

Technical Note

مقاله ترویجی (یادداشت فنی)

Analytical Comparison of Composition and Solubility of Solute by River Water, Well, Hybrid and Pure Water

مقایسه تحلیلی ترکیبات و قابلیت نگهداری املاح توسط آب رودخانه، چاه، ترکیبی و خالص

Vahed Kiyani^{1*} and Kobra Melhosseini Darani²

واحد کیانی^{۱*} و کبری مل حسینی دارانی^۲

1- Expert in Water and wastewater Company of Hamedan, Hamedan, Iran.

۱- کارشناس شرکت آب و فاضلاب استان همدان، همدان، ایران.

2- Ph.D. in Natural Resources Engineering-Environment, Expert in Water Resource Company of Hamedan, Hamedan, Iran.

۲- دکتری مهندسی منابع طبیعی- محیط زیست، کارشناس شرکت آب منطقه‌ای استان همدان، همدان، ایران.

* Corresponding author, Email: kiyanivahed@alumni.ut.ac.ir

* نویسنده مسئول، ایمیل: kiyanivahed@alumni.ut.ac.ir

Received: 26/01/2020

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶

Revised: 11/05/2020

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۹/۰۲/۲۲

Accepted: 16/05/2020

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷

Abstract

چکیده

Water quality is presented by its physicochemical and biological specification. The aim of this study was to analyze the physicochemical characteristic of waters (river, drinking, hybrid and pure water) including total hardness, magnesium, nitrite and ammonia (mg/L) which were determined based on the standard protocols of the EPA (2010) using photometer, Palintest, 8000. Furthermore, dissolved oxygen (mg/L), temperature (°C) and pH were determined by oxygen meter, calorimeter and pH meter, respectively, with 3 repeats and in the limnology laboratory of Birjand University. In river water, the concentration of nitrogen is higher compared to other water sources due to the physicochemical reactions (especially due to the disposal of ammonia into water). For the hybrid water, consisting of drinking water plus pure water, the chlorine concentration (0.4 mg/L) was greater than the average (0.15 mg/L). The total hardness of the same (125 mg/L) was however lower than the average (185 mg/L). Finally, it is recommended that biological indicators such as the presence of rotifers, tubular cross-sectional fish, and salmon (which normally live in clean water) be used to assess the qualitative characteristics of the water. This is due to the fact that there are normally more living creatures in waters which can hold salts.

مقایسه شاخص‌های فیزیکی - شیمیایی آب و ویژگی‌های زیستی آن منعکس کننده کیفیت آب است. در پژوهش حاضر به غیر از pH، دما و اکسیژن محلول که به ترتیب با pH متر، دماسنج و اکسیژن سنج تعیین شدند، سایر شاخص‌های فیزیکی شیمیایی آب با دستگاه Palintest 5000 تحت شرایط استاندارد آزمایشگاهی با ۳ تکرار در آزمایشگاه لیمنولوژی دانشگاه بیرجند اندازه‌گیری شد. هدف پژوهش حاضر تحلیل قیاسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی آب‌ها (رودخانه، چاه عمیق، ترکیبی و مقطر) است. مجموع واکنش‌های زیستی-شیمیایی که در رودخانه توسط موجودات صورت می‌گیرد باعث تولید و افزایش ترکیبات نیتروژن دار در این منابع آبی می‌شود. میزان یون کلر آب ترکیبی (۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر) از میانگین آب‌های به دست آمده از آن (چاه عمیق+ مقطر) یعنی ۰/۱۵ بیشتر بود؛ از طرفی میزان سختی کل آب ترکیبی (۱۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) از میانگین آب‌های به دست آمده (۱۸۵ میلی‌گرم بر لیتر) کمتر بود. در نهایت پیشنهاد می‌شود از شاخص‌های زیستی مانند وجود روتیفرها، ماهی مقطع لوله‌ای و ماهی قزل‌آلا که به‌طور معمول در آب‌های تمیز و پاکیزه زندگی می‌کنند نیز به‌منظور بررسی خصوصیات کیفی آب استفاده شود؛ به دلیل آن که به‌طور معمول در آب‌هایی که قابلیت نگهداری املاح را دارند موجودات زنده بیشتری در آن‌ها مشاهده می‌شود.

Keywords: Biological Index, Chemical Properties of Water, Comparative Analysis, Physical Properties of Water.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات فیزیکی آب، خصوصیات شیمیایی آب، تحلیل قیاسی، شاخص زیستی.

