱/۲۸                                     | ۱/۲۲  |       |
|                                     | Equal variances not assumed |   |      | -۰/۰۴                        | ۷/۳۳  | ۰/۹۶            | -۰/۰۳           | ۰/۶۴                  | -۱/۵۴                                     | ۱/۴۸  |       |
| سایر<br>رنگ‌ها                      | Equal variances assumed     | ۰/۷۸                                    | ۰/۳۹ | -۰/۱۷                        | ۱۳    | ۰/۸۶            | -۰/۰۹           | ۰/۵۳                  | -۱/۲۴                                     | ۱/۰۵  |       |
|                                     | Equal variances not assumed |   |      | -۰/۱۵                        | ۷/۲۳  | ۰/۸۸            | -۰/۰۹           | ۰/۵۹                  | -۱/۴۸                                     | ۱/۳   |       |

جدول ۵- نتایج Independent t-test برای بررسی تفاوت شکل ذرات میکروپلاستیک

|           |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |      |                 |                 |                       |   |       |       |
|-----------|-----------------------------|---|------|------------------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|-------|-------|
|           |                             | F                                       | Sig. | t                            | df   | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |       |       |
|           |                             |   |      |                              |      |                 |                 |                       |   | Lower | Upper |
| خرده ذرات | Equal variances assumed     | ۱/۷۳                                    | ۰/۲۱ | ۰/۷                          | ۱۳   | ۰/۴۹            | ۲/۹۴            | ۴/۲                   | -۶/۱۳                                     | ۱۲/۰۲ |       |
|           | Equal variances not assumed |   |      | ۰/۷۶                         | ۱۳   | ۰/۴۵            | ۲/۹۴            | ۳/۸۵                  | -۵/۳۷                                     | ۱۱/۲۶ |       |
| رشته‌ای   | Equal variances assumed     | ۸/۰۹                                    | ۰/۰۱ | -۰/۱۲                        | ۱۳   | ۰/۹             | -۰/۴۹           | ۳/۸۵                  | -۸/۸۱                                     | ۷/۸۳  |       |
|           | Equal variances not assumed |   |      | -۰/۱۵                        | ۹/۱۳ | ۰/۸۸            | -۰/۴۹           | ۳/۱۶                  | -۷/۶۴                                     | ۶/۶۶  |       |
| کروی      | Equal variances assumed     | ۳/۲۳                                    | ۰/۰۹ | -۱/۱۵                        | ۱۳   | ۰/۲۶            | -۲/۰۷           | ۱/۷۸                  | -۵/۹۳                                     | ۱/۷۹  |       |
|           | Equal variances not assumed |   |      | -۱/۰۳                        | ۷/۳۳ | ۰/۳۳            | -۲/۰۷           | ۱/۹۹                  | -۶/۷۵                                     | ۲/۶۱  |       |
| صفحه‌ای   | Equal variances assumed     | ۱/۴۴                                    | ۰/۲۵ | -۰/۶۹                        | ۱۳   | ۰/۴۹            | -۰/۳۸           | ۰/۵۴                  | -۱/۵۶                                     | ۰/۷۹  |       |
|           | Equal variances not assumed |   |      | -۰/۶۱                        | ۶/۹۷ | ۰/۵۵            | -۰/۳۸           | ۰/۶۱                  | -۱/۸۳                                     | ۱/۰۷  |       |



## بحث

سد و در نتیجه چگالی بیشتر آن باشد که منجر به معلق شدن ذرات میکروپلاستیک و جداسدن از سطح رسوب بستر مخزن سد می‌شود.

نتایج این پژوهش با مطالعات انجام شده در مناطق دیگر مقایسه شد. مقدار ذرات میکروپلاستیک در رسوبات ساحلی رودخانه‌های راین و ماین در آلمان (۲۷)، رسوبات دریاچه پویانگ چین (۲۸) و رسوبات ساحلی دریاچه آنتاریو (۲۹) بیشتر و در رسوبات مخزن سد سه دره چین (۳۰)، رسوبات دریایی و سواحل دریای بالتیک جنوبی (۳۱) و دریاچه دانگ تینگ چین (۳۲) کمتر از مطالعه حاضر و با مقدار میکروپلاستیک‌های موجود در رسوبات سواحل ویرجینیا و کارولینای شمالی (۳۳) و رسوبات تالاب ونیز ایتالیا (۳۴) قابل مقایسه است. در رسوبات ساحلی دریاچه آنتاریو، رسوبات مخزن سد سه دره چین، دریای بالتیک جنوبی، دریاچه دانگ تینگ چین و رسوبات سواحل ویرجینیا و کارولینای شمالی برخلاف پژوهش حاضر ذرات رشته‌ای با اندازه‌های میلی‌متری ذرات غالب هستند اما در رسوبات دریاچه پویانگ چین و رسوبات تالاب ونیز ایتالیا همانند مطالعه انجام شده خرده ذرات فرم غالب را تشکیل می‌دهند. در اکثر پژوهش‌های ذکر شده همانند این مطالعه، غالب ذرات بی‌رنگ هستند.

