هیدروژئوشیمی و بررسی کیفیت آب سد مخزنی مهاباد، استان آذربایجان غربی

هەژار محمدپور*[۱]، حسین پیرخراطی[۲] و یوسف رحیم سوری[۳]

۱، ۲ و ۳- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

نویسنده مسئول: hejar.tbm1400@gmail.com *

دریافت: ۹۴/۹/۱۲ پذیرش: ۹۵/۴/۲۷

چکیده

سد مخزنی مهاباد منبع اصلی تامین آب آشامیدنی شهر مهاباد و اغلب روستاهای اطراف پایین‌دست آن می‌باشد. جهت بررسی کیفیت آب سد مهاباد و سرشاخه‌های اصلی آن، پارامترهای pH، EC، TDS، TH، TA، دما، شوری و غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب و برخی از عناصر فلزی و سنگین اندازه‌گیری شد. برای این منظور تعداد ۵ نمونه آب از مخزن و سرشاخه‌ها برای تجزیه شیمیایی کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب و ۱۱ نمونه آب از مخزن و سرشاخه‌ها برای تجزیه برخی از عناصر فلزی و سنگین از محل ایستگاه‌های طراحی شده نمونه‌برداری شدند. بر اساس نتایج تجزیه‌های شیمیایی و مقایسه با مقادیر مجاز اشاره شده در استانداردهای بین‌المللی، غلظت کاتیون و آنیون‌های اصلی آب و مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه در دامنه مقادیر مجاز تعیین شده قرار گرفتند. این بررسی‌ها هم‌چنین نشان داده است که بیش‌تر نمونه‌های آب سرشاخه‌های بالادست از نظر شرب تمامی نمونه‌های آب ایستگاه‌ها از نظر Cd و در مواردی از نظر Pb دارای آلودگی می‌باشند و بر اساس میزان سختی کیفیت تقریبا قابل قبول تا مناسبی (۱۲۱ – ۱۸۰ mg/l) دارند. بیش‌ترین غلظت کل فلزات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه مربوط به عناصر Cd و Pb با مقادیر به ترتیب ۱۳۰µg/l و ۳۴/۵µg/l در ایستگاه KDT_3 است که در مقایسه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی به ترتیب ۲۶ و ۳/۵ برابر حد مجاز می‌باشند. آلودگی Cd و Pb در ایستگاه KDT_3 می‌تواند هم منشا انسان‌زاد و هم زمین‌زاد داشته باشد. علاوه بر این، کیفیت آب از نظر آبیاری در طبقه C_2S_1 (شوری پایین) و کیفیت مناسب برای مصارف کشاورزی واقع شده است. نمودار پایپر نیز نشان می‌دهدکه نوع آب‌های منطقه از نوع بی‌کربناته – کلسیک است. کیفیت آب از لحاظ مصارف صنعتی به دلیل سختی‌کل بالا نیاز به نرم کردن قبل از مصرف دارند. کیفیت آب برای دام از نظر تمام عناصر مورد تجزیه به جز کادمیوم مناسب می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب، فلزات سنگین، کادمیم، سرب

۱- مقدمه

مطابق تعریف سازمان بهداشت جهانی" آب آشامیدنی" آبی است که ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیوی آن درحدی باشد که، مصرف آن جهت آشامیدن، عارضه سوئی در کوتاه‌مدت یا درازمدت، برای سلامتی انسان، ایجاد نکند [۳۸]. آب با کیفیت خوب و مقدار کافی به عنوان یکی از ستون‌های اقتصادی و توسعه یک کشور معرفی می‌شود [۲۳]. بنابراین ارزیابی کمیت و کیفیت آب‌های سطحی یکی از پایه‌های اصلی توسعه پایدار به شمار می‌رود. آب‌های سطحی از مهم‌ترین منابع آب آشامیدنی هم‌چنین بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، صنعت و تولید برق دارند.

کیفیت آب تحت تاثیر فرآیندهای طبیعی مانند بارش، فرسایش و هوازدگی مواد، موجودات زنده، شیمی اتمسفر، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، انحلال مواد آلی [۳۱] و عوامل انسانی از قبیل فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی قرار می‌گیرد [۲۹]. آب‌های سطحی در مقایسه با آب‌های زیرزمینی به جهت دسترسی آسان برای دفع پساب‌ها در معرض آلودگی و آسیب‌پذیری بیش‌تری قرار دارند. با توجه به افزایش جمعیت، افزایش آلودگی‌ها، تخریب مراتع و جنگل‌ها و خشکسالی‌های اخیر، کاهش کیفیت منابع آب اجتناب‌ناپذیر بوده و لازم است تا کیفیت منابع آب سطحی مورد بررسی قرار گیرد [۱۸]. وجود برخی املاح در آب برای سلامتی انسان ضروری است ولی مقدار بیش از حد مجاز برخی از آن‌ها سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد [۹]. عناصر بالقوه سمی مانند سرب، روی، نیکل، کروم، کادمیوم و غیره با توجه به توسعه شهری و صنعتی، بیش‌تر از طریق دفع نادرست و

غیربهداشتی فاضلاب شهری و پساب صنعتی وارد محیط زیست می‌شوند. وجود این فلزات در غلظت بیش از حد استاندارد در آب آشامیدنی باعث عوارض و بیماری‌های مختلف در انسان می‌شود [۷].

پژوهش‌های زیادی در ارتباط با آلودگی، هیدروژئوشیمی و بررسی کیفیت آب در ایران و جهان صورت پذیرفته یا در حال انجام است. برای مثال Xuyin و همکاران [۴۰] در پی مطالعه هیدروژئوشیمی پایین‌دست رودخانه یانگ‌تسه در کشور چین به منظور بررسی پیامدهای زیست‌محیطی و تاثیر فعالیت‌های انسانی و صنعتی متوجه شده‌اند که پارامترهای فیزیکوشیمیایی و غلظت عناصر اصلی پایین‌دست رودخانه با نواحی میانی و بالادست آن تفاوت چندانی نشان نداده است در حالی‌که از نظر غلظت عناصر بالقوه سمی تفاوت‌های زیادی با هم دارند که این در ارتباط با ورود پساب‌های شهری، صنعتی و معدنی در نواحی پایین‌دست رودخانه می‌باشد. البته میزان غلظت عناصر و آلودگی در فصول خشک (کم آبی) و تر (پر آبی) تفاوت‌های زیادی با هم دارند. Nwagbara و همکاران [۲۸] کیفیت آب و هیدروژئوشیمی رودخانه Nworie در جنوب‌شرقی نیجریه در را به منظور تجزیه و تحلیل پارامترهای فیزیکوشیمیایی و عناصر بالقوه سمی (Cd, Cu, Fe, Pb) مورد پژوهش قرار داده‌اند. میزان pH برابر ۶/۱۲ رودخانه نشان می‌دهد که آب رودخانه اسیدی است که در بررسی‌ها علت آن ورود پساب‌های خانگی و زباله مشخص شده است. و نتایج میانگین غلظت عناصر بالقوه سمی حاکی از این است که مصرف آب رودخانه برای انسان توصیه نمی‌شود و طبق استانداردهای جهانی آلوده است. بابایی و همکاران [۴] بررسی میزان پراکنش ۹ فلز سنگین (Cu, Cr, Cd, Pb, Hg, Co, Ni, Zn, Fe) در آب رودخانه گاماسیاب نتایج نشان می‌دهد که میزان غلظت مس در ایستگاه‌های پل ده‌حیدر و مزرعه دوست مراد افزایش قابل‌توجه داشته است. که احتمالا به دلیل ورود و نشت پساب‌های کشاورزی و شهری در این ایستگاه‌ها بوده است. آب رودخانه گاماسیاب از نظر آلودگی به فلزات سنگین پایین‌تر از حد مجاز استاندارد جهت مصارف کشاورزی بوده و در شرایط کنونی هیچ‌گونه محدودیت برای آبیاری کشاورزی ایجاد نمی‌کند. رحیم‌سوری و همکاران [۶] هیدروژئوشیمی و آلودگی آب‌های آشامیدنی روستاهای واقع در حوضه آبریز رودخانه آغدره در تکاب را بررسی نموده و نتیجه گرفته‌اند که چشمه واقع در پایین‌دست معدن متروکه آنتیموان آغدره بالا و چشمه واقع در پایین‌دست سدهای باطله واحد استحصال طلای آغدره به ترتیب منشاء زمین‌زاد و انسانزاد آلودگی می‌باشند. مطالعات فیروزی و همکاران [۱۰] نشان داده است که آب سرشاخه‌های اصلی سد مخزنی مهاباد جهت استفاده در آبیاری فاقد آلودگی می‌باشند.

