Journal of Health

Vol. 13, No. 2, Summer 2022, Pages 199-212

Determination of Frequency, Distribution and Composition of Microplastics in the Waters of Qarasu Ardabil River

Ghanbari Tapeh N[1], Fataei E*[2], Naji A[3], Imani A.A[4], Nasehi F[5]

1. Ph.D student in Environment - Environmental Pollution, Department of Environmental Science and Engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran
2. Department of Environmental Science and Engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran
3. Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, Hormozgan University, Hormozgan, Iran
4. Department of Agricultural Engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran
5. Department of Environmental Science and Engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

**** Corresponding author.*** Tel/Fax: +989143549400, E-mail: eafataei@gmail.com

Received: Jun 24, 2021 Accepted: Nov 02, 2021

ABSTRACT

Background & objectives: Today, plastics and plastic products are so widespread that the idea of life without them may not be understood. The extensive presence of microplastics in the environment and their emission sources has attracted the attention of many researchers. Therefore, this study was conducted to determine microplastics' frequency, distribution, and composition in the Qarasu River in Ardabil in 1399.

Methods: In this descriptive cross-sectional study, samples were collected from 5 stations in the Qarasu River (Karkarq, Sarband, Anzab Sofla, Dolatabad, and Samian villages) under standard methods. Method of analysis of samples and separation of microplastics based on method Difference between density and digestion was performed and completed using a stereo microscope equipped with a digital camera and FT-IR infrared spectrometer.

Results: Fiber and Fragment, the most common forms of microplastics, were identified in the water of the Qarasu River. Also, the identified microplastics had various colors, including white, black, yellow, transparent, red, pink, and green. Microplastic particles of less than 5 mm constituted about 98% of the total microplastic in the river. The abundance of microplastics showed a significant difference among the sampling stations.

Conclusion: The present study showed the presence of microplastics in the Qarasu River ecosystem. Therefore, microplastics can cause potential risks to human health by entering the food chain. Therefore, control, prevention, and monitoring measures must happen by the Environmental Protection Agency, the University Health Department, private associations, and environmental organizations.

Keywords: Water Pollution; Microplastic; Food Chain; Qarasu River; Ardabil

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]

[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]

[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

تعیین فراوانی، توزیع و ترکیب میکروپلاستیک در آب رودخانه قره‌سو اردبیل

نورالدین قنبری تپه[۱]، ابراهیم فتائی[۲]*، ابوالفضل ناجی[۳]، علی اکبر ایمانی[٤]، فاطمه ناصحی[۵]

۱. دانشجوی دکتری محیط زیست- آلودگی های محیط زیست، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران
۲. استاد، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران
۳. دانشیار، گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران
٤. استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران
۵. استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران
* نویسنده مسئول. تلفکس : ۰٤۵۳۳۷۲۷۷۹۹ ایمیل: eafataei@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: امروزه استفاده ازپلاستیک ومحصولات پلاستیکی به قدری گسترده است که شاید تصور زندگی بدون آن قابل درک نباشد. حضور گسترده میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست و منابع انتشار آنها توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. لذا این پژوهش با هدف تعیین فراوانی، توزیع و ترکیب میکروپلاستیک در رودخانه قره سو اردبیل در سال ۱۳۹۹ انجام گرفت.

روش کار: در این مطالعه توصیفی- مقطعی، نمونه ها از ۵ ایستگاه منتخب در رودخانه قره سو (روستاهای کرکرق، سربند، انزاب سفلی، دولت آباد و سامیان) و مطابق با روش‌های استاندارد برداشته شد. روش آنالیز نمونه ها و جداسازی میکروپلاستیک‌ها بر اساس روش اختلاف چگالی و روش هضم انجام و با استفاده از استریو میکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتالی و طیف سنج مادون قرمز FT-IR تکمیل گردید.

یافته ها: فیبر و فرگمنت فراوان‌ترین اشکال میکروپلاستیک‌ها در آب رودخانه قره سو شناسایی گردید. همچنین میکروپلاستیک‌های شناسایی شده دارای رنگ‌های متنوعی از جمله سفید، سیاه، زرد، شفاف، قرمز، صورتی و سبز بودند. اندازه ذرات میکروپلاستیک کمتر از ۵ میلی متر ۹۸ درصد ازکل اندازه ذرات میکروپلاستیک آب رودخانه قره سو را تشکیل داده بودند. فراوانی میکروپلاستیک‌ها تفاوت قابل توجهی را در بین ایستگاه های نمونه برداری نشان داد.

نتیجه‌گیری: مطالعه حاضر نشان‌دهنده حضور میکروپلاستیک در اکوسیستم رودخانه قره سو بود. لذا میکروپلاستیک می‌تواند با ورود به زنجیره غذایی، باعث خطرات بالقوه برای سلامتی انسان گردد. لذا ضروری است که در این خصوص اقدامات کنترلی، پیشگیری و پایش توسط سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت بهداشتی دانشگاه، انجمن‌های خصوصی حامی محیط زیست و مردم نهاد صورت گیرد.

واژه های کلیدی: آلودگی آب، میکروپلاستیک، زنجیره غذایی، رودخانه قره سو، اردبیل

دریافت: ۱٤۰۰/٤/۳ **پذیرش:** ۱٤۰۰/۸/۱۱

مقدمه

امروزه استفاده از پلاستیک و محصولات پلاستیکی به‌قدری گسترده است که شاید تصور زندگی بدون آن قابل درک نباشد (۱-٤).از زمان تولید انبوه پلاستیک در سال ۱۹۵۰، آلودگی اکوسیستم‌های آبی به انواع پلاستیک‌ها به‌ویژه میکروپلاستیک‌ها به یک مشکل جدی و رو به رشد تبدیل شده است، که با پیامدهای زیست محیطی، اجتماعی، اقتصادی و

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

بهداشتی بالقوه همراه بوده است (۵-۹). مطالعات علمی نشان می‌دهد که حضور میکروپلاستیک‌ها در اکوسیستم‌های آبی به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است و در طی قرن ۲۱ مورد توجه محققین قرار گرفته است (۱۰, ۱۱). علیرغم استفاده بسیار چشمگیر از پلاستیک‌ها در سراسر دنیا و به تبع آن کشور ایران، متأسفانه فقط در چند سال اخیر مطالعات محدودی در خصوص میکرو پلاستیک‌ها در محیط دریایی آب‌های ایران آغاز شده که غالباً در دست اجرا و نتایج آنها در حال انتشار می‌باشد. در ادامه برخی از مهمترین مطالعات انجام شده در این زمینه معرفی می‌شوند.

لو[1] و همکاران در ۲۰۱۹، فراوانی میکروپلاستیک آب رودخانه یانگ تسه واقع در چین را اندازه‌گیری کردند در مطالعه انجام شده مشخص شد که بیشترین فراوانی آلودگی میکروپلاستیک مربوط به شکل فیبرو فرگمنت در محیط زیست دریایی هستند (۱۲). تینگ وانگ و همکاران در سال ۲۰۲۱، به بررسی آلودگی میکروپلاستیک در سیستم‌های پیچیده رودخانه‌های شهری شانگهای چین پرداختند، نتایج نشان داد میکروپلاستیک از نوع فیبر فراوان‌ترین میکروپلاستیک در رودخانه شهری بود (۱۳). آلودگی پلاستیک در سراسر اکوسیستم آبی به علت خواص شناوری و دوام آن و همچنین جذب سموم و حمل آن در سطح جهان شده است و در بخش‌های مختلف اکوسیستم‌ها از جمله در آب دریا، آب رودخانه، رسوبات و در موجودات آبزی در سراسر جهان شناسایی شده است (۸, ۱۴-۱۸).

