وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور – پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان :

بررسی کیفیت آب و پارامترهای فیزیکوشیمیایی آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب حوضه سد منگل استان مازندران

مجری :
حسن نصراله زاده ساروی

شماره ثبت
٤٤١٣٧

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان پروژه : بررسی کیفیت آب و پارامترهای فیزیکوشیمیایی آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب حوضه سد منگل استان مازندران
شماره مصوب پروژه : ۸۹۱۸۵-۸۹۱۶-۱۲-۷۶-۱٤
نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : حسن نصراله زاده ساروی
نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد) : -
نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : حسن نصراله زاده ساروی
نام و نام خانوادگی همکار(ان) : حسین نگارستان ،نیما پورنگ، محمود رامین، سید ابراهیم واردی، سیدمحمد وحید فارابی،فریبا واحدی،یوسف علومی ،حوریه یونسی پور،عبداله نصراله تبار،رضا صفری،زهرا یعقوب زاده ،فرامرز لالوئی،مرتضی طهماسبی،مریم رضایی
نام و نام خانوادگی مشاور(ان) :
نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : شعبان نجف پور
محل اجرا : استان مازندران
تاریخ شروع : ۸۹/۱۲/۱
مدت اجرا : ۲ سال و ۱ماه
ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور
تاریخ انتشار : سال ۱۳۹٤
حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .

«سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»

پروژه : بررسی کیفیت آب و پارامترهای فیزیکوشیمیایی آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب حوضه سد منگل استان مازندران

کد مصوب : ۸۹۱۸۵-۸۹۱۶-۱۲-۷۶-۱٤

شماره ثبت (فروست) : ٤٤۱۳۷ تاریخ : ۹۲/۱۰/۷

با مسئولیت اجرایی جناب آقای حسن نصراله زاده ساروی دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته علوم زیستی (گرایش محیط زیست) می‌باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولـــــوژی منـــــابع آبـــــی در تاریخ۹۲/۶/۲۷ مورد ارزیابی و با رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در :

ستاد □ پژوهشکده ■ مرکز □ ایستگاه□

با سمت معاون تحقیقات در پژوهشکده اکولوژی دریای خزرمشغول بوده است.

عنوان	« فهرست مندرجات »	صفحه

چکیده ۱
۱. مقدمه ۳
۲. مواد و روشها ۷
۲-۱. ایستگاههای منتخب نمونه برداری از منابع آبهای سطحی ۷
۲-۲. ایستگاههای منتخب نمونه برداری از منابع آبهای زیر زمینی ۱۱
۲-۳. ایستگاههای منتخب نمونه برداری از پساب ۱۳
۲-۴. زمان نمونه برداری ۱۴
۲-۵. روشهای اندازه گیری عوامل فیزیکوشیمیایی ۱۴
۲-۶. روش اندازه گیری شاخص کیفیت آب ۱۴
۲-۷. تجزیه و تحلیل آماری ۱۶
۳. نتایج ۱۸
۳-۱. آبهای سطحی ۱۸
۳-۲. آبهای زیر زمینی ۴۱
۳-۳ پسابها ۵۶
۴. بحث ۶۶
۴-۱. آبهای سطحی ۶۶
۴-۲. آبهای زیر زمینی ۷۴
۴-۳. پسابها ۷۷
منابع ۷۸
چکیده انگلیسی ۸۰

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی کیفیت آبهای سطحی (۷ ایستگاه) و زیرزمینی (۵ ایستگاه) و پسابها (۴ ایستگاه) در محدوده رودخانه هراز در زمان طرح احداث سد مخزنی منگل در سالهای ۸۹-۱۳۸۸ انجام گرفته است. همچنین سعی گردیده تا روند تغییرات عوامل فیزیکوشیمیایی بدست آمده با سالهای قبل و استانداردهای جهانی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد. نتایج نشان داد که میانگین سالانه به همراه خطای معیار (±SE) پارامترهای درجه حرارت آب، اکسیژن محلول، BOD5، COD، بیکربنات، کربنات، قلیائیت کل، یون کلسیم، یون منیزیم، سختی کل،کل ذرات جامد معلق، کل ذرات جامد محلول، کلراید، یون فسفات، ازت آمونیمی، ازت نیتریتی و ازت نیتراتی به ترتیب برابر ۱۲/۷۰ (±۰/۶۱) سانتیگراد، ۱۰/۱۳ (±۰/۱۲)، ۲/۱ (±۰/۱)، ۷/۷۱ (±۰/۹۹)، ۲۸/۱ (±۱/۶)، ۱۴/۳۴(±۱/۶۴)، ۳۶/۳۰ (±۲/۳۳)، ۶۴/۶۶ (± ۲/۳۴)، ۲۸/۸۴ (±۱/۵۲)، ۲۷۱/۶۲ (± ۸/۴۱)، ۰/۳۷ (± ۰/۰۳)، ۰/۳۰ (± ۰/۰۲)، ۲۸/۰۲ (±۱/۹۶)، ۰/۰۶ (±۰/۰۱)، ۰/۰۶ (±۰/۰۱)، ۰/۰۱۰ (±۰/۰۰۱) و ۰/۹۴ (±۰/۰۳) میلی‌گرم بر لیتر، pH برابر ۸/۰۰ (±۰/۰۲) وEC برابر ۰/۵۹ (±۰/۰۲) میلی زیمنس بر سانتیمتر در آبهای سطحی بود. میانگین سالانه به همراه خطای معیار (±SE) پارامترهای درجه حرارت آب، بیکربنات، کربنات، قلیائیت کل، یون کلسیم، یون منیزیم، سختی کل،کل ذرات جامد معلق، کل ذرات جامد محلول، کلراید، یون فسفات، ازت آمونیمی، ازت نیتریتی و ازت نیتراتی به ترتیب برابر ۲۱/۶۲ (±۱/۰۳) سانتیگراد، ۵۴ (±۵)، ۱۱ (±۵)، ۵۷ (±۵)، ۲۰۸/۶ (± ۴۲/۵)، ۱۰۹ (±۲۳)، ۱۰۸۸ (±۱۶۵)، ۰/۰۵۶ (±۰/۰۱۷)، ۰/۹۷ (± ۰/۱۱)، ۳۱۷/۸ (±۷۶/۲)، ۰/۲۵ (±۰/۰۶)، ۰/۰۶ (±۰/۰۱)، ۰/۰۰۰۷ (±۰/۰۰۰۱) و ۰/۷۸ (±۰/۰۵) میلی‌گرم بر لیتر و pH برابر ۷/۳۷ (±۰/۰۷) و EC برابر ۱/۹۸ (±۰/۲۳) میلی زیمنس بر سانتیمتر در آبهای زیرزمینی بود. همچنین میانگین سالانه به همراه خطای معیار (±SE) پارامترهای درجه حرارت آب، اکسیژن محلول، BOD5، COD، کل ذرات جامد معلق، کل ذرات جامد محلول و ازت نیتراتی به ترتیب برابر۱۳/۵۹ (±۰/۸۷) سانتیگراد، ۹/۸۰ (±۰/۱۲)، ۲/۲۲ (±۰/۱۸)، ۷/۵۴ (±۱/۰۲)، ۰/۵۰ (±۰/۰۳)، ۰/۳۲۰ (±۰/۰۰۸) و ۰/۹۹۰ (±۰/۰۱۶) میلی‌گرم بر لیتر، pH برابر ۷/۹۵ (±۰/۰۲) وEC برابر ۰/۶۴ (±۰/۰۱) میلی زیمنس برسانتیمتر در پسابها بدست آمد. با توجه به میانگین مقادیرسالانه پارامترهای کیفی آبهای سطحی در این منطقه مشخص می‌گردد که رودخانه هراز و سرشاخه های آن برای کاربردهای عمومی مناسب است، اما با توجه به آنکه محدوده اکسیژن خواهی بیولوژیکی آن گاهاً در گروه های با کیفیت پایین نیز جا می‌گیرند لذا به هنگام بهره برداری برای تامین نیاز های انسانی (نظیر آب آشامیدنی) توجه و تمهیدات بیشتری را می طلبد. همچنین مقایسه دامنه تغییرات برخی از پارامترهای کیفی اندازه گیری شده با برخی استاندارد های جهانی در کاربرد حیات آبزیان ، نشانگر مناسب بودن نسبی شرایط کیفی آبهای سطحی این منطقه از نظر این پارامترها می‌باشد. نتایج نشان داد که شاخص کیفیت آب از ایستگاههای بالا دست به سمت پایین دست رودخانه کاسته شده و برخی از پارامترها در محدوده مجاز استاندارد قرار نداشته

است. همچنین بر اساس جدول‌نظام‌طبقه‌بندی‌آب، تمام ایستگاهها درگروه‌دوم(II) یعنی‌شروع‌تغییرات‌جدی در ویژگی آب تحت‌تأثیرتخریب محیط‌زیست، آلودگی پساب های خانگی و کشاورزی می باشد.
منابع آبهای زیر زمینی در ایستگاههای انتخابی تحت تاثیر چشمه های مختلف در مناطق میانی و پایین دست رودخانه هراز قرار داشته بطوریکه خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کیفیت آنها را تغییر داده است. همچنین پسابهای (رواناب) مورد نمونه برداری در حوضه از نظر BOD_5 در محدوده تمیز تا متوسط قرار گرفتند، بطوریکه که هر چه رودخانه هراز به منطقه شهری (شهرک ایثار آمل) نزدیکتر می شود پسابهایی با غلظت اکسیژن محلول وpH پایینتر و BOD5 بالاتر و آلاینده های بیشتر وارد آن می شوند.
کلمات کلیدی: خصوصیات فیزیکوشیمیایی، آبهای سطحی، آبهای زیرزمینی، پسابها، رودخانه هراز

۱. مقدمه

آب درتکوین حیات وتکامل آن برروی زمین و ادامه زندگی نقش مهمی دارد به خصوص با توجه به ویژگی های آن، نسبت به همه مایعات ارجحیت دارد. اصولاً آب به عنوان اساس وزیربنای محیط زیست درنظر گرفته می شود. هر گونه تغییرات کمی ویا کیفی آب درطبیعت باعث اختلالاتی می‌گردد که بعضاً ممکن است خسارات فراوانی به بار آورد چرا که رشد روزافزون جمعیت در جوامع و توسعه فزاینده فعالیتهای انسانی درعرصه های اقتصادی و اجتماعی در ابعادصنعتی، خدماتی و کشاورزی موجب گردیده است تا میزان دستیابی انسان به منابع محیط زیست نیز افزایش چشمگیری یافته و روز به روز بر دامنه بهره برداری های بیشتر از منابع تجدید شونده یا غیرقابل تجدید زمین افزوده گردد. افزایش میزان بهره برداری ناگزیر با افزایش تولید ضایعات و پسماندها همراه بوده است. متاسفانه در سال های اخیر اکوسیستم های رودخانه ای بطور فزاینده ای تحت تاثیر فعالیت های انسانی قرار گرفته اند (واردی و همکاران، ۱۳۸۶). بررسی میزان املاح و مواد معدنی موجود در آب امری ضروری و مهم می‌باشد زیرا ماهیان و بی مهرگان از خصوصیات زیست شناختی آب، میکرو ارگانیسم های مختلف و مواد سمی که در محیط یافت می‌شود تاثیر پذیر بوده و بوسیله آنها محدود می‌گردد و عوامل فیزیکی ، شیمیایی و زیست شناختی محیط زیست در یک سری واکنشهای پیچیده فیزیکو شیمیایی شرکت دارند که در تمام جنبه ها از قبیل تداوم حیات ، رشد و تولید مثل آبزیان مؤثر می‌باشد. از سویی تخریب مراتع وجنگلها درمناطق بالادست رودخانه ای با هر ریزش جوی موجب فرسایش آبی وخاکی ودرنهایت گل آلودگی وتغییررنگ آب رودخانه شده وعلاوه براختلالات بوجود آمده درجذب موادغذایی موجب به خطرافتادن زندگی جانوران آبزی خواهدشد.

- رودخانه هراز (حوضه احداث سد مخزنی منگل: محدوده مطالعه)

رودخانه هراز یکی از پر آب ترین رودخانه های شمال ایران است و از ارتفاعات ۵۴۷۸ متری قله دماوند و کوههای پالان گران و امام زاده هاشم سرچشمه می گیرد. استفاده زراعی از آب این رودخانه برای ۷۲ هزار هکتار زمین شالیزاری، مهاجرت ماهیان مختلف جهت تخمریزی درداخل این رودخانه بیانگر اهمیت آن دربهبود وضعیت اقتصادی منطقه است. این رودخانه از غرب به حوزه آلیس رود و از شرق به رودخانه گرمرود و بابلرود و از شمال به دریا محدود است و دارای هشت سر شاخه به نامهای : لار، زیار، لکرود، شیرکله، نمارستاق، نور، چلاو و منگل می باشد. ارتفاعات بلند حوضه هراز تمامی سال پوشیده از برف است. بر روی رودخانه لار سد مخزنی لار برای انحراف آب به حوضه جاجرود و تنظیم آب برای دشت مازندران احداث شده است. آب این رودخانه با رژیم برفی-یخچالی بطور عمده از ذوب برف ارتفاعات آن تامین می شود. عرض رودخانه از ۵۰-۵ متر در طول آن متغیر است . کمترین عرض در انتهای دشت و نزدیک دریاست. رودخانه هراز در قسمت کم عرض نسبت به بالادست خود عمیق تر می باشد. شیب کف رودخانه در دشت حدود ۱درصد و حدواسط ابتدای

دشت و شهر آمل حدود ۸-۷ درصد و در بالادست آمل ۱۳-۱۲ درصد می باشد. رودخانه هراز سیلاب های بزرگ حوضه آبریز خود را به دریا تخلیه می کند. دستیابی به رودخانه هراز از ساحل راست مشکل است. بجز راه روستاهای مجاور رودخانه راه دیگری موجود نیست اما ساحل چپ آن به دلیل مجاورت جاده آمل – تهران در بالادست آمل و جاده های جدید الاحداث در پایین دست آمل تا دریا امکانات زیادی را جهت رسیدن به رودخانه و سردهنه های انشعابی فراهم کرده است. رودخانه هراز دارای رژیمی یکنواخت می باشد. احداث سد لار در رودخانه لار به کنترل سیلابهای این حوزه کمک زیادی کرده است. بدین جهت انحراف آب از این رودخانه نسبتاً ساده تر از بقیه رودخانه های بزرگ منطقه می باشد. سرعت، شیب، کف سنگلاخی و دبی بالای رودخانه از محسنات رودخانه هراز می باشد که حجم بالای آب رودخانه سبب حل شدن اکسیژن محلول آب می شود. بستر در قسمت میانی و بالادست ، سنگلاخی، آهکهای خاکستری و خاکستری تیره و روشن می باشد و در قسمت پائین دست بستر از گل رس پوشیده شده است.

- مشخصات رودخانه هراز

طول رودخانه , ۱۸۵ کیلو مترو پیرامون حوزه ۲۷۰ کیلومترمی باشد. مساحت حوزه, ۴۰۶۰ کیلومتر مربع و حداکثر ارتفاع سرچشمه , ۵۶۷۸ متر و شیب متوسط رودخانه ۲/۴ درصد , بارندگی متوسط حوزه ۸۳۲ میلی مترو کل جریان متوسط ۹۴۰ میلیون متر مکعب می باشد. بار رسوبی این رودخانه ۲۷۰.۴۳۰ تن در سال و فرسایش حدود ۱ درصد و بار جامد ۷۳ تن در کیلومتر مربع در سال برآورد می گردد. از کل جریان سالانه حدود ۵۰۰ میلیون متر مکعب برای مصارف کشاورزی برداشت می شود و بقیه در تمام طول مدت سال به دریا می ریزد، چون حوزه آبریز این رودخانه کاملا برفی و یخچالی است از اواسط فروردین تا پایان تیر ماه خواهد بود.

- کیفیت آب رودخانه هراز

آب شاخه های فرعی رودخانه هراز از سرچشمه تا محل تلاقی به جریان اصلی(شاخه اصلی) فوق العاده سالم و قابل شرب است، لکن بعد از پیوستن به جریان اصلی و عبور از کناره جاده هراز و تخلیه فاضلاب رستورانها، خانه ها و اماکن عمومی بداخل رودخانه، آب آن آلوده می شود. آب رودخانه هراز در سر شاخه ها برای شرب و بطور کلی برای کشاورزی مناسب است. آب رودخانه هراز دارای ۳ مرحله کاملاً متمایز از یکدیگر است:

مرحله۱: از سرچشمه شاخه های فرعی شروع و به رودخانه (شاخه اصلی) ختم می شود. این مرحله که طول آن ۴۰ کیلومتر است بعلت عدم سکونت افراد در طول مسیر شاخه ها، هیچ گونه فعالیت شهری وجود نداشته، بنابراین آب در این مسیر نه تنها آلودگی ندارد، بلکه بسیار شفاف و قابل شرب است.

مرحله۲: از شاخه اصلی رودخانه هراز و ابتدای بخش پلور آغاز شده و تا ۳۰ کیلومتری شهرستان آمل ادامه می یابد. در این مسیر که طول آن به ۱۰۰ کیلومتر می رسد هیچ منشا آلودگی صنعتی و کشاورزی مشاهده نشده است، لکن در این فاصله فاضلاب حداقل ۵۵ رستوران و چلوکبابی دهکده ییلاقی، گرمابه ها، تعویض روغن ها و غیره به رودخانه تخلیه می‌گردد. گرچه آب در این مسیر شفاف است ، اما به لحاظ ورود فاضلاب اماکن ذکر شده و همچنین مزارع متعدد پرورش آبزیان بداخل رودخانه که ممکن است منشا میکروبی هم داشته است، آب آن قابل شرب نیست.

مرحله۳: از محل تخلیه زباله شهرداری آمل در کنار رودخانه هراز شروع شده و به دریا ختم می‌گردد. طول این مسیر که حدودا"۵۰ کیلومتر می‌باشد، در معرض انواع آلودگی شهری، کشاورزی و صنعتی قرار دارد. بزرگترین منبع آلودگی شهری رودخانه هراز در ۲۶ کیلومتری جاده آمل- هراز قرار دارد و کلیه زباله های خانگی شهر آمل توسط کامیون های شهرداری به این نقطه حمل و در حاشیه رودخانه تخلیه می گردد. تحقیقات انجام شده در خصوص فاکتورهای فیزیکو شیمیایی آب رودخانه هراز در گذشته در مطالعات روشن طبری و همکاران (۱۳۷۳)، واردی و همکاران(۱۳۸۶) و نادری (۱۳۸۷) آمده است. نتایج مطالعات طبری و همکاران در سال ۷۳ نشان داد این رودخانه دارای آبی با pH درحدود قلیایی ضعیف و خیلی ضعیف بود که از گروه آبهای سخت تا بسیار سخت به شمار می رود.

میزان اکسیژن محلول به علت کاهش درجه حرارت در زمستان به حداکثر رسید. بطورکلی عواملی مانند کاهش دبی ، درجه حرارت ، تبخیر آب و ورود فاضلابها موجب تغییرات هدایت الکتریکی (EC[1]) آب می شود. در مصب رودخانه هدایت الکتریکی نسبت به سایر ایستگاهها ماکزیمم بوده که این موضوع موید اختلاط آب دریا با رودخانه است. همچنین در آن بررسی یون آمونیم در بهار بیشترین میزان خود را دارا بوده است که احتمالاً به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی در مزارع و باغات اطراف رودخانه می‌باشد و حداکثر میزان فسفات درفصل پاییز بوده که احتمالاً پس از کم آبی فصل تابستان با بارندگی های متناوب و شستشوی مداوم زمینهای کشاورزی مشاهده شده است. تغییرات اکسیژن خواهی شیمیایی(COD[2]) نیز درایستگاه های نزدیک به فاضلابهای روستایی افزایش داشته است. نتایج بدست آمده از مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۶) نیز نشان داد که میزان اکسیژن محلول خصوصاً درزمان پرآبی رودخانه (ماه اردیبهشت) افزایش محسوسی نشان داد و در برخی ایستگاهها ازنوسانات قابل ملاحظه ای برخوردار بود. مقادیر pH آب رودخانه در محدوده ۸/۰۰-۵/۶۰ و نیز حداکثر هدایت الکتریکی درفصل زمستان برآورد شد. اکسیژن موردنیاز بیولوژیکی (BOD_5[3]) در ماههای مختلف بدلیل تغییرات دمای آب و دبی رودخانه اختلاف معنی داری نشان داد، با بررسی فصلی نیزدر فصل بهار (باافزایش دبی آب رودخانه) کمترین مقدار BOD_5 مشاهده گردید. همچنین نتایج نشان داد که از نظرمکانی و

[1] Electrical Conductivity
[2] Chemical Oxygen Demand
[3] Biological Oxygen Demand

زمانی میزان فسفات وفسفرکل درمحدوده مطالعاتی دائم در حال تغییر است و دامنه تغییرات از ورودی مزارع پرورش ماهی بالادست به ورودی مزارع پایین دست روندی افزایشی وبه خصوص میزان آثار آن از مزارع بالا دست به مزارع میانی (فسفات) وپایین دست (فسفرکل) معنی داربوده است. میزان فسفات وفسفر کل درخروجی ها بیشتر ازورودیهای مزارع وافزایش معنی داری را نشان داده است.

میزان ازت نیتراتی و تغییرات آن در مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۶) وابسته به زمان بوده است ودامنه تغییرات آن حتی برای ورودیهای سه مزرعه از ۳ میلی گرم در لیتر تجاوز نموده است. میانگین سالانه ازت آمونیمی نیز حداکثر مقدار خود را در ایستگاه های پایین دست نشان داد. نتایج حاصل از بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه هراز در مطالعه نادری (۱۳۸۷) نیز حاکی از شدت بیشتر تغییرات پارامترهای DO[1] و BOD_5 بین ایستگاهها درتابستان بود که بدلیل افزایش دما، کاهش دبی آب وافزایش شدت فعالیت مزارع پرورش ماهی می-باشد. علیرغم دمای بالای آب رودخانه هراز در تابستان و شدت پیداکردن فرایند نیتریفیکاسیون، مقادیر آمونیم ونیتریت دراین فصل بیشتراز سایرفصول بوده که بنظر می‌رسد ناشی از فعالیت مزارع باشد. نیتریت از نظراستاندارد زیست محیطی در محدوده نرمال بود ولی نسبت به آبهای سطحی ازمقداربیشتری برخوردار بود و مقدار EC نیز درمنطقه مورد مطالعه در رودخانه هراز درمحدوده نرمال قرار داشت.

با توجه به اهمیتی که آبهای داخلی از نظرتولید بخشی از مواد غذایی مورد نیاز هر جامعه می تواند داشته باشد, لزوم اعمال مدیریت آگاهانه ای را می طلبد که علاوه بر دور نگه داشتن این منابع از آلودگی ها در بهسازی وایجاد محیط مناسب جهت زیست وبهره برداری از انواع آبزیان نیز اهمیت گمارد. بررسی کیفیت آب هر رودخانه در کشورهای مختلف به طرق متفاوت صورت می‌پذیرد بطور مثال در کشورهای فرانسه و آلمان کیفیت آب رودخانه براساس اثرات متقابل فاکتورها و عوامل مختلف می‌باشد و در کشور آمریکا کیفیت آب براساس تعیین DO, BOD، آمونیاک وتست‌های بیولوژیکی با ماهی قزل‌آلا انجام می شود اما کیفیت آب رودخانه در کشور انگلستان براساس نظام شاخص کیفیت می‌باشد (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۷۵)، لذا با توجه به نوع اطلاعات، نحوه پردازش و تجزیه و تحلیل متفاوت خواهد بود. در مطالعه حاضر که به منظور بررسی کیفیت فیزیکوشیمیایی آبهای سطحی و زیرزمینی و پسابها طی طرح احداث سد مخزنی منگل انجام گرفته است نیز سعی بر این است تا روند تغییرات عوامل فیزیکو شیمیایی در حوضه سد منگل ومقایسه مقادیر بدست آمده با استانداردهای جهانی مورد ارزیابی قرار گیرد. لازم بذکر است که اجرای طرح احداث سد مخزنی منگل منجر به تامین آب شرب شهرهای آمل , بابل وقائم شهر وهمچنین آب مورد نیاز ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی پنج شهرستان آمل, بابل , بابلسر, فریدونکنار و محمودآباد خواهد شد.

[1] Dissolved Oxygen

۲. مواد و روشها

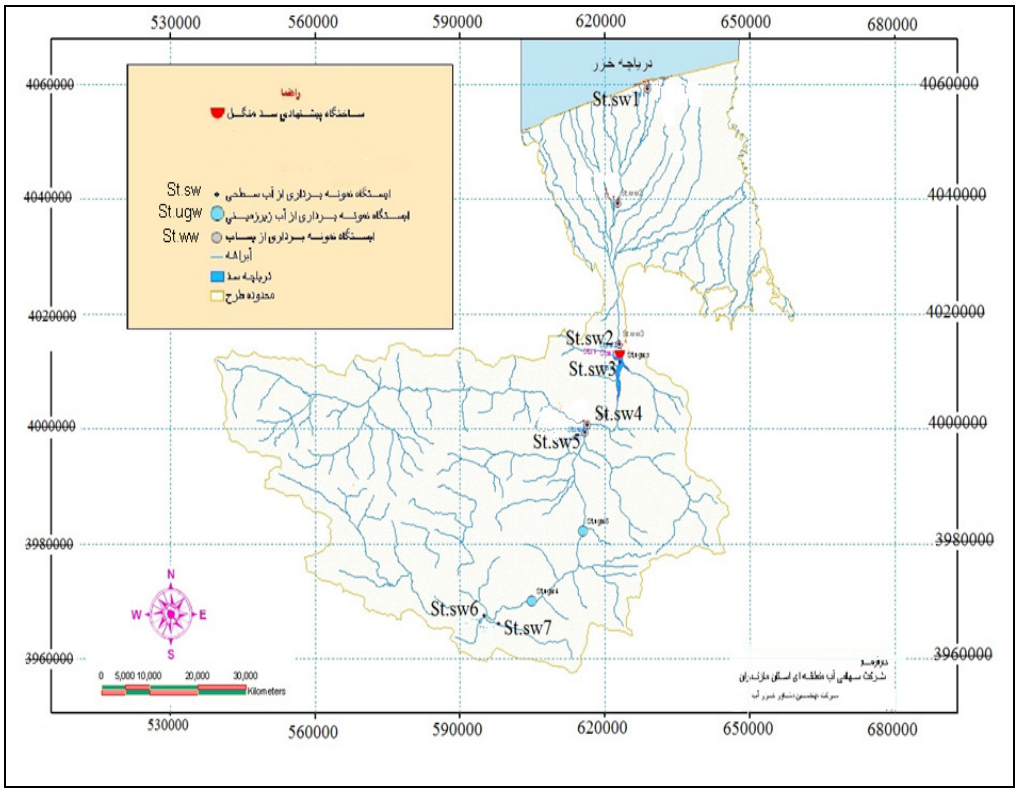
به طور کلی بررسی کیفیت فیزیکوشیمیایی آبهای سطحی و زیرزمینی در مطالعات ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های مختلف و از جمله طرح احداث سد مخزنی منگل از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. از اینرو در این مطالعه پارامترهای کیفی یا فاکتورهای فیزیکوشیمیایی همچون دمای آب وهوا , اکسیژن محلول (DO) , اکسیژن موردنیاز بیولوژیک (BOD_5)، پی اچ(pH)، کربنات(CO_3^{2-})، بی کربنات(HCO_3^-)، قلیائیت کل($CaCO_3$)، هدایت الکتریکی(EC) ، سختی کل([1] TH) ، یون کلرید(Cl^-)، کل مواد جامد محلول ([2] TDS) ، کل مواد جامد معلق ([3] TSS) ، فسفات(PO_4^{3-})، نیتریت (NO_2^-)، نیترات(NO_3^-)، یون آمونیوم(NH_4^+) و کاتیونهای کلسیم(Ca^{2+}) و منیزیم(Mg^{2+}) بصورت ماهانه در ۱۶ایستگاه از منابع مختلف آبهای سطحی، زیرزمینی و فاضلاب مورد اندازه گیری قرار گرفت.

۱-۲- ایستگاههای منتخب نمونه برداری از منابع آبهای سطحی

بررسیهای صورت پذیرفته نشان داده است که رودخانه هراز و سرشاخه‌های عمده آن نظیر آب چهل بره، سیاه پلاس، الرم و دلی‌چای، لاسم، لار، نورود و چند رود فصلی و آبراهه های کم اهمیت تر نظیر آخن سر، نمارستاق، چلاو و غیره، از مهمترین منابع آبهای سطحی محدوده مطالعاتی به شمار می روند، از این‌رو انتخاب ایستگاه‌های نمونه برداری در منابع آب‌های سطحی، بیشتر بر روی این رودخانه‌ها متمرکز گردیده است.

توجه به عواملی نظیر تغییرات شیب، سرعت جریان آب، مرفولوژی و جنس بستر رودخانه ها، وجود مواد آلاینده، محدودیتهای فیزیکی محیط و نهایتاً امکان دسترسی به محلهای نمونه برداری، ملاک انتخاب ایستگاههای نمونه‌برداری در محدوده مطالعاتی طرح احداث سد مخزنی منگل قرار گرفته است. از این رو عمده ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی رودخانه هراز و نیز سرشاخه‌های آن شامل رودخانه‌های لار، نورود و لاسم متمرکز شده است (نقشه ۲-۱ ، جدول ۲-۱).

[1] Total Hardness
[2] Total Dissolved Solids
[3] Total Suspended Solids



نقشه ۲-۱: ایستگاههای منتخب نمونه برداری از منابع آبهای مختلف رودخانه هراز

جدول ۲-۱: ایستگاههای منتخب نمونه برداری از منابع آبهای سطحی

	منابع نمونه برداری	شماره ایستگاه	موقعیت ایستگاه
۱	آب سطحی – سرخرود	St.sw1	ایستگاه هیدرومتری سرخرود X= 628831 Y= 4059172
۲	آب سطحی – رودخانه هراز	St.sw2	ایستگاه هیدرومتری کره سنگ(۲۰۰۰متر بعد از محل پیشنهادی ساختگاه سد منگل) X = 622958 Y= 4014853
۳	آب سطحی – رودخانه هراز	St.sw3	زیر پل چلاو (۱۲۰۰ متر قبل از محل پیشنهادی سد منگل) X=623120 Y= 4011603
۴	آب سطحی – رودخانه نوررود	St.sw4	مرغداری علی نور محمدی (۲۰۰ متر قبل از الحاق نوررود به رودخانه هراز) X = 616273 Y= 4000686
۵	آب سطحی – رودخانه هراز	St.sw5	۱۱۵ کیلومتری تهران (قبل از الحاق نوررود به رودخانه هراز) X= 615866 Y= 3999438
۶	آب سطحی – رودخانه لار	St.sw6	پس ازمحل سد لار در منطقه پلور،۵۰۰ متر قبل از الحاق این شاخه با هراز X = 594999 Y=3667547
۷	آب سطحی – رودخانه لاسم	St.sw7	دریاچه لاسم ۷۰۰ متر قبل از الحاق رودخانه لاسم به رودخانه هراز X = 598069 Y= 3966159

شکل ۲-۱- ایستگاه هیدرومتری کره‌سنگ بر روی رودخانه هراز

شکل۲-۲- ایستگاه زیر پل چلاو

شکل ۲-۳- ایستگاه نورود

شکل ۲-٤- ایستگاه ۱۱۵ کیلومتری هراز

شکل ۲-۵- ایستگاه رودخانه لار

شکل ۲-٦- ایستگاه لاسم

۲-۲. ایستگاههای منتخب نمونه برداری از منابع آبهای زیر زمینی

در زمینه آبهای زیرزمینی که تأمین کننده بخش قابل توجهی از آب کشاورزی منطقه می باشند، جهت آگاهی بیشتر از کیفیت آب در این منابع و نیز درک تاثیرات حاصله از اجرای طرح، نقاطی در بالادست و قبل از محدوده اجرای طرح و همچنین نقاطی در منطقه دشت هراز که پیش بینی می گردد اجرای سد منگل بر کمیت و کیفیت آن تأثیر گذارد، انتخاب شده اند. تخلیه آبهای زیرزمینی در محدوده مطالعاتی عمدتاً از طریق چاههای عمیق و نیمه عمیق و چشمه صورت می‌پذیرد، از اینرو به منظور تعیین کیفیت آب در منابع زیرزمینی منطقه (به

ویژه منابع واقع در مناطق میانی و پائین دست حوزه) و با هدف درک تأثیرات احتمالی پروژه در آینده، ۵ ایستگاه (چشمه و چاه) به شرح جدول ۲-۲ درنظر گرفته شده است.