## نتیجه‌گیری

در این مطالعه که هدف آن بررسی فراوانی و ویژگی‌های ذرات میکروپلاستیک در رسوبات سد طالقان و رودخانه بالادست آن بود، حضور میکروپلاستیک‌ها در تمامی نمونه‌ها مشاهده شد. نقاط داغ آلودگی میکروپلاستیک‌ها در این مطالعه مربوط به ایستگاه‌های نزدیک به مناطق شهری و روستایی و مناطق پرتردد نظیر اسکله، یا به عبارتی مناطقی که سهم بیشتری از فعالیت‌های انسانی دارند، است. بنابراین تدوین برنامه پایش، به منظور بررسی دوره‌ای میزان ذرات میکروپلاستیک در رسوب و

وجود ذرات میکروپلاستیک در تمام نمونه‌های رسوب و تا حدود  $2000 \text{ p}/300 \text{ g dw}$  در برخی از نمونه‌ها می‌تواند نشان‌دهنده آلودگی بالای میکروپلاستیک در رسوبات منطقه باشد. در منطقه مورد مطالعه نبود تصفیه‌خانه فاضلاب منجر به رهاسازی فاضلاب خانگی به درون آب شده است. این فاضلاب می‌تواند حاوی ذرات میکروپلاستیک شسته شده از شوینده‌های مختلف و محصولات آرایشی و بهداشتی که عموماً در دسته میکروپلاستیک‌های اولیه قرار می‌گیرند و میکروپلاستیک‌های رشته‌ای ثانویه ناشی از شستن البسه و پارچه‌ها باشد. ریختن پسماندهای خانگی، نخاله‌های ساختمانی توسط ساکنین محلی و زباله‌هایی مانند بطری‌های نوشابه و آب، کیسه‌های پلاستیکی و ... توسط گردشگران به درون آب و سواحل رودخانه و دریاچه طالقان می‌تواند منشا میکروپلاستیک‌های ثانویه‌ای مانند خرده ذرات بی‌رنگ باشد. تردد وسایل نقلیه در جاده‌ها که با فاصله کمی از رودخانه احداث شده‌اند احتمال انتقال ذرات لاستیکی کوچک و پلاستیک ناشی از ساییدگی لاستیک خودروها توسط رواناب جاده‌ها به درون آب را نیز ممکن می‌سازد. فعالیت‌های کشاورزی نیز می‌توانند یکی دیگر از منابع احتمالی ورود میکروپلاستیک‌ها به آب و رسوب باشند. بیشترین تعداد میکروپلاستیک‌ها در این پژوهش در نمونه‌هایی مشاهده شدند که از محل‌های نزدیک به مراکز جمعیتی و مناطق شلوغ و پر رفت و آمد برداشته شده‌اند، که این تمرکز بالا می‌تواند در ارتباط با منابعی باشد که پیش‌تر به آنها اشاره شد. همچنین براساس نتایج *Independent t-test* و تفاوت معنی‌دار در تعداد ذرات میکروپلاستیک بین رودخانه و مخزن سد، نشان‌دهنده منشا گرفتن این ذرات از شهر و روستاهای منطقه بوده و با توجه به جذب و ته‌نشست میکروپلاستیک‌ها در رسوب، تعداد کمتری از آنها به مخزن سد منتقل شده است. از دیگر دلایل این اختلاف، می‌تواند شوری لایه‌های پایینی آب در مخزن

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان "بررسی آلاینده‌های فلزات سنگین و میکروپلاستیک‌ها در رسوبات مخزن سد طالقان، استان البرز" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۸ است که با حمایت شرکت سهامی آب منطقه‌ای البرز و معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه خوارزمی اجرا شده است.

