(مقالهٔ پژوهشی)

مقایسهٔ میزان غلظت فلوراید آب‌های ورودی به تصفیه‌خانه‌های آب آشامیدنی شمارهٔ ۱ و ۲ شهر اهواز وآب‌های خروجی از آن‌ها پس از فرآیند تصفیهٔ آب آشامیدنی در سال ۱۳۸۹

لیلا فارسی[1*]، نعمت‌الله جعفرزاده حقیقی فرد[2]

۱-کارشناس ارشد آلودگی های محیط زیست.
۲-استاد گروه بهداشت محیط.

۱- دبیر زیست شناسی، دانشگاه علوم تحقیقات خوزستان، ایران.
۲- گروه بهداشت محیط، مرکز تحقیقات فناوری های محیط زیست ، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز ، اهواز، ایران.

*نویسندهٔ مسؤول:
لیلا فارسی؛ دبیر زیست شناسی، دانشگاه علوم تحقیقات خوزستان، ایران.
تلفن:۰۹۱۶۳۱۷۵۸۲۳
Email: farsi_leila@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: رودخانهٔ کارون، منبع اصلی تأمین آب شرب شهر اهواز است. فلوراید از جمله یونهای محلول در آب است که در مقادیر کم و زیاد، سلامتی انسان و دیگر موجودات زنده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مقاله که حاصل یک مطالعهٔ مقطعی از نوع توصیفی تحلیلی است، میزان فلوراید در آبهای ورودی به تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و۲ شهر اهواز و خروجی آنها پس از فرآیند تصفیه آب بررسی شد.

روش بررسی: بدین منظور، تعداد ٦٠ نمونه از هر یک از آب‌های ورودی و خروجی تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱و۲، از فروردین تا آذر ۸۹ به مدت ۹ ماه به صورت ماهیانه در ظروف پلی‌اتیلن به حجم تقریبی یک لیتر جمع‌آوری شد. میزان فلوراید به روش SPADNS با دستگاه اسپکتروفتومتردر طول موج nm-۵۸۰ اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نسخهٔ ۱۹ نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته‌ها: غلظت میانگین فلوراید در آب‌های ورودی به تصفیه‌خانهٔ آب شمارهٔ ۲ (۰/۳۳ mg/l) بیشتر از آب‌های ورودی به تصفیه‌خانهٔ آب شمارهٔ ۱ (۰/۳۱ mg/l) می‌باشد. میانگین فلوراید در آب‌های خروجی از تصفیه‌خانهٔ آب شمارهٔ ۱و ۲ یکسان و برابر با ۰/۲٦ mg/l بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که میانگین غلظت فلوراید در آب‌های خروجی تصفیه‌خانهٔ آب شمارهٔ ۱ و ۲ (۰/۲٦ mg/l) از مقدار پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی، ایالات متحده، اتحادیهٔ اروپایی و استاندارد ۱۰۵۳ ایران در دمای ۳۲/۵-۲٦/۵ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر است. هم‌چنین نتایج حاکی ازین است که مقدار فلوراید آب آشامیدنی شهر اهواز نسبت به مقدار فلوراید آب رودخانهٔ کارون روند کاهشی داشته است. به نظر می‌رسد که استفاده از مادهٔ منعقدکنندهٔ پلی آلومینیوم کلراید در فرآیند تصفیهٔ آب آشامیدنی در کاهش فلوراید نقش داشته است.

کلید واژگان: رودخانهٔ کارون، آب آشامیدنی، فلوراید، تصفیه آب، شهر اهواز.

دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۱۸ دریافت مقالهٔ اصلاح‌شده: ۱۳۹۳/۶/۱۶ اعلام قبولی: ۱۳۹۴/۲/۱۹

مقدمه

کیفیت آب‌های مورد نیاز برای مصارف خاص بندرت با اختصاصات آب‌های طبیعی مطابقت می‌کند. آب آشامیدنی باید زلال، بی‌رنگ، بی‌بو و بدون مزهٔ خاص و عاری از عوامل بیماری‌زا و سمی باشد (۱). کیفیت آب آشامیدنی تأثیر به‌سزایی در سلامتی افراد دارد. آب همواره مقادیری املاح و مواد معلق و گازهای محلول به همراه خود دارد که بعضی از آنها مفید هستند، در برخی موارد افزایش آنها سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد. ازجمله مواد مورد نیاز بدن فلوئور است که بیشتر از طریق آب شرب جذب بدن می‌شود. فلوئور در محدودهٔ ۰/ ۳ mg/kg در پوستهٔ زمین وجود دارد. در آب‌های سطحی و زیر زمینی و در رسوبات رودخانه‌ها با مقادیر متفاوت وجود دارد (۲). در آب مقدار طبیعی فلوراید از مقدار کم تا بیش از mg/l ۲۰ می‌باشد(۳). موجودات آبزی که در آب‌های شیرین زندگی می‌کنند نسبت به جانداران در آب سخت یا آب دریا بیشتر تحت تأثیر نامطلوب آلودگی فلوراید قرار می‌گیرند(٤). سمیت فلوراید در ماهیان، با افزایش غلظت فلوراید، زمان تماس و دمای آب افزایش می‌یابد(۵). دیگر مطالعات نشان می‌دهد که مقدار فلوراید کمتر از $m\ g/l$ ۱/۵ کشنده بوده و اثرات مضر بر ماهی‌ها از جمله تأخیر در تخم‌گذاری در ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان داشته است (٤). مقدار بیش از اندازهٔ فلوراید به عنوان یک مشکل بهداشتی در نظر گرفته شده است (٦) .متأسفانه فعالیت‌های بشر باعث افزایش مقدار فلوئور در آب‌های سطحی شده است(۷). کودهای فسفاتهٔ گیاهی باعث افزایش مقدار فلوئور بیش از ۱۰۰ برابر مقدار طبیعی شده است (۸).