جدول ۲-۲: ایستگاههای منتخب نمونه برداری از منابع آبهای زیرزمینی

	منابع نمونه برداری	شماره ایستگاه	موقعیت ایستگاه
۱	آب زیرزمینی - چاه	St.ugw1	چاه روستای کلوده در محدوده دشت هراز
۲	آب زیرزمینی - چاه	St.ugw2	چاه روستای هلومسر در محدوده دشت هراز
۳	آب زیرزمینی – چشمه	St.ugw3	چشمه آهکی بخش شرقی مخزن سد منگل
۴	آب زیرزمینی – چشمه	St.ugw4	چشمه معدنی اسک X = 604828 Y= 3970001
۵	آب زیرزمینی – چشمه	St.ugw5	چشمه لاریجان X = 615312 Y= 3982220

شکل ۲-۷- چشمه معدنی اسک

شکل ۲-۸- چشمه معدنی لاریجان

۳-۲- ایستگاههای منتخب نمونه برداری از پساب

جهت بررسی تأثیرات محیط انسان ساخت که اماکن شهری و روستایی سهم عمده ای در آن دارند اقدام به نمونه‌برداری از منابع فاضلاب می شود. از اینرو تعداد ۴ ایستگاه در مناطق حوضه آبریز رودخانه هراز و محدوده مطالعاتی طرح سد مخزنی منگل انتخاب و نسبت به نمونه برداری از آن در زمانهای مشخص اقدام خواهد شد (جدول ۲-۳).

جدول ۲-۳: ایستگاههای منتخب نمونه برداری از پساب

	منابع نمونه برداری	شماره ایستگاه	موقعیت ایستگاه
۱	پساب- رودخانه هراز	St.ww1	شهرک ایثار، کمربندی آمل– محمودآباد (محل خروجی رودخانه هراز از آمل) X = 622626 Y= 4039241
۲	پساب – رودخانه هراز	St.ww2	ایستگاه کره سنگ(۲۰۰۰متر بعد از محل پیشنهادی ساختگاه سد منگل) X = 622958 Y= 4014853
۳	پساب- نوررود	St.ww3	مرغداری علی نور محمدی (۲۰۰ متر قبل از الحاق نوررود به رودخانه هراز) X = 616273 Y= 4000686
۴	پساب – رودخانه هراز	St.ww4	۱۱۵ کیلومتری تهران (قبل از الحاق نوررود به رودخانه هراز) X= ۶۱۵۸۶۶ Y= 3999438

شکل۲-۹- شهرک ایثار

٤-۲- زمان نمونه برداری

نمونه‌برداری در ایستگاه‌های آب زیرزمینی و فاضلاب بر حسب نیاز مطالعات به طور ماهانه و در طول یک سال (مجموعاً ۱۰ دوره نمونه برداری) از آذر سال ۸۸ تا شهریور ۸۹ انجام گرفته است.

٥-۲- روشهای اندازه گیری عوامل فیزیکوشیمیایی

دمای آب بااستفاده از دماسنج جیوه آلمانی, تعیین pH آب بوسیله دستگاه pH مترمدل WTW 320 آلمانی , اندازه گیری اکسیژن محلول و BOD به روش یدومتری یا وینکلر, تعیین TDS و EC با استفاده از دستگاه TDS CONDUCTIVITY / METER مدل HACH آمریکایی صورت پذیرفت. اندازه گیری TSS با استفاده از پمپ خلا های ساخت شرکت GAST آمریکایی و شرکت MEDAP آلمانی با فیلتر سلولزی استات ۰/۴۵ میکرومتر واندازه گیری مواد باقیمانده با ترازوی آلمانی BOSCH (دقت ۰/۰۰۰گرم) , یون کلرید به روش آرگنومتریک یا موهر , سختی ها (کل, کلسیم و منیزم) به روش کمپلکسومتری , قلیائیت ها به روش تیتراسیون با اسید کلریدریک , فسفات به روش مولیبدات, آمونیوم به روش هیپوکلریت, نیتریت به روش n-نفتیل و نیترات به روش ستون کاهشی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر CECEIL مدل CE 1020 انگلیسی اندازه گیری گردید (Sapozhnikov et al., 1988; APHA, 2005).

٦-۲- روش اندازه گیری شاخص کیفیت آب

یکی‌از روشهای‌ارزیابی‌آلودگی‌رودخانه‌ها استفاده‌از منحنی‌های‌استاندارد و شاخص‌کیفیت‌است‌که‌تاثیر مرکب پارامترهای‌فیزیکو شیمیایی‌و بیولوژیکی‌را نشان‌می‌دهد، و از الگوی‌زیر تبعیت‌می‌کند.

$$WQI=\Sigma WiQi$$

WQI = شاخص کیفیت‌آب که‌مقدار آن‌از صفر تا ۱۰۰ متغیر است.

Wi = وزن‌درجه‌اولویت‌عامل‌از صفر تا یک(از طریق‌جدول ۲-۴)

Qi = کیفیت یا معیار پارامتر از صفر تا ۱۰۰ (از طریق‌منحنی‌های‌شاخص)

این‌الگوبوسیله بنیاد ملی بهداشت‌آمریکا (NSF) بکار گرفته‌شد (افراز، ۱۳۷۵). بنابراین بر اساس اطلاعات بدست آمده با توجه به درجه اولویت یا وزن هر پارامتر مطابق جدول ۲-۴ و اطلاعات استخراج‌شده از منحنی‌های معیارمربوط به‌آنها با یکدیگر ترکیب و به ترتیب شاخص کیفیت‌آب ماهانه، فصلی و سالانه مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس می توان به کمک استاندارد (دامنه ۱۰۰-۹۰ (بسیار خوب)، ۹۰-۷۰ (خوب)، ۷۰-۵۰(متوسط)، ۵۰-۲۵(بد) و۲۵-۰ (بسیار بد)) به کیفیت آب پی برد. شاخص‌ماهانه ازصفر تا ۱۰۰، شاخص‌سالانه از صفر تا ۱۲۰۰ متغیر است. براساس جدول ۲-۵ نیز می توان آب هر ایستگاه از نظر مصرف آن را طبقه بندی کرد.

جدول۲-٤: پارامترها و وزن‌انتخاب‌شده‌برای‌نظام‌شاخص کیفیت‌آب‌رودخانه‌ها

ردیف	پارامتر	واحد	وزن
۱	DO	mg/l	۰/۱۸
۲	COD/BOD5	mg/l	۰/۱۵
۳	Fecal Coliform	colonis/100ml	۰/۱۲
۴	$NH4^{+}$	mg/l	۰/۱۲
۵	pH	واحد	۰/۰۹
۶	$PO4^{3-}$	mg/l	۰/۰۸
۷	NO3- /TN	mg/L	۰/۰۸
۸	TSS	mg/l	۰/۰۷
۹	EC	ms/cm	۰/۰۶
۱۰	Temp.	^{0}C	۰/۰۵
جمع			۱/۰۰

جدول ۲-۵: نظام‌بندی آب براساس شاخص کیفیت سالانه رودخانه‌ها

گروه	شاخص سالانه	وضعیت عمومی آب
I	۱۰۵۰-۱۲۰۰	۱- آب پاک و سالم ۲- بدون تماس یا تماس با آلودگی خانگی ۳- ایده‌ال برای مصارف طبیعی نظیر پرورش ماهی و حیات وحش ۴- این حالت در برخی از رودخانه‌ها بطور محدود مشاهده می گردد.
II	۸۵۰-۱۰۴۹	۱- شروع تغییرات جدی در ویژگی آب تحت تأثیر تخریب محیط زیست ۲- تماس با آلودگی های خانگی و کشاورزی ۳- قابل استفاده با تهیدات جزیی برای مصارف خانگی، صنعتی ۴- مناسب برای تامین حیات وحش و... ۵- تولید مثل ماهیهای مهاجر تحت تأثیر قرار میگیرد.
III	۶۵۰-۸۴۹	۱- ایجاد تغییرات شدید در مشخصات آب ۲- شروع تغییرات در رنگ و بوی آب ۳- قابل استفاده با تهیدات جدی برای مصارف خانگی و صنعتی ۴- کاهش بازدهی تولید مثل در ماهیها و سایر گروههای جانوری ۵- امکان وقوع تلفات مهره داران آبزی در برخی از ایام سال
IV	۴۵۰-۶۴۹	۱- ایجاد تغییرات خطرناک در سیستم آبی ۲- جایگزین شدن گروههای مقاوم به آلودگی ۳- تلفات انبوه مهره داران و سایر مصرف کنندگان آبزی ۴- خطر شیوع بیماری و ایجاد مسمومیت برای انسان ۵- قابل استفاده برای گروههای جانوری سازگار با آلودگی ۶- نابودی تقریبا کامل جامعه زنده بومی مشاهده میگردد.
V	>۴۵۰	۱- آلودگی در سطح بسیار خطرناک ۲- آلودگیهای شیمیایی در حدی بسیار زیاد ۳- استفاده‌های مرسوم عمدتا امکان پذیر نمی‌باشد. ۴- برخی از رودخانه‌ها ممکن است بطور محدود مشاهده شود.

۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه دو گروه از متغیرها یعنی متغیر های مستقل (ایستگاه ها، ماهها وفصل ها) و متغیرهای وابسته (کلیه پارامترهای فیزیکوشیمیایی) در نظر گرفته شدند (Bluman, 1998). داده ها بر اساس یکی از فرایند های لگاریتم طبیعی / پایه ۱۰، ریشه دوم و چهارم، رتبه بندی انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q نرمال بودن آن تایید گردید (Siapatis *et al.*, 2008). برای تجزیه و تحلیل آماری از تست های پارامتریک بر روی داده های نرمال شده استفاده گردید. ثبت اطلاعات و کلاسه بندی داده ها در نرم افزار Excel, 2010, 2003 و تجزیه و تحلیل داده ها در

برنامه های آماری SPSS (Version 11.5) استفاده گردید. در ضمن تمام میانگین ها به همراه خطای استاندارد (Mean±SE) آورده شده است.

جهت طبقه بندی داده های محیطی ازآزمون مولفه اصلی (PCA[1]) که روش ریاضی برای تقلیل داده ها است استفاده شده است. در واقع منطق تحلیل عاملی کاهش مجموعه بزرگی از متغیرها به چند عامل اساسی است. در این آزمون تعیین بار عاملی[2] بین متغیرهای مختلف براساس چند کمیت تصادفی غیر قابل مشاهده (عامل یا فاکتور) با استفاده از داده های اصلی[3] انجام می شود (Simeonov *et al*, 2001). در ابتدا آزمون شایستگی داده ها (کفایت نمونه برداری) تحت آزمون کیزرمایر (KMO[4]) انجام می شود. دامنه نوسان KMO بین صفر تا یک است. نحوه قضاوت در باره ضریب آزمون KMO بر اساس قاعده سر انگشتی[5] و تعداد نمونه ها می باشد (Stevenson *et al*., 2003; Hair *et al*., 1998). هر چه مقدار KMO به یک نزدیکتر باشد بدان معناست که روش مولفه اصلی برای آن مجموعه متغیرها مناسبتر است. ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها تحت آزمون بارتلت (Bartlett's test) انجام شد (Raftery,1993). در این آزمون، فرضیه صفر بیانگر آن است که ماتریس ضرایب همبستگی بین متغیرها انجام می گیرد. خروجی این آزمون سطح معنی داری را نشان می دهد که در صورت معنی دار بودن فرض واحد بودن ماتریس همبستگی رد می شود ($p<0.05$). مقدار ویژه (Eigenvalue) اساسا روابط بین مجموعه ای از متغیرها را بصورت خلاصه نشان می دهد. نمودار سنگریزه (Scree plot) رسم مقدار ویژه متغیرها است و راهنمای ما در استخراج داده هاست. بار عاملی (Loading factor) نیز ضریب همبستگی یک متغیر با یک عامل را نشان می دهد. سپس جهت تحلیل از روش مولفه های اصلی با تعیین همبستگی بین متغیرها استفاده می شود. در صورت مشخص نشدن دسته عامل برای متغیر،از طریق دوران عاملی[6] واریماکس استخراج جدید صورت می پذیرد (غیاثوند، ۱۳۸۷) .

[1] Principal Component Analysis
[2] Loading Factor
[3] Original data
[4] Kaiser-Meyer-Olkin Test
[5] Rule of thumb
6 Factor Rotation

۳. نتایج

۱-۳- آبهای سطحی

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در ۷ ایستگاه منتخب از آبهای سطحی طی آذر ۱۳۸۸ لغایت شهریور ۱۳۸۹ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج میانگین سالانه پارامترهای محیطی آب های سطحی در ایستگاه های مختلف در جدول ۳-۱ و نتایج میانگین فصلی پارامترهای محیطی در هر یک از ایستگاه ها در جداول ۳-۲ تا ۳-۸ آمده است. درآزمون مولفه اصلی (PCA) متغیرهای اکسیژن محلول (DO)، pH، سختی کل(TH)، کل مواد جامد معلق(TSS)، کل مواد جامد محلول(TDS)، Ca^{2+}، $NH4^{+}$ وEC در مولفه اول با واریانس ۲۲/۹۵ درصد ازاهمیت بیشتری برخوردار بوده اند.

۱-۱-۳- درجه حرارت

میانگین درجه حرارت آب طی مدت نمونه برداری ۱۲/۷۰ (±۰/۶۱) بودکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۲۸–۰ درجه سانتیگراد متغیر بوده است. حداکثر میانگین درجه حرارت در ایستگاه سرخرود با میانگین ۱۶/۹۵ (۲/۱۲ ±) و حداقل آن در ایستگاه لاسم با میانگین ۱۰/۳۰ (±۱/۶۰) ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین درجه حرارت آب در تابستان (۱۷/۸۸±۰/۸۳) و در ماه مرداد مشاهده شد ، بطوریکه در محدوده ۱۴ تا ۲۸ درجه سانتی گراد در نوسان بود و کمترین میانگین درجه حرارت آب در پاییز (۷/۲۱±۰/۹۱) در محدوده دمایی ۴ تا ۱۱ درجه سانتی گراد مشاهده گردید، این در حالیست که که حداکثر و حداقل درجه حرارت هوا نیز در این فصول دیده شد. آزمون آماری آنالیز واریانس(ANOVA) نشان داد که میانگین درجه حرارت آب بین فصول سال و ماه های نمونه برداری و نیز برخی از ایستگاه ها تفاوت معنی داری دارد ($p<0/05$). همچنین آزمون همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) گویای همبستگی قوی این پارامتر با درجه حرارت هوا ($p<0/01$) است. فاکتور درجه حرارت آب (WT^{1}=۰/۶۶) و هوا (AT^{2} = ۰/۸۱) در آزمون مولفه اصلی در مولفه سوم (۱۲/۳درصد واریانس) قرار گرفت.

۲-۱-۳ - اکسیژن محلول (DO)

میانگین اکسیژن محلول آب طی مدت نمونه برداری ۱۰/۱۳ (±۰/۱۲) میلی‌گرم بر لیتر بود بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۴/۸۰–۷/۷۰ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است. حداکثر میانگین اکسیژن محلول در ایستگاه لاسم با میانگین ۱۱/۱۴ (۰/۴۵ ±) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه سرخرود با میانگین ۹/۳۶ (±۰/۲۳) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت اکسیژن محلول در زمستان (۰/۱۱ ± ۱۰/۶۴) مشاهده شد و در محدوده ۹/۹ تا ۱۱/۸ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و

[1] Water Temperature
[2] Air Temperature

حداقل میانگین اکسیژن محلول نیز در فصل پاییز (۰/۳۷ ± ۸/۷۷) و آذر ماه در محدوده ۷/۷ تا ۱۰/۵ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس فصلی، ماهانه و ایستگاهی تفاوت معنی داری در میانگین غلظت اکسیژن محلول نشان داده است ($p<0/05$). آزمون دانکن (Duncan) ایستگاه های نمونه برداری در آبهای سطحی را به سه گروه تقسیم نموده است. ایستگاه سرخرود تفاوت معناداری را در این فاکتور با اکثر ایستگاه ها نشان داده است. غلظت اکسیژن محلول در این مطالعه همبستگی قابل توجهی را با درجه حرارت آب، pH و CO_3^- ($p<0/05$) و نیز TSS ، TDS و EC ($p<0/01$) نشان داده است. همچنین اکسیژن محلول یکی از پارامترهایی بود که در آزمون مولفه اصلی در گروه اول (PC1) قرار گرفت (DO= -0/598).

۳-۱-۳. اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD5)

اطلاعات بدست آمده از رودخانه هراز و شاخه های فرعی آن نشان داد که میانگین BOD5 در ایستگاه ها طی مدت نمونه برداری ۲/۱ (±۰/۱) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۶/۴۰– ۰/۱۶ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است. حداکثر میانگین این پارامتر در طول سال در ایستگاه پل چلاو با میانگین ۲/۵۱ (۰/۱۴ ±) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه نورود با میانگین ۱/۵۵ (±۰/۱۴) میلی گرم بر لیتر مشاهده شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین مقدار BOD5 در زمستان (۰/۲۵ ± ۲/۶۱) و در دی ماه مشاهده شد که در محدوده ۱ تا ۶/۴ میلی گرم بر لیتر متغیر بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۰/۲۳ ± ۱/۸۶) و در محدوده ۱ تا ۲/۶ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس بین فصول و ماه های نمونه برداری اختلاف معنی داری را از لحاظ این پارامتر نشان داده است($p<0/05$). آزمون آماری Duncan نیز نشان داد که ایستگاه نورود در یک گروه و سایر ایستگاه ها در گروه دیگر قرار گرفتند. آزمون پیرسون همبستگی قوی را میان این فاکتور با pH ($p<0/05$) و $PO4^{3-}$ ($p<0/01$) نشان داد. این پارامتر در آزمون مولفه اصلی در مولفه ۴ (٪ 10/3 =PC4) قرار گرفت (BOD5= 0/794).

٤-۱-۳- اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)

طبق اطلاعات بدست آمده میانگین COD در ایستگاه ها طی مدت نمونه برداری ۷/۷۱ (±۰/۹۹) میلی‌گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۳۹ – ۰ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین این فاکتور در طول سال در ایستگاه پل چلاو با میانگین ۱۲/۱ (۵/۵ ±) میلی‌گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لار با میانگین ۱/۵۰ ± ۵/۳۴ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین مقدار COD در پاییز (۵/۳ ± ۸/۳) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰ تا ۳۹ میلی گرم بر لیتر متغیر بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل بهار (۰/۵ ± ۷/۵) و در محدوده ۴/۳ تا ۱۱/۷ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آزمون

آماری Duncan نشان داد که ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ تهران در دسته ای جدا از سایر ایستگاه ها قرار گرفت. این پارامتر در آزمون مولفه اصلی در مولفه ۴ (٪ PC4= 10/3) قرار گرفت(COD= 0/723).

۵-۱-۳- pH

میانگین pH آب طی مدت نمونه برداری ۸/۰۰ (±۰/۰۲) بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۸/۸ – ۷/۶ متغیر بوده است. حداکثر میانگین pH در ایستگاه لار با میانگین ۸/۱۶ (± ۰/۰۸) و حداقل آن در ایستگاه سرخرود با میانگین ۷/۹۱ ±۰/۰۵ ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین pH در بهار(۰/۰۱ ± ۸/۰۷) مشاهده شد ، بطوریکه در محدوده ۸/۱۳ – ۷/۹۱ قرار داشت و حداقل میانگین pH نیز در فصل پاییز(۰/۰۷ ±۷/۸۷) و در محدوده ۸/۱۱ – ۷/۶۸ مشاهده گردید. آنالیز واریانس فصلی تفاوت معنی داری را نشان داد و آزمون دانکن فصول بهار و زمستان را با تابستان و پاییز در دو گروه قرار گرفت (p‹0/05). همچنین آزمون ANOVA نشان داد که میانگین ایستگاه های مختلف معنی دار بوده و در آزمون Duncan بویژه ایستگاه های سرخرود با نورود و ایستگاه لار در گروه های متفاوتی قرار گرفتند. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط قابل توجهی را میان pH با سایر متغیرهای فیزیکوشیمیایی نظیر درجه حرارت هوا، سختی کل، TSS ، TDS (p‹0/01)و DO ، BOD5 و Mg^{2+} (p‹0/05) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلی این متغیر با مشارکت در مولفه اول(pH=- 0/785) گویای اهمیت بالای آن در کیفیت آبهای سطحی بوده است.

۶-۱-۳- بیکربنات‌ها (HCO3-)

میانگین غلظت یون HCO3- آب های جاری طی مدت نمونه برداری ۲۸/۱ (±۱/۶) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۰۰ – ۱۶ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است. حداکثر میانگین این یون در ایستگاه کره سنگ با میانگین ۳۸/۸۳ (±۵/۴۳) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لاسم با میانگین ۲۰/۴۰ (±/۳۶) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون HCO3- در زمستان (۳۴/۰۵±۴/۵۸) و در ماه اسفند مشاهده شد، و در محدوده ۱۶ تا ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۲۱/۲۹±۱/۸۹) و در آذر ماه در محدوده ۱۶ تا ۳۰ میلی‌گرم برلیتر مشاهده گردید.

میانگین های این پارامتر درآزمون ANOVA تفاوت معنی داری را بین فصول نشان نداد اما آزمون ANOVA اختلاف معنی داری را میان ماهها و ایستگاه های مختلف بویژه سرخرود و کره سنگ هراز با سایر ایستگاهها نشان داده است(p‹0/05). آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان میانگین این پارامتر با سایر متغیرها نظیردرجه حرارت آب، یون $CO3^{2-}$ ، نیتریت(p‹0/05)و نیز سختی کل، EC ، $PO4^{3-}$ ، Mg^{2+} ، TDS و TSS (p‹0/01) نشان داد. در آزمون مولفه اصلی در مولفه دوم با ۲۱/۴۹ درصد واریانس ($HCO3^{-}$=0/711) قرار گرفت.

۷-۱-۳- کربنات‌ها ($CO3^{2-}$)

میانگین غلظت یون $CO3^{2-}$ آب های سطحی طی مدت نمونه برداری ۱۴/۳۴ (±۱/۶۴) میلی‌گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۴۴-۰ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه کره سنگ با میانگین ۲۳/۱۰ (±۱۱/۰۸) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لار با میانگین ۹/۲۲ (±۱/۳۶) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حد اکثر میانگین غلظت یون $CO3^{2-}$ درزمستان (۱۹/۷۳±۲/۹۷) ودر ماه اسفند مشاهده شد و در محدوده ۴/۴ تا ۴۴ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۲/۲۱ ± ۷/۴۳) و در آذر ماه در محدوده ۰ تا ۱۶ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آزمون ANOVA بین فصول وآزمون Duncan تفاوت معنی داری را بین فصول پاییزو زمستان نشان داده است. همچنین آنالیز واریانس بین ایستگاه ها تفاوت معنی داری را نشان نداد ($p>0/05$). همچنین آزمون همبستگی پیرسون ارتباط قابل توجهی را میان این یون با اکسیژن محلول ، $HCO3^{-}$، سختی کل، یون نیتریت ($p<0/05$) و نیز کربنات کلسیم و یون فسفات نشان داده است ($p<0/01$). یون $CO3^{2-}$ در آزمون مولفه اصلی با ۲۱/۴۹ درصد واریانس در مولفه دوم ($CO3^{2-}$ =0.804) قرار گرفت.

۸-۱-۳- قلیائیت کل (TA)

طبق اطلاعات بدست آمده میانگین مقدار قلیائیت کل در ایستگاه های آبهای سطحی طی مدت نمونه برداری ۳۶/۳۰ (±۲/۳۳) میلی گرم بر لیتر بوده و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۱۳ – ۱۶ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین این پارامتر درطول سال در ایستگاه کره سنگ با میانگین ۴۷/۷۷ (±۱۰/۷۱) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لار با میانگین ۲۶/۹۰ (±۲/۸۹) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین مقدار قلیائیت کل در زمستان (۶/۳۵ ± ۵۰/۰۵) و در ماه اسفند مشاهده شد و در محدوده ۱۹ تا ۱۱۳ میلی گرم بر لیتر متغیر بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۱/۳۶±۲۸/۷۱) و در محدوده ۲۴ تا ۳۴ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آزمون ANOVA اختلاف معنی داری را بین ماهها، فصول و ایستگاهها نشان داد($p<0/05$). طبق آزمون Duncan از لحاظ این پارامتر درایستگاهها در ۳ گروه مجزا قرار گرفتند. آزمون همبستگی پیرسون نیز ارتباط قابل توجهی بین این پارامتر و سایر متغیرها نظیر $HCO3^{-}$، TH، TSS، $NO2^{-}$، EC ($p<0/01$)، یون کلسیم و منیزیوم ($p<0/05$) نشان داده است. قلیائیت کل درآزمون مولفه اصلی در مولفه دوم با ۲۱/۴۹ درصد واریانس (۰/۹۲۶=) قرار گرفت.

۹-۱-۳- یون کلسیم (Ca^{2+})

میانگین غلظت یون Ca^{2+} آب های سطحی طی مدت نمونه برداری ۶۴/۶۶ (۲/۳۴ ±) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۱۹ – ۲۷ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در

ایستگاه سرخرود با میانگین ۷۹/۴ (±۷/۳) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لار با میانگین ۵۰/۸ (۲/۳ ±) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون Ca^{2+} در فصل پاییز (۶ ±۸۱) مشاهده شد و در محدوده ۵۳ تا ۹۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۳/۰± ۵۵/۸) در محدوده ۳۵ تا ۸۲ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردد. آنالیز واریانس زمانی بر اطلاعات بدست آمده از این متغیر اختلاف معنی داری را میان فصول و ماههای گرم و سرد سال نشان داده است ($p<0/05$). همچنین آنالیز واریانس مکانی نیز تفاوت معنی داری را نشان داده بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها بر این اساس در ۲ گروه قرار گرفته اند. آزمون پیرسون (Pearson Correlation) نیز ارتباط قوی را میان این پارامتر با دمای آب، TDS ، TH ، TSS ، EC ($p<0/01$)، دمای هوا، قلیائیت کل و یون آمونیوم($p<0/05$) نشان داده است. این یون در آزمون مولفه اصلی با مشارکت در مولفه اول اهمیت خود را در کیفیت آبهای سطحی نشان داده است ($Ca^{2+}=0/902$).

۱۰-۱-۳- یون منیزیم (Mg^{2+})

میانگین غلظت یون Mg^{2+} در طول سال ۲۸/۸۴ (±۱/۵۲) میلی‌گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۵ تا ۶۳ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه سرخرود با میانگین ۴ ± ۴۳/۲میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لار با میانگین ۲/۸ ± ۱۶/۶میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون Mg^{2+} در فصل تابستان (۲/۲ ± ۳۳/۸) ودر ماه مرداد مشاهده شد ، بطوریکه در محدوده ۱۹/۴ تا ۵۵ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و کمترین میانگین آن نیز در فصل پاییز (۲/۵± ۱۷) و در آذر در محدوده ۶ تا ۲۴ میلی گرم بر لیتر مشاهده گشت. در آزمون مولفه اصلی Mg^{2+} در مولفه دوم مشارکت داشت ($Mg^{2+}=0/718$). آنالیز واریانس زمانی بر اطلاعات بدست آمده از این متغیر اختلاف معناداری را میان فصول و ماه های نمونه برداری نشان داده است($p<0/05$). همچنین آنالیز واریانس مکانی نیز تفاوت معناداری را نشان داده بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها بر این اساس در ۳ گروه قرار گرفته اند. آزمون پیرسون (Pearson Correlation) نیز ارتباط قوی را میان این پارامتر با دمای آب، دمای هوا، $HCO3^-$، TDS، TH، TSS، EC ($p<0/01$) و یون فسفات ($p<0/05$) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلی Mg^{2+} در مولفه دوم مشارکت داشت ($Mg^{2+}=0/718$).

۱۱-۱-۳- سختی کل (TH)

میانگین غلظت TH آب های سطحی در حوضه سد منگل طی مدت نمونه برداری ۲۷۱/۶۲ (۸/۴۱ ±) میلی‌گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۴۸۰- ۱۲۳ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت TH در ایستگاه سرخرود با میانگین ۳۴۵ (۲۱ ±) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در

ایستگاه لار با میانگین ۱۷۱ (±۱۰) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداقل میانگین غلظت TH در زمستان (±۱۶ ۲۹۵) ودر ماه بهمن مشاهده شد، و در محدوده ۱۲۳ تا ۳۹۳ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل بهار (±۱۶ ۲۵۲) و در اردیبهشت ماه در محدوده ۱۴۰ تا ۴۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. تنها آنالیز واریانس مکانی بین ایستگاه ها تفاوت معنی داری را نشان داده است بطوریکه آزمون Duncan ایستگاه های نمونه برداری را بر اساس این فاکتور به ۳ گروه تقسیم نموده است. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط قوی را با پارامتر های pH ، $HCO3^-$، CaCO3 ، TSS ، TDS ، EC ، Mg^{2+} (p‹0/01) و نیز یونهای $CO3^{2-}$ ، $PO4^{3-}$ و $NH4^+$ (p‹0/05) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر با مشارکت در مولفه اول که ۲۲/۹۵٪ واریانس را بخود اختصاص می داد ، نقش مهمی در کیفیت آبهای جاری داشته است (TH=0/863) .

۱۲-۱-۳- کل ذرات جامد معلق (TSS)

میانگین غلظت TSS آب های سطحی طی مدت نمونه برداری ۰/۳۷ (± ۰/۰۳) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۰/۹۴۷– ۰/۰۱۳ میلی‌گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت TSS در ایستگاه کره سنگ با میانگین ۰/۰۳۴ ± ۰/۵۸۲ میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لاسم با میانگین ۰/۰۴۸ (± ۰/۰۲) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت TSS در پاییز (۰/۴۲۲±۰/۱۳۴) مشاهده شد و در محدوده ۰/۰۱۴ تا ۰/۹۴۲ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۰/۰۵۸± ۰/۳۳۹) در شهریور ماه در محدوده ۰/۰۱۳ تا ۰/۹۴۷ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی اختلاف معنی داری را بین ایستگاهها نشان داده است بگونه ای که آزمون Duncan ایستگاه های نمونه برداری را به ۳ گروه تقسیم نموده است. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط قوی را بین این پارامتر و سایر متغیرها نظیر pH ، TA، TH ، TDS ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، EC (p‹0/01)، $NO2^-$، $NO3^-$ (p‹0/05) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر با مشارکت در مولفه اول که ۲۲/۹۵٪ واریانس را بخود اختصاص می داد، نقش مهمی در کیفیت آبهای جاری داشته است (TSS=0/58) .