پلاستیک‌ها از شایع‌ترین نوع پسماند در اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌ها به حساب می‌آیند. بقایای این مواد می‌تواند در هر اندازه و یا شکلی موجود باشد. اما به ذرات با اندازه کمتر از ۵ میلی‌متر میکروپلاستیک گفته می‌شود. در واقع این مواد می‌توانند اندازه‌ای در حدود ۱ میلی‌متر الی ۵ میلی‌متر داشته باشند (۱۶, ۱۹, ۲۰). میکروپلاستیک‌ها به طور کلی به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم‌بندی می‌شوند (۱۶, ۲۱).

میکروپلاستیک‌ها اولیه: این مواد را می‌توان در محصولاتی مانند لوازم بهداشتی، گلوله‌های پلاستیکی مورد استفاده در صنعت، الیاف پلاستیکی مورد استفاده در لباس‌ها (مانند نایلون) مشاهده نمود. میکروپلاستیک‌ها اولیه به طور مستقیم از طریق راه‌های گوناگونی وارد محیط زیست می‌شود. به عنوان مثال میکروپلاستیک‌های موجود در محصولات بهداشتی در اثر شست و شو و از طریق کانال‌های آب و فاضلاب وارد محیط زیست می‌گردد (۱۶, ۲۲-۲۴). همچنین ایجاد خراش و یا سایش در هنگام شستشوی لباس‌هایی با الیاف مصنوعی باعث آزادسازی میکروپلاستیک شده است. همچنین در مواد آرایشی و بهداشتی، خمیردندان‌ها، الیاف مصنوعی و رزین‌ها نیز موجود می‌باشند (۲۲, ۲۳, ۲۵-۲۸). میکروپلاستیک‌ها ثانویه: از تجزیه پلاستیک‌های بزرگتر به کوچکتر به وجود می‌آیند. پلاستیک‌های بزرگتر تحت شرایطی مانند تابش اشعه ماوراءبنفش خورشید، سایش باد و... به پلاستیک‌های کوچکتر تبدیل می‌گردند (۴, ۲۸-۳۰). با توجه به اینکه پلاستیک‌ها تجزیه‌پذیر نیستند و با همان صورت میکروپلاستیک‌های اولیه و ثانویه در محیط‌زیست انباشت شده و باقی می‌مانند. میکروپلاستیک‌ها می‌توانند به محیط زیست و زندگی آبزیان وارد شده و از طریق شبکه غذایی وارد بدن انسان گردد. با این وجود تحقیقات کمی در خصوص اثرات میکروپلاستیک‌ها بر روی سلامتی انسان وجود دارد (۲۲, ۳۱, ۳۲). علاوه بر این، میکروپلاستیک‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی نیز وجود دارند و ممکن است به درون مواد غذایی نیز ورود پیدا کنند (۲۲, ۳۱, ۳۲).

میکروپلاستیک‌ها از انواع مختلف پلیمرهای پلاستیکی و مواد افزودنی تشکیل شده‌اند. شایع‌ترین میکروپلاستیک‌ها پلی اتیلن (PE)، پلی پروپیلن (PP)، پلی استایرن (PS)، پلی وینیل کلراید (PVC)، پلی‌آمید

[1] Luo

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

(PA) و پلی اتیلن ترفتالات PET) می‌باشند (۳۳-۳۵). با توجه به اینکه میکروپلاستیک‌ها هنگامی که در اکوسیستم منتشر می‌شوند، تهدید بالقوه‌ای برای سلامت انسان و محیط زیست به حساب می‌آیند میکروپلاستیک‌ها آلاینده‌های موجود در محیط زیست، در نهایت از راه زنجیره غذایی و نیز استنشاق هوا وارد بدن انسان می‌شوند و اثرات نامطلوب خود را به جا می‌گذارند با وجود اثرات زیانبار این مواد، تخلیه پلاستیک‌ها و متعاقب آن میکروپلاستیک‌ها به محیط زیست همچنان ادامه دارد. حضور میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی، خاک و حتی انتقال آن از راه هوا و اثرات مخرب این مواد نیاز به بررسی راه حل‌های اجرایی در راستای حفظ سلامت موجودات و انسان به عنوان مهمترین عضو اکوسیستم‌های محیط زیست را پررنگ‌تر می‌سازد (۱۰, ۳۶-۳۸).

میکروپلاستیک‌ها در رنگ‌های متنوعی یافت شدند. وجود رنگ‌هادرمحیط آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رنگ میکروپلاستیک‌ها اطلاعاتی در مورد منابع اصلی آلودگی را نشان می‌دهند به عنوان مثال: قطعات پلاستیک حامل ورود مواد بسته‌بندی هستند وجود فیبرها و گلوله از محصولات آرایشی و بهداشتی حاصل می‌گردند (۳۹, ۴۰).

اندازه میکروپلاستیک‌ها هرچه قدر کوچکتر باشند تاثیره بالقوه بر موجودات زنده داشته و از اهمیت خاصی برخوردار هستند. در واقع میکروپلاستیک‌های با اندازه کوچکتر می‌توانند از طرف طیف وسیعی از موجودات تغذیه شوند بنابراین هرچه اندازه ذرات میکرو پلاستیک کمتر باشد پتانسیل جذب آلاینده‌ها ی میکروپلاستیک‌ها افزایش می‌یابد. بقایای میکروپلاستیک که توسط ارگانیسم‌های آبی بلعیده می‌شود می‌تواند به انسداد روده آبزیان منجر شود البته اشکال نامنظم و لبه‌های تیز می‌تواند به دستگاه گوارش نفوذ کرده و باعث آسیب به دستگاه گوارش گردد. همه این تاثیرات می‌تواند باعث کاهش مصرف مواد غذایی گردیده و در نهایت منجر به گرسنگی و مرگ موجودات آبزی شوند (۳۹-۴۱). با این حال، شایع‌ترین منبع حضور میکرو پلاستیک‌ها در زنجیره مواد غذایی، غذاهای دریایی است. از آنجایی که میکروپلاستیک‌ها به طور خاص در آب‌ها در جریان هستند، معمولاً توسط ماهی‌ها و سایر موجودات دریایی مصرف می‌شوند. بعضی ماهی‌ها و آبزیان، پلاستیک را با غذا اشتباه می‌گیرند. این مواد شیمیایی می‌توانند درون کبد ماهی جمع شده و آن را سمی کنند (۶, ۱۶, ۴۲, ۴۳). مطالعه حاضر، اولین بررسی درباره آلودگی میکروپلاستیک در رودخانه قره‌سو اردبیل شامل نوع، اندازه، رنگ بوده و به لحاظ اهمیت اکوسیستم آبی رودخانه قره‌سو به عنوان منبع تامین آب منطقه و ورود پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اردبیل و فاضلاب شهرک صنعتی (۲) به این رودخانه در بالا دست و پایین دست مورد بررسی قرار گرفت.

