

برنامه‌ریزی درازمدت استفاده دوباره از آب

ناصر رازقی^{۱*}، رویا منصوری^۲

۱. تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، گروه مهندسی بهداشت و محیط زیست

۲. تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانش آموخته دانشکده محیط زیست و انرژی

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۰۵ - تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۰۳)

چکیده

با توجه به تمایل به افزایش جمعیت در کشور و به فرض نایل شدن به آن و براساس جمعیت ۱۰۰ میلیون نفر در ده سال آینده، می‌توان تحلیل کرد برای توسعه همه‌جانبه براساس اطلاعات و داده‌های در دسترس سالیانه به سرانه آب حدود ۲۰۰۰ متر مکعب نیاز است که برای جمعیت مورد اشاره حدود ۲۰۰ میلیارد متر مکعب در سال خواهد بود. اما در حال حاضر میزان آب تجدیدپذیر در کشور حدود ۱۲۰ میلیارد متر مکعب است که نشانگر کمبود آبی حدود ۸۰ میلیارد متر مکعب برای توسعه کشور است. با فرض جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های اجتماعات شهری، سالیانه حدود ۶ میلیارد متر مکعب آب نامتعارف وجود خواهد داشت که حدود ۷-۸ درصد کمبود پیشگفته است. اما این میزان آب نامتعارف تأمین‌کننده حدود ۷۰ درصد نیاز اجتماعات شهری خواهد بود. پس در صورت تصفیه فاضلاب شهری و استفاده دوباره از آن در جوامع، ممکن است مشکل کمبود آب کمرنگ شود. البته برای رسیدن به این هدف نیاز به برنامه بلندمدت سرمایه‌گذاری در تأسیسات تصفیه فاضلاب است و اولین گام در این برنامه اجرای عملیات پابلوت برای تصفیه تأسیسات فاضلاب برای حصول به سطح‌های مختلف استفاده دوباره است.

واژه‌های کلیدی: استفاده دوباره، برنامه‌ریزی درازمدت، پابلوت آب غیرمتعارف، توسعه منابع آب.

مقدمه

طبق گزارش‌های موجود، سرانه آب خام سالیانه برای توسعه همه‌جانبه یعنی کشاورزی، صنعت و شهری در کشورهای توسعه‌یافته مانند آمریکای شمالی حدود ۲ هزار متر مکعب است و اگر همین رقم برای آینده کشور در نظر گرفته شود با فرض جمعیت ۱۰۰ میلیون نفر، میزان آب لازم عبارت است از ۲۰۰ میلیارد متر مکعب در سال.

پتانسیل آب تجدیدشونده کشور براساس روند بارش‌های سال‌های گذشته حدود ۱۲۰ میلیارد متر مکعب در سال است که با توجه به نگرانی کاهش بارش‌ها و پیامدهای توسعه مانند تخریب محیط زیست، در مورد این رقم باید تجدید نظر شود؛ بنابراین، از نظر کلی با توجه به رقم ۲ هزار متر مکعب پیشگفته، کمبود آب در کشور برای توسعه همه‌جانبه حدود ۸۰ میلیارد

متر مکعب است که هشدارهای جدی به برنامه‌ریزان طرح‌های توسعه است [۱].

چالش‌ها

در تهیه برنامه‌های توسعه منابع آب کشور باید چالش‌های پیش رو را شناخت که اهم آنها عبارت است از [۱]:

- فاصله زیاد بین منابع آب کشور چه تجدیدشونده و چه آب‌های شور و اجتماعات بزرگ شهری و صنایع و در نتیجه نیاز به سرمایه‌گذاری برای تأسیسات انتقال آب.
- کمبود آب برای توسعه در حوزه‌های پراهمیت مرکزی کشور و ضرورت انتقال آب از یک حوزه به حوزه دیگر که دارای پیامدهای محیط‌زیستی و اجتماعی است.
- ضرورت ایجاد سدها برای ذخیره آب در دریاچه‌های

فرایند برگشت‌ناپذیر محیط‌زیستی است.