۱۳-۱-۳- کل ذرات جامد محلول (TDS)

میانگین غلظت TDS آب های سطحی طی مدت نمونه برداری ۰/۳۰ (± ۰/۰۲) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۰/۸۳۷– ۰/۰۱۹ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت TDS در ایستگاه سرخرود با میانگین ۰/۴۲۷ (± ۰/۰۴۷) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لاسم با میانگین ۰/۱۸۸ (± ۰/۰۱۹) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت TDS در زمستان (۰/۳۵۱±۰/۰۴۵) و در دی ماه مشاهده شد و در محدوده ۰/۰۱۹ تا ۰/۸۳۷ میلی گرم بر لیتر در

نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۰/۲۷۷±۰/۰۱۶) و در تیر ماه در محدوده ۰/۱۵ تا ۰/۴۵ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی اختلاف معنی داری را بین ایستگاه ها نشان داده است بگونه ای که آزمون Duncan ایستگاه های نمونه برداری را به ۳ گروه تقسیم نموده است. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط قوی را بین این پارامتر و سایر متغیرها نظیر DO ، pH ، $HCO3^-$ ، $Ca^{+۲}$ ، Mg^{2+} ، EC (p‹0/01)، $NH4^+$ (p‹0/05) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر با مشارکت در مولفه اول که ۲۲/۹۵٪ واریانس را بخود اختصاص می داد، نقش مهمی در کیفیت آبهای جاری داشته است (TDS=0/55) .

۱٤-۱-۳- هدایت الکتریکی (EC)

میانگین EC آب طی مدت نمونه برداری ۰/۵۹ (±۰/۰۲) میلی زیمنس بر سانتیمتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۰/۹۱– ۰/۳۱ متغیر بوده است. حداکثر میانگین EC در ایستگاه سرخرود با میانگین ۰/۷۶ (۰/۰۳ ±) میلی زیمنس بر سانتیمتر و حداقل آن در ایستگاه لاسم با میانگین ۰/۴۱ (±۰/۰۱) میلی زیمنس بر سانتیمتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین EC در زمستان (±۰/۰۲ ۰/۶۲) و در بهمن ماه مشاهده شد و در محدوده ۰/۴۲ تا ۰/۷۲ در نوسان بود و حداقل میانگین EC در تابستان (۰/۰۳ ± ۰/۵۶) و در تیر ماه در محدوده ۰/۳۱ تا ۰/۹۰ مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی تفاوت معناداری را بین ایستگاه ها نشان داده (p‹0/05) بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها بر این اساس در ۳ گروه قرار گرفته اند. آزمون Pearson Correlation نیز ارتباط قابل توجهی را میان این پارامتر با DO ، $HCO3^-$ ، TDS، TSS،قلیائیت کل (TA) ، TH، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، $NH4^+$ (p‹0/01) ،$PO4^{3-}$ و یون نیتریت (p‹0/05) نشان داده است. EC در آزمون مولفه اصلی در مولفه اول قرار گرفت (EC=۰/۷۴).

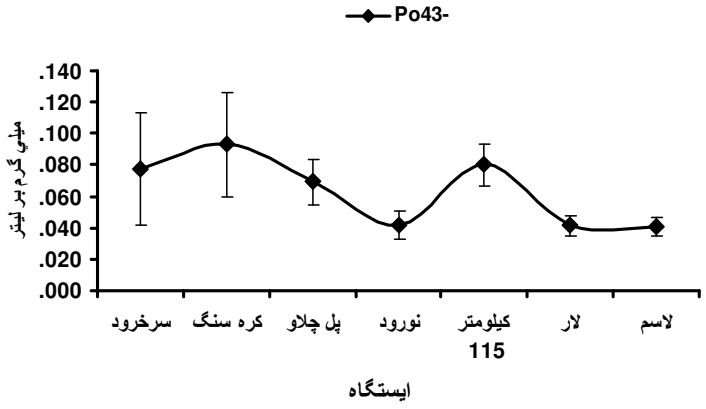
۱۵-۱-۳. یون کلراید(Cl^-)

میانگین غلظت یون -Cl آب های سطحی طی مدت نمونه برداری ۲۸/۰۲ (±۱/۹۶) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۶۲ –۵ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه سرخرود با میانگین ۳/ ۳۶ (۳/۱ ±) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه نورود با میانگین ۱۶/۶ (۲/۰ ±) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون -Cl در فصل بهار (۲۸/۹±۳/۵) مشاهده شد و در محدوده ۱۲ تا ۵۱ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۷/۱± ۲۴/۰) در محدوده ۵ تا ۶۲ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی نشان داد که اختلاف معنی داری از لحاظ یون کلر در میان ایستگاهها وجود دارد و آزمون Duncan نیز ایستگاه ها را به دو دسته تقسیم نموده است. آزمون همبستگی پیرسون نیز ارتباط قابل توجهی را میان این یون با درجه حرارت آب

و هوا ($p<0/01$) نشان داد. این یون در آزمون مولفه اصلی در مولفه پنجم با ۹/۵ درصد واریانس قرار گرفت (Cl^-=۰/۷۲۳).

۱۶-۱-۳. یون فسفات ($PO4^{3-}$)

میانگین غلظت یون $PO4^{3-}$ آب های سطحی در طول سال ۰/۰۶ (±۰/۰۱) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن بین ۰/۳۹۹ – ۰/۰۰۵ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه کره سنگ با میانگین ۰/۰۹۳ (±۰/۰۳۳) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لاسم با میانگین ۰/۰۴۱ (۰/۰۰۶ ±) میلی گرم بر لیتر ثبت شد(نمودار ۳-۱). همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون $PO4^{3-}$ در فصل زمستان (۰/۰۲۳ ± ۰/۱۰۴) و در اسفند ماه مشاهده شد و در محدوده ۰/۰۱۷ تا ۰/۳۹۹ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۰/۰۰۹± ۰/۰۲۵) و در آذر در محدوده ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۷۸ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس زمانی اختلاف معنی داری را بین میانگین فصول و ماههای نمونه برداری نشان داده است($p<0/05$). همچنین آنالیز واریانس مکانی نیز تفاوت معنی داری را نشان داده بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها بر این اساس در ۲ گروه قرار گرفته اند. آزمون Pearson Correlation نیز ارتباط قوی را میان این پارامتر با BOD5، $HCO3^-$ ، $CO3^{2-}$ ($p<0/01$)، TH ، Mg^{2+} ، $NO2^-$ و EC ($p<0/05$) نشان داده است. یون فسفات در آزمون مولفه اصلی در مولفه دوم قرار گرفت ($PO4^{3-}$=۰/۶۱۵).

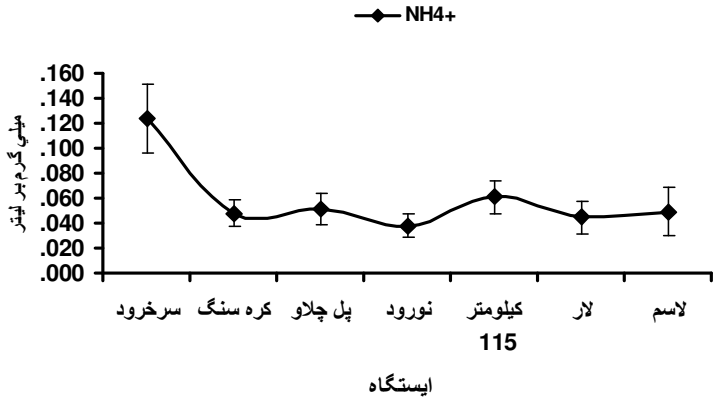


نمودار ۳-۱: تغییرات غلظت یون فسفات به همراه خطای معیار (SE±) در ایستگاه های مختلف آبهای سطحی رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

۱۷-۱-۳. یون ازت آمونیمی ($NH4^+/N$)

میانگین غلظت یون $NH4^+$ در ایستگاه های منتخب آبهای سطحی در طول سال ۰/۰۶ (±۰/۰۱) میلی‌گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن بین ۰/۳۴۰ – ۰/۰۰۳ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه سرخرود با میانگین ۰/۱۲۴ (±۰/۰۲۸) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه نورود با میانگین ۰/۰۳۸

(±۰/۰۰۹) میلی گرم بر لیتر ثبت شد(نمودار ۳-۲). همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون NH4+ در فصل پاییز (۰/۰۱۶± ۰/۰۹۴) مشاهده شد و در محدوده ۰/۰۵۰ تا ۰/۱۷۳ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۰/۰۰۸± ۰/۰۳۶) و در شهریور ماه در محدوده ۰/۰۰۳ تا ۰/۱۴۲ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس زمانی بر این متغیر اختلاف معنی داری را میان میانگین های فصول و ماههای نمونه برداری نشان داده است($p<0/05$). همچنین آنالیز واریانس مکانی نیز تفاوت معنی داری را نشان داده بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها بر این اساس در ۲ گروه قرار گرفته اند بطوریکه تنها ایستگاه سرخرود نسبت به سایر ایستگاه ها در گروه دیگر قرار گرفت. آزمون Pearson Correlation نیز ارتباط قوی را میان این پارامتر با EC ($p<0/01$) ، دمای هوا، TH ،TDS ($p<0/01$) نشان داده است. یون NH4+ در آزمون مولفه اصلی در مولفه اول قرار گرفت (NH4+=0/665).

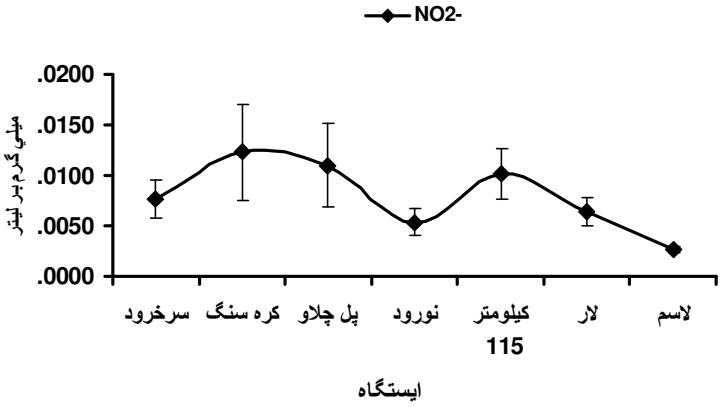


نمودار ۳-۲: تغییرات غلظت ازت آمونیمی به همراه خطای معیار (±SE) در ایستگاه های مختلف آبهای سطحی رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

۱۸-۱-۳. یون ازت نیتریتی ($NO2^-/N$)

میانگین غلظت یون ازت نیتریتی در ایستگاه های منتخب آبهای سطحی در طول سال ۰/۰۱۰ (±۰/۰۰۱) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن بین ۰/۰۴۶۰ – ۰/۰۰۰۱ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه کره سنگ با میانگین ۰/۰۱۲ (±۰/۰۰۴) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لاسم با میانگین ۰/۰۰۳۰ (۰/۰۰۰۳ ±) میلی گرم بر لیتر ثبت شد(نمودار ۳-۳). همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون NO2- در فصل زمستان (۰/۰۰۲±۰/۰۱۱) و در اسفند ماه مشاهده شد و در محدوده ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۴۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل بهار (۰/۰۰۰۷± ۰/۰۰۵۰) و در فروردین ماه در محدوده ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۱۴ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی تفاوت معناداری را در ارتباط با این فاکتور نشان داده بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها بر این اساس

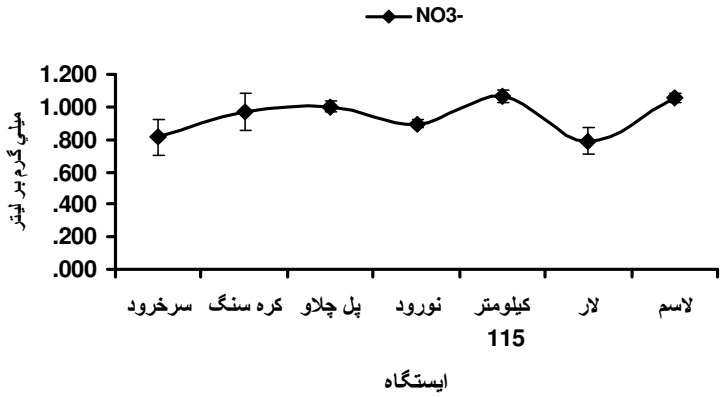
در ۲ گروه قرار گرفته اند. آزمون Pearson Correlation نیز ارتباطی را با قلیائیت کل ، $NH4^{+}$ ($p<0/01$)، $CO3^{2-}$ ، EC ، TSS، $PO4^{3-}$ و $HCO3^{-}$ ($p<0/05$) نشان داده است. یون ازت نیتریتی اهمیت چندانی در کیفیت آبهای جاری در این منطقه نداشت و در مولفه ششم با ۸/۰۸ درصد واریانس قرار گرفت(۰/۹۰۵=$NO2^{-}$).



نمودار ۳-۳: تغییرات غلظت ازت نیتریتی به همراه خطای معیار (SE±) در ایستگاه های مختلف آبهای سطحی رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

۱۹-۱-۳. یون ازت نیتراتی ($NO3^{-}/N$)

میانگین غلظت یون $NO3^{-}$ در ایستگاه های منتخب در طول سال ۰/۹۴ (±۰/۰۳) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن بین ۱/۳۳۰– ۰/۰۲۷ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ با میانگین ۱/۰۷ (±۰/۰۴) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لار با میانگین ۰/۷۹۱ (±۰/۰۸۱) میلی گرم بر لیتر ثبت شد(نمودار ۳-۴). همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون $NO3^{-}$ در فصل پاییز (۰/۰۵۶ ± ۰/۹۸۶) مشاهده شد و در محدوده ۰/۶۶ تا ۱/۱۱ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل بهار (۰/۰۵± ۰/۹۱۸) در محدوده ۰/۲ تا ۱/۳۲ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید.آنالیز واریانس نشان دادکه بین میانگین ماههای مختلف اختلاف معنی داری وجوددارد($p<0/05$). همچنین آنالیز واریانس مکانی نیز تفاوت معنی داری را نشان داده بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها در ۳ گروه قرار گرفته اند. آزمون Pearson Correlation نیز ارتباط ضعیفی را میان این پارامتر با TSS ($p<0/05$) نشان داده است. یون ازت نیتراتی در آزمون مولفه اصلی در مولفه سوم با ۱۲/۳ درصد واریانس مشارکت داشت (۰/857-=$NO3^{-}$).



نمودار ۳-٤: تغییرات غلظت ازت نیتراتی به همراه خطای معیار(SE±) در ایستگاه های مختلف آبهای سطحی رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

جدول ۳-۱: میانگین سالانه (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه های آبهای سطحی رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		سرخرود	کره سنگ	پل چلاو	نورود	کیلومتر ۱۱۵ هراز	لاسم	لار (پلور)
پارامترهای محیطی								
درجه حرارت آب(^oC)	Mean±SE	16/95 ± 2/12	13/15 ± 1/47	13/2 ± 1/45	11/85 ± 1/62	12/7± 1/21	10//3 ± 1/6	10/8 ± 1/27
	Min - Max	8 - 28	6 - 20	6 - 20	3/5 - 19	6 - 18	0 - 16	4 - 16
	N	10	10	10	10	10	10	10
درجه حرارت هوا(^oC)	Mean±SE	17/62 ± 2/46	15/40 ± 2/04	16/8 ±1/86	16/6 ± 2/02	16/25 ± 1/92	13/1 ± 2/55	13/15 ± 2/62
	Min - Max	10 - 31	7 - 26	7 - 26	4 - 23	6/5 - 23	0 - 22	-1 - 22/5
	N	10	10	10	10	10	10	10
DO (mg/l)	Mean±SE	9/36 ± 0/23	9/77 ± 0/24	10/25 ± 0/3	10/25 ± 0/27	9/72 ± 0/24	11/14 ± 0/45	10/41 ± 0/21
	Min - Max	7/7 - 10/2	8/10 - 10/8	9 - 12/48	9/1 - 12/16	7/8 - 10/5	9/8 - 14/84	9/2 - 11/4
	N	10	10	10	10	10	10	10
BOD5 (mg/l)	Mean±SE	2/18 ± 0/26	1/99 ± 0/22	2/51 ± 0/14	1/55 ±0/14	2/46 ± 0/51	2/32 ± 0/19	2/23 ± /017
	Min - Max	0/8 - 3/5	1 - 3/20	1/8 - 3/2	1 - 2/3	0/16 - 6/4	1/12 - 3/2	1/12 - 2/8
	N	10	10	10	10	10	10	10
COD (mg/l)	Mean±SE	5/7 ± 0/8	5/6 ± 1/3	12/1 ± 5/5	5/5 ± 1/5	11/1 ± 2/4	7/8 ± 0/8	5/3 ± 1/5
	Min - Max	3 - 10	1 - 8/1	1 - 39	0 - 7/9	5/7 - 22	5.4 - 9/5	0 - 8/2
	N	10	10	10	10	10	10	10

8/16 ± 0/08	8/05 ± 0/02	8/08 ± 0/06	7/93 ± 0/05	7/93 ± 0/05	7/94± 0/04	7/91 ± 0/05	Mean±SE	pH
7/96 - 8/8	7/87 - 8/11	7/88 - 8/6	7/68 - 8/09	7/69 - 8/11	7/75 - 8/10	7/61 - 8/11	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
21/46± 2/01	20/4 ± 1/36	25/13 ± 1/62	25/03 ± 2/65	28/13 ± 1/86	38/83 ± 5/43	37/79 ± 7/2	Mean±SE	$HCO3^-$ (mg/l)
16 - 36	16 - 28	18 - 32	18 - 44	21 - 40	22 - 73	23/9 - 100	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
9/22 ± 1/36	11/67 ± 2/55	13/33 ± 1/61	15/28 ± 1/53	21/33 ± 6/47	23/1 ± 11/08	11/73 ± 4/61	Mean±SE	$CO3^{2-}$ (mg/l)
4 -13/3	8 - 24	10 - 20	8 - 19	8 - 36	0 - 44	0 - 32	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
26/99 ± 2/89	28/24 ± 3/08	33/53 ± 2/4	35/5 ± 4/24	36/46 ± 5/8	47/77 ± 10/71	45/59 ± 7/68	Mean±SE	TA (mg/l)
16 - 46	1 6 - 52	26 - 52	19 - 64	22 - 76	22 - 113	24 - 104	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
171 ± 10	206 ± 9	294 ±11	290 ± 17	304 ± 14	292 ± 11	345 ± 21	Mean±SE	TH (mg/l)
123 - 233	150 - 253	250 - 340	200 - 368	233 - 386	230 - 333	233 - 480	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
0/057 ± 0/020	0/048 ± 0/02	0/234 ± 0/014	0/518 ± 0/028	0/558 ± 0/031	0/582 ± 0/034	0/569 ± 0/094	Mean±SE	TSS (mg/l)
0/015 - 0/22	0/013 - 0/22	0/186 - 0/340	0/330 - 0/640	0/350 - 0/691	0/350 - 0/710	0/14 - 0/947	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
0/201 ± 0/023	0/188 ± 0/019	0/299 ± 0/021	0/330 ± 0/035	0/327 ± 0/02	0/363 ± 0/054	0/427 ± 0/047	Mean±SE	TDS (mg/l)
0/019 - 0/3	0/025 - 0/23	0/145 - 0/370	0/210 - 0/621	0/24 - 0/46	0/250 - 0/837	0/3 - 0/824	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
32/8 ± 7/5	16/9 ± 3	31/8 ± 2/9	16/6 ± 2	26/6 ± 5	35/2 ± 5/8	36/3 ± 3/1	Mean±SE	Cl^- (mg/l)
7 - 51	5 - 28	24 - 46	10 - 24/2	5 - 44	17 - 62	25 - 46/2	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
50/8 ± 2/3	50/9 ± 3/5	71/7 ± 5/6	65/9 ± 4/7	68/3 ± 7/4	65/7 ± 6/4	79/4 ± 7/3	Mean±SE	Ca^{2+} (mg/l)
42/8 - 66	27 - 67	40/1 - 96	45 - 93	35 - 99	40 - 93	47 - 119	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
16/6 ± 2/8	20/2 ± 3/2	31 ± 2/8	30/2 ± 3/5	30/2 ± 3/6	30/4 ± 2/7	43/2 ± 4	Mean±SE	Mg^{2+} (mg/l)

5 - 28	6 - 37	19 - 48	19 - 53	13 - 55	19 - 48	18 - 63	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	
0/44 ± 0/02	0/41 ± 0/01	0/64 ±0/02	0/6 ± 0/03	0/64 ± 0/03	0/63 ± 0/02	0/76 ± 0/03	Mean±SE	EC (ms/cm)
0/33 - 0/6	0/31 - 0/46	0/5 - 0/74	0/42 - 0/71	0/48 - 0/74	0/5 - 0/71	0/6 - 0/91	Min - Max	
10	10	10	10	10	10	10	N	

N= تعداد نمونه

جدول ۳-۲: میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه سرخرود رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		سرخرود			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(°C)	Mean±SE	16/67 ± 1/67	25/17 ± 2/13	11	11 ± 1/73
	Min - Max	15 - 20	21 - 28	_	8 - 14
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(°C)	Mean±SE	16 ± 2/65	27/73 ± 1/75	12	11 ± 1
	Min - Max	12 - 21	25 - 31	_	10 - 13
	N	3	3	1	3
DO(mg/l)	Mean±SE	9/4 ± 0/17	9/2 ± 0/23	7/7	10/03 ± 0/09
	Min - Max	9/1 - 9/7	8/8 - 9/6	_	9/9 - 10/2
	N	3	3	1	3
BOD_5(mg/l)	Mean±SE	1/8 - 0/23	1/77 ± 0/5	1/8	3/1 ± 0/26
	Min - Max	1/4 - 2/2	0/8 - 2/5	_	2/6 - 3/5
	N	3	3	1	3
COD(mg/l)	Mean±SE	5/7 ± 0/6	_	3	6/6 ± 1/7
	Min - Max	4/7 - 6/9	_	_	4/9 - 10
	N	3	_	1	3
pH	Mean±SE	8/01 ± 0/06	7/81 ± 0/11	7/81	7/93 ± 0/1
	Min - Max	7/91 - 8/11	7/61 - 7/99	_	7/74 - 8/05
	N	3	3	1	3
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	29/33 ± 2/67	33/3 ± 4/84	26	54/67 ± 23/13
	Min - Max	24 - 32	23/9 -40	_	24 - 100
	N	3	3	1	3
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	12 ± 4	10	0	18/2 ± 13/8
	Min - Max	8 - 16	_	_	4/4 - 32
	N	3	1	1	3
TA (mg/l)	Mean±SE	40	36/63± 1/79	26	66/67 ± 23/25
	Min - Max	_	33/9 - 40	_	24 - 104
	N	1	3	1	3
TH (mg/l)	Mean±SE	349 ± 72	357 ± 9	273	353 ± 25
	Min - Max	233 - 480	340 - 366	_	306 - 393
	N	3	3	1	3
TSS (mg/l)	Mean±SE	0/527 ± 0/099	0/431 ± 0/259	0/942	0/624 ± 0/147
	Min - Max	0/332 - 0/655	0/14 - 0/947	_	0/34 - 0/83
	N	3	3	1	3
TDS(mg/l)	Mean±SE	0/41 ± 0/026	0/41 ± 0/021	0/3	0/505 ± 0/16
	Min - Max	0/36 - 0/45	0/38 - 0/45	_	0/34 - 0/824
	N	3	3	1	3
Cl^-(mg/l)	Mean±SE	34 ± 8	46/2	25	38/3 ± 2/4
	Min - Max	26 - 42	_	_	35 - 43
	N	3	1	1	3
Ca^{2+}(mg/l)	Mean±SE	70 ± 21	74/5 ± 5/4	80	93/3 ± 13/5
	Min - Max	47 - 112	64 - 82	_	73 - 119
	N	3	3	1	3
Mg^{2+}(mg/l)	Mean±SE	42/3 ± 7/2	45/9 ± 3/5	18	49/7 ± 6/7
	Min - Max	28 - 50	39 - 50	_	42 - 63
	N	3	3	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/83 ± 0/06	0/82 ± 0/04	0/6	0/69 ± 0/01
	Min - Max	0/72 - 0/91	0/75 - 0/9	_	0/68 - 0/7
	N	3	3	1	3

جدول ۳-۳: میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه کره سنگ رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		کره سنگ			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(ºC)	Mean±SE	14 ± 1	18/33 ± 1/2	7/5	9 ± 1/53
	Min - Max	13 - 16	16 - 20	_	6 - 11
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا (ºC)	Mean±SE	15/33 ± 2/85	21/67 ± 2/19	8	11/67 ± 3/71
	Min - Max	12 - 21	19 - 26	_	7 - 19
	N	3	3	1	3
DO (mg/l)	Mean±SE	9/77 ± 0/23	9/6 ± 0/23	8/1	10/5 ± 0/15
	Min - Max	9/4 - 10/2	9/2 - 10	_	10/3 - 10/8
	N	3	3	1	3
BOD_5 (mg/l)	Mean±SE	1/77 ± 0/09	1/97 ± 0/44	1	2/57 ± 0/41
	Min - Max	1/6 - 1/9	1/12 - 2/6	_	1/8 - 3/2
	N	3	3	1	3
COD (mg/l)	Mean±SE	6/7 ± 1/1	_	1	7
	Min - Max	4/5 - 8/1	_	_	_
	N	3	_	1	3
pH	Mean±SE	8/08 ± 0/01	7/84 ± 0/03	7/82	7/94 ± 0/1
	Min - Max	8/06 - 8/1	7/78 - 7/87	_	7/75 - 8/04
	N	3	3	1	3
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	30/67 ± 3/53	35/1 ± 9/39	30	53/67 ± 13/37
	Min - Max	24 - 36	22 - 53/3	_	28 - 73
	N	3	3	1	3
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	_	8/4	_	42 ± 2
	Min - Max	_	_	_	40 - 44
	N	_	1	_	3
TA (mg/l)	Mean±SE	29/33 ± 2/67	38/23 ± 12/02	30	81/67 ± 26/96
	Min - Max	24 - 32	22 - 61/7	_	28 - 113
	N	3	3	1	3
TH (mg/l)	Mean±SE	261 ± 21	284 ± 16	313	322 ± 11
	Min - Max	230 - 300	253 - 300	_	300 - 333
	N	3	3	1	3
TSS (mg/l)	Mean±SE	0/613 ± 0/048	0/559 ± 0/037	0/67	0/545 ± 0/105
	Min - Max	0/519 - 0/673	0/510 - 0/631	_	0/350 - 0/710
	N	3	3	1	3
TDS (mg/l)	Mean±SE	0/3 ± 0/029	0/287 ± 0/013	0/33	0/512 ± 0/162
	Min - Max	0/25 - 0/35	0/260 - 0/300	_	0/350 - 0/837
	N	3	3	1	3
Cl^-(mg/l)	Mean±SE	29/5 ± 12/5	21/1	62	34/7 ± 4/8
	Min - Max	17 - 42	_	_	25 - 40
	N	3	1	1	3
Ca^{2+}(mg/l)	Mean±SE	50/7 ± 8/3	54/3 ± 9/4	93	83 ± 2/6
	Min - Max	40 - 67	40 - 72	_	79 - 88
	N	3	3	1	3
Mg^{2+}(mg/l)	Mean±SE	32/3 ± 2/6	35/9 ± 6/1	19	26/7 ± 4/1
	Min - Max	28 -37	29 - 48	_	19 - 33
	N	3	3	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/59 ± 0/05	0/58 ± 0/02	0/67	0/7 ± 0/01
	Min - Max	0/5 - 0/69	0/54 - 0/61	_	0/69 - 0/71
	N	3	3	1	3

جدول ۳-٤ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه پل چلاو رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		پل چلاو			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(ºC)	Mean±SE	14 ±1	18/33 ± 1/2	8	9 ± 1/53
	Min - Max	13 - 16	16 - 20	_	6 - 11
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(ºC)	Mean±SE	17/33 ± 2/85	22 ± 2/08	14	12 ± 3/61
	Min - Max	14 - 23	19 - 26	_	7 - 19
	N	3	3	1	3
DO (mg/l)	Mean±SE	9/9 ± 0/17	10/69 ± 0/94	9	10/57 ± 0/07
	Min - Max	9/6 - 10/2	9/3 - 12/48	_	10/5 - 10/7
	N	3	3	1	3
BOD_5 (mg/l)	Mean±SE	2/07 ± 0/15	2/8 ± 0/06	2/4	2/7 ± 0/32
	Min - Max	1/8 - 2/3	2/7 - 2/9	_	2/1 - 3/2
	N	3	3	1	3
COD (mg/l)	Mean±SE	8/5 ± 0/4	_	39	3/9 ± 2/9
	Min - Max	7/9 - 9/3	_	_	1 - 6/8
	N	3	_	1	3
pH	Mean±SE	8/08 ± 0/01	7/82 ± 0/05	7/69	7/96 ± 0/1
	Min - Max	8/06 - 8/11	7/73 - 7/9	_	7/76 - 8/07
	N	3	3	1	3
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	28 ± 1/15	27/1 ± 3/31	21	31/67 ± 4/91
	Min - Max	26 - 30	22 - 33/3	_	23 - 40
	N	3	3	1	3
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	_	13/3	8	32 ± 4
	Min - Max	_	_	_	28 - 36
	N	_	1	1	3
TA (mg/l)	Mean±SE	27/33 ± 0/67	31/53 ± 7/62	29	53 ± 15/7
	Min - Max	26 - 28	22 - 46/6	_	23 - 76
	N	3	3	1	3
TH (mg/l)	Mean±SE	260 ± 18	306 ± 20	333	335 ± 27
	Min - Max	233 - 293	266 - 333	_	293 - 386
	N	3	3	1	3
TSS (mg/l)	Mean±SE	0/567 ± 0/032	0/541 ± 0/027	0/552	0/569 ± 0/11
	Min - Max	0/509 - 0/619	0/502 - 0/592	_	0/35 - 0/691
	N	3	3	1	3
TDS (mg/l)	Mean±SE	0/303 ± 0/038	0/287 ± 0/015	0/34	0/387 ± 0/037
	Min - Max	0/24 - 0/37	0/26 - 0/31	_	0/34 - 0/46
	N	3	3	1	3
Cl^-(mg/l)	Mean±SE	26/5 ± 0/5	21/3	5	35/7 ± 7/4
	Min - Max	26 - 27	_	_	21 - 44
	N	3	1	1	3
Ca^{2+}(mg/l)	Mean±SE	57/3 ± 5/5	48 ± 10/6	96	90/3 ± 7/2
	Min - Max	48 - 67	35 - 69	_	76 - 99
	N	3	3	1	3
Mg^{2+}(mg/l)	Mean±SE	28/3 ± 1/3	42/4 ± 7/5	23	22/3 ± 4/7
	Min - Max	27 - 31	29/2 - 55	_	13 - 28
	N	3	3	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/61 ± 0/08	0/58 ± 0/03	0/69	0/7 ± 0/01
	Min - Max	0/48 - 0/74	0/53 - 0/63	_	0/68 - 0/72
	N	3	3	1	3

