

Replacing "Water Hygiene" Management Model with "Water Quality Engineering" Model, A Strategy for More Efficient Management of Potable Water Supply and Distribution

Majid Ghannadi

Advisor of the Deputy of Engineering and Development,
Water and Wastewater Engineering Company

* Corresponding Author, Email: Ghannadi48@gmail.com

Received: 10/6/2017

Revised: 30/4/2018

Accepted: 30/4/2018

Abstract

Water quality is subject to judgement by three components: the protection of public health, public acceptance and impact on the acceptability and durability of facilities. In modern times, extraction of water resources before they are restored with a lack of discipline and regulations for efficient management of pollutants and protection of water has accelerated the deterioration of water quality and has caused unwanted changes in water resources. However, the social demand regarding the issue of water quality has extended beyond being healthy and having effect on public to areas of social satisfaction and facility protection. In such circumstances, water sanitation units in water companies will not be able to meet the demand of the public on the issue of water quality with traditional structure inspired by health institutions which judges the quality of water on aspects of its effect on the public health, so it is necessary for them to replace "water hygiene" model with "water quality engineering" model, considering the favorable idealistic horizon and having an evolutionary view. In this model, water quality engineer presents the best and most accurate inferences with a complete knowledge of the scientific principles and with the requirements of adaptive management, from raw data, laboratory indicators of efficient management, extraction and taking into account economic orders, risk assessment and technical and social requirements. Giving his opinion in decisions related to designing treatment processes and structures, storage and transport of water and selection of materials, he realizes the idea of engineering water quality.

Keywords: Drinking Water Management, Social Demand, Technical Requirements, Water Quality Engineering.

جایگزینی مدل مدیریتی «بهداشت آب» با «مهندسی کیفیت آب» راه کاری برای مدیریت کارآمدتر در تامین و توزیع آب آشامیدنی

مجیدقنادی

مشاور معاونت برنامه ریزی و توسعه، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

* نویسنده مسئول، ایمیل: Ghannadi48@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۰

چکیده

کیفیت آب با سه مؤلفه صیانت از سلامت افراد و جامعه، مقبولیت و پذیرش عمومی و اثرگذاری بر دوام (پایداری) تأسیسات، در معرض قضاوت و داوری است. در دوران معاصر، استحصال بیش از سرعت بازیابی منابع آب، همراه با فقدان اعمال انضباطها و نظارت‌های کارآمد بر مدیریت آلاینده‌ها و حراست از آب‌ها، زوال کیفیت منابع آبی کشور را سرعت بخشیده و تغییرات ناخواسته آن را سبب شده است. این درحالی است که مطالبه‌ی اجتماعی از موضوع کیفیت آب، از مرز سالم بودن و اثرگذاری آن بر سلامت فراتر رفته و به حوزه‌های رضایت‌مندی اجتماعی و حفاظت از تأسیسات، تسری یافته است. در چنین شرایطی، واحدهای بهداشت آب در شرکت‌های آب و فاضلاب، با ساختار سنتی الهام گرفته از نهادهای بهداشتی، که کیفیت آب را متوقف بر جوانب اثرگذاری آن بر سلامت می‌داند، قادر به پاسخ‌گویی به مطالبه عمومی در موضوع کیفیت آب نخواهند بود و لازم است با در نظر داشتن افق آرمانی مطلوب و با نگاهی تحول‌گرایانه، مدل «مهندسی کیفیت آب» را جایگزین «بهداشت آب» سازند. در این مدل، مهندس کیفیت آب، با اشراف بر مبانی علمی که نمونه‌ای از آن در موضوع نیرترات اشاره شده است و با رعایت الزام‌های مدیریت تطبیقی، از داده‌های خام آزمایشگاهی، شاخص‌های کارآمد مدیریتی، استخراج و با در نظر داشتن نظم‌های اقتصاد، ارزیابی خطر و نیازهای فنی و اجتماعی، بهترین و صحیح‌ترین استنتاج‌ها را ارائه می‌دهد. همچنین با اعمال نظر در تصمیم‌های مرتبط با طراحی فرآیندها و سازه‌های پالایش، ذخیره سازی و انتقال آب و انتخاب مواد و مصالح، ایده‌ی مهندسی کیفیت آب را محقق می‌سازد.

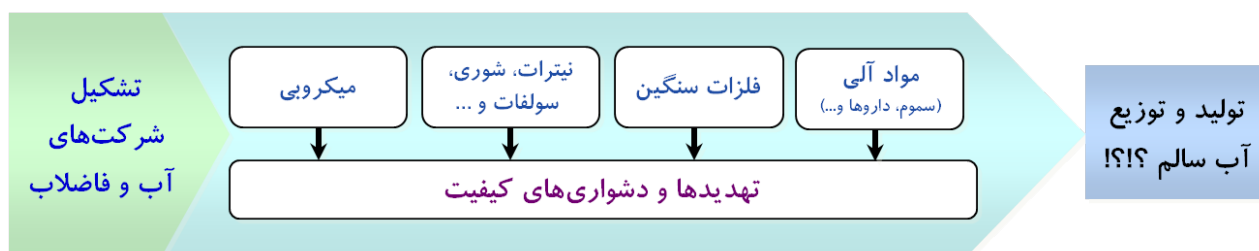
کلمات کلیدی: مدیریت آب آشامیدنی، مطالبات اجتماعی، نیازهای فنی، مهندسی کیفیت آب.

