Journal of Research in Environmental Health

Volume 6, Issue 1, Spring 2020

Micro-plastics as a new Challenge in Water Resource Management; Various forms and Removal Methods, (A review study)

ABSTRACT

Background and Aim: Nowadays the production of plastic materials has dramatically increased with the growth of population and the development of industry in the world. Micro-plastics are released into the environment by the decomposition of plastic materials. The World Health Organization (WHO) has called these particles emerging pollutants due to their highly durable and bioaccumulative nature . The present study reviews the characteristics, health hazards, values, as well as the efficiency of different methods of eliminating micro-plastics in aquatic environments.

Materials and Methods: In this literature review, the keywords Micro-plastic, Water-drinking, Pollution, and Removal were searched and studied in articles from 2000 to 2020 published by Pubmed, Google scholar, Science direct, and Scopus.

Results: Studies showed that in addition to the food chain, this pollutant is also present in bottled drinking water, which can affect human health, the environment and living organisms in aquatic environments.

Conclusion: Results of this study showed that existent microplastic in the food chain and drinking water is due to their presence in the environment. Therefore, they can affect human health, the environment and other organisms that live in aquatic environments.

Article type: A Literature review.

Keywords: Emerging Pollutants, Micro-plastics, Water Resources.

Amin Kishipour
Msc in Environmental health, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

Roqiyeh Mostafaloo
Msc in Environmental health, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

Yalda Arast
Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

Mahdi Asadi-Ghalhari
Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.
(Corresponding author):
E-mail: mehdi.asady@gmail.com

Received: 2020/04/25
Accepted: 2020/06/05

Document Type: Research article

▶ **Citation:** Kishipour A, Mostafaloo R, Arast Y, Asadi-Ghalhari M. Micro-plastics as a new challenge in water resource management; various forms and removal methods, (A review study). *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2020;6 (1):34-44.

www.SID.ir

Archive of SID

میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک چالش جدید در مدیریت منابع آبی: اشکال مختلف و روش‌های حذف آنها (یک مطالعه مروری)

امین کیشی‌پور
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

رقیه مصطفی‌لو
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

یلدا ارست
استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

مهدی اسدی قالهری
* استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.(نویسنده مسئول): پست الکترونیک:
mehdi.asady@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۶

نوع مقاله: مقاله مروری

چکیده

زمینه و هدف: امروزه تولید مواد پلاستیکی با رشد جمعیت و توسعه صنعت در جهان چندین برابر شده است. میکروپلاستیک‌ها بر اثر تجزیه مواد پلاستیکی در محیط رها می‌شوند. سازمان جهانی بهداشت به‌دلیل ماندگاری زیاد و خاصیت تجمعی زیستی این ذرات، آنها را آلاینده نوظهور نامیده است. مطالعه حاضر با هدف مروری بر مطالعات انجام شده در مورد ویژگی‌ها، مخاطرات بهداشتی، مقادیر و همچنین کارایی روش‌های مختلف حذف میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مروری، جهت یافتن مقالات مرتبط پایگاه‌های داده PubMed ، Google scholar، Science direct و Scopus با استفاده از کلمات کلیدی Micro-plastic، Drinking-water، Pollution و Removal بین سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۰ مورد جستجو قرار گرفتند.

یافته‌ها: مطالعات نشان می‌دهد میکروپلاستیک ها در محیط زیست علاوه بر زنجیره غذایی، در آب‌های آشامیدنی بطری شده نیز وجود دارد که می‌تواند سلامت انسان، محیط زیست و جانداران ساکن در محیط‌های آبی را تحت تأثیر قرار دهد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعات نشان داد که میکروپلاستیک ها در زنجیره غذایی و آب شرب وارد شده اند که این مسئله ناشی از حضور انها در محیط زیست است. بنابراین می‌توانند بر سلامت انسان، محیط زیست و جانداران ساکن در محیط‌های آبی اثر بگذارد.

