

## ارزیابی کیفیت آب رودخانه پیرغار به منظور شرب و آبیاری، استان چهارمحال و بختیاری

فاطمه قائدامینی<sup>۱</sup>، رسول زمانی احمد محمودی<sup>۲\*</sup>، مریم نجفی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بوم شناسی آبیان، گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

۲. استادیار گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

۳. کارشناس شرکت آب و فاضلاب استان چهارمحال و بختیاری

(تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۳۰)

### چکیده

به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه پیرغار استان چهارمحال و بختیاری که به عنوان یکی از منابع اصلی برای مصارف شهری، روستایی، کشاورزی و آبیاری پروری نقش مهمی دارد، نمونه‌های آب جهت سنجش تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی (pH، درجه حرارت، کدورت، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، نیترات و فسفات، مجموع مواد جامد معلق، کل مواد جامد) و پارامترهای میکروبی (کلیفرم کل، مدفوعی و باکتری‌های هتروتروف HPC) از ۵ ایستگاه در طول مسیر رودخانه در بهمن ماه سال ۹۴ جمع‌آوری شد. روش‌های نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها مطابق کتاب استاندارد انجمن بهداشت عمومی آمریکا با عنوان روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب متد انجام شد. نتایج نشان داد که درجه آلودگی باکتریایی رودخانه طبق اولین استاندارد اروپایی سازمان بهداشت جهانی، با توجه به میزان کلیفرم کل در گروه سوم (یعنی آلودگی زیاد) و با توجه به میزان کلیفرم مدفوعی در گروه اول قرار دارد. همچنین سایر پارامترهای کیفی آب رودخانه طبق استانداردهای آبیان، استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، سازمان بهداشت جهانی و مؤسسه استاندارد تحقیقات صنعتی ایران در وضعیتی بهینه قرار دارند و تنها میزان EC و کدورت بالاتر از استانداردهای موجود است.

**کلید واژگان:** پارامترهای میکروبی، پارامترهای فیزیکی شیمیایی، رودخانه پیرغار

## ۱. مقدمه

آب رودخانه نقش کلیدی در سلامت انسان و در توسعه اجتماعی و اقتصادی دارد و اغلب اوقات تحت تأثیر عوامل طبیعی و هم فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرد. درک عمیق از نقش عوامل کیفی آب می‌تواند در توسعه استراتژی مدیریت حوضه آبریز مؤثر باشد و برای حفاظت از منابع آب کمک کند (Xu et al., 2016). در بسیاری از نقاط جهان، وجود منابع آب پاک، از مهم‌ترین عوامل محدود کننده توسعه اقتصادی و اجتماعی است. در این میان، آلودگی تدریجی منابع و کاهش کیفیت آب، یکی از موضوعات اصلی در مبحث تخریب محیط زیست به‌شمار می‌رود (Groot et al., 2002). توسعه انسانی و گسترش فعالیت‌های اقتصادی، بدون شک منجر به افزایش نیاز آب برای اهداف مختلف می‌شود. منابع آب در ایران، به خصوص در سه دهه گذشته در اثر مصرف بیش از حد در کاربری‌های مختلف تحت تأثیر قرار گرفته و به علت تغییرات آب و هوایی در این سال‌ها با کاهش قابل توجهی مواجه شده است. کیفیت آب رودخانه به طور حتم متأثر از کاربری‌های کمی و کیفی منابع مختلف آن است (Vaux, 2001). توجه به کیفیت مطلوب فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب در راستای نوع استفاده در بخش شرب، کشاورزی، صنعت و رهاسازی در محیط زیست ضروری است. در برخی از مناطق، کنترل غلظت برخی آلاینده‌ها جهت تأمین سلامتی مردم لازم است که این گونه اقدامات شامل انجام آزمایش‌های شیمیایی و میکروبی بر روی منابع تأمین آب می‌باشند (Nabakhsh, 2003). همچنین تعیین مقادیر پاراسنجه‌های کیفی آب، به منظور تمایز بین غلظت طبیعی و غلظت‌های انسان منشأ که به همدیگر بسیار مرتبط هستند، انجام می‌شود (Arpine & Gayane, 2016). بر اساس آمار منتشر شده توسط سازمان جهانی بهداشت، مصرف آب حاوی میکروب‌ها سالیانه باعث مرگ ۵ میلیون نفر در دنیا می‌شود که اغلب این افراد را

کودکان زیر ۵ سال تشکیل می‌دهند (WHO, 2004). شاخص متداول مورد استفاده در بررسی کیفیت میکروبی آب و تطابق آن با استانداردهای موجود، عبارت است از تعیین حضور باکتری‌های کلیفرم کلس<sup>۱</sup> و کلیفرم مدفوعی<sup>۲</sup> در آب طی سه مرحله احتمالی، تأییدی و تکمیلی (APHA, 2001). با این حال، امروزه شمارش باکتری‌های هتروتروف<sup>۳</sup> HPC به روش بشقابی، از جمله شاخص‌هایی است که به عنوان مکمل شاخص کلیفرم در کنترل کیفی آب مورد توجه قرار گرفته و شناسایی باکتری‌های HPC در ارزیابی کیفیت آب می‌تواند بسیار مفید باشد (Carter et al., 2000). باکتری‌های هتروتروف به‌طور گسترده‌ای به عنوان شاخص کیفیت آب آشامیدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Grabow, 1996). از سوی دیگر، مطالعات متعدد روی باکتری‌های HPC نشان داده که این باکتری‌ها دارای فاکتورهای بیماری‌زایی هستند. بنابراین آزمایش HPC در آب به عنوان ابزاری برای حصول اطمینان از سلامت مصرف‌کنندگان باید مورد توجه قرار گیرد (WHO, 2002). اگرچه ارتباطی بین غلظت HPC و خطر سلامتی انسان‌ها هنوز مشاهده نشده است (Allen et al., 2004)، اما با در نظر گرفتن تجارب موجود در دنیا (Sartory, 2004) و جنبه‌های افت کیفی آب در اثر تشکیل بیوفیلم<sup>۴</sup> (ایجاد طعم و بو) و همچنین احتمال ایجاد عفونت در افرادی که دارای نقص سامانه ایمنی هستند می‌توان نتیجه گرفت که پایش HPC می‌تواند در ردیف فعالیت‌های معمول کنترل کیفی آب مد نظر قرار گیرد (Bartram et al., 2004). مطالعات نشان می‌دهد که چگونه فعالیت‌های انسانی باعث تغییر در الگوی مکانی و تغییرات کیفیت آب رودخانه می‌شوند و نتایج به‌دست آمده از این مطالعات می‌توانند مرجعی برای توسعه