- استفاده از آب خاکستری و بارش‌های بام در ساختمان‌های بلندمرتبه و چند منظوره تجاری-اداری و حل مشکل فاضلاب آن‌ها در محدوده ساختمان. در بسیاری از شرایط مشکل شهر همین ساختمان‌های چند منظوره و یا مجتمع‌های مسکونی است که لازم است سرمایه‌گذاران مشکل تصفیه و دفع فاضلاب‌های خود را حل کنند. در بسیاری از شرایط ساختمان‌های حتی تا چهار طبقه هم با تمهیداتی نیاز به شبکه عمومی جمع‌آوری فاضلاب پیدا نمی‌کند.

- استفاده از فاضلاب‌های شهری و بازچرخانی و یا استفاده دوباره که بحث شد.

- نمک‌زدایی از آب‌های لب شور منابع داخل کشور یکی از گزینه‌ها و نمک‌زدایی از آب‌های شور دریاها گزینه دیگری است.

چون طرح‌های توسعه منابع آب و طرح‌های استفاده از آب را باید مهندسان مشاور در قالب مطالعات امکان‌سنجی و تعریف گزینه برتر و براساس آن اسناد مناقصه را تهیه کنند، لازم است شرح خدمات انجام مطالعات و ضوابط فنی بررسی و تصویب گزارش‌های آن‌ها با توجه به استراتژی‌های جدید توسعه منابع آب تجدید نظر شود.

برای مثال، برای انجام مطالعات امکان‌سنجی جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهری لازم است ابتدا مطالعات مربوط به منابع آب شهر و گزینه‌های استفاده از فاضلاب جمع‌آوری شده انجام و گزینه مناسب تعریف شود، سپس بر مبنای آن طرح جمع‌آوری و تصفیه تهیه شود.

از مهم‌ترین معیارهای انجام مطالعات، جایگزین کردن آب برداشت‌شده از منبع و حفظ پایداری طرح است که در آن معیارهای حفظ محیط‌زیست هم وجود دارد.

در نتیجه، قوانین و آیین‌نامه‌های مربوط به آب و فاضلاب و شرح وظایف دستگاه‌های مسئول هم باید با توجه به استراتژی‌های جدید بازنگری و بهنگام شود. در گذشته، یکی از دلایل ایجاد شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب، بالآمدن سفره آب زیرزمینی و بروز مشکلات ناشی از آن بود، اما امروزه تبدیل شده است به نگرانی پیامدهای پایین رفتن سفره آب زیرزمینی به علت برداشت بیش از میزان تغذیه آن [۱].

فاضلاب شهرها

با فرض جمعیت ۱۰۰ میلیون نفر برای کشور و مصرف متوسط

- پشت سد و پیامدهای نامطلوب تبخیر آب و رشد جلبک‌ها و ایجاد رنگ و طعم در آب و پیامدهای دیگر.
- رشد فزاینده آلودگی منابع آب به‌ویژه آب‌های سطحی به فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی که باعث افزایش هزینه‌های تصفیه آب برای مصرف‌های شرب و بهداشتی می‌شود و پیامدهای محیط‌زیستی دیگری به همراه دارد.
- کاهش نفوذپذیری لایه‌های سطح زمین نسبت به بارش‌ها به علت جنگل‌زدایی، تخریب مراتع و توسعه شهری. در توسعه شهری، باغ‌ها و فضای سبز اطراف شهرها تبدیل به خانه و گذرگاه می‌شود، به همین علت با تغییر بافت لایه‌های سطحی میزان تغذیه آب منابع زیرزمینی کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد و به همین دلیل میزان و دفعات بروز سیلاب‌ها افزایش می‌یابد زیرا آبی که باید منابع زیرزمینی را تغذیه کند به‌صورت رواناب و سیلاب جاری می‌شود.
- افزایش آبیگری از منابع زیرزمینی برای کشاورزی، توسعه فضای سبز و مصرف‌های شهری و کاهش میزان تغذیه و جایگزینی و در نتیجه پایین‌رفتن آب و بروز نشست زمین که همراه است با تخریب مخازن زیرزمینی منابع آب.