کلید واژه‌ها: آلاینده نوظهور، منابع آب، میکروپلاستیک

◀ **استناد:** کیشی‌پور الف، مصطفی‌لو ر، ارست ی، اسدی قالهری م. میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک چالش جدید در مدیریت منابع آبی: اشکال مختلف و روش‌های حذف آنها (یک مطالعه مروری). *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۳۹۹؛۶ (۱): ۳۴-۴۴.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مواد پلاستیکی، موادی هستند که تولید آنها طی ۱۵ سال گذشته افزایش یافته است. با توجه به نرخ رشد جمعیت در جهان و میزان مصرف فعلی تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۲۵، مقدار تولید پلاستیک ۲ برابر و تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۳ برابر افزایش یابد (۱). پلاستیک‌ها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم برای ساخت الیاف مصنوعی، کف، روکش، چسب چوب و غیره استفاده می‌شوند. در اروپا، بیشترین کاربرد پلاستیک‌ها به‌ترتیب در بسته‌بندی (۳۸٪)، در ساخت‌وساز و ساختمان (۲۱٪)، در خودروسازی (۷٪)، در صنعت الکترونیک (۶٪) و در سایر بخش‌ها مانند پزشکی، تفریحی، ورزشی، آرایشی و بهداشتی (۲۸٪) است (۲). پلاستیک در جامعه امروزی مزایای بسیاری برای سلامت انسان و محیط زیست دارد به‌عنوان مثال بسته‌بندی پلاستیکی باعث جلوگیری از هدر رفتن مواد غذایی و یا آلوده شدن آنها شده و در نتیجه موجب صرفه‌جویی در منابع می‌گردد. وزن سبک بسته‌بندی‌های پلاستیکی در مقایسه با سایر مواد نفتی باعث کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل‌ونقل می‌شود. مواد پلاستیکی با چگالی کم، جایگزین قطعات فلزی در اتومبیل و هواپیما شده است که مصرف سوخت و انتشار آلودگی را کاهش داده است. لباس‌های حفاظت فردی و تجهیزات ایمنی مانند کلاه، کیسه‌های هوا و ... مانعی در مقابل صدمات به انسان هستند. همچنین در علم پزشکی از پلاستیک برای تولید کیسه‌های خون، لوله‌ها، سرنگ‌های یک‌بار مصرف و پروتزها استفاده شده است (۳). با وجود مزایای بسیار پلاستیک‌ها، افزایش تولید آن طی سال‌های اخیر موجب تولید انبوهی از زباله‌های پلاستیکی در محیط شده است که دوام، ماندگاری و سرعت پایین بازیافت آنها موجب بروز معضلات زیست محیطی گردیده است (۴، ۵). امروزه حضور این مواد در محیط زیست به‌عنوان آلاینده‌های نوظهور شناخته می‌شود و در محیط‌های دریایی در سراسر جهان یافت می‌شوند (۶). تاکنون وجود بیش از ۲۵۰۰۰۰ تن زباله پلاستیکی در دریاها تخمین زده شده است (۷). این مقدار حدود ۶۰-۸۰ درصد از کل آلاینده‌هایی است که بشر به محیط‌های آبی وارد می‌کند (۸، ۹). زباله‌های پلاستیکی در دریاها، بر اساس اندازه به دو گروه ماکروپلاستیک و میکروپلاستیک تقسیم می‌شوند. میکروپلاستیک‌ها به ذرات پلاستیکی با اندازه کمتر از ۵ میلی‌متر گفته می‌شود که به‌دلیل کوچک بودن، عدم وجود فناوری کافی در حذف و همچنین پتانسیل ایجاد عوارض جانبی، از اهمیت بیشتری برخوردارند (۱۰-۱۲). اگرچه میکروپلاستیک‌ها در محیط شناسایی می‌شوند، اما در مورد خطرات آنها مطالعات کافی وجود ندارد. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در ارزیابی خطرات این ذرات بر روی انسان و محیط زیست، متغیر بودن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ترکیب و غلظت آنهاست (۱۳، ۱۴). علاوه بر آن شناسایی میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی کار دشواری است و روش‌های استانداردی برای آن تعریف نشده است. مطالعه حاضر با هدف مروری بر میکروپلاستیک‌ها به‌عنوان چالشی جدید در مدیریت منابع آبی، اشکال مختلف و روش‌های حذف آنها انجام شد.

روش کار

در این مطالعه مروری، جهت یافتن مقالات مرتبط پایگاه‌های داده Science direct، Google scholar، PubMed و Scopus با استفاده از کلمات کلیدی Drinking-water، Pollution، Micro-plastic و Removal بین سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۰ مورد جستجو قرار گرفتند. معیارهای انتخاب مقالات، در دسترس بودن، توجه به حضور میکروپلاستیک در آب آشامیدنی و مخاطرات ایجاد شده برای سلامت انسان و موجودات آبزی بود. پس از انتخاب مقالات، ابتدا به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میکروپلاستیک‌ها و مقادیر شناسایی شده آنها در منابع آبی پرداخته شد. سپس مخاطرات اکولوژیکی و اقتصادی که این آلاینده می‌تواند برای انسان و محیط زیست به‌وجود آورد، مورد توجه قرار گرفت. در پایان نیز روش‌های حذف این آلاینده در منابع آبی بررسی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

بر اساس نتایج جستجو در پایگاه‌های داده، حدود ۲۳۸ مقاله یافت شد که مورد مطالعه قرار گرفت. از این تعداد مقالات ۷۶ مقاله انتخاب و سایر مقالات نامرتبط از مطالعه حذف شدند. از مقالات انتخاب شده، ۶ مقاله مروری و ۷۰ مقاله اصلی بود که نتایج بررسی این مقالات به صورت زیر گزارش شد.

طبقه‌بندی و ویژگی‌های پلاستیک‌ها

میکروپلاستیک‌ها طیف گسترده و ناهمگنی از مواد با ترکیب شیمیایی، اشکال، رنگ‌ها، اندازه و تراکم‌های متفاوت را در برمی‌گیرند (۱۵، ۱۶). این ویژگی‌ها، از مهم‌ترین عوامل جابجایی و توزیع میکروپلاستیک‌ها در محیط است و ممکن است سمیت، ردیابی و شناسایی این آلاینده را پیچیده‌تر کند (۱۳، ۱۷).

ترکیب شیمیایی و تراکم میکروپلاستیک‌ها

پلاستیک‌ها در واقع پلیمرهایی هستند که از واکنش اجزای کوچک‌تر به نام مونومرها ایجاد می‌شوند. در ساخت پلاستیک‌ها، معمولاً پلیمرها با مواد افزودنی مانند رنگ‌ها، تثبیت کننده‌ها، پرکننده و تقویت کننده‌ها ترکیب می‌شوند. این مواد افزودنی روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پلاستیک تأثیر می‌گذارد (۲). ترکیب پلاستیک به نوع پلیمر اشاره دارد که به نوبه خود دانسیته زباله‌ها را تعیین می‌کند (۴). دانسیته پلیمرها به محل قرار گرفتن آن در ستون آب اشاره دارد (۱۸). پلاستیک‌های با دانسیته کم، مانند پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن، زباله‌هایی تولید می‌کنند که تراکم کمتری از آب داشته و بر روی آب شناور می‌شود، در حالی که پلاستیک‌های متراکم‌تر، تمایل به غرق شدن در آب دارند که شامل: پلی‌اتیلن ترفتالات، پلی‌وینیل کلراید، پلی‌آمید و پلی‌استایرن می‌باشند (۱۹، ۲۰). در جدول ۱ به دانسیته پلیمرهای پرمصرف اشاره شده است. پلاستیک‌های با دانسیته بیش از ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب در آب غرق می‌شوند (۱۸).

