

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

عنوان:

بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی،
آلاینده های زیست محیطی، میکروبی و
پراکنش موجودات ماکروبنتوزی در آبهای سطحی،
زیرزمینی و پساب حوضه سد منگل (استان مازندران)

مجری:

رضا پورغلام

شماره ثبت

۴۳۴۵۶

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

عنوان طرح : بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی، آلاینده های زیست محیطی، میکروبی و پراکنش موجودات ماکروبتوزی در آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب حوضه سد منگل (استان مازندران)

شماره مصوب طرح : ۱۴-۷۶-۱۲-۸۹۱۶

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : رضا پورغلام

نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرح های ملی و مشترک دارد) : -

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : رضا پورغلام

نام و نام خانوادگی همکار(ان) : عباسعلی مطلبی - حسین نگارستان

نام و نام خانوادگی مشاور(ان) : -

نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : -

محل اجرا : استان مازندران

تاریخ شروع : ۸۹/۱۲/۱

مدت اجرا : ۲ سال و ۴ ماه

ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۳

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»

طرح : بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی، آلاینده های زیست محیطی، میکروبی و

پراکنش موجودات ماکروبتوزی در آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب حوضه سد

منگل (استان مازندران)

کد مصوب : ۱۴-۷۶-۱۲-۸۹۱۶

تاریخ : ۹۲/۶/۱۶

شماره ثبت (فروست) : ۴۳۴۵۶

با مسئولیت اجرایی جناب آقای رضا پورغلام دارای مدرک تحصیلی دکتری تخصصی

در رشته بهداشت و بیماریهای آبزیان می باشد.

طرح توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ ۹۲/۴/۱۲

مورد ارزیابی و با رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای طرح مجری در :

ستاد پژوهشکده مرکز ایستگاه

با سمت رئیس پژوهشکده در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر مشغول بوده است.

عنوان	فهرست مندرجات	صفحه
چکیده		۱
۱. مقدمه		۳
۱-۱- محدوده احداث سد مخزنی منگل در رودخانه هراز		۳
۱-۲- کیفیت آب رودخانه هراز		۵
۱-۳- سموم ارگانوکلره		۷
۱-۴- عناصر فلز سنگین		۹
۱-۵- شوینده ها		۱۱
۱-۶- ماکروبتوزها		۱۲
۱-۷- آلودگی میکروبی		۱۴
۲- مواد و روش ها		۱۹
۲-۱- موقعیت رودخانه هراز و ایستگاههای نمونه برداری		۱۹
۲-۲- پارامترهای فیزیکوشیمیایی		۲۲
۲-۳- آلاینده های زیست محیطی		۲۵
۲-۴- ماکروبتوزها		۲۸
۲-۵- آلودگی میکروبی		۲۹
۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری		۳۱
۳- نتایج		۳۴
۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی		۳۴
۳-۲- سموم ارگانوکلره		۶۲
۳-۳- عناصر فلزات سنگین		۸۵
۳-۴- شوینده ها		۱۰۱
۳-۵- گروه ماکروبتوزها		۱۰۹
۳-۶- آلودگی میکروبی		۱۴۳
۴- بحث و نتیجه گیری		۱۵۲
۴-۱- پارامترهای فیزیکوشیمیایی		۱۵۲

صفحه	عنوان
۱۶۳	۴-۲- آلاینده های زیست محیطی
۱۶۹	۴-۳- گروه ماکروبتوزها
۱۷۲	۴-۴- آلودگی میکروبی
۱۷۶	منابع
۱۸۸	پیوست
۲۱۸	چکیده انگلیسی

چکیده

در مطالعه حاضر، بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی، آلاینده های زیست محیطی، موجودات ماکروبتوتوزی و عوامل میکروبی در نمونه های آب ایستگاههای سطحی، آبهای زیرزمینی و پساب ها در طرح احداث سد مخزنی منگل واقع در رودخانه هراز با طول و عرض جغرافیایی "۴۹' ۲۲" ۵۲° و "۴۳' ۱۵" ۳۶° طی سال های ۸۹-۱۳۸۸ صورت پذیرفت که نتایج حاصله بدین شرح است:

مقادیر سالانه پارامترهای کیفی آبهای سطحی مناسب کاربرد عمومی بوده ضمن اینکه محدوده BOD آن گاه در گروه های با کیفیت پایین جهت بهره برداری انسانی نیاز به تمهیدات بیشتری است. شاخص کیفیت آب از ایستگاههای بالا به سمت پایین دست رودخانه رو به کاهش و نیز برخی از پارامترها در محدوده مجاز استاندارد قرار نداشت. طبق نظام طبقه بندی، ویژگی آب در تمام ایستگاهها بواسطه تخریب محیط زیست، پساب خانگی و کشاورزی (گروه II) دارای تغییرات جدی است. آبهای زیر زمینی تحت تاثیر چشمه های مناطق میانی و پایین دست رودخانه قرار داشته بطوریکه خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کیفیت آنها تغییر یافت. محدوده BOD در نمونه های پساب در حد تمیز تا متوسط بوده بطوریکه در نزدیکی به منطقه شهری (شهرک ایثار) و ورود بیشتر آلاینده ها، DO و pH کاهش و BOD5 افزایش را نشان داد. حداکثر غلظت ترکیبات آلدترین و اندرین بمقدار ۱/۵۱ و ۲/۸۵ میکروگرم برلیتر، میانگین و خطای معیار آنها به ترتیب $۰/۵۹ \pm ۰/۶۶$ و $۱/۰۷ \pm ۰/۷۱$ میکروگرم برلیتر مشاهده گردید. حداکثر درصد سموم در فصول پاییز، زمستان و بهار بترتیب ۴۲، ۲۵ و ۲۵ درصد بترتیب برای DDD, β -BHC, endosulfan sulfate تعیین گردید. حداکثر غلظت عناصر سنگین در فصول پاییز، زمستان و بهار بترتیب در حد ۱/۴۸، ۳/۳ و ۸/۲۲ میلیگرم برلیتر فقط برای فلز آهن و نیز جیوه در حد ۱۷/۲ میکروگرم برلیتر در فصل بهار تعیین گردید. میانگین و خطای معیار روی و آهن به ترتیب $۱/۰۱ \pm ۰/۲۳$ و $۲/۰۰ \pm ۱/۲۱$ میلی گرم برلیتر و نیز عنصر جیوه در حد $۶/۳۸ \pm ۴/۶۵$ میکروگرم برلیتر مشاهده گردید. بیشترین مقدار درصد عناصر سنگین در فصول پاییز، زمستان و بهار به ترتیب ۶۶، ۸۳ و ۷۲ برای فلزات نیکل، روی و آهن مشاهده

گردید. حداکثر غلظت شوینده‌ها در حد ۹۷۱ میکرو گرم برلیتر با میانگین و خطای معیار در فصل تابستان ۵۲/۱۶ \pm ۴۱۸/۶۲ میکرو گرم برلیتر گزارش گردید. مقدار درصد شوینده‌ها در فصول پاییز، زمستان، بهار و تابستان به ترتیب ۷۶، ۷۶، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد در ایستگاهها مشاهده گردید. تعداد ۱۵ خانواده از ماکروبتوزها طی چهار فصل شناسایی گردید. حداکثر تراکم و زی توده با میانگین و خطای استاندارد سالانه به ترتیب 256 ± 1177 عدد در متر مربع و 935 ± 3609 میلی گرم در متر مربع در ایستگاههای سرخرود و نور رود مشاهده گردید. حداکثر تراکم و زی توده با میانگین و خطای معیار فصلی به ترتیب 444 ± 1185 عدد در متر مربع (پاییز) و 849 ± 3891 میلی گرم در متر مربع (زمستان) مشاهده گردید. براساس شاخص زیستی هیلسنهوف، ایستگاه سرخرود "بسیار نامطلوب"، ایستگاه شهرک ایثار "نسبتا نامطلوب" و ایستگاههای کره سنگ و نور رود " خوب" ارزیابی گردیدند. بیشترین میانگین تعداد توتال کلیفرم و میزان کلیفرم مدفوعی در آب سطحی (سرخرود)، آبهای زیرزمینی (هلومسر و آب اسک) به ترتیب ۴/۹، ۲/۳، ۴ و ۱/۷ برحسب CFU/100ml بود. بیشترین میانگین لگاریتم تعداد توتال کلیفرم و میزان کلیفرم مدفوعی پساب به ترتیب ۳/۱ و ۱/۶ برحسب CFU/100ml در ایستگاه نور رود بود. دامنه تغییرات سالانه تعداد تخم کرمهای نماتود از ۳۰ تا ۱۲۴ عدد در ایستگاه نور رود و شهرک ایثار در نوسان بود.

واژه های کلیدی: خصوصیات فیزیکوشیمیایی، آبهای سطحی و زیرزمینی، آلاینده های آلی، ماکروبتوز، شاخص هیلسنهوف، کلیفرم، نماتود، رودخانه هراز

آب در تکوین حیات و ادامه زندگی در کره خاکی نقش مهمی را ایفا می نماید. اصولاً آب به عنوان اساس و زیربنای محیط زیست در نظر گرفته می شود. جمعیت دنیا در سال ۱۹۹۷ میلادی حدود ۵/۸ میلیارد نفر بوده و با توجه به رشد روز افزون، جمعیت در سال ۲۰۲۵ میلادی به حدود ۸/۰۴ میلیارد نفر خواهد رسید. با رشد جمعیت، محدودیت زمین های کشاورزی و نیاز روز افزون غذا در ۵۰ سال آینده، تسریع در راندمان تولیدات کشاورزی به شدت احساس می گردد. لذا نیل به دستیابی راندمان بالا نیاز به افزایش مصرف سموم در واحد سطح را در پی خواهد داشت که امری ضروری محسوب می گردد (Yu, 2008). افزایش میزان بهره برداری ناگزیر با افزایش تولید ضایعات و پسماندها همراه بوده است. در سال های اخیر اکوسیستم های رودخانه ای بطور فزاینده ای تحت تاثیر فعالیت های انسانی قرار گرفته اند (واردی و همکاران، ۱۳۸۶). واکنش های فیزیک و شیمیایی آب در تداوم حیات، رشد و تولید مثل آبزیان مؤثر می باشد. تخریب مراتع و جنگل ها در مناطق بالادست رودخانه با ریزش های تند جوی موجب فرسایش خاک و در نهایت گل آلودگی و تغییر رنگ آب رودخانه شده و علاوه بر اختلالات بوجود آمده در جذب مواد غذایی موجب به خطر افتادن زندگی جانوران آبرزی خواهد شد.

۱-۱- محدوده احداث سد مخزنی منگل در رودخانه هراز

رودخانه هراز یکی از پر آب ترین رودخانه های شمال ایران است و از ارتفاعات ۵۴۷۸ متری قله دماوند و کوه های 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 تخم ریزی در داخل این رودخانه بیانگر اهمیت آن در بهبود 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 ۸ سر شاخه (لار، زیار، لکرود، شیرکله، نمارستاق، نور، چلاو و منگل) می باشد. رودخانه دارای ۱۸۵ کیلو متر طول و پیرامون حوزه آن حدود ۲۷۰ کیلومتر می باشد. مساحت

حوزه آن ۴۰۶۰ کیلومتر مربع، بارندگی متوسط حوزه ۸۳۲ میلی متر و 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 و مابقی آن در طول سال به دریا می ریزد. 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. احداث سد لار بر روی رودخانه لار به کنترل سیلابهای این حوزه کمک زیادی کرده است (شرکت سهامی آب منطقه ای ۱۳۶۴ و ۱۳۸۰). افزایش مواد معلق همواره پس از هر برداشت بسیار چشمگیر است. محاسبات نشان داد، در ازای هرتن برداشت حدود ۲۰۰ کیلوگرم از مواد و ذرات ریز درون آب رها و نیز حدود ۴ تن در روز برای رودخانه هراز محاسبه میشود. مطالعه انجام شده در اروپا نشان میدهد، تا ۱۰ کیلومتر پائین تر از محل برداشت شن و ماسه و با رها شدن مواد معلق حدود ۷۵ درصد کاهش تراکم موجودات آبی رخ داده است (کیایی ۱۳۷۴). آب این رودخانه با رژیم برفی، یخچالی بطور عمده از ذوب برف ارتفاعات آن تامین می شود. عرض رودخانه از ۵-۵۰ 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 ۱ درصد و حد واسط ابتدای دشت و شهر آمل حدود ۷-۸ درصد و در بالادست آمل ۱۳-۱۲ درصد می باشد. رودخانه هراز سیلاب های بزرگ حوضه آبریز خود را به دریا تخلیه می کند. 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 علیا، سنگلاخی، آهکهای خاکستری و خاکستری تیره و روشن می باشد و در قسمت سفلی

بستر از گل رس پوشیده شده است. گستره جغرافیایی حوزه آبریز رودخانه هراز در محدوده طول های $51^{\circ} 20'$ الی $52^{\circ} 40'$ شرقی و عرض های $35^{\circ} 45'$ الی $36^{\circ} 35'$ شمالی واقع شده است. موقعیت جغرافیایی محور سد مخزنی منگل در طول جغرافیایی $49^{\circ} 22'$ و عرض جغرافیایی $33^{\circ} 15'$ در فاصله ۲۶ کیلومتری جنوب شهر آمل بر روی رودخانه هراز، کمی پایین تر از الحاق رودخانه های منگل و چلاو رود به رودخانه هراز، قرار گرفته و دسترسی به محل سد از طریق جاده هراز امکان پذیر می باشد (مهندسی مشاور خزر آب، ۱۳۹۰).

۲-۱- کیفیت آب رودخانه هراز

آب شاخه های فرعی رودخانه هراز از سر چشمه تا محل تلاقی به شاخه اصلی سالم و قابل شرب بوده لکن با تخلیه فاضلاب رستوران ها، خانه ها و اماکن عمومی کناره جاده هراز بداخل جریان اصلی رودخانه، آب آن آلوده می شود. آب رودخانه هراز دارای ۳ مرحله کاملاً متمایز بشرح زیر است:

مرحله ۱: سرچشمه شاخه های فرعی این رودخانه 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.

مرحله ۲: شاخه اصلی رودخانه هراز از ابتدای پلور آغاز و تا ۳۰ کیلومتری شهرستان آمل ادامه می یابد. این مسیر بطول ۱۰۰ کیلومتر است که هیچ منشا آلودگی صنعتی و کشاورزی مشاهده نشده است، لکن در این فاصله فاضلاب حداقل ۵۵ رستوران و چلوکبابی دهکده بیلاقی، گرمابه ها، تعویض روغن ها و غیره به رودخانه تخلیه می گردد. 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.

مرحله ۳: از محل تخلیه زباله شهرداری آمل در کنار رودخانه هراز شروع شده و به دریا ختم می گردد. طول این مسیر که حدوداً ۵۰ کیلومتر می باشد، در معرض انواع آلودگی شهری، کشاورزی و صنعتی قرار دارد. بزرگ

ترین 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 (روشن طبری و همکاران ۱۳۷۳) نشان داد، رودخانه هراز دارای آبی با pH در حدود قلیایی ضعیف و خیلی ضعیف بود که از گروه آبهای سخت تا بسیار سخت به شمار می رود. میزان اکسیژن محلول آن در زمستان به حداکثر میرسد. میزان هدایت الکتریکی (¹EC) آب در مصب رودخانه نسبت به سایر ایستگاهها بواسطه اختلاط آب دریا با رودخانه حداکثر بوده است. یون آمونیم احتمالاً به دلیل استفاده از کود های شیمیایی در مزارع و باغات اطراف رودخانه در بهار بیشترین میزان و احتمالاً پس از کم آبی فصل تابستان با بارندگی های متناوب و شستشوی مداوم زمینهای کشاورزی حداکثر میزان فسفات در فصل پاییز مشاهده گردید. تغییرات اکسیژن خواهی شیمیایی (²COD) نیز در ایستگاه های نزدیک به فاضلابهای روستایی افزایش داشته است. نتایج مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد، اکسیژن محلول در زمان پرآبی رودخانه افزایش محسوس داشته است. مقادیر pH آب رودخانه ۵/۶۰-۸/۰۰ واحد در نوسان و حداکثر EC در فصل زمستان بود. با افزایش دبی آب رودخانه در فصل بهار، کمترین مقدار ³BOD₅ مشاهده گردید. دامنه تغییرات میزان فسفات و فسفر کل از ورودی مزارع پرورش ماهی بالادست به ورودی مزارع پایین دست روندی افزایشی و اثرات تخریبی آن در مزارع پرورش ماهی بین فسفات و فسفر کل معنی دار بوده است. نتایج حاصل از بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه هراز در مطالعه نادری (۱۳۸۷) حاکی از تغییرات بیشتر ⁴DO و ⁵BOD در ایستگاهها بدلیل افزایش دما، کاهش دبی آب و افزایش فعالیت مزارع پرورش ماهی در فصل تابستان بوده است. در تابستان، با بالا رفتن دمای آب رودخانه و افزایش فرایند نیتریفیکاسیون بنظر می رسد مقادیر آمونیم و نیتريت ناشی از فعالیت مزارع در این فصل از سایر فصول بیشتر است. کیفیت آب رودخانه در برخی از کشورها براساس اثرات

¹ Electrical Conductivity

² Chemical Oxygen Demand

³ Biological Oxygen Demand

⁴ Dissolved Oxygen

متقابل فاکتورها و عوامل مختلف تعیین می گردد. در آمریکا، براساس تعیین DO, BOD، آمونیاک و تست های بیولوژیکی با ماهی قزل آلا انجام ولی در انگلستان براساس نظام شاخص کیفیت می باشد (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۷۵، ۱۳۹۰).

۳-۱- سموم ارگانوکلره

امروزه حدود ۹۰۰ ترکیب شیمیایی با تایید سازمان حفاظت محیط زیست امریکا شامل علف کش ها، حشره کش ها، قارچ و حلزون کش ها، موش کش ها هستند به ترتیب ۲۸، ۲۵، ۲۰، ۴ و ۲۳ درصد را شامل شده مورد استفاده قرار می گیرند (Ware and Whitacre, 2004). در بین سال های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ حدود ۷۵ ترکیب فعال در آژانس حفاظت محیط زیست امریکا ثبت گردید که بیش از نصف آنها جزء ترکیبات متعارف شیمیایی و اکثر مابقی آنها به ترکیبات ریسک پذیر تقلیل یافته است (Ware and Whitacre, 2004). با استفاده وسیع سموم (قارچ کش ها، حشره کش ها و علف کش ها) و حاصلخیز کننده ها (کود های شیمیایی) آبهای سطحی و زیر زمینی و به میلیونها تن مواد سمی و شیمیایی آلوده می گردند. از باقی مانده سموم در خاک مزارع با شستشوی خاک بر اثر بارندگی های مداوم به همراه نشتاب و پساب به رودخانه ها سبب آلوده نمودن آبهای سطحی و زیر زمینی می گردد. تحقیقات در تالاب ونیز ایتالیا نشان داد، در ماکروآلگها، ساقه و برگ جلبکها ترکیبات پلی کلروبی فنیل ها (PCBs)، DDT و مشتقات آن از قبیل DDE, DDA و DDD، لیندین، BHC وجود داشته است. در نمونه های فوق، غلظت مجموع DDT's، بنزن هگزا کلراید و PCBs به ترتیب ۱۰/۶، ۱۰/۶ و ۱۳ نانوگرم بر گرم گزارش گردید (Babu Rajendran et al., 1992; Sfriso et al., 1993). سم ارگانوکلره BHC دارای ایزومرهای α و β ، δ و گامای آن لیندین است. تحقیقات نشان داد، سم فوق عامل سرطانزایی برای موش ها و انسان ها محسوب می گردد. غلظت و دوز این سم برای ۵ گونه از ماهیان آب شیرین در طول ۹۶ ساعت با مرگ و میر ۵۰ درصد (LC_{50}) در حد ۰/۲ تا ۰/۰۵ میلیگرم در لیتر بوده است (Tomlin, 2000). سم ارگانوکلره DDE با از دست دادن

یک کلر از گروه CCl_3 - از DDT مشتق و نیز درجه سمیت DDE در مقایسه با DDT کمتر بوده و بعنوان علف کش مورد استفاده قرار نمی گیرد. اکثر هیدروکربن کلرینه دریا و حدود ۸۰ درصد هیدروکربورهای موجود در ارگانیزم های دریایی از DDT تشکیل می شوند و به احتمال قوی تمامی DDE با شکستن DDT مشتق می گردد (Clark, 1992). در جمع بندی کلی، نیمه عمر تقریبی برخی از ترکیبات سموم ارگانوکلره بین ۳ الی ۱۵۰ سال (UBA, 1993) و مصرف بیش از حد آنها سبب می گردد که مضار آنها متوجه انسان ها گشته و هر روز مردم زیادی را به بیماری های لاعلاج مبتلا می نماید. تاکنون چندین مطالعه در زمینه باقی مانده سموم ارگانوکلره در آب رودخانه های بابلرود، رودخانه چالوس، شیروود، چشمه کیله تنکابن و رودخانه تجن صورت پذیرفته است (نجف پور و همکاران، ۱۳۸۴، ۱۳۸۶، لالوئی و همکاران ۱۳۷۵، شرکت مهندسی مشاور خزر آب، ۱۳۷۷).

تحقیقات نشان داد که مقدار در صد سموم ارگانوکلره نظیر د.د.ت، د.د.ائی، کلتان، ایزومر های آلفا و بتا بنزن هگزا کلراید و لیندین در چهار فصل نمونه برداری در شش ایستگاه رودخانه بابلرود بترتیب ۵۸، ۴۶، ۷۵، ۳۸، ۷۵ و ۵۰ درصد از کل نمونه ها بود (نجف پور و همکاران، ۱۳۸۰). سم لیندین همانند سم د.د.ت نسبت به حشرات سمی است. این ماده بطور فوق العاده نسبت به نور، هوا، دما تا ۱۸۰ درجه سانتی گراد و اسیدها مقاوم است. حلالیت لیندین در آب $7/3$ میلی گرم درلیتر در دمای $25^{\circ}C$ و ۱۲ میلی گرم درلیتر در دمای $35^{\circ}C$ متغیر است. این سم معمولاً در آخرین زنجیره غذایی تجمع پیدا می کند. بعنوان مثال در مقدار تجمع آن در کبد ماهی کاد در سال ۱۹۷۷ بمقدار ۳۰۰ میکروگرم برکیلوگرم و در سال ۱۹۷۸ به میزان ۵۰ میکروگرم برکیلوگرم گزارش شده است. این سم دارای چندین ایزومر می باشد و فراوان ترین آن ایزومر گاما است که ۹۹ درصد آن را شامل می گردد. ترکیب لیندین از قدرتمندترین حشره کش ها بوده و بخاطر بو و طعم نامطبوع گیاهی، استفاده زیاد از آن محدود گردیده است (Tomlin, 2000). مطالعات نشان داد، حداکثر غلظت سموم ارگانوکلره β -BHC, Kelthan

DDT و Dieldrine Aldrine, DDE, α -BHC, Lindane, در رودخانه شیروود دارای دامنه تغییراتی به ترتیب درحد ۳۰، ۲۷، ۲۴، ۲۰، ۱۳، ۱۱ و ۸ میکروگرم بر لیتر درطول یکسال بوده است (نجف پور و همکاران، ۱۳۸۶).

۴-۱- عناصر فلز سنگین

با تخلیه فاضلاب ها، پساب ها و پسماندهای حاوی فلزات سنگین محیط زیست رودخانه را آلوده نموده و ممکن است در ستون آب پخش و یا در رسوبات بستر رودخانه ته نشست نماید. فلزات سنگین تجمع یافته در رسوبات از طریق فرآیندها نقش بالقوه ای در آلوده کردن منابع آبی و ارگانسیم ها دارند (Choi et al., 2008)، واردی و همکاران، ۱۳۸۹). مسئله خود پالایی رودخانه ها نیز در مقابله با آلودگی های مختلف از حد حدود معینی بر خوردار و نیز قدرت خودپالایی طبیعی در آبها باعث میگردد که آبهای جریان دار و آلوده شده بعد از طی مسافتی با اکسیژن گیری و پدیده های زیستی باعث ایجاد پالایش این آبها می گردد تا جایی که می گویند در شهر لندن از یک لیوان آب شیرین حدودا ۷ بار در مصارف مختلف انسانی و کشاورزی استفاده می شود و یا در شهر بوداپست که آب شرب آن از رودخانه دانوب تامین می شود قبل از ورود رودخانه به شهر بزرگ بوداپست کلیه فاضلابهای تصفیه شده شهرهای کوچک و بزرگ در مسیر قبلی وارد آن می شود ولی آب رودخانه کیفیت مطلوب خود را جهت مصرف حفظ می نماید (Maitland, 1990). هر متر مکعب فاضلاب تصفیه نشده می تواند ۴۰ تا ۶۰ متر مکعب آب شرب را آلوده نماید و در صورت عدم تامین اکسیژن محلول این آبها، برای هیچ یک از مصارف انسانی قابل استفاده نمی باشند. افزایش دبی رودخانه ها تا حدی به واسطه افزایش مواد جامد معلق و کدورت آب عدم آلودگی آنرا فراهم می سازد ولی در افزایش قدرت خود پالایی رودخانه ها جهت تجزیه آلاینده های مختلف نقش مثبت ایفا نموده و با آن رابطه مستقیم دارد (ایاز، ۱۳۷۴). فاضلاب و یا مواد زائد جامد از طریق منابع مختلف وارد آب های سطحی می شوند و به موازات آن خنثی سازی عوامل آلوده کننده این ضایعات از طریق اعمال مدیریت صحیح در دفع پسماندها و مواد زاید جامد خانگی و صنعتی و جلوگیری از

ورود آنها به منابع آب از جمله اقدامات اولویت دار برنامه های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور قرار میگیرد. رودخانه هراز یکی از پرآبترین رودخانه های مهم حوضه آبریز دریای خزر که سالانه هزار تن گوشت ماهی قزل آلا تولید می کنند. حجم فاضلابهای تولیدی بسته به رقیق سازی و ظرفیت خود پالایی محیط آبی و مشخصات فیزیکی شیمیایی و باکتریولوژیکی بالادست آب رودخانه از محل تخلیه و اثرات ناحیه ای آن بر روی محیط آبی با مقیاس وابستگی فاصله بررسی می شود (Rui et al., 1997). تحقیقاتی در شرق کانادا نشان داد، ارتباط بین فاکتور های فسفات، آمونیم، سیلیکات، اکسیژن محلول، آهن و منگنز و آبهای ورودی رابطه معنی داری با غنی سازی آنها دارند اما برای فلزات کادمیم و روی این ارتباط دیده نشده است (Strain & Yeats, 1999). فلزات سنگین برعکس مواد زائد آلی، آلوده کننده های پایدارند که معمولاً توسط باکتری ها تجزیه نشده و در صورت اتفاق بسیار کند و بطئی است که می توان آنها را بعنوان افزودنیهای پایدار به محیط زیست آبی محسوب نمود (Clark, 1992). فلزات سنگین به عنوان یکی از آلاینده های محیطی اثرات مختلفی مانند کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و نیز مرگ و میر در آبزیان را به همراه دارد (Mance, 1990). عمده ترین مسیر دفع فلزات سنگین در ماهیان از طریق مدفوع است. محاسبه میزان ورود فلزات به محیط آبی از طریق مدفوع ماهیان با دانستن تراکم مواد معدنی موجود در غذای مصرف شده کارآیی تبدیل غذا و میزان جذب فلز امکان پذیر است (نیکوئیان، ۱۳۸۲). با وجودی که مس برای ماهی بسیار سمی است از ترکیبات آن بویژه سولفات مس در پرورش ماهی و شیلات به عنوان جلبک کش و برای پیشگیری و درمان برخی از بیماریهای ماهی استفاده می شود. نوسانات غلظتی قابل قبول مس در آب برای نگهداری ماهی و تاثیری قوی آن بسته به خصوصیات فیزیکی شیمیایی آب و گونه ماهی از ۱ تا ۱۰ میکروگرم بر لیتر متغیر بوده است (غفاری و شریف پور، ۱۳۸۰). کادمیم در آبهای سطحی با غلظت های بسیار کمتر و معمولاً همراه با روی دیده می شود. کادمیم موجود در آبهای سطحی می تواند محلول یا غیر محلول باشد. شکلهای

محلول که می توانند برای ماهی مسمومیت زا باشند شامل یونهای ساده و ترکیبات یونی آلی و معدنی هستند. غلظت حاد کشنده کادمیم برای گونه های مختلف ماهی از ۲ تا ۲۰ میلی گرم بر لیتر است. سمیت کادمیم با افزایش مقادیر کلسیم و منیزیم آب کاهش می یابد (نیکوئیان، ۱۳۸۲).

۵-۱- شوینده ها

در سال ۱۹۱۶، اولین شوینده مصنوعی در آلمان و در سال ۱۹۴۶ در ایالات متحده آمریکا ساخته شد. شوینده ها عوامل پاک کننده غیر صابونی است که برخلاف صابون با نمکهای معدنی آب ترکیب نمی شوند و ترکیبات نامحلول نمی دهند (دبیری اصفهانی، ۱۳۶۴ و وب سایت www.cleaning101.com). در سال ۱۹۶۰ بیشترین شوینده ایی که گزارش شد مربوط به آلکیل بنزن سولفونات شاخه ای (ABS) بود که به دلیل مقاومت به تجزیه بیولوژیکی مشکلات تصفیه فاضلاب را افزایش داد ولی از سال ۱۹۶۷ به بعد مصرف آن در برخی کشورها متوقف شد و به جای آن از اسیدهای کربوکسیلیک و آلکیل بنزن سولفونات خطی (LAS) که در برابر تجزیه بیولوژیکی مقاومت چندانی ندارد استفاده شد (Scott & Jones, 2002). ساختمان شیمیایی شوینده ها از یک قسمت آبدوست (هیدروفیل) قطبی و یک قسمت آبگریز (هیدروفوب) غیر قطبی و لیوفیل است، بار الکتریکی این دو قسمت نیز متفاوت است و به همین دلیل شوینده ها می توانند مواد قطبی و غیرقطبی را جذب کنند. مواد اولیه برای تولید این دو قسمت نیز متفاوت می باشند (ایماندل، ۱۳۷۵ و وب سایت www.cleaning101.com). آثار سوء حیاتی شوینده ها بر محیط زیست شامل تجمع کف بر روی آبهای سطحی که عامل جلوگیری اکسیژن گیری آب، تولید بو و طعم نامطبوع در آب، اثرات سمی بر موجودات زنده مانند موجودات آبی و گیاهان، تخریب و انهدام اکوسیستم، حذف و کاهش مواد معلق آب، بخودگیری میکروب های بیماری زا و مساعد نمودن شرایط محیطی در جهت شیوع بیماریها، مراحمت در امر انعقاد و ته نشینی و صاف کردن آب، وقوع پدیده یوتروفیکاسیون با مصرف فسفاتها می باشند. شوینده ها قادرند حالت و کیفیت پروتئین را تغییر دهند و متابولسیم باکتری ها را مختل

سازند و موجب کندی اعمال حیاتی آنها گردند، این امر ناشی از اثر شوینده‌ها در کاهش کشش سطحی آب می‌باشد. ماهیان و آبزیان نیز از آثار سوء شوینده‌ها بی‌بهره نیستند زیرا شوینده‌ها باعث کاهش میزان اکسیژن گیری آب می‌شوند (دبیری، ۱۳۷۵ و Rand, 1995). شوینده‌ها در صنایع غذایی، دارویی، سموم کشاورزی، نساجی، چوب، صنعت پلاستیک، رنگها و جلاها و... دارای کاربرد وسیع می‌باشند. در کشور ایران بیش از ۹۰ درصد شوینده‌ها از نوع الکیل بنزن سولفاتهای خطی است (تیزکار، ۱۳۷۸). سمیت شوینده‌ها در ماهی می‌تواند تحت تاثیر برخی از عوامل زیستی و بویژه غیر زیستی قرار گیرد. برخی اوقات حساسیت ماهی به شوینده‌ها در هنگام رشد و نمو جنینی و لاروی بیشتر از مراحل جوانی و بلوغ است. نتایج تحقیقات در مورد رابطه بین سمیت و ساختمان مولکولی نشان داده اند که سمیت (سولفاتانهای خطی آلکیل بنزن) در ماهی با افزایش طول زنجیره مولکولی به نحو نمایانی بیشتر می‌شود (غفاری و شریف پور، ۱۳۸۰). در سیستم های آبی معمولاً غلظت شوینده‌ها کمتر از ۱۰۰ میکروگرم برلیتر است مگر در نواحی مثل مصب رودخانه‌ها و نقاط دیگری که دارای منبع آلودگی هستند. شوینده‌ها می‌توانند توسط باکتریها تجزیه شوند ولی در غلظت های زیاد، شوینده‌ها ممکن است نقش خود را نتوانند بخوبی ایفا نمایند زیرا غلظت زیاد شوینده‌ها مانع عمل کرد خوب باکتری می‌گردد (Dakag & Kikodemusu, 1981). تحقیقات نشان داد، مقدار ورودی شوینده‌ها در فاضلاب خام به تصفیه خانه شهرک قدس تهران در محدوده ۱/۲۳ تا ۵/۲۳ میلیگرم در لیتر و در پساب تصفیه خروجی به ۰/۰۹۳ تا ۰/۲۶۳ میلیگرم در لیتر به دست آمد. راندمان حذف شوینده‌ها در تصفیه‌خانه شهرک قدس حدود ۹۳ درصد بود (محوی و همکاران، ۱۳۸۳).

۶-۱- ماکروبتوزها

بررسی موجودات آبی در مطالعات مربوط به شناخت وضعیت زیست محیطی رودخانه‌ها و بررسی آلودگی آب به عنوان شاخص های بیولوژیکی از اهمیت خاصی برخوردار بوده و می‌تواند مکمل خوبی برای بررسی

های فیزیکوشیمیایی و اثبات نتایج حاصله باشد. اهمیت بنتوزها از آنجاست که نقش مهمی در چرخش مواد آلی (Recycling of organic matter) و در تامین منابع غذایی آبزیان (As feed sources for aquatic organisms) دارند. علاوه بر آن از این موجودات به عنوان نشانگر زیست محیطی (As indicators of marine environmental conditions) نیز استفاده به عمل می آید (<http://seashore111.blogfa.com/post-45.aspx>). ماکروبنتوزهای اکوسیستم های آبی، جانورانی بی مهره با تحرک اندک هستند که با چشم غیر مسلح دیده می شوند و شاخص های مناسبی برای ارزیابی اکوسیستم های آلوده هستند (Loch, et al., 1996; Stephens and Farris, 2004). در آبهای شیرین معمولاً رده حشرات که بخش عمده فون بنتیک را تشکیل می دهند، به اشکال لارو (مثل لاروهای راسته Diptera)، نمف (مثل نمف های راسته Ephemeroptera) و بالغ (مثل موجودات راسته Coleoptera) به فراوانی دیده می شوند. حشرات یا شش پایان ساکن خشکی هستند و بعضی بطور ثانویه آبی شده اند و بیش از ۸۰۰ هزار گونه دارند (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰). در آبهای شیرین، علاوه بر حشرات، کرمهای کم تار (Oligochaeta)، سخت پوستان (Crustacea)، نرمتان (Mollusca) و ...، بسته به جنس بستر، میزان دبی و نیز چگونگی کیفیت آب، کم و بیش مشاهده می شوند. ارزیابی زیستی بر اساس ماکروبنتوزهای آبی می تواند مشکلات کیفیت آب را در ارتباط با آلودگی یا آثار دیگر اختلالات، در زمان کوتاهتر و با هزینه کمتر نسبت به سایر روشهای کمی نشان دهد (حاتمی، ۱۳۹۰). به همین دلیل، ارزیابی جوامع ماکروبنتوز یکی از متداول ترین ابزارها برای تشخیص آثار آشفستگی ها بر شرایط جوامع زیستی در نهر هاست (Bergero. et al., 2001). در سالهای گذشته مطالعات متعددی در رودخانه های حوزه جنوبی دریای خزر انجام گرفته که در برخی از آنها ماکروبنتوزها نیز مورد بررسی قرار گرفته اند (روشن طبری و همکاران، ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵، نجف پور و همکاران، ۱۳۸۶). در سالهای ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ در رودخانه هراز مطالعه ای تحت عنوان "بررسی تأثیر متقابل فعالیتهای تولیدی بر اکوسیستم های حوزه دریای خزر، فعالیت ۱: مزارع تکثیر و پرورش رودخانه هراز" انجام شد (واردی و همکاران، ۱۳۸۶) و مطالعه دیگری تحت عنوان "بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و زیستی رودخانه های تعجن و سرخرود در زمان رهاسازی

ماهی سفید انگشت قد" در سالهای ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ انجام شد (قانعی و همکاران، منتشر نشده)، که نتایج حاصله از آنها با نتایج این بررسی، در گزارش حاضر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۷-۱- آلودگی میکروبی

شاخص آلودگی زیست محیطی میکروبی در رودخانه ها را در حقیقت می توان به فعالیت های انسانی منسوب نمود. کیفیت آب رودخانه ها با عبور طولانی از میان شهرها، روستاها و مناطق صنعتی و کشاورزی براساس پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی تعیین نمود (Sargaonkar and Deshpande, 2003). رودخانه هراز بیشتر تحت تاثیر فعالیتهای انسانی و احداث خانه های مسکونی و رستورانها در حریم آن و دفع مستقیم فاضلاب منازل مسکونی، رستورانها و اماکن عمومی تحت تاثیر بار میکروب بیماریزا قرار دارد. در بررسیهای آلودگی کلیفرمی رودخانه شفا رود در غرب استان گیلان بیشترین میزان آلودگی در منطقه مصب و لایه رسوب رودخانه بوده است. بیشترین میزان میانگین آلودگی کلیفرمی در فصل تابستان $44/2$ CFU/100ml و بیشترین میزان آلودگی کلیفرم مدفوعی (اشریشیا کلی) $22/1$ CFU/100ml بوده است. افزایش دمای محیط در تابستان عامل موثر در افزایش رشد و تکثیر باکتری است (خطیب حقیقی و همکاران، ۱۳۸۷). در سالهای اخیر، آلودگی میکروبی آبهای سطحی و زیرسطحی به یک مشکل جدی ایجاد بیماریهای خطرناک برای برخی از کشورها تبدیل شده است. آلودگی های میکروبی آب سر منشاء بروز بیماری های روده ای و عفونی است که در فصل تابستان بسیار شایع است. آب رودخانه های استان مازندران آلوده به تخم انگل های انسانی است. در استانهای ساحلی حوضه جنوبی دریای خزر بعلاوه راهسازی فاضلاب ها به رودخانه ها بیشتر دیده می شود. از دیگر آلودگی آب به آسکاریس و عامل کیست هیداتید و ویروس ها که منشاء اصلی آن مربوط به آلودگی فاضلاب شهری و حضور حیوانات اهلی یا وحشی در مجاورت منابع آبی می توان اشاره نمود. تحقیقات دهه اخیر نشان داد، با احداث سدهای مخزنی آب

رودخانه یا دریاچه را نمی توان مستقیماً برای مصرف عموم بکار برد. زیرا نیاز به مطالعه دقیق نظر عوامل عوامل میکروبی قبل از استفاده از آب سطحی امری لازم و روری است.

بیواندیکاتور به موجوداتی اطلاق میگردد که در ارتباط مستقیم با تغییرات محیطی بوده و تعداد و نوع آنها تحت تاثیر آلاینده های شیمیایی قرار گرفته و تغییرات این ارگانیزم ها انعکاسی از شرایط موجود اکوسیستم میباشد. به لحاظ هزینه کم، صرفه جویی در زمان و نیروی انسانی استفاده از بیواندیکاتورها نسبت به دیگر روشها ارجح است. بطور کلی شناسایی کیفیت آب رودخانه از روش فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی استفاده میگردد. اولین تحقیق در سال ۱۸۰۰ بر روی این موضوع که آیا آب منبعی از میکروارگانیزم های پاتوژن است یا خیر صورت گرفت (Environment Agency, 2002). گزارش مرکز بهداشت عمومی آمریکا در سال ۱۹۱۴، باکتری های گروه کلی فرم را به عنوان میکروارگانیزم های شاخص وجود آلودگی مدفوعی آب تلقی نمود که امروزه به این میکروبا، میکروبهای اندیکاتور گفته میشود (Anderson, 2000; Environment Agency, 2002). پراکنش میکروب های اندیکاتور در اکوسیستم آبی به عوامل بار مواد آلی، درجه حرارت، واکنش اسیدی، مقدار اکسیژن محلول، املاح، نور، فون بنتیک و سایر موجودات تک سلولی بستگی دارد. با افزایش درجه حرارت همراه با افزایش بار مواد آلی رشد میکروب ها فزونی یافته و در صورت عکس، رشد بار میکروبی کاهش می یابد (Anderson, 2000; Environment Agency, 2002). از ویژگیهای اصلی کلی فرم، تخمیر لاکتوز در ۳۷ درجه پس از ۴۸ ساعت، اکسیداز منفی و تولید آنزیم بتا گالاکتوزیداز است. کلی فرمهای مدفوعی علاوه بر داشتن خواص ذکر شده توانایی تخمیر لاکتوز در ۴۴ درجه را دارا است (Anderson, 2000; Environment Agency, 2002). باکتریهای گروه کلی فرم بطور گسترده در آب و خاک وجود داشته و در آب غنی از مواد غذایی و بیوفیلم بسرعت رشد می کنند. برای هریک از باکتریهای گروه کلی فرم استاندارد خاصی تعریف شده و اگر تعداد این باکتریها در آب خارج از این دامنه باشد نشان از آلودگی مدفوعی آب و وجود میکروارگانیزمهای بیماریزا بوده که از منابع

مختلف نظیر فاضلابهای شهری و خانگی وارد رودخانه میشود (Anderson, 2000; Environment Agency, 2002).

بیش از ۱۰۰ سال است که اشریشیا کلی بعنوان اندیکاتور اولیه آلودگی مدفوعی در آب تصفیه شده و یا تصفیه نشده مورد استفاده قرار میگیرد. اشریشیا کلی در مدفوع تمامی پستانداران وجود داشته و تعداد آن در هر گرم از مدفوع در حدود 10^9 گزارش شده است. این باکتری بعنوان بهترین اندیکاتور میکروبی است (Anderson, 2000; Environment Agency, 2002). بررسی جهانی نشان داد، حدود ۱۵۰۰ میلیون نفر از مردم دنیا به انگل نماتود از جمله آسکاریس و تریکوسفال آلوده هستند که بیش از ۲۰۰ میلیون نفر از آنها دارای علائم بالینی هستند (Crompton, 1988). آلودگی توسط *Ascaris lumbricoides* و *Trichuris trichura* از رایج ترین آلودگی های انگلی است که احتمالاً به خاطر سیکل انتقال مشابه و نیچ اکولوژیکی آنهاست (Bouchet, et al. 2003, Goncalves, et al. 2003). نماتود روده ای *Ascaris lumbricoides* تقریباً ۲۵٪ از جمعیت جهان را سالانه آلوده می کند. تخم های این انگل در مدفوع انسان و در خاک بسر میرود و دارای انتشار جهانی است. پراکنش آن به طور وسیعی توسط عاداتهای محلی در دفع فضولات انسانی تعیین می شود (Elkins, et al. 1986; Camillo, 1989).

کرباسی و کلانتیری (۱۳۸۶) در ارتباط با تعداد کلیفرم آب رودخانه هراز در طی سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ گزارش کرد ند که آب رودخانه هراز در طبقه آب های با آلودگی میکروبی قرار گرفته است. پیشنهاد کرد که مدیریت بهینه و کنترل آلودگی رودخانه هراز نیازمند جلوگیری از ورود فاضلاب های شهری و روستایی و کشاورزی به رودخانه می باشد.

تحقیقات محمدپور و خوشروان (۱۳۸۵) نشان داد، وجود چشمه های آبگرم متعدد در پیرامون معادن زغال سنگ و مصالح ساختمانی و تمرکز جمعیتی بالا باعث آلودگی هایی در رودخانه هراز شده است. در این پژوهش پتانسیل آلوده کنندگی آب هم توسط آلاینده های محیطی و هم توسط معدن منطقه بررسی شده است.

از مهمترین عوامل تهدید رودخانه هراز می توان به ۲۰ کارگاه شن و ماسه موجود و کارگاه های متعدد پرورش ماهی قزل آلا و رستوران ها که پساب های خود را بدون تصفیه وارد رودخانه می کنند اشاره نمود (ملازاده، ۱۳۸۴). مطالعه شناخت ساختمان شبکه غذایی رودخانه، اندازه گیری BOD، کلی فرمها، تعیین پارامترهای فیزیکوشیمیایی جهت تعیین شاخص بیوتیک در کیفیت آب بوده است. یکی از مهمترین آلودگیهای آب، آلودگی به مواد آلی است که از طریق فاضلاب های خانگی ایجاد میشود. کمبود اکسیژن ناشی از این آلودگی در شرایط نامطلوب، زندگی آبزیان را تحت تاثیر قرار میدهد. جلبک ها در دهانه رودخانه یا بالادست بواسطه تیرگی و آلودگی بسیار بالا از بین رفته ولی در قسمت پائین دست بدلیل تجزیه میکروبی مواد غذایی تحریک شده در نتیجه آلودگی میکروبی کاهش می یابد. در مرحله پایانی فرآیند، پیدایش مجدد آلودگی در ماهیان و بی مهرگان حساس به آلودگی به وجود می آید (Zimmerman, 1993).

در این مطالعه، نمونه برداری آب از ایستگاههای آبهای زیرزمینی شامل چاه کلوده، چاه هلومسر، چشمه آهکی سد منگل، چشمه معدنی آب اسک و چشمه معدنی لاریجان و نیز ایستگاههای آبهای سطحی در رودخانه هراز شامل سرخورد، کرسنگ، پل چلاو، رودخانه نورود، کیلومتر ۱۱۵ تهران، لاسم، لار و شهرک ایثار جهت بررسی کیفیت فیزیکوشیمیایی ماهانه آبهای سطحی، زیرزمینی و پسابها سعی بر این است تا روند تغییرات عوامل هیدرولوژی و هیدروشمی حوضه سد منگل و مقایسه مقادیر بدست آمده با استانداردهای جهانی مورد ارزیابی قرار گیرد. اجرای طرح فوق منجر به تامین آب شرب شهرهای آمل، بابل و قائم شهر و همچنین آب مورد نیاز ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی پنج شهرستان را تامین و نیز تغییرات و برآورد میزان آلاینده های زیست محیطی که شامل شانزده سم ارگانوکلره، هفت عنصر از فلزات سنگین و شوینده ها (همراه با پساب) می باشند بصورت فصلی در نمونه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز و سرشاخه های آن و مقایسه آن با استانداردهای جهانی صورت پذیرفت. همچنین، شناسایی ماکروبتوز، تعیین نحوه پراکنش و میزان تراکم، میزان زی توده آنها در واحد سطح بطور ماهانه و بررسی تغییرات زمانی و مکانی ماکروبتوزها با استفاده از شاخص

زیستی هیلسنهوف ارزیابی کیفیت آب صورت گرفت. در نهایت با استفاده از فرمول میزان شاخص زیستی هیلسنهوف (HBI) ایستگاه موردنظر مشخص و نیز با مراجعه به جدول "ارزیابی کیفیت آب با استفاده از شاخص Hilsenhoff"، کیفیت آب رودخانه مشخص می گردد. در خاتمه شاخص آلودگی زیست محیطی میکروبی در رودخانه بصورت ماهانه انجام گرفت. .

۲- مواد و روش ها

۲-۱- موقعیت رودخانه هراز و ایستگاههای نمونه برداری

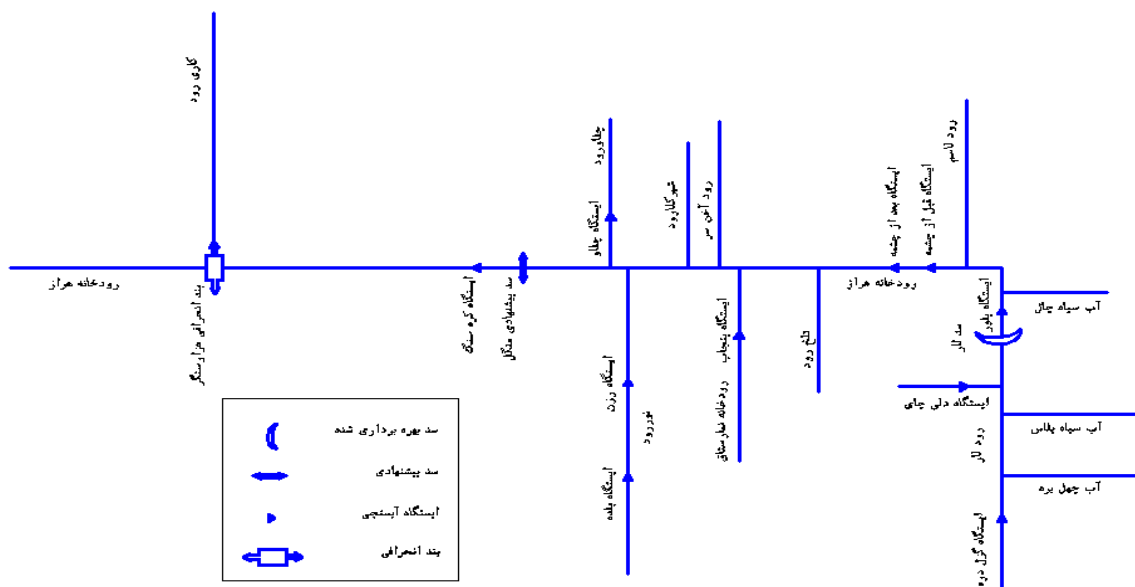
رودخانه هراز که سد مخزنی منگل بر روی آن قرار میگیرد دارای سرشاخه‌های عمده نظیر آب چهل بره، سیاه پلاس، الرم و دلی‌چای، لاسم، لار، نور رود و چند رود فصلی و آبراهه های کم اهمیت تر نظیر آخن سر، نمارستاق و چلاو از مهمترین منابع آبهای سطحی است که برخی از ایستگاههای نمونه برداری آنها قرار دارند. انتخاب ایستگاههای نمونه برداری بیشتر بر روی رودخانه‌ها متمرکز و عوامل شیب های تند و ملایم، سرعت جریان آبی، بستر رودخانه، آلاینده های زیست محیطی، محدودیتهای فیزیکی محیط و نهایتاً امکان دسترسی به محل‌های نمونه برداری ملاک انتخاب ایستگاههای نمونه برداری مد نظر قرار گرفته است. نمونه برداری آب از آبهای زیر زمینی و آبهای سطحی و پساب رودخانه هراز و سرشاخه‌های آن جهت تعیین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و آلودگی میکروبی آب در آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب به ترتیب ۷، ۵ و ۴ ایستگاه، آلاینده های زیست محیطی (سموم ارگانوکلره، فلزات سنگین و شوینده ها هر کدام به ترتیب در ۷ و ۵ ایستگاه آبهای سطحی و زیرزمینی و نیز یک ایستگاه پساب برای شوینده ها اضافه میگردد) و گروه ماکروبتوتوزها ۴ ایستگاه سطحی در نظر گرفته شده است که اسامی مشخصات ایستگاه های نمونه برداری آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و پساب در رودخانه هراز مطابق جداول ۱-۲، ۲-۲ و نیز شکل های ۱-۲، ۲-۲ و ۳-۲ بصورت تکمیلی آمده است.

