

بررسی کمی و کیفی آب رودخانه دماوند

شهرزاد خرم نژادیان^{*۱}

^{*۱} - استادیار گروه محیط زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: Khoramnejad@damavandiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۱۰

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی و فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) آب رودخانه دماوند انجام شد. نمونه برداری از ۱۰ ایستگاه در رودخانه دماوند طی ۳ ماه فصل تابستان ۱۳۹۴ صورت گرفت. پارامترهای مورد مطالعه مطابق با دستورالعمل‌های موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و کتاب روش‌های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب اندازه‌گیری شدند. دما، pH و هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری محاسبه شدند. تفاوت معنی‌داری بین میزان دما، کدورت، pH، هدایت الکتریکی، BOD، کلسیم، منیزیم، سولفات، نترات و فسفات در ایستگاه‌های مختلف با سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود نداشت ($P > 0.05$). بیشترین میانگین COD (24.47 ± 7.45 mg/lit) با سطح اطمینان ۹۵ درصد در ایستگاه ۱۰ و کمترین میزان آن (8.34 ± 5.56 mg/lit) در ایستگاه ۴ ثبت شد. ایستگاه ۱ به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کمترین میزان سرب و کادمیوم را نشان داد. تفاوت معنی‌داری بین میزان سرب در ایستگاه‌های ۸، ۹ و ۱۰ و همچنین میزان کادمیوم در ایستگاه‌های ۸ و ۱۰ وجود نداشت و این ایستگاه‌ها بیشترین میزان این فلزات را نشان دادند و این امر ناشی از پساب صنایع موجود در پایین دست رودخانه بود. تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) بین میزان دما، pH، BOD، کلسیم، منیزیم، سولفات و فسفات در ماه‌های نمونه برداری مشاهده شد.

کلمات کلیدی

"آلودگی، آب های شیرین"، "پارامترهای فیزیکوشیمیایی"، "فلزات سنگین"، "رودخانه دماوند"

۱- مقدمه

در مناطق شهری محسوب می‌شوند. اغلب آلاینده‌ها از دو مسیر وارد این رودخانه‌ها می‌شوند: منابع نقطه‌ای؛ مانند جریان فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و منابع غیر نقطه‌ای؛ مانند رواناب‌های سطحی، فرسایش و رسوبات جوی (Salati, Moore, 2010). محتوای شیمیایی آب رودخانه‌ها ناشی از مواد شیمیایی سنگ‌های موجود در مسیر جریان آن‌ها نیز می‌باشد. در نتیجه شیمی آب‌های طبیعی بسته به نوع ترکیب سنگ‌های آن‌ها متفاوت می‌باشد. همچنین در طول جریان آب، عواملی مانند دما، pH، پتانسیل اکسایش، جذب سطحی و فعالیت‌های باکتریایی می‌توانند در شیمی آب تاثیر گذار باشند. شیمی رودخانه‌ها انعکاسی از شیمی قسمت بالادست رودخانه می‌باشد (Siegel, 2002). مطالعات گسترده‌ای بر روی کیفیت آب انجام شده است. از تحقیقات انجام شده در ایران، بررسی غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات رودخانه خشک در شیراز می‌باشد که نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که پساب‌های شهری، صنعتی و خانگی در منطقه شهری شیراز به شدت بر میزان غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات رودخانه خشک تاثیر گذار می‌باشند (Salati, 2010). مطالعه‌ای مشابه در رابطه با بررسی کیفیت رود خرم‌رود در خرم‌آباد نیز نشان داد که کیفیت آب در ایستگاه خروجی خرم‌آباد و ایستگاه مجاور فرودگاه خرم‌آباد مطلوب نبود (Shams. Et all, 2014). تحقیقی دیگر نیز به بررسی تاثیر فعالیت‌های کشاورزی بر کیفیت آب رودخانه سیکان در ایلام پرداختند و نتایج حاکی از این بود که فعالیت‌های کشاورزی اصلی‌ترین دلیل بالا رفتن میزان پارامترهای کیفی آب می‌باشد (Sabahi. et all, 2010). از تحقیقات خارجی

در حالی که آب ضروری‌ترین ماده برای زندگی انسان‌ها، پس از هوا می‌باشد، تمدن امروزی سبب آلودگی آب‌های سطحی و حتی زیرزمینی گردیده است. آلودگی آب شیرین (آب آشامیدنی) مشکلی است که حدود نیمی از جمعیت جهان با آن مواجهه می‌باشند. سالانه حدود ۲۵۰ میلیون مورد از بیماری‌های مربوط به آب گزارش می‌شود که از این مقدار حدود ۵ تا ۱۰ میلیون مورد به مرگ منتهی می‌شود. طبق آمار، هر ۲۱ سال یک بار و در بعضی مناطق سریع‌تر از این زمان، میزان مصرف آب دو برابر می‌شود. در نتیجه نیاز به حفظ کیفیت آب به منظور جلوگیری از بحران آب در نسل‌های آینده روز به روز بیشتر احساس می‌شود (Ahuja S 2009). بسیاری از فعالیت‌های انسانی به عنوان تهدیدی برای کیفیت آب به شمار می‌روند. از زمان‌های گذشته تا به امروز روستاها در امتداد رودخانه‌ها ساخته شده‌اند. پسماندها و مواد زائد این روستاها اغلب به درون رودخانه‌ها تخلیه می‌شوند. در گذشته، تعداد کمی از انسان‌ها در پایین دست رودخانه‌ها زندگی می‌کردند و رودخانه‌ها به طور طبیعی زباله‌ها را جذب و پاکسازی می‌کردند. با رشد جمعیت، ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها کم شده و این اکوسیستم‌های آبی دیگر قادر به تصفیه آب خود نیستند (Vigil K M, 2003). تبدیل مناظر طبیعی به مناطق کشاورزی و یا شهری منجر به ایجاد عواملی می‌شود که باعث تنزل کیفیت منابع آبی گشته و سبب ورود مقادیر زیادی آلاینده از جمله رسوبات معلق، مواد مغذی (نیتروژن و فسفر)، باکتری‌های بیماری‌زا، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها به آب‌های سطحی می‌شود. رودخانه‌های شهری مخازن مهمی برای آلودگی فلزات سنگین

محیطی ناشی از این آلاینده‌ها، پایش کیفیت آب این رودخانه که از لحاظ تأمین آب آشامیدنی و مصارف کشاورزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است، امری مهم تلقی می‌گردد.

• روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی

رودخانه دماوند در جنوب سلسله جبال البرز مرکزی و در قسمت شمال شرقی و ۵۵ کیلومتری استان تهران می‌باشد. این رودخانه که از شرق به غرب حوزه دماوند جریان دارد، رودخانه اصلی و دریافت کننده کلیه آب‌های جاری این حوزه است که در پایین دست سد لتیان (منطقه ماملو) به رودخانه جاجرود متصل می‌شود. متوسط باران این حوزه حدود ۳۲۰ میلی‌متر می‌باشد. علاوه بر پساب زمین‌های کشاورزی و صنایع، فاضلاب مناطق مسکونی و رستوران‌ها از مهم‌ترین عوامل آلاینده این رودخانه می‌باشد. با توجه به شرایط منطقه، نمونه‌برداری از ۱۰ ایستگاه در رودخانه دماوند طی ۳ ماه، از تیر تا شهریور ۱۳۹۴ صورت گرفت و موقعیت جغرافیایی آن‌ها با دستگاه جی‌پی‌اس ثبت شد. ارتفاع از سطح دریا و موقعیت مکانی و جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

نیز می‌توان به مطالعه پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی در رودخانه‌ای در آفریقای جنوبی اشاره کرد که نتایج این تحقیق نشان داد میزان تمام پارامترهای مورد مطالعه به غیر از کدورت و نیترات پایین‌تر از استانداردهای موجود می‌باشد (Edokpayi, et all, 2015). همچنین (Rajiv. Et all. 2012) به بررسی پارامترهای میکروبی و فیزیکوشیمیایی رودخانه‌های موجود در غرب تامیل نادو، هندوستان پرداختند و نتایج نشان داد که رودخانه شانموگا در مقایسه با رودخانه‌های دیگر آلوده‌تر می‌باشد. رودخانه دماوند واقع در شهر دماوند در استان تهران واقع شده است. در خلال سال‌های اخیر، فعالیت‌های صنعتی، گردشگری و کشاورزی در این منطقه رو به افزایش بوده است و این امر سبب کاهش کیفیت آب رودخانه گردیده است. این مطالعه با هدف تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی (دما، کدورت، pH، هدایت الکتریکی، BOD₅، COD، کلسیم، منیزیم، سولفات، نیترات، فسفات) و فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) آب رودخانه دماوند صورت گرفت است. با توجه به این که تاکنون مطالعه‌ای در این ابعاد بر رودخانه دماوند صورت نگرفته است و همچنین با توجه به اهمیت تشخیص آلاینده‌ها در آب و خطرات بهداشتی و زیست-

جدول ۱- میانگین صحت روش آنالیز فلزات سنگین

نام ایستگاه	موقعیت مکانی	موقعیت جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
۱	منطقه روح‌افزا (قبل از ورود به شهر دماوند)	۳۵° ۴۳' ۳۷" N E۵۲° ۰۵' ۳۲"	۲۰۳۳
۲	ورودی شهر دماوند	۳۵° ۴۳' ۳۶" N E۵۲° ۰۴' ۵۱"	۱۹۹۴
۳	منطقه فرامه	۳۵° ۴۲' ۳۳" N E۵۲° ۰۴' ۰۱"	۱۹۲۴
۴	منطقه ولیبران	۳۵° ۴۲' ۰۳" N E۵۲° ۰۳' ۲۸"	۱۸۹۵
۵	زیر پل شلمبه	۳۵° ۴۰' ۴۶" N E۵۲° ۰۲' ۴۸"	۱۸۲۶
۶	حصار پایین	۳۵° ۳۹' ۵۱" N E۵۲° ۰۱' ۵۷"	۱۷۸۶
۷	منطقه مراء	۳۵° ۳۹' ۰۱" N E۵۲° ۰۱' ۰۳"	۱۷۳۵
۸	منطقه خرم‌دشت	۳۵° ۳۸' ۱۶" N E۵۲° ۰۰' ۲۷"	۱۶۹۵
۹	منطقه ذره‌دره	۳۵° ۳۷' ۱۷" N E۵۱° ۵۳' ۰۴"	۱۴۲۱
۱۰	ورودی به دریاچه سد ماملو	۳۵° ۳۷' ۱۰" N E۵۱° ۴۹' ۰۱"	۱۳۰۹

همچنین لازم به ذکر است که در ماه‌های مرداد و شهریور در ایستگاه ۹ بستر رودخانه خشک و فاقد شرایط نمونه‌برداری بوده و لذا در این ایستگاه نمونه‌گیری صورت نگرفت. نمونه‌های برداشت شده از ایستگاه‌ها درون ظروف یونولیت حاوی یخ قرار گرفتند؛ بر روی هر ظرف حاوی نمونه، اطلاعات مربوط به ایستگاه یادداشت شد و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. اندازه‌گیری pH آب با استفاده از دستگاه

پH متر، سنجش هدایت الکتریکی با دستگاه EC^۲ متر و درجه حرارت آب با استفاده از دستگاه ترمومتر دیجیتال در محل نمونه‌برداری انجام شد. تعیین کدورت با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج (توربیدومتر) انجام شد که با توجه به دستورالعمل شماره ۲۱۳۰ کتاب روش‌های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب، با محلول استاندارد فرمازین کالیبره شد (Franson . 1998) سنجش BOD نمونه‌های آب طبق

شده بیافزاید (Sibanda. Et all. 2014). با این حال میزان دما در مطالعه حاضر در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری پایین‌تر از 25°C ثبت شد.

کدورت: کمترین میزان کدورت در ایستگاه ۱ ($2/72 \pm 0/50$ NTU) و بیشترین میزان آن در ایستگاه ۸، ($6/31 \pm 2/71$ NTU) اندازه‌گیری شد (جدول ۲)؛ اما نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان کدورت در ایستگاه‌ها با سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود ندارد (جدول ۴). میزان کدورت در مطالعه حاضر در مقایسه با تحقیقی در رودخانه گنگ در کانپور هند ($18-470$ NTU) (Trivedi. Et all. 2009) مقادیر بسیار کمتری را نشان داد. همچنین نتایج حاصل از آنالیز واریانس (جدول ۴) عدم تفاوت معنی‌دار بین میزان کدورت در ماه‌های مختلف با سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان داد؛ به طوری که کمترین میزان کدورت در تابستان در ماه مرداد ($3/68 \pm 1/02$ NTU) و بیشترین میزان آن در ماه شهریور ($4/00 \pm 2/24$)، اندازه‌گیری شد (جدول ۲). در مطالعه پارامترهای فیزیکی‌شیمیایی در آب رودخانه Cauvery هند میزان کدورت در سپتامبر به علت افزایش بارندگی بیشتر در این ماه به مقدار بالاتری ثبت شد (Vijayalakshmi. Et all. 2013). مقایسه میزان کدورت در ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استانداردهای بین‌المللی (جدول ۵) نشان داد که میانگین کدورت بالاتر از استانداردهای WHO و EPA برای آب آشامیدنی می‌باشد که عمده‌تاً این نتیجه ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری و احشام و همچنین رواناب‌های کشاورزی و صنعتی به آب رودخانه می‌باشد. مقادیر بالای کدورت نشان‌دهنده حضور احتمالی میکروارگانیسم‌ها، گل و لای و دیگر مواد جامد معلق در آب می‌باشد که سبب کاهش ارزش زیبایی‌شناختی آب نیز می‌گردد (Edokpayi. Et all. 2015).

