

Background monitoring and spatial analysis of total organic carbon in groundwater in Qazvin plain

M. Panahi Fard¹, AH. Mahvi², A. Bahojb³, S. Naderi³, H. Karyab¹

¹ Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

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

³ Department of Environmental Health Engineering, Health Centre, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Corresponding Address: Hamid Karyab, Department of Environmental Health Engineering, Health Faculty, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Tel: +98-912-7830583; Email: hkaryab@qums.ac.ir

Received: 21 Feb 2018; Accepted: 15 May 2018

*Abstract

Background: Total organic carbon (TOC) is an indicator which presents water pollution via wastewater and organic pollutants including pesticides. TOC content in water presents organic matter and resulted that some countries use TOC as an indicator for assessing row water quality and water treatment facilities.

Objective: This study was done to determine total organic carbon concentration in groundwater resources in Qazvin plain.

Methods: Eighty-one water samples were selected randomly in arid and semi-arid climates in Qazvin plain in winter and spring of 2016. Sample stations were located in Qazvin, Takestan, Abyek and Buin Zahra cities. TOC analysis was done with SGE ANATOC™ Series II analyzer.

Findings: The average of TOC concentrations were detected 0.88, 0.68, 0.81 and 0.79 mg/L in Qazvin, Takestan, Abyek and Boin Zahra cities, respectively, with the mean of 0.79 mg/L. In addition, no significant relationship was found between land use and TOC concentration in groundwater.

Conclusion: The average of detected TOC in groundwater resources in the study area was lower than acceptable levels provided by the United States Environmental Protection Agency. The obtained results revealed that there were low potential for production of disinfection by-products in chlorination process. Low levels of TOC in water resources can be due to the performance of filtration and reduction processes.

Keywords: Total organic carbon, Qazvin plain, Drinking water resources

Citation: Panahi Fard M, Mahvi AH, Bahojb A, Naderi S, Karyab H. Background monitoring and spatial analysis of total organic carbon in groundwater in Qazvin plain. J Qazvin Univ Med Sci 2018; 22(2): 20-27.

پایش زمینه و نقشه پراکندگی کل کربن آلی (TOC) در منابع آب شرب زیرزمینی دشت قزوین

مسعود پناهی فرد^۱، دکتر امیرحسین محوی^۲، اکرم باحجب^۳، شیرین نادری^۳، دکتر حمید کاریاب^۱

^۱ گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی قزوین، قزوین، ایران
^۲ گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تهران، تهران، ایران
^۳ گروه مهندسی بهداشت محیط مرکز بهداشت استان دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی قزوین، قزوین، ایران

آدرس نویسنده مسؤل: قزوین، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی قزوین، گروه مهندسی بهداشت محیط، تلفن ۰۹۱۲۷۸۳۰۵۸۳
 تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۵

*چکیده

زمینه: کل کربن آلی (Total organic carbon; TOC) شاخصی است که نشان دهنده احتمال آلودگی آب به فاضلاب و آلاینده‌های آلی نظیر سموم است. میزان TOC در منابع آب نشان‌دهنده حضور ترکیبات آلی بوده و باعث استفاده برخی کشورها از این شاخص برای ارزیابی کیفیت منابع آب خام و سیستم‌های تصفیه آب شده است.

هدف: این مطالعه با هدف تعیین غلظت کل کربن آلی در منابع آب شرب زیرزمینی دشت قزوین انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی - تحلیلی، تعداد ۸۱ نمونه آب در پاییز و زمستان ۱۳۹۴ و بهار ۱۳۹۵ به صورت تصادفی در دو اقلیم خشک و نیمه خشک از چاه‌های عمیق آب شرب در دشت قزوین برداشت شد. چاه‌های نمونه در بین شهرهای قزوین، آبیک، بوئین زهرا و تاکستان گسترده بودند. اندازه‌گیری میزان TOC با روش آنالیز دستگاهی و با استفاده از دستگاه سنجش TOC انجام شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت TOC در منابع آب شرب در شهرهای قزوین، تاکستان، آبیک و بوئین زهرا به ترتیب ۰/۸۸، ۰/۶۸، ۰/۸۱، ۰/۷۹ میلی‌گرم در لیتر و با میانگین کل ۰/۷۹ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. همچنین بین غلظت TOC و کاربری زمین ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: میانگین غلظت TOC در منابع زیرزمینی در منطقه مطالعه شده از حدود مجاز توصیه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا پایین‌تر بود. نتایج به دست آمده آشکار ساخت که احتمال تشکیل ترکیبات جانبی گندزدایی در طی فرایند کلرزنی بسیار اندک می‌باشد. پایین بودن میزان TOC در منابع آب می‌تواند در نتیجه فرایندهای فیلتراسیون و احیا باشد.