کارخانجات آجرسازی و صنعت سرامیک و شیشه (۹) و استفاده از آفت‌کش‌های حاوی فلوئور (۱۰) تولید مو

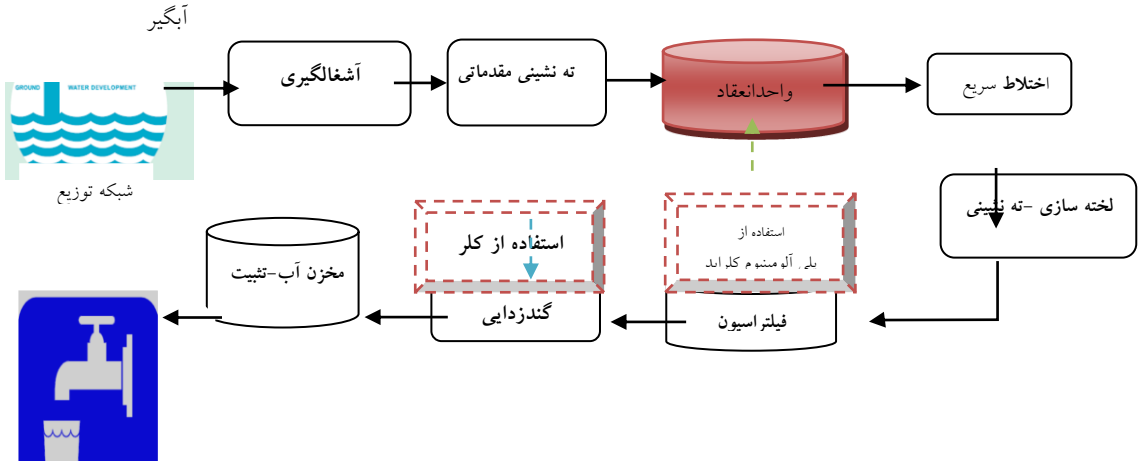
اد شیمیایی فلوراید دار مثل هیدروژن فلوراید، کلسیم فلوراید، سدیم فلوراید و سولفورهگزا فلوراید(۱۱) و تخلیهٔ آب‌های شهری فلوراید دار باعث افزایش پنج برابر مقدار طبیعی فلوئور در رودخانه‌های پذیرنده شده است (۱۲). فلوراید در آب آشامیدنی از نظر بهداشت و سلامت دندان‌ها دارای اهمیت است. زیرا نقش آن در رشد و استحکام دندان‌ها و استخوان‌ها به خصوص در کودکان در حال رشد به اثبات رسیده است(۱۳) و یکی از راه های ورود آن به بدن از طریق مصرف آب آشامیدنی حاوی فلوراید است. فلوراید با هدف بهداشت دندان در کودکان کمتر از ۱۰ سال در نظر گرفته شده است. معیار سازمان بهداشت جهانی، برای فلوراید در آب‌های آشامیدنی $m\ g/l$ ۱/۵ است(۱۳). یافته‌های حاصل از تحقیقات نشان می‌دهد که مقدار کم فلوئور، مفید بوده و در وعده‌های غذایی، می‌تواند در جلوگیری از پوسیدگی دندان و تقویت استخوان‌ها کمک کند، اما افزایش آن، آثار نامطلوبی برجای می‌گذارد که می‌توان به فلوئوروزیس، شکنندگی استخوان کاهش نرخ تولد، آسیب به عملکرد غدهٔ تیروئید، و کاهش ضریب هوشی در کودکان اشاره کرد(١٤).به نظر می‌رسد که منگولیسم و سرطان با افزایش فلوئور در آب مرتبط باشد(۲). در جانوران نیز علایم مختلفی ناشی از در معرض قرار گرفتن در نواحی شدیداً آلوده به فلوراید مشاهده شده است (۲).

هدف از تصفیه آب، تولید آب سالم و بهداشتی مناسب، برای آشامیدن و عاری بودن از طعم و بوهای نامطلوب و مواد سمی است، به نحوی که اثرات زیان‌آور با خود باقی نگذارد (۱۵). در نمودار ۱ فرآیند تصفیهٔ آب آشامیدنی تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و ۲ شهر اهواز نشان داده شده است. در مرحلهٔ انعقاد، در تصفیه‌خانه‌های شهر اهواز از پلی‌آلومینیوم کلراید، PACL استفاده می-شود. این ماده یکی از منعقدکننده‌های پلیمری معدنی می-باشد که با توجه به ویژگی‌های خاص آن، مصرفش به-طور قابل توجهی افزایش یافته است (۱۶). از آنجا که کنترل کیفیت آب آشامیدنی از نظر بهداشتی ضروری است، این تحقیق به منظور بررسی و تعیین کیفیت آب آشامیدنی از آبهای ورودی تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و

۲ شهر اهواز و خروجی آنها پس از فرآیند تصفیه آب در سال ۱۳۸۹بررسی شد.

محدودهٔ مطالعاتی

شهر اهواز با موقعیت جغرافیایی'۲۰°۲۱ شمالی، '۴۱°۴۸ شرقی ۲۰۴۷۷ کیلومتر مربع مساحت، دومین شهر وسیع ایران پس از تهران می‌باشد. رودخانهٔ کارون، پرآب‌ترین رود ایران با سرچشمه گرفتن از کوه‌های بختیاری، با ورود به اهواز، شهر را به دو بخش شرقی و غربی تقسیم نموده، حوضهٔ آب‌ریز کارون با مساحتی معادل ۴۲۷۵۴ m بین ۴۸ درجه و ۴ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی واقع است و یکی از وسیع‌ترین حوضچه‌های آب‌ریز کشور است (شکل ۱) (۱۷).



نمودار ۱: فرآیند تصفیهٔ آب آشامیدنی تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و ۲ شهر اهواز

شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری (تصفیه‌خانهٔ ۱ و ۲) در شهر اهواز و موقعیت شهر نسبت به استان وکشور

ماخذ: سازمان نقشه‌برداری استان خوزستان سال۱۳۸۹

معرفی نقاط مورد بررسی

تصفیه‌خانهٔ شمارهٔ ۱

این تصفیه‌خانه در محدودهٔ ملی‌راه، جنب پل کیانپارس واقع است که از میدان شهید بندر تا زرگان و قسمتی از زیتون و ملی‌راه در شهر اهواز را زیر پوشش دارد. با توجه به مصارف آب شهروندان و کمبود تولید آب ضمن ایجاد تمهیداتی از قبیل افزایش پمپاژ آب خام و استفاده از ظرفیت‌های ذخیره، تولید این تصفیه‌خانه ۱۰۸۰۰۰ متر مکعب در شبانه‌روز افزایش یافته است. تجهیزات این تصفیه‌خانه شامل ۵ پمپ مکش آب خام، پمپ شناور، یک کلریفایر ۱۶ فیلتر اولیه، ۲ مخزن ۲۰۰۰ متر مکعبی و ۶ پمپ انتقال می‌باشد. در این تصفیه‌خانه تمامی مراحل تصفیهٔ آب انجام گرفته است (۲۰).