فرصت‌ها

با توجه به نیاز آب برای توسعه و چالش‌های پیش‌رو که چکیده آن مطرح شد، لازم است در برنامه‌ریزی کلان، به استراتژی‌های زیر توجه داشت:

- صرفه‌جویی در مصرف و جلوگیری از هدررفت آب چه در بخش کشاورزی و چه در بخش شهری و در نتیجه کاهش رقم ۲ هزار متر مکعب.
- جلوگیری از آلودگی منابع آب بر اثر فاضلاب‌ها و نبود ضرورت جداکردن آب شرب از آب مصرف‌های بهداشتی که پیامدهای اقتصادی و اجتماعی در پی دارد.
- جلوگیری از فرایند جنگل‌زدایی و تخریب مراتع و ایجاد سیلاب‌های مخرب.
- مدیریت رواناب‌ها و سیلاب‌های شهری و برون‌شهری و اجرای طرح‌های تغذیه منابع آب زیرزمینی و کاهش تبخیر در فاصله بارش و نفوذ به لایه‌های زیرسطحی.
- تنظیم برنامه‌های آبیگری و تغذیه منابع آب زیرزمینی و جلوگیری از تخریب مخازن زیرزمینی و نشست زمین. توجه شود که نشست زمین و تخریب مخازن زیرزمینی

- شست‌وشوی گذرگاه‌ها و شبکه جمع‌آوری فاضلاب.
- ایجاد و توسعه چشم‌اندازهای محیط زیستی مانند دریاچه‌ها و آبشارهای انسان‌ساخت- که می‌تواند مانند قایقرانی و ماهیگیری چندمنظوره هم باشد [۲].

یادآور می‌شود که در صورت ضرورت می‌توان با تصفیه‌های لازم، آب مصرف‌های بهداشتی را هم تهیه کرد که در مواردی توجیه اقتصادی هم می‌شود. ارقام و اعداد نشان می‌دهد که قیمت تمام شده آب منتقل شده از راه‌های دور و تصفیه، هزینه تمام شده‌ای تا حدود ۶۰۰۰ تومان و با نرخ ۲۰ درصد دارد که در مقایسه با نمک‌زدایی از آب‌های لب‌شور نزدیک اجتماع هزینه بیشتری دربر دارد؛ بنابراین، در توسعه منابع آب باید با نگاهی نو برنامه‌ریزی کرد [۱].

در کشور ما، که فاصله منابع آب متعارف از شهرها بسیار زیاد است و در مواردی نیاز به چند مرحله پمپاژ هم دارد، گزینه تصفیه فاضلاب در حد مناسب‌شدن برای مصرف‌های بهداشتی یک گزینه است و در این صورت جداکردن آب شرب از مصرف‌های بهداشتی اجتناب‌ناپذیر است که پیامدهای اجتماعی و اقتصادی دارد و نباید نادیده گرفته شود [۱].

در صورتی که آب غیرمتعارف تولید شده برای مصرف‌های بهداشتی نباشد، در ایجاد شبکه محدود انتقال و توزیع آن توجهاتی لازم است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از [۱]:

- اعتماد به استمرار تولید آب غیرمتعارف با کیفیت تعریف شده.
- اطمینان به اینکه آب غیرمتعارف فقط در بخش‌های تعریف شده استفاده شود.
- دستگاه مستقل و آگاه مسئولیت نظارت و پایش بر کیفیت و پیامدهای محیط زیستی آن را به عهده دارد.
- متصدیان و بهره‌برداران تأسیسات تحسیلات تخصصی لازم را دارند.
- امکان بروز اتصال ناجور با شبکه آب مصرف‌های بهداشتی وجود ندارد.
- قیمت تمام شده آن مقبولیت کافی دارد.