کلیدواژه‌ها: کل کربن آلی، دشت قزوین، منابع آب شرب

*مقدمه

سلامت مصرف‌کنندگان است.^(۴۳) امروزه در نتیجه رشد روزافزون جمعیت و توسعه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، آلودگی محیط زیست به‌ویژه منابع تأمین‌کننده آب به انواع آلاینده‌های خطرناک گزارش شده است. بخش عمده‌ای از این آلاینده‌ها را ترکیبات آلی تشکیل می‌دهند که برخی از آن‌ها در گروه‌های ترکیبات سرطان‌زا قرار دارند.^(۴۵) مواد آلی منابع آب را می‌توان به صورت اختصاصی نظیر هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقوی و سموم آلی^(۴۷) و یا به صورت کلی و با استفاده از عواملی نظیر؛

آب‌های زیرزمینی از منابع حیاتی تأمین آب برای جوامع انسانی می‌باشند به نحوی که این منابع بخش قابل توجهی از نیاز آب کشور ایران را تأمین می‌نمایند. بنابراین ارزیابی کمی و کیفی آن‌ها برای مدیریت صحیح آبخوان ضروری است.^(۴۱) اطلاع از کیفیت آب زیرزمینی یکی از الزامات مهم در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب و حفاظت آن‌ها بوده و داشتن اطلاعات جامع، صحیح و قابل اطمینان می‌تواند عامل مهمی در تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها باشد. همچنین تعیین شرایط پایه مربوط به متغیرهای مختلف در منابع آب شرب از ضرورت‌های

طراحی و مطابق آن تصفیه‌خانه‌های موجود توسعه داده شوند.^(۱۵ و ۱۴) بنابراین پایش TOC در آب شرب جهت مدیریت خطرات سلامتی ضروری است.

در خصوص حد مجاز TOC در آب شرب، استاندارد ملی وجود ندارد. ضمن آن که سازمان بهداشت جهانی نیز رهنمودی برای آن تعیین ننموده است؛^(۱۷ و ۱۶) ولی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا حداکثر میزان مجاز TOC را در منابع آب جهت کنترل تولید محصولات جانبی گندزایی مثل تری هالومتان‌ها به میزان ۴ میلی‌گرم در لیتر ارایه نموده است. این ملاک در سیستم‌های آب آشامیدنی که از کلریناسیون برای گندزدایی استفاده می‌شود نباید در هیچ زمانی بیش‌تر گردد.^(۱۸)

هدف از اجرای این مطالعه تعیین غلظت کل کربن آلی در منابع زیرزمینی آب شرب دشت قزوین در حوزه آبریز شور و بررسی تأثیر کاربری زمین در میزان TOC در آبخوان دشت قزوین بود. دشت قزوین بزرگ‌ترین حوزه آبریز دریاچه نمک و تأمین‌کننده اصلی آب شرب ساکنین دشت می‌باشد به نحوی که سهم بهره‌برداری برای تأمین آب شرب در این آبخوان بیش از ۴ درصد کل تخلیه آبخوان بوده و آب شرب قریب به یک میلیون نفر از این دشت تأمین می‌گردد.^(۲۰ و ۱۹) بنابراین اطلاع از کیفیت منابع آب شرب دشت قزوین از اهمیت برجسته‌ای برخوردار است، به خصوص آن که جستجو در بانک‌های اطلاعاتی نشان داد مطالعه مشابهی جهت پایش TOC در آبخوان این دشت انجام نشده است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، پایش TOC در منابع آب زیرزمینی دشت قزوین بود.