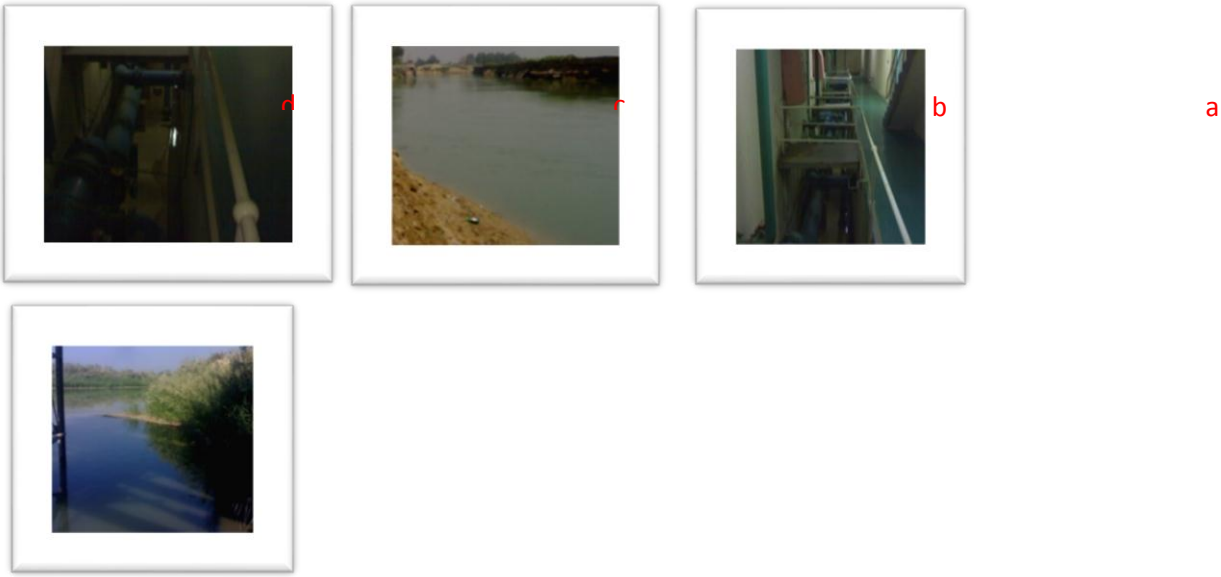
تصفیه‌خانهٔ شمارهٔ ۲

محل استقرار این تصفیه‌خانه، منطقهٔ کیان‌آباد شهر اهواز می‌باشد. این تصفیه‌خانه تمامی مناطق غربی کارون وقسمتی از شرق آن را در شرق اهواز پوشش می‌دهد. در حال حاضر تصفیه‌خانهٔ شمارهٔ ۲ با تولید ۲۳۶۰۰۰ متر مکعب در شبانه‌روز بزرگترین تصفیه‌خانهٔ آب اهواز بوده و مطابق مقررات در آینده‌ای نه چندان دور در چهار فاز با ظرفیت نهایی ۶۰۰۰۰۰ متر مکعب در شبانه‌روز تولید آب شرب به شهروندان را بر عهده داشته باشد (۲۰).

در جدول ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها و شکل ۲ نمایی از نقاط نمونه‌برداری نشان داده شده است.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱- ورودی تصفیه‌خانه آب شمارهٔ ۱	۳۳۴ N ۲۱ ۳۱	۲۴۸ E ۴۲ ۴۸
۲- ورودی تصفیه‌خانه آب شمارهٔ ۲	۱۴۴ N ۲۲ ۳۱	۸۹۴E ۴۰ ۴۸
۳- خروجی تصفیه‌خانه آب شمارهٔ ۱	۳۳۴ N ۲۱ ۳۱	۲۴۸ E ۴۲ ۴۸
۴- خروجی تصفیه‌خانه آب شمارهٔ ۲	۱۴۴ N ۲۲ ۳۱	۸۹۴E ۴۰ ۴۸



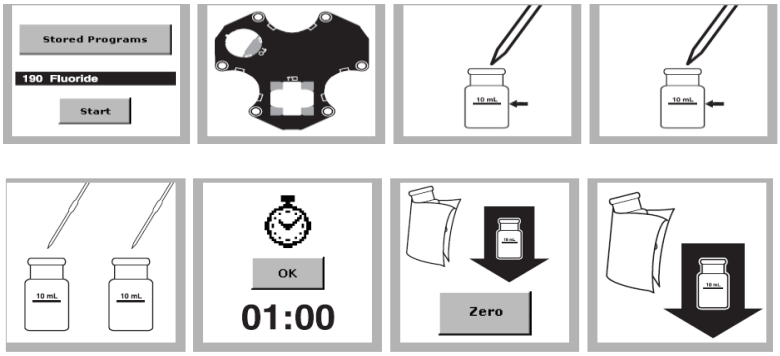
شکل۲: نمایی از آبگیر تصفیه‌خانه آب شمارهٔ ۱ (a) –خروجی تصفیه‌خانه ۱ (b)–آبگیر تصفیه‌خانه۲ (c)– خروجی تصفیه‌خانهٔ ۲(d)

روش بررسی

در این تحقیق غلظت فلوراید، با استفاده از روش استاندارد SPANDS (sodium 2-(parasulfophenylazo)-l,8-dihydroxy-3, 6-naphthalene disulfonate)، برگرفته از کتاب استاندارد متد، به روش D-4500 (۱۹) و طبق تست ۸۰۲۹ دستورالعمل هک، کمپانی سازندۀ دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR5000 ساخت کشور آمریکا، در طول موج ۵۸۰nm، با حساسیت ۰/۰۱ سنجیده شد. شکل ۲ روش انجام آزمون اسپاندز را نشان می‌دهد. مواد شیمیایی مورد استفاده ساخت شرکت مرک آلمان، با درجۀ خلوص بالا بوده است. از آب مقطر به میزان mg/l ۱۰ و معرف اسپادنز که به شکل محلول بود، به میزان mg/l ۲ استفاده شد تا دستگاه روی صفر تنظیم شود. سپس محفظۀ حاوی mg/l ۱۰ از نمونه و m g/l ۲ اسپادنز را در دستگاه قرار داده و میزان فلوراید قرائت شد. در این روش چون دستگاه اسپکتروفتومتر نتایج را بر حسب mg/l نشان می‌داد، نیازی به رسم منحنی کالیبراسیون نبود. برای کسب دقت در ارائۀ نتایج، از بازیابی داده‌ها کمک گرفته شد و این میزان حدود ۹۰ درصد را نشان داد. روش پتانسیومتری اختصاصی‌ترین روش اندازه‌گیری نمونه‌های فلوراید در آب می‌باشد که متأسفانه در این تحقیق به دلیل عدم وجود امکانات آزمایشگاهی از روش SPADNS استفاده شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری **آنووا** در نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