آب منطقه به‌ویژه در نقاط داغ کمک شایانی در راستای اقدامات مدیریتی برای کنترل وضعیت موجود خواهد نمود.

## ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

## References

1. Winton RS, Calamita E, Wehrli B. Reviews and syntheses: Dams, water quality and tropical reservoir stratification. *Biogeosciences*. 2019;16(8):1657-71.
2. Padedda BM, Sechi N, Lai GG, Mariani MA, Pulina S, Sarria M, et al. Consequences of eutrophication in the management of water resources in Mediterranean reservoirs: A case study of Lake Cedrina (Sardinia, Italy). *Global Ecology and Conservation*. 2017;12:21-35.
3. Turner S, Horton AA, Rose NL, Hall C. A temporal sediment record of microplastics in an urban lake, London, UK. *Journal of Paleolimnology*. 2019;61(4):449-62.
4. Zhang K, Gong W, Lv J, Xiong X, Wu C. Accumulation of floating microplastics behind the Three Gorges Dam. *Environmental Pollution*. 2015;204:117-23.
5. Van Cauwenberghe L, Devriese L, Galgani F, Robbens J, Janssen CR. Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*. 2015;111:5-17.
6. Anderson PJ, Warrack S, Langen V, Challis JK, Hanson ML, Rennie MD. Microplastic contamination in lake Winnipeg, Canada. *Environmental Pollution*. 2017;225:223-31.
7. Bergmann M, Wirzberger V, Krumpfen T, Lorenz C, Primpke S, Tekman MB, et al. High quantities of microplastic in Arctic deep-sea sediments from the HAUSGARTEN observatory. *Environmental Science & Technology*. 2017;51(19):11000-10.
8. Pazos RS, Maiztegui T, Colautti DC, Paracampo AH, Gómez N. Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. *Marine Pollution Bulletin*. 2017;122(1-2):85-90.
9. Chubarenko I, Bagaev A, Zobkov M, Esiukova E. On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. 2016;108(1-2):105-12.
10. Viršek MK, Palatinus A, Koren Š, Peterlin M, Horvat P, Kržan A. Protocol for microplastics sampling on the sea surface and sample analysis. *Journal of Visualized Experiments*. 2016;(118):e55161.
11. Li WC, Tse H, Fok L. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment*. 2016;566:333-49.
12. Eriksen M, Maximenko N, Thiel M, Cummins A, Lattin G, Wilson S, et al. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*. 2013;68(1-2):71-76.
13. Hartmann NB, Rist S, Bodin J, Jensen LH, Schmidt SN, Mayer P, et al. Microplastics as vectors for environmental contaminants: exploring sorption, desorption, and transfer to biota. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2017;13(3):488-93.
14. Syberg K, Khan FR, Selck H, Palmqvist A, Banta GT, Daley J, et al. Microplastics: addressing ecological risk through lessons learned. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2015;34(5):945-53.
15. Collard F, Gilbert B, Compère P, Eppe G, Das K, Jauniaux T, et al. Microplastics in livers of European anchovies (*Engraulis encrasicolus*, L.). *Environmental Pollution*. 2017;229:1000-1005.
16. Wang J, Wang M, Ru S, Liu X. High levels of mi-