جدول ۳-۵: میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه نورود رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		نورود			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(ºC)	Mean±SE	12/67 ± 1/45	17/33 ± 1/2	5	7/83 ± 2/17
	Min - Max	10 - 15	15 - 19	_	3/5 - 10
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(ºC)	Mean±SE	17/67 ± 3/18	21/67 ± 0/88	14	11/33 ± 4/67
	Min - Max	12 - 23	20 - 23	_	4 - 20
	N	3	3	1	3
DO (mg/l)	Mean±SE	9/93 ± 0/12	10/62 ± 0/81	9/1	10/57 ± 0/09
	Min - Max	9/7 - 10/1	9/4 - 12/16	_	10/4 - 10/7
	N	3	3	1	3
BOD_5 (mg/l)	Mean±SE	1/67 ± 0/15	1/95 ± 0/26	1/4	1/1 ± 0/1
	Min - Max	1/4 - 1/9	1/44 - 2/3	_	1 - 1/3
	N	3	3	1	3
COD (mg/l)	Mean±SE	6/5 ± 0/9	_	0	7/9
	Min - Max	4/8 - 7/9	_	_	_
	N	3	_	1	1
pH	Mean±SE	8/07 ± 0/01	7/87 ± 0/07	7/68	7/92 ± 0/1
	Min - Max	8/04 - 8/09	7/73 - 7/96	_	7/72 - 8/03
	N	3	3	1	3
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	25/33 ± 2/4	24/43 ± 4/58	18	27/67 ± 8/17
	Min - Max	22 - 30	18 - 33	_	19 - 44
	N	3	3	1	3
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	16	12/33 ± 4/33	16	17/5 ± 1/5
	Min - Max	_	8 - 16/65	_	16 - 19
	N	1	3	1	3
TA (mg/l)	Mean±SE	33/33 ± 4/67	33/98 ± 7/98	34	39/67 ± 13/12
	Min - Max	24 - 38	26 - 49/95	_	19 - 64
	N	3	3	1	3
TH (mg/l)	Mean±SE	231 ± 20	282 ± 6	313	348 ± 12
	Min - Max	200 - 267	273 - 293	_	326 - 368
	N	3	3	1	3
TSS (mg/l)	Mean±SE	0/536 ± 0/033	0/53 ± 0/028	0/574	0/468 ± 0/091
	Min - Max	0/471 - 0/582	0/49 - 0/584	_	0/33 - 0/64
	N	3	3	1	3
TDS (mg/l)	Mean±SE	0/263 ± 0/035	0/29 ± 0/012	0/34	0/434 ± 0/094
	Min - Max	0/21 - 0/33	0/27 - 0/31	_	0/32 - 0/621
	N	3	3	1	3
Cl^-(mg/l)	Mean±SE	15 ± 1	24/2	10	17/3 ± 3/2
	Min - Max	14 - 16	_	_	12 - 23
	N	3	1	1	3
Ca^{2+} (mg/l)	Mean±SE	54/3 ± 7/4	61 ± 4	93	73/3 ± 5/5
	Min - Max	45 - 69	56/1 - 69	_	64 - 83
	N	3	3	1	3
Mg^{2+} (mg/l)	Mean±SE	23 ± 1/2	29/5 ± 1/6	19	42 ± 8/2
	Min - Max	21 - 25	27 - 32/4	_	26 - 53
	N	3	3	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/53 ± 0/07	0/58 ± 0/03	0/68	0/66 ± 0/03
	Min - Max	0/42 - 0/66	0/53 - 0/62	_	0/62 - 0/71
	N	3	3	1	3

جدول ۳-٦: میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ هراز رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		کیلومتر ۱۱۵ هراز			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(ºC)	Mean±SE	13/67 ± 1/2	16/67 ± 0/88	9	9 ± 1/53
	Min - Max	12 - 16	15 - 18	_	6 - 11
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(ºC)	Mean±SE	16/67 ± 3/48	21/33 ± 1/2	13	11/83 ± 4/15
	Min - Max	11 - 23	19 - 23	_	6/5 - 20
	N	3	3	1	3
DO (mg/l)	Mean±SE	9/8 ± 0/21	9/78 ± 0/27	7/8	10/23 ± 0/15
	Min - Max	9/4 - 10/1	9/3 - 10/24	_	10 - 10/5
	N	3	3	1	3
BOD_5 (mg/l)	Mean±SE	2/3 ± 0/32	1/42 ± 0/64	1/4	4 ± 1/2
	Min - Max	1/8 - 2/9	0/16 - 2/2	_	2/7 - 6/4
	N	3	3	1	3
COD (mg/l)	Mean±SE	10/6 ± 7	_	7	13/9 ± 8/2
	Min - Max	9/3 - 11/7	_	_	5/7 - 22
	N	3	_	1	3
pH	Mean±SE	8/08 ± 0/02	7/97 ± 0/02	7/88	8/25 ± 0/18
	Min - Max	8/04 - 8/11	7/95 - 8/02	_	8/05 - 8/6
	N	3	3	1	3
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	28/67 ± 1/76	24/43 ± 2/69	20	24 ± 4/16
	Min - Max	26 - 32	20 - 29/3	_	18 - 32
	N	3	3	1	3
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	_	13 ± 3	12	14 ± 3/06
	Min - Max	_	10 - 16	_	10 - 20
	N	_	3	1	3
TA (mg/l)	Mean±SE	27/33 ± 0/67	35/77 ± 2/11	32	38 ± 7/02
	Min - Max	26 - 28	32 - 39/3	_	30 - 52
	N	3	3	1	3
TH (mg/l)	Mean±SE	281 ± 26	271 ± 8	313	325 ± 8
	Min - Max	250 - 333	260 - 286	_	313 - 340
	N	3	3	1	3
TSS (mg/l)	Mean±SE	0/215 ± 0/005	0/236 ± 0/011	0/186	0/267 ± 0/042
	Min - Max	0/205 - 0/222	0/215 - 0/251	_	0/195 - 0/34
	N	3	3	1	3
TDS (mg/l)	Mean±SE	0/323 ± 0/026	0/28 ± 0/017	0/33	0/282 ± 0/068
	Min - Max	0/28 - 0/37	0/25 - 0/31	_	0/145 - 0/35
	N	3	3	1	3
Cl^- (mg/l)	Mean±SE	27/5 ± 3/5	29/3	30	36 ± 6/1
	Min - Max	24 - 31	_	_	25 - 46
	N	3	1	1	3
Ca^{2+} (mg/l)	Mean±SE	74/7 ± 11/1	54 ± 8/4	85	82 ± 5/7
	Min - Max	59 - 96	40/1 - 69	_	71 - 90
	N	3	3	1	3
Mg^{2+} (mg/l)	Mean±SE	23 ± 2/3	33 ± 3/2	24	39/3 ± 4/9
	Min - Max	19 - 27	28 - 38/9	_	31 - 48
	N	3	3	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/65 ± 0/05	0/56 ± 0/03	0/67	0/7 ± 0/003
	Min - Max	0/57 - 0/74	0/5 - 0/62	_	0/69 - 0/7
	N	3	3	1	3

جدول ۳-۷ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه لار(پلور) رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		لار(پلور)			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(ºC)	Mean±SE	12/33 ± 1/33	14/67 ± 0/67	6	7± 1/53
	Min - Max	11 - 15	14 - 16	_	4 - 9
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(ºC)	Mean±SE	17 ± 2/08	19/83 ± 1/36	-1	7/33 ± 4/1
	Min - Max	13 - 20	18 - 22/5	_	1 - 15
	N	3	3	1	3
DO (mg/l)	Mean±SE	10/3 ± 0/1	10/2 ± 0/25	9/2	11/13 ± 0/18
	Min - Max	10/1 - 10/4	9/7 - 10/5	_	10/8 - 11/4
	N	3	3	1	3
BOD_5 (mg/l)	Mean±SE	2/03 ± 0/35	2/11 ± 0/51	2/4	2/5 ± 0/12
	Min - Max	1/4 - 2/6	1/12 - 2/8	_	2/3 - 2/7
	N	3	3	1	3
COD (mg/l)	Mean±SE	6/2 ± 0/9	_	_	8/2
	Min - Max	4/3 - 7/4	_	_	_
	N	3	_	_	1
pH	Mean±SE	8/06 ± 0/03	8/02 ± 0/03	8/1	8/42 ± 0/2
	Min - Max	8/02 - 8/13	7/96 - 8/05	_	8/15 - 8/8
	N	3	3	1	3
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	21/33 ± 2/91	18/2 ± 0/99	18	26 ± 5/77
	Min - Max	16 - 26	16/6 - 20	_	16 - 36
	N	3	3	1	3
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	4	13/3	8	10 ± 1/15
	Min - Max	_	_	_	8 - 12
	N	1	1	1	3
TA (mg/l)	Mean±SE	22/67 ± 3/33	22/63 ± 3/68	26	36 ± 6/43
	Min - Max	16 - 26	18 - 29/9	_	24 - 46
	N	3	3	1	3
TH (mg/l)	Mean±SE	182 ± 27	176 ± 8	173	156 ± 20
	Min - Max	140 - 233	160 - 187	_	123 - 193
	N	3	3	1	3
TSS (mg/l)	Mean±SE	0/033 ± 0/004	0/035 ± 0/01	0/018	0/117 ± 0/059
	Min - Max	0/025 - 0/038	0/015 - 0/049	_	0/017 - 0/22
	N	3	3	1	3
TDS (mg/l)	Mean±SE	0/213 ± 0/007	0/2 ± 0/021	0/24	0/176 ± 0/083
	Min - Max	0/2 - 0/22	0/16 - 0/23	_	0/019 - 0/3
	N	3	3	1	3
Cl^-(mg/l)	Mean±SE	51	39/7	19	23 ± 14
	Min - Max	_	_	_	7 - 51
	N	1	1	1	3
Ca^{2+}(mg/l)	Mean±SE	46/7 ± 2/2	49/6 ± 4/5	53	55/3 ± 5/6
	Min - Max	44 - 51	42/8 - 58	_	47 - 66
	N	3	3	1	3
Mg^{2+}(mg/l)	Mean±SE	15/7 ± 5/8	24/5 ± 2/6	10	12 ± 5/6
	Min - Max	6 - 26	19/4 - 28	_	5 - 23
	N	3	3	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/42 ± 0/01	0/4 ± 0/04	0/49	0/48 ± 0/06
	Min - Max	0/4 - 0/43	0/33 - 0/46	_	0/42 - 0/6
	N	3	3	1	3

جدول ۳-۸: میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه لاسم رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		لاسم			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(^oC)	Mean±SE	12 ± 1/53	14/67 ± 0/67	4	6/33 ± 3/18
	Min - Max	10 - 15	14 - 16	_	0 - 10
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(^oC)	Mean±SE	16/33 ± 2/33	20 ± 1/15	0	7/33 ± 4/1
	Min - Max	12 - 20	18 - 22	_	1 - 15
	N	3	3	1	3
DO (mg/l)	Mean±SE	10/47 ± 0/15	11/71 ± 1/58	10/5	11/47 ± 0/17
	Min - Max	10/2 - 10/7	9/8 - 14/84	_	11/3 - 11/8
	N	3	3	1	3
BOD_5 (mg/l)	Mean±SE	2/53 ± 0/09	2/04 ± 0/47	2/6	2/3 ± 0/46
	Min - Max	2/4 - 2/7	1/12 - 2/7	_	1/7 - 3/2
	N	3	3	1	3
COD (mg/l)	Mean±SE	7/9 ± 1/3	_	8	7/5 ± 1/9
	Min - Max	5/4 - 9/5	_	_	5/6 - 9/4
	N	3	_	1	3
pH	Mean±SE	8/08 ± 0/02	7/97 ± 0/05	8/11	8/08 ± 0/01
	Min - Max	8/05 - 8/11	7/87 - 8/04	_	8/06 - 8/1
	N	3	3	1	3
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	24	18/01 ± 1/15	16	20/67 ± 3/71
	Min - Max	24	16 - 20	_	16 - 28
	N	3	3	1	3
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	8	10	8	14/67 ± 4/81
	Min - Max	_	_	_	8 - 24
	N	1	1	1	3
TA (mg/l)	Mean±SE	29/33 ± 2/67	21/47 ± 3/65	24	35/33 ± 8/35
	Min - Max	24 - 32	16 - 28/4	_	26 - 52
	N	3	3	1	3
TH (mg/l)	Mean±SE	201 ± 26	193 ± 7	193	228 ± 15
	Min - Max	150 - 233	180 - 200	_	200 - 253
	N	3	3	1	3
TSS (mg/l)	Mean±SE	0/027 ± 0/004	0/038 ± 0/013	0/014	0/088 ± 0/066
	Min - Max	0/022 - 0/034	0/013 - 0/053	_	0/015 - 0/22
	N	3	3	1	3
TDS (mg/l)	Mean±SE	0/213 ± 0/007	0/187 ± 0/019	0/2	0/158 ± 0/067
	Min - Max	0/2 - 0/22	0/15 - 0/21	_	0/025 - 0/23
	N	3	3	1	3
Cl^-(mg/l)	Mean±SE	19 ± 7	17/3	17	15/3 ± 6/7
	Min - Max	12 - 26	_	_	5 - 28
	N	3	1	1	3
Ca^{2+}(mg/l)	Mean±SE	40 ± 6/6	49/4 ± 3/5	67	58 ± 1/5
	Min - Max	27 - 48	44 - 56	_	56 - 61
	N	3	3	1	3
Mg^{2+}(mg/l)	Mean±SE	24/3 ± 8/2	25/8 ± 3/3	6	15/3 ± 2/3
	Min - Max	9 - 37	19/4 - 30	_	11 - 19
	N	3	3	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/42 ± 0/01	0/38 ± 0/03	0/4	0/44 ± 0/01
	Min - Max	0/4 - 0/44	0/31 - 0/42	_	0/42 - 0/46
	N	3	3	1	3

۲۰-۱-۳. شاخص کیفیت آبهای سطحی (WQI)

نتایج حاصل از محاسبه شاخص کیفیت آبهای سطحی در ایستگاه های مختلف حوضه رودخانه هراز در جداول ۳-۹ تا ۳-۱۵ آمده است . میانگین شاخص **WQI** در ایستگاه سرخرود ۶۹/۵۱ بود، بطوریکه کمترین و بیشترین میزان آن بترتیب ۶۵/۲۵ و ۷۶/۲۳ بدست آمد.

جدول۳-۹ : میانگین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه سرخرود در رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

پارامترها	نتایج	واحد	مقادیر Q	فاکتور وزنی	شاخص هر پارامتر
DO	۹۷	Sat%	۹۱/۸	۰/۱۸	۱۶/۵۲
COD/BOD5	۴/۰۱	mg/l	۹۷/۹	۰/۱۵	۱۴/۶۸
Fecal Coliform	۵۰۵۰۰۰	colonis/100ml	۰/۷	۰/۱۲	۰/۰۸۴
$NH4^{+}$	۰/۱۲۳	mg/l	۹۰/۶	۰/۱۲	۱۰/۸۷
pH	۷/۹۱	واحد	۹۸/۹	۰/۰۹	۸/۹
$PO4^{3-}$	۰/۰۷۷	mg/l	۸۶/۳	۰/۰۸	۶/۹
$NO3^{-}$	۳/۵۹	mg/l	۱۰/۷	۰/۰۸	۰/۸۵
TSS	۰/۵۷	mg/l	۱۰۰	۰/۰۷	۷
EC	۰/۷۶	ms/cm	۱۸/۳	۰/۰۶	۱/۱
Temp.	۱۷	^{0}C	۵۱/۸	۰/۰۵	۲/۵۹
WQI	–	–	–	–	۶۹/۵۱

در ایستگاه کره سنگ میانگین این شاخص ۷۱/۷۹ محاسبه شد که در محدوده ۸۱/۳۱- ۶۴/۹۷ قرار گرفت.

جدول ۳-۱۰: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه کره سنگ در رودخانه هراز در (سال ۸۹-۱۳۸۸)

پارامترها	نتایج	واحد	مقادیر Q	فاکتور وزنی	شاخص هر پارامتر
DO	۹۳	Sat%	۹۲/۶	۰/۱۸	۱۶/۶۶
COD/BOD5	۲/۸۲	mg/l	۹۸/۸	۰/۱۵	۱۴/۸۲
Fecal Coliform	۰	colonis/100ml	۰	۰/۱۲	۰
$NH4^{+}$	۰/۰۴۸	mg/l	۹۸/۵	۰/۱۲	۱۱/۸۲
pH	۷/۹۴	واحد	۹۸/۸	۰/۰۹	۸/۸۹
$PO4^{3-}$	۰/۰۹۲	mg/l	۸۱/۶	۰/۰۸	۶/۵۲
$NO3^{-}$	۴/۲۹	mg/l	۹/۴	۰/۰۸	۰/۷۵
TSS	۰/۵۸۲	mg/l	۱۰۰	۰/۰۷	۷
EC	۰/۶۳	ms/cm	۴۰/۵	۰/۰۶	۲/۴۳
Temp.	۱۳/۲	^{0}C	۵۷/۷	۰/۰۵	۲/۸۸
WQI	–	–	–	–	۷۱/۷۹

میانگین این شاخص در ایستگاه پل چلاو ۷۰/۰۳ بدست آمد و در محدوده ۷۵/۸۴- ۵۹/۱۹ قرار گرفت.

جدول ۳-۱۱: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه پل چلاو در رودخانه هراز در (سال ۸۹-۱۳۸۸)

پارامترها	نتایج	واحد	مقادیر Q	فاکتور وزنی	شاخص هر پارامتر
DO	۹۸	Sat%	۹۱/۴	۰/۱۸	۱۶/۴۵
COD/BOD5	۷/۲۳	mg/l	۹۲/۱	۰/۱۵	۱۳/۸۱
Fecal Coliform	۰	colonis/100ml	۰	۰/۱۲	۰
$NH4^+$	۰/۰۵۱	mg/l	۹۸/۱	۰/۱۲	۱۱/۷۷
pH	۷/۹۳	واحد	۹۸/۷	۰/۰۹	۸/۸۸
$PO4^{3-}$	۰/۰۶۹	mg/l	۸۵/۸	۰/۰۸	۶/۸۶
$NO3^-$	۴/۴۴	mg/l	۰	۰/۰۸	۰
TSS	۰/۵۵۸	mg/l	۱۰۰	۰/۰۷	۷
EC	۰/۶۴	ms/cm	۳۹	۰/۰۶	۲/۳۴
Temp.	۱۳/۲	^0C	۵۸/۱	۰/۰۵	۲/۹
WQI	–	–	–	–	۷۰/۰۳

میانگین **WQI** در ایستگاه نورود ۷۱/۸۴ بود و کمترین و بیشترین مقدار آن بترتیب ۶۵/۵۶ و ۷۶/۲۱ محاسبه شد.

جدول ۳-۱۲: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه نورود در رودخانه هراز در (سال ۸۹-۱۳۸۸)

پارامترها	نتایج	واحد	مقادیر Q	فاکتور وزنی	شاخص هر پارامتر
DO	۹۵	Sat%	۹۱	۰/۱۸	۱۶/۳۸
COD/BOD5	۲/۷۵	mg/l	۹۸/۸	۰/۱۵	۱۴/۸۲
Fecal Coliform	۱۰۰۰	colonis/100ml	۱	۰/۱۲	۰/۱۲
$NH4^+$	۰/۰۳۸	mg/l	۹۹/۲	۰/۱۲	۱۱/۹
pH	۷/۹۳	واحد	۹۸/۸	۰/۰۹	۸/۸۹
$PO4^{3-}$	۰/۰۴۱	mg/l	۹۲/۲	۰/۰۸	۷/۳۷
$NO3^-$	۳/۹۷	mg/l	۰	۰/۰۸	۰
TSS	۰/۵۱۸	mg/l	۱۰۰	۰/۰۷	۷
EC	۰/۶	ms/cm	۴۵/۱	۰/۰۶	۲/۷
Temp.	۱۱/۹	^0C	۵۲/۹	۰/۰۵	۲/۶۴
WQI	–	–	–	–	۷۱/۸۴

میانگین این شاخص در ایستگاه ۱۱۵ کیلومتری تهران ۷۰/۷۷ بود بطوریکه در محدوده ۷۴/۹۸- ۶۱/۹۷ قرار گرفت.

جدول ۳-۱۳: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه ۱۱۵ کیلومتری تهران در رودخانه هراز در (سال ۸۹-۱۳۸۸)

پارامترها	نتایج	واحد	مقادیر Q	فاکتور وزنی	شاخص هر پارامتر
DO	۹۲	Sat%	۹۳/۲	۰/۱۸	۱۶/۷۷
COD/BOD5	۶/۶۶	mg/l	۹۶/۲	۰/۱۵	۱۴/۴۳
Fecal Coliform	۰	colonis/100ml	۰	۰/۱۲	۰
$NH4^+$	۰/۰۶	mg/l	۹۷/۳	۰/۱۲	۱۱/۶۷
pH	۸/۰۸	واحد	۹۸/۷	۰/۰۹	۸/۸۸
$PO4^{3-}$	۰/۰۷۹	mg/l	۸۲/۶	۰/۰۸	۶/۶
$NO3^-$	۴/۷۴	mg/l	۰	۰/۰۸	۰
TSS	۰/۲۳۴	mg/l	۱۰۰	۰/۰۷	۷
EC	۰/۶۴	ms/cm	۳۸/۸	۰/۰۶	۲/۳۲
Temp.	۱۲/۷	^0C	۶۱/۴	۰/۰۵	۳/۰۷
WQI	–	–	–	–	۷۰/۷۷

شاخص کیفیت آب در ایستگاه سد لار با میانگین ۷۳/۳۶ در محدوده ۷۷/۹۷- ۶۸/۰۹ قرار گرفت.

جدول ۳-۱٤: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه سد لار در رودخانه هراز در (سال ۸۹-۱۳۸۸)

پارامترها	نتایج	واحد	مقادیر Q	فاکتور وزنی	شاخص هر پارامتر
DO	۹۴	Sat%	۹۳/۶	۰/۱۸	۱۶/۸۴
COD/BOD5	۲/۶۷	mg/l	۹۸/۸	۰/۱۵	۱۴/۸۲
Fecal Coliform	۲۰۰۰	colonis/100ml	۰/۸	۰/۱۲	۰/۰۹۶
$NH4^+$	۰/۰۴۴	mg/l	۹۸/۴	۰/۱۲	۱۱/۸
pH	۸/۱۶	واحد	۹۴/۹	۰/۰۹	۸/۵۴
$PO4^{3-}$	۰/۰۴۱	mg/l	۹۲/۶	۰/۰۸	۷/۴
$NO3^-$	۳/۵	mg/l	۵/۷	۰/۰۸	۰/۴۶
TSS	۰/۰۵۷	mg/l	۱۰۰	۰/۰۷	۷
EC	۰/۴۴	ms/cm	۶۴/۲	۰/۰۶	۳/۸۵
Temp.	۱۰/۸	^0C	۵۰/۸	۰/۰۵	۲/۵۴
WQI	–	–	–	–	۷۳/۳۶

میانگین شاخص **WQI** در ایستگاه لاسم ۷۳/۲۷ بود بگونه ای که در محدوده ۷۶/۵۴- ۷۰/۱۹ قرار گرفت.

جدول ۳-۱۵: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه لاسم در رودخانه هراز در (سال ۸۹-۱۳۸۸)

پارامترها	نتایج	واحد	مقادیر Q	فاکتور وزنی	شاخص هر پارامتر
DO	۱۰۲	Sat%	۹۱/۴	۰/۱۸	۱۶/۴۵
COD/BOD5	۴/۶۸	mg/l	۹۸/۱	۰/۱۵	۱۴/۷۱
Fecal Coliform	۱۰۰۰	colonis/100ml	۱	۰/۱۲	۰/۱۲
$NH4^+$	۰/۰۵	mg/l	۹۷/۴	۰/۱۲	۱۱/۶۸
pH	۸/۰۵	واحد	۹۸/۵	۰/۰۹	۸/۸۶
$PO4^{3-}$	۰/۰۴۱	mg/l	۹۲/۳	۰/۰۸	۷/۳۸
$NO3^-$	۴/۶۶	mg/l	۰	۰/۰۸	۰
TSS	۰/۰۴۸	mg/l	۱۰۰	۰/۰۷	۷
EC	۰/۴۱	ms/cm	۶۶/۶	۰/۰۶	۴
Temp.	۱۰/۳	^0C	۶۱/۱	۰/۰۵	۳/۰۵
WQI	–	–	–	–	۷۳/۲۷

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که میانگین شاخص کیفیت بین ایستگاههای مختلف معنی دار نبوده است (۰/۰۵ <p). اما میانگین ها بین فصول مختلف معنی دار بوده است (۰/۰۵ >p) و براساس آزمون دانکن فصول بهار-تابستان در یک گروه و دو فصل دیگر (پاییز و زمستان) در دوگروه جداگانه قرار گرفت. همچنین میانگین بین ماههای مختلف معنی دار بوده است (۰/۰۵ >p) و بر اساس آزمون دانکن ماهها در چهار گروه مختلف قرارگرفتند.

۲-۳. آبهای زیر زمینی

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در ۵ ایستگاه منتخب از آبهای زیرزمینی طی آذر ۱۳۸۸ لغایت شهریور ۱۳۸۹ مورد بررسی قرار گرفت. در آزمون مولفه اصلی (PCA) متغیرهای pH، HCO_3^-، CO_3^{2-}، سختی کل(TH)، SS، Mg^{2+} و NH_4^+ در مولفه اول با ۳۱/۸ درصد واریانس، دارای اهمیت بیشتری در کیفیت آبهای زیرزمینی بوده اند. نتایج مربوط به میانگین سالانه پارامترهای محیطی آب های زیرزمینی در ایستگاه های مربوطه در جدول شماره ۳-۱۶ و نتایج مربوط به میانگین فصلی پارامترهای محیطی در هر یک از ایستگاه ها طی مدت نمونه برداری در جداول شماره ۳-۱۷ تا ۳-۲۱ آمده است.

۱-۲-۳- درجه حرارت

میانگین درجه حرارت آب های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۲۱/۶۲ (±۱/۰۳) بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۳۳-۱۱ درجه سانتی گراد متغیر بوده است. حداکثر میانگین درجه حرارت در ایستگاه لاریجان با

میانگین ۳۳/۰۰ (۰/۲۲ ±) و حداقل آن در ایستگاه منگل با میانگین ۱۲/۰۰ (۰/۲۷ ±) ثبت گردید. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین درجه حرارت در بهار (۲ ± ۲۲) و در ماه خرداد مشاهده شد و در محدوده ۱۲ تا ۳۳ درجه سانتی گراد در نوسان بود و حداقل میانگین دمای آب در زمستان (۲± ۲۱) و بهمن ماه در محدوده دمایی ۱۲ تا ۳۳ درجه سانتی گراد مشاهده گردید، این در حالیست که حداکثر وحداقل دمای هوا بترتیب در تابستان و پاییز مشاهده شد. آنالیز واریانس فصلی و ماهانه نشان داد که میانگین ها تفاوت معنی داری نداشته ($p>0/05$) اما آزمون ANOVA اختلاف معنی داری را بین ایستگاه های نمونه برداری نشان داده است ($p<0/05$). این آزمون میانگین دمای هوا را میان فصول و ماه های نمونه برداری را معنی دار دانسته اما تفاوت معنی داری را میان ایستگاه ها نشان نداده است. در آزمون همبستگی پیرسون درجه حرارت آب در این مطالعه همبستگی قابل توجهی را با pH ، HCO_3^- ، TSS ، TDS، قلیائیت کل، EC ، Mg^{2+} ، TH، $^-$ ، PO_4^{3-}، Ca^{2+} و یون نیترات ($p<0/01$) نشان داده است. درجه حرارت آب یکی از پارامترهایی بود که در آزمون مولفه اصلی در مولفه دوم (PC2) قرار گرفت(WT= 0/728) درحالیکه دمای هوا در این آزمون در مولفه ۴ با ۱۲/۸ درصد واریانس قرار گرفت (AT= 0/713).

۲-۲-۳- pH

میانگین pH آب های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۷/۳۷ (۰/۰۷±) بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۸/۰۷ – ۶/۲۴ متغیر بوده است. حداکثر میانگین pH در ایستگاه منگل با میانگین ۷/۸۱ (۰/۰۸ ±) و حداقل آن در ایستگاه لاریجان با میانگین ۶/۶۸ (۰/۱۴±) ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین pH در بهار(۰/۱۴ ±۷/۵۶) و در ماه خرداد مشاهده شد که در محدوده ۸/۰۵ – ۶/۵۸ قرار داشت و حداقل میانگین pHنیز در فصل پاییز(۰/۲۰ ± ۷/۰۲) و در ماه آذر و در محدوده ۷/۳۹ – ۶/۳۰ مشاهده گردید. آنالیز واریانس نشان داد که میانگین فصلی و ماهانه تفاوت معنی داری نداشته ($p>0/05$) اما آزمون ANOVA میان ایستگاه های مختلف معنی دار بوده و در آزمون Duncan ایستگاه های نمونه برداری در ۲ گروه قرار گرفتند. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط قابل توجهی را میان pH با سایر متغیرهای فیزیکوشیمیایی نظیردمای آب، HCO_3^- ، TSS ، NH_4^+ ، TDS، قلیائیت کل، EC ، Mg^{2+} ، TH، $^-$ ، PO_4^{3-}، Ca^{2+} و یون ازت نیتراتی ($p<0/01$) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلی این متغیر با مشارکت در مولفه اول(pH=-0/931) اهمیت بالایی در کیفیت آبهای زیر زمینی داشت.

۳-۲-۳. بیکربنات‌ها ($HCO3^-$)

میانگین غلظت یون HCO_3^- آب های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۵۴ (۵±) میلی گرم بر لیتر بود بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۰۴ – ۱۶ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است. حداکثر میانگین این یون در ایستگاه لاریجان با میانگین ۸۹ (۵±) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه منگل با میانگین ۲۳ (۲±) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون

HCO_3^- در پاییز (۱۵±۶۰) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۲۶ تا ۱۰۴ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۹ ± ۴۹) و در تیر ماه در محدوده ۲۰ تا ۹۴ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آزمون ANOVA تفاوت معنی داری میان فصول و ماه های نمونه برداری نشان نداد اما این آزمون اختلاف معنی داری را میان ایستگاه های مختلف نشان داده است ($p<0/05$) بگونه ای که آزمون Duncan ایستگاه ها را در ۳ گروه قرار داد. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان این پارامتر با سایر متغیرها نظیردمای آب، pH ، TSS ، NH_4^+ ، TDS ، EC ، Mg^{2+} ، TH ، $^-$ ، PO_4^{3-} ، Ca^{2+} و یون ازت نیتراتی ($p<0/01$) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلی با ۳۱/۸ درصد واریانس در مولفه اول ($HCO_3^-=0/754$) قرار گرفت.

۴-۲-۳. کربنات‌ها ($CO3^{2-}$)

میانگین غلظت یون CO_3^{2-} آب های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۱۱ (±۵) میلی گرم بر لیتر بود بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۷۲ - ۰ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه آب اسک با میانگین ۳۹ (۳۴ ±) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لاریجان ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون CO_3^{2-} در زمستان (۲± ۱۸) ودر ماه بهمن مشاهده شد ، بطوریکه در محدوده ۱۶ تا ۲۰ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۱±۶) و در مرداد ماه در محدوده ۴ تا ۸ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را با PO_4^{3-} ($p<0/05$) نشان داده است. یون CO_3^{2-} در آزمون مولفه اصلی در مولفه اول ($CO_3^- = -0/592$) قرار گرفت.