روش نمونه‌گیری

برای حصول نتایج قابل اطمینان و با رعایت استاندارد ۲۳۴۷،۲۳۴۸(۱۸)، روش‌های نمونه‌گیری مؤسسۀ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، برداشت نمونه‌ها از مناسب‌ترین محل نزدیک به پمپ مکش آب تصفیه‌خانه‌ها و خروجی آنها انجام گرفته است. با حضور در محل آبگیر تصفیه‌خانه‌های ۱و۲، شش نمونه از آب خام و شش نمونه آب تصفیه شده در هر تصفیه‌خانه، قبل از مرحلۀ کلرزنی، به حجم یک لیتر در ظروف پلی‌اتیلنی جمع‌آوری شد. قبل از نمونه‌برداری، تمامی ظروف ابتدا توسط مواد شوینده و سپس مخلوطی از اسید سولفوریک غلیظ و ۳۵ میلی‌لیتر محلول اشباع شده بی‌کرومات پتاسیم به خوبی شسته شده و بعد با آب مقطر شست‌وشو داده تا عاری از هرگونه آلودگی گردد. در شرایط استاندارد، در ظرف محتوی آب و یخ (٤ć) بلافاصله به آزمایشگاه دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات خوزستان جهت آنالیز انتقال داده شد. تمامی نمونه‌ها با صافی غشایی صاف شده تا کدورت برطرف شده و بر نتایج کار خطایی وارد نگردد. جمع‌آوری نمونه‌ها به صورت لحظه‌ای و ادواری در مدت زمان ۹ ماه (ماهیانه) به صورت مجزا برای آب ورودی و خروجی از هر تصفیه‌خانه صورت گرفت. دما نیز هنگام اخذ هر نمونه اندازه‌گیری شد. به دلیل اهمیت این دو تصفیه‌خانه به جهت اینکه محدودۀ بیشتری از مناطق شهر را در بر می‌گیرد، این دو تصفیه‌خانه و با ۱۰۸ نمونه (در مجموع ۲۱٦ نمونه) در نظر گرفته شد.



شکل۲: روش آزمون اسپاندز

یافته‌ها

توصیف آماری پارامتر مورد مطالعه در آب رودخانه کارون (ورودی تصفیه‌خانه‌ها) و آب آشامیدنی (خروجی تصفیه‌خانه‌ها) که شامل مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین داده‌ها و انحراف معیار است، به تفکیک در بخش آب خام و آب آشامیدنی در ماه‌های مختلف و ایستگاه‌های مختلف در جدول ۲ و۳ و نمودار ۲، ۳، ٤، ۵ و٦ نشان داده شده است. طبق نتایج، مقدار فلوراید آب رودخانهٔ کارون بین ۰/۴۴-۰/۲۵ mg/l متغیر بود و میانگین آن ۰/۳۲ mg/l و انحراف معیار ۰/۰۲۹ است. میانگین فلوراید در ایستگاه ۱ معادل ۰/۳۲ mg/l است که در آذرماه کمترین مقدار (۰/۲۷ mg/l) و در مرداد ماه بیشترین مقدار (۰/۳۲ mg/l) را داراست و در ایستگاه ۲ معادل ۰/۳۳ m g/l است که در فروردین ماه کمترین مقدار (۰/۳۰ mg/l) و در شهریور ماه بیشترین مقدار (۰/۳۵ mg/l) است. میزان غلظت فلوراید در ورودی تصفیه‌خانهٔ آب شمارهٔ ۲ بیشتر از ورودی تصفیه‌خانه آب شمارهٔ ۱ می‌باشد.

مقدار فلوراید آب آشامیدنی شهر اهواز بین ۰/۲۹ mg/l- ۰/۲۰ متغیر بود و میانگین آن ۰/۲٦ mg/l و انحراف معیار۰/۰٤۰ است. میانگین فلوراید در ایستگاه ۱ معادل ۰/۲٦ mg/l است که در فروردین‌ماه کمترین مقدار (۰/۲۲ mg/l) و در مهرماه بیشترین مقدار (۰/۲۹ mg/l) را داراست. در ایستگاه ۲ معادل ۰/۲٦ mg/l است که در اردیبهشت کمترین مقدار (۰/۲۰mg/l) و در مرداد بیشترین مقدار (۰/۲۹ mg/l) است. نتایج نشان می‌دهد که میزان فلوراید، آب‌های خروجی تصفیه‌خانهٔ آب شمارهٔ ۱ و ۲ یکسان بوده است. هم‌چنین نتایج حاکی از آن است که مقدار فلوراید آب آشامیدنی شهر اهواز، نسبت به مقدار فلوراید آب رودخانهٔ کارون کاهش یافته است. در نمودار ٤ روند کاهش فلوراید نشان داده شده است.

طبق نتایج به‌دست آمده در نمودار ٤، میانگین غلظت فلوراید رودخانهٔ کارون، در محل آب‌گیر تصفیه‌خانهٔ شمارهٔ ۲ معادل ۰/۳۳ m g/l است که از میانگین غلظت فلوراید رودخانهٔ کارون، در محل آب‌گیر تصفیه‌خانهٔ شمارهٔ ۱، که معادل ۰/۳۲ mg/l است، بیشتر است. شایان ذکر است که این تغییرات بسیار ناچیز است.

طبق نتایج به‌دست آمده در نمودار ۵، میانگین غلظت فلوراید آب آشامیدنی در تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱و۲ در ماه‌های مورد بررسی بدون تغییر بوده است.

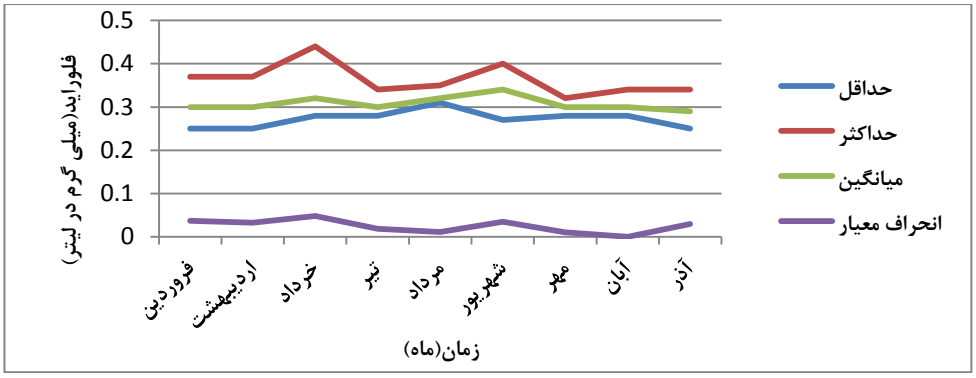
در این مطالعه، طبق نمودار ٦ مقدار غلظت فلوراید آب آشامیدنی، نسبت به مقدار فلوراید آب خام کاهش یافته است.