بر این سیاق، شرکت‌های آب و فاضلاب برای انجام وظیفه خطیری که برعهده دارند، علاوه بر نیاز به تجهیزات به‌هنگام شناسایی و تعیین مقدار آلاینده‌های آب، از ویژگی تعامل تخصصی درون و برون‌سازمانی و پاسخ‌گویی اجتماعی نیز باید بهره‌مند بوده و آگاه باشند که تنگناها، دشواری‌ها و هدف‌های کنترل و بهبود کیفیت آب، متأثر از پیشرفت‌های علمی، دگرگونی‌ها و انتظارات اجتماعی، هیچ‌گاه مطلق نیستند. مشکلات همواره تغییر شکل می‌دهند و به تناسب عملکرد، هوشمندی و تلاش فردی و گروهی، در هر زمان، چهره آن‌ها تغییر می‌کند. تنگناهایی که روزی برای حل آن‌ها اقدام می‌کردیم، امروز حل شده و در مقابل مشکلات جدیدی پدیدار شده است (قنادی، ۱۳۸۵). دشواری‌ها، درگذر زمان همواره در رده‌های بالاتر ظاهر می‌شوند و راه‌حل‌های برتری را نیز طلب می‌کنند. اگر در سه دهه پیش، مشکل عمده‌ی کیفیت آب آشامیدنی در ایران، پایین بودن شاخص مطلوبیت کلر باقی‌مانده و نتایج آزمون‌های میکروبی در شبکه‌های آب‌رسانی بود، امروز با بهبود شبکه‌های آب‌رسانی در قالب ایجاد شبکه‌های حلقوی، احداث مخازن ذخیره و حذف پمپاژ مستقیم آب به شبکه، در کنار توسعه تجهیزات و ایستگاه‌های کلرزنی، افزایش کنترل‌ها و سنجش‌های هوشمند، سال‌ها است که دغدغه‌ی سلامت میکروبی و شاخص‌های مرتبط با آن، مرتفع و به‌عنوان نقطه قوت و دستاورد بزرگ مدیریت آب و فاضلاب کشور محسوب می‌شود (قنادی، ۱۳۹۴). در عین حال اگر در سه دهه پیش، مقدار افزایش یافته نیترات، تنها در معدودی از شهرها، عمده‌ترین مشکل کیفیت شیمیایی در شبکه‌های آب‌رسانی کشور به‌شمار می‌رفت، امروز، افزون بر مشکل دیرینه نیترات، ظهور و افزایش مقادیر آلاینده‌هایی همچون جامدات محلول، سولفات و برخی فلزات سنگین که شمار و گستره آن‌ها رو به فزونی است و مواردی معدودی همچون بر، فلوراید و مانند آن، مهم‌ترین چالش کیفیت آب در ایران به‌شمار می‌رود (شکل ۱). بر طبق گزارش کارشناسان وزارت جهاد کشاورزی، در یک برآورد کلی، سالانه بیش از ۲۵ هزار تن انواع سموم کشاورزی در ایران مصرف می‌شود و در هر هکتار از زمین‌های زراعی و باغ‌های کشور، به‌طور میانگین ۱۰ گرم سم به‌کار می‌رود که به‌حتم، بخشی از آن‌ها به منابع آب کشور راه می‌یابند. حاکمیت و استمرار چنین الگویی از تغییرات کیفیت آب در کشور، به‌خوبی می‌نمایند که با گذشت زمان، متأثر

بنابر اعلام دفتر برنامه‌ریزی ملل متحد، در سال ۲۰۵۰ تقاضای جهانی آب در مقایسه با سال ۲۰۰۰، به تقریب دو برابر خواهد شد و به‌نظر نمی‌رسد چرخه‌ی طبیعی آب قادر باشد تمامی نیازهای آبی را در دهه‌های آینده برآورده سازد. این درحالی است که روند تقلیل کیفیت آب‌ها هم‌چنان استمرار دارد. حتی در مناطقی که آب کافی برای تامین نیازها وجود دارد، بسیاری از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سفره‌های زیرزمینی به‌شدت آلوده شده و یا خواهند شد (امیدی و زرین‌پنجه، ۱۳۹۳).

مطابق تعریف سازمان جهانی بهداشت «آب آشامیدنی» آبی است که برای مصرف انسانی و تمامی کاربری‌های خانگی مناسب باشد (WHO, 2011). در آینده برای برآورده ساختن مستمر چنین آبی با درجه بالایی از کیفیت که ویژگی‌های آن متناسب با کاربری‌های تعریف شده به‌ویژه آشامیدن باشد، افزون بر نیاز به تأسیسات کارآمدتر تصفیه، نگهداشت و توزیع آب، نیازمند مدیریت ضایعات انسانی، کشاورزی و صنعتی تخلیه شده به منبع آب متناسب با توان خودپالایی آن است. در حقیقت تأمین سلامت آب مجموعه‌ای زنجیروار از حلقه‌های به‌هم پیوسته مدیریت حوزه آبریز، مدیریت زاینده‌های انسانی، صنعتی و کشاورزی، فرایندها و تأسیسات تصفیه و سالم‌سازی، تأسیسات نگهداشت و توزیع و کنترل عملکرد صحیح آن‌ها است. پرواضح است که هرگونه کاستی در زیرساخت‌ها و عملکرد هر یک از حلقه‌های برشمرده، ضمن اعمال فشار مضاعف و ناخواسته بر سایر اجزاء، نیل به هدف غایی تأمین مستمر آب آشامیدنی سالم را دشوار و گاه ناممکن می‌سازد. نگاه عمیق‌تر به موضوع کنترل کیفیت آب از حوزه آبریز تا دورترین مصرف‌کنندگان شهری و روستایی، به وضوح می‌نمایاند که کنترل کیفیت آب، افزون بر جنبه‌های فنی و تخصصی درون و برون‌سازمانی، رویکردی اجتماعی و یکی از معیارهای قضاوت مشترکان از عملکرد سازمان‌های متولی آب است. زیرا کیفیت، در معنای عام آن و فراتر از همه تعریف‌ها، احساسی است که در مواجهه با پدیده‌ها، در ما شکل می‌گیرد و میلی است که «بد» را پس می‌زند و «نیکو» را طلب می‌کند و پایه و اساس آن، بر مدار پذیرش و مقبولیت نهاده شده است. کیفیت، شاخصی برای سنجش میزان مسؤولیت‌پذیری اجتماعی است.

سیر تغییر آلودگی‌ها در منابع و شبکه‌های آبرسانی



۱۳۷۰ ۱۳۷۰-۱۳۸۰ ۱۳۷۵ ۱۳۸۹ ۱۴۰۰

شکل ۱- تصویر تجسمی از سیر تغییر آلاینده‌ها در منابع و شبکه‌های آبرسانی کشور (دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی و راهبردی وزارت نیرو ۱۳۹۵)

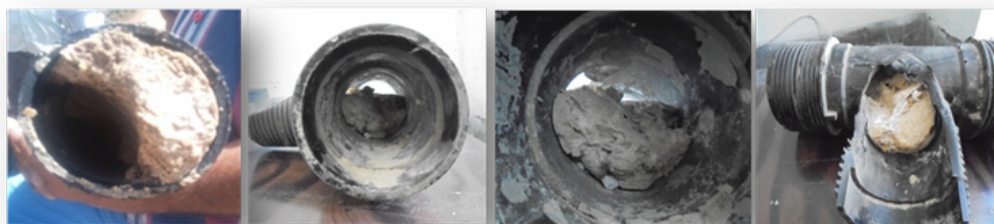
تحول می‌سازد و پرواضح است که پیش‌نیاز تحول، روزآمد بودن و پیش‌گامی است. تحول و توسعه یک موضوع بنیادی است که در آن، نگاه کهن از بین می‌رود و نگاه جدیدی جایگزین آن می‌شود. به تعبیر دیگر، در تحول، همیشه یک مرگ (تفکر و رویکرد گذشته) و یک تولد (تفکر و رویکرد جدید) نهفته است و در این مرگ و تولدها است که ظرفیت‌ها، بنیان‌های فکری و توانایی‌های درونی به میدان عمل می‌آیند.