pH: در مطالعه حاضر میزان pH در طول دوره نمونه‌برداری نوسانات چندانی نداشت و تقریباً یکنواخت بود. مطابق با نتایج جدول ۲، ایستگاه ۱ بیشترین میزان pH ($7/90 \pm 0/43$) را دارا بود و کمترین میزان pH ($7/39 \pm 0/39$) در ایستگاه ۶ ثبت شد؛ با این حال تفاوت معنی‌داری بین میزان pH در ایستگاه‌ها وجود نداشت (جدول ۴). در مطالعه‌ای در رودخانه‌های ایالت تامیل نادو هند نیز میزان pH مانند تحقیق حاضر ماهیت بافری داشت و این امر به علت تاثیر رسوبات بر آب‌های جاری گزارش شد (Rajiv. Et all. 2012). میزان pH در ماه شهریور ($7/95 \pm 0/25$) به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) بیشتر از دو ماه دیگر تابستان بود و این امر ممکن است به علت افزایش بارندگی در ماه شهریور نسبت به دو ماه دیگر و آسبوی سنگ‌های کربناته باشد (جدول ۳). نتایج مشابهی در رودخانه‌ای در هند نیز گزارش شد (Jafari. Et all. 2011) (کمترین میزان pH در تابستان نیز در ماه مرداد ($7/46 \pm 0/32$) ثبت شد. مقدار pH در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از نظر استانداردهای بین‌المللی WHO و EPA در حد مطلوب بود (جدول ۵). در تحقیقی در رابطه با بررسی تاثیر فعالیت‌های کشاورزی بر کیفیت آب رودخانه سیکان در ایلام نیز میزان pH با توجه به استاندارد WHO در حد مجاز گزارش شد. (Sabahi. et all. 2010).

دستورالعمل شماره ۱-۸۳۹۶ و سنجش COD نمونه‌ها طبق دستورالعمل شماره ۱۰۶۱۲ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران صورت گرفت (سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶). میزان کلسیم و منیزیم در آب نیز به روش تیتراسیون مطابق با استاندارد شماره ۸۶۵۲ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران اندازه‌گیری شد (سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۸۴) مقادیر نیترات و سولفات در نمونه‌ها به روش اسپکتروفوتومتری فرابنفش و فسفات به روش کلرید استانوز براساس روش استاندارد شماره ۴۵۰۰ و سرب و کادمیوم در نمونه‌های آب براساس روش استاندارد شماره ۳۱۱۱ ارائه شده در کتاب روش‌های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب به کمک دستگاه جذب اتمی مجهز به شعله هوا- استیلن محاسبه شد (Franson. 1998). نتایج حاصل از این پژوهش با استفاده از محاسبات آماری و نرم افزار SPSS نسخه ۲۲، تجزیه و تحلیل شد. جهت تعیین اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها از آنالیز واریانس دو طرفه و برای مقایسه بین میانگین‌های موجود از آزمون دانکن استفاده گردید. از آنجاکه هر تحقیق آماری با خطا (α) همراه است، در این تحقیق مقدار خطا در آنالیز واریانس برابر با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

۳- نتایج

شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از آن از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان فاکتورهای فیزیکی‌شیمیایی و فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) آب رودخانه دماوند و مقایسه مقادیر به دست آمده با استانداردهای موجود به منظور تعیین سطح آلودگی منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. بررسی کمی و کیفی پارامترهای فیزیکی‌شیمیایی (دما، کدورت، pH، هدایت الکتریکی، COD ، BOD_5 ، کلسیم، منیزیم، سولفات، نیترات، فسفات) و فلزات سرب و کادمیوم اندازه‌گیری شده در طول دوره سه ماهه نمونه‌برداری در زیر به تفصیل توضیح داده می‌شود. دما: میانگین میزان دما از $23/47 \pm 1/27^{\circ}\text{C}$ در ایستگاه ۲ تا $24/53 \pm 0/89^{\circ}\text{C}$ در ایستگاه ۱۰ متغیر بود (جدول ۲). با این حال نتایج حاصل از آنالیز واریانس (جدول ۴) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان دما در ایستگاه‌های مختلف با سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود ندارد ($P > 0/05$). علت عدم اختلاف معنی‌دار بین میزان دما در ایستگاه‌های مختلف ممکن است به علت کوهستانی بودن و ارتفاع زیاد منطقه مورد مطالعه باشد. درجه حرارت آب با تغییرات ارتفاع، موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی تغییر می‌کند و تحت تاثیر جریان آب، پوشش گیاهی اطراف جریان آب و پساب ناشی از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی نیز قرار دارد. براساس نتایج حاصل از آنالیز واریانس و تست دانکن ماه تیر ($22/82 \pm 0/55^{\circ}\text{C}$) به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) کمترین میزان دما را دارا بود و تفاوت معنی‌داری بین دمای آب در ایستگاه‌ها در ماه‌های مرداد و شهریور وجود نداشت (جدول ۳ و ۴). (Shams et al. 21014) در مطالعه خود در رابطه با کیفیت آب رودخانه خرم رود در خرم آباد، بیشترین میزان دما ($27/15^{\circ}\text{C}$) را در مرداد و کمترین میزان آن را ($6/25^{\circ}\text{C}$) در ماه آذر گزارش دادند. به طور کلی افزایش دما می‌تواند سبب افزایش واکنش‌های شیمیایی در سیستم‌های آبی شود به طوری که دمای بیش از ۲۵ درجه سلسیوس ممکن است بر سمیت برخی مواد محلول در آب مانند آمونیاک یونیزه

هدایت الکتریکی (EC): پارامتر EC میزان کل نمکها و یا یونهای محلول در آب را نشان می‌دهد و تحت تاثیر فاکتورهایی مانند زمین-شناسی حوضه آبخیز که تعیین کننده شیمی خاک و در نتیجه آب می‌باشد، تغییر می‌کند (Edokpayi, Et all . 2015). در این تحقیق نتایج حاصل از آنالیز واریانس (جدول ۴) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان EC در ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف با سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود ندارد، به گونه‌ای که بیشترین میانگین EC در ایستگاه ۸ ($849/33 \pm 47/81 \mu\text{mhos/cm}$) و در ماه مرداد و کمترین میزان آن در ایستگاه ۲ ($759 \pm 65/57 \mu\text{mhos/cm}$) و در ماه تیر اندازه‌گیری شد (جدول ۲ و ۳). عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میزان EC در ایستگاه‌های نمونه‌برداری، به دلیل دفع و رهاسازی زباله‌های شهری و روستایی در کل مسیر نمونه‌برداری در رودخانه می‌باشد که سبب شده میزان هدایت الکتریکی محاسبه شده در ایستگاه‌ها کم و بیش مشابه باشد. مطالعه پیشین نشان داده است که دفع زباله‌ها در پهنه‌های آبی، به علت غلظت بالای نمکها و یون‌های موجود در آنها سبب افزایش میزان EC در آب‌های دریافت کننده می‌شود (Suthar . et all . 2010). مقایسه میزان EC در مطالعه حاضر در مقایسه با رودخانه‌ای در آفریقای جنوبی (Edokpayi, Et all . 2015) مقادیر بالاتری را نشان داد. مقایسه میزان هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های نمونه برداری با استانداردهای بین‌المللی نشان داد که میانگین هدایت الکتریکی در ایستگاه‌ها بالاتر از استاندارد سازمان WHO برای آب آشامیدنی می‌باشد (جدول ۵). با توجه به این‌که پارامتر EC حضور یون‌های محلول در آب را نشان می‌دهد، حضور این یون‌ها در آب ممکن است سبب تغییر طعم آب شده و افزایش سختی آب را در بردارد.