جدول ۱. مقادیر دانسیته پلاستیک‌های مختلف در دمای اتاق (۱۶، ۲۰، ۲۱)

نوع پلیمر	علامت اختصاری		مقدار دانسیته (گرم بر سانتی مترمکعب)
پلی‌پروپیلن	PP	Polypropylene	۰/۹۲ -۰/۸۵
پلی‌اتیلن با دانسیته پایین	LDPE	Low density polyethylene	۰/۹۳ -۰/۸۹
پلی‌اتیلن با دانسیته بالا	HDPE	High density polyethylene	۰/۹۸ -۰/۹۴
پلی‌استایرن	PS	Polystyrene	۱/۰۶ -۱/۰۴
پلی‌آمید	PA	Poly amid	۱/۱۶ -۱/۱۳
پلی‌متیل متاکریلیک	PMMA	Methacrylic polymethyl	۱/۲۰ -۱/۱۶
پلی‌اورتان	PUR	Polyurethane	۱/۲
پلی‌وینیل کلراید	PVC	Polyvinyl chloride	۱/۴۱ -۱/۳۸
پلی‌اتیلن ترفتالات	PET	Polyethylene terephthalate	۱/۴۱ -۱/۳۸
پلی‌ترافلوئوراتیلن	PTFE	Polytrafluoroethylene	۲/۲-۱/۳

در حال حاضر، از میان پلاستیک‌ها بیشترین تقاضا به‌ترتیب مربوط به برای پلی‌اتیلن (۳۶٪)، پلی‌پروپیلن (۲۱٪)، پلی‌وینیل کلراید (۱۲٪) و بقیه برای پلی‌استایرن، پلی‌اتیلن ترفتالات، پلی‌اورتان و سایر پلیمرها می‌باشد (۲۲). نتایج مطالعات نشان‌دهنده آن است که نوع پلیمرهای شناسایی شده در محیط آبی نیز مطابق با بیشترین تقاضای این پلاستیک‌هاست (۲۳، ۲۴). جدول ۲ به نتایج برخی مطالعات در مورد شناسایی میکروپلاستیک‌ها در آب آشامیدنی بر اساس نوع پلیمر اشاره می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

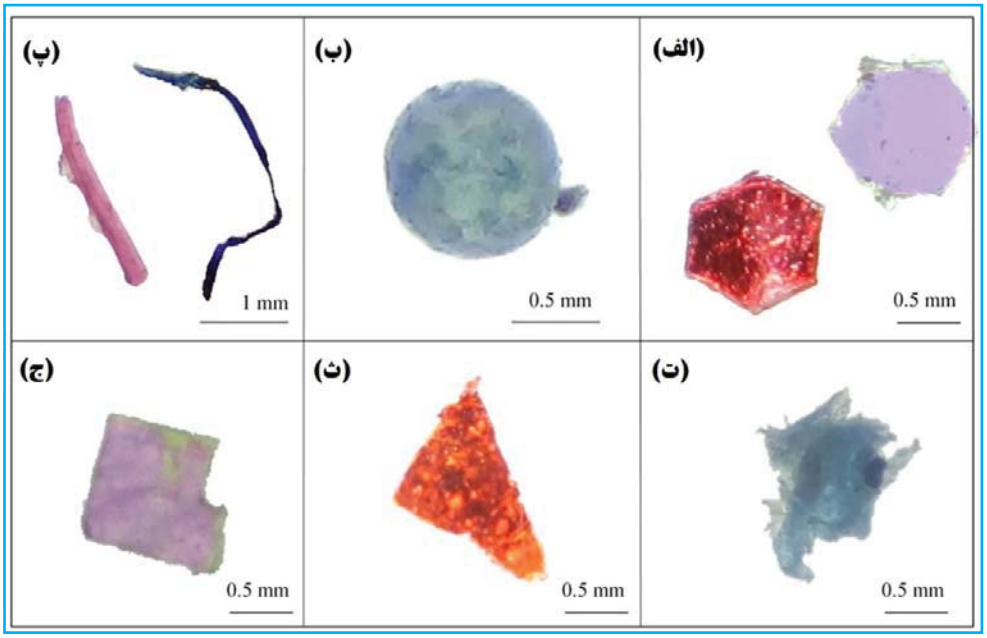
جدول ۲. میکروپلاستیک‌های شناسایی شده در آب شرب بر اساس نوع پلیمر

نوع آب	نوع پلیمر	ذره در لیتر نمونه	منبع مطالعه
آب بطری شده - بطری شیشه‌ای - بطری PET - بطری بازیافتی PET	PET در بطری‌های پلاستیکی و PE و استایرن در بطری شیشه‌ای	۶۲۹۲-۳۰۷۴ ۲۶۴۹ ۴۸۸۹	اوبمان و همکاران (۲۰۱۸) (۲۵)
تصفیه‌خانه آب (منبع آب سطحی) (۳ منبع)	انواع PET، PP، PE و پلی‌آکریل آمید	۶۲۸ ۳۳۸ ۳۶۹	پیوکونسکای و همکاران (۲۰۱۸) (۲۶)
منبع آب زیرزمینی	انواع PET، PP، PE، PUR و پلی‌آکریل آمید	۱۰۰-۱۰	استراند و همکاران (۲۰۱۸) (۲۷)
منبع آب زیرزمینی	انواع PS، PA، PE و PVC	۲۰	مینتینگ و همکاران (۲۰۱۹) (۲۸)
آب بطری شده	PP (٪۵۴)	>۱۰۰	ماسون و همکاران (۲۰۱۸) (۲۹)

اشکال و رنگ میکروپلاستیک‌ها

میکروپلاستیک‌ها از نظر منبع ذرات به دو گروه اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. ذرات اولیه، ذراتی هستند که در محدوده اندازه میکروپلاستیک تولید شده‌اند مانند، ذرات استفاده شده در مواد آرایشی و پوشاک (۳۰، ۳۱)، در حالی که ذرات ثانویه ناشی از تکه‌تکه شدن پلاستیک‌های بزرگ‌تر تحت تأثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی مانند؛ زیست تخریبی، آب کافت، تخریب اکسایشی، تخریب نوری، تخریب گرمایشی و یا ضربه و ساییدگی به‌وجود می‌آید (۱۷، ۳۲).