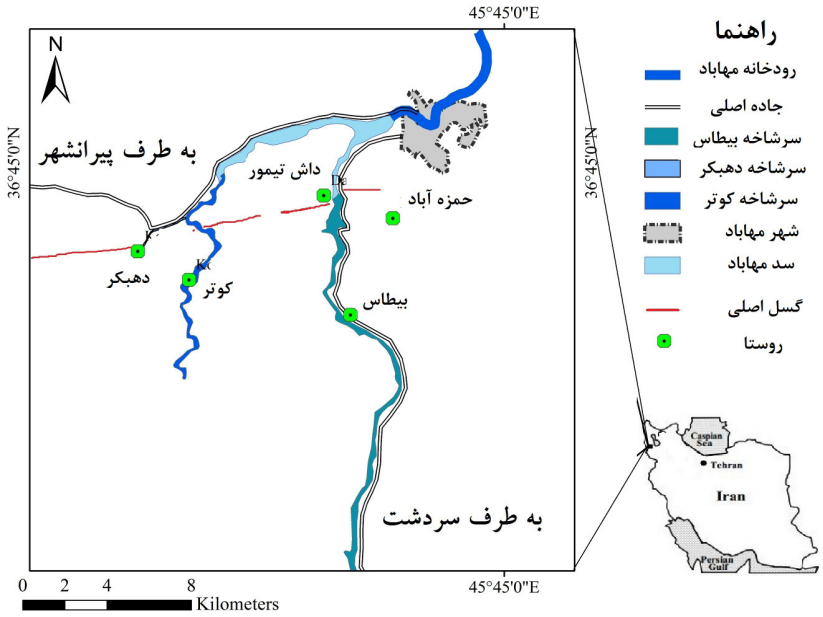
با توجه به مطالب اشاره شده در بالا هدف از این نوشتار، بررسی هیدروژئوشیمی و کیفیت آب سد مخزنی مهاباد از نظر شرب و مصارف کشاورزی، دامپروری و صنعت است. امید است نتایج این پژوهش به برنامه‌ریزی‌های مدیریتی لازم جهت توسعه پایدار و حفظ محیط‌زیست در این حوضه و هم‌چنین تامین آب شرب سالم کمک نماید.

۲- معرفی منطقه و راه‌های دسترسی

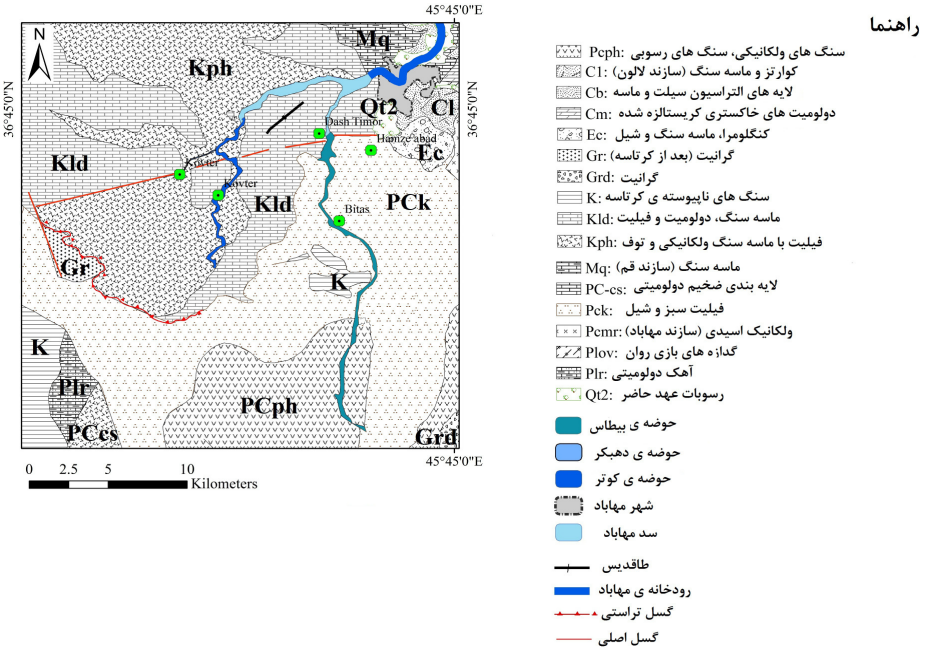
سد مخزنی مورد مطالعه در فاصله ۱ کیلومتری باختر شهر مهاباد از توابع استان آذربایجان‌غربی بر روی رودخانه مهاباد بین طول جغرافیایی ′۲۵ °۴۵ تا ′۴۵ °۴۶ خاوری و عرض جغرافیایی ′۲۳ °۳۶ تا ′۰۳ °۳۷ شمالی واقع شده است. حوضه آبریز سد مخزنی مهاباد با ۸۲۹ کیلومترمربع مساحت [۱۴] از منابع اصلی تامین آب شرب و کشاورزی شهرستان مهاباد است و از سه زیر حوضه، به نام‌های بیطاس، کوتر و دهبکر تشکیل شده است (شکل ۱). ناحیه مهاباد اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های معتدل و زمستان‌های خیلی سرد با میانگین درجه حرارت سالیانه ۹ درجه سانتی‌گراد دارد. میانگین بارش سالیانه آن حدود ۴۰۰ میلی‌متر گزارش شده است [۲]. دسترسی به محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری از طریق جاده‌های آسفالته مهاباد – سردشت و مهاباد – پیرانشهر مقدور می‌باشد.

۳- زمین‌شناسی حوضه‌آبریز سد مخزنی مهاباد

محدوده مورد مطالعه براساس تقسیمات زمین‌شناسی ایران در زون ساختاری سنندج – سیرجان [۳۴] واقع شده است. با توجه به نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (شکل ۲) و براساس مطالعات چینه‌شناسی، واحدهای سنگ‌شناسی این محدوده از قدیم به جدید به شرح زیر هستند [۳ و ۱]:



شکل ۱ . موقعیت محدوده مورد مطالعه



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز سد مخزنی مهاباد

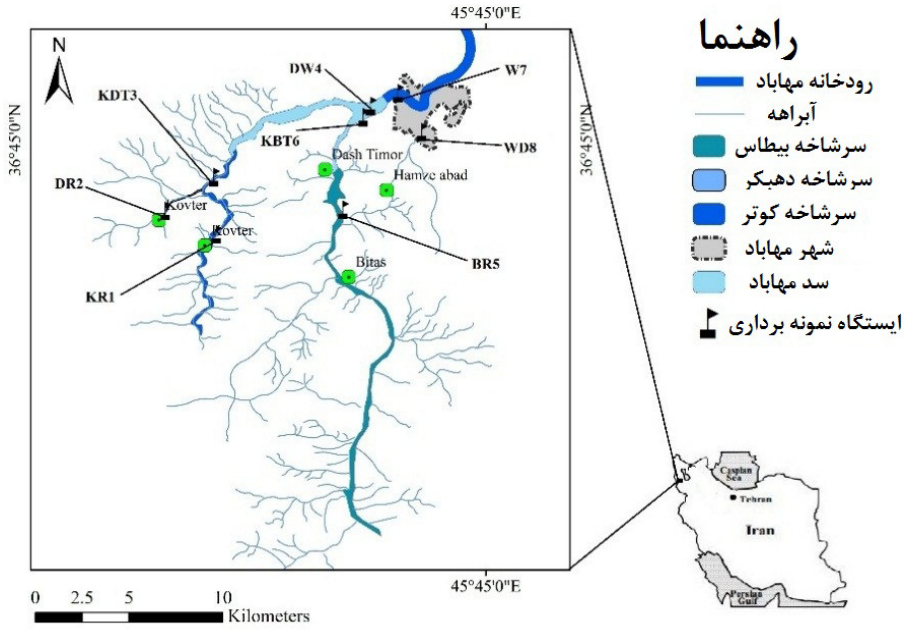
* سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده و سنگ‌های رسوبی منتسب به پرکامبرین (PC^{ph}).
* تناوب فیلیت سبز و شیل (سازند کهر) منتسب به پرکامبرین (PC_k).
* ماسه‌سنگ کوارتزی دانه متوسط به رنگ صورتی (سازند لالون) منتسب به پرکامبرین (C_l).
* تناوب ماسه‌سنگ، توف، فیلیت‌های سبز منتسب به کرتاسه (K^{ph}).
* تناوب آهک و دولومیت‌های خاکستری تا قهوه‌ای منتسب به پرمین (P^l_r).
* تناوب توف سبز تا خاکستری روشن (با ترکیب آندزیتی) و مارن و دولومیت‌های متبلور شده منتسب به کرتاسه (K^{ld}).