BOD_5 : یکی از مهم‌ترین پارامترهای کلیدی در ارزیابی میزان آلودگی آب BOD می‌باشد. بیشترین میانگین BOD در ایستگاه ۱۰، ($14 \pm 6/55 \text{ mg/lit}$) و کمترین میزان ($5/24 \pm 4/03 \text{ mg/lit}$) آن در ایستگاه ۴ ثبت شد اما تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌ها با سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود نداشت. محدوده غلظت BOD در رودخانه Gap در دائجون کره جنوبی به میزان $0/5-25/4 \text{ mg/l}$ گزارش گردید و کم‌ترین میزان BOD در ایستگاه‌های بالادست رودخانه بود (Hur, Cho. 2012). آنالیز ماهیانه (جدول ۳) نیز نشان داد که به طور معنی‌داری کمترین میزان BOD در ماه شهریور ($5/22 \pm 3/15 \text{ mg/lit}$) و بیشترین مقدار آن در ماه تیر ($5/22 \pm 3/15 \text{ mg/lit}$) می‌باشد. اختلاف معنی‌داری بین میزان BOD در ماه‌های تیر و مرداد یافت نشد ($P > 0/05$). مطابق با استانداردهای کیفی آب، میزان مطلوب BOD در آب آشامیدنی باید صفر باشد اما سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت از محیط زیست ایالت متحده آمریکا استانداردهایی را برای میزان BOD در صورت وارد شدن به آب‌های سطحی تعیین کرده‌اند. مقایسه میانگین BOD در ایستگاه‌های مطالعه حاضر با این استانداردها (جدول ۵) نشان داد که مقدار BOD از استانداردهای WHO و EPA بیشتر می‌باشد، مقادیر بیش از حد مجاز BOD نشان‌دهنده بار آلودگی آب ناشی از تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی مستقر در اطراف این منطقه با میزان BOD بالا می‌باشد که این امر سبب افزایش رشد باکتری‌ها و در نتیجه کاهش

سطوح اکسیژن و در نهایت از بین رفتن آبزیان رودخانه می‌گردد. در تحقیق (Vijayalakshmi, Et all . 2013) کائوری هند نیز میزان BOD بالاتر از حد استاندارد ثبت شد. COD : COD نیز مانند BOD نشان‌دهنده بار آلودگی آب ناشی از مواد زیست تخریب‌پذیر و یا غیر قابل تخریب می‌باشد. بیشترین میانگین COD ($24/47 \pm 7/45 \text{ mg/lit}$) با سطح اطمینان ۹۵ درصد در ایستگاه ۱۰ و کمترین میزان ($8/34 \pm 5/56 \text{ mg/lit}$) آن در ایستگاه ۴ ثبت شد (جدول ۲) در حالی که تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های ۱، ۴ و ۷ وجود نداشت ($P > 0/05$). همچنین بین ایستگاه‌های ۲، ۳، ۵، ۶، ۸ و ۹ نیز اختلاف معنی‌داری یافت نشد. پساب ناشی از صنایع مستقر در پایین دست رودخانه (منطقه صنعتی خرم‌دشت) و همچنین تخلیه پساب‌های کشاورزی از عمده‌ترین دلایل افزایش COD در مناطق پایین دست می‌باشد. محدوده غلظت COD در رودخانه Gap در دائجون کره جنوبی $1/6-20/6 \text{ mg/l}$ گزارش گردید و مقدار COD در ایستگاه‌های بالادست رودخانه کمتر بود (Hur, Cho. 2012). میزان COD در مطالعه مشابه در رودخانه کائوری هند بیش از مطالعه حاضر اندازه‌گیری شد (mg/l) ($41/08-77/24$) (Vijayalakshmi, Et all . 2013). براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین میزان COD در ماه‌های نمونه‌برداری یافت نشد (جدول ۴). نتایج به دست آمده نشان داد که میزان COD در ایستگاه‌های مورد مطالعه (به غیر از ایستگاه‌های ۱، ۴ و ۹) بیشتر از حد مجاز ثبت شده توسط سازمان WHO می‌باشد (جدول ۵)؛ اما (Sabahi, et all. 2010) میزان COD در رودخانه سیکان ایلام را در محدوده استاندارد اعلام کردند. کلسیم: کلسیم و منیزیم اصلی‌ترین منابع تعیین کننده سختی آب هستند و به طور طبیعی در آب‌های سطحی یافت می‌شوند. حضور کلسیم و منیزیم در آب اغلب همبستگی نزدیکی با نوع کاربری زمین در حوضه آبخیز دارد (Potasznik, Szymczyk . et all. 2015) در این مطالعه ایستگاه ۲ بیشترین میزان کلسیم ($17/07 \pm 24/10 \text{ mg/lit}$) را دارا بود و کمترین میزان آن ($2/95 \pm 1/27 \text{ mg/lit}$) در ایستگاه ۴ ثبت شد؛ اما تفاوت معنی‌داری بین میزان کلسیم در ایستگاه‌ها وجود نداشت (جدول ۲ و ۴). مطلق با جدول ۳ و آزمون دانکن میزان کلسیم در تابستان در ماه مرداد ($9/57 \pm 13/38 \text{ mg/lit}$) به طور معنی‌داری بیشتر از دو ماه دیگر بود که این امر ممکن است به علت کاهش دبی رودخانه به علت افزایش دما و در نتیجه افزایش غلظت کلسیم در این ماه باشد؛ تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین ماه‌های تیر و شهریور یافت نشد. همچنین مقایسه میانگین کلسیم در این مطالعه با استانداردها نشان داد میزان کلسیم در ایستگاه‌های نمونه‌برداری پایین‌تر از استانداردهای WHO و EPA می‌باشد (جدول ۵). منیزیم: نمک‌های منیزیم حلالیت بیشتری نسبت به نمک‌های کلسیم در آب دارند اما نسبت به کلسیم به میزان کمتری در سنگ‌ها وجود دارند (Dimkic . et Il. 2005). بیشترین میزان منیزیم در ایستگاه ۱ ($1/64 \pm 0/90 \text{ mg/lit}$) و کمترین میزان آن در ایستگاه ۴ ($1/02 \pm 0/85 \text{ mg/lit}$) محاسبه شد (جدول ۲). با این حال، تفاوت معنی‌داری بین میزان کلسیم در ایستگاه‌ها با سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود نداشت (جدول ۴). میزان منیزیم در مطالعه (.

احشام در منطقه مورد مطالعه اصلی‌ترین دلیل افزایش مواد مغذی از جمله نیترات‌ها در آب می‌باشد. (Sabahi et al. 2010) در مطالعه خود بر رودخانه سیکان نشان دادند که میزان نیترات در رودخانه به شدت تحت تاثیر زه‌آب کشاورزی می‌باشد اما مقدار محاسبه شده در حد مجاز سازمان WHO گزارش شد.