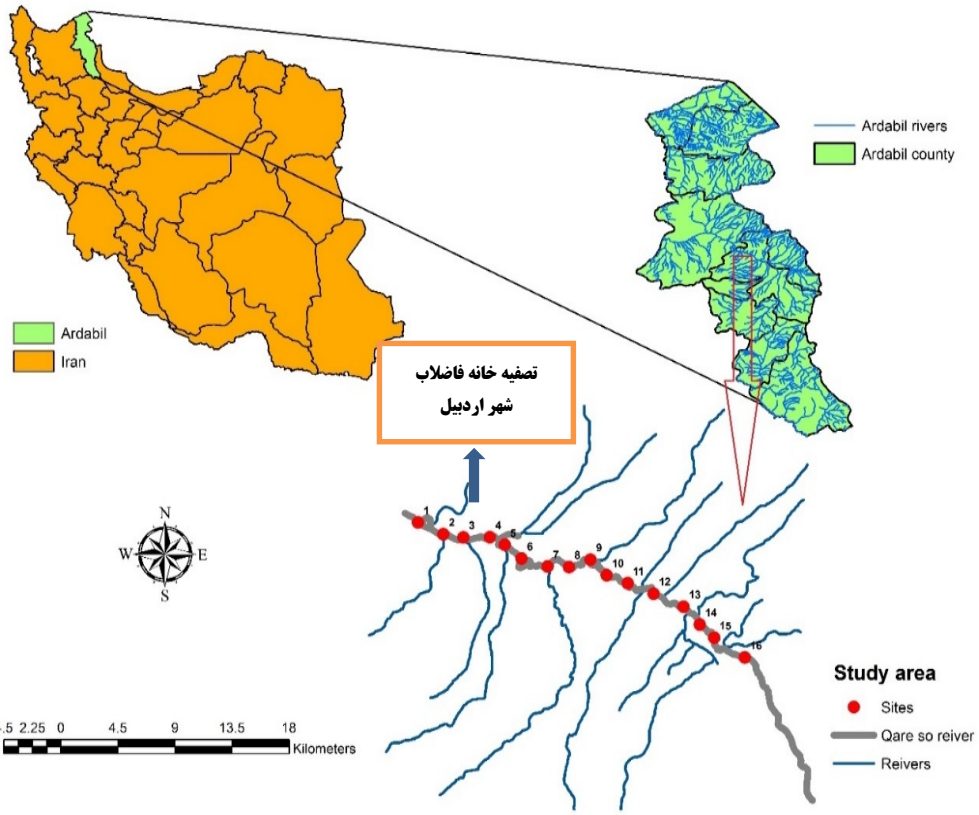
روش کار

حوضه آبریز رودخانه قره‌سو در استان اردبیل در محدوده جغرافیایی ′E ۴۷°۴۴ تا ′E ۴۸°۴۲ و ′N ۴۵° ۳۷ تا ′N ۳۸° ۳۶ قرار دارد. این رودخانه از ارتفاعات کوهستان‌های سبلان و باغرو سرچشمه گرفته و پس از بهم پیوستن رودخانه‌ها و مسیلهای محدوده دشت اردبیل، در محل ایستگاه هیدرومتری سامیان از دشت اردبیل خارج می‌شود. این رودخانه دائمی بوده و با طول ۲۵۵ کیلومتر جزو زیر شاخه‌های رود ارس از حوضه آبریز دریای خزر به شمار می‌رود و مساحت حوضه آبریز آن حدود ۴۱۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد.

این پژوهش از نوع مطالعه توصیفی- مقطعی بود که در آن آلودگی میکروپلاستیک در آب رودخانه قره‌سو مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه ۵ ایستگاه نمونه‌برداری تعیین و در هر ایستگاه ۳ نمونه به فاصله ۱۰۰ متر از همدیگر و مجموعاً ۱۵ نمونه برداشته شد. نقاط نمونه‌برداری براساس موقعیت تخلیه پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر اردبیل و فاضلاب

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

شهرک صنعتی در قبل و بعد از آن تعیین گردید. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری از آب رودخانه قره‌سو

جدول ۱. مختصات طول و عرض جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری و منابع احتمالی آلودگی رودخانه قره‌سو

محل نمونه‌برداری	شماره ایستگاه	عرض جغرافیایی (E)	طول جغرافیایی (N)	منابع احتمالی ورود میکروپلاستیک‌ها به رودخانه قره‌سو
کرکرق	S1	48/354259 E	38/366108 N	ورود پساب فاضلاب شهر اردبیل به رودخانه و پساب فاضلاب کشاورزی
سربند	S2	48/382838 E	38/366426 N	ورود پساب فاضلاب شهرک صنعتی ۲ اردبیل و پساب فاضلاب کشاورزی
انزاب سفلی	S3	48/349299 E	38/364927 N	در امتداد ورود فاضلاب روستا به رودخانه و پساب فاضلاب کشاورزی
دولت آباد	S4	48/315029 E	38/364051 N	در امتداد ورود فاضلاب روستا به رودخانه و پساب فاضلاب کشاورزی
سامیان	S5	48/246078 E	38/380811 N	در امتداد ورود فاضلاب روستا به رودخانه و پساب فاضلاب کشاورزی

نمونه‌ها از هر ایستگاه به طور تصادفی با استفاده از یک روش چند نقطه ای مخلوط گرفته شد (۴۴،۴۵). مطابق با پروتکل‌های استاندارد برای نمونه‌برداری میکروپلاستیک‌ها از محیط تا حد ممکن نقاط نمونه‌برداری بصورت پراکنده انتخاب گردیدند (۴۵). تمام نمونه‌های آب رودخانه این مطالعه در سال ۱۳۹۹ برداشته شده و نمونه‌های آب از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری و به مقدار ۲ لیتر به ظروف درب دار (قبلاً ظروف با آب دو بار تقطیر شسته شده بودند) منتقل گردید و از هر مکان سه نمونه، نمونه‌برداری شد (۴۷-۴۵). در هنگام نمونه‌برداری پلاستیک‌های که به وضوح مشاهده شدند و اندازه آنها بزرگتر از ۵

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

میلی‌متر بود (به عنوان مثال، بقایای بزرگ پلاستیکی، بقایای چوب و سنگ‌ها) به صورت دستی حذف گردید. نمونه‌ها بلافاصله در مدت زمان کمتر از یک ساعت به آزمایشگاه منتقل و در محیط آزمایشگاه در دمای ٤ درجه سانتیگراد نگهداری شد. برای از بین بردن آلودگی احتمالی، تمام تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده با آب دوبار تقطیر شستشو شدند و تجهیزات برای خشک شدن در زیر هود قرار گرفته و بلافاصله بعداز خشک شدن با فویل آلومینیومی پوشانده شدند (٤٥, ٤٨).

روش جداسازی تراکم به عنوان روش تجربی برای این مطالعه انتخاب شد. شناسایی میکروپلاستیک‌ها با استفاده از روش SMI[1] کوپاک[2] و همکاران صورت گرفت. میکروپلاستیک‌ها توسط دستگاه SMI از طریق شناورسازی از نمونه‌های آب جدا شدند. ابتدا ۱۰۰۰ میلی لیتر از آب به دستگاه SMI منتقل گردید و مقدار ۷۰۰ میلی لیتر محلول $ZnCl_2$ به آن اضافه گردید. محلول $ZnCl_2$ اشباع شده (چگالی $3/02-2/98 gcm^3$) به عنوان محلول شناور برای جداسازی میکروپلاستیک‌ها انتخاب گردید. تصمیم برای استفاده از محلول $ZnCl_2$ اشباع بر اساس چگالی زیاد آن بود (٤٩).