جدول۲: میانگین و انحراف معیار غلظت فلوراید(mg/l) رودخانهٔ کارون (آب‌های ورودی تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و۲) در ماه‌های مورد بررسی در سال۱۳۸۹

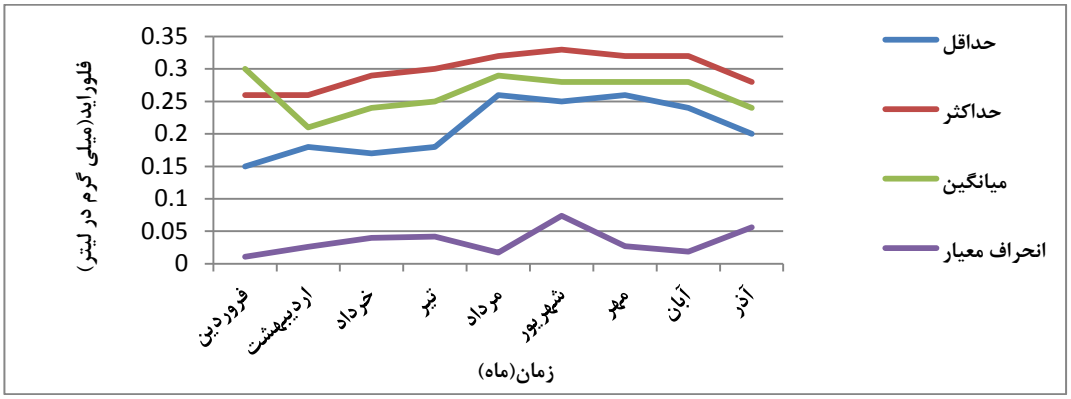
زمان نمونه‌برداری	تعداد نمونه	نقاط نمونه‌برداری	
		آب‌گیر تصفیه‌خانه ۱(ورودی تصفیه خانه۱)	آب‌گیر تصفیه‌خانه ۲(ورودی تصفیه‌خانه۲)
فروردین	۱۲	۰/۳ ±۰/۰۲۹	۰/۳ ±۰/۰۴۶
اردیبهشت	۱۲	۰/۲۸ ±۰/۰۳۰	۰/۳۱ ±۰/۰۳۲
خرداد	۱۲	۰/۳ ±۰/۰۲۱	۰/۳۴ ±۰/۰۶۰
تیر	۱۲	۰/۳ ±۰/۰۱۷	۰/۳ ±۰/۰۲۱
مرداد	۱۲	۰/۳۲ ±۰/۰۱۰	۰/۳۳ ±۰/۰۱۲
شهریور	۱۲	۰/۳۱ ±۰/۰۴	۰/۳۵ ±۰/۰۲۱
مهر	۱۲	۰/۲۹ ±۰/۰۱۱	۰/۳۰ ±۰/۰۱۰
آبان	۱۲	۰/۳۱ ±۰/۰۲۵	۰/۳۰ ±۰/۰۲۲
آذر	۱۲	۰/۲۷ ±۰/۰۳۶	۰/۳۱ ±۰/۰۱۹
میانگین	۱۰۸	۰/۳۱ ±۰/۰۲۹	۰/۳۳ ±۰/۰۳۵

جدول۳ : میانگین و انحراف معیار غلظت فلوراید (mg/l) آب آشامیدنی (خروجی تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و ۲) در ماه‌های مورد بررسی در سال۱۳۸۹

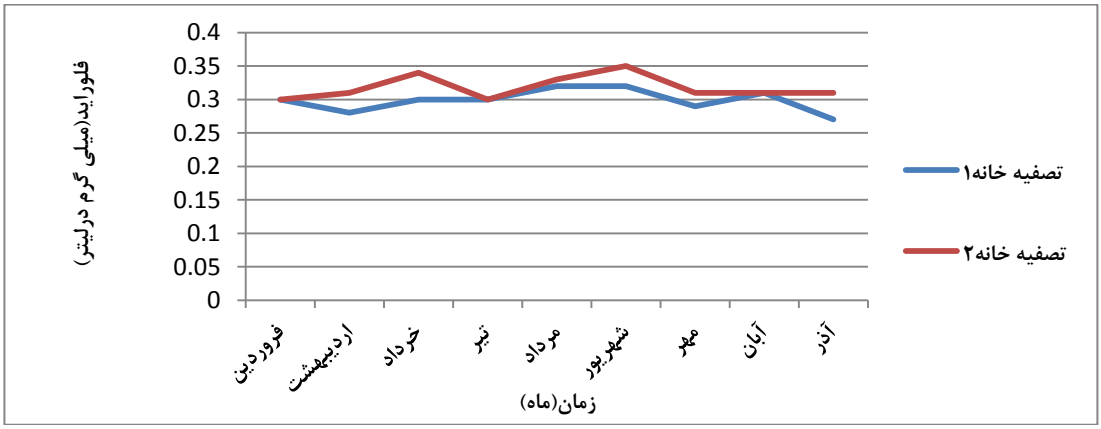
زمان نمونه برداری	تعداد نمونه	نقاط نمونه‌برداری	
		تصفیه‌خانه ۱(خروجی تصفیه‌خانه۱)	تصفیه‌خانه ۲(خروجی تصفیه‌خانه۲)
فروردین	۱۲	۰/۲۲ ±۰/۰۳۵	۰/۲۱ ±۰/۰۳۰
اردیبهشت	۱۲	۰/۲۲ ±۰/۰۲۵	۰/۲۰ ±۰/۰۲۱
خرداد	۱۲	۰/۲۳ ±۰/۰۴۵	۰/۲۴ ±۰/۰۳۹
تیر	۱۲	۰/۲۳ ±۰/۰۴۱	۰/۲۶ ±۰/۰۴۰
مرداد	۱۲	۰/۲۸ ±۰/۰۹۸	۰/۲۹ ±۰/۰۲۳
شهریور	۱۲	۰/۲۸ ±۰/۰۲۴	۰/۲۸ ±۰/۰۱۷
مهر	۱۲	۰/۲۹ ±۰/۰۲۰	۰/۲۷ ±۰/۰۱۰
آبان	۱۲	۰/۲۸ ±۰/۰۲۹	۰/۲۸ ±۰/۰۳۴
آذر	۱۲	۰/۲۴ ±۰/۰۲۹	۰/۲۴ ±۰/۰۲۹
میانگین	۱۰۸	۰/۲۶ ±۰/۰۳۹	۰/۲۶ ±۰/۰۴۰



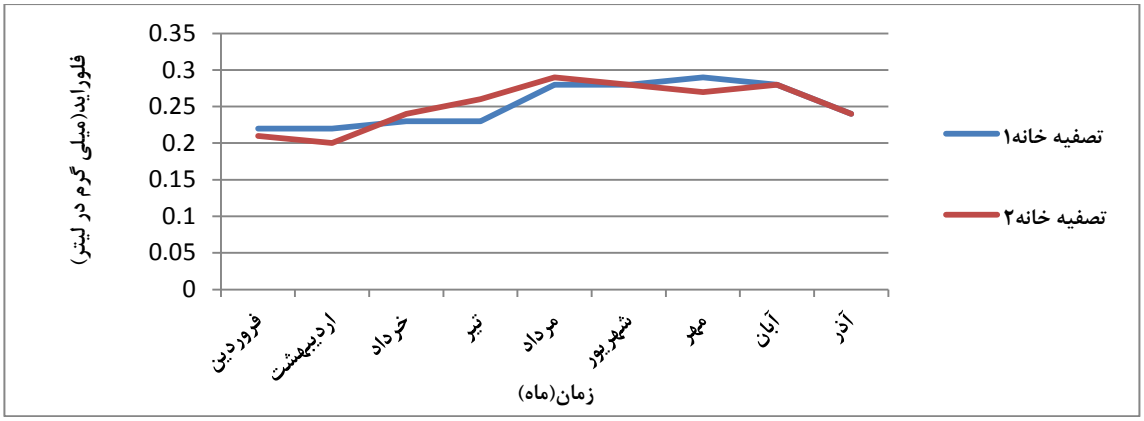
نمودار۲: مقایسهٔ میانگین فلوراید در آب رودخانهٔ کارون (ورودی تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و ۲) در ماه‌های مورد بررسی در سال ۱۳۸۹