فسفات: فسفات‌ها به علت آبشویی سنگ‌های معدنی در مقادیر کم در آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارند. فضولات انسانی، حیوانی و کودها نیز سبب افزایش میزان فسفات در آب‌ها می‌گردند. غلظت بالای فسفات به همراه نیترات و دی‌اکسید کربن اغلب سبب افزایش رشد گیاهان آبی می‌شود (Rajiv. Et all. 2012). در این مطالعه کمترین میزان فسفات در ایستگاه ۱ (0.09 ± 0.03 mg/lit) و بیشترین میزان آن در ایستگاه ۱۰ (0.47 ± 0.45) اندازه‌گیری شد؛ اما تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌ها یافت نشد ($P > 0.05$) (جدول ۲ و ۴). میزان فسفات ($0.19 - 0.23$ mg/l) در رودخانه کائوری هند و رودخانه سیکان ایلام ($0.07 - 0.32$ mg/l) کمتر از میزان آن در مطالعه حاضر گزارش شد (Sabahi et al. 2010) و (Vijayalakshmi. Et all. 2013) با توجه به جدول ۳، میزان فسفات در ماه شهریور (0.41 ± 0.25) به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) بیش از دو ماه دیگر بود. مقایسه میانگین فسفات در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استانداردها نشان داد که مقدار فسفات از استانداردهای WHO و EPA بیشتر می‌باشد (جدول ۵). با اینکه فسفات‌ها تهدید مستقیمی را متوجه انسان نمی‌کنند ولی این مواد به صورت غیرمستقیم عاملی جدی در تهدید کیفیت آب به شمار می‌روند. افزایش میزان فسفات در آب رشد گیاهان آبی را سرعت بخشیده و کاهش اکسیژن محلول آب و در نتیجه ایجاد شرایط بی‌هوازی را در پی دارد و نهایتاً باعث ایجاد طعم و بو در آب می‌شود.

سرب: ایستگاه ۱ به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کمترین میزان سرب را ($< 0.01 \pm 0.00$ mg/lit) نشان داد (جدول ۲). ایستگاه ۱ در بالاترین قسمت رودخانه دماوند قرار داشت و نتیجه حاصل به علت دور بودن این منطقه از پسماندهای کشاورزی و صنعتی و دیگر مواد آلاینده شهری می‌باشد. نتیجه مشابهی در بررسی کیفیت آب در مطالعه رودخانه خرم‌دره نیز مشاهده شد (Shams. Et all. 2014) تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های ۸، ۹ و ۱۰ وجود نداشت و این ایستگاه‌ها به طور معنی‌داری بیشترین میزان سرب را نشان دادند و این میزان ناشی از جریان رواناب‌های سطحی در بالا دست رودخانه و تخلیه پساب‌های صنایع مستقر در پایین دست می‌باشد. همچنین اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های ۲ تا ۶ مشاهده نشد که نشان می‌دهد این ایستگاه‌ها منبع آلودگی مشترکی را دارا بوده‌اند. در مطالعه مشابهی در رودخانه گنگ میزان سرب در محدوده 0.250 mg/l- 0.01 گزارش گردید. با توجه به جدول ۴ اختلاف معنی‌داری بین غلظت سرب در ماه‌های نمونه‌برداری نیز مشاهده نشد ($P > 0.05$). میزان سرب در ایستگاه‌های ۷ تا ۱۰ مقایسه با استانداردهای WHO و EPA مقادیر بالاتری را نشان داد که ممکن است سبب آسیب‌های جدی به سلامت انسان‌ها و حیوانات گردد (جدول ۵). در مطالعه رودخانه خشک شیراز نیز غلظت سرب در محدوده مجاز برای آبیاری گزارش گردید [۳].

(Potasznik, Szymczyk . et all. 2015) در آب‌های سطحی یک سیستم رودخانه‌ای در لهستان در محدوده $1/0 \pm 4/1 - 25/9 \pm 6/9$ گزارش شد. همچنین میانگین منیزیم در تابستان در ماه تیر به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کمترین میزان (0.43 ± 0.76) و در ماه مرداد بیشترین میزان ($0.57 \pm 2/12$) را دارا بود (جدول ۳ و ۴). میانگین منیزیم در ایستگاه‌های نمونه برداری بسیار کمتر از استانداردهای WHO و EPA برای آب آشامیدنی می‌باشد (جدول ۵).

سولفات: سولفات‌ها به طور طبیعی در نتیجه آبشویی سنگ گچ و دیگر کانی‌های معدنی در آب‌ها حضور دارند. این ماده همچنین در مرحله اکسیداسیون مواد آلی تشکیل شده و به عنوان یک منبع انرژی برای باکتری‌های سولفاته محسوب می‌شود. با این حال سولفات ممکن است از طریق زباله‌های صنعتی مانند پسماندهای ناشی از صنایع دیباغی، کاغذ، نساجی و غیره نیز وارد آب شود (Rajiv. Et all. 2012). مطابق با نتایج جدول ۲، ایستگاه ۷ بیشترین میزان سولفات (0.92 ± 0.40 mg/lit) را دارا بود و کمترین میزان آن (0.52 ± 0.74) در ایستگاه ۵ ثبت شد؛ اما تفاوت معنی‌داری بین میزان سولفات در ایستگاه‌ها وجود نداشت (جدول ۴). مقادیر سولفات به دست آمده در این مطالعه کمتر از مقدار آن در مطالعه Trivedi. Et all. 2009 (در رودخانه گنگ ثبت شد. آنالیز ماهیانه (جدول ۳) نشان داد میزان سولفات در ماه مرداد ($3/86 \pm 2/18$ mg/lit) بیشتر از دو ماه دیگر بود؛ اما تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین ماه‌های مرداد و شهریور یافت نشد. کمترین میزان سولفات نیز به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) در ماه تیر ($1/00 \pm 0.52$ mg/lit) ثبت شد. مقدار میانگین سولفات در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بسیار پایین‌تر از استانداردهای بین‌المللی WHO و EPA برای آب آشامیدنی بود (جدول ۵). در مطالعه‌ای مشابه در رودخانه پونا واقع در کشور هند نیز بیشترین میانگین سالانه سولفات $91/15$ mg/lit در ایستگاهی در مجاورت یک پل گزارش شد و بالا بودن مقادیر سولفات ناشی از تجزیه مواد آلی بود (Rajiv. Et all. 2012).

نیترات: نیترات‌ها محصول نهایی اکسیداسیون بیوشیمیایی آمونیاک می‌باشند و بررسی میزان آن‌ها در منابع آب آشامیدنی، به دلیل اثراتی که بر سلامت انسان‌ها و حیوانات می‌گذارند بسیار مهم می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که ایستگاه ۳ بیشترین میزان نیترات ($17/66 \pm 2/08$) و ایستگاه ۱ کمترین میزان آن ($7/66 \pm 5/50$) را دارا بودند؛ اگرچه نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان نیترات در ایستگاه‌ها و ماه‌های نمونه‌برداری وجود ندارد ($P > 0.05$) (جدول ۲ و ۴) و این نتیجه ممکن است به علت آلودگی‌های غیر نقطه‌ای در مناطق شهری باشد. نتایج مشابهی در مطالعه (Sibanda. Et all. 2014) نیز گزارش شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان نیترات در ماه‌های نمونه‌برداری نیز وجود ندارد ($P > 0.05$) (جدول ۳ و ۴). مقدار نیترات در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از نظر استاندارد بین‌المللی WHO در حد مطلوب بود اما این مقدار در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه (به غیر از ایستگاه ۱) بالاتر از استاندارد EPA برای آب آشامیدنی مشاهده شد (جدول ۵). فعالیت‌های کشاورزی و پرورش

مطالعات علوم محیط زیست، دوره ششم، شماره چهارم، فصل زمستان، سال ۱۴۰۰، صفحه ۴۲۱۰-۴۲۱۹