برای شناسایی و شمارش ذرات میکروپلاستیک، ابتدا لازم است که این ذرات از نمونه استخراج شوند. برای این منظور اول نمونه آب به دستگاه منتقل و سپس محلول پراکسیدهیدروژن ۳۰ درصد برای هضم موادآلی به آن اضافه و محلول با همزن مغناطیسی مخلوط گردید. سپس به مدت ٢٤ ساعت اجازه ته نشینی به محلول داده شد، محلولی که مشکوک به میکروپلاستیک بود توسط پمپ خلاء با فیلتر شماره ۰/٤٥ واتمن فیلتر شده و فیلتر حاوی میکروپلاستیک در آون در دمای ۷۰ درجه خشک شد. در نهایت فیلتربه پتری دیش منتقل گردید. پس از استخراج به روش ذکرشده با استفاده از استریومیکروسکوپ مدل OlympusSZX16 با بزرگنمایی ٤۰X مجهز به دوربین دیجیتالی تصویربرداری گردیدند. سپس، همه میکروپلاستیک‌های مشاهده شده بر اساس شکل‌ها، رنگ‌ها و اندازه‌های مختلف طبقه‌بندی و شمارش شدند. در این تحقیق برای آزمایش و آنالیز مورفولوژی میکروپلاستیک‌ها و شناسایی ترکیبات شیمیایی و ارائه تصاویر بی عیب و با بزرگنمایی بالا از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM استفاده شد.

یافته‌ها

در این تحقیق آب ۵ ایستگاه در رودخانه قره‌سو اردبیل در سال ۱۳۹۹ از لحاظ آلودگی میکروپلاستیکی در آب مورد بررسی قرار گرفت. انواع مختلفی از میکروپلاستیک‌ها از جمله فیبر، فرگمنت، گرانول و فیلم در آب مشاهده شدند. نتایج شمارش ذرات میکروپلاستیک در هر ایستگاه در جدول ۲ به تفکیک ایستگاه ارائه شده است.

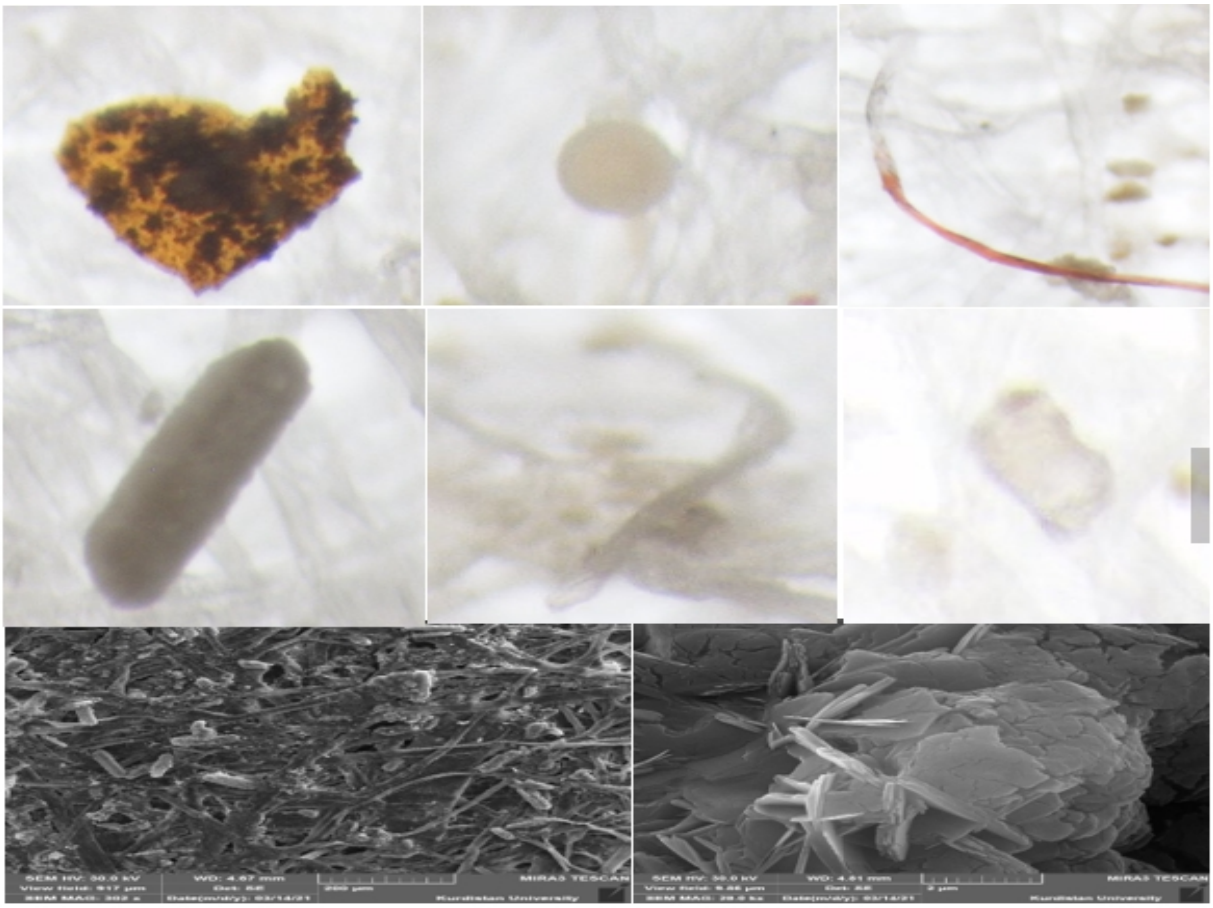
ذرات میکروپلاستیک در تمام نمونه‌های آب یافت شدند. فراوانی ذرات در ایستگاه‌های مختلف متغیر بود.

[1] Sediment-Micro Plastic Isolation
[2] Coppock

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

جدول ۲. درصد کل میکروپلاستیک‌های موجود درآب به تفکیک ایستگاه

مکان ایستگاه	نوع میکروپلاستیک‌ها (٪)			
	فیبر	فرگمنت	گرانول	فیلم
کرکرق	۳۹	٤٦	۱۱	٤
سربند	۵۵	۲۹	۱۰	۶
انزاب سفلی	۵۹	۳۰	۷	٤
دولت آباد	۵۸	۲۹	۱۰	۳
سامیان	۵٤	۳۵	۷	٤



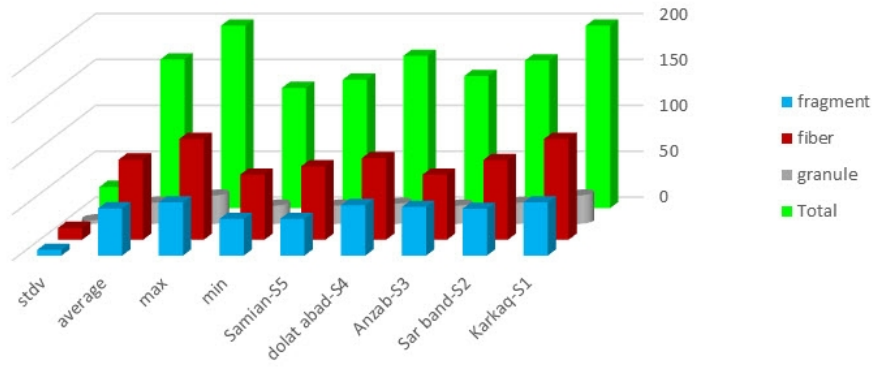
شکل ۲. شناسایی میکروپلاستیک‌ها در آب رودخانه قره‌سو اردبیل با استفاده از استریو میکروسکوپ و SEM

برخی از نمونه‌هایی میکروپلاستیک‌های شناسایی شده با استریو ومیکروسکوپ و میکروسکوپ روبشی (SEM) در شکل ۲ نمایش داده شده است. ذرات شناسایی شده با استفاده از SEM مورد بررسی قرار گرفتند تا اطمینان حاصل شود که این ذرات میکروپلاستیک هستند.