1Total Coliform

2Fecal Coliform

3Heterotrophic Plate Count

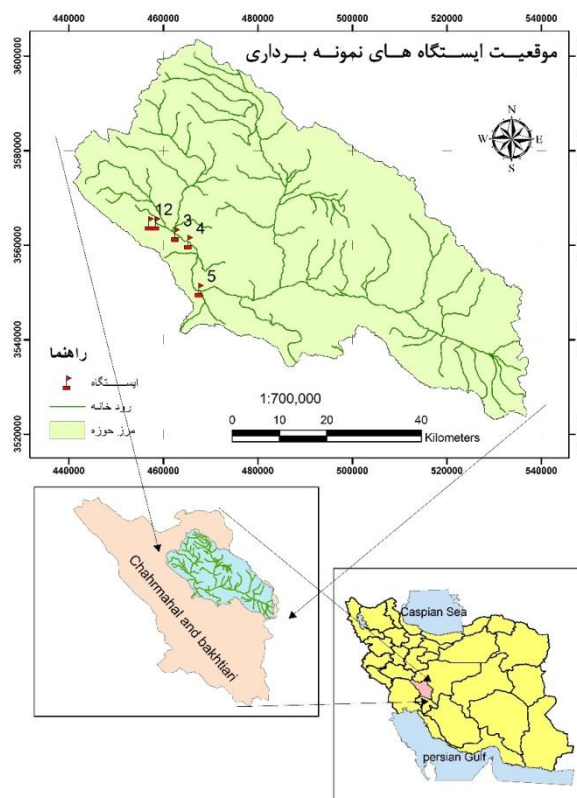
4Biofilms

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

رودخانه پیرغار در نزدیکی روستای ده‌چشمه از توابع، بخش مرکزی شهرستان فارس در ۳۹ کیلومتری جنوب غربی شهرکرد مرکز استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است (شکل ۱). روستای ده‌چشمه در مختصات جغرافیایی  $33^{\circ} 13'$  عرض جغرافیایی و  $50^{\circ} 33'$  طول جغرافیایی و در ارتفاع ۲۰۰۰ متری سطح دریا قرار دارد و اقلیم این منطقه مدیترانه‌ای است (Rahimi & Ranjbar, 2012). نمونه‌برداری در بهمن‌ماه سال ۹۴ از ۵ نقطه رودخانه پیرغار (حداصل ده چشمه تا آب بهشت آباد) به طول ۲۴ کیلومتر انجام شد (شکل ۱).

دستورالعمل استفاده از زمین و برای اولویت‌بندی شیوه‌های مدیریت برای حفظ کیفیت جریان آب در یک حوضه رودخانه بزرگ باشند (Xu et al., 2016). در مطالعه حاضر تأثیر پساب‌های کشاورزی، مزارع پرورش ماهی و همچنین فاضلاب روستایی بر کیفیت آب رودخانه پیرغار بررسی شده است. همچنین مقادیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه با استانداردهای کیفیت آب کانادا برای حفاظت از زندگی آبزیان<sup>۱</sup>، استانداردهای صنعتی ایران، استانداردهای آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا<sup>۲</sup> EPA و استانداردهای سازمان بهداشت جهانی<sup>۳</sup> WHO مقایسه شده است (EPA, 1996; WHO, 2004; CCME, 2006; Ghane, 2007).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان چهارمحال و بختیاری، شهرستان فارس و موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

1 Canadian Council of Ministers of the Environment

2 Environmental Protection Agency

3 World Health Organization

## ۲.۲. روش کار

نمونه برداری آب جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب در هر ایستگاه پس از ۳ بار شستشوی ظروف نمونه‌گیری پلی اتیلنی با آب رودخانه که از قبل استریل شده بودند انجام شد. نقاط نمونه‌برداری با در نظر گرفتن کاربری‌های موجود، ورود شاخه‌های فرعی و منابع آلاینده و در دسترس بودن نقاط نمونه‌برداری انتخاب شدند. در ادامه نمونه‌ها در یخ و در شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شد. استریل نمودن ظروف، نمونه‌برداری، حمل و نقل و نگهداری آن‌ها در آزمایشگاه طبق دستورالعمل ۱۰۶۰ موجود در استاندارد متد انجام گرفت (Clesceri *et al.*, 1998; APHA, 2009). از بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی تعداد ۱۱ پارامتر شامل درجه حرارت، pH

کدورت<sup>۱</sup> (NTU) اکسیژن خواهی بیوشیمیایی<sup>۲</sup> (BOD<sub>5</sub>)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی<sup>۳</sup> (COD)، اکسیژن محلول<sup>۴</sup> (DO)، هدایت الکتریکی<sup>۵</sup> (EC)، نیترات<sup>۶</sup> (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) و فسفات آلی<sup>۷</sup> (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)، مجموع مواد جامد معلق<sup>۸</sup> (TSS)، مجموع مواد جامد محلول<sup>۹</sup> (TDS) و کل مواد جامد<sup>۱۰</sup> (TS) اندازه‌گیری شد. همچنین ۳ پارامتر میکروبی کلیفرم مدفوعی، کلیفرم کل و باکتری‌های هتروتروف HPC طبق استاندارد ۳۷۵۹ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و استاندارد متد مورد بررسی قرار گرفتند (Alizade, 2003; APHA, 2009). روش آزمایش بر اساس استاندارد متد، دستگاه‌های مورد استفاده و دقت و حد تشخیص دستگاه در جدول ۱ ارائه گردیده است (APHA, 2009).