با توجه به اینکه بخش کشاورزی کشور حدود ۹۰ درصد آب تجدیدشونده را به خود اختصاص داده و سه درصد آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه فاضلاب نقشی در رفع بحران کم‌آبی این بخش ندارد، استفاده از آن در کشاورزی توصیه نمی‌شود. مهم‌تر اینکه فرایند عبور آب و عناصر از ریشه فرایندی اسمزی است و هنوز اعتمادی به عبور نکردن آلاینده‌ها در این فرایند و حضور آن در گیاه نیست و این موضوع دلیل

سرانه آب ۰/۲ متر مکعب در روز و تولید فاضلاب حدود ۸۰ درصد از آب مصرفی، میزان تولید فاضلاب حدود ۶ میلیارد متر مکعب در سال خواهد بود که حدود ۳ درصد نیاز آب کشور است. این میزان فاضلاب اگر تصفیه نشود محیط زیست کشور را آلوده و تخریب خواهد کرد؛ بنابراین، برای حفظ محیط زیست باید تصفیه شود و با توجه به محیط مورد تخلیه پساب، خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب تصفیه تکمیلی و پیشرفته شود. حال این آب غیر متعارف تولید شده پتانسیل استفاده دارد با نام عمومی استفاده دوباره شناخته می‌شود.

توجه شود که در بسیاری شرایط استفاده از چاه جذبی برای تصفیه فاضلاب توسط زمین، استراتژی مقبولی است و در مواردی با استفاده از فرایندهای تصفیه اولیه مانند مخزن سپتیک می‌توان عملکرد چاه جذبی را بهبود بخشید و به این ترتیب منابع آب زیرزمینی شهر را تقویت کرد. در این زمینه، اندیشه تصفیه‌خانه‌ای مرکزی اندیشه‌ای قدیمی است و باید تصفیه‌خانه‌های متفرق ایجاد شود و با معیارهای محیط زیستی نیز مقایسه شود.

از مهم‌ترین معیارهای محیط زیستی، تأمین و تقویت منابع آب زیرزمینی و جلوگیری از تخریب مخازن زیرزمینی است. با توجه به اینکه حدود ۸۰ درصد آب مصرفی شهر تبدیل به فاضلاب می‌شود، بازچرخانی آن در شهر گزینه‌ای است که در کم‌رنگ کردن پیامدهای بحران کم‌آبی نقش قابل توجهی دارد. چه در شهر شبکه جمع‌آوری فاضلاب باشد و چه از پتانسیل تصفیه توسط زمین استفاده شود، بازچرخانی آب حاصل از تصفیه را می‌توان به‌عنوان آب غیر متعارف استفاده کرد یا پس از تصفیه‌های لازم آن را به‌عنوان آب مصرف‌های بهداشتی به کار برد. به‌ویژه اگر آب شرب و مصرف‌های بهداشتی از راه‌های دور منتقل می‌شود و هزینه‌های تصفیه و انتقال آن‌ها قابل ملاحظه است، بازچرخانی آن توجیه اقتصادی هم می‌یابد [۱].

پتانسیل استفاده دوباره در شهرها

مهم‌ترین مصرف‌های آب غیرمتعارف در شهرها عبارتند از [۲]:

- آبیاری پارک‌ها، فضای سبز حاشیه و جزایر بزرگراه‌ها و توسعه فضای سبز حاشیه شهرها- که تمام آن‌ها در جلوگیری از بروز رواناب‌ها و تغذیه منابع آب زیرزمینی مؤثرند.
- مصرف‌های صنعتی و تأسیسات شست‌وشوی اتومبیل، تولید بتن، کنترل گرد و غبار.
- آتش‌نشانی و فلاشینگ توالت‌های عمومی.