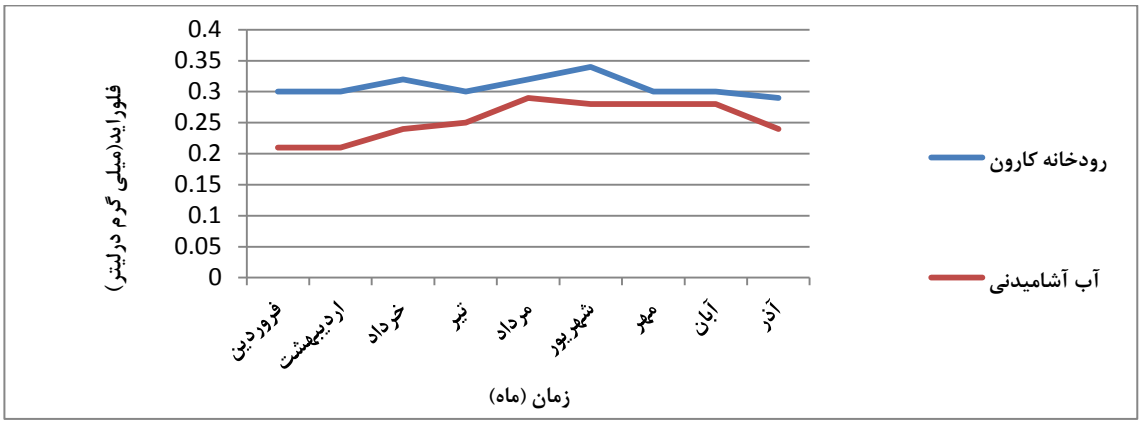
نمودار۳: مقایسهٔ میانگین فلوراید در آب آشامیدنی (خروجی تصفیه‌خانه‌های ۱ و ۲) در ماه‌های مورد بررسی درد سال۱۳۸۹



نمودار۴: مقایسهٔ میانگین فلوراید آب رودخانهٔ کارون در آب‌گیر تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و ۲ در ماه‌های مورد بررسی در سال ۱۳۸۹



نمودار۵: مقایسهٔ میانگین فلوراید آب آشامیدنی در تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و ۲ در ماه‌های مورد بررسی در سال ۱۳۸۹



نمودار۶: مقایسهٔ میانگین فلوراید آب رودخانهٔ کارون در فرآیند تصفیهٔ آب آشامیدنی در ماه‌های مورد بررسی در سال ۱۳۸۹

بحث و نتیجه‌گیری

داده‌ها نشان می‌دهند که مقدار فلوراید، در ۱۰۸ نمونه آب رودخانهٔ کارون، حداقل ۰/۲۵ mg/l و حداکثر ۰/۴۴ mg/l و میانگین آن ۰/۳۲ mg/l است. در مطالعهٔ انجام شده توسط عظیمی و همکاران در سال ۱۳۸۲، میزان فلوراید رودخانهٔ جاجرود ۰/۵۲-۰/۲۸ mg/l و رودخانهٔ کرج ۰/۵-۰/۳۵ mg/l تعیین شده است(۲۱). هم‌چنین در مطالعهٔ دیگر که توسط بصیر و همکاران در سال ۱۳۸۱ صورت پذیرفته است، میزان فلوراید رودخانهٔ مارون، ۰/۵۱ mg/l و کرخه ۰/۶۳ mg/l به‌دست آمد که در مجموع مقدار فلوراید آب رودخانهٔ کارون، از رودخانهٔ فوق‌الذکر، کمتر می‌باشد (۲۲). مقدار غلظت فلوراید در ۱۰۸ نمونهٔ آب آشامیدنی حداقل ۰/۱۷ mg/l و حداکثر ۰/۳۳ mg/l و میانگین آن ۰/۲۶ mg/l است، که در هر دو بخش آب خام و آب تصفیه‌شده در ماه‌های مختلف، تغییرات ناچیز بوده است. مقدار پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی، برای فلوراید آب‌های آشامیدنی، ۱/۵ mg/l (۱۳)، ۱/۵ EU m g/l (۲۳) , ۲ mg/l EPA (استاندارد ثانویه) (۲۳) و مقدار پیشنهادی مؤسسهٔ ملی استاندارد ایران (۱۰۵۳) نسبت به شرایط آب و هوایی در دمای Ċ ۲۶/۳-۳۲/۵ حداقل ۰/۶ mg/l و متوسط ۰/۷ mg/l حداکثر ۱/۴ mg/l است (۲۴). بنابراین مقدار فلوراید تعیین شده آب آشامیدنی شهر اهواز، از مقدار استاندارد پیشنهادی کمتر است. مطالعات مشابهی در خصوص تعیین مقدار فلوراید آب آشامیدنی در ایران، توسط

محققان مختلف، انجام شده است. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق الماسی و همکاران در سال ۱۳۷۸ در بررسی فلوئور موجود در آب آشامیدنی شهر کاشان، با میانگین ۰/۶۵ mg/l که کمتر از مقدار پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی است، همخوانی دارد (۲۵). هم‌چنین با کار مطالعاتی اصل هاشمی و همکاران در سال ۱۳۸۵ در بررسی فلوئور آب آشامیدنی شهرستان کامیاران که در محدودهٔ ۰/۱۴ mg/l–۰/۱۱ mg/l قرار دارد سازگار است (۲۶). این مطالعه با نتایج تحقیق رنجبر ضرابی و همکاران در سال ۱۳۸۶ در بررسی فلوئور موجود در آب‌های زیرزمینی شهرستان‌های تابعهٔ استان همدان، با میانگین ۱۰/۵۷۴ mg/l با انحراف معیار ۰/۳۵۱ هم‌خوانی دارد (۲۷). نتایج این تحقیق با کار مطالعاتی سمرقندی و همکاران در سال ۱۳۷۸ در فلوئور موجود در شبکهٔ توزیع آب آشامیدنی شهرستان همدان و بهار، میانگین فلوئور به ترتیب ۰/۱۹۸ mg/l و ۰/۶ mg/l بود که این میزان کمتر از حداقل پیشنهادی استانداردهای جهانی است، سازگار است (۲۸).