کیفیت آب را نشان می‌دهد. مسافری (۱۳۸۷) کیفیت میکروبی و شیمیایی آب مصرفی در صنایع غذایی با محتوای پایین آب در محصولات نهایی را بررسی کرد. با بررسی تعداد ۱۱ کارخانه با تولیدات متنوع به این نتیجه رسیدند که در برخی از صنایع، آب مصرفی از نظر میکروبی مشکوک به آلودگی بود. در کلیه آب‌های آنالیز شده فلزات نیکل، کروم، مس، روی، آهن و منگنز مشاهده شد. سرب در کارخانه ماکارونی بیشتر از میزان حداکثر مجاز و در کارخانه سوسیس و کالباس و کارخانه قند نزدیک به حداکثر مجاز بوده است. یاری و صفدری (۱۳۸۴)، به بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب مصرفی در صنایع غذایی شهرک‌های صنعتی استان قم پرداختند. کیفیت آب مصرفی در صنایع غذایی شهرک شکوهیه از نظر پارامترهای سولفات، EC، TDS، کلر، میزان کلر باقی‌مانده، MPN با مقادیر استاندارد مطابقت ندارد. مقدار سختی کل، کلسیم و منیزیم بیشتر از مقدار حداکثر مطلوب و کمتر از حد مجاز می‌باشد.

طبق مرور منابع در استفاده از آب برای چرخاندن چرخ‌های صنایع و استفاده از آب در فرآیند تولید محصولات مختلف باید آنالیزهای شیمیایی، میکروبی و فیزیکی صورت گیرد و میزان شاخص‌ها با استانداردهای ملی و جهانی تطبیق داده شود. لذا هدف پژوهش حاضر تحلیل قیاسی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آب‌های مختلف (رودخانه ابن حسام شهرستان خوسف، استان خراسان جنوبی، چاه عمیق (آب شهری بیرجند در استان خراسان جنوبی)، ترکیبی (ترکیب کردن آب مقطر با آب چاه عمیق با نسبت یکسان) و مقطر (آب مقطر معمولی مورد استفاده در آزمایشگاه)) به منظور دستیابی به نتایج جدید در خصوص کیفیت منابع آب بود. در واقع در این پژوهش، با توجه به این‌که همین دو منبع آب در دسترس بود، مقایسه تحلیلی ترکیبات منابع آب سطحی (رودخانه) و زیرزمینی (چاه عمیق) بخشی از استان خراسان جنوبی (بیرجند) و آب ترکیبی و آب خالص از نظر نگهداری املاح و همچنین مقایسه اختلاط آب‌ها و بررسی میانگین غلظت‌ها در فصل بهار انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی ۴ نوع آب رودخانه، چاه عمیق، ترکیبی و آب مقطر (خالص) در فصل بهار سال ۱۳۹۸ انجام شد؛ آب رودخانه در این پژوهش از رودخانه ابن حسام شهرستان خوسف (استان خراسان جنوبی) برداشت شد، آب شهری همان آب چاه عمیق شهر بیرجند (مرکز استان خراسان جنوبی) بود، آب ترکیبی نیز

در دیدگاه توسعه پایدار، برداشت عقلایی از منابع پایه بدون تخریب و کنترل پیامدها و همچنین استفاده مجدد از منابع استفاده شده، محور کار قرار گرفته که یکی از کلیدی‌ترین منابع اجتناب‌ناپذیر منابع آب هستند؛ چرا که با وجود پایان هزاره دوم میلادی مسئله بهبود و کیفیت آب پسگردی فاحش داشته است و مسئله کیفیت آب در مقایسه با کمیت آن در آینده نگران‌کننده تر خواهد بود (عرفان‌منش و افیونی، ۱۳۸۵). به‌طور کلی این باور پذیرفته شده است که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط‌های آبی می‌تواند منعکس‌کننده واقعی وضعیت سلامتی یک اکوسیستم باشد (سلطانی و جهانگیر، ۱۳۹۷). طبق مطالعات دستورانی (۱۳۸۹) در منطقه طالقان میزان بار آلودگی بر بستر محیط‌زیست ناشی از فعالیت‌های کشاورزی حدود ۲۳۲ کیلوگرم در سال برآورد شده است، یعنی سالانه ۲۳۲ کیلوگرم اکسیژن صرف تجزیه شیمیایی ترکیبات کودهای مصرف شده وارد به آن می‌شود. یکی از مواردی که باعث حذف آلاینده‌های آب می‌شود ایجاد تالاب و یا احیا تالاب‌های قدیمی است؛ چرا که گیاهان موجود در آن مواد غذایی زائد را جذب می‌کنند و بسیاری آلاینده‌ها در آن را ته‌نشین می‌کنند (شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران، ۱۳۸۸). کیانی و همکاران (۱۳۹۲) به‌منظور بررسی پارامترهای کیفی رودخانه ابن حسام خوسف در شرق ایران نشان دادند دلیل تغییرات کیفی آب رودخانه (به ویژه افزایش نترات) ورود فاضلاب خانگی به رودخانه است. از طرفی آب‌های آلوده و یا دارای املاح و عناصر سمی و یا بیش از حد استانداردهای تعیین شده، اثرات سوء محیط‌زیستی و زمینه انتقال آلودگی به انسان را فراهم می‌سازند که بررسی کیفیت آب می‌تواند اولین و شاید مهمترین گام در اعمال یک مدیریت صحیح کیفی به‌منظور رفع آلودگی آن باشد (منصوری و همکاران، ۱۳۸۹)؛ شاخص‌های فیزیکی-شیمیایی و ویژگی‌های زیستی آب منعکس‌کننده کیفیت آن است (Davies, 2001).