۵-۲-۳. قلیائیت کل (TA)

طبق اطلاعات بدست آمده میانگین قلیائیت کل در ایستگاه های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۵۷ (±۵) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۵۶ - ۱۶ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین این پارامتر در طول سال در ایستگاه آب اسک با میانگین ۹۸ (±۹) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه منگل با میانگین ۲ ± ۲۵ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین مقدارقلیائیت کل در پاییز (۲۴ ±۷۴) و در ماه آذر مشاهده شد ، بطوریکه در محدوده ۲۶ تا ۱۵۶ میلی گرم بر لیتر متغیر بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۱۰±۴۹) و در محدوده ۲۸ تا ۷۷ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آزمون ANOVA اختلاف معنی داری را بین فصول و ماه ها نشان نداد($p>0/05$). این آزمون تفاوت معنی داری را میان ایستگاه های نمونه برداری نشان داده است، بطوریکه طبق آزمون Duncan ایستگاه های مختلف در ۳ گروه مجزا قرار گرفتند. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان این پارامتر با سایر متغیرها نظیر دمای آب، pH ، TSS ، NH_4^+ ، TDS ، EC ، Mg^{2+} ، TH ، $^-$ ، PO_4^{3-} ، Ca^{2+} ($p<0/01$) ، یون ازت نیتریتی و نیتراتی ($p<0/05$) نشان داده است. قلیائیت کل در آزمون مولفه اصلی در مولفه دوم با ۲۹/۶ درصد واریانس ($TA= 0/770$) قرار گرفت.

٦-٢-٣. یون کلسیم (Ca^{2+})

میانگین غلظت یون Ca^{2+} آب های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۲۰۸/۶ (۴۲/۵ ±) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۸۴۱ - ۲۱ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه لاریجان با میانگین ۶۰۶/۷ (۹۹/۳ ±) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه منگل با میانگین ۴۴/۹ (۷/۰±) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون Ca^{2+} در فصل تابستان (۱۵۲/۸ ± ۳۱۴/۶) و در تیر ماه مشاهده شد ، بطوریکه در محدوده ۴۶ تا ۸۴۱ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۱۰۴/۴± ۱۴۷/۶) در محدوده ۲۱ تا ۵۶۱ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی تفاوت معنی داری را میان ایستگاه های نمونه برداری نشان داد. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان یون Ca^{2+} با سایر متغیرها نظیر دمای آب، pH ، HCO_3^- ، TA ، TSS، Cl^- ، TDS ، EC ، PO_4^{3-}، NO_3^- (p‹0/01) و Mg^{2+} (p‹0/05) نشان داده است. این یون در آزمون مولفه اصلی در مولفه سوم با ۱۵/۱ درصد واریانس مشارکت داشت(Ca^{2+}=0/612).

۷-۲-۳. یون منیزیم (Mg^{2+})

میانگین غلظت یون Mg^{2+} در طول سال ۱۰۹ (۲۳±) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۶۰۷ –۴ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه لاریجان با میانگین ۲۶۵ (۷۴±) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه منگل با میانگین ۲۳ (۷ ±) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون Mg^{2+} در فصل پاییز (۵۱ ±۱۵۶) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۵۷ تا ۲۹۲ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل زمستان (۴۵/۴±۱۲۴/۷) در محدوده ۷ تا ۶۰۷ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی تفاوت معنی داری را بین ایستگاه ها نشان داده بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها در ۲ گروه قرار گرفته اند. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان یون Mg^{2+} با سایر متغیرها نظیر دمای آب، pH ، HCO_3^- ، TA ، TSS، Cl^- ، TDS ، NH_4^+ ، EC، NO_3^- (p‹0/01) وCa^{2+} (p‹0/05) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلیMg^{++} در مولفه اول مشارکت داشت (Mg^{2+}=0/839).

۸-۲-۳. سختی کل (TH)

میانگین غلظت TH آب های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۱۰۸۸ (۱۶۵±) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۴۰۰۰ - ۶۰ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت TH در ایستگاه لاریجان با میانگین ۲۹۳۶ (۲۳۹±) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه منگل با میانگین ۲۱۴ (۲۹±) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت TH در زمستان (۳۸۵± ۱۲۸۶) ودر ماه دی مشاهده شد ، بطوریکه در محدوده ۶۰ تا ۴۰۰۰ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن

نیز در فصل تابستان (۲۵۵±۹۳۲) و در مرداد ماه در محدوده ۲۳۰ تا ۳۸۰۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. تنها آنالیز واریانس مکانی بین ایستگاه ها تفاوت معنی داری را نشان داده است بطوریکه آزمون Duncan ایستگاه های نمونه برداری را به ۴ گروه تقسیم نموده است. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان این پارامتر با سایر متغیرها نظیر دمای آب، pH ، HCO_3^- ، TSS ، NH_4^+ ، TDS، TA ، EC ، PO_4^{3-} ، NO_3^- (p‹0/01) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر با مشارکت در مولفه اول که ۳۱/۸٪ واریانس را بخود اختصاص می داد ، نقش مهمی در کیفیت آبهای زیرزمینی داشته است (TH=0/866).

۹-۲-۳. کل ذرات جامد معلق (TSS)

میانگین غلظت TSS آب های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۰/۰۵۶ (±۰/۰۱۷) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۰/۵۱۲ – ۰/۰۰۱ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت TSS در ایستگاه آب اسک با میانگین ۰/۲۶۰ (±۰/۰۴۶) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه هلوم با میانگین ۰/۰۰۲۰ (۰/۰۰۰۴ ±) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت TSS در بهار (۰/۰۳۶±۰/۰۷۳) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۰۰۲ تا ۰/۳۷۱ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۰/۰۰۶± ۰/۰۱۶) در محدوده ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۳۸ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی اختلاف معنی داری را بین ایستگاه ها نشان داده است بگونه ای که آزمون Duncan ایستگاه های نمونه برداری را به ۴ گروه تقسیم نموده است. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان این پارامتر با سایر متغیرها نظیر دمای آب، pH ، HCO_3^- ، $CaCO_3$ ، NH_4^+ ، TDS، EC ، Mg^{2+} ، TH، PO_4^{3-} ، Ca^{2+} ، NO_3^- (p‹0/01) نشان داده است. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر با مشارکت در مولفه اول که ۳۱/۸٪ واریانس را بخود اختصاص می داد، نقش مهمی در کیفیت آبهای زیرزمینی داشته است (TSS=0/842) .

۱۰-۲-۳. کل ذرات جامد محلول (TDS)

میانگین غلظت TDS آب های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۰/۹۷ (۰/۱۱ ±) میلی گرم بر لیتر بود ، بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۲/۳۷ – ۰/۲۱ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت TDS در ایستگاه آب اسک با میانگین ۰/۰۵ ± ۲/۱۳میلی گرم بر لیتر و حداقلآن در ایستگاه منگل با میانگین ۰/۰۲ ± ۰/۲۷ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت TDS در زمستان (±۰/۲۳ ۱/۰۳) و در دی ماه مشاهده شد ، بطوریکه در محدوده ۰/۲۱ تا ۲/۳۷ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقلمیانگین آن نیز در فصل پاییز (۰/۴۰± ۰/۷۹) در محدوده ۰/۲۵تا ۲/۳۷ میلی گرم بر لیتر مشاهده گشت. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر در مولفه دوم که ۲۹/۶٪ واریانس را بخود اختصاص می داد مشارکت داشت (TDS=0/898). آنالیز واریانس مکانی اختلاف معناداری را بین ایستگاه ها نشان داده است بگونه ای که آزمون

Duncan ایستگاه های نمونه برداری را به ۴ گروه تقسیم نموده است. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معناداری را میان این پارامتر با سایر متغیرها نظیر دمای آب، pH ، HCO_3^- ، TA ، NH_4^+ ، TSS ، EC ، Mg^{++} ، TH ، PO_4^{3-} ، Ca^{2+} ، NO_3^- ($p<0/01$) نشان داده است.

۱۱-۲-۳. هدایت الکتریکی (EC)

میانگین EC آب طی مدت نمونه برداری ۱/۹۸ (±۰/۲۳) میکروزیمنس بر سانتیمتر بود که دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۴/۷۰ – ۰/۴۲ میکروزیمنس بر سانتیمتر متغیر بوده است. حداکثر میانگین EC در ایستگاه آب اسک با میانگین ۴/۲۵ (±۰/۱۱) میکروزیمنس بر سانتیمتر و حداقل آن در ایستگاه منگل با میانگین ۰/۵۴ (±۰/۰۳) میکرو زیمنس بر سانتیمتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین EC در زمستان (۰/۴۶ ±۲/۰۵) و در دی ماه مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۴۲ تا ۴/۷۴ میلی زیمنس بر سانتیمتر در نوسان بود و حداقل میانگین EC در پاییز (۰/۸۰ ± ۱/۵۸) و در آذر ماه در محدوده ۰/۵۱ تا ۴/۷۵ میلی زیمنس بر سانتیمتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی تفاوت معنی داری را بین ایستگاه ها نشان داده ($p<0/05$) بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها در ۴ گروه قرار گرفته اند. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان EC با سایر متغیرها نظیر دمای آب، NO_3^- ، pH ، HCO_3^- ، TSS ، Cl^- ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، TDS ، NH_4^+ ، PO_4^{3-} ، TH ، TA ($p<0/01$) و NO_2^- ($p<0/05$) نشان داده است. EC در آزمون مولفه اصلی در مولفه دوم قرار گرفت (EC=0/891).

۱۲-۲-۳. یون کلراید(Cl^-)

میانگین غلظت یون Cl^- آب های زیرزمینی طی مدت نمونه برداری ۳۱۷/۸ (±۷۶/۲) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۳۴۷ – ۱۱ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه آب اسک با میانگین ۱۱۰۲/۸ (±۱۲۸/۶) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه منگل با میانگین ۱۲/۴۶ (±۰/۹۰) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون Cl^- در فصل بهار (±۱۶۵/۰ ۳۶۴/۹) و در ماه اردیبهشت مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۱۱ تا ۱۳۴۷ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۷۸/۳± ۱۵۶/۱) و در ماه تیر در محدوده ۱۷/۳ تا ۳۶۰/۲ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی نشان داد که اختلاف معنی داری در میان ایستگاه ها وجود دارد، آزمون Duncan نیز ایستگاه ها را از این لحاظ به ۴ دسته تقسیم نموده است. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان این پارامتر با سایر متغیرها نظیر دمای آب، pH ، HCO_3^- ، TA ، NH_4^+ ، TSS، TDS ، EC ، Mg^{2+} ، TH ، PO_4^{3-} ، Ca^{2+} ، NO_3^- ($p<0/01$) نشان داده است. این یون در آزمون مولفه اصلی در مولفه دوم با ۲۹/۶ درصد واریانس قرار گرفت (Cl^-=۰/۸۵۸).

۳-۲-۱۳. یون فسفات ($PO4^{3-}$)

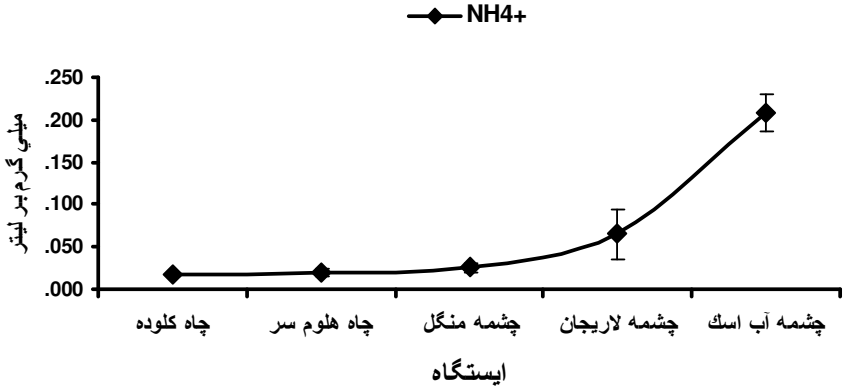
میانگین غلظت یون PO_4^{3-} آب های زیرزمینی در طول سال ۰/۲۵ (±۰/۰۶) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن بین ۱/۷۱۰ – ۰/۰۰۲ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه آب اسک با میانگین ۱/۱۰۵ (±۰/۱۱۲) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه هلوم با میانگین ۰/۰۲۱ (±۰/۰۰۳) میلی گرم بر لیتر ثبت شد (نمودار ۵). همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون PO_4^{3-} در فصل تابستان (۰/۱۴۸ ± ۰/۳۳۲) و در مرداد ماه مشاهده شد ، بطوریکه در محدوده ۰/۰۲ تا ۱/۷۱ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۰/۰۸۳± ۰/۰۹۰) و در آذر در محدوده ۰/۰۰۲ تا ۰/۴۲۲ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس زمانی بر این متغیر اختلاف معنی داری را میان فصول نشان داده است بگونه ای که طبق آزمون Duncan فصل پاییز در گروهی جدا از سایر فصول قرار گرفت ($p<0/05$). همچنین آنالیز واریانس مکانی نیز تفاوت معنی داری را نشان داده بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها در ۳ گروه قرار گرفته اند. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان PO_4^{3-} با سایر متغیرها نظیر دمای آب، pH ، HCO_3^- ، TA ، TSS، Cl^- ، Ca^{2+} ، TDS ، NH_4^+ ، EC، TH ، NO_3^- ($p<0/01$) و CO_3^{2-} ($p<0/05$) نشان داده است. یون فسفات در آزمون مولفه اصلی در مولفه سوم قرار گرفت ($PO_4^{3-}= 0/577$).

نمودار ۳-۵ : روند تغییرات غلظت یون فسفات به همراه خطای معیار (±SE) در ایستگاه های آبهای زیرزمینی در مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

۳-۲-۱۴. یون ازت آمونیمی (NH4+/N)

میانگین غلظت یون NH_4^+ در ایستگاه های منتخب آبهای زیرزمینی در طول سال ۰/۰۶ (±۰/۰۱) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن بین ۰/۳۷۰– ۰/۰۰۱ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه آب اسک با میانگین ۰/۲۰ (±۰/۰۲) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه کلوده با میانگین ۰/۰۱۰ (±۰/۰۰۲) میلی گرم بر لیتر ثبت شد (نمودار ۶). همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین

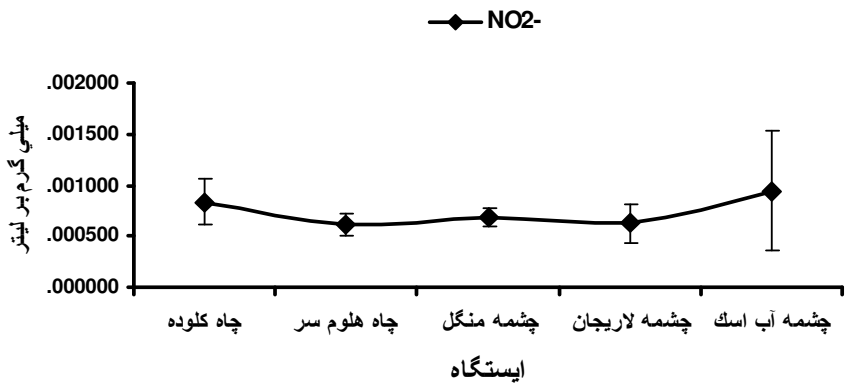
غلظت یون NH_4^+ در فصل پاییز (۰/۰۵± ۰/۱۰) و در ماه آذر مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۰۰۱ تا ۰/۲۶۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل بهار (۰/۰۲± ۰/۰۵) و در خرداد ماه در محدوده ۰/۰۰۶ تا ۰/۲۳۹ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی بر این متغیر تفاوت معنی داری را بین ایستگاه ها نشان داده ($p<0/05$) بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها در ۲ گروه قرار گرفته اند. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان یون NH_4^+ با سایر متغیرها نظیر pH ، HCO_3^- ، TA ، TSS، Cl^- ، Mg^{2+} ، TDS ، PO_4^{3-}، EC ، NO_3^- ($p<0/01$) نشان داده است. یون NH_4^+ در آزمون مولفه اصلی در مولفه اول قرار گرفت (NH_4^+ =0/623).



نمودار ۳-٦ : روند تغییرات غلظت یون ازت آمونیمی به همراه خطای معیار (±SE) در ایستگاه های آبهای زیرزمینی در مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

۱۵-۲-۳. یون ازت نیتریتی ($NO2^-/N$)

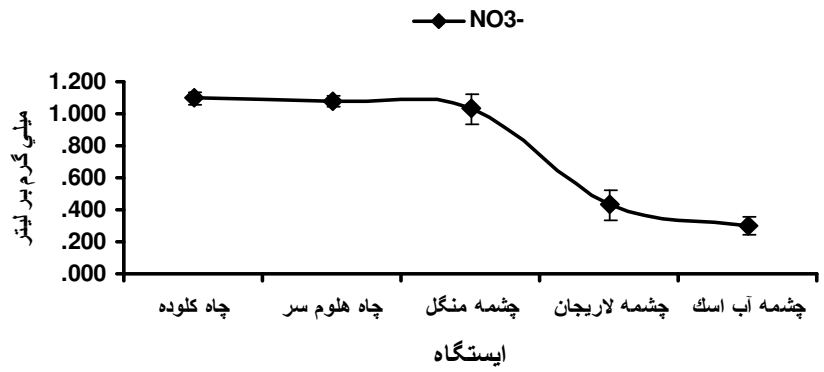
میانگین غلظت یون NO_2^- در ایستگاه های منتخب آبهای زیرزمینی در طول سال ۰/۰۰۰۷ (±۰/۰۰۰۱) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن بین ۰/۰۰۵۰ – ۰/۰۰۰۱ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه آب اسک با میانگین ۰/۰۰۰۹ (±۰/۰۰۰۵) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه هلوم با میانگین ۰/۰۰۰۶ (±۰/۰۰۰۱) میلی گرم بر لیتر ثبت شد(نمودار ۷). همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون NO_2^- در فصل تابستان (۰/۰۰۰۵±۰/۰۰۱۰) و در تیر ماه مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۰۰۰۵ تا ۰/۰۰۵۰ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل زمستان (۰/۰۰۰۶± ۰/۰۰۰۳۰) و در دی ماه در محدوده ۰/۰۰۰۱ تا ۰/۰۰۱۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. در این مطالعه آنالیز واریانس زمانی تفاوت معنی داری را در ارتباط با این فاکتور میان فصول و ماههای نمونه برداری نشان داده است. آزمون Pearson Correlation نیز ارتباطی را با دمای هوا ($p<0/01$) ، EC ، TDS، Mg^{2+} و TA ($p<0/05$) نشان داده است. یون ازت نیتریتی اهمیت چندانی در کیفیت آبهای زیرزمینی نداشت و در مولفه چهارم با ۱۲/۸ درصد واریانس قرار گرفت (NO_2^- =0/941).



نمودار ۳-۷ : روند تغییرات غلظت یون نیتریت به همراه خطای معیار (±SE) در ایستگاه های آبهای زیرزمینی در مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

۱۶-۲-۳. یون ازت نیتراتی ($NO3^-/N$)

میانگین غلظت یون NO_3^- در ایستگاه های منتخب در طول سال ۰/۷۸ (±۰/۰۵) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن بین ۱/۳۰۰ – ۰/۰۶۴ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه کلوده با میانگین ۱/۰۹۶ (±۰/۰۳۹) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه آب اسک با میانگین ۰/۲۹ (±۰/۰۵) میلی گرم بر لیتر ثبت شد(نمودار۸). همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون NO_3^- در فصل تابستان (۰/۸۵۰±۰/۰۸۶) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۲۴ تا ۱/۳۰ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل زمستان (۰/۱۲± ۰/۷۳) در محدوده ۰/۱۲ تا ۱/۲۷ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی تفاوت معنی داری را درمیان ایستگاه ها نشان داده بگونه ای که طبق آزمون Duncan ایستگاه ها بر این اساس در ۲ گروه قرار گرفته اند. آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی داری را میان یون NO_3^- با سایر متغیرها مثل دمای آب، pH ، HCO_3^- ، TSS، Cl^- ، Ca^{2+} ، Mg^{2+}، TDS ، NH_4^+، EC ، PO_4^{3-} ، TH($p<0/01$) و TA ($p<0/05$) نشان داده است. یون ازت نیتراتی در آزمون مولفه اصلی در مولفه سوم با ۱۵/۱ درصد واریانس مشارکت داشت (NO_3^-=-0/818).



نمودار ۳-۸ : تغییرات غلظت یون ازت نیتراتی به همراه خطای معیار (±SE) در ایستگاه های آبهای زیرزمینی در مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

جدول ۳-۱۶: میانگین سالانه (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه های آبهای زیرزمینی مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		کلوده	هلوم سر	سد منگل	لاریجان	آب اسك
پارامترهای محیطی						
درجه حرارت آب(°C)	Mean±SE	19 ± 0/31	18 ± 0/35	12 ± 0/27	33 ± 0.22	27 ± 1
	Min - Max	18 - 21	16 - 19	11 - 14	31 - 33	22 - 28
	N	10	10	10	10	10
درجه حرارت هوا(°C)	Mean±SE	17/2 ± 2/6	19/2 ± 1/8	15/8 ± 1/8	17/6 ± 2/2	15/9 ± 2
	Min - Max	7 - 31	10 - 29/5	8/5 - 24	4 - 24	3 - 23
	N	10	10	10	10	10
pH	Mean±SE	7/59 ± 0/12	7/78 ± 0/08	7/81 ± 0/08	6/68 ± 0/14	7 ± 0/05
	Min - Max	7/12 - 8/05	7/35 - 8/07	7/39 - 8/04	6/24 - 7/58	6/64 - 7/23
	N	10	10	10	10	10
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	42 ± 2	26 ± 2	23 ± 2	89 ± 5	89 ± 4
	Min - Max	30 - 54	16 - 37	16 - 32	70 - 104	72 - 104
	N	10	10	10	10	10
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	7 ± 5	9 ± 4	4 ± 2	_	39 ± 34
	Min - Max	0 - 16	0 - 20	0 -8	_	5 - 72
	N	10	10	10	_	10
TA (mg/l)	Mean±SE	44 ± 2	30 ± 3	25 ± 2	89 ± 5	98 ± 9
	Min - Max	38 - 54	16 - 42	16 - 32	70 - 104	77 - 156
	N	10	10	10	10	10
TH (mg/l)	Mean±SE	300 ± 35	279 ± 35	214 ± 29	2936 ± 239	1712 ± 180
	Min - Max	93 - 467	73 - 447	60 - 300	1770 - 4000	1070 - 2900
	N	10	10	10	10	10
TSS (mg/l)	Mean±SE	0/003 ± 0/0004	0/002 ± 0/0004	0/005 ± 0/001	0/012 ± 0/001	0/261 ± 0/046
	Min - Max	0/002 - 0/006	0/001 - 0/005	0/003 - 0/011	0/008 - 0/021	0/032 - 0/512
	N	10	10	10	10	10

2/13 ± 0/05	1/66 ± 0/18	0/27 ± 0/02	0/37 ± 0/02	0/44 ± 0/03	Mean±SE	TDS (mg/l)
1/93 - 2/37	0/48 - 1/99	0/21 - 0/37	0/32 - 0/5	0/22 - 0/51	Min - Max	
10	10	10	10	10	N	
1102/8 ± 128/6	413/93 ± 24/39	12/46 ± 0/9	26/26 ± 2/61	33/64 ± 5/66	Mean±SE	Cl^-(mg/l)
360/2 - 1347	314 - 478	11 - 17/25	15 - 35	13 - 47	Min - Max	
10	10	10	10	10	N	
274/6 ± 45/7	606/7 ± 99/3	44/9 ± 7	51/6 ± 10	65/7 ± 10/6	Mean±SE	Ca^{2+}(mg/l)
100 - 481	81 - 841	23 - 77	21 - 99	32 - 106	Min - Max	
10	10	10	10	10	N	
200/3 ± 23/9	264/5 ± 74/5	22/9 ± 6/4	31 ± 11/2	28/5 ± 7/4	Mean±SE	Mg^{2+}(mg/l)
96/2 - 291	4/3 - 607	7 - 57	11 - 96	16 - 71	Min - Max	
10	10	10	10	10	N	
4/25 ± 0/11	3/52 ± 0/29	0/54 ± 0/03	0/73 ± 0/04	0/88 ± 0/06	Mean±SE	EC (ms/cm)
3/84 - 4/75	0/96 - 3/97	0/42 - 0/74	0/64 - 0/99	0/43 - 1/02	Min - Max	
10	10	10	10	10	N	

جدول ۳-۱۷ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه کلوده مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

کلوده				ایستگاه	
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامترهای محیطی	
18 ± 0/3	19	19 ± 0/3	19 ± 1	Mean±SE	درجه حرارت آب (^oC)
18 - 19	_	19 - 20	18 - 21	Min - Max	
3	1	3	3	N	
8/3 ± 0/9	16	27 ± 2/3	16/7 ± 2/7	Mean±SE	درجه حرارت هوا(^oC)
7 - 10	_	23 - 31	14 - 22	Min - Max	
3	1	3	3	N	
7/56 ± 0/15	7/19	7/42 ± 0/27	7/92 ± 0/07	Mean±SE	pH
7/26 - 7/75	_	7/12 - 7/96	7/82 - 8/05	Min - Max	
3	1	3	3	N	
38 ± 4	50	38 ± 4	46 ± 5	Mean±SE	HCO_3^-(mg/l)
30 - 42	_	34 - 42	38 - 54	Min - Max	
3	1	3	3	N	
16	0	4	_	Mean±SE	CO_3^{2-}(mg/l)
_	_	_	_	Min - Max	
1	1	1	_	N	
43 ± 2	50	38	46 ± 5	Mean±SE	TA (mg/l)
41 - 46	_	_	38 - 54	Min - Max	
3	1	1	3	N	
242 ± 114	373	355 ± 22	280 ± 31	Mean±SE	TH (mg/l)
93 - 467	_	333 - 400	220 - 326	Min - Max	
3	1	3	3	N	
0/002 ± 0/0003	0/004	0/003 ± 0/001	0/002	Mean±SE	TSS (mg/l)

0/002 - 0/003	_	0/002 - 0/006	_	Min - Max	
3	1	3	1	N	
0/42 ± 0/04	0/5	0/47 ± 0/01	0/41 ± 0/09	Mean±SE	TDS (mg/l)
0/36 - 0/49	_	0/45 - 0/49	0/22 - 0/51	Min - Max	
3	1	3	3	N	
31 ± 9/64	46	36/5	30 ± 17	Mean±SE	Cl^-(mg/l)
13 - 46	_	_	13 - 47	Min - Max	
3	1	1	3	N	
52/7 ± 8/4	32	106	82 ± 16	Mean±SE	Ca^{2+}(mg/l)
41 - 69	_	_	66 - 98	Min - Max	
3	1	1	3	N	
21 ± 4	71	16/2	24/5 ± 5/5	Mean±SE	Mg^{2+}(mg/l)
16 - 29	_	_	19 - 30	Min - Max	
3	1	1	3	N	
0/84 ± 0/08	0/99	0/95 ± 0/02	0/81 ± 0/19	Mean±SE	EC (ms/cm)
0/72 - 0/98	_	0/9 - 0/97	0/43 - 1/02	Min - Max	
3	1	3	3	N	

جدول ۳-۱۸ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه هلوم سر مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		هلوم سر			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(^oC)	Mean±SE	18 ± 1	19 ± 0/3	18	17 ± 1
	Min - Max	16 - 19	18 - 1 9	_	16 - 18
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(^oC)	Mean±SE	17 ± 3	24/5 ± 2/8	17	16/7 ± 3/3
	Min - Max	14 - 23	20 - 29/5	_	10 - 20
	N	3	3	1	3
pH	Mean±SE	7/91 ± 0/06	7/82 ± 0/07	7/35	7/75 ± 0/2
	Min - Max	7/85 - 8/02	7/68 - 7/91	_	7/39 - 8/07
	N	3	3	1	3
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	21 ± 3	23 ± 3	36	30 ± 4
	Min - Max	16 - 26	20 - 25	_	22 - 37
	N	3	3	1	3
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	–	8	_	20
	Min - Max	–	–	–	–
	N	–	1	_	1
TA (mg/l)	Mean±SE	21 ± 3	33	36	36 ± 3
	Min - Max	16 - 26	–	_	30 - 42
	N	3	1	1	3
TH (mg/l)	Mean±SE	293 ± 35	320	447	167 ± 71
	Min - Max	226 - 346	–	_	73 - 307

	N	3	1	1	3
TSS (mg/l)	Mean±SE	0/002	0/003 ± 0/001	0/005	0/002 ± 0/001
	Min - Max	–	0/002 - 0/004	–	0/001 - 0/003
	N	1	3	1	3
TDS (mg/l)	Mean±SE	0/43 ± 0/05	0/37 ± 0/04	0/35	0/33 ± 0/01
	Min - Max	0/34 - 0/5	0/32 - 0/45	–	0/32 - 0/34
	N	3	3	1	3
Cl^-(mg/l)	Mean±SE	29 ± 6	31/8	29	21/67 ± 4/06
	Min - Max	23 - 35	–	–	15 - 29
	N	3	1	1	3
Ca^{2+}(mg/l)	Mean±SE	56 ± 16	99	21	43 ± 6/1
	Min - Max	40 - 72	–	–	32 - 53
	N	3	1	1	3
Mg^{2+}(mg/l)	Mean±SE	30/5 ± 0/5	16/2	96	14/7 ± 2
	Min - Max	30 - 31	–	–	11 - 18
	N	3	1	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/86 ± 0/09	0/66 ± 0/01	0/71	0/66 ± 0/01
	Min - Max	0/69 - 0/99	0/64 - 0/69	–	0/64 - 0/68
	N	3	3	1	3

جدول ۳-۱۹ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه سد منگل مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		سد منگل			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(°C)	Mean±SE	13± 1	11 ± 0/3	12	12 ± 03
	Min - Max	12 - 14	11 - 12	_	12 - 13
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(°C)	Mean±SE	16/3 ± 2/8	21 ± 1/5	8/5	12/3 ± 3/3
	Min - Max	13 - 22	19 - 24	_	9 - 19
	N	3	3	1	3
pH	Mean±SE	7/97 ± 0/07	7/78 ± 0/16	7/39	7/81 ± 0/18
	Min - Max	7/83 - 8/04	7/49 - 8/04	_	7/46 - 8/04
	N	3	3	1	3
HCO_3^-(mg/l)	Mean±SE	19 ± 2	20	26	28 ± 2
	Min - Max	16 - 22	–	_	26 - 32
	N	3	1	1	3
CO_3^{2-}(mg/l)	Mean±SE	–	6 ± 2	_	–
	Min - Max	–	4 - 8	–	–
	N	–	3	–	–