جدول ۱. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده بر حسب روش آزمایش<sup>۱۰۹۸۷۶۱۲۳۴۵</sup>

ردیف	پارامتر	روش آزمایش	توضیحات	دقت و حد تشخیص
۱	دما	۲۵۵۰	دستگاه ترمومتر دیجیتال	۰/۱ °C
۲	pH	۴۵۰۰	دستگاه pH متر	۰/۰۱
۳	DO	۴۵۰۰	دستگاه DO متر	۰/۰۱ ppm
۴	BOD	۵۲۲۱۰	دستگاه BOD متر (HACH) OxiDirect	۰/۰۱ ppm
۵	COD	۵۲۲۱۰	دستگاه COD متر ۲۰۰ (HACH) Digestion	۰/۰۱ ppm
۶	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	۴۵۰۰	اسپکتروفتومتر Hach DR-۳۴۰۰	۰/۰۱ ppm
۷	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	۴۵۰۰	اسپکتروفتومتر Hach DR-۳۴۰۰	۰/۰۱ ppm
۸	EC	۲۵۱۰	دستگاه EC متر (HACH) sension7	S/cm $\mu$
۹	کدورت	۲۱۳۰	سنسور Solitax ts (HACH) line	۰/۱ NTU
۱۰	TDS	۲۳۴۰	روش اختلاف وزنی	۰/۰۱ ppm
۱۱	TSS	۲۳۴۰	روش اختلاف وزنی	۰/۰۱ ppm
۱۲	TS	۲۳۴۰	روش اختلاف وزنی	۰/۰۱ ppm
۱۳	Total Coliform	۳۷۵۹	تخمیر چندلوله‌ای به روش MPN	MPN/100ml
۱۴	Coliform Fecal	۳۷۵۹	تخمیر چندلوله‌ای به روش MPN	MPN/100ml
۱۵	HPC	۳۷۵۹	روش (HPC) Pour Plate	۰/۱ CFU/ml

<sup>1</sup> Nephelometric Turbidity Unit

<sup>2</sup> Biological Oxygen Demand

<sup>3</sup> Chemical Oxygen Demand

<sup>4</sup> Dissolved oxygen

<sup>5</sup> Electrical Conductivity

<sup>6</sup> Nitrate(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

<sup>7</sup> Phosphate(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

<sup>8</sup> Total Suspended Solids

<sup>9</sup> Total Dissolved Solids

<sup>10</sup> Total Solids

## ۳. نتایج

استانداردهای مختلف در جدول ۲ ارائه گردیده است.

نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها و مقایسه نتایج با

جدول ۲. مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده و مقایسه نتایج با استانداردهای مختلف

نام پارامترهای اندازه‌گیری شده	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	حداکثر استاندارد WHO	حداکثر استاندارد صنعتی ایران	حداکثر استاندارد EPA	حداکثر استاندارد آبریان	واحد اندازه‌گیری
pH	۷/۸	۷/۹	۸/۱۸	۸/۲۶	۸/۹۲	۸/۵-۶/۵	۵-۶/۹	۸/۵	۹-۶/۵	-
دما	۱۱/۵	۱۲	۹/۳	۹/۳	۱۰	۳۲/۳-۲۶/۳	-	-	-	°C
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	-	-	-	mg/L
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	۶/۵۴	۷/۷۷	۱۰/۷۱	۱۱/۳۶	۱۲/۷۵	۵۰	۵۰	۱۰	۱۳	mg/L
DO	۷/۳۵	۹/۹۷	۹/۹	۹/۹۲	۱۱/۳۳	۵	-	-	۵/۵	mg/L
DO (%)	۵۸/۳	۱۱۷	۱۰۸/۸	۱۱۰	۱۲۵	۵۰	-	-	۵۵	% mg/L
BOD	۰/۰۰	۲/۳	۱/۸	۳/۷	۴/۵	۵	-	۲	-	mg/L
COD	۰/۰۰	۴/۷	۳/۳	۵/۹	۷/۷	۱۰	-	-	-	mg/L
EC	۴۷۴	۴۶۷	۴۹۹	۵۱۶	۵۲۵	۲۵۰	-	-	-	μS/cm
TDS	۲۷۰	۲۶۹/۸	۲۸۳/۳	۲۸۹/۵	۲۹۶/۲	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	mg/L
TSS	۵	۸	۷	۸	۷	۱۰۰۰	-	-	-	mg/L
TS	۲۷۵	۲۷۷/۸	۲۹۰/۳	۲۹۷/۵	۳۰۳/۲	۱۰۰۰	-	-	-	mg/L
کدورت	۱/۷۱	۷/۱۳	۶/۵۶	۶/۵۷	۹/۳۳	۵	۵	۵	۵	NTU
Total Coliform	۰/۰۰	۱۶۰۰<	۱۶۰۰<	۱۶۰۰<	۱۶۰۰<	۰	۰	۰	۰	MPN/100 ML
Fecal Coliform	۰/۰۰	۱۲	۹/۲	۴	۱۷	۰	۰	۰	۰	MPN/100 ML
HPC	۳۰	۴۴۰	۵۸۰	۲۶۰	۶۰۰<	-	۵۰۰	۵۰۰	-	cfu

## ۴. بحث و نتیجه‌گیری

طبق نتایج ارائه شده در جدول ۲ دامنه تغییرات pH از ۷/۸ تا ۸/۹۲ برآورد گردید که نشان می‌دهد آب رودخانه ماهیت قلیایی دارد. میزان pH آب نقش تعیین کننده‌ای در سلامت آب داشته و گفته می‌شود pH یک فاکتور بسیار مهم در ارزیابی کیفیت آب است (Ahipathy & puttaiah, 2006). در این مطالعه مقادیر pH آب اختلاف معناداری را بین ایستگاه‌ها نشان نداد.

اگرچه پساب مزارع پرورش ماهی به طور معمول به دلیل تنفس آبریان پرورشی، تجزیه مواد دفعی و بقایای مواد غذایی و... دارای pH اسیدی است، اما به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر کیفیت مناسب آب رودخانه و قرار داشتن pH آب در دامنه قلیایی و خاصیت بافری آن مانع از ایجاد تغییرات قابل توجه در pH آب رودخانه شده است. طبق جدول ۲ میانگین مقادیر به دست آمده برای pH (۸/۲۱) با مقادیر استاندارد برای آبریان (Lumb et al., 2002; CCME, 2006)، استاندارد صنعتی

