

پراکنش و پایش کیفی آب قنوات شرق تهران به منظور مدیریت منابع آب

یاسمن جعفری اول^۱، ناصر عبادتی^۲، حسین یوسفی^{۳*}، بهرنگ کلانتری^۴، محمد میرزایی^۵

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه شاهد تهران

۲. استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلام‌شهر

۳. استادیار دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

۴. دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی شهری دانشگاه شهید بهشتی تهران

۵. دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰۶/۱۴؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۱۱/۳۰)

چکیده

امروزه، بسیاری از قنوات تهران در معرض و تهدید آلودگی زیست‌محیطی قرار گرفته‌اند. به همین دلیل بررسی‌های زیست‌محیطی و پایش کیفیت آب قنوات به‌عنوان موضوعی مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری مطرح است. هدف از این پژوهش، پایش کیفیت آب قنوات پهنه شرق تهران از نظر شاخص‌های زیست‌محیطی است. روش تحقیق این پژوهش، برای جمع‌آوری آمار و اطلاعات ابتدا برپایه مطالعات اسنادی و سپس بازدیدهای میدانی، نمونه‌برداری و همچنین آزمایش‌هایی استوار است که مراکز پژوهشی دیگر انجام داده‌اند. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که قنوات پهنه شرق تهران از نظر کیفیت آب تقریباً تفاوت کمی دارند، ولی در برخی متغیرهای کیفی از نظر نوع مصرف آب براساس نوع طبقه‌بندی قابل تفکیک هستند. متغیرهای مهمی از کیفیت شیمیایی آب از قبیل نیترات، سولفات، فلزات سنگین، DO ، PH ، TDS ، EC ، NH_3 نشان می‌دهند که کیفیت آب قنوات در بیشتر موارد نسبت به استانداردهای ملی و سازمان جهانی بهداشت برای شرب در حد مناسب و در برخی از جمله ده‌خیر شهر ری آلودگی بیولوژیکی بیش از حد مجاز دارند. همچنین از نظر شاخص لازم برای مصارف کشاورزی نیز نتایج آزمایش‌ها حکایت از مطلوب‌بودن قنوات پهنه شرقی تهران دارد. به‌طور کلی، هرچه از مناطق شمال شرقی تهران به سمت جنوب شرق تهران پیش می‌رویم، به‌دلیل کاهش عمق سطح آب زیرزمینی بار آلودگی و املاح آب افزایش می‌یابد.

کلیدواژگان: پهنه شرق تهران، سلامت، کیفیت آب، قنات.

مقدمه

آب به عنوان عنصری منحصر به فرد، جایگاه حساسی در زندگی بشر دارد. به گونه‌ای که شالوده و عنصر ضروری همه جوامع و پدیده‌آوردنده فرهنگ‌ها، از سپیده دم تمدن تا کنون بوده است [۱]. آب‌های سطحی و زیرزمینی از جمله منابع طبیعی بارزش محسوب می‌شوند، اما در طول تاریخ به این منابع به اندازه کافی توجه نشده است؛ در نتیجه آب‌های موجود آلوده شده یا در معرض خطر آلودگی قرار گرفته‌اند. از این رو پایش دقیق برای جلوگیری از آلودگی احتمالی آن‌ها ضروری است [۲]. حیات موجودات و سلامتی انسان‌ها بیش از هر چیز به آب سالم و بهداشتی بستگی دارد. به موازات افزایش جمعیت در دنیا، نیاز آبی در بخش‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی نیز افزایش شایان توجهی یافته و این امر استفاده بیش از حد از منابع آبی را به همراه داشته است [۳]. با توجه به شرایط اقلیمی ایران که میانگین بارندگی در بیشتر مناطق آن کمتر از بارش جهانی است. می‌توان گفت که آب به عنوان یکی از دغدغه‌های مهم ایرانیان و بزرگ‌ترین چالش برای مردمان این سرزمین محسوب می‌شود. در این میان قنات به عنوان جالب‌ترین سیستم آبیاری سنتی و ابداع شده در ایران، یکی از سیستم‌های سازگار با محیط زیست است که جوامع روستایی و شهری اقلیم نیمه‌خشک نیز از آن بهره‌مندند. قنات سازه نظام‌یافته مهندسی دیرپا و تکوین یافته طی سده‌های طولانی در ایران داشته است [۱].

قنات به آب مازاد منبع آب زیرزمینی وابسته است. در ضمن، منبعی است که اغلب کیفیت بهتر و ثابت‌تری نسبت به آب‌های سطحی دارد؛ بنابراین به برکت چنین سیستم مفید آبرسانی در طول تاریخ، جوامع انسانی در سطوح کوچک و متوسط مناطق گرمسیری از آن بهره یافته و زمینه آبادانی شهر و روستا و رونق مزارع و باغ‌ها را فراهم کرده‌اند. از آنجا که سیستم آبرسانی قنات در زیر زمین شکل می‌گیرد بنابراین انتقال آب جمع‌آوری شده در سفره زیرزمینی مناطق بالادست منطقه بدون مصرف انرژی مصنوعی می‌تواند تحت شیب طبیعی و ملایم، در مسیرهای طولانی و با حجمی کم تا متوسط یعنی بین یک تا ۵۰۰ لیتر در ثانیه جریان یابد و در اراضی پایین دست، آب را به مصرف کنندگان و بخش‌های تولیدی نظیر کشاورزی، صنعتی و یا خدماتی برساند. ناگفته نماند قنات علاوه بر داشتن تأثیر مهم در محیط‌های

روستایی مناطق خشک در محیط‌های شهری نیز اهمیت دارند. در این رهگذر می‌توان به تأثیر کاربردی قنات در شهر تهران به عنوان بزرگ‌ترین مرکز انسانی ایران اشاره کرد که ضرورت احیا و استفاده بهینه از آن احساس می‌شود [۴]. فراوانی رشته قنات پهنه شرقی تهران از یک سو و برخورداری از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آنها از توسعه شهری از سوی دیگر موضوعی است که در سال‌های اخیر نظر بسیاری از ذی‌نفعان و مسئولان ذی‌ربط شهری تهران را به خود معطوف داشته است. شایان یادآوری است که در دهه‌های اخیر خسارت زیادی به قنات تهران وارد آمده است و بر اثر بی‌توجهی در حفظ و حراست از این دستاورد اجدادی و گسترش ساخت‌وسازهای شهری، قنات شهری به فضاهایی معضل‌ساز تبدیل شده‌اند تا جایی که آب برخی از قنات فعال شهر تهران بی‌استفاده و در بسیاری اوقات در حال هدرروی و وضعیت قنات نیمه‌فعال و متروکه تهران نیز بسیار تأسفبار است. بسیاری از قنات تهران در معرض تهدید آلودگی زیست‌محیطی قرار گرفته‌اند. بنابراین، مدیریت قنات تهران در حال حاضر با چالش‌های جدی و متنوعی روبه‌روست. ضمن اینکه مواردی از قبیل فقدان بررسی‌های زیست‌محیطی و پایش کیفیت آب قنات برای مصارفی از قبیل فضای سبز، کشاورزی و خدمات آن مزید بر علت شده‌اند تا قنات تهران به عنوان موضوعی مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری مطرح شوند. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، پایش کیفیت آب قنات از نظر شاخص‌های زیست‌محیطی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا از روش تحلیل داده ثانویه (اسنادی) به جمع‌آوری اطلاعات و آمار قنات شهری به‌ویژه پهنه شرقی تهران از طریق کلیه منابع قابل دسترس و موجود شامل کتب، گزارش‌های مربوط به آمار و اطلاعات قنات، حفاظت کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی شهر تهران و نقشه‌های قابل دسترس به جمع‌آوری و مطالعه نسبی از قنات اقدام شد. همچنین بازدیدهای میدانی و پیمایش انجام شد و پس از تعیین موقعیت مکانی مظهر قنات پایش‌های دوره‌ای، از مطالعات پژوهشی صورت گرفته استفاده شد [۵]. در این زمینه بر مبنای ابعاد و چگونگی پایش کیفیت آب قنات برای مصارف مختلف از قبیل شرب، فضای سبز، کشاورزی و نظایر آن استفاده شد. سپس با استفاده از نتایج آزمایش‌های

کیفی آب قنوات پهنه شرقی شهر تهران، با توجه مطالعات قبلی آب ۱۵ قنات آزمایش و نتایج آن دوباره تجزیه و تحلیل شده است. موقعیت جغرافیایی قنوات بررسی شده در جدول ۱ آورده شده است. شکل ۱ نیز موقعیت جغرافیایی قنوات نمونه برداری شده را نشان می‌دهد.