* مواد و روش‌ها:

این مطالعه توصیفی در طی فصول پاییز و زمستان ۱۳۹۴ و بهار ۱۳۹۵ در منابع آب زیرزمینی دشت قزوین انجام و تمام آنالیزهای آب در آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. این مطالعه با هدف پایش پایه TOC در منابع آب

کل کربن آلی (TOC)، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) و یا اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و کربن آلی محلول (DOC) اندازه‌گیری نمود.^(۹)

مواد آلی آب می‌توانند دارای منشاء طبیعی بوده و از تجزیه گیاه و دیگر موجودات زنده به وجود آیند که در این صورت به نام ترکیبات آلی طبیعی (NOM) شناخته می‌شوند.^(۱۰) همچنین مواد آلی آب می‌توانند منشاء سنتتیک داشته و در اثر فعالیت‌های انسانی مانند؛ تخلیه فاضلاب، استفاده بی‌رویه از کودها، حشره‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و عوامل کاهش‌دهنده کشش سطحی موجب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی گردند.^(۱۰ و ۸)

بررسی متون علمی بیان‌گر آن است که غلظت ترکیبات آلی شناسایی شده در منابع آب زیرزمینی غالباً کم‌تر از منابع سطحی است، هرچند که در هنگام نشت مواد آلی به آبخوان وضعیت متفاوتی گزارش شده است.^(۱۱-۱۳) اندازه‌گیری TOC در منابع آب و شبکه توزیع آب شهری و مقایسه آن‌ها با همدیگر، معیار خوبی برای پی بردن به وجود یا عدم وجود آلودگی در شبکه توزیع آب آشامیدنی می‌باشد. ضمن آن که این شاخص به دلیل سرعت عملکردی بالا می‌تواند جایگزین آزمایشات COD و BOD₅ شود.^(۱۴)

آلاینده‌های تشکیل‌دهنده TOC می‌توانند باعث ایجاد رنگ، بو و مزه در آب شوند. همچنین این ترکیبات به واسطه واکنش با کلر باعث ایجاد ترکیبات جانبی خطرناک مانند تری هالومتان‌ها می‌شوند که بالقوه سرطان‌زا هستند. مواد آلی هیومیک به عنوان ترکیبات آلی پیش‌ساز در تشکیل تری هالومتان‌ها و سایر مواد آلی هالوژنه نقش دارند. طی سال‌های اخیر در اکثر کشورهای جهان از جمله ایران، مطالعاتی در زمینه حضور ترکیبات آلی به‌ویژه تری هالومتان‌ها (THMs) صورت گرفته است. نتایج این مطالعات بر پایش مواد آلی در آب‌های خام و آب‌های تصفیه شده تأکید دارد تا براساس این سنجش‌ها بتوان در مناطقی که غلظت بالایی از TOC در آب مشاهده می‌شود، روش و فرایند حذف و کنترل مناسب

از غلظت‌های ۱، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر محلول هیدروژن پتاسیم فتالات و با ۳ بار تکرار استفاده شد. (۳۲) برای کاهش خطای آنالیز TOC در نمونه‌ها، تکرار کالیبراسیون دستگاه یک‌بار در هر هفته انجام می‌گرفت. آنالیز توصیفی اطلاعات به‌دست آمده در آبخوان منطقه جهت تعیین میانگین، انحراف معیار و خطای استاندارد میانگین غلظت TOC با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۳ انجام پذیرفت. از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف جهت تحلیل توزیع نرمال و برای معنی‌داری تغییرات غلظت TOC در کاربری‌های مختلف زمین در منطقه مطالعاتی از آزمون کروسکال والیس استفاده شد. همچنین با توجه به آن‌که پراکندگی TOC در نمونه‌های آب از توزیع نرمال تبعیت نمود از آزمون غیرپارامتری کروسکال والیس جهت تحلیل تأثیر کاربری زمین بر میزان TOC منابع زیرزمینی استفاده شد.