مهم دیگری است که این آب نباید در کشاورزی به‌ویژه در تولید محصولات غذایی استفاده شود، مگر اینکه آب غیرمتعارف در حد مناسب مصرف‌های بهداشتی تصفیه شود که در این صورت توجیه اقتصادی استفاده از آن در کشاورزی با مشکل روبه‌رو خواهد شد [۱].

یکی دیگر از پتانسیل‌های استفاده دوباره از آب غیرمتعارف تغذیه منابع آب زیرزمینی مورد مصرف کشاورزی است. در بسیاری از بخش‌های کشور، حتی در بسیاری از شهرها، میزان آبیاری از منابع زیرزمینی بیشتر از میزان تغذیه توسط آب‌های تجدیدشونده است. به‌همین دلیل بروز نشست اراضی و تخریب مخازن زیرزمینی که فرایندی برگشت‌ناپذیر است در نقاط زیادی مشاهده می‌شود. از همین رو، یکی از گزینه‌های استفاده از آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه فاضلاب‌ها، تغذیه مخازن زیرزمینی مورد مصرف در کشاورزی و حتی شرب است و اساس فلسفه آن جایگزین کردن آب برداشته شده است. درحالی‌که سعی در کاهش آبیاری از منابع آب زیرزمینی باید جدی گرفته شود، سعی در تغذیه این مخازن با فاضلاب‌ها هم باید یکی از استراتژی‌های راهبردی توسعه منابع آب باشد. تخصیص این آب به بخش صنایع به توجه زیادی نیاز دارد تا اولویت آن ثابت شود [۱].

روش‌های تغذیه منابع زیرزمینی عبارتند از [۲]:

- پخش در روی زمین
- تزریق به لایه‌های بالای سفره آب
- تزریق مستقیم به سفره آب.

در تمام سه روش پیشگفته، زدایش جامدات معلق آب و در مواردی کاهش غلظت ازت و فسفر آب غیرمتعارف ضرورت دارد تا مناسب تغذیه و استفاده دوباره شود و در صورتی که منبع آب مورد تغذیه برای مصرف‌های شرب در نظر گرفته می‌شود، زدایش تمام آلاینده‌ها مانند آنتی‌بیوتیک‌ها، هورمون‌ها و ویروس‌ها ضرورت دارد که با معیار تی‌اوسی پایش می‌شود.

استفاده از آب غیر متعارف برای مصرف‌های مختلف نیاز به تدوین معیارهای کیفی آن دارد که این موضوع از کمبودهای اساسی در توسعه منابع آب غیرمتعارف در کشور است.

در صورتی که برای مبارزه با بحران آب قرار است از آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری استفاده شود به چند اصل باید توجه شود که عبارتند از:

۱. مصرف در شهرها به‌صورت آب غیر متعارف یا تصفیه در حد آب مناسب مصرف‌های بهداشتی.

۲. تدوین معیارهای کیفیت هریک از دو نوع مصرف.

۳. تجدیدنظر در سیاست‌گذاری تأسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری؛ یعنی اگر قرار است پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب در شهر استفاده شود، ایجاد تصفیه‌خانه‌ای متمرکز سیاست غلطی است و لازم است تعداد بیشتری تصفیه‌خانه به‌صورت متفرق در شهر ایجاد شود و تأسیسات تصفیه تکمیلی و پیشرفته در آن‌ها به‌وجود آید و آب غیرمتعارف تولیدی دوباره مصرف شود.

در شرایطی شاید ضروری باشد از تأسیسات نمک‌زدایی با روش اسمز معکوس هم در تصفیه پیشرفته آب غیرمتعارف استفاده شود.