در تصفیه‌خانه‌های شهر اهواز در فرآیند تصفیهٔ آب، از مادهٔ منعقدکنندهٔ پلی‌آلومینیوم کلراید استفاده می‌شود. یک منعقد کننده، الکترولیتی است که کاتیون ایجاد می‌کند. برای این منظور، هر چه بار کاتیون منعقد کننده زیاد باشد، منعقد کننده مؤثرتر خواهد بود. بنابراین منعقد کننده‌هایی که معمولاً استفاده می‌شوند شامل ترکیبات آلومینیوم و آهن است که به ترتیب کاتیون‌های Al^{+3} و Fe^{-3} را در آب ایجاد می‌کند (۲۹). در این مطالعه، نتایج حاصله نشان می‌دهد که مقدار غلظت فلوراید آب آشامیدنی، نسبت به مقدار فلوراید آب خام کاهش یافته است. در خصوص روند تغییرات و کاهش مقدار فلوراید در مسیر تصفیهٔ آب آشامیدنی، شایان ذکر است که در مرحلهٔ انعقاد این ماده باعث تشکیل پیوندی بین +Al و -Fشده و رسوب حاصله ته‌نشین می‌شود. نتیجه آنکه مقدار فلوراید نیز کاهش می‌یابد. طبق نتایج این تحقیق، فلوراید آب رودخانهٔ کارون متأثر از فرآیند تصفیه آب روند رو به کاهشی داشته است و مقدار آن از ۰/۳۲ mg/l به ۰/۲۶ mg/l کاهش یافت. در یک مطالعهٔ آزمایشگاهی، متهاو و همکاران ۲۰۰۸ گزارش دادند که پلی‌آلومینیوم کلراید با غلظت ۵۰۰ mg/l و در pH=۷/۹۳، غلظت فلوراید در آب را از ۴ mg/l به ۱/۹۵ mg/l، از ۳ mg/l به ۰/۸ mg/l و از ۲ mg/l به ۰/۸۵ mg/l کاهش داده است که با نتایج این تحقیق سازگار است (۳۰). چون میزان فلوراید با دمای محیط تعیین می‌شود، برای تعیین مقدار بهینه و استاندارد محلی فلوراید، میانگین فصلی حداکثر دمای روزانهٔ فصول مختلف از سازمان هواشناسی استعلام شد (۳۱). میانگین دما در فصل بهار ۳۰/۳ درجهٔ سانتی‌گراد و در فصل تابستان ۳۸ درجهٔ سانتی‌گراد و در فصل پاییز ۲۸/۶ درجهٔ سانتی‌گراد بود. با توجه به دمای آب و هوای محلی، میزان فلوراید از رابطهٔ ۱ محاسبه شد.

$$F(mg/l)=0.34/E$$
$$E=0.038+0.0062T$$

T برحسب درجهٔ فارنهایت

رابطهٔ ۱: تعیین مقدار بهینهٔ فلوراید نسبت به شرایط آب و هوایی

لذا با توجه به اینکه در زمان نمونه‌برداری، دمای محیط توسط ترمومتر در محل، اندازه‌گیری شده است، هوای شهر اهواز در زمان نمونه‌برداری در فصل بهار، حداقل ۲۶ و حداکثر ۳۸ درجهٔ سانتی‌گراد، در فصل تابستان حداقل ۳۴ و حداکثر ۳۹ درجهٔ سانتی‌گراد و در پاییز حداقل ۲۳ و حداکثر ۳۲ درجهٔ سانتی‌گراد بوده است. مقدار بهینه فلوراید بر اساس فرمول ذکر شده در بالا و دمای محیط برای سه فصل مورد مطالعه محاسبه گردید. در فصل بهار بایستی ۰/۵۹ mg/l، در فصل تابستان ۰/۵۳ mg/l و در فصل پاییز ۰/۶۴ mg/l باشد. در حالی که در مطالعهٔ انجام شده، میانگین آن در فصل بهار ۰/۲۲ mg/l، در فصل تابستان ۰/۲۶ mg/l و در فصل پاییز ۰/۲۷ mg/l بود.

در مجموع با توجه به نتایج حاصله می‌توان از پلی‌آلومینیوم کلراید به عنوان منعقد کنندهٔ مؤثر در برخی از تصفیه‌خانه‌های کشور بدون ایجاد تغییرات فرایندی و

سازه‌ای در جهت حذف فلوراید اضافه از آب استفاده کرد، اما در مناطقی که مقدار فلوراید پایین‌تر از مقدار استاندارد پیشنهادی است، استفاده از این ماده توصیه نمی‌شود، چرا که لزوم استفاده از تأسیسات فلوئورزنی احساس می‌شود که در این صورت با توجه به مخاطرات افزایش آن، می‌بایست دقت و مدیریت کیفیت صورت گیرد. در خصوص اهمیت و نقش فلوراید در سلامتی بدن، اگرچه منابع غذایی مختلف و خمیردندان‌ها حاوی فلوراید هستند، با توجه به گرمای هوای شهر اهواز و نیاز بیشتر به نوشیدن آب، و هم‌چنین ذائقهٔ مردم جنوب در خصوص مصرف چای و ماهی، که از جمله منابع فلوراید هستند، به نظر می‌رسد که مقدار مورد نیاز این ماده دریافت می‌شود. اما جهت اطمینان خاطر، ضروری است که بیش از گذشته آموزش و اطلاع‌رسانی گسترده‌ای صورت گیرد تا مشارکت مردمی در خصوص تهیهٔ سبد غذایی مناسب حاوی فلوراید و دریافت مقدار مورد نیاز بدن در جهت پیش‌گیری و کاهش آثار کمبود این ماده انجام پذیرد.

قدردانی

نویسندگان مقاله از همکاری و زحمات مدیریت محترم و نیروی انسانی شاغل در شرکت آب و فاضلاب شهر اهواز، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات خوزستان و تصفیه‌خانه‌های آب شمارهٔ ۱ و ۲ که در انجام این تحقیق همکاری داشته‌اند، قدردانی می‌نماید.