جدول ۱-۲: مشخصات ایستگاههای نمونه برداری (فیزیکوشیمیایی، آلاینده ها و میکروبی) آبهای زیرزمینی هراز، ۱۳۸۸ - ۱۳۸۹

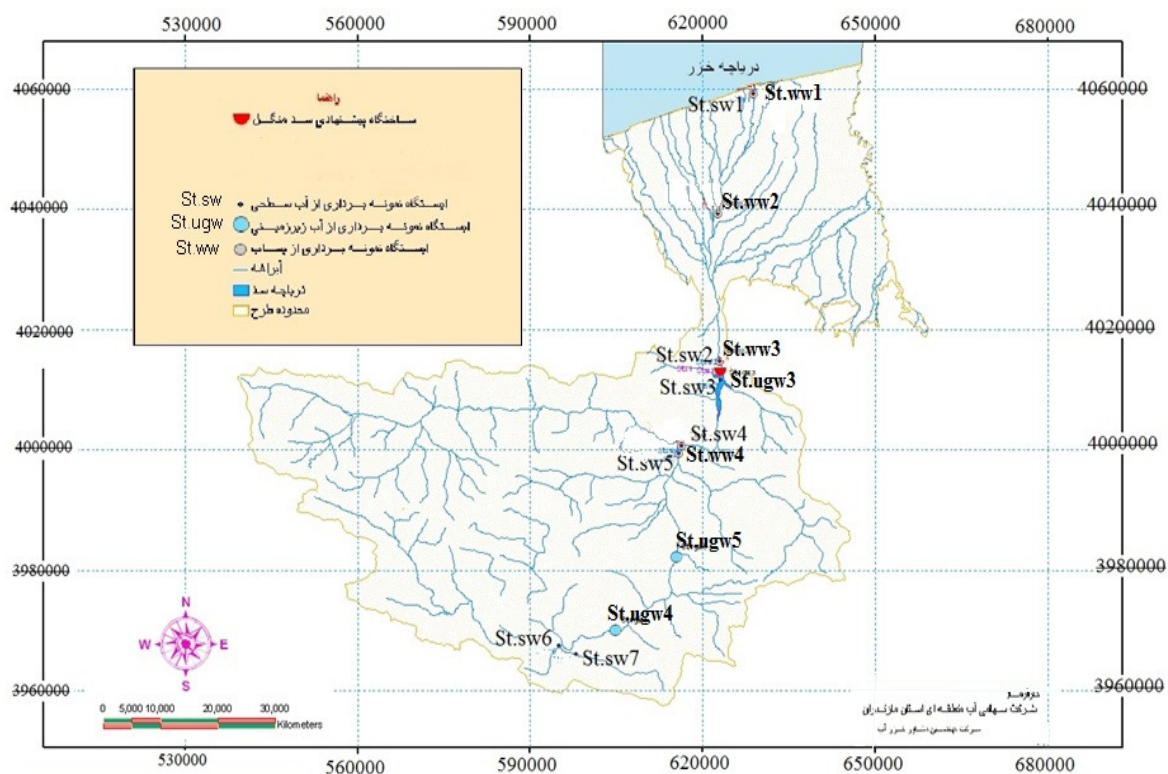
منابع نمونه برداری	شماره ایستگاه	موقعیت و استقرار ایستگاهها
۱ آب زیرزمینی - چاه	St.ugw1	چاه روستای کلوده در محدوده دشت هراز
۲ آب زیرزمینی - چاه	St.ugw2	چاه روستای هلومسر در محدوده دشت هراز
۳ آب زیرزمینی - چشمه	St.ugw3	چشمه آهکی بخش شرقی مخزن سد منگل
۴ آب زیرزمینی - چشمه	St.ugw4	چشمه معدنی اسک $Y=3970001$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

جدول ۲-۲: مشخصات ایستگاههای نمونه برداری آبهای سطحی (x) و پساب (oo) رودخانه هراز، ۱۳۸۸ - ۱۳۸۹

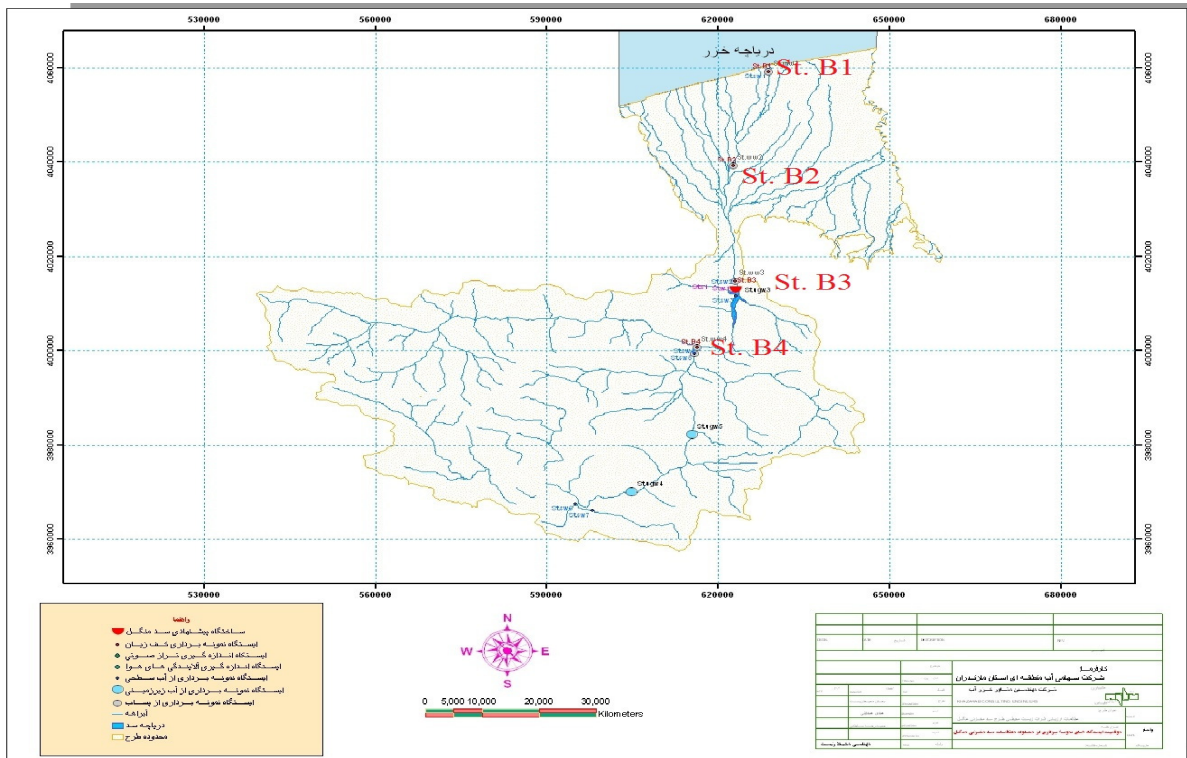
شماره ایستگاه	فیزیکوشیمیایی	زبستی	آلاینده های	میکروبی	آلودگی	مکروبتوزها	موقعیت و استقرار ایستگاههای هیدرومتری
St.sw1	×	×	×	×	×	×	ایستگاه سرخرو $Y=4059172$ $X=628831$
St.sw2	oo, x	×	×	oo, x	oo, x	×	ایستگاه کره سنگ (۲۰۰ متر بعد از محل پیشنهادی سد منگل) $Y=4014853$ $X=622958$
St.sw3	×	×	×	×	×	×	ایستگاه زیر پل چلاو (۱۲۰۰ متر قبل از محل پیشنهادی سد منگل) $X=623120$ $Y=4011603$
St.sw4	oo, x	×	×	oo, x	oo, x	×	ایستگاه دور رود (۲۰۰ متر قبل از الحاق به رودخانه هراز) $Y=4000686$ $X=616273$
St.sw5	oo, x	×	×	oo, x	oo, x	×	ایستگاه ۱۱۵ کیلومتری تهران (قبل از الحاق نوررود به رودخانه هراز) $Y=3999438$ $X=615866$
St.sw6	×	×	×	×	×	×	ایستگاه لار در منطقه پلور، ۵۰۰ متر قبل از الحاق این شاخه با هراز $Y=3667547$ $X=594999$
St.sw7	×	×	×	×	×	×	ایستگاه دریاچه لاسم ۷۰۰ متر قبل از الحاق رودخانه لاسم به هراز $Y=3966159$ $X=598069$
St.ww1	oo	oo	oo	oo	oo	×	ایستگاه شهرک ایثار، کمربندی - محمودآباد (خروج رودخانه آمل) $Y=4039241$ $X=622626$



شکل ۲-۱: نقشه شبکه رودخانه ای حوزه آبریز از منابع آبهای مختلف رودخانه هراز



شکل ۲-۲: موقعیت ایستگاههای نمونه برداری آب سطحی، زیرزمینی و پساب (فیزیکوشیمیایی، آلاینده ها، میکروبی) رودخانه هراز



شکل ۲-۳- موقعیت ایستگاههای نمونه برداری ماکروبتنوزها در حوزه سد منگل- رودخانه هراز

روش اندازه گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی، آلاینده های زیست محیطی، ماکروبتنوزها و آلودگی میکروبی به شرح تمامی ایستگاههای یاد شده صورت گرفت:

۲-۲- پارامترهای فیزیکوشیمیایی

پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل دمای آب و هوا، اکسیژن محلول، BOD_5 ، pH، کربنات، بی کربنات، کلیاتیت کل، EC، سختی کل، یون کلرید، کل مواد جامد محلول، کل مواد جامد معلق، فسفات، نیتريت، نترات، یون آمونیوم، کاتیونهای کلسیم و منیزیم در ۱۰ دوره (از آذر سال ۸۸ تا شهریور ۸۹) از آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب اندازه گیری گردید.

۱-۲-۲- روشهای اندازه گیری عوامل فیزیکوشیمیایی

تعیین دمای آب از دماسنج جیوه ای آلمانی، pH بوسیله دستگاه pH متر مدل WTW 320 آلمانی، اکسیژن محلول و BOD بروش یدومتری یا وینکلر، TDS و EC از دستگاه Conductivity/ TDS Meter مدل HACH آمریکایی صورت پذیرفت. اندازه گیری TSS از پمپ خلاهای ساخت شرکت GAST آمریکایی و شرکت MEDAP آلمانی با فیلتر سلولزی استات ۰/۴۵ میکرومتر و اندازه گیری و مواد باقیمانده با ترازوی بوش آلمانی (دقت ۰/۰۰۱ گرم)، یون کلرید به روش آرگنومتريک یا موهر، سختی ها (کل، کلسیم و منیزم) بروش کمپلکسومتری، قلیائیت ها بروش تیتراسیون با اسید کلریدریک، فسفات بروش مولیبدات، آمونیوم به روش هیپوکلریت، نیتريت به روش p-n نفتیل و نترات به روش ستون کاهشی و با استفاده از اسپکتروفوتومتر CECEIL-1020 انگلستان اندازه گیری گردید (Sapozhnikov et al., 1988; APHA, 2005).

۲-۲-۲- روش اندازه گیری شاخص کیفیت آب

استفاده از منحنی های استاندارد و شاخص کیفیت یکی از روشهای ارزیابی آلودگی رودخانه ها است که می توان تاثیر مرکب پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک را با فرمول (۱) بررسی نمود.

$$WQI = \sum W_i Q_i \quad (1)$$

WQI = شاخص کیفیت آب که مقدار آن از صفر تا ۱۰۰ متغیر است.

W_i = وزن درجه اولویت عامل از صفر تا یک (از طریق جدول ۲-۳)

Q_i = کیفیت یا معیار پارامتر از صفر تا ۱۰۰ (از طریق منحنی های شاخص)

این الگو بوسیله بنیاد ملی بهداشت آمریکا (NSF- National Safety Fundation) بکار گرفته شد (افراز، ۱۳۷۵). براساس اطلاعات و با توجه به درجه اولویت یا وزن هر پارامتر مطابق جدول ۲-۳ و اطلاعات استخراج شده از منحنی های معیار مربوط به آنها با یکدیگر ترکیب و به ترتیب شاخص کیفیت آب ماهانه، فصلی و سالانه مورد

ارزیابی قرار گرفت. سپس به کمک استاندارد با دامنه ۹۰-۱۰۰ (بسیار خوب)، ۷۰-۹۰ (خوب)، ۵۰-۷۰ (متوسط)، ۲۵-۵۰ (بد) و ۰-۲۵ (بسیار بد) کیفیت آب ارزیابی میگردد. شاخص ماهانه از صفر تا ۱۰۰، شاخص سالانه از صفر تا ۱۲۰۰ متغیر است. براساس جدول ۲-۳ نیز می توان آب هر ایستگاه از نظر مصرف آن را طبقه بندی کرد.

جدول ۲-۳: پارامترها و وزن انتخاب شده برای نظام شاخص کیفیت آب رودخانه‌ها

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.	°C	۰/۰۵ (۱)

جدول ۲-۴: نظام بندی آب براساس شاخص کیفیت سالانه رودخانه ها

گروه	شاخص سالانه	وضعیت عمومی آب
I	۱۰۵۰-۱۲۰۰	۱- آب پاک و سالم ۲- ایده ال برای مصارف طبیعی نظیر پرورش ماهی و حیات وحش ۳- بدون تماس یا تماس با آلودگی خانگی ۴- این حالت در برخی از رودخانه ها 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 جزئی 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- امکان وقوع تلفات مهره داران آبی در برخی از ایام سال ۴- کاهش بازدهی تولید مثل در ماهیها و سایر گروههای جانوری
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 آبی ۴- نابودی تقریباً کامل جامعه زنده بومی مشاهده میگردد
V	>۴۵۰	۵- خطر شیوع بیماری و ایجاد مسمومیت برای انسان ۶- قابل استفاده برای گروههای جانوری سازگار با آلودگی ۱- آلودگی در سطح بسیار خطرناک ۲- آلودگیهای شیمیایی در حدی بسیار زیاد ۳- استفاده های مرسوم عمدتاً امکان پذیر نمی باشد. ۴- برخی از رودخانه ها ممکن است بطور محدود مشاهده شود.

۳-۲- آلاینده های زیست محیطی

۱-۳-۲- سموم ارگانوکلره

اندازه گیری سموم ارگانوکلره در نمونه آب سطحی زیرزمینی در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۸ و بهار ۱۳۸۹

شامل DDE, DDT, DDD, Dieldrin, Heptachlor, Aldrine, δ -BHC, Endrin, Endosulfan Sulfate, Endrin aldehyde,

α -BHC, a-Endosulfan, b-Endosulfan, Heptachlor Epoxide, β -BHC, γ -BHC (Lindane), انجام گردید.

تهیه نمونه، آماده سازی و اندازه گیری

در هر ایستگاه، نمونه ترکیبی آب به حجم ۱۵-۱۰ لیتر جمع آوری و یک لیتر اختلاط شده آن را در ظرف تیره رنگ با هگزان نرمال فیکس میگردد. سپس در سه مرحله و با استفاده از حلال آلی بوسیله شیکر عمل جدا سازی فاز آلی از فاز مایع صورت می پذیرد. مجموع فاز آلی را با استفاده از روتاری مقدار آن تا ۲ میلی لیتر تغلیظ میگردد. نمونه با استفاده روش US-EPA تغلیظ شده و به همراه نمونه شاهد (Spike) مطابق نمونه فوق عمل فیکس و جدا سازی آن با افزودن استاندارد آماده گردیده و سپس با استفاده از دستگاه گاز گروواتوگراف نمونه ها مورد قرائت قرار می گیرند. دستگاه گاز گروواتوگراف (GC) مدل Shimadzu-14 A با دتکتور ECD، گاز حامل هلیوم و make up آن گاز ازت (N₂) با خلوص ۹۹/۹۹۹ درصد استفاده گردیده است. دستگاه گاز کروماتوگراف دارای ستون کاپیلاری بطول ۲۵ متر، ضخامت فیلم آن ۰/۲۵ میکرون، قطر داخلی ستون ۰/۲۲ میلی متر که نوع فاز آن CPB1 غیر قطبی است (EPA, 1995).

۲-۳-۲- فلزات سنگین

اندازه گیری فلزات سنگین در نمونه های آب سطحی زیرزمینی شامل سرب، کادمیم، آهن، روی، مس، نیکل و جیوه بصورت فصلی (پاییز ۱۳۸۸ الی بهار ۱۳۸۹) انجام گردید.

تهیه نمونه، آماده سازی و اندازه گیری

در هر ایستگاه، یک لیتر نمونه آب در ظروف پلاستیکی و با اسید نیتریک غلیظ تثبیت و به آزمایشگاه منتقل گردید. آماده سازی و اندازه گیری فلزات سنگین براساس روش استاندارد (APHA, 2005, MOOPAM .1999) انجام گردید. نمونه های آب از ممبران فیلتر با قطر ۰/۴۵ میکرومتر عبور و با افزایش ^{cc} ۱/۵ نیتریک اسید جهت انجام استخراج آماده و فیکس گردید. ابتدا pH نمونه ها را به حداکثر بازیابی فلزات مورد اندازه گیری رسانده و

سپس 100°C از هر نمونه را به قیف دکانتور انتقال داده و بمقدار 1°C آمونیم پیرولیدین دی تیوکارباماتها (APDC) یک درصد افزوده و در ادامه دو دقیقه بعد، 10°C حلال MIBK (متیل ایزو بوتیل کتون) اضافه و دو دقیقه به شدت تکان داده و سپس نمونه را ۲ دقیقه بحالت سکون رها و فاز جدا شده آلی نمونه در بشر را در دمای هوای آزمایشگاه تبخیر و با 10°C محلول نیتریک اسید (۱:۱) شستشو، فیلتر و به حجم می رسانده میشود. نمونه آماده به دستگاه جذب اتمی تزریق می گردد. در تمام نمونه ها، نمونه ای بعنوان نمونه شاهد برای تزریق دستگاه آماده سازی می گردد. فلزات را با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز به سه سیستم شعله، گرافیتی و سیستم بخار با لامپ زمینه دوتریم تعیین غلظت گردید (Thermo, Electron Corporation AA Serio System Modle : M_5 (D2)). اندازه گیری جیوه بروش بخارات سرد اتمی (Cold Vapour) انجام گردید (APHA, 2005). در آزمونها از مواد شیمیایی خالص از شرکت MERCK آلمان خریداری و آنالیز گردید.

۳-۳-۲- شوینده ها

شوینده ها از آلاینده مهم است که توسط فاضلاب های خانگی و صنعتی بداخل رودخانه و چاه وارد و باعث آلودگی می گردند. شوینده ها در ۱۳ ایستگاه آبهای زیر زمینی و آبهای سطحی بصورت ماهانه (آذر ۱۳۸۸ تا شهریور ۱۳۸۹) نمونه برداری شد. غلظت شوینده ها بر حسب ماده موثر LAS اندازه گیری میگردد. با حلال غیر قطبی کلرفرم، فاز آلی از فاز آبی نمونه استخراج و با صرف نظر از ساختمان R بکمک کاتیون های رنگی متیلن بلو، LAS از طریق گروه SO_3^- تشکیل جفت یون پایداری با قطبیت کم را جدا می سازد (APHA, 2005).

تهیه نمونه، آماده سازی و اندازه گیری

در هر ایستگاه، حدود یک تا دو لیتر از نمونه آب بروش ترکیبی جمع آوری به ظرف تیره منتقل میگردد. مقدار شوینده های آنیونی با روش سابلیشن - متیلن بلو (MBAS- Methylene Blue Active Substances) تعیین گردید

(APHA, 2005). برای رفع مزاحمت مواد معلق، یک لیتر نمونه را از کاغذ صافی عبور و فرآیند سابلیشن با ایجاد حباب از جریان نیتروژن در بالای ستون را انجام و نیز به یک لیتر از نمونه صاف شده حدود ۱۰۰ گرم نمک کلرید سدیم و ۵ گرم نمک بیکربنات سدیم اضافه و به سابلیتور منتقل میگردد. حدود ۱۰۰ میلی لیتر حلال اتیل استات را از بالای سابلیتور اضافه و عملیات حباب دهی به نمونه بمدت ۵ دقیقه در سابلیتور صورت می پذیرد با مکث ۱۰ دقیقه ای، دو فاز آبی و آلی تفکیک آنگاه فاز اتیل استات بالای سابلیتور جمع آوری و با دستگاه روتای در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد حذف کامل اتیل استات صورت میگردد. شوینده های در دیواره را با آب مقطر شستشو به حجم ۵۰ cc رسانده و سپس ۱۲/۵ cc محلول متیلن بلو و ۵ cc کلروفرم افزوده، سی ثانیه بهم زده و سه دقیقه مکث تا دو فاز تفکیک شود. فاز کلروفرم (لایه زیرین) را جمع آوری و فرآیند آزمایش ۴ بار دیگر با کلروفرم تکرار میگردد. تمامی پنج مرحله فاز آلی جمع آوری و با افزودن ۲۵ cc محلول شستشو سی ثانیه آنرا تکان داده و سه دقیقه مکث تا دو فاز کاملاً "تفکیک و سپس لایه زیری را به حجم ۵۰ cc رسانده و بعد از ۱۰ دقیقه مکث در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جذب آن قرائت میگردد.

۴-۲- ماکروبتوزها

نمونه برداری گروه ماکروبتوزها در ۴ ایستگاه آبهای سطحی رودخانه هراز از آذر ماه ۱۳۸۸ تا شهریور ماه ۱۳۸۹ به طور ماهانه در محدوده مطالعاتی طرح احداث سد مخزنی منگل انجام گرفت.

۴-۲-۱- روش نمونه برداری و بررسی ماکروبتوزها

نمونه برداری بی مهرگان کف زی از نمونه بردار های سوربر (Surber Sampler) و گرب (Grab) با سطوح نمونه برداری به ترتیب ۹۲۹ و ۲۸۹ سانتیمتر مربع صورت گرفت. نمونه را با الک آزمایشگاهی به شماره ۳۵ ASTM (چشمه ۵۰۰ میکرون) شستشو داده و محتویات روی الک در ظروف پلاستیکی یک لیتری با فرمالین ۴ درصد فیکس و سپس موجودات بنتیک توسط استریو میکروسکوپ بررسی و با استفاده از کلید های معتبر مورد

شناسائی قرارگرفت (Hauer & Lamberti, 2007; Pennak, 1953; Edmondson, 1959; Needham, 1962). سپس موجودات هر گروه شمارش و وزن مرطوب آنها با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) تعیین شد. در نهایت میزان تراکم و زی توده هر گروه در واحد سطح از بستر رودخانه محاسبه گردید .

۲-۴-۲- محاسبه شاخص زیستی

شاخص زیستی هیلسنهوف به روش زیر محاسبه می گردد (Hilsenhoff, 1988) :

$$HBI = \sum [(TV_i) (n_i)] / N$$

HBI = شاخص زیستی هیلسنهوف

TV_i = درجه تحمل آلودگی هر خانواده n_i = تعداد موجودات (تراکم) هر خانواده N = تعداد کل موجودات

شایان ذکر است، کیفیت آب رودخانه با استفاده از جدول ۲-۵ مشخص می شود.

جدول ۲-۵: ارزیابی کیفیت آب با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف (Hilsenhoff, 1988)

HBI	کیفیت آب	میزان آلودگی به مواد آلی
۰ - ۳/۷۵	عالی	بدون آلودگی آشکار به مواد آلی
۳/۷۶ - ۴/۲۵	بسیار خوب	احتمال آلودگی ناچیز به مواد آلی
۴/۲۶ - ۵/۰۰	خوب	احتمال آلودگی کم به مواد آلی
۵/۰۱ - ۵/۷۵	متوسط	احتمال آلودگی متوسط به مواد آلی
۵/۷۶ - ۶/۵۰	نسبتا نامطلوب	احتمال آلودگی زیاد به مواد آلی
۶/۵۱ - ۷/۲۵	نامطلوب	احتمال آلودگی خیلی زیاد به مواد آلی
۷/۲۶ - ۱۰/۰۰	بسیار نامطلوب	احتمال آلودگی شدید به مواد آلی

۲-۵- آلودگی میکروبی

پارامترهای مجموع کلی فرمها و کلی فرمهای گوارشی در نمونه برداری از منابع آبهای سطحی، زیرزمینی

و پساب در ایستگاههای تعیین شده به طور ماهانه و در طول یک سال (مهر ۱۳۸۸ تا شهریور ۱۳۸۹) انجام شد.

۱-۵-۲- تهیه نمونه، آماده سازی و اندازه گیری

مجموعاً ۱۹۲ نمونه در طول یک سال به طور ماهانه از نظر وجود باکتریهای توتال کلیفرمی و فکال کلیفرمی تهیه گردید. نمونه برداری با استفاده از شیشه های در سمباده ای استریل از آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب از ایستگاهها انجام شد. روش شمارش بشقابی جهت تعیین باکتری های اندیکاتور در آب استفاده گردید. در آزمایشگاه با توجه به نوع نمونه آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب با استفاده از سرم فیزیولوژی به ترتیب با رقت های 10^{-2} ، 10^{-1} ، 10^{-3} (APHA, 2005) تهیه و با سمپلر بر روی محیط کشتهای Ecc کروم آگار بصورت سطحی کشت داده و در دماهای ۳۷ و ۴۴ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲-۲۴ ساعت در انکوباتور نگه داری شد. مقدار ۰/۷ سی سی از ۱۰۰ سی سی نمونه آب مخلوط شده با فاضلاب را با ۶/۳ سی سی فرمالدئید مرک ۱۰٪ مخلوط و در آزمایشگاه به آن ۳ سی سی دی اتیل اتر به لوله اضافه و با تکان شدید با فرمالین اختلاط کامل صورت گیرد. لوله را در یک دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ، سپس ۱ سی سی باقیمانده همراه با رسوب را با عدسی های ۱۰ و ۴۰ مورد بررسی میکروسکوپی می گردد. تعداد تخم شمارش شده در یک قطره برداشت شده از رسوب را در عدد ۱۰ ضرب تا تعداد تخم در ۱ سی سی تعیین و سپس آنرا به دبی آب رودخانه تعمیم داده میشود. پودر محیط کشت را به نسبت ۳۲/۸ گرم در لیتر با آب مقطر مخلوط و به جوشاندن و همزدن محلول ادامه داده و در نمونه هایی با احتمال آلودگی بالای Pseudomons و Aeromonas میتوان برای شمارش آسانتر ۷/۵ میلیگرم Cefsulodin به محیط اضافه می گردد. در روش پور پلنت ۱ میلی لیتر از رقت استاندارد تهیه شده نمونه را با ۱۰ میلی لیتر محلول محیط کشت تهیه شده در پلنت استریل ۹ سانتی مخلوط نموده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه انکوبه شد. در روش سطحی نمونه را بطور مستقیم روی سطح محیط کشت دهید مدت ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه نگهداری و نیز این محیط کشت باکتری اشرشیا کلی به رنگ آبی و باکتری کلیفرم به رنگ صورتی ظاهر می گردد.

۶-۲- تجزیه و تحلیل آماری

۶-۲-۱- پارامترهای فیزیکوشیمیایی

داده های فیزیکوشیمیایی آب، متغیر های مستقل (ایستگاه ها، ماهها و فصل ها) و متغیرهای وابسته (تمامی پارامترهای فیزیکوشیمیایی) در نظر گرفته شدند (Bluman, 1998). داده ها به فرایند های لگاریتم طبیعی انتقال داده و با رسم نمودار Q-Q نرمال تایید گردید (Siapatis et al., 2008). از آزمایشات پارامتریک بر روی داده های نرمال شده استفاده گردید. ثبت اطلاعات و کلاسه بندی داده ها در نرم افزار Excel 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. در طبقه بندی داده ها از آزمون مولفه اصلی (PCA^۵) استفاده شده است. در این آزمون تعیین بار عاملی^۶ بین متغیرهای مختلف بر اساس چند کمیت تصادفی غیر قابل مشاهده (عامل یا فاکتور) با استفاده از داده های اصلی^۷ انجام شد (Simeonov et al, 2001). آزمون شایستگی داده ها تحت آزمون کیزر مایر (KMO^۸) انجام و نیز دامنه نوسان KMO بین صفر تا یک است. قضاوت در باره ضریب آزمون KMO بر اساس قاعده سر انگشتی^۹ 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 مناسب تر 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

⁵ Principal Component Analysis

⁶ Loading Factor

⁷ Original data

⁸ Kaiser-Meyer-Olkin Test

⁹ Rule of thumb

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^۱ واریماکس استخراج جدید صورت می پذیرد (غیاثوند، ۱۳۸۷)

۲-۶-۲- آلاینده های زیست محیطی

در تجزیه و تحلیل آماری آلاینده ها از نرم افزار (SPSS-Statistical Package of Social Science- 11.5)، استفاده گردید. در آلاینده های زیست محیطی از روش PCA (Principal Component Analysis) و نیز آزمایشات آماری (FA (Factor Analysis) در جهت تقلیل و کاهش داده ها و دستیابی به متدولوژی نوین در زمینه تقسیم بندی گروهی و اولویت بندی ترکیبات و پارامترهای اندازه گیری شده براساس واریانس گروهی داده ها با استفاده از Rotated Eigenvalue و Initial Eigenvalue با نرمال نمودن Varimax with Kaiser کاربرد واریانس های بدست آمده مورد تفسیر و بحث قرار گرفت. همچنین در PCA جهت تعیین کاربرد آنها در پارامترهای زمان (فصل) و مکان (ایستگاه) با استفاده از روش آنالیز DA (Discriminant Analysis) و نقش کلیدی واریانس ها و وابستگی درصد های حقیقی نسبت به زمان و مکان با استفاده از منابع متعدد مورد بحث و بررسی قرار گرفت

(Sarbu and Pop, 2005; Abdul-Wahab et al., 2005; Love et al., 2004; Singh et al., 2004; Alvin C. Rencher., 2002).

همچنین از ضریب همبستگی پیرسون برای تعیین در سطح ۱٪ و ۵٪ برای ترکیبات و پارامترهای اندازه گیری شده در نمونه های آب این تحقیق استفاده گردید.

۳-۶-۲- گروه ماکروبتوزها

در داده های ماکروبتوزها از نرم افزار ۲۰۰۷ Excel جهت رسم جداول، گرافها و برخی محاسبات استفاده گردید. تحلیل و توصیف داده ها با استفاده از نرم افزار IBM SPSS 21 انجام گرفت. پس از نرمال نمودن داده های تراکم و زی توده ماکروبتوزها آزمون کولموگراف-اسمیرنوف استفاده گردید. توزیع داده ها نرمال نبوده لذا با استفاده از تبدیل (Transform) داده ها به سمت نرمال شدن متمایل و نیز داده های تراکم و زی توده خانواده Chironomidae، راسته Diptera و تراکم و زی توده مجموع ماکروبتوزها با این روش نرمال گردید. اختلاف بین داده های مربوط به آنها در فصول، ماهها و ایستگاه های مختلف با آزمون ANOVA و دانکن مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از آزمون های پارامتریک برای همه گروههای ماکروبتوز به دلیل عدم نرمال داده ها مقدور نبوده لذا از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس جهت بررسی اختلاف بین تراکم و زی توده همه گروههای ماکروبتوز و نیز مجموع ماکروبتوزها در فصول، ماهها و ایستگاههای مختلف استفاده گردید.

۴-۶-۲- آلودگی میکروبی

در بررسی داده های آلودگی میکروبی، دو گروه از متغیرها یعنی متغیرهای مستقل (ایستگاه ها، فصل ها) و متغیرهای وابسته (پارامترهای زیستی و غیرزیستی) در نظر گرفته شدند (Bluman, 1998). 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 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 ($Mean \pm SE$) آورده شده است. تعیین ارزش P با ضریب اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد و در سطح معنی دار ۰/۰۱ و ۰/۰۵ ارزیابی گردید.

۳- نتایج

در این فصل، نتایج داده های خصوصیات فیزیکوشیمیایی (آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب)، آلاینده های زیست محیطی (سموم ارگانوکلره، فلزات سنگین و شوینده ها)، گروه ماکروبتوزها و آلودگی میکروبی در تمامی ایستگاه ها به شرح زیر مورد توصیف قرار گرفت:

۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی

۳-۱-۱- آبهای سطحی

- نتایج میانگین، حداقل و حداکثر مقدار از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب بطور سالانه در ۷ ایستگاه سطحی طبق جدول ۱ پیوست و نیز نتایج میانگین، حداقل و حداکثر مقدار از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب بصورت فصلی در هر یک از ایستگاه ها طبق جداول ۲ تا ۸ پیوست شرح گردید.

- میانگین دمای آب بمقدار $12/70 \pm 0/61$ و نیز دامنه تغییرات سالانه آن بین ۲۸-۰ درجه سانتیگراد بود. حداکثر و حداقل میانگین دما در ایستگاه های سرخورد و لاسم به ترتیب $16/95 \pm 2/12$ و $10/30 \pm 1/60$ درجه سانتیگراد ثبت شد. حداکثر میانگین دمای آب در مرداد بمقدار $17/88 \pm 0/83$ و نیز در محدوده ۱۴ تا ۲۸ درجه سانتی گراد در نوسان بود. حداقل میانگین دمای آب در پاییز در حد $7/21 \pm 0/91$ و در محدوده دمایی ۴ تا ۱۱ درجه سانتی گراد مشاهده گردید.

- میانگین کل اکسیژن محلول آب در حد $10/13 \pm 0/12$ و نیز دامنه تغییرات سالانه آن بین $14/80 - 7/70$ میلی گرم بر لیتر بود. حداکثر و حداقل میانگین DO در ایستگاه های لاسم سرخورد به ترتیب $11/14 \pm 0/45$ و $9/36 \pm 0/23$ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. حداکثر میانگین غلظت DO در زمستان در حد $10/64 \pm 0/11$ و نیز محدوده $9/9$ تا $11/8$ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداقل میانگین DO نیز در آذر ماه در حد $8/77 \pm 0/37$ و دامنه تغییرات آن از $7/7$ تا $10/5$ میلیگرم بر لیتر در نوسان بود.

- میانگین BOD5 سالانه در ایستگاه ها بمقدار $2/1 \pm 0/1$ و نیز دامنه تغییرات سالانه آن بین $0/16 - 6/40$ میلی گرم برلیتر نوسان داشت. حداکثر و حداقل میانگین BOD5 سالانه در ایستگاه های پل چلاو و نور رود به ترتیب $0/14 \pm 2/51$ و $1/55 \pm 0/14$ میلیگرم برلیتر مشاهده شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین BOD5 در زمستان $0/25 \pm 2/61$ و نیز محدوده آن از ۱ تا $6/4$ میلیگرم برلیتر متغیر بود. حداقل میانگین BOD5 در فصل پاییز به مقدار $0/23 \pm 1/86$ و در محدوده ۱ تا $2/6$ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید.

- میانگین COD سالانه در ایستگاه ها بمقدار $7/71 \pm 0/99$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $0 - 39$ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر و حداقل میانگین COD سالانه در ایستگاه های پل چلاو و لار به ترتیب $5/5$ و $12/1 \pm 1/50$ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین COD در پاییز $8/3 \pm 5/3$ و نیز محدوده آن از ۰ تا ۳۹ میلی گرم برلیتر متغیر بود. حداقل میانگین COD در فصل بهار بمقدار $7/5 \pm 0/5$ و نیز محدوده آن از $4/3$ تا $11/7$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود.

- میانگین سالانه pH آب در حد $8/00 \pm 0/02$ بود و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $7/6 - 8/8$ واحد در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین pH در ایستگاه های لار و سرخروود به ترتیب $8/16 \pm 0/08$ و $7/91 \pm 0/05$ ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین pH در بهار ($8/07 \pm 0/01$) و نیز محدوده آن از $8/13 - 7/91$ واحد در نوسان بود. حداقل میانگین pH در فصل پاییز ($7/87 \pm 0/07$) و نیز محدوده آن از $8/11 - 7/68$ واحد در نوسان بود.

- میانگین غلظت یون HCO_3^- آب های جاری در حد $28/1 \pm 1/6$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۰۰ - ۱۶ میلی گرم بر لیتر در نوان بود. حداکثر و حداقل میانگین این یون در ایستگاه های کره سنگ و لاسم به ترتیب $38/83 \pm 5/43$ و $20/40 \pm 3/6$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین

غلظت یون HCO_3^- در زمستان ($34/05 \pm 4/58$) و نیز محدوده آن از ۱۶ تا ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود.

حداقل میانگین یون بیکربنات در فصل پاییز ($21/29 \pm 1/89$) و نیز محدوده آن از ۱۶ تا ۳۰ میلی گرم بر لیتر بود.

- میانگین غلظت یون CO_3^{2-} آب های سطحی در حد $14/34 \pm 1/64$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۰-۴۴ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های کره سنگ و لار به ترتیب $23/10 \pm 11/08$ و $9/22 \pm 1/36$ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت کربنات در زمستان ($19/73 \pm 2/97$) و نیز محدوده آن از ۴/۴ تا ۴۴ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداقل میانگین کربنات در فصل پاییز ($7/43 \pm 2/21$) و نیز محدوده آن از ۰ تا ۱۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود.

- مقدار میانگین قلیائیت کل در ایستگاه های آبهای سطحی در حد $36/30 \pm 2/33$ و نیز تغییرات آن در طول سال بین ۱۱۳ - ۱۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین این پارامتر در ایستگاه های کره سنگ و لار به ترتیب $47/77 \pm 10/71$ و $26/90 \pm 2/89$ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر مقدار میانگین قلیائیت کل در زمستان ($50/05 \pm 6/35$) و نیز محدوده آن از ۱۹ تا ۱۱۳ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در فصل پاییز ($28/71 \pm 1/36$) و در محدوده ۲۴ تا ۳۴ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت یون Ca^{2+} آب های سطحی در حد $64/66 \pm 2/34$ و نیز تغییرات آن در طول سال بین ۲۷ - ۱۱۹ میلی گرم بر لیتر نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های سرخورد و لار ($79/4 \pm 7/3$) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه لار با میانگین $50/8 \pm 2/3$ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون Ca^{2+} در فصل پاییز (81 ± 6) و نیز محدوده آن از ۵۳ تا ۹۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در فصل تابستان ($55/8 \pm 3/0$) و نیز محدوده آن از ۳۵ تا ۸۲ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت یون Mg^{2+} سالانه درحد $28/84 \pm 1/52$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۵ تا ۶۳ میلی گرم برلیتر نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های سرخروود و لار به ترتیب $4 \pm$ و $43/2$ و $2/8 \pm 16/6$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون Mg^{2+} در فصل تابستان ($2/2 \pm 33/8$) و نیز محدوده آن از $19/4$ تا 55 میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در فصل پاییز ($17 \pm 2/5$) و نیز محدوده آن از 6 تا 24 میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت TH سالانه آب های سطحی درحد $271/62 \pm 8/41$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $480 - 123$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت TH در ایستگاه های سرخروود و لار به ترتیب 21 ± 345 و 10 ± 171 میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت TH در زمستان (16 ± 295) و نیز محدوده آن از 123 تا 393 میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در فصل بهار (16 ± 252) و نیز محدوده آن از 140 تا 480 میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت TSS آب های سطحی درحد $0/3 \pm 0/37$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $0/947 - 0/13$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت TSS در ایستگاه های کره سنگ و لاسم به ترتیب $0/34 \pm 0/582$ و $0/2 \pm 0/48$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت TSS در پاییز ($0/422 \pm 0/134$) و نیز محدوده آن از $0/14$ تا $0/942$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین TSS در فصل تابستان ($0/339 \pm 0/58$) و نیز محدوده آن از $0/13$ تا $0/947$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

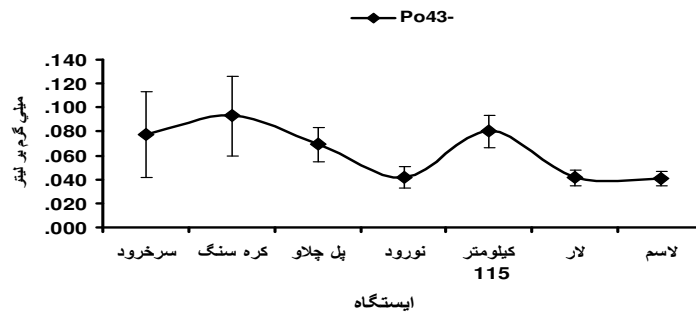
- میانگین غلظت TDS آب های سطحی درحد $0/2 \pm 0/30$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $0/837 - 0/19$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت TDS در ایستگاه های سرخروود و لاسم به ترتیب $0/47 \pm 0/427$ و $0/19 \pm 0/188$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر

میانگین غلظت TDS در زمستان ($0/351 \pm 0/045$) و نیز محدوده آن از $0/019$ تا $0/837$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در فصل تابستان ($0/277 \pm 0/016$) و نیز محدوده آن از $0/15$ تا $0/45$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین سالانه EC آب در حد $0/59 \pm 0/02$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $0/91 - 0/31$ میلی زیمنس برسانتیمتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین EC در ایستگاه های سرخورد و لاسم به ترتیب $0/03$ و $0/76 \pm 0/41$ میلی زیمنس برسانتیمتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین EC در زمستان ($0/62 \pm 0/02$) و نیز محدوده آن از $0/42$ تا $0/72$ در نوسان بود. حداقل میانگین EC در تابستان ($0/03 \pm 0/56$) و نیز محدوده آن از $0/31$ تا $0/90$ مشاهده گردید.

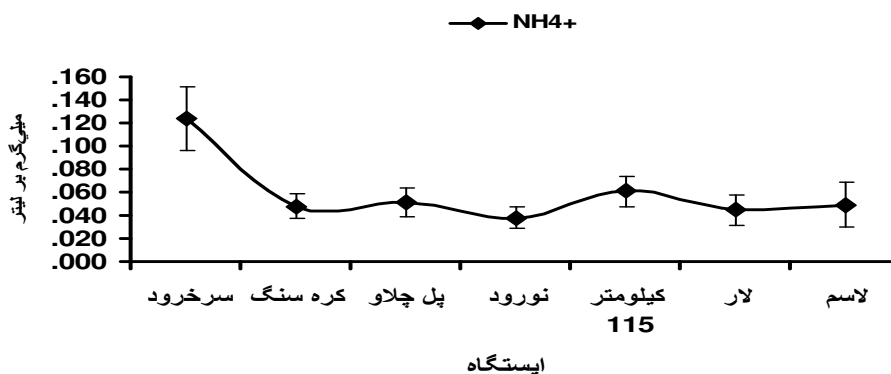
- میانگین غلظت یون Cl^- آب های سطحی در حد $28/02 \pm 1/96$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $62 - 5$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های سرخورد و نورود به ترتیب $36/3 \pm 3/1$ و $16/6 \pm 2/0$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون Cl^- در بهار ($28/9 \pm 3/5$) و نیز محدوده آن از 12 تا 51 میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در فصل پاییز ($24/0 \pm 7/1$) و نیز محدوده آن از 5 تا 62 میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت یون PO_4^{3-} آب های سطحی در حد $0/06 \pm 0/01$ و نیز دامنه تغییرات آن بین $0/399 - 0/005$ میلی گرم برلیتر نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های کره سنگ و لاسم به ترتیب $0/033 \pm 0/093$ و $0/006 \pm 0/041$ میلی گرم برلیتر ثبت شد (شکل ۱-۳). آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون PO_4^{3-} در زمستان ($0/104 \pm 0/023$) و نیز محدوده آن از $0/017$ تا $0/399$ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در فصل پاییز ($0/025 \pm 0/009$) و نیز محدوده آن از $0/005$ تا $0/078$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.



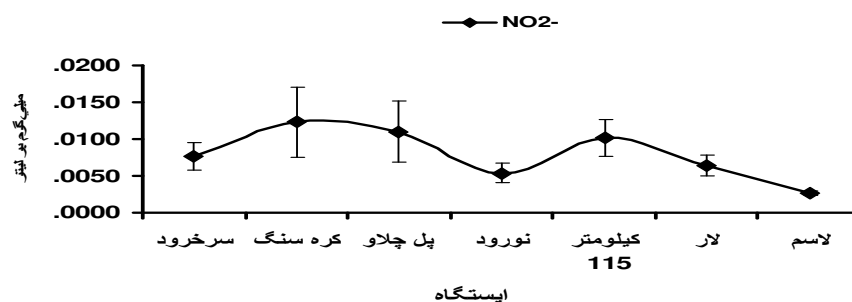
شکل ۳-۱: تغییرات غلظت یون فسفات (\pm SE) در ایستگاه آبهای سطحی رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

- میانگین سالانه غلظت یون NH_4^+ در آبهای سطحی در حد 0.06 ± 0.01 و نیز دامنه تغییرات آن بین $0.340 - 0.003$ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداکثر حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های سرخورد و نورود به ترتیب 0.124 ± 0.028 و 0.038 ± 0.009 میلی گرم بر لیتر ثبت شد (شکل ۳-۲). آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون NH_4^+ در فصل پاییز (0.094 ± 0.016) و نیز محدوده آن از 0.050 تا 0.173 میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در تابستان (0.036 ± 0.008) و نیز محدوده آن از 0.003 تا 0.142 میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید.



شکل ۳-۲: تغییرات غلظت ازت آمونیم (\pm SE) در ایستگاه آبهای سطحی رودخانه هراز (۸۹-۱۳۸۸)

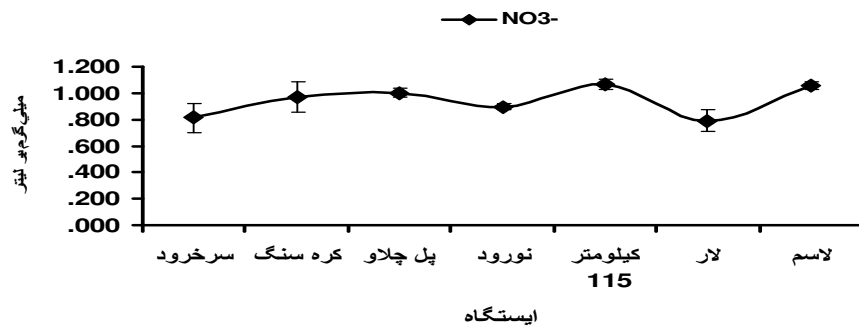
- میانگین سالانه غلظت یون ازت نیتریتی در آبهای سطحی در حد $0/010 \pm 0/001$ و نیز دامنه تغییرات آن بین $0/0460 - 0/0001$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های کره سنگ و لاسم به ترتیب $0/012 \pm 0/004$ و $0/0030 \pm 0/0003$ میلی گرم برلیتر ثبت شد (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳: تغییرات غلظت ازت نیتریت ($\pm SE$) در ایستگاه آبهای سطحی رودخانه هراز (۱۳۸۸-۸۹)

- آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون NO_2^- در زمستان ($0/011 \pm 0/002$) و نیز محدوده آن از $0/001$ تا $0/046$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در بهار ($0/0050 \pm 0/0007$) و نیز محدوده آن از $0/002$ تا $0/014$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین سالانه غلظت یون NO_3^- در حد $0/94 \pm 0/03$ و نیز دامنه تغییرات آن بین $1/330 - 0/027$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های کیلومتر ۱۱۵ و لار به ترتیب $1/07 \pm 0/04$ و $0/791 \pm 0/081$ میلی گرم برلیتر ثبت شد (شکل ۳-۴). آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون NO_3^- در پاییز ($0/986 \pm 0/056$) و نیز محدوده آن از $0/66$ تا $1/11$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در بهار ($0/918 \pm 0/05$) و نیز محدوده آن از $0/2$ تا $1/32$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.



شکل ۳-۴: تغییرات غلظت ازت نیترات ($\pm SE$) در ایستگاه آبهای سطحی رودخانه هر از (۸۹-۱۳۸۸)

۲-۱-۳- تجزیه تحلیل آماری - PCA (آبهای سطحی)

در آزمون مولفه اصلی (PCA)، ۸ پارامتر شامل اکسیژن محلول ($DO = 0.598$ -)، pH (0.785 -)، NH_4^+ (0.655)، سختی کل ($TH = 0.863$)، کل مواد جامد معلق ($TSS = 0.58$)، کل مواد جامد محلول ($TDS = 0.55$)، یون کلسیم ($Ca^{2+} = 0.902$) و ($EC = 0.74$) در مولفه اول با واریانس ۲۲/۹۵ درصد از اهمیت بیشتری برخوردارند. پارامترهای سختی کل، TSS، TDS، کلسیم و pH نقش و اهمیت مهمی در کیفیت آبهای جاری و سطحی را دارا می‌باشند. مولفه دوم شامل بیکربنات ($HCO_3^- = 0.711$)، کربنات ($CO_3^{2-} = 0.804$)، قلیائیت کل (0.926)، یون منیزیم ($Mg^{2+} = 0.718$) و فسفات ($PO_4^{3-} = 0.615$) با واریانس ۲۱/۴۹ درصد قرار دارند. مولفه سوم شامل دمای آب ($WT_{11} = 0.66$) و دمای هوا ($AT_{12} = 0.81$) و یون ازت نیتراتی ($NO_3^- = 0.857$) با واریانس ۱۲/۳ درصد قرار دارند. مولفه چهارم شامل اکسیژن خواهی بیولوژیکی ($BOD_5 = 0.794$) و اکسیژن خواهی شیمیایی ($COD = 0.723$) با واریانس ۱۰/۳ درصد قرار دارند. مولفه پنجم شامل یون کلراید ($Cl^- = 0.723$) با واریانس ۹/۵ درصد و مولفه ششم شامل یون ازت نیترونی (0.905) با واریانس ۸/۰۸ درصد است که اهمیت چندانی در کیفیت آبهای جاری در منطقه نداشت قرار دارند.

¹¹ Water Temperature

¹² Air Temperature

۳-۱-۳- سایر روش های تجزیه تحلیل آماری (آبهای سطحی)

- در آزمون همبستگی پیرسون، دمای آب با پارامترهای دمای هوا، یون کلسیم، یون منیزیم و یون کلراید، پارامتر دمای هوا با متغیرهای یون منیزیم و یون کلراید، متغیر اکسیژن محلول با پارامترهای TSS، TDS و EC، فاکتور (BOD5) با PO_4^{3-} ، متغیر (HCO_3^-) با پارامترهای سختی کل، EC، PO_4^{3-} ، Mg^{2+} ، TDS و TSS، پارامتر کربنات با یون کلسیم و یون فسفات، پارامتر pH با متغیرهای دمای هوا، سختی کل، TSS و TDS، پارامتر قلیائیت کل با متغیرهای HCO_3^- ، TH، TSS، NO_2^- و EC، پارامتر (Ca^{2+}) با متغیرهای TDS، TH، TSS و EC، متغیر یون منیزیم با پارامترهای TDS، TH، TSS و EC، پارامتر (سختی کل) با HCO_3^- ، TSS، TDS، EC و Mg^{2+} ، متغیر کل ذرات جامد معلق با پارامترهای TA، TH، TDS، Ca^{2+} ، Mg^{2+} و EC، پارامتر (کل ذرات جامد محلول TDS با DO، HCO_3^- ، Ca^{+2} ، Mg^{2+} و EC، پارامتر EC با متغیرهای DO، HCO_3^- ، TDS و TSS، پارامتر قلیائیت کل (TA) با متغیرهای TH، Ca^{2+} ، Mg^{2+} و NH_4^+ نشان داد که همگی دارای همبستگی بسیار قوی ($p < 0.01$) هستند.

- در آزمون همبستگی پیرسون، متغیر اکسیژن محلول با دمای آب و CO_3^{2-} ، پارامتر (HCO_3^-) و با دمای آب، یون CO_3^{2-} و نیتريت، فاکتور pH با پارامترهای BOD5، اکسیژن محلول و Mg^{2+} ، متغیر کربنات با DO، HCO_3^- ، سختی کل و یون نیتريت، پارامتر قلیائیت کل با یون کلسیم و منیزیم، پارامتر (Ca^{2+}) با دمای هوا، قلیائیت کل و یون آمونیوم، پارامتر (یون منیزیم) با یون فسفات، پارامتر (سختی کل) با یونهای CO_3^{2-} ، PO_4^{3-} و NH_4^+ ، پارامتر کل ذرات جامد معلق با NO_2^- و NO_3^- ، پارامتر کل ذرات جامد محلول با NH_4^+ ، پارامتر (EC) با PO_4^{3-} و یون نیتريت، نشان داد که همگی دارای همبستگی قوی ($p < 0.05$) هستند.

- آزمون آنالیز واریانس نشان داد، میانگین دمای آب، DO، BOD، قلیائیت کل، یون منیزیم، یون فسفات، یون ازت آمونیمی بین فصول سال و ماه های نمونه برداری و نیز برخی از ایستگاه ها تفاوت معنی داری دارند ($p < 0.05$). در این آزمون، میانگین یون کربنات بین ایستگاه ها تفاوت معنی داری را نشان نداد ($p > 0.05$).

- آزمون ANOVA و آزمون دانکن، یون کربنات تفاوت معنی داری را بین فصول پاییز و زمستان نشان داد ($p < 0/05$) ولی بین ایستگاه ها تفاوت معنی داری را نشان نداد ($p > 0/05$). در این آزمون، یون بیکربنات تفاوت معنی داری را بین فصول نشان نداد ($p > 0/05$) اما اختلاف معنی داری را میان ماهها و ایستگاه های مختلف بویژه سرخرو و کره سنگ با سایر ایستگاهها نشان داده است ($p < 0/05$). در این آزمون، میانگین pH ایستگاه های مختلف معنی دار بود.

- در آزمون دانکن، DO، BOD5، COD و قلیائیت کل ایستگاه ها را به سه گروه تقسیم نمود. اکسیژن محلول ایستگاه سرخرو تفاوت معنی داری را با اکثر ایستگاه ها داشت. در این آزمون، pH ایستگاه سرخرو با نور رود و ایستگاه لار در گروه های متفاوتی قرار گرفتند

- در آنالیز واریانس زمانی، یون کلسیم، منیزیم و pH اختلاف معنی داری را میان فصول و ماههای گرم و سرد سال نشان داده است ($p < 0/05$)

- در آنالیز واریانس مکانی، یون کلسیم، یون کلراید، یون ازت آمونیمی، یون فسفات و یون ازت نیترونی تفاوت معنی داری را نشان دادند بگونه ای که طبق آزمون دانکن، ایستگاه های یون کلسیم، یون کلراید، یون ازت آمونیمی، یون فسفات و یون ازت نیترونی هر کدام در ۲ گروه قرار گرفتند. در یون ازت آمونیمی ایستگاه سرخرو نسبت به سایر ایستگاه ها در گروه دیگر قرار گرفت.

- در آنالیز واریانس مکانی، یون منیزیم، سختی کل، TSS، TDS، EC و یون نیترونی تفاوت معنی داری را نشان دادند بگونه ای که طبق آزمون دانکن، ایستگاه های یون منیزیم، سختی کل، TSS، TDS، EC و یون ازت نیترونی هر کدام در ۳ گروه قرار گرفتند.

۴-۱-۳- آبهای زیر زمینی

- نتایج میانگین، حداقل و حداکثر مقدار از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب بطور سالانه در ۵ ایستگاه آبهای زیر زمینی طبق جدول ۹ پیوست و نیز نتایج میانگین، حداقل و حداکثر مقدار از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب بصورت فصلی در هر یک از ایستگاه ها طبق جداول ۱۰ تا ۱۴ پیوست شرح گردید.

- میانگین دمای آب های زیرزمینی در حد 11.03 ± 21.62 و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۱-۳۳ درجه سانتی گراد در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین دمای آب ایستگاه های لاریجان و منگل به ترتیب 0.22 و 33.00 ± 0.27 (۱۲/۰۰±۰/۲۷) ثبت گردید. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین دما در بهار (2 ± 22) و نیز محدوده آن از ۱۲ تا ۳۳ درجه سانتی گراد در نوسان بود. حداقل میانگین دمای آب در زمستان (2 ± 21) و نیز محدوده آن از ۱۲ تا ۳۳ درجه سانتی گراد مشاهده گردید، این در حالیست که حداکثر و حداقل دمای هوا بترتیب در تابستان و پاییز مشاهده شد.

- میانگین pH آب های زیرزمینی در حد 7.37 ± 0.07 و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $6.24 - 8.07$ واحد در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین pH در ایستگاه های منگل و لاریجان به ترتیب (0.08 ± 7.81) و (0.14 ± 6.68) ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین pH در بهار (0.14 ± 7.56) و نیز محدوده آن از $6.58 - 8.05$ واحد بود. حداقل میانگین pH در پاییز (0.20 ± 7.02) و نیز محدوده آن از 6.30 تا 7.39 واحد مشاهده گردید.