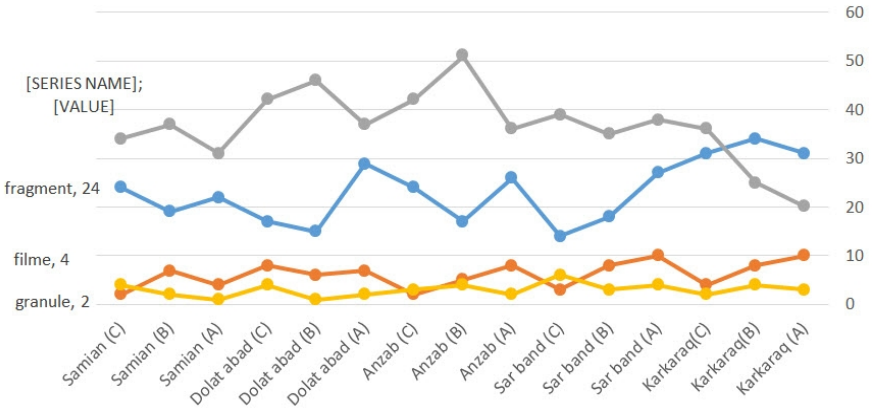
نتایج مربوط به میکروپلاستیک‌های بدست آمده در نمودار ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که فیبرها با میانگین ۵۳ درصد دارای بیشترین غلظت بودند، پس از آن به ترتیب فرگمنت با میانگین ۳۳/۸ درصد و گرانول با میانگین ۹ درصد و فیلم با میانگین ٤/۲ درصد دارای بیشترین غلظت در آب بودند که فراوانی آنها در ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه قره‌سو در نمودار ۱ و ۲ نشان داده شده است.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

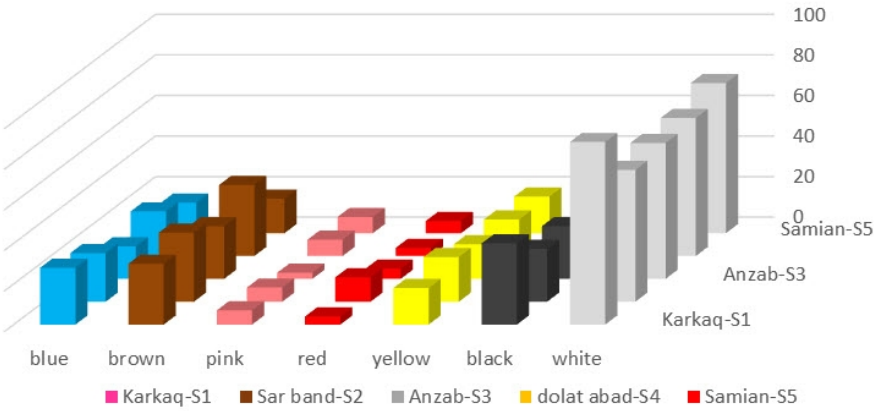


نمودار ۱. اشکال میکروپلاستیک درآب ایستگاه رودخانه قره‌سو اردبیل

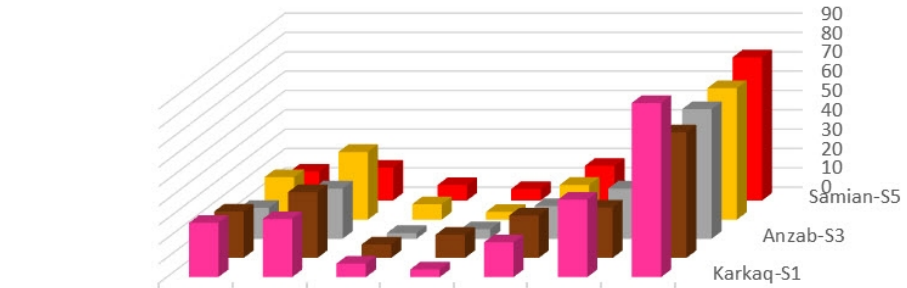


نمودار ۲. اشکال میکروپلاستیک شناسایی شده در ایستگاه رودخانه قره‌سو

نتایج نشان داد میکروپلاستیک‌های شناسایی شده در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه رنگ‌های متنوعی از جمله سفید، قهوه‌ای،آبی، سیاه، قرمز، زرد، سبز و شفاف را داشتند. همانطور که در نمودار ۳ و نمودار ٤ مشاهده می‌شود بیشترین درصد رنگ مشاهده‌شده در نمونه تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری رنگ سفید بود. تنوع رنگ میکروپلاستیک‌های شناسایی شده به علت ورود پساب تصفیه‌خانه شهر اردبیل و فاضلاب شهرک صنعتی می‌باشد که حاوی میکروپلاستیک‌های حاصل از شستشو و وسایل بهداشتی می‌باشد.



نمودار۳. میانگین درصد فروانی رنگ‌ها درمیکروپلاستیک‌های تمام ایستگاه‌ها

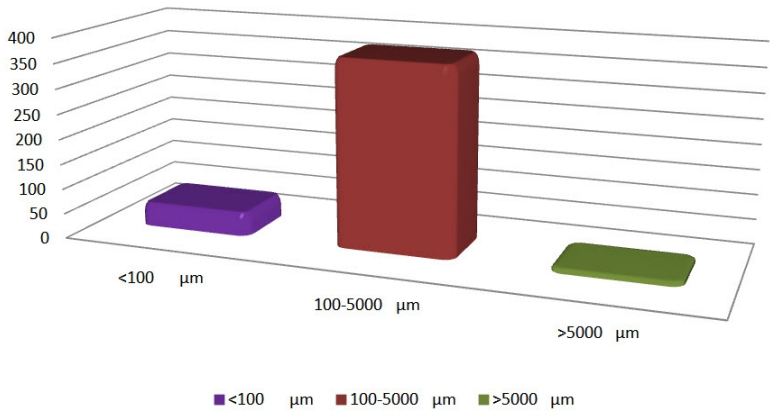


	blue	brown	pink	red	yellow	black	white
Karkaq-S1	28	30	7	4	18	40	90
Sar band-S2	24	34	7	12	22	26	65
Anzab-S3	16	26	3	5	17	26	67
dolat abad-S4	22	35	8	4	18	32	68
Samian-S5	15	17	8	6	18	22	74