ساختار کلی قنوات: نگاه به ساختار کلی قنات از آن رو اهمیت دارد که وضعیت زیست محیطی آن تا حد زیادی به ساختارش بستگی دارد؛ زیرا میزان و چگونگی حفاظت، آسیب پذیری یا تأثیرگذاری قنات در زمان ساخت، بهره برداری و یا در مرحله متروکه شدن آن، با ابعاد کالبدی قنات متفاوت است. در ساختار یک قنات چند قسمت مهم و شایان توجه هستند. به طور مثال، قسمت نفوذ و تراوش تونل (جایزه های ریزش های درشت) در بالادست قنات، مجرا (کوره یا قسمت انتقال آب) و چاه ها یا میله ها (شفت های عمودی) در مسیر قنات، مظهر قنات، هرنج (کانال باز)، استخر ذخیره کوچک در انتهای قنات، منطقه آبیاری در پایین دست قنات، منطقه شن و ماسه، بستر خاک و سطح آب زیرزمینی داخل قنات قابل اشاره هستند [۶]. بررسی ها نشان می دهند تأثیر هر یک از قسمت ها در تخریب و یا جذب آلودگی های زیست محیطی و نیز در احیای قنات متفاوت است. به طور مثال، به علت

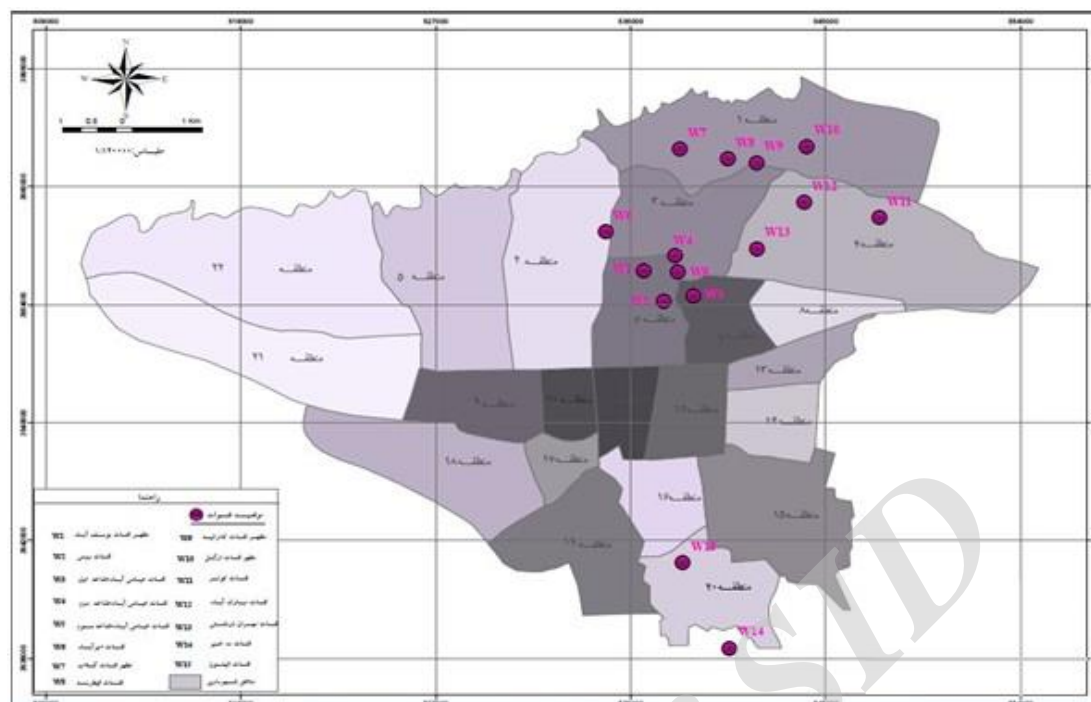
آب مطالعات قبلی تغییرات بررسی شد [۵]، این متغیرها مشتمل بر متغیرهای شیمیایی و بیولوژیکی (نمونه های موردی حداقل از ۱۵ قنات شهری) از استانداردهای ملی و سازمان بهداشت جهانی (WHO) استفاده و نسبت به تجزیه و تحلیل مقادیر و نتایج آزمایش های مربوط به آن اقدام شد. محل نمونه برداری صورت گرفته توسط مطالعات قبلی کنترل و نمونه برداری از مظهر قنوات را تأیید کرد و در مرحله بعد با استفاده از نمودارهای شولر و ویلکوکس برای استفاده شرب و کشاورزی برای تجزیه و تحلیل کیفیت آب قنوات پهنه شرقی تهران استفاده کرد.

محدوده مطالعه شده

محدوده مطالعاتی مد نظر برای بررسی های زیست محیطی قنوات، پهنه شرق شهر تهران است. بنا به آمار منتشر شده واحد محیط زیست شهرداری تهران، در حال حاضر از مجموع ۵۰۰ رشته قنات موجود در مناطق شهر تهران، حدود ۱۵۵ رشته فعال، حدود ۱۵۰ رشته نیمه فعال و ۱۹۵ رشته متروکه هستند [۵]. توضیح اینکه برخی از این قنوات مانند قنات مهرگرد و قنات سنگلج بسیار قدیمی هستند و سایر قنوات در سال های قبل از ۱۳۰۰ ش برای تأمین آب شرب شهری، دامپروری، باغ ها و اراضی کشاورزی حفاری شده اند. به منظور بررسی دقیق تر وضعیت

جدول ۱. قنوات نمونه برداری شده پهنه شرقی تهران

شماره قنات	مشخصات
W1	مظهر قنات یوسف آباد، خیابان یوسف آباد، خیابان ۶۲
W2	قنات روس خیابان وزرا، بین خیابان ۶ و ۸
W3	قنات عباس آباد، شاخه اول: خیابان قنبرزاده، جنب درب شرقی مصلاهی تهران
W4	مظهر قنات عباس آباد، شاخه دوم: اتوبان مدرس، بین حقانی و همت
W5	مظهر قنات عباس آباد، شاخه سوم: اتوبان مدرس، پایین تر از همت
W6	قنات امیرآباد، خیابان ایران زمین
W7	مظهر قنات گلاب خیابان فرشته، میدان تختی
W8	قنات قیطره، ضلع شمالی پارک قیطره
W9	مظهر قنات کامرانیه، خیابان نادر بیات
W10	مظهر قنات ازگل، خیابان ۲۲ بهمن
W11	قنات کوثر، ضلع شرقی پارک جنگلی لویزان، خیابان کوهستان
W12	قنات مبارک آباد، ضلع شرقی پارک تولد
W13	قنات مهران زرتشتی، خیابان شهید عراقی بعد از خیابان کشوری، داخل مجتمع مسکونی
W14	قنات ده خیر، شهر ری، فیروزآباد، جاده ده خیر، قبل از ریل آهن
W15	قنات الیمون وقفی، شهر ری، میدان مادر، خیابان کمیل شمالی، منطقه ۲۰



شکل ۱. محدوده مطالعات قنات نمونه برداری شده شهر تهران [۵]

جلوگیری از نفوذ سیلاب‌ها و هرزآب‌های سطحی به قنات است. مجرای قنات وظیفه انتقال آب را از مادرچاه به مظهر قنات به عهده دارد. بدیهی است این قسمت از قنات نیز در معرض بیشترین آلودگی‌های زیست‌محیطی است [۷]. رسوب‌های انباشته شده در مسیر قنات زمینه آلودگی آن را بیشتر فراهم می‌آورند. با انجام سالانه لایروبی این مشکل حل‌شدنی است. مظهر قنات در واقع محل برخورد انتهایی‌ترین مجرای قنات با سطح زمین است. مظهر قنات آب انتقالی را به مصرف‌کنندگان آن می‌رساند. در مظهر قنات به دلیل سهولت دسترسی مردم و احتشام به آب بدیهی است که پتانسیل جذب آلودگی‌های زیست‌محیطی زیادتری دارد [۲] گاهی دسترسی مصرف‌کنندگان به آب قنات در مظهر قنات امکان‌پذیر نیست؛ در این صورت از قسمت هرنج یا کانال رو باز قنات استفاده می‌شود که طول مسیر هرنج در قنات‌های گوناگون متفاوت است. قسمت هرنج قنات نیز در معرض آلودگی و تخریب و آسیب‌پذیری قرار دارد. بنابراین، به‌منظور جلوگیری از آلودگی‌ها، فرسایش یا ریزش خاک در دو طرف هرنج معمولاً درختانی نظیر زبان‌گنجشک یا بید کاشته می‌شوند.