یکی از بخش‌های مصرف آب در جوامع صنایع هستند. میزان مصرف آب در صنعت متفاوت است و هر صنعت معمولاً به چندین نوع آب با کیفیت‌های متفاوت نیاز دارد، لذا با توجه به شاخص‌ها، میتوان آب‌های مصرفی در صنایع را به‌طور کلی به ۴ دسته طبقه‌بندی کرد. این تقسیم‌بندی با توجه به کیفیت آب موردنیاز و میزان تصفیه لازم برای رسیدن به کیفیت مطلوب صورت‌گرفته است (حمیدیان، ۱۳۷۹). جدول ۱، گروه‌بندی کلی صنایع با کیفیت‌های مختلف آب ورودی و برخی شاخص‌های

آزمایشگاه بود. این تقسیم‌بندی براساس سختی آب‌ها صورت گرفت؛ طبقه‌بندی آب‌ها از نظر سختی به شرح جدول ۲ است.

به نسبت یکسان با مخلوط کردن آب چاه عمیق با آب مقطر به‌دست آمد و آب مقطر هم آب مقطر معمولی مورد استفاده در

جدول ۲- طبقه‌بندی آب‌ها از نظر سختی (ابراهیم‌پور کاسمانی، ۱۳۸۸)

طبقه	نوع آب	سختی کل (mg/L)
۱	سبک (نرم) یا شیرین	۰-۱۰۰
۲	متوسط (معدنی)	۱۰۰-۲۰۰
۳	سخت (لب شور)	۲۰۰-۴۰۰
۴	سنگین (خیلی سخت) یا شور	> ۴۰۰

مدیریت است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۸). نیتريت و نیترات یون‌هایی هستند که به‌عنوان بخشی از چرخه طبیعی ازت وجود دارند؛ روش نیتروکول پالین تست برای اندازه نیتريت شامل یک قرص است که حاوی معرف‌های ترکیب اسیدی است، آزمایش به آسانی با انداختن یک قرص به نمونه آب مورد آزمایش و خرد کردن آن انجام می‌شود، شدت رنگ ایجاد شده در نمونه با غلظت نیتريت متناسب است و به کمک فتومتر در طول موج ۵۷۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌شود. لازم‌به ذکر است که تمام مراحل این پژوهش با ۳ تکرار در آزمایشگاه لیمنولوژی دکتر کاسمانی دانشگاه بیرجند انجام شد و روش تحقیق آن آزمایشگاهی- تحلیلی بود. ویژگی‌های فیزیکی (ظاهری) آب نظیر بو، مزه، کدورت، درجه حرارت و رنگ آب می‌تواند آب را برای مصرف کننده نامطلوب سازد (شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران، ۱۳۸۸). شکل ۱، اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی آب رودخانه ابن حسام شهرستان خوسف (استان خراسان جنوبی) را نشان می‌دهد.

در این پژوهش طبق اندازه‌گیری‌های صورت گرفته، آب ترکیبی، آب مقطر، آب چاه عمیق و آب رودخانه به‌ترتیب در طبقات ۱ تا ۴ از نظر میزان سختی قرار می‌گیرند. برای استفاده مجدد از آب‌ها لازم است ابتدا به پارامترهای pH، کل مواد جامد، مواد جامد معلق، مواد جامد محلول (TDS) یا رسانایی الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)، غلظت بر (B)، کلرید (CL) و سدیم (Na) توجه شود. در این آزمایش به‌غیر از pH، دما و اکسیژن محلول که به‌ترتیب با pH متر، دماسنج و اکسیژن‌سنج تعیین شدند، سایر شاخص‌های فیزیکی-شیمیایی آب (میزان سختی کل، کلسیم، منیزیم، نیتريت، کلر و آمونیاک) با دستگاه اسکیتروفتمتر Palintest 5000، تحت شرایط استاندارد آزمایشگاهی شماره ۱۵۰۳ آب شرب ایران اندازه‌گیری شدند. کیفیت و دقت عملکرد تجهیزات اندازه‌گیری از جمله پارامترهای مهم در سنجش ویژگی‌های آب‌ها است، به‌دلیل آن‌که به داده‌های آن‌ها در بخش‌های مختلف استناد شده و مبنای تصمیم‌گیری و