۹۵ درصد دارا بودند (جدول ۲). آزمون دانکن نشان داد که میانگین این فلز در ایستگاه‌ها مطابق با الگوی: ایستگاه ۱۰=ایستگاه ۸<ایستگاه ۵=ایستگاه ۶=ایستگاه

کادمیوم: ایستگاه ۱ به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کمترین میزان کادمیوم ($0.03 \pm 0.00 \text{ mg/lit}$) را نشان داد. بین ایستگاه‌های ۸ ($0.57 \pm 0.11 \text{ mg/lit}$) و ۱۰ ($0.67 \pm 0.06 \text{ mg/lit}$) تفاوت معنی‌داری نبوده و این ایستگاه‌ها بیشترین میزان این فلز را با سطح اطمینان

جدول ۲- میانگین (انحراف معیار \pm میانگین) غلظت پارامترهای مورد مطالعه در ایستگاه‌های نمونه برداری

ایستگاه‌های نمونه‌برداری										عنوان
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
$24/53 \pm$ -۰/۸۹	$23/5$	$24/50 \pm$ -۰/۸۶	$24/33 \pm$ ۱/۱۵	$24/23 \pm$ ۱/۵۳	$23/87 \pm$ ۱/۳۳	$1/33 \pm$ ۲۴ ۱/۲۵	$1/97 \pm$ ۲۳ ۱/۳۰	$23/47 \pm$ ۱/۲۷	$23/60 \pm$ ۱/۱۵	دما (°C)
$2/93 \pm$ ۱/۸۴	$4/4$	$6/31 \pm$ ۲/۷۱	$4/10 \pm$ -۰/۳۶	$3/83 \pm$ -۰/۳۵	$3/70 \pm$ -۰/۳۶	$3/56 \pm$ -۰/۳۳	$3/37 \pm$ -۰/۵۰	$2/76 \pm$ -۰/۴۹	$2/72 \pm$ -۰/۵۰	کدورت (NTU)
$7/79 \pm$ -۰/۳۹	$7/80$	$7/48 \pm$ -۰/۲۳	$7/66 \pm$ -۰/۶۶	$7/39 \pm$ -۰/۲۹	$7/80 \pm$ -۰/۴۳	$7/74 \pm$ -۰/۱۴	$7/71 \pm$ -۰/۲۴	$7/68 \pm$ -۰/۴۸	$7/90 \pm$ -۰/۴۳	pH
$760 \pm$ /۹۶ ۱۲۹	۸۵۰	$1/33 \pm$ ۸۴۹ ۴۷/۸۱	$1/33 \pm$ ۷۷۷ ۸۵/۴۴	$1/33 \pm$ ۸۴۸ ۷۵/۸۸	$1/67 \pm$ ۷۶۴ ۱۶۲/۳۵	$796 \pm$ ۱۹/۶۹	$821 \pm$ ۵۲/۵۶	$759 \pm$ ۶۵/۵۷	$785 \pm$ ۲۱/۷۹	هدایت الکتریکی $\mu\text{mhos/}$ (cm)
$14 \pm$ ۶/۵۵	$19/3$	$11/53 \pm$ ۶/۰۳	$5/66 \pm$ ۳/۰۵	$6/33 \pm$ ۲/۰۸	$5/30 \pm$ ۱/۵۱	$5/24 \pm$ ۴/۰۳	$100 \pm$ ۱۰ -۰/۱۰	$6/17 \pm$ ۴/۴۸	$5/36 \pm$ -۰/۶۰	BOD ₅ mg/lit (O ₂)
$22/47 \pm$ ۷/۴۵	$26/7$	$21/26 \pm$ ۵/۵۳	$9/01 \pm$ ۴/۴۷	$10/68 \pm$ ۳/۲۲	$14/05 \pm$ -۰/۹۷	$8/34 \pm$ ۵/۵۶	$1/75 \pm$ ۱۳ ۳/۷۲	$11/67 \pm$ ۸/۴۰	$8/50 \pm$ ۲/۳۶	COD mg/lit (O ₂)
$2/87 \pm$ ۱/۳۲	$3/21$	$4/37 \pm$ -۰/۹۵	$6/57 \pm$ ۲/۹۶	$3/87 \pm$ -۰/۵۰	$3/25 \pm$ ۱/۰۶	$2/95 \pm$ ۱/۲۷	$3/78 \pm$ ۱/۱۹	$17/07 \pm$ ۲۴/۱۰	$3/71 \pm$ -۰/۹۵	کلسیم (mg/lit CaCO ₃)
$1/58 \pm$ ۱/۱۵	$1/2$	$1/41 \pm$ -۰/۵۸	$1/45 \pm$ -۰/۸۷	$1/47 \pm$ -۰/۹۳	$1/47 \pm$ -۰/۹۲	$1/02 \pm$ -۰/۸۵	$1/42 \pm$ -۰/۸۵	$1/62 \pm$ -۰/۸۸	$1/64 \pm$ -۰/۹۰	منیزیم (mg/lit CaCO ₃)
$3/17 \pm$ ۱/۷۵	$1/2$	$2/71 \pm$ ۱/۲۴	$5/52 \pm$ ۳/۷۴	$2/51 \pm$ ۲/۱۵	$-0/92 \pm$ -۰/۴۰	$1/32 \pm$ ۱/۰۶	$1/44 \pm$ -۰/۹۵	$3/41 \pm$ ۲/۴۳	$3/29 \pm$ ۲/۲۳	سولفات (mg/lit SO ₄ ²⁻)
$14/67 \pm$ ۵/۷۷	۱۷	$15/66 \pm$ ۵/۱۳	$16/66 \pm$ ۴/۰۴	$16/33 \pm$ ۲/۰۸	$16/66 \pm$ ۱/۵۲	$1/33 \pm$ ۱۴ ۱/۵۲	$1/66 \pm$ ۱۷ ۲/۰۸	$13 \pm$ ۳	$7/66 \pm$ ۵/۵۰	نیترات (mg/lit NO ₃ ⁻)
$-0/47 \pm$ -۰/۴۵	$1/216$ ۰	$-0/28 \pm$ -۰/۱۷	$-0/22 \pm$ -۰/۰۵	$-0/27 \pm$ -۰/۱۵	$-0/41 \pm$ -۰/۰۹	$-0/32 \pm$ -۰/۱۶	$-0/30 \pm$ -۰/۱۲	$-0/13 \pm$ -۰/۰۷	$-0/09 \pm$ -۰/۰۳	فسفات mg/lit (P)
$1/10 \pm$ -۰/۶۵	$1/3$	$-0/90 \pm$ -۰/۳۴	$-0/50 \pm$ -۰/۳۶	$-0/10 \pm$ -۰/۰۸	$-0/11 \pm$ -۰/۰۴	$1/10 \pm$ ۰ -۰/۰۶	$1/10 \pm$ ۰ -۰/۰۱	$<0/01 \pm$ -۰/۰۰	$<0/01 \pm$ -۰/۰۰	سرب (mg/lit)
$-0/67 \pm$ -۰/۰۶	$-0/49$	$-0/57 \pm$ -۰/۱۱	$-0/21 \pm$ -۰/۱۹	$-0/03 \pm$ -۰/۰۰	$-0/03 \pm$ -۰/۰۰	$1/02 \pm$ ۰ -۰/۰۰	$1/02 \pm$ ۰ -۰/۰۰	$-0/02 \pm$ < -۰/۰۰	$-0/02 \pm$ < -۰/۰۰	کادمیوم (mg/lit)