- میانگین غلظت یون HCO_3^- آب های زیرزمینی در حد 5 ± 54 و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۰۴ - ۱۶ میلی گرم برلیتر متغیر بوده است. حداکثر و حداقل میانگین این یون در ایستگاه های لاریجان و منگل به ترتیب 5 ± 89 و 2 ± 23 میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون HCO_3^- در پاییز (15 ± 60) و نیز محدوده آن از ۲۶ تا ۱۰۴ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در تابستان (9 ± 49) و در تیر ماه در محدوده ۲۰ تا ۹۴ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت یون CO_3^{2-} آب های زیرزمینی در حد 5 ± 11 و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال از صفر تا ۷۲ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های آب اسک و منگل به ترتیب 34 ± 39 و 2 ± 4 میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون CO_3^{2-} در زمستان (2 ± 18) و نیز محدوده آن از ۱۶ تا ۲۰ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در تابستان (1 ± 6) و نیز محدوده آن از ۴ تا ۸ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین قلیائیت کل در ایستگاه های زیرزمینی در حد 5 ± 57 و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۱۵۶ تا ۱۶ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین این پارامتر در ایستگاه های آب اسک و منگل به ترتیب 9 ± 98 و 2 ± 25 میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین مقدار قلیائیت کل در پاییز (24 ± 74) و نیز محدوده آن از ۲۶ تا ۱۵۶ میلی گرم برلیتر متغیر بود. حداقل میانگین آن در تابستان (10 ± 49) و نیز محدوده آن از ۲۸ تا ۷۷ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت یون Ca^{2+} آب های زیرزمینی در حد $5/42 \pm 208/6$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۸۴۱ - ۲۱ میلی گرم برلیتر نوسان داشت. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های لاریجان و منگل به ترتیب $3/99 \pm 606/7$ و $7/0 \pm 44/9$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون Ca^{2+} در تابستان ($8/152 \pm 6/314$) و نیز محدوده آن از ۴۶ تا ۸۴۱ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در پاییز ($4/104 \pm 6/147$) و نیز محدوده آن از ۲۱ تا ۵۶۱ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت یون Mg^{2+} در حد 23 ± 109 و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۴-۶۰۷ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های لاریجان و منگل به ترتیب 74 ± 265 و ۷ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون Mg^{2+} در پاییز (51 ± 156) و

نیز محدوده آن از ۵۷ تا ۲۹۲ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در زمستان ($124/7 \pm 45/4$) و نیز محدوده آن از ۷ تا ۶۰۷ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت TH آب های زیرزمینی در حد 1088 ± 165 و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۴۰۰۰ - ۶۰ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت TH در ایستگاه های لاریجان و منگل 2936 ± 239 و 214 ± 29 میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت TH در زمستان ($385 \pm$) (۱۲۸۶) و نیز محدوده آن از ۶۰ تا ۴۰۰۰ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در تابستان (932 ± 255) و نیز محدوده آن از ۲۳۰ تا ۳۸۰۰ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت TSS آب های زیرزمینی در حد $0/017 \pm 0/056$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۰/۵۱۲ - $0/001$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت TSS در ایستگاه های آب اسک و هومسر به ترتیب $0/046 \pm 0/260$ و $0/004 \pm 0/0020$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت TSS در بهار ($0/036 \pm 0/073$) و نیز محدوده آن از ۰/۰۰۲ تا ۰/۳۷۱ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در پاییز ($0/006 \pm 0/016$) و نیز محدوده آن از ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۳۸ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت TDS آب های زیرزمینی در حد $0/11 \pm 0/97$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۲/۳۷ - $0/21$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت TDS در ایستگاه های آب اسک و منگل به ترتیب $0/05 \pm 2/13$ و $0/02 \pm 0/27$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت TDS در زمستان ($1/03 \pm 0/23$) و نیز محدوده آن از ۰/۲۱ تا $2/37$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در پاییز ($0/40 \pm 0/79$) و نیز محدوده آن از ۰/۲۵ تا $2/37$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین EC آب در حد $1/98 \pm 0/23$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $4/70 - 0/42$ میکروزیمنس بر سانتیمتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین EC در ایستگاه های آب اسک و منگل به ترتیب $4/25 \pm 0/11$ و $0/54 \pm 0/03$ میلی زیمنس بر سانتیمتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین EC در زمستان ($0/46$ \pm $2/05$) و نیز محدوده آن از $0/42$ تا $4/74$ میلی زیمنس بر سانتیمتر در نوسان بود. حداقل میانگین EC در پاییز ($1/58 \pm 0/80$) و نیز محدوده آن از $0/51$ تا $4/75$ میلی زیمنس بر سانتیمتر مشاهده گردید.

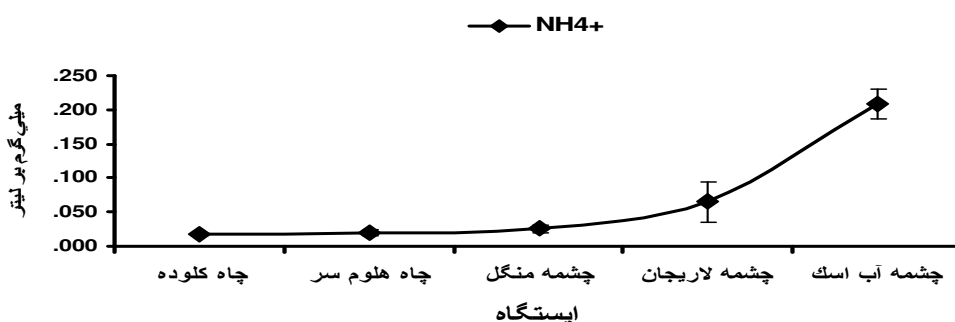
- میانگین غلظت یون Cl^- آب های زیرزمینی در حد $317/8 \pm 76/2$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین 1347 - 11 میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های آب اسک و منگل به ترتیب $128/6 \pm 1102/8$ و $12/46 \pm 0/90$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون Cl^- در بهار ($364/9 \pm 165/0$) و نیز محدوده آن از 11 تا 1347 میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در تابستان ($156/1 \pm 78/3$) و نیز محدوده آن از $17/3$ تا $360/2$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت یون PO_4^{3-} آب های زیرزمینی در حد $0/25 \pm 0/06$ و نیز دامنه تغییرات آن بین $1/710 - 0/002$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های آب اسک و هلموسر به ترتیب $1/105 \pm 0/112$ و $0/21 \pm 0/003$ میلی گرم برلیتر ثبت شد (شکل ۳-۵). آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون PO_4^{3-} در تابستان ($0/332 \pm 0/148$) و نیز محدوده آن از $0/02$ تا $1/71$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در پاییز ($0/090 \pm 0/083$) و نیز محدوده آن از $0/002$ تا $0/422$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.



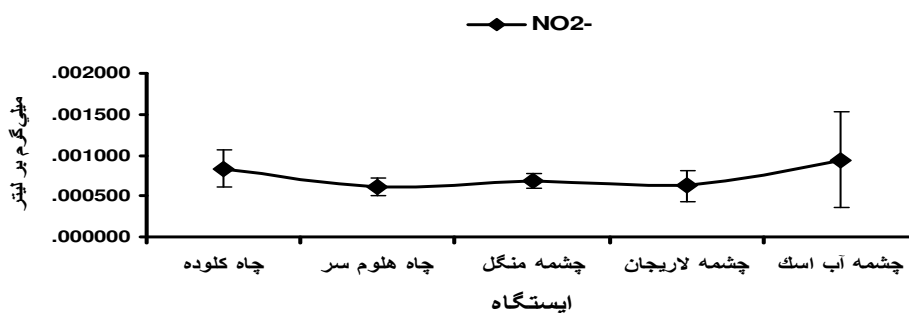
شکل ۳-۵: روند تغییرات غلظت یون فسفات ($\pm SE$) در ایستگاه آبهای زیرزمینی رودخانه هراز (۸۹-۱۳۸۸)

- میانگین غلظت یون NH_4^+ در آبهای زیرزمینی در حد 0.06 ± 0.01 و نیز دامنه تغییرات آن بین $0.001 - 0.370$ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداکثر حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های آب اسک و کلوده به ترتیب 0.20 ± 0.02 و 0.10 ± 0.002 میلی گرم بر لیتر ثبت شد (شکل ۳-۶). آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون NH_4^+ در پاییز (0.10 ± 0.05) و نیز محدوده آن از 0.001 تا 0.266 میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در بهار (0.05 ± 0.02) و نیز محدوده آن از 0.006 تا 0.239 میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید.



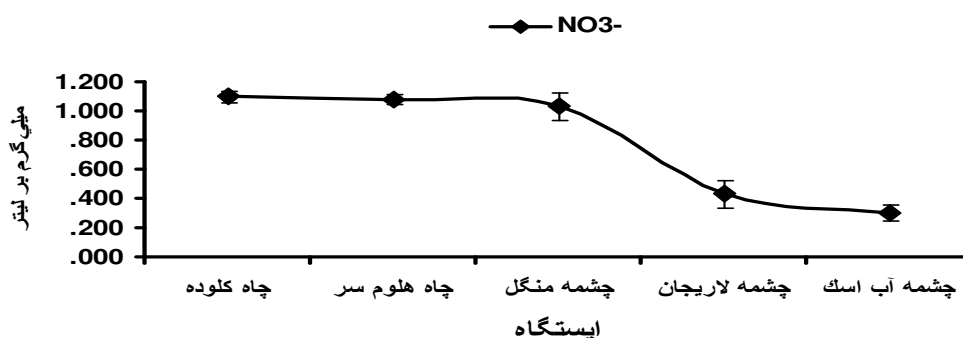
شکل ۳-۶: روند تغییرات غلظت یون ازت آمونیم ($\pm SE$) در ایستگاه آبهای زیرزمینی رودخانه هراز (۸۹-۱۳۸۸)

- میانگین غلظت یون NO_2^- در آبهای زیرزمینی در $0/0007 \pm 0/0001$ و نیز دامنه تغییرات آن بین $0/0050$ - $0/0001$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های آب اسک و هلومسر به ترتیب $0/0009 \pm 0/0005$ و $0/0006 \pm 0/0001$ میلی گرم برلیتر ثبت شد (شکل ۳-۷). آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون NO_2^- در تابستان ($0/0010 \pm 0/0005$) و نیز محدوده آن از $0/0005$ تا $0/0050$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در زمستان ($0/00030 \pm 0/00006$) و نیز محدوده آن از $0/0001$ تا $0/0010$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.



شکل ۳-۷: روند تغییرات غلظت یون نیتريت ($\pm SE$) در ایستگاه آبهای زیرزمینی رودخانه هراز (۱۳۸۸-۸۹)

- میانگین غلظت یون NO_3^- در حد $0/78 \pm 0/05$ و نیز دامنه تغییرات آن بین $1/300$ - $0/064$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های کلوده و آب اسک به ترتیب $1/096 \pm 0/039$ و $0/29 \pm 0/05$ میلی گرم برلیتر ثبت شد (شکل ۳-۸). آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون NO_3^- در تابستان ($0/850 \pm 0/086$) و نیز محدوده آن از $0/24$ تا $1/30$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در زمستان ($0/73 \pm 0/12$) و نیز محدوده آن از $0/12$ تا $1/27$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.



شکل ۳-۸: تغییرات غلظت یون ازت نترات (±SE) در ایستگاه آبهای زیرزمینی رودخانه هراز (۱۳۸۸-۸۹)

۳-۱-۵- تجزیه تحلیل آماری- PCA (آبهای زیرزمینی)

در آزمون مولفه اصلی (PCA)، ۷ پارامتر شامل pH (۰/۹۳۱)، بیکربنات (۰/۷۵۴)، کربنات (۰/۵۹۲-)، سختی کل (۰/۸۶۶)، TSS (۰/۸۴۲)، یون منیزیم (۰/۸۳۹) و یون آمونیوم (۰/۶۳۲) در مولفه اول با ۳۱/۸ درصد واریانس از اهمیت بیشتری برخوردارند. پارامترهای سختی کل، TSS و pH دارای نقش مهم و از اهمیت بالایی در کیفیت آبهای زیرزمینی برخوردارند. مولفه دوم شامل TDS (۰/۸۹۸)، دمای آب (۰/۷۲۸)، قلیائیت کل (۰/۷۷۰)، EC (۰/۸۹۱) و یون کلر (۰/۸۵۸) با واریانس ۲۹/۶ درصد قرار دارند. مولفه سوم شامل یون کلسیم (۰/۶۱۲)، یون فسفات (۰/۵۷۷) و یون ازت نتراتی (۰/۸۱۸-) با واریانس ۱۵/۱ درصد قرار دارند. مولفه چهارم شامل دمای هوا (۰/۷۱۳) و یون ازت نیترونی (۰/۹۴۱) با واریانس ۱۲/۸ درصد قرار دارند. یون ازت نیترونی در این مولفه دارای اهمیت چندانی در کیفیت آبهای زیرزمینی نیست.

۳-۱-۶- سایر روش های تجزیه تحلیل آماری (آبهای سطحی)

- آزمون همبستگی پیرسون، پارامترهای بیکربنات، دمای آب، pH، قلیائیت کل (TA)، یون کلراید با متغیرهای TSS، TDS، EC، Mg^{2+} ، TH، PO_4^{3-} ، Ca^{2+} و یون نترات، متغیر یون فسفات با پارامترهای کربنات، یون کلسیم،

پارامتر یون آمونیوم با متغیرهای pH، HCO_3^- ، TA، TSS، Cl^- ، Mg^{2+} ، TDS، PO_4^{3-} ، EC، NO_3^- ، پارامترهای یون کلسیم، منیزیم، PO_4^{3-} ، NO_3^- با TSS، TDS، EC، پارامتر کربنات با TSS، متغیر یون نیتريت با دمای هوا، پارامترهای PO_4^{3-} و NO_3^- با متغیرهای دمای آب، pH، HCO_3^- ، TSS، Cl^- ، Ca^{2+} ، TDS، NH_4^+ ، EC و TH نشان داد که همگی دارای همبستگی بسیار قوی ($p < 0/01$) هستند.

- آزمون همبستگی پیرسون، یون کلسیم با متغیر یون منیزیم، پارامتر قلیائیت کل (TA) با یون ازت نیتريت و نترات، متغیر EC با یون نیتريت، پارامتر یون فسفات با کربنات، متغیر یون ازت نیتريت با TDS و Mg^{2+} نشان داد که همگی دارای همبستگی قوی ($p < 0/05$) هستند.

- در آنالیز واریانس، میانگین دمای آب، pH بطور فصلی و ماهانه ها تفاوت معنی داری نبود، ولی میانگین دمای هوا میان فصول و ماه های نمونه برداری را معنی دار بوده اما دمای هوا تفاوت معنی داری را میان ایستگاه ها نشان نداد.

- در آزمون ANOVA، میانگین دمای آب، pH اختلاف معنی داری را بین ایستگاه های نمونه برداری نشان داده است ($p < 0/05$). در این آزمون، بیکربنات و قلیائیت کل (TA) تفاوت معنی داری میان فصول و ماه های نمونه برداری نشان ندادند اما این آزمون اختلاف معنی داری را میان ایستگاه های مختلف نشان داده است ($p < 0/05$) بگونه ای که آزمون دانکن ایستگاه ها هر کدام در ۳ گروه قرار دادند. در آزمون دانکن، pH ایستگاه های نمونه برداری در ۲ گروه قرار گرفتند.

- آنالیز واریانس مکانی، یون کلسیم تفاوت معنی داری را میان ایستگاه های نمونه برداری نشان داد.

- آنالیز واریانس مکانی، یون منیزیم، یون ازت آمونیوم، یون ازت نیتريت و نترات، یون فسفات، سختی کل (TH)، TSS، TDS، EC، و یون کلراید تفاوت معنی داری را بین ایستگاه ها نشان داده بگونه ای که طبق آزمون دانکن ایستگاه ها برای یون های منیزیم، آمونیوم، نیتريت و نترات هر کدام در ۲ گروه، یون فسفات در ۳ گروه و

برای سایر پارامترها هر کدام در ۴ گروه قرار گرفته اند. آنالیز واریانس زمانی، یون فسفات اختلاف معنی داری را میان فصول نشان داده است بگونه ای که طبق آزمون دانکن فصل پاییز در گروهی جدا از سایر فصول قرار گرفت ($p < 0.05$).

۷-۱-۳- پساب ها

- نتایج میانگین، حداقل و حداکثر مقدار از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب بطور سالانه در ۴ ایستگاه پساب طبق جدول ۱۵ پیوست و نیز نتایج میانگین، حداقل و حداکثر مقدار از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب بصورت فصلی در هر یک از ایستگاه ها طبق جداول ۱۶ تا ۱۹ پیوست شرح گردید.

- میانگین دمای آب در حد $13/59 \pm 0/87$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۲۹-۴ درجه سانتی گراد در نوسان بود. حداکثر حداقل میانگین دما در ایستگاه های ایثار و نور رود به ترتیب 17 ± 2 و 12 ± 2 درجه سانتی گراد ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین دما در تابستان (20 ± 1) و نیز محدوده آن از ۱۵ تا ۲۹ درجه سانتی گراد در نوسان بود. حداقل میانگین دمای آب در پاییز (8 ± 1) و نیز محدوده دمایی آن از ۵ تا ۱۱ درجه سانتی گراد مشاهده گردید. حداقل میانگین دمای هوا در تابستان و زمستان به ترتیب 24 ± 1 و 12 ± 2 درجه سانتی گراد مشاهده شد.

- میانگین اکسیژن محلول آب در حد $9/80 \pm 0/12$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $12/16 - 7/80$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین DO در ایستگاه های نور رود و ایثار به ترتیب $10/25 \pm 0/27$ و $9/64 \pm 0/26$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت اکسیژن محلول در زمستان ($10/33 \pm 0/14$) و نیز محدوده آن از $9/2$ تا ۱۱ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین اکسیژن محلول آب در پاییز ($8/33 \pm 0/28$) و نیز محدوده آن از $7/8$ تا $9/1$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین BOD_5 در ایستگاه های پساب در حد $0/18 \pm 2/22$ نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $0/16 - 6/40$ میلی گرم برلیتر در نوسان بوده است. حداکثر و حداقل میانگین این فاکتور در ایستگاه های ایثار و نور رود به ترتیب $0/41 \pm 2/89$ و $0/14 \pm 1/55$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین BOD_5 در زمستان ($0/51 \pm 2/85$) و نیز محدوده آن از $1/00$ تا $6/40$ میلی گرم برلیتر متغیر بود. حداقل میانگین آن در پاییز ($0/13 \pm 1/35$) و نیز محدوده آن از $1/00$ تا $1/6$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین COD در ایستگاه ها در حد $1/02 \pm 7/54$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $0/00 - 22/00$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین این فاکتور در ایستگاه های کیلومتر ۱۱۵ و نور رود به ترتیب $0/40 \pm 2/11$ و $1/50 \pm 4/60$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین COD در زمستان ($2/30 \pm 9/00$) و نیز محدوده آن از $0/00$ تا $22/00$ میلی گرم برلیتر متغیر بود. حداقل میانگین آن در پاییز ($1/70 \pm 2/00$) و نیز محدوده آن از $0/00$ تا $7/00$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

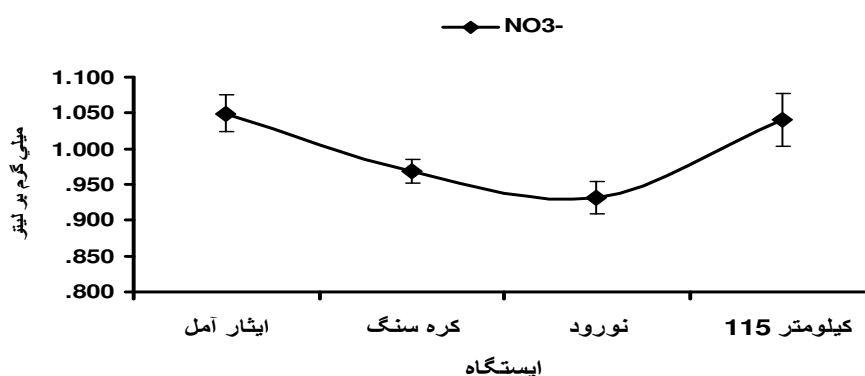
- میانگین pH آب در حد $0/02 \pm 7/95$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $8/60 - 7/58$ واحد در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین pH در ایستگاه های کیلومتر ۱۱۵ و ایثار به ترتیب $0/07 \pm 8/07$ و $0/06 \pm 7/89$ واحد ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین pH در بهار ($0/01 \pm 8/07$) و نیز محدوده آن از $8/11 - 8/01$ واحد متغیر بود. حداقل میانگین pH در پاییز ($0/05 \pm 7/71$) و نیز محدوده آن از $7/82 - 7/58$ واحد مشاهده گردید.

- میانگین غلظت TSS در ایستگاه های پساب ها در حد $0/03 \pm 0/50$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $0/02 - 1/13$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت TSS در ایستگاه های ایثار و کیلومتر ۱۱۵ به ترتیب $0/06 \pm 0/73$ و $0/02 \pm 0/17$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین

غلظت TSS در زمستان ($0/58 \pm 0/08$) و نیز محدوده آن از $0/14$ تا $1/13$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در تابستان ($0/42 \pm 0/06$) و نیز محدوده آن از $0/05$ تا $0/76$ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید.

- میانگین غلظت TDS پسابها در حد $0/320 \pm 0/008$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $0/50$ - $0/21$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت TDS در ایستگاه های ایثار و نور رود به ترتیب $0/36 \pm 0/02$ و $0/30 \pm 0/01$ میلی گرم برلیتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت TDS در پاییز ($0/38 \pm 0/04$) و نیز محدوده آن از $0/33$ تا $0/50$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در تابستان ($0/29 \pm 0/01$) و نیز محدوده آن از $0/25$ تا $0/34$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

- میانگین EC آب در حد $0/64 \pm 0/01$ و نیز دامنه تغییرات آن در طول سال بین $1/01$ - $0/42$ میلی زیمنس بر سانتیمتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین EC در ایستگاه های ایثار و نور رود به ترتیب $0/71 \pm 0/04$ و $0/60 \pm 0/03$ میلی زیمنس بر سانتیمتر ثبت شد. آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین EC در پاییز ($0/08$) و نیز محدوده آن از $0/67$ تا $1/01$ میلی زیمنس بر سانتیمتر در نوسان بود. حداقل میانگین EC در تابستان ($0/58 \pm 0/02$) و نیز محدوده آن از $0/49$ تا $0/68$ میلی زیمنس بر سانتیمتر مشاهده گردید.



شکل ۳-۹: تغییرات غلظت ازت نیترات ($\pm SE$) در ایستگاه پسابها رودخانه هراز (۸۹-
(۱۳۸۸)

- میانگین غلظت یون ازت نترات در ایستگاه های پساب در حد $0/16 \pm 0/99$ و نیز دامنه تغییرات آن بین $1/22$ - $0/85$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداکثر و حداقل میانگین غلظت این یون در ایستگاه های ایثار و نوررود به ترتیب $0/26 \pm 0/40$ و $0/93 \pm 0/02$ میلی گرم برلیتر ثبت شد (شکل ۳-۹). آنالیزهای فصلی نشان داد، حداکثر میانگین غلظت یون ازت نترات در پاییز ($0/10 \pm 0/09$) و نیز محدوده آن از $0/98$ تا $1/03$ میلی گرم برلیتر در نوسان بود. حداقل میانگین آن در زمستان ($0/99 \pm 0/02$) و نیز محدوده آن از $0/85$ تا $1/22$ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید.

۸-۱-۳- تجزیه تحلیل آماری - PCA (پساب ها)

در آزمون مولفه اصلی (PCA)، ۳ پارامتر شامل TDS ($0/955$)، یون نترات ($NO_3^- = 0/643$) و EC ($0/960$) در مولفه اول با $26/31$ درصد واریانس از اهمیت بیشتری در کیفیت پساب ها برخوردارند. مولفه دوم شامل BOD ($0/760$)، COD ($0/796$) و Ph ($0/761$) با واریانس $22/34$ درصد قرار دارند. در مولفه سوم پارامترهای دمای آب ($WT = 0/878$) و دمای هوا ($AT = 0/897$) با واریانس $14/5$ درصد قرار دارند. کل ذرات جامد معلق (TSS) نقش کمی در کیفیت پسابها داشته است.

۹-۱-۳- سایر روش های تجزیه تحلیل آماری (پساب ها)

- آنالیز واریانس فصلی، تفاوت معنی داری در BOD5، یون ازت نترات، کل ذرات جامد محلول (TDS)، دمای آب، دمای هوا، اکسیژن محلول، pH، کل ذرات جامد معلق (TSS) نشان دادند، بطوریکه طبق آزمون دانکن فصول از لحاظ پارامترهای BOD5، TDS و یون ازت نترات هر کدام در ۲ گروه و دیگر متغیرها هر کدام به ۳ گروه تقسیم میگردند.

- در آزمون ANOVA، اختلاف معنی داری را در دمای آب و هوا میان ایستگاه های نمونه برداری نشان نداده است.

- آنالیز واریانس زمانی، COD اختلاف معنی داری را بین فصول نشان داده است ($p < 0.05$) و بر طبق آزمون دانکن، این پارامتر در ایستگاه های کیلومتر ۱۱۵ تهران و نوررود در دسته های جداگانه ای قرار گرفته اند.

- در آزمون دانکن، pH ایستگاه های شهرک ایثار و کیلومتر ۱۱۵ تهران و نیز در آزمون TDS، ایستگاه های شهرک ایثار و نوررود در گروه های جداگانه ای قرار داد.

- در آزمون ANOVA، میانگین هدایت الکتریکی در فصول مختلف تفاوت معنی داری را نشان داده و آزمون دانکن، فصول سرد و گرم را از هم جدا کرد. در این آزمون، ایستگاه های شهرک ایثار و نوررود را بر اساس فاکتور EC از هم جدا کرده است.

۱۰-۱-۳- شاخص کیفیت آبهای سطحی (WQI)

نتایج حاصل از محاسبه شاخص کیفیت آبهای سطحی در ایستگاه های مختلف حوضه رودخانه هراز در جداول ۱-۳ تا ۷-۳ آمده است. میانگین شاخص WQI در ایستگاه سرخورد ۶۹/۵۱ بود، بطوریکه کمترین و بیشترین میزان آن بترتیب ۶۵/۲۵ و ۷۶/۲۳ بدست آمد.

جدول ۱-۳: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه سرخورد رودخانه هراز (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
NH ₄ ⁺	۰/۱۲۳	mg/l	۹۰/۶	۰/۱۲	۱۰/۸۷
pH	۷/۹۱	واحد	۹۸/۹	۰/۰۹	۸/۹
PO ₄ ³⁻	۰/۰۷۷	mg/l	۸۶/۳	۰/۰۸	۶/۹
NO ₃ ⁻	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	°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 ۲-۳: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه کره سنگ رودخانه هراز (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
NH ₄ ⁺	۰/۰۴۸	mg/l	۹۸/۵	۰/۱۲	۱۱/۸۲
pH	۷/۹۴	واحد	۹۸/۸	۰/۰۹	۸/۸۹
PO ₄ ³⁻	۰/۰۹۲	mg/l	۸۱/۶	۰/۰۸	۶/۵۲
NO ₃ ⁻	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	°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 ۳-۳: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه پل چلاو رودخانه هراز (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
NH ₄ ⁺	۰/۰۵۱	mg/l	۹۸/۱	۰/۱۲	۱۱/۷۷
pH	۷/۹۳	واحد	۹۸/۷	۰/۰۹	۸/۸۸
PO ₄ ³⁻	۰/۰۶۹	mg/l	۸۵/۸	۰/۰۸	۶/۸۶
NO ₃ ⁻	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	°C	۵۸/۱	۰/۰۵	۲/۹
WQI	-	-	-	-	۷۰/۰۳

میانگین WQI در ایستگاه نور رود ۷۱/۸۴ ، کمترین و بیشترین مقدار آن بترتیب ۶۵/۵۶ و ۷۶/۲۱ محاسبه شد.

جدول ۳-۴: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه نور رود رودخانه هراز (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
NH ₄ ⁺	۰/۰۳۸	mg/l	۹۹/۲	۰/۱۲	۱۱/۹
pH	۷/۹۳	واحد	۹۸/۸	۰/۰۹	۸/۸۹
PO ₄ ³⁻	۰/۰۴۱	mg/l	۹۲/۲	۰/۰۸	۷/۳۷
NO ₃ ⁻	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	°C	۵۲/۹	۰/۰۵	۲/۶۴
WQI	-	-	-	-	۷۱/۸۴

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

جدول ۳-۵: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه ۱۱۵ کیلومتری تهران رودخانه هراز (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
NH ₄ ⁺	۰/۰۶	mg/l	۹۷/۳	۰/۱۲	۱۱/۶۷
pH	۸/۰۸	واحد	۹۸/۷	۰/۰۹	۸/۸۸
PO ₄ ³⁻	۰/۰۷۹	mg/l	۸۲/۶	۰/۰۸	۶/۶
NO ₃ ⁻	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	°C	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 ۳-۶: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه سد لار رودخانه هراز (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
NH ₄ ⁺	۰/۰۴۴	mg/l	۹۸/۴	۰/۱۲	۱۱/۸
pH	۸/۱۶	واحد	۹۴/۹	۰/۰۹	۸/۵۴
PO ₄ ³⁻	۰/۰۴۱	mg/l	۹۲/۶	۰/۰۸	۷/۴
NO ₃ ⁻	۳/۵	mg/l	۵/۷	۰/۰۸	۰/۴۶
TSS	۰/۰۵۷	mg/l	۱۰۰	۰/۰۷	۷
EC	۰/۰۴۴	ms/cm	۶۴/۲	۰/۰۶	۳/۸۵
Temp.	۱۰/۸	°C	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 ۳-۷: تعیین شاخص کیفیت آب (WQI) ایستگاه لاسم رودخانه هراز (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
NH ₄ ⁺	۰/۰۵	mg/l	۹۷/۴	۰/۱۲	۱۱/۶۸
pH	۸/۰۵	واحد	۹۸/۵	۰/۰۹	۸/۸۶
PO ₄ ³⁻	۰/۰۴۱	mg/l	۹۲/۳	۰/۰۸	۷/۳۸
NO ₃ ⁻	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	°C	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 ($p < 0/05$). اما میانگین ها بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0/05$) و براساس آزمون دانکن فصول بهار-تابستان در یک گروه و دو فصل دیگر (پاییز و زمستان) در دو گروه جداگانه قرار گرفت. همچنین میانگین بین ماههای مختلف معنی دار بوده است ($p < 0/05$) و بر اساس آزمون دانکن ماهها در چهار گروه مختلف قرار گرفتند.

۳-۲- سموم ارگانوکلره

۳-۲-۱- فصل پائیز ۱۳۸۸

در این فصل، باقی مانده سموم ارگانوکلره شامل DDT, α -endosulfan, δ -DDD, endrin, α -BHC, β -BHC, dieldrin, β -endosulfan, endrin aldehyde, DDE, aldrin, heptachlor epoxide endosulfan sulfate, BHC, heptachlor, γ -BHC) or lindane, در نمونه آب ایستگاههای آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

در این بررسی، مقدار درصد سموم ارگانوکلره مشاهده شده در تمامی نمونه های ۱۲ ایستگاه سطحی و آبهای زیر زمینی رودخانه هراز از حداکثر به حداقل بدین شرح است. سم endosulfan sulfate در حد ۴۲ درصد، ترکیب lindane یا γ -BHC) در حد ۲۵ درصد، سموم β -BHC, dieldrin, DDD, aldrin, heptachlor, DDE, endrin در حد کمتر از ۱۷ درصد بوده است. در این ایستگاه های سطحی و آبهای زیرزمینی، تعداد ۹ ترکیب (کمتر از ۶۰ درصد) از شانزده ترکیب قابل اندازه گیری مشاهده شده است. حداکثر تا حداقل تعداد سموم ارگانوکلره در نمونه های ایستگاههای چشمه لاریجان، چشمه آهکی منگل، رودخانه لاسم، رود لار، سرخورد، پل چلاو، چشمه آب اسک، کیلومتر ۱۱۵ تهران، چاههای کلوده و هلومسر بترتیب ۶، ۳، ۳، ۳، ۲، ۱، ۱، ۱، ۱ و ۱ ترکیب بوده است (جدول ۳-۸).

جدول ۳-۸: میزان سموم ارگانوکلره در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در پاییز (۸۹-۱۳۸۸) - ppb

ایستگاه	ترکیبات	a-BHC	β-BHC	g-BHC	d-BHC	Heptachlor	Aldrin	Heptachlor epoxide	α-Endosulfan
سرخرود		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
کلوده		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
هلوم سر		n.d	n.d	n.d	n.d	۰/۱۲	n.d	n.d	n.d
کره سنگ		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
منگل		n.d	n.d	۰/۲۱	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
پل چلاو		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۰/۱۴	n.d	n.d
نور رود		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
ک/ ۱۱۵ تهران		n.d	n.d	۰/۱۲	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
لاریجان		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۱/۵۱	n.d	n.d
آب اسک		n.d	۰/۱۲	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
لاسم		n.d	n.d	۰/۱۴	n.d	۰/۱۲	n.d	n.d	n.d
لار		n.d	۰/۱۲	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

ایستگاه	ترکیبات	DDE	Dieldrin	Endrin	β-Endosulf	DDD	Endrin Aldehyde	Endosulf Sulfate	DDT
سرخرود		n.d	n.d	۰/۱۳	n.d	n.d	n.d	۰/۲۲	n.d
کلوده		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۰/۱۶	n.d
هلوم سر		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
کره سنگ		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
منگل		n.d	n.d	n.d	n.d	۰/۱۲	n.d	۰/۶۷	n.d
پل چلاو		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
نور رود		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
ک/ ۱۱۵ تهران		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
لاریجان		۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۳	n.d	۰/۱۶	n.d	۰/۱۲	n.d
آب اسک		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
لاسم		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۲/۸۵	n.d
لار		۰/۱۴	۰/۱۴	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

N.D = not detected

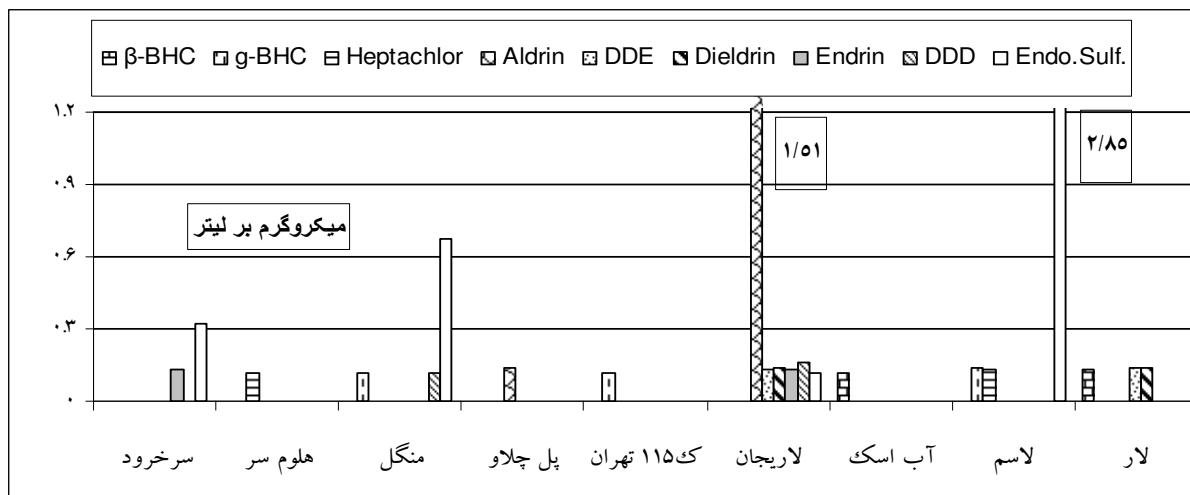
بنابراین، بیشترین تراکم ترکیبی در چشمه های لاریجان، منگل، رودهای لاسم و لار و کمترین تراکم آن در چاه های کلوده و هلومسر، چشمه آب اسک، پل چلاو، کیلومتر ۱۱۵ تهران رودخانه هراز مشاهده گردیده است. حداکثر غلظت باقی مانده سم ارگانوکلره مربوط به ترکیب endosulfan sulfate در حد ۲/۸۵ میکروگرم برلیتر در ایستگاه رود لاسم است.

روند تغییرات غلظتی سموم مشاهده شده از حداکثر به حداقل (۰/۱۲ میکروگرم برلیتر) در ایستگاه های مختلف بشرح زیر اعلام میگردد:

DDD, dieldrin, > منگل، سرخرود، لاریجان، endosulfan sulfate, > لاریجان Aldrin, > لاسم، endosulfan sulfate, > لار، > β-BHC, > سرخرود، لاریجان، DDE, endrin, > لاسم، γ-BHC, heptachlor, > لار، > dieldrin, DDE, > لاریجان .
.....

طبق جدول ۳-۸، تعداد ۹ ترکیب از سموم ارگانوکلره در ۱۰ ایستگاه نمونه برداری سطحی و آبهای زیرزمینی بطور مشترک مشاهده گردید. ترکیباتی از سموم ارگانوکلره نظیر DDT, Heptachlor α-BHC, Endrin aldehyde, α- Endosulfan, δ-BHC, epoxide, در هیچ یک از ایستگاههای ۱۲ گانه مورد مشاهده قرار نگرفت. همچنین در دو ایستگاه سطحی کره سنگ و نور رود هیچ یک از ترکیبات شانرده گانه سموم ارگانوکلره مشاهده نگردید.

شکل ۳-۱۰ نشان میدهد، حداکثر مقدار غلظتی سم ارگانوکلره در ۱۲ ایستگاه آبهای سطحی و زیرزمینی رودخانه هراز مشاهده گردید مربوط به ترکیب endosulfan sulfate در حد ۲/۸۵ میکروگرم برلیتر در ایستگاه سطحی رود لاسم در سرشاخه بالا دست هراز بوده است. این سم در پنج ایستگاه چشمه لاریجان، چاه کلوده، سرخرود، چشمه منگل و رود لاسم و لار از حداقل غلظت (۰/۱۲) تا حداکثر مقدار یعنی ۲/۸۵ میکروگرم برلیتر در نوسان بوده است. غلظت ترکیب آلدترین در بین سموم مورد مشاهده در مرتبه دوم قرار داشته که غلظت آن در حد ۱/۵۲ میکروگرم برلیتر می باشد. نوسانات غلظتی ترکیبات heptachlor, DDE, DDD, Dieldrin, endrin, β-BHC, lindane, در هشت ایستگاه از ۰/۱۲ تا ۰/۱۶ میلیگرم برلیتر متغیر بوده است (شکل ۳-۱۰).



شکل ۳-۱۰: دامنه تغییرات سموم ارگانوکلره در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در پاییز (۸۹-۱۳۸۸)

۲-۲-۳- فصل زمستان ۱۳۸۸

در این فصل، باقی مانده تعداد ۱۶ سم ارگانوکلره همانگونه که در قسمت فصل پاییز قید گردید در نمونه

آب ایستگاه های آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج

حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

در این بررسی، مقدار درصد سموم ارگانوکلره مشاهده شده در تمامی نمونه های ۱۲ ایستگاه سطحی و آبهای

زیر زمینی رودخانه هراز از حداکثر به حداقل بدین شرح است. سم DDD درحد ۲۵ درصد، ترکیبات aldrin،

β-endosulfan، endrin، heptachlor epoxide، α-endosulfan، endrin aldehyde، سموم β-

heptachlor، endosulfan sulfate، DDE، γ-BHC، dieldrin، BHC، در این ایستگاه های

سطحی و آبهای زیرزمینی، تعداد ۱۳ ترکیب (بیش از ۸۰ درصد) از شانزده ترکیب قابل اندازه گیری مشاهده

شده است. حداکثر تا حداقل تعداد سموم ارگانوکلره در نمونه های ایستگاه های چاه کلوده، رودخانه نوررود،

رود لار، سرخورد، چاه هلومسر و پل چلاو بترتیب ۹، ۴، ۳، ۲، ۱ و ۱ ترکیب بوده است (جدول ۳-۹). بنابراین،

بیشترین تراکم ترکیبی در چاه کلوده و ایستگاه های سطحی نور رود و لار و کمترین تراکم آن در چاه هلو مسر و پل چلاو رودخانه هراز مشاهده گردیده است.

حداکثر غلظت باقی مانده سم ارگانو کلره مربوط به ترکیب γ -BHC در حد ۰/۳۴ میکرو گرم برلیتر در ایستگاه چاه کلوده است. روند تغییرات غلظتی سموم مشاهده شده از حداکثر به حداقل (۰/۱۲ میکرو گرم برلیتر) در ایستگاه های مختلف بشرح زیر اعلام میگردد:

γ -BHC, dieldrin, DDE, > چاه کلوده, Aldrin, > سرخرود, α - Endosulfan, Heptachlor epoxide, > چاه کلوده, α - Endosulfan, heptachlor, > لار, α - Endosulfan, > چاه کلوده, β -BHC, > لار, Heptachlor epoxide, > سرخرود > چاه هلو مسر, heptachlor, > لار, α - Endosulfan, > چاه کلوده, β -BHC, > لار, Heptachlor epoxide, > سرخرود, DDD, > سرخرود, نور رود, DDD, >

طبق جدول ۳-۹، تعداد ۱۳ ترکیب از سموم ارگانو کلره در ۶ ایستگاه نمونه برداری سطحی و آبهای زیرزمینی در هیچ α -BHC, DDT, β -endosulfan, δ -BHC, ترکیباتی از سموم ارگانو کلره نظیر یک از ایستگاههای ۱۲ گانه مورد مشاهده قرار نگرفت. همچنین در ۶ ایستگاه (۵۰ درصد) شامل کره سنگ، چشمه منگل، کیلومتر ۱۱۵ تهران، چشمه های آب اسک و لاریجان و رودخانه لاسم هیچ یک از ترکیبات شاندره گانه سموم ارگانو کلره مشاهده نگردید.

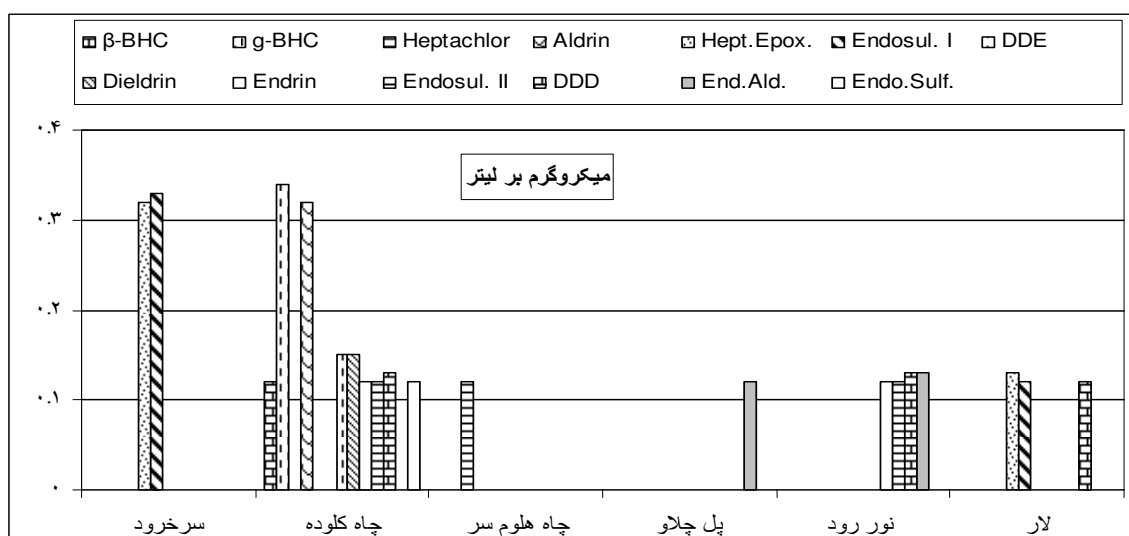
جدول ۳-۹: میزان سموم ارگانوکلره در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در زمستان (۸۹-)
ppb - (۱۳۸۸)

α -Endosulf	Heptachlor epoxide	Aldrin	Heptachlor	γ -BHC	δ -BHC	β -BHC	θ -BHC	ترکیبات ایستگاه
۰/۳۳	۰/۳۲	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	سرخرود
n.d	n.d	۰/۳۲	n.d	n.d	۰/۳۴	۰/۱۴	n.d	کلوده
n.d	n.d	n.d	۰/۱۳	n.d	n.d	n.d	n.d	هلموم سر
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	کره سنگ
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	منگل
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	پل چلاو
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	نوررود
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	ک/ ۱۱۵ تهران
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لاریجان
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	آب اسک
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لاسم
۰/۱۳	۰/۱۴	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لار

DDT	Endosulf Sulfate	Endrin Aldehyde	DDD	β -Endosulf	Endrin	Dieldrin	DDE	ترکیبات ایستگاه
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	سرخرود
n.d	۰/۱۳	n.d	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۵	کلوده
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	هلموم سر
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	کره سنگ
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	منگل
n.d	n.d	۰/۱۳	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	پل چلاو
n.d	n.d	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	n.d	n.d	نوررود
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	ک/ ۱۱۵ تهران
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لاریجان
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	آب اسک
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لاسم
n.d	n.d	n.d	۰/۱۳	n.d	n.d	n.d	n.d	لار

N.D = not detected

شکل ۳-۱۱ نشان می‌دهد، حداکثر مقدار غلظتی باقی مانده سم ارگانوکلره در ۱۲ ایستگاه آبهای سطحی و زیر زمینی رودخانه هراز مشاهده گردید مربوط به ترکیب γ -BHC در حد ۰/۳۴ میکروگرم برلیتر در ایستگاه چاه کلوده بوده است. در این ایستگاه به غیر از سم فوق ۸ سم دیگر نظیر β -BHC, DDE, DDD, Dieldrin, endrin, aldehyde, endrin, Aldrin, از حداقل غلظت (۰/۱۲) تا حداکثر مقدار یعنی ۰/۳۲ میکروگرم برلیتر در نوسان بوده است. اختلاف غلظتی ترکیب ارگانوکلره γ -BHC با سموم α - Endosulfan, Aldrin, Heptachlor epoxide, ۰/۰۲ میکروگرم برلیتر است. نوسانات غلظتی ترکیبات heptachlor, DDE, DDD, β -endosulfan, endrin aldehyde, β -BHC, Dieldrin, endrin, heptachlor, در چهار ایستگاه از ۰/۱۲ تا ۰/۱۵ میلیگرم برلیتر متغیر بوده است (شکل ۳-۱۱).



شکل ۳-۱۱: دامنه تغییرات سموم ارگانوکلره در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در زمستان (۸۹-۱۳۸۸)

۳-۲-۳- فصل بهار ۱۳۸۹

در این فصل، باقی مانده تعداد ۱۶ سم ارگانوکلره همانگونه که در قسمت فصل پاییز قید گردید در نمونه آب ایستگاه های آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

در این بررسی، مقدار درصد باقی مانده سموم ارگانوکلره در تمامی نمونه های ۱۲ ایستگاه آبهای سطحی و زیر زمینی رودخانه هراز از حداکثر به حداقل بدین شرح است. سم ارگانوکلره β -BHC در حد ۲۵ درصد، ترکیبات endrin aldehyde, β - heptachlor, endosulfan sulfate, DDD, سموم، کمتر از ۱۷ درصد، α -BHC, endrin, endosulfan, بیشتر از ۸ درصد بوده است. در این ایستگاه های آبهای سطحی و زیر زمینی، تعداد ۸ ترکیب (۵۰ درصد) از شانزده ترکیب قابل اندازه گیری مشاهده شده است. حداکثر تا حداقل تعداد سموم ارگانوکلره در نمونه های ایستگاههای پل چلاو، چاه هلومسر، چاه کلوده، رودخانه نور رود، رود لار و کیلومتر ۱۱۵ تهران بترتیب ۶، ۲، ۱، ۱، ۱ و ۱ ترکیب بوده است (جدول ۳-۱۰).

بنابراین، بیشترین تراکم ترکیبی در ایستگاههای پل چلاو و چاه هلومسر سطحی و کمترین تراکم آن چاه کلوده، کیلومتر ۱۱۵ تهران، نوررود و لار در رودخانه هراز مشاهده گردیده است.

حداکثر غلظت سم ارگانوکلره مربوط به ترکیبات endrin aldehyde, heptachlor در حد ۰/۱۴ میکروگرم برلیتر در ایستگاه چاه هلومسر و پل چلاو است. روند تغییرات غلظتی سموم مشاهده شده از حداکثر به حداقل (۰/۱۲ میکروگرم برلیتر) در ایستگاههای مختلف بشرح زیر اعلام میگردد:

β -endosulfan, > پل چلاو، لار، β -BHC, DDD, > چاه هلومسر و پل چلاو، α -BHC, endrin aldehyde, heptachlor, endosulfan sulfate, > پل چلاو، نوررود

طبق جدول ۳-۱۰، تعداد ۸ ترکیب از سموم ارگانوکلره در ۶ ایستگاه نمونه برداری سطحی و آبهای زیرزمینی

بطور مشترک مشاهده گردید. ترکیباتی از سموم ارگانوکلره نظیر α -endosulfan, DDT, γ -BHC, DDE, Dieldrin,

δ-BHC, Heptachlor epoxide, Aldrin در هیچ یک از ایستگاههای ۱۲ گانه مورد مشاهده قرار نگرفت. همچنین در ۶ ایستگاه (۵۰ درصد) شامل کرسنگ، چشمه منگل، کیلومتر ۱۱۵ تهران، چشمه های آب اسک و لاریجان و رودخانه لاسم هیچ یک از ترکیبات شانرده گانه سموم ارگانوکلره مشاهده نگردید.

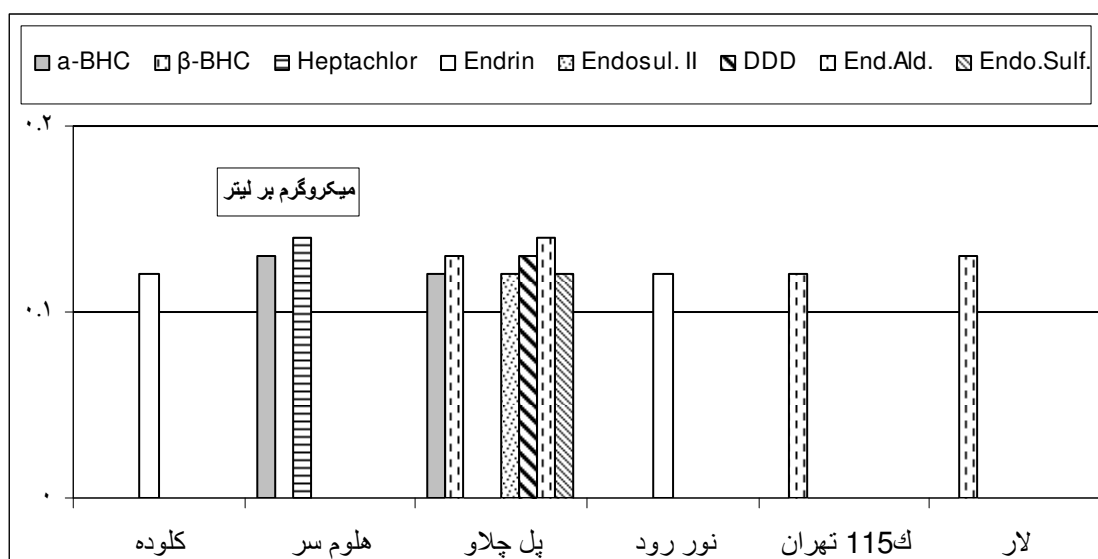
جدول ۳-۱۰: میزان سموم ارگانوکلره در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در بهار (۸۹-)
ppb - (۱۳۸۸)

								ایستگاه	ترکیبات
α -Endosulf	Heptachl epoxide	Aldrin	Heptachl	d-BHC	g-BHC	β -BHC	a-BHC		
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	سرخرود	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	کلوده	
n.d	n.d	n.d	۰/۱۴	n.d	n.d	n.d	۰/۱۳	هلموم سر	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	کره سنگ	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	منگل	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۰/۱۳	۰/۱۲	پل چلاو	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	نور رود	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۰/۱۲	n.d	ک/ ۱۱۵ تهران	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لاریجان	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	آب اسک	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لاسم	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۰/۱۲	n.d	لار	

								ایستگاه	ترکیبات
DDT	Endosul Sulfate	Endrin Aldehy	DDD	β -Endosul	Endrin	Dieldrin	DDE		
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	سرخرود	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۰/۱۲	n.d	n.d	کلوده	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	هلموم سر	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	کره سنگ	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	منگل	
n.d	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۲	n.d	n.d	n.d	پل چلاو	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۰/۱۲	n.d	n.d	نور رود	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	ک/ ۱۱۵ تهران	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لاریجان	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	آب اسک	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لاسم	
n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	لار	

N.D = not detected

شکل ۳-۱۲ نشان می‌دهد، حداکثر مقدار غلظتی سم ارگانوکلره در ۱۲ ایستگاه آبهای سطحی و زیرزمینی در حد ۰/۱۴ میکروگرم برلیتر در heptachlor, endrin aldehyde, رودخانه هراز مشاهده گردید مربوط به ترکیب ایستگاه های چاه هلومسر و پل چلاو بوده است. در ۵۰ درصد از ایستگاه هیچ سمی مشاهده نگردید. سایر با فاصله بسیار endrin, β -BHC, DDD, α -BHC, β -endosulfan, endosulfan sulfate, ترکیبات ارگانوکلره نظیر کمتری از حداکثر در شش ایستگاه مشاهده گردیدند. بنابراین، روند تغییرات غلظتی و نوسانات آن در بین ایستگاهها کند و بطئی بوده است.



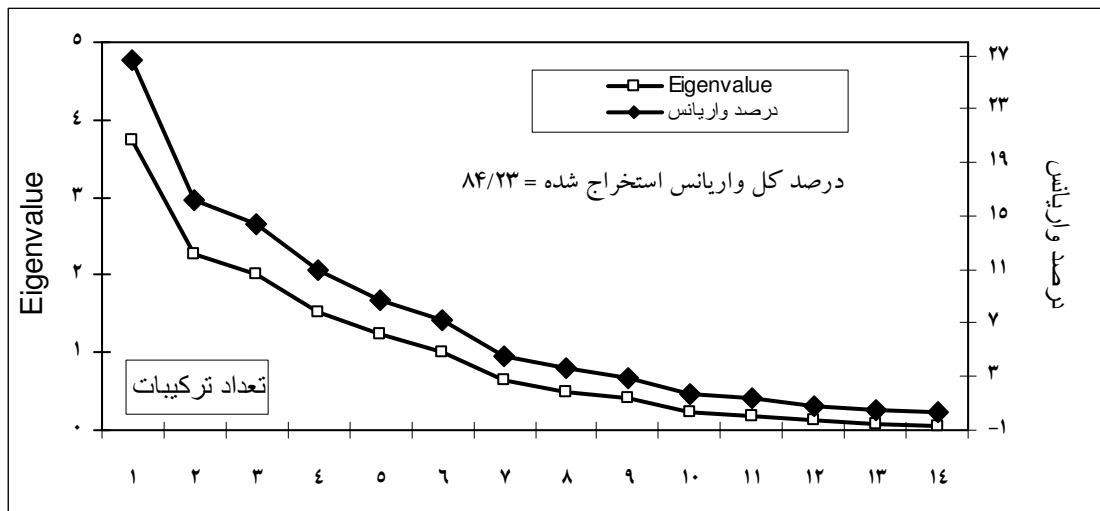
شکل ۳-۱۲: دامنه تغییرات سموم ارگانوکلره در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در بهار (۸۹-۱۳۸۸)

۴-۲-۳- نتایج حاصله از بررسی آنالیز فاکتورها (FA)

بررسی آزمایشات آنالیز فاکتورها (FA) در جهت تقلیل و کاهش داده ها و دستیابی به تقسیم بندی گروهی شامل ۱۶ ترکیب از سموم ارگانوکلره که ۱۴ ترکیب آنها بطور فعال در فرایند آنالیز فاکتورها در سه فصل (پاییز،

زمستان و بهار) در ۱۲ ایستگاه با ۵۷۶ داده از ایستگاه های آبهای زیرزمینی و سطحی رودخانه هراز در ۶ گروه تقسیم بندی گردیده مشارکت داشتند.