* تناوب ماسه‌سنگ و شیل و کنگلومرا منتسب به ائوسن زیرین (E^c).
* آهک توده‌ای کرم متمایل به سفید با میان لایه‌های از مارن کرم رنگ منتسب به میوسن معادل بخش بالایی سازند قم (Mq).

از دیگر واحدهای سنگ‌شناسی در حوضه آبریز سد مخزنی مهاباد می‌توان به نهشته‌های آبرفتی جدید، خاک‌های سطحی و کشاورزی اشاره کرد. از سنگ‌های نفوذی موجود در منطقه مورد مطالعه می‌توان به توده گرانیت تا گرانودیوریتی موسوم به گرانیت دوران منتسب به پرکامبرین و سینیت پرمین اشاره کرد.

۴- مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری یکی از مهم‌ترین بخش‌های برنامه‌های پایش کیفیت منابع آب و تخلیه‌های فاضلاب است و هرگونه سهل‌انگاری یا اشتباه در این بخش می‌تواند نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی و تحلیل‌های انجام شده را با ابهام جدی مواجه سازد [۳۷ و ۱۷]. نمونه‌برداری در هر ایستگاه بر اساس استانداردهای تعریف شده در مراجع معتبر بین‌المللی، دستورالعمل ملی نمونه‌برداری منتشر شده توسط USGS، از آب سد مخزنی مهاباد، در تیرماه و آبان‌ماه ۱۳۹۳ به منظور بررسی‌های هیدروژئوشیمی و زیست‌محیطی انجام شد [۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹ و ۳۰]. بدین منظور ۸ ایستگاه برای نمونه‌برداری (از سرشاخه‌های اصلی قبل از تلاقی با آب دریاچه سد، از بخش میانی آب دریاچه و آب خروجی از سد مخزنی مهاباد به سمت حوضچه‌های ترسیب و تصفیه‌خانه) انتخاب شدند، بر این اساس تعداد ۵ نمونه آب جهت آنالیز تجزیه‌های شیمیایی کاتیون و آنیون‌های اصلی ۱۱ نمونه آب جهت آنالیز عناصر بالقوه سمی در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند (شکل ۳).



شکل ۳ . موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

در هر ایستگاه پس از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی pH ، EC، شوری و دمای آب در محل توسط دستگاه‌های چند متغیر کالیبره شده مدل Sension 156 و Water Quality Meter 8603 اقدام به برداشت سه نمونه آب، نمونه اول برای آنالیز کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی شامل Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+}، K^{+}، HCO_3^{-}، SO_4^{2-}، Cl^{-}و اندازه‌گیری کل مواد جامد محلول موسوم به TDS، سختی‌کل و قلیائیت (TA)، نمونه دوم پس از اضافه کرده cc ۲ اسید نیتریک خالص به عنوان عامل نگهدارنده برای تعیین غلظت کل و نمونه سوم جهت تعیین غلظت فاز محلول پس از فیلتر شدن با فیلترهای با قطر منافذ ۰/۴۵ میکرومتر از جنس نیترات سلولز Scheicher & Schuell آلمان و سپس اسیدی نمودن آن) در بطری‌های پلی اتیلین با حجم ۲۰۰CC شد. نمونه‌های

اول پس از برداشت برای تجزیه کاتیون و آنیون‌های اصلی و متغیرهای مواد جامد محلول، سختی کل و قلیائیت به آزمایشگاه هیدروژئوشیمی شرکت زمین‌ریزکاوان تهران ارسال و با روش‌های گراویمتری، تیتراسیون و نشر شعله در کمتر از ۴ روز مورد تجزیه قرار گرفته‌اند. نمونه‌های دوم و سوم نیز به آزمایشگاه شیمی تجزیه دانشگاه ارومیه توسط دستگاه جذب اتمی مدل (Shimadzu AA-670) در کمتر از دو ماه، مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفته‌اند. نتایج متغیرهای فیزیکوشیمیایی و تجزیه شیمیایی کاتیون و آنیون‌های اصلی در (جدول ۱) و نتایج تجزیه-های شیمیایی تعدادی از عناصر جزئی به همراه پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب سد مخزنی مهاباد در (جدول ۲) آورده شده است.

جدول۱. نتایج اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی، کاتیون و آنیون‌های اصلی نمونه‌برداری آب در ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه

ایستگاه	T (C°)	pH	TDSmg/l	EC µS/cm	Salinity (%)	TA	TH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}
						mg/l$CaCO_3$		mg/l						
KR_1	۱۷	۸/۶۴	۳۹۵	۳۹۲	۰/۲۱	۲۵۷	۲۲۸	۶۸	۱۴	۰/۲۳	۹	۲۶۱	۱۰	۲۹
KDT_3	۱۴	۸/۵۵	۳۴۰	۳۲۱	۰/۱۹	۲۱۶	۱۹۹	۶۰	۱۲	۰/۶۳	۵	۲۱۹	۱۷	۲۵
BR_5	۱۷	۸/۵۸	۴۶۰	۴۵۰	۰/۲۸	۲۸۳	۲۶۶	۸۵	۱۳	۰/۳۴	۱۰	۲۸۷	۲۳	۳۰
KBT_6	۲۱	۸/۱۸	۲۶۰	۲۸۳	۰/۱۸	۱۶۶	۱۵۰	۴۵	۹	۰/۸	۳	۱۶۸	۱۱	۱۷
W_7	۱۸	۸	۳۲۰	۳۱۶	۰/۱۹	۲۰۴	۱۷۹	۵۵	۱۰	۰/۱۸	۵	۲۰۷	۱۶	۱۵

جدول ۲. نتایج تجزیه‌های شیمیایی تعدادی از عناصر جزئی (غلظت کل T)، (غلظت فاز حل شده F) و پارامترهای فیزیکوشـیمیایی نمونه‌های آب منطقه