نمودار ٤. رنگ میکروپلاستیک در ایستگاه‌های مورد مطالعه آب رودخانه قره‌سو اردبیل

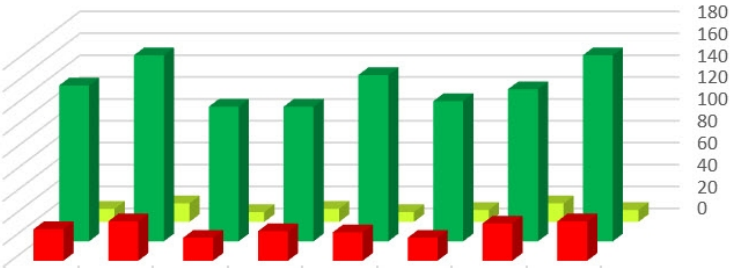
رنگ غالب میکروپلاستیک‌های یافت شده سفید/ قهوه‌ای و آبی/ سیاه درنمونه آب مورد مطالعه در رودخانه قره‌سو است که به ترتیب رنگ سفید (٤٥٪)، قهوه ای (١٣٪) ، آبی (١٣٪)، سیاه (٧٪)، زرد (٧٪)، شفاف (٢٪) و قرمز (٣٪) و سبز (٣٪) بودند. با توجه به اینکه اغلب پلاستیک‌های تولیدشده توسط بشر به رنگ سفید، آبی و سیاه هستند. مشاهده چنین نتایجی مبنی بر غالب بودن رنگ‌های مورد اشاره دور از انتظار نیست (نمودار ٣ و ٤). بطور کلی تنوع رنگ نشان دهنده منابع مختلف رهاسازی میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست است (٥١،٥٠). رنگی بودن ذرات میکروپلاستیک‌ها به طور خاص در آب‌های رودخانه در جریان هستند خطرات بالقوه برای موجودات زنده رودخانه به حساب می‌آیند، چرا که میکروپلاستیک‌های کوچک و رنگی ممکن است توسط آبزیان و پرندگان به عنوان غذا مصرف شوند و سلامت آنها را به خطر بیندازد (٦, ٥١).

همانطور که که در نمودار ٥ نشان داده شده است بیشترین درصد فراوانی (٨٧٪) میکروپلاستیک‌های به اندازه ذرات ٥٠٠٠-١٠٠ میکرومتر مربوط می‌شود و اندازه ذرات میکروپلاستیک کمتر از ١٠٠ میکرومتر ١١ درصد است و اندازه ذرات بالای ٥٠٠٠ میکرومتر در حدود ٢ درصد مشاهده شد (نمودار ٦). بدیهی است که اندازه ذرات غالب میکروپلاستیک‌ها در این مطالعه ٥٠٠٠-١٠٠ میکرومتر هستند. این میکروپلاستیک‌ها پتانسیل در حمل و نقل آلاینده‌ها، از جمله رادیو نوکلئیدها، سموم دفع آفات، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین و پایدار در محیط زیست را دارد (٥٢).



نمودار ٥. درصد فراوانی اندازه میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه قره‌سو اردبیل

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]



	average	max	min	Samian-S5	dolatabad-S4	Anzab-S3	Sarband-S2	Karkaq-S1
<100 µm	28.8	36	21	27	26	21	34	36
100- 5000 µm	142.4	170	123	123	152	128	139	170
>5000 µm	12	17	9	12	9	11	17	11

نمودار ۶. اندازه میکروپلاستیک‌ها در به تفکیک ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه قره‌سو اردبیل

میکروپلاستیک‌های کمتر از ۱۰۰ میکرومتر ۱۱ درصد و ۵۰۰۰-۱۰۰ میکرومتر ۸۷ درصد و بالای ۵۰۰۰ میکرومتر در حدود ۲ درصد در این مطالعه شناسایی گردید، این امر عمدتاً به دو دلیل است. اولاً، آب رودخانه با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اردبیل بطور گسترده‌ای مخلوط می‌گردد، این امر باعث افزایش میکروپلاستیک زیر ۵ میلی‌متر رودخانه قره‌سو شده است. ثانیاً، محصولات پلاستیکی در محیط زیست تحت تأثیر اشعه ماوراءِ بنفش، عوامل مکانیکی ناشی از عملکرد جریان باد، شرایط محیطی و فعالیت بیولوژیکی از طریق تشکیل بیوفیلم، در معرض سایش و تکه‌تکه‌شدن هستند (۴۴،۵۳).

در نهایت مشخص گردید که اندازه اکثر میکروپلاستیک‌ها در محدوده ۰/۰۱ تا ۵ میلی‌متر در آب سطحی رودخانه قره‌سو بود. توزیع میکروپلاستیک‌های در رسوبات رودخانه قره اردبیل این امر را تأیید می‌کند که میکروپلاستیک‌های موجود در رودخانه ارتباط مستقیم با تخلیه پساب تصفیه‌خانه شهر اردبیل و فاضلاب شهرک صنعتی به رودخانه قره‌سو را دارد.

بحث

این مطالعه برای اولین بار در رودخانه قره‌سو اردبیل از لحاظ آلودگی میکروپلاستیک انجام گرفت. نتایج نشان داد که فیبرها با میانگین ۵۳ درصد دارای بیشترین غلظت آلودگی میکروپلاستیک هستند و پس از آن به ترتیب فرگمنت با میانگین ۳۳/۸ درصد و گرانول با میانگین ۹ درصد و فیلم با میانگین ۴/۲ درصد دارای بیشترین غلظت در آب بودند. میکروپلاستیک استخراج شده در این تحقیق بیانگر غالب بودن فیبر و قطعه در آب رودخانه قره‌سو می‌باشد. مهمترین منبع ورود میکروپلاستیک‌های غالب به رودخانه قره‌سو به علت ورود پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اردبیل و فاضلاب شهرک صنعتی به رودخانه، بیشتر از ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب سطحی رودخانه یانگ تسه شهر چونگ کینگ کشور چین می‌باشد (۵۴).

بر اساس مطالعه شرر و همکاران (۵۵) در رودخانه‌ای در کشور آلمان حدود ۲۱/۵ درصد از میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده فیبر، ۳۴/۲ درصد فرگمنت، ۳۵/۵ درصد گرانول و ۹/۱ درصد فیلم بود که نشان‌دهنده غلظت اشکال فیبر میکروپلاستیک و فرگمنت تقریباً مشابه در رودخانه قره‌سو است. نتایج بدست‌آمده از تحقیق جی جیائو و همکاران (۴۳) در رودخانه وی[1] در چین نشان داد میکروپلاستیک‌ها از نوع فیبر (۸۳/۴٪)، فوم (۲/۲٪)،

[1] Wei

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

فرگمنت (۱۴/۴٪) گزارش شده است. میکروپلاستیک‌های از نوع فیبر عمدتاً از شستن لباس و سایر منسوجات مانند فرش‌های ماشینی و همچنین استفاده از محصولات مراقبت شخصی مانند خمیردندان و لایه‌بردار و ماسک صورت تولید می‌شوند و پساب فاضلاب بدون تصفیه وارد رودخانه می‌شود که این امر می‌تواند منبع مهم آلودگی میکروپلاستیک‌های از نوع فیبر در رودخانه باشد. همانطور که مشاهده می‌شود نوع میکروپلاستیک‌ها در رودخانه قره‌سو در برخی بیشتر، کمتر و یا تا حدودی برابر با نتایج مطالعات سایرین است. بررسی مورفولوژیکی میکروپلاستیک‌های استخراج‌شده از آب با فیبر و تا حدودی فرگمنت از استریومیکروسکوپ نشان داد که بیشتر اشکال میکروپلاستیک‌های شناسایی شده بصورت فیبر و قطعه در محدوده ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرومتر بودند.