مسیر رودخانه از ایستگاه ۱ تا ایستگاه ۵ افزایش می‌یابد که به دنبال افزایش میزان  $BOD_5$  تأکیدی بر شدت افزایش میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده است (Babaie et al., 2009). این افزایش  $NO_3^-$  می‌تواند به علت افزایش استفاده از کودهای نیتراته در مزارع کشاورزی و آبیاری غرق آبی زمین‌های کشاورزی و باغات که از طریق نفوذ به پیکره آبی رودخانه باعث افزایش بار مواد مغذی رودخانه شده است.  $NO_3^-$  می‌تواند ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌های در حال تجزیه مواد آلی باشد، همچنین در مزارع پرورش ماهی ماهی‌ها دارای ترکیبات حاوی نیتروژن از جمله آمونیاک و اوره هستند که در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها ممکن است به  $NO_3^-$  تغییر یابد. Mehrdadi و همکاران (۲۰۰۳) نیز با بررسی رودخانهٔ تجن علت بالا بودن  $NO_3^-$  در فصل تابستان را افزایش فعالیت کشاورزی و تخلیهٔ فاضلاب‌های شهری و صنعتی بیان کردند (Mehrdadi et al., 2003). Parham و همکاران (۲۰۰۷) نیز با بررسی دریاچهٔ پشت سد کرخه منابع ورود نیتروژن و فسفر به این دریاچه را آبشویی و روان‌آب‌های سطحی از آبخیز، انتقال بیولوژیکی<sup>۱</sup>، نیتریفیکاسیون<sup>۲</sup> و ورود آب‌های زیرزمینی که به دریاچه‌ها تخلیه شده اشاره کرد (Parham et al., 2007). نتایج حاصل از مطالعهٔ Yu و همکاران (۲۰۱۶) در حوضهٔ رودخانهٔ وی در چین نشان می‌دهد که استفاده از زمین به طور کلی تأثیر قوی تری نسبت به سایر عوامل بر روی کیفیت آب جاری می‌گذارد، همچنین کشاورزی و اراضی شهری در مقایسه با دیگر کاربری‌های زمین، یک ارتباط قوی تری با متغیرهای کیفیت آب در هر دو فصل بارانی و خشک دارند (Yu et al., 2016). Bahar و همکاران (۲۰۰۸) منطقهٔ مسکونی ارتباط مثبتی با  $NO_3^-$ ، از خود نشان داد و منطقهٔ شهری در حال توسعه همبستگی منفی ضعیفی با  $NO_3^-$  داشت. همچنین منطقهٔ صنعتی همبستگی منفی متوسطی با  $NO_3^-$  نشان

ایران و همچنین مقادیر گزارش شده توسط EPA و WHO مطابقت دارد (EPA, 1996; WHO, 2004). دمای آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از حداقل  $9/3^\circ C$  در ایستگاه ۳ و ۴ تا حداکثر  $12^\circ C$  در ایستگاه ۲ متغیر بود که این میزان از حداکثر مجاز دمای استاندارد گزارش شده توسط سازمان بهداشت جهانی کمتر است (WHO, 2004). در مطالعهٔ Fan و همکاران (۲۰۱۲) هدفه پارامتر کیفیت آب برای درک بیشتر مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که تمام پارامترها به جز درجهٔ حرارت هوا و درجهٔ حرارت آب اختلاف چشمگیری بین ایستگاه‌ها از خود نشان دادند که با مطالعهٔ حاضر همخوانی دارد و دمای آب در محدودهٔ استاندارد مطلوبی قرار دارد (Fan et al., 2009).  $PO_4^{3-}$  در ایستگاه ۱ (چشمهٔ پیرغار) میزان صفر را نشان می‌دهد ولی در ایستگاه بعدی یعنی بعد از مزرعهٔ پرورش ماهی میزان  $PO_4^{3-}$  افزایش می‌یابد. از جمله دلایل افزایش میزان  $PO_4^{3-}$  ورود پساب مزارع پرورش ماهی به رودخانه است، این موضوع در مطالعات قبلی نیز اشاره شده است (Aubin et al., 2011; Camargo et al., 2011; Guilpart et al., 2012).  $PO_4^{3-}$  یکی از ترکیبات محدودکنندهٔ تولیدکنندگان اولیه در اکوسیستم‌های آبی است،  $PO_4^{3-}$  در برخورد با مواد دیگر ذرات کلوییدی تشکیل می‌دهد و رسوب می‌کند که این موضوع می‌تواند عامل کاهش میزان  $PO_4^{3-}$  در ایستگاه‌های ۴ و ۵ باشد (Babaie et al., 2009). همچنین کاهش میزان  $PO_4^{3-}$  در ایستگاه‌های ۴ و ۵ به علت خودپالایی رودخانهٔ پیرغار است که در مطالعهٔ Boaventura و همکاران (۱۹۹۷) نیز گزارش شده است (Boaventura et al., 2009). میانگین  $NO_3^-$  در آب رودخانه برابر با  $9/82$  میلی‌گرم در لیتر بود که میزان آن‌ها با استانداردهای جهانی و ایران (WHO, 2004) و همچنین استاندارد آبیان (Lumb et al., 2002; CCME, 2006) مطابقت دارد. بنابراین آب رودخانه از نظر میزان  $NO_3^-$  مناسب برای آبیان، شرب و سایر مصارف است. میزان  $NO_3^-$  در طول