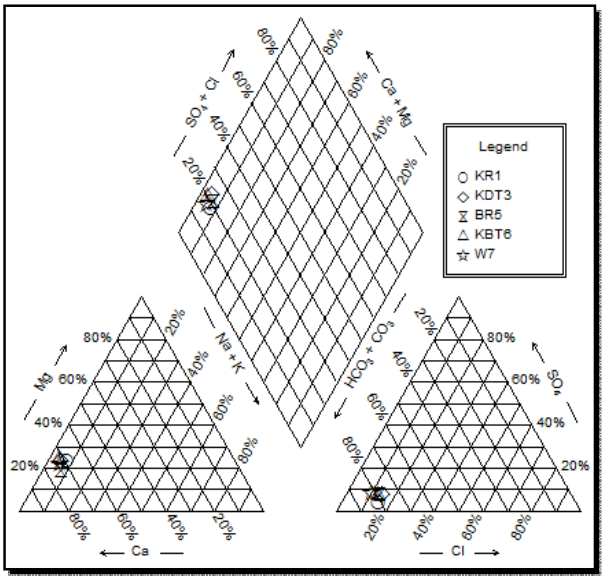
ایستگاه	pH	Eh	TDS	EC	Fe*	Cu	Cd	Pb	Zn	Ni	Cr	Ag
	-	mV	mg/l	µS/cm	µg/ml	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
KR_1.T	۷/۶۲	-۲۴/۶	۲۲۸	۳۴۸	۳/۶۲	۱۲/۲	۶۳/۲	۸/۴	۳۴/۱	۱۳/۲	۸/۱	۸/۷
DR_2.T	۷/۵۶	-۱۹/۴	۳۴۱	۴۴۸	۳/۸۴	۱۳/۲	۵۱/۲	۶/۵	۴۹/۴	۴/۲	۷/۵	۱۲/۵
KDT_3.T	۷/۴۳	-۱۰/۹	۲۹۷	۳۶۳	۳/۴۲	۲۴/۸	۱۳۰	۳۴/۵	۸۰/۲	۳/۵	۱۶/۳	۹/۴
KDT_3.F	۷/۴۳	-۱۰/۹	۲۹۷	۳۶۳	۲/۴۵	۱۹/۶	۱۱۱	۲۳/۵	۶۱/۱	۳/۱	۱۴/۵	۷/۵
DW_4.T	۷/۶۸	-۸/۴	۲۴۲	۳۲۷	۲/۲۸	۱۵/۱	۲۵/۱	۴/۸	۳۸/۲	۵/۱	۱۰/۲	۱۴/۲
DW_4.F	۷/۶۸	-۸/۴	۲۴۲	۳۲۷	۲/۲۸	۱۵/۱	۲۵/۱	۴/۸	۳۸/۲	۵/۱	۱۰/۲	۱۴/۲
BR_5.T	۸/۰۲	-۳۶/۴	۲۵۷	۴۱۱	۲/۶۲	۱۵/۲	۸/۲	۴/۶	۳۳/۵	۶/۱	۱۱/۵	۵/۵
KBT_6.T	۷/۸۱	-۲۲/۷	۲۱۱	۳۸۸	۲/۹۷	۱۵/۴	۶/۱	۳/۵	۲۹/۲	۶/۳	۳/۴	۵/۲
KBT_6.F	۷/۸۱	-۲۲/۷	۲۱۱	۳۸۸	۱/۹۵	۱۴	۴/۴	۳/۲	۲۸/۲	۴/۹	۳	۴/۸
W_7.T	۷/۴۲	-۵/۶	۲۰۴	۲۹۸	۴/۶۷	۱۵/۱	۵۴/۱	۲/۸	۱۷۰	۱۶/۵	۵/۵	۴/۴
WD_8.T	۷/۱	-۳/۶	۲۱۰	۳۳۶	۴/۴۸	۴۸/۱	۴۸/۵	۳/۲	۲۴/۲	۵/۸	۳/۶	۳/۲

(T: نمونه آب فیلتر نشده، F: نمونه آب فیلتر شده،KR_1: سرشاخه کوتر، DR_2: سرشاخه دهبکر، KDT_3: پایین‌دست محل تلاقی سرشاخه کوتر و سرشاخه دهبکر، DW_4: سد مخزنی مهاباد، BR_5: سرشاخه بیطاس، KBT_6: پایین‌دست تلاقی سرشاخهبیطاس و سرشاخه کوتر، W_7: خروجی سد، WD_8: آب آشامیدنی شهر)

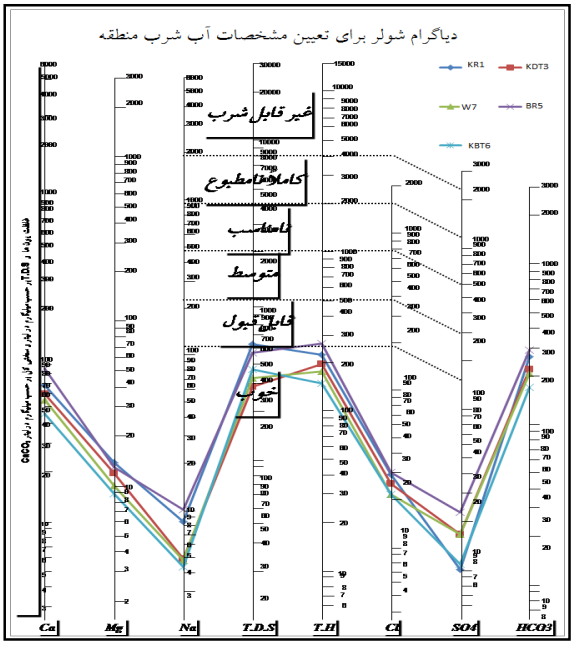
۵- بحث

با اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکوشیمیایی و غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب می‌توان نوع (تیپ) آب، گونه چیره عنصر آلاینده مورد نظر محلول در آب و کیفیت آب از نظر آشامیدن، آبیاری، صنعتی و دامی را تعیین نمود [۱۰]. در (شکل ۴) نوع آب، در (شکل ۵) گروه‌بندی آب از نظر شرب، در (شکل ۶) گروه‌بندی آب از نظر آبیاری، در (شکل ۷) ارتباط میان محتوای فلزی و pH نمونه‌های آب، در (جدول ۳) طبقه‌بندی آب از نظر مصارف صنعتی و در (جدول ۴ و ۵) طبقه‌بندی آب از نظر مصارف دامی محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است. با توجه به نتایج (جدول ۱) می‌توان دریافت که کیفیت آب نمونه‌های محدوده مورد مطالعه از نظر متغیرهای فیزیکوشیمیایی تفاوت‌های چشمگیری با هم ندارند. تغییرات غلظت کاتیون‌ها از روند $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} + K^{+}$ و تغییرات غلظت آنیون‌ها از روند $HCO_3^{-} > Cl^{-}$

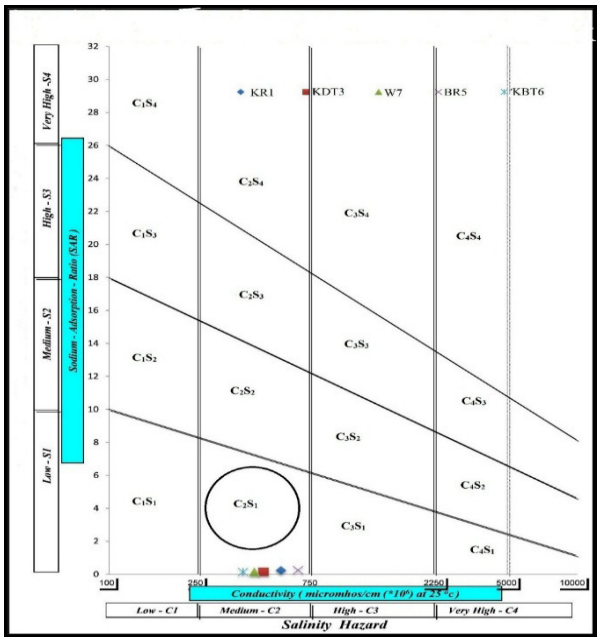
SO_4^{2-} > پیروی می‌کند.آب تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری فاقد رنگ و بو خاصی هستند. نمونه‌های W_7 و DW_8 در مقایسه با سایر نمونه‌ها کمترین مقادیر pH و بالاترین مقادیر EC و TDS، شوری، Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+}، K^{+}، HCO_3^{-}، SO_4^{2-}، Cl^{-}، TH و TA به ایستگاه BR_5 تعلق دارد. نتایج محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون میان متغیرهای فیزیکوشیمیایی نیز گویای این واقیت است به گونه‌ای که pH، همبستگی مثبت متوسطی را با EC، TDS، TH، HCO_3^{-}، Cl^{-}، Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+} و همبستگی مثبت پایینی با SO_4^{2-} و منفی معنادار بالایی با K^{+} نشان داده است (جدول ۶).