مزایا و معایب زیست‌محیطی قنات: منابع آب‌های زیرزمینی به موازات اهمیت منابع آب‌های سطحی مورد

طولیل بودن یک قنات برخی از قسمت‌های کوره بیشتر در معرض تخریب و آلودگی‌های زیست‌محیطی هستند. تأثیرپذیری میله‌های قنات نیز از نظر موقعیت، قطر، وضعیت، عمق و... متفاوت است. در این زمینه مهم‌ترین میله در قنات، مادرچاه است که میله اصلی تغذیه قنات است و باید مدام آب قنات را تولید و تأمین کند. مادرچاه معمولاً در طبقات آب‌ده قرار دارد و عمیق‌ترین چاه از سری چاه‌های عمودی قنات به‌شمار می‌رود. اگر مادرچاه بنا به دلایلی مبتلا به آلودگی‌های زیست‌محیطی شود، آلودگی‌ها به همه قسمت‌های پایین‌دست قنات منتشر می‌شود. مشابه مادرچاه، کارکرد سایر میله‌های قنات نیز در هوادهی، هدایت مسیر قنات از بالا به پایین، تسهیل در خروج خاک و سنگ ناشی از حفاری، تسهیل در لایروبی قنات است. عمق میله‌ها در قنات از صفر (در مظهر قنات) تا حداکثر مادرچاه افزایش می‌یابد. بدین‌منظور به‌علت دسترسی مردم به میله‌های قنات، تأثیرپذیری این قسمت از قنات نیز به آلودگی‌های زیست‌محیطی نظیر تخلیه ضایعات و پسماندهای جامد و مایع بیشتر متصور است [۳]. برای ممانعت از این مشکل در بالای میله‌ها معمولاً با استفاده از خاک‌های اضافی یا دیواره‌های حفاظتی لبه‌سازی و یا با نصب دریچه اقدام می‌کنند. این کار سبب

به منظور بررسی اجمالی انواع گزینه‌های مربوط به بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی فقط از مؤلفه‌هایی نظیر مقیاس نیاز به انرژی، میزان آب‌دهی، نیاز به ملزومات و مراقبت و نیز سازگاری با محیط زیست شایان توجه هستند که برای مقایسه گزینه‌های اشاره شده به کار گرفته شده‌اند. ماتریس رنگی و توصیفی در جدول‌های ۲ و ۳ و مقایسه گزینه‌ها مبتنی بر مؤلفه‌های انرژی، آب‌دهی، ملزومات و سازگاری با محیط زیست به نمایش می‌گذارند.

استفاده انسان‌ها در تأمین آب آشامیدنی، شرب، کشاورزی، صنعتی و غیره است. معمولاً دسترسی به آب‌های زیرزمینی از طریق چند گزینه متفاوت نظیر چشمه‌ها، قنوات، چاه‌های دستی، چاه‌های نیمه عمیق و عمیق امکان‌پذیر است [۶]. بنا به مقتضیات اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و جغرافیایی هر یک از گزینه‌های اشاره شده معایب و مزایایی دارند که در مقایسه با یکدیگر قابل تفسیرند. شاخص‌های مقایسه‌ای برای ارزیابی گزینه‌ها متعدد هستند، ولی در اینجا

جدول ۲. ماتریس رنگی مقایسه گزینه‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی [۵]

گزینه	مقیاس مصرف انرژی در استحصال آب	مقیاس میزان آب‌دهی	مقیاس نیاز به ملزومات و مراقبت	مقیاس سازگاری با محیط زیست
قنات				
چاه نیمه عمیق				
چاه عمیق				
چشمه				
چاه دستی				

علائم: صفر کم تا متوسط متوسط متوسط تا زیاد زیاد زیاد تا خیلی زیاد خیلی زیاد

جدول ۳. ماتریس توصیفی مقایسه گزینه‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی [۵]

گزینه	مقیاس مصرف انرژی در استحصال آب	مقیاس میزان آب‌دهی	مقیاس نیاز به ملزومات و مراقبت	مقیاس سازگاری با محیط زیست
قنات	صفر	کم تا متوسط (دبی متوسط ۲۵-۷۵ لیتر در ثانیه)، مستمر، در زمان خشکسالی آب‌دهی کاهش می‌یابد	بی‌نیازی به تکنولوژی مهم محاسبه دقیق شیب در حفر، صرف هزینه زیاد در حفاری، لایروبی، ضرورت نگهداری و حفاظت و مراقبت.	سازگار با محیط زیست است، ولی برای هدررفتن آب هنگام شب و یا در فصول غیر ضروری، نیاز به برنامه‌ریزی دارد.
چاه نیمه عمیق	نسبتاً زیاد	کم تا متوسط - معمول حدود دو لیتر در ثانیه	ضرورت پمپاژ، نیاز به هزینه و مراقب فنی دائمی دارد.	نیمه سازگار است زیرا با خطر کاهش آب یا خشک شدن در زمان خشکسالی مواجه است.
چاه عمیق	خیلی زیاد	معمولاً ۳۰ لیتر در ثانیه	به هزینه و مراقبت فنی دائمی نیاز دارد، رعایت فاصله دو چاه، عمق چاه، ضرورت پمپاژ.	با خطر کاهش سطح آب سفره‌های زیرزمینی همراه است.
چشمه	صفر	کم تا خیلی زیاد	بدون هزینه، نیازمند رعایت بهداشت	سازگار با محیط زیست است و اگر با خطر کاهش یا خشک شدن در زمان خشکسالی همراه باشد، امری طبیعی است.
چاه دستی	کم	کم و بنا به مقتضیات	میزان هزینه نسبتاً کم، ولی نیازمند رعایت بهداشت	سازگار با محیط است

استفاده می‌شود. در این نمودار براساس پنج شاخص شیمیایی سدیم، کلر، فسفات، کل مواد جامد محلول (TDS) و سختی، آب از نظر مصرف آشامیدنی به شش گروه «خوب»، «قابل قبول»، «متوسط»، «نامناسب»، «کاملاً نامطلوب» و «غیرقابل شرب» تقسیم می‌شوند. در طبقه‌بندی ویلکوکس دو عامل هدایت الکترونیکی و نسبت جذب سدیم SAR (خطر قلیایی شدن) برای تعیین کیفیت مصارف کشاورزی در نظر گرفته شده و هر یک از چهار قسمت تقسیم می‌شود که مجموع ۱۶ گروه کیفیت آب را ایجاد می‌کند و در آن S نماینده SAR و C نشان‌دهنده هدایت الکترونیکی است. گروه‌های مختلف یادشده در نمودار در قالب آب‌های «خیلی خوب»، «خوب»، «متوسط» و «نامناسب» طبقه‌بندی می‌شوند [۸].

نتیجه کلی‌ای که از دو ماتریس رنگی و توصیفی اشاره‌شده به‌دست می‌آید این است که جایگاه نسبی قنوات در محیط زیست اعم از شهری و روستایی به‌دلیل نداشتن مصرف انرژی اهمیت ویژه‌ای دارد و درزمینه سایر مؤلفه‌ها با توجه به جمیع جهات به‌عنوان فناوری سبز تلقی می‌شود.