شکل ۳-۱۳، نمودار اسکری شامل درصد واریانس به تفکیک از شش گروه تشکیل شده که دارای دامنه ۲۶ تا بیش از ۷ درصد در نوسان بوده و مابقی ترکیبات کمتر از ۷ درصد می باشد برای دیگر گروه ها شرح گردید. ضمناً در شکل یاد شده، مقدار Eigenvalue جهت ۶ گروه که کمتر از ۴ شروع و تا حدود ۱ در نوسان بوده است. مقدار Eigenvalue دیگر عناصر که کمتر از حد نرمال باشد از اهمیت خاصی برخوردار نیست.



شکل ۳-۱۳: مقدار درصد واریانس و موقعیت اسکری Eigenvalue در مقابل تعداد ترکیبات

سموم ارگانوکلره در رودخانه هراز (۸۹-۱۳۸۸)

جدول ۳-۱۱: ارزش های مستخرجه متفاوت از *FA ترکیبات سموم ارگانوکلره در نمونه آب رودخانه هراز (۸۹-۱۳۸۸)

شرح واریانس قبل از چرخش			شرح واریانس بعد از چرخش			
مجموع استخراج مجذور بار (Initial Eigenvalue)			مجموع چرخش مجذور بار (Eigenvalue)			
گروه	کل	درصد واریانس	مجموع درصد واریانس	کل	درصد واریانس	مجموع درصد واریانس
1	۳/۷۴	۲۶/۷۲	۲۶/۷۲	۲/۸۰	۲۰/۰۲	۲۰/۰۲
2	۲/۲۷	۱۶/۲۲	۴۲/۹۴	۲/۱۹	۱۵/۶۳	۳۵/۶۵
3	۲/۰۱	۱۴/۳۵	۵۷/۲۹	۲/۰۱	۱۴/۳۳	۴۹/۹۸
4	۱/۵۳	۱۰/۹۰	۶۸/۱۹	۱/۷۵	۱۲/۴۸	۶۲/۴۶
5	۱/۲۳	۸/۷۹	۷۶/۹۸	۱/۶۴	۱۱/۷۲	۷۴/۱۸
6	۱/۰۲	۷/۲۵	۸۴/۲۳	۱/۴۱	۱۰/۰۵	۸۴/۲۳

*FA= Factors Analysis

جدول ۳-۱۱، مقدار درصد تجمعی واریانس ها برای فاکتو های متفاوتی از ارزش های مستخرجه اولیه

(Eigenvalue) و مقدار بار کل ترکیبات داده شده قبل از چرخش و نیز مقدار درصد تجمعی بعد از چرخش را

نشان میدهد. بار پذیرفته شده شش فاکتور استخراجی به ۸۴/۲۳ درصد میرسد. شرح واریانس ارزش های

مستخرجه اولیه قبل از چرخش برای شش گروه به ترتیب ۲۶/۷۲، ۱۶/۲۲، ۱۴/۳۵، ۱۰/۸۹، ۸/۷۹ و ۷/۲۵ درصد

بوده ولی واریانس ارزش های مستخرجه شش گروه بعد از چرخش به ترتیب ۲۰/۰۲، ۱۵/۶۳، ۱۴/۳۳، ۱۲/۴۸،

۱۱/۷۲ و ۱۰/۰۵ درصد ترمیم یافته است (جدول ۳-۱۱).

جدول ۳-۱۲: نتایج بارگیری آنالیز فاکتورها (FA*) در خصوص ترکیبات سموم ارگانوکلره در رودخانه هراز (۸۹-۱۳۸۸)

F-6	F-5	F-4	F-3	F-2	F-1	FA	ترکیبات شیمیایی
-۰/۱۰۷	۰/۰۷۳	۰/۲۷۸	۰/۱۴۲	۰/۰۸۶	۰/۸۸۵		DDE
-۰/۱۷۳	۰/۰۹۸	۰/۳۱۸	-۰/۰۴۴	۰/۰۱۳	۰/۸۸۱		Dieldrin
۰/۰۶۲	۰/۳۸۸	-۰/۰۲۲	۰/۰۸۴	۰/۰۷۰	۰/۷۳۲		Aldrin
۰/۱۲۹	۰/۴۳۵	-۰/۰۲۲	۰/۰۷۴	۰/۵۳۱	۰/۵۳۸		DDD
-۰/۰۰۸	۰/۰۸۴	۰/۱۶۲	۰/۰۷۲	۰/۸۴۶	-۰/۲۷۸		Endrin Aldehyde
-۰/۱۴۵	-۰/۴۰۸	-۰/۲۱۳	۰/۰۸۹	۰/۷۷۷	۰/۱۵۵		a-BHC
-۰/۰۰۲	۰/۱۹	۰/۴۶۶	-۰/۱۳۸	۰/۷۲۱	۰/۱۸۳		b-Endosulfan
۰/۰۵۸	۰/۰۴۳	۰/۰۱۳	۰/۹۷۵	۰/۰۲۶	-۰/۰۴۵		a-Endosulfan
-۰/۱۱۸	-۰/۰۳۹	-۰/۰۳۰	۰/۹۷۵	۰/۰۳	-۰/۰۳۲		Heptachlor epoxide
-۰/۰۹۸	-۰/۰۸۴	۰/۸۳۹	۰/۰۳۲	۰/۱۴۴	۰/۰۷۱		b-BHC
۰/۳۸۲	۰/۱۷۹	۰/۶۷۹	-۰/۰۵۱	-۰/۰۰۲	۰/۴۲۴		g-BHC
-۰/۱۰۷	۰/۸۲۴	۰/۰۳۴	-۰/۰۶۲	۰/۰۶۲	۰/۲۲۹		Endrin
۰/۵۵۸	۰/۵۹۵	۰/۰۴۶	-۰/۱۲۰	۰/۱۳۸	-۰/۱۷۹		Heptachlor
۰/۹۱۶	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۱	-۰/۰۱۱	-۰/۰۹۹	-۰/۰۷۳		Endosulfan Sulfate
۱۰/۰۵	۱۱/۷۲	۱۲/۴۸	۱۴/۳۳	۱۵/۶۳	۲۰/۰۲		درصد واریانس (84/2)

۳)

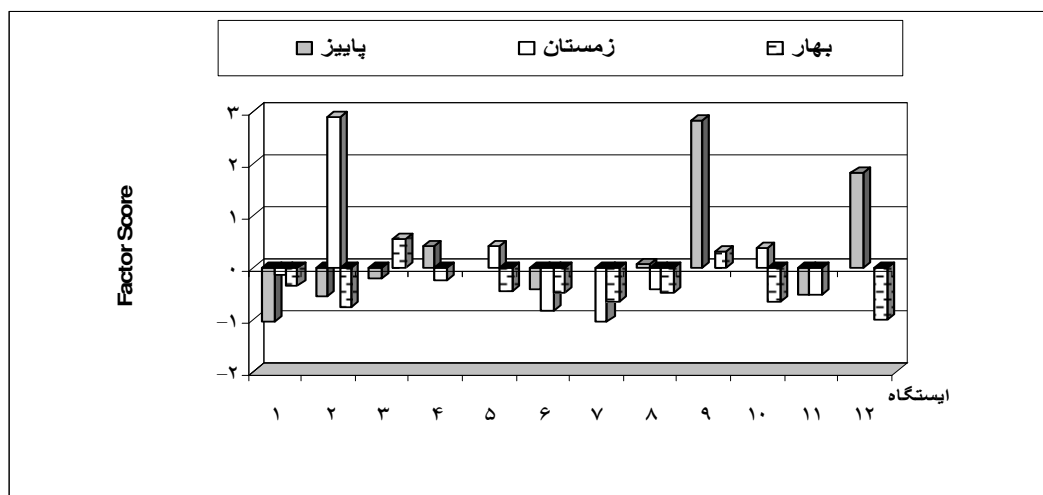
Extraction Method: Principal Component Analysis. FA*=Factor Analysis
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

جدول ۳-۱۲ نشان می‌دهد، هر یک از شش فاکتور مستخرجه بطور شفاف دارای ضریب بالا که مبین توان مشارکت آنها نسبت به دیگر ترکیبات شرکت کننده باشد را به نمایش می‌گذارد. حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در جدول فوق در صورتی بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ واحد باشد در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می‌گردد (García et al., 2004 and Nowak, 1998). همچنین در این جدول درصد واریانس مشارکت هر یک از فاکتورها با توجه به نقش پذیری آنها از نوسانات حداکثر ۲۰/۰۲ درصد به تقلیل حداقل

۱۰/۰۵ درصد را مورد ملاحظه قرار میدهد. لذا سهم مشارکت پذیری هریک از فاکتورها و کاربرد ضریب بار آنها بطور تشریحی در زیر آورده میشود.

آنالیز فاکتور یک

همانگونه که در جدول ۳-۱۲ آمده، فاکتور یک دارای بار مثبت زیاد برای ترکیباتی نظیر دیلدرین و DDE در حد ۰/۸۹، آلدترین در حد ۰/۷۳ و DDD در حد ۰/۵۳ می باشند. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد، لذا با توجه به عالی بودن ضریب بار پذیری ۷۵ درصدی فاکتور یک و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس ۲۰ درصدی از کل ۸۴/۳۳ واریانس های مآخوذه بر میزان مشارکت هر یک از ترکیبات در فاکتور یاد شده دلالت دارد.



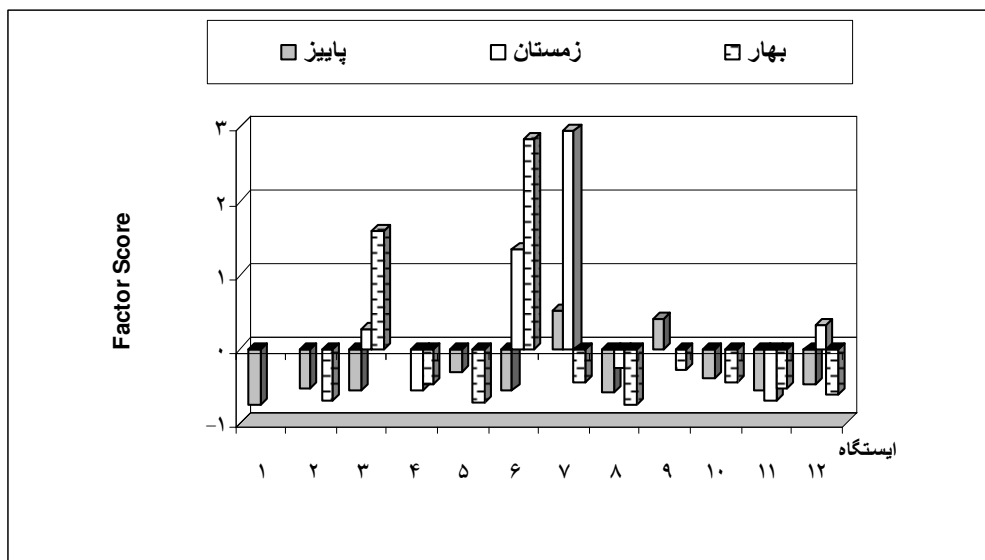
شکل ۳-۱۴: امتیازگیری فاکتور ۱ (آلدترین، دیلدرین، DDE و DDD) در ۱۲ ایستگاه رودخانه

هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

بطور عموم، شکل ۳-۱۴ نشان می‌دهد که نحوه امتیازگیری فاکتور ۱، تعداد ۴ ترکیب از سموم ارگانوکلره را پوشش داده است. بنابراین، اکثریت فاکتور امتیازگیری مثبت زیاد در فصول پاییز و زمستان (ایستگاه های ۲، ۹ و ۱۲) بوده است. اما مقدار امتیاز منفی آن بیشتر در فصول پاییز و بهار مشاهده گردید.

آنالیز فاکتور دو

همانگونه که در جدول ۳-۱۲ آمده، فاکتور ۲ دارای سه ترکیب نظیر اندرین آلدهایت، BHC- α و بتا- اندوسولفان که بار ترکیباتی آنها به ترتیب درحد ۰/۸۵، ۰/۷۸ و ۰/۷۲ است و همگی دارای بار مثبت زیاد هستند. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد، لذا با مدنظر قرار دادن به عالی بودن ضریب بار پذیری ۱۰۰ درصدی فاکتور ۲ و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس ۱۵/۶۳ درصد از کل واریانس های مآخوذه بر میزان مشارکت هر یک از ترکیبات در فاکتور یاد شده دلالت دارد. میزان مشارکت درصدی واریانس ترکیبات فاکتور ۲ حدود ۵ واحد کمتر از مشارکت فاکتور ۱ می باشد.

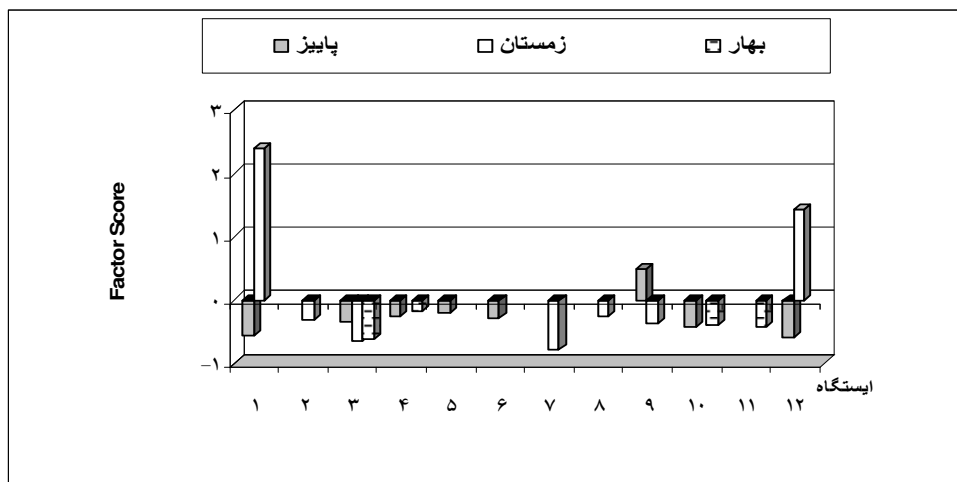


شکل ۳-۱۵: امتیازگیری فاکتور ۲ (اندرین آلدهایت، دیلدرین، BHC- α و بتا- اندوسولفان) در ۱۲ ایستگاه رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

وضعیت عمومی شکل ۳-۱۵ نشان می‌دهد که نحوه امتیازگیری فاکتور ۲، تعداد ۳ ترکیب از سموم ارگانوکلره را پوشش داده است. بنابراین، اکثریت فاکتور امتیازگیری مثبت زیاد در فصول پاییز، زمستان و بهار (ایستگاه های ۳، ۶ و ۷) بوده است. اما مقدار امتیاز منفی آن بیشتر در فصول پاییز و بهار مشاهده گردید.

آنالیز فاکتور سه

همانگونه که در جدول ۳-۱۲ آمده، فاکتور ۳ دارای دو ترکیب نظیر آلفا- اندوسولفان و هپتاکلر اپوکساید که بار ترکیباتی آنها به ترتیب در حد ۰/۹۸ و ۰/۹۸ است و همگی دارای بار مثبت زیاد هستند. ضریب بار مثبت فاکتور ۳ در مقایسه با دو فاکتور دیگر بیشتر و در حد حداکثری قرار دارد. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می‌گردد، لذا با مد نظر قرار دادن به عالی بودن ضریب بار پذیری ۱۰۰ درصدی فاکتور ۳ و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس ۱۴/۳۳ درصد از واریانس های مآخوذه بر میزان مشارکت هر یک از ترکیبات در فاکتور یاد شده دلالت دارد. میزان مشارکت درصدی واریانس ترکیبات فاکتور ۳ با فاکتور ۲ بسیار نزدیک بهم بوده و بیش از ۵ واحد کمتر از مشارکت فاکتور ۱ می باشد. بطور عموم، شکل ۳-۱۶ نشان می‌دهد که نحوه امتیازگیری فاکتور ۳، تعداد ۲ ترکیب از سموم ارگانوکلره را پوشش داده است. بنابراین، اکثریت فاکتور امتیازگیری مثبت زیاد فقط در فصل زمستان (ایستگاه های ۱ و ۱۲) بوده است. اما مقدار امتیاز منفی آن بیشتر در فصول پاییز، زمستان و بهار مشاهده گردید.

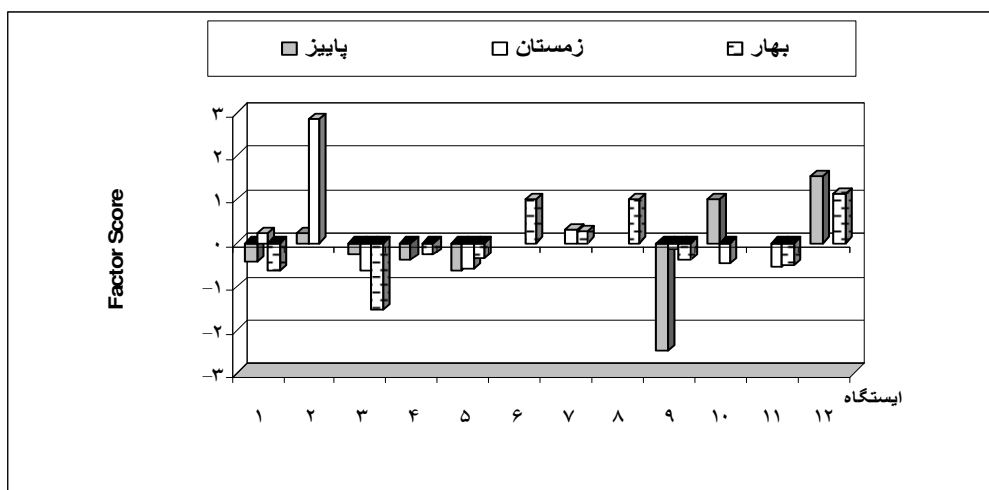


شکل ۳-۱۶: امتیازگیری فاکتور ۳ (آلفا- اندوسولفان و هپتاکلر اپوکساید) در ۱۲ ایستگاه

رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

آنالیز فاکتور چهار

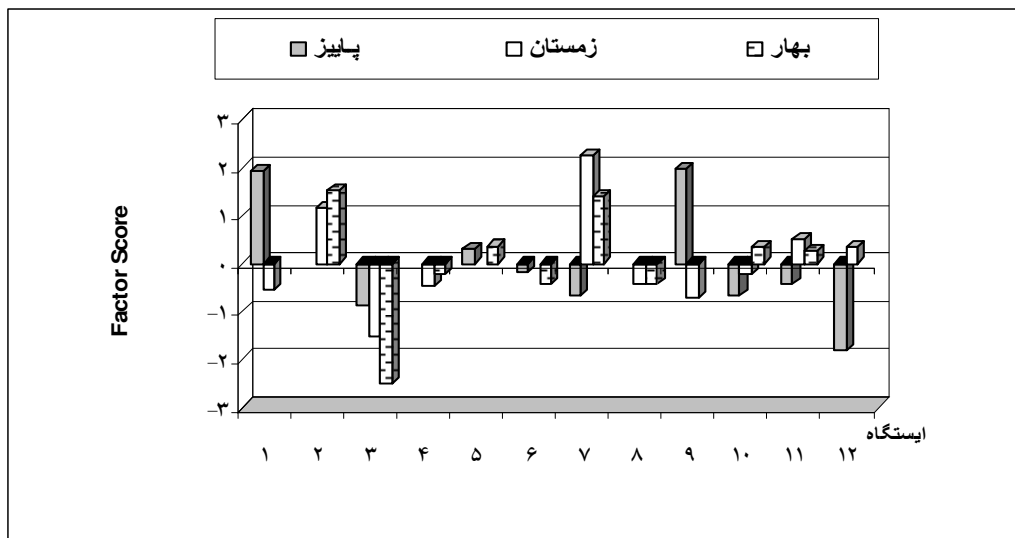
همانگونه که در جدول ۳-۱۲ آمده، فاکتور ۴ دارای دو ترکیب نظیر β -BHC و γ -BHC که بار ترکیباتی آنها به ترتیب در حد ۰/۸۴ و ۰/۶۸ است و همگی دارای بار مثبت زیاد هستند. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد، لذا با مد نظر قرار دادن به عالی بودن ضریب بار پذیری ۵۰ درصدی فاکتور ۴ و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس ۱۲/۴۸ درصد از واریانس های ماخوذه بر میزان مشارکت هر یک از ترکیبات در فاکتور یاد شده دلالت دارد. میزان مشارکت درصدی واریانس ترکیبات فاکتور ۴ با فاکتور ۲ و ۳ در حد ۲ تا ۳ واحد نزدیک بهم بوده و بیش از ۷ واحد کمتر از مشارکت فاکتور ۱ می باشد. وضعیت عمومی شکل ۳-۱۷ نشان میدهد که نحوه امتیازگیری فاکتور ۴، تعداد ۲ ترکیب از سموم ارگانوکلره را پوشش داده است. بنابراین، اکثریت فاکتور امتیازگیری زیاد مثبت و منفی در فصول زمستان و پاییز (ایستگاه های ۲ و ۹) بوده است. اما مقدار کمتر امتیاز منفی و مثبت آن بیشتر در فصول پاییز و بهار بطور پراکنده مشاهده گردید.



شکل ۳-۱۷: امتیازگیری فاکتور β -BHC و γ -BHC در ۱۲ ایستگاه رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

آنالیز فاکتور پنج

همانگونه که در جدول ۳-۱۲ آمده، فاکتور ۵ دارای یک ترکیب نظیر اندرین که بار ترکیبی آن در حد ۰/۸۲ و دارای بار مثبت زیاد است. ضریب بار مثبت فاکتور ۵ در مقایسه با دیگر فاکتورها و در حد حداکثری قرار دارد. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد، لذا با مد نظر قرار دادن به عالی بودن ضریب بار پذیری ۱۰۰ درصدی فاکتور ۵ و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس ۱۱/۷۲ درصد از واریانس های مآخوذه بر میزان مشارکت از ترکیب اندرین در فاکتور یاد شده دلالت دارد. میزان مشارکت ترکیب فاکتور ۵ با ترکیبات فاکتور ۴، ۳ و ۲ حداکثر دارای نوسان ۴ واحد بوده و بیش از ۸ واحد کمتر از مشارکت فاکتور ۱ می باشد.



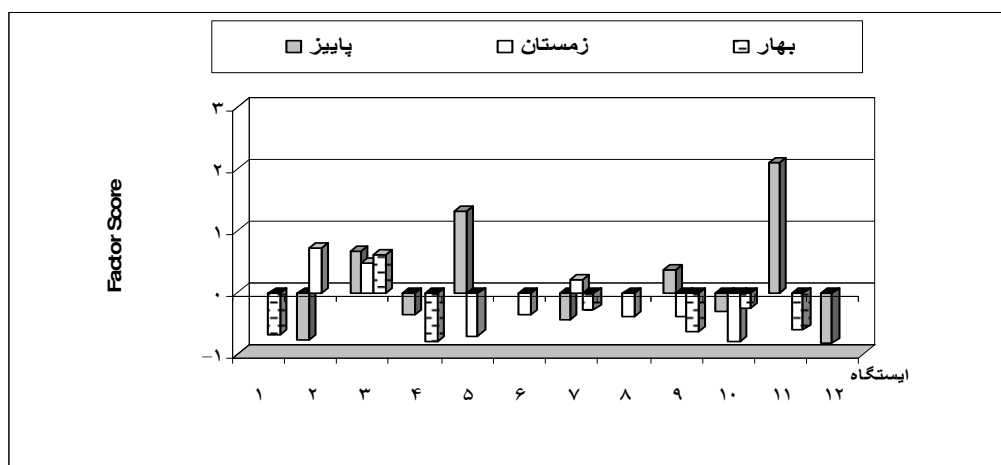
شکل ۳-۱۸: امتیازگیری فاکتوره (ترکیب اندرین) در ۱۲ ایستگاه رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

وضعیت عمومی شکل ۳-۱۸ نشان می‌دهد که فاکتور امتیازگیری برای فاکتور ۵، تعداد ۱ ترکیب از سموم ارگانو کلره را پوشش داده است. بنابراین، اکثریت فاکتور امتیازگیری زیاد مثبت و منفی در فصول پاییز، زمستان و بهار (ایستگاه های ۱، ۲، ۳، ۶، ۹ و ۱۲) بوده است. اما مقدار کمتر امتیاز منفی و مثبت آن بیشتر در فصول پاییز و زمستان بطور پراکنده مشاهده گردید.

آنالیز فاکتور شش

همانگونه که در جدول ۳-۱۲ آمده، فاکتور ۶ دارای ترکیباتی نظیر Heptachlor و Endosulfan Sulfate که بار ترکیبات آنها در حد ۰/۵۶ و ۰/۹۲ و دارای بار مثبت زیاد است. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد، لذا با مد نظر قرار دادن به عالی بودن ضریب بار پذیری ۵۰ درصدی فاکتور ۶ و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس ۱۰/۰۵ درصدی از کل واریانس های مآخوذه بر میزان مشارکت از ترکیبات Heptachlor و

Endosulfan Sulfate در فاکتور یاد شده دلالت دارد. میزان مشارکت ترکیب فاکتور ۶ با ترکیبات فاکتور ۳، ۴، ۵ و ۲ حداکثر دارای نوسان ۵ واحدی بوده و حدود ۱۰ واحد کمتر از مشارکت فاکتور ۱ می باشد.



شکل ۳-۱۹: امتیاز گیری فاکتور ۶ (Heptachlor و Endosulfan Sulfate) در ۱۲ ایستگاه رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

وضعیت عمومی شکل ۳-۱۹ نشان می‌دهد، نحوه امتیاز گیری فاکتور ۶، تعداد ۲ ترکیب از سموم ارگانو کلره را پوشش داده است. بنابراین، اکثریت فاکتور امتیاز گیری زیاد مثبت آنها فقط در پاییز (ایستگاه های ۵ و ۱۱) بوده است. اما مقدار کمتر امتیاز منفی و مثبت آن بیشتر در فصول پاییز و زمستان بطور پراکنده مشاهده گردید

جدول ۳-۱۳: آمار توصیفی سموم ارگانوکلره در نمونه آب ۱۲ ایستگاه رودخانه هراز در سه فصل

ppb - (۱۳۸۸ - ۸۹)

		دامنه			ترکیبات
انحراف معیار (SD)	میانگین	حداکثر	حداقل		
۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۱۳	n.d		α -BHC
۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۱۳	n.d		β -BHC
۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۱۲	n.d		γ -BHC
۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۴	n.d		Heptachlor
۰/۵۹	۰/۶۶	۱/۵۱	n.d		Aldrin
۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۵	n.d		Heptachlor Epoxide
۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۵	n.d		α -Endosulfan
۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۱۳	n.d		DDE
۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۱۶	n.d		Dieldrin
۱/۰۷	۰/۷۱	۲/۸۵	n.d		Endrin
۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۱۲	n.d		β -Endosulfan
۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۴	n.d		DDD
۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۳۲	n.d		Endrin Aldehyde
۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۳۳	n.d		Endosulfan Sulfate

جدول ۳-۱۳، میزان و نوسانات غلظت تمامی ترکیبات اندازه گیری شده سموم ارگانوکلره در سه فصل (بایز، زمستان ۱۳۸۸ و بهار ۱۳۸۹) در ۱۲ ایستگاه انتخابی رودخانه هراز را در زمینه حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار آنها را نشان میدهد. شایان ذکر است، ترکیبات δ -BHC، DDT در میان ۱۶ ترکیب ارگانوکلره در سه فصل اندازه گیری کمتر از حد مشاهده بوده لذا در لیست جدول قید نگردیده است. ترکیبات آلدترین و اندرین در بین سایر سموم اندازه گیری شده دارای حداکثری ۱/۵۱ و ۲/۸۵ میکروگرم برلیتر می باشند که میانگین آنها به ترتیب ۰/۵۹ ± ۰/۶۶ و ۱/۰۷ ± ۰/۷۱ میکروگرم برلیتر گزارش گردید.

جدول ۳-۱۴ : ضریب همبستگی پیرسون (Pearson) سموم ارگانوکلره در نمونه آب رود خانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

Compounds	a-BHC	b-BHC	g-BHC	Heptachlor	Aldrin	Heptachlor Epoxy	a-Endosulfan	DDE	Dieldrin	ENDRIN	b-End sulfan	DD	Endrin Aldehyde	Endosulfan
α-BHC	۱													
β-BHC	-۰/۰۴	۱												
γ-BHC	-۰/۱۶	۰/۳۹*	۱											
Heptachlo	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۱	۱										
Aldrin	۰/۰۱	-۰/۰۹	۰/۱	۰/۲۶	۱									
Heptachlor Epoxy	۰/۱۴	۰/۰۱	-۰/۱۵	-۰/۱۵	۰/۰۴	۱								
α-Endosulfan	۰/۱۳	۰/۰۱	-۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۴۳**	۱							
DDE	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۵۴**	-۰/۲۹	۰/۴۹**	-۰/۱۶	۰/۱۸	۱						
Dieldrin	۰/۰۵	۰/۳۷*	۰/۵**	-۰/۲۹	۰/۵۶**	-۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۸۹**	۱					
Endrin	-۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۴۵**	-۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۳۱	۰/۳۳	۱				
β- Endosulfan	۰/۳۹*	۰/۳۶*	۰/۴۵**	-۰/۰۱	۰/۰۳	-۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۲	۰/۳۵*	۰/۲۷	۱			
DDD	۰/۲۴	۰/۱	۰/۳۵*	-۰/۲۲	۰/۶۲**	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۳۸*	۰/۴۳**	۰/۳۸*	۰/۵۱**	۱		
Endrin Aldehyde	۰/۱۸	۰/۲۷	-۰/۰۴	۰/۰۷	-۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۹	-۰/۲۵	-۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۴۹**	۱	
Endosulfan Sulfate	-۰/۱۷	-۰/۱۱	۰/۲۶	۰/۳۷*	-۰/۰۴	-۰/۱۱	۰/۰۱	-۰/۱۱	-۰/۱۹	-۰/۰۹	-۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۱

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ماتریکس آماری پیرسون طبق داده های سم ارگانوکلره در فصول پاییز، زمستان و بهار در جدول ۳-۱۴ نشان میدهد، سم ارگانوکلره اندازه گیری شده α-BHC فقط با ترکیب β- Endosulfan، ترکیب β-BHC با سموم دیلدترین، γ-BHC و β-Endosulfan، ترکیب Endosulfan Sulfate با سم هپتاکلر، ترکیب DDD با سم اندرین که همگی با یکدیگر دارای ضریب همبستگی قوی ($P < ۰/۰۵$) و مثبت و رابطه معنی داری را با هم دارا می باشند. همچنین ضریب آماری پیرسون مطابق جدول ۳-۱۴ نشان میدهد، سموم BHC-α و آلدترین با ترکیبات DDE, Dieldrin, DDD، ترکیب β-Endosulfan با سم BHC-α، ترکیب آلدترین با سم اندرین، سم α-Endosulfan با ترکیب Heptachlor Epoxide، ترکیب DDE با سم دیلدترین، سم DDD با ترکیبات β-Endosulfan, Endrin Aldehyde و دیلدترین که همگی با یکدیگر دارای ضریب همبستگی بسیار قوی ($P < ۰/۰۱$) و مثبت و رابطه معنی داری را با

هم دارا می باشند. در این میان، ترکیبات کلره هپتاکلر، α -BHC, β -BHC, γ -BHC با سموم Heptachlor Epoxide، α -Endosulfan و آلدترین رابطه معنی داری نداشته اند. ترکیب Endosulfan Sulfate، بغیر از هپتاکلر با سایر سموم اندازه گیری شده هیچ رابطه معنی داری نداشته است (جدول ۳-۱۴).

۳-۳- عناصر فلزات سنگین

۳-۳-۱- فصل پائیز ۱۳۸۸

در این فصل، عناصر فلزات سنگین شامل سرب، روی، آهن، کادمیوم، مس، نیکل و جیوه در نمونه آب ایستگاههای آبهای زیرزمینی، سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

در این بررسی، مقدار درصد عناصر فلزات سنگین در تمامی نمونه های ۱۲ ایستگاه آبهای سطحی و زیر زمینی رودخانه هراز از حداکثر به حداقل بدین شرح است. فلز نیکل بیش از ۶۶ درصد، عنصر آهن در حد ۵۰ درصد، فلز مس در حد ۲۵ درصد، عنصر جیوه کمتر از ۱۷ درصد و فلزات روی و کادمیوم بیش از ۸ درصد بوده است. در این ایستگاه های سطحی و آبهای زیرزمینی، تعداد ۶ عنصر (کمتر از ۸۶ درصد) از ۷ عنصر سنگین قابل اندازه گیری مشاهده شده است. حداکثر تا حداقل تعداد عناصر سنگین در نمونه های ایستگاه های چشمه لاریجان، چاه کلوده، سرخرود، گره سنگ، نور رود، کیلومتر ۱۱۵ تهران، چشمه آب اسک، رودخانه لاسم، چاه هلومسر، پل چلاو و رود لار بترتیب ۴، ۳، ۲، ۲، ۲، ۲، ۲، ۱، ۱ و ۱ ترکیب بوده است (جدول ۳-۱۵). بنابراین، بیشترین تراکم ترکیبی در دو ایستگاه چشمه معدنی لاریجان و چاه کلوده سطحی و کمترین تراکم آن در چاه هلومسر، پل چلاو و رودخانه لار در رودخانه هراز در حد یک عنصر سنگین مشاهده گردیده است. در بین عناصر سنگین اندازه گیری شده، حداکثر غلظت باقی مانده مربوط فلز آهن در ایستگاه سرخرود گزارش گردید.

جدول ۳-۱۵: میزان فلزات سنگین در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در پاییز (۸۹-۱۳۸۸)-
ppm

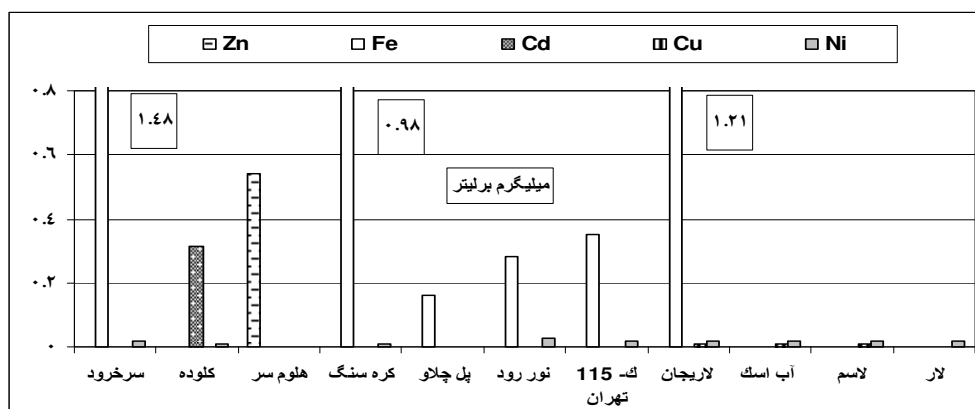
ایستگاهها	عنصر	سرب	روی	آهن	کادمیوم	مس	نیکل	جیوه
سرخرود		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	۱/۴۷۹	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	۰/۰۲	<۰/۰۰۰۴
کلوده		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	<۰/۱۲	۰/۳۱۳	<۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۵
هلوم سر		<۰/۰۴	۰/۵۳۹	<۰/۱۲	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
کره سنگ		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	۰/۹۸۳	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	۰/۰۱	<۰/۰۰۰۴
منگل		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	<۰/۱۲	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
پل چلاو		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	۰/۱۵۹	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
نوررود		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	۰/۲۷۹	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	۰/۰۳	<۰/۰۰۰۴
ک/ ۱۱۵ تهران		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	۰/۳۴۹	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	۰/۰۲	<۰/۰۰۰۴
لاریجان		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	۱/۲۰۸	<۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۲۱
آب اسک		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	<۰/۱۲	<۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۲	<۰/۰۰۰۴
لاسم		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	<۰/۱۲	<۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۵	<۰/۰۰۰۴
لار		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	<۰/۱۲	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	<۰/۰۰۰۴

روند تغییرات غلظتی عناصر سنگین مشاهده شده از حداکثر به حداقل (۰/۰۱ میلیگرم برلیتر) در ایستگاههای مختلف بشرح زیر اعلام میگردد:

پل چلاو، نوررود، Fe، کلوده، Cd، کیلومتر ۱۱۵ تهران، Fe، هلومسر، Zn، سرخرود، لاریجان، کره سنگ، Fe،
Cu، آب اسک، لار، لاسم، کره سنگ، کلوده، Ni، نوررود، سرخرود، لاریجان، کیلومتر ۱۱۵ تهران، Ni،
..... > لاریجان، آب اسک، لاسم

طبق جدول ۳-۱۵، تعداد ۶ عنصر سنگین (حدود ۸۶ درصد) از ۷ عنصر اندازه گیری شده در ۱۱ ایستگاه نمونه برداری آبهای سطحی و زیرزمینی بطور مشترک مشاهده گردید. عنصر سرب در هیچ یک از ایستگاه های ۱۲ گانه مشاهده نگردید. همچنین عناصر سرب، روی، آهن، کادمیوم، مس، نیکل و جیوه در ایستگاه چشمه آهکی منگل مورد مشاهده قرار نگرفت.

شکل ۳-۲۰ نشان میدهد، حداکثر مقدار غلظت باقی مانده عناصر سنگین در ۱۲ ایستگاه آب های سطحی و زیر زمینی رودخانه هراز مربوط به فلز آهن در حد ۱/۴۸ میلیگرم برلیتر در ایستگاه سرخورد مشاهده گردید. نوسانات حداکثری غلظت آهن در مقایسه با غلظت سایر عناصر سنگین اندازه گیری شده منجمله فلز روی رشدی حدود ۳ برابر داشته است. رتبه بندی غلظت عناصر سنگین نشان میدهد، بعد از فلز آهن که عموماً در ایستگاه های سطحی هراز مشاهده گردید، عناصری همانند روی و کادمیوم که فقط در ایستگاه های آبهای زیر زمینی چاه کلوده و هلومسر یافت شده در رتبه های دوم و سوم قرار دارد. بیشترین مقدار عناصر روی و کادمیوم به ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۳۱ میلیگرم بر لیتر مشاهده گردید. مقایسه غلظت در ۸ ایستگاه مربوط به عنصر نیکل با دیگر عناصر سنگین اندازه گیری شده نشان میدهد که دارای نوسانات بسیار کند و بطئی بوده است (شکل ۳-۲۰).



شکل ۳-۲۰: دامنه تغییرات عناصر سنگین در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در پاییز (۸۹-)

در این فصل، عناصر فلزات سنگین شامل سرب، روی، آهن، کادمیوم، مس، نیکل و جیوه در نمونه آب ایستگاههای آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

در این بررسی، مقدار درصد عناصر فلزات سنگین در تمامی نمونه های ۱۲ ایستگاه سطحی و آبهای زیرزمینی رودخانه هراز از حداکثر به حداقل بدین شرح است. فلز روی بیش از ۸۳ درصد، عنصر آهن در حد ۵۸ درصد، فلز مس در حد ۴۱/۵ درصد، عنصر نیکل بیش از ۸ درصد بوده است. در این ایستگاههای سطحی و آبهای زیرزمینی، تعداد ۴ عنصر سنگین (حدود ۵۷ درصد) از ۷ فلز قابل اندازه گیری مشاهده شده است. حداکثر تا حداقل تعداد سموم ارگانوکلره در نمونه های ایستگاههای سرخورد، چشمه لاریجان، رودخانه لاسم، رود لار، گره سنگ، نوررود، کیلومتر ۱۱۵ تهران، چاه کلوده، چاه هلومسر و چشمه آب اسک بترتیب ۴، ۳، ۳، ۲، ۲، ۲، ۱، ۱، ۱ و ۱ ترکیب بوده است (جدول ۳-۱۶). بنابراین، بیشترین تراکم ترکیبی در ایستگاههای سرخورد، چشمه معدنی لاریجان، رودخانه لاسم، لار و کمترین تراکم آن در چاههای کلوده، هلومسر، چشمه منگل و آب اسک رودخانه هراز در حد یک عنصر سنگین مشاهده گردیده است.

در بین عناصر سنگین اندازه گیری شده، حداکثر غلظت باقی مانده مربوط فلز آهن در ایستگاه سرخورد مشاهده گردید. روند تغییرات غلظتی عناصر سنگین مشاهده شده از حداکثر به حداقل (۰/۰۰۳ میلیگرم برلیتر) در ایستگاههای مختلف بشرح زیر اعلام میگردد:

Fe, سرخورد، کیلومتر ۱۱۵ تهران، گره سنگ، نوررود > Fe, > لاریجان، لاسم، لار > Zn, سرخورد لاریجان، هلومسر، کلوده، Zn > لاسم، گره سنگ، لار > Zn, منگل، کیلومتر ۱۱۵ تهران > Ni, سرخورد > Fe, نوررود > Cu, سرخورد، آب اسک، لاریجان، لاسم و لار

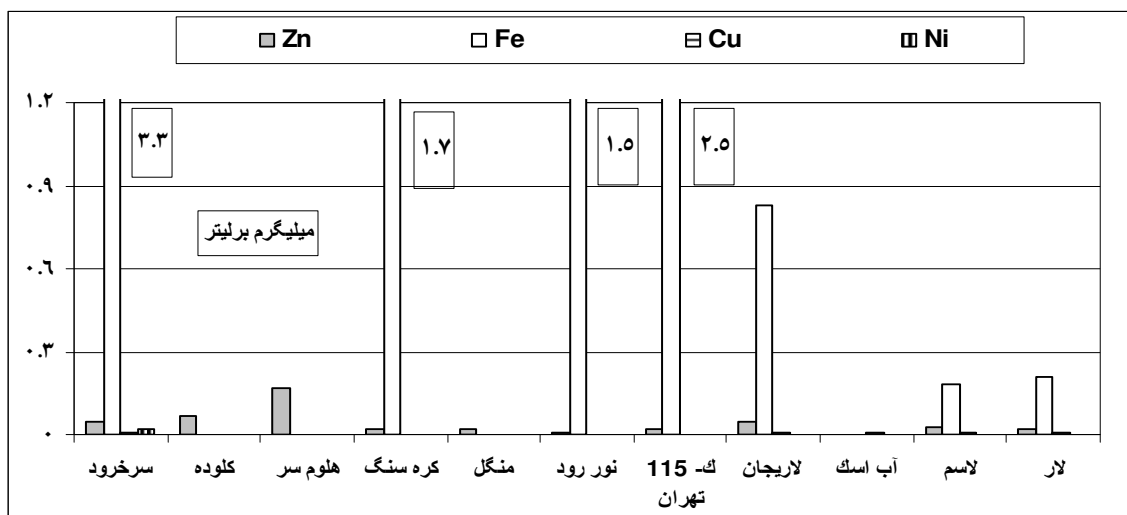
جدول ۳-۱۶: میزان فلزات سنگین در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در زمستان، (۸۹-
۱۳۸۸) - ppm

ایستگاهها	عناصر	سرب	روی	آهن	کادمیوم	مس	نیکل	جیوه
سرخرود		<۰/۰۴	۰/۰۴۳	۳/۲۹	<۰/۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	<۰/۰۰۰۴
کلوده		<۰/۰۴	۰/۰۷۲	<۰/۱۲	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
هلمو سر		<۰/۰۴	۰/۱۶۵	<۰/۱۲	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
کره سنگ		<۰/۰۴	۰/۰۲۲	۱/۶۸	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
منگل		<۰/۰۴	۰/۰۱۶	<۰/۱۲	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
پل چلاو		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	<۰/۱۲	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
نوررود		<۰/۰۴	۰/۰۱۱	۱/۴۸	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
ک/ ۱۱۵ تهران		<۰/۰۴	۰/۰۱۴	۲/۴۸	<۰/۰۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
لاریجان		<۰/۰۴	۰/۰۴۸	۰/۸۳	<۰/۰۱	۰/۰۰۴	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
آب اسک		<۰/۰۴	<۰/۰۰۹	<۰/۱۲	<۰/۰۱	۰/۰۰۳	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
لاسم		<۰/۰۴	۰/۰۳۱	۰/۱۸	<۰/۰۱	۰/۰۰۳	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
لار		<۰/۰۴	۰/۰۲۱	۰/۲۱	<۰/۰۱	۰/۰۰۳	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴

طبق جدول ۳-۱۶، تعداد ۴ عناصر سنگین (حدود ۵۷ درصد) از ۷ عنصر اندازه گیری شده در ۱۱ ایستگاه از ۱۲ ایستگاه نمونه برداری آبهای سطحی و زیرزمینی بطور مشترک مشاهده گردید. عناصر سنگین سرب، جیوه و کادمیوم در هیچ یک از ایستگاه های ۱۲ گانه مشاهده نگردید. همچنین عناصر سرب، روی، آهن، کادمیوم، مس، نیکل و جیوه در ایستگاه پل چلاو مشاهده نگردید.

شکل ۳-۲۱ نشان میدهد، حداکثر غلظت باقی مانده عناصر سنگین در ۱۲ ایستگاه آبهای سطحی و زیرزمینی رودخانه هراز مربوط به فلز آهن در حد ۳/۳۰ میلیگرم برلیتر در ایستگاه سرخرود مشاهده گردید. نوسانات حداکثری غلظت آهن در مقایسه با غلظت سایر عناصر سنگین اندازه گیری شده منجمله فلز روی رشدی حدود ۲۰ برابر داشته است. رتبه بندی غلظت عناصر سنگین نشان میدهد، بعد از فلز آهن که عموماً در ایستگاه های سطحی هراز مشاهده گردید، عنصری همانند روی که فقط در ایستگاه آب زیرزمینی (چاه هلموسر) یافت شده

در رتبه دوم قرار دارد. غلظت عنصر مس در ۵ ایستگاه نشان می‌دهد که در مقایسه با عنصر سنگین نیکل دارای نوسانات کمتر بوده است (شکل ۳-۲۱).



شکل ۳-۲۱: دامنه تغییرات عناصر سنگین در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در زمستان (۸۹-۱۳۸۸)

۳-۳-۳ فصل بهار ۱۳۸۹

در این فصل، عناصر فلزات سنگین شامل سرب، روی، آهن، کادمیوم، مس، نیکل و جیوه در نمونه آب ایستگاه های آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

در این بررسی، مقدار درصد عناصر فلزات سنگین در تمامی نمونه های ۱۱ ایستگاه آبهای سطحی و زیر زمینی رودخانه هراز از حداکثر به حداقل بدین شرح است. فلز آهن بیش از ۷۲ درصد، عنصر روی کمتر از ۵۵ درصد، فلز جیوه بیش از ۳۳ درصد، عنصر نیکل بیش از ۸ درصد بوده است. در این ایستگاه های آبهای سطحی و زیرزمینی، تعداد ۴ عنصر سنگین (حدود ۵۷ درصد) از ۷ فلز قابل اندازه گیری مشاهده شده است. حداکثر تا

حداقل تعداد سموم ارگانوکلره در نمونه های ایستگاه های سرخورد، چاه هلومسر، گره سنگ، چشمه آهکی سد منگل، پل چلاو، کیلومتر ۱۱۵ تهران، چشمه لاریجان، رودخانه لاسم، چشمه آب اسک و رود لار بترتیب ۳، ۲، ۲، ۲، ۲، ۲، ۲، ۱ و ۱ ترکیب بوده است (جدول ۳-۱۷). بنابراین، بیشترین تراکم ترکیبی در ایستگاههای سرخورد و کمترین تراکم آن در چشمه آب اسک و رود لار هراز در حد یک عنصر سنگین مشاهده گردیده است.

جدول ۳-۱۷: میزان فلزات سنگین در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در بهار (۸۹-۱۳۸۸) - ppm

ایستگاهها	عناصر	سرب	کادمیوم	آهن	روی	مس	نیکل	جیوه
سرخورد		<۰/۰۴	<۰/۰۱	۳/۹۰۷	۰/۰۲۶	<۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	<۰/۰۰۰۴
کلوده		<۰/۰۴	<۰/۰۱	<۰/۱۲	<۰/۰۰۹	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
هلوم سر		<۰/۰۴	<۰/۰۱	<۰/۱۲	۱/۱۱۶	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	۰/۰۰۱
گره سنگ		<۰/۰۴	<۰/۰۱	۴/۶۵۷	۰/۰۹۷	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
منگل		<۰/۰۴	<۰/۰۱	۰/۵۲۷	<۰/۰۰۹	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	۰/۰۲۰
پل چلاو		<۰/۰۴	<۰/۰۱	۸/۲۲	۰/۰۶۱	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
نوررود		<۰/۰۴	<۰/۰۱	۷/۵۲۵	۰/۰۲۹	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
ک/ ۱۱۵ تهران		<۰/۰۴	<۰/۰۱	۰/۷۷۷	<۰/۰۰۹	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	۰/۰۱۰
لاریجان		<۰/۰۴	<۰/۰۱	<۰/۱۲	<۰/۰۰۹	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	۰/۰۰۳
آب اسک		<۰/۰۴	<۰/۰۱	۱/۲۸۹	۰/۰۲۹	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴
لار		<۰/۰۴	<۰/۰۱	۰/۹۱۱	<۰/۰۰۹	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۰۴

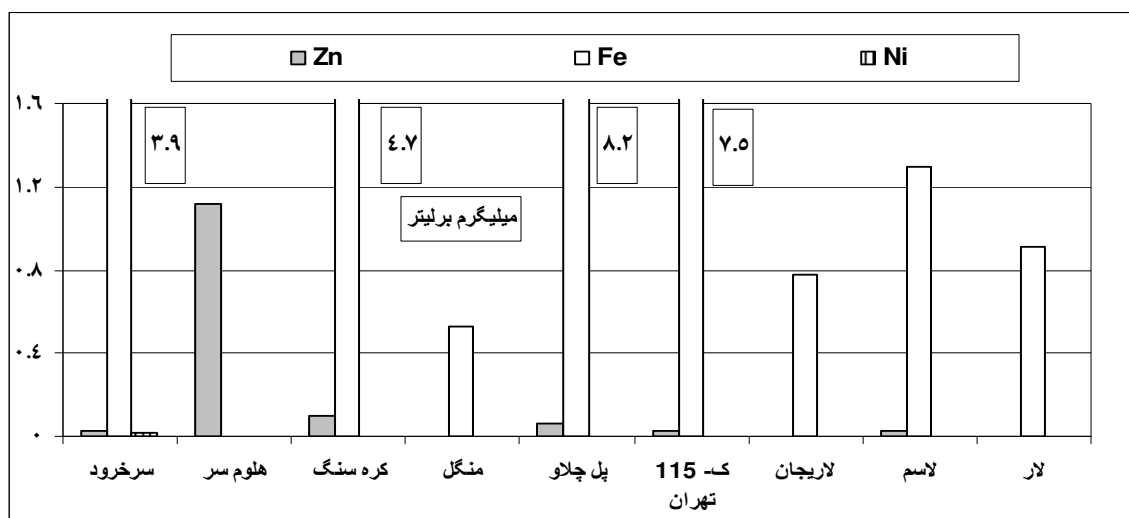
در بین عناصر سنگین اندازه گیری شده، حداکثر غلظت باقی مانده مربوط فلز آهن در ایستگاه پل چلاو بود. روند تغییرات غلظتی عناصر سنگین مشاهده شده از حداکثر به حداقل (۰/۰۱۲ میلیگرم برلیتر) در ایستگاه های مختلف بشرح زیر اعلام میگردد:

Fe, چلاو، کیلومتر ۱۱۵ تهران، گره سنگ > Fe, > سرخورد، لاسم، لار > Fe, لاریجان، منگل > Zn, پل چلاو
 هلومسر، گره سنگ، > Zn, سرخورد، کیلومتر ۱۱۵ تهران، لاسم > Ni, سرخورد > Hg, منگل، لاریجان، >

Hg آب اسک هلومسر،

طبق جدول ۳-۱۷، تعداد ۴ عناصر سنگین (حدود ۵۷ درصد) از ۷ عنصر اندازه گیری شده در ۹ ایستگاه از ۱۱ ایستگاه نمونه برداری آبهای سطحی و زیرزمینی بطور مشترک مشاهده گردید. عناصر سنگین سرب، کادمیوم و مس در هیچ یک از ایستگاه های ۱۲ گانه مشاهده نگردید. همچنین عناصر سرب، روی، آهن، کادمیوم، مس، نیکل و جیوه در ایستگاه چاه کلوده مشاهده نگردید.

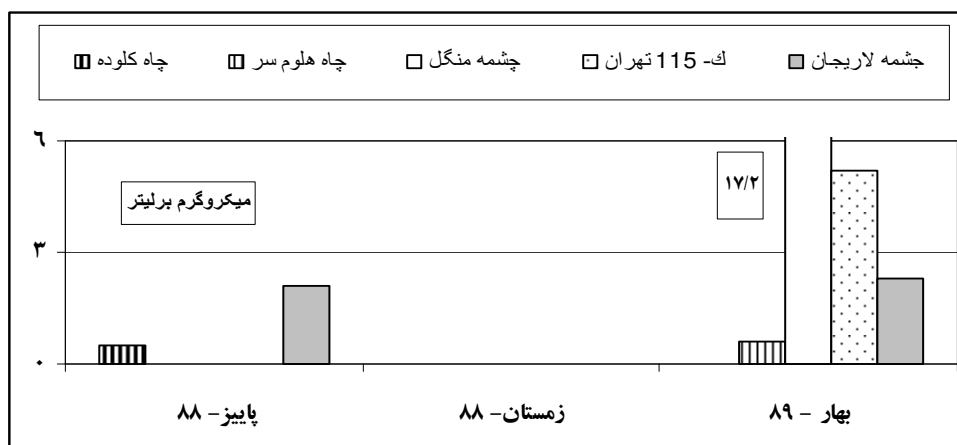
شکل ۳-۲۲ نشان میدهد، حداکثر مقدار غلظتی باقی مانده عناصر سنگین در ۱۲ ایستگاه آبهای سطحی و زیرزمینی رودخانه هراز مربوط به فلز آهن در حد ۸/۲۲ میلیگرم برلیتر در ایستگاه پل چلاو مشاهده گردید. دامنه تغییرات فلز آهن در دیگر ایستگاه ها نظیر کیلومتر ۱۱۵ تهران، کره سنگ، سرخرود، لاسم، لار، چشمه لاریجان و چشمه آهکی منگل به ترتیب ۷/۵۳، ۴/۶۶، ۳/۹۱، ۱/۲۹، ۰/۹۱، ۰/۷۸ و ۰/۵۳ میلیگرم برلیتر در نوسان بوده است.



شکل ۳-۲۲: دامنه تغییرات عناصر سنگین در ایستگاه آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در بهار (۸۹-)

نوسانات حداکثری غلظت آهن در مقایسه با حداکثر غلظت سایر عناصر سنگین اندازه گیری شده منجمله فلز روی رشدی بیش از ۷ برابر داشته است. رتبه بندی غلظت عناصر سنگین نشان می‌دهد، بعد از فلز آهن که عموماً در ایستگاه های سطحی هراز مشاهده گردید، عنصری همانند روی که در ایستگاههای چاه هلومسر، کره سنگ، پل چلاو یافت شده در رتبه دوم قرار دارد. غلظت عنصر سنگین نیکل نسبت به عناصر روی و آهن بسیار کمتر بوده است (شکل ۳-۲۲).