نگاهی به پیشینه‌ی تشکیل واحدهای کنترل کیفیت در شرکت‌های آب و فاضلاب به‌خوبی می‌نماید که خاستگاه این واحدها، با الگوبرداری از واحدهای متناظر در مراکز بهداشت استان‌ها و با نگاه به کیفیت آب از منظر تأثیرگذاری آن بر سلامت مصرف‌کننده بوده است. در چنین رویکردی که متأسفانه هنوز هم اغلب قریب به اتفاق شرکت‌های آب و فاضلاب متوقف بر آن هستند، شناسایی و تعیین مقدار عامل‌هایی از کیفیت همچون کلر باقی‌مانده، شاخص سلامت میکروبی و برخی عامل‌های شیمیایی که مستقیم بر سلامت اثرگذار هستند، از اولویت و اهمیت بیش‌تری برخوردارند و سایر عامل‌ها که اثرگذاری آن‌ها بر سلامت، هنوز به اثبات نرسیده است، یا در رده‌های چندم اهمیت جای می‌گیرند و یا از گردونه‌ی کنترل خارج می‌شوند. شرکت‌های آب و فاضلاب باید بدانند که میدان مسؤلیت و مطالبه جامعه از آنان در موضوع کیفیت، تنها منحصر به تأمین سلامت مصرف‌کننده در آشامیدن آب نبوده و نیست و ظرف آن بسیار گسترده‌تر از آن است که تنها پاسخگوی نهاد ناظر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و متوقف بر آن باشند. هم‌چنان که خدمات آب و فاضلاب با شش شاخص کمیت، کیفیت، استمرار، پوشش، قیمت و رضایتمندی در بوته نقد

از ناسازگاری‌های اقلیمی و بروز و استمرار خشکسالی‌های پی‌درپی، همراه با فشار حداکثری بر منابع محدود آبی، سرعت زوال کیفیت آب‌های کشور بیش از گذشته است. مشاهده آلاینده‌های نوظهور در آب‌های کشور و عدم توانایی فنی و اجرایی بومی برای زدایش آن‌ها، در کنار ضعف در نهادهای قانونی و اجرایی برای کنترل و ممانعت از ورود آلاینده‌ها به آب، همگی بر پیچیدگی‌های کیفیت آب در ایران افزوده و مدیریت آن را با دشواری‌های جدی مواجه ساخته است. باید توجه داشت که کیفیت، یک محصول است و حصول و یا عدم حصول آن، معلول و تابعی از تصمیم‌های مدیریتی، انضباط‌های کارشناسی و زیرساخت‌های فنی و اجرایی است و تنها با بیان عبارت‌هایی همچون «کیفیت خط قرمز ماست» که به‌دفعات بر زبان مسؤولان جاری می‌شود، نمی‌توان به کیفیت دست یافت.

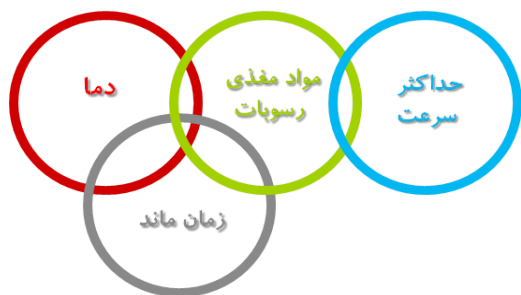
۲- الگوی مدیریت مهندسی کیفیت آب

تغییر در فرصت‌ها، تهدیدها، قوت‌ها، انتظارات و موقعیت‌ها، همگی ادامه بقا، رشد و توسعه را نیازمند تحول می‌سازد. این تغییرها در ارکان، نگرش‌ها و انتظارات از کیفیت آب، به‌حدی فاحش است که هویت نوینی را برای این بخش تعریف و الزام‌های آن را پیچیده‌تر ساخته است. ظهور رویکردها، ایده‌ها و شاخص‌های جدید در این رشته تخصصی، همراه با سخت‌گیرانه‌تر شدن تدریجی استانداردها و ضابطه‌ها از یک سو و از دیگر سو تسری یافتن جنبه‌های نظارتی آن به تمامی اجزای تأسیسات و چرخه انسان‌ساخت آب، از موضوع‌های فرآوری واحدهای کنترل کیفیت است که همگی، آن را نیازمند



شکل ۲- تصویرهایی از گرفتگی لوله‌های اصلی آبرسانی متأثر از کیفیت آب

آبرسانی توجه شود. در شبکه‌های توزیع، چهار عامل دما، مواد مغذی انباشته در رسوبات، سرعت جریان و زمان ماند، بر کیفیت آب در لوله‌های آبرسانی مؤثرند (شکل ۳) و هم‌چنان که در آخرین رهنمود سازمان جهانی بهداشت آمده است (WHO, 2011)، باید مورد تدقیق و توجه قرار گیرند.



شکل ۳- عامل‌های مؤثر بر کیفیت آب در لوله‌های آبرسانی

دستگاه‌های مرتبط با منابع طبیعی و محیط زیست، باید آگاه باشند که رصد کیفیت آب، شاخصی برای سنجش تغییرات محیط زیست است. به‌عنوان نمونه، کاهش کلیتیت آب ورودی به دریاچه‌ها، شاخص ظرفیت خنثی‌سازی اسید^۱ آب دریاچه را متأثر می‌سازد و متعاقب آن فلزات سنگینی که طی سال‌ها در رسوبات دریاچه انباشته شده‌اند، مجدداً به درون بستر آب راه می‌یابند و در نهایت در آب‌زیان دریاچه و از جمله ماهیان انباشته و ضمن اثر بر تغییرات جمعیتی آنان، طبقات بالاتر هرم غذایی و از جمله انسان را متأثر می‌سازند (WHO and UNEP, 1997).