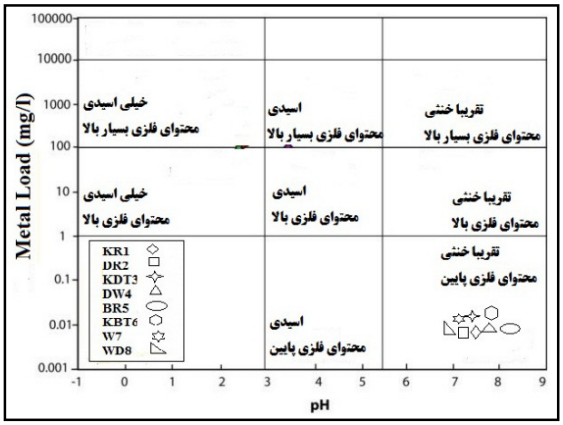
شکل ۴. تیپ نمونه‌های آب سد مخزنی مهاباد بر روی نمودار پایپر



شکل ۵. کیفیت آب از نظر آشامیدن بر روی نمودار شولر



شکل ۶. کیفیت آب از نظر آبیاری بر روی نمودار ویلکاکس



شکل ۷. ارتباط بین محتوای فلزی و pH نمونه‌های آب محدوده

جدول ۳ . درجه‌بندی آب از نظر مصارف صنعتی [۱۱] و مقایسه آن با منطقه مطالعاتی

نوع آب	درجه۱	درجه ۲	درجه ۳	نمونه های آب منطقه مطالعاتی				
فاکتورهای لازم	از نظر سختی، تصفیه مختصر لازم است.	از نظر سختی، تصفیه جزیی لازم است.	از نظر سختی، تصفیه کامل لازم است.	KR_1	KDT_3	BR_5	KBT_6	W_7
TH	۵۰	۱۵۰	۲۵۰	۲۲۸	۱۹۹	۲۶۶	۱۵۰	۱۷۹
EC	۱۵۰۰	۵۰۰۰-۳۰۰۰	۸۰۰۰-۱۰۰۰	۳۹۲	۳۲۱	۴۵۰	۲۸۳	۳۱۶

جدول ۴. مقدار قابل‌قبول پارامترهای فیزیکوشیمیایی (برحسب mg/l) برای حیوانات [۱۶ و ۲۴]

نوع حیوان	Ca	Na	K	Cl	SO_4	pH	TH	TA	TDS
مرغ و خروس	۱۰۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۱۵۰۰۰	۵۰۰	۵/۵-۸	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰
گاو	۱۰۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۱۵۰۰۰	۵۰۰	۶/۵-۸	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۸۰۰۰
گوسفند	۱۰۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۱۵۰۰۰	۵۰۰	۶/۵-۸	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰۰

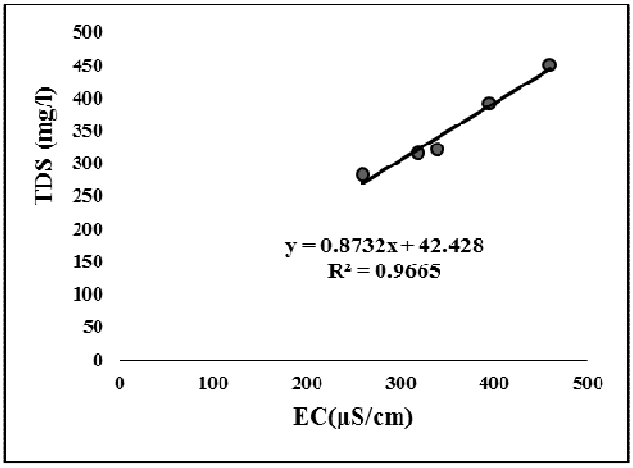
جدول ۵. مقدار قابل قبول غلظت عناصر سنگین و بالقوه سمی (برحسبµg/l) برای حیوانات [۱۶]

نوع حیوان	Pb	Fe	Cu	Cd	Cr	Ni	Zn
مرغ و خروس	۱۰۰	۳۰۰	۵۰۰۰	۲۰	۵۰	۱۰۰۰	۲۵۰۰۰
گاو	۱۰۰	۳۰۰	۱۰۰۰	۲۰	۵۰	۱۰۰۰	۲۵۰۰۰
گوسفند	۱۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۲۰	۵۰	۱۰۰۰	۲۵۰۰۰

جدول ۶. ضرایب همبستگی پیرسون بین کاتیون و آنیون‌ها و چهار پارامتر pH، EC، TAو TDS نمونه‌های آب منطقه

	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	pH	EC	TH	TDS
Ca^{2+}	۱										
Mg^{2+}	.۸۱۱	۱									
K^+	-.۵۱۰	-.۴۸۹	۱								
Na^+	.۹۴۶*	.۸۸۶*	-.۶۳۹	۱							
HCO_3^-	.۹۷۶**	.۹۰۰*	-.۶۱۴	.۹۸۴**	۱						
SO_4^{2-}	.۶۶۷	.۲۰۳	-.۱۹۰	.۴۰۶	.۵۲۱	۱					
Cl^-	.۸۴۸	.۹۳۷*	-.۲۲۴	.۸۵۴	.۸۷۵	.۳۱۸	۱				
pH	.۷۲۵	.۸۴۴	-.۷۶۵	.۷۶۴	.۸۲۰	.۳۵۷	.۶۵۶	۱			
EC	.۹۸۰**	.۸۱۸	-.۵۴۷	.۹۸۰**	.۹۷۶**	.۵۴۰	.۸۴۴	.۶۸۰	۱		
TH	.۹۹۴**	.۸۷۱	-.۵۲۴	.۹۶۴**	.۹۹۱**	.۵۹۶	.۸۸۹*	.۷۶۸	.۹۸۰**	۱	
TDS	.۹۹۴**	.۸۵۷	-.۵۷۵	.۹۷۰**	.۹۹۴**	.۶۰۱	.۸۶۰	.۷۸۰	.۹۸۳**	.۹۹۸**	۱

اگرچه pH تاثیر مستقیمی روی سلامتی انسان ندارد اما رابطه نزدیکی با متغیرهای فیزیکوشیمیایی آب دارد. با اندازه‌گیری مقادیر EC که رابطه مستقیمی با مقدار مجموع نمک‌های محلول در آب دارد می توان به طور نسبی آلودگی معدنی (غیرآلی) آب را مشخص ساخت. مقادیر بالای EC معمولا به شوری بالا و محتوی کانیایی محل برداشت نمونه نسبت داده می‌شود. مقادیر TDS آب رابطه مستقیمی با شوری آب دارد [۲۲]. براساس گزارش موسسه بین‌اللملی مدیریت آب (IWMI)، TDS نقش مستقیمی در ایجاد خطرات بهداشتی ندارد اما باعث می‌شود جذب و دفع نمک‌های محلول در آب در بدن انسان به تاخیر افتد و زمینه ایجاد سنگ کلیه بالا رود. غلظت بالای TDS می‌تواند ضمن کاهش دلپذیری آب، باعث ایجاد سوزش معده و روده در انسان شود. سازمان بهداشت جهانی (WHO) بالاترین غلظت قابل قبول TDS آب شرب را برای مصارف خانگی ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین کرده است [۳۸]. رابطه بین TDS و EC نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه نیز همبستگی مثبتی را نشان داده است (شکل ۸). این بدین معناست که بخشی از مواد جامد محلول (TDS) در آب را کاتیون‌های فلزی و شبه فلزات با قابلیت هدایت الکتریکی بالا (EC) تشکیل داده‌اند.