شکل ۳-۲۳ نشان می‌دهد، عنصر جیوه در پنج ایستگاه از ۱۲ ایستگاه انتخابی سطحی و آبهای زیرزمینی رودخانه هراز مشاهده گردید. حد اکثر غلظت باقی مانده عنصر جیوه در ایستگاه آب زیرزمینی چشمه آهکی سد منگل در حد ۱۷/۲ میکروگرم برلیتر مشاهده گردید. در سه فصل نمونه برداری، عنصر جیوه در هیچ یک از ایستگاه های ۱۲ گانه در فصل زمستان مشاهده نگردید. دامنه تغییرات فلز جیوه در دیگر ایستگاه ها نظیر کیلومتر ۱۱۵ تهران، چشمه لاریجان، چاه هلومسر و چاه کلوده به ترتیب ۵/۲۰، ۲/۳۰، ۲/۱۱، ۰/۶۰ و ۰/۵۰ میکروگرم برلیتر در نوسان بوده است. عنصر جیوه در ۸۰ درصد از ایستگاه های آبهای زیرزمینی مشاهده گردید. مقدار درصد عنصر جیوه در فصول بهار و پاییز به ترتیب در حد ۶۷ و ۳۳ گزارش گردید. نوسانات غلظتی عنصر جیوه در فصل بهار بیش از ۸ برابر فصل پاییز است.

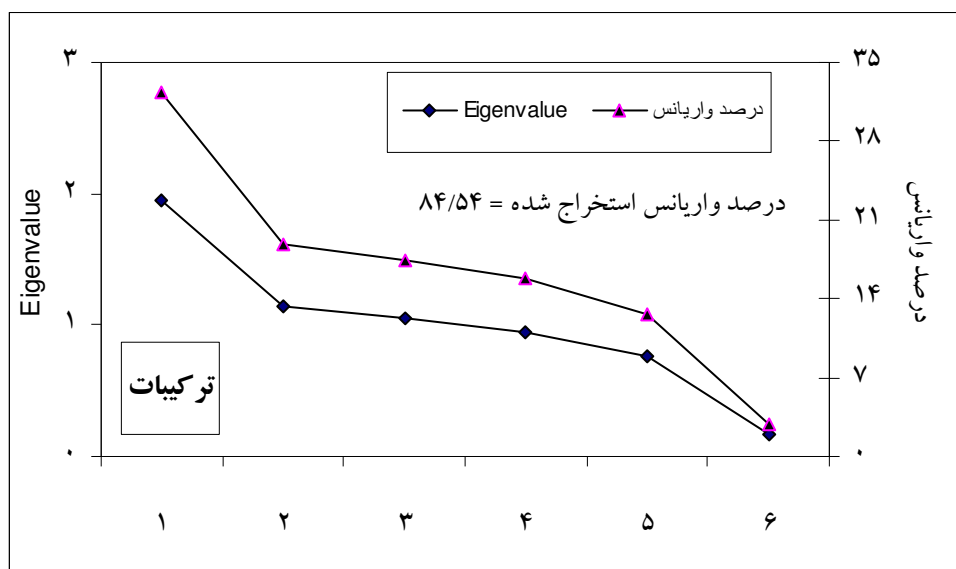


شکل ۳-۲۳: دامنه تغییرات جیوه در ایستگاههای نمونه برداری رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

۴-۳-۳- نتایج حاصله از بررسی آنالیز فاکتورها (FA)

بررسی آزمایشات آنالیز فاکتورها (FA) در جهت تقلیل و کاهش داده ها و دستیابی به تقسیم بندی گروهی شامل ۷ عناصر از فلزات سنگین که ۶ ترکیب آنها بطور فعال در فرایند آنالیز فاکتورها در سه فصل (پاییز، زمستان و بهار) در ۱۲ ایستگاه با ۲۱۶ داده از ایستگاههای آبهای زیرزمینی و سطحی رودخانه هراز در ۴ گروه تقسیم بندی گردیده مشارکت داشتند.

شکل ۳-۲۴، نمودار اسکری شامل درصد واریانس به تفکیک از چهار گروه تشکیل شده که دارای دامنه ۳۲ تا بیش از ۱۵ درصد در نوسان بوده و مابقی ترکیبات کمتر از ۱۵ درصد می باشد برای دیگر گروه ها شرح گردید. ضمناً در شکل یاد شده، مقدار Eigevalue جهت ۴ گروه که کمتر از ۲ شروع و تا حدود و نزدیک ۱ در نوسان بوده است. مقدار Eigevalue دیگر عناصر که کمتر از حد نرمال باشد از اهمیت خاصی برخوردار نمی باشد.



شکل ۳-۲۴: مقدار درصد واریانس و موقعیت اسکری Eigenvalue در مقابل تعداد عناصر سنگین در رودخانه هراز (۸۹-۱۳۸۸)

جدول ۳-۱۸، مقدار درصد تجمعی واریانس ها برای فاکتورهای متفاوتی از ارزش های مستخرج اولیه (Eigenvalue) و مقدار بار کل ترکیبات داده شده قبل از چرخش و نیز مقدار درصد تجمعی بعد از چرخش را

نشان میدهد. بار پذیرفته شده چهار فاکتور استخراجی به ۸۴/۵۴ درصد میرسد. شرح واریانس ارزش های مستخرجه اولیه قبل از چرخش برای چهار گروه به ترتیب ۳۲/۳۷، ۱۸/۹۱، ۱۷/۴۴ و ۱۵/۸۲ درصد بوده ولی واریانس ارزش های مستخرجه چهار گروه بعد از چرخش به ترتیب ۳۰/۷۰، ۱۸/۴۷، ۱۸/۰۰ و ۱۷/۳۷ درصد ترمیم یافته است (جدول ۳-۱۸).

جدول ۳-۱۸: ارزش های مستخرجه متفاوت از FA* عناصر سنگین در نمونه های آب رودخانه هراز (۸۹-۱۳۸۸)

شرح واریانس قبل از چرخش				شرح واریانس بعد از چرخش		
مجموع استخراج مجذور بار (Initial Eigenvalue)				مجموع چرخش مجذور بار (Eigenvalue)		
گروه	کل	درصد واریانس	مجموع درصد واریانس	کل	درصد واریانس	مجموع درصد واریانس
1	۱/۹۴	۳۲/۳۷	۳۲/۳۷	۱/۸۴	۳۰/۷۰	۳۰/۷۰
2	۱/۱۳	۱۸/۹۱	۵۱/۲۸	۱/۱۱	۱۸/۴۷	۴۹/۱۷
3	۱/۰۵	۱۷/۴۴	۶۸/۷۲	۱/۰۸	۱۸/۰۰	۶۷/۱۷
4	۰/۹۵	۱۵/۸۲	۸۴/۵۴	۱/۰۴	۱۸/۳۷	۸۴/۵۴

*FA= Factors Analysis

جدول ۳-۱۹: نتایج بارگیری آنالیز فاکتورها (FA*) در خصوص عناصر سنگین در آب -

رودخانه هراز (۸۹-۱۳۸۸)

F-4	F-3	F-2	F-1	FA
۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۹۵	Hg
-۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۹۴	Cu
-۰/۱۲	۰/۲۲	-۰/۸۶	۰/۰۱	Zn
-۰/۲۰	۰/۵۳	۰/۵۸	۰/۲۵	Ni
-۰/۱۴	-۰/۸۶	۰/۱۷	۰/۰۲	Fe
۰/۹۷	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۴	Cd
۱۷/۳۷	۱۸/۰۰	۱۸/۴۷	۳۰/۷۰	درصد واریانس - ۸۴/۵۴

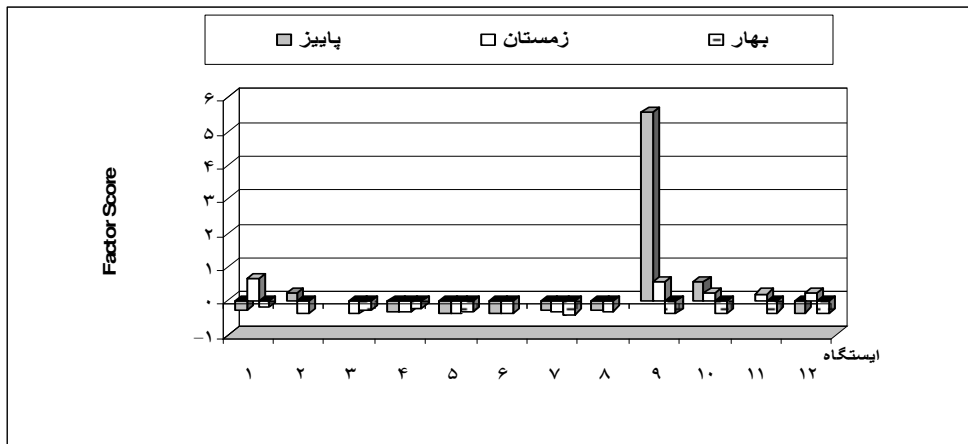
Extraction Method: Principal Component Analysis. FA*=Factor Analysis
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

جدول ۳-۱۹ نشان میدهد، هر یک از چهار فاکتور مستخرجه بطور شفاف دارای ضریب بالا که مبین توان مشارکت آنها نسبت به دیگر ترکیبات شرکت کننده باشد را به نمایش می گذارد. حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در جدول فوق در صورتی بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ واحد باشد در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد (García et al., 2004 and Nowak, 1998). همچنین در این جدول درصد واریانس مشارکت هر یک از فاکتورها با توجه به نقش پذیری آنها از نوسانات حداکثر ۳۰/۷۰ درصد به تقلیل حداقل ۱۷/۳۷ درصد را مورد ملاحظه قرار میدهد. لذا سهم مشارکت پذیری هر یک از فاکتورها و کاربرد ضریب بار آنها بطور تشریحی در زیر آورده میشود.

آنالیز فاکتور یک

همانگونه که در جدول ۳-۱۹ آمده، میزان حداکثری فاکتور یک دارای بار مثبت برای ترکیباتی نظیر جیوه و مس به ترتیب در حد ۰/۹۵ و ۰/۹۴ می باشند. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد، لذا با توجه به عالی بودن ضریب بار پذیری ۱۰۰ درصدی فاکتور یک و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس ۳۰/۷۰ درصدی از کل ۸۴/۵۴ از واریانس های مآخوذه بر میزان مشارکت هر یک از ترکیبات در فاکتور یاد شده دلالت دارد.

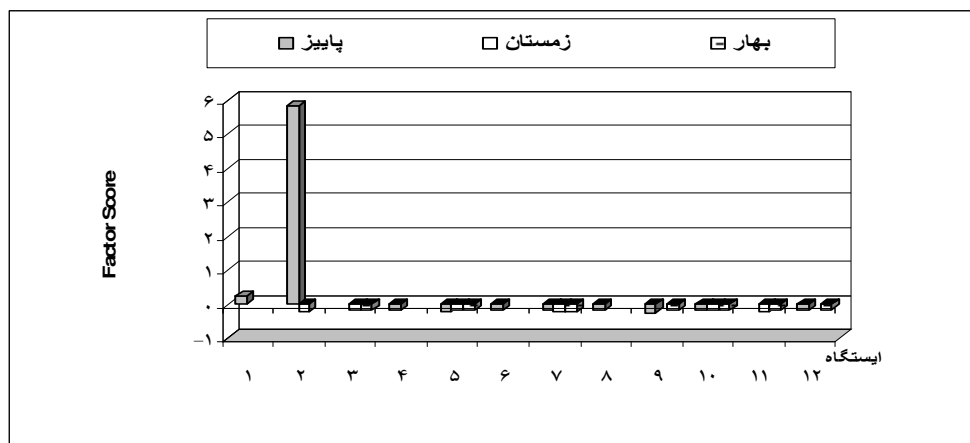
وضعیت عمومی شکل ۳-۲۵ نشان میدهد که میزان امتیازگیری فاکتور ۱، تعداد ۲ عنصر از فلزات سنگین را پوشش داده است. بنابراین، میزان حداکثر فاکتور امتیازگیری مثبت فقط در فصل پاییز (ایستگاه ۹) بوده است. اما مقدار امتیاز منفی آن بیشتر در فصول پاییز، زمستان و بهار مشاهده گردید.



شکل ۳-۲۵: میزان امتیازگیری فاکتور ۱ (جیوه و مس) در ۱۲ ایستگاه رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

آنالیز فاکتور دو

همانگونه که در جدول ۳-۱۹ آمده، میزان حداکثری فاکتور ۲ دارای بار مثبت و منفی برای عناصری نظیر فلزات روی و نیکل به ترتیب در حد ۰/۸۶- و ۰/۵۸ می باشند. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد، لذا با توجه به عالی بودن ضریب بار پذیری منفی ۵۰ درصدی فاکتور یک است و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس ۱۸/۴۷ درصد از واریانس های مآخوذه بر میزان مشارکت هر یک از ترکیبات در فاکتور یاد شده دلالت دارد. میزان مشارکت درصدی واریانس ترکیبات فاکتور ۲ حدود ۱۲ واحد کمتر از مشارکت فاکتور ۱ می باشد. وضعیت عمومی شکل ۳-۲۶ نشان میدهد که میزان امتیازگیری فاکتور ۲، تعداد ۲ عنصر از فلزات سنگین را پوشش داده است. بنابراین، میزان حدکثر امتیازگیری مثبت فقط در فصل پاییز (ایستگاه ۲) بوده است. اما مقدار امتیاز مثبت و منفی آن بیشتر در فصول پاییز، زمستان و بهار مشاهده گردید.

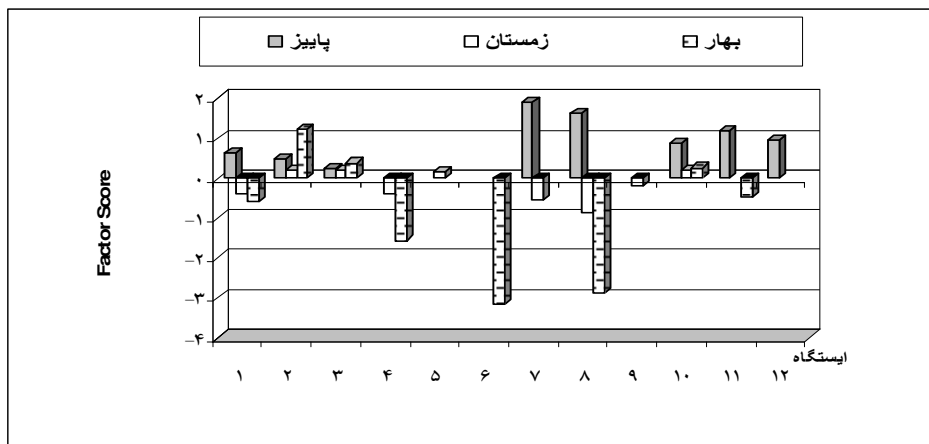


شکل ۳-۲۶: میزان امتیازگیری فاکتور ۲ (نیکل و روی) در ۱۲ ایستگاه رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

آنالیز فاکتور سه

همانگونه که در جدول ۳-۱۹ آمده، میزان حداکثری فاکتور ۳ دارای بار منفی برای عنصر آهن در حد -0.86 می باشد. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از 0.71 و کمتر از 0.32 در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد، لذا با توجه به عالی بودن ضریب بار پذیری منفی 100 درصدی فاکتور یک است و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس $18/00$ درصد از واریانس های مآخوذه بر میزان مشارکت هر یک از ترکیبات در فاکتور یاد شده دلالت دارد. میزان مشارکت درصدی واریانس ترکیبات فاکتور ۳ حدوداً برابر با فاکتور ۲ و نیز حدود 12 واحد کمتر از مشارکت فاکتور ۱ می باشد.

وضعیت عمومی شکل ۳-۲۷ نشان میدهد که میزان امتیازگیری فاکتور ۳، تعداد ۱ عنصر از فلز سنگین را پوشش داده است. بنابراین، میزان حداکثر فاکتور امتیازگیری مثبت و منفی در فصول پاییز و بهار (ایستگاههای ۴، ۶، ۷ و ۸) بوده است. اما مقدار امتیاز منفی آن بیشتر در فصول پاییز، زمستان و بهار مشاهده گردید.

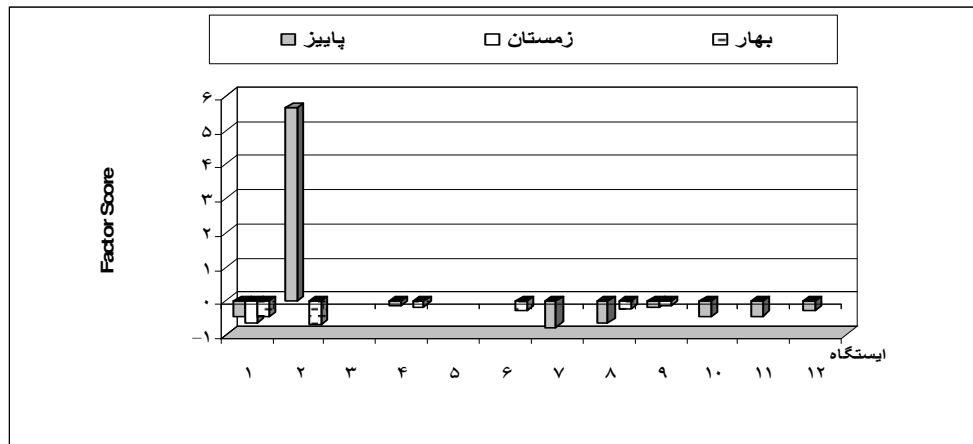


شکل ۳-۲۷: میزان امتیازگیری فاکتور ۳ (فلز آهن) در ۱۲ ایستگاه رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

آنالیز فاکتور چهار

همانگونه که در جدول ۳-۱۹ آمده، میزان حداکثری فاکتور ۴ دارای بار مثبت برای عنصر کادمیوم در حد ۰/۹۷ می باشد. بنابراین، با توجه به حد استاندارد ضریب بار پذیری فاکتورها در صورتی که بیش از ۰/۷۱ و کمتر از ۰/۳۲ در گروه بسیار عالی تا خیلی ضعیف ارزیابی می گردد، لذا با توجه به عالی بودن ضریب بار پذیری ۱۰۰ درصدی فاکتور چهار است و تشریح این فاکتور با ضریب واریانس ۱۷/۳۷ درصد از واریانس های مآخوذه بر میزان مشارکت هر یک از ترکیبات در فاکتور یاد شده دلالت دارد. میزان مشارکت درصدی واریانس ترکیبات فاکتور ۴ با عناصر فاکتور های ۳ و ۲ حداکثر به ۱ واحد و نیز حدود ۱۳ واحد کمتر از مشارکت فاکتور ۱ می باشد.

وضعیت عمومی شکل ۳-۲۸ نشان میدهد که میزان امتیازگیری فاکتور ۴، تعداد ۱ عنصر از فلز سنگین را پوشش داده است. بنابراین، میزان حداکثر فاکتور امتیازگیری مثبت فقط در فصل پاییز (ایستگاه ۲) بوده است. اما مقدار امتیاز منفی آن بیشتر در فصول پاییز و بهار مشاهده گردید.



شکل ۳-۲۸: میزان امتیازگیری فاکتور ۴ (قلز کادمیوم) در ۱۲ ایستگاه رودخانه هراز در سه فصل (۱۳۸۸-۸۹)

جدول ۳-۲۰، میزان غلظت تمامی عناصر سنگین اندازه گیری شده در سه فصل (پاییز، زمستان ۱۳۸۸ و بهار ۱۳۸۹) در ۱۲ ایستگاه انتخابی رودخانه هراز را در زمینه حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار آنها را نشان می‌دهد. شایان ذکر است، عنصر سرب در میان ۷ عنصر سنگین اندازه گیری شده در هر سه فصل کمتر از حد مشاهده بوده لذا در لیست جدول فوق قید نگردیده است. عناصر سنگین نظیر روی و آهن در بین سایر عناصر اندازه گیری شده دارای حداکثری ۱/۱۲ و ۸/۲۲ میلیگرم برلیتر و نیز جیوه در حد ۱۷/۲ میکروگرم برلیتر می باشند. میانگین و انحراف معیار روی و آهن به ترتیب $1/01 \pm 0/23$ و $1/21 \pm 2/00$ میلیگرم برلیتر و نیز عنصر جیوه در حد $4/65 \pm 6/38$ میکروگرم برلیتر گزارش گردید.

جدول ۳-۲۰: آمار توصیفی عناصر سنگین در نمونه های آب رودخانه هراز در سه فصل (۱۳۸۸-۸۹) - ppm

پارامترها	دامنه			
	حداقل	حداکثر	متوسط	انحراف معیار (SD)
Zn	n.d	۱/۱۲	۰/۲۳	۱/۰۱
Fe	n.d	۸/۲۲	۱/۲۱	۲/۰۰
Cd	n.d	۰/۳۱	۰/۰۱	۰/۰۵
Cu	n.d	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲
Ni	n.d	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
Hg(ppb)	n.d	۱۷/۲	۴/۶۵	۶/۳۸

ماتریکس آماری پیرسون طبق داده شش عناصر سنگین در فصول پاییز، زمستان و بهار در جدول ۳-۲۱ نشان میدهد، فلز سنگین اندازه گیری شده نظیر عنصر آهن با جیوه و نیز فلز مس با نیکل هر کدام با یکدیگر دارای ضریب همبستگی بسیار قوی ($P < 0/01$) و مثبت و رابطه معنی داری را با هم دارا می باشند. در این میان، عناصر مس و نیکل با عناصر روی، آهن و کادمیوم، عنصر جیوه با عناصر روی، کادمیوم، مس و نیکل، عنصر کادمیوم با عناصر روی و آهن و نیز عنصر روی با آهن هیچ رابطه معنی داری با یکدیگر نداشته اند (جدول ۳-۲۱).

جدول ۳-۲۱: ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlations) عناصر سنگین در نمونه های آب رودخانه هراز در سه فصل (۸۹-۱۳۸۸)

عناصر	Zn	Fe	Cd	Cu	Ni	Hg
Zn	۱					
Fe	-۰/۰۷	۱				
Cd	-۰/۰۳	۰/۲۲	۱			
Cu	-۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۱۹	۱		
Ni	۰/۱۳	-۰/۱۹	-۰/۲	۰/۵۷**	۱	
Hg	۰/۰۳	۰/۴۴**	-۰/۱۲	-۰/۱۳	-۰/۱۱	۱

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

۳-۴- شوینده ها

۱-۳-۴- فصل پائیز ۱۳۸۸

در این فصل، پارامتر شوینده در ۱۳ ایستگاه نمونه برداری آب شامل ایستگاههای آبهای زیر زمینی، آبهای سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

شوینده ها در بیش از ۷۶ درصد از ایستگاههای نمونه برداری فصل پاییز مشاهده گردید. شکل ۳-۲۹ نشان میدهد، حداکثر و حداقل نوسانات غلظت شوینده ها (LAS) در ایستگاه های چشمه آب اسک و پل چلاو در

فصل پاییز به ترتیب در حد ۳۸۳ و ۱۴ میکروگرم برلیتر مشاهده گردید. در این فصل، غلظت شوینده ها در ایستگاههای چاه هلومسر، نورود و کرسنگ کمتر از حد تشخیص دستگاه ($9 \mu\text{g/l}$) بوده است. همچنین غلظت شوینده ها در ایستگاههای آبهای زیرزمینی بیشتر از ایستگاههای آب سطحی رودخانه هراز بوده است. روند تغییرات غلظتی سایر ایستگاهها از قیبل رودخانه لاسم، چاه کلوده، کیلومتر ۱۱۵ تهران، چشمه معدنی لاریجان، چشمه آهکی منگل، شهرک ایثار، رود لار و سرخورد به ترتیب در حد ۴۱، ۳۵، ۳۳، ۲۸، ۲۲، ۱۹، ۱۷ و ۱۶ میکروگرم برلیتر در نوسان بوده است.

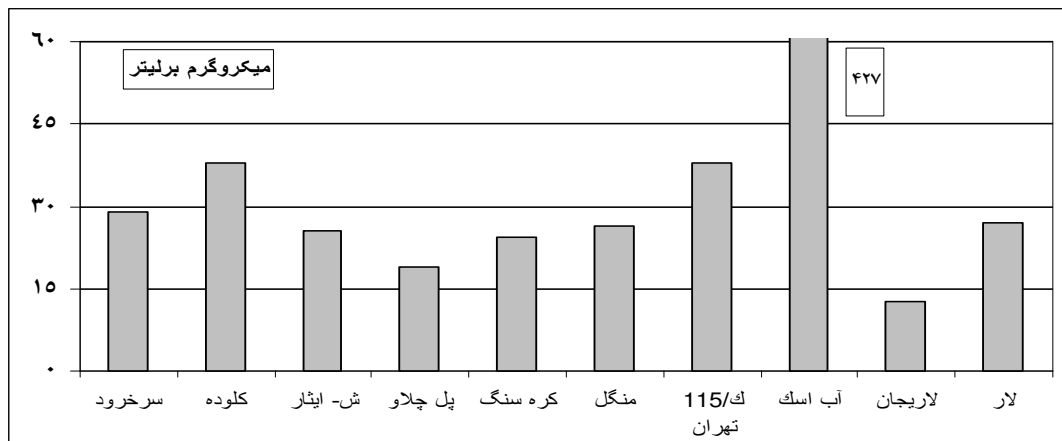


شکل ۳-۲۹: دامنه تغییرات شوینده ها در ایستگاههای آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در پاییز (۸۹-۱۳۸۸)

۲-۴-۳- فصل زمستان ۱۳۸۸

در این فصل، پارامتر شوینده در ۱۳ ایستگاه نمونه برداری آب شامل ایستگاههای آبهای زیر زمینی، آبهای سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

شوینده ها در بیش از ۷۶ درصد از ایستگاههای نمونه برداری فصل زمستان، مشاهده گردید. شکل ۳-۳۰ نشان میدهد، حداکثر و حداقل نوسانات غلظت شوینده ها (LAS) در ایستگاه های چشمه آب اسک و چشمه لاریجان در فصل زمستان به ترتیب در حد ۴۲۷ و ۱۲/۵ میکروگرم برلیتر مشاهده گردید. در این فصل، غلظت شوینده ها در ایستگاههای چاه هلومسر، نوررود و رود لاسم کمتر از حد تشخیص دستگاه ($9 \mu\text{g/l}$) بوده است. همچنین در فصل زمستان، غلظت شوینده ها در ایستگاههای آبهای زیرزمینی بیشتر از ایستگاههای آب سطحی رودخانه هراز بوده است. روند تغییرات غلظتی سایر ایستگاهها از قبیل کیلومتر ۱۱۵ تهران، چاه کلوده، سرخرود، رود لار، چشمه آهکی منگل، شهرک ایثار، کره سنگ و پل چلاو به ترتیب در حد ۳۸، ۳۸، ۲۹، ۲۷، ۲۶/۵، ۲۵/۵، ۲۴/۵ و ۱۹ میکروگرم برلیتر در نوسان بوده است.

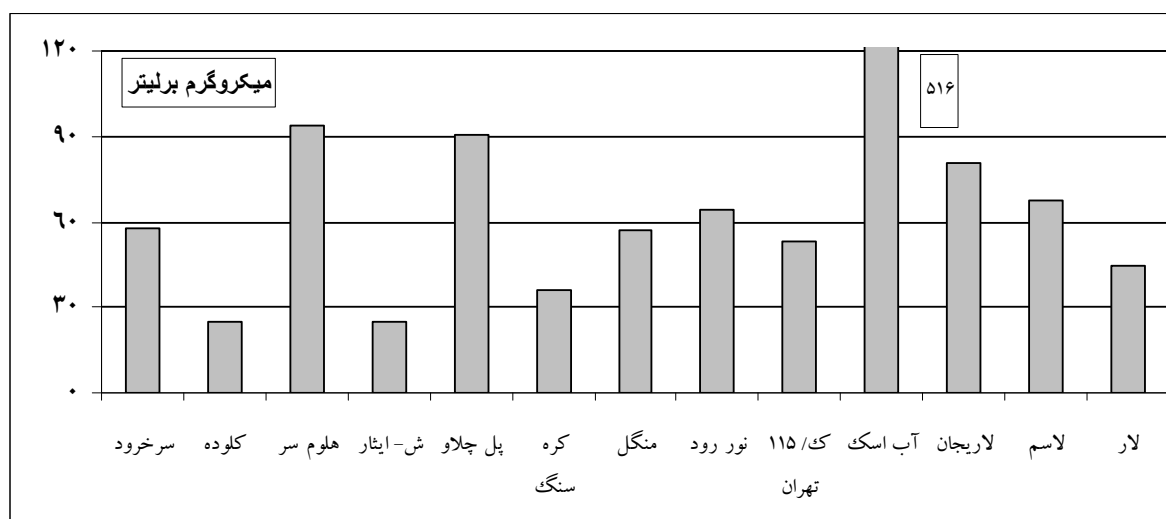


شکل ۳-۳۰: دامنه تغییرات شوینده ها در ایستگاههای آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در زمستان (۸۹-۱۳۸۸)

۳-۴-۳- فصل بهار ۱۳۸۹

در این فصل، پارامتر شوینده در ۱۳ ایستگاه نمونه برداری آب شامل ایستگاههای آبهای زیر زمینی، آبهای سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

شوینده ها در ۱۰۰ درصد از ایستگاههای نمونه برداری فصل بهار مشاهده گردید. شکل ۳-۳۱ نشان میدهد، حداکثر و حداقل غلظت شوینده ها (LAS) در ایستگاه های چشمه آب اسک و (چاه کلوده و شهرک ابثار) در فصل بهار به ترتیب ۵۱۶ و ۲۵ میکروگرم برلیتر مشاهده گردید.



شکل ۳-۳۱: دامنه تغییرات شوینده ها در ایستگاههای آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در بهار (۱۳۸۸-۸۹)

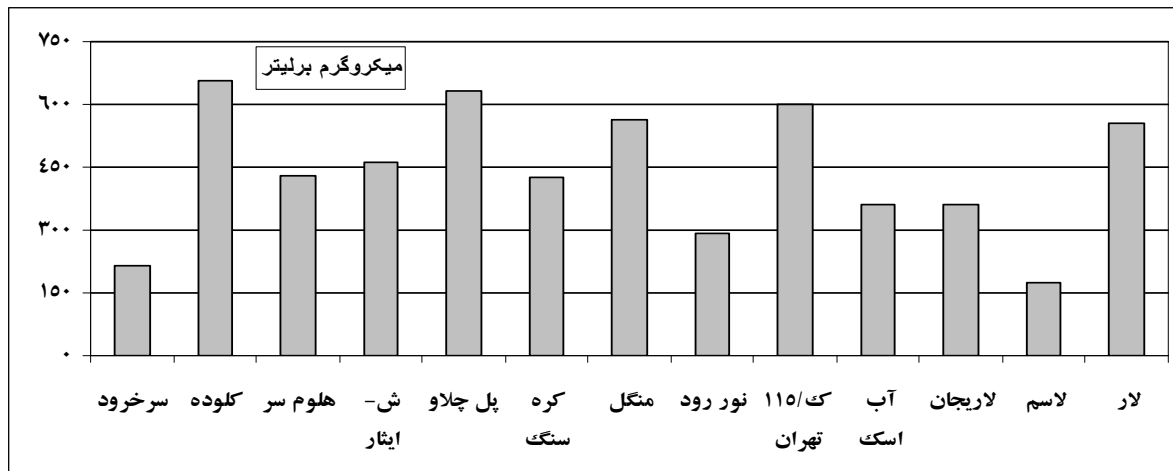
در این فصل، غلظت شوینده ها در ایستگاههای نمونه برداری کمتر از حد تشخیص دستگاه ($9 \mu\text{g/l}$) نبوده است. همچنین در فصل بهار نیز غلظت شوینده ها در ایستگاه های آبهای زیرزمینی بیشتر از ایستگاههای آب سطحی رودخانه هراز بوده است. روند تغییرات غلظتی سایر ایستگاهها از قبیل چاه هلومسر، پل چلاو، چشمه معدنی لاریجان، رود لاسم، نوررود، سرخورد، چشمه آهکی منگل، کیلومتر ۱۱۵ تهران، رود لار و کره سنگ

به ترتیب در حد ۹۴، ۹۰/۵، ۸۰/۵، ۶۷/۵، ۶۴/۵، ۵۸، ۵۷، ۵۳، ۴۴/۵ و ۳۶ میکروگرم برلیتر در نوسان بوده است (شکل ۳-۳۱).

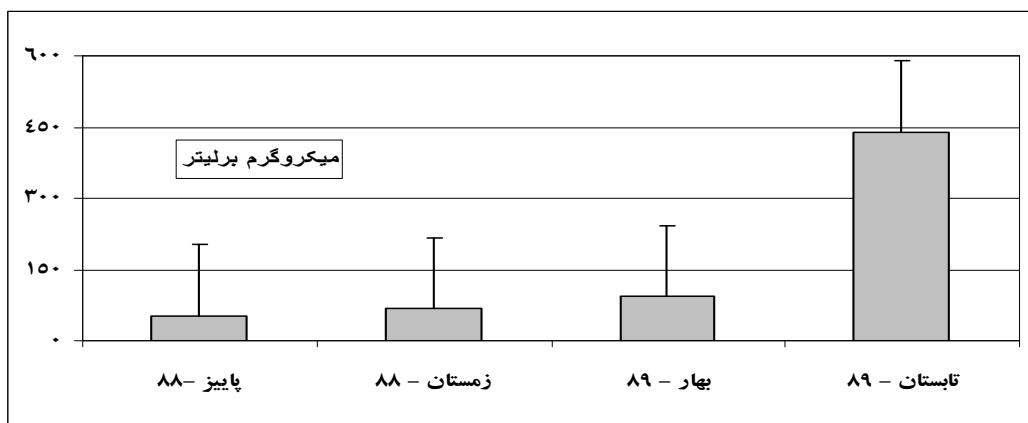
۴-۴-۳- فصل تابستان ۱۳۸۹

در این فصل، پارامتر شوینده در ۱۳ ایستگاه نمونه برداری آب شامل ایستگاههای آبهای زیر زمینی، آبهای سطحی و سرشاخه های رودخانه هراز اندازه گیری گردید. نتایج حاصل از آن بشرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

شوینده ها در ۱۰۰ درصد از ایستگاههای نمونه برداری فصل تابستان مشاهده گردید. شکل ۳-۳۲ نشان میدهد، حداکثر و حداقل غلظت شوینده ها (LAS) در ایستگاه چاه کلوده و رود لاسم (تابستان) به ترتیب در حد ۶۵۸ و ۱۷۳ میکروگرم برلیتر مشاهده گردید. در این فصل، غلظت شوینده ها در تمامی ایستگاه ها بیش از حد تشخیص دستگاه ($9 \mu\text{g/l}$) بوده است. همچنین در فصل تابستان نیز غلظت شوینده ها در ایستگاه های آبهای زیرزمینی بیشتر از ایستگاههای آب سطحی رودخانه هراز بوده است. روند تغییرات غلظتی سایر ایستگاهها از قیبل پل چلاو، کیلومتر ۱۱۵ تهران، چشمه آهکی منگل، رود لار، شهرک ایثار، چاه هلومسر، کره سنگ، چشمه معدنی لاریجان، چشمه معدنی آب اسک، نوررود و سرخرود به ترتیب در حد ۶۳۲، ۵۹۳، ۵۶۴، ۵۵۴، ۴۶۲، ۳۱، ۴۲۵، ۳۶۱، ۳۵۹، ۲۹۱ و ۲۱۷ میکروگرم برلیتر در نوسان بوده است (شکل ۳-۳۲).



شکل ۳-۳۲: دامنه تغییرات شوینده ها در ایستگاههای آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه هراز در تابستان (۸۹-۱۳۸۸)



شکل ۳-۳۳: دامنه تغییرات شوینده ها در ایستگاههای نمونه برداری رودخانه هراز در فصل ۴ (۸۹-۱۳۸۸)

شکل ۳-۳۳، میانگین نوسانات غلظت شوینده ها (LAS) در فصول مختلف نمونه برداری رودخانه هراز را نشان میدهد. حداکثر و حداقل غلظت شوینده ها به ترتیب در حد ۴۴۰ و ۵۲ میکروگرم برلیتر در فصول تابستان و پاییز بوده است. میانگین نوسانات غلظتی شوینده ها در بین فصول پاییز، زمستان و بهار بسیار نزدیک بهم بوده ولی این نوسانات (سه فصل) در مقایسه با غلظت شوینده در فصل تابستان دارای اختلاف بسیار زیاد و رشد افزایشی حدود ۸ برابری را نشان میدهد. جدول ۳-۲۲، میزان غلظت ترکیب شوینده ها در فصول پاییز، زمستان (۱۳۸۸) و بهار، تابستان (۱۳۸۹) در زمینه حداقل، حداکثر، میانگین و خطای استاندارد را نشان میدهد. شایان ذکر

است، در جدول یاد شده آمار توصیفی شوینده ها بر حسب ماهها مورد ارزیابی قرار گرفت. حداقل غلظت شوینده در ۸ ماه نمونه برداری، فقط در ماههای اردیبهشت و تیر بیشتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی یعنی بیش از ۹ میکروگرم برلیتر بوده است. در میان حداکثرها، نوسانات و غلظت شوینده ها در ۸ ماه نمونه برداری از کمترین تا بیشترین مقدار آن در حد ۱۴۱ تا ۹۷۱ میکروگرم برلیتر متغیر بوده است. بالاترین میانگین و خطای استاندارد شوینده ها به ترتیب در ماههای تیر و مرداد در حد $۴۱۸/۶۲ \pm ۵۲/۱۶$ و $۴۱۲/۱۵ \pm ۱۱۷/۰۲$ میکروگرم برلیتر گزارش گردید.

جدول ۳-۲۲: آمار توصیفی شوینده ها در نمونه های رود خانه هراز در چهار فصل (۸۹-۱۳۸۸) - ppb

پارامترها	حداقل	حداکثر	متوسط	خطای استاندارد (SE)	ماهها
آذر	n.d	383	۴۷/۶۹	۲۸/۱۲	
دی	n.d	528	۵۱/۲۳	۳۹/۸۱	
اسفند	n.d	326	۵۴	۲۳/۱۷	
اردیبهشت	25	890	۱۲۲/۶۹	۶۴/۳۸	
خرداد	n.d	141	۴۹/۱۵	۱۱/۵	
تیر	125	622	۴۱۸/۶۲	۵۲/۱۶	
مرداد	n.d	651	۴۱۲/۱۵	۶۴/۷	
شهریور	n.d	971	۳۵۲/۴۶	۱۱۷/۰۲	

جدول ۳-۲۳، میزان غلظت ترکیب شوینده ها در فصول پاییز، زمستان (۱۳۸۸) و بهار، تابستان (۱۳۸۹) در زمینه حداقل، حداکثر، میانگین و خطای استاندارد را نشان میدهد. شایان ذکر است، در جدول یاد شده، آمار توصیفی شوینده ها بر حسب ایستگاهها مورد ارزیابی قرار گرفت. حداقل غلظت شوینده در ۱۳ ایستگاه نمونه برداری، فقط در ایستگاههای چشمه آهکی منگل و کیلومتر ۱۱۵ تهران بیشتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی یعنی بیش از ۹ میکروگرم برلیتر بوده است. در میان حداکثرها، نوسانات و غلظت شوینده ها در ۱۳ ایستگاه نمونه

برداری از کمترین تا بیشترین مقدار آن در حد ۱۷۳ تا ۹۷۱ میکروگرم برلیتر متغیر بوده است. بالاترین میانگین و خطای استاندارد شویندهها به ترتیب در ایستگاههای پل چلاو چشمه معدنی آب اسک در حد $۱۱۴/۸۴ \pm ۲۶۶/۰۰$ و $۹۹/۱۹ \pm ۳۷۳/۷۵$ میکروگرم برلیتر گزارش گردید.

جدول ۳-۲۳: آمار توصیفی شوینده ها در نمونه های ۱۳ ایستگاه رود خانه هراز در چهار فصل (۸۹-۱۳۸۸) - ppb

ایستگاهها	پارامترها			خطای استاندارد (SE)
	حداقل	حداکثر	متوسط	
سرخود	n.d	465	۹۸/۲۵	۵۴/۵۳
کلوده	n.d	880	۲۶۴/۲۵	۱۲۱/۲۹
هلوم سر	n.d	646	۱۷۵/۳۸	۱۰۰/۶۹
شهرک ایثار	n.d	971	۱۸۵/۶۳	۱۱۷/۳
پل چلاو	n.d	842	۲۶۶	۱۱۴/۴
کره سنگ	n.d	651	۱۷۵/۶۳	۹۶/۵۲
چشمه منگل	12	649	۲۳۵/۱۳	۹۸/۱۱
نوررود	n.d	583	۱۲۷/۲۵	۶۸/۹۶
ک - ۱۱۵ تهران	27	940	۲۵۰/۸۸	۱۱۷/۹۱
آب اسک	n.d	890	۳۷۳/۷۵	۹۹/۱۹
لاریجان	n.d	534	۱۶۲/۵	۷۴/۷۳
لاسم	n.d	173	۴۵/۶۳	۲۱/۲۳
لار	n.d	554	90/25	66/49

ماتریکس آماری پیرسون برخی از پارامترهای هیدرولوژی و هیدروشیمی رودخانه هراز نظیر دما، فسفات و نترات با ترکیب شوینده ها در فصول پاییز، زمستان ۸۸ و نیز فصول بهار و تابستان ۸۹ در جدول ۳-۲۴ نشان میدهد، ترکیب شوینده فقط با پارامتر هیدرولوژی دما آب با یکدیگر دارای ضریب همبستگی بسیار قوی ($P < ۰/۰۱$) و مثبت و رابطه معنی داری را با هم دارا می باشند. در این میان، پارامترهای فسفات و نترات آب با

ترکیب شوینده و دمای آب و نیز پارامتر فسفات با نیترات هیچ رابطه معنی داری با یکدیگر نداشته اند (جدول ۳-۲۴).

جدول ۳-۲۴: ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlations) شوینده ها در نمونه رود خانه هراز در چهار فصل (۸۸-۱۳۸۹)

عناصر	شوینده ها	دما	فسفات	نیترات
شوینده ها	۱			
دما	۰/۴۹**	۱		
فسفات	-۰/۰۸	-۰/۰۵	۱	
نیترات	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۶	۱

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

۳-۵- گروه ماکروبتوزها

ماکروبتوزها در دو شاخه از موجودات مشتمل بر ARTHROPODA و ANNELIDA مشاهده شدند.

جدول ۳-۲۵: اسامی ماکروبتوزهای مشاهده شده در ایستگاههای نمونه برداری حوزه سد منگل ۸۹-

۱۳۸۸

خانواده	راسته	رده	شاخه
Chironomidae	DIPTERA	INSECTA	ARTHROPODA
Simuliidae			
Tipulidae			
Tabanidae			
Rhajionidae			
Blepharoceridae			
Glossomatidae	TRICHOPTERA		
Hydropsychidae	EPHEMEROPTERA		
Baetidae			
Heptageniidae			
Elmidae	COLEOPTERA		
Poduridae	COLLEMBOLA		
Argyronetidae	HYDRACARINA	ARACHNIDA	
Naididae	HAPLOTAXIDA	CLITELLATA	ANNELIDA
Lumbriculidae	LUMBRICULIDA	(OLIGOCHAETA)	

جدول ۳-۲۵ نشان می‌دهد، از شاخه اول ۳ رده، ۶ راسته و ۱۳ خانواده و از شاخه دوم فقط ۱ رده، ۲ راسته و ۲ خانواده شناسایی گردید. رده حشرات (INSECTA) بیشترین تعداد راسته ها (۴ راسته) را به خود اختصاص داد که در بین آنها از راسته DIPTERA، بیشترین تعداد خانواده ها (۶ خانواده) مشاهده گردید. شایان ذکر است آن دسته از کرمهای کم تار که در بسیاری از منابع تحت خانواده Tubificidae قرار می گرفته اند در اینجا طبق ICZN (International Commission on Zoological Nomenclature) در خانواده Naididae جای گرفتند (<http://iczn.org/content/opinion-2167-case-3305-naididae-ehrenberg-1828-annelida-clitellata-precedence-over-tubificid>)

۱-۵-۳- پراکنش ماکروبتوزها

در ایستگاه سرخرود ۵ خانواده از ماکروبتوزها شامل Chironomidae، Baetidae و Hydropsychidae از حشرات و خانواده های Naididae و Lumbriculidae از کرمهای کم تار مشاهده شد (جدول ۳-۲۶). در ایستگاه شهرک ایثار، ۱۱ خانواده از ماکروبتوزها حضور داشتند. از رده حشرات از راسته DIPTERA، ۴ خانواده در ایستگاه شهرک ایثار شامل Chironomidae، Simuliidae، Tabanidae و Rhajionida علاوه بر آنها خانواده های Hydropsychidae، Baetidae و Elmidae نیز از حشرات مشاهده شدند. خانواده Poduridae و Argyronetidae فقط در این ایستگاه و نیز خانواده های Naididae، Lumbriculidae از کرمهای کم تار هم در این ایستگاه مشاهده شدند. در ایستگاه کره سنگ، ۱۲ خانواده ماکروبتوزها مشاهده شدند. به جز خانواده های Tabanidae، Poduridae و Argyronetidae، بقیه خانواده ها که در ایستگاه شهرک ایثار وجود داشته در این ایستگاه مشاهده شدند. در ایستگاه کره سنگ خانواده های Tipulidae، Blepharoceridae، Glossomatidae و Heptageniidae مشاهده شدند. در ایستگاه نور رود بغیر از خانواده های Naididae و Lumbriculidae ۸ خانواده از ماکروبتوزها مشاهده شدند.

ایستگاه نور رود همانند دیگر ایستگاه ها، خانواده Chironomidae حضور داشته و خانواده های Tipulidae، Heptageniidae و Blepharoceridae، فقط در این ایستگاه و ایستگاه کره سنگ مشاهده شده اند (جدول ۳-۲۶).

جدول ۳-۲۶: وضعیت حضور (*) و عدم حضور (-) ماکروبتوزها در ایستگاههای حوزه سد منگل - پاییز ۱۳۸۸ تا تابستان ۱۳۸۹

نوررود	کره سنگ	شهرک ایثار	سرخرود	خانواده	راسته
*	*	*	*	Chironomidae	DIPTERA
-	*	*	-	Simuliidae	
*	*	-	-	Tipulidae	
-	-	*	-	Tabanidae	
*	*	*	-	Rhajionidae	
*	*	-	-	Blepharoceridae	
-	*	-	-	Glossomatidae	TRICHOPTERA
*	*	*	*	Hydropsychidae	
*	*	*	*	Baetidae	EPHEMEROPTERA
*	*	-	-	Heptageniidae	
*	*	*	-	Elmidae	COLEOPTERA
-	-	*	-	Poduridae	COLLEMBOLA
-	-	*	-	Argyronetidae	HYDRACARINA
-	*	*	*	Naididae	HAPLOTAXIDA
-	*	*	*	Lumbriculidae	LUMBRICULIDA

فصل پاییز-۱۳۸۸

در فصل پاییز، حضور ۱۰ خانواده از ماکروبتوزها که در بین آنها فقط خانواده Chironomidae در تمام ایستگاه ها مشاهده گردید. خانواده های Hydropsychidae و Baetidae به جز ایستگاه سرخرود در سایر ایستگاهها مشاهده گردید. خانواده Nididae فقط در ایستگاه نوررود مشاهده ولی در سه ایستگاه دیگر مشاهده نگردید. در این فصل، خانواده های Tipulidae، Rhajionidae، Blepharoceridae و Glossomatidae در هیچ یک از ایستگاه ها مشاهده نگردید. خانواده Simuliidae فقط در ایستگاه کره سنگ، خانواده های Tabanidae، Poduridae و Argyronetidae در ایستگاه شهرک ایثار، خانواده Elmidae در ایستگاه نوررود و خانواده Lumbriculidae در ایستگاه سرخرود مشاهده

گردید. شایان ذکر است خانواده Poduridae که بسیار مقاوم به آلودگی است فقط در این فصل و فقط در ایستگاه شهرک ایثار مشاهده شده است. بنابراین، در ایستگاه سرخورد خانواده هایی از ماکروبتوزها که از نظر میزان مقاومت در برابر آلودگی (Tolerance Value) در حد متوسط هستند، نظیر خانواده های متعلق به راسته های Coleoptera و Trichoptera، Ephemeroptera حضور نداشتند و در مقابل فقط خانواده های با Tolerance Value بالا نظیر Chironomidae، Naididae و Lumbriculidae در این ایستگاه مشاهده شدند (جدول ۳-۲۷).

جدول ۳-۲۷: وضعیت حضور (*) و عدم حضور (-) ماکروبتوزها در ایستگاههای حوزه سد منگل - پاییز ۱۳۸۸

راسته	خانواده	سرخورد	شهرک ایثار	کره سنگ	نوررود
DIPTERA	Chironomidae	*	*	*	*
	Simuliidae	-	-	*	-
	Tipulidae	-	-	-	-
	Tabanidae	-	*	-	-
	Rhajionidae	-	-	-	-
	Blepharoceridae	-	-	-	-
TRICHOPTER	Glossomatidae	-	-	-	-
	Hydropsychidae	-	*	*	*
EPHEMEROPTERA	Baetidae	-	*	*	*
	Heptageniidae	-	-	-	*
COLEOPTERA	Elmidae	-	-	-	*
COLLEMBOLA	Poduridae	-	*	-	-
HYDRACARINA	Argyronetidae	-	*	-	-
HAPLOTAXIDA	Naididae	*	*	*	-
LUMBRICULIDA	Lumbriculidae	*	-	-	-

فصل زمستان-۱۳۸۸

در فصل زمستان، حضور ۱۲ خانواده از ماکروبتوزها که در بین آنها فقط خانواده Chironomidae طبق جدول ۳-۲۸ در همه ایستگاه ها مشاهده گردید. خانواده های Tipulidae و Glossomatidae بر خلاف فصل پاییز در این فصل حضور داشتند و هر دو در ایستگاه کره سنگ مشاهده شدند. در این فصل، به جز ایستگاه سرخورد خانواده Rhajionidae در سه ایستگاه مشاهده گردید. خانواده های Poduridae و Argyronetidae در هیچ یک از ایستگاه ها

مشاهده نگردید. شایان ذکر است که این دو گروه بخصوص خانواده Poduridae درجه تحمل به آلودگی بالایی دارند. در این فصل، خانواده های Chironomidae، Naididae و Lumbriculidae که مقاوم به آلودگی هستند در ایستگاه سرخورد مشاهده گردیدند.

جدول ۳-۲۸: وضعیت حضور (*) و عدم حضور (-) ماکروبتوزها در ایستگاههای حوزه سد منگل - زمستان ۱۳۸۸

نورود	کره سنگ	شهرک ایثار	سرخورد	خانواده	راسته
*	*	*	*	Chironomidae	DIPTERA
-	*	-	-	Simuliidae	
*	*	-	-	Tipulidae	
-	-	*	-	Tabanidae	
*	*	*	-	Rhajionidae	
-	-	-	-	Blepharoceridae	
-	*	-	-	Glossomatidae	TRICHOPTERA
*	*	*	-	Hydropsychidae	EPHEMEROPTERA
*	*	*	-	Baetidae	
*	-	-	-	Heptageniidae	COLEOPTERA
-	*	-	-	Elmidae	COLEMBOLA
-	-	-	-	Poduridae	HYDRACARINA
-	-	-	-	Argyronetidae	HAPLOTAXIDA
-	*	*	*	Naididae	LUMBRICULIDA
-	*	*	*	Lumbriculidae	

فصل بهار-۱۳۸۹

در این فصل، حضور ۱۲ خانواده از ماکروبتوزها طبق جدول ۳-۲۹ در چهار ایستگاه مشاهده گردید. در ایستگاه سرخورد علاوه بر خانواده های Chironomidae، Naididae و Lumbriculidae (مقاوم به آلودگی)، خانواده Hydropsychidae که درجه مقاومت به آلودگی بسیار کمتر از سه خانواده مذکور است نیز مشاهده شده است. در خانواده Glossomatidae مشاهده نگردید ولی در زمستان بود. در فصل بهار، در ایستگاه کره سنگ خانواده Blepharoceridae مشاهده شد. شایان ذکر است که هر دو خانواده مذکور از موجودات بسیار حساس به آلودگی و با Tolerance Value معادل صفر، می باشند (جدول ۳-۲۹).

جدول ۳-۲۹: وضعیت حضور (*) و عدم حضور (-) ماکروبتوزها در ایستگاههای حوزه سد منگل-بهار

۱۳۸۹

نوررود	کره سنگ	شهرک ایثار	سرخرود	خانواده	راسته
*	*	*	*	Chironomidae	DIPTERA
-	*	-	-	Simuliidae	
*	-	-	-	Tipulidae	
-	-	*	-	Tabanidae	
-	*	*	-	Rhajionidae	
-	*	-	-	Blepharoceridae	
-	-	-	-	Glossomatidae	TRICHOPTERA
*	*	*	*	Hydropsychidae	
*	*	*	-	Baetidae	EPHEMEROPTERA
*	*	-	-	Heptageniidae	
*	-	*	-	Elmidae	COLEOPTERA
-	-	-	-	Poduridae	COLLEMBOLA
-	-	-	-	Argyronetidae	HYDRACARINA
-	*	*	*	Naididae	HAPLOTAXIDA
-	-	*	*	Lumbriculidae	LUMBRICULIDA

فصل تابستان - ۱۳۸۹

در این فصل، حضور ۱۳ خانواده از ماکروبتوزها در چهار ایستگاه مشاهده گردید (جدول ۳-۳۰). در ایستگاه

سرخرود، حضور سه خانواده مقاوم به آلودگی مشابه در فصول پاییز، زمستان و بهار و همچنین خانواده Baetidae

با میزان تحمل آلودگی متوسط نیز مشاهده گردید. در ایستگاه نوررود همچون فصل بهار، خانواده

Blepharoceridae (بسیار حساس به آلودگی)، حضور داشت. خانواده Heptageniidae (حساس به آلودگی)، هم

همانند بهار در هر دو ایستگاه کره سنگ و نوررود مشاهده شد. در ایستگاه کره سنگ علاوه بر خانواده فوق،

حضور ۳ خانواده Chironomidae، Hydropsychidae و Baetidae مشاهده گردید (جدول ۳-۳۰).