TA(mg/l)	Mean±SE	19 ± 2	28	26	28 ± 2
	Min - Max	16 - 22	_	_	26 - 32
	N	3	1	1	3
TH(mg/l)	Mean±SE	217 ± 39	272 ± 21	293	126 ± 63
	Min - Max	140 - 266	230 - 300	_	60 - 253
	N	3	3	1	3
TSS(mg/l)	Mean±SE	0/003	0/006 ± 0/002	0/011	0/004 ± 0/0003
	Min - Max	_	0/004 - 0/01	_	0/003 - 0/004
	N	1	3	1	3
TDS(mg/l)	Mean±SE	0/33 ± 0/04	0/25 ± 0/003	0/25	0/23 ± 0/01
	Min - Max	0/25 - 0/37	0/25 - 0/26	_	0/21 - 0/25
	N	3	3	1	3
Cl^-(mg/l)	Mean±SE	11	17/25	11	12/33 ± 0/88
	Min - Max	_	_	_	11 - 14
	N	1	1	1	3
Ca^{2+}(mg/l)	Mean±SE	49 ± 7	46/1	24	48/7 ± 15/6
	Min - Max	42 - 56	_	_	23 - 77
	N	3	1	1	3
Mg^{2+}(mg/l)	Mean±SE	17 ± 9	27/5	57	14 ± 3/8
	Min - Max	8 - 26	_	_	7 - 20
	N	3	1	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/65 ± 0/08	0/51 ± 0/01	0/51	0/046 ± 0/02
	Min - Max	0/5 - 0/74	0/5 - 0/53	_	0/42 - 0/5
	N	3	3	1	3

جدول ۳-۲۰ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه لاریجان مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		لاریجان			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(°C)	Mean±SE	33± 0/3	32 ± 0/3	33	32/ ± 1
	Min - Max	32 - 33	32 - 33	_	31 - 33
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(°C)	Mean±SE	19 ± 3/1	21/7 ± 1/5	4	16/7 ± 4/4
	Min - Max	13 - 23	19 - 24	_	8 - 22
	N	3	3	1	3
pH	Mean±SE	6/93 ± 0/33	6/51 ± 0/19	6/3	6/71 ± 0/3
	Min - Max	6/58 - 7/58	6/24 - 6/88	_	6/39 - 7/31
	N	3	3	1	3

95 ± 2	104	82 ± 12	83 ± 11	Mean±SE	HCO_3^-(mg/l)
92 - 100	_	70 - 94	70 - 104	Min - Max	
3	1	3	3	N	
–	–	–	–	Mean±SE	CO_3^{2-}(mg/l)
–	–	–	–	Min - Max	
–	–	–	–	N	
95 ± 2	104	70	83 ± 11	Mean±SE	TA(mg/l)
92 - 100	_	_	70 - 104	Min - Max	
3	1	1	3	N	
3563 ± 263	2600	2457 ± 672	2900 ± 58	Mean±SE	TH(mg/l)
3090 - 4000	_	1770 - 3800	2800 - 3000	Min - Max	
3	1	3	3	N	
0/01 ± 0/001	0/02	0/013 ± 0/004	0/011 ± 0/0003	Mean±SE	TSS(mg/l)
0/008 - 0/012	_	0/009 - 0/021	0/011 - 0/012	Min - Max	
3	1	3	3	N	
1/94 ± 0/03	0/48	1/95 ± 0/01	1/47 ± 0/36	Mean±SE	TDS(mg/l)
1/89 - 1/99	_	1/93 - 1/96	0/74 - 1/84	Min - Max	
3	1	3	3	N	
442/67 ± 17/67	314	334/5	460/5 ± 0/5	Mean±SE	Cl^-(mg/l)
425 - 478	_	_	460 - 461	Min - Max	
3	1	1	3	N	
641 ± 61/1	561	841	461 ± 380	Mean±SE	Ca^{2+}(mg/l)
561 - 761	_	_	81 - 841	Min - Max	
3	1	1	3	N	
388/7 ± 133/6	292	4/3	194/5 ± 24/5	Mean±SE	Mg^{2+}(mg/l)
146 - 607	_	_	170 - 219	Min - Max	
3	1	1	3	N	
3/87 ± 0/06	0/96	3/9 ± 0/02	3/64 ± 0/09	Mean±SE	EC (ms/cm)
3/76 - 3/97	_	3/86 - 3/93	3/49 - 3/8	Min - Max	
3	1	3	3	N	

جدول ۳-۲۱ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه آب اسک مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		آب اسک			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(°C)	Mean±SE	28	27 ± 1	27	25 ± 2
	Min - Max	–	26 - 28	_	22 - 28
	N	1	3	1	3
درجه حرارت هوا (°C)	Mean±SE	18/3 ± 2/2	20/3 ± 1/3	3	13/3 ± 2/9
	Min - Max	14 - 21	19 - 23	_	8 - 18
	N	3	3	1	3

7/13 ± 0/05	6/86	6/85 ± 0/11	7/07 ± 0/07	Mean±SE	pH
7/07 - 7/23	_	6/64 - 6/98	6/96 - 7/2	Min - Max	
3	1	3	3	N	
95 ± 7	84	80 ± 8	89 ± 7	Mean±SE	HCO_3^-(mg/l)
82 - 104	_	72 - 88	80 - 104	Min - Max	
3	1	3	3	N	
_	72	5	_	Mean±SE	CO_3^{2-}(mg/l)
_	_	_	_	Min - Max	
_	1	1	_	N	
95 ± 7	156	77	89 ± 7	Mean±SE	TA(mg/l)
82 - 104	_	_	80 - 104	Min - Max	
3	1	1	3	N	
2333 ± 348	1300	1257 ± 172	1683 ± 93	Mean±SE	TH(mg/l)
1700 - 2900	_	1070 - 1600	1500 - 1800	Min - Max	
3	1	3	3	N	
0/332 ± 0/092	0/038	0/181 ± 0/076	0/345 ± 0/016	Mean±SE	TSS(mg/l)
0/205 - 0/512	_	0/032 - 0/281	0/315 - 0/371	Min - Max	
3	1	3	3	N	
2/22 ± 0/09	2/37	1/99 ± 0/03	2/09 ± 0/09	Mean±SE	TDS(mg/l)
2/07 - 2/37	_	1/93 - 2/02	1/98 - 2/28	Min - Max	
3	1	3	3	N	
1189 ± 73/04	1205	360/2	1294 ± 53	Mean±SE	Cl^-(mg/l)
1063 - 1316	_	_	1241 - 1347	Min - Max	
3	1	1	3	N	
287 ± 37/4	100	481	240 ± 40	Mean±SE	Ca^{2+}(mg/l)
240 - 361	_	_	200 - 280	Min - Max	
3	1	1	3	N	
185/3 ± 4/5	265	96/2	242/5 ± 48/5	Mean±SE	Mg^{2+}(mg/l)
179 - 194	_	_	194 - 291	Min - Max	
3	1	1	3	N	
4/44 ± 0/17	4/75	3/97 ± 0/07	4/18 ± 0/19	Mean±SE	EC (ms/cm)
4/15 - 4/74	_	3/84 - 4/04	3/96 - 4/55	Min - Max	
3	1	3	3	N	

۳-۳ پسابها

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در ۴ ایستگاه منتخب از پسابها طی آذر ۸۸ لغایت شهریور ۸۹ مورد بررسی قرار گرفت. در آزمون مولفه اصلی (PCA) متغیرهای TDS ، NO_3^- و EC در مولفه اول با ۲۶/۳۱ درصد واریانس، دارای اهمیت بیشتری در کیفیت پساب ها بوده اند. نتایج مربوط به میانگین سالانه پارامترهای محیطی پسابها در

ایستگاه های مربوطه در جدول شماره ۳-۲۲ و نتایج مربوط به میانگین فصلی پارامترهای محیطی در هر یک از ایستگاه ها طی مدت نمونه برداری در جداول شماره ۳-۲۳ تا ۳-۲۶ آمده است.

۳-۳-۱. درجه حرارت

میانگین درجه حرارت آب طی مدت نمونه برداری ۱۳/۵۹ (±۰/۸۷) درجه سانتیگراد بود که دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۲۹ – ۴ درجه سانتی گراد متغیر بوده است. حداکثر میانگین درجه حرارت در ایستگاه ایثار با میانگین ۱۷ (۲ ±) درجه سانتی گراد و حداقل آن در ایستگاه نورود با میانگین ۱۲(۲±) درجه سانتی گراد ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین درجه حرارت در تابستان (۱ ±۲۰) و در ماه تیر مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۱۵ تا ۲۹ درجه سانتی گراد در نوسان بود و حداقل میانگین درجه حرارت آب در پاییز (۱ ± ۸) در محدوده دمایی ۵ تا ۱۱ درجه سانتی گراد مشاهده گردید. حداقل درجه حرارت هوا نیز در فصول تابستان (۱± ۲۴) و زمستان (۲ ± ۱۲) مشاهده شد. آنالیز واریانس فصلی تفاوت معنی داری در درجه حرارت آب و هوا نشان داده است، بطوریکه آزمون Duncan فصول را در این ۲ پارامتر به ۳ گروه تقسیم نمود. اما آزمون ANOVA اختلاف معنی داری را در درجه حرارت آب و هوا میان ایستگاه های نمونه برداری نشان نداده است ($p>0/05$). درجه حرارت آب و هوا در آزمون مولفه اصلی در مولفه سوم (PC3) قرار گرفت(WT= 0/878)و (AT= 0/897).

۳-۳-۲. اکسیژن محلول (DO)

میانگین اکسیژن محلول آب طی مدت نمونه برداری ۹/۸۰ (±۰/۱۲) میلی گرم بر لیتر بود بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۲/۱۶– ۷/۸۰ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است. حداکثر میانگین اکسیژن محلول در ایستگاه نورود با میانگین ۱۰/۲۵ (±۰/۲۷) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه ایثار با میانگین ۹/۶۴ (±۰/۲۶) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت اکسیژن محلول در زمستان (۰/۱۴ ±۱۰/۳۳) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۹/۲ تا ۱۱ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین اکسیژن محلول آب نیز در فصل پاییز (۰/۲۸ ±۸/۳۳) در محدوده ۷/۸ تا ۹/۱ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس فصلی تفاوت معنی داری را در میانگین غلظت اکسیژن محلول میان فصول نشان داده است ($p<0/05$) بگونه ای که طبق آزمون Duncan فصول از لحاظ این پارامتر در ۳ دسته قرار گرفتند. در این مطالعه اکسیژن محلول در آزمون مولفه اصلی در مولفه ۴ (PC4) قرار گرفت (DO= 0/758).

۳-۳-۳. اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD5)

اطلاعات بدست آمده از پسابها نشان داد که میانگین BOD_5 در ایستگاه ها طی مدت نمونه برداری ۲/۲۲ (±۰/۱۸) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۶/۴۰ – ۰/۱۶ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است. حداکثر

میانگین این فاکتور در طول سال در ایستگاه ایثار با میانگین ۲/۸۹ (±۰/۴۱) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه نورود با میانگین ۱/۵۵ (±۰/۱۴) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین مقدار BOD_5 در زمستان (۲/۸۵±۰/۵۱) و در دی ماه مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۱/۰۰ تا ۶/۴۰ میلی گرم بر لیتر متغیر بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۰/۱۳ ±۱/۳۵) و در محدوده ۱/۰۰ تا ۱/۶ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس بین ایستگاه های نمونه برداری اختلاف معنی داری را نشان داده است($p<0/05$) و درآزمون آماری Duncan نیز ایستگاه ها به ۲ دسته تقسیم شدند. این پارامتر در آزمون مولفه اصلی در مولفه ۲ (٪22/34 =PC_2) قرار گرفت (BOD_5= 0/760).

٤-۳-۳. اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)

طبق اطلاعات بدست آمده میانگین COD در ایستگاه ها طی مدت نمونه برداری ۷/۵۴ (±۱/۰۲) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۲۲/۰۰ – ۰/۰۰ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین این فاکتور در طول سال در ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ با میانگین ۱۱/۱۰ (±۲/۴۰) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه نورود با میانگین ۴/۶۰ (±۱/۵۰) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین مقدار COD در زمستان (۲/۳۰ ±۹/۰۰) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۰۰ تا ۲۲/۰۰ میلی گرم بر لیتر متغیر بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل پاییز (۱/۷۰ ± ۲/۰۰) و در محدوده ۰/۰۰ تا ۷/۰۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس زمانی اختلاف معنی داری را از لحاظ این پارامتر بین فصول نشان داده است($p<0/05$) و آزمون آماری Duncan بر اطلاعات بدست آمده از این پارامتر نشان داد که ایستگاه های کیلومتر ۱۱۵ تهران و نورود در دسته های جداگانه ای قرار گرفته اند. این پارامتر در آزمون مولفه اصلی در مولفه ۲ (٪22/34 =PC_2) قرار گرفت (COD= 0/796).

pH .۳-۳-۵

میانگین pH آب طی مدت نمونه برداری ۷/۹۵ (±۰/۰۲) بود بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۸/۶۰ – ۷/۵۸ متغیر بوده است. حداکثر میانگین pH در ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ با میانگین ۸/۰۷ (±۰/۰۷) و حداقل آن در ایستگاه ایثار با میانگین ۷/۸۹ (±۰/۰۶) ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین pH در بهار(۰/۰۱ ±۸/۰۷) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۸/۱۱ – ۸/۰۱ قرار داشت و حداقل میانگین pH نیز در فصل پاییز(۰/۰۵ ± ۷/۷۱) و در محدوده ۷/۸۲ – ۷/۵۸ مشاهده گردید. آنالیز واریانس فصلی تفاوت معنی داری را در این فاکتور میان فصول نشان می دهد ($p<0/05$) و در آزمون Duncan نیز فصول از نظرpH در ۳ گروه قرار گرفتند. همچنین این آزمون ایستگاه های شهرک ایثار و کیلومتر ۱۱۵ تهران را در گروه های جدا گانه ای قرار داد. در آزمون مولفه اصلی این متغیر در مولفه دوم (pH=0/761) قرار گرفت.

۶-۳-۳. کل ذرات جامد معلق (TSS)

میانگین غلظت TSS در ایستگاه های پسابها طی مدت نمونه برداری ۰/۵۰ (±۰/۰۳) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱/۱۳– ۰/۰۲ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت TSS در ایستگاه ایثار با میانگین ۰/۷۳ (±۰/۰۶) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ هراز با میانگین ۰/۱۷ (±۰/۰۲) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت TSS در زمستان (۰/۰۸±۰/۵۸) و در ماه بهمن مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۱۴ تا ۱/۱۳ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۰/۰۶± ۰/۴۲) در تیر ماه در محدوده ۰/۰۵ تا ۰/۷۶ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی اختلاف معنِی داری را بین ایستگاه ها نشان داده است بگونه ای که آزمون Duncan ایستگاه های نمونه برداری را به ۳ گروه تقسیم نموده است. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر با مشارکت در مولفه چهارم که ۱۴/۵٪ واریانس را بخود اختصاص می داد ، نقش کمی در کیفیت پسابها داشته است (TSS=0/745).

۷-۳-۳. کل ذرات جامد محلول (TDS)

میانگین غلظت TDS پسابها طی مدت نمونه برداری ۰/۳۲۰ (±۰/۰۰۸) میلی گرم برلیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۰/۵۰ – ۰/۲۱ میلی گرم برلیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت TDS در ایستگاه ایثار با میانگین ۰/۳۶ (±۰/۰۲) میلی گرم برلیتر و حداقل آن در ایستگاه نورود با میانگین ۰/۳۰ (±۰/۰۱) میلی گرم برلیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت TDS در پاییز (۰/۰۴±۰/۳۸) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۳۳ تا ۰/۵۰ میلی گرم برلیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل تابستان (۰/۰۱± ۰/۲۹) و در تیر ماه در محدوده ۰/۲۵ تا ۰/۳۴ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس فصلی اختلاف معنی داری را بین فصول نشان داد بطوریکه آزمون Duncan فصول سرد و گرم را در ۲ گروه قرار داد همچنین این آزمون ایستگاه های شهرک ایثار و نورود را نیز در دسته های جداگانه ای قرار داد. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر با مشارکت در مولفه اول، نقش مهمی در کیفیت پسابها داشته است (TDS=0/955).

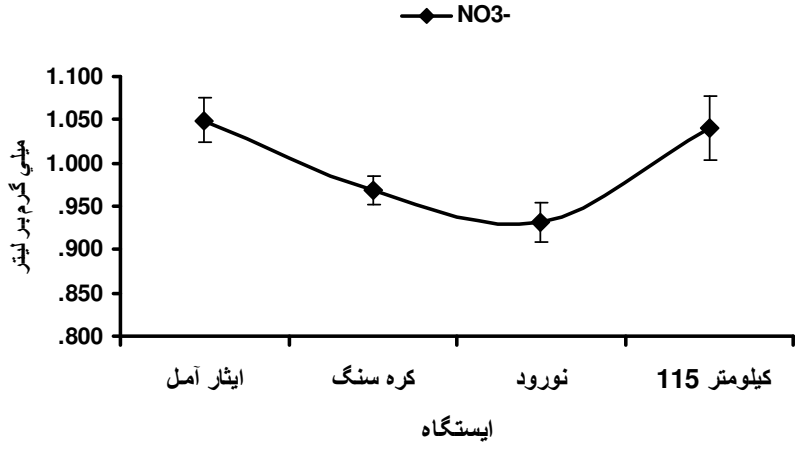
۸-۳-۳. هدایت الکتریکی (EC)

میانگین EC آب طی مدت نمونه برداری ۰/۶۴ (±۰/۰۱) میلی زیمنس بر سانتیمتر بود که دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱/۰۱ – ۰/۴۲ میلی زیمنس بر سانتیمتر متغیر بوده است. حداکثر میانگین EC در ایستگاه ایثار با میانگین ۰/۷۱ (±۰/۰۴) میلی زیمنس بر سانتیمتر و حداقل آن در ایستگاه نورود با میانگین ۰/۶۰ (±۰/۰۳) میلی زیمنس بر سانتیمتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین EC در پاییز (۰/۰۸ ±۰/۷۷) و در آذر ماه مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۶۷ تا ۱/۰۱ میلی زیمنس بر سانتیمتر در نوسان بود و کمترین میانگین EC در تابستان (۰/۰۲± ۰/۵۸) و در تیر ماه در محدوده ۰/۴۹ تا ۰/۶۸ میلی زیمنس بر سانتیمتر مشاهده

گردید. در آزمون ANOVA میانگین هدایت الکتریکی در فصول مختلف تفاوت معنی داری را نشان داده و آزمون Duncan نیز فصول سردو گرم را از هم جدا کرد. همچنین این آزمون ایستگاه های شهرک ایثار و نورود را نیز بر اساس فاکتور EC از هم جدا کرده است. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر با مشارکت در مولفه اول ، نقش مهمی در کیفیت پسابها داشته است (EC =0/96).

۹-۳-۳. یون ازت نیتراتی ($NO3^-/N$)

میانگین غلظت یون NO_3^- در ایستگاه های منتخب در طول سال ۰/۹۹۰ (±۰/۰۱۶) میلی گرم بر لیتر بود، بطوریکه دامنه تغییرات آن بین ۱/۲۲ – ۰/۸۵ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه ایثار با میانگین ۱/۰۴۰ (±۰/۰۲۶) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه نورود با میانگین ۰/۹۳ (±۰/۰۲) میلی گرم بر لیتر ثبت شد (نمودار ۹). همچنین آنالیزهای فصلی نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون NO_3^- در فصل پاییز (±۰/۰۱۰ ۱/۰۰۹) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۰/۹۸ تا ۱/۰۳ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در فصل زمستان (±۰/۰۲ ۰/۹۹) و در ماه دی در محدوده ۰/۸۵ تا ۱/۲۲ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. آنالیز واریانس مکانی اختلاف معنی داری را از لحاظ این پارامتر بین ایستگاه ها نشان داده است($p<0/05$) وآزمون آماری Duncan ایستگاه ها را به دو گروه تقسیم نمود. در آزمون مولفه اصلی این پارامتر با مشارکت در مولفه اول ، نقش مهمی در کیفیت پسابها داشته است (NO_3^-=0/643).



نمودار۳-۹ : تغییرات غلظت ازت نیتراتی به همراه خطای معیار (±SE) در ایستگاه های مختلف پسابها در مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

جدول ۳-۲۲: میانگین سالانه (± خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه های پسابها (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		شهرک ایثار آمل	کره سنگ هراز	نورود	کیلومتر ۱۱۵تهران
پارامترهای محیطی					
درجه حرارت آب(^oC)	Mean±SE	17 ± 2	13 ± 1	12± 2	13/± 1
	Min - Max	8 - 29	6 - 20	4 - 19	6 - 18
	N	10	10	10	10
درجه حرارت هوا(^oC)	Mean±SE	19 ± 3	15 ± 2	17 ± 2	16 ± 2
	Min - Max	9 - 31	7 - 26	4 - 23	6 - 23
	N	10	10	10	10
DO(mg/l)	Mean±SE	9/64 ± 0/26	9/71 ± 0/25	10/25 ± 0/27	9/72 ± 0/24
	Min - Max	8/3 - 11	8/1 - 10/8	9/1 - 12/16	7/8 - 10/5
	N	10	10	10	10
BOD_5(mg/l)	Mean±SE	2/89 ± 0/41	1/99 ± 0/22	1/55 ± 0/14	2/46 ± 0/51
	Min - Max	1/6 - 6	1 - 3/2	1 - 2/3	0/16 - 6/4
	N	10	10	10	10
COD(mg/l)	Mean±SE	8/4 ± 1/9	5/6 ± 1/3	4/6 ± 1/5	11/1 ± 2/4
	Min - Max	0 - 14/3	1 - 8/1	0 - 7/9	5/7 - 22
	N	10	10	10	10
pH	Mean±SE	7/89 ± 0/06	7/93 ± 0/05	7/93 ± 0/05	8/07 ± 0/07
	Min - Max	7/58 - 8/1	7/69 - 8/1	7/72 - 8/09	7/82 - 8/6
	N	10	10	10	10
TSS(mg/l)	Mean±SE	0/739 ± 0/06	0/574 ± 0/065	0/547 ± 0/021	0/178 ± 0/026
	Min - Max	0/518 - 1/13	0/063 - 0/837	0/435 - 0/64	0/02 - 0/265
	N	10	10	10	10
TDS(mg/l)	Mean±SE	0/36 ± 0/02	0/32 ± 0/01	0/3 ± 0/01	0/32 ± 0/01
	Min - Max	/25 - 0/5	0/25 - 0/36	0/21 - 0/36	0/25 - 0/37
	N	10	10	10	10
NO_3^-(mg/l)	Mean±SE	1/04 ± 0/026	0/968 ± 0/016	0/931 ± 0/023	1/04 ± 0/037
	Min - Max	0/988 - 1/13	0/915 - 1/03	0/859 - 0/995	0/975 - 1/22
	N	10	10	10	10
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/71 ± 0/04	0/64 ± 0/02	0/6 ± 0/03	0/64 ± 0/02
	Min - Max	0/49 - 1/01	0/5 - 0/72	0/42 - 0/71	0/5 - 0/74
	N	10	10	10	10

جدول ۳-۲۳ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه ایثار آمل(سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		شهرک ایثار آمل			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(^oC)	Mean±SE	16 ± 2	26 ± 2	11	11 ± 2
	Min - Max	13 - 19	22 - 29	_	8 - 15
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(^oC)	Mean±SE	17 ± 3	30 ± 1	16	12 ± 3
	Min - Max	14 - 23	27 - 31	_	9 - 18
	N	3	3	1	3
DO(mg/l)	Mean±SE	9/57 ± 0/2	9/77 ± 0/55	8/3	10/03 ± 0/52
	Min - Max	9/2 - 9/9	8/9 - 10/8	_	9/2 - 11
	N	3	3	1	3
BOD_5(mg/l)	Mean±SE	2/73 ± 0/52	2/64 ± 0/36	1/6	3/73 ± 1/22
	Min - Max	1/8 - 3/6	1/92 - 3/1	_	1/8 - 6
	N	3	3	1	3
COD(mg/l)	Mean±SE	9/9 ± 2/8	_	_	9/7 ± 2/2
	Min - Max	4/7 - 14/3	_	_	7 - 14
	N	3	_	_	3
pH	Mean±SE	8/05 ± 0/03	7/77 ± 0/08	7/58	7/95 ± 0/04
	Min - Max	8/01 - 8/1	7/62 - 7/88	_	7/86 - 8
	N	3	3	1	3
TSS(mg/l)	Mean±SE	0/722 ± 0/061	0/637 ± 0/063	0/71	0/868 ± 0/182
	Min - Max	0/619 - 0/829	0/562 - 0/763	_	0/518 - 1/132
	N	3	3	1	3
TDS(mg/l)	Mean±SE	0/35 ± 0/02	0/3 ± 0/03	0/5	0/37 ± 0/01
	Min - Max	0/31 - 0/37	0/25 - 0/34	_	0/36 - 0/38
	N	3	3	1	3
NO_3^-(mg/l)	Mean±SE	1/127 ± 0/005	_	0/988	1/018 ± 0/016
	Min - Max	1/121 - 1/132	_	_	0/989 - 1/042
	N	3	_	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/69 ± 0/04	0/6 ± 0/06	1/01	0/74 ± 0/01
	Min - Max	0/62 - 0/74	0/49 - 0/68	_	0/71 - 0/76
	N	3	3	1	3

جدول ۳-۲٤ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه کره سنگ هراز(سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		کره سنگ هراز			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(^oC)	Mean±SE	14 ± 1	18 ± 1	8	9 ± 2
	Min - Max	13 - 16	16 - 20	_	6 -11
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(^oC)	Mean±SE	15 ± 3	22 ± 2	8	12 ± 4
	Min - Max	12 - 21	19 - 26	_	7 - 19
	N	3	3	1	3
DO(mg/l)	Mean±SE	9/77 ± 0/23	9/4 ± 0/3	8/1	10/5 ± 0/15
	Min - Max	9/4 - 10/2	9/01 - 10	_	10/3 - 10/8
	N	3	3	1	3
BOD_5(mg/l)	Mean±SE	1/77 ± 0/09	1/97 ± 0/44	1	2/57 ± 0/41
	Min - Max	1/6 - 1/9	1/12 - 2/6	_	1/8 - 3/2
	N	3	3	1	3
COD(mg/l)	Mean±SE	6/7 ± 1/1	_	1	7
	Min - Max	4/5 - 8/1	_	_	_
	N	3	_	1	1
pH	Mean±SE	8/08 ± 0/01	7/84 ± 0/03	7/69	7/94 ± 0/1
	Min - Max	8/06 - 8/1	7/78 - 7/87	_	7/75 - 8/04
	N	3	3	1	3
TSS(mg/l)	Mean±SE	0/613 ± 0/48	0/369 ± 0/153	0/67	0/707 ± 0/076
	Min - Max	0/519 - 0/673	0/063 - 0/535	_	0/575 - 0/837
	N	3	3	1	3
TDS(mg/l)	Mean±SE	0/3 ± 0/03	0/29 ± 0/01	0/36	0/35
	Min - Max	0/25 - 0/35	0/26 - 0/3	_	_
	N	3	3	1	1
NO_3^-(mg/l)	Mean±SE	0/93 ± 0/015	_	1/03	0/973 ± 0/005
	Min - Max	0/915 - 0/944	_	_	0/965 - 0/982
	N	3	_	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/59 ± 0/05	0/58 ± 0/02	0/72	0/7 ± 0/01
	Min - Max	0/5 - 0/69	0/54 - 0/61	_	0/69 - 0/71
	N	3	3	1	3

جدول ۳-۲۵ : میانگین فصلی(± خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه نورود(سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		نورود			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(^oC)	Mean±SE	13 ± 1	17± 1	5	8 ± 2
	Min - Max	10 - 15	15 - 19	_	4 - 10
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(^oC)	Mean±SE	18 ± 3	22 ± 1	14	11 ± 5
	Min - Max	12 - 23	20 - 23	_	4 - 20
	N	3	3	1	3
DO(mg/l)	Mean±SE	9/93 ± 0/12	10/62 ± 0/81	9/1	10/57 ± 0/09
	Min - Max	9/7 - 10/1	9/4 - 12/16	_	10/4 - 10/7
	N	3	3	1	3
BOD_5(mg/l)	Mean±SE	1/67 ± 0/15	1/95 ± 0/26	1/4	1/1 ± 0/1
	Min - Max	1/4 - 1/9	1/44 - 2/3	_	1 - 1/3
	N	3	3	1	3
COD(mg/l)	Mean±SE	6/5 ± 0/9	_	_	7/9
	Min - Max	4/8 - 7/9	_	_	_
	N	3	_	_	1
pH	Mean±SE	8/07 ± 0/01	7/87 ± 0/07	7/74	7/92 ± 0/1
	Min - Max	8/04 - 8/09	7/73 - 7/96	_	7/72 - 8/03
	N	3	3	1	3
TSS(mg/l)	Mean±SE	0/536 ± 0/033	0/53 ± 0/028	0/574	0/565 ± 0/065
	Min - Max	0/471 - 0/582	0/49 - 0/584	_	0/435 - 0/64
	N	3	3	1	3
TDS(mg/l)	Mean±SE	0/26 ± 0/04	0/29 ± 0/01	0/33	0/34 ± 0/01
	Min - Max	0/21 - 0/33	0/27 - 0/31	_	0/32 - 0/36
	N	3	3	1	3
NO_3^-(mg/l)	Mean±SE	0/939 ± 0/018	_	0/995	0/905 ± 0/039
	Min - Max	0/921 - 0/956	_	_	0/859 - 0/983
	N	3	_	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/53 ± 0/07	0/58 ± 0/03	0/67	0/66 ± 0/03
	Min - Max	0/42 - 0/66	0/53 - 0/62	_	0/62 - 0/71
	N	3	3	1	3

جدول ۳-۲٦ : میانگین فصلی(±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ تهران (سال ۸۹-۱۳۸۸)

ایستگاه		کیلومتر ۱۱۵تهران			
پارامترهای محیطی		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت آب(^oC)	Mean±SE	14 ± 1	17 ± 1	9	8 ± 1
	Min - Max	12 - 16	15 - 18	_	6 - 10
	N	3	3	1	3
درجه حرارت هوا(^oC)	Mean±SE	17 ± 3	21 ± 1	13	11 ± 5
	Min - Max	11 - 23	19 - 23	_	6 - 20
	N	3	3	1	3
DO(mg/l)	Mean±SE	9/8 ± 0/21	9/78 ± 0/27	7/8	10/23 ± 0/15
	Min - Max	9/4 - 10/1	9/3 - 10/24	_	10 - 10/5
	N	3	3	1	3
BOD_5(mg/l)	Mean±SE	2/3 ± 0/32	1/42 ± 0/64	1/4	4 ± 1/2
	Min - Max	1/8 - 2/9	0/16 - 2/2	_	2/7 - 6/4
	N	3	3	1	3
COD(mg/l)	Mean±SE	10/6 ± 0/7	_	7	13/9 ± 8/2
	Min - Max	9/3 - 11/7	_	_	5/7 - 22
	N	3	_	1	3
pH	Mean±SE	8/07 ± 0/03	7/97 ± 0/02	7/82	8/25 ± 0/18
	Min - Max	8/01 - 8/11	7/95 - 8/02	_	8/05 - 8/6
	N	3	3	1	3
TSS(mg/l)	Mean±SE	0/215 ± 0/005	0/169 ± 0/059	0/02	0/202 ± 0/035
	Min - Max	0/205 - 0/222	0/051 - 0/241	_	0/145 - 0/265
	N	3	3	1	3
TDS(mg/l)	Mean±SE	0/33 ± 0/03	0/28 ± 0/02	0/33	0/35 ± 0/003
	Min - Max	0/28 - 0/37	0/25 - 0/31	_	0/34 - 0/35
	N	3	3	1	3
NO_3^-(mg/l)	Mean±SE	1/005 ± 0/013	_	1/022	1/072 ± 0/076
	Min - Max	0/992 - 1/017	_	_	0/975 - 1/22
	N	3	_	1	3
EC (ms/cm)	Mean±SE	0/65 ± 0/05	0/56 ± 0/03	0/67	0/7 ± 0/003
	Min - Max	0/57 - 0/74	0/5 - 0/62	_	0/69 - 0/7
	N	3	3	1	3