<sup>1</sup> Biologically

<sup>2</sup> Nitrification

شیمیایی از فاکتورهای مهم در شناخت الگوی معدنی شدن مواد آلی در اکوسیستم های رودخانه ای محسوب می گردد، COD پارامتری است که به طور گسترده برای تعیین میزان پسماندهای قابل اکسایش شیمیایی استفاده شده و اصولاً برای ارزیابی مقدار این مواد در مخلوطی از آلوده کننده ها مثل فاضلاب های خانگی، کشاورزی و پسماندهای صنعتی به کار گرفته می شود (Kazi et al., 2009). افزایش غلظت COD در ایستگاه ۲ بعد از مزرعه پرورش ماهی گویای تأثیرپذیری این ایستگاه از منابع خارج از سیستم رودخانه است که نشان دهنده ارتباط مستقیم این پارامتر با شدت فعالیت های آبی پروری در این منطقه است و در تحقیقات سایر محققین نیز به اثبات رسیده است (Fries and Bowles, 2002; Pulatsu et al., 2004; Maillard et al., 2005). با طی مسیری چند کیلومتری در ایستگاه ۳ مقدار COD کاهش می یابد که حاکی از تجزیه بالای مواد آلی در مسیر رودخانه است. در ایستگاه ۴ و ۵ میزان COD رو به افزایش است و این می تواند به دلیل ورود زه آب های کشاورزی اطراف رودخانه باشد (Babaie et al., 2009). یکی از دلایل افزایش میزان فاکتور COD در منطقه مورد مطالعه ورود فاضلاب های خانگی، همچنین ورود پساب باغ های کشاورزی و پساب های صنعتی به محیط است. با توجه به این که از بین منابع آلاینده رودخانه، تنها پساب های کشاورزی هستند که متناسب با فصول کار کشاورزی دارای نوسان هستند، لذا به نظر می رسد تغییر در میزان COD بین فصول مختلف ناشی از فعالیت های کشاورزی باشد. EC آب ناشی از میزان یون های مثبت بوده که اثرات زیادی روی طعم و مزه آب دارند. بنابراین اثر قابل توجهی روی میزان مقبولیت آب برای نوشیدن دارد (Pradeep, 1998; WHO, 2004). EC نتیجه غیر مستقیم میزان نمک های محلول است، به طوری که میزان بالای آن می تواند ناشی از اثر سنگ های رسوبی و یا منابع انسانی مثل صنعت و یا خروجی فاضلاب باشد (WHO, 2004). در مطالعه حاضر تغییرات EC بین

داد و زمین های کشاورزی ارتباط مثبت با  $\text{NO}_3^-$  نشان دادند که این میزان  $\text{NO}_3^-$  به دلیل وجود کود و فعالیت بیولوژیکی گیاهان وجود دارد (Bahar et al., 2008). مقادیر به دست آمده برای DO در دوره مطالعه هرگز به شرایط بحرانی کمتر از ۵ نرسیده و کیفیت آب را خوب ارزیابی می کند. همان طور که مشاهده می شود میانگین غلظت اکسیژن محلول برابر با ۹/۶۹ میلی گرم در لیتر بود که با استاندارد آیزان CCME و استاندارد جهانی WHO مطابقت داشته و برای مصارف انسانی (شنا، استحمام و نوشیدن) و بسیاری از موجودات آبی مناسب است (Hammer, 1986). تغییرات اکسیژن محلول همزمان با ورود مواد آلی قابل تجزیه به آب، فعالیت باکتری های تجزیه کننده افزایش یافته و در نتیجه میزان BOD بالا رفته و به دنبال آن DO به سرعت کاهش می یابد. در این رودخانه غلظت نسبتاً بالای اکسیژن در همه نقاط و حتی در پایین دست مزرعه پرورش ماهی احتمالاً به این علت است که این رودخانه دارای یک بستر سنگلاخی با شیب بالا است که هوادهی را به صورت مکانیکی انجام می دهد. البته کاهش اکسیژن آب به دلیل وجود مزارع پرورش ماهی نیز در این منطقه اتفاق می افتد ولی موازنه اکسیژن به دلیل هوادهی به وسیله نیروی گرانشی منطقه، این کاهش را جبران می نماید (Lumb et al., 2002; WHO, 2004; CCME, 2006). میانگین میزان BOD آب رودخانه ۲/۴۶ میلی گرم در لیتر است. بر اساس استاندارد EPA میزان BOD ۲-۰ نشان دهنده آب بسیار تمیز، ۲-۵ نشان دهنده آب نسبتاً آلوده و بیشتر از ۵ آب نشان دهنده آب شدیداً آلوده است که بر این اساس آب رودخانه پیرگار تا ایستگاه ۳ جزو آب های بسیار تمیز و در ایستگاه های ۴ و ۵ جزو آب های نسبتاً آلوده است (EPA, 1996). بالا رفتن میزان BOD آب رودخانه می تواند به علت ورود آلاینده های آلی قابل تجزیه، ناشی از پساب های انسانی، فعالیت های کشاورزی و دامپروری باشد (Behbahani Nia, Salmasi, 2003, Kazi et al., 2009). غلظت اکسیژن مورد نیاز جهت تجزیه مواد آلی

ایستگاه‌ها بسیار ناچیز بوده است. در ایستگاه ۲ و بعد از مزرعه پرورش ماهی EC به میزان ۴۷۴ میکروزمینس بر سانتیمتر کاهش یافته است. با حرکت به سمت پایین دست رودخانه میزان EC به مقدار جزئی افزایش می‌یابد. یکی از علل این افزایش جزئی EC را می‌توان به جنس بستر نسبت داد که از حالت قلوه سنگی (بالا دست) به سمت شنی-ماسه‌ای همراه با مواد آلی ته نشین شده (پایین دست) تغییر می‌یابد. وجود نهشته‌های رسوبی در نواحی پایین دست نشان دهنده عمل فرسایش یا آبشویی زمین‌های اطراف و یا ورود پساب‌های حاوی انواع آلاینده‌ها به رودخانه است که می‌تواند املاح را نیز به همراه داشته باشد و باعث افزایش EC در امتداد مسیر رودخانه گردد که نشان می‌دهد EC با افزایش میزان مواد جامد محلول رابطه مستقیم دارد (Georgi por et al., 2007). بر اساس نتایج حاصل از مطالعه Bahar و همکاران (۲۰۰۸) منطقه مسکونی و منطقه شهری در حال توسعه ارتباط با EC دارد. مساحت مناطق با پوشش گیاهی بالا تقریباً به صورت معکوس به تمام یون‌ها مربوط است که نشان می‌دهد این شکل استفاده از زمین به منظور حفظ کیفیت آب رودخانه لازم است (Bahar et al., 2008). نتایج حاصل از مطالعه Hillel و همکاران (۲۰۱۵) نشان می‌دهد که روند فصلی معکوس کلی بین EC و سطح آب وجود دارد و نیز مقادیر زیادی مربوط به حوادث سیل در طول دوره مرطوب پیدا شد که با نتایج به‌دست آمده از این مطالعه همخوانی دارد (Hillel et al., 2015). میزان EC آب این رودخانه در منطقه مورد مطالعه در محدوده قابل قبول برای پرورش آبزیان بوده و دارای قابلیت آبی‌پروری است. علاوه بر این عدم وجود منبع آلاینده‌های صنعتی در منطقه از نکات مثبت توسعه آبی‌پروری پایدار و متناسب با توان خودپالایی رودخانه است (CCME, 2006). در طول مسیر رودخانه میزان TDS به تدریج افزایش می‌یابد تا به حداکثر مقدار خود در ایستگاه ۵ می‌رسد که این میزان کمتر از حداکثر مقدار تعیین شده استانداردهای جهانی است (EPA, 1996).