- croplastic pollution in the sediments and benthic organisms of the South Yellow Sea, China. *Science of the Total Environment*. 2019;651:1661-69.
17. He B, Goonetilleke A, Ayoko GA, Rintoul L. Abundance, distribution patterns, and identification of microplastics in Brisbane River sediments, Australia. *Science of the Total Environment*. 2020;700:134467.
  18. Mehdinia A, Dehbandi R, Hamzhepour A, Rahnama R. Identification of microplastics in the sediments of southern coasts of the Caspian Sea, north of Iran. *Environmental Pollution*. 2020;258:113738 (in Persian).
  19. Kazemi R, Bayat R. Investigation of the Effects of Land use Change on Low flow Indices (Case study: Taleghan Catchment). *Water and Soil Conservation*. 2017;24(1):287-94 (in Persian).
  20. Kiyani V, Alizadeh A, Nazari A. Evaluation Accuracy of Classification Sensor Liss-iii Image of Satellite irs-p6 by Google Earth Software (case study: Taleghan Watershed Basin). *Geographical Information Quarterly (Sepehr)*. 2014;23(90):51-59 (in Persian).
  21. Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson RC, Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*. 2012;46(6):3060-75.
  22. Stolte A, Forster S, Gerdts G, Schubert H. Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin*. 2015;99(1-2):216-29.
  23. Willis KA, Eriksen R, Wilcox C, Hardesty BD. Microplastic distribution at different sediment depths in an urban estuary. *Frontiers in Marine Science*. 2017;4:419.
  24. Piperagkas O, Papageorgiou N, Karakassis I. Qualitative and quantitative assessment of microplastics in three sandy Mediterranean beaches, including different methodological approaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2019;219:169-75.
  25. Bosker T, Guaita L, Behrens P. Microplastic pollution on Caribbean beaches in the Lesser Antilles. *Marine Pollution Bulletin*. 2018;133:442-47.
  26. Abidli S, Toumi H, Lahbib Y, El Menif NT. The first evaluation of microplastics in sediments from the complex lagoon-channel of Bizerte (Northern Tunisia). *Water, Air, & Soil Pollution*. 2017;228(7):262.
  27. Klein S, Worch E, Knepper TP. Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany. *Environmental Science & Technology*. 2015;49(10):6070-76.
  28. Liu S, Jian M, Zhou L, Li W. Distribution and characteristics of microplastics in the sediments of Poyang Lake, China. *Water Science and Technology*. 2019;79(10):1868-77.
  29. Ballent A, Corcoran PL, Madden O, Helm PA, Longstaffe FJ. Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*. 2016;110(1):383-95.
  30. Di M, Wang J. Microplastics in surface waters and sediments of the Three Gorges Reservoir, China. *Science of the Total Environment*. 2018;616:1620-27.
  31. Graca B, Szewc K, Zakrzewska D, Dołęga A, Szczerbowska-Boruchowska M. Sources and fate of microplastics in marine and beach sediments of the Southern Baltic Sea—a preliminary study. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017;24(8):7650-61.
  32. Jiang C, Yin L, Wen X, Du C, Wu L, Long Y, et al. Microplastics in sediment and surface water of west dongting lake and south dongting lake: abundance, source and composition. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(10):2164.
  33. Dodson GZ, Shotorban AK, Hatcher PG, Waggoner DC, Ghosal S, Noffke N. Microplastic fragment and fiber contamination of beach sediments from selected sites in Virginia and North Carolina, USA. *Marine Pollution Bulletin*. 2020;151:110869.
  34. Vianello A, Boldrin A, Guerriero P, Moschino V, Rella R, Sturaro A, et al. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2013;130:54-61.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Investigating abundance and characteristics of microplastics as emerging pollutants in sediments of Taleqan dam and upstream river in Alborz province

Mina Yeganeh Far, Ata Shakeri\*, Meisam Rastegari Mehr, Omid Lahijani

Department of Applied Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 14 March 2020

**Revised:** 6 June 2020

**Accepted:** 9 June 2020

**Published:** 20 June 2020

**Keywords:** Microplastic, Sediment, Taleqan dam, River, Waste

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Microplastics (MPs) pollution are considered as a major growing global environmental problem in the past few decades. Dams could be an important reservoir for microplastics accumulation, therefore, in this study the presence of microplastics in sediments of Taleqan Dam and its upstream river was investigated in order to: 1) determine the local status of microplastic pollution and 2) determine the abundance and characteristics of the identified microplastics.

**Materials and Methods:** Sediment sampling was performed at 15 stations in the upstream of the river and the dam reservoir. After the sample preparation, separation method based on density difference was used for separation of the microplastics from the sediment, and stereo microscope and SEM-EDX were used for counting microplastics and investigation of their characteristics.

**Results:** Based on the results, maximum of the counted microplastic particles were observed in Taleqan City area with 2050 particles/300 g and minimum number was observed in the dam reservoir with 478 particles/300 g of sediment. The dominant shape, color, and size of the counted particles were polyhedral, colorless (transparent), and 100-250  $\mu\text{m}$ , respectively.

**Conclusion:** The results showed that the concentration of microplastics in the stations near the urban and rural areas were higher due to the entry of sewage and the release of municipal solid wastes. Also, their concentrations were high in the stations close to the dock area of the dam due to the greater traffic of the locals and tourists and dumping of wastes in the shoreline of the lake.

**\*Corresponding Author:**

atashakeri@khu.ac.ir

Please cite this article as: Yeganeh Far M, Shakeri A, Rastegari Mehr M, Lahijani O. Investigating abundance and characteristics of microplastics as emerging pollutants in sediments of Taleqan dam and upstream river in Alborz province. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2020;13(1):65-76.