جدول ۳-۳۰: وضعیت حضور (*) و عدم حضور (-) ماکروبتوزها در ایستگاههای حوزه سد منگل - تابستان ۱۳۸۹

نوررود	کره سنگ	شهرک ایثار	سرخرود	خانواده	راسته
*	*	*	*	Chironomidae	DIPTERA
-	-	*	-	Simuliidae	
*	-	-	-	Tipulidae	
-	-	*	-	Tabanidae	
*	-	*	-	Rhajionidae	
*	-	-	-	Blepharoceridae	
-	-	-	-	Glossomatidae	TRICHOPTERA
*	*	-	-	Hydropsychidae	
*	*	*	*	Baetidae	EPHEMEROPTERA
*	*	-	-	Heptageniidae	
*	-	*	-	Elmidae	COLEOPTERA
-	-	-	-	Poduridae	COLLEMBOLA
-	-	*	-	Argyronetidae	HYDRACARINA
-	-	*	*	Naididae	HAPLOTAXIDA
-	-	*	*	Lumbriculidae	LUMBRICULIDA

۲-۵-۳- تراکم و زی توده ماکروبتوزها و بررسی شاخص زیستی در فصول مختلف

آمار توصیفی داده های تراکم و زی توده ماکروبتوزها در جدول ۲۰ پیوست گزارش گردید. میانگین تراکم و خطای استاندارد خانواده های Naididae، Chironomidae و Baetidae به ترتیب برابر 72 ± 216 ، 19 ± 103 و $19 \pm$ ۷۹ عدد درمتر مربع و نیز تراکم خانواده های ماکروبتوزها به ترتیب ۳۶، ۱۷ و ۱۳ درصد میانگین را شکل میدهد. میانگین زی توده و خطای استاندارد خانواده های Hydropsychidae، Tipulidae و Baetidae به ترتیب ۳۳۷ ± 1491 ، 108 ± 210 و 67 ± 152 میلی گرم در متر مربع و نیز تراکم زی توده ماکروبتوزهای یاد شده به ترتیب ۷۰، ۱۰ و ۷ درصد میانگین را نشان میدهد.

در آمار تحلیلی، با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف نرمال داده های تراکم و زی توده ماکروبتوزها به تفکیک راسته و خانواده آزمون گردید. طبق جدول ۲۱ پیوست، توزیع هیچ یک از آنها نرمال نبوده و با استفاده از تبدیل (Transform) داده ها متمایل به نرمال و طبق جدول ۲۲ پیوست، فقط داده های تراکم و زی توده

خانواده Chironomidae و راسته Diptera و نیز تراکم و زی توده مجموع ماکروبتوزها (با زمینه خاکستری) نرمال گردید. اختلاف بین داده ها در فصول، ماهها و ایستگاه ها آزمون ANOVA و دانکن مورد بررسی و آن نتایج به شرح زیر است:

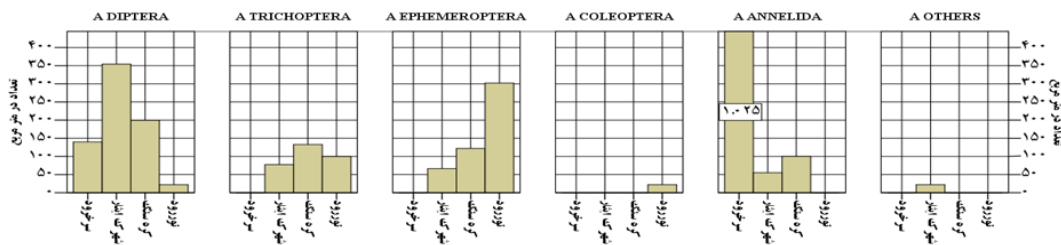
طبق جدول ۲۳- پیوست، آنالیز واریانس داده های نرمال ماه های مختلف اختلافی نشان نداد ($P > 0.05$). طبق جدول ۲۴- پیوست، داده های نرمال شده فصول مختلف فقط توزیع زی توده کل ماکروبتوزها معنی دار بود ($P < 0.05$) و در آزمون دانکن، بهار و تابستان در گروه ۱، فصول پاییز، زمستان و بهار در گروه ۲ قرار دارند. طبق جدول ۲۵- پیوست، آنالیز واریانس داده های نرمال شده نشان میدهد، توزیع تراکم و زی توده کل ماکروبتوزها در ایستگاههای مختلف معنی دار بوده است. آزمون دانکن ایستگاهها را در دو گروه جای داد. از نظر تراکم، ایستگاههای "شهرک ایثار" و نوررود در گروه ۱ و ایستگاه سرخرود در گروه ۲ و ایستگاه "کره سنگ" در هر دو گروه قرار داشتند. از نظر زی توده کل، ایستگاههای "شهرک ایثار" و سرخرود در گروه ۱ و ایستگاههای "کره سنگ" و نوررود در گروه ۲ جای داشتند. به دلیل عدم نرمال تمام داده ها، امکان استفاده آزمون پارامتریک برای همه گروه های ماکروبتوزها مقدور نبود، لذا از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس جهت بررسی اختلاف بین تراکم و زی توده و نیز مجموع ماکروبتوزها در فصول، ماهها و ایستگاه ها طبق جدول ۲۶ پیوست استفاده بعمل آمد. بر اساس آزمون مذکور، در فصول نمونه برداری، فقط توزیع تراکم و زی توده خانواده Poduridae و نیز زی توده کل ماکروبتوزها اختلاف معنی داری داشته اند ($P < 0.05$).

توزیع تراکم و زی توده خانواده های Simuliidae و Tipulidae و زی توده Heptageniidae با فاصله اطمینان ۹۵٪ ($P < 0.05$)، و تراکم و زی توده خانواده های Tabanidae، Hydropsychidae، Baetidae، Naididae، Lumbriculidae و تراکم Heptageniidae و همچنین زی توده و تراکم راسته های EPHEMEROPTERA و TRICHOPTERA و نیز

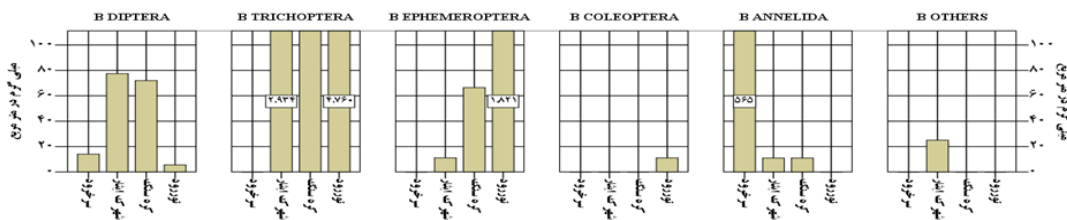
تراکم و زی توده کل ماکروبتوزها با فاصله اطمینان ۹۹٪ ($P < 0.01$)، در ایستگاههای نمونه برداری اختلافی معنی دار داشتند.

فصل پاییز-۱۳۸۸

داده های این فصل که فقط در آذر ماه صورت گرفت. در ایستگاه سرخورد، بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Naididae و Lumbriculidae به ترتیب ۷۰۰ عدد در متر مربع ۴۹۵ میلی گرم در متر مربع بود (شکل های ۳-۳۴ و ۳-۳۵). علاوه بر دو خانواده مذکور، خانواده Chironomidae هم با تراکم ۱۴۰ عدد در متر مربع و زی توده ۱۴ میلی گرم در متر مربع، در این ایستگاه مشاهده شد (جدول ۳-۳۱).



شکل ۳-۳۴- میزان تراکم هر یک از گروههای ماکروبتوز در ایستگاههای سد منگل - آذر - ۱۳۸۸



شکل ۳-۳۵: میزان زی توده هر یک از گروههای ماکروبتوز در ایستگاههای مختلف سد منگل - آذرماه ۱۳۸۸

جدول ۳-۳۱: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل - آذرماه ۱۳۸۸

نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخرود (StB1)			ایستگاه
زی توده (TVi) (ni)	تراکم (n)	زی توده (TVi) (ni)	تراکم (n)	زی توده (TVi) (ni)	تراکم (n)	زی توده (TVi) (ni)	تراکم (n)	زی توده (TVi) (ni)	تراکم (n)	زی توده (TVi) (ni)	تراکم (n)	خانواده
133	6	22	1129	39	188	2059	55	343	840	14	140	CHIRONOMIDAE
0	0	0	66	33	11	0	0	0	0	0	0	SIMULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TIPULIDAE
0	0	0	0	0	0	55	22	11	0	0	0	TABANIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
399	476	100	531	401	133	310	2934	77	0	0	0	HYDROPSYCHIDAE
1455	180	291	609	66	122	332	11	66	0	0	0	BAETIDAE
33	17	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
89	11	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	100	3	11	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	66	22	11	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	797	11	100	443	11	55	5600	70	700	NAIDIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2600	49	325	LUMBRICULIDAE
2108	659	446	3133	416	554	3365	3059	576	9040	57	1165	جمع کل
۴/۷۲			۵/۶۶			۵/۸۵			۷/۷۶			شاخص زیستی هیلسنهوف

(میلیگرم در متر مربع) ***(تعداد در متر مربع)*

در ایستگاه شهرک ایثار، بیشترین تراکم و زی توده متعلق به خانواده های Chironomidae و Hydropsychidae به ترتیب ۳۴۳ عدد در متر مربع و ۲۹۳۴ میلی گرم در متر مربع بود (جدول ۳-۳۱). خانواده Poduridae از راسته COLLEMBOLA در طی دوره نمونه برداری فقط در این ماه و در این ایستگاه دیده شده است. میزان تراکم خانواده های Poduridae و Argyronetidae هر کدام ۱۱ عدد در متر مربع و زی توده آنها به ترتیب ۳ و ۲۲ میلی گرم در متر مربع بود (شکل های ۳-۳۴ و ۳-۳۵). خانواده Argyronetidae از راسته HYDRACARINA در نمونه

تیر نیز مشاهده شد. در ایستگاه شهرک ایثار، خانواده Tabanidae از راسته DIPTERA، خانواده Baetidae از راسته EPHEMEROPTERA و خانواده Naididae از راسته HAPLOTAXIDA با تراکمی بین ۱۱ تا ۶۶ عدد در متر مربع و

زی توده ای بین ۱۱ تا ۲۲ میلی گرم در متر مربع مشاهده شدند (شکل های ۳-۳۴ و ۳-۳۵).

بیشترین تراکم و زی توده در ایستگاه کره سنگ هم نظیر ایستگاه شهرک ایثار متعلق به خانواده

های Chironomidae و Hydropsychidae به ترتیب ۱۸۸ عدد در متر مربع و ۴۰۱۸ میلیگرم در متر مربع بود

(جدول ۳-۳۱). در این ایستگاه، خانواده های Simuliidae از راسته DIPTERA، خانواده Baetidae از راسته

EPHEMEROPTERA و خانواده Naididae از راسته HAPLOTAXIDA با زی توده ای بین ۱۱ تا ۱۳۳ عدد در متر

مربع و زی توده ای بین ۱۱ تا ۶۶ میلی گرم در متر مربع مشاهده شدند (شکل های ۳-۳۴ و ۳-۳۵).

در ایستگاه نور رود، بیشترین تراکم و زی توده متعلق به خانواده های Baetidae و Hydropsychidae به ترتیب ۲۹۱

عدد در متر مربع و ۴۷۶۰ میلی گرم در متر مربع بود (شکل های ۳-۳۴ و ۳-۳۵). در این ایستگاه بر خلاف سایر

ایستگاهها، خانواده Heptageniidae از راسته EPHEMEROPTERA و خانواده Elmidae از راسته COLEOPTERA به

ترتیب با تراکم ۱۱ و ۲۲ عدد در مترمربع و زی توده ۱۷ و ۱۱ میلی گرم در متر مربع وجود داشته اند (جدول ۳-

۳۱). در فصل پاییز، میزان تراکم کل ماکروبتوزها در ایستگاه های سرخورد، شهرک ایثار، کره سنگ و نور رود

به ترتیب ۱۱۶۵، ۵۷۶، ۵۵۴ و ۴۴۶ عدد در متر مربع ثبت شد. بدین ترتیب از مصب به سمت بالا دست رودخانه،

میزان تراکم ماکروبتوزها کاهش یافت. این در حالی بود که روند تغییرات زی توده بر عکس تراکم بود.

بیشترین میزان زی توده در ایستگاه های نور رود، کره سنگ، شهرک ایثار و سرخورد به ترتیب ۶۵۹۸، ۴۱۶۸،

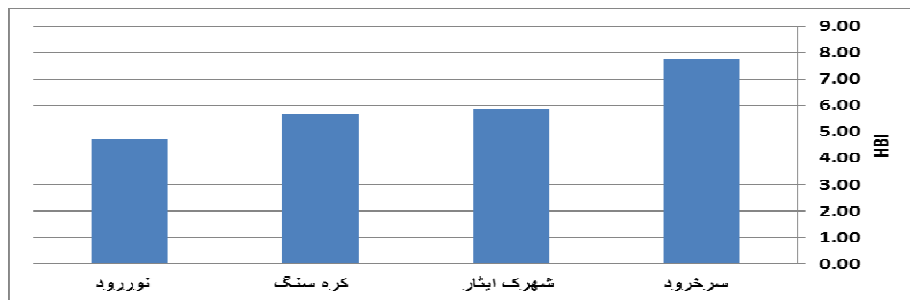
۳۰۵۹ و ۵۷۹ میلی گرم در متر مربع محاسبه شد (جدول ۳-۳۱).

در ایستگاه سرخورد، کرمهای کم تار شامل Naididae و Lumbriculidae هم از نظر تراکم وهم از نظر زی توده

تفوق کامل داشتند. در ایستگاههای شهرک ایثار، کره سنگ و نور رود، زی توده خانواده Hydropsychidae از

راسته TRICHOPTERA بسیار بیشتر از سایر خانواده ها بود. در ایستگاه نور رود، علاوه بر راسته مذکور، راسته EPHEMEROPTERA (به خصوص خانواده Baetidae از این راسته) را به خود اختصاص داده است. تراکم راسته DIPTERA در ایستگاه شهرک ایثار و راسته EPHEMEROPTERA در ایستگاه نور رود، بسیار بیشتر از سایر راسته ها بوده است (شکل های ۳-۳۴ و ۳-۳۵).

با توجه به جدول ارزیابی کیفیت آب با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف (Hilsenhoff, 1988)، در فصل پاییز، ایستگاه سرخرود با HBI برابر ۷/۷۶ در طبقه "بسیار نامطلوب"، ایستگاه شهرک ایثار با HBI برابر ۵/۸۵ در طبقه "نسبتاً نامطلوب"، ایستگاه کره سنگ با HBI برابر ۵/۵۶ در طبقه "متوسط" و ایستگاه نور رود با HBI برابر ۴/۷۳ در طبقه "خوب"، قرار داشتند (شکل ۳-۳۶).



شکل ۳-۳۶: شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاههای نمونه برداری - پاییز ۱۳۸۸

فصل زمستان

در دی ماه، در ایستگاه سرخرود فقط دو خانواده متعلق به کم تاران دیده شد که خانواده Lumbriculidae بیشترین میزان تراکم (۳۸۰ عدد در متر مربع) و زی توده (۸۶۷ میلی گرم در متر مربع) را دارا بود. در ایستگاه شهرک ایثار، خانواده های Naididae و Chironomidae با دارا بودن ۱۵۵ و ۱۲۲ عدد در متر مربع بیشترین تراکم و خانواده های Rhajionidae و Hydropsychidae با دارا بودن ۳۵۴ و ۲۶۶ میلی گرم در متر مربع بیشترین میزان زی

توده را به خود اختصاص دادند. در ایستگاه کره سنگ، بیشترین حجم زی توده Tipulidae بمقدار ۳۸۳۰ میلیگرم در متر مربع بود. در ایستگاه نور رود، خانواده Hydropsychidae با اختصاص ۸۵۹۰ میلی گرم در متر مربع، بیشترین زی توده را به خود اختصاص داد (جدول ۳-۳۲). در دی ماه، میزان تراکم در ایستگاه های کره سنگ و سرخورد بین ۶۶ تا ۴۸۰ عدد در مترمربع و میزان زی توده در ایستگاه های شهرک ایثار و نور رود بین ۸۵۲ تا ۸۶۲۷ میلی گرم در متر مربع متغیر بود.

جدول ۳-۳۲: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل - دی ماه ۱۳۸۸

نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخورد (StB1)			ایستگاه
(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	خانواده
399	3	66	0	0	0	731	44	122	0	0	0	CHIRONOMIDAE
0	0	0	132	51	22	0	0	0	0	0	0	SIMULIDAE
0	0	0	33	3830	11	0	0	0	0	0	0	AE TIPULI
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TABANIDAE
0	0	0	0	0	0	44	354	11	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	851	22	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
487	8590	122	0	0	0	44	266	11	0	0	0	HYDROPSYCHIDAE
55	33	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BAETIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
0	0	0	44	3	11	0	0	0	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	0	0	1240	33	155	797	11	100	NAIDIDAE
0	0	0	0	0	0	354	155	44	3040	867	380	LUMBRICULIDAE
941	8627	199	209	4736	66	2413	852	343	3837	878	480	جمع کل
۴/۷۲			۳/۱۷			۷/۰۳			۸/۰۰			شاخص زیستی هیلسنهوف

(میلیگرم در متر مربع) - ** (تعداد در متر مربع) - *

در بهمن ماه، در ایستگاه سرخورد دو خانواده از کم تاران مشاهده شد و خانواده Lumbriculidae بیشترین میزان

تراکم به تعداد ۲۸۰ عدد در متر مربع و خانواده Naididae بیشترین میزان زی توده بمقدار ۱۴۰ میلیگرم در متر

مربع را دارا بود. در ایستگاه شهرک ایثار، بیشترین تراکم در خانواده های Chironomidae و Baetidae به تعداد ۱۲۲ و ۱۰۰ عدد در متر مربع و بیشترین میزان زی توده در خانواده Hydropsychidae به مقدار ۴۰۸۵ میلی گرم در متر مربع مشاهده شد. در ایستگاه های کره سنگ و نور رود، بیشترین میزان زی توده مربوط به Hydropsychidae به ترتیب ۶۰۶۳ و ۲۵۹۰ میلی گرم در متر مربع بود.

جدول ۳-۳۳: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل - بهمن ماه

۱۳۸۸

نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخرود (StB1)			ایستگاه
(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	خانواده
0	0	0	399	11	66	731	22	122	0	0	0	CHIRONOMIDAE
0	0	0	66	21	11	0	0	0	0	0	0	SIMULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TIPULIDAE
0	0	0	0	0	0	110	33	22	0	0	0	TABANIDAE
44	66	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
177	2590	44	844	6063	211	354	4085	89	0	0	0	HYDROPSYCHIDAE
2934	1262	587	111	3	22	498	166	100	0	0	0	BAETIDAE
33	44	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	177	2	22	0	0	0	840	140	105	NAIDIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2240	35	280	LUMBRICULIDAE
3188	3963	653	1596	6101	333	1693	4306	332	3080	175	385	جمع کل
۴/۸۸			۴/۷۹			۵/۱۰			۸/۰۰			شاخص زیستی هیلسنهوف

(میلیگرم در متر مربع) - (***) (تعداد در متر مربع) - (*)

در ایستگاه نور رود خانواده Baetidae با دارا بودن ۵۸۷ عدد در متر مربع، بیشترین تراکم را به خود اختصاص داد. در این ماه، میزان تراکم در ایستگاههای سرخرود، شهرک ایثار، کره سنگ و نور رود به ترتیب ۳۸۵، ۳۳۲،

۳۳۳ و ۶۵۳ عدد در متر مربع بود. میزان زی توده در این ماه بین ۱۷۵ تا ۶۱۰۱ میلی گرم در متر مربع به ترتیب

در ایستگاههای سرخورد و کره سنگ در نوسان بود (جدول ۳-۳۳)

جدول ۳-۳۴: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل - اسفند ماه

۱۳۸۸

نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخورد (StB1)			ایستگاه
(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	خانواده
531	11	89	996	44	166	0	0	0	420	4	70	CHIRONOMIDAE
0	0	0	66	21	11	0	0	0	0	0	0	SIMULIDAE
33	1096	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TIPULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TABANIDAE
89	111	22	44	33	11	0	0	0	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	664	11	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
177	4395	44	354	5867	89	0	0	0	0	0	0	HYDROPSYCHIDAE
1328	1605	266	221	77	44	0	0	0	0	0	0	BAETIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	0	0	266	3	33	16520	1820	2065	NAIDIDAE
0	0	0	1683	22	210	0	0	0	280	1280	35	LUMBRICULIDAE
2159	7218	432	3365	6729	542	266	3	33	17220	3104	2170	جمع کل
۵/۰۰			۶/۲۰			۸/۰۰			۷/۹۴			شاخص زیستی هیلسنهوف

(میلیگرم در متر مربع) - (***) (تعداد در متر مربع) - (*)

در اسفند ماه، در ایستگاه سرخورد علاوه بر دو خانواده کم تاران، خانواده Chironomidae با تراکم ۷۰ عدد در متر

مربع به وزن ۴ میلی گرم مشاهده شد. بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Naididae و

Lumbriculidae به ترتیب ۲۰۶۵ عدد در متر مربع و ۱۲۸۰ میلیگرم در متر مربع را دارا بود. در ایستگاه شهرک

ایثار، فقط خانواده Naididae با تراکم ۳۳ عدد در متر مربع به وزن ۳ میلی گرم مشاهده شد. خانواده

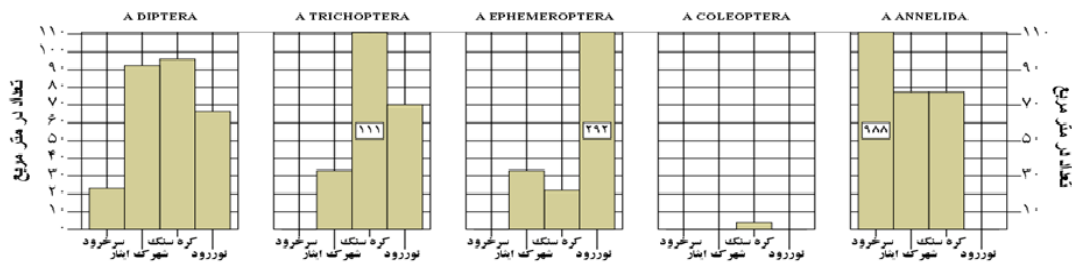
Hydropsychidae دارای بیشترین میزان زی توده در ایستگاههای کره سنگ و نور رود به ترتیب ۵۸۶۷ و ۴۳۹۵

میلیگرم در متر مربع بود. در این دو ایستگاه، خانواده های Rhajionidae و Baetidae نیز با مقادیر متفاوت مشاهده

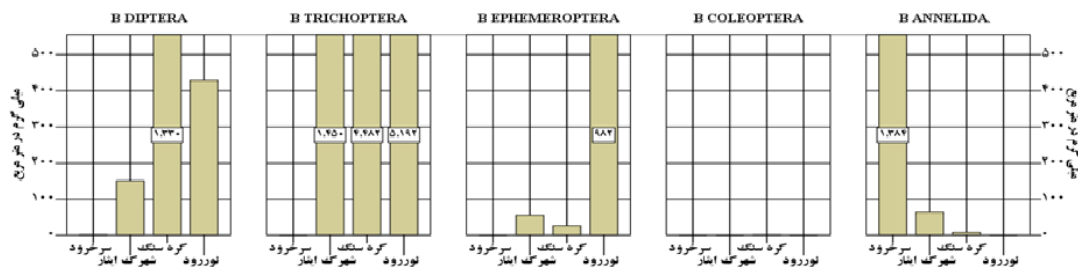
شدند. در اسفند ماه، میزان تراکم بین ۳۳ تا ۲۱۷۰ عدد در مترمربع به ترتیب در ایستگاههای شهرک ایثار و سرخورد متغیر بود. میزان زی توده در این ماه بین ۳ تا ۷۲۱۸ میلی گرم در مترمربع به ترتیب در ایستگاههای شهرک ایثار و نور رود در نوسان بود (جدول ۳-۳۴).

حداکثر میانگین تراکم و زی توده به همراه خطای استاندارد فصل زمستان مربوط به خانواده های Naididae و Lumbriculidae به ترتیب 654 ± 757 عدد در متر مربع و 326 ± 727 میلیگرم در متر مربع در ایستگاه سرخورد مشاهده شدند. در ایستگاه شهرک ایثار، حداکثر میانگین تراکم و زی توده به همراه خطای استاندارد متعلق به خانواده های Chironomidae و Hydropsychidae به ترتیب 41 ± 81 عدد در متر مربع و 1320 ± 1450 میلی گرم در متر مربع بود (جدول ۲۷ پیوست و شکل های ۳-۳۷ و ۳-۳۸). در ایستگاه شهرک ایثار علاوه بر خانواده های مذکور، خانواده های Tabanidae و Rhajionidae از راسته DIPTERA، خانواده Baetidae از راسته EPHEMEROPTERA و خانواده های Naididae و Lumbriculidae از رده CLITELLATA با تراکمی بین ۴ تا ۶۳ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۱۱ تا ۱۱۸ میلی گرم در متر مربع مشاهده شدند (شکل های ۳-۳۷ و ۳-۳۸). در ایستگاه کره سنگ، حداکثر میانگین تراکم و زی توده به همراه خطای استاندارد متعلق به خانواده Hydropsychidae به ترتیب 61 ± 100 عدد در متر مربع و 1989 ± 3977 میلیگرم در متر مربع (جدول ۲۷ پیوست). در این ایستگاه، علاوه بر خانواده مذکور ۴ خانواده از راسته DIPTERA، خانواده Glossomatidae از راسته TRICHOPTERA، خانواده Baetidae از راسته EPHEMEROPTERA و خانواده های Naididae و Lumbriculidae از رده CLITELLATA با تراکمی بین ۴ تا ۷۷ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۱ تا ۱۲۷۷ میلی گرم در متر مربع مشاهده شدند (شکل های ۳-۳۷ و ۳-۳۸). در ایستگاه نور رود، حداکثر میانگین تراکم و زی توده به همراه خطای استاندارد متعلق به خانواده های Tipulidae و Hydropsychidae به ترتیب 365 ± 365 عدد در متر مربع و 1777 ± 5192 میلی گرم در متر مربع بود (جدول ۲۷ پیوست). در این ایستگاه، علاوه بر خانواده های

مذکور ۳ خانواده از راسته DIPTERA و خانواده Heptageniidae از راسته EPHEMEROPTERA با تراکمی بین ۴ و ۵۲ عدد در مترمربع و زی توده ای بین ۵ و ۲۸۸ میلی گرم در متر مربع مشاهده شدند (شکل های ۳-۳۷ و ۳-۳۸).



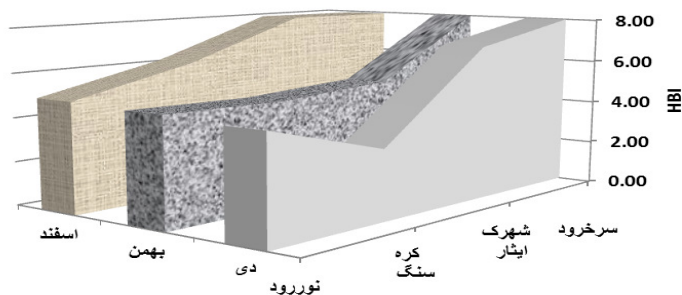
شکل ۳-۳۷: میزان تراکم هر یک از گروههای ماکروبتوز در ایستگاههای مختلف حوزه سد منگل - زمستان ۱۳۸۸



شکل ۳-۳۸: میزان زی توده هر یک از گروههای ماکروبتوز در ایستگاههای مختلف حوزه سد منگل - زمستان ۱۳۸۸

به طور کلی در فصل زمستان، حداکثر و حداقل میانگین تراکم کل ماکروبتوزها به همراه خطای استاندارد در ایستگاه های سرخورد و شهرک ایثار به ترتیب 1012 ± 580 و 102 ± 236 عدد در متر مربع ثبت شد. روند تغییرات میانگین زی توده از بالادست رودخانه به سمت مصب کاهش می یابد. حداکثر و حداقل میانگین تراکم ماکروبتوزها به همراه خطای استاندارد در ایستگاه های نور رود و سرخورد به ترتیب 1381 ± 660.3 و 883 ± 1386 محاسبه شد (جدول ۲۷ پیوست). فصل زمستان همانند فصل پاییز کرمهای کم تار شامل Naididae و Lumbriculidae در ایستگاه سرخورد از نظر تراکم زی توده برتری کامل داشته و در ایستگاه های شهرک ایثار، کره سنگ و نور رود، زی توده خانواده Hydropsychidae از راسته TRICHOPTERA بسیار بیشتر از سایر خانواده

ها بود. در ایستگاه نور رود، میانگین تراکم راسته EPHEMEROPTERA (بویژه خانواده Baetidae). تراکم راسته DIPTERA و نیز کم تاران در ایستگاه شهرک ایثار، بسیار بیشتر از سایر راسته ها بوده است (شکل های ۳-۳۷ و ۳-۳۸).



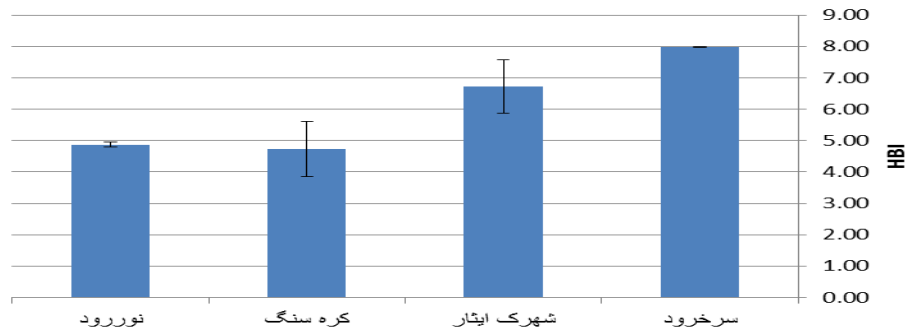
شکل ۳-۳۹: شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاههای نمونه برداری در دی، بهمن و اسفند

۱۳۸۸

شاخص زیستی هیلسنهوف (HBI) در ایستگاه سرخورد در همه ماههای فصل زمستان حدود ۸ بوده و لذا از نظر کیفیت آب در طبقه "بسیار نامطلوب" قرار داشت. ایستگاه شهرک ایثار در اسفند ماه در طبقه کیفی مذکور قرار داشت ولی در دی ماه در طبقه "نامطلوب" و در بهمن ماه در طبقه "متوسط" جای داشته است. ایستگاه کره سنگ در دی ماه در بهترین وضعیت و در طبقه "عالی" قرار داشت ولی در ماههای بهمن و اسفند کیفیت آب آن کاهش یافت و به ترتیب در طبقات "خوب" و "نسبتا نامطلوب" جای گرفت. ایستگاه نور رود در هر سه ماه در طبقه کیفی "خوب" قرار داشت (شکل ۳-۳۹).

در فصل زمستان، میانگین شاخص زیستی هیلسنهوف به همراه خطای استاندارد برابر $0.02 \pm 7/98$ در ایستگاه سرخورد می باشد. لذا در طبقه بسیار نامطلوب به معنی احتمال آلودگی شدید به مواد آلی قرار دارد. میانگین HBI به همراه خطای استاندارد برابر $0.85 \pm 6/71$ ایستگاه شهرک ایثار در طبقه "نامطلوب" با مفهوم "احتمال آلودگی خیلی زیاد به مواد آلی" قرار گرفت. میانگین HBI به همراه خطای استاندارد برابر 0.88

$\pm 4/72$ ایستگاه کره سنگ در طبقه کیفی "خوب" به معنی "احتمال آلودگی کم به مواد آلی"، قرار دارد. میانگین HBI به همراه خطای استاندارد برابر $\pm 0/08$ $4/87$ ایستگاه نور رود در طبقه "خوب" با مفهوم "احتمال آلودگی کم به مواد آلی" قرار گرفت جای داشت (شکل ۳-۴۰).



شکل ۳-۴۰: میانگین شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاههای نمونه برداری - زمستان ۱۳۸۸

فصل بهار

در ایستگاه سرخرود اثری از کم تاران در فروردین مشاهده نشد و فقط خانواده Chironomidae با تراکم ۳۵ عدد در متر مربع به وزن ۴ میلی گرم و خانواده Hydropsychidae با تراکم ۱۱ عدد در متر مربع به وزن ۷۰۵ میلی گرم مشاهده شد. در ایستگاه شهرک ایثار، بیشترین تراکم و زی توده مربوط به خانواده Hydropsychidae به ترتیب ۳۳ عدد در متر مربع و ۲۰۰۷ میلی گرم در متر مربع بود. خانواده های Chironomidae، Rhajionidae و Baetidae با تراکمی بین ۱۱ تا ۲۲ عدد در مترمربع و با دارا بودن زی توده ای بین ۱ تا ۴۴ میلی گرم در متر مربع نیز مشاهده گردید. در ایستگاه کره سنگ، بیشترین تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Baetidae و Hydropsychidae به ترتیب ۱۱۱ عدد در متر مربع و ۳۱۰۲ میلی گرم در متر مربع بود. در ایستگاه کره سنگ، خانواده Heptageniidae با تراکم ۳۵ عدد در متر مربع به وزن ۴ میلی گرم مشاهده گردید.

جدول ۳-۳۵: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل-فروردین ۱۳۸۹

نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخرود (StB1)			ایستگاه
(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	خانواده
531	22	89	598	22	100	133	1	22	210	4	35	CHIRONOMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	SIMULIDAE
66	1505	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TIPULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TABANIDAE
0	0	0	0	0	0	44	28	11	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
133	2204	33	310	3102	77	133	2007	33	44	705	11	HYDROPSYCHIDAE
55	6	11	554	55	111	55	44	11	0	0	0	BAETIDAE
0	0	0	133	11	44	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
88	9	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NAIDIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LUMBRICULIDAE
874	3746	177	1594	3191	332	365	2080	77	254	709	46	جمع کل
۴/۹۴			۴/۸۰			۴/۷۱			۵/۵۲			شاخص زیستی هیلسنهوف

(میلیگرم در متر مربع) - (***) (تعداد در متر مربع) - (*)

در ایستگاه نور رود، بیشترین تراکم و زی توده مربوط به خانواده Hydropsychidae به ترتیب ۲۲ عدد در مترمربع و ۲۲۰۴ میلی گرم در متر مربع بود. بنابراین، در اولین ماه بهار میزان تراکم بین ۴۶ تا ۳۳۲ عدد در مترمربع در ایستگاههای سرخرود و کره سنگ و نیز میزان زی توده بین ۷۰۹ تا ۳۷۴۶ میلی گرم در متر مربع در ایستگاههای سرخرود و نور رود در نوسان بود (جدول ۳-۳۵).

جدول ۳-۳۶: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل - اردیبهشت ۱۳۸۹

نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخرود (StB1)			ایستگاه
(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	خانواده
0	0	0	465	22	77	133	1	22	3150	280	525	CHIRONOMIDAE
0	0	0	198	51	33	0	0	0	0	0	0	SIMULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TIPULIDAE
0	0	0	0	0	0	165	53	33	0	0	0	TABANIDAE
0	0	0	44	26	11	0	0	0	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
89	1406	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HYDROPSYCHIDAE
664	39	133	720	33	144	55	6	11	0	0	0	BAETIDAE
166	22	55	365	44	122	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
0	0	0	0	0	0	44	5	11	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	443	11	55	0	0	0	11200	210	1400	NAIDIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3920	105	490	LUMBRICULIDAE
919	1467	210	2235	188	443	397	65	77	18270	595	2415	جمع کل
۴/۲۷			۵/۰۵			۵/۱۴			۷/۵۷			شاخص زیستی هیلسنهوف

(میلیگرم در متر مربع) - (***) (تعداد در متر مربع) - (*)

در ایستگاه سرخرود دو خانواده از کم تاران در اردیبهشت مشاهده گردید. بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Chironomidae و Naididae به ترتیب ۱۴۰۰ عدد در متر مربع و ۲۸۰ میلی گرم در متر مربع بود. در ایستگاه شهرک ایثار، بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده Tabanidae به تعداد ۳۳ عدد در متر مربع و به وزن ۵۳ میلی گرم در مترمربع بود. خانواده های Chironomidae، Baetidae و Elmidae نیز با تراکمی بین ۱۱ تا ۲۲ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۱ تا ۶ میلی گرم در متر مربع در ایستگاه شهرک ایثار مشاهده گردیدند. در ایستگاه کره سنگ، بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Baetidae و

Simulidae به ترتیب ۱۴۴ عدد در متر مربع و ۵۱ میلی گرم در متر مربع بود. در این ایستگاه خانواده Heptageniidae با تراکم ۱۲۲ عدد در متر مربع به وزن ۴۴ میلی گرم مشاهده شد.

در ایستگاه نوررود، بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Baetidae و Hydropsychidae به ترتیب ۱۳۳ عدد در متر مربع و ۱۴۰۶ میلیگرم در متر مربع بود. در این ایستگاه هم خانواده Heptageniidae با تراکم ۵۵ عدد در متر مربع به وزن ۲۲ میلی گرم مشاهده شد. بنابراین، در دومین ماه بهار میزان تراکم بین ۷۷ تا ۲۴۱۵ عدد در مترمربع در ایستگاههای شهرک ایثار و سرخرود و نیز میزان زی توده بین ۶۵ تا ۱۴۶۷ میلی گرم در متر مربع در ایستگاه های شهرک ایثار و نور رود در نوسان بود (جدول ۳-۳۶).

در سومین ماه بهار، میزان تراکم خانواده های Chironomidae و Naididae به ترتیب ۱۷۵ و ۵۹۵ عدد در متر مربع و نیز زی توده آنها به ترتیب ۳۵ و ۱۴۰ میلی گرم در مترمربع در ایستگاه سرخرود مشاهده شد. در ایستگاه شهرک ایثار، بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده Naididae به تعداد ۲۴۴ عدد در متر مربع و به وزن ۴۴ میلی گرم در متر مربع بود. در این ایستگاه خانواده Lumbriculidae نیز مشاهده شد. در ایستگاه کره سنگ، بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Baetidae و Hydropsychidae به ترتیب ۱۰۰ عدد در متر مربع و ۹۳۰ میلیگرم در متر مربع بود. در این ایستگاه ۳ خانواده از راسته DIPTERA و نیز خانواده Heptageniidae نیز مشاهده شده اند.

جدول ۳-۳۷: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل-خرداد
۱۳۸۹

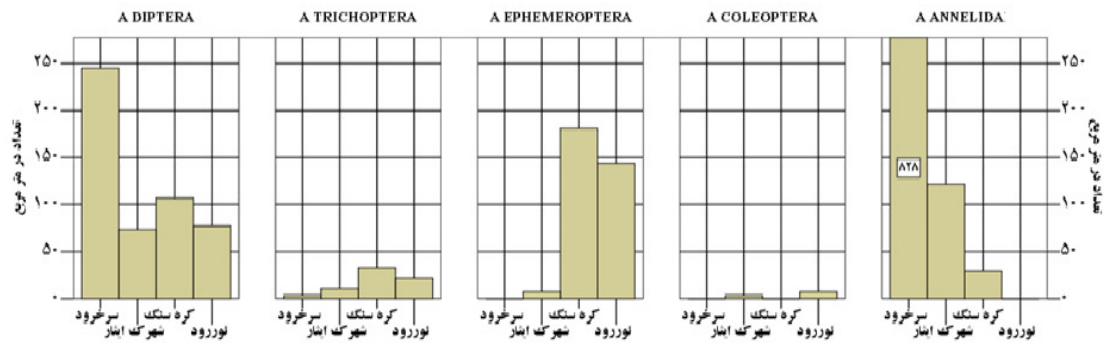
نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخرود (StB1)			ایستگاه
(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	خانواده
664	22	111	399	11	66	797	33	133	1050	35	175	CHIRONOMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	SIMULIDAE
33	954	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TIPULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TABANIDAE
0	0	0	88	33	22	0	0	0	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	0	0	0	17	11	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
44	774	11	89	930	22	0	0	0	0	0	0	HYDROPSYCHIDAE
1162	55	232	498	20	100	0	0	0	0	0	0	BAETIDAE
0	0	0	66	143	22	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	266	2	33	1948	44	244	4760	140	595	NAIDIDAE
0	0	0	0	0	0	974	22	122	0	0	0	LUMBRICULIDAE
1904	1805	365	1405	1156	277	3720	100	498	5810	175	770	جمع کل
۵/۲۱			۵/۰۸			۷/۴۷			۷/۵۵			شاخص زیستی هیلسنهوف

(میلیگرم در متر مربع) - (***) (تعداد در متر مربع) - (*)

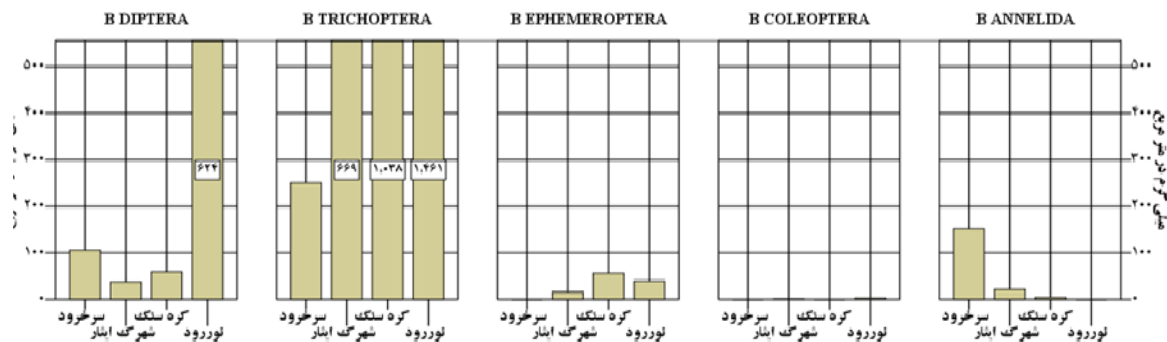
در ایستگاه نور رود، بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Baetidae و Tipulidae به ترتیب ۲۳۲ عدد در متر مربع و ۹۵۴ میلیگرم در متر مربع مشاهده شد (جدول ۳-۳۷). بنابراین، در سومین ماه بهار میزان تراکم بین ۲۷۷ تا ۷۷۰ عدد در مترمربع در ایستگاه های کره سنگ و سرخرود و نیز میزان زی توده بین ۱۷۵ تا ۱۸۰۵ میلی گرم در مترمربع در ایستگاه های سرخرود و نور رود در نوسان بود. حداکثر میانگین تراکم و زی توده فصل بهار به همراه خطای استاندارد مربوط به خانواده های Naididae و Hydropsychidae به ترتیب 406 ± 665 عدد در متر مربع و 250 ± 250 میلیگرم در متر مربع در ایستگاه سرخرود مشاهده شد (جدول ۲۸ پیوست و شکل های ۳-۴۱ و ۴۲). در ایستگاه شهرک ایثار، بیشترین تراکم و زی توده میانگین به همراه خطای استاندارد مربوط به خانواده های Naididae و Hydropsychidae به ترتیب 81 ± 81 عدد در متر مربع و 669 ± 669 میلیگرم در متر

مربع بود. در این ایستگاه علاوه بر خانواده های مذکور، ۳ خانواده از راسته DIPTERA، خانواده Baetidae از راسته EPHEMEROPTERA، خانواده Elmidae از راسته COLEOPTERA و خانواده های Naididae و Lumbriculidae از رده CLITELLATA با تراکمی بین ۴ تا ۵۹ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۲ تا ۱۸ میلی گرم در متر مربع مشاهده شد (شکل های ۳-۴۱ و ۴۲). در ایستگاه کره سنگ، بیشترین تراکم و زی توده میانگین به همراه خطای استاندارد مربوط به خانواده های Baetidae و Hydropsychidae به ترتیب 13 ± 118 عدد در متر مربع و 1032 ± 1038 میلی گرم در متر مربع بود. در این ایستگاه علاوه بر خانواده های مذکور، ۴ خانواده از راسته DIPTERA، خانواده Heptageniidae از راسته EPHEMEROPTERA و خانواده Naididae از رده CLITELLATA با تراکمی بین ۴ تا ۸۱ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۴ تا ۳۶ میلی گرم در متر مربع مشاهده شدند (شکل های ۳-۴۱ و ۴۲). در ایستگاه نور رود، بیشترین تراکم و زی توده میانگین به همراه خطای استاندارد متعلق به خانواده های Baetidae و Hydropsychidae به ترتیب 64 ± 125 عدد در متر مربع و 414 ± 1461 میلیگرم در متر مربع بود. در این ایستگاه علاوه بر خانواده های مذکور، ۲ خانواده از راسته DIPTERA، خانواده Heptageniidae از راسته EPHEMEROPTERA و خانواده Elmidae از راسته COLEOPTERA با تراکمی بین ۷ و ۶۶ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۳ و ۸۲۰ میلی گرم در متر مربع مشاهده شد (شکل های ۳-۴۱ و ۴۲). بنابراین، حداکثر و حداقل میانگین تراکم کل ماکروبتوزها به همراه خطای استاندارد در ایستگاه های سرخرود شهرک ایثار به ترتیب 701 ± 1077 و 140 ± 218 عدد در متر مربع در فصل بهار ثبت شد. تغییرات بهاری میانگین زی توده از بالادست رودخانه به سمت مصب روند کاهشی را نشان میدهد. در این فصل، حداکثر و حداقل میانگین زی توده کل ماکروبتوزها به همراه خطای استاندارد در ایستگاه نور رود و سرخرود به ترتیب 710 ± 2339 و 162 ± 493 میلی گرم در متر مربع مشاهده شد (جدول ۲۸ پیوست). در این فصل، در ایستگاه سرخرود و شهرک ایثار، کرمهای کم تار که بیشتر شامل Naididae و نیز خانواده Chironomidae (از راسته DIPTERA) از نظر تراکم، برتری

کامل داشته و در ایستگاههای کره سنگ و نور رود، تراکم راسته های DIPTERA و EPHEMEROPTERA بیش از سایر راسته ها بود. از نظر زی توده، خانواده Hydropsychidae از راسته TRICHOPTERA در همه ایستگاهها بخصوص در شهرک ایثار و کره سنگ بسیار بیشتر از سایر خانواده ها بود. در ایستگاه سرخورد، زی توده کرمهای کم تار و نیز راسته DIPTERA و در ایستگاه نور رود، زی توده راسته DIPTERA. نیز قابل توجه بوده است.



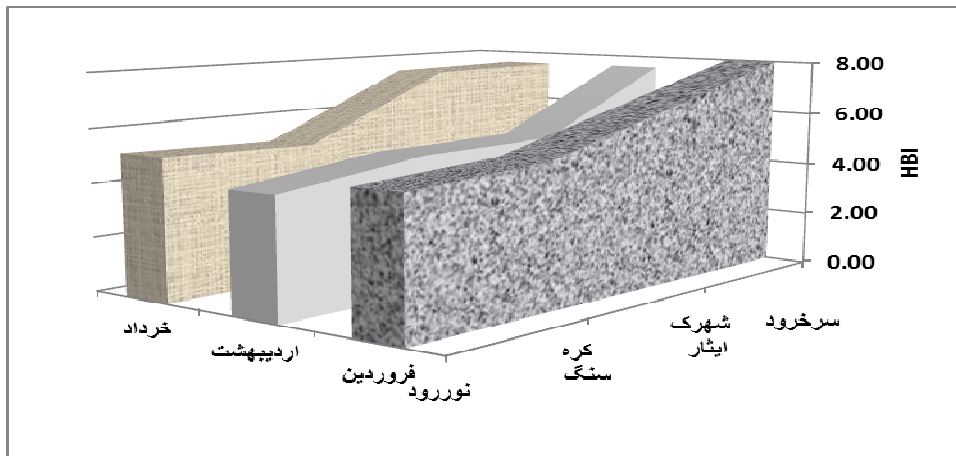
شکل ۳-۴۱: میزان تراکم هر یک از گروههای ماکروبتوز در ایستگاههای مختلف حوزه سد منگل - بهار ۱۳۸۹



شکل ۳-۴۲: میزان زی توده هر یک از گروههای ماکروبتوز در ایستگاههای مختلف حوزه سد منگل - بهار ۱۳۸۹

در فصل بهار، شاخص زیستی هیلسنهوف (HBI) در ایستگاه سرخورد در سه ماه بهار بالاتر از ۷/۲۶ بوده و لذا کیفیت آب در طبقه "بسیار نامطلوب" ارزیابی گردید. ایستگاه شهرک ایثار در ماه های خرداد، فروردین و

اردیبهشت به ترتیب در طبقه های "بسیار نامطلوب"، "نامطلوب" و "متوسط" ارزیابی گردید. ایستگاه کره سنگ در هر سه ماه فصل بهار در طبقه "متوسط" قرار داشت. ایستگاه نور رود در ماههای فروردین و اردیبهشت در طبقه کیفی "خوب" و در خرداد ماه در طبقه "متوسط" جای داشت (شکل ۳-۴۳).

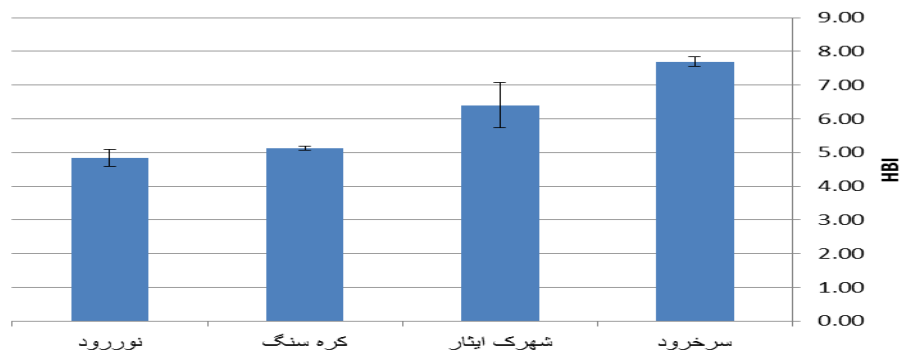


شکل ۳-۴۳: شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاههای نمونه برداری در فروردین، اردیبهشت و خرداد

۱۳۸۹

در فصل بهار، میانگین شاخص زیستی هیلسنهوف به همراه خطای استاندارد در ایستگاه سرخورد برابر ± 0.14 و $7/69$ بود و لذا در طبقه کیفی "بسیار نامطلوب" به معنی "احتمال آلودگی آلی شدید" ارزیابی گردید. در ایستگاه شهرک ایثار، میانگین HBI به همراه خطای استاندارد در حد ± 0.68 و $6/40$ بود که در طبقه "نسبتا نامطلوب" با مفهوم "احتمال آلودگی زیاد به مواد آلی" ثبت گردید. در ایستگاه کره سنگ، میزان میانگین شاخص زیستی به همراه خطای استاندارد برابر ± 0.06 و $5/12$ بود و لذا در طبقه کیفی "متوسط" به معنی "احتمال آلودگی متوسط به مواد آلی" ارزش گزاری شد. ایستگاه نور رود هم با میانگین HBI به همراه خطای استاندارد برابر ± 0.08 و $4/87$ در طبقه "خوب" با مفهوم "احتمال آلودگی کم به مواد آلی" ارزیابی شد (شکل

۳-۴۴).



شکل ۳-۴۴: میانگین شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاههای نمونه برداری - بهار ۱۳۸۹

فصل تابستان

در اولین ماه تابستان، بیشترین تراکم و زی توده خانواده Naididae به تعداد ۱۰۸۵ عدد در متر مربع و به وزن ۱۷۵ میلی گرم در مترمربع و خانواده های Chironomidae، Baetidae و Lumbriculidae با تراکمی بین ۱۰۵ تا ۳۸۵ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۳۵ تا ۱۴۰ میلی گرم در متر مربع در ایستگاه سرخرود مشاهده شد. در ایستگاه شهرک ایثار، بیشترین تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Naididae و Lumbriculidae به ترتیب ۱۶۶ عدد در متر مربع و ۷۷ میلی گرم در مترمربع بود. خانواده های Chironomidae، Simulidae، Tabanidae و Baetidae با تراکمی بین ۱۱ تا ۱۰۰ عدد در مترمربع و نیز زی توده ای بین ۶ تا ۴۵ میلیگرم در متر مربع مشاهده شدند.

جدول ۳-۳۸: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل-تیر ۱۳۸۹

نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخرود (StB1)			ایستگاه
(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	خانواده
332	11	55	531	33	89	332	11	55	2310	70	385	CHIRONOMIDAE
0	0	0	0	0	0	132	42	22	0	0	0	SIMULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TIPULIDAE
0	0	0	0	0	0	110	45	22	0	0	0	TABANIDAE
132	47	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
0	0	0	1196	2044	299	0	0	0	0	0	0	HYDROPSYCHIDAE
1218	660	244	387	44	77	498	22	100	525	35	105	BAETIDAE
0	0	0	100	11	33	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
44	7	11	0	0	0	88	12	22	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	66	6	11	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	0	0	1328	33	166	8680	175	1085	NAIDIDAE
0	0	0	0	0	0	177	77	22	1680	140	210	LUMBRICULIDAE
1726	725	343	2214	2133	498	2732	248	420	13195	420	1785	جمع کل
5.03			4.44			6.50			7.39			شاخص زیستی هیلسنهوف

(میلیگرم در متر مربع) - (***) (تعداد در متر مربع) - (*)

در ایستگاه کره سنگ، بیشترین تراکم و زی توده خانواده Hydropsychidae به تعداد ۲۹۹ عدد در متر مربع و ۲۰۴۴ میلی گرم در متر مربع بود. در این ایستگاه خانواده Heptageniidae با تراکم ۳۳ عدد در متر مربع به وزن ۱۱ میلی گرم نیز گزارش گردید. در ایستگاه نور رود، بیشترین تراکم و زی توده خانواده Baetidae به تعداد ۲۴۴ عدد در مترمربع و به وزن ۶۶۰ میلی گرم در متر مربع بود. بنابراین، در اولین ماه تابستان میزان تراکم بین ۳۴۳ تا ۱۷۸۵ عدد در مترمربع در ایستگاه های نور رود و سرخرود و نیز میزان زی توده بین ۲۴۸ تا ۲۱۳۳ میلی گرم در متر مربع در ایستگاه های شهرک ایثار و کره سنگ در نوسان بود (جدول ۳-۳۸).

در دومین ماه تابستان، دو خانواده از کم تاران مشاهده و نیز بیشترین میزان تراکم و زی توده خانواده Naididae به تعداد ۷۰۰ عدد در متر مربع و ۱۷۵ میلی گرم در متر مربع در ایستگاه سرخرود مشاهده شد. در ایستگاه شهرک ایثار، فقط خانواده Lumbriculidae با تراکم ۱۱ عدد در متر مربع به وزن ۳۳ میلی گرم بود. در ایستگاه کره سنگ، بیشترین میزان تراکم و زی توده مربوط به خانواده های Baetidae و Hydropsychidae به ترتیب ۲۳۲ عدد در متر مربع و ۱۱۸۹ میلی گرم در متر مربع مشاهده گردید. در این ایستگاه خانواده های Baetidae، Heptageniidae و Chironomidae با تراکمی بین ۴۴ تا ۱۵۵ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۲۲ تا ۵۵ میلی گرم در متر مربع نیز ثبت گردید. در ایستگاه نور رود، بیشترین تراکم و زی توده خانواده های Blepharoceridae و Heptageniidae به ترتیب ۱۲۲ عدد در متر مربع و ۱۲۰ میلی گرم در متر مربع بود. در این ایستگاه خانواده Chironomidae نیز با تراکم ۵۵ عدد در متر مربع به وزن ۱۱ میلی گرم گزارش گردید. بنابراین، در دومی ماه تابستان میزان تراکم بین ۱۱ تا ۸۰۵ عدد در متر مربع در ایستگاه های شهرک ایثار و سرخرود و نیز میزان زی توده بین ۳۳ تا ۱۳۰۰ میلی گرم در متر مربع در ایستگاه های شهرک ایثار و کره سنگ در نوسان بود (جدول ۳-۳۹).