همه این‌ها و مواردی و دیگری مانند آن که توضیح آن‌ها خارج از حوصله‌ی این نوشتار است، شاهدی هستند بر آن‌که موضوع کیفیت آب، تنها منحصر و محدود به بهداشت و سلامت نیست و استنباط هم‌ترازی کیفیت با بهداشت، جفایی به این بخش است. ما باید موضوع کیفیت آب را فراتر از بهداشت و

قرار می‌گیرد، کیفیت آب نیز با سه مؤلفه صیانت از سلامت افراد و جامعه، مقبولیت و پذیرش عمومی و اثرگذاری بر دوام (پایداری) تأسیسات، در معرض قضاوت و داوری است. تنها در چنین رویکردی است که توجه به موضوع‌هایی همچون گوارایی آب، قلیائیت، دما، سختی و عامل‌هایی مانند آن، هم‌سنگ و هم‌وزن با عامل‌های اثرگذار بر سلامت، ارزش و اهمیت می‌یابند. با گذشت زمان، حساسیت‌های کیفیت آب، از مؤلفه سلامت، به مؤلفه‌های مقبولیت و حفاظت تأسیسات تسری و گسترش یافته است و بخشی از مطالبه‌ها، تقاضاها و نیازها برای مطالعه، تصفیه و جایگزینی منبع آب، بیش از آن که منبعت از سلامت آب باشد، ناظر بر جوانب گوارایی و مقبولیت و یا اثرگذاری کیفیت آب بر تأسیسات است. موارد زیر نمونه‌هایی از آن است: - در حالی که از منظر شاخص‌های رایج بهداشتی و سلامتی، در مناطقی از کشور بر کیفیت آب ایرادی وارد نیست، گرفتگی شدید لوله‌های آبرسانی، مشکل عمومی منطقه و مسؤولان و حتی مشترکان، به دلیل قطعی مکرر آب است (شکل ۲). در برخی مناطق شهری و روستایی کشور، مردم به استفاده از آب‌های تصفیه شده در تأسیسات نمک‌زدایی خانگی با توجیه عدم اطمینان از کیفیت آب و در مواردی، خرید آب قنات‌ها از تانکرهای عرضه‌کننده آن، با توجیه سبکی و طبخ بهتر چای روی آورده‌اند.

- شماری از مصرف‌کنندگان، از تخریب، انسداد و فرسودگی زودرس تأسیسات و لوازم آب‌بر در منازل خود به ویژه لوله‌ها، ظروف و تأسیسات حاوی آب گرم، شکایت دارند و حال آن‌که کیفیت آب، از منظر شاخص‌های متعارف بهداشتی مشکلی ندارد. - نیاز و مطالبه اجتماعی ایجاب می‌کند تا مدیریت کیفیت آب، بر تغییرات کیفیت در شبکه توزیع متمرکز شود و در آن، به اثر ناشی از ماند آب، نشت فلزات از لوله‌ها و بسترهای حامل، رژیم هیدرولیکی و جنس مصالح مورد استفاده در تأسیسات

سلامت مصرف‌کننده بدانیم و با پذیرش این نکته که موضوع رصد اثرگذاری کیفیت آب بر حفظ سلامت مصرف‌کنندگان، تنها جزئی از حوزه‌ی کیفیت است؛ طرح "مهندسی کیفیت آب" را در اندازیم. این رویکرد، سلامت مصرف‌کننده، حفاظت و پایداری تأسیسات حامل آب و رضایت‌مندی مشترکان را هم‌زمان در بر دارد. در مهندسی کیفیت، مدیر و کارشناس کیفیت آب، علاوه بر سنجش و تعیین مقدار عامل‌های مرتبط با آن در آزمایشگاه، با بهره‌گیری از فنون علمی کارآمد، از داده‌های خام آزمایشگاهی، در بستری از تحلیل و تفسیر، شاخص‌های مدیریتی با قابلیت کاربرد در تصمیم‌گیری و طراحی سازه‌ها و فرآیندها استخراج می‌کند و با حضور مؤثر در نشست‌های پیشنهاد، نقد و بررسی و حتی طراحی فرآیندهای تصفیه، ایده مهندسی کنترل کیفیت آب را به عینیت مبدل می‌سازد. نگارنده بر این باور است که پیش‌نیاز و حتی لازمه موفقیت در نیل به تأمین سلامت در موضوع کیفیت آب، گام‌نهادن مدیرانه در عرصه‌ای است که بتواند جوانب زیبایی‌شناختی، مقبولیت عمومی و حفاظت از تأسیسات را برآورده سازد و این مهم، بدون اشراف، اعمال‌نظر و حضور در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مهندسی آب، اعم از طراحی فرآیندهای پالایش، ذخیره‌سازی، انتقال و انتخاب و خرید مواد و مصالح، دور ذهن می‌نماید. بدیهی است که لازمه موفقیت در نیل به خواسته‌های گفته شده، در نخستین گام، نیازمند به‌روزرسانی دانش و ارتقای آن است.

۳- ویژگی‌ها و نیازمندی‌های مدیریت مهندسی کیفیت آب

بر پایه آنچه گفته شد، مدیریت مهندسی کیفیت آب، در این دوران، نیازمند توجه و پاسخ‌گویی در عرصه‌هایی است که به اختصار به آن‌ها اشاره می‌شود:

* هم‌چنان‌که پیش‌تر نیز گفته شد، با گذشت زمان، حساسیت‌های کیفیت آب، از مؤلفه سلامت، به مؤلفه‌های مقبولیت و حفاظت تأسیسات گسترش یافته است و بخشی از تقاضاها برای تصفیه و جایگزینی منبع آب، ناظر بر جوانب مقبولیت و یا اثرگذاری کیفیت بر پایداری تأسیسات است. در این بخش، توجه به معیارهای رسوب‌گذاری، خوردگی، بو، رنگ، مواد مغذی، ماند آب در تاسیسات، سختی، قلیائیت و مانند آن، باید بیش‌تر و انضباط‌های کارشناسی برای نقد کیفیت بر مبنای آن‌ها، باید برقرار شود.

* ادبیات کیفیت آب، از تأکید صرف و ابزاری بر عده‌های مندرج در استاندارد ملی، به تدریج به استخراج شاخص‌هایی متناسب با کاربری‌های متصور آب، باید تغییر و ارتقا یابد. در بخش آب آشامیدنی، شاخص‌های کیفیت آب، باید متضمن شاخص‌هایی باشد که هم‌زمان سه مؤلفه سلامت، مقبولیت و حفاظت لوازم و تأسیسات را تضمن و برآورده سازد. به‌نظر می‌رسد در حال حاضر، مدیریت کیفیت آب در ایران، با فقدان و یا کمبود شاخص‌های مدیریتی کیفیت^۲ رو به رواست. ما هم اکنون، هر چند میلیون‌ها داده و عدد آزمایشگاهی در اختیار داریم، اما کم‌تر از آن‌ها در استخراج شاخص‌های مدیریتی استفاده می‌شود. متوقف شدن بر مقایسه عده‌های تولید شده در آزمایشگاه، با ارقام مندرج در استاندارد ملی، اقدامی بسیار ابتدایی است که نه تنها زمینه را برای استفاده ابزاری از موضوع کیفیت آب در رویارویی‌های جناحی، سیاسی و ... فراهم می‌سازد، بلکه در بعد تخصصی، در عمل استفاده از آن‌ها را در برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت تخصیص آب، دشوار و حتی ناممکن می‌سازد (قنادی، ۱۳۹۴). در یک قرن گذشته و به‌ویژه از دهه شصت میلادی به این سو، حساسیت‌های اجتماعی پیرامون کیفیت آب، سبب شد تا چگونگی تبدیل داده‌های فراوان و پیچیده کیفیت، به اطلاعات قابل فهم و قابل استفاده برای مدیران، طراحان و عموم مردم، به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های متخصصان کیفیت بدل شود. تلاش چند دهه متخصصان برای تبدیل اطلاعات به‌گونه‌ای ساده و قابل درک یکسان، به تولید یک و شاید چند عدد منجر شد. این عده‌ها با هدف ارتباط بخشیدن به حجم گسترده داده‌ها، طراحی شده‌اند و از آن‌ها به‌عنوان «شاخص» نام‌برده می‌شود. باید توجه داشت که تمامی سامانه‌های شاخصی، نیازمند شناسایی و تعیین مقدار (اندازه‌گیری) عامل‌های مشخصی از کیفیت آب هستند. از این سنجش‌ها، زیرشاخص‌های حاصل از دسته‌بندی و ارزش‌گذاری برای هر عامل به‌دست می‌آید که از تلفیق آن‌ها بر اساس اصول تعریف شده حاکم بر آن، شاخص نهایی به‌دست می‌آید.