این استراتژی نیاز به انجام‌دادن مطالعات مفصل امکان‌سنجی و تعریف گزینه‌ها و مقایسه اقتصادی آن‌ها دارد، اما در درازمدت نگرانی بحران کم‌آبی را بسیار کم‌رنگ می‌کند. به‌ویژه اگر هزینه‌های تصفیه و انتقال آب قابل ملاحظه است این گزینه باید مطالعه شود.

۴. سختگیری بیشتر در تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و بیمارستانی و تأسیسات مشابه شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری تا اطمینان حاصل شود در آب غیرمتعارف تولیدشده برای مصرف‌های بهداشتی اثری از فلزات سنگین و داروهای مورد مصرف بیمارستانی دیده نمی‌شود.

۵. اگر آب زیرزمینی، منبع آب شرب شهر است، جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه آن در حد آب مناسب مصرف‌های بهداشتی و تخلیه آن به منابع آب زیرزمینی صورت گیرد و با گذشت زمان و استفاده از رقیق‌ساز بهره‌برداری شود. در مواردی پتانسیل تصفیه در لایه‌های زمین، آب خام مناسب مصرف‌های شرب را نیز تولید می‌کند که نیاز به تحقیقات دارد.

به‌طور خلاصه، فاضلاب شهری را می‌توان در حدی تصفیه کرد که در شهرها دوباره برای مصرف‌های بهداشتی استفاده شود. با این راهکار فشار کمتری به منابع آب متعارف و تجدیدشونده کشور وارد می‌شود. در مقابل، گزینه نمک‌زدایی از آب‌های شور و انتقال از راه‌های دور گزینه دیگری است که از نظر اقتصادی نیاز به مقایسه دارد؛ یعنی نمک‌زدایی و انتقال از راه دور در مقابل تصفیه بیشتر و بدون لوله انتقال هزینه بیشتری دارد، زیرا فاضلاب در داخل شهر وجود دارد [۱].

ضرورت راه‌اندازی پایلوت

برای جلب اعتماد مسئولان آب، بهداشت و محیط‌زیست برای طرح‌های استفاده چندباره از آب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های

رازقی و منصوری: برنامه‌ریزی درازمدت استفاده دوباره از آب ۵

استراتژی استفاده دوباره احساس اطمینان و اعتماد کنند؛ بنابراین، در ستادی متشکل از نمایندگان وزارت نیرو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت کشاورزی و سازمان حفاظت محیط زیست برنامه‌ریزی، تأمین اعتبار و نظارت بر کارها باید پیگیری شود.

درحقیقت، یکی از پیشنهادهاى تشکیل هسته مرکزی باید اجرای پایلوت‌های مختلف در کشور برای استفاده دوباره باشد، زیرا بدون انجام‌دادن عملیات پایلوت و تفسیر و تعبیر نتایج حاصل از بهره‌برداری از تأسیسات پایلوت نمی‌توان از نظر آیین‌نامه‌ای و فنی راهکارهای استفاده دوباره را تدوین کرد [۱].

شهری، طرح و اجرای تأسیسات پایلوت ضرورت دارد. ویژگی‌های لازم عبارتند از:

- تصفیه تکمیلی
 - تصفیه پیشرفته با توجه به هدف استفاده
 - طرح‌های موازی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرها
 - نظارت گروه‌های مستقل از بهره‌برداری
 - اطمینان به نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی
 - بهره‌برداری در مدت‌های طولانی یک‌سال و بیشتر.
- به‌این ترتیب، نتایج به‌دست آمده در کارگروه‌های مختلف ارزیابی می‌شود تا مسئولان و تصمیم‌گیران و جامعه بتوانند به

مراجع

- [۱]. رازقی، ن.، منصوری، ر.، روحانی، پ. (۱۳۹۲). "استفاده دوباره آب (طرح و برنامه)"، شرکت نارون‌آرا.
- [2]. U.S. EPA (2012). "Guidelines for Water Reuse", EPA/600/R-12/618, U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Agency for International Development, Washington, DC.