بقایای پلاستیک‌ها در محیط، طیف گسترده‌ای از اشکال را شامل می‌شود. رایج‌ترین اشکال میکروپلاستیک‌ها در محیط به فرم میله‌ای، گرانوله و چندضلعی می‌باشد (۳۲). شکل ۱، تصویری از برخی اشکال شناسایی شده میکروپلاستیک در محیط را نشان می‌دهد (۳۳). معمولاً شکل بقایای میکروپلاستیک‌های اولیه در محیط تغییر چندانی نمی‌کند و مشابه شکل اولیه خود باقی می‌ماند (۳۴).



شکل ۱. اشکال مختلف میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی؛ الف) چندضلعی، ب) کروی، پ) میله‌ای یا فیبری، ت) بی‌نظم، ث) مثلثی، ج) مربعی

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه میکروپلاستیک‌ها

میکروپلاستیک‌ها بیشتر بر اساس اندازه ذرات تعریف می‌شوند. به‌طور کلی میکروپلاستیک‌ها، به ذرات پلیمری جامد نامحلول در آب گفته می‌شود که اندازه آنها کمتر از ۵ میلی‌متر است (۱۰، ۳۳). محدوده دقیقی برای کوچک‌ترین ابعاد میکروپلاستیک‌ها ارائه نشده است، اما ذرات کمتر از ۱ میلی‌متر عموماً به‌عنوان نانوپلاستیک‌ها شناخته می‌شوند (۳۵).

مقادیر شناسایی شده میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی

امروزه حضور میکروپلاستیک‌ها در محیط فراگیر شده و در آب‌های سطحی، زیرزمینی، فاضلاب، موادغذایی، هوا، خاک و حتی آب‌های بطری شده نیز تشخیص داده شده‌اند (۳۶). جدول ۳ به نتایج برخی مطالعات در مورد مقادیر شناسایی شده میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی اشاره دارد. مطابق جدول ۳، حضور این آلاینده از نظر تعداد و اندازه ذره، دامنه گسترده‌ای را شامل می‌شود.

جدول ۳. مقادیر شناسایی شده میکروپلاستیک در محیط‌های آبی

نوع نمونه	محل اندازه‌گیری	ذره در لیتر نمونه	اندازه ذرات	رفرنس
آب بطری شده و خام	ورودی و خروجی تصفیه‌خانه‌های آب آلمان	به‌طور میانگین ۷۰۰	۵۰-۱۵۰ میکرومتر	(۲۸)
رسوبات ساحلی و آب‌های سطحی	سریلانکای جنوبی	۶۰٪ آلودگی در رسوبات ساحلی و ۷۰٪ در آب‌های سطحی (۳-۲۹)	۱/۵-۲/۵ میلی‌متر در آب‌های سطحی و ۳-۴/۵ در رسوبات ساحلی	(۳۷)
آب خام و تصفیه شده	سه تصفیه‌خانه آب در جمهوری چک	در آب خام ۱۴۷۳-۳۶۰۵ در آب تصفیه شده	اندازه غالب ۱-۲ میکرومتر	(۲۶)
آب بطری شده	فروشگاه‌های موادغذایی- آلمان	۸-۱۱	۵-۲۰ میکرومتر	(۳۸)
آب سطحی	رودخانه یانگ جی یانگ- چین	۷۷۰۰۰۰۰-۵۰۰۰۰۰	گزارش نشده است	(۸)
آب سطحی و دریا	رودخانه یانگ تسه و دریای شرق چین	۴۱۳۷۰۰۰ در رودخانه یانگ تسه و ۱۶۷ در دریای شرق	۳۳۳ میکرومتر (به‌طور میانگین)	(۹)
رسوبات رودخانه	رودخانه سنت لورنس- کانادا	۱۳۸۲۳۰۰۰	۵۰۰ میکرومتر	(۳۹)
آب سطحی	رودخانه سن- فرانسه	۳۰۰-۳۵۰	۸۰-۳۳۰ میکرومتر	(۴۰)
آب سطحی	دریاچه‌های Superior، Huron و Erie - ایالات متحده	۴۳۰۰۰ در هر کیلومترمربع دریاچه	۳۳۳ میکرومتر	(۴۱)
آب سطحی	ساحل شمالی کانال ایلینویز- ایالات متحده	۱۷۹۳۰ در ورودی به تصفیه‌خانه	۳۳۳ میکرومتر	(۴۲)
آب بطری شده	فروشگاه‌های موادغذایی- آلمان	۴-۱۵۶ در بطری شیشه‌ای	۱-۵۰۰ میکرومتر	(۳۸)
آب سطحی	ساحل خلیج فارس- هرمزگان- ایران	۳۲۵۲ در هر متر مربع	گزارش نشده است	(۴۳)

بحث

مخاطرات اکولوژی و اقتصادی ناشی از میکروپلاستیک‌ها

زباله‌های پلاستیکی می‌توانند در محیط‌های آب شیرین و دریایی تأثیرات گسترده‌ای از نظر اکولوژیکی و اقتصادی داشته باشند. ماکروپلاستیک‌ها ممکن است با طعمه اشتباه گرفته شده و یا باعث گیرافتادن آبزیانی مانند ماهی‌ها، لاک‌پشت‌ها و پرندگان شوند (۴۴-۴۷).