در یک نگاه، عامل‌های کیفیت آب به دو دسته بیرونی^۳ و درونی^۴ طبقه‌بندی می‌شوند. عامل‌های بیرونی، مواردی از کیفیت را شامل می‌شود که برای عموم جامعه قابل شناسایی نیست ولی برای متخصصان، از حیث اثرگذاری بر جوانب بهداشتی و یا کاربری‌های ویژه‌ی آب برای تولید فرآورده‌های کشاورزی و

صنعتی مورد توجه است و از آن به‌عنوان نشان‌گرهای آماری^۵ نام برده می‌شود. عامل‌های درونی مشتمل بر عامل‌هایی است که توسط عموم مصرف‌کنندگان قابل تشخیص و پیامدهای آن به وضوح در کاربری‌های عمومی آب مشهود است و به‌عنوان جوانب زیبایی‌شناختی معرفی می‌شوند. رنگ، بو، طعم، سختی و عامل‌هایی مانند آن در این دسته قرار می‌گیرند (Abbasi and Abbasi, 2012).

چگونگی تلفیق و وزن‌دهی داده‌های حاصل از اندازه‌گیری عامل‌های درونی و بیرونی کیفیت آب، موضوع بحث و ایده‌پردازی متخصصان کنترل کیفیت در دهه‌های گذشته بوده است که ثمره آن منجر به تولید شاخص‌هایی همچون: شاخص حسابی، شاخص مضر، شاخص راهبری حداقلی (برای آب‌های بهداشتی و غیرآشامیدنی)، شاخص وزن‌دهی حسابی، شاخص وزن‌دهی مضر، شاخص هارکینز، شاخص محاسباتی دلفی، شاخص کلمبیا، شاخص کانادا و مانند آن شده است (Abbasi and Abbasi, 2012). نکته قابل توجه آن که از زمان ارائه نخستین شاخص سنجش کیفیت که در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور هورتون ارائه شد، سیر تکاملی شاخص‌ها استمرار داشته و شاخص‌هایی ارائه شده است که از مرحله پژوهش و حوزه دانشگاهی فراتر رفته‌اند و در مرزهایی با کاربرد فراگیر ملی و با پشتوانه حقوقی وارد شده و در ارزیابی کیفیت شیمیایی آب مورد استفاده متخصصان و ذی‌نفعان حقیقی و حقوقی مرتبط با کیفیت آب است.

* در سال‌های اخیر که محدودیت منابع مالی، به‌عنوان عامل مهم و اثرگذار بر تصمیم‌های مدیریتی، برجسته‌تر شده است، افزون بر انضباط‌های کارشناسی، به موضوع اقتصاد مهندسی کیفیت آب نیز در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ها، باید توجه ویژه شود. بر مبنای یک مطالعه، در سال ۱۳۹۴ افزون بر ۳۱/۶ میلیون آزمون سنجش کیفیت مشتمل بر سنجش کلر باقی‌مانده، شناسایی شاخص سلامت میکروبی و تعیین مقدار عامل‌های شیمیایی آب با بهره‌گیری از ۷۹۵ واحد آزمایشگاهی متعلق به شرکت‌های آب و فاضلاب در شهرها و روستاهای کشور انجام شده است. با احتساب تعرفه‌های رایج آزمایشگاهی سال ۱۳۹۴، هزینه انجام این تعداد آزمون، ۸۹۲ میلیارد ریال بوده است. در این سال، بالغ بر ۷/۶۶ میلیارد مترمکعب آب آشامیدنی در شرکت‌های آب و فاضلاب تولید و در شهرها و روستاهای کشور توزیع شده است. به تعبیر دیگر، در سال ۱۳۹۴ به‌ازای هر مترمکعب آب آشامیدنی، ۱۱۷ ریال صرف هزینه‌های کنترل کیفیت شده است. در این محاسبه،

هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای احداث و تجهیز آزمایشگاه‌ها و دستمزد کارکنان مرتبط با آن لحاظ نشده است (قنادی و همکاران، ۱۳۹۵).

* هر چند در سال‌های اخیر با تقویت تجهیزات آزمایشگاهی و ایجاد زمینه رقابتی، مستندسازی، تفکر و اقدام برنامه‌ای تلاش شده است تا توان اثرگذاری بر تغییرات کیفیت آب فزونی یابد، اما نباید از یاد برد که کنترل، نظارت و اقدام پیش‌گیرانه بر عامل‌های اثرگذار بر کیفیت آب‌ها، مشتمل بر زاینده‌های صنعتی، رواناب‌های کشاورزی، سموم و مواد نفتی، آلاینده‌های هوا و فضولات حیوانی از یک سو و از دیگر سو ضرورت‌های محلی استحصال بیش از سرعت بازیابی که پیش‌روی آب‌های شور را در پی دارد، همراه با ساختار زمین‌شناسی برخی مناطق، از جمله عامل‌های اثرگذار بر کیفیت آب‌ها هستند که مدیریت آن‌ها، اغلب خارج از حوزه مسؤلیت شرکت‌های آب و فاضلاب است (شکل ۴).

در چنین شرایطی، مشارکت بین بخشی برای پیشگیری از آلودگی‌های احتمالی و حفظ کیفیت آب در منابع تأمین، رویکرد نخستین است که با به‌روز ساختن فرآیندهای تصفیه و سالم‌سازی آب و کنترل و نظارت هوش‌مندانه بر روند تغییرات کیفیت آب از منابع تأمین تا مبادی مصرف، سلامت کیفیت آب توزیع شده تضمین می‌شود. در اجرای این راهبرد، به‌روز ساختن دانش و توان تخصصی مدیران و کارشناسان و ورود به عرصه‌ی ارزیابی خطر، تدوین مستندهای علمی لازم، پیش‌بینی حریم‌های بهداشتی منابع آب در طرح‌های توسعه، بازنگری در فرآیندهای تصفیه‌ی آب، ایجاد و توسعه آزمایشگاه‌های ثابت و سیار با توان شناسایی و تعیین مقدار تمامی آلاینده‌های آب از برنامه‌های کاری این واحد باید باشد.