جهت درون‌یابی پراکندگی TOC در آبخوان منطقه از مدل Kriging و نرم‌افزار GIS10 بهره گرفته شد. این مدل قادر است که نسبت به سایر روش‌ها با قابلیت بالایی درون‌یابی انتشار آلاینده‌ها را در منابع آب اجرا نماید. (۳۳)

* یافته‌ها:

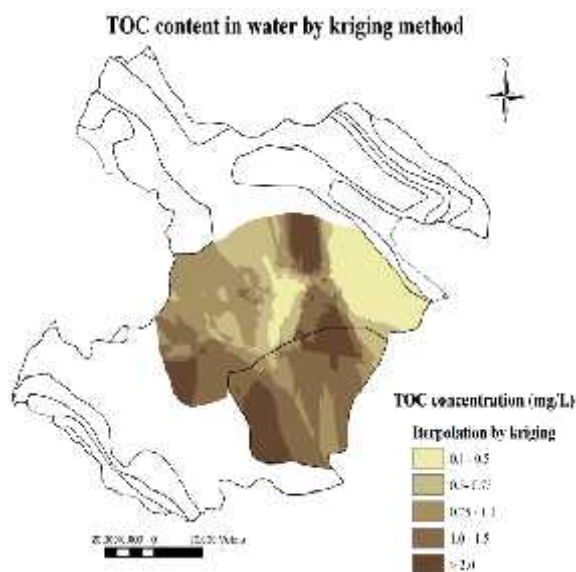
میانگین غلظت TOC در منابع تأمین آب شرب واقع در شهرهای قزوین، تاکستان، آبیک و بویین زهرا به‌ترتیب ۰/۸۸، ۰/۶۸، ۰/۸۱، ۰/۷۹ میلی‌گرم در لیتر و میانگین غلظت در کل منطقه ۰/۷۹ میلی‌گرم در لیتر بود. بیشینه غلظت در چاه‌های واقع در شهر قزوین شناسایی و در ۲۳ درصد موارد میزان TOC کم‌تر از حد تشخیص دستگاه (۰/۱ میلی‌گرم در لیتر) حاصل شد.

مطابق بررسی میدانی، چاه‌های آب در منطقه مطالعاتی در ۴ نوع کاربری؛ کشاورزی، مسکونی، استپ و مختلط قرار داشتند. مقادیر غلظت شناسایی شده TOC در کاربری‌های مختلف زمین در جدول شماره ۱ ارایه شده است. حداکثر میزان TOC شناسایی شده مربوط به چاه‌های واقع در مناطق مسکونی بود.

زیرزمینی در حوضه آبریز شور در محدوده دشت قزوین انجام گردید. دشت قزوین در حوضه آبریز شور واقع شده است. این حوضه وسیع‌ترین حوضه آبریز استان به‌شمار می‌آید و نزدیک به ۷۳ درصد از دشت قزوین را شامل می‌گردد و بخش‌های عمده‌ای از چهار شهرستان قزوین، آبیک، تاکستان و بویین زهرا در این حوضه قرار گرفته‌اند. جهت انتخاب نقاط نمونه‌برداری ابتدا محدوده مطالعاتی با توجه به تقسیمات کشوری به مناطق مختلف تقسیم و با استفاده از روش میانگین وزنی و برحسب مساحت منطقه، انتخاب نمونه به‌صورت تصادفی انجام شد. در نهایت تعداد ۸۱ چاه زیرزمینی تأمین آب شرب در محدوده موردنظر در این مطالعه برای سنجش TOC انتخاب شد. تعداد چاه‌های منتخب در هر یک از شهرهای قزوین، تاکستان، آبیک و بویین زهرا به‌ترتیب ۴۱، ۱۵، ۱۰ و ۱۰ مورد بود. طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) ثبت و در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) وارد گردیدند. در نمونه‌برداری از آب، میزان یک لیتر نمونه به روش ساده (grab) در ظروف شیشه‌ای که قبلاً با اسید و آب مقطر شستشو شده‌اند، برداشت گردید. نمونه‌ها تحت شرایط کنترل شده از نظر دما و نور به آزمایشگاه منتقل و در کوتاه‌ترین زمان ممکن آنالیز نمونه از نظر محتوای کل کربن آلی انجام گرفت. کلیه مراحل نمونه‌برداری مطابق با روش‌های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب بود. (۳۱)