مصرف ماکروپلاستیک توسط آبزیان ممکن است باعث سایش، ایجاد زخم و خونریزی داخلی و همچنین انسداد دستگاه گوارش شود (۴۷). علاوه بر آن می‌تواند به‌عنوان حامل آلاینده‌های آلی مقاوم و فلزات سنگین عمل کند (۴۸-۵۰).

در مناطق اسکله‌ای بقایای پلاستیکی غرق شده در کف،

www.SID.ir

Archive of SID

به‌وسیله تورهای ماهیگیری به دام می‌افتد که باعث برهم زدن رسوبات و تخریب زیستگاه‌های آبزیان کف زی می‌شود (۵۱). از سوی دیگر وجود زباله‌های پلاستیکی در مناطق ساحلی موجب مختل کردن تفریحاتی مانند شنا و یا غواصی می‌شود و خطر بریدگی یا صدمات سایشی را برای ساکنین دریا به همراه دارد (۴۷).

از دیگر آسیب‌های اقتصادی این آلاینده، کاهش درآمد ناشی از جذب گردشگر در سواحل می‌باشد، زیرا تمیزی ساحل به‌عنوان عامل اصلی در انتخاب مقصد تفریحی برای گردشگران می‌باشد (۵۲). علاوه بر آن ماکروپلاستیک‌ها با گیر کردن در پروانه‌های وسایل نقلیه دریایی مانند کشتی‌ها باعث ایجاد صدمه می‌شود (۳۹). همچنین این ذرات ریز می‌توانند گرما را جذب کرده و آن را به ذرات رسوبی انتقال دهند که می‌تواند بر ارگانیسم‌های ساحلی نیز تأثیر بگذارند (۴۰).

فرآورده‌های تجزیه ماکروپلاستیک‌ها، مانند میکرو و نانوپلاستیک‌ها، چالش‌های دیگری را ایجاد می‌کنند. به‌طور کلی خطرات ناشی از این ذرات ریز به سه شکل می‌باشد که شامل:

۱. ممکن است به‌عنوان جسم خارجی با طعمه اشتباه گرفته شود و با بلعیده شدن به‌وسیله موجودات کوچک آبزی، وارد زنجیره غذایی گردد (۵۳-۵۵). با توجه به اینکه بقایای پلاستیکی به آسانی در محیط تجزیه نمی‌شوند، در بدن موجودات آبزی تجمع یافته که احتمالاً اثر سمیت آن در درازمدت مشخص می‌گردد. وجود این ذرات در غذاهای دریایی فروخته شده برای مصرف انسان و همچنین در بدن ماهی و صدف مشاهده شده است که می‌تواند اثرات بالقوه بر سلامت انسان ایجاد کند (۵۶-۵۹).

۲. میکروپلاستیک‌ها توانایی جذب آلاینده‌ها و یا جذب شدن بر روی سطوح را دارند. همچنین ممکن است به‌عنوان بستری برای رشد میکروارگانیسم‌ها باشند. این ذرات می‌توانند برخی از آلاینده‌های معدنی از جمله آلومینیوم، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، نیکل، سرب و روی را از محیط جذب کنند (۶۰، ۶۱).

۳. رهاسازی برخی مواد شیمیایی سمی که در ساختار پلیمری ذرات به‌کار رفته است مانند؛ فتالات، بیسفنول A، فلزات سنگین و غیره (۴۱، ۴۲، ۶۲). این مواد جهت بهبود عملکرد پلاستیک اضافه می‌شوند، اما حاوی عناصر سمی برای آبزیان می‌باشند که از طریق طعمه‌های دریایی به شکارچیان و سپس انسان منتقل می‌شوند (۶۳).

محققین حدس می‌زنند که میکروپلاستیک‌هایی با اندازه بزرگ‌تر از ۱۵۰ میکرومتر از طریق روده جذب نمی‌شوند. این در حالی است که ذرات کوچک‌تر از این اندازه می‌تواند از طریق روده به درون لنف و گردش خون وارد شوند. با این حال، احتمال جذب ذراتی با این اندازه نیز محدود و کمتر از ۰/۳٪ است و احتمال جذب میکروپلاستیک‌هایی با اندازه ۲۰ میکرومتر یا کوچک‌تر در اندام‌ها بیشتر است (۴۸، ۴۹، ۶۴، ۶۵). نانوپلاستیک‌ها با اندازه‌های کمتر از ۰/۱ میکرومتر توانایی جذب در همه اندام‌ها و حتی عبور از سد خونی- مغزی و جفت را نیز دارند. بنابراین ممکن است میکرو و نانوپلاستیک‌ها در بافت‌هایی مانند کبد، ماهیچه و مغز تجمع یابند (۴۷). همچنین ممکن است سیستم ایمنی بدن را مختل کنند و موجب ایجاد عوارض جانبی مانند سرکوب سیستم ایمنی، فعال‌سازی آن و یا پاسخ‌های التهابی غیرطبیعی شوند (۴۷، ۵۲). به‌دلیل پیامدهای زیست‌محیطی این آلاینده، نهادهای نظارتی برخی از کشورها، خواستار ممنوعیت مصرف پلاستیک‌ها شده‌اند (۳۳).

روش‌های حذف میکروپلاستیک‌ها از محیط‌های آبی

نتایج مطالعات حذف این آلاینده‌ها از محیط‌های آبی نشان می‌دهد که فرآیندهای متداول تصفیه آب و فاضلاب قادر است مقدار قابل توجهی از میکروپلاستیک‌ها را حذف کند، اما به‌دلیل حجم بالای فاضلاب، همین مقادیر ناچیز نیز می‌تواند سالانه میلیاردها میکروپلاستیک را به آب‌های پذیرنده وارد کند (۶۶). جدول ۴ کارایی حذف این آلاینده در کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. طبق جدول، تصفیه متداول قادر است بیش از ۹۸٪ بارِ میکروپلاستیک وارد شده به تصفیه‌خانه را حذف کند. با این وجود مقادیر ذرات میکروپلاستیک که روزانه از طریق پساب دفع می‌شوند، قابل ملاحظه است.