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر، فراوانی و ویژگی‌های میکروپلاستیک در آب سطحی رودخانه قره‌سو اردبیل برای اولین بار جهت درک بهتر از دسترسی زیستی میکروپلاستیک‌ها به محیط آبی رودخانه در این منطقه از جهان مورد ارزیابی قرار گرفت. عاملی که باعث تمایز فراوانی و ویژگی‌های میکروپلاستیک در آب رودخانه قره‌سو اردبیل گردیده، ورود پساب تصفیه‌خانه شهر اردبیل و همچنین پساب فاضلاب شهرک صنعتی به این رودخانه می‌باشد. ورود میکروپلاستیک از منابع تصفیه‌خانه فاضلاب در رودخانه قره‌سو به عنوان تهدیدی جدی برای محیط زیست منطقه محسوب می‌شود. ناهمگونی در اشکال، رنگ‌ها، اندازه‌های ذرات، فراوانی و توزیع مکانی تاییدکننده راهیابی فاضلاب شهری و صنعتی به رودخانه قره‌سو بود.

با توجه به نتایج بدست آمده رودخانه قره‌سو در حوزه مورد مطالعه با چالش جدی زیست محیطی مواجه بوده و عملاً یک بحران در آن رقم خورده است. لذا در جهت جلوگیری از آسیب‌های بیشتر نیاز به اقدامات عملی در کنترل پساب ورودی به این رودخانه در حد استاندارد محیط زیست می‌باشد. لذا ضروری است که در این خصوص اقدامات کنترلی، پیشگیری و پایش توسط سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت بهداشتی دانشگاه، انجمن‌های خصوصی حامی محیط زیست و مردم نهاد صورت گیرد. لزوم توجه مسئولین جهت پیگیری میزان وجود و پراکندگی آلاینده‌های میکروپلاستیک بیش از پیش احساس می‌گردد و همچنین مطالعات در مورد میزان انباشت و زمان ماندگاری میکروپلاستیک‌ها در ارگانیسم‌ها برای درک میزان انتقال میکروپلاستیک‌ها در شبکه‌های غذایی مورد نیاز می‌باشد. بنابراین ارزیابی دقیق مضرات میکروپلاستیک برای سلامتی انسان غیرممکن است. لذا تحقیقات آینده باید خصوصیات زیست محیطی واقعی را ایجاد کند تا سازوکارهای ارزیابی در سطوح مختلف، از سلول‌ها تا جمعیت، ایجاد شود تا پایه‌ای برای معیارهای زیست‌محیطی و ارزیابی ریسک سلامت انسان فراهم شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی و مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله اثر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از کلیه اساتید و دوستانی که در کمال صداقت و صمیمیت، در طول اجرای این تحقیق محققین را مورد حمایت‌های علمی و فنی خود قرار دادند تشکر و قدردانی می‌گردد. این مقاله مستخرج از رساله دکترای تخصصی آقای نورالدین قنبری تپه

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

در واحد دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل می باشد که با کـد ۱۱۹۴۸۱۴۶۲۶۴۴۱۸۱۱۳۹۹۱۷۳۲۳ در مورخـه ۱۳۹۹/۴/۹ در شورای پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل به تصویب رسیده است.

References

1- Li Y, Zhang Y, Chen G, Xu K, Gong H, Huang K, et al. Microplastics in Surface Waters and Sediments from Guangdong Coastal Areas, South China. Sustainability. 2021;13(5):2691.
2- Ojaghi A, Fataei E, Asl SG, Imani AA. Investigating the effects of hospital waste on coastal areas: A suitable solution for its sanitary disposal.
3- Zaki MRM, Ying PX, Zainuddin AH, Razak MR, Aris AZ. Occurrence, abundance, and distribution of microplastics pollution: an evidence in surface tropical water of Klang River estuary, Malaysia. Environmental Geochemistry and Health. 2021:1-16.
4- Trowsdale A, Housden T, Meier B. Seven charts that explain the plastic pollution problem. Retrieved July. 2017;11:2018.
5- Vermeiren P, Muñoz C, Ikejima K. Microplastic identification and quantification from organic rich sediments: A validated laboratory protocol. Environmental Pollution. 2020;262:114298.
6- Baztan J, Bergmann M, Carrasco A, Fossi MC, Jorgensen B, Miguelez A, et al. MICRO 2018 Fate and Impact of Microplastics: Knowledge, Actions and Solutions. 2018.
7- Brittain H. Optimisation of a Method to Quantify Microplastics in Inter-tidal Sediments Around Jersey, Channel Islands: University of Southampton; 2018.
8- Kutralam-Muniasamy G, Pérez-Guevara F, Elizalde-Martínez I, Shruti V .Review of current trends, advances and analytical challenges for microplastics contamination in Latin America. Environmental Pollution. 2020:115463.
9- Moeeni M, Omrani G, Khorasani N, Arjomandi R. Identifying and prioritizing the factors influencing industrial waste management using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP). Anthropogenic Pollution Journal. 2020;4(2):35-43.
10- Konechnaya O, Lüchtrath S, Dsikowitzky L, Schwarzbauer J. Optimized microplastic analysis based on size fractionation, density separation and μ-FTIR. Water Science and Technology. 2020;81(4):834-44.
11- Krauskopf L-M, Hemmerich H, Dsikowitzky L, Schwarzbauer J. Critical aspects on off-line pyrolysis-based quantification of microplastic in environmental samples. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2020;152:104830.
12- Luo W, Su L, Craig NJ, Du F, Wu C, Shi H. Comparison of microplastic pollution in different water bodies from urban creeks to coastal waters. Environmental pollution. 2019;246:174-82.
13- Wang T, Wang J, Lei Q, Zhao Y, Wang L, Wang X, et al. Microplastic pollution in sophisticated urban river systems: Combined influence of land-use types and physicochemical characteristics. Environmental Pollution. 2021:117604.
14- Pojar I, Stănică A, Stock F, Kochleus C, Schultz M, Bradley C. Sedimentary microplastic concentrations from the Romanian Danube River to the Black Sea. Scientific reports. 2021;11(1):1-9.
15- Schröder K, Kossel E, Lenz M. Microplastic abundance in beach sediments of the Kiel Fjord, Western Baltic Sea. Environmental Science and Pollution Research. 2021:1-14.
16- Wagner M, Lambert S. Freshwater microplastics: emerging environmental contaminants?: Springer Nature; 2018.
17- Zhang L, Liu J, Xie Y, Zhong S, Yang B, Lu D, et al. Distribution of microplastics in surface water and sediments of Qin river in Beibu Gulf, China. Science of The Total Environment. 2020;708:135176.
18- Primpke S, Christiansen SH, Cowger W, De Frond H, Deshpande A, Fischer M, et al. Critical assessment of analytical methods for the harmonized and cost-efficient analysis of microplastics. Applied spectroscopy. 2020;74(9):1012-47.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