شکل ۴- تصویر تجسمی از جایگاه تغییرات کیفیت آب و حوزه‌ی فعالیت شرکت‌های آب و فاضلاب

* مدیران و کارشناسان مهندسی کیفیت باید بدانند که مستندهای علمی بر پایه یافته‌های بشری، در طول زمان دستخوش تغییر، تحول و به‌روزرآوری است و در دورانی که از موضوع کیفیت، به‌عنوان یک ابزار برای نیل به خواسته‌های دیگر نیز استفاده می‌شود، شایسته و لازم است تا با گردآوری و مطالعه همه آن‌ها (البته در حد مقدور)، با به‌کارگیری فنون تفسیر و تحلیل، بهترین و صحیح‌ترین آن‌ها را استنتاج و استخراج کنند. به‌عنوان نمونه، در سال‌های گذشته، همزمان با افزایش مقادیر نیترات در آبخوان زیرزمینی برخی شهرهای کشور و طرح آن در رسانه‌های جمعی، مطالبی گفته و نوشته شده که برخی از آن‌ها، از مدار علمی خارج بود و شرکت‌های آب و فاضلاب را در موضع ضعف قرار داد. در ادامه، نگاه و تفسیر کارشناسی پیرامون نیترات، در مدار مهندسی کیفیت، صرفاً به‌عنوان نمونه‌ای از نوع نگاه و اشراف‌نظر بر موضوع (درحد بضاعت نگارنده) ارایه می‌شود. بدیهی است در سایر موضوع‌های مبتلابه نیز چنین استنباط‌هایی و حتی بهتر از آن را می‌توان عرضه داشت.

در موضوع افزایش محتوای نیترات در آبخوان زیرزمینی، ابتدا باید توجه داشت که در تحلیل کیفیت شیمیایی آب، پیش از آن‌که عوارض بهداشتی و بیماری‌زایی نیترات مطرح باشد، شاخص بودن آن مورد توجه است. برخلاف آب‌های سطحی، سرعت حرکت املاح شیمیایی آب در لایه‌های خاک، به‌همان سرعت جریان آب نیست و هریک از املاح همراه آب، حسب ماهیت و وزن مولکولی، سرعت‌های متفاوتی دارند که در متون علمی از آن به نام «ضریب تاخیر» تعبیر می‌شود. از آن‌جا که ضریب تاخیر نیترات، نزدیک به عدد یک (۰/۹۸) است، از آن به‌عنوان شاخصی برای تعیین و ره‌گیری راهیابی پساب‌های آلوده به آبخوان استفاده می‌شود (WHO, 2011).

با استناد به طبقه‌بندی Kashef از مواد شیمیایی در آب‌های زیرزمینی در حالت طبیعی؛ نیترات در گروه ترکیبات ثانویه با دامنه مقادیر متعارف ۱۰-۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر قرار دارد (Kashef, 1987). به‌این معنا که هرگاه هیچ‌گونه پسابی به آبخوان زیرزمینی راه نیافته باشد، مقادیر نیترات آن حداکثر تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر خواهد بود و مقادیر بیش‌تر آن، به منزله راهیابی پساب به درون آبخوان است. با استناد به رهنمود سازمان جهانی بهداشت برای کیفیت

آب آشامیدنی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱، نیترات به‌آسانی از طریق سبزی‌ها، گوشت و آب جذب می‌شود و بیش از ۹۰ درصد آن از طریق ادرار دفع می‌شود (WHO, 2011). در انسان ۲۵ درصد از نیترات جذب شده، وارد بزاق دهان شده و ۲۰ درصد آن تحت تاثیر باکتری‌های (فلور میکروبی) دهان به نیتريت احیا می‌شود. حتی در غیاب منابع ورود نیترات به بدن، تجزیه پروتئین‌ها در دستگاه گوارش نیز نیترات تولید می‌کند و از این طریق روزانه ۶۲ میلی‌گرم نیترات از راه ادرار از بدن دفع می‌شود. مطالعه Craun et al. (1981) نشان می‌دهد که میانگین جذب روزانه نیترات در انسان از طریق آب و مواد غذایی، از ۴۳ تا ۱۳۱ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است. مجموع نیترات جذب شده در بدن انسان با توجه به مقادیر دفع آن از طریق ادرار، بین ۳۹ تا ۲۶۸ میلی‌گرم در روز برآورد شده است. مقادیر بالاتر آن به‌میزان مصرف روزانه سبزی و سایر مواد غذایی غنی از نیترات وابسته است. در حالی‌که محتوای نیترات آب کم‌تر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، سبزی‌ها به ویژه کرفس، سیب‌زمینی، کاهو، اسفناج و سبزی‌های ریشه‌دار با اختصاص ۸۶ درصد از مجموع روزانه نیترات، به‌عنوان مهم‌ترین منبع ورود نیترات به بدن شناخته شده‌اند و فرآورده‌های گوشتی و آب آشامیدنی به‌ترتیب در مقام‌های دوم و سوم جای می‌گیرند. در صورتی که محتوای نیترات آب به بیش از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یابد، آب آشامیدنی مهم‌ترین منبع نیترات به بدن خواهد بود (Craun et al., 1981). مطالعه Bouchard et al. (1992) موید آن است که در رژیم‌های غذایی با محتوای نیترات ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، بیش از ۷۰ درصد از جذب نیترات بدن مربوط به آب است.

برخلاف برخی اظهارنظرها که کم‌تر از منطق کارشناسی برخوردار بوده است، جذب و دفع نیترات از بدن به‌سهولت انجام می‌شود و نه تنها مشکل بهداشتی برای غالب افراد ایجاد نمی‌کند، بلکه براساس گزارش Norman et al. (2009) نیترات، عامل تنظیم فشار خون و بهبود دهنده کارکرد دستگاه قلب و عروق است و شماری از داروهای منتسب به دستگاه گردش خون نیز، حاوی مقادیر قابل توجهی نیترات هستند. تنها در افرادی که اسیدیته معده آن‌ها به‌دلیل مصرف داروهای ضداسید که مانع از ترشح اسید معده می‌شوند، نوزادان با سن کم‌تر از ۳ ماه و افراد مبتلا به عفونت‌های معده‌ای-روده‌ای^۱، احیای میکروبی نیترات به نیتريت روی می‌دهد. در این حالت نیتريت

با تبدیل آهن دو ظرفیتی به نوع سه ظرفیتی، هموگلوبین (Hb) خون را به متهموگلوبین (Mb) تبدیل می‌کند. حتی در این حالت نیز غلظت متهموگلوبین خون توسط دو آنزیم به نام‌های دیافوراز و NADH Cytochrome (b5) reductase که از گلبول‌های قرمز ترشح شده و سبب احیای متهموگلوبین به هموگلوبین می‌شوند، در حد یک درصد غلظت هموگلوبین خون ثابت نگه داشته می‌شود. کمبود این دو آنزیم، به صورت اکتسابی و تحت عامل‌های گوناگون محیطی نیز، سبب ایجاد بیماری متهموگلوبینمی می‌شود.