شکل ۱- اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی آب رودخانه

۳- نتایج و بحث

به تبخیر بالای آب در مناطق خشک شرق کشور و نیز جنس زمین نسبت داد. آب رودخانه توانایی بیشتری نسبت به آب شهری در نگهداری ترکیبات حاوی نیتروژن داشته، به طوری که میزان آمونیاک و نیتريت آن بیش از ۸ برابر آب چاه عمیق بود. بیشتر بودن غلظت نیتروژن آب رودخانه در قیاس با دیگر آب‌های آزمایش را می‌توان به واکنش‌های زیستی- شیمیایی (به‌ویژه آمونیاک دفع شده توسط آبیان موجود در رودخانه) نسبت داد که منجر به تولید ترکیبات نیتروژن‌دار در این منابع آبی می‌شود. در آب مقطر که در واقع همان آب خالص است میزان ترکیبات نیتروژن‌دار صفر بود.

خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آب‌های مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. سختی کل آب رودخانه بیش از ۳ برابر سختی کل آب چاه عمیق بود ولی میزان کلر آن نصف آب چاه عمیق اندازه‌گیری شد (جدول ۳). میزان کلر آب ترکیبی (۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر) از میانگین آب‌های به‌دست آمده از آن (چاه عمیق + مقطر) یعنی ۰/۱۵ بیشتر بود؛ از طرفی میزان سختی کل آب ترکیبی (۱۲۵mg/L) از میانگین آب‌های به‌دست آمده (۱۸۵mg/L) کمتر بود. بالا بودن سختی آب رودخانه را می‌توان

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آب‌های مورد مطالعه (انحراف معیار \pm میانگین)

منبع آب	آب طبیعی (رودخانه)	آب شهری (چاه عمیق)	آب ترکیبی	آب مقطر (خالص)	شاخص‌ها (میلی‌گرم در لیتر)
سختی کل	۱۲۰۰±۵۰	۱۰±۲۵۰	۱۲۵±۵	۱۷±۱	سختی کل
کلسیم	۱۷۶±۷	۵۲±۴	۲۸±۲	۱±۱	کلسیم
منیزیم	۱۷۳±۵	۵۰±۳	۲۴±۲	۶±۱	منیزیم
آمونیاک	۰/۷۹±۰/۱	۰/۱±۰/۰۲	۰/۰۶±۰/۰۱	۰	آمونیاک
نیتريت	۰/۰۵±۰/۰۱	۰/۰۰۷±۰/۰۰۱	۰/۰۰۲±۰/۰۰۱	۰	نیتريت
کلر به‌صورت یون cl	۰/۱±۰/۰۲	۰/۲±۰/۰۶	۰/۴±۰/۰۸	۰/۱±۰/۰۳	کلر به‌صورت یون cl
اکسیژن محلول	۶/۷±۰/۲	۵/۸±۰/۲	۵/۸±۰/۲	۵/۸±۰/۲	اکسیژن محلول
دما (درجه سانتیگراد)	۱۲/۹±۰/۲	۱۳/۶±۰/۲	۱۳/۶±۰/۲	۱۳/۶±۰/۲	دما (درجه سانتیگراد)
pH	۷/۸۲±۰/۱	۷/۷۵±۰/۲	۸±۰/۰۵	۸/۱۶±۰/۰۵	pH