مطالعات مشابه نشان داده است که افزایش هرزآب‌های سطحی، طغیان رودخانه، افزایش دبی و تلاطم شدید در آب رودخانه، فعالیت‌های انسانی در حاشیه رودخانه و کاربری اراضی منجر به افزایش میزان TDS می‌شود. یافته‌های حاصل از این تحقیق با بسیاری از یافته‌های تحقیقات مشابه مطابقت دارد (Mehrdadi, et al., 2003; Fathi et al., 2011). مقادیر TSS آب در ایستگاه ۳ نسبت به ایستگاه ۲ و در ایستگاه ۵ نسبت به ۴ کاهش یافته است که به دلیل کاهش شیب و کاهش سرعت آب و همچنین سکون آب و رسوب مقداری از مواد معلق در داخل حوضچه‌های مخصوص انتقال آب به کانال‌های کشاورزی است. در طول مسیر افزایش توان آب رودخانه در جدا کردن ذرات از بستر و حمل آن‌ها عامل مهمی جهت بالا رفتن TSS در مسیر حرکت آب است. وجود مواد معلق از نظر زیبایی به آب لطمه زده و می‌توانند محل‌هایی را برای جذب سطحی مواد شیمیایی و بیولوژیکی به‌وجود آورند (Amirbeigie, 2004). استانداردهای سازمان بهداشت آب آشامیدنی آمریکا مقدار TS را برای یک آب قابل شرب خوب ۵۰۰ mg/L گزارش کرده است اما اگر در ناحیه‌ای نتوان به استاندارد ۵۰۰ mg/L دست یافت مقدار ۱۰۰۰ mg/L نیز اجازه داده شده است که با مقادیر به‌دست آمده از رودخانه پیرغار مطابقت دارد (WHO, 2004). مقادیر به دست آمده کدورت، بیشتر از حد مجاز بوده و با استاندارد آبیان و استانداردهای جهانی و ایران (EPA, 1996; Lumb et al., 2002; WHO, 2004; CCME, 2006) سازگاری ندارد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد افزایش میزان کدورت آب در پاییز و زمستان به علت بارندگی زیاد و افزایش دبی رودخانه در این دو فصل باشد که علاوه بر آبشویی زمین‌های اطراف و افزایش میزان هرزآب‌های سطحی (که در مناطق مختلف وارد رودخانه می‌شود)، موجب تلاطم شدید آب رودخانه و به هم خوردن رسوبات بستر شده است. کاملاً طبیعی است که تغییرات دبی

ایستگاه‌ها بسیار ناچیز بوده است. در ایستگاه ۲ و بعد از مزرعه پرورش ماهی EC به میزان ۴۷۴ میکروزمینس بر سانتیمتر کاهش یافته است. با حرکت به سمت پایین دست رودخانه میزان EC به مقدار جزئی افزایش می‌یابد. یکی از علل این افزایش جزئی EC را می‌توان به جنس بستر نسبت داد که از حالت قلوه سنگی (بالا دست) به سمت شنی-ماسه‌ای همراه با مواد آلی ته نشین شده (پایین دست) تغییر می‌یابد. وجود نهشته‌های رسوبی در نواحی پایین دست نشان دهنده عمل فرسایش یا آبشویی زمین‌های اطراف و یا ورود پساب‌های حاوی انواع آلاینده‌ها به رودخانه است که می‌تواند املاح را نیز به همراه داشته باشد و باعث افزایش EC در امتداد مسیر رودخانه گردد که نشان می‌دهد EC با افزایش میزان مواد جامد محلول رابطه مستقیم دارد (Georgi por et al., 2007). بر اساس نتایج حاصل از مطالعه Bahar و همکاران (۲۰۰۸) منطقه مسکونی و منطقه شهری در حال توسعه ارتباط با EC دارد. مساحت مناطق با پوشش گیاهی بالا تقریباً به صورت معکوس به تمام یون‌ها مربوط است که نشان می‌دهد این شکل استفاده از زمین به منظور حفظ کیفیت آب رودخانه لازم است (Bahar et al., 2008). نتایج حاصل از مطالعه Hillel و همکاران (۲۰۱۵) نشان می‌دهد که روند فصلی معکوس کلی بین EC و سطح آب وجود دارد و نیز مقادیر زیادی مربوط به حوادث سیل در طول دوره مرطوب پیدا شد که با نتایج به‌دست آمده از این مطالعه همخوانی دارد (Hillel et al., 2015). میزان EC آب این رودخانه در منطقه مورد مطالعه در محدوده قابل قبول برای پرورش آبزیان بوده و دارای قابلیت آبی‌پروری است. علاوه بر این عدم وجود منبع آلاینده‌های صنعتی در منطقه از نکات مثبت توسعه آبی‌پروری پایدار و متناسب با توان خودپالایی رودخانه است (CCME, 2006). در طول مسیر رودخانه میزان TDS به تدریج افزایش می‌یابد تا به حداکثر مقدار خود در ایستگاه ۵ می‌رسد که این میزان کمتر از حداکثر مقدار تعیین شده استانداردهای جهانی است (EPA, 1996).