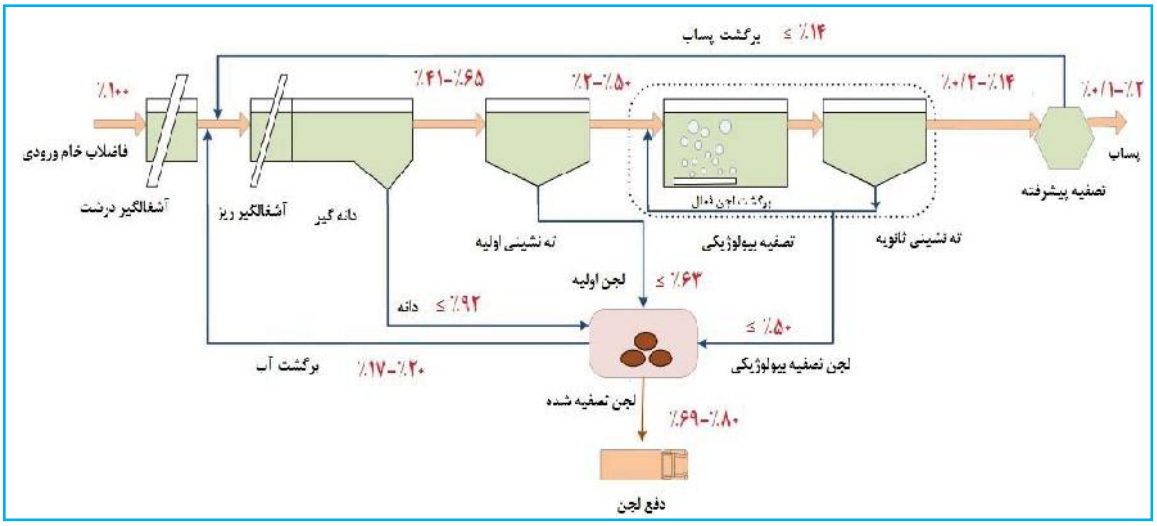
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. نتایج مطالعات کارایی حذف میکروپلاستیک از فرآیندهای متداول تصفیه فاضلاب

محل مطالعه	نوع تصفیه	کارایی حذف (درصد)	مقدار تخلیه (ذره میکروپلاستیک/ روز)	منبع
سوئد	اولیه- ثانویه (متداول)	۹۹/۹	۴/۲۵ *۱۰^۴	(۶۷)
فرانسه	اولیه- ثانویه (بیوفیلتر)	۸۸/۱	۸/۴۰ *۱۰^۹	(۶۸)
آلمان	اولیه- ثانویه (متداول)	گزارش نشده است	۲/۴۷ *۱۰^۶	(۶۹)
اسکاتلند	اولیه- ثانویه (متداول)	۹۸/۴	۶/۵۲ *۱۰^۷	(۶۶)
ایالات متحده	اولیه- ثانویه (متداول)	۹۵/۶	۱/۴۸ *۱۰^۱۰	(۷۰)
استرالیا	اولیه- ثانویه- پیشرفته- (اسمز معکوس)	گزارش نشده است	۳/۶ *۱۰^۶	(۷۱)
فنلاند	اولیه- (راکتور غشای زیستی)	۹۹/۳	۲/۸۳ *۱۰^۸	(۷۲)

در مطالعه سان و همکاران، بر روی شناسایی، اندازه‌گیری و حذف میکروپلاستیک از تصفیه‌خانه فاضلابی در نروژ انجام شد، نتایج مطالعه مطابق شکل ۲ گزارش شد. بر اساس شکل، مقدار میکروپلاستیک موجود در خروجی فرآیندهای مقدماتی، اولیه، ثانویه و پیشرفته به‌ترتیب ۴۱-۶۵ درصد، ۲-۵۰ درصد، ۰/۲-۱۴ درصد و ۰/۲-۱ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده کارایی بالای این فرآیندها در حذف این آلاینده است. البته مقدار تجمع یافته میکروپلاستیک‌ها در لجن دفعی بسیار بالاست؛ به‌طوری‌که بیش از ۶۹٪ میکروپلاستیک ورودی به تصفیه‌خانه را شامل می‌شود. از این‌رو به نظر می‌رسد، در صورت مدیریت ناصحیح تصفیه‌خانه‌ها نه تنها موجب حذف این آلاینده نمی‌شوند، بلکه به‌عنوان منبعی در انتشار آن تلقی می‌شوند (۷۳).



شکل ۲. کارایی حذف میکروپلاستیک در فرآیندهای تصفیه فاضلاب خانگی

نتیجه‌گیری

به‌نظر می‌رسد تولید بی‌رویه پلاستیک‌ها غیرقابل کنترل است و هر ساله بر مقدار زباله‌های پلاستیکی در محیط زیست افزوده می‌شود. نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد حضور این آلاینده در محیط زیست موجب ورود آنها به زنجیره غذایی شده است، بنابراین می‌تواند بر سلامت انسان، محیط زیست و جانداران ساکن در محیط‌های آبی اثر بگذارد. از سوی دیگر شناسایی مقادیر میکروپلاستیک‌ها در آب شرب نیز نشان‌دهنده آن است که این آلاینده می‌تواند مستقیماً از طریق آشامیدن آب وارد بدن انسان و دیگر موجودات گردد. علی‌رغم اهمیت حضور این آلاینده در محیط‌های آبی، مطالعات در این رابطه ناکافی است. در ایران

www.SID.ir

Archive of SID

نیز تاکنون موارد انگشت‌شماری در این زمینه انجام شده است که لازم است بیشتر به آن پرداخته شود. علاوه بر مطالعات مربوط به شناسایی و ردیابی میکروپلاستیک‌ها، پیشنهاد می‌شود برنامه‌های آموزشی مدونی در جهت استفاده کمتر از مواد پلاستیکی در زندگی روزمره به همراه ارائه راهکارهای صحیح بازیافت مواد پلاستیکی تدوین شده و همچنین به کمک صنایع جایگزین‌های مناسبی به‌جای پلاستیک ارائه گردد.