19- Yu L, Zhang J, Liu Y, Chen L, Tao S, Liu W. Distribution characteristics of microplastics in agricultural soils from the largest vegetable production base in China. Science of The Total Environment. 2021;756:143860.
20- Zhang X, Li S, Liu Y, Yu K, Zhang H, Yu H, et al. Neglected microplastics pollution in the nearshore surface waters derived from coastal fishery activities in Weihai, China. Science of The Total Environment. 2021;768:144484.
21- Galgani F, Brien AS-o, Weis J, Ioakeimidis C, Schuyler Q, Makarenko I, et al. Are litter, plastic and microplastic quantities increasing in the ocean? Microplastics and Nanoplastics. 2021;1(1):1-4.
22- Yogalakshmi KN, Singh S. Plastic Waste: Environmental Hazards, Its Biodegradation, and Challenges. Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety: Springer; 2020. p. 99-133.
23- Dris R. First assessement of sources and fate of macro and micro plastics in urban hydrosystems: Case of Paris megacity: Université Paris-Est; 2016.
24- Çullu AF, Sönmez VZ, Sivri N. Microplastic contamination in surface waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and areal distribution. Environmental Pollution. 2021;268:115801.
25- Rochman CM, Brookson C, Bikker J, Djuric N, Earn A, Bucci K, et al. Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. Environmental toxicology and chemistry. 2019;38(4):703-11.
26- Ding J, Li J, Sun C, Jiang F, Ju P, Qu L, et al. Detection of microplastics in local marine organisms using a multi-technology system. Analytical Methods. 2019;11(1):78-87.
27- Xu Q, Deng T, LeBlanc GA, An L. An effective method for evaluation of microplastic contaminant in gastropod from Taihu Lake, China. Environmental Science and Pollution Research. 2020;27(18):22878-87.
28- Miller E, Sedlak M, Lin D, Box C, Holleman C, Rochman CM, et al. Recommended best practices for collecting, analyzing, and reporting microplastics in environmental media: Lessons learned from comprehensive monitoring of San Francisco Bay. Journal of Hazardous Materials. 2021;409:124770.
29- Raubenheimer K. Towards an improved framework to prevent marine plastic debris. 2016.
30- Windsor FM, Durance I, Horton AA, Thompson RC, Tyler CR, Ormerod SJ. A catchment-scale perspective of plastic pollution. Global Change Biology. 2019;25(4):1207-21.
31- Singh R, Mehrotra T, Bisaria K, Sinha S. Environmental hazards and biodegradation of plastic waste: challenges and future prospects. Bioremediation for Environmental Sustainability: Elsevier; 2021. p. 193-214.
32- Critchell KL. Using hydrodynamic models to understand the impacts and risks of plastic pollution: James Cook University; 2018.
33- Avio CG, Gorbi S, Regoli F. Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. Marine environmental research. 2017;128:2-11.
34- Suaria G, Avio CG, Mineo A, Lattin GL, Magaldi MG, Belmonte G, et al. The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters. Scientific reports. 2016;6:37551.
35- Horton AA, Cross RK, Read DS, Jürgens MD, Ball HL, Svendsen C, et al. Semi-automated analysis of microplastics in complex wastewater samples. Environmental Pollution. 2021;268:115841.
36- Yu Q, Hu X, Yang B, Zhang G, Wang J, Ling W. Distribution, abundance and risks of microplastics in the environment. Chemosphere. 2020:126059.
37-.۳۷Huang B, Sun L, Liu M, Huang H, He H, Han F, et al. Abundance and distribution characteristics of microplastic in plateau cultivated land of Yunnan Province, China. Environmental Science and Pollution Research. 2021;28(2):1675-88.
38- Alimi OS, Farner Budarz J, Hernandez LM, Tufenkji N. Microplastics and nanoplastics in aquatic environments: aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport. Environmental science & technology. 2018;52(4):1704-24.
39- Yu Q, Hu X, Yang B, Zhang G, Wang J, Ling W. Distribution, abundance and risks of microplastics in the environment. Chemosphere. 2020;249:126059.
40- Niu L ,Li Y, Li Y, Hu Q, Hu J, Zhang W, et al. New insights into the vertical distribution and microbial degradation of microplastics in urban river sediments. Water Research. 2021;188:116449.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]

41- Bujaczek T, Kolter S, Locky D, Ross MS. Characterization of microplastics and anthropogenic fibers in surface waters of the North Saskatchewan River, Alberta, Canada. FACETS. 2021;6(1):26-43.
42- Leal Filho W, Salvia AL, Bonoli A, Saari UA, Voronova V, Klõga M, et al. An assessment of attitudes towards plastics and bioplastics in Europe. Science of the Total Environment. 2021;755:142732.
43- Jiao J, Hu H, Chen G, Yang Z, editors. Microplastics in surface waters of the Wei River, China. E3S Web of Conferences; 2021: EDP Sciences.
44- Zhou Q, Tu C, Fu C, Li Y, Zhang H ,Xiong K, et al. Characteristics and distribution of microplastics in the coastal mangrove sediments of China. Science of The Total Environment. 2020;703:134807.
45- Uddin S, Fowler SW, Saeed T, Naji A, Al-Jandal N. Standardized protocols for microplastics determinations in environmental samples from the Gulf and marginal seas. Marine pollution bulletin. 2020;158:111374.
46- Jiang J, Wang X, Ren H, Cao G, Xie G, Xing D, et al. Investigation and fate of microplastics in wastewater and sludge filter cake from a wastewater treatment plant in China. Science of The Total Environment. 2020;746:141378.
47- Stock F, Kochleus C, Bänsch-Baltruschat B, Brennholt N, Reifferscheid G. Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment–A review. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2019;113:84-92.
48- Naji A, Esmaili Z, Mason SA, Vethaak AD. The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. Environmental Science and pollution research. 2017;24(25):20459-68.
49- Lusher AL, Munno K, Hermabessiere L, Carr S. Isolation and Extraction of Microplastics from Environmental Samples: An Evaluation of Practical Approaches and Recommendations for Further Harmonization. Applied Spectroscopy. 20.65-1049:(9)74;20
50- Sekudewicz I, Dąbrowska AM, Syczewski MD. Microplastic pollution in surface water and sediments in the urban section of the Vistula River (Poland). Science of The Total Environment. 2021;762:143111.
51- Renner KO. Particle size analysis, quantification and identification of microplastics in selected consumer products: A critical comparison of methods and analytical techniques: Brunel University London; 2018.
52- Al-Thawadi S. Microplastics and nanoplastics in aquatic environments: challenges and threats to aquatic organisms. Arabian Journal for Science and Engineering. 2020;45(6):4419-40.
53- Ziajahromi S, Neale PA, Silveira IT, Chua A, Leusch FD. An audit of microplastic abundance throughout three Australian wastewater treatment plants. Chemosphere. 2021;263:128294.
54- Fan J, Zou L, Zhao G. Microplastic abundance, distribution, and composition in the surface water and sediments of the Yangtze River along Chongqing City, China. Journal of Soils and Sediments. 2021:1-12.
55- Scherer C, Weber A, Stock F, Vurusic S, Egerci H, Kochleus C, et al. Comparative assessment of microplastics in water and sediment of a large European river. Science of The Total Environment. 2020;738:139866.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23829710.1401.13.2.4.4]
[DOI: 10.52547/j.health.13.2.199]