یعنی چشمه پیرگار این میزان صفر است و با استاندارد آبزینان مطابقت دارد و در ایستگاه‌های بعد این میزان افزایش می‌یابد و آب ایستگاه‌های بعد را برای شرب و آبیاری پروری نامناسب می‌کند. اصطلاح HPC به میکروارگانیسم‌هایی گفته می‌شود که برای رشد نیاز به کربن آلی دارند. این میکروارگانیسم‌ها انواعی از باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌ها را شامل می‌شود (EPA, 1996). باکتری‌های HPC ساکن طبیعی بدن انسان و حیوانات هستند و از طریق مدفوع دفع می‌شوند. برگ درختان، خاک، آب، قطره‌های باران و حتی بزاق دهان نیز تعداد زیادی از این باکتری‌ها را در خود جای داده‌اند (WHO, 2004, Bartram *et al.*, 2004). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا حداکثر مجاز تعداد باکتری‌های HPC را در شبکه‌های توزیع ۵۰۰ cfu/mL تعیین کرده است. با توجه به اینکه در ایستگاه ۱ میزان کلیفرم‌ها صفر بوده ولی میزان باکتری‌های HPC ۳۰ بوده می‌توان نتیجه گرفت که عدم وجود کلیفرم‌ها دلیلی بر عدم وجود باکتری‌های HPC نبوده و هر یک از این شاخص‌ها، ارزش و جایگاه خود را در خصوص کنترل کیفیت میکروبی آب دارا هستند. درجه آلودگی باکتریایی رودخانه طبق اولین استاندارد اروپایی سازمان بهداشت جهانی، با توجه به میزان کلیفرم کل در گروه سوم (یعنی آلودگی زیاد که با روش‌های پرهزینه برطرف می‌شود) و با توجه به میزان کلیفرم مدفوعی در گروه اول (یعنی آلودگی باکتریایی که از طریق ضدعفونی کردن برطرف می‌شود) قرار دارد (Shariatpanahi, 2004). میزان باکتری‌های HPC آب این رودخانه در ایستگاه ۱ و ۲ و ۴ کمتر از حداکثر مجاز تعداد باکتری‌های HPC در شبکه‌های توزیع آب سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA, 1996) است و در سایر ایستگاه‌ها بیشتر از حداکثر مجاز تعداد باکتری‌های HPC تعیین گردیده است (EPA, 1996; WHO, 2004).

ناشی از نوسانات فصلی و تغییر میزان بارندگی‌ها و جریان آبی رودخانه می‌تواند برخی از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی از جمله کدورت، TDS و EC را به سرعت تحت تأثیر قرار داده و تفاوت‌های زیادی را بین فصول مختلف سال ایجاد نماید. بررسی‌های صورت گرفته توسط Van Heets و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که میزان کدورت با افزایش بارندگی به سرعت تغییر کرده و سطح بالای آن کاهش اکسیژن محلول در تالاب Macatawa را باعث گردید (Van Heets *et al.*, 2009). با ملاحظه مقادیر به دست آمده در جدول ۲ مشاهده می‌شود که هر چه در طول مسیر رودخانه به سمت پایین دست حرکت می‌کنیم میزان کلیفرم‌ها افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد که این افزایش حاکی از آن است که در طول مسیر، جریان‌هایی با بار آلودگی فراوان (از جمله روان‌آب‌های سطحی و فاضلاب‌های خانگی منازل) وارد رودخانه شده و کیفیت آن را به سطح پایین‌تری تنزل می‌دهند (Khatib haghghi *et al.*, 2008). کلیفرم‌ها به‌طور طبیعی در محیط زیست وجود دارند که کلیفرم‌های مدفوعی از این دسته هستند و در مدفوع انسان و بیشتر حیوانات خونگرم وجود دارند (EPA, 1996). با بررسی‌ها و مطالعات انجام گرفته در طول مسیر، پس از به دست آمدن نتایج، ثابت شد که اغلب جریان‌های وارد شده به رودخانه به دلیل کامل نبودن شبکه جمع‌آوری فاضلاب (روستایی و شهری) باعث آلودگی رودخانه به فاضلاب‌های خانگی می‌شود. به‌طور کلی در پاییز و زمستان با افزایش بارندگی مقدار کلیفرم نیز افزایش قابل توجهی نشان می‌دهد که ناشی از نفوذ آب‌های سطحی از طریق چاه‌های فاضلاب یا جریان یافتن فاضلاب‌های خانگی به مسیرهای آب وارد شده به رودخانه است. بر اساس استاندارد کیفیت آب (CCME, 2006) برای استفاده‌های مختلف میزان استاندارد کلیفرم مدفوعی برای مصارف انسانی و آبیاری باید صفر باشد که رودخانه پیرگار تنها در ایستگاه ۱

## References

- American Public Health Association (APHA)., 2001. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th ed, Washington, D.C.
- Allen, M.J., Edberg, S.C., Reasoner, D.J., 2004. Heterotrophic plate count bacteria-what is their significance in drinking water? *International Journal of Food Microbiology* 92, 265-274.
- Alizade, M., 2003. Water pollution; an expertimental approach. The introduction of laboratory methods to measure water pollution. Tripathi, B.D, 1st edition, Mojesabz. 85 p. (in Persian)
- Ahipathy, M.V., puttaiah, E.T., 2006. Ecological characteristics of Vrishabhavathy River in Bangalore (India). *Environmental Geology* 49 ,1217-1222.
- Aubin, J., Tocqueville, A., Kaushik, S.J., 2011. Characterization of waste output from flow-through trout farms in France: comparison of nutrient mass-balance modeling and hydrological methods. *Aquatic Living Resource*. 24: 63-70.
- Arpine, H., Gayane, S., 2016. Determination of background concentrations of hydrochemical parameters and water quality assessment in the Akhuryan River Basin (Armenia). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*.
- Amirbeigie, H., 2004. Water treatment and hygiene principles. First Edition. thought Rafi, 224p. (in Persian).
- Babaie , H.,Khodaparast,S H., Dehrazma,B., 2009. Investigation of Pollution from agricultural waste and workshops trout on river water quality Shafaroud (Gilan province). National Conference of Chemical Engineering, Branch, Eslamshahr Islamic Azad University. (in Persian).
- Boaventura, R., Pedro, A.M., Coimbra, J., Lencastre, E., 1997. Trout farm effluents characterization and impact on the receiving streams. *Environmental Pollution* 95, 379-387.
- Behbahani Nia, A, Salmasi, V., 2003 .The study of Jajrood River's physico-chemical properties and its pollutants . *Journal of humans and the environment*, 34-43 p. (in Persian).
- Bartram, J., Cotruvo, J., Exner, M., Fricker, C., Glasmacher, A., 2004 . Heterotrophic plate count measurement in drinking water safety management. report of an Expert Meeting Geneva, 24–25 April 2002. *International journal of food microbiology* 92, 241-247.
- Carter. J.T., Rice, E.W., Buchberger, S.G., Lee, Y., 2000. Relationships between levels of heterotrophic bacteria and water quality parameters in a drinking water distribution system. *Water Research* 34. pp.1495-1502.
- CCME, 2006. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life. Summary table. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, Manitoba.
- Clesceri L.S, Greenberg A.E, Eaton A.D., 1998. Standard methods for the examination of water and waste waters. 20th ed, United States of America, American Public Health Association.pp. 34-38.
- Camargo, J.A., Gonzalo, C., Alonso, A., 2011. Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: a case study. *Ecology Indicators* 11, 911-917.
- EPA, 1996. Quality Criteria for Waters, Washington D. C. Landsape to Riverscapes:bridging the gap between research and conversation of stream fishes, *Biosciences* 52, 483-498.
- Fries, L.T., Bowles, D.E., 2002. Water quality and macro-invertebrate community structure associated with a sport fish hatchery outfall, North American. *Journal of Aquaculture* 64, 257-266.
- Fathi, P., Ebrahimi, E., Mirghaffari, N., Esmaeili, A.Z ., 2015. Study of temporal and spatial variations in water quality, wetland using qualitative indicators (WQI) *Water . Journal aquatic ecology* ,2015 ,41-50. (in Persian).
- Fan, X., Cui, B., Zhang, Z., 2012. Spatial variations of river water quality in Pearl River Delta, China. *Frontiers of Earth Science* 6, 291-296.
- Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M. J., 2002 . A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions. goods and services, *Ecol Econ* 41, 393–408.
- Grabow, WOK., 1996. Waterborne diseases: update on water quality assessment and control. *Water S.A.* 22. pp. 193– 202.