اندازه‌گیری میزان TOC با روش آنالیز دستگاهی و با استفاده از دستگاه آنالیز SGE ANATOC™ Series II (ساخت کشور استرالیا) انجام گرفت. جهت آنالیز، ابتدا ۳۰ میلی‌لیتر از نمونه آب را در بشر ریخته و pH آن با افزودن پرکلریک اسید ۵ درصد به کم‌تر از ۳ رسانده شد تا تداخل کربن معدنی از بین برود. سپس یک میلی‌لیتر از نمونه به دستگاه تزریق شد. جهت اکسیداسیون مواد آلی از محلول ۱ گرم در لیتر دی‌اکسید تیتانیوم استفاده شد. این محلول پیش از تزریق به دستگاه به‌مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه اولتراسونیک یکنواخت و جهت ترسیم منحنی کالیبراسیون

بر روی کل کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای، کربن آلی محلول و سایر آلاینده‌های آب رودخانه در کشور لهستان انجام گرفت، نشان داد که در طی دوره مطالعه غلظت TOC از ۱۰/۸ به ۲۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافته است که این تغییر به ورود آلودگی‌هایی با منشأ انسانی به این رودخانه نسبت داده شد.^(۱۲)



شکل ۱- توزیع پراکندگی غلظت TOC در منابع آب زیرزمینی در منطقه مطالعاتی در دشت قزوین

نتایج آزمون کروسکال والیس فرضیه تأثیرپذیری غلظت TOC آب از نوع کاربری زمین را رد نمود ($P=0.27$ $F=4$ $\chi^2=5.12$). بنابراین می‌توان استنتاج نمود که نوع کاربری زمین در منطقه مطالعه شده تأثیر معنی‌داری بر غلظت TOC آب شرب ندارد.

اطلاعات منابع آب آشامیدنی در ایالات متحده آمریکا نشان می‌دهد که اگر TOC آب در مقادیر کمتر از ۲ میلی‌گرم در لیتر در خروجی آب آشامیدنی حفظ گردد، احتمال زیادی وجود دارد که مقادیر THMs بیش از میزان مجاز ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر تجاوز ننماید.^(۱۸) بنابراین در منابع آب شرب مطالعه شده احتمال تشکیل ترکیبات جانبی گندزدایی در طی فرایند کلریناسیون بسیار اندک

همان‌گونه که در شکل شماره ۱ نمایش داده شده است، درون‌یابی توزیع غلظت TOC در آبخوان نشان‌دهنده یکنواختی توزیع آلودگی آب در کل منطقه مطالعاتی می‌باشد.

جدول ۱- آنالیز توصیفی غلظت TOC در آب شرب در کاربری‌های مختلف در منطقه مطالعاتی (میلی‌گرم در لیتر)

کاربری زمین	انحراف معیار \pm میانگین	خطای استاندارد	بیشینه	حد اطمینان
کشاورزی	۰/۶۷ \pm ۰/۷۱	۰/۱۳	۲/۳	۰/۴ - ۰/۹۴
مسکونی	۰/۹۴ \pm ۰/۷۴	۰/۱۱	۲/۱	۰/۷۴ - ۱/۱۸
استپ	۰/۶۷ \pm ۰/۷۷	۰/۲۳	۲	۰/۱۵ - ۱/۱۸
مختلط	۰/۷۳ \pm ۰/۶۹	۰/۱۵	۲/۳	۰/۴۱ - ۱/۰۵

*بحث و نتیجه‌گیری:

میانگین و بیشینه غلظت کربن آلی در منابع زیرزمینی در محدوده مطالعه شده به ترتیب ۰/۷۹ و ۲/۳ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. این مقادیر با نتایج حاصل از مطالعه خادم‌کیا و همکاران در آب‌های زیرزمینی شهرکرد همخوانی داشت. ایشان میانگین غلظت TOC را در چاه‌های بررسی شده به میزان ۲/۰۳ و ۲/۲۹ میلی‌گرم در لیتر گزارش نمودند.^(۱۱) همچنین میتینن و همکارانش میزان TOC را در منابع سطحی در محدوده ۲/۶ تا ۳/۷ میلی‌گرم در لیتر و در منابع زیرزمینی در محدوده ۰/۷ تا ۱/۹ گزارش نمودند.^(۲۴) این در حالیست که محققین دیگری بیشینه غلظت TOC را در منابع آب‌های سطحی تا ۴۷ میلی‌گرم در لیتر نیز گزارش نموده‌اند.^(۲۵)