بحث و نتایج

استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO-2007) برای کاتیون‌ها، آنیون‌ها، کل مواد جامد محلول و هدایت الکترونیکی از خواص شیمیایی آب و pH از خواص فیزیکی آب به‌منظور مقایسه نتایج با آن آورده و به‌کار گرفته خواهد شد. برای مشخص کردن کیفیت آب افزون بر استانداردهای ملی و بین‌المللی از استاندارد نمودار شولر نیز استفاده می‌شود. در گزارش‌های هیدرولوژی نیز برای طبقه‌بندی از نظر شرب، به‌طور معمول از نمودار شولر

جدول ۴. مقادیر استاندارد سازمان جهانی بهداشت برحسب میلی‌گرم در لیتر [۸]

متغیر	استاندارد سازمان جهانی بهداشت
pH	۶/۵ - ۸/۵
Na	۲۰۰
K	۱۲
Ca	۷۵
Mg	۵۰
TH	۱۰۰
THD	۵۰
EC	۱۵۰۰
CO ₃	-
HCO ₃	۱۵۰
SO ₄	۲۰۰
Cl	۲۰۰

برای انجام مطالعات زیست‌محیطی قنوات مطالعه‌شده و برای تبیین برنامه‌پایش زیست‌محیطی سعی شد کلیه پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی قنوات په‌ننه شرقی تهران که توسط شرکت آب منطقه‌ای و یا واحدهای مختلف شهرداری تهران نمونه‌برداری و تجزیه شده است، بررسی شود.

پارامترهای شیمیایی کیفیت آب: کل جامدات محلول، سختی، فلوریدها، فلزات، مواد آلی و مواد مغذی

تجزیه کیفی آب قنوات په‌ننه شرقی تهران: به‌طور کلی، انجام فقط یک مرحله نمونه‌برداری نمی‌تواند ملاک مناسبی برای بررسی کیفیت منابع آب به‌شمار آید؛ اما تحلیل این نتایج می‌تواند نمای کلی از کیفیت منابع آب را در اختیار قرار دهد. به‌طور کلی، پارامترهای کیفی آب در دو دسته کلی زیر قرار می‌گیرند: [۹]

- پارامترهای شیمیایی
- پارامترهای بیولوژیکی

موجب انحلال فلزات سنگین مانند مس و سرب در آب می‌شود. جدول ۵ شرایط کیفی ۱۵ قنات مطالعه شده براساس شاخص رسوب‌گذاری و خوردگی را نشان می‌دهد.

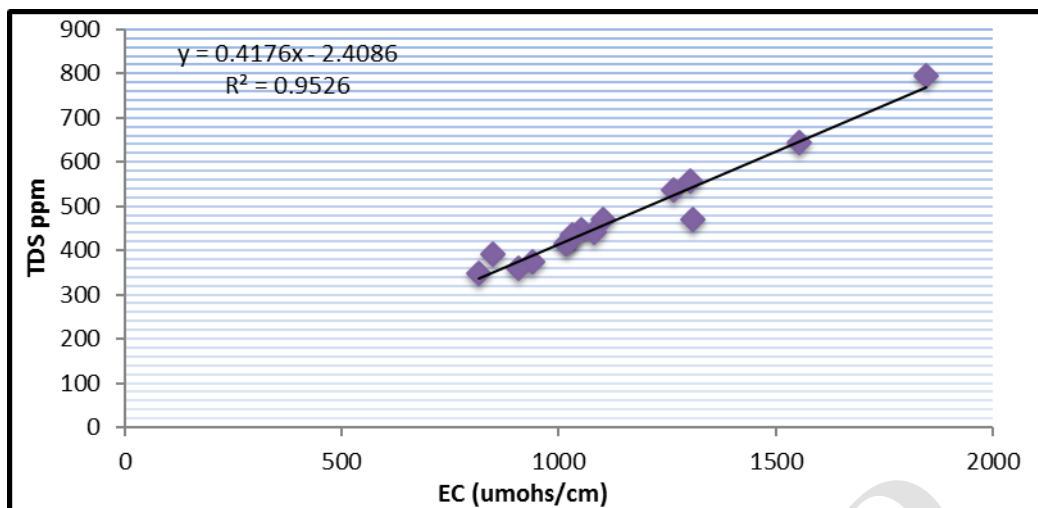
هدایت الکتریکی (EC) و کل مواد جامد محلول در آب (TDS): قابلیت هدایت الکتریکی معیاری برای سنجش توانایی یک محلول برای انتقال الکتریکی است. از آنجا که این توانایی تابعی از حضور یون‌های موجود در یک محلول است، اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی نشان‌دهنده خوبی درباره کل مواد حل‌شده (TDS) در آب به‌شمار می‌آید که با اعمال یک ضریب که درباره هر آبی فرق می‌کند و قابل تبدیل به یکدیگر است. عموماً برای قضاوت درباره مناسب بودن یک آب برای مقاصد کشاورزی، دانستن غلظت این دو پارامتر به‌همراه غلظت سدیم نیز معیار مناسبی در ارزیابی وضعیت آب از لحاظ مصارف کشاورزی است. شکل ۲ رابطه همبستگی بین (TSD) و (EC) در قنوات منطقه مطالعه شده را نشان می‌دهد.

پارامترهای شیمیایی مورد توجه در کیفیت آب به‌شمار می‌روند [۱۰] که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

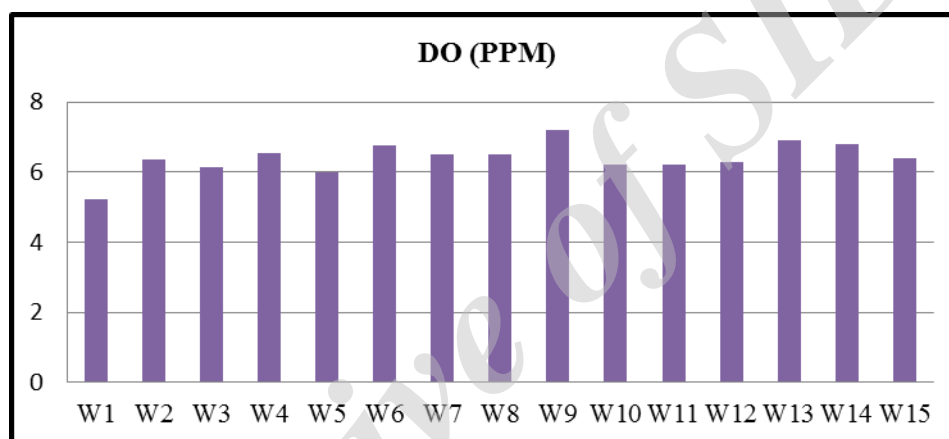
اسیدیته و قلیائیت: میزان اسیدی یا قلیایی بودن آب به‌وسیله غلظت یون‌های هیدروژن موجود در آب بیان می‌شود. مقدار مجاز اسیدیته آب طبق استاندارد ملی حدود ۶/۵ تا ۹/۳ و برای حالت مقدار مطلوب حدود ۷ تا ۸/۵ توصیه می‌کند. میزان اسیدیته مناسب برای آب‌های زراعی و کشاورزی حدود ۷- ۸/۵ و pH مناسب آب شرب بین ۶ تا ۸/۵ است، ولی pH اغلب آب‌ها حدود ۷ تا ۸ است و کمی قلیایی هستند [۱۱]. قنوات پهنة شرقی شهر تهران میزان اسیدیته بین ۷- ۸/۱ دارند، ولی در مقیاس قلیائیت آنها، اندکی تفاوت وجود دارد. پارامترهای قلیائیت، سختی و pH آب با یکدیگر در تعامل‌اند و تعیین‌کننده آن هستند که آیا آب قابلیت ایجاد رسوب را دارد و یا خورنده است و یا در حالت پایدار است. آب‌های اسیدی pH کم و خاصیت خوردگی زیاد هستند و اگر این آب وارد سیستم توزیع شود، به لوله‌های بتونی و فلزی شبکه آسیب می‌رساند و