منابع

1-SHariat Panahi M. *Water Treatment & Weast Water.* 7th ed .Tehran university publication; 2004. P.67.
2-Esmaili Sari A. *Pollution, Health & Environmental Standard*s. Tehran.naghshmehr publication: 2003.P. 122-126.
3-Harrison PTC. *Fluoride in water a UK perspective*. J Fluoride Chem 2005;126(11–12): 1448–1456.
4- A. Camargo Julio. Fluoride toxicity to aquatic organisms : *A review".F* :2005.p. 251–264 . Elsevier
5-Neuhold JM, Sigler WF. *Effects of sodium fluoride on carp and rainbow trout.* Trans. Am. Fish. 1960 Oct; 89(4): 358–370.
6- Eby GN. *Principles of environmental chemistry* . :Thomson Edmunds WM. 2004. P. 554 **.**
7-Skjelkvale BL. *Water chemistry in areas with highdeposition of fluoride*. Sci. Total Environ 1994; 152(2): 105–112.
8-Somashekar RK, Ramaswamy SN. *Fluoride concentration in the water of the river Cauvery, Karnataka, India.*Int. J. Environ. Stud 1983; 21(3-4): P. 325–327.
9-*Priority Substances List Supporting Document for Inorganic Fluorides.* Ottawa (Ontario)*: Eco-Health Branch & Environment Canada;* 1994.
10-Fuge R, Andrews MJ. *Fluorine in the UK environment. Environ. Geochem. Health*. 1988 Dec; 10(3,4): P. 96–104.
11-Zingde MD, Mandalia AV. *Study of fluoride in polluted and unpolluted estuarine environments. EstuarineCoastal Shelf Scien*ce 1988 Dec; 27(6): 707–712.
12-Sparks RE, Sandusky MJ, Paparo A. *Identification of the water quality factors which prevent fingernail clams from recolonizing the Illinois River phase* III. Urbana: Water Resource Centre, University of Illinois at Urbana-Champaign; 1983.
13-WHO. *Guidelines for drinking water quality.* Geneva: *World Health Organization*, 2004. P. 515.
14-Brossok Gail E. *The use of a colorimeter in analyzing the fluoride content 0f public well water*. American Academy of Pediatric ensity 1987; 9(3): 204-207.
15-Hoseinian M. *Water Treatment Plant Design*. 1thed. Day Sciences publication; 2008.P.18.
16-Wang D, Sun W, Xu TH, Grogory J. Speciation of inorganic polymer flocculant-PACL. J Colloid Surf 2004 Aug; 243 (3): 1-10.
17-Amar center Iran . Available at :URL://WWW. Amar center iran . org.ir/.Accessed jul 25, 2010.
18-Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ISIRI Number Sampling methods of water; 2009 Dec.
19-APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC. USA: American Public Health Association; 2005.

20-Marash Sh. *Investigating* factors of Bacterial, Parasitic in put South karon. Master's of Environmental M.sc Thesis, of Khuzestan Research ,2003.
21-Azimi A, Nabi Bidhendi G, Hashemi H, Maham y. *Fluoride concentration of water of Tehran.* Environmental journal 2002 2; (32): 35-40.
22-Basir L. Fluoride concentration of water Karkheh, maroon rivers. Dental journal 2001;(1). 24 .: 14-19.
23-EU's drinking water standards Online. Available at :URL://WWW.org.ir/Accesssed Nov 3,1998 .
24-Institute of Standards and Industrial Research of Iran .1997. Physicochemical Parameters .ISIRI NUMBER 1053 online.. .Available at :URL://WWW. ISIRI NUMBER 1053..org.ir/.Accessed Nov 30,1997.
25-Almasi H, Mostafaie Gh R, Iranshahi L. *Fluoride* concentration of drinking water of Kashan. Feyz, KashanUniversity of Medical Sciences & Health Services 2002; 6(21): 37-43.
26-Asl Hashemi A. *Fluoride* concentration of drinking water of Kamyaran.acording to global standard. Proceedings of The 2th National Congress on Environmental Health; 2008 Jan 27-29; Venue, Washington; 2008.P.13-15.
27-Ranjbar Zarabi M, Rafati L, Tavanafar F. *Fluoride concentration of grandwater of Hamadan*. The 10 th
National Congress on Environmental Health- Hamadan.2005:Pp287-290 .
28-Samarghandi MR, Sadri Gh H. *The concentration of Fluoride in drinking water of Hamadan and Bahar cities* . Scientific Journal of Hamadan University of Medical Sciences & Health Services 2001; 8(21): 42-47.
29-Darshan S. Water Treatment Made simple for Operators. Translated by Mahvi AH, Leili M. Biology home publication. 2th ed. 2008.
30-Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, Guideline Technical Document. *Fluoride in Drinking Water*, 2009 Sep: 1- 94.
31-Ahvaz , Iran weather Organization , 2010 .online. Available at :URL: http://www.weather .org.ir/..Accessed jul 15,2010.

Comparison of Fluoride Concentration between Input and Output Water in Water Treatment Plants No 1 & 2 of Ahvaz in 2010

Leila Farsi[1*] , Nemat Allah Jaafarzadeh Haghighitard[2]

1-Master of Science, Environmental Pollution.
2-Professor of Environmental Health.

1-A Biology Teacher in Ahvaz Reigon, Master of Science, Environmental Pollution of Khozestan.
2-Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Scienes, Ahvaz, Iran.

[*]Corresponding Author:
Leila Farsi; A Biology Teacher in Ahvaz Reigon, Master of Science, Environmental Pollution of Khozestan.
Tel:+989163175823
Email: farsi_leila@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: The river is Karoon is the main resource of drinking water in Ahwaz. Fluoride is one of the water soluble ions, both low and high concentrations of which can cause adverse effects on human health and the other animals In this descriptive and analytical study, fluoride ion level water of input *and output in the water from* water treatment *plants no 1 & 2 of Ahvaz* were measured.

Subjects and Methods: Monthly, for 9 months, from March to November 2010, 60 samples from input *pretreatment* and output post-treatment water *from* water treatment *plants no 1 & 2 of Ahvaz were collected* in 1 liter polyethylene bottles. Fluoride concentration in water samples was determined by the SPANDS method, using a Spectrophotometer at 580 nm. Descriptive analysis on the data was carried by using SPSS-19 software.

Results: Mean fluoride concentration in input for water treatment *plants no2 was 0.33 mg/L which as higher than* input *for plant No 1 (0.31mg/L).* On the other hand, fluoride concentration in the output water *of from both plants was equal (0.26 mg/L).*

Conclusion: The results showed that the mean fluoride concentration in output water *of both* water treatment *plant was lower than* is lower than the WHO, EPA, EU and Iran standards. Results also showed that the mean fluoride concentration in drinking water was reduced compared with the mean fluoride concentration in Karoon river. It seems that the precipitating agent, polyaluminum chloride, used in *the path of water* treatment, may be responsible for reduction of fluoride concentration.

Keywords: Fluoride, Karoon river, Drinking water, *Water* treatment, Ahwaz.

►*Please cite this paper as:*
Comparison of Fluoride Concentration between Input and Output Water in *Water Treatment* Plants No 1 & 2 of Ahvaz *in 2010. Jundishapur Sci Med J 2015;14(2):231-243.*

Received: Mar 9, 2014 **Revised: Sep 7, 2014** **Accepted: Apr 8, 2015**