ساختمانی سنگ و خاک) و جاری شدن در سطح زمین هم بر سختی آب اثر می‌گذارند (حسینیان، ۱۳۷۴). به‌طور مثال سختی آب شهر کیان که در یک محیط کوهستانی و با ساختار زمین‌شناختی کارستی (آهکی) در نزدیکی نهاوند واقع شده است ۱۲۰ mg/L و سختی آب شهر رابر که در یک محیط تقریباً مسطح در نزدیکی کرمان واقع شده است ۶۰ mg/L است. درحالی‌که سختی آب شهر بیرجند که در یک منطقه کویری واقع شده است ۳۵۰ mg/L است (کیانی و حسین‌زاده، ۱۳۸۸). بنابراین هرچه ساختار زمین‌شناختی کارستی (آهکی) و یا خشک‌تر باشد (به‌دلیل تبخیر زیاد) سختی آب هم افزایش می‌یابد. میزان دما در آب شهر، ترکیبی و مقطر به‌دلیل ساکن بودن نزدیک به هم بود ولی دمای آب رودخانه به‌دلیل تأثیرپذیری از عوامل طبیعی کمتر بود، با توجه با این که میزان اکسیژن محلول هم تابعی از دما است میزان اکسیژن محلول آب رودخانه که دمای پایین‌تری داشت، اندکی از سایر آب‌های مورد آزمایش بیشتر بود. مقادیر نترات و نیتريت، شاخص مهمی برای ارزیابی کیفیت

مطالعات نشان داده است که نوسان ترکیبات نیتروژن‌دار از فصل پاییز به زمستان است و با شروع فصل بهار به طور نسبی ثابت می‌شود (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۹). اثرگذاری عوامل تغییردهنده کیفیت آب در فصل بهار و تابستان بیشتر از سایر فصول است (Mazaheri et al., 2013). در آب‌های طبیعی (رودخانه) برخی موجودات ریز مثل پلانکتون‌ها وجود دارند که بیماری‌زا نیستند ولی رنگ و مزه آب را تغییر می‌دهند؛ این پلانکتون‌ها یا در آب شناور هستند یا روی سنگ‌های کف رودخانه و جدار کانال‌های آبرسانی آب چاه عمیق یافت می‌شوند (zadab.com). عوامل سنگ‌شناختی (tectonics) دلیل اصلی گسترش ویژگی‌ها و عناصر ساختاری هستند (Yazdani and Aryamanesh, 2013)؛ در واقع باید خاطر نشان کرد بین ساختار زمین‌شناختی و عملکرد بوم‌شناختی رابطه مستقیم دو سویه وجود دارد (کیانی، ۱۳۹۰). در همین راستا درجه سختی آب با توجه به منبع تامین آب و وضعیت اکولوژیکی منطقه متغیر خواهد بود که البته سایر عوامل مثل محل عبور آب در زیرزمین (ترکیبات

اختلاف معنی دار بودند که برای سلامتی انسان مخاطره آمیز است. مقدار نیتريت در آب آشاميدنی بسته بندی شده (آب معدنی) باید بر اساس استاندارد ملی ایران (۱۳۸۸) کمتر از ۰/۰۲ باشد. در این آزمایش مقدار نیتريت آب آشاميدنی شهر بیرجند کمتر از ۰/۰۱ بود که از استاندارد ملی ایران (۱۳۸۸) کمتر است. جدول ۴ مشخصات فیزیکی شیمیایی آب آشاميدنی را بر اساس استاندارد WHO نشان می دهد.

آب است. افزایش مقادیر این عنصر مشکل مهمی برای سلامتی انسان محسوب می شود. نیتريت و نیتروزامین سلامتی بشر را تهدید کرده و باعث پیشرفت مت هموگلوبینمیا در نوزادان می شود (فروزان و همکاران، ۱۳۸۷). طبق تحقیقات فروزان و همکاران (۱۳۸۷) بر روی دو نشان آب معدنی موجود در بازارهای ارومیه میانگین مقدار نیتريت در آب های معدنی مورد آزمایش ۰/۰۳ یعنی بیش از حد استاندارد بوده و در سطح ۱٪ دارای

جدول ۴ - مشخصات فیزیکی - شیمیایی آب آشاميدنی (WHO, 2008)

واحد اندازه گیری (برحسب)	مقدار مجاز	ویژگی
-	۹-۶/۵	pH
درجه سانتیگراد	۲۰-۰	دما
-	بی بو	بو
TON	۳ < در دمای اتاق	طعم
-	بی رنگ	رنگ
NTU	< ۱	کدورت
CaCor	۵۰۰	سختی کل
Cl	۴۰۰	کلور
No _۲	۳ (در شبکه آبرسانی)	نیتريت
Ca	۳۰۰	کلسیم
Mg	۵۰	منیزیم
NH _۲	۱/۵	آمونیاک

(۱۳۷۴).