ملاحظات اخلاقی

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

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاران دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قم که در جمع‌آوری اطلاعات مورد استفاده در این مقاله به نویسندگان کمک نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Worm B, Lotze HK, Jubinville I. Plastic as a persistent marine pollutant. Annu Rev Environ Resour. 2017;42:1-26.
2. Hahladakis JN, Velis CA, Weber R. An overview of chemical additives present in plastics: migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. J Hazard Mater. 2018;344:179-99.
3. Achilias D, Roupakias C, Megalokonomos P. Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP). J Hazard Mater. 2007;149(3):536-42.
4. Driedger AG, Dürr HH, Mitchell K. Plastic debris in the Laurentian Great Lakes: a review. J Great Lakes Res. 2015;41(1):9-19.
5. Di M, Liu X, Wang W. Manuscript prepared for submission to environmental toxicology and pharmacology pollution in drinking water source areas: Microplastics in the Danjiangkou Reservoir, China. Environ Toxicol Pharmacol. 2019;65:82-9.
6. Geissen V, Mol H, Klumpp E. Emerging pollutants in the environment: a challenge for water resource management. ISWCR. 2015;3(1):57-65.
7. Eriksen M, Lebreton LC, Carson HS. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. PloS one. 2014;9(12):e111913.
8. Hidalgo-Ruz V, Thiel M. Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): a study supported by a citizen science project. Mar Environ Res. 2013;87:12-8.
9. Derraik JG. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Mar Pollut Bull. 2002;44(9):842-52.
10. Bergmann M, Gutow L, Klages M. Marine anthropogenic litter: Springer; 2015.
11. Kershaw P. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. 2017.
12. Gündoğdu S, Çevik C, Güzel E. Microplastics in municipal wastewater treatment plants in Turkey: a comparison of the influent and secondary effluent concentrations. Environ Monit Assess. 2018;190(11):626.
13. Koelmans AA, Nor NHM, Hermsen E. Microplastics in freshwaters and drinking water: critical review and assessment of data quality. Water Res. 2019.
14. Mintenig SM, Bauerlein PS, Koelmans AA. Closing the gap between small and smaller: towards a framework to analyse nano- and microplastics in aqueous environmental samples. Environ Sci Nano. 2018;5:1640-9.
15. Andrady A. The plastic in microplastics: a review. Mar Pollut Bull. 2017;119(1):12-22.
16. Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson RC. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. Environ Sci Technol. 2012;46(6):3060-75.
17. Eerkes-Medrano D, Thompson RC, Aldridge DC. Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. Water Res. 2015;75:63-82.
18. Shah AA, Hasan F, Hameed A. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. Biotechnol Adv. 2008;26(3):246-65.
19. Teegarden DM. Polymer chemistry: introduction to an indispensable science: NSTA Press; 2004.
20. Winterling H, Sonntag N. Rigid Polystyrene Foam(EPS, XPS). Kunstst Int. 2011;101(10):18-21.
21. Harandi MH, Alimoradi F, Rowshan G. Morphological and