در این بیماری که نخستین بار توسط یک پزشک آمریکایی به نام دکتر Comly در دهه ۱۹۴۰ میلادی و در کودکانی که با شیر خشک تهیه شده از آب حاوی ۹۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات تغذیه شده بودند، با نشانه‌های تیرگی رنگ پوست، تغییر رنگ لب‌ها از قرمز به قهوه‌ای شکلاتی، کاهش دمای بدن، مشکل در تنفس و گریه‌های زیاد و غیرطبیعی، به همراه نقص در وزن‌آوری نوزادان گزارش شد. فقدان و یا کمبود وراثتی آنزیم NADH Cytochrome (b5) reductase می‌تواند عامل ایجاد بیماری متهموگلوبینمی باشد. افزون بر آن، اشکال غیرطبیعی هموگلوبین که به هموگلوبین (HbM) و به صورت MhydePark , Mboston , MIwate معروف هستند نیز عاملی برای ابتلای فرد به بیماری متهموگلوبینمی محسوب می‌شوند. مروری بر مستندات علمی نشان می‌دهد که در مقایسه با بزرگسالان، هموگلوبین خون اطفال، به‌ویژه نوزادان، به حداقل پنج دلیل، برای تبدیل به متهموگلوبین مستعدتر است و به همین سبب، حد ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات که در رهنمود سازمان جهانی بهداشت آمده است، بر پایه ایجاد عارضه‌ی متهموگلوبین در نوزادان با سن کم‌تر از سه ماه که با شیر خشک تغذیه می‌شوند، استوار است. در این گروه سنی به دلیل عدم تکمیل سامانه آنزیمی بدن، بالاتر بودن pH معده و بالا بودن نسبت وزن آب جذب شده به وزن بدن، به عنوان گروه مستعد و آسیب‌پذیر شناخته شده‌اند. واضح است که در افراد بزرگ‌سالی که مشکلات گوارشی نداشته و از داروهایی که مانع از ترشح اسید معده می‌شوند، استفاده نمی‌کنند؛ متعاقب آشامیدن آب با محتوای نیترات بیش از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، دچار عارضه متهموگلوبینمی نمی‌شوند. در عین حال در بزرگسالان، عارضه‌های نیترات و ابتلا به بیماری دیابت نوع یک، به تقریب یکسان و مشابه گزارش شده است. در

بزرگسالان، نیترات می‌تواند با تشکیل ترکیبات N-Nitroso سبب ایجاد سرطان به‌ویژه سرطان تخمدان و طحال در زنان شود. مصرف برخی داروها نظیر آنتی‌بیوتیک‌های گروه سولفانامید، تماس طولانی با گاز اکسید نیتروژن که از آگروز اتومبیل‌ها، دود سیگار، سوختن چوب و مانند آن متصاعد می‌شود نیز عوارضی شبیه نیترات دارند.

بررسی مقادیر نیترات در استاندارد سایر کشورها نشان می‌دهد که به استثنای کشور تانزانیا، هیچ کشوری، مقادیر بیش‌تر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات را در استاندارد ملی خود لحاظ نکرده‌اند. حتی در سال ۱۹۹۹ در ایالات متحده، استاندارد ویژه‌ای برای آب شرب کودکان تدوین شد که بر مبنای آن، مقادیر نیترات و نیتريت در آب آشامیدنی کودکان تا سن ۱۲ سال ۴/۵ میلی‌گرم بر حسب یون نیترات، تعیین شده است (EPA 1999). شبیه ایجاد شده در گفت‌وگوهای رسانه‌ای پیرامون عبارت:

however, it may be used if medical authorities are... increasingly vigilant when the nitrate concentration is between 50 and 100 mg/liter, provided that the water is known and is confirmed to be microbial safe.

که در پاراگراف چهارم صفحه 196c رهنمود سازمان جهانی بهداشت و عیناً در صفحه ۱۵ کتابچه

Nitrate and nitrite in drinking-water, Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality.

از انتشارات سازمان جهانی بهداشت (WHO, 2007) آمده است، اظهار می‌دارد که «در حالتی که نیترات آب در مقادیر ۱۰۰-۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، متولیان بهداشتی باید دقت نظر بیش‌تری بر سلامت میکروبی آب داشته باشند». این عبارت برخلاف آنچه در برخی اظهارنظرها آمده است، هیچ‌گاه به معنای آن نیست که سازمان جهانی بهداشت، آشامیدن آب‌های با محتوای ۱۰۰-۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات را مجاز دانسته است، بلکه صرفاً هشدار می‌دهد که به دلیل این که مقادیر بالای نیترات، از پساب‌های آلوده به فضولات دامی و یا انسانی نشأت می‌گیرد، هم‌زمان با محتوای نیترات بالای آب، آلودگی میکروبی آن نیز محتمل است (قنادی، ۱۳۸۶).

نیترات، به یکی از سه روش تبادل یون، زدایش بیولوژیکی و جداسازی غشایی از آب حذف می‌شود و به منظور برآورد و پیش‌بینی غلظت آن در آبخوان زیرزمینی مناطقی که فاقد

(WHO, 2010). در چنین شرایطی که هم اکنون نیز در برخی مناطق به آن مبتلا هستیم و در آینده، موفقیت در مدیریت کنترل کیفیت و تضمین سلامت آب، بدون اعمال انضباط‌های سخت‌گیرانه مهندسی و نظارت هوشمندانه و مستمر بر تغییرات کیفیت آب، دانایی، توانایی و راستی، مبتنی بر پیشگیری، مدیریت اطلاعات، شفافیت، دانش، مهارت، مسوولیت‌پذیری، همه‌جانبه‌نگری و پاسخ‌گویی همگانی ممکن نخواهد بود.

۴- پی‌نوشت‌ها

- 1- Acid Neutralizing Capacity (ANC)
- 2- Benchmark
- 3- Subjective
- 4- Objective
- 5- Statistical indices
- 6- Risk Assessment
- 7- Retardation Coefficient
- 8- Gastrointestinal Infection

۵- مراجع

- امیدی، م.، و زرین‌پنجه، ن.، (مترجمین)، (۱۳۹۳)، *جهان در ۲۰۵۰*، انتشارات مهر ویستا، چاپ دوم، (نویسنده: لارنس اسمیت).
- دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی و راهبردی وزارت نیرو، (۱۳۹۵)، *وزارت نیرو در منظر مجلس دهم*، روابط عمومی شرکت توانیر، تهران، ایران.
- قنادی، م.، (۱۳۸۵)، «مدیریت و مدیران کنترل کیفیت (الزامها و فرصت‌ها)»، *مجموعه مقالات اولین همایش ملی بهره‌برداری در بخش آب و فاضلاب*، تهران، جلد دوم، ۲-۳.
- قنادی، م.، (۱۳۸۶)، «آن چه باید پیرامون نیتراژ بدانیم»، *نشریه شهراب*، ۵۰۴، ۱۹.
- قنادی، م.، (۱۳۹۳)، «شاخص‌گذاری کیفیت شیمیایی آب، نیاز دیرروز، ضرورت امروز»، *نشریه شهراب*، ۵۲۳، ۲۷.
- قنادی، م.، (۱۳۹۴)، «بازتعریف و بازخوانی مدیریت آب و فاضلاب شهری، ضرورت امروز، نیاز فردا»، *نشریه شهراب*، ۵۵۸، ۷۵.
- قنادی، م.، واقفی، ک.، منتظری، ا.، محبی، م.ر.، حاتمی، ز.، و فرهادپور، ژ.، (۱۳۹۵)، «تحلیل و بررسی هزینه‌های سنجش کیفیت آب در شرکت‌های آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۴»، *مجموعه چکیده مقاله‌های اولین کنفرانس ملی*

شبکه جمع‌آوری فاضلاب هستند و فاضلاب آن‌ها از طریق چاه‌های جذبی دفع می‌شود، از رابطه (۱) می‌توان بهره جست (UNE, SCO, WHO and UNEP, 1997):

$$C = \frac{1000 \times a \times A \times f}{0.365 \times A \times U + 10I} \quad (1)$$

که C : غلظت نیترات در لایه‌ی آبدار زیرزمینی (برحسب میلی‌گرم بر لیتر ($N-NO_3$)). a : سرانه سالانه نیتروژن دفع شده (برحسب کیلوگرم) که مقدار آن حدود ۵ کیلوگرم در سال است، A : تراکم جمعیت در منطقه (برحسب نفر در هکتار)، f : ضریب رسیدن نیترات به لایه آبدار (این نسبت نشان‌دهنده شرایط توالت‌ها و میزان حساسیت آبخوان است. مقدار آن در آبخوان‌های کم‌عمق هوازی، در محدوده ۰/۲ تا ۰/۶ است. در سفره‌های کارستیک و آهکی، به تقریب تمامی نیتروژن دفع شده، اکسید و به آبخوان راه می‌یابد)، U : سرانه تولید فاضلاب (برحسب لیتر بر روز) و I : ضریب نفوذپذیری خاک (برحسب میلی‌متر بر سال) هستند.

* مدیریت تطبیقی راه‌کاری برای تمامی جنبه‌های مدیریت آب در آینده و از جمله مدیریت کیفیت آب است. در این سبک از مدیریت، که بر عدم قطعیت استوار است، بر چهار اصل یادگیری در حین انجام کار، اجتناب از اشتباه‌های پرهزینه، تمرکز بر رویکردهای بلندمدت و هماهنگی گام‌به‌گام با محیط‌زیست، در برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری امور تاکید می‌شود. به یاد داشته باشیم که در طول قرن بیستم و در دهه نخست قرن بیست و یکم، به تدریج نگاه سخت‌افزاری به نگاه نرم‌افزاری تغییر یافته و تمرکز بر ابزار، جای خود را به تمرکز بر انسان داده است. در چنین منطقی، سودآوری فردی و سازمانی، جای خود را به منفعت جمعی و ملی و حتی جهانی داده است. بر این سیاق، موضوع کیفیت آب و کنترل، حفظ و بهبود آن و همچنین نظارت، پاسخ‌گویی و مسوولیت‌پذیری در قبال آن، تنها بر عهده یک سازمان خاص نیست؛ بلکه هم‌چنان که جریان زندگی در همه اشکال آن، به آب وابسته است و آب، عامل پیونددهنده همه موجودات زنده است، حفظ و بهبود کیفیت آن نیز، بر مدار اجماع جمعی، مسوولیت‌پذیری و پاسخ‌گویی همگانی سامان می‌یابد.

سرانجام آن که در کشور ما، بحران آب، به الزام، به معنای کم آبی نیست؛ بحران واقعی، محدود شدن به آب‌های آلوده است

- اقتصاد آب، تهران، انتشارات سنا، ۵-۶ مرداد.
- Abbasi, T., and Abbasi, S.A., (2012), *Water quality indexes*, Elsevier Publications.
- Bouchard, D.C., Willams, M.K., and Surampalli, R.Y., (1992), "Nitrate contamination of groundwater: Sources and potential health effects", *Journal of Americal Water Works Association (AWWA)*, 84(9), 85-90
- Craun, G.F., Greaderson, D.G., and Gunderson, D.H., (1981), "Methemoglobin levels in young children consuming high Nitrate well water in the United State", *International Journal of Epidemiology*, Oxford Press, 10(4), 309-317.
- Crites, R.W., Middlebrooks, J., and Reed, Sh.C., (2006), *Natural wastewater treatment systems*, Taylor and Francis Group, CRC Press.
- Division of Agriculture and Natural Resources, (2003), *Groundwater quality and groundwater pollution*, Farm Water Quality Planning (FWQP) Series, University of California, ANR Publication 8084.
- Environmental Protection Agency, (1999), *Children and drinking water standards*, Office of Water, No. 815-k-99-001, United State of America.
- Kashef, A.I., (1987), *Groundwater Engineering*, McGraw-Hill, 2nd Edition.
- Norman, G.H., Yaoping, T., and Nathan S.B., (2009), "Food sources of nitrates and nitrites: The physiologic context for potential health benefits", *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90(1), 1-10.
- Oliver, S., Howard, J.Ch., and Chorus, I., (2006), *Protecting groundwater for health*, WHO and IWA.
- Peavey, H., Rowe, D., and Tchobanoglous, H., (1986), *Environmental engineering*, McGraw-Hill.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization and United Nations Environment Programme, (1997), *Water quality assessments*, E & FN SPON, 2nd Edition.
- World Health Organization, (2007), *Nitrate and nitrite in drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*, WHO, Geneva.
- World Health Organization, (2011), *Guidelines for drinking water quality*, WHO, Geneva, 4th Edition.
- World Water Council, (2010), *A new water politics*, World Water Council, 2010-2012.