جدول ۵. شرایط کیفی قنوات پهنة شرق تهران براساس شاخص رسوب‌گذاری و خوردگی [۵]

قابلیت برحسب CaO	Ca (mg/l)	ضریب C	PH	PH _s - PH	کیفیت آب برای مصارف صنعتی	قنوات
۱۰/۱۲	۱۲۹/۴۵	۷/۲	۷/۰۴	۰/۱۶	خورنده	W1
۹۱/۳۴	۸۶/۳۷	۷/۴	۷/۴	-۰/۴۷	رسوب‌گذار	W2
۱۲۰/۵۵	۱۰۹/۸۱	۷/۲	۷/۲	-۰/۴۶	رسوب‌گذار	W3
۸۱/۵۶	۸۶/۵۷	۷/۴	۷/۴	۰/۰۳	خورنده	W4
۱۰۲/۳۴	۹۰/۹۸	۷/۳	۷/۳	۰/۰۳	رسوب‌گذار	W5
۵۵/۲	۸۴/۹۶	۷/۶	۷/۶	-۰/۳۷	رسوب‌گذار	W6
۳۶/۱۱	۹۰/۱۸	۷/۸	۷/۸	-۰/۴۶	خورنده	W7
۸۹/۱۹	۱۴۲/۶۸	۷/۲	۷/۲	۰	متعادل	W8
۴۸/۴۴	۱۴۶/۲۹	۷/۴	۷/۲	۰/۲	خورنده	W9
۴۸/۳	۱۲۵/۸۵	۷/۵	۷/۴۴	۰/۰۶	خورنده	W10
۴۸/۳	۴۸/۴۹	۷/۹	۸/۱	-۰/۲	رسوب‌گذار	W11
۷۵/۹	۱۲۳/۲۴	۷/۳	۷/۱۷	۰/۱۳	خورنده	W12
۹۶/۱۴	۱۱۹/۴۳	۷/۲	۷/۰۵	۰/۱۵	خورنده	W13
۱۳۸/۷۱	۱۴۰/۰۷	۷	۷/۵۶	-۰/۵۶	رسوب‌گذار	W14
۵۵/۲	۱۱۰/۲۲	۷/۵	۷/۶	-۰/۱	رسوب‌گذار	W15



شکل ۲. رابطه همبستگی بین (TSD) و (EC) در قنوت پهنه شرقی تهران [۵]



شکل ۳. میزان DO در قنوت پهنه شرقی تهران [۵]

کشاورزی و فضای سبز استفاده از آب قنوت اجتناب‌ناپذیر است. چنانچه میزان جذب سدیم و یا املاح سدیم آب قابل دسترسی بیش از حد مجاز باشد، آب مصرفی برای شرب نامساعد و در کشاورزی و فضای سبز نیز سبب خرابی جنس خاک و کم‌شدن قابلیت نفوذ آب در زمین می‌شود. شاخص SAR، در واقع نسبت جذب سدیم یا خطر سدیم در آب را نشان می‌دهد. در طبقه‌بندی آب‌ها براساس نسبت جذب سدیم، چنانچه SAR کمتر از ۱۰ و در حد یک یا دو باشد آب شیرین و قابل شرب و در حد عالی است. اگر بین ۱۰ تا ۲۶ باشد، خوب تا متوسط و اگر بیش از ۲۶ واحد باشد، آب نامناسب است. برای امور کشاورزی و فضای سبز اگر میزان آن حدود ۶ باشد، برای خاک‌های قابل کشت و محصولات رضایت‌بخش است؛ ولی از ۱۵ بالاتر، برای آبیاری کشاورزی و باغ‌ها و فضای سبز نامطلوب

اکسیژن محلول (DO): یکی از معیارهای قابل استفاده برای تشخیص پاک یا آلوده بودن آب، مقدار اکسیژن محلول در آن است. معمولاً آب‌های سطحی در حد اشباع یا در بعضی موارد حتی بیشتر و آب‌های زیرزمینی به نسبت کمتر از آن اکسیژن محلول دارند. کاهش مقدار اکسیژن می‌تواند عوامل مختلفی مانند مصرف اکسیژن برای هضم و اکسید مواد آلی باشد که این خود نشان‌دهنده آلوده‌شدن آب است. بنابراین، اندازه‌گیری این پارامتر امری اجتناب‌ناپذیر است [۱۱]. شکل ۳ میزان DO در قنوت پهنه شرقی شهر تهران را نشان می‌دهد.

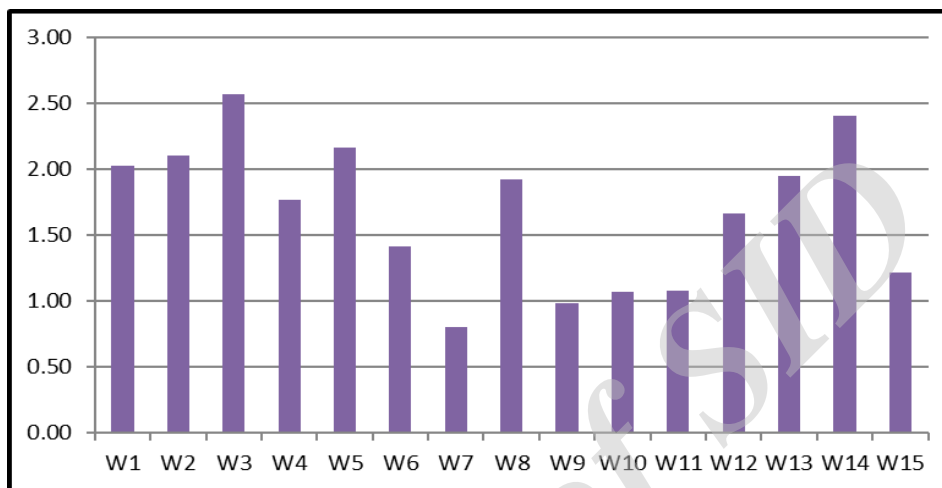
سدیم: نظر به اینکه اثر سدیم به میزان سدیم و نیز کلسیم و منیزیم بستگی دارد، بنابراین در مسئله ارزیابی سمیت بالقوه از نسبت جذبی سدیم SAR برای آب و خاک استفاده می‌شود. در مناطق خشک، بنا به مقتضیات

محاسبه می‌شود که در آن تمام غلظت‌های یونی به صورت میلی‌اکی‌والان در هر لیتر بیان شده است. شکل ۵ میزان حلالیت سدیم در قنوات پهنه شرقی تهران را نشان می‌دهد.

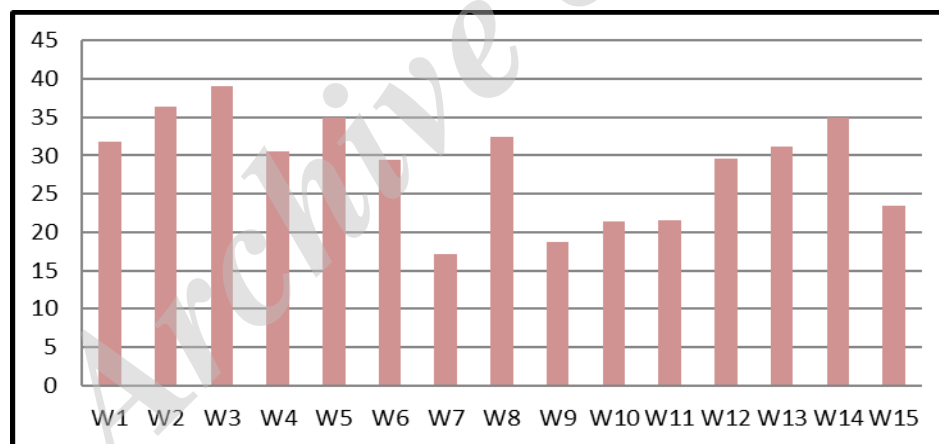
$$\%Na = \frac{Na + K}{Ca + Mg + Na + K} * 100 \quad (1)$$

است. قنوات پهنه شرقی تهران در خصوص داشتن میزان سدیم در مقیاس گوناگونی هستند. شکل ۴ مقیاس مختلف SAR را در قنوات پهنه شرقی تهران نشان می‌دهد.