جدول ۳-۳۹: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل - مرداد ۱۳۸۹

نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخرود (StB1)			ایستگاه
(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	خانواده
332	11	55	930	33	155	0	0	0	0	0	0	CHIRONOMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	SIMULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TIPULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TABANIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	50	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
0	0	0	664	1189	166	0	0	0	0	0	0	HYDROPSYCHIDAE
0	0	0	1162	55	232	0	0	0	0	0	0	BAETIDAE
100	120	33	133	22	44	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	5600	175	700	NAIDIDAE
0	0	0	0	0	0	89	33	11	840	42	105	LUMBRICULIDAE
432	181	210	2889	1300	598	89	33	11	6440	217	805	جمع کل
2.05			4.83			8.00			8.00			شاخص زیستی هیلسنهوف

(میلیگرم در متر مربع) - (***) (تعداد در متر مربع) - (*)

در سومین ماه تابستان، بیشترین میزان تراکم و زی توده خانواده Naididae به تعداد ۱۰۱۵ عدد در متر مربع و ۱۷۵ میلی گرم در متر مربع بود. خانواده های Chironomidae و Lumbriculidae به ترتیب با تراکم ۴۲۰ و ۳۱۵ عدد در متر مربع و زی توده آنها به ترتیب ۱۰۵ و ۱۴۰ میلی گرم در متر مربع در ایستگاه سرخرود مشاهده گردید. در ایستگاه شهرک ایثار فقط خانواده Rhajionidae با تراکم ۱۱ عدد در متر مربع و با زی توده ۲۲ میلی گرم در متر مربع و خانواده Elmidae با تراکم ۱۱ عدد در متر مربع و با زی توده ۶ میلی گرم در متر مربع گزارش گردید. در ایستگاه کره سنگ، بیشترین میزان تراکم و زی توده خانواده Hydropsychidae به تعداد ۳۶۵ عدد در متر مربع و

۱۸۸۰ میلی گرم در متر مربع مشاهده شد. در این ایستگاه، خانواده های Chironomidae و Baetidae به ترتیب با تراکم ۷۷ و ۱۵۵ عدد در متر مربع و بازی توده ۲۲ و ۴۴ میلی گرم در متر مربع ثبت شد. در ایستگاه نور رود، بیشترین میزان تراکم و زی توده خانواده های Hydropsychidae و Tipulidae به ترتیب ۱۰۰ عدد در متر مربع و ۱۰۲۲ میلی گرم در متر مربع مشاهده شد. بنابراین، در دومین ماه تابستان میزان تراکم بین ۲۲ تا ۱۷۵۰ عدد در مترمربع در ایستگاه های شهرک ایثار و سرخرود و نیز میزان زی توده بین ۲۸ تا ۱۹۴۶ میلی گرم در مترمربع در ایستگاه های شهرک ایثار و کره سنگ در نوسان بود (جدول ۳-۴۰).

در فصل تابستان، حداکثر میانگین تراکم و زی توده به همراه خطای استاندارد خانواده Naididae به ترتیب $118 \pm$ و 933 عدد در متر مربع و 25 ± 175 میلی گرم در متر مربع در ایستگاه سرخرود مشاهده گردید (جدول ۲۹ پیوست و شکل های ۳-۴۵ و ۴۶). در ایستگاه شهرک ایثار، حداکثر میانگین تراکم و زی توده به همراه خطای استاندارد متعلق به خانواده های Naididae و Lumbriculidae به ترتیب 53 ± 55 عدد در متر مربع و 22 ± 37 میلیگرم در متر مربع بود. در ایستگاه شهرک ایثار علاوه بر خانواده های مذکور، ۵ خانواده از راسته DIPTERA، خانواده Baetidae از راسته EPHEMEROPTERA و خانواده Elmidae از راسته COLEOPTERA با تراکمی بین ۴ تا ۳۳ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۲ تا ۱۵ میلی گرم در متر مربع مشاهده شد.

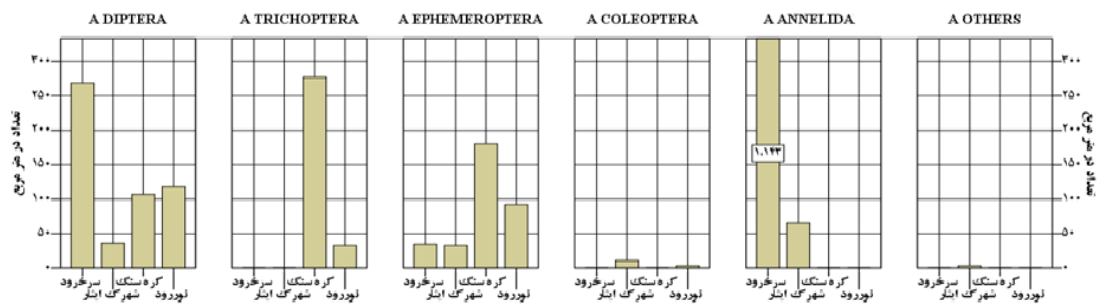
جدول ۳-۴۰: میزان تراکم (*) و زی توده (***) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای سد منگل - شهرپور
۱۳۸۹

نور رود (StB4)			کره سنگ (StB3)			شهرک ایثار آمل (StB2)			سرخورد (StB1)			ایستگاه
(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	(TVi) (ni)	زی توده	تراکم (n)	خانواده
465	19	77	465	22	77	0	0	0	2520	105	420	CHIRONOMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	SIMULIDAE
33	1022	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TIPULIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TABANIDAE
0	0	0	0	0	0	44	22	11	0	0	0	RHAJIONIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	GLOSSOSOMATIDAE
399	722	100	1461	1880	365	0	0	0	0	0	0	HYDROPSYCHIDAE
0	0	0	775	44	155	0	0	0	0	0	0	BAETIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEPTAGENIIDAE
0	0	0	0	0	0	44	6	11	0	0	0	ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	8120	175	1015	NAIDIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2520	140	315	LUMBRICULIDAE
897	1763	188	2701	1946	598	89	28	22	13160	420	1750	جمع کل
4.76			4.52			4.00			7.52			شاخص زیستی هیلسنهوف

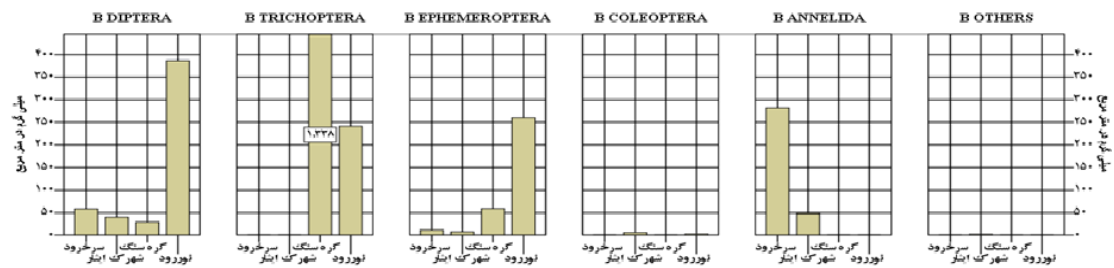
(میلیگرم در متر مربع) - (***) (تعداد در متر مربع) - (*)

در ایستگاه کره سنگ، حداکثر میانگین تراکم و زی توده به همراه خطای استاندارد متعلق به خانواده Hydropsychidae به ترتیب 277 ± 59 عدد در متر مربع و 262 ± 170.4 میلی گرم در متر مربع بود. در ایستگاه کره سنگ علاوه بر خانواده مذکور، خانواده Chironomidae از راسته DIPTERA و خانواده های Baetidae و Heptageniidae از راسته EPHEMEROPTERA با تراکمی بین ۲۶ تا ۱۵۵ عدد در متر مربع و زی توده ای بین ۱۱ تا ۴۸ میلی گرم در متر مربع مشاهده شد (جدول ۲۹ پیوست و شکل های ۳-۴۵ و ۴۶). در ایستگاه نور رود، حداکثر میانگین تراکم و زی توده به همراه خطای استاندارد متعلق به خانواده های Baetidae و Tipulidae به ترتیب 81 ± 70 عدد در متر مربع و 341 ± 301 میلی گرم در متر مربع بود. در ایستگاه نور رود علاوه بر خانواده های

مذکور، ۳ خانواده از راسته DIPTERA، خانواده Hydropsychidae از راسته TRICHOPTERA خانواده Heptageniidae از راسته EPHEMEROPTERA و خانواده Elmidae از راسته COLEOPTERA با تراکمی بین ۴ و ۶۳ عدد در مترمربع و زی توده ای بین ۲ و ۲۴۱ میلی گرم در متر مربع مشاهده شد (شکل های ۳-۴۵ و ۴۶). در این فصل، حداکثر و حداقل میانگین تراکم کل ماکروبتوزها به همراه خطای استاندارد به ترتیب 1447 ± 321 عدد در متر مربع و 151 ± 135 عدد در متر مربع در ایستگاه های سرخورد و شهرک اینار مشاهده شد. حداکثر و حداقل میانگین زی توده کل ماکروبتوزها به همراه خطای استاندارد به ترتیب 1793 ± 252 میلی گرم در متر مربع و 103 ± 73 میلی گرم در متر مربع در ایستگاه های کره سنگ و شهرک اینار ثبت شد (جدول ۲۹ پیوست).

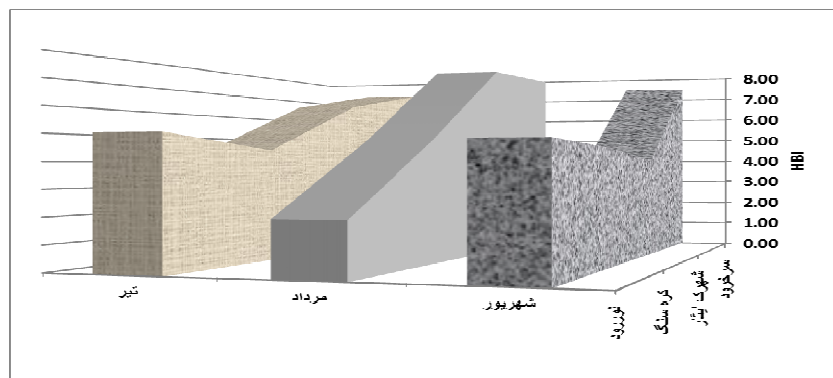


شکل ۳-۴۵: میزان تراکم هر یک از گروههای ماکروبتوز در ایستگاههای مختلف حوزه سد منگل - تابستان ۱۳۸۹



شکل ۳-۴۶: میزان زی توده هر یک از گروههای ماکروبتوز در ایستگاههای مختلف حوزه سد منگل - تابستان ۱۳۸۹

در فصل تابستان، میانگین شاخص زیستی هیلسنهوف به همراه خطای استاندارد در ایستگاه سرخرود در همه ماه ها بالاتر از ۷/۲۶ بوده و لذا کیفیت آب در طبقه "بسیار نامطلوب" ارزیابی گردید. ایستگاه شهرک ایثار در طول تابستان دارای نوسانات کیفی زیادی بوده بطوری که در تیر ماه در طبقه "نسبتا نامطلوب" ، در مرداد ماه در طبقه "بسیار نامطلوب" و در شهریور ماه در طبقه "بسیار خوب" مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۳-۴۷). در سه ماه فصل تابستان، آب ایستگاه کره سنگ در طبقه "خوب" ارزیابی و نیز کیفیت آب ایستگاه نور رود در طول فصل دارای تغییرات کیفی زیادی بوده و این حالت در تیر ماه در طبقه "متوسط" ، مرداد ماه در طبقه "عالی" و در شهریور ماه در طبقه "خوب" ارزیابی گردید.

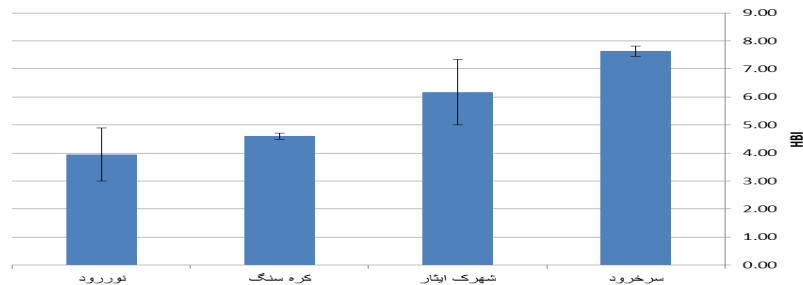


شکل ۳-۴۷: شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاههای نمونه برداری در تیر، مرداد و شهریور

۱۳۸۹

در فصل تابستان، میانگین شاخص زیستی هیلسنهوف به همراه خطای استاندارد در ایستگاه سرخرود برابر $\pm 0/19$ بود و لذا در طبقه کیفی "بسیار نامطلوب" به معنی "احتمال آلودگی آلی شدید" ارزیابی گردید. در ایستگاه شهرک ایثار، میانگین HBI به همراه خطای استاندارد در حد $\pm 1/17$ بود که در طبقه "نسبتا نامطلوب" با مفهوم "احتمال آلودگی زیاد به مواد آلی" ثبت گردید. در ایستگاه کره سنگ، میزان میانگین شاخص زیستی به همراه خطای استاندارد برابر $\pm 0/12$ بود و لذا در طبقه کیفی "خوب" به معنی "احتمال

آلودگی کم به مواد آلی" ارزش گزارى شد. ایستگاه نور رود هم با میانگین HBI به همراه خطای استاندارد برابر 0.8 ± 4.87 در طبقه "خوب" با مفهوم "احتمال آلودگی کم به مواد آلی" ارزیابی شد (شکل ۳-۴۸).



شکل ۳-۴۸: میانگین شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاههای نمونه برداری - تابستان

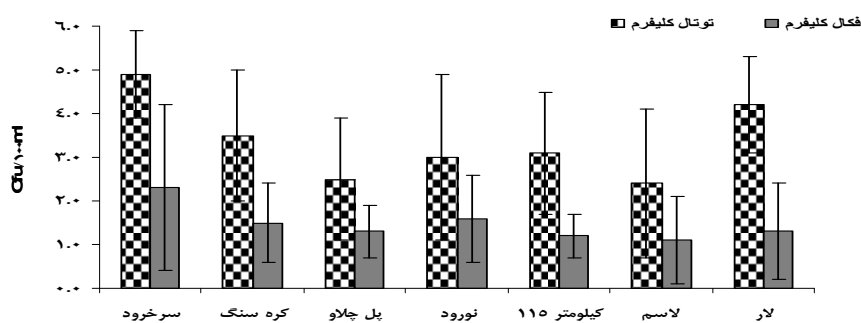
۱۳۸۹

۳-۶-۳- آلودگی میکروبی

۳-۶-۱- آبهای سطحی

میانگین لگاریتم سالانه توتال و فکال کلیفرم در ایستگاه های لاسم و سرخورد به ترتیب بمقدار ۲/۴ تا ۴/۹

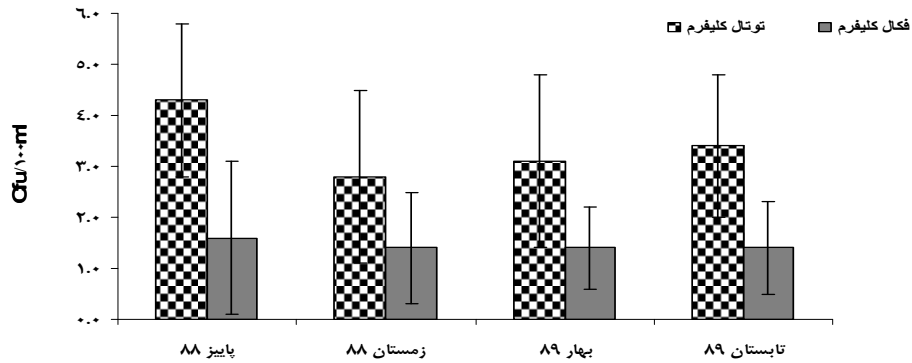
و ۱/۱ تا ۲/۳ CFU/100ml در نوسان بود (شکل ۳-۴۹).



شکل ۳-۴۹: میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم در ایستگاه آبهای سطحی رودخانه

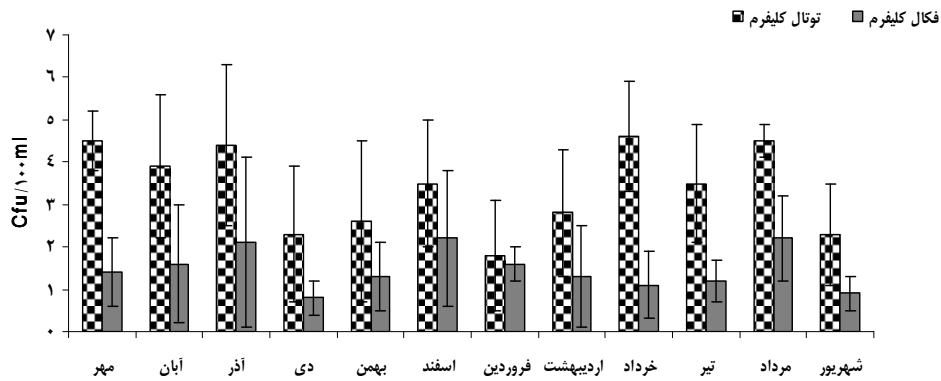
هراز (۸۸-۱۳۸۹)

دامنه تغییرات میانگین لگاریتم توتال کلیفرمی در فصول زمستان و پاییز بمقدار ۲/۸ تا ۴/۳ CFU/100ml و نیز تغییرات میانگین لگاریتم فکال کلیفرمی در فصول (بهار، تابستان و زمستان) و فصل پاییز بمقدار ۱/۴ تا ۱/۵ CFU/100ml در نوسان بود (شکل ۳-۵۰).



شکل ۳-۵۰: میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم آبهای سطحی رودخانه هراز در چهار فصل (۱۳۸۹-۸۸)

دامنه تغییرات میانگین لگاریتم توتال کلیفرمی در ماه های فروردین و خرداد از ۱/۸ تا ۴/۶ CFU/100ml و نیز تغییرات میانگین لگاریتم فکال کلیفرمی در ماه های خرداد و (مرداد و اسفند) از ۱/۱ تا ۲/۲ CFU/100ml در نوسان بود (۳-۵۱).



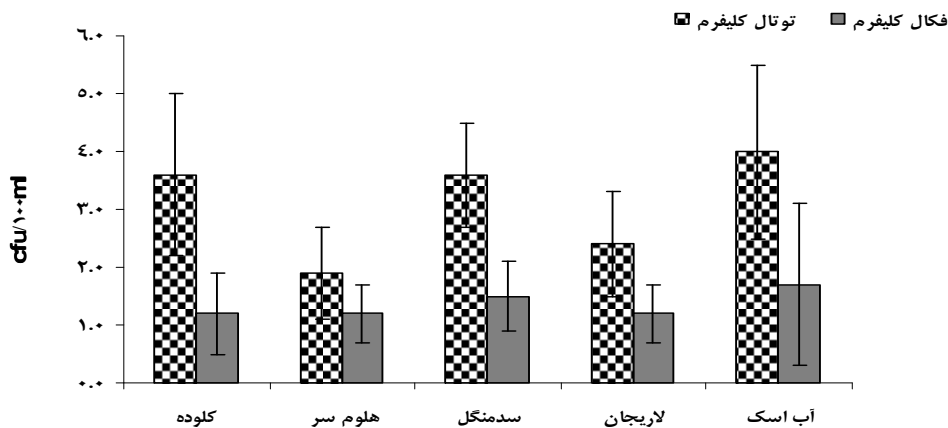
شکل ۳-۵۱: میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم در آبهای سطحی رودخانه هراز در ۱۲ ماه (۱۳۸۹-۸۸)

۲-۶-۳- آبهای زیر زمینی

نتایج نشان داد، میانگین لگاریتم سالانه توتال کلیفرمی در ایستگاه هلوم سر و آب اسک از ۱/۹ تا ۴

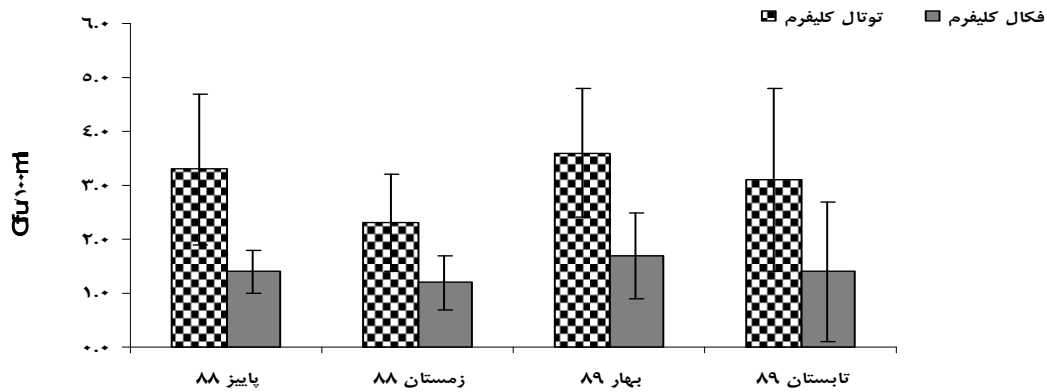
CFU/100ml و نیز میانگین لگاریتم سالانه فکال کلیفرمی در ایستگاه های (کلوده، هلومسر ولاریجان) و آب

اسک از ۱/۲ تا ۱/۷ CFU/100ml در نوسان بود (شکل ۳-۵۲).



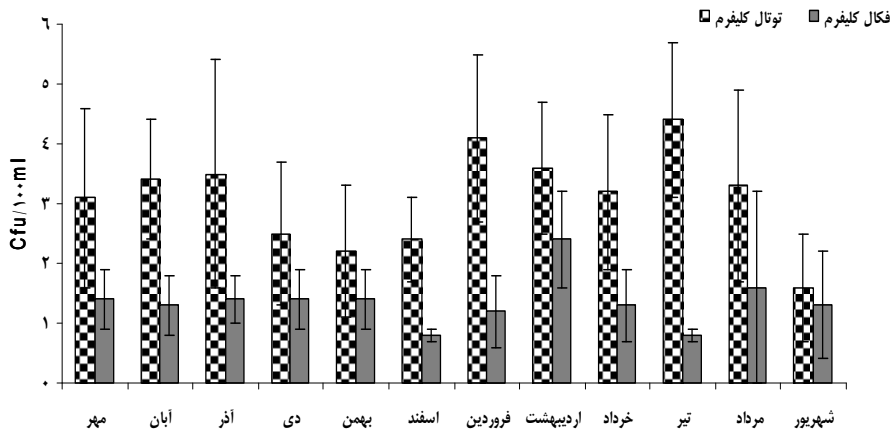
شکل ۳-۵۲: میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم در ایستگاه های آبهای زیر زمینی رودخانه هراز (۱۳۸۹-۸۸)

دامنه تغییرات میانگین لگاریتم توتال و فکال کلیفرمی در فصول زمستان و بهار به ترتیب بمقدار $2/3$ تا $3/6$ و $1/2$ تا $1/7$ CFU/100ml ایستگاه های آبهای زیر زمینی در نوسان بود (شکل ۳-۵۳).



شکل ۳-۵۳: میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم آبهای زیر زمینی رودخانه هراز در چهار فصل (۸۸-۱۳۸۹)

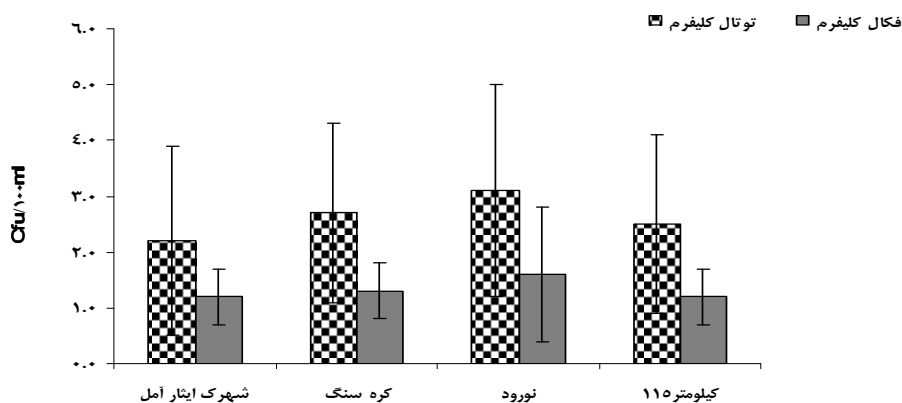
دامنه تغییرات میانگین لگاریتم توتال کلیفرمی در ماه های شهریور و تیر از $1/6$ تا $4/4$ CFU/100ml و نیز تغییرات میانگین لگاریتم فکال کلیفرمی در ماه های (اسفند و تیر) و اردیبهشت از $0/08$ تا $2/4$ CFU/100ml در نوسان بود (۳-۵۴).



شکل ۳-۵۴: میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم در آبهای سطحی رودخانه هراز در ۱۲ ماه (۸۸-۱۳۸۹)

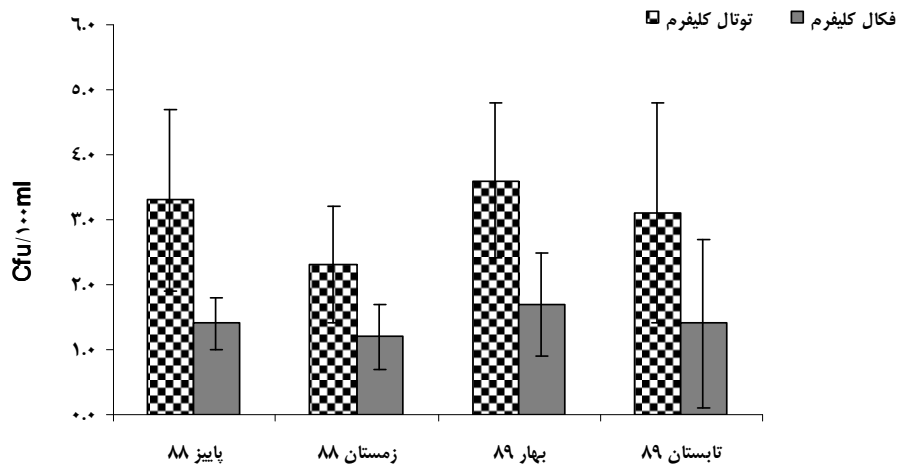
۳-۶-۳- پساب ها

نتایج نشان داد، میانگین لگاریتم سالانه توتال کلیفرمی در ایستگاه های ایستگاه شهرک ایثار و کره سنگ از ۲/۲ تا ۳/۱ CFU/100ml و نیز میانگین لگاریتم سالانه فکال کلیفرمی در ایستگاه های شهرک ایثار و نور رود از ۱/۲ تا ۱/۶ CFU/100ml در نوسانبود (شکل ۳-۵۵).



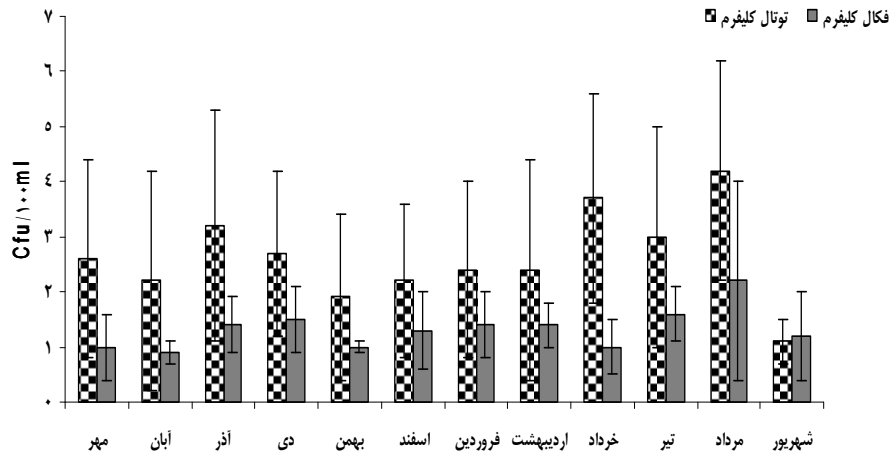
شکل ۳-۵۵: میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم در ایستگاه های پساب رودخانه هراز (۸۸-۱۳۸۹)

دامنه تغییرات میانگین لگاریتم توتال و فکال کلیفرمی در فصول زمستان و بهار به ترتیب بمقدار ۲/۱ تا ۳/۶ و ۱/۲ تا ۱/۷ CFU/100ml در نوسان بود (شکل ۳-۵۶).



شکل ۳-۵۶: میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم در ایستگاه های پساب در چهار فصل (۸۸-۱۳۸۹)

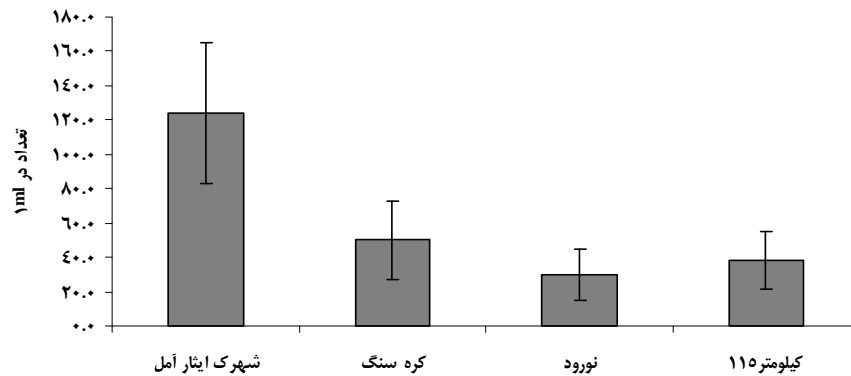
دامنه تغییرات میانگین لگاریتم توتال کلیفرمی در ماه های شهریور و مرداد از ۱/۱ تا ۴/۲ CFU/100ml و نیز تغییرات میانگین لگاریتم فکال کلیفرمی در ماه های مورد مطالعه از آبان و مرداد ۰/۹ تا ۲/۲ CFU/100ml در نوسان بود (شکل ۳-۵۷).



شکل ۳-۵۷: میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم در پساب رودخانه هراز در ۱۲ ماه (۱۳۸۹-۸۸)

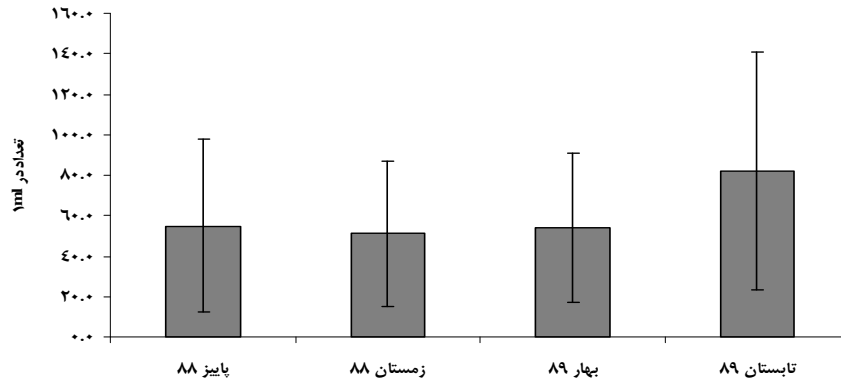
۴-۶-۳- تخم نماتود در پساب

نتایج نشان داد، میانگین سالانه تعداد تخم کرم های نماتود در ایستگاه های نور رود و شهرک ایثار از ۳۰ عدد تا ۱۲۴ عدد در نوسان بود (شکل ۳-۵۸).



شکل ۳-۵۸: تخم نماتود ایستگاه های پساب در رودخانه هراز (۱۳۸۹-۸۸)

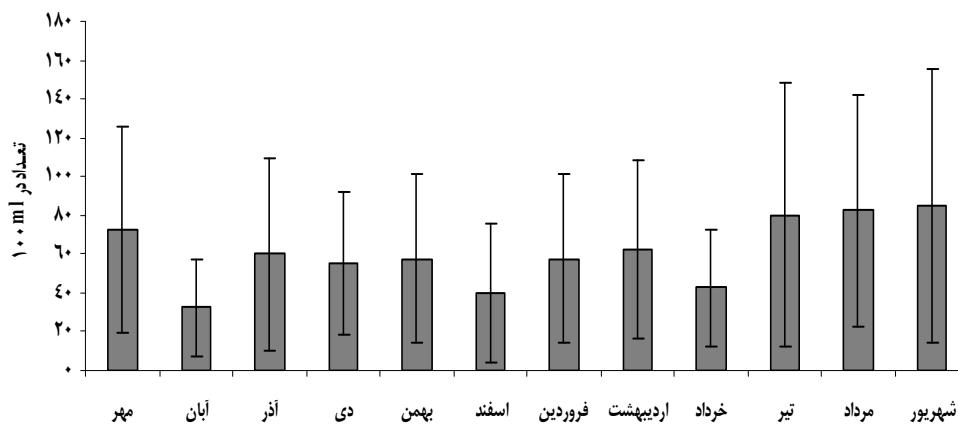
دامنه تغییرات میانگین تخم نماتود در فصول زمستان و تابستان از ۵۱ تا ۸۲ عدد در نوسان بود (شکل ۳-۵۹).



شکل ۳-۵۹: میانگین تعداد تخم نماتود در نمونه پساب رودخانه هراز در فصل (۸۹-۱۳۸۸)

دامنه تغییرات میانگین تعداد تخم نماتود در ماه های آبان و شهریور ۳۲ تا ۸۵ عدد در نوسان بود (شکل ۳-۶۰).

بیشترین آلودگی نماتودی در فصل تابستان در ایستگاه شهرک ایثار آمل مشاهده شد.



شکل ۳-۶۰: میانگین تعداد تخم نماتود در نمونه پساب رودخانه هراز در ۱۲ ماه (۸۹-۱۳۸۸)

۵-۶-۳- بررسی و تحلیل آماری

داده های آبهای سطحی، زیر زمینی و پساب به کمک آزمون ANOVA و دانکن در سطح ۹۵٪، میانگین لگاریتم

تعداد توتال کلیفرم ها در بین ۷ ایستگاه، فصل ها و ماه ها تفاوت معنی داری نشان داد. در مقایسه دو به دو

میانگین ها در بین فصل ها، ماه ها و ایستگاه های مختلف آبهای سطحی اختلاف معنی داری نشان داد (۰/۰۱ < p)

. همچنین در بین تعداد فکال کلیفرم ها و تعداد تخم نماتود در بین ایستگاهها، فصل ها و ماه ها تفاوت معنی

داری نشان نداد.

۴- بحث و نتیجه گیری

۴-۱- پارامتر های فیزیکی شیمیایی

۴-۱-۱- آبهای سطحی

بررسی از ایستگاه های حوضه سد منگل نشان داد، پارامترهای اکسیژن محلول، pH، سختی کل، یون کلسیم، ازت آمونیمی، کل مواد جامد معلق (TSS)، کل مواد جامد محلول (TDS) و هدایت الکتریکی در مولفه اول آزمون PCA و با ۲۳ درصد واریانس از اهمیت بیشتری در کیفیت آب به شمار می روند. دامنه تغییرات غلظت اکسیژن محلول می تواند ناشی از دبی بالا، بستر سنگی، ناهمواری رودخانه و حجم بالای آن سبب افزایش اکسیژن در آب شود (واردی و همکاران، ۱۳۸۶). تحقیقات نشان داد، کاهش دما همراه با افزایش غلظت اکسیژن خواهد بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (Boyd, ۱۹۹۰). در این مطالعه، غلظت اکسیژن محلول در سال کمتر از ۷ میلی گرم بر لیتر نبود. غلظت زیاد DO در تیر ماه احتمالاً با ذوب برف و یخ قتل و افزایش دبی نسبت دارد. حداکثر و حداقل میانگین DO در ایستگاه های لاسم (بالا دست) و سرخورد (نزدیک مصب) با حداقل و حداکثر میانگین دمای آب در سال و نیز همبستگی منفی ($r = -0.30$) معنی دار بین اکسیژن محلول و دمای آب گویای این مطلب است. غلظت DO در سال، همبستگی منفی و معنی داری را با پارامترهای TSS، TDS و EC داشته و با افزایش بار آلودگی در آبهای تمیز سطح مواد مغذی در آب را بالا برده و موجب تغییر سریع pH، کاهش ظرفیت اکسیژن و افزایش فشار اسمزی خواهد شد (Chaurasia & Tiwari, 2011). فاکتور pH برای ترکیب زیستی یک بدنه آبی بسیار مهم است زیرا بیشتر گیاهان و جانوران آبی 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 در طول سال بین ۸/۸ - ۷/۶ بود که نشان از کمی قلیائی آب و این نیز در مطالعه Singh

و Nayal (۲۰۰۸) دیده شد. حد مجاز WHO^{۱۳} برای pH از ۶/۵ تا ۸/۵ بوده و نیز برخی مقادیر قلیایی pH را در سیستم های رودخانه مشاهده نمودند (Shivayogimath et al., 2012; Srivastava et al., 2011). در مطالعه حاضر، ایستگاه هایی که ارتفاع بیشتری از سطح دریا داشتند pH بالاتری را نشان دادند. مقادیر نمک های 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 گویای نقش تعیین کننده در کیفیت آب رودخانه است. غلظت سختی کل (TH) در آب رودخانه از ۱۲۳ تا ۴۸۰ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود که با محدوده مجاز WHO (۶۰۰-۲۰۰) مطابقت دارد (Sen et al., 2011). سختی آب در مسیر رودخانه با ورود انشعابات فرعی و افزایش دبی رودخانه متغیر و نیز از بالادست (لار) به پایین دست (سرخورد) افزایش را نشان می دهد (واردی و همکاران، ۱۳۸۶). حداقل میانگین سختی کل در آبهای سطحی در ماه اردیبهشت بود که در ماههای بعد افزایش یافت و نیز غلظت سختی بسمت فصل تابستان افزایش یافته که احتمالاً به سطح پایین و ویسکوزیته جریان آب مربوط می شود (Shivayogimath et al., 2012). سختی آبهای سطحی همبستگی با آنیون های نیترات، بیکربنات، کلراید، سولفات و کاتیون های سدیم، کلسیم، منیزیم و آهن دارند که در این مطالعه این همبستگی با آنیون بیکربنات و کاتیونهای کلسیم و منیزیم دیده شد (Sen et al., 2011). دامنه تغییرات کل مواد جامد معلق (TSS) در سال بین ایستگاه های مختلف بویژه کره سنگ و لاسم قابل توجه بود، زیرا مقدار TSS از بالا دست به قسمت پایین افزایش می یابد. حداکثر میانگین TSS 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) از پارامتر مهم آب است که کیفیت آب را نشان 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

¹³ World Health Organization

(Sreeja & Pillai, 2012). مواد های معدنی آمونیم، نیتريت، نترات، فسفات، سولفات، برخی اسیدها و یون های فلزی به حالت های کلوئیدی و محلول در آب می باشند بخاطر TDS است (Kabir, 2002). تغییرات TDS از ایستگاه های بالادست (لاسم) بسمت پایین دست (سرخورد) بود. در آزمون دانکن در گروههای جداگانه ای قرار گرفتند. تغییرات یون کلسیم در طول سال از ۲۷ تا ۱۱۹ میلی گرم بر لیتر و حداکثر آن در بهمن ماه (سرخورد) بود. میانگین سالانه یون کلسیم (۶۵ میلی گرم بر لیتر) کمتر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی (۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) بود (Sen et al., 2011). یون کلسیم با بالاترین بارگذاری در مولفه اول گویای نقش حساس آن در تعیین کیفیت آب رودخانه است. غلظت زیاد ازت آمونیم در فروردین احتمالاً استفاده از کودهای شیمیایی در مزارع و باغات اطراف رودخانه است. در محیط های آبی که اکسیژن کافی وجود دارد تبدیل ازت آمونیمی به نترات 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. در ایستگاه سرخورد غلظت اکسیژن در سال حداقل بوده لذا حداکثر میانگین ازت آمونیمی آن نسبت به سایر ایستگاه ها تفاوت محسوسی را نشان داد. هدایت الکتریکی (EC) و سختی کل در آب مربوط به حضور کربنات کلسیم، سولفات، کلرید و نترات 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 سانتیمتر بود که این محدوده در مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۶) از میانگین ۰/۵۳ میلی زیمنس تا میانگین ۰/۳۹ میلی زیمنس متغیر بود. در ایستگاه سرخورد حداکثر میانگین EC گزارش شد و احتمالاً بواسطه نزدیکی دریا و اختلاط آب دریا با رودخانه باشد که این شرایط در مطالعه روشن طبری و همکاران (۱۳۷۳) گزارش شد. مقادیر بالای EC حاکی از مواد یونی نظیر سدیم، آهن و پتاسیمی است که از طریق خروجی های مختلف نیز وارد آب رودخانه می شوند (Kabir et al., 2002). یکی از علل روند افزایشی EC 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) گزارش شد، این شرایط نشان می دهد که افزایش این پارامترها منجر به حلالیت بیشتر یونها خواهد شد (Kolo & Oladimeji, 2004). پارامترهای HCO_3^- ، CO_3^{2-} و TA و نیز یونهای Mg^{2+} و PO_4^{3-} 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. مطالعه روشن طبری و همکاران (۱۳۷۳) نشان میدهد، در میان یون های با بار منفی، آنیون غالب در رودخانه هراز بیکربنات است. 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. بار گذاری قوی قلیائیت کل در مولفه دوم گویای اهمیت این پارامتر در کیفیت آب است. یون منیزیم 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). تغییرات یون منیزیم همبستگی مثبت معنی داری را با یون فسفات نشان داد. در این تحقیق، دامنه تغییرات یون فسفات بین ۰/۳۹۹ - ۰/۰۰۵ میلی گرم بر لیتر

بود که در مقایسه با مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۶)، حدوداً برابر ($0.34 \text{ mg/l} - 0.09$) و بیشتر از (0.21 mg/l) بود. گزارش نادری (۱۳۸۷) بود. حداکثر میانگین غلظت فسفات این مطالعه در زمستان احتمالاً با بارندگی های متناوب، فرسایش و جاری شدن آب از زمین های 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 شستشوی باقی مانده کودهای شیمیایی در زمین های کشاورزی باشد (Phiri et al., 2005). غلظت فسفات همبستگی مثبت و معنی دار با BOD_5 نشان از تاثیر پذیری آن از خروجی های حاوی مواد آلی به رودخانه و پساب کارگاه های پرورش ماهی و یا مرغ داری می تواند شرایط را برای بوجود آمدن یوتروفیکاسیون و کاهش اکسیژن محلول فراهم می کند (Chaurasia & Tiwari, 2011). میزان غلظت فسفات در آب رودخانه در مقایسه با استاندارد کیفیت آب EPA (بارتلی، ۱۹۹۵) کمی بالاتر بوده و احتمالاً کیفیت آن پایین آمده است. دمای آب و هوا و نیز غلظت ازت نیتراتی در مولفه سوم با $12/3$ درصد واریانس قرار داشته که گویای تغییرات نه چندان زیاد آنها در طول مدت نمونه برداری بود. درجه حرارت یک فاکتور پایه برای واکنشهای شیمیایی و زیستی و از فاکتورهای اساسی در بررسی یک رودخانه می باشد (Chaurasia & Tiwari, 2011). حداکثر و حداقل میانگین دمای آب و هوا بترتیب در فصول تابستان و پاییز مشاهده شد. دامنه تغییرات نیتراتی این رودخانه $5/89 - 0/12$ میلی گرم بر لیتر بود که در قیاس با محدوده مجاز WHO (45 mg/l) کمتر است (Sen et al., 2011) ولی در مقایسه با استاندارد جهانی کشور استرالیا جهت حفظ اکوسیستمهای آبی ($0/02 \text{ mg/l}$) بایستی مورد توجه قرار گیرد (IUCN/WCPA, 1999). در تحقیق حاضر نیترات در ماههای

مختلف دارای اختلاف معنی دار بوده و حداکثر 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 در مولفه چهارم و با $10/3$ درصد از واریانس کل که تاثیر چندانی در کیفیت آب نداشته است. دامنه تغییرات BOD_5 در طول سال بین $6/4 - 0/16$ میلی گرم بر لیتر با متوسط $2/18$ میلی گرم بر لیتر که در مقایسه با مطالعه واردی و همکاران (۱۳۸۳) از میانگین $2/3$ تا 4 میلی گرم بر لیتر متغیر بود. مقادیر BOD_5 بیش از 3 میلی گرم بر لیتر نشان دهنده آلودگی فاضلابهای محلی است (Sreeja & Pillai, 2012). با افزایش BOD_5 ، غلظت اکسیژن محلول کاهش می یابد، زیرا اکسیژن در دسترس توسط باکتریها مصرف می شود (Sawyer et al., 2003). میانگین BOD_5 در ایستگاه های مختلف برحسب جدول استاندارد رده بندی درجه آلودگی (منزوی، ۱۳۶۶)، آب این رودخانه جزء آب های تمیز تا متوسط طبقه بندی می گردد. محدوده تغییرات COD در طول سال با میانگین $7/71$ میلی گرم بر لیتر بین $0 - 39$ میلی گرم بر لیتر بود که در مقایسه با مقدار مجاز COD طبق استاندارد WHO برابر 10 میلی گرم بر لیتر است بیشتر می باشد (Sen et al., 2011). یون کلراید اهمیت چندانی در تعیین کیفیت آب رودخانه نداشته و در مولفه پنجم قرار دارد. 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 $5 - 62$ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت، در مطالعه واردی و همکاران (۸۳) محدوده این آنیون از میانگین 24 تا $17-20$ میلی گرم بر لیتر متغیر بود. یون نیتريت در مولفه ششم قرار داشته و آن یون در محیط دارای اکسیژن مناسب سریعاً تبدیل به یون پایدار نیترات خواهد شد، محدوده تغییرات نیتريت در مطالعه های انجام شده (واردی و همکاران، ۱۳۸۳ و نادری، ۱۳۸۷) در مقایسه با مطالعه حاضر نشان میدهد،

محدوده حداقل غلظت آن حدود ۳۰ برابر کاهش و نیز حداکثر آن ۱/۵ تا ۲ برابر دو تحقیق قبلی بیشتر بوده است. غلظت ازت نیترونی 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. جدول ۴-۱، مقایسه دامنه تغییرات برخی از پارامترهای کیفی آبهای سطحی و استاندارد های جهانی در کار برد حیات آبریان را نشان میدهد.

جدول ۴-۱: بالاترین غلظت مجاز متغیرهای کیفی آب (شیلات و حیات آبریان)

شیلات و حیات آبریان				
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
NH ₄ ⁺ (mg/l)	۰/۰۰۳ - ۰/۳۴	۰/۰۴ - ۱	-	۰/۵
NO ₃ ⁻ (mg/l)	۰/۰۲۷ - ۱/۳۳	-	-	۴۰
NO ₂ ⁻ (mg/l)	۰/۰۰۰۱ - ۰/۰۴۶	۰/۰۱ - ۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۸
BOD(mg/l)	۰/۱۶ - ۶/۴	۳ - ۶	-	۳

Sources:CEC, 1978,1980; Environment Canada, 1987; Committee for fisheries, 1993)

در این مطالعه جهت درک بهتر داده ها از شاخص کیفیت (WQI) استفاده گردید. عوامل متعدد و تأثیر گذار در مسیر رودخانه نظیر نشت و پساب کشاورزی (منشاء افزایش یون نیترات)، فاضلاب های روستایی و رستوران ها (منشاء افزایش NH₄⁺ و توتال کلیرم)، فعالیت های کارگاه های پرورش ماهی و انسانی از حوزه هراز (منشاء تغییرات PO₄³⁻، COD, BOD₅) و تغییرات بستر رودخانه از طریق کارخانه شن و ماسه (منشاء افزایش کدورت، TDS, EC) وجود دارد که موجبات تغییرات کیفیت آب این رودخانه می گردد. با توجه به منابع تأثیر گذار بیشتر ایستگاه ها عیار (Qi) یون نیترات کمتر از دیگر فاکتورها بوده و این بواسطه ورود پساب های کشاورزی کیفیت آب رودخانه را کاهش داده است. پارامترهای آمونیوم و فسفات دارای عیار بالا بوده و نیز نقش خود پالایی در از بین بردن فاضلاب های انسانی به خوبی صورت گرفته است. این رودخانه با دارا بودن بستر نیمه سنگی در سر

شاخه ها و شیب تقریباً تند آن سبب افزایش میزان اکسیژن محلول در نتیجه اشباعیت مناسب را فراهم آورد بطوریکه بالابودن عیار اشباعیت اکسیژن محلول را موجب گردید. در این رودخانه، فاکتور های pH دارای عیار بالا و هدایت الکتریکی دارای عیار پایین و آن نیز احتمالاً بدلیل وجود کارخانه های شن و ماسه در مسیر رودخانه و نیز وجود بستر نیمه سنگی در پائین دست رودخانه بوده است. برآورد ها نشان داد، کیفیت آب در تمامی ایستگاه های سطحی بغیر از سرخورد که متوسط گزارش شد، ۶ ایستگاه دیگر خوب بوده است. بنابراین، این رودخانه از نظر استاندارد کیفیت آب براساس شاخص کیفیت (WQI) جزء آبهای خوب و متوسط (۷۰-۹۰)، (۷۰-۵۰) قرار دارد. با توجه به جدول نظام طبقه بندی 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 جزئی برای مصارف خانگی، صنعتی، مناسب برای تامین حیات وحش و... تولید مثل ماهی های مهاجر تحت تأثیر قرار میگیرد.

۲-۱-۴- آبهای زیر زمینی

آبهای زیر زمینی در محدوده مطالعاتی از ۵ ایستگاه عمدتاً از طریق چاههای عمیق و نیمه عمیق و چشمه صورت می پذیرد. پارامتر های pH، HCO_3^- ، CO_3^{2-} ، سختی کل (TH)، TSS، Mg^{2+} و NH_4^+ در آزمون (PCA) با قرار گیری در مولفه اول با ۳۱/۸ درصد واریانس دارای اهمیت بیشتری در کیفیت آب می باشند. دامنه تغییرات pH در آبهای زیر زمینی در این حوضه بین ۸/۰۷-۶/۲۴ در طول سال نوسان بود که محدوده نرمال pH در آبهای زیر زمینی 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. از دیگر متغیرهای مهم و تاثیر گذار بر کیفیت آبهای زیر زمینی دو یون کربنات و بویژه کربنات هیدروژن بودند که جزء عوامل اصلی تنظیم کننده pH در آبهای طبیعی می باشند (Sujitha et al.,

2012). یون بیکربنات 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 زیر زمینی 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 دیگر و با بارگذاری قوی در مولفه اول دارای دامنه تغییرات نسبتاً وسیع از ۶۰ تا ۴۰۰۰ میلی گرم بر لیتر بود. حداکثر سختی کل در چشمه لاریجان (زمستان) گزارش 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 آنیون های عمده نظیر بیکربنات، کلراید و کاتیونهای چون کلسیم، منیزیم دارد که در این مطالعه نیز دیده شده است. میانگین غلظت TSS در آبهای زیر زمینی پایین و غلظت کل مواد جامد معلق در چشمه آب اسک حداکثر بود ولی از لحاظ TSS هر ۳ چشمه اختلاف قابل توجهی را 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). حداکثر میانگین غلظت این کاتیون در چشمه آب گرم لاریجان مشاهده گردید Rajmohan و همکاران (۲۰۰۳). همبستگی مثبت میان کاتیونهای عمده را در آبهای زیر زمینی مشاهده شد. در این مطالعه 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. پارامترهای دمای آب، قلیائیت تام، TDS، Cl^- و EC در در مولفه دوم آزمون با واریانس ۲۹/۶ درصد قرار گرفتند. پارامتر TDS دارای بارگذاری قوی است که دامنه تغییرات آن بین ایستگاه ها 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 یونهای 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 زیمنس بر سانتیمتر متغیر بوده است. چشمه منگل و چشمه آب اسک بترتیب حداقل و حداکثر میانگین EC را طی مدت نمونه برداری نشان دادند. 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، میانگین غلظت این یون در آبهای زیرزمینی این منطقه در طول سال در مقایسه با محدوده مجاز WHO (۶۰۰ - ۲۵۰ mg/l) 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 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 شامل NO_3^- ، Ca^{2+} و PO_4^{3-} می باشند. حداکثر میانگین غلظت ازت نترات چاه کلوده در تابستان بود. میانگین غلظت نترات در دو ایستگاه لاریجان و آب اسک در مقایسه با سایر ایستگاه ها نسبتاً پایین بود و در آزمون دانکن نیز کاملاً از آنها متمایز شده اند. میانگین غلظت یون نترات در مقایسه با محدوده مجاز WHO ($45\text{mg/l} - 10$) پایین است (Sen et al., 2011).

۳-۱-۴- پسابها

پارامترهای EC، TDS و NO_3^- در در مولفه اول آزمون (PCA) با واریانس ۲۶/۳ درصدی از کل از اهمیت بیشتری برخوردارند. شهرک ایثار در بین ایستگاه ها در قسمت پایین دست قرار داشته و نسبت به سایر ایستگاه ها به پسابهای شهری نزدیکتر است 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 در فصول سرد بالاتر بوده است. پارامتر BOD_5 ، COD و pH در مولفه دوم آزمون PCA 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. پساب ها 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) نزدیکتر می شود پسابهایی با غلظت اکسیژن محلول و pH پایین تر و اکسیژن خواهی و آلاینده های بیشتر وارد آن می شوند. متغیر DO در آزمون PCA در مولفه چهارم است. متغیر DO با توجه به غلظت نسبتاً مناسب (Singh, 1980) از اهمیت کمتری نسبت به متغیر BOD₅ در اکثر ایستگاه ها برخوردار بود. 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 داد. دمای 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.

۲-۴- آلاینده های زیست محیطی

۱-۲-۴- سموم ارگانوکلره

سموم ارگانوکلره در آبهای زیرزمینی و سطحی رودخانه و مصرف آن در زمین های کشاورزی حواشی رودخانه و حوزه آبریز در افزایش راندمان تولیدات کشاورزی امری ضروری بوده، این امر سبب افزایش آلاینده ها در اکوسیستم آبی رودخانه خواهد شد و اثر معکوس دراز مدت را به همراه دارد. بنابراین، از داده های بدست آمده باقی مانده سموم ارگانوکلره در نمونه های آب رودخانه بشرح زیر بحث و بررسی گردید.