- Ghane, A., 2007. Studing the environmental impact of cold-water fish farms in Green Mountain river, province of Chaharmahal va Bakhtiari. 55 p.(in Persian).
- Guilpart, A., Roussel, J.M., Aubin, J., Caquet, T., Marle, M., Le Bris, H., 2012. The use of benthic invertebrate community and water quality analyses to assess ecological consequences of fish farm effluents in rivers. *Ecological Indicators* 23, 356-365.
- Georgi por, A., Asadi, M., Hoseynpor, B., 2007. Investigation on parameters of Zohre river of kohkiluye va Boyer-Ahmad Province. *Journal of Research and Development in cattle breeding and aquaculture*, No, 74. (in Persian).
- Hammer, M.J., 1986. *Water and Wastewater Technology*, second Edition. Prentice Hall International Inc. pp. 160-163
- Hillel, N., Geyer, S., Licha, T., Khayat, S., Laronne, J. B., Siebert, C., 2015. Water quality and discharge of the Lower Jordan River. *Journal of Hydrology* 527, 1096-1105.
- Kazi, T.G., Arian, M.B., Jamali, M.K., Jalbani, N., Afridi, H.I., Safaz, R.A., Baig, J.A., Shah, A.Q., 2009. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques. A case study, *Ecotoxicology and Environmental safety* 72, 301-309.
- Khatib haghghi, S., Ghane, A., Nahrvar, M., 2008. Survey the Coliform pollution in the Shafarood river of Guilan Province. *Inland water Aquaculture institute. Journal of Fisheries*, second year, the first number. 11p. (in Persian).
- Lumb, A., Halliwell, D., Sharma, T., 2002. Canadian Water Quality Index (CWQI) to monitor the changes in water quality in the Mackenzie River-Great Bear. In: *Proceedings of the 29th Annual Aquatic Toxicity Workshop*. Whistler, B.C, Canada, Oct, 21-23.
- Mehrdadi, N., Sabbaghi, A., Rokni, M, A., 2003. Sustainable Development : Water Quality Assessment of Tajan River. *the Journal of Water & Wastewater* 48, 16-31. (in Persian).
- Maillard, V.M., Boardman, G.D., Nyland, J.E., Kuhn, D.D., 2005. Water quality and sludge characterization at raceway-system trout farms. *Aquaculture Engineering* 33, 271-284.
- Nanbakhsh, H., 2003. *Guidance technology for water supply in small communities*. First Edition, Urmia, witness. (in Persian).
- P.H.A., A.W.W.A., W. E. f., 2009. *Standard Method for the examination of Water and Waste*. A.D. Eaton, L. S. Clesceri and A. E. Greenberg (eds.), 20th edition, American Health Association, Washington, D.C.
- Parham, H., Jafarzadeh, N., Dehghan, S. And Kianersi, f., 2007. Review of the concentration of nitrogen and phosphorus and some physical and chemical parameters set in the lake behind the dam and debit Karkhe. *Journal of martyr Chamran University*, 17 :34 p. (in Persian).
- Pulatsu, S., Rad, F., Koksai, G., Aydin, F., Benil, K., 2004. The Impact of Rainbow Trout Farm Effluent on water Quality of Karasu Steam, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 4, 9-5.
- Pradeep, J.K., 1998. Hydrogeology and Quality of Ground Water around Hirapur, District Sagar (M.P.). *Pollution Research* 17, 91-94.
- Rahimi, D., Ranjbar Dashtestani, M., 2012. Prioritization of Eco-tourism Attractions (The target villages of Charmahal O Bakhtiar province). *University Of Isfahan Urban - Regional Studies and Research Journal* 4th Year – No. 14 – Autumn, 35-38. (in Persian).
- Sartory, D.P., 2004. Heterotrophic plate count monitoring of treated drinking water in the UK: a useful operational tool. *International Journal of Food Microbiology* 92, 297-306.
- Shariat panahi, M., 2004. *Principles of water quality and wastewater treatment*. Tehran University Press, Seventh Edition, 170p. (in Persian).
- Vaux, H.J., 2001. Water quality (book review). *Environment* 43, 1-39.
- Van Heets, P., Burkhart, R., Curry, w., 2009. Effect of Turbidity on Dissolved Oxygen in the Lake Macatawa Watershed, Hope College GES 401 Research Project.

WHO, 2004. World Health Organization Guidelines for Drinking-Water Quality 3rd Edition World Health Organization (WHO) Geneva, pp. 49-64.

World Health Organization., 2002. Heterotrophic Plate Count Measurement in Drinking Water Safety Management .Report of an Expert Meeting, Geneva.

Xu, H., Zheng, H., Chen, X., Ren, Y., Ouyang, Z., 2016. Relationships between river water quality and landscape factors in Haihe River Basin, China: Implications for environmental management. Chinese Geographical Science 26,197-207.

Yu, S., Xu, Z., Wu, W., Zuo, D , 2016. Effect of land use types on stream water quality under seasonal variation and topographic characteristics in the Wei River basin, China. Ecological Indicators 60, 202-212.