از جمله صنایع چوب، پلاستیک و تراشکاری به طور قابل ملاحظه‌ای به این مناطق وارد می‌شوند. مطالعه (Varol, Sen . 2012) در رودخانه تیگریس ترکیه نشان داد که وجود فلزات سنگین از جمله

۷<ایستگاه ۳=ایستگاه ۲=ایستگاه ۱<ایستگاه ۴ می‌باشد. افزایش بیش از حد میزان کادمیوم در ایستگاه‌های پایین دست نسبت به ایستگاه‌های بالادست نشان می‌دهد که پساب صنایع موجود در پایین دست رودخانه

مطالعات علوم محیط زیست، دوره ششم، شماره چهارم، فصل زمستان، سال ۱۴۰۰، صفحه ۴۲۱۰-۴۲۱۹

الملی WHO و EPA برای آب آشامیدنی یافت شد (جدول ۵). بالا بودن میزان کادمیوم در آب سبب ایجاد بیماری‌های کلیوی، افزایش فشار خون و جهش‌های ژنی می‌شود.

کادمیوم در منطقه مورد مطالعه ناشی از منابع آنتروپوژنیک به خصوص تخلیه پساب معادن مس می‌باشد. اختلاف معنی‌داری بین ماه‌های نمونه‌برداری مشاهده نشد (جدول ۳ و ۴). میانگین کادمیوم در ایستگاه‌های ۷ تا ۱۰ در کل دوره نمونه برداری بالاتر از استانداردهای بین

جدول ۳- میانگین غلظت فاکتورهای مورد مطالعه در ماه‌های نمونه برداری

ماه‌های نمونه‌برداری			واحد	عنوان آزمایش
شهریور	مرداد	تیر		
۲۴/۶۴±۰/۳۳	۲۴/۸۹±۰/۵۱	۲۲/۸۲±۰/۵۵	°C	دما
۴/۰۰±۲/۲۴	۳/۶۸±۱/۰۲	۳/۸۰±۰/۴۵	NTU	کدورت
۷/۹۵±۰/۲۵	۷/۴۶±۰/۳۲	۷/۶۵±۰/۳۴	-	pH
۸۰۵/۷۸±۱۰۴/۸۷	۸۲۶/۳۳±۱۱/۸۸	۷۶۴/۳۰±۸۰/۷۰	µmhos/cm	هدایت الکتریکی
۵/۲۲±۳/۱۵	۸/۰۹±۳/۲۷	۱۰/۸۳±۶/۰۹	mg/lit O ₂	BOD ₅
۹/۸۸±۶/۲۵	۱۴/۷۸±۵/۶۳	۱۶/۳۸±۷/۷۶	mg/lit O ₂	COD
۳/۷۸±۰/۸۲	۹/۵۷±۱۳/۳۸	۳/۱۳±۱/۰۰	mg/lit CaCO ₃	کلسیم
۱/۵۳±۰/۵۳	۲/۱۲±۰/۵۷	۰/۷۶±۰/۴۳	mg/lit CaCO ₃	منیزیم
۳/۲۴±۲/۱۷	۳/۸۶±۲/۱۸	۱/۰۰±۰/۵۲	mg/lit SO ₄ ²⁻	سولفات
۱۶/۰۰±۴/۷۹	۱۳/۱۱±۵/۲۳	۱۵/۳۰±۲/۰۰	mg/lit NO ₃ ⁻	نیترات
۰/۴۱±۰/۲۵	۰/۲۰±۰/۰۸	۰/۲۲±۰/۱۴	mg/lit P	فسفات
۰/۱۶±۰/۲۲	۰/۲۶±۰/۴۵	۰/۵۱±۰/۶۹	mg/lit	سرب
۰/۱۳±۰/۲۳	۰/۱۷±۰/۳۰	۰/۲۱±۰/۲۸	mg/lit	کادمیوم

جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس فاکتورهای مورد مطالعه در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری

مقدار p	متغیر وابسته	منبع تغییرات
۰/۹۶۸	دما	ایستگاه‌های نمونه برداری
۰/۰۷۰	کدورت	
۰/۸۹۴	pH	
۰/۷۹۵	هدایت الکتریکی	
۰/۲۳۹	BOD ₅	
۰/۰۱۱	COD	
۰/۴۲۳	کلسیم	
۰/۹۹۹	منیزیم	
۰/۴۱۲	سولفات	
۰/۲۵۷	نیترات	
۰/۴۱۲	فسفات	
۰/۰۰۰	سرب	
۰/۰۰۰	کادمیوم	
۰/۰۰۰	دما	
۰/۹۰۹	کدورت	
۰/۰۰۹	pH	
۰/۱۹۷	هدایت الکتریکی	
۰/۰۲۲	BOD ₅	
۰/۱۱۱	COD	
۰/۰۰۱	کلسیم	
۰/۰۰۰	منیزیم	
۰/۰۰۰	سولفات	
۰/۲۹۷	نیترات	
۰/۰۳۱	فسفات	
۰/۹۵۶	سرب	
۰/۷۹۳	کادمیوم	

جدول ۵- مقادیر مجاز پارامترهای فیزیوشیمیایی در آب آشامیدنی براساس استانداردهای جهانی WHO و EPA

پارامتر	WHO	EPA	منبع
دما	-	-	-
کدورت (NTU)	<1/5	۰/۳-۱	[۲۲, ۲۳]
pH	۶/۵-۹/۵	۶/۵-۸/۵	[۲۲, ۲۳]
هدایت الکتریکی (μmhos/cm)	۳۰۰	-	[۲۴]
BOD ₅	۵	۱۰ (آب های سطحی)	[۲۳, ۲۵]
COD	۱۰	-	[۲۵]
کلسیم (mg/lit)	۷۵	-	[۱۴]
منیزیم (mg/lit)	۳۰	-	[۱۴]
سولفات (mg/lit)	۵۰۰	۲۵۰	[۲۲, ۲۳]
نیترات (mg/lit)	۵۰	۱۰	[۲۲, ۲۳]
فسفات (mg/lit)	۰/۱	-	[۲۲]
سرب (mg/lit)	۰/۰۱	۰/۰۱۵	[۲۲, ۲۳]
کادمیوم (mg/lit)	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	[۲۲, ۲۳]

۴- نتیجه گیری

متذکر شد که مدیریت بهینه و کنترل آلودگی رودخانه دماوند نیازمند جلوگیری از ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی و کشاورزی و همچنین پساب‌های صنعتی به رودخانه می‌باشد. پیشنهاد می‌گردد کلیه صنایع، واحدهای تولیدی و منابع آلوده کننده انسانی و طبیعی در مسیر رودخانه مورد بررسی قرار گرفته و در حد امکان از پساب خروجی صنایع نمونه‌گیری شود. همچنین به منظور مدیریت منابع آبی و با توجه به افزایش احتمال آلودگی آب رودخانه به انواع آلاینده‌ها در اثر فعالیت‌های انسانی و صنعتی، وضعیت کمی و کیفی آلاینده‌های آب باید به صورت سیستماتیک مورد بررسی قرار گیرد.