از درصد حلالیت سدیم برای تعیین کیفیت آب آبیاری استفاده می‌شود. میزان درصد حلالیت سدیم به صورت زیر



شکل ۴. میزان SAR در قنوات پهنه شرقی تهران



شکل ۵. میزان حلالیت سدیم در قنوات شهر تهران

آشامیدنی ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر است. آرسنیک بیش از حد استاندارد آب آشامیدنی، سبب ایجاد سرطان پوست و ریه انسان‌ها می‌شود. سیانور و ترکیبات آن فقط در آب‌های صنعتی یافت می‌شود. زمانی که pH آب برابر ۸ یا کمتر باشد، به صورت هیدروژن سیانید یا اسید سیانیدریک درمی‌آید و بیشتر ترکیبات آن سمی و کشنده است. بیشترین حد مجاز سیانور طبق استاندارد ملی حدود ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر است. سرب به‌عنوان یکی از عناصر سمی

فلزات سنگین: بسیاری از فلزهای سنگین برای انسان سمی هستند در این میان چهار فلز جیوه (Hg)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd) و آرسنیک (As) به‌علت کاربرد گسترده در صنعت به‌گونه‌ای وارد منابع آبی زیرزمینی می‌شوند، توزیع وسیع آنها بیشترین خطر را از نظر زیست‌محیطی به‌همراه دارند. سیانور نیز از جمله مواد سمی است که توان نفوذ به آب‌های زیرزمینی را داراست. طبق استاندارد ملی، بیشتر غلظت مجاز آرسنیک در آب

تحميل برای دام و طیور نیز کمتر از ۲۰ میلی گرم در لیتر است. آب‌های زیرزمینی به‌ندرت بیش از ۰/۱ میلی گرم در لیتر برحسب ازت نیتريت دارند مگر اینکه به‌شدت با فاضلاب آلوده شده باشند. ناگفته نماند حضور نیتريت همراه با میزان زیاد آمونیاک در آب نشان‌دهنده آلودگی آب با فاضلاب است [۱۲]. قنوات پهنة شرقی تهران در خصوص داشتن میزان نیتريت دارای میزانی کمتر از ۰/۱ میلی گرم بر لیتر هستند، ولی از لحاظ نیتريت و فسفات در مقیاس گوناگونی هستند به‌طوری که آزمایش‌های به‌عمل‌آمده نشان داده است میزان نیتريت قنات ده‌خیر شهر ری حدود ۱۳۴ میلی گرم در لیتر و قنات روس وزرا ۱۳/۴ میلی گرم در لیتر و میزان فسفات شاخه سوم قنات عباس‌آباد حدود ۰/۱۸ و قنات مبارک‌آباد حدود ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر بوده‌اند.

کل هیدروکربن‌های نفتی (TPH) (Total Petroleum Hydrocarbon)

TPH (Hydrocarbon): عبارتی است که به هرگونه هیدروکربن موجود در نفت خام گفته می‌شود. نفت خامی که در ساخت انواع فرآورده‌های نفتی به‌کار می‌رود، می‌تواند محیط زیست را آلوده کند. مواد شیمیایی موجود در TPH عبارت‌اند از: هگزان، بنزن، تولوئن، Xylenes، نفتالین، و Fluorine، ترکیبات بنزین، سوخت جت، روغن‌های معدنی و سایر فرآورده‌های نفتی است. آلودگی هیدروکربن‌های نفتی در قنوات بررسی شده مشاهده نشده است.

سختی (TH): سختی کل شامل سختی موقت یا سختی کربناتی به اضافه سختی دائم یا سختی غیرکربناتی است. سختی موقت بر اثر جوشاندن آب ته‌نشین می‌شود و جرم داخل ظروف را تشکیل می‌دهد و به املاح کربنات و بی‌کربنات کلسیم و منیزیم مربوط می‌شود. سختی دائم به‌وسیله عناصری چون سولفات‌ها و کلرورهای منیزیم و کلسیم پدید می‌آید که بر اثر جوشیدن رسوب نمی‌دهند. سختی معمولاً برحسب واحد میلی گرم در لیتر برحسب کربنات کلسیم (mgr/lit CaCO₃) بیان می‌شود. حد آستانه طعم برای یون کلسیم بسته به آنیون مربوط به آن در محدوده ۱۰۰-۳۰۰ میلی گرم در لیتر است [۱۳]. جدول ۷ مقادیر کمی سختی طبقه‌بندی شده برای آب‌های مختلف و جدول ۸ شرایط کیفی قنوات پهنة شرقی تهران براساس شاخص سختی را نشان می‌دهند.

قابل تجمع در بدن به‌شمار می‌رود. بیشترین غلظت مجاز سرب در آب آشامیدنی ۰/۱ میلی گرم در لیتر است. درضمن، حدود مجاز فلز کادمیوم، جیوه، کرم و بر به‌ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر توصیه شده است [۱۰]. در قنوات پهنة شرق تهران آلودگی به فلزات نیکل، جیوه، آرسنیک، سلنیوم و آلومینیم که می‌تواند منشأ صنعتی داشته باشد، مشاهده نشده است.

آمونیاک NH₃: آمونیاک در آب یک شاخص آلودگی احتمالی باکتریایی، فاضلاب و مواد زاید حیوانی است. آمونیاک در سیستم‌های تصفیه آب می‌تواند کارایی گندزدایی را مختل کند و به تشکیل نیتريت در سیستم‌های توزیع آب منجر شود و سبب مشکلاتی در حذف منگنز شود و از طرفی می‌تواند مشکلات طعم و بو ایجاد کند. مقادیر طبیعی آمونیاک در آب‌های زیر زمینی و سطحی معمولاً کمتر از ۰/۲ میلی گرم در لیتر است. آب‌های زیرزمینی بی‌هوازی ممکن است محتوی تا ۳ میلی گرم در لیتر باشند. میزان آمونیاک در قنوات پهنة شرقی تهران کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر برآورد شده است.

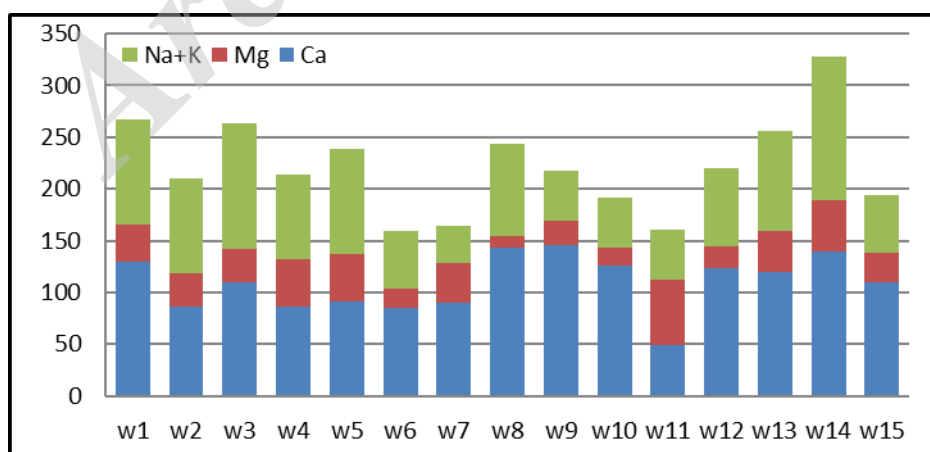
نیتريت، نیتريت و فسفات: آلودگی آب‌های زیرزمینی یا از طریق منابع نقطه‌ای مثل چاه‌های جذبی فاضلاب یا از طریق منابع غیرنقطه‌ای مانند مصرف کودهای نیتروژنی در مزارع کشاورزی صورت می‌پذیرد. به علت محلول بودن نیتريت این ترکیب به راحتی به‌وسیله آب از لایه‌های مختلف خاک عبور می‌کند و به سفره‌های آب‌های زیرزمینی راه می‌یابد. فسفات از طریق فاضلاب‌های خانگی که حاوی دترجنت‌ها و پاک‌کننده‌های سنتتیک (تهیه شده از فسفات هستند) یا از فسفات موجود در پساب‌های کشاورزی و یا فاضلاب‌های صنعتی وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود. فسفات نیز مانند نیتريت از عناصر ضروری برای رشد جلبک‌ها است و می‌تواند به مقدار شایان توجهی در اوتریفیکاسیون منابع آبی دخالت کند. مقدار فسفات برحسب فسفر نباید از ۰/۶ میلی گرم در لیتر تجاوز کند. وجود نیتريت (NO₃) و نیتريت (NO₂) در آب بیشتر نشان‌دهنده نفوذ فضولات حیوانی یا کود به داخل سیستم آبرسانی است. بیشترین حد مجاز نیتريت‌های موجود در آب آشامیدنی نباید از ۴۵ میلی گرم در لیتر برحسب یون نیتريت و برحسب نیتروژن نباید از ۱۰ میلی گرم در لیتر تجاوز کند. بیشترین حد غلظت نیتروژن نیتريت قابل