میرزائی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان تحلیل کیفیت فیزیکی شیمیایی آب رودخانه های استان مازندران به این نتیجه رسیدند که در مجموع pH, TDS, SO₄²⁻, NO₃⁻ و PO₄³⁻ قادر هستند حدود ۹۵ درصد از تغییرات واریانس جامعه را توصیف نمایند، بنابراین توصیه کردند که به جای برداشت ویژگی های با اطلاعات مشابه، از سایر خصوصیات کیفیت آب (مشخصه های زیستی) که قادرند ابعاد کیفی دیگری را به نمایش بگذارند استفاده شود. برای حذف سایر آلاینده های منابع آب نیز می توان از روش های طبیعی (گیاه پالایی یا باکتری های تصفیه کننده) استفاده کرد. هرچند روش های جدیدی تصفیه آب مثل استفاده فناوری نانو مطرح شده اند ولی به طور معمول این روش ها به دلیل هزینه بالا توجیه اقتصادی ندارند. در فناوری استفاده از گیاهان (گیاه پالایی) از گیاهان سبز و ارتباط آن ها با میکروارگانیسم ها برای کاهش آلودگی خاک و آب های زیرزمینی استفاده می شود. این فناوری می تواند برای رفع آلاینده های معدنی و آلی به کار رود. در این روش از گیاهانی مانند خردل هندی، آفتابگردان، تنباکو، چاودار و ذرت استفاده می شود

خصوصیات فیزیکی - شیمیایی در میزان سمی بودن فلزات سنگین تأثیر به سزایی دارند (کیانی، ۱۳۸۹). مطالعات در این زمینه نشان داده اند هرچه سختی آب بیشتر باشد سمی بودن فلزات سنگین کاهش می یابد؛ یعنی سختی آب و سمی بودن فلزات سنگین رابطه معکوس نسبت به هم دارند (کیانی و حسین زاده، ۱۳۸۸). مطالعات اخیر نشان داده که مصرف آب های سخت تر به علت وجود منیزیم و کلسیم، مرگ های ناگهانی ناشی از امراض قلبی و عروقی را به شدت کاهش می دهد. علاوه بر این وجود کلسیم و منیزیم در آب های آشاميدنی سخت مانع جذب فلزات سنگین نظیر سرب، کادمیوم، روی و مس و رسوب آن ها در استخوان ها می شود. ناگفته نماند که آب های با سختی زیاد (>۵۰۰) مشکلات خاص خود را دارند. از طرفی در مناطقی که از آب های نرم تر استفاده می شود، با فشار خون، وجود چربی و کلسترول در خون مواجه شده اند که هر دوی این عوامل می توانند مضر باشند. برای کاهش درجه سختی آب روش های مختلفی ابداع شده است، مثلاً رزین های تبادل یونی با تبدیل یون های کلسیم و منیزیم محلول در آب به یون های نامحلول، آن ها را جذب و در نتیجه سختی آب را کاهش می دهد (حسینیان،

تحقیقات آینده این موضوع مجدد مورد مطالعه دقیق قرار گیرد. در آخر پیشنهاد می‌شود از شاخص‌های زیستی مانند وجود روتیفرها، ماهی مقطع لوله‌ای و ماهی قزل‌آلا که معمولاً در آب‌های تمیز و پاکیزه زندگی می‌کنند هم، به منظور بررسی خصوصیات کیفی آب استفاده شود؛ زیرا معمولاً آب‌هایی که قابلیت نگهداری املاح بالایی را دارند موجودات زنده بیشتری هم در آن‌ها وجود دارد.

۵- تشکر و قدردانی

این مقاله با استفاده از امکانات آزمایشگاهی دانشگاه بیرجند انجام شده است. از آقای مهندس محمدحسن حسین‌زاده رابری به دلیل مشوق بودن ایشان قدردانی می‌شود. هم‌چنین از استاد ارجمند زنده یاد دکتر محمد ابراهیم‌پور کاسمانی (استاد دانشگاه بیرجند) به پاس مساعدت‌های بی‌دریغشان تشکر می‌شود و از خداوند منان برای شادی روح آن بزرگوار طلب مغفرت می‌کنیم.

۶- مراجع

- دبیری، م.، (۱۳۸۶)، *آلودگی محیط زیست (هوا- آب- خاک- صوت)*، انتشارات کتاب آیلار، ۴۰۰ صفحه.
- دستورانی، م.، (۱۳۸۹)، "معیارها و شاخص‌های کشاورزی در توسعه پایدار (مطالعه موردی: منطقه طالقان)"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مدیریت مناطق بیابانی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۴۲ صفحه.
- حمیدیان، ا.، (۱۳۷۹)، "بررسی فاضلاب‌های کارخانجات شهرک صنعتی سمنان و ارائه بهترین روش تصفیه"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد محیط‌زیست، دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تهران.
- جعفری، ه.، حسینی بیدار، س. ه. و نیک‌داد، ح. ر.، (۱۳۹۸)، "مشکلات و مناسب‌ترین راه‌کارهای تهیه، بهره‌برداری و نگهداری بهینه از تجهیزات ابزار دقیق در شرکت‌های آب و فاضلاب"، *نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب*، ۴(۱)، ۵۲-۵۹.
- سلطانی، ک.، و جهانگیر، م.، (۱۳۹۷)، "پهنه‌بندی کیفی منابع آب شهری، صنعتی و کشاورزی در منطقه جنوب‌شرقی استان سیستان و بلوچستان"، *نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب*، ۴(۴)، ۳۲-۱۸.
- شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران (۱۳۸۸)، *آلودگی*