نتایج این بررسی نشان داد که بر اثر ورود فاضلاب‌های خانگی، فضولات حیوانی، پساب‌های کشاورزی و صنعتی به رودخانه دماوند، برخی از پارامترهای مورد مطالعه مقادیری بیش از حد مجاز استاندارد را نشان دادند، و این امر نشان‌دهنده بار آلودگی زیاد رودخانه می‌باشد. این آلودگی عمدتاً در مناطق پایین دست رودخانه مشاهده شد. عدم تفاوت معنی‌دار بین میزان پارامترهای مورد بررسی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که آلودگی ناشی از رواناب‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی در سراسر رودخانه دماوند انتشار یافته است. باید

منابع

- سازمان ملی استاندارد ایران. کیفیت آب- اندازه گیری اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی بعد از n روز. استاندارد شماره ۱-۸۳۹۶:۱۳۸۴.
- سازمان ملی استاندارد ایران. کیفیت آب- اندازه گیری اکسیژن مورد نیاز شیمیایی. استاندارد شماره ۱۰۶۱۲:۱۳۸۶.
- سازمان ملی استاندارد ایران. کیفیت آب - تعیین مجموع کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون با EDTA. استاندارد شماره ۸۶۵۲:۱۳۸۴.
- Ahuja S. Overview. In: S. Ahuja (Ed.), Handbook of water quality and purity, New York, NY: Elsevier Inc.; 2009. p. 1-16.
- Vigil K M. Clean water: an introduction to water quality and water pollution control, Corvallis, OR: Oregon State University Press Corvallis.; 2003.
- Salati S, Moore F. Assessment of heavy metal concentration in the Khoshk River water and sediment, Shiraz, Southwest Iran. Environmental Monitoring and Assessment; 2010; 164: 677-689.
- Siegel F R. Indicator Media of Environmental Health Status. In: Environmental geochemistry of potentially toxic Metals. Berlin: Springer.; 2002.
- Shams G K, Yusefzadeh A, Godini H, Hoseinzadeh E, Khoshgoftar M, Yusefzadeh A. Evaluation of river water quality using NSFQI and GIS: A case study of Khorramrood River in Khorramabad, Iran. Archives of Hygiene Sciences; 2014; 3(3):101-111.
- Sabahi H, Faizi M, Viesi H, Asilan K S. Study on the influence of agricultural activities on water quality of Sikan River. Environmental Sciences; 2010; 7(4): 23-30. [In Persian]
- Edokpayi J N, Odiyo J O, Msagati T AM, Potgieter N. Temporal variations in physico-chemical and microbiological characteristics of Mvudi River, South Africa. International Journal of Environmental Research and Public Health; 2015; 12 (4): 4128.
- Rajiv P, Salam H A, Kamaraj M, Rajeshwari S, Sankar A. (2012). Physico chemical and microbial analysis of different river waters in western Tamil Nadu, India. I Research Journal of Environment Sciences; 2012; 1(1):2-6.

- Franson, M A H. Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington, 20th Ed.; 1998.
- Sibanda T, Chigor V N, Koba S, Obi C L, Okoh A I. Characterisation of the physicochemical qualities of a typical rural-based river: ecological and public health implications. *International Journal of Environmental Science and Technology*; 2014; 11:1771–1780.
- Trivedi P, Bajpai A, Thareja S. Evaluation of Water Quality: Physico – Chemical Characteristics of Ganga River at Kanpur by using Correlation Study. *Nature and Science*; 2009; 1(6): 91-94.
- Vijayalakshmi G, Ramadas V, Nellaiah H. Evaluation of physicochemical and microbial parameters and microbiological population of Cauvery River water in the pallipalayam region of Tamilnadu, India. *International Journal of Research in Engineering and Technology*; 2013; 2(3): 305- 312.
- Jafari G N. Ecological studies on aquatic vegetation of Punes wetlands., Ph.D: Environmental Science, University of Pune, India; 2011.
- Suthar S, Sharma J, Chabukdhara M, Nema A K. Water quality assessment of riverHindon at Ghaziabad, India: impact of industrial and urban wastewater. *Environmental Monitoring and Assessment*; 2010; 165:103–112.
- Hur J, Cho J. Prediction of BOD, COD, and total nitrogen concentrations in a typical urban river using a fluorescence excitation-emission matrix with PARAFAC and UV absorption Indices. *Sensors*; 2012; 12: 972-986.
- Potasznik A, Szymczyk S. Magnesium and calcium concentrations in the surface water and bottom deposits of a river-lake system. *Journal of Elementology*; 2015; 20(3): 677-692.
- Dimkic M, Brauch H J, Kavanaugh M. In: *Groundwater Management in Large River Basins., Groundwater Management in Large River Basins*; 2005.
- Varol M, Sen B. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. *CATENA*; 2012; 92: 1-10.
- WHO. Guidelines to drinking water quality. World Health Organization. Geneva, Switzerland; 2008.
- [USEPA. National Primary Drinking Water Regulations. United States Environmental Protection Agency. EPA 816-F-09-004; 2009.
- Nkansah M A, Boadi N O, Badu M. Assessment of the Quality of Water from Hand-Dug Wells in Ghana. *Environmental Health Insights*; 2010; 4: 7–12.
- Usharani K, Umarani K, Ayyasamy P M, Shanthi K, Lakshmanaperumalsamy P. (2010). Physico-chemical and bacteriological characteristics of Noyyal River and ground water quality of Perur. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*; 2010; 14 (2): 29- 35.

Qualitative and Quantitative Assessment of the Damavand River

Shahrzad Khoramnejadian^{1*}

^{1*} - department of environment, Damavand branch, Islamic azad university Damavand ,iran

*Email address: Khoramnejad@damavandiau.ac.ir

Abstract

Introduction

The present study was conducted to evaluate the physico-chemical parameters and heavy metals (Lead and Cadmium) levels in the water of the Damavand River.

Methodology

Samples were collected from 10 stations over a three-month summer period in 2015. The studied parameters were measured according to the standard methods for the examination of water and wastewater and the institute of standards and industrial research of Iran guidelines. Temperature, pH and turbidity were measured in situ. There were no significant differences between temperature, pH, turbidity, electrical conductivity, BOD, calcium, magnesium, sulphate, nitrate and phosphate in the stations at 95% confidence level. Significantly ($P < 0.05$) highest level of COD was for station 10 (24.47 ± 7.45 mg/lit) and the lowest one was in station 4 (8.34 ± 5.56 mg/lit). Significantly lowest levels of lead and cadmium were obtained at station 1. There were no significant variations ($P > 0.05$) between lead levels in the stations 8, 9 and 10 and also between cadmium concentrations in the stations 8 and 10; these stations had the highest levels of the heavy metals.

Conclusion

This result was due to effluents from industrial units in the downstream of the river. There were significant differences between temperature, pH, BOD, calcium, magnesium, sulphate and phosphate in the months at 95% confidence level. Results showed that the mean levels of electrical conductivity and COD in the stations were higher than world health organization limit recommended for drinking water, the mean levels of nitrate were above the environmental protection agency standard and the levels of BOD, phosphate, lead and cadmium were higher than both standards.

Keywords

Pollution; Fresh Waters; Physico-chemical Parameters; Heavy Metals; Damavand River