٤. بحث

٤-١. آبهای سطحی

امروزه شرایط کیفی آب با توجه به رشد روز افزون جمعیت، افزایش صنعتی شدن ، تخلیه آلاینده ها و استفاده بیش از حد از کودها و آفت کش ها به مسئله ای پراهمیت تبدیل شده است (Elizabeth and Premnath Naik, 2005). کیفیت آب رودخانه‌ها یکی از فاکتورهای مهمی است که مستقیماً در ارتباط با سلامتی انسان و سایر موجودات زنده قرار می گیرد (Kazi et al., 2009). کیفیت هر منبع آبی من جمله آبهای سطحی بوسیله فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آن کنترل می شود و بررسی مستمر این پارامترها برای ارزیابی کمی کوتاه مدت و نیز طولانی مدت حیاتی و ضروری می باشد (Wood, 1995). بررسیهای صورت پذیرفته در حوضه سد منگل نشان داده است که رودخانه هراز و سرشاخه های عمده آن از مهمترین منابع آبهای سطحی در این منطقه به شمار می‌روند. در آنالیز های انجام شده بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی ایستگاه های منتخب در این محدوده مطالعاتی متغیرهای اکسیژن محلول(DO) ، pH ، سختی کل(TH)، کل مواد جامد معلق (TSS) ، کل مواد جامد محلول(TDS)،یون کلسیم (Ca^{2+})، ازت آمونیمی(NH_4^+) وهدایت الکتریکی(EC) طبق آزمون مولفه اصلی (PCA) با قرار گرفتن در مولفه اول (PC1) با واریانس ۲۳/۰ درصد دارای اهمیت بیشتری در کیفیت آبهای سطحی بوده اند. اکسیژن محلول یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی کیفیت آب است، اثرات تخلیه فاضلاب در یک بدنه آبی تا حد زیادی از طریق تعیین تعادل غلظت اکسیژن محلول در سیستم بدست می آید (Srivastava et al., 2011). میانگین غلظت اکسیژن محلول و دامنه تغییرات آن طی سال در این محدوده (جدول ۴)، مناسب و در حد مجاز طبقه بندی Singh (۱۹۸۰) بود که می تواند ناشی از دبی بالا و بستر سنگی و ناهموار رودخانه باشد که حجم بالای آب رودخانه سبب حل شدن اکسیژن هوا در آب می شود (واردی و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین شیب مناسب و تقریبا تند از بالادست به پایین دست رودخانه منجر به افزایش اکسیژن محلول می شود بطوریکه در تمام ایستگاهها و ماههای سال غلظت آن از ۷ میلی گرم بر لیتر کمتر نشده بود. در مطالعه حاضر بیشترین میانگین غلظت اکسیژن محلول در فصل زمستان مشاهده شد، که می تواند بدلیل پایین بودن درجه حرارت هوا و آب در این فصل باشد. Boyd (۱۹۹۰)گزارش کرد کاهش دما همراه با افزایش غلظت اکسیژن محلول خواهد بود که با نتاج بالا مطابقت دارد. همچنین آنالیز های ماهانه حاکی از غلظت بالای DO در تیر ماه نیز بوده است چرا که درتابستان شدت تغییرات اکسیژن محلول بین ایستگاهها بیشتر بود، در این فصل ذوب برف و یخ کوه ها بیشتر صورت گرفته و همچنین رودخانه دارای دبی بالاتری نسبت به سایر فصول می باشد. پایینترین غلظت اکسیژن محلول در آذر ماه دیده شد که احتمالاً مربوط به کاهش دبی آب بدنبال سرد شدن هوا می باشد. ایستگاه های لاسم (بالا دست رودخانه) و سرخرود (پایین دست رودخانه) بترتیب حداکثر و حداقل میانگین غلظت اکسیژن محلول را در این مطالعه نشان داده اند که بترتیب حداقل و حداکثر میانگین درجه حرارت آب را نیز در طول سال داشته اند و همچنین همبستگی منفی (r= – ۰/۳۰) معنی دار بین اکسیژن محلول

و درجه حرارت آب گویای این مطلب است. همچنین غلظت اکسیژن محلول در طول سال همبستگی منفی و معنی داری را با پارامترهای TSS ، TDS و EC نشان داد زیرا افزایش بار آلودگی در آبهای تمیز سطح مواد مغذی در آب را بالا می برد و موجب تغییر سریع pH ، کاهش ظرفیت اکسیژن و افزایش فشار اسمزی خواهد شد(Chaurasia & Tiwari, 2011)، همچنین عوامل کاهنده غیرآلی نظیر سولفید هیدروژن، آمونیاک، نیتریت، یون فرو و مواد قابل اکسیداسیون تمایل به کاهش اکسیژن محلول در آب را دارند (Srivastava et al., 2011). دومین فاکتور از مولفه های مهم در کیفیت آبهای سطحی pH بود. فاکتور pH برای ترکیب زیستی یک بدنه آبی بسیار مهم است زیرا بیشتر گیاهان و جانوران آبزی در محدوده باریکی از pH از شرایط کمی اسیدی تا کمی قلیایی می توانند زنده بمانند (Sen et al., 2011). عامل اصلی تنظیم کننده pH در آبهای طبیعی یونهای کربنات است که شامل کربنات، کربنات هیدروژن و اسید کربنیک می باشد (Sujitha et al., 2012). دامنه تغییرات pH درایستگاه های این محدوده طی مدت نمونه برداری در طول سال بین ۸/۸ – ۷/۶ بود که نشان می دهد کمی قلیائی است، این شرایط در مطالعه Singh و Nayal (۲۰۰۸) نیز دیده شد. WHO[1] حد مجاز pH را از ۶/۵ تا ۸/۵ توصیه نموده است (Srivastava et al., 2011) همچنین بسیاری از محققین مقادیر قلیایی pH را در سیستم های رودخانه ای مشاهده نموده اند (Shivayogimath et al., 2012). در مطالعه حاضرایستگاههایی که ارتفاع بیشتری از سطح دریا داشته اند، pH بالاتری را نیز نشان داده اند. مقادیر نمکهای کلسیم یا منیزیم سختی آب را تعیین می کند (Sreeja & Pillai, 2012). سختی کل (TH) پارامتر بسیار مهمی در کاستن اثرات مواد سمی است (Srivastava et al., 2011). در مطالعه حاضر سختی کل با بارگذاری قوی در مولفه اول قرار گرفته که گویای نقش تعیین کننده آن در کیفیت آب رودخانه است. دامنه تغییرات سختی کل(TH) در آب های سطحی این منطقه طی مدت نمونه برداری ۴۸۰ – ۱۲۳ میلی گرم بر لیتر بود که با محدوده مجاز سازمان بهداشت جهانی که بین ۶۰۰ – ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر است ، مطابقت دارد (Sen et al., 2011). میانگین غلظت سختی کل در ایستگاه های سرخرود و لار تفاوت معنی داری داشته که دارای حداکثر و حداقل سختی آب در طول سال بودند زیرا سختی آب در طول مسیر رودخانه با ورود انشعابات فرعی و افزایش دبی رودخانه متغیر بوده و از بالادست (ایستگاه لار) به پایین دست (ایستگاه سرخرود) افزایش می یابد (واردی و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین در فصل بهار به ویژه اردیبهشت ماه حداقل میانگین سختی کل در آبهای سطحی برآورد شد و در ماههای بعد افزایش یافت، غلظت سختی بسمت فصل تابستان افزایش می یابد که مربوط به سطح پایین و ویسکوزیته پایین جریان آب می شود (Shivayogimath et al., 2012). سختی آبهای سطحی همبستگی مثبتی با آنیونهای عمده نظیر نیترات، بیکربنات، کلراید، سولفات و کاتیونهایی چون سدیم، کلسیم، منیزیم و آهن دارد که در این مطالعه این همبستگی با آنیون بیکربنات و کاتیونهای کلسیم و منیزیم دیده شد(Sen et al., 2011). از دیگر پارامترهایی که در کیفیت آبهای سطحی اهمیت بسیار زیادی داشتند TSS و TDS بودند. دامنه تغییرات کل مواد جامد معلق(TSS) در طول سال بین ایستگاه های

[1] World Health Organization

مختلف بویژه کره سنگ و لاسم قابل توجه بود، زیرا هرچه ایستگاه ها (پایین دست) به دریای خزر نزدیکتر می شوند ، TSS نیز بالاتر می رود. بعضی روز های سال نیز بطور طبیعی با سیلابی شدن برخی انشعابات از بالادست رودخانه سبب افزایش کدورت آب رودخانه می شود و بار TSS رودخانه را در پایین دست بالا می برد. حداکثر میانگین TSS در طول سال در بهمن ماه مشاهده شد زیرا در فصل زمستان بنظر می رسد بواسطه دبی کم و عملیات برداشت شن و ماسه از رودخانه و گل آلود شدن برخی انشعابات باعث افزایش مواد معلق در پایین دست شده است (واردی و همکاران، ۱۳۸۶) . مواد جامد محلول (TDS) یکی از پارامترهای شیمیایی مهم آب و از فاکتورهایی است که به کمک آن می‌توان کیفیت آب را تخمین زد زیرا مقادیر یون ها را در آب نشان می-دهد. اگر TDS خیلی بالا یا خیلی پایین باشد، رشد بسیاری از آبزیان را تحت تاثیر قرار می دهد. غلظت بالای TDS موجب کاهش فتوسنتز، ترکیب شدن با ترکیبات سمی و فلزات سنگین و در نهایت افزایش درجه حرارت آب می گردد (Sreeja & Pillai, 2012). TDS در اصل حضور انواع متنوعی از مواد معدنی نظیر آمونیم، نیتریت، نیترات، فسفات، سولفات، برخی اسیدها و یونهای فلزی به هر دو حالت کلوئیدی و محلول در آب را نشان می-دهد(Kabir, 2002). این پارامتر نیز نظیر TSS در طول سال تنها از لحاظ مکانی تغییراتی را نشان داده است که این تغییرات از ایستگاه های بالادست (لاسم) بسمت پایین دست (سرخرود) دیده شد بطوریکه در آزمون دانکن در گروههای جداگانه ای قرار گرفتند. یون کلسیم با محدوده ای نسبتاً گسترده در طول سال به میزان ۱۱۹ – ۲۷ میلی گرم بر لیتر برآورد شد بگونه ای که در بهمن ماه در ایستگاه هیدرومتری سرخرود ماکزیمم مقدار آن ثبت شد اما میانگین سالانه این کاتیون (۶۵ میلی گرم بر لیتر) کمتر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی (۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) بود (Sen et al., 2011). غلظت یون Ca^{2+} در طول سال بین فصول سرد و گرم سال تغییرات قابل ملاحظه ای را نشان داد که به دلیل افزایش غلظت آن در فصول سرد بویژه زمستان احتمالاً بدلیل دبی پایین آب بود ، همچنین بالاترین میزان قلیائیت و سختی کل نیز در فصل زمستان اندازه گیری شد که همبستگی قابل توجه با این دو پارامتر در آزمون Pearson Correlation نیز تایید شد، یون کلسیم در مطالعه حاضر با بالاترین بارگذاری در مولفه اول قرار گرفت که گویای نقش حساس آن در تعیین کیفیت آب هراز و شاخه های اصلی آن است. همچنین همانطور که انتظار می رفت حداکثر غلظت این کاتیون در ایستگاه های پایین دست بویژه سرخرود مشاهده شد. ازت آمونیمی(NH_4^+) بعد از اکسیژن محلول دومین اهمیت را درمیان پارامترهای کیفیت آب دارد. با توجه به بررسی های انجام شده ازت آمونیمی در فروردین ماه بیشترین غلظت خود را دارا بوده است که احتمالا به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی در مزارع و باغات اطراف رودخانه هراز می باشد. در محیط های آبی که اکسیژن کافی وجود دارد تبدیل ازت آمونیمی به نیترات به خوبی صورت می گیرد (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۰)، لذا با توجه به آنکه غلظت اکسیژن محلول در اوایل تابستان نسبتاً بالا بود، حداقل ازت آمونیمی نیز در تابستان مشاهده گردیده است. همچنین ایستگاه سرخرود نیز که دارای حداقل میانگین غلظت اکسیژن در طول سال بوده، نسبت به سایر ایستگاه ها با داشتن حداکثر میانگین ازت آمونیمی تفاوت محسوسی را نشان داد.

هدایت الکتریکی (EC) و سختی کل در آب مربوط به حضور کربنات کلسیم، سولفات، کلرید و نیترات کلسیم و منیزیم می باشد(Chaurasia & Tiwari, 2011;Ojutiku & Kolo, 2011). دامنه تغییرات EC در طول سال بین ۰/۹۱ – ۰/۳۱ میلی زیمنس بر سانتیمتربود که این محدوده در مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۶) از میانگین ۰/۵۳ میلی زیمنس تا میانگین ۰/۳۹ میلی زیمنس متغیر بود. حداکثر میانگین EC طی نمونه برداری در ایستگاه سرخرود ثبت گردید. نزدیکی این ایستگاه به دریای خزر می تواند در بالا بودن میزان EC در آن موثر بوده و موید اختلاط آب دریا با رودخانه باشد، این شرایط در مطالعه روشن طبری و همکاران (۱۳۷۳) نیز دیده شد. EC بالا همچنین حاکی از مقادیر بالایی از مواد یونی نظیر سدیم، آهن و پتاسیم است که از طریق خروجی های مختلف نیز وارد آب رودخانه می شوند (Kabir et al., 2002). یکی از علل روند افزایشی هدایت الکتریکی می تواند نشات گرفته از تخلیه مواد زائد فعالیت های تولیدی به رودخانه باشد (واردی و همکاران، ۱۳۸۶). در میزان هدایت الکتریکی میان فصول و ماه های مختلف نمونه برداری تفاوت قابل ملاحظه ای مشاهده نشد اگر چه محدوده تغییرات آن در تابستان با توجه افزایش میزان ورودی های مختلف وسیع تر بوده است. همچنین هدایت الکتریکی با پارامترهایی چون قلیائیت و سختی کل همبستگی مثبتی را طی این مطالعه نشان داد که این شرایط در مطالعه Ojutiku & Kolo (۲۰۱۱) نیز دیده شد، این شرایط نشان می دهد که افزایش این پارامترها منجر به حلالیت بیشتر یونها خواهد شد (Kolo & Oladimeji, 2004). پارامترهای شیمیایی چون HCO_3^- ، CO_3^{2-} و TA و نیز یونهای Mg^{2+} و PO_4^{3-} در آزمون مولفه اصلی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی این منطقه در مولفه دوم (PC2) قرار گرفتند که تغییرات آنها شامل ۲۱/۴۹ درصد واریانس کل بود که در تعیین کیفیت آبهای سطحی نقش قابل ملاحظه ای داشته اند. عامل اصلی تنظیم کننده pH در آبهای طبیعی یون کربنات است که شامل کربنات (CO_3^{2-})، کربنات هیدروژن (HCO_3^-) و اسید کربنیک می شود (Sujitha et al., 2012). محدوده pH در اکثر ایستگاه ها کمی قلیایی بود که می تواند نمایانگر غلظت نسبتاً پایین یونهای تنظیم کننده آن در طول سال باشد، اگرچه در مطالعه روشن طبری و همکاران (۱۳۷۳) آمده که درمیان یونهای با بارمنفی، آنیون غالب در رودخانه هراز بی کربنات است . حداکثر و حداقل میانگین غلظت این دو یون بترتیب در اسفند و آذر ماه مشاهده شد همچنین ایستگاه های بالاتر از سطح دریا غلظتهای پایینتری را نشان دادند، بگونه ای که متمایز از ایستگاه های پایین تر بودند. میانگین قلیائیت کل در طول سال ۳۶/۳ میلی گرم بر لیتر برآورد شد. قلیائیت آب رودخانه هراز در مطالعه روشن طبری و همکاران (۱۳۷۳) در محدوده ۳۹۸ – ۱۱۴ و در مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۶) در محدوده میانگین ۱۷۷ – ۱۴۶ قرار گرفت، این در حالیست که محدوده این پارامتر در مطالعه حاضر بین ۱۱۳ – ۱۶ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت، مطالعات نشان داده که قلیائیت بالاتر از ۵۰ میلی گرم بر لیتر حاکی از ورود مقادیر قابل ملاحظه ای فاضلاب به رودخانه است (Unni et al., 1992) . طبق طبقه بندی کمالی زاد (۱۳۶۴) آب رودخانه هراز در کلاس آبهای نرم تا کمی سخت قرار می گیرد. بارگذاری قوی قلیائیت کل در مولفه دوم گویای اهمیت این پارامتر در کیفیت آب است. Mg^{2+} از کاتیونهایی است که با مشارکت در مولفه دوم نقش قابل ملاحظه ای را

پس از یون کلسیم در کیفیت آبهای سطحی رودخانه هراز نشان داد، میانگین سالانه این کاتیون (۲۸/۸۴ میلی گرم بر لیتر) و محدوده تغییرات آن (۵ تا ۶۳ میلی گرم بر لیتر) در قیاس با محدوده مجاز سازمان بهداشت جهانی (۱۵۰ – ۳۰ میلی گرم بر لیتر) مطلوب بوده است (Sen et al., 2011). همچنین تغییرات غلظت این کاتیون همبستگی مثبت معنی داری را با یون فسفات در طول سال نشان داده است که بیانگر حضور ترکیبات فسفات کلسیم در محیط های آبی است. آنالیزهای ایستگاهی در این منطقه نشان داد که غلظت منیزیم نیز نظیر کلسیم در ایستگاه های پایین دست بویژه نزدیکترین ایستگاه به دریای خزر یعنی سرخرود قابل ملاحظه تر بوده است. میانگین غلظت یون PO_4^{3-} در ایستگاه ها در طول سال ۰/۰۱ ± ۰/۰۶ میلی گرم بر لیتر بود ، بطوریکه دامنه تغییرات آن بین ۰/۳۹۹ – ۰/۰۰۵ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت، که مشابه مطالعه گذشته بر رودخانه هراز دامنه تغییرات فسفات ۰/۳۴ – ۰/۰۹ (واردی و همکاران، ۱۳۸۶) وکمتر از گزارش نادری (۱۳۷۸) ۰/۲۱۰ – ۰/۰۰۸ بوده است. در مطالعه حاضر بیشترین میانگین غلظت فسفات در زمستان بدست آمد که احتمالاً با بارندگی های متناوب ، فرسایش و جاری شدن آب از زمینهای کشاورزی به رودخانه و دبی کم آب بوجود آمده است (روشن طبری، ۱۳۷۳ ; نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۰). میانگین سالانه غلظت فسفات در آب هراز و سرشاخه های آن در قیاس با استاندارد فسفات جهت حفظ زندگی آبزیان در کشور انگلستان در رده سوم یعنی آب نسبتاً پاک قرار می گیرد، اما محدوده تغییرات آن طی نمونه برداری در رده ۱ تا ۵ جا گرفته است که حاکی از آلودگی ضعیف در برخی ماههای نمونه برداری می باشد (IUCN/WCPA, 1999). فسفات در آبهای سطحی ممکن است از فاضلابهای محلی، دترجنت ها و خروجی فعالیتهای کشاورزی ناشی از کودهای شیمیایی نشات گرفته باشد (Phiri et al., 2005). غلظت فسفات همبستگی مثبت و معنی داری را با BOD_5 نشان داد که گویای تاثیر پذیرفتن آن از خروجی های حاوی مواد آلی به رودخانه و شاخه هایش نظیر پساب کارگاه های پرورش ماهی و یا مرغداری باشد که می توانند در بالابردن فسفات با منشا آلی تاثیر گذار باشند ، در نتیجه تجمع بالای فسفات، شرایط را برای بوجود آمدن یوتروفیکاسیون و کاهش اکسیژن محلول فراهم می کند (Chaurasia & Tiwari, 2011). میزان غلظت فسفات در آب رودخانه هراز نسبت به استاندارد های کیفیت آب در آمریکا منتج از آژانس حفاظت محیط زیست (بارتلی، ۱۹۹۵) کمی بالاتر بوده است که نشان می دهد که کیفیت آن پایین آمده است. درجه حرارت آب و هوا و نیز غلظت ازت نیتراتی در آزمون مولفه اصلی در مولفه سوم (PC3) قرار گرفتند که گویای تغییرات نه چندان زیاد آنها در طول مدت نمونه برداری بوده است، چرا که این مولفه ۱۲/۳ درصد واریانس کل را شامل شده است. درجه حرارت یک فاکتور پایه برای واکنشهای شیمیایی و زیستی و ازفاکتورهای اساسی در بررسی یک رودخانه می باشد (Chaurasia & Tiwari, 2011)، همچنین فاکتوری بسیار مهم برای حیات آبی است و نرخ فعالیتهای متابولیک و تولید مثلی را برای ارگانیسمهای آبزی کنترل می کند (Sreeja & Pillai, 2012). در ایستگاه های منتخب از آبهای سطحی تغییرات درجه حرارت آب و هوا با یکدیگر مطابقت داشت و حداکثر و حداقل میانگین درجه حرارت آب و هوا بترتیب در فصول تابستان و پاییز برآورد شد، اگرچه

آنالیز های ماهانه نشان داده است که حداقل درجه حرارت آب و هوا در دی ماه مشاهده شده است. آبهای سطحی معمولاً بوسیله فاضلابها و پسابهای غنی از نیترات آلوده می شوند. آلودگی نیترات می تواند منجر به یوتروفیکاسیون شود که کیفیت آب را کم می کند (Sreeja & Pillai, 2012). دامنه تغییرات نیتراتی در این رودخانه ۵/۸۹ – ۰/۱۲ میلی گرم بر لیتر بود که در قیاس با محدوده مجاز سازمان بهداشت جهانی (۴۵ – ۱۰ میلی گرم بر لیتر) پایین است (Sen et al., 2011) ولی در مقایسه با استاندارد جهانی کشور استرالیا جهت حفظ اکوسیستمهای آبی (۰/۰۲mg/l) بایستی مورد توجه قرار گیرد (IUCN/WCPA, 1999). در تحقیق حاضر نیترات در ماههای مختلف دارای اختلاف معنی دار بوده وحداکثر آن در شهریور ماه دیده شد. همچنین حداکثر میانگین غلظت ازت نیتراتی در ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ تهران (رودخانه هراز) دیده شد، که احتمالاً به پسابها و خروجی های اطراف مربوط می شود، چرا که نمونه های برداشت شده از پساب این منطقه نیز دارای میانگین ازت نیتراتی بالایی بوده است. مشارکت یون نیترات در مولفه سوم بیانگر اهمیت کمتر این متغیر در کیفیت آب می باشد. دو پارامتر BOD_5 و COD با مشارکت در مولفه چهارم، ۱۰/۳ درصد از واریانس کل را بخود اختصاص دادند و تاثیر چندانی در کیفیت آبهای سطحی رودخانه هراز نداشتند، اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD_5) هنوز هم بهترین آزمون در دسترس برای ارزیابی آلودگی آلی است (Srivastava et al., 2011). دامنه تغییرات BOD_5 در طول سال در آبهای سطحی بین ۶/۴ – ۰/۱۶ میلی گرم بر لیتر با متوسط ۲/۱۸ میلی گرم بر لیتر بود. دامنه تغییرات BOD_5در مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۳) از میانگین ۲/۳ تا ۴ میلی گرم بر لیتر متغیر بود. مقادیر BOD_5 بیش از ۳ میلی گرم بر لیتر نشان دهنده آلودگی فاضلابهای محلی است (Sreeja & Pillai, 2012). زمانی که سطح BOD_5 بالا است، سطوح اکسیژن محلول کاهش می یابد، زیرا اکسیژن دردسترس در آب توسط باکتریها مصرف می شود (Sawyer et al., 2003). در این مطالعه بیشترین میزان BOD_5 با توجه به دبی پایین آب در زمستان دیده شد و با توجه به اینکه بیشترین غلظت اکسیژن محلول بدلیل تغییرات شدید آن بدنبال ذوب برف کوه ها و افزایش دبی آب رودخانه در تیر ماه مشاهده شد، پایین ترین میزان BOD_5 نیز در این ماه ثبت گشته است. طبق نتایج میانگین BOD_5 در ایستگاههای مختلف با توجه به جدول استاندارد رده بندی آبها برحسب درجه آلودگی آنها (منزوی، ۱۳۶۶) ، آب این رودخانه جزئ آبهای تمیز تا متوسط طبقه بندی می گردد اگرچه در برخی از ایستگاهها ازمقادیر استانداردهای جهانی نیز بیشتر گردیده است. محدوده تغییرات COD در طول سال با میانگین ۷/۷۱ میلی گرم بر لیتر بین ۳۹ – ۰ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت، این در حالیست که مقدار مجاز COD طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) ۱۰ میلی گرم بر لیتر است (Sen et al., 2011). میانگین COD در ایستگاه پل چلاو بالاتر از سایر ایستگاه ها بود همچنین حداکثر مقدار اکسیژن خواهی شیمیایی نیز در طول مدت نمونه برداری در همین ایستگاه اندازه گیری شد. یون کلراید اهمیت چندانی در تعیین کیفیت آب رودخانه در این حوضه نداشته است چرا که در آزمون مولفه اصلی در مولفه پنجم قرار گرفت، یون کلراید معمولاً یکی از آنیونهای غالب در آب است که در آبهای سطحی هم از فعالیتهای طبیعی و هم آنتروپوژنیک نشات می گیرد (Sreeja & Pillai,

2012) دامنه تغییرات Cl^- در طول سال بین ۶۲ – ۵ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت، در مطالعه واردی و همکاران (۸۳) محدوده این آنیون از میانگین ۲۴ تا ۲۰–۱۷ میلی گرم بر لیتر متغیر بود. کم اهمیت ترین پارامتر شیمیایی در تعیین کیفیت آبهای سطحی در رودخانه هراز یون نیتریت بوده است که با بارگذاری قوی در مولفه ششم قرار گرفت. یون نیتریت یک یون حدواسط می‌باشد که در محیط دارای اکسیژن مناسب سریعاً تبدیل به یون پایدار نیترات خواهد شد، محدوده تغییرات آن در مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۳) از میانگین سالانه ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۳۱ میلی گرم بر لیتر، در مطالعه نادری (۱۳۸۷) بین ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۲۱ میلی گرم بر لیتر و در مطالعه حاضربا کمی افزایش در محدوه ۰/۰۴۶ – ۰/۰۰۰۱ میلی گرم بر لیتردر نوسان بوده است. غلظت ازت نیتریتی بسمت ایستگاه های پایین دست که غلظت های کمتری از DO را نشان دادند، بیشتر شد بگونه ای که بالاترین غلظت آن در ایستگاه کره سنگ مشاهده شده است.

برطبق استاندارد کیفیت آب (فرمهینی و همکاران، ۱۳۹۱) غلظت های پیشنهادی متغیرهای کیفی مختلف آب رودخانه ها در ۴ گروه مختلف قرار می گیرند. در این دسته بندی گروه ۱ (1_Aو1_B) نشانگر کیفیت مناسب آبی است که برای کلیه کاربردهای عمومی مناسب می باشد و گروه ۴ بدترین کیفیت آب را نشان می دهد که برای اغلب کاربردها نامناسب است (جدول ۴–۱).

جدول ٤–١: استاندارد کیفیت آب رودخانه ها و میانگین آماری پارامترهای کیفی رودخانه هراز و سرشاخه های اصلی (فرمهینی و همکاران، ۱۳۹۱)

پارامترها (بر حسب mg/l)	مطالعه حاضر	A۱	B۱	۲	۳	۴
DO	۱۰/۱۳	<۷	۵–۷	۳–۵	–	<۳
BOD	۲/۱	>۳	۳–۵	۵–۱۰	۱۰–۲۵	>۳۵
$NH4^+$	۰/۰۶	<۰/۱	۰/۱–۰/۵	۰/۵–۲	۲–۸	>۸
$NO3^-$	۰/۹۴	–	<۴۴	–	۴۴–۱۰۰	>۱۰۰

اگرچه با توجه به جدول ۴–۱ و میانگین سالانه پارامترهای کیفی آبهای سطحی در این منطقه مشخص می‌گردد که رودخانه هراز و سرشاخه های آن برای کلیه کاربردهای عمومی مناسب است، اما با توجه به آنکه محدوده اکسیژن خواهی بیولوژیکی آن گاهاً در گروه های دیگر نیز جا می‌گیرند لذا نیاز به مدیریت دارد، همچنین مقایسه دامنه تغییرات برخی از پارامترهای کیفی اندازه گیری شده با برخی استاندارد های جهانی در کاربرد حیات آبزیان در جدول ۴–۲ ، نشانگر مناسب بودن نسبی شرایط کیفی آبهای سطحی این منطقه از نظر این پارامترها می‌باشد(CEC, 1978,1980; Environment Canada, 1987; Committee for fisheries, 1993).

جدول ٤-۲: بالاترین غلظت مجاز متغیرهای کیفی آب (شیلات و حیات آبزیان)

متغیر	مطالعه حاضر	استاندارد اروپا	استاندارد کانادا	استاندارد روسیه
TSS (mg/l)	۰/۰۱۳-۰/۹۴۷	۲۵	–	–
pH	۷/۶-۸/۸	۶-۹	۶/۵-۹	–
DO (mg/l)	۷/۷-۱۴/۸	۵-۹	۵-۹/۵	۴-۶
$NH4^{+}$(mg/l)	۰/۰۰۳-۰/۳۴	۰/۰۴-۱	–	۰/۵
$NO3^{-}$(mg/l)	۰/۰۲۷-۱/۳۳	–	–	۴۰
$NO2^{-}$(mg/l)	۰/۰۰۰۱-۰/۰۴۶	۰/۰۱-۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۸
BOD (mg/l)	۰/۱۶-۶/۴	۳-۶	–	۳

دانشمندان معتقدند که‌داده‌های بدست‌آمده را بایستی بوسیله یک سری روش‌ها و قواعد به داده‌های کمتر و در نتیجه درک بهتر تبدیل کرد. یکی‌از این‌راهها تبدیل‌داده‌ها به‌شاخص کیفیت(WQI) میباشد که در این‌مطالعه مورد بررسی‌قرار خواهد گرفت (جدول ۴-۳). در مسیر رودخانه‌هرازعوامل‌متعدد و تأثیرگذار از قبیل‌نشت پسابهای زمینهای کشاورزی (منشاء افزایش‌یون‌نیترات)، فاضلاب‌های روستایی و رستورانها در مسیر آن (منشاء افزایش $NH4^{+}$ و توتال‌کلیفرم)، فعالیت‌های کارگاههای پرورش ماهی و انسانی از شهرستان هراز(منشاء تغییرات COD, BOD5، $PO4^{3-}$) وتغییرات بستر رودخانه از طریق‌کارخانه شن و ماسه (منشاء افزایش‌کدورت، TDS, EC) وجود دارد که موجبات تغییرات کیفیت آب‌این رودخانه می‌گردد.