که آلاینده‌های منابع آب با غلظت کمتر در ریشه‌هایشان تغلیظ یا رسوب می‌کنند که این روش بخصوص برای فاضلاب‌های صنعتی، رواناب کشاورزی و یا فاضلاب معادن اسیدی کاربرد دارد و برای فلزاتی مانند سرب، کادمیم، مس، نیکل، روی و کرم مناسب است (environmentalhealth.ir). هم‌چنین می‌توان از باکتری‌های تصفیه فاضلاب بهره جست. این باکتری‌ها می‌توانند مواد آلی و مختلفی که در فاضلاب وجود دارد را یا به صورت آزاد در محیط تصفیه یا بر روی یک سطح ثابت مصرف کرده و به مواد ثابت تبدیل نمایند (environmentalhealth.ir). در اصلاحیه استاندارد ملی ایران (۱۳۸۸) برای شرایط اضطرار میزان سختی را بدون محدودیت قید کرده‌اند؛ چراکه حساسیت نسبت به این ویژگی آب در قبال سایر ویژگی‌ها بسیار کم است. به‌طور کلی سختی آب به عنوان یک فاکتور مثبت نقش بسزایی در کاهش سمیت فلزات سنگین دارد (کیانی و حسین‌زاده، ۱۳۸۸). علاوه بر این اگر آب این‌قدر املاح دارد (شور است) که ماهی نمی‌تواند در آن به حیات و رشد خود ادامه دهد، می‌توان از آن برای پرورش آرتیمیا استفاده کرد (کردوانی، ۱۳۸۷)؛ آرتیمیا موارد استفاده زیادی دارد به‌ویژه بهترین ماده غذایی برای پرورش میگو به حساب می‌آید. هم‌چنین در این مناطق می‌توان محصولات گیاهی مقاوم به شوری مانند چغندر و کلم دکمه‌ای کشت کرد (دبیری، ۱۳۸۶).

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

آب رودخانه توانایی بیشتری نسبت به آب شهری در نگهداری ترکیبات حاوی نیترژن دارد، به‌طوری‌که میزان آمونیاک و نیتريت آن بیش از ۸ برابر آب چاه عمیق بود. بیشتر بودن غلظت نیترژن آب رودخانه در قیاس با دیگر آب‌های آزمایش را می‌توان به واکنش‌های زیستی-شیمیایی (به‌ویژه آمونیاک دفع شده توسط آبزیان موجود در رودخانه) نسبت داد که منجر به تولید ترکیبات نیترژن‌دار در این منابع آبی می‌شود. در آب مقطر که در واقع همان آب خالص است میزان ترکیبات نیترژن‌دار صفر بود. سختی کل آب رودخانه بیش از ۳ برابر سختی کل آب چاه عمیق بود ولی میزان کلر آن نصف آب چاه عمیق اندازه‌گیری شد. میزان کلر آب ترکیبی (۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر) از میانگین آب‌های به‌دست آمده از آن (چاه عمیق + مقطر) یعنی ۱/۵ بیشتر بود؛ از طرفی میزان سختی کل آب ترکیبی (۱۲۵mg/L) از میانگین آب‌های به‌دست آمده (۱۸۵mg/L) کمتر بود. با استناد به یافته‌های این پژوهش که مقدار کلر آب ترکیبی برابر با میانگین جبری مقدار کلر دو آب اولیه نبود، پیشنهاد می‌شود که در

غذائی با محتوای پایین آب در محصولات نهایی"، فصلنامه سلامت و محیط زیست، ۱(۲)، ۱۲۱-۱۲۹.

مهدوی، م.، بذرافشان، ا.، جوانشیر، آ.، موسوی ندوشنی، ر.، و باباپور، م.، (۱۳۸۹)، "بررسی امکان تأثیر جامعه کفزیان رودخانه طالقان روی تعیین کیفیت آب"، نشریه محیط‌زیست طبیعی، ۱(۶۳)، ۷۵-۹۱.

منصوری، ب.، ابراهیم‌پور کاسمانی، م.، و مظلومی، س.، (۱۳۸۹)، "بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی نهر بند دره بیرجند"، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران، ۹ صفحه.

میرزائی، م.، ریاحی بختیاری، ع.، سلمان ماهینی، ع.، و غلامعلی فرد، م.، (۱۳۹۲)، "آنالیز کیفیت فیزیکی شیمیایی آب رودخانه‌های استان مازندران با استفاده از روش‌های چندمتغیره آماری"، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۳(۱۰۸)، ۴۱-۵۲.

یاری، ا.، و صفدری، م.، (۱۳۸۴)، "بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب مصرفی صنایع غذایی در شهرک‌های صنعتی استان قم"، هشتمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، تهران.

Davies, A., (2001) "The use and limits of various methods of sampling and interpretation of benthic macro invertebrates", *Journal of Limnology*, 60(1), 1-6.

Mazaheri Kohanestani, Z., Ghorbani, R., Hajimoradloo1, A., Naeimi, A., and Fazel, A., (2013), "The effects of trout farm effluents on water quality parameters of Zaringol Stream (Golestan, Iran) using NSFQI and WQI indexes", *International Journal of Environmental Resources Research*, 1(2), 199-202.

WHO, (2008), *Guidelines for drinking-water quality*, World Health Organization, ISBN: 9789241547604.

Yazdani, N., and Aryamanesh, M., (2013), "Study of the role of structural elements in aquifers potential detection, using RS & GIS, A case study East of Tabas, central Iran", *International Bulletin of Water Resources and Development*, 1(1), XIV- XX.

محیط زیستی و روشهای کنترل آن (هوا-آب-خاک-صوت)، انتشارات شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، ۸۰ صفحه.

عرفان منش، م.، و افیونی، م.، (۱۳۸۵)، *آلودگی‌های محیط زیست-آب، خاک و هوا*، انتشارات ارکان اصفهان.

فروزان، ش.، بنی‌راد معتمدیان، ا.، رحیمی، ا.، دانش محمدی، ن.، و یگانه، س.، (۱۳۸۷)، "بررسی وجود فلزات سنگین مقادیر نیتريت و نیترات و ویژگیهای میکروبی آب‌های معدنی موجود در بازار استان آذربایجان غربی"، مجموعه مقالات هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران. انجمن متخصصین علوم و صنایع غذایی ایران، مشهد، ۶ صفحه.

کیانی، و.، و حسین‌زاده رابری، م.، (۱۳۸۸)، "اثر سختی آب بر سمیت فلزات سنگین (مطالعه موردی: سولفات روی و کلرید مس در ماهی گامبوزیا)"، استاد راهنما: زنده‌یاد دکتر محمد ابراهیم پور کاسمانی، دانشکده علوم طبیعی دانشگاه بیرجند، ۱۸ صفحه.

کیانی، و.، (۱۳۸۹)، "تحلیل LC50 فلزات سنگین Cu, Zn و Hg در محیط‌های آبی"، سمینار کارشناسی‌ارشد محیط‌زیست دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تهران، ۵۲ صفحه.

کیانی، و.، محمدی قلعه‌نی، م.، و تالی‌خشک، ص.، (۱۳۹۰)، "بررسی کارایی مصرف آب‌های غیرمتعارف به منظور مدیریت منابع آب"، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس روز جهانی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ۸ صفحه.

کیانی، و.، (۱۳۹۰)، "ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری شهرستان طالقان با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد محیط‌زیست دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تهران، ۹۲ صفحه.

کیانی، س.، شهباز، ا.، و زارعی، ا.، (۱۳۹۲)، "بررسی پارامترهای کیفی رودخانه ابن‌حسام خوسف، بیرجند، شرق ایران"، فصلنامه بین‌المللی پژوهشی تحلیلی منابع آب و توسعه، ۱(۳)، ۱۲۲-۱۳۱.

کردوانی، پ.، (۱۳۸۷)، *منابع و مسائل آب در ایران (آب‌های شور، مسائل و راه‌های استفاده از آن‌ها)*، انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، ۲۳۷ صفحه.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۹۶)، ویژگی‌های آب آشامیدنی - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (استاندارد ۱۰۵۳)، تجدید نظر چهارم، ۱۲ صفحه.

مسافری، م.، تقی پور، ح.، استاد رحیمی، ع.، و نظم‌آرا، ش.، (۱۳۸۷)، "کیفیت میکروبی و شیمیایی آب مصرفی در صنایع