مطالعات خلیلی و همکاران در منابع و شبکه توزیع آب شرب شهر گرگان نشان داد که میانگین غلظت TOC در منابع تأمین آب ۲/۳۷ میلی‌گرم در لیتر و در شبکه توزیع ۱/۴۴ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه تفاوت معناداری در میانگین غلظت TOC منابع و شبکه توزیع آب نشان نداد.^(۲۶) همچنین نتایج مطالعه‌ای که توسط سپیک و همکاران در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶

[https://www.civilica.com/Paper-ICWR01-](https://www.civilica.com/Paper-ICWR01-ICWR01_178.html)

ICWR01_178.html. [In Persian]

3. Sener S, Sener E, Davraz A. Assessment of groundwater quality and health risk in drinking water basin using GIS. *J Water Health* 2017; 15(1): 112-32. doi: 10.2166/wh.2016.148.

4. Chabukdhara M, Gupta SK, Kotecha Y, Nema AK. Groundwater quality in Ghaziabad district, Uttar Pradesh, India: multivariate and health risk assessment. *Chemosphere* 2017; 179: 167-78. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.03.086.

5. Karyab H, Mahvi AH, Nazmara S, Bahojb A. Determination of water sources contamination to diazinon and malathion and spatial pollution patterns in Qazvin, Iran. *Bull Environ Contam Toxicol* 2013; 90(1): 126-31. doi: 10.1007/s00128-012-0880-8.

6. Karyab H, Nasser S, Ahmadkhan R, Rastkari N, Mahvi AH, Nabizadeh R, et al. Determination and source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in Karaj River, Iran. *Bull Environ Contam Toxicol* 2014; 92(1): 50-6. doi: 10.1007/s00128-013-1140-2.

7. Singh DK, Kawamura K, Yanase A, Barrie LA. Distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons, aromatic ketones, carboxylic acids, and trace metals in arctic aerosols: long-range atmospheric transport, photochemical degradation/production at polar sunrise. *Environ Sci Technol* 2017; 51(16): 8992-9004. doi: 10.1021/acs.est.7b01644.

8. Rousis NI, Bade R, Bijlsma L, Zuccato E, Sancho JV, Hernandez F, et al. Monitoring a large number of pesticides and transformation products in water samples from Spain and Italy. *Environ Res* 2017; 156: 31-8. doi: 10.1016/j.envres.2017.03.013.

می‌باشد.

مطابق نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر میانگین غلظت TOC در منابع زیرزمینی تأمین آب دشت قزوین از حدود مجاز توصیه شده پایین‌تر می‌باشد. بنابراین احتمال تشکیل ترکیبات تری هالومتان در طی فرایندهای کلرزی وجود ندارد. پایین بودن میزان TOC در منابع آب می‌تواند در نتیجه عملکرد لایه‌های زمین، نظیر فیلتراسیون و یا فرایندهای احیا باشد.^(۳۷) پیشنهاد می‌شود پایش مستمر غلظت TOC در منابع آب این دشت انجام پذیرد.

*سپاس‌گزاری:

مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط و طرح تحقیقاتی با عنوان "مدل‌سازی انتشار کل کربن آلی در منابع زیرزمینی آب شرب استان قزوین" بوده و واجد شناسه اختصاصی IR.QUMS.REC.1395.127 از کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین می‌باشد. نویسندگان از حمایت دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین در اجرای این پایان‌نامه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

*مراجع:

1. Peng TR, Huang C, Chen J, Zhan WJ, Chiang LW, Chang LC. Evaluating the relative importance of groundwater recharge sources in a subtropical alluvial plain using tracer-based ternary End Member Mixing Analysis (EMMA). *Water Resources Management* 2016; 30(11): 3861-78.
2. Askari M, Mosaedi A, Dehghani AA, Meftah halghi M. Application of geostatistics and Gis analysis, in study of groundwater quality spatial variability, case study in Qazvin plain. *International Conference in Water Resources* 2009; Available at:

9. Christian E, Batista JR, Gerrity D. Use of COD, TOC, and fluorescence spectroscopy to estimate BOD in wastewater. *Water Environ Res* 2017; 89(2): 168-77. doi: 10.2175/106143016X14504669768976.
10. Hidayah EN, Chou YC, Yeh HH. Characterization and removal of natural organic matter from slow sand filter effluent followed by alum coagulation. *Appl Water Sci* 2018; 8(1): 3.
11. Khademikia S, Rafiee Z, Amin MM, Poursafa P, Mansourian M, Modaberi A. Association of nitrate, nitrite, and total organic carbon (TOC) in drinking water and gastrointestinal disease. *J Environ Public Health* 2013. doi: 10.1155/2013/603468.
12. Siepak J. Total organic carbon (TOC) as a sum parameter of water pollution in selected Polish rivers (Vistula, Odra, and Warta). *CLEAN-Soil Air Water* 1999; 27(5): 282-5. doi: 10.1002/(SICI)1521-401X(199911)27:5<282:AID-AHEH282>3.0.CO;2-2.
13. Lapworth DJ, Baran N, Stuart ME, Ward RS. Emerging organic contaminants in groundwater: a review of sources, fate and occurrence. *Environ Pollut* 2012; 163: 287-303. doi: 10.1016/j.envpol.2011.12.034.
14. Dubber D, Gray NF. Replacement of chemical oxygen demand (COD) with total organic carbon (TOC) for monitoring wastewater treatment performance to minimize disposal of toxic analytical waste. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2010; 45(12): 1595-600. doi: 10.1080/10934529.2010.506116.
15. Postigo C, Richardson SD, Barcelo D. Formation of iodo-trihalomethanes, iodo-haloacetic acids, and haloacetaldehydes during chlorination and chloramination of iodine containing waters in laboratory controlled reactions. *J Environ Sci (China)* 2017; 58: 127-34. doi: 10.1016/j.jes.2017.04.009.
16. ISIRI, Drinking water - Physical and chemical specifications, 1053, 5th.revision, Institute of Standards and Industrial Research of Iran 2010 Available at: nmbk.ir/harticle/nmbk-1392-2-22-10-51-371053.pdf. [In Persian]
17. WHO. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. World Health Organization; 2011 Available at: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq4-1st-addendum/en/.
18. USEPA. Drinking water guidance on disinfection by-products. https://www.epa.ie/pubs/advice/drinkingwater/DrinkingWaterGuide4_v8.pdf. Accessed in: 2014.
19. Hajimirmohammad Ali RS, Karyab H. Predicting nitrate concentration in groundwater resources using lumped-parameter model: case study in Qazvin plain. *Iran J Health Environ* 2016; 8(4): 459-70. [In Persian]
20. Barikani E, Ahmadian M, Khalilian S. Sustainable operation of groundwater resources in the agricultural sector: case study of Qazvin plain subsection. *J Agricultural Economics and Development* 2011; 25(2): 253-62. Available at: https://www.civilica.com/Paper-JR_JEAD-JR_JEAD-25-2_013.html [In Persian]
21. Rice ED, Baird RB, Eaton AD. Standard methods for the examination of water and wastewater. 5th ed. New York: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation; 2005.
22. Karyab H, Karyab F, Haji-Mirmohammad Ali R. Optimization of adsorption conditions for removal of total organic carbon from drinking water using polypropylene and

titanium dioxide nano-composite by response surface methodology. *Desalination and Water Treatment* 2017; 98: 144-51. doi: 10.5004/dwt.2017.21670.

23. Murphy RR, Curriero FC, Ball WP. Comparison of spatial interpolation methods for water quality evaluation in the Chesapeake Bay. *J Environ Eng* 2010; 136(2): 160-71. doi: 10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000121.

24. Miettinen IT, Vartiainen T, Martikainen PJ. Phosphorus and bacterial growth in drinking water. *Appl Environ Microbiol* 1997; 63(8): 3242-5.

25. Kortelainen P. Content of total organic

carbon in Finnish lakes and its relationship to catchment characteristics. *Can J Fish Aquat Sci* 1993; 50(7): 1477-83. doi: 10.1139/f93-168.

26. Khalili KH. The survey of TOC and NO₃ contents in Gorgan drinking water sources and Distribution system-district. 2010; Islamic azad university. Available at: srbiau.ac.ir/Files/environment/24906.pdf. [In Persian]

27. Keesstra SD, Geissen V, Mosse K, Piirainen S, Scudiero E, Leistra M, et al. Soil as a filter for groundwater quality. *Curr Opin Environ Sustain* 2012; 4(5): 507-16. doi: 10.1016/j.cosust.2012.10.007.