شکل ۸ . ارتباط بین EC و TDSدر منطقه مورد مطالعه

قلیائیت بالای آب آشامیدنی نیز افزون بر این که مزه آب را ناخوشایند می‌سازد در صورت بالا بودن مقادیر TH،TDS و pH به سلامتی انسان صدمه می‌زند. سختی کل بالای آب آشامیدنی باعث افزایش ریسک رسوب آهک در شریان‌ها، سفت شدن مجاری ادراری، ایجاد بیماری‌های کلیوی و اختلالاتی در مثانه و معده می‌شود [۲۲]. مقدار مجاز سختی کل که یکی از مهم‌ترین خواص آب مورد استفاده برای مصارف خانگی است بر طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و طبق استانداردهای کشور هندوستان (BIS)[۱۹] ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شده است. این مقادیر براساس پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی، برای شرب نباید از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیش‌تر شود. از آنجا که عامل مهم افزایش سختی کل، تماس با تشکیلات زمین‌شناسی است. براساس مطالعات انجام شده در نقاطی از دنیا که از آب‌ها با سختی زیادتر استفاده می‌گردد، مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلب و عروق ۲۰ درصد کمتر از نقاطی است که آب‌های با سختی کمتر مصرف می‌کنند [۱۲]. از مشکلات آب‌های سخت، نامناسب بودن آن‌ها در مصارف خانگی می‌باشد، زیرا برای ایجاد کف، مقدار صابون زیادی بکار برده می‌شود. هم‌چنین اگر آب‌های مورد استفاده در پخت و پز غذا به مقدار زیاد نمک‌های محلول داشته باشند، باعث می‌شوند که رنگ آب غذا تیره و سبزی‌ها دیر پخته شوند. بویژه یون‌های کلسیم و منیزیم در سخت شدن (تردشدن) سبزی‌های پخته شده موثر است [۱۳]. در (جدول ۷) پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه با مقادیر استاندارد آب آشامیدنی مقایسه شده است.

جدول۷. مقایسه حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب آشامیدنی حوضه آبریز سد مهاباد با مقادیر استاندارد (غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها و سایر متغیرها به غیر از EC و pH بر حسب mg/l هستند)

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین	استاندارد BIS ۱۹۹۱		استاندارد WHO۲۰۰۷	
	----------			قابل قبول	بیشینه مجاز	قابل قبول	بیشینه مجاز
pH	۷/۱۶	۸/۶۴	۸/۲۲	۸/۵	۶/۵-۹/۲	۷	۸/۵
TDS	۱۶۰	۴۶۰	۲۹۹	۵۰۰	۱۵۰۰	۵۰۰	۱۵۰۰
EC	۲۸۳	۵۲۶	۳۸۷	۵۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰	۲۰۰۰
TH	۱۵۰	۲۶۶	۲۰۴	۲۰۰	۶۰۰	۱۰۰	۵۰۰
TA	۱۶۶	۲۸۳	۲۲۵	۲۰۰	۶۰۰	-	-
Na^+	۳	۱۰	۷	۵۰	-	-	۲۰۰
K^+	۰/۱۸	۰/۸	۰/۵	-	-	۱۰	۱۲
Ca^{2+}	۴۵	۸۵	۶۳	۷۵	۲۰۰	۷۵	۲۰۰
Mg^{2+}	۹	۱۴	۱۲	۳۰	۱۰۰	۵۰	۱۵۰
HCO_3^-	۱۶۸	۲۸۷	۲۲۹	۳۰	-	۱۵۰	-
Cl^-	۱۵	۳۰	۲۴	۲۵۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۶۰۰
SO_4^{2-}	۱۰	۲۳	۱۶	۱۵۰	۴۰۰	۲۰۰	۴۰۰

تمامی نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه از نظر شرب و آبیاری بر اساس نمودار شولر (Scholler) [۳۲] در طبقه خوب تا قابل قبول قرار گرفته‌اند (شکل ۵). در نمودار ویلکوکس (Wilcox) [۳۹] نیز تمام نمونه‌ها در محدوده C_2S_1 (کمی شور؛ مناسب برای کشاورزی) جای گرفته‌اند (شکل ۶). بر این اساس کیفیت آب سطحی محدوده مورد مطالعه از نظر آبیاری مناسب ارزیابی می‌شود. با توجه به نمودار پایپر (شکل ۵) و روند تغییرات غلظت کاتیونی، یون کلسیم و از نظر آنیون‌ها، یون بی‌کربنات یون‌های غالب در نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه است، بنابراین نوع آب‌های محدوده مورد مطالعه از نوع کلسیم کربناتی تعیین می‌گردد. این روند با زمین‌شناسی حوضه آبریز سد مخزنی مهاباد (بویژه بخش‌های میانی آن) که بیش‌تر بخش‌های آن را سنگ‌های کربناتی تشکیل می‌دهند مطابقت دارد و مبین این واقعیت است که آبی که در مجاورت سازندهای مختلف زمین‌شناسی قرار می‌گیرد، نسبت به عناصر شیمیایی که شاخص آن سازند است، غنی می‌شود [۵]. هم‌چنین از نظر رده‌بندی ارائه شده برای شیمی آب‌ها که توسط Stallard & Edmond [۳۶] نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه در رده‌ای قرار دارند که هوازدگی سنگ در آن غالب است زیرا غلظت کاتیون‌های Ca و Mg، با توجه به زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و به دلیل حضور رسوبات کربناته که از سازندهای حاوی آهک و دولومیتی منشا می‌گیرند، قابل ملاحظه است. طبق (جدول ۳) حد نصاب آب از نظر سختی کل و هدایت الکتریکی بررسی شده است مشخص گردید که آب سرشاخه‌های اصلی سد مخزنی مهاباد (بیطاس و کوتر) با عمل کامل تصفیه و آب سایر ایستگاه‌ها هم با تصفیه جزئی می‌تواند برای مصارف صنعتی مورد استفاده واقع شود. بر اساس نتایج ارائه شده در جداول ۱ و ۳ می‌توان دریافت که سختی کل اغلب نمونه‌های آب محدوده مطالعاتی بیش از حد مجاز بوده، بنابراین هر چند که از نظر قلیائیت در حد مطلوبی قرار دارند (جدول ۱) ولی بدون تصفیه غیر قابل مصرف می‌باشند (جدول ۳). پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب مورد شرب حیوانات اهلی نیز بر حسب مقادیر مربوطه باید در بازه حد مجاز قرار گیرند. در (جدول ۴) حد مجاز پارامترهای آب برای حیوانات مختلف نشان داده شده است [۱۶و ۲۴]. بر این اساس تمام نمونه‌های آب ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه فاقد محدودیت مصرف برای حیوانات می‌باشند. در (جدول ۵) نیز مقدار قابل قبول غلظت عناصر سنگین در آب برای حیوانات مختلف نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول می‌توان متوجه شد که غلظت تمامی عناصر به جز کادمیوم، پایین‌تر از غلظت مجاز می‌باشند. نمونه‌های آب ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه افزون بر پارامترهای

فیزیکوشیمیایی و ترکیب کاتیونی و آنیونی آن‌ها از نظر محتوای فلزی (Metal load) بر اساس pH نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بر اساس مقادیر ارائه شده در (جدول ۲) مشخص گردید که اکثر نمونه‌های آب برداشت شده در محدوده تقریباً خنثی با محتوای فلزی پایین واقع شده‌اند [۱۲] (شکل ۷). در (جدول ۸) غلظت عناصر سنگین نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه با مقادیر استاندارد آب آشامیدنی (استاندارد سازمان بهداشت جهانی [۳۸]، استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا [۳۷] و استاندارد اقتصادی اتحادیه اروپا [۲۶]) مقایسه شده است. بر اساس اطلاعات این جدول مشخص گردید که از نظر عنصر کادمیوم تمامی نمونه‌های آب ایستگاه‌ها دارای غلظت بالاتر از مقادیر اشاره شده در استانداردهای آب آشامیدنی هستند. غلظت عنصر سرب فقط در ایستگاه (KDT_3) بالاتر از غلظت استاندارد WHO است و غلظت عنصر روی فقط در ایستگاه (W_7) بالاتر از غلظت استاندارد EEC می‌باشد. اما بقیه عناصر در محدوده مجاز معیارهای کیفی قرار گرفته‌اند. ماتریس همبستگی پیرسون عناصر سنگین به همراه سه پارامتر EC، TDS و pH نشان داده شده است. ضرایب همبستگی به دست آمده بین عناصر آلاینده نشان می‌دهد که عناصر کادمیوم، سرب و کروم همبستگی مثبت و بالایی دارند که ناشی از منشا یکسان این عناصر تحت شرایط سطحی در طول مسیر منابع آبی منطقه مورد مطالعه است. و هم‌چنین نیکل و روی با یکدیگر همبستگی مثبتی را نشان می‌دهند ولی مقدار این همبستگی زیاد نیست. عنصر سرب با عناصر روی و نقره همبستگی مثبت و متوسط و با عنصر مس همبستگی مثبت و پایینی را نشان می‌دهد. عنصر مس نیز با عناصر آهن و کادمیوم همبستگی مثبت و متوسطی را دارد. همانطور که در (جدول ۹) آورده شده است در بین عناصر سنگین کروم، سرب و کادمیوم همبستگی مثبت و بالایی با EC، TDS نشان می‌دهند.