با توجه به منابع تأثیر گذار و نتایج بدست‌آمده نشان میدهد که در بیشتر ایستگاهها عیار (Qi) یون نیترات‌کمتر از فاکتورهای دیگر بوده است‌که مبین این موضوع است‌که در طول‌مسیر رودخانه نشت پسابهای‌کشاورزی‌وارد شده‌که‌کیفیت‌آب‌رودخانه‌را کاهش‌داده‌است. همچنین‌فاکتور دیگر مواد بیوژن‌از قبیل‌آمونیوم‌و فسفات‌دارای‌عیار بالایی‌میباشند و میتوان‌نتیجه‌گرفت‌که‌خود پالایی‌این‌رودخانه در از بین‌بردن فعالیت‌های انسانی و فاضلاب‌ها به خوبی‌صورت‌گرفته‌است.

یکی‌از خصوصیات‌مناسب‌این‌رودخانه‌دارا بودن‌بستر نیمه‌سنگی‌در سر شاخه‌های‌آن‌و شیب تقریباً تند آن‌است‌زیرا این‌عوامل‌سبب‌افزایش‌میزان‌اکسیژن‌محلول‌در نتیجه‌اشباعیت مناسب‌رافراهم‌می‌آورد بطوریکه‌بالابودن عیار اشباعیت‌اکسیژن‌محلول‌را موجب‌گردیده‌است‌و همچنین‌این‌شرایط‌سبب‌بالا بردن‌فرآیند خودپالایی‌هم‌شده‌است.

در این‌رودخانه‌فاکتور دیگر از قبیل pH , دارای‌عیار بالایی‌میباشند و فاکتور هدایت الکتریکی(EC) نیز دارای‌عیار بالایی‌نمی‌باشد و آن‌هم‌بدلیل‌وجود کارخانه‌های‌شن‌و ماسه‌در مسیررودخانه‌و همچنین‌وجود بستر نیمه‌سنگی‌در پائین دست رودخانه است.

جدول‌شماره٤-۳: مقادیر شاخص کیفیت‌ایستگاههای مختلف آب‌سطحی رودخانه‌هراز (سال ۱۳۸۸)

ردیف	ایستگاهها	میانگین±خطای معیار	حداقل	حداکثر	کیفیت آب
۱	سرخرود	۶۹/۵۱±۱/۰۰	۶۵/۲۵	۷۶/۲۳	متوسط
۲	کره سنگ	۷۱/۷۹±۱/۵۹	۶۴/۹۷	۸۱/۳۱	خوب
۳	پل چلاو	۷۰/۰۳±۱/۴۸	۵۹/۱۹	۷۵/۸۴	خوب
۴	نورود	۷۱/۸۴±۱/۱۱	۶۵/۵۶	۷۶/۲۱	خوب
۵	کیلومتر ۱۱۵	۷۰/۷۷±۱/۳۵	۶۱/۹۷	۷۴/۹۸	خوب
۶	لاسم	۷۳/۲۸±۰/۷۳	۷۰/۱۹	۷۶/۵۴	خوب
۷	لار	۷۳/۳۷±۱/۰۲	۶۸/۰۹	۷۷/۹۷	خوب

در مجموع اینکه، این رودخانه‌از نظر استاندارد کیفیت آب براساس شاخص کیفیت(WQI) جزء آبهای خوب و متوسط (۹۰– ۷۰، ۷۰–۵۰) قرار دارد. همچنین با توجه به جدول نظام طبقه‌بندی آب، تمام ایستگاهها با توجه به منابع تأثیر گذار ذکر شده در گروه دوم(II) (۸۸۰–۸۳۴) یعنی شروع تغییرات جدی در ویژگی آب تحت تأثیر تخریب محیط زیست، تماس با آلودگی های خانگی و کشاورزی، قابل استفاده با تهیدات جزیی برای مصارف خانگی، صنعتی، مناسب برای تامین حیات وحش و...، تولید مثل ماهیهای مهاجر تحت تأثیر قرار میگیرد، به بیان دیگر و طبق نظر محققان فاکتورهای تأثیر گذار دیگری هم(از قبیل سموم کشاورزی، ترکیبات آلی، شوینده‌ها و...) بر کیفیت آب این رودخانه مؤثر میباشند.

۲-٤. آبهای زیر زمینی

آبهای زیرزمینی تأمین کننده بخش قابل توجهی از آب کشاورزی در این منطقه می باشند، تخلیه آبهای زیرزمینی در محدوده مطالعاتی عمدتاً از طریق چاههای عمیق و نیمه عمیق و چشمه صورت می‌پذیرد، از اینرو به منظور تعیین کیفیت آب در منابع زیرزمینی منطقه (به ویژه منابع واقع در مناطق میانی و پائین دست) ایستگاه های مورد نظر در ۳ چشمه و ۲ چاه از روستاهای اطراف حوضه انتخاب شدند. درآنالیزهای انجام شده بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی آبهای زیرزمینی ۷ پارامتر شامل pH ، HCO_3^- ، CO_3^{2-} ، سختی کل(TH)، TSS ، Mg^{2+} و NH_4^+ در آزمون مولفه اصلی (PCA) با قرار گیری در مولفه اول با ۳۱/۸ درصد واریانس، دارای اهمیت بیشتری در کیفیت این آبها بوده اند.

پارامتر pH یکی از متغیرهای تاثیر گذار در کیفیت آبهای زیرزمینی بوده است که با بالاترین بارگذاری در مولفه اول قرار گرفت. pH شاخص شرایط اسیدی یا قلیایی آب است (Sreeja & Pillai, 2012). با تغییرات نسبتاً کم در pH ممکن است تغییرات عمده ای در کیفیت آب بوجود آید (Swarnalatha et al., 1992). دامنه تغییرات pH در آبهای زیرزمینی در این حوضه بین ۸/۰۷ – ۶/۲۴ در طول سال نوسان داشته است که محدوده نرمال pH در آبهای زیرزمینی نیز ۶ تا ۸/۵ است (Gob, 1997). حداکثر میانگین pH در چشمه آهکی منگل (۷/۸۱) و حداقل

آن در چشمه لاریجان (۶/۶۸) برآورد شد. دو چشمه لاریجان و آب اسک در آنالیز دانکن نسبت به سایر ایستگاه ها در گروهی مجزا قرار گرفتند، این دو چشمه آب گرم در ارتفاع بالاتری نسبت به سایر ایستگاه ها قرار داشتند و بیشتر تحت تاثیر ترکیبات گوگردی قرار داشته است که می تواند کاهش pH را بهمراه داشته باشد. از دیگر متغیرهای مهم و تاثیر گذار بر کیفیت آبهای زیرزمینی دو یون کربنات و بویژه کربنات هیدروژن بودند که جزئ عوامل اصلی تنظیم کننده pH در آبهای طبیعی می‌باشند (Sujitha et al., 2012). یون بی کربنات در این مطالعه همبستگی منفی و معنی داری را با pH نشان داد بطوریکه حداقل و حداکثر میانگین غلظت این یون بترتیب در چشمه های لاریجان و چشمه آهکی منگل اندازه گیری شد. اگرچه غلظت بی کربنات در آبهای زیرزمینی تمایز معنی داری را از لحاظ زمانی نشان نداد اما تغییرات قابل ملاحظه ای را بین ایستگاه های پایین دست و ایستگاه های مرتفع تر (بالادست) نشان داده است. سختی کل فاکتور مهم دیگری در ارزیابی کیفیت آبهای زیرزمینی است که با بارگذاری قوی در مولفه اول قرار گرفته است. دامنه تغییرات سختی کل در طول سال در ایستگاه های مورد ارزیابی نسبتاً وسیع (۴۰۰۰ – ۶۰ میلی گرم بر لیتر) بوده است. بالاترین مقادیر سختی کل در منطقه نمونه برداری از چشمه لاریجان بویژه در زمستان ثبت شد که احتمالاً به کاهش ویسکوزیته آب همراه با سرمای زمستان مربوط می شود. چشمه لاریجان حداکثر میانگین کلسیم و منیزیم را نیز در مقایسه با سایر ایستگاه ها نشان داده که این موضوع در همبستگی مثبت و معنی دار سختی کل با این دو کاتیون در طول سال تایید شده است. همچنین در مطالعات Sen و همکاران (۲۰۱۱) نیز آمده است که سختی آب سطح همبستگی مثبتی با آنیونهای عمده نظیر بیکربنات، کلراید و کاتیونهایی چون کلسیم، منیزیم دارد که در این مطالعه نیز دیده شده است. باید یادآور شد که چشمه های مورد نمونه برداری در طول سال از نظر سختی کل کاملاً از هم متمایز بوده اند. نتایج بدست آمده از غلظت TSS در نمونه های بدست آمده از آبهای زیرزمینی حاکی از میانگین غلظت پایین آن در چاه های زیر زمینی بود و اگرچه حداکثر غلظت کل مواد جامد معلق در چشمه آب اسک بدست آمد، اما هر ۳ چشمه از لحاظ TSS اختلاف قابل توجهی را با هم نشان دادند. از کاتیونهای عمده و موثر در کیفیت آبهای زیرزمینی در این حوضه یون Mg^{2+} می باشد. منبع اصلی کلسیم و منیزیم در آبهای زیرزمینی گروه های معدنی سیلیکاته نظیر پیروکسن، آمفیبول، سنگهای آهکی، دولومیت و غیره است (Sinha et al., 2000). همانگونه که قبلاً اشاره شد حداکثر میانگین غلظت این کاتیون در چشمه آب گرم لاریجان مشاهده گردید. Rajmohan و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعات خود همبستگی مثبت میان کاتیونهای عمده را در آبهای زیرزمینی نشان داده اند. در این مطالعه نیز کاتیون منیزیم همبستگی معنی داری را با کلسیم نشان داد. ازت آمونیمی از دیگر پارامترهای حساس و موثر در کیفیت آبهای زیرزمینی بوده است. این پارامتر دارای دامنه تغییرات ۰/۳۷۰– ۰/۰۰۱ میلی گرم بر لیتر را در طول سال نشان داد. چشمه آب گرم آب اسک حداکثر میانگین غلظت ازت آمونیومی را در این مطالعه به خود اختصاص داد و همانطور که آنالیز دانکن نشان داد که این فاکتور متمایز از سایر ایستگاه ها بوده است. ۵ پارامتر دمای آب، قلیائیت تام، TDS ، Cl^- و EC در آزمون مولفه اصلی با ۲۹/۶

درصد در مولفه دوم قرار گرفتند. یکی از این فاکتورها که بارگذاری قوی را داشته است کل مواد جامد محلول (TDS) می باشد. دامنه تغییرات TDS بین ایستگاه های مختلف آبهای زیرزمینی بویژه چشمه ها قابل ملاحظه بوده است و از آنجائیکه TDS مقادیر یون ها را در آب نشان می دهد (Sreeja & Pillai, 2012)، لذا همبستگی قوی و معنی دار با یونهایی چون HCO_3^- ،Mg^{2+} ، $^-$ ، PO_4^{3-} و Ca^{2+} در این مطالعه مورد انتظار خواهد بود، همچنین آب اسک علاوه بر دارا بودن حداکثر میانگین TSS، بیشترین میانگین TDS را نیز در طول سال نشان داد. این ایستگاه EC بالایی نیز داشته که شاهد دیگری از غلظت بالای یونهای محلول در آب این چشمه است. هدایت الکتریکی (EC) از دیگر فاکتورهای تاثیرگذار در این مولفه است که دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۴/۷۰ – ۰/۴۲ میلی زیمنسبر سانتیمتر متغیر بوده است. چشمه منگل و چشمه آب اسک بترتیب حداقل و حداکثر میانگین EC را طی مدت نمونه برداری نشان دادند. همچنین ۳ چشمه نمونه برداری شده در میزان EC از هم متمایز بوده اند. حداکثر EC اندازه گیری شده همزمان با حداکثر سختی کل یعنی در دی ماه بدست آمده است که رابطه مثبت بین ایندو در آزمون همبستگی پیرسون نیز تایید شد. دامنه تغییرات یون کلراید (۱۳۴۷ - ۱۱ میلی گرم بر لیتر) در طول سال وسیع بود، بطوریکه چشمه آب اسک حداکثر میانگین غلظت این آنیون را نشان داد، همچنین هر ۳ چشمه از نظر غلظت یون کلراید از هم متمایز بوده اند. میانگین غلظت این یون در آبهای زیرزمینی این منطقه در طول سال در مقایسه با محدوده مجاز سازمان بهداشت جهانی (۶۰۰ – ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر) مناسب است (Sen et al., 2011)، اما در چشمه آب اسک غلظت کلراید بویژه در اردیبهشت ماه بالاتر از حد مجاز بود. میزان یون کلرید بطور معمول همراه با افزایش ظرفیت مواد معدنی بالا می رود (Sinha et al., 2000) که رابطه مثبت معنی دار این یون با برخی ترکیبات معدنی در آزمون پیرسون نیز تایید شد. قلیائیت کل (TA) از دیگر پارامترهای تاثیرگذار بر کیفیت آبهای زیرزمینی در این حوضه بود. حداکثر میانگین قلیائیت کل در آب اسک برآورد شده است، با این حال از لحاظ آماری از چشمه لاریجان متمایز نبوده است. طبق طبقه بندی کمالی زاد (۱۳۶۴) آبهای زیرزمینی در این منطقه در طبقه دارای آبهای نرم تا نسبتاً نرم قرار می گیرد. دمای آب نیز از دیگر فاکتورهای مولفه دوم در تعیین کیفیت آب های زیرزمینی بود. این فاکتور تفاوت قابل ملاحظه ای را بین فصول و ماه های مختلف نشان نداد، اما ۲ ایستگاه واقع در چاه های کلوده و هلوم سر و نیز هر ۳ چشمه مورد نمونه برداری در دمای آب از هم متمایز بوده اند، حداکثر میانگین دما را در طول سال چشمه های لاریجان و آب اسک نشان داده اند که هر دو چشمه آب گرم می باشند. مولفه سوم در آزمون PCA ، ۳ پارامتر را در تغییرات کیفیت آبهای زیرزمینی موثر دانسته است که شامل NO_3^- ، Ca^{2+} و PO_4^{3-} می باشند. حداکثر میانگین غلظت ازت نیتراتی در نمونه های برداشت شده از چاه کلوده برآورد شد که در تابستان بوده است. نتایج نشان داده است که دو ایستگاه لاریجان و آب اسک میانگین غلظت نیترات نسبتاً پایینی در مقایسه با سایر ایستگاه ها در طول سال داشته اند و در آزمون دانکن نیز کاملاً از آنها متمایز شده اند. میانگین غلظت یون نیترات در مقایسه با محدوده مجاز سازمان

بهداشت جهانی (۴۵ – ۱۰ میلی گرم بر لیتر) پایین است (Sen et al., 2011). آب اسک اگرچه حداقل غلظت ازت نیتراتی را داشت اما غلظت یون فسفات در آن بالا بود و حداکثر غلظت فسفات را نیز در طول سال داشته است.

۳-٤. پسابها

جهت بررسی تاثیرات آنتروپوژنیک (که اماکن شهری و روستایی سهم عمده ای در آن دارند) بر رودخانه هراز مثل پسابها و فاضلابها، ایستگاه هایی در حوضه آبریز این رودخانه انتخاب شدند. اثراتی که پسابها بر بالادست رودخانه می‌گذارند بر پایین دست رودخانه و جوامع زنده آن نیز خواهند گذاشت. فاضلابها همچنین به خاک نفوذ کرده و آبهای زیر زمینی را آلوده می سازند (Sujitha et al., 2012). در آنالیزهای انجام شده بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی این پسابها، ۳ پارامتر شامل EC ، TDS و NO_3^- در آزمون مولفه اصلی (PCA) با قرار گیری در مولفه اول با ۲۶/۳ درصد واریانس، دارای اهمیت بیشتری بوده اند. شهرک ایثار در بین ایستگاه های انتخاب شده در این حوضه در پایین دست ترین موقعیت قرار دارد، همچنین نسبت به سایر ایستگاه ها به پسابهای شهری نزدیکتر بوده لذا بیشتر از سایر ایستگاه ها از عوامل آنتروپوژنیک تاثیر می گیرد. بالاترین میانگین سالانه هر ۳ پارامتر تاثیر گذار در کیفیت پسابها در این ایستگاه برآورد شده است. پسابهای شهرک ایثار که در آزمون های مکانی تمایز قابل ملاحظه ای را نشان داده است در ماه های سرد سال متوسط بالاتری از EC و TDS را نشان داد که علاوه بر کاهش لزوجت پساب بدنبال کاهش دما، شاید به زمان خاص الحاق پسابها به رودخانه مربوط شود. همچنین مقادیر TSS نیز بویژه در ایستگاه ایثار آمل در فصول سرد بالاتر بوده است. از پارامترهای مهم دیگری که در تغییرات کیفیت پسابها دخیل بوده اند فاکتورهای BOD_5 ، COD و pH می باشند. این پارامترها در آزمون PCA در مولفه دوم قرار گرفتند. نمونه های برداشته شده از پسابهای شهرک ایثار حداکثر BOD_5 و حداقل pH را نشان داد همچنین حداکثر میانگین اکسیژن خواهی بیولوژیکی نیز در زمستان همراه با کاهش دما و کم شدن ویسکوزیته آب ثبت شد که همزمان با سایر فاکتورهای تاثیر گذار بر کیفیت پسابهای این منطقه است. پسابهای مورد نمونه برداری در حوضه از نظر BOD_5 در محدوده تمیز تا متوسط قرار گرفتند (منزوی، ۱۳۶۶)، بگونه ای که هر چه رودخانه هراز به منطقه شهری (شهرک ایثار آمل) نزدیکتر می شود پسابهایی با غلظت اکسیژن محلول وpH پایینتر و اکسیژن خواهی و آلاینده های بیشتر وارد آن می شوند. متغیر DO در آزمون PCA در مولفه چهارم قرار گرفت و می توان بیان نمود که این متغیر با توجه با غلظت نسبتاً مناسب (Singh, 1980) از اهمیت کمتری نسبت به متغیر BOD_5 در اکثر ایستگاهها برخوردار بوده است. پساب ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ تهران از میانگین غلظت ازت نیتراتی بالایی در طول سال برخوردار بود و همراه با پساب شهرک ایثار از ۲ ایستگاه دیگر متمایز بودند، لذا این ایستگاه حداکثر میانگین سالانه COD را نشان داده است. درجه حرارت آب و هوا تاثیر کمی روی کیفیت پسابها داشته اند و همانطور که انتظار می رفت با افزایش ارتفاع موقعیت ایستگاه ها، میانگین دمای آب نیز کاهش پیدا نموده است.

منابع

- افراز، ع. و. ۱۳۷۵، طبقه‌بندی‌رودخانه‌های‌ورودی‌به‌تالاب‌انزلی‌با استفاده‌از منحنی‌های‌شاخص‌کیفیت، بولتن علمی‌شیلات‌ایران، شماره، سال‌پنجم، ۱۷ ص.
- بارتلی، ۱۹۹۵ . استاندارد کیفیت آب در آمریکا، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا.
- روشن طبری، م.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، عبدلی، ا و ملایی، ح.، ۱۳۷۳. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه هراز(سرخرود)، موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران.
- فرمهینی فراهانی، م.، جهان پناه، م. و سواری، ا.، ۱۳۹۱. بررسی پارامترهای هیدرولوژی و بیولوژیکی آبهای ساحلی رودخانه اروند با تاکید بر اعمال مدیریت یکپارچه نوار ساحلی، چهاردهمین همایش صنایع دریایی، ۶ و ۷ دی ماه ۹۱، تهران.
- کمالی زاد، ع.، ۱۳۶۴. کتاب راهنمای آب. انتشارات ایران علمی.
- منزوی، م.ت. ۱۳۶۶. فاضلاب شهری (تصفیه فاضلاب)، جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران.
- نادری، م. ۱۳۸۷. تاثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان در رودخانه هراز بر تنوع و تراکم گروه های تغذیه ای بزرگ بی مهرگان کفزی (جنس های EPT)، پایان نامه دوره دکترا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، ۱۰۰ ص.
- نصراله زاده ساروی ح.، رضایی م.، مخلوق آ.، واحدی ف.، نجف پور ش. ۱۳۹۰. مطالعه آب سطحی رودخانه هراز (شمال ایران) با تاکید بر استاندارد کیفیت آب. مجموعه مقالات هفدهمین همایش ملی سالانه انجمن متخصصان محیط زیست ایران، ۵۰۷-۴۹۳.
- نصراله زاده ساروی ح.، شعبانی خ.، موسوی س.م. ۱۳۷۵ .بررسی هیدرولوژی و هیدروبیو لوژی رودخانه تنکابن در سال ۱۳۷۴، انتشارات مرکز تحقیقات شیلات استان مازندران. ۵۶ ص.
- واردی، س.ا.، نگارستان، ح.، واحدی، ف.، سلیمان رودی، ع.، غلامی پور، س.، صفری، ر.، نجف‌پور، ش.، نصراله زاده، ح.، افرایی، م.ع.، یعقوب زاده، ز و زاهدی، آ.، ۱۳۸۶. بررسی تاثیر متقابل فعالیتهای تولیدی بر اکوسیستمهای حوضه دریای خزر- فعالیت ۱- مزارع تکثیر و پرورش رودخانه هراز، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۸۲-۰۷۱۰۳۳۶۰۰۰-۲۲

- Anyanwu, E.D. 2012. Physico- chemical and some trace metal analysis of Ogba river, Benin city, Nigeria, *Jordan Journal of biological sciences*, 5(1): 47 – 54.
- APHA, 2005. Standard method for the examination of water and wastes water. American publication Health. Assocdatron Washington, U. S. A. 10.1-10.47.
- Boyd, C.E. and Frobish, L.T.,1990. Water Quality in ponds for aquaculture. Birmingham Publishing Co, Birmingham, Alabama.
- CEC (Commission of European Communities), 1978. Council Directive of 18 july 1978 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life, (78/659/EEC), Official Journal, L/222, 1-10.

- CEC (Commission of European Communities), 1980. Council Directive of 15 july 1980 relating to the quality of water intended for human consumption, (80/778/ EEC). Official Journal, L/229,23.
- Chaurasia, N.K. and R.K. Tiwari. 2011. Effect of industrial effluents and wastes on physico-chemical parameters of river Rapti, *Advances in Applied Science Research Research*, 2(5): 207 – 211.
- Committee for fisheries, 1993. List of Maximum Allowable Concentrations and Approximately Harmless levels of Impact of toxic chemicals on water bodies of fisheries importance. Kolos. Moscow.
- Elizabeth K.M and L. Premnath Naik. 2005. Effect of polluted water on human health, *poll*.Res., 24(2): 337 – 340.
- Environment Canada, 1987. Canadian Water Quality Guidelines. Prepared by the Task Force on Water Quality Guidelines of the Canadian Council of Resource ministers, Environment Canada, Ottawa.
- GoB, Environment Conservation Rules, 1997. Bangladesh Gazette, The Ministry of Environment and Forest, The Government of the people's Republic of Bangladesh, 27th August.
- IUCN/WCPA. 1999. Guidelines for marine protected areas. Edited and cordinated by Graeme Kelleher.
- Kabir, ES., Kabir, M, Islam, SM, Mia CM, Begum, N., Chowdhury, DA., Sultana, SM., Rahman, SM. 2002. Assessment of effluent quality of Dhaka export processing zone with special emphasis to the textile and dying industries, Jahangimagar *Uni.J.Sci.,* 137-138.
- Kazi, T.G., M.B.Arain, M.K. Jamali, N. Jalbani, H.I. Afridi, R.A. Sarfraz, J.A. Baig, A.Q. Shah, 2009. Assessment of Water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques, A case study, *Ecotoxicology and environmental safety*, 72(2) : 301 – 309.
- Kolo, R.J. and Oladimeji, A.A. 2004. Water quality and some nutrient levels in Shiroro lake, Niger State, Nigeria, *Journal of Aquatic Sciences*, 19(2): 99-106.
- Ojutiko, R.O. and Kolo, R.J., 2011. Temporal and spatial variations in some physico-chemical parameters of river Chanchaga, Niger State, Nigeria, *Journal of Applied biosciences*, 47: 3242-3245.
- Phiri, O., Mumba, P., Moyo, B.H.Z., Kadewa, W., 2005. Assessment of the impact of the industrial effluents on water quality of receiving rivers in urban areas of Malawi, *International Journal of Environmental Science and technology*, 2: 237 – 244.
- Rajmohan, N., N. Elango., Ramchandran, S. and Natarajan, M., 2003. Major Ion correlation in ground water of Kancheepuram region, south India, Ind.*J.Env.Prot.*, 45(1): 5 – 10.
- Sapozhnikov, V.N., A.E. Agativa, N.V. Arjanova, E.A. Nalitova, N.V. Mardosova, V.L. Zobarowij and E.A Bandarikov. 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L. and Parkin, G.F. 2003. Chemistry for Environmental Engineering and Science.(5th. Ed), Newyork: McGraw-Hill.
- Sen, S., Kanti Paul, M. and Borah, M. 2011. Study of some physico-chemical parameters of pond and river water with reference to correlation study, International *Journal of Chem Tech Research*, 3(4).1802 – 1807.
- Shivayogimath, C.B., Kalburgi, P.B., Deshannavar, U.B. and Virupakshaiah, D.B.M., 2012. Water Quality Evaluation of River Ghataprabha, India., *I Research Journal of Environment Sciences*, 1(1), 12-18.
- Singh Bhandari, N. and Nayal, K. 2008. Correlation Study on physico-chemical parameters and Quality assessment of Kosi river water, Uttarakhand, *E-Journal of Chemistry*, 5(2): 342-346.
- Singh, G, 1980. Water supply and Sanitary Engineering, vol. 2. Edition- standard publishers Distributors. Dehli.
- Sinha, A.K., Srivastava, K.P. and Sexena, J. 2000. Impact of urbanization on groundwater of Jaipur, Rajasthan, Earth resources and environmental issue.
- Sreeja, V., Ramalingom Pillai.,A. 2012. Assessment on the characteristics of river Kodayar with reference to physico-chemical parameters, *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 2(1): 5-8.
- Srivastava, A., Ravi, Kr., Gupta, V., Agarwal, G., Srivastava, S. and Singh, I. 2011. Water Quality Assessment of Ramganga river at Moradabad by physico-chemical parameters Analysis, *VSRD Technical & non-Technical journal*, 2(3): 119 – 127.
- Sujitha, P.C., Mitra, D.D., Sowmya, P.K., Mini Priya, R., 2012. Physico-chemical parameters of Karamana river water in Trivandrum district, Kerala, India, *International Journal of Environmental sciences*, 2(3): 1417-1434.
- Swarnalatha, N. and Narsingarao, A., 1992. Ecological Investigation of Lentic Environments with reference to Cyanobacteria and water pollution, Indian.*J.Microbial Ecology*, 3: 41 – 48.
- Unni, K.S., Chauhan, A., Varghese, M. and Naik, L.P. 1992. Preliminary hydro biological studies on river Narmada from Amarkantak to Jabalpur. Aquatic.Ecol., Ed. By S.R. Mishra and D.N. Saksena.

Abstract

This study was conducted to determine water quality of suface water (7 stationts), ground water (5 stations) and wastwater (4 stations) at Haraz River during instuction of Mangol Dam in 2009-2010. This study is to follow physico-chemical fluctutation of waters and compared the data obtained with previous studies and standard levels. Results of current study showed that annual mean with standard error of temperatute, DO, BOD5, COD, $HCO3^-$, $CO3^{2-}$, TA, Ca^{2+}, Mg^{2+}, TH, TSS, TDS, Cl^-, $PO4^{3-}$, $NH4^+$, $NO2^-$ and $NO3^-$ were observed 12.7 (±0.61) centigrade, 10.13 (±0.12), 2.1 (±0.1), 7.71 (±0.99), 28.1 (±6.1), 14.34 (±1.64), 36.30 (±2.33), 64.66 (±2.34), 28.84 (±1.52), 271.62 (±8.41), 0.37 (±0.03), 0.30 (±0.02), 28.02 (±1.96), 0.06 (±0.01), 0.010 (±0.001) and 0.94 (±0.03) mg/l, pH was 8.00 (±0.02) and EC 0.50 (±0.02) ms/cm in surface water. The annual mean with standard error of temperatute, $HCO3^-$, $CO3^{2-}$, TA, Ca^{2+}, Mg^{2+}, TH, TSS, TDS, Cl^-, $PO4^{3-}$, $NH4^+$, $NO2^-$ and $NO3^-$ were observed 21.62 (±1.03) centigrade, 54 (±5), 11 (±5), 57 (±5), 208.6 (±42.5), 109 (±23), 1088 (±165), 0.065 (±0.017), 0.97 (±0.11), 317.8 (±76.2), 0.25 (±0.06), 0.06 (±0.01), 0.0007 (±0.0001) and 0.78 (±0.05) mg/l, pH was 7.37 (±0.07) and EC 1.98 (±0.23) ms/cm in underground water. In addition, the annual mean with standard error of temperatute, DO, BOD5, COD, TSS, TDS, and $NO3^-$ were observed 12.7 (±0.61) centigrade, 13.59 (±0.87), 9.80 (±0.12), 2.22 (±0.18), 7.54 (±1.02), 0.50 (±0.03), 0.320 (±0.008) and 0.990 (±0.016) mg/l, pH was 7.95 (±0.02) and EC 0.64 (±0.01) ms/cm in wastewater. Qualiy of surface water of Haraz River and its branches were almost contained suitable for usual applications, but sometimes the quality of surface water based on BOD5 need to more attention for man uses (such as supply of drinking water). In addition, the quality of surface water was relatively suitable for aquatic based on the aquatic standard levels. Results also showed that water quality index (WQI) was declined from uperstream to downstream and some parameters were not in standard ranges. The quality of surface water classified in group II at all stations based on water classification rules which it shows serious water quality changes due to environmantal destroyed and domestic, agriculture sewage pollutions. Groundwater were affeced by different springs at middle and downstreams which they cuased change physico-chemical charactristics and water quality. Wastewater was classified from good to moderate based on BOD5. The quality of wastewater was declined at donwstream with decreasing DO and pH and increasing BOD5 and pollutants.

Keywords: Physico-chemical charactristics; Surface water; Ground water, Wastewater; Haraz River

Ministry of Jihad – e – Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION – Caspian Sea Ecology Research Center

---

Project Title : A study on water quality and physio- chemicals parameters in surface water, underground water and wastewater of Mangol dam basin (Mazandaran province)
Approved Number: 14-76-12-8916-89185
Author: Hassan Nasrollahzadeh Saravi
Project Researcher : Hassan Nasrollahzadeh Saravi
Collaborator(s) :Hossein .Negarestan,Nima.Porang, Mahmood Ramin, Seyyed ebrahim Varedi, Seyyed mohammad vahid Farabi, fariba Vahedi, Yosef Olomi, Horieh Yonesipour, Abdollah Nasrollah Tabar, Reza Safari, Zahra Yaghobzade, Faramarz Laloei, Morteza Tahmasbi, Maryam Rezaei
Advisor(s): –
Supervisor: Sh.Najafpor
Location of execution : Mazandaran province
Date of Beginning : 2011
Period of execution : 2 Years & 1 Month
Publisher : ***Iranian Fisheries Research Organization***
Date of publishing : ***2015***

All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference

MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION - Caspian Sea Ecology Research Center

Project Title :

A study on water quality and physio- chemicals parameters in surface water, underground water and wastewater of Mangol dam basin (Mazandaran province)

Project Researcher :

Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Register NO.

44137