www.SID.ir

Archive of SID

mechanical properties of styrene butadiene rubber/nano copper nanocomposites. Results Phys. 2017;7:338-44.
22. Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, use, and fate of all plastics ever made. Sci Adv. 2017;3(7):e1700782.
23. Sighicelli M, Pietrelli L, Lecce F. Microplastic pollution in the surface waters of Italian Subalpine Lakes. Environ Pollu. 2018;236:645-51.
24. Pan Z, Sun X, Guo H. Prevalence of microplastic pollution in the Northwestern Pacific Ocean. Chemosphere. 2019;225:735-44.
25. Oßmann BE, Sarau G, Holtmannspötter H. Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. Water Res. 2018;141:307-16.
26. Pivokonsky M, Cermakova L, Novotna K. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. Sci Total Environ. 2018;643:1644-51.
27. Strand J, Feld L, Murphy F. Analysis of microplastic particles in Danish drinking water: DCE-Danish Centre for Environment and Energy; 2018.
28. Mintenig S, Löder M, Primpke S. Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. Sci Total Environ. 2019;648:631-5.
29. Mason SA, Welch VG, Neratko J. Synthetic polymer contamination in bottled water. Front Chem. 2018;6.
30. Duis K, Coors A. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. Environ Sci Europe. 2016;28(1):2.
31. Ma B, Xue W, Hu C. Characteristics of microplastic removal via coagulation and ultrafiltration during drinking water treatment. Chem Eng J. 2019;359:159-67.
32. Andrady A. Microplastics in the marine environment. Mar Pollut Bull. 2011;62(8):1596-605.
33. Bradney L, Wijesekara H, Palansooriya KN. Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk. Environ Int. 2019;131:104937.
34. Wagner M, Scherer C, Alvarez-Muñoz D. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. Environ Sci Europe. 2014;26(1):12.
35. Koelmans A, Besseling E, Shim W, Kiessling T, Gutow L, Thiel M. Marine Anthropogenic Litter. Springer O). Springer International Publishing AG Switzerland. 2015.
36. Teuten EL, Rowland SJ, Galloway TS. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. Environ Sci Technol. 2007;41(22):7759-64.
37. Koongolla JB, Andrady A, Kumara PTP. Evidence of microplastics pollution in coastal beaches and waters in southern Sri Lanka. Mar Pollut Bull. 2018;137:277-84.
38. Schymanski D, Goldbeck C, Humpf H-U. Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: release of plastic particles from different packaging into mineral water. Water Res. 2018;129:154-62.
39. Mouat J, Lozano RL, Bateson H. Economic impacts of marine litter: Kommunenes Internasjonale Miljøorganisasjon; 2010.
40. Carson HS, Colbert SL, Kaylor MJ. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. Mar Pollut Bull. 2011;62(8):1708-13.
41. Bittner GD, Yang CZ, Stoner MA. Estrogenic chemicals often leach from BPA-free plastic products that are replacements for BPA-containing polycarbonate products. Environ Health. 2014;13(1):41.
42. Cheng X, Shi H, Adams CD. Assessment of metal contaminations leaching out from recycling plastic bottles upon treatments. Environ Sci Pollut Res Int. 2010;17(7):1323-30.
43. Nabizadeh R, Sajadi M, Rastkari N. Microplastic pollution on the Persian Gulf shoreline: A case study of Bandar Abbas city, Hormozgan Province, Iran. Mar Pollut Bull. 2019;145:536-46.
44. McCauley SJ, Bjorndal KA. Conservation implications of dietary dilution from debris ingestion: sublethal effects in post-hatchling loggerhead sea turtles. Conserv Biol. 1999;13(4):925-9.
45. Wright SL, Rowe D, Thompson RC. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. Conserv Biol. 2013;23(23):R1031-R3.
46. Browne MA, Dissanayake A, Galloway TS. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, Mytilus edulis (L.). Environ Sci Technol. 2008;42(13):5026-31.
47. Wright SL, Kelly FJ. Plastic and human health: a micro issue? Environ Sci Technol. 2017;51(12):6634-47.
48. Bouwmeester H, Hollman PC, Peters RJ. Potential health impact of environmentally released micro-and nanoplastics in the human food production chain: experiences from nanotoxicology. Environ Sci Technol. 2015;49(15):8932-47.
49. Galloway TS. Micro-and nano-plastics and human health. Marine anthropogenic litter: Springer, Cham; 2015. 343-66.
50. Zarfl C, Matthies M. Are marine plastic particles transport vectors for organic pollutants to the Arctic? Marine Pollution Bulletin. 2010;60(10):1810-4.
51. Petersen A. EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on

www.SID.ir

Archive of SID

Contaminants in the Food Chain). Scientific Opinion on acrylamide in food. 2015.
52. Lusher A, Hollman P, Mendoza-Hill J. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. 2017 (615).
53. de Sá LC, Luís LG, Guilhermino L. Effects of microplastics on juveniles of the common goby (Pomatoschistus microps): confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions. Environ Pollu. 2015;196:359-62.
54. Naji A, Nuri M, Vethaak AD. Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. Environ Pollu. 2018;235:113-20.
55. Hartmann NB, Rist S, Bodin J. Microplastics as vectors for environmental contaminants: exploring sorption, desorption, and transfer to biota. Integr Environ Assess Manage. 2017;13(3):488-93.
56. Lusher A, Mchugh M, Thompson R. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. Mar Pollut Bull. 2013;67(1-2):94-9.
57. De Witte B, Devriese L, Bekaert K. Quality assessment of the blue mussel (Mytilus edulis): Comparison between commercial and wild types. Mar Pollut Bull. 2014;85(1):14.
58. Avio CG, Gorbi S, Regoli F. Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: first observations in commercial species from Adriatic Sea. Mar Environ Res. 2015;111:18-26.
59. Rist S, Almroth BC, Hartmann NB. A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. Sci Total Environ. 2018;626:720-6.
60. Holmes LA, Turner A, Thompson RC. Interactions between trace metals and plastic production pellets under estuarine conditions. Mar Chem. 2014;167:25-32.
61. Teuten EL, Saquing JM, Knappe DR. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. Philos Trans R Soc B. 2009;364(1526):2027-45.
62. Nakashima E, Isobe A, Kako S. Toxic metals in polyethylene plastic litter. Interdiscip Stud Environ Chem Environ Model Anal. 2011:271-7.
63. Barboza LGA, Vieira LR, Branco V. Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, Dicentrarchus labrax (Linnaeus, 1758). Aquat Toxicol. 2018;195:49-57.
64. Von Moos N, Burkhardt-Holm P, Köhler A. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel Mytilus edulis L. after an experimental exposure. Environ Sci Technol. 2012;46(20):11327-35.
65. Foley CJ, Feiner ZS, Malinich TD. A meta-analysis of the effects of exposure to microplastics on fish and aquatic invertebrates. Sci Total Environ. 2018;631:550-9.
66. Murphy F, Ewins C, Carbonnier F. Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. Environ Sci Technol. 2016;50(11):5800-8.
67. Magnusson K, Norén F. Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant. 2014.
68. Dris R, Gasperi J, Rocher V. Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. Environ Chem. 2015;12(5):592-9.
69. Dubaish F, Liebezeit G. Suspended microplastics and black carbon particles in the Jade system, southern North Sea. Water Air Soil Pollut. 2013;224(2):1352.
70. Michielssen MR, Michielssen ER, Ni J. Fate of microplastics and other small anthropogenic litter (SAL) in wastewater treatment plants depends on unit processes employed. Environ Sci: Water Res Technol. 2016;2(6):1064-73.
71. Ziajahromi S, Neale PA, Rintoul L. Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. Water Res. 2017;112:93-9.
72. Lares M, Ncibi MC, Sillanpää M. Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. Water Res. 2018;133:236-46.
73. Sun J, Dai X, Wang Q. Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. Water Res. 2019;152:21-37.

www.SID.ir