جدول ۸ . مقایسه تجزیه‌های آماری عناصر غلظت کل در منطقه بر حسب (µg/l) به جز عنصر Fe^*(µg/ml) با بیشینه غلظت آلاینده فلزات سنگین در آب آشامیدنی با شاخص‌های استاندارد (WHO، USEPA، EEC)

عنصر	حداقل	حداکثر	میانگین	EEC(1985)	EPA(1997)	WHO (2007)
Fe^*	۲/۲۸	۴/۶۷	۳/۵	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰
Cu	۱۲/۲	۴۸/۱	۲۰	۵۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
Cd	۶/۱	۱۳۰	۴۸	۵	۱۰	۵
Pb	۲/۸	۳۴/۵	۸/۵	۵۰	۵۰	۱۰
Zn	۲۴/۲	۱۷۰	۵۸	۱۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰
Ni	۳/۵	۱۶/۵	۷/۵	۵۰	۱۰	۲۰
Cr	۳/۴	۱۶/۳	۸/۵	۵۰	۵۰	۵۰
Ag	۳/۲	۱۴/۲	۸	۱۰	۵۰	-

جدول ۹. ماتریس همبستگی عناصر سنگین در منابع آب منطقه مورد مطالعه به روش پیرسون

	Fe	Cu	Cd	Pb	Zn	Ni	Cr	Ag	PH	TDS	EC
Fe	1										
Cu	.433	1									
Cd	.382	.221	1								
Pb	-.064	.087	.863	1							
Zn	.524	-.195	.352	.124	1						
Ni	.491	-.278	-.029	-.345	.619	1					
Cr	-.441	-.205	.555	.788	.040	-.358	1				
Ag	-.479	-.454	.173	.249	-.181	-.374	.474	1			

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به (شکل ۴) تیپ آب‌های محدوده مورد مطالعه از نوع کلسیم کربناتی است و دلیل آن وجود سازندهای آهکی و دولومیتی فراوان در منطقه مورد مطالعه می‌باشد و از نظر محتوای فلزی و pH (شکل ۷) تمام نمونه‌ها در محدوده تقریبا خنثی با محتوای فلـزی پایـین قرار گرفته‌اند. در مورد منابع آب محدوده مورد مطالعه نیز با توجه به نتایج (جدول ۱) می‌توان دریافت که کیفیت آب از نظر متغیرهای فیزیکوشیمیایی تفاوت‌های چشمگیری با هم ندارند. آب تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری فاقد رنگ و بو خاصی هستند. نمونه‌های W_7 و DW_8 در مقایسه با سایر نمونه‌ها کمترین مقادیر pH و بالاترین مقادیر EC و TDS، شوری، Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+}، K^{+}، HCO_3^{-}، SO_4^{2-}، Cl^{-}، TH و TA مربوط به ایستگاه BR_5 است. براساس استاندارد WHO نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه مقادیر سختی کل حدود ۲ تا ۵ برابر حد مجاز دارند (جدول ۷). براساس استاندارد BIS، نیز آب تـمام ایستگاه‌ها به جز KBT_6 (محل تلاقی دو رودخانه کوتر و بیطاس) مقادیر سختی کل بالاتری از حد مجاز دارند. با توجه به این که آب با سختی کل بالای ۱۵۰mg/l را آب سنگین و کمتر از ۶۰ mg/l را آب سبک می‌خوانند [۸]، آب‌های محدوده مورد مطالعه از نوع سنگین به شمار می‌روند. با مقایسه مقادیر قلیائیت کل (TA) آب‌های محدوده مورد مطالعه با مقادیر اشاره شده در استانداردهای BIS می‌توان نتیجه گرفت که آب‌های منطقه بدون مشکل هستند. با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه (جدول ۲) و مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر استاندارد (جدول ۸)، مشخص شده است که از نظر عناصر سنگین به جز عنصر کادمیوم و سرب مقادیر کمتر از حد مجاز بوده است. مقادیر غلظت مجاز Cd، Pb در آب آشامیدنی به ترتیب ((ppb)۵µg/l، ۱۰µg/l) اشاره شده است [۳۸]. دلیل بالا بودن غلظت عناصر مذکور در ایستگاه‌های اشاره شده در بالا می‌تواند هم منشاء زمین زاد (به احتمال زیاد کانی‌سازی در برخی واحدهای سنگ‌شناسی مسیر عبور آب از جمله گرانیت و آهک همراه با مارن و شیل) و هم انسان‌زاد (فاضلاب روستایی و کودهای شیمیایی) داشته باشد. در مورد ایستگاه KDT_3 با مقایسه غلظت نمونه فیلتر شده ($KDT_3.F$) با نمونه فیلتر نشده آن ($KDT_3.T$) در (جدول ۲) می‌توان دریافت که حدود ۸۵ درصد از غلظت کل کادمیوم و ۶۸ درصد از غلظت کل سرب در فاز محلول وجود دارد، مابقی غلظت این عناصر به صورت فاز ذره‌ای حضور دارند. اگرچه نمودارهای شولر و ویلکوکس (شکل ۵ و ۶) نمونه‌های آب همه ایستگاه‌ها را در محدوده با خطر شوری کم برای آبیاری و از نظر کیفی خوب تا قابل قبول برای آشامیدن نشان داده‌اند ولی از نظر عناصر سنگین و بالقوه سمی بویژه کادمیوم و در مواردی سرب نمونه‌های آب ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه دارای غلظت بالاتر مقادیر استاندارد آب آشامیدنی هستند. هم‌چنین آب سد مخزنی مهاباد و سرشاخه‌های آن از نظر مصارف صنعتی به علت سختی بالا نیاز به نرم کردن (Softening) قبل از مصرف دارند ولی برای شرب دام هیچ مشکلی ندارند.

منابع

[۱] آقانباتی، ع (۱۳۸۳) زمیـن‌شناسی ایران، سـازمـان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.

[۲] آمار اداره کل هواشناسی استان آذربایجان غربی (۱۳۹۲) داده‌های هواشناسی شهرستان مهاباد.

[۳] افتخار نژاد، ج (۱۳۵۴) نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ مهاباد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[۴] بابایی، ه.، خداپرست، ح.، میرزاجانی، ع.، و نیک‌سرشت، ک (۱۳۸۸) بررسی آلودگی زیست‌محیطی فلزات سنگین در آب رودخانه گاماسیاب استان همدان، همایش ملی انسان، محیط‌زیست و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان.

[۵] حسنی‌پاک، ع. ا (۱۳۸۹) اصول و اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران.

[۶] رحیم سوری، ی.، یعقوب پور، ع.، و مدبری، س (۱۳۹۰) هیدروژئوشیمی و بررسی کیفیت آب چشمه‌ها و آب‌های آشامیدنی روستاهای واقع در حوضه آبریز رودخانه آغ دره، فصلنامه علوم زمین، سال ۲۱، شماره ۸۲، صفحه ۷۷ تا ۸۲.

[۷] سرهنگی، ا.، مدبری، س.، موسوی حرمی، ر.، و زیبایی (۱۳۹۳) بررسی آلودگی عناصر بالقوه سمی در مخزن سد لتیان، با نگرشی به نقش رسوبات در کنترل آلاینده‌ها، فصلنامه علوم زمین (زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست)، سال ۲۴، شماره ۹۴، صفحه ۱۳۹-۱۴۶.

[۸] صداقت، م (۱۳۹۰) زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۹۰ صفحه.

[۹] علیزاده، ا (۱۳۸۸) اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ ۱۱، شماره ۳۵، ۶۲۲ صفحه.

[۱۰] فیروزی، م.، بهمنش، ج.، و طالبی، س (۱۳۸۹) بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه مهابادچای جهت استفاده در سیستم‌های آبیاری، سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

[۱۱] کردوانی، پ (۱۳۷۱) منابع و مسائل آب ایران، انتشارات نشر قومس، جلد ۲، ۲۸۶ صفحه.

[۱۲] گلکار، ف.، و فرهمند، ع (۱۳۸۹) آلودگی‌های محیط زیست، انتشارات ماندگار.

[۱۳] مقیمی، ه (۱۳۸۵) هیدروژئوشیمی، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۱۳ صفحه.

[۱۴] مهندسین مشاور دریا ترسیم (۱۳۸۶) گزارش فنی عملیات هیدروگرافی، نقشه‌برداری و رسوب‌سنجی سد مهاباد، آرشیو شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی، ارومیه.

[۱۵] یعقوب پور، ع.، رحیم سوری، ی.، و شهریاری، م (۱۳۸۸) ژئوشیمی زیست محیطی محدوده معدنی آغ دره – تکاب، یافتن منشا عناصر آلاینده آرسنیک، آنتیموان و جیوه و بررسی فعالیت‌های معدن‌کاری و صنایع معدنی در ایجاد آلودگی منابع آب، رسوبات و خاک منطقه، گزارش نهایی طرح پژوهشی، سازمان حفاظت محیط زیست.

[16] Alberta Agriculture and Food (2005) Water Requirments for livestock. Agdex 400/1-716.

[17] ANZECC (2000) Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. Volume l, The guidelin and Zealand Enviroment and Council, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand.

[18] Berhane, O.P., Abera, T., & Gebreselassie, S (2013) Implications of groundwater quality to corrodion probblem and urban planning in Mekella area, Northern Ethiopia. Momona Ethiopian Journal of Science, pp: 51-70.

[19] BIS (Bureau of India Standards), (1991) India standard specification for drinking water. IS, 10500, pp: 2 – 4.

[20] Ficklin, W. H., Plumee, G. S., Smith, K. S., Mchugh, J. B (1992) Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas. In: Kharaka YK, Maest AS, (eds.), Water rock interaction. Balkema, Rotterdam, 7, pp: 381 -384.

[21] Forstner, U (2004) a-Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers: an interdisciplinary approach. Lakes and Reservoirs: Research and Mangement 9, pp: 25-40.

[22] Garg, V. K., Suthar, S., Singh, S., Sheoran, A., Meenakshi, G., & Jain, S (2009) Drinking water quality in villages of southwestern Haryana, India: assessing human health risks associated with hydrochemistry, Environmental Geology, 58, pp: 1329 – 1340.

[23] Gebreyohanns, A (2014) Hydrogeochemical and water quality investigation on irrigation and drinking water supplies in the Mekelle region Northern Ethiopia. Thesis submitted to the Faculty of Geo- Information Science and Earth O bservation of the University of Twente. for the degree of Master.

[24] Karanth, K. R (2001) Ground water assessment development and management, Tata McGraw – Hill,720

[25] Krauskof, K. P. & Bird, D. K (1976) Introduction to Geochemistry, McGraw-Hill, 176pp.

[26] Lioyd, J. W. & J. A. Heathcote (1985) Natural Inorganic Hydrochemistry in Relation to Groundwater – An Introduction. Clarendon Press, Oxford. 296pp.

[27] Nriagu, J. O. & Wong, H. K. T (1986) What fraction of the total metal flux into lakes is retained in the sediments? Water, Air and Soil Pollution 31, 999-1006.

[28] Nwagbara, J.O., Ibeneme, S., Dim, E., Iroegbu , U., & Selemo, A (2013) Hydrogeochemical Analysis of Water Samples From Nworie River, Owerri Southeastern Nigeria. The International Journal Of Engineering And Science (IJES), *2*(9), pp:58 - 67.

[29] Papatheodorou, G., Demopouloua, G., & Lambrakis, N (2006) A long-term study of temporal hydro chemical data in a shallow lake using multivariate statisical techniquse. Journal of Environmental Management *v. 193*, pp:759 - 776.

[30] Perry, C. Y. & Taylor, K (2007) Environmental Sedimentology, Black well Publishing 109P.

[31] Sandow, M., Yidanaa, D., & Bruce, B (2008) A multivarite statistical analysis of surface water chemistry data-The Ankobra Basin Ghana. Journal of Environmental Management: *v. 86*, pp: 80-87.

[32] Schoeller, H (1962) Lex souterraines, Masson, Paris, 642 pp.

[33] Smol, J. P (2002) Pollution of Lakes and Rivers A Paleoenvironmental Perspective, Arnold, 107-109P.

[34] Stocklin, J (1986) Structural history and tectonic of Iran, a review, American

Association of Petroleum Geology Bulletin. K52(7), pp: 1229 – 1258.

[35] Stallard, R. F. & Edmond, J. M (1983) Geochemistry of the Amazon:2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. J. Geophys. Res. 88, pp:9671-9688.

[36] USEPA (2000) Guidelines for water sampling, Guidelines for Effluent samplineV.S.Environmental Protection Agency (EPA), (1999) Standard Method.

[37] WHO (World Health Organization), (2007) Guideline for drinking water quality health criteria and other supporting information, Vol. 2, 2nd edition. Geneva.

[38] Wilcox, L. W (1995) Classification and use of irrigation water, U. S. Department, Agri. Circular, 969 pp.

[39] Xuyin, Y., Jizhou, L., Changping, M., Junfeng, J., & Zhongfang, Y (2012) Geochemistry of Water and Suspended Particulate in the Lower Yangtze River: Implications for Geographic and Anthropogenic Effects. China : International Journal of Geosciences Online February (http://www.SciRP.org/journal/ijg), pp:81-92.

Investigation of hydrogeochemistry and water quality of Mahabad Reservoir Dam, West Azerbaijan province

H. Mohammad Pour*[1], H. Pirkharati[2] and Y. Rahim Souri[3]

1,2,3- Dept. of Geology, University of Urmia, Urmia

* hejar.tbm1400@gmail.com

Recieved: 2015/12/2 Accepted: 2016/7/17

Abstract

Mahabad reservoir dam is the main drinking water source for Mahabad town and its downstream villages. To investigate the quality of water, physicochemical parameters including pH, EC, TDS, total hardness (TH), total alkalinity (TA), temperature, salinity, concentrations of main cations and anions (for 5 samples) and some of heavy metals (for 11 samples) were measured in water sampling stations. According to chemical analysis results and comparison with international standards, main cations and anions concentrations and physicochemical parameters values (exception total hardness) of the water samples are located in permissible ranges and suitable for drinking water. (121-180 mg/l). In comparison with world health organization (WHO) standards, all the water samples indicate Cd and Pb serious pollution for drinking water point of view of drinking water. In KDT_3 sampling station, the concentration of Cd and Pb are 26 times and 3.5 times of permissible values, respectively. Also, the water of Mahabad reservoir dam and upstream tributaries are polluted regarding to permissible Cd for livestock and poultry requirements. This pollution can be related to geogenic source (mineralization) and anthropogenic source (wastewater derived from upstream villages). However for irrigation, the water of Mahabad reservoir dam and upstream tributaries have low salinity (C_2S_1 class) and it is for agricultural uses. Piper diagram revealed bicarbonate type and calcic for water of Mahabad reservoir dam. The surface water of the study area, for the reason of high total hardness, needs softening prior to use for different industries.

Keywords: Water pollution, Heavy Metals, Cadmium, Lead