جدول ۶. مقادیر کمی سختی طبقه‌بندی شده برای آب‌های مختلف [۱۱]

سختی		شرح
mg/l CaCO ₃	meq/l	
<۵۰	<۱	نرم
۵۰-۱۵۰	۱-۳	نسبتاً سخت
۱۵۰-۳۰۰	۳-۶	سخت
> ۳۰۰	>۶	بسیار سخت

جدول ۷. شرایط کیفی قنوات په‌نه شرقی تهران براساس شاخص سختی [۵]

سختی کل	سختی موقت	سختی دائم	کیفیت آب براساس	قنوات
			سختی کل	
۴۷۳/۸۵	۷۷/۱۶	۳۹۶/۶۸	کاملاً سخت	W1
۳۴۶/۷۳	۳۴۶/۷۳	۰	کاملاً سخت	W2
۴۰۷/۷۷	۴۰۷/۷۷	۰	کاملاً سخت	W3
۴۰۴/۳	۴۰۴/۳	۰	کاملاً سخت	W4
۴۱۵/۳۱	۴۱۵/۳۱	۰	کاملاً سخت	W5
۲۸۹/۱۸	۲۸۹/۱۸	۰	سخت	W6
۳۸۲/۷۸	۳۸۲/۷۸	۰	کاملاً سخت	W7
۴۰۵/۲۸	۴۰۵/۲۸	۰	کاملاً سخت	W8
۴۵۸/۴۱	۴۵۸/۴۱	۰	کاملاً سخت	W9
۳۷۸/۲۹	۳۷۸/۲۹	۰	کاملاً سخت	W10
۳۸۲/۷۵	۳۸۲/۷۵	۰	کاملاً سخت	W11
۳۹۵/۳	۳۹۵/۳	۰	کاملاً سخت	W12
۴۶۳/۳۱	۴۶۳/۳۱	۰	کاملاً سخت	W13
۵۴۸/۸۸	۵۴۸/۸۸	۰	کاملاً سخت	W14
۳۹۲/۲۹	۳۹۲/۲۹	۰	کاملاً سخت	W15



شکل ۶. میزان کاتیون‌ها در آب قنوات په‌نه شرقی تهران

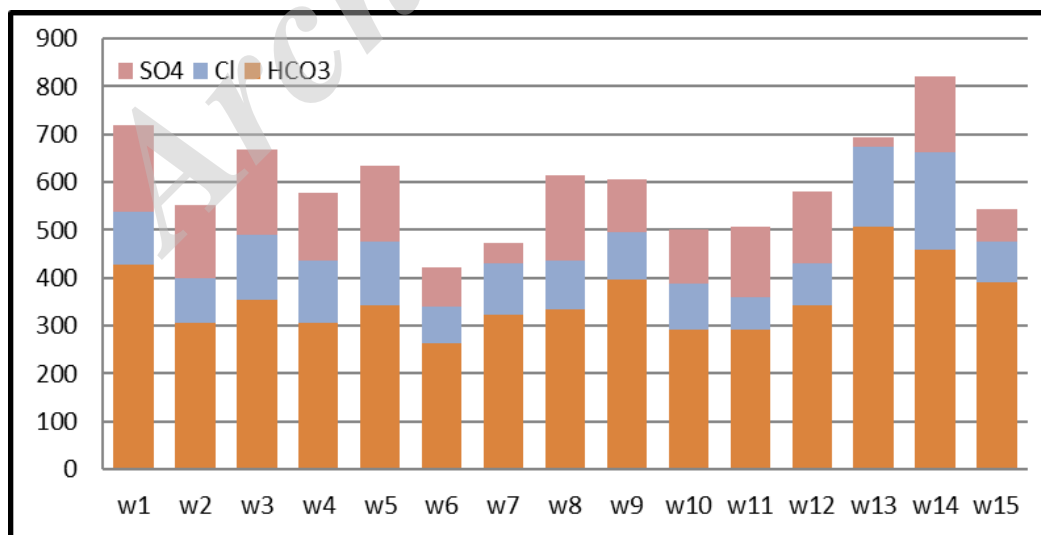
در لیتر دی‌اکسید کربن دارند. ترکیب دی‌اکسید کربن ضمن انحلال در آب با عوامل موجود در آن ترکیب می‌شود و یا در ترکیب با آب، قسمتی از آن به‌صورت اسید کربنیک در می‌آید و قسمتی دیگر به یون‌های کربنات و بی‌کربنات تبدیل می‌شود. در آب‌های طبیعی که PH آن حدود ۸ باشد بین کربنات و بی‌کربنات کلسیم موجود در آب تعادلی بر اثر وجود دی‌اکسید کربن ایجاد می‌شود که از ترسیب کربنات کلسیم جلوگیری می‌کند.

سولفات: تأثیر سولفات در آب آشامیدنی این است که سهم عمده‌ای در سختی دائم یا غیرکربناتی آن دارد. غلظت زیاد سولفات در تغییر طعم آب مؤثر است و بیشتر از حد استاندارد می‌تواند اثر مسهلی داشته باشد. مقدار مطلوب سولفات ۲۰۰ و بیشترین حد مجاز آن ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. احیای سولفات توسط باکتری‌های بی‌هوازی سبب تولید هیدروژن سولفور (H_2S) با بوی بد تخم مرغ گندیده می‌شود. شکل ۷ میزان آنیون‌ها در آب قنات پهنه شرقی تهران را نشان می‌دهد.

پارامترهای بیولوژیکی کیفیت آب: پارامترهای بیولوژیکی کیفیت آب در واقع بیانگر کارکردی است که آب در انتقال بیماری‌ها دارد. پارامترهای بیولوژیکی عبارت‌اند از شاخص کلیفرم، BOD و COD. که در اینجا بررسی می‌شوند.

کاتیون‌ها: کلسیم و منیزیم از جمله کاتیون‌های مهم در آب هستند. کلسیم معمولاً به‌صورت کربنات، بی‌کربنات و سولفات کلسیم ظاهر می‌شود. از نظر تندرستی زیادبودن غلظت کلسیم در آب چندان اهمیتی ندارد و زیادی کلسیم به‌صورت رسوب در آب ته‌نشین می‌شود. سازمان بهداشت جهانی بیشترین غلظت کلسیم را ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب Ca^{+2} و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلسیم پیشنهاد می‌کند. قنات پهنه شرقی تهران در خصوص داشتن میزان کلسیم در مقیاس گوناگونی هستند به‌طوری که آزمایش‌های به‌عمل آمده استانداردهای بین‌المللی سازمان بهداشت جهانی میزان منیزیم معادل ۳۰ میلی‌گرم در لیتر را برای سولفات‌های بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین غلظت مجاز ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر را به شرط اینکه غلظت سولفات کمتر باشد، پیشنهاد می‌کند. شکل ۶ میزان کاتیون‌ها در آب قنات پهنه شرقی تهران نشان می‌دهد.