در مطالعه اخیر، میزان پراکنش ترکیبات ارگانوکلره مشاهده شده در ایستگاههای آبهای زیرزمینی و سطحی رودخانه هراز در مقایسه با تحقیقات انجام شده (واردی و همکاران، ۱۳۸۶) در همین رودخانه نشان داد، در فصول پاییز، زمستان و بهار به ترتیب ۴/۵، ۱/۵ و ۸ برابر افزایش داشته است. میزان درصد ترکیبات مشاهده شده در این مطالعه با پروژه انجام شده دوره قبلی (واردی و همکاران، ۱۳۸۶) در رودخانه هراز از ۳۷/۵ درصد به بیش از ۸۱ درصد رشد را نشان داد. اما با توجه به رشد دو فاکتور میزان پراکنش و افزایش درصد ترکیبات در مطالعه اخیر نسبت مطالعه قبلی (واردی و همکاران، ۱۳۸۶) ولی غلظت آنها کاهش شدید حدود ۳۰ برابر از ۸۶

میکروگرم برلیتر به ۲/۸۵ میکروگرم برلیتر را نشان داد. این کاهش شدید احتمالاً ممکن است بواسطه عدم مصرف سموم پایدار ارگانوکلره در سالهای اخیر باشد که غلظت آنها با کاهش ۸۱ درصدی در اکثر ایستگاهها روبرو بوده است. از طرفی با توجه به کاهش سالهای قبل، این احتمال وجود دارد که باقی مانده این سموم پایدار از طریق آبهای جاری رودخانه هراز و نفوذ آن به آبهای سواحل کرانه جنوبی دریای خزر برابر تحقیقات آلاینده ها در سالهای ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ (واردی و همکاران، ۱۳۸۹، نجف پور و همکاران، ۱۳۹۱) مقادیر آنها کم و بیش افزایش یافته ارتباط داشته باشد. در مطالعه اخیر، پراکنش ترکیبات ایستگاهها در فصل پاییز بیشتر از فصول زمستان و بهار بوده است ولی تعداد ترکیبات مورد مشاهده در فصل پاییز (۹ سم) کمتر از فصل زمستان (۱۳ سم) گزارش گردید. اما پراکنش ایستگاهی ترکیب در فصل زمستان نسبت به فصل بهار بیشتر بوده است. شایان ذکر است که در ایستگاه کرسنگ و در تمام نمونه های فصول پاییز، زمستان و بهار هیچ یک از شانزده سم ارگانوکلره مشاهده نگردید.

در این مطالعه، حداکثر غلظت ترکیب دیلدرین در حد ۰/۱۵ میکروگرم برلیتر مشاهده گردید. مقایسه میزان این سم با داده های سال ۱۳۸۷ در آبهای حوزه جنوبی دریای خزر نشان دهنده کاهش شدید بیش از ۱۲۰ برابر ($18/5 \mu\text{g/l}$) (واردی و همکاران، ۱۳۸۹)، داده های سال ۱۳۸۳ دریای خزر، کمتر از ۲۱۵ برابر ($32/1 \mu\text{g/l}$) (لالویی و همکاران، ۱۳۸۹)، داده رودخانه شیروود، کمتر از ۲۳۴ برابر ($35 \mu\text{g/l}$) (Najafpour, 2007)، کمتر از ۸۶ برابر حوضه مصبی تجن ($13 \mu\text{g/l}$) (Najafpour et al., 2005)، کمتر از ۵۰ و ۱۲۰ برابر بترتیب با مصب رود قرمز و رودخانه دونگ، ویتنام ($8 \mu\text{g/l}$ و $18/6$) (Hung and Thiemann, 2002)، کمتر از ۲ برابر دریاچه التماسح و کمتر از ۱۰ برابر دریاچه Bitter در محدوده کانال سوئز ($0/24 \mu\text{g/l}$ و $1/14$) (Said and Hamed, 2005)، کمتر از ۶۷ برابر رودخانه آتویا، نیکاراگوئه ($10/1 \mu\text{g/l}$) (Castilho et al., 2000) گزارش گردید.

حداکثر مقدار غلظتی ترکیب β -endosulfan در این تحقیق ۰/۱۳ میکروگرم برلیتر در آب اندازه گیری شد. مقایسه میزان این سم با داده های سال ۱۳۸۸ در آبهای سواحل خزر جنوبی، کمتر از ۱۰ برابر ($1/3 \mu\text{g/l}$) (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۱)، کمتر از ۴۲ برابر با داده های سال ۱۳۸۷ در آبهای حوزه جنوبی دریای خزر ($5/4 \mu\text{g/l}$) (واردی و همکاران، ۱۳۸۹)، با مطالعه ۱۳۸۳ دریای خزر، حدود ۱۰۰ برابر کمتر ($13/1 \mu\text{g/l}$) (لالویی و همکاران، ۱۳۸۹)، بسیار زیاد کمتر از رودخانه پاتوکسانت در امریکا و رودخانه شیروود در غرب مازندران ($\mu\text{g/l}$) (۳۵) (Lehotay et al., 1998; Najafpour et al., 2009)، کمتر از ۲۵ برابر رودخانه آتویا، نیکاراگوئه ($3/3 \mu\text{g/l}$) (Castilho et al., 2000) گزارش گردید.

در این تحقیق، حداکثر مقدار ترکیب شیمیایی DDE در حد ۰/۱۵ میکروگرم برلیتر در آب اندازه گیری شد. مقایسه میزان این سم با داده های سال ۱۳۸۸ در آبهای سواحل خزر جنوبی، کمتر از ۲۰ برابر ($2/9 \mu\text{g/l}$) (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۱)، با داده های سال ۱۳۸۷ در آبهای حوزه جنوبی دریای خزر، کمتر از ۳۲ برابر ($4/9 \mu\text{g/l}$) (واردی و همکاران، ۱۳۸۹)، کمتر از ۶۵ برابر رودخانه چالوس ($9/8 \mu\text{g/l}$) (Najafpour et al., 2010)، بسیار کمتر از داده رودخانه شیروود ($32 \mu\text{g/l}$) (Najafpour, 2007)، کمتر از ۸ برابر دریاچه التمساح و کمتر از ۱۴ برابر دریاچه Bitter در محدوده کانال سوئز ($1/2 \mu\text{g/l}$ و $2/2 \mu\text{g/l}$) (Said and Hamed, 2005) گزارش گردید.

در مطالعه حاضر، حداکثر غلظت سم هپتاکلر در حد ۰/۱۴ میکروگرم برلیتر در آب اندازه گیری شد. مقایسه میزان این سم با داده های سال ۱۳۸۸ در آبهای سواحل خزر جنوبی، کمتر از ۲۵ برابر ($3/7 \mu\text{g/l}$) (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۱)، میزان این سم با داده های سالهای قبل رودخانه هراز بسیار کمتر بوده است ($71/3 \mu\text{g/l}$) (نجف پور و همکاران، ۱۳۸۸)، داده های سال ۱۳۸۷ در آبهای حوزه جنوبی دریای خزر، کمتر از ۸ برابر ($\mu\text{g/l}$) (۱/۱) (واردی و همکاران، ۱۳۸۹)، بسیار کمتر از داده های سال ۱۳۸۳ دریای خزر، ($31/3 \mu\text{g/l}$) (لالویی و همکاران، ۱۳۸۹)، کمتر از ۱۶ و ۱۱ برابر دریاچه التمساح و دریاچه Bitter در محدوده کانال سوئز ($2/2 \mu\text{g/l}$ و $11 \mu\text{g/l}$)

۱/۶) (Said and Hamed, 2005)، بسیار کمتر از کانال الحرام گینزا ($12/1 \mu\text{g/l}$) (El-Kabbany et al., 2000) و حدود ۷۴ برابر کمتر از مصب رود قرمز ویتنام ($10/4 \mu\text{g/l}$) و ۱۲۶) (Hung and Thiemann, 2002) گزارش گردید.

براساس استاندارد های اروپایی و آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (EPA, 1992; EEC, 1998)، ترکیبات ارگانوکلره نظیر DDE, heptachlor, α -BHC, δ -BHC, DDT, DDD, γ -BHC, dieldrin, aldrin, heptachlor epoxide، در این مطالعه مشاهده گردید جز گروه B2 محسوب و احتمالاً این ترکیبات می توانند جز عوامل سرطان زائی انسان محسوب گردند (EPA, 2004). در مقابل ترکیباتی نظیر α -endosulfan, β -endosulfan, endosulfan sulfate، همانند ترکیبات endrin, endrin aldehyde که در نمونه های آب دریای خزر مشاهده گردید جز گروه D بوده و غیر محتمل است که این ترکیبات جز عوامل سرطانزائی انسان محسوب گردند (EPA, 2004). مطالعات گذشته حاکی از این است که سموم مورد استفاده در فعالیت های کشاورزی می تواند از طریق آب به ساقه های گیاهان، سبزیجات نفوذ نماید (Van den Berg et al., 1999). این سموم نیز در بافت ماهی تجمع نموده (Turgut, 2003) و این قابلیت را دارا است که اکوسیستم های زیست محیطی را تهدید جدی نموده و سلامتی انسان ها را به مخاطره اندازد.

۲-۲-۴- فلزات سنگین

مطالعه آلاینده های عناصر سنگین در آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه با توجه به روند به مصرف فلزات سنگین در واحد صنعتی و تولیدی در حواشی رودخانه و حوزه آبریز آن و احتمالاً اثر پذیری و نفوذ برخی از عناصر سنگین به منابع آبهای زیر زمینی اثر منفی بر اکوسیستم آبی رودخانه خواهد گذاشت. بنابراین، با استفاده از داده های بدست آمده باقی مانده عناصر سنگین در نمونه های آب بشرح زیر بحث و بررسی گردید.

در مطالعه اخیر، میزان پراکنش عناصر سنگین مشاهده شده در ایستگاههای آبهای زیرزمینی و سطحی رودخانه هراز در مقایسه با تحقیقات انجام شده (واردی و همکاران، ۱۳۸۶) در همین رودخانه نشان داد، در فصول پاییز،

زمستان و بهار به ترتیب ۳، ۲ و ۲ برابر افزایش داشته است. میزان درصد ترکیبات مشاهده شده در این مطالعه با پروژه انجام شده دوره قبل (واردی و همکاران، ۱۳۸۶) در رودخانه هراز از ۲۵ درصد به بیش از ۶۷ درصد رشد را نشان داد. اما با توجه به رشد میزان پراکنش و افزایش درصد ترکیبات در مطالعه اخیر نسبت مطالعه قبلی (واردی و همکاران، ۱۳۸۶) و نیز نسبت غلظتی آنها از ۰/۰۷۴ میلیگرم برلیتر به ۸/۲۲ میلیگرم برلیتر با افزایش بسیار زیاد بیش از ۱۱۰ برابر را نشان داد.

در مطالعه حاضر، حداکثر غلظت عنصر آهن در حد ۸/۲۲ میلیگرم برلیتر در آب مشاهده شد. مقایسه میزان این عنصر سنگین با مطالعه سالهای قبل داده های رودخانه هراز بسیار زیادتر بوده (۰/۰۸ mg/l) (واردی و همکاران، ۱۳۸۶)، کمتر از ۲۵ برابر با داده های سال ۱۳۸۳ آبهای سواحل خزر جنوبی (۰/۷۴ mg/l) (لالویی و همکاران، ۱۳۸۹)، بیش از ۲/۳ برابر با داده های سال ۱۳۸۷ در آبهای حوزه جنوبی دریای خزر (۳/۶ mg/l) (واردی و همکاران، ۱۳۸۹) گزارش گردید.

در مطالعه حاضر، حداکثر غلظت عنصر روی در حد ۱/۱۲ میلیگرم برلیتر در آب مشاهده شد. مقایسه میزان عنصر فوق از داده های سالهای قبل رودخانه هراز، بسیار بسیار زیادتر (۰/۰۰۳ mg/l) (واردی و همکاران، ۱۳۸۶)، از داده های سال ۱۳۸۳ آبهای سواحل خزر جنوبی بسیار بسیار زیادتر (۰/۰۰۲ mg/l) (لالویی و همکاران، ۱۳۸۹) گزارش گردید.

در تحقیق اخیر، حداکثر غلظت عنصر نیکل اندازه گیری شده در آب در حد ۰/۰۲ میلیگرم برلیتر بود. مقایسه میزان عنصر یاد شده رودخانه هراز با داده های سواحل خزر جنوبی حدود ۲ برابر بیشتر (۰/۰۱۲ mg/l) (لالویی و همکاران، ۱۳۸۹) گزارش گردید. در مجموع، مقدار تغییرات غلظتی عناصر سنگین اندازه گیری شده مطالعه اخیر در مقایسه با غلظت داده های قبلی رشد بسیار چشمگیری داشته است.

آلاینده های شوینده (LAS) در آبهای زیر زمینی و سطحی رودخانه با توجه به روند به مصرف شوینده ها در اماکن مسکونی شهرک های حواشی رودخانه هراز، رستوران های تراکم در حاشیه رودخانه و سرشاخه های حوزه آبریز آن و تاثیر آن بر منابع آبهای زیر زمینی و اثر منفی بر اکوسیستم آبی رودخانه خواهد گذاشت. بنابراین، با استفاده از داده های بدست آمده باقی مانده شوینده ها در نمونه های آب بشرح زیر بحث و بررسی گردید.

مطالعه حاضر نشان داد، حد اکثر غلظت شوینده ها (LAS) در فصول پاییز، زمستان و بهار بترتیب بمقدار ۳۸۳، ۴۲۷ و ۵۱۶ میکروگرم برلیتر بوده که روند افزایشی فصل بهار در مقایسه با فصول پاییز و زمستان بیشتر بوده است. این مقادیر بیش از حد معمول و استاندارد غلظت در اکوسیستم های آبی (کمتر از ۱۰۰ میکروگرم برلیتر) شویننده ها بوده و رشد بیشتری داشته است (تیزکار، ۱۳۷۸). میانگین حداکثر غلظت شویننده ها در سه فصل حدود ۴۴۲ میکروگرم برلیتر در آب مشاهده. مقایسه میزان شویننده فوق با داده های تحقیقات انجام شده در رودخانه هراز بیش از ۹ برابر ($48 \mu\text{g/l}$) (واردی و همکاران، ۱۳۸۶)، کمتر از داده های میانگین غلظت شویننده ها منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۸۸ ($500 \mu\text{g/l}$) (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۱)، با داده های بررسی انجام شده حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۷ (واردی و همکاران، ۱۳۸۹) که حدود ۴۹۰ میکروگرم برلیتر بوده تغییرات قابل ملاحظه ای نداشته است ولی در مقایسه با مطالعه سال ۱۳۷۹ (لالویی و همکاران، ۱۳۸۳) بیش از ۲ برابر افزایش را نشان داد. مطالعه صورت گرفته حاکی از این است که مواد مایع ظرفشویی دارای ۱۷ درصد ماده موثر LAS و ۱/۱ درصد فرمالین و ۵ درصد اتانول آمین می باشد که نسبت پودر لباسشویی دستی (دارای ۲۲ درصد LAS) و پودر لباسشویی ماشینی (دارای ۱۰ درصد LAS و فاقد فرمالین و اتانول آمین) می باشند اثرات شدیدتری بر مرگ و میر ماهیان به ویژه سیم و سوف داشته است (تیزکار، ۱۳۷۸). از آنجا که شویننده ها گامی به عنوان عامل تشدید کننده سمیت دیگر آلاینده ها نظیر فلزات سنگین و هیدروکربورهای نفتی عمل نموده

بنابراین، حضور روز افزون و فزاینده این نوع آلاینده ها در اکوسیستم منطقه جنوبی دریای خزر اهمیت بیشتری پیدا می کند (Dakay and Kikodemusz, 1981).

مطالعه اخیر در یک جمع بندی نشان داد، میزان و نوسانات غلظتی آلاینده سموم ارگانوکلره در ایستگاههای منابع آبهای زیر زمینی و سطحی در مقایسه با قبلی روند کاهشی زیاد ولی در رابطه با پراکنش ترکیبات بسیار زیادی داشته است. در خصوص میزان غلظت آلاینده های عناصر سنگین و شوینده ها نیز با افزایش بسیار زیاد روبرو بوده است. علت این افزایش ها و کاهش ها احتمالا می تواند به مصرف بیش از حد شوینده ها در اماکن عمومی اعم از رستوران ها، مهمان پذیر ها، رشد بهداشت عمومی و رها سازی فاضلاب و برخی از واحد های تولیدی نسبت داده و نیز کاهش سموم پایدار احتمالا بواسطه عدم مصرف آنها در سالهای مرتبط باشد.

۳-۴- گروه ماکروبتوزها

در این تحقیق، ۱۵ خانواده از موجودات کف زی که حدود ۷۳ درصد آن از رده حشرات بوده مشاهده شد. مطالعه سالهای ۱۳۸۲-۱۳۸۳ این رودخانه نشان داد، تعداد ۲۶ خانواده از موجودات که حدود ۷۳ درصد آن از رده حشرات بوده مشاهده شد (واردی، ۱۳۸۶). در تحقیق اخیر، مجموعا ۵ خانواده در ایستگاه سرخورد مشاهده شد که در مقایسه مطالعه در حال انتشار (۳ خانواده در سرخورد) بیشتر مشاهده شد (قانعی و همکاران، ۱۳۹۰). تراکم خانواده های Naididae و Lumbriculidae با حدود ۵۱/۷۱ درصد، راسته DIPTERA با حدود ۲۱/۵۱ درصد، راسته EPHEMEROPTERA با حدود ۱۶/۴۳ درصد و راسته TRICHOPTERA با حدود ۹/۶۸ درصد از کل تراکم ماکروبتوزها را شکل دادند. زی توده راسته TRICHOPTERA با حدود ۷۲/۳۶ درصد و راسته DIPTERA با حدود ۱۱/۹۷ درصد از کل زی توده ماکروبتوزها را شکل دادند. ایستگاه سرخورد میانگین سالانه بیشترین میزان تراکم و کم ترین زی توده ماکروبتوزها را نسبت به ایستگاه های دیگر داشته است. ایستگاه شهرک ایثار با کمترین میزان تراکم و نسبت به دو ایستگاه بالادست زی توده بسیار کمتری مشاهده شد. ایستگاه های کره سنگ

و نور رود، تراکم آنها نسبت سرخرود بسیار کمتر بود. در ایستگاه های سرخرود، کره سنگ و نور رود به ترتیب ۹۹، ۳۱ و ۱۱ درصد از حجم کل تراکم ماکروبتوزها مشاهده شد. در ایستگاه سرخرود کمتر از ۱ درصد و در ایستگاههای کره سنگ و نور رود حدود ۵۰ درصد از حجم کل تراکم ماکروبتوزها را تشکیل داد. حداکثر و حداقل میانگین تراکم ماکروبتوزها به ترتیب در فصول پاییز و بهار، حداکثر میانگین زی توده در فصل زمستان و حداقل آن در فصل تابستان ثبت شده است.

ارزیابی کیفی آب رودخانه از شاخص زیستی هیلسنهوف استفاده شد (Hilsenhoff, 1988). در ایستگاه سرخرود، برخی از خانواده ها مقاوم در برابر آلودگی و دارای تولارنس بالا و نیز تعدادی از خانواده ها از نظر تحمل آلودگی در حد متوسط ارزیابی گردید. در این ایستگاه، کمترین میزان HBI در تیر ماه (۷/۳۹) و بیشترین میزان در ماه های دی، بهمن و مرداد ماه (۸/۰۰) بود. بنابراین، کیفیت آب در تمامی ماه ها و فصول در سرخرود بسیار نامطلوب و به معنی احتمال آلودگی شدید به مواد آلی ارزیابی گردید. در ایستگاه شهرک ایثار، ۱۱ خانواده از ماکروبتوزها مشاهده شد. برخی از این خانواده ها با مقاومت بالا، متوسط و حساس در برابر آلودگی ارزیابی شدند. در این ایستگاه، حداقل و حداکثر میزان HBI از ۴ در شهریور تا ۸ در اسفند و مرداد در نوسان بود. در فصل پاییز، در طبقه نسبتا نامطلوب با مفهوم احتمال آلودگی زیاد به مواد آلی، در زمستان شامل سه طبقه به ترتیب نامطلوب (دی)، متوسط (بهمن) و بسیار نامطلوب (اسفند) مشاهده شد. در ماه های فروردین، اردیبهشت و خرداد به ترتیب در طبقات نامطلوب، متوسط و بسیار نامطلوب ارزیابی شد. در ماه های تیر، مرداد و شهریور به ترتیب در طبقات نسبتا نامطلوب، بسیار نامطلوب و بسیار خوب ارزیابی گردید. در ایستگاه کره سنگ، ۱۲ خانواده از ماکروبتوزها مشاهده شدند. برخی از خانواده ها در ایستگاه کره سنگ حساس به آلودگی و بسیار حساس به آلودگی مشاهده شدند. در این ایستگاه، میزان HBI بین ۳/۱۷ (دی) تا ۶/۲۰ در اسفند در نوسان بود. در فصل پاییز، HBI معادل ۵/۶۶ و در طبقه متوسط به معنی احتمال آلودگی متوسط به مواد آلی ارزیابی شد. در

ماه های دی، بهمن و اسفند به ترتیب در طبقات عالی، خوب و نسبتاً نامطلوب ارزیابی شد. بنابراین، در هر سه ماه فصل بهار و تابستان به ترتیب در طبقات متوسط و خوب ارزیابی شد. در ایستگاه نور رود ۸ خانواده از ماکروبتوزها مشاهده شد. برخی از خانواده ها در ایستگاه نور رود با مقاومت بالا نسبت به آلودگی، حساس و بسیار حساس به آلودگی مشاهده شدند. در این ایستگاه، میزان HBI بین ۲/۰۵ (مرداد) تا ۵/۲۱ در خرداد ماه متغیر بود. در فصول پاییز و زمستان، HBI معادل ۴/۷۳ و ۴/۸۷ در طبقه خوب به معنی احتمال آلودگی کم به مواد آلی ارزیابی شد. در ماه های فروردین و اردیبهشت در طبقه خوب و در خرداد ماه در طبقه متوسط ارزیابی شد. در ماه های تیر، مرداد و شهریور به ترتیب در طبقات متوسط، عالی و خوب ارزیابی شد. ایستگاههای شهرک ایثار و سرخرود متاثر از تخلیه فاضلابهای شهری و روستایی، صنعتی و کشاورزی به آب رودخانه است. جوامع بزرگ بی مهرگان آبی، به وسیله سازگاری ساختار جمعیتی خود، به تغییرات کیفی محیط پاسخ داده و از این مسئله می توان در ارزیابی اثرات فاضلابهای شهری، صنعتی و کشاورزی بر کیفیت آب سود جست (Favalero & Lompart, 2012). اگر چه پساب آبی پروری با افزایش غلظت مواد جامد معلق و مواد آلی محلول، کاهش سطح اکسیژن محلول در آب و ایجاد حالت بی هوایی، افزایش غلظت نترات و فسفات و افزایش غلظت مواد سمی مانند آمونیاک، باعث کاهش غنای گونه ای و تنوع جوامع زیستی و افزایش فراوانی و غالبیت موجودات مقاوم به آلودگی و تغییر ساختار جامعه زیستی می گردد (Lenat, 1988) ولی با وجود این، سهم آثار زیست محیطی آبی پروری در مقایسه با دیگر فعالیتهای بشر مانند کشاورزی، صنعت، مسکن سازی و... اندک است (Ackefors and Enell, 1994; Pillay, 2003). در ایستگاه کره سنگ و تلاقی نور رود، کیفیت آب را در وضعیت خوب نشان داد و روابط بین مقدار مواد آلی و ساختار جوامع ماکروبتیک در منابع زیادی بحث گردید (Burton & Allan, 2011, Gaufin & Tarzwell, 1952). کیفیت آب رودخانه در دو ایستگاه پایین دست در معرض ورود انواع پسابهای خانگی، بیمارستانی، صنعتی و کشاورزی مطلوب نبود. ایستگاه شهرک ایثار که متاثر

از پسابهای شهری آمل و انواع پسابهای کشاورزی و صنعتی است در طبقه نسبتاً نامطلوب و ایستگاه سرخورد که حاصل جمع کل آلاینده های وارده و پالایش نشده در مسیر رودخانه در آن وجود داشت در طبقه بسیار نامطلوب ارزیابی شد. باید توجه داشت که علاوه بر مواد آلی، عوامل دیگری نظیر نوسانات دبی و انواع آلاینده های آب و رسوب که باعث تغییر خصوصیات فیزیکوشیمیایی محیط می شوند، نقش تعیین کننده ای در میزان تراکم ماکروبیوتوزها را بر عهده دارند (Harrel and Dorris, 1968).

۴-۴- آلودگی میکروبی

۴-۴-۱- آبهای سطحی

حداکثر و حداقل تعداد باکتریها در ایستگاه های سرخورد و لاسم مشاهده شد. در ایستگاه سرخورد غلظت باکتری توتال کلیفرم نسبت به ایستگاه های بالا دست بسیار بالا و این احتمالاً بعلاوه ارتباط باکتری توتال کلیفرم با ذرات معلق و خاک منتسب باشند (Parajuli, 2007). تحقیقات نادری و همکاران (۱۳۸۲) نشان داد، میزان کدورت با کلیفرم موجود در آب همبستگی مثبت ($r < 0.789$) و معنی داری ($p < 0.001$) وجود دارد. افزایش و کاهش میزان کل باکتری ها و باکتری های کلیفرم رودخانه هراز با افزایش و کاهش میزان رسوب گذاری حوزه آبخیز رودخانه رابطه مستقیم داشته است (یثربی، ۱۳۸۴). تغییرات ایکلای رودخانه هراز در فصول بهار، تابستان و زمستان به حداقل و نیز در فصل پاییز به حداکثر رسید. بیشترین مقدار این شاخص در ایستگاه سرخورد و کم ترین مقدار آن در ایستگاه لاسم مشاهده شد. وجود رستورانها، مراکز پرورش ماهیان سردآبی، ویلاها در حاشیه رودخانه هراز از مهمترین منابع آلوده کننده کلیفرمی این رودخانه محسوب می گردند (Parajuli, 2007). نتایج این مطالعه نشان داد، تعداد کلی فرمها در رودخانه در حد بحرانی بوده ولی تراکم آن در سد آتی منگل در حد قابل قبول بوده زیرا آب سد پس از گذراندن زمان ماند معین از سد خارج و نیز گرمای ناشی از نور خورشید باعث کاهش تراکم کلی فرم در آب پشت سد شده لذا با استفاده از سیستم های تصفیه و

کلر زنی به هنگام انتقال آب رودخانه به شبکه آب رسانی سراسری نگرانی برای بهداشت و سلامت وجود ندارد. مطالعات انجام شده توسط کرباسی و کلانتری (۱۳۸۶) نشان داد، دامنه دمایی آب در ایستگاههای مورد بررسی رودخانه هراز متغیر بوده که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. در آنالیز کمی و کیفی آب، پارامتر PH از پارامترهای اصلی محسوب و نیز و موجودات مختلف از جمله باکتری ها در PH معینی قادر به رشد میباشند. حداکثر فعالیت اشیریشیا کلی بین PH، ۴/۵-۸ بوده و در بالاتر از تراکم این باکتری کاسته میشود. فاکتور اکسیژن محلول با BOD5 و COD ارتباط عکس داشته و هر چه میزان آنها بیشتر باشد میزان اکسیژن محلول کمتر خواهد بود. این امر به لحاظ افزایش بار میکروبی در غلظت های بالای BOD و COD بوده و با افزایش تعداد میکروبهها میزان اکسیژن محلول بطور معنی داری کاهش می یابد. تغییرات غلظتی اکسیژن محلول در ایستگاهها و فصول مختلف دارای اختلاف معنی داری است. تغییرات فکال کلیفرمی در ایستگاه ها و فصول مختلف دارای ارتباط معنی داری نبود. با افزایش دما در تابستان، محیط مناسب رشد کلی فرم ها ایجاد و در نتیجه فعالیت های متابولیسمی افزایش می یابد. با افزایش دمای آب، حلالیت اکسیژن نیز کم می گردد (ملک زاده و شهامت، ۱۳۷۹). میزان بیوماس و تعداد کلی باکتری ها در رودخانه به درجه حرارت بستگی داشته بطوری که رودخانه نسبتاً آلوده در فصل تابستان بیشترین میزان آلودگی کلیفرمی گزارش شد (صفائیان، ۱۳۸۴). تحقیقات کرباسی و کلانتری (۱۳۸۶) نشان داد، تعداد کلیفرم سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ آب رودخانه هراز در طبقه آب های با آلودگی میکروبی قرار داد لذا مدیریت بهینه و کنترل آلودگی رودخانه هراز نیازمند جلوگیری از ورود فاضلاب های شهری و روستایی و کشاورزی به رودخانه می باشد.

۲-۴-۴- آبهای زیر زمینی

حداکثر و حداقل توتال کلیفرم ها در آبهای زیر زمینی به ترتیب در فصول بهار و زمستان بود. حداکثر و حداقل مقدار شاخص ها در ایستگاه آب اسک و هلومسر مشاهده شد. در اواخر فصل بهار با ذوب برف در ارتفاعات و

نزول بارش های بهاری میزان آلاینده های طبیعی باعث گل آلودگی آب رودخانه می شود (شهسواری پور و اسماعیلی ساری، ۱۳۹۱). تحقیقات Kim و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد، افزایش پساب کشاورزی با افزایش میزان کلیرم در آب همبستگی بالایی دارد. آلودگی کلیرم مدفوعی در آبهای زیر زمینی ممکن است از طریق شیرابه زباله های سطحی و دفعی آلوده شده و یا از طریق چاه هایی که بعنوان محل دفن زباله و سرویس های بهداشتی بین راهی در مهمانسراها آلودگی آبهای زیر زمینی را بدنبال دارد. تخلیه فاضلاب های صنعتی در زمین در آبهای زیر زمینی آلودگی های شدید شیمیایی و احیاناً میکروبی تولید را به همراه دارد (لی و کیم، ۲۰۰۲).

۳-۴-۴- پساب

حداکثر و حداقل مقدار توتال و فکال کلیرم ها در پساب در فصول بهار و زمستان بود. حداکثر و حداقل مقدار شاخص ها در ایستگاه های نور رود و شهرک ایثار مشاهده شد. آلودگی ایستگاه نور رود احتمالاً بعلمت نزدیکی به واحد مرغداری و جاری شدن فضولات آن به رودخانه بار آلودگی توتال و فکال کلیرم آن از سایر ایستگاه ها بیشتر بود. در فصل بهار، با شروع بارندگی و جاری شدن رواناب و انتقال آلودگی ها از محیط اطراف به رودخانه بار میکروبی مجدداً افزایش یافته و در این فصل به حداکثر می رسد. در تابستان، با کاهش بارندگی مقدار آلاینده های طبیعی ناشی از جاری شدن رواناب، فرسایش خاک و انتقال مواد آلاینده از محیط اطراف به رودخانه حداقل مقدار می رسد (زنگنه و همکاران، ۱۳۷۶). در زمستان، با کاهش دما و تبدیل نزولات از باران به برف و کاهش فعالیت رستوران های اطراف بار آلودگی میکروبی رودخانه کاهش می یابد. (Banat et al, 1999)

Al-Kharabsheh, 1998; در بررسی بوم شناختی رودخانه تجن نشان داد، در ایستگاه های پایین دست بعلمت وجود مزارع پرورش ماهی و کارخانه چوب و کاغذ کیفیت آب بطور معنی داری کاهش می یابد (شریفی نیا و همکاران، ۱۳۹۱). لذا، مزارع پرورش ماهی، معادن، واحدهای خدماتی و رستوران ها از مهم ترین آلاینده های رودخانه هراز محسوب میگردند.

۴-۴-۴- نماتودهای پساب

میانگین سالانه تعداد تخم کرمهای نماتود در ایستگاه شهرک ایثار بیشتر از سایر ایستگاه ها بود. دامنه تغییرات میانگین تخم نماتود فصل تابستان بیشتر از زمستان بود. تعداد تخم در آب رودخانه به عواملی نظیر حجم فاضلاب، شدت و درصد آلودگی حوزه آبریز و تعداد حیوانات اهلی و وحشی در حواشی رودخانه بستگی دارد (Kolsky and Blumenthal, 1995). دبی آب رودخانه هراز حدود ۲۰-۱۵ متر مکعب در ثانیه برآورد گردید، تعداد تخم کرم نماتود در آب رودخانه در هر ثانیه به چندین میلیون میرسد و از این طریق می تواند آب تفرجگاه های کنار رودخانه هراز را که مردم برای تفریح در فصول گرم از آن استفاده می کنند آلوده و از این طریق بهداشت انسانی را مورد تهدید قرار دهد. در اولین بارندگی پس از فصل خشک تعداد باکتری ها در بسیاری از چاه ها، چشمه ها و رودخانه ها افزایش یافته ولی در دراز مدت تعداد باکتری ها به تعادل رسیده و کاهش می یابد. تعداد زیاد باکتری های توتال کلیفرم دلیل بر آلودگی مدفوعی تام نبوده و بسیاری از این کلیفرم ها باید شرایط مناسب ایجاد شود تا بتوانند رشد و تکثیر یابند و اکثر این باکتری ها بدلیل خود پالایی رودخانه از بین میروند. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی آب عاری از هرگونه کلیفرم جزء آب آشامیدنی محسوب میگردد (استاندارد، ۱۰۱۱). طبق استاندارد ایران، آب رودخانه هراز در هیچ کدام از ماههای نمونه برداری جهت آشامیدن مناسب نیست. با توجه به مقادیر به دست آمده برای شاخص های و مقایسه آن ها با اشرشیا کلی و کلیفرم و مقادیر مجاز اعلام شده آب رودخانه هراز جهت آشامیدن انسان، شرب احشام محصور شده، استفاده در صنایع غذایی، پرورش صدف خوراکی، حیات آبریان، آبیاری محصولاتی که خام مصرف می شوند و استفاده های تفریحی در هیچ یک از ماههای مورد مطالعه مناسب نیست.

منابع

- احمدی، محمدرضا و محمود نفیسی. ۱۳۸۰. شناسایی موجودات شاخص بی مهره آبهای جاری. انتشارات خبیر. ۲۴۰ ص.

- افراز، ع. و. ۱۳۷۵، طبقه بندی رودخانه های ورودی به تالاب انزلی با استفاده از منحنی های شاخص کیفیت، بولتن علمی شیلات ایران، شماره، سال پنجم، ۱۷ ص.

- ایماندل، ک. ۱۳۷۵. گندزداها و ضد عفونی کننده ها و کاربرد آنها در بهداشت محیط زیست، تهران: آینه کتاب

- ایاز، ق. ۱۳۷۴. شناخت و بررسی منابع آلاینده رودخانه تجن. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دریایی دانشگاه آزاد اسلامی. ۲۱۴ ص.

- بارتلی، ۱۹۹۵. استاندارد کیفیت آب در آمریکا، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا.

- تیزکار، م.، ۱۳۷۸ تعیین حداقل میزان کشنده دترجنت آنیونی خطی بر روی دو گونه ماهیان استخوانی تالاب انزلی (سیم و سفید). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران. صفحات ۲ تا ۱۰.

- حاتمی، رضوان، ن. محبوبی صوفیانی، ع. ابراهیمی، م. همای. ۱۳۹۰. ارزیابی اثر پساب آبرزی پروری بر جوامع ماکروبنیتوز و کیفیت آب رودخانه زاینده رود با استفاده از شاخص BMWP. محیط شناسی. سال سی و هفتم. شماره ۵۹. پاییز ۹۰. صفحات ۴۲-۵۳

- خطیب حقیقی، سپیده، احمد قانع و محمدرضا نهرور. ۱۳۸۷. بررسی میزان آلودگی کلیفرمی رودخانه سفارود در غرب استان گیلان. مجله شیلات سال دوم، شماره او

- دبیری، مینو (۱۳۷۵) - آلودگی محیط زیست هوا، آب، خاک، صوت - انتشارات اتحاد. ۲۸۶ صفحه

- دبیری اصفهانی، م. ۱۳۶۴. پتروشیمی، تهران: سپهر

- 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.

- روشن طبری، مژگان و همکاران. ۱۳۷۵. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه هراز. مجله علمی شیلات ایران

- روشن طبری، مژگان و همکاران. ۱۳۸۵. بررسی اثرات بهره برداری شن و ماسه بر روی اکوسیستم رودخانه های شیروود، تنکابن و تجن (گزارش نهایی پروژه). مؤسسه تحقیقات شیلات ایران

- زنگنه، پری. عبدالحسین. یوسفعلی، عابدینی ویوسف قدیمی. ۱۳۷۶. عوامل طبیعی موثر در کاهش آلودگی و افزایش قدرت خودپالایی آب ابررود در استان زنجان. مجموعه مقالات ششمین همایش کشوری بهداشت محیط. مازندران. دانشکده علوم پزشکی و بهداشت

- شریفی نیا، مسلم. جاوید ایمانپور، نمین و بزرگی ماکرانی، امین. ۱۳۹۱. ارزیابی بوم شناختی رودخانه تجن با استفاده از گروه های تغذیه ای بزرگ بی مهرگان کفزی و شاخص های زیستی. مجله اکولوژی کاربردی، شماره ۱، ۸۰ صفحه.

- شهسواری پور، ناهید و عباس اسماعیلی ساری. ۱۳۹۱. بررسی آلودگی میکروبی رودخانه هراز و تعیین کاربری های مجاز آب رودخانه با توجه به استانداردهای جهانی. علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۳، شماره ۴.

- شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران و گلستان ۱۳۸۰ موضوع قرارداد پرورش ماهی سردآبی. امور آب آمل

- شرکت سهامی آب منطقه ای. ۱۳۶۴. طرح توسعه منابع آب حوزه رودخانه های تالار، بابل، هراز. جلد ششم، مطالعات وضع موجود آبیاری ص ۱۹۳

- شرکت مهندسین مشاور خزر آب، ۱۳۷۷، مطالعه طرح مهندسی و ساماندهی رودخانه تجن، کیفیت آب و آثار زیست محیطی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران و گلستان
- شرکت مهندسین مشاور خزر آب، ۱۳۹۰. مطالعات ارزیابی اثرات زیست محیطی سد منگل در محدوده شهرستان آمل در هر یک از فازهای ساختمانی و بهره برداری. ۱۲۹۶ ص.
- صفائیان، شیلا. ۱۳۸۴. میکروبیولوژی محیطهای آبی. انتشارات احسن. ۲۳۹ صفحه.
- غفاری، م. و شریف پور، ع. ۱۳۸۰. (ترجمه از نوشته زندکاسوبوداوا، ریچارد دلوید، یاناما کوو، بلانکا ویکوزووا، ۱۹۹۱). کیفیت آب و بهداشت ماهی، نشریه علمی شماره ۲۰، ۱۰۷ ص. ۱۳۸۰ انتشارات معاونت تکثیر پرورش آبزیان.
- غیاثوند، ا. ۱۳۸۷. کاربرد آمار و نرم افزار SPSS در تحلیل داده ها. تهران: نشر لویه.
- قانع تهران، محمود، م. یوسفیان. م. رامین. ح. رضانی. ح. نصراله زاده. م. شکوری. ش. بهروزی. ع. مکرمی. ع. سلیمانی رودی. ش. نجف پور. ح. آذری تاکامی. غ. رازقیان. ج. معاضدی. م. دوستدار. فلاح پور. ق. کریم زاده. ع. اسماعیلی ملا. چ. مخدومی. منتشر نشده. بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی رودخانه های تجن و سرخرود در زمان رهاسازی ماهی سفید انگشت قد (۱۳۹۰-۱۳۸۹). (گزارش نهایی پروژه). مؤسسه تحقیقات شیلات ایران
- کیابی، ب. ۱۳۷۴. خانه سازی به قیمت بی خانمانی آبزیان. ماهنامه آبزیان شماره ۳.
- کرباسی، عبدالرضا و فرزاد کلانتری. ۱۳۸۶. بررسی منابع آلاینده رودخانه هراز و ارایه راهکارهای مدیریتی جهت کنترل آن. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست؛ سال نهم، شماره ۳، پیاپی ۳۴، ص ۶۱.
- کمالی زاد، ع.، ۱۳۶۴. کتاب راهنمای آب. انتشارات ایران علمی.

- لالوئی؛ فرامرز. نجف پور، شعبان. نصراله زاده ساروی، حسن. غلامی پور، سلیمان. واردی، ابراهیم. رستمیان، محمد تقی. روحی، ابولقاسم ۱۳۸۹ " هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه جنوبی دریای خزر"، گزارش دفاع شده، در حال تصحیح نهائی است (سال ۳-۱۳۸۲) موسسه تحقیقات شیلات ایران.

- لالویی، ف.، پیری، م.، نگارستان، ح.، شفیعی پور، م.م.، زلفی نژاد، ک.، کیهان ثانی، ع.ع.ر. ۱۳۸۳. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه دریای خزر ۷۸-۱۳۷۷، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۰۶-۰۰۰-۲۱۴۰۰۰-۰۷۱۰۲۱۴-۰۷۷.

- لالوئی، ف.، نجف پور، ش.، نصراله زاده ساروی، ح.، غلامی پور، س.، افرائی، م.ع. و رستمیان، م.ت. ۱۳۷۵ بررسی جامع رودخانه تنکابن، انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران-۱۳۸۳

- محوی، ا.ح. علوی نخجوان، ن. ندافی، ک. ۱۳۸۳. بررسی راندمان حذف دترجت ها در تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس به روش لجن فعال، افق دانش؛ مجله دانشکده علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی گناباد دوره ۱۰؛ شماره ۲؛ سال ۱۳۸۳

- محمد پور، مریم و همایون خوشروان. ۱۳۸۵. ارزیابی پتانسیل خطر منابع آلاینده بر روی رودخانه هراز. بیست و پنجمین گردهمائی علوم زمین.

- ملازاده، نسترن. ۱۳۸۴. تعیین کلاسه کیفی آب رودخانه هراز با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف و پارامترهای فیزیکوشیمیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ۷۴ ص.

- ملک زاده، فریدون و منوچهر شهامت. ۱۳۷۹. میکروبیولوژی عمومی، انتشارات عقیق. ۴۸۳ صفحه.

-موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران - استاندارد شماره ۱۰۱۱- ویژگیهای میکروبیولوژی آب

آشامیدنی

- منزوی، م.ت. ۱۳۶۶. فاضلاب شهری (تصفیه فاضلاب)، جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران.

- نادری، م. ۱۳۸۷. تاثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلاهی 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.

- نادری، شیرین، محمود شریعت، کاظم ندافی، و فروغ واعظی، ۱۳۸۲، بررسی ارتباط بین میزان شاخصهای

بیولوژیک و پارامترهای کیفی آب در سیستم توزیع آب آشامیدنی مناطق روستایی استان قزوین، ششمین

همایش ملی بهداشت محیط، ساری، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران،

- نصراله زاده ساروی، ح.، رضایی، م.، مخلوق، آ.، واحدی، ف. و 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. و موسوی، س.م. ۱۳۷۵. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی

رودخانه تنکابن در سال ۱۳۷۴، انتشارات مرکز تحقیقات شیلات استان مازندران. ۵۶ ص.

- نجف پور، شعبان. نصراله زاده ساروی، حسن. واردی، سیدابراهیم. یونسی پور، حوریه. غلامی پور، سلیمان.

رضایی، مریم. علوم، یوسف. نصراله تبار عبدالله. و احمد نژاد، احد. ۱۳۹۱. "بررسی آلاینده های زیست

محیطی (سموم ارگانوکلره، فلزات سنگین، هیدروکربورهای نفتی و سورفکتانت) در سواحل جنوبی دریای

خزر" مؤسسه تحقیقات شیلات ایران- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر با کد مصوب: ۸۸۰۳۴ - ۸۸۰۱-۱۲-

- نجف پور، ش. غلامی پور، س. واردی، ا. ۱۳۸۸. "بررسی اثرات احتمالی باقی مانده سموم کشاورزی کلره در صنعت پرورش" نخستین همایش ملی بیماری های اقتصادی صنعت پرورش قزل آالی رنگین کمان، ۲۷ و ۲۸ اردیبهشت، ۱۳۸۸- شهرکرد

- نجف پور، ش. غلامی پور، س. ربانی، م. روحی، ا. واردی، ا. یوسفیان، م. گنجیان، ع. موسوی، س.م. و افرائی، م.ع. -۱۳۸۶. بررسی مستمر (Monitoring) رودخانه شیروود (غرب استان مازندران-۷۹) انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران

- نجف پور، ش. نصراله زاده ساروی، ح. غلامی پور، س. هاشمیان، ع. رستمیان، م.ت. مخلوق، آ. کیهان ثانی، ع.ر.، علوم، ی. و افرائی، م.ع. -۱۳۸۴. مطالعات تکمیلی لیمنولوژیکی روخانه شیروود (غرب استان مازندران-۸۱) انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران

- نجف پور. ش. پرداختی، ع.ر. غلامی پور، س. و یوسفیان، م. ۱۳۸۰ تعیین برخی از سموم کشاورزی کلره در آب رودخانه های بابلرود، چالوس و مصب آنها ۱۳۷۵. انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران

- نیکوئیان، ا. ۱۳۸۲. (ترجمه از نوشته لاندبای، ای. کی. برنتس، ام.اچ.جی. بیکر، آر.تی. هندی، ام. آر.دی. وندلاربونگا، اس. و ماگ، ای. صنعت آبی پروری، لزوم محدودیت های فراتر و ارزیابی بیشتر ترکیبات خوراکی ماهیان. ترجمه مجله علمی تخصصی، تحقیقاتی بندر و دریا. تیر ۱۳۸۲. سال ۱۸، شماره ۱۰۵ ص ۱۵-۱۳

- واردی، س.ا. نگارستان، ح. واحدی، ف. سلیمان رودی، ع. غلامی پور، س. صفری، ر. نجف پور، ش. نصراله زاده، ح. افرائی، 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 با کد مصوب: ۲۲-۰۷۱۰۳۳۶۰۰۰ - ۸۲

- واردی، ابراهیم. نصراله زاده ساروی ، حسن. نجف پور، شعبان. واحدی، فریبا. غلامی پور، سلیمان. یونسی پور، حوریه. علوم، یوسف. طالشیان، حسین. احمد نژاد، احد. ۱۳۸۹. بررسی آلاینده های زیست محیطی (فلزات سنگین، هیدرکربورهای نفتی، سورفاکتانت ها و سموم کشاورزی) در سواحل جنوبی دریای خزر. انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران.

- یربی، بنفشه. ۱۳۸۴. بررسی اثر توزیع مکانی و زمانی بارندگی روی رواناب حوزه آبخیز هراز. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۰ صفحه

- Abdul-Wahab, S.A., Bakheit, C.S. and Al-Alawi, S.M. (2005) Principal component and multiple regression analysis in modeling of ground-level ozone and factors affecting its concentrations. *Environmental Modeling & Software* 20 (10), 1263-1271.
- Ackefors,H., Enell,M. 1994. The release of nutrients and organic matter from aquaculture.SsIyDste.mirs in Nordic countries. *Journal of Applied Ichthyology*, 10: 225-241.
- Al-Kharabsheh, A. A., 1999. Influence of urbanization on water quality at wadi Kufranja basin (Jordan). *Journal of Arid Environments* 43: 79-89.
- Alvin C. Rencher, (2002) *Methods of Multivariate Analysis*, Second Edition, Jhon Wiley & Sons, INC, publication.
- APHA (American Public Health Association). 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. American Public Health Association. Washington, U. S. A. 10.1-10.47.
- Anderson, K.A. 2000. *Drinking water & Recreational water quality: Microbiological Criteria*.
- Babu Rajendran, R. Karunguran, V.M. Babu, S. And Subramainian, A.N. 1992. Level of chlorinated Insecticides in fishes from the Bay of Bengal; *Marine pollution Bulletin* 24, (11), pp. 567-570.
- Banat, I. M., E. S. Hassan, M. S. EIShahawi, and A. H. Abu-Hilal. 1998. Post – Gulf- war sssessment of nutrients, heavy metal ions, hydrocarbons and bacterial pollution levels in the United Arab Emirates coastal waters. *Pergamon Environment Intemafional*, 24: 109-116.
- Bergero, D., et al .2001. A description of ammonia content of output waters from trout farms in relation to stocking density and flow rates”. *Ecological Engineering*. 17: 451- 455.
- Bluman, A.G. 1998. *Elementary Statistics: A Step by Step Approach*.USA. Tom casson publisher. 3rd edition.
- Bouchet, F., S. Harter and L.M. Bailly, 2003. The stste of the art of paleoparasitological research in the old world . *Mem Inst. Oswaldo Cruz* 98:95-101.
- Boyd, C.E. and Frobish, L.T.,1990. *Water Quality in ponds for aquaculture*. Birmingham Publishing Co, Birmingham, Alabama.
- Burton, T. M. & J. W. Allan. 2011. Influence of pH, Aluminum, and Organic Matter on Stream Invertebrates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1986, 43(6): 1285-1289, 10.1139/f86-159

- Camillo, C.L. 1989. "Ascariasis and its prevention and control". National experiences of Ascaris control measures and programmes.12. Latin America. D.W.T. Crompton (Editor), M.C. Nesheim (Editor), Z.S. Pawlowski (Editor). pp. 223-243. Taylor and London , NewYork and Philadelphia.
- Castilho, J.A.A., Fenzl, N., Guillen, S.M. and Nascimento, F.S. 2000. Organochlorine and organophosphorus pesticide residues in the Aytoya river basin, Chinandega, Nicaragua. *Environmental Pollution* 110 (3) 523-533.
- 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*, 2(5): 207 – 211.
- Choi, K.Y. Kim, S.K. and Chon, H.T. 2008. Distributions and Accumulations of Heavy Metals in the Sediments of Harbors and Coastal Areas in Korea. Proceedings of the International Symposia on Geo-science Resources and Environments of Asian Terranes GREAT 2008), 4th IGCP 516, and 5th APSEG; Bangkok, Thailand.
- Clark, R.B. 1992. *Marine Pollution*, 3rd edition; pp. 25- 45.
- Crompton, D.WT. 1988. The prevalence of ascariasis. *Parasitology Today* ؛ 4:162-8.
- 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.
- Dakag , M.F. & Kikodemusu , I . 1981. Effect of Synthethic Detergent on the Formazon of various Environmental Bacteria .*Zentralble. Mikrobial.* 174: 121 – 124.
- Edmondson , W.T. 1959 . *Fresh-water biology*, John Wiley & Sons, Inc. Washington.1248 pp.
- EEC, 1998. Council Directive 98/83/EC of 3 Nov. 1998 on the quality of water intended for human consumption (Official Journal L 330, 05/12/1998, (p. 32-45).
- El-Kabbany, S., Rashed, M.M. and Zayed, M.A. 2000. Case study Monitoring of the pesticide levels in some water supplies and agricultural land, in El-Haram, Giza (A.R.E.); *Journal of Hazardous Materials A72* (2000) 11-21
- Elkins, D.B., M.R. Haswell-Elkins, and R.M. Anderson, 1986. The epidemiology and control of intestinal helminths in the Pulicat Lake region of Southern India. I. Study design and pre- and post-treatment observations on *Ascaris lumbricoides* infection. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 80, 774-792.
- Environment Protection Agency (EPA). 2002. *The Microbiology of Drinking water part 1 – Water Quality and Public Health* p 9-28.
- 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.
- EPA, 1992. *National Survey of Pesticide in Dinking water wells. Phase II Report EPA 570/9- 91-020*, National Technical Information Service, Spring-field, VA.
- EPA, 2004. *Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential Science Information Management Branch Health Effects Division Office of Pesticide Programs U.S. Environmental Protection Agency July 19, 2004*
- EPA, 1995. *US Environmental Protection Agency., Pesticides Module Method # 508*, Washington, DC
- Favalaro, J. & J. Lompart. 2012. *Benthic Macroinvertebrate Study Thames River, Environmental and Engineering Services Department, Wastewater Treatment Operations*. London

- García, JH., Li, WW., Arimoto, R., Okrasinski, R., Greenlee, J. and Walton, J. et al. (2004) Characterization and implication of potential fugitive dust sources in the Paso del Norte region. *Sci Total Environ* 325:95–112.
- Gaufin, A. R., and C. M. Tarzwell, 1952. Aquatic invertebrates as indicators of stream pollution. *Public Health Rep.* 1952 January; 67(1): 57–64.
- Gov, Environment Conservation Rules, 1997. *Bangladesh Gazette*, The Ministry of Environment and Forest, The Government of the people's Republic of Bangladesh, 27th August.
- Goncalves, MLC. A. Araujo and L.F. Ferreira, 2003. Human intestinal parasites in the past: New findings and a review. *Mem Inst. Oswaldo Cruz* 98:103-118.
- Hair, J. F., R. E. Anderson and R. L. Tatham, 1998. *Multivariate Data Analysis*, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., USA.
- Harrel, R. C., and T. C. Dorris, 1968. Stream Order, Morphometry, Physico-Chemical Conditions, and Community Structure of Benthic Macroinvertebrates in an Intermittent Stream System. *American Midland Naturalist* Vol. 80, No. 1 (Jul., 1968), pp. 220-251
- Hauer, F.R. & G.A.Lamberti, 2007. *Methods in Stream Ecology*. Elsevier Inc. 854 pp.
- Hilsenhoff, W.I. 1988. "Rapid Field Assessment for Organic Pollution with a Family Level Biotic- Index", *North American Benthological Society*, 7 (1):65-68
- <http://www.cleaning101.com/cleaning/history>
- <http://seashore111.blogfa.com/post-45.aspx>
- <http://iczn.org/content/opinion-2167-case-3305-naididae-ehrenberg-1828-annelida-clitellata-precedence-over-tubificid>
- Hung, DQ. and Thiemann, W. 2002. Contamination by selected chlorinated pesticides in surface water in Hanoi, Vietnam. *Chemosphere* 47: 357-67
- IUCN/WCPA. 1999. Guidelines for marine protected areas. Edited and coordinated 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, *Jahangirnagar Uni.J.Sci.*, 137-138.
- Kim, G. T., E. Choi, and D. Lee. 2005. Diffuse and point pollution impacts on the pathogen indicator organism level in the Geum River, *Korea Science of the Total Environment* 350: 94– 105
- 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.
- Kolsky, P.J. and V.J. Blumenthal. 1995. Environmental health indicators and sanitation related disease in developing countries: limitation to the use of routine data sources. *World Health Statistics Quarterly*. 48: 132-9.
- Lee, D.J. and C.S. Kim. 2002. Nonpoint source groundwater pollution and endogenous regulatory policies, *Water Resour. Res.*, 38(12), 1275
- Lehotay, S.J., Harman –Fetcho, J.A. and McConnell, L.L. 1998. Agricultural Pesticides residues in oysters and water from two Chesapeake bay tributaries; *Marine Pollution Bulletin*, 37 (1-2) 32-44
- Lenat, D.R. 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of North American Benