مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۵۷۳ تا ۵۹۴

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

مقاله مرور ساختار یافته

مرور ساختار یافته مطالعات مرتبط با منابع آب شرب در ایران: شناسایی خلاءهای پژوهشی

علیرضا مصداقی نیا[۲،۱]، سیمین ناصری[۲،۱]، مهدی هادی[۱*]، الناز ایروانی[۲]، معصومه عسکری[۲]
۱- مرکز تحقیقات کیفیت آب، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۰
تاریخ ویرایش: ۹۶/۱۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۳
تاریخ انتشار: ۹۶/۱۲/۱۶

واژگان کلیدی: عوامل آلاینده آب شرب، مرور ساختار یافته، خلاءهای پژوهشی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
hadi_rfm@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: تهیه و تامین آب آشامیدنی سالم برای جامعه یکی از مهمترین چالش‌ها در راستای ارتقاء سلامت جامعه است. با توجه به اهمیت تحقیقات در زمینه کیفیت آب، شناسایی خلاءهای پژوهشی در این زمینه از طریق جستجوی مطالعات مرتبط در ایران و انجام یک مطالعه مروری انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه به ترتیب تعداد ۶۳۸، ۱۶۶، ۳۰۰ و ۱۰۰۰ مقاله در پایگاه‌های Scopus، SID، Magiran و Iranmedex جستجو شد. از مجموع ۲۱۰۴ مقاله جستجو شده، بعد از حذف ۱۳۹۴ مقاله، تعداد ۷۱۰ مقاله مورد بررسی بیشتر قرار گرفت.

یافته‌ها: پایش توصیفی آلاینده‌ها هدف اصلی ۳۶/۶۲ درصد از مطالعات است. حدود ۱۳ درصد از مطالعات در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده‌اند. آلاینده‌های آلی فقط در ۱۷ استان کشور بررسی شده و سایر استان‌ها در انجام تحقیقات و یا پایش آنها مشارکتی نداشته‌اند. نیترات در حدود یک پنجم از کل مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است و فلزات سنگین نیز از عوامل شیمیایی مورد توجه در مطالعات بررسی کیفی منابع آب آشامیدنی در کشور هستند.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان‌دهنده خلاءهای تحقیقاتی و همچنین مبنایی برای اولویت‌بندی کردن پژوهش‌ها در حوزه کیفیت آب در کشور است. پایش دقیق‌تر انواع آلاینده‌های آلی و معدنی از اقدامات ضروری است. ارزیابی ریسک شیمیایی و میکربی آلاینده‌ها، تحلیل سرنوشت آلاینده‌ها و اثرات اکولوژیکی آنها، استفاده از فرایندهای تصفیه پیشرفته، استفاده از روش‌های تصفیه زیستی، استفاده از شناساگرهای زیستی به‌منظور پایش آلاینده‌ها و تکنیک‌های شناسایی مولکولی از مهمترین اولویت‌های پژوهشی هستند که تحقیقات بیشتری را می‌طلبند.

Please cite this article as: Mesdaghinia AR, Nasseri S, Hadi M, Iravani E, Askari M. A systematic review on drinking water resources-related studies in Iran: identification of research gaps. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;10(4):573 -94.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

مقدمه

بهداشت آب موضوعی بسیار مهم در بهداشت عمومی و مدیریت سلامت است. اگرچه بیش از سه چهارم کره زمین را آب فرا گرفته است، سهم قلیلی از آب‌های موجود، برای مصارف بهداشتی و کشاورزی، قابل استفاده است. مجموع آب برآورد شده بر روی کره زمین 1×10^{18} gal (139×10^{10} MCM) تخمین زده شده است، که تنها ۰/۶۱ درصد آب‌های کره زمین به آسانی قابل استفاده هستند. با این‌حال بسیاری از منابع آب زیرزمینی نیز به‌علت شوری بیش از حد و داشتن املاح معدنی برای مقاصد بهداشتی، کشاورزی و صنعتی، غیرقابل استفاده هستند (۱). از این‌رو تهیه و تامین آب آشامیدنی سالم برای جامعه یکی از مهمترین چالش‌ها در راستای ارتقاء سلامت جامعه است. بسیاری از مشکلات کشورهای در حال توسعه، عدم برخورداری از آب آشامیدنی سالم است. از آنجایی‌که محور توسعه پایدار، انسان سالم است و سلامت انسان در گرو بهره‌مندی از آب آشامیدنی مطلوب است، بدون تامین آب سالم جایی برای سلامت و رفاه جامعه وجود ندارد. از این‌رو آب از دو بعد بهداشتی و اقتصادی حائز اهمیت است (۲).

سازمان بهداشت جهانی (WHO) یکی از شاخص‌های توسعه بهداشت در کشورهای در حال توسعه را تامین آب سالم و بهداشتی قرار داده است (۳). از اهداف WHO تامین آب آشامیدنی سالم برای همه تا سال ۲۰۲۵ است (۴). در جوامعی که آب‌های آلوده به عوامل میکربی و مواد شیمیایی وجود دارد شیوع بیماری‌ها امری اجتناب ناپذیر است و بسیاری از مرگ و میرها ناشی از آلودکی آب، عدم دسترسی به سیستم‌های بهسازی ایمن و عدم توجه به بهداشت فردی است (۵). براساس مطالعه انجام شده در هندوستان پس از تامین آب آشامیدنی سالم میزان مرگ ناشی از وبا ۷۴/۱ درصد، میزان مرگ ناشی از حصبه ۶۳/۳ درصد، میزان مرگ به‌علت اسهال خونی ۲۳/۱ درصد و میزان مرگ ناشی از بیماری‌های اسهالی ۴۲/۷ درصد کاهش یافته است (۶). در مطالعه انجام شده توسط WHO با همکاری ۱۴ پژوهشکده تحقیقاتی در سراسر جهان، بار بیماری‌های اسهالی منتسب به آب آشامیدنی بر مبنای تحلیل داده‌های مربوط به ۱۴۵ کشور با سطح درآمد کم و متوسط در سال ۲۰۱۲ (مربوط به برنامه پایش مشترک WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP)) برآورد گردید. براساس نتایج این مطالعه، از مجموع ۵۰۲۰۰۰ مورد مرگ منتسب به آب بیش از ۸۰ درصد از موارد مرگ مربوط به کشورهای آسیای جنوبی شرقی و کشورهای آفریقایی بوده است. کشورهای مدیترانه شرقی که ایران را نیاز شامل می‌شوند در مجموع تعداد ۵۰۴۰۰ مورد مرگ را به خود اختصاص داده‌اند که در این میان تعداد ۴۳۲ مورد مرگ مربوط به ایران بوده است (۷). بنابراین با توجه به سهم و اهمیت آب در بار بیماری‌های اسهالی، برنامه‌ریزی و تخصیص هزینه در جهت تامین آب سالم، سرمایه‌گذاری قابل توجهی برای آینده خواهد بود.

حضور ترکیبات شیمیایی سمی و همچنین عوامل پاتوژن در مقادیر کم در آب شرب، بدون بهره‌گیری از روش‌های پیشرفته اندازه‌گیری قابل شناسایی نبوده و از این‌رو در خصوص کیفیت آب نمی‌توان به آسانی اظهار نظر کرد (۴). آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) مهمترین آلاینده‌های شیمیایی و میکربی در آب آشامیدنی که می‌توانند از نظر بهداشتی نگران‌کننده باشند را با عنوان آلاینده‌های اولیه معرفی و برای هر یک از آنها مقادیر حداکثر مجاز پیشنهاد کرده است (۴). استانداردهای اولیه مربوط به سلامتی و از دیدگاه بهداشتی اهمیت دارند و پیگرد قانونی دارند و سلامت آب آشامیدنی را تضمین می‌کنند. استانداردهای ثانویه از دیدگاه زیبایی‌شناختی و ظاهری حائز اهمیت هستند و الزام قانونی ندارد و تضمین‌کننده مطلوبیت آب به لحاظ زیبایی‌شناختی هستند. این استانداردها مربوط به مواردی از قبیل ایجاد بو، مزه، رنگ، خورندگی، کف یا لکه می‌شود. رهنمودهای ارائه شده توسط EPA در خصوص کیفیت فیزیکی، شیمیایی، میکروبیولوژیکی و رادیولوژیکی آب مبنای تدوین استاندارد در بسیاری از کشورهای در حال توسعه است (۴، ۸-۱۰).

با توجه به اهمیت پارامترهای کیفی آب در رهنمودهای کیفی EPA، استفاده از دسته‌بندی ارائه شده برای این پارامترها به

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

منظور جستجوی مطالعات انجام شده در خصوص کیفیت آب در کشور، می‌تواند مبنایی برای انجام یک مطالعه مروری قرار گیرد. لذا با توجه به اینکه طی سالیان اخیر مطالعات گسترده‌ای در زمینه بررسی آلودگی‌های آب آشامیدنی در کشور انجام شده است، ضرورت دارد از طریق انجام یک مطالعه مروری اهم دستاوردهای حاصل از این مطالعات مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. این بررسی می‌تواند تمرکز اهداف مطالعات را مشخص کرده و از طرفی خلاءهای تحقیقاتی در این حوزه را نشان دهد. مطالعه حاضر در قالب یک مطالعه مروری به بررسی مطالعات انجام شده در کشور در زمینه آلودگی آب خواهد پرداخت و از طریق دسته‌بندی کردن مطالعات و بررسی اهداف آنها سیمایی از وضعیت مطالعات انجام شده و خلاءهای تحقیقاتی در حوزه کیفیت آب در کشور را نشان خواهد داد.

مواد و روش‌ها

به منظور استخراج مطالعات انجام شده در کشور، جستجو مقالات در پایگاه‌های اطلاعاتی فارسی شامل SID، Iranmedex، Magiran و پایگاه خارجی Scopus انجام شد. با توجه به اینکه سرعت موتورهای جستجوی پایگاه‌های خارجی مانند Scopus در مقایسه با موتور جستجوی پایگاه‌های داخلی بیشتر است در این مورد از طریق انجام جستجوی پیشرفته و نوشتن Script، جستجو انجام پذیرفت. در مورد پایگاه‌های داخلی به دلیل قابلیت‌های ضعیف‌تر موتورهای جستجو، امکان جستجوی پیشرفته فراهم نشد و به جای آن کلمات ترکیبی ساده‌تر و عمومی‌تر برای پیدا کردن مقالات استفاده شد. استفاده از کلمات کلیدی عمومی‌تر امکان از قلم افتادن مقالات مرتبط را کمتر کرده و از طرفی شانس افزایش مقالات غیر مرتبط را بیشتر می‌کند که این مقالات در مرحله بررسی محتوایی مقالات قابل شناسایی و حذف خواهند بود. شناسایی مقالات مرتبط با اهداف مطالعه در پایگاه‌های مورد جستجو با استفاده از کلید واژه‌های مختلف مرتبط با آلاینده‌های اولیه و ثانویه مطابق جدول ۱ و پیوست ۱ صورت پذیرفت.

- مرور ساختار یافته مطالعات مرتبط با کیفیت آب شرب در ایران: شناسایی خلاءهای پژوهشی

در این مطالعه مطابق شکل ۱ در مجموع تعداد ۲۱۰۴ مقاله تا ۱۹ آوریل ۲۰۱۶ (۳۱ فروردین ۱۳۹۵) جستجو شد که از این تعداد، ۶۳۸ مقاله در پایگاه داده Scopus، ۱۶۶ مقاله در SID، ۳۰۰ مقاله در Magiran و ۱۰۰۰ مقاله در پایگاه Iranmedex یافت شدند. بررسی عوامل آلاینده اولیه یا ثانویه براساس دسته‌بندی و تعریف ارائه شده توسط EPA، شرط ورود مقالات به این مطالعه مروری بود به همین دلیل غربال مطالعات شناسایی شده در وهله اول برمبنای این شرط انجام شد. در مرحله غربال کردن مقالات، کلیه مقالاتی که از نظر عنوان با معیار ورود به مطالعه ارتباط موضوعی نداشتند، چکیده یا متن کامل آنها موجود نبود و یا عناوین جستجو شده تکراری بودند حذف گردید. از مجموع ۲۱۰۴ مقاله جستجو شده، تعداد ۱۲۰۶ مقاله به دلایل مذکور از مطالعه خارج شدند. تعداد ۸۹۸ مقاله باقیمانده از نظر محتوا مورد بررسی بیشتر قرار گرفتند. در این مرحله نیز تعداد ۱۸۸ مقاله از نظر محتوا با معیار ورود به مطالعه منطبق نبودند که از مطالعه خارج شدند. در نهایت

جدول ۱- انواع آلاینده‌های اولیه و ثانویه براساس دسته‌بندی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا

نوع آلاینده	آلاینده
آلاینده‌های اولیه	عوامل آلاینده میکربی، محصولات جانبی گندزدایی، عوامل گندزدا، آلاینده‌های شیمیایی معدنی، آلاینده‌های شیمیایی آلی، رادیونوکلوئیدها
آلاینده‌های ثانویه	آلومینیوم کلراید، رنگ، مس، آهن، خورندگی، فلوراید، عوامل کف‌زا، منگنز، بو، نقره، سولفات، کل جامدات محلول، روی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

تعداد ۷۱۰ مقاله مورد بررسی بیشتر قرار گرفت و اطلاعات لازم شامل اهداف مطالعات، سال انتشار، محل انجام مطالعه، نوع نمونه آب مورد بررسی، نوع آلاینده یا آلاینده‌های بررسی شده و سایر اطلاعات از آنها استخراج و بررسی و تجزیه و تحلیل شدند.

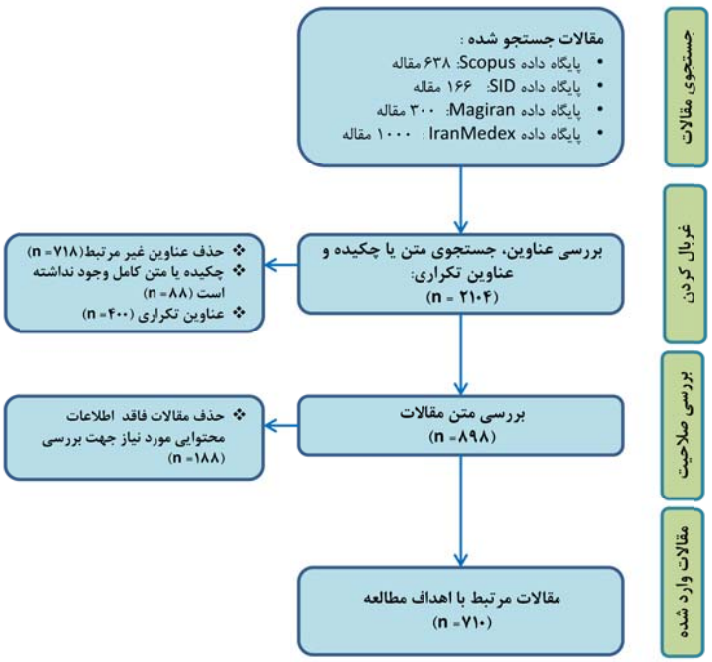
- تهیه فرم جمع‌آوری اطلاعات

جهت یکپارچه شدن نتایج حاصل از مطالعات گردآوری شده، ابتدا فرم جمع‌آوری اطلاعات طراحی شد. این فرم به گونه‌ای طراحی گردید که حداکثر اطلاعات مورد نظر در راستای دستیابی به اهداف مطالعه از مقالات مختلف استخراج گردد. در فرم ثبت اطلاعات فیلدهای مختلفی تعریف شد. اطلاعاتی شامل شماره و اطلاعات هویتی مقاله، هدف اصلی مقاله، نوع آلاینده‌های اولیه، نوع آلاینده ثانویه، نام عوامل میکربی، نام عوامل آلاینده آلی، نام عوامل آلاینده معدنی، نوع آب مورد مطالعه، محیط آبی مورد بررسی، نام شهر و نام استان از مقالات استخراج و سپس اطلاعات مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. ضمن مطالعه مقالات، بسته به ضرورت در هر فیلد زیرگروه‌های مشخصی ایجاد گردید و مقالات بسته به اهداف و نوع آلاینده‌های مورد بررسی در گروه‌های ایجاد شده دسته‌بندی شدند. در این مطالعه از آنجا که یکی از اهداف مورد نظر، بررسی و تحلیل تعداد مطالعات است، ضرورت داشت تا شمارش تعداد مطالعات بسته به نوع دسته‌بندی انجام شود. برای این منظور برنامه نویسی‌های متعددی در زبان برنامه نویسی R انجام شد. به دلیل محدودیت این نرم افزار در تحلیل داده‌های متنی فارسی، دسته‌بندی مطالعات به زبان انگلیسی انجام شد تا امکان بررسی و مقایسه و شمارش فراهم شود.

یافته‌ها

- فراوانی و رتبه‌بندی عوامل آلاینده

در جدول ۲ فراوانی و رتبه‌بندی اهداف مطالعات انجام شده در زمینه آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی با فراوانی حداقل ۱۸ مطالعه نشان داده شده است. هدف غالب مطالعات مربوط به بررسی آلودگی‌های مرتبط با منابع آب آشامیدنی، بر پایش آلاینده‌ها و ارائه گزارش توصیفی از مقادیر آلاینده‌ها متمرکز



شکل ۱- فرایند جستجو، ورود و خروج مقالات

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

جدول ۲- فراوانی و رتبه بندی ۱۰ هدف اصلی مطالعات انجام شده در زمینه آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی

هدف اصلی مطالعه	فراوانی	رتبه	درصد*
Pollutants monitoring/Descriptive study	260	1	36.62
Pollutants monitoring/Microbial identification	42	2	5.92
Pollutants monitoring/Spatial analysis	31	3	4.37
Hydro-geochemical study	29	4	4.08
Water treatment/Adsorption	29	4	4.08
Pollutants monitoring/Microbial index analysis	28	6	3.94
Risk assessment/Vulnerability	20	7	2.82
Water treatment/Adsorption/Nano	20	7	2.82
Hydrochemical study	19	9	2.68
Environmental modelling/Predection	18	10	2.54

*از آنجا که در جدول تمامی اهداف آورده نشده‌اند، مجموع درصد جدول کمتر از مقدار ذکر شده در متن است.

است به نحوی‌که ۳۶/۶۲ درصد از مطالعات با این هدف صورت پذیرفته است. شناسایی عوامل آلاینده میکربی نیز در ۵/۹۲ درصد از مطالعات مورد توجه بوده است. آنالیز مکانی عوامل آلاینده در آب نیز اهدافی است که در ۴/۳۷ درصد از مطالعات به آن پرداخته شده است. در بین فرایندهایی که به منظور تصفیه آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، مطالعاتی که به بررسی فرایند جذب سطحی برای حذف عوامل آلاینده پرداخته‌اند بیشترین فراوانی را در بین مطالعات داشته‌اند.

در جدول ۳ فراوانی و رتبه بندی محیط آبی مورد بررسی در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی با فراوانی حداقل ۵ مطالعه آورده شده است. همان طور که نشان داده شده است، تمرکز اغلب مطالعات بر بررسی منابع آب زیرزمینی (۳۲/۲۵ درصد)، آب‌های سطحی (۲۰/۹۹ درصد) و آب‌های آشامیدنی (۱۹/۰۱ درصد) استوار است به نحوی‌که بیش از ۷۰ درصد مطالعات به بررسی این سه محیط آبی پرداخته‌اند. برآورد می‌شود حدود ۱۳ درصد از مطالعات در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از محیط‌های آبی سنتتیک (Aqueous solution) انجام شده‌اند. بررسی وضعیت کیفی آب‌های استخرهای شنا و چشمه‌های آب به ترتیب در ۱/۹۷ و ۱/۵۵ درصد از مطالعات است.

جدول ۳- فراوانی و رتبه بندی محیط آبی مورد بررسی در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی

نوع محیط آبی مورد بررسی	فراوانی	رتبه	درصد
Groundwater	229	1	32.25
Surface water	149	2	20.99
Drinking water	135	3	19.01
Aquatic solutions	89	4	12.54
Surface water/ Groundwater	28	5	3.94
Groundwater/ Drinking water	14	6	1.97
Swimming water	14	6	1.97
Spring water	11	8	1.55
Bottled water	5	9	0.7
Hospital water	5	9	0.7

بیشترین محیط‌های آبی مورد بررسی منابع آب زیرزمینی و سطحی تعیین شد، به مراتب از نظر مکانی نیز انتظار می‌رود که چاه‌های آب که محل برداشت منابع آب زیرزمینی محسوب می‌شوند نیز بیشتر مورد توجه قرار گرفته باشند. در جدول ۴ فراوانی و رتبه‌بندی مکان محیط‌های آبی با فراوانی حداقل ۱۱ مطالعه آورده شده است. همانطور که دیده می‌شود ۲۲/۱۱

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

درصد از مطالعات به بررسی چاه‌های برداشت آب پرداخته‌اند. ۱۳/۳۸ درصد از مطالعات نیز منابع آب‌های سطحی یعنی رودخانه‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند. ۱۳/۳۸ درصد از مطالعات در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده‌اند که با مقدار حدودی ۱۲/۵۴ درصد برآورد شده در آنالیز اطلاعات نوع محیط آبی نیز همخوانی دارد.

در جدول ۵ فراوانی و رتبه‌بندی پارامترهای باکتریایی بررسی شده با فراوانی حداقل ۲ مطالعه در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی آورده شده‌اند. همانطور که دیده می‌شود در مجموع در ۱۶/۷۶ درصد از مطالعات، عوامل باکتریایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از مهمترین شاخص‌هایی که در مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است می‌توان به عوامل کلیفرم مدفوعی (۲۷/۱۸ درصد)، کلیفرم کل (۲۲/۳۳ درصد)، اشریشیا کلای (۱۴/۰۸ درصد) و باکتری‌های هتروتروفیک گرماپای (۸/۲۵ درصد) اشاره کرد.

نتایج بررسی عوامل انگلی در مطالعات صورت پذیرفته نشان می‌دهد که این عوامل نسبت به عوامل باکتریایی کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. در جدول ۶ عوامل انگلی بررسی شده با فراوانی حداقل ۲ آورده شده است. از مجموع مطالعات در زمینه آلودگی منابع آب در مجموع تنها در ۳/۶۶ درصد مطالعات به عوامل انگلی توجه شده است.

جدول ۴- فراوانی و رتبه‌بندی مکان محیط آبی مورد بررسی در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی

مکان محیط آبی مورد بررسی	فراوانی	رتبه	درصد
Wells	157	1	22.11
Laboratory	95	2	13.38
River	95	2	13.38
Distribution system	93	4	13.1
Aquifer	66	5	9.3
Springs	22	6	3.1
Swimming pool	16	7	2.25
Wetland	16	7	2.25
Dental unit	14	9	1.97
Dam	11	10	1.55
Sea	11	10	1.55

جدول ۵- فراوانی و رتبه‌بندی پارامترهای باکتریایی بررسی شده در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی

شاخص یا عامل باکتریایی مورد بررسی	فراوانی	رتبه	درصد	درصد از کل مطالعات*
Faecal coliforms	56	1	27.18	7.89
Total coliforms	46	2	22.33	6.48
Escherichia coli	29	3	14.08	4.08
Heterotrophic Plate Counts	17	4	8.25	2.39
Legionella	10	5	4.85	1.41
Pseudomonas aeruginosa	9	6	4.37	1.27
Streptococcus faecalis	8	7	3.88	1.13
Staphylococcus aureus	4	8	1.94	0.56
Vibrio cholerae	4	8	1.94	0.56
Bacillus subtilis	2	10	0.97	0.28
Mycobacterium	2	10	0.97	0.28
Salmonella	2	10	0.97	0.28
Klebsiella pneumoniae	2	10	0.97	0.28

*از آنجا که در جدول تمامی شاخص‌ها یا عوامل آورده نشده است، مجموع درصد جدول کمتر از مقدار ذکر شده در متن است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

جدول ۶- فراوانی و رتبه‌بندی پارامترهای انگلی بررسی شده در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی

عامل انگلی مورد بررسی	فراوانی	رتبه	درصد	درصد از کل مطالعات
Cryptosporidium	9	1	24.32	1.27
Giardia	8	2	21.62	1.13
Acanthamoeba	7	3	18.92	0.99
Amoebae	5	4	13.51	0.70
Entamoeba histolytica	2	5	5.41	0.28

در جدول ۷ فراوانی و رتبه‌بندی عوامل قارچی و جلبکی بررسی شده آورده شده است. همانطور که نشان داده شده است ۱/۵۴ درصد از کل مطالعات صورت پذیرفته به پایش یا بررسی عوامل قارچی در آب پرداخته‌اند. از مهمترین عوامل قارچی بررسی شده در مطالعات، آسپرژیلوس (۱۹/۵۱ درصد) و کلادوسپوریدیم (۷/۳۲ درصد)، مخمر (۷/۳۲ درصد)، کاندیدا (۷/۳۲ درصد)، پنیسیلیوم (۷/۳۲ درصد) و ریزوپوز (۷/۳۲ درصد) قابل توجه هستند.

در جدول ۸ فراوانی و رتبه‌بندی شاخص‌ها و مواد آلی بررسی شده در مطالعات با فراوانی حداقل ۳ مطالعه آورده شده‌اند. تنها در ۱۱/۱۲ درصد از کل مطالعات بررسی شده، پایش یا بررسی عوامل آلاینده آلی مورد توجه قرار گرفته است. از مهمترین شاخص‌هایی که برای بررسی وضعیت آلودگی مواد آلی مورد استفاده قرار گرفته شاخص کل مواد آلی (TOC) است که در ۱/۶۹ درصد کل مطالعات یا ۱۰/۲۶ درصد از مطالعات بررسی مواد آلی، مورد پایش قرار گرفته است. از عمده عوامل آلی مورد بررسی در مطالعات می‌توان به ترکیبات هیدروکربن آروماتیک پلی‌سیکلیک (PAH) (۹/۴ درصد)، تری‌هالومتان‌ها (۶/۸۴ درصد)، فنل (۵/۹۸ درصد)، متیل ترشیاری بوتیل اتر (MTBE) (۴/۲۷ درصد)، آفت‌کش‌های ارگانوفسفره (۴/۲۷ درصد) و گزیلن (۴/۲۷ درصد) اشاره نمود.

جدول ۷- فراوانی و رتبه بندی عوامل قارچی و جلبکی بررسی شده در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی

عامل قارچی و جلبکی مورد بررسی	فراوانی	رتبه	درصد	درصد از کل مطالعات
Aspergillus	8	1	19.51	1.13
Cladosporium	3	2	7.32	0.42
Yeast	3	2	7.32	0.42
Candida	3	2	7.32	0.42
Penicillium sp	3	2	7.32	0.42
Rhizopus sp	3	2	7.32	0.42
Fusarium sp	2	7	4.88	0.28
Diatomaceae	1	8	2.44	0.14

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

جدول ۸- فراوانی و رتبه‌بندی ۱۱ عامل اول شاخص‌ها و مواد آلی بررسی شده در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی

شاخص‌ها و مواد آلی مورد بررسی	فراوانی	رتبه	درصد	درصد از کل مطالعات*
Total Organic Carbon	12	1	10.26	1.69
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	11	2	9.4	1.55
Trihalomethanes	8	3	6.84	1.13
Phenol	7	4	5.98	0.99
Methyl tertiary butyl ether	5	5	4.27	0.70
Organophosphorous Pesticides	5	5	4.27	0.70
Xylene	5	5	4.27	0.70
Diazinon	4	8	3.42	0.56
Humic acid	4	8	3.42	0.56
Toluene	4	8	3.42	0.56
Benzene	3	11	2.56	0.42

*از آنجا که در جدول تمامی شاخص‌ها آورده نشده اند، مجموع درصد جدول کمتر از مقدار ذکر شده در متن است.

براســاس رتبه‌بندی عوامل معدنی با فراوانی حداقل ۴۶ مطالعه (جدول ۹)، در مجموع در ۵۲/۵ درصد از کل مطالعات بررســی شــده، عوامل شــیمیایی معدنی مورد توجه قرار گرفته‌اند. این درصد در مقایســه با فراوانــی مطالعاتی که به بررســی عوامل شــیمیایی آلی پرداخته‌اند قابــل توجه‌تر بوده و نشــان‌دهنده تمرکز بیشتر مطالعات بر پایش عوامل آلاینده معدنی در منابع آب ایران اســت. در بین عوامل شــیمیایی معدنی که بیشتر از ســایر عوامل مورد توجه قرار گرفته‌اند نیترات (۱۴/۸۶ درصد)، کلسیم (۱۰/۰۴ درصد)، ســدیم (۹/۲۵ درصد)، منیزیم (۸/۷۶ درصد)، ســرب (۷/۸۷ درصد)، کادمیم (۷/۶۸ درصد)، پتاسیم (۶/۵۹ درصد)، کروم (۶ درصد)، آرسنیک (۵/۷۱ درصد)، نیکل (۴/۵۳ درصد)، قابل ذکر هستند.

جدول ۹- فراوانی و رتبه‌بندی ۱۰ عامل اول آلاینده معدنی بررسی شده در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی

عوامل آلاینده معدنی مورد بررسی	فراوانی	رتبه	درصد	درصد از کل مطالعات*
Nitrate	151	1	14.86	21.27
Calcium	102	2	10.04	14.37
Sodium	94	3	9.25	13.24
Magnesium	89	4	8.76	12.54
Lead	80	5	7.87	11.27
Cadmium	78	6	7.68	10.99
Potasium	67	7	6.59	9.44
Chromium	61	8	6	8.59
Arsenic	58	9	5.71	8.17
Nickel	46	10	4.53	6.48

*از آنجا که در جدول عوامل آلاینده آورده نشده‌اند، مجموع درصد جدول کمتر از مقدار ذکر شده در متن است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

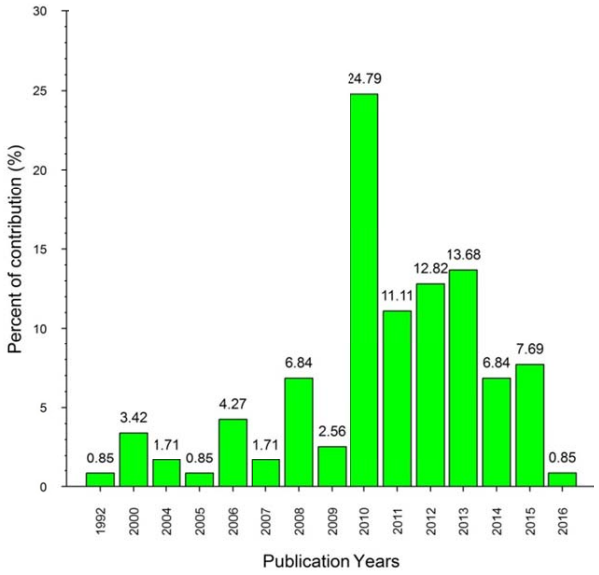
جدول ۱۰- فراوانی و رتبه‌بندی عوامل رادیونوکلوئید بررسی شده در مطالعات آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی

عوامل رادیونوکلوئید مورد بررسی	فراوانی	رتبه	درصد	درصد از کل مطالعات
Uranium	9	1	36	1.27
Radium	7	2	28	0.99
Radon	4	3	16	0.56
Thorium	3	4	12	0.42
Deuterium	1	5	4	0.14
Tritium	1	5	4	0.14

در جدول ۱۰ فراوانی و رتبه‌بندی عوامل رادیونوکلوئید آورده شده است. در مجموع تنها در ۳/۲ درصد از کل مطالعات بررسی شده، عوامل رادیونوکلوئید مورد توجه قرار گرفته‌اند. اورانیم (۳۶ درصد)، رادیم (۲۸ درصد)، رادون (۱۶ درصد)، توریم (۱۲ درصد)، دئوتریم (۴ درصد) و تریتیم (۴ درصد) تنها عوامل رادیونوکلوئید بررسی شده در مطالعات مربوط به منابع آب آشامیدنی هستند.

- بررسی روند مطالعات مربوط به مواد آلاینده

در نمودار ۱ روند تغییرات فراوانی بررسی مواد آلی آلاینده در مطالعات مربوط به آب‌های آشامیدنی در سال‌های مختلف در ایران نشان داده شده است. مطابق شکل، انجام مطالعات با هدف بررسی عوامل آلاینده آلی از سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۱۳ روند افزایشی محسوسی را نشان می‌دهد به نحوی‌که در سال ۲۰۱۰ بیشترین مطالعات در این زمینه انجام شده است (۲۴/۷۹ درصد). این در حالیست که در سال ۲۰۱۴ درصد مطالعات به‌طور قابل توجهی از مقدار ۱۳/۶۸ درصد در سال ۲۰۱۳ به ۶/۸۴ درصد در سال ۲۰۱۴ کاهش یافته است. به عبارتی درصد مطالعات در سال ۲۰۱۴ به نصف مطالعات انجام شده در سال قبل کاهش یافته است. در سال ۲۰۱۵ نیز در مقایسه با سال ۲۰۱۳ میزان کاهش مطالعات قابل توجه است (در حدود ۴۵ درصد کاهش). در این سال نیز افزایش مطالعات در مقایسه با سال ۲۰۱۴ قابل توجه نیست. در مجموع طی سه سال اخیر کاهش قابل توجهی در مطالعات مربوط به پایش عوامل آلاینده آلی در منابع آب رخ داده است. تا ۲۰ آوریل ۲۰۱۶ (۴ ماه اول سال) نیز همانطور که در نمودار ۱ دیده می‌شود، درصد مطالعات انجام شده ۰/۸۵ درصد از کل مطالعات بوده است.

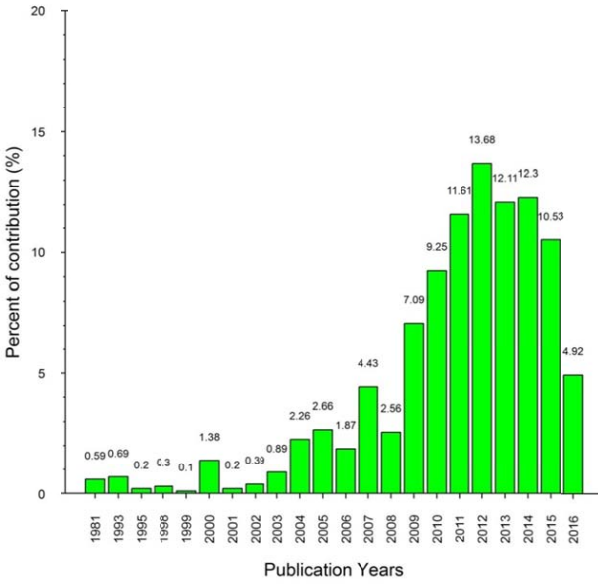


نمودار ۱- روند تغییرات فراوانی بررسی مواد آلی آلاینده در مطالعات مربوط به آب‌های آشامیدنی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۶

نمودار ۲ نیز روند بررسی مواد آلاینده معدنی در مطالعات مربوط به آب‌های آشامیدنی در سال‌های مختلف آورده شده است. همانطور که دیده می‌شود بیشترین فراوانی دفعات بررسی مربوط به سال‌های ۲۰۱۲ (۱۳/۶۸ درصد)، ۲۰۱۴ (۱۲/۳ درصد) و ۲۰۱۳ (۱۲/۱۱ درصد) است. بررسی عوامل

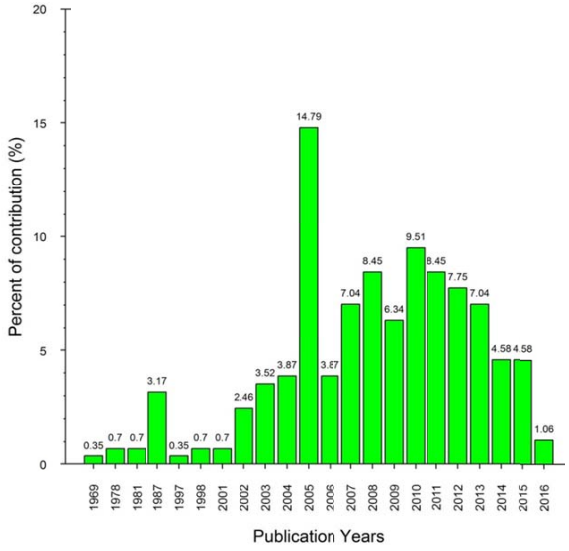
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

آلاینده معدنی از سال ۱۹۸۱ تا سال ۲۰۱۲ یک روند افزایشی اکسپونانشیلی را نشان می‌دهد. با این‌حال از سال ۲۰۱۳ تا سال ۲۰۱۵ فراوانی بررسی این عوامل در مطالعات روند کاهشی به خود گرفته به نحوی که سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۱۳ در حدود ۱۳ درصد کاهش را نشان می‌دهد.



نمودار ۲- روند تغییرات فراوانی بررسی مواد آلاینده معدنی در مطالعات مربوط به آب‌های آشامیدنی از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۶

نمودار ۳ نیز روند بررسی عوامل میکربی را نشان می‌دهد. از سال ۱۹۶۹ تا سال ۲۰۱۰ یک روند افزایش اکسپونانشیلی محسوس در فراوانی بررسی عوامل میکربی دیده می‌شود. اوج این بررسی‌ها مربوط به سال ۲۰۰۵ است (۱۴/۷۹ درصد) که نسبت به سایر سال‌ها به‌طور قابل توجهی بیشتر است. در مورد عوامل میکربی نیز مانند روند نشان داده شده در مورد عوامل آلی و معدنی، از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۵ روند کاهشی در فراوانی دفعات بررسی آنها به وضوح در شکل دیده می‌شود. از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۵، ۵۱ درصد از میزان فراوانی بررسی عوامل آلاینده میکربی در مطالعات کاهش یافته است.



نمودار ۳- روند تغییرات فراوانی بررسی عوامل میکربی در مطالعات مربوط به آب‌های آشامیدنی از سال ۱۹۶۹ تا ۲۰۱۶

- فراوانی استانی مطالعات

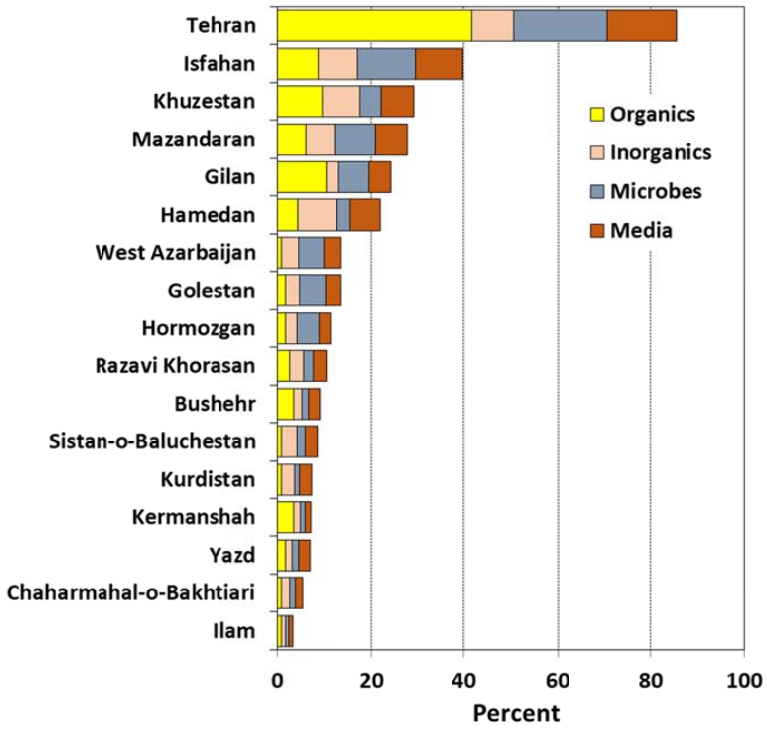
براساس نتایج این مطالعه (نمودار ۴) در تهران فراوانی بررسی عوامل آلاینده آلی نسبت به سایر استان‌ها بیشتر است (۴۱/۴۷ درصد). بعد از تهران، استان‌های گیلان (۱۰/۴۳ درصد)، خوزستان (۹/۵۷ درصد)، اصفهان (۸/۷ درصد) و مازندران (۶/۰۹ درصد) بیشترین فراوانی بررسی آلاینده‌های آلی را به خود اختصاص می‌دهند. کمترین فراوانی بررسی آلاینده‌های آلی مربوط به استان‌های آذربایجان غربی، سیستان و بلوچستان، کردستان، ایلام و چهارمحال و بختیاری است. در استان کرمان فراوانی بررسی عوامل آلاینده معدنی نسبت به سایر استان‌ها بیشتر است (۱۰/۵۶ درصد). بعد از کرمان، استان‌های تهران (۸/۸۸ درصد)، اصفهان (۸/۳۹ درصد)، همدان (۸/۲۹ درصد)، خوزستان (۸ درصد) و مازندران (۶/۰۲ درصد) بیشترین فراوانی بررسی آلاینده‌های معدنی را به خود اختصاص می‌دهند. از نظر بررسی عوامل آلاینده معدنی استان‌های لرستان (۰/۱ درصد)، قزوین (۰/۲ درصد)، قم (۰/۵۹ درصد)، ایلام (۰/۷۹ درصد) و البرز (۰/۹۹ درصد) کمترین فراوانی را به خود اختصاص دادند. در استان تهران فراوانی بررسی عوامل آلاینده میکربی نسبت به سایر استان‌ها بیشتر است (۲۰/۱۴ درصد). بعد از تهران،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

استان‌های اصفهان (۱۲/۳۷ درصد)، مازندران (۸/۳۳ درصد)، گیلان (۶/۳۶ درصد) و گلستان (۵/۵۶ درصد) بیشترین فراوانی بررسی آلاینده‌های میکربی را به خود اختصاص می‌دهند. همچنین کمترین فراوانی بررسی عوامل میکربی نیز مربوط به استان‌های خراسان جنوبی (۰/۳۵ درصد)، قزوین (۰/۳۵ درصد) و ایلام (۰/۷۱ درصد) است. در استان تهران درصد فراوانی بررسی محیط‌های آبی مختلف نزدیک به ۱۵ درصد برآورد شده است. بعد از تهران، اصفهان و خوزستان به ترتیب با ۱۰/۳ درصد و ۷/۰۱ درصد بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. کمترین فراوانی بررسی‌ها مربوط به استان‌های لرستان (۰/۲۹ درصد)، قزوین (۰/۴۳ درصد)، البرز (۰/۵۷ درصد)، قم (۰/۸۶ درصد) و ایلام (۰/۸۶ درصد) است. به عبارتی در این استان‌ها نه تنها تنوع بررسی محیط‌های آبی مختلف پایین است بلکه فراوانی دفعات بررسی نیز کم است. در مجموع در این استان‌ها توجه اندکی به بررسی وضعیت کیفی آب صورت پذیرفته است.

بحث

بررسی فراوانی اهداف مطالعات صورت پذیرفته (جدول ۲) در زمینه کیفیت آب در کشور نشان‌دهنده حوزه‌های متعددی است که در آن حوزه‌ها تحقیقات قابل توجهی انجام نشده است. از حوزه‌های مهم که می‌بایست تحقیقات بیشتری در آنها صورت پذیرد می‌توان به برخی موارد چون فرایندهای روش‌های نوین تصفیه پیشرفته آب مانند اسمز معکوس، و تبادل یونی و فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته، استفاده از روش‌های طبیعی تصفیه مانند گیاه پالایی (Phytoremediation)، تحلیل سرنوشت آلاینده‌ها در محیط (Fate analysis)، ارزیابی اثرات اکولوژیکی آلاینده‌ها، استفاده از روش‌های زیستی حذف آلاینده‌ها، شناسایی عوامل آلاینده بیولوژیکی با استفاده از روش‌های مولکولی و استفاده از شناساگرهای زیستی به منظور پایش آلاینده‌ها در محیط اشاره کرد. مطالعات ارزیابی ریسک نیز از جمله موضوعات قابل توجهی هستند که در سه حوزه آسیب‌پذیری زیست محیطی، ارزیابی ریسک بهداشتی عوامل



نمودار ۴- درصد مطالعات انجام شده برروی عوامل آلاینده مختلف و تنوع محیط آبی (media) به تفکیک استان‌ها

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

شیمیایی و عوامل میکربی می‌توانند مطرح و مورد توجه باشند. مطابق جدول ۲ در حوزه آسیب‌پذیری زیست محیطی و ارزیابی ریسک بهداشتی عوامل شیمیایی مطالعاتی صورت پذیرفته است. هر چند نسبت به سایر حوزه‌ها فراوانی این مطالعات قابل توجه است اما از نظر محتوایی در حوزه ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از عوامل شیمیایی و عوامل میکربی مطالعات با کیفیت بسیار اندک است. تحلیل محیط‌های آبی مورد بررسی نشان می‌دهد توجه به برخی از محیط‌های آبی که خود بازگوکننده تمرکز بر حوزه‌های تحقیقی مشخصی می‌تواند باشد باید بیشتر مورد توجه گیرد. از این حوزه‌ها می‌توان به مواردی چون بررسی وضعیت کیفی آب‌های بطری شده، بررسی وضعیت آب‌های مورد استفاده در مکان‌های تفریحی (تفرجگاه‌های آبی) و بررسی راهکارهای استفاده و ذخیره‌سازی آب باران و سیلاب‌ها و اثرات آنها بر افزایش بار آلودگی‌های منابع آب اشاره نمود.

بررسی فراوانی و رتبه‌بندی محیط‌های آبی از نظر نوع و مکان مورد بررسی (جداول ۳ و ۴) نشان می‌دهد در برخی از حوزه‌ها مطالعات قابل توجهی صورت نگرفته است. به‌عنوان مثال فراوانی مطالعاتی که به بررسی تصفیه‌خانه‌های آب شهری، سیستم‌های تصفیه آب خانگی، چشمه‌های آب گرم، سیستم‌های نمک‌زدایی از آب شور (Desalination systems)، وضعیت کیفی آب‌های مورد استفاده در صنایع غذایی و تالاب‌ها پرداخته باشند، قابل توجه نیست. از این‌رو با توجه به تاثیر مستقیم سیستم‌های تصفیه آب شهری و همچنین سیستم‌های تصفیه آب خانگی بر سلامت مصرف‌کنندگان انجام مطالعات بیشتر در این حوزه‌ها می‌تواند ضروری باشد. به علاوه تالاب‌های متعددی در ایران وجود دارند که بنا به دلایل مختلف در معرض نابودی هستند انجام مطالعات بیشتر در زمینه بررسی وضعیت کیفی آب و عوامل و متغیرهای موثر بر وضعیت آنها ضرورت دارد.

استفاده از عوامل شاخص باکتریایی یکی از راهکارهای کنترل و پایش وضعیت کیفی منابع آب از نظر وجود عوامل آلاینده میکربی محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت عوامل بیولوژیکی در بروز طغیان‌های منتسب به آب آشامیدنی، در اواخر قرن نوزدهم وجود باکتری‌های کلیفرم در آب آشامیدنی به‌عنوان شاخص ناسالم بودن آب منظور و معرفی گردید. از آن زمان باکتری‌های کلیفرم به‌عنوان مبنا یا شاخصی برای قضاوت در خصوص سالم بودن آب آشامیدنی در نظر گرفته شد. در حال حاضر نیز عدم وجود باکتری‌های ای کلای (E. coli) در آب آشامیدنی در بسیاری از رهنمودهای کیفی آب شرب به‌عنوان شاخص سالم بودن آب پیشنهاد می‌شود (۱۱). در دهه ۱۹۷۰ نقاط ضعف شاخص‌های کلیفرمی به‌تدریج مشخص شد. رخ دادن طغیان‌های منتسب به آب با وجود عدم شناسایی شاخص‌ها در آب، باعث زیر سوال رفتن قابلیت استفاده از شاخص‌های میکربی (کلیفرمی) شد و استفاده از این شاخص‌ها را با محدودیت مواجه کرد (۱۲). بروز طغیان‌های متعدد بیماری‌های عفونی منتسب به آب آشامیدنی در قرون ۲۰ و ۲۱ ثابت کرد که عدم شناسایی یا وجود نداشتن میکروارگانیسم‌های شاخص در آب آشامیدنی به تنهایی تضمین کننده سالم بودن آب نیست (۱۳). در رهنمودهای پیشین (۱۴) کیفیت آب آشامیدنی ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO)، بر پایش کیفیت میکربی آب تولید شده از نظر مقدار عوامل میکربی شاخص یعنی باکتری‌های کلیفرم مدفوعی تاکید شده بود. در بازبینی انجام شده توسط WHO در سال ۲۰۰۴ (۱۵) مشخص گردید که عدم شناسایی عوامل میکربی پاتوژن در آب آشامیدنی تولید شده، به تنهایی تضمین کننده عدم انتقال بیماری از طریق مصرف چنین آبی نخواهد بود. از این‌رو شناسایی سایر عوامل باکتریایی در عوامل شاخص در سطح گونه‌ها می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری از وضعیت کیفی آب فراهم نماید.

همانطور که در جدول ۵ دیده می‌شود تعداد مطالعات صورت پذیرفته در زمینه بررسی عوامل آلاینده باکتریایی منابع آب شرب که در سطح شناسایی گونه‌ها یا به صورت اختصاصی بر روی یک عامل خاص صورت گرفته باشد بسیار اندک است. به عبارتی در اغلب مطالعات از شاخص‌های باکتریایی در راستای بررسی وضعیت کیفیت آب استفاده شده است. در این خصوص استفاده از تکنیک‌های شناسایی بیوشیمیایی و مولکولی مانند PCR (Polymerase Chain Reaction) و

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

(real-time Polymerase Chain Reaction) rtPCR می‌تواند بسیار مفید باشد که در مطالعات بسیار اندکی به منظور شناسایی عوامل میکربی استفاده شده‌اند. لذا یکی از خلاءهای تحقیقاتی در حوزه کنترل کیفی منابع آب استفاده از تکنیک‌های بیوشیمیایی و مولکولی در راستای شناسایی عوامل آلاینده میکربی و ردیابی مسیرهای ورود آلاینده‌های میکربی به منابع آب است که می‌تواند در برنامه عمل آینده در حوزه تحقیقات مرتبط با کیفیت آب مورد توجه قرار گیرد.

از نقش منابع آب در انتقال عوامل انگلی روده‌ای خصوصا در مواردی که پتانسیل آلودگی در سیستم تامین آب وجود داشته باشد نبایستی غافل شد. علیرغم سرمایه‌گذاری‌های گسترده‌ای که در بهبود زیرساخت‌های بهسازی محیط، کیفیت آب، مقررات حفاظت زیست محیطی و در نتیجه کاهش ورود آلودگی‌های میکربی به سیستم‌های تامین آب شده است، طغیان بیماری‌های منتقله از آب خصوصا در مورد عوامل انگلی هنوز ریسک قابل توجهی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه دارد (۱۶). منابع آب می‌توانند توسط فاضلاب‌ها و رواناب‌های ناشی از مزارع، زائدات مدفوعی ناشی از حیوانات و ورود باقیمانده لاشه حیوانات مرده آلوده شوند (۱۷). در یک سیستم تصفیه آب متداول که به خوبی عمل می‌کند اغلب عوامل پروتوزوئری بسته به اندازه و سایز از آب حذف می‌شوند. با این وجود عواملی که اندازه کوچکتری دارند مانند سسیت‌های ژیاردیا لامبلیا، اووسسیت‌های کریپتوسپوریدیم و اسپورهای میکروسپوریدیا قادرند از سیستم تصفیه عبور کرده و در خروجی سیستم نیز راه یابند. تغییرات شرایط آب و هوایی (وقوع بارش‌های شدید و ...) می‌توانند باعث اختلال در سیستم‌های تصفیه شده و باعث وقوع موارد طغیان‌های بیماری ناشی از آب گردند (۱۸). در یک مطالعه مروری بر روی طغیان‌های بیماری‌های منتقله از آب در سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۶ در ایالات متحده مشخص شد که در حدود ۱۸ درصد این طغیان‌ها ناشی از عوامل انگلی است. ژیاردیا تنها پاتوژنی بود که در ۸۶ درصد از ۱۴۳ مورد طغیان مرتبط با آب که علت آنها شناخته شده بود شناسایی گردید (۱۹). این پاتوژن در ۲۸۱۲۷ مورد (۶/۳ درصد) از مجموع ۴۴۹۹۵۹ بیمار شناسایی شد (۲۰). از طرفی دیگر عامل کریپتوسپوریدیم به تنهایی در ۱۳ مورد (۹/۱ درصد) از طغیان‌ها شناخته شد ولی این عامل در بخش عمده‌ای از بیماران یعنی ۴۲۱۳۰۱ نفر (۹۳/۶ درصد از بیماران) شناسایی گردید. بخش عمده بیماران مبتلا به کریپتوسپوریدیوزیس (۴۰۳۰۰۰ مورد) مربوط به طغیان کریپتوسپوریدیم هومانیس در شهر میلواکی (Milwaukee) (۲۰, ۲۱) بودند. آنتامباهیستولیتیکا و سیکلوسپورا کایتانننزیس به ترتیب مسئول ۲ و ۱ طغیان بودند که تعداد موارد بیماری نیز در مورد این عوامل خیلی کمتر بود. همچنین در برخی از طغیان‌ها نیز مواردی از عفونت همزمان کریپتوسپوریدیم و ژیاردیا، و همچنین ژیاردیا و آنتامبا به ترتیب در ۲ و ۱ مورد از طغیان‌ها گزارش شده است (۲۰).

با توجه به مطالب فوق تاثیر عوامل انگلی بر افزایش بار بیماری‌های منتقله از طریق آب قابل توجه است. از این‌رو می‌بایست توجه بیشتری بر پایش و بررسی شیوع و انتقال این عوامل از مسیر آب آشامیدنی و حتی مواجه با منابع آب آلوده مانند پساب‌ها که جهت آبیاری محصولات کشاورزی استفاده می‌شوند صورت پذیرد. مطابق جدول ۶ از مجموع ۳/۶۶ درصد مطالعاتی که به بررسی عوامل انگلی پرداخته‌اند، بیش از ۷۰ درصد آنها به عوامل انگلی پروتوزوئری توجه داشته‌اند. در بین عوامل پروتوزوئری، آمیب‌ها (شامل آمیب‌ها، آنتامباهیستولیتیکا، ورماموبا، وانلا و والکامپفیا) در ۲۷ درصد مطالعات، کریپتوسپوریدیم در ۲۴/۳۲ درصد مطالعات، ژیاردیا در ۲۱/۶۲ درصد مطالعات، آکانتاموبا در ۱۸/۹۲ درصد مطالعات با بیشترین فراوانی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. عوامل انگلی کرمی مانند روترفی‌ها، شیستوزوما، آسکاریس نیز در مجموع در ۸/۱ درصد مطالعات مربوط به عوامل انگلی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در مجموع با توجه به اهمیت آب در انتقال عوامل انگلی ضرورت دارد در خصوص پایش این عوامل در منابع آب آشامیدنی خصوصا در مواردی که احتمال آلودگی منابع آب در اثر ورود آلودگی‌های مدفوعی انسانی و حیوانی وجود داشته باشد، توجه بیشتری صورت پذیرد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

براســاس نتایج این مطالعه بخش عمده عوامل قارچی بررســی شده مربوط به مطالعاتی است که به بررسی وضعیت کیفی آب استخرهای شنا (سرپوشیده و روباز) و همچنین آب تفرجگاه‌های آبــی پرداخته‌اند. از ایــن‌رو اهمیت پایــش تفرجگاه‌های آبی و اســتخرهای شــنا در انتقال عوامل قارچی ایجاب می‌کند توجه بیشــتری به پایش این محیط‌ها شــده و مطالعات بیشتری در خصــوص پایش و کنترل عوامل قارچی در این محیط‌ها صورت پذیرد.

وجــود طیف وســیعی از ترکیبات شــیمیایی آلــی در فاضلاب شهری این نگرانی را ایجاد می‌کند که این مواد بتوانند به منابع آب آشــامیدنی نیز راه یافته و اثرات بهداشتی نامطلوبی داشته باشــند. به‌علاوه بسیاری از این مواد در غلظت‌های خیلی کم در منابع آب وجود خواهند داشــت. با توجه به اینکه برای بسیاری از این ترکیبات ضوابط خاصی ارائه نشــده است تاکید تحقیقات اخیر بر روی شناســایی ترکیباتی اســت که از نظر بهداشــتی نگران‌کننده هســتند و همچنین پیاده‌ســازی روش‌هایی جهت ارزیابی ریســک این مواد در بســیار از مطالعات مورد توجه قرار گرفته است (۲۲).

بــه منظــور ســنجش متوالی مــواد آلــی آب از شــاخص‌ها یا پارامترهایی اســتفاده می‌شــود که می‌توان به TOC، DOC (بخشــی از TOC کــه از فیلتر ۰/۴۵ µ عبــور می‌کند)، کربن آلــی معلق یا (Particulate Organic Carbon (POC)) (بخشــی از TOC که بر روی فیلتر باقی می‌ماند) اشــاره نمود. ســنجش این شــاخص‌ها می‌تواند مقیاســی از میزان راندمان فرایند تصفیه و کیفیت آب برای مصارف مختلف غیرآشامیدنی آب باشد (۲۲). به هرحال این شاخص‌ها نمی‌توانند نشان‌دهنده مقــدار واقعی آلاینده‌ها باشــند و اســتفاده از نتایج ســنجش شاخص‌ها برای بررسی اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه با عوامل آلاینده آلی کافی نیســت. لذا اســتفاده از روش‌های پیشــرفته آنالیز برای ســنجش دقیــق انواع عوامل آلاینــده آلی ضرورت دارد. روش‌های آنالیز دســتگاهی پیشرفته امکان اندازه‌گیری و تشخیص مقادیر خیلی جزئی از ترکیبات آلی و معدنی در آب را فراهم ســاخته‌اند. از این روش‌ها می‌توان به GC/MS/MS و HPLC/MS اشاره کرد. با توسعه روش‌های آنالیز دستگاهی، بســیاری از ترکیبات شــیمیایی آنتروپوژنیک که ضوابطی برای آنهــا ارائه نشــده اســت در غلظت‌های خیلی کــم در آب‌های آشامیدنی، پســاب‌های فاضلابی و آب‌های محیطی قابل تعیین و تشــخیص هستند. تشخیص این مواد در محیط به مفهوم آن نیســت که این مواد اخیرا وارد محیط شــده‌اند بلکه بسیاری از این ترکیبات ممکن اســت برای چندیــن دهه در محیط وجود داشته باشند. به این دسته وسیع از آلاینده‌های شیمیایی منفرد یا به‌صورت دســته‌ای از ترکیبات که با غلظت‌های جزئی وجود دارند اصطلاحــا آلاینده‌های نوظهــور (Contaminants of Emerging Concern (CECs))، یــا ریزآلاینده‌های آلی (Trace Organic Contaminants (TrOCs)) گفتــه می‌شود. این گروه وسیع از ترکیبات CECs که شامل گروه‌های مختلف از ترکیبات اســت، براســاس آخرین نــوع مصرف (مثلا ترکیبات دارویــی، داروهای غیر تجویزی، ترکیبات شــیمیایی مراقبــت شــخصی، ترکیبات شــیمیایی خانگــی، افزودنی‌های غذایــی، ترکیبات شــیمیایی اطفاء حریق، مواد پلاستی‌ســایزر و آفت‌کش‌ها)، براســاس اثرات بهداشــتی بر انســان یا محیط زیســت (مثلا ترکیبات فعال هورمونــی، مختل‌کننده‌های غدد درون (Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)) یا براســاس نــوع ترکیب (مثــلا ترکیبات شــیمیایی، ترکیبات میکروبیولوژیکــی، ترکیبــات فنولیــک و یــا هیدروکربن‌های آروماتیــک چندحلقه‌ای) طبقه‌بندی می‌شــوند. آلاینده‌هایی از این گروه‌ها که تحت اســتاندارد ملی آب آشــامیدنی رهنمودی برای آنها ارائه نشده است (مانند ترکیبات (EDCs)) می‌توانند در لیســت آلاینده‌هــای آب آشــامیدنی (Contaminant Candidate List (CCL)) قــرار گیرنــد. برخــی از ایــن ترکیبــات ضمن انجــام فرایندهای گندزدایی تولید می‌شــوند. ترکیبــات آلی موجــود در آب خام ضمن فراینــد گندزدایی با کلر به محصــولات جانبی گندزدایــی (Disinfection by-products (DBPs)) تبدیل می‌شــوند که اثرات بهداشــتی ناشــی از ایــن ترکیبات به تایید رســیده اســت. به‌عنوان مثال ارتباط معنــی‌داری بین مواجهــه با ترکیبــات DBPs و بروز

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

سرطان مثانه (Bladder cancer) در افرادی که مشتقاتی از ۳ ژن (GSTT1، GSTZ1 و CYP2E1) کدکننده آنزیم متابولیزکننده DBPs را داشته‌اند، دیده شده است (۲۳، ۲۴). همانطور که در جدول ۸ دیده می‌شود ترکیبات شیمیایی آلی متعددی در مطالعات مختلف در کشور مورد بررسی قرار گرفته است. با این‌حال با توجه به اهمیت ترکیبات شیمیایی و از طرفی عدم شناخت کافی از هویت ترکیبات موجود در منابع آب آشامیدنی می‌بایست تمهیداتی در خصوص پایش دقیق‌تر انواع آلاینده‌های آلی براساس دانش موجود از احتمال حضور ترکیبات مختلف اتخاذ شود. در این خصوص توسعه و ارتقای سیستم‌های پایش از نظر تجهیزات دستگاهی و بهره‌مندی از سیستم‌ها و فناوری‌های نوین در سنجش آلاینده‌های آلی ضرورت دارد. با توجه به اهمیت ترکیبات EDC و باقیمانده‌های دارویی که جزو ریزآلاینده‌های آلی در منابع آب به حساب می‌آیند، انجام مطالعات در حوزه پایش این آلاینده‌ها و بررسی اثرات بهداشتی و اکولوژیکی آنها بسیار ضروری است. در مجموع تنها در یک دهم (۱۱/۱۲ درصد) از کل مطالعات، عوامل آلاینده آلی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که درصد نسبتا کمی است از این‌رو با توجه به اهمیت عوامل آلاینده آلی، سرمایه‌گذاری بیشتر در خصوص انجام مطالعات در این زمینه بسیار حائز اهمیت و ضروری است. با توجه به اهمیت عوامل آلاینده آلی، روند کاهشی مطالعات در این زمینه (نمودار ۱) نگران‌کننده بوده و از این‌رو اتخاذ تمهیداتی در جهت افزایش سرمایه‌گذاری پژوهشی بیشتر در این حوزه بسیار مهم است.

بررسی انواع آلاینده‌های آلی در منابع آب آشامیدنی در استان تهران نشان می‌دهد در این استان ۱۹ ماده آلی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است که در بین آنها بیشترین فراوانی بررسی به ترتیب مربوط به تولوئن (۱۱/۴ درصد)، گزیلن (۱۱/۴ درصد)، بنزن (۸/۵۷ درصد)، PAH (۸/۵۷ درصد)، MTBE (۸/۵۷ درصد)، TOC (۵/۷۱ درصد)، تری کلرواتیلن (۵/۷۱ درصد)، اتیل بنزن (۵/۷۱ درصد) و دی کلرواتان (۵/۷۱ درصد) است. تنوع پارامترهای آلاینده آلی بررسی شده در استان گیلان نسبت به تهران خیلی کمتر است به نحوی که در این استان تنها ۷ پارامتر شامل دی-اتیل هگزیل فتالات (۱۸/۲ درصد)، شاخص TOC (۱۸/۲ درصد)، تری‌هالومتان‌ها (۱۸/۲ درصد)، دی-ان-بوتیل فتالات (۱۸/۲ درصد)، شاخص BOD (۹/۰۹ درصد)، آفت‌کش‌های ارگانوکلره (۹/۰۹ درصد) و PAH (۹/۰۹ درصد) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در استان خوزستان ترکیبات جانبی حاصل از گندزدایی مانند BCBs (۱۶/۷ درصد) و تری‌هالومتان‌ها (۱۶/۷ درصد) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. آفت‌کش‌هایی چون دیازینون (۱۶/۷ درصد)، آترازین (۸/۳۳ درصد)، آفت‌کش‌های ارگانوکلره (۸/۳۳ درصد)، پرمترین (۸/۳۳ درصد)، آمترین (۸/۳۳ درصد) و فنتیون (۸/۳۳ درصد) در اولویت بعدی بررسی در این استان قرار گرفته‌اند. ترکیبات هیدروکربنه آروماتیک (۸/۳۳ درصد) نیز در این استان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در مجموع در این استان عمده تمرکز مطالعات مواد آلاینده آلی در آب، به بررسی آفت‌کش‌ها اختصاص یافته است. تنوع بررسی عوامل آلاینده آلی در استان اصفهان نسبت به استان‌های قبل کمتر بوده و در این استان بعد از شاخص TOC که ۳۳/۳ درصد را به خود اختصاص داده است تمرکز بعدی بر بررسی آلاینده‌های هیدروکربنه نفتی مانند نفت خام (۱۶/۷ درصد)، اتیل بنزن (۱۶/۷ درصد)، گازولین (۱۶/۷ درصد) و گزیلن (۱۶/۷ درصد) استوار است. این یافته نشان می‌دهد در این استان بررسی آلودگی‌های نفتی در منابع آب آشامیدنی بیشتر مورد توجه است. در استان مازندران عمده آلاینده‌های آلی مورد بررسی شامل آفت‌کش‌های ارگانوفسفره (۳۳/۳ درصد) به همراه گلیفوسات (۱۶/۷ درصد)، PAH (۳۳/۳ درصد) و آفت‌کش‌های ارگانوکلره (۱۶/۷ درصد) است. به نظر می‌رسد یکی از دلایل تمرکز مطالعات بر بررسی آفت‌کش‌ها، استفاده گسترده از این مواد در فعالیت‌های کشاورزی در این استان است. در این استان تنوع بررسی عوامل آلاینده آلی در مقایسه با سایر استان‌ها کمتر بوده و با توجه به اینکه عمده مطالعات بر بررسی آفت‌کش‌ها متمرکز هستند انجام مطالعات بیشتر در زمینه پایش این آلاینده‌ها و کنترل و مدیریت آنها جهت جلوگیری از آلودگی منابع آب ضرورت دارد. فراوانی بررسی عوامل آلاینده آلی در استان‌های چهارمحال و

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

بختیاری، ایلام، کردستان، سیستان و بلوچستان و آذربایجان غربی حداقل ممکن بوده که این مسئله می‌تواند به دلیل کمبود امکانات آنالیز دستگاهی برای پایش آلاینده‌های آلی و یا در اولویت نبودن پژوهش‌ها در این زمینه باشد.

در استان کرمان بیشترین فراوانی بررسی مواد معدنی به ترتیب مربوط به نیترات (۱۴ درصد)، کلسیم (۱۲/۱ درصد)، منیزیم (۱۲/۱ درصد)، سدیم (۱۱/۲ درصد)، پتاسیم (۹/۳۵ درصد) و سپس فلزات سنگین سرب (۶/۵۴ درصد) و نیکل (۵/۶۱ درصد) است. به نظر می‌رسد بررسی آلودگی فلزات سنگین، نیترات، بررسی مشکلات مرتبط با سختی و شوری آب در این استان از مهمترین مواردی بوده‌اند که مورد توجه قرار گرفته است. در این استان در مجموع ۳۲/۷۱ درصد از کل درصد فراوانی‌های بررسی آلاینده‌های معدنی به فلزات سنگین اختصاص یافته است.

در استان تهران آلاینده نیترات و نیتریت مهمترین آلاینده‌های معدنی مورد بررسی محسوب می‌شود که در مجموع بیش از ۳۰ درصد از کل فراوانی بررسی عوامل آلاینده معدنی را در این استان به خود اختصاص داده‌اند. کلسیم (۷/۷۸ درصد) و سدیم (۷/۷۸ درصد) نیز از پارامترهای مهم بررسی شده در این استان محسوب می‌شوند. همچنین فلزات سنگین مانند آرسنیک (۶/۶۷ درصد)، سرب (۶/۶۷ درصد)، کروم (۵/۵۶ درصد) و کادمیم (۵/۵۶ درصد) از مهمترین آلاینده‌های بررسی شده در منابع آب شرب در استان تهران هستند. شاید یکی از دلایل توجه بیشتر به عوامل آلاینده‌ای چون نیترات و نیتریت در این استان بروز نگرانی‌هایی است که طی سال‌های اخیر در خصوص آلودگی نیترات در سیستم تامین آب در این استان به وجود آمده است. در استان‌های اصفهان و همدان نیز نیترات ۱۵/۳ درصد و ۲۲/۶ درصد از کل فراوانی بررسی آلاینده‌های معدنی است. در استان اصفهان ۳۵/۳۲ درصد از کل درصد فراوانی‌های بررسی آلاینده‌های معدنی به فلزات سنگین اختصاص یافته است و در بین فلزات سنگین سرب با ۱۰/۶ درصد بیش از سایر فلزات مورد توجه قرار گرفته است. در استان همدان ۲۳/۲۳ درصد از کل درصد فراوانی‌های بررسی آلاینده‌های معدنی به فلزات سنگین اختصاص یافته است و در بین فلزات سنگین سرب با ۴/۷۶ درصد بیش از سایر فلزات مورد توجه قرار گرفته است. در استان خوزستان نیز سرب و نیترات هر کدام با درصدی معادل ۱۳/۶ درصد مهمترین عوامل آلاینده معدنی بررسی شده محسوب می‌شوند. در این استان در مجموع ۴۴/۴۶ درصد از کل درصد فراوانی‌های بررسی آلاینده‌های معدنی به فلزات سنگین اختصاص یافته است. در این استان نسبت به سایر استان‌ها آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین بیش از سایر استان‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در مازندران نیز نیترات بیشترین فراوانی بررسی (۱۸ درصد) را به خود اختصاص داده است. در این استان در مجموع ۴۴/۲۸ درصد از کل درصد فراوانی‌های بررسی آلاینده‌های معدنی به فلزات سنگین اختصاص یافته است که در رتبه دوم بعد از خوزستان از نظر بررسی این آلاینده‌ها قرار می‌گیرد.

در بین عوامل معدنی، نیترات، سرب، کادمیم، کروم، آرسنیک، نیکل، نیتریت و جیوه از نظر بهداشتی نگران کننده هستند و بر حسب اهمیتی که در مناطق مختلف کشور از نظر بروز آلودگی منابع آب وجود داشته است مورد توجه و بررسی قرار گرفته‌اند. پایش پارامترهایی چون کلسیم، سدیم و منیزیم که به ترتیب در رتبه‌های دوم، سوم و چهارم قرار گرفته‌اند می‌تواند نشان‌دهنده اهمیت پایش منابع آب از نظر میزان سختی و همچنین شوری آب‌ها باشد. به هرحال در بین عوامل شیمیایی معدنی نیترات به‌عنوان یک ماده شیمیایی نگران‌کننده در حدود یک پنجم از کل مطالعات مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. فلزات سنگین نیز از عوامل شیمیایی نگران‌کننده مورد توجه در مطالعات بررسی کیفی منابع آب آشامیدنی در کشور است. مطابق نمودار ۲ طی ۴ یا ۵ سال اخیر در حوزه بررسی عوامل آلاینده معدنی نیز مانند عوامل آلی کاستی‌ها و رکودی اتفاق افتاده است و روند کاهشی در انجام مطالعات در این زمینه نیز دیده می‌شود که این مسئله می بایستی مد نظر قرار گیرد.

در استان تهران طیف وسیعی از شاخص‌ها و عوامل میکربی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شاخص اشریشیاکلای (۲۱۲/۱ درصد)،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

کلیفرم‌های مدفوعی (۱۹/۳ درصد)، شاخص کلیفرم کل (۱۴ درصد) و HPC (۷/۰۲ درصد) از مهمترین شاخص‌های آلودگی میکربی بررسی شده در این استان هستند. در مجموع در این استان در بیش از ۶۰ درصد پایش‌ها از شاخص‌های آلودگی میکربی که شامل موارد فوق است، استفاده شده است. در بین عوامل انگلی، ژیاردیا بیش از سایر عوامل مورد بررسی قرار گرفته است (۳/۵۱ درصد). در استان اصفهان نیز مانند استان تهران شاخص‌های آلودگی میکربی مانند کلیفرم‌های مدفوعی (۲۰ درصد)، HPC (۱۷/۱ درصد)، کلیفرم‌های کل (۱۷/۱ درصد) و اشریشیاکلای (۸/۵۷ درصد) مورد توجه و بررسی قرار گرفته‌اند. با این‌حال در این استان تنوع بررسی عوامل میکربی در مقایسه با تهران کمتر بوده و عمدتا به بررسی عوامل باکتریایی و قارچی پرداخته شده است. در مازندران استفاده از شاخص‌های آلودگی میکربی مانند کلیفرم‌های مدفوعی (۲۰ درصد)، استافیلوکوکوس اورئوس (۱۲ درصد)، کلیفرم‌های کل (۱۲ درصد) بیشتر متداول بوده است. در این استان عوامل قارچی و عوامل انگلی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در استان گیلان عامل باکتریایی لژیونلا (۱۶/۷ درصد) و عامل انگلی کریپتوسپوریدیم (۱۶/۷ درصد) از مهمترین عوامل میکربی بررسی شده در مطالعات هستند. مطابق نمودار ۳ در مورد عوامل میکربی نیز مانند عوامل آلی و شیمیایی روند کاهشی بررسی عوامل آلاینده طی چند سال اخیر قابل توجه است. لذا در این حوزه نیز می‌بایست برنامه‌ریزی بیشتری به منظور سرمایه‌گذاری و تخصیص اعتبارات پژوهشی در جهت پایش عوامل آلاینده میکربی صورت پذیرد.

در بین عوامل رادیونوکلوئید اورانیم و رادیم که از عناصر مورد توجه در ضوابط بین‌المللی هستند در مطالعات انجام شده در کشور نیز (جدول ۱۰) بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. با این‌حال انجام مطالعات در این حوزه بایستی مبتنی بر مسئله و براساس مشکلاتی که در مناطق مختلف از نظر وجود آلودگی‌های رادیونوکلوئیدی و اهمیت آنها است صورت پذیرد. در مورد منابع آب آشامیدنی که دچار آلودگی به عوامل رادیونوکلوئید هستند EPA استفاده از بهترین تکنولوژی‌های موجود (Best available Technologies) و فناوری‌های کوچک انطباقی (Small system compliance technologies (SSCTs)) را مانند تبادل یونی و اسمز معکوس پیشنهاد می‌کند (۲۵). بررسی عملکرد این سیستم‌ها در حذف آلودگی‌های مربوط به عوامل رادیونوکلوئیدی در مقیاس آزمایشگاهی و همچنین در مواردی که در یک منطقه میزان آلودگی قابل توجه است، در مقیاس اجرایی و عملیاتی می‌تواند در مطالعات مورد توجه باشد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل شده در این مطالعه هدف غالب مطالعات مرتبط با بررسی آلودگی‌های منابع آب آشامیدنی در ایران، پایش آلاینده‌ها و ارائه گزارش توصیفی از مقادیر آلاینده‌ها است به نحوی‌که ۳۶/۶۲ درصد از مطالعات با این هدف صورت پذیرفته است و در حدود ۱۳ درصد از مطالعات در مقیاس آزمایشگاهی که محیط‌های آبی سنتتیک هستند، انجام می‌شوند.

با توجه به اهمیت ترکیبات آلی از جمله ترکیبات EDC و باقیمانده‌های دارویی که جزو ریزآلاینده‌های آلی در منابع آب به حساب می‌آیند، انجام مطالعات در حوزه پایش این آلاینده‌ها و بررسی اثرات بهداشتی و اکولوژیکی آنها بسیار ضروری است. همچنین انجام مطالعات بیشتر در زمینه بررسی منشاء آلودگی‌های معدنی و کمی‌سازی اثرات عواملی چون نیترات و فلزات سنگین در منابع آب شرب ضرورت دارد. با توجه به روند کاهشی قابل توجه در فراوانی مطالعات بررسی عوامل آلاینده منابع آب (آلی، معدنی و میکربی) از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۶ در کشور می‌بایست برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری و تخصیص اعتبارات پژوهشی در جهت انجام مطالعات بیشتر و دقیق‌تر صورت پذیرد. بررسی فراوانی استانی مطالعات حاکی از وجود برخی کمبودها در برخی از استان‌های کشور از جمله ایلام، قزوین، البرز، سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی، لرستان و قم دارد که مشارکت کمی در انجام فعالیت‌های پژوهشی در حوزه کیفیت آب دارند. تخصیص اعتبارات پژوهشی، تامین

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

تجهیزات و امکانات پژوهشی از جمله تجهیزات آزمایشگاهی برای بررسی و پایش عوامل آلاینده مختلف در این استان‌ها می‌تواند به افزایش تحقیقات هر چه بیشتر این استان‌ها در جهت بررسی وضعیت کیفی منابع آب کمک نماید. در مجموع از مهمترین حوزه‌هایی که نیاز به تحقیقات بیشتر در آنها احساس می‌شود می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

• ارزیابی ریسک شیمیایی و میکربی و اکولوژیکی آلاینده‌ها، در حوزه ارزیابی ریسک هر چند نسبت به سایر حوزه‌ها فراوانی مطالعات قابل توجه است اما از نظر محتوایی در حوزه ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از عوامل شیمیایی و عوامل میکربی مطالعات با کیفیت بسیار اندک است.

• تحلیل سرنوشت آلاینده‌ها در محیط،

• ارزیابی اثرات اکولوژیکی آلاینده‌ها،

• بررسی و استفاده از فرایندهای پیشرفته تصفیه آب مانند اسمز معکوس و تبادل یونی و فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته،

• استفاده از روش‌های زیستی حذف آلاینده‌ها و شناسایی،

• عوامل بیولوژیکی در مطالعات تصفیه بیولوژیکی،

• استفاده از روش‌های طبیعی تصفیه مانند گیاه پالایی،

• استفاده از شناساگرهای زیستی به منظور پایش آلاینده‌ها در محیط،

• استفاده از تکنیک‌های شناسایی بیوشیمیایی و مولکولی مانند PCR و rtPCR،

در نهایت با توجه به روند نگران‌کننده کاهشی در فراوانی بررسی عوامل آلاینده در منابع آب شرب کشور، امید است نتایج ارائه شده در این پژوهش بتواند نمای مشخصی را از وضعیت کلی تحقیقات در حوزه بررسی عوامل آلاینده آب نشان دهد و در مشخص کردن مسیر فعالیت‌ها و اولویت‌های پژوهشی و افزایش شتاب پژوهش‌ها در این حوزه مثمر ثمر واقع گردد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (کد طرح: ۴۳۳۴۸/ص/۹۴) و پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران (کد طرح: ۳۱۶۰۴-۴۶-۰۴-۹۴) انجام شد. از حمایت‌های انجام شده برای انجام این مطالعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Ojakangas R. Walch Science Litracy Series: Earth Science University of Minnesota. Minnesota: Walch Publishing; 1997.
2. Lu Y, Nakicenovic N, Visbeck M, Stevance A-S. Policy: Five priorities for the UN Sustainable Development Goals-Comment. Nature. 2015;520:432-33.
3. Giannoulis N, Maipa V, Konstantinou I, Albanis T, Dimoliatis I. Microbiological risk assessment of Agios Georgios source supplies in Northwestern Greece based on faecal coliforms determination and sanitary inspection survey. Chemosphere. 2005;58(9):1269-76.
4. WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality: Recommendations. Geneva: World Health Organization; 2004.
5. Bakir H, Hadi M, Jurdi M. Towards a renewed public health regulatory and surveillance role in water, sanitation and hygiene. Eastern Mediterranean Health Journal. 2017;23(8):525-27.
6. Zaheer M, Prasad B, Govil K, Bhadury T. A note on urban water supply in Uttar Pradesh. Journal of the Indian Medical Association. 1962;38(4):177-82.
7. WHO. Preventing Diarrhoea Through Better Water, Sanitation and Hygiene. Geneva: World Health Organization; 2014.
8. Morag M, Berlyne G. Drinking-water standards. The Lancet. 1970;296(7682):1079.
9. Munro NB, Travis CC. Drinking-water standards. Environmental Science & Technology. 1986;20(8):768-69.
10. WHO. International Standards for Drinking-Water. Geneva: World Health Organization; 1958.
11. Greenwood M, Yule GU. On the statistical interpretation of some bacteriological methods employed in water analysis. Cambridge: Cambridge University Press; 1917.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

12. Birden H. Safe drinking water: Lessons from recent outbreaks in affluent nations. Environmental Health, 2004;4(3):54-55.
13. Payment P, Locas A. Pathogens in water: value and limits of correlation with microbial indicators. Ground Water. 2011;49(1):4-11.
14. WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality, Vol. 1: Recommendations. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 1997.
15. WHO. Guidelines for Drinking Water Quality. 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2004.
16. Bridge JW, Oliver DM, Chadwick D, Godfray HCJ, Heathwaite AL, Kay D, et al. Engaging with the water sector for public health benefits: waterborne pathogens and diseases in developed countries. Bulletin of the world Health Organization. 2010;88(11):873-75.
17. Girones R, Ferrus MA, Alonso JL, Rodriguez-Manzano J, Calgua B, de Abreu Corrêa A, et al. Molecular detection of pathogens in water–the pros and cons of molecular techniques. Water Research. 2010;44(15):4325-39.
18. Nygård K, Schimmer B, Søbstad Ø, Walde A, Tveit I, Langeland N, et al. A large community outbreak of waterborne giardiasis-delayed detection in a non-endemic urban area. BMC Public Health. 2006;6(1):141. https://doi.org/10.1186/1471-2458-6-141.
19. Figueras M, Borrego JJ. New perspectives in monitoring drinking water microbial quality. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2010;7(12):4179-202.
20. Craun GF, Brunkard JM, Yoder JS, Roberts VA, Carpenter J, Wade T, et al. Causes of outbreaks associated with drinking water in the United States from 1971 to 2006. Clinical Microbiology Reviews. 2010;23(3):507-28.
21. Mac Kenzie WR, Schell WL, Blair KA, Addiss DG, Peterson DE, Hoxie NJ, et al. Massive outbreak of waterborne Cryptosporidium infection in Milwaukee, Wisconsin: recurrence of illness and risk of secondary transmission. Clinical Infectious Diseases. 1995;21(1):57-62.
22. Water Reuse Research Foundation (WRRF). Identifying Health Effects Concerns of the Water Reuse Industry and Prioritizing Research Needs for Nomination of Chemicals for Research. Alexandria: Water Reuse Research Foundation; 2012.
23. Cantor KP, Villanueva Belmonte C, Silverman DT, Figueroa JD, Real FX, García Closas M, et al. Polymorphisms in GSTT1, GSTZ1, and CYP2E1, disinfection by-products, and risk of bladder cancer in Spain. Environmental Health Perspectives. 2010;118(11):1545-50.
24. Freeman KS. Disinfection by-products and bladder cancer: Common genetic variants may confer increased risk. Environmental Health Perspectives. 2010;118(11):A491.
25. USEPA. Radionuclides in drinking water: a small entity compliance guide. USA: Office of Ground Water and Drinking Water; 2002.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

پیوست ۱:

شناسایی مقالات مرتبط با اهداف مطالعه در پایگاه‌های مورد جستجو با استفاده از کلید واژه‌های مختلف مطابق ذیل صورت پذیرفت:

(آب زیرزمینی یا آب سطحی یا شبکه توزیع آب یا شبکه آب آشامیدنی یا سیستم توزیع آب یا سیستم آب آشامیدنی یا آلودگی آب یا آلاینده‌های آب یا آب بطری شده یا آب معدنی یا آب بسته‌بندی یا چاههای آب یا عوامل آلاینده آب) و ((کریپتوسپوریدیم یا ژیاردیا یا شمارش بشقابی یا لژیونلا یا کلیفرم کل یا کلی فرم کل یا کلیفرم مدفوعی یا کلی فرم مدفوعی یا ایکولای یا ایکلای یا ای کولای یا اشیریشیاکلی یا اشریشیاکولای یا اشیریشیا کلی یا اشریشیا کولای یا ویروسها یا ویروس) یا (محصولات جانبی آب آشامیدنی یا محصولات جانبی گندزدایی یا محصولات جانبی ضدعفونی، برومات یا کلریت یا هالواستیک اسید یا هالو استیک اسید یا HAA یا تری هالومتان یا تری‌هالومتان یا THMs یا TTHMs) یا (کلروآمین یا کلرامین یا دی اکسید کلر یا کلرین دی اکسید یا گاز کلر) یا (آنتیمونی یا آنتی‌مونی یا آرسنیک یا ارسنیک یا آزبست یا آزبستوز یا باریوم یا باریم یا برلیوم یا بریلیوم یا کادمیم یا کادمیوم یا کروم یا کرومیوم یا کرم یا مس یا کاپر یا سانید یا سیاناید یا فلوئور یا فلوراید یا فلوئوراید یا فلوئورید یا سرب یا لید یا جیوه یا مرکوری یا نیترات یا نیتریت یا سلنیوم یا سلنیم یا تالیم) یا (آکریل آمید یا آکریلامید یا آلاکلر یا الاکلر یا آترازین یا اترازین یا بنزن یا بنزوپیرن یا بنزوآلفاپیرن یا بنزو آ پیرن یا بنزوپیرن یا پلی‌آروماتیک هیدروکربن یا پلی آروماتیک هیدروکربن یا PAH یا PAHs یا کربوفوران یا کربوفران یا تتراکلرید کربن یا تتراکلریدکربن یا تتراکلراید کربن یا کلردان یا کلروبنزن یا ۴ دی کلرو فنوکسی استیک اسید یا دیکلروفنکسی استیک اسید یا دی کلرو فنوکسی استیک اسید یا دالاپن یا دالاپون یا دی برومو کلروپروپان یا دی برومو کلروپروپان یا DBCP یا دی کلروبنزن یا دی کلروبنزن یا او دی کلروبنزن یا اُ دی کلروبنزن یا اُ دی کلروبنزن یا پی دی کلروبنزن یا دی کلروبنزن یا یا دی کلرواتان یا دی کلرو اتان یا دی کلرواتیلن یا سیس دیکلرواتیلن یا آدیپات یا دی اتیل هگزیل فتالات یا دینوسب یا دایینوسب یا دای اکسین یا دی اکسین یا TCDD یا دیکوات یا دی کوات یا دیکوآت یا اندوتال یا اندرین یا اپی کلروهیدرین یا اپیکلروهیدرین یا اتیل بنزن یا اتیلن دی برومید یا اتیلن دی بروماید یا گلیفوسات یا گلی فوسات یا هپتاکلر یا هپتاکلر اپوکسید یا هپتاکلر اپوکساید یا هگزاکلربنزن یا هگزا کلرو بنزن یا هگزاکلروسیکلوپنتادین یا هگزا کلرو سیکلو پنتادین یا لیندان یا متوکسی کلر یا یا اگزامیل یا اگسامیل یا ویدات یا بی فنیل پلی کلرینه شده یا پلی کلرینه بی فینیل یا PCB یا PCBs یا پنتاکلروفنل یا پنتا کلرو فنل یا پیکلورام یا سیمازین یا استیرن یا استایرن یا تتراکلرواتیلن یا تترا کلرو اتیلن یا تولوئن یا توکسافن یا تکسافن یا تی پی یا سیلوکس یا تر کلرو بنزن یا تری کلروبنزن یا تری کلرو اتان یا تری کلرواتان یا تری کلرواتیلن یا تری کلرو اتیلن یا ونیل کلراید یا وینیل کلراید یا وینیل کلرید یا گزیلن) یا (رادیونوکلوئید یا رادیونکلوئوتید یا ذرات آلفا یا ذرات بتا یا گاما یا رادون یا فوتون یا رادیوم یا رادیم

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

یـــا ارانیـــم یـــا اورانیم) یا (آلومینیم یا آلومینیوم یا کلرید یا کلراید یا رنگ یا بو یا مزه یا مس یا خوردگی یا خورندگی یا رســـوبگذاری یا رســـوبگزاری یا فلوراید یا فلوئوراید یا فلوئور یا عوامل کفزا یا عوامل کف زا یا عوامل بروز کف یا آهن یا منگنز یا نقره یا ســـولفات یا کل جامدات محلول یا TDS یا روی))

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

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

Systematic Review Article

A systematic review on drinking water resources-related studies in Iran: identification of research gaps

AR Mesdaghinia[1,2], S Nasseri[1,2], M Hadi[1,*], E Iravani[2], M Askari[2]

1- Center for Water Quality Research (CWQR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 10 January 2018
Revised: 7 February 2018
Accepted: 12 February 2018
Published: 7 March 2018

Key words: Drinking water pollutants, Systematic review, Research gaps

***Corresponding Author:**
hadi_rfm@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: Supply of safe drinking water to each community is one of the most important challenges in improving the general community's health. Considering the importance of the research on water quality, identification of water quality research gaps was performed by reviewing the relevant studies through a systematic review for Iran.

Materials and Methods: In this study 638, 166, 300 and 1000 relevant articles were found on Scopus, SID, Magiran and Iranmedex databases, respectively. Out of 2104 articles, 1394 articles were excluded from the study. Finally, 710 articles were further reviewed.

Results: Monitoring of pollutants by a descriptive study was the main objective of the most studies (36.62%). Around 13% of the studies were performed on a laboratory scale. Organic pollutants in Iran have been concerned only in 17 provinces, and other provinces have not participated in this regard. Nitrate is studied in around one fifth of the total studies. Heavy metals were also considered as a parameter of concern in the studies carried out on monitoring drinking water resource quality.

Conclusion: This study reflects the research gaps and provides a basis for prioritizing water quality research in Iran. More actions and sound planning should be taken to monitor organic and inorganic pollutants. Chemical and microbial risk assessment, tracing the fate of pollutants and assessment of their ecological effects, investigations on advanced water purification processes, the use of bioremediation methods, identification of biological contaminant using biomarkers and molecular identification techniques are the most important research priorities that require more investigations.

Please cite this article as: Mesdaghinia AR, Nasseri S, Hadi M, Iravani E, Askari M. A systematic review on drinking water resources-related studies in Iran: identification of research gaps. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;10(4):573 -94.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]