آنیون‌ها: دی‌اکسید کربن، بی‌کربنات، کربنات از آنیون موجود در آب تلقی می‌شوند. مقدار دی‌اکسید کربن آزاد در آب بستگی به PH و قلیانیت آب دارد و دربارهٔ خاصیت خوردگی آب مسئولیت مهمی ایفا می‌کند. آب‌های سطحی معمولاً کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر دی‌اکسید کربن آزاد دارند، ولی برخی آب‌های زیرزمینی بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم



شکل ۷. میزان آنیون‌ها در آب قنات شهر تهران

تهران امری ضروری است و می‌تواند تصویری واضح از شرایط کیفی و تغییرات احتمالی جریان آب قنوات ایجاد کند. بررسی‌های میدانی و کنترل مجاری و مظهر قنوات نشان می‌دهد شبکه قنوات موجود وضعیت پایدار و رضایت‌بخشی ندارند و مرمت و اصلاح سازه‌ای آنها با توجه به توسعه ساخت‌وسازها ضروری است.

۲. کل قنوات نمونه‌برداری شده از لحاظ داشتن میزان کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سولفات و کلر برای کاربری آب شرب در حد استاندارد قرار داشتند و وضعیت کیفیت قنوات تهران براساس نمودار شولر در حد خوب، قابل قبول و متوسط هستند، ولی از نظر آلودگی میکروبی با یکدیگر متفاوت‌اند.

۳. میزان سولفات در نمونه‌های مختلف در مقیاس‌های گوناگونی هست: قنات مهران زرتشتی با ۲۱ میلی‌گرم در لیتر کمترین و قنات یوسف‌آباد با ۱۸۱ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میزان سولفات را داشتند. بنابراین، میزان سولفات نمونه‌ها کمتر از حد مطلوب استاندارد برای کاربری شرب است.

۴. از لحاظ مقدار هدایت الکتریکی در مقایسه با استاندارد کاربری کشاورزی همه قنوات کمتر از حد مجاز استاندارد قرار داشتند و از نظر نسبت جذب سدیم (SAR) به‌غیر از قنوات گلاب (فیروزه) و کامرانیه که کیفیت عالی دارند، باقی قنوات از شرایط کیفی خوبی برخوردارند.

۵. از نظر شاخص بیولوژیکی بررسی انجام‌گرفته نشان داد که آلودگی میکروبی در قنوات کم‌عمق زیاده‌تر از قنوات عمیق بود و در مناطقی که اندازه خلل و فرج خاک و سنگ‌ها زیاد باشد نشأت آلودگی بیشتر است و قنات ده‌خیر شهر ری آلودگی میکروبی بیش از حد مجاز دارد.

سپاسگزاری

نگارندگان از سازمان بوستان‌ها و فضای سبز شهرداری تهران به دلیل دراختیار گذاشتن آمار و گزارش‌های موجود کمال قدردانی و تشکر را دارند.

منابع

- [1]. Abizadeh, E.; A View to Aqueducts centering on Training and Reviving Iranian Native Technology, Culture and Architecture. Armanshahr Journal. 2011; Third Year (5), pp. 1-22.

شاخص کلیفرم: کلیفرم‌ها مهم‌ترین باکتری‌های نشانگر هستند که در آزمایش باکتریولوژیکی آب‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند. گرچه این باکتری‌ها غیر از مدفوع در منابع دیگر نظیر آب و خاک نیز ممکن است یافت شوند، فراوانی بسیارشان در مدفوع انسان و سایر حیوانات خونگرم و داشتن ویژگی‌های دیگر است که سبب می‌شود این باکتری‌ها در آزمایش‌های مستمر آب‌های آشامیدنی اهمیت خاصی داشته باشند. نبود کلیفرم در آب قنوات نشان‌دهنده میزان بهداشتی بودن آب آنهاست. میزان مجاز کلیفرم برای آب آشامیدنی ۲ و مقدار مطلوب به‌میزان صفر در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب است، ولی مقدار مجاز برای آب‌های زراعی حدود ۱۰۰۰ عدد و برای مقدار مطلوب حدود ۱۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر توصیه شده است. نتایج آزمایش‌ها حکایت از آلودگی میکروبی برخی قنوات پهنه شرقی تهران را دارند.

BOD : COD, BOD شاخصی است برای بیان میزان اکسیژنی که باکتری‌های هوازی موجود در آب به آن نیاز دارند تا مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی را به محصولات نهایی تجزیه کنند. ازدیاد ناگهانی BOD بر اثر ورود فاضلاب و ضایعات به آب قنوات سبب کاهش اکسیژن محلول در آب و مرگ آبزیان بومی می‌شود. شاخص COD برای بیان میزان اکسیژن مورد نیاز فعل انفجالات شیمیایی آب است که بیشتر بر اثر ورود فاضلاب‌های صنعتی افزایش می‌یابد. کلیه قنوات مطالعه‌شده تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی شهر تهران است و آلوده به ترکیبات اکسیژن‌خواه و میکروارگانسیم‌های مدفوعی است. این امر سبب ایجاد محدودیت در استفاده از جریان آب این قنوات خواهد شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه‌شده تحقیق می‌توان گفت که به‌طور کلی انجام فقط یک مرحله نمونه‌برداری نمی‌تواند ملاک مناسبی برای بررسی کیفیت منابع آب به‌شمار آید؛ اما تحلیل این نتایج می‌تواند نمایی کلی از کیفیت منابع آب را در اختیار قرار دهد. از مهم‌ترین نتیجه‌گیری‌های انجام‌شده موارد زیر است:

۱. بررسی و نتایج وضعیت کیفی آب قنوات در این مطالعات نشان می‌دهد پایش مستمر کیفیت آب قنوات

- [2]. Heydari, M, Bidgoli H.N.; Chemical Analysis of Drinking Water of Kashan District, Central Iran. *World Applied Sciences Journal* 2012;16(6):pp.799-805
- [3]. W.H.O.Guidelines for safe recreational water environments. Vol. 2: (Swimming pools and similar environment). Geneva: World Health Organization; 2006:pp.316-112.
- [4] Sabetjo M.; Aqueduct important role in protecting the environment. *Subterranean National Conference*.2010.gonabad:pp.12-24.
- [5] Toossab Consulting Engineers Company; Study of Qantas water quality of in Tehran, Report Number 430752 –5139,2011, Tehran221p.
- [6] Edwards M.; Controlling Corrosion in Drinking Water Distribution System; A Grand Challenge for the 21 St Century. *Water Science & Technology* 2002;4(9):58-68
- [7] Jihad Keshavarzi organization; First Phase Studies on studies and identification of Subterranean, Tehran, to assess water quality testing Subterranean, Tehran.2003. p 312-152
- [8] Ebadati,N. Hoshmandzade,M. Water Quality evaluation of Dez River in the Dezful hydrometric station.,*journal of Ecohydrology*, Volume 1, Issue 2, Autumn 2014, Page 69-81
- [9].Ishaku J M. Ezeigbo H I. 2010.Groundwater Quality monitoring in Jimeta-Yola area, North-eastern Nigeria. *WATER RESOURCES Journal of the Nigerian Association of Hydrogeologists (NAH)*, 20(2): 1-14.
- [10] Dahaghani M, Azam K. Mohamadi A.; An Investigation on Physico-Chemical and Microbiological Quality of Public Swimming Pools in Tehran City, *Journal of research environmental health*, 2015,Winter (1):29-35
- [11] Yazdanbakhsh A. Eslami A. Rezaei S.; Quality assessment of Tehran's Firoozabad Channel surface runoff for irrigation uses. *Journal of Health in the Field*. 2015: autumn (3):19-26
- [12] Maleki A, Khorsandi. A. Qanat in Iran The Case Study Of Tehran Qanats. *Tehran: Processing Enterprises and Urban Planning*;2005.pp.234-257.
- [13] Sadatinejad S. Razavi I. Shirani M.; dimensions of Social, economic and environmental the aqueduct, 2006, 1th Conference on optimum utilization of water resources. *University Shahrekord*, 2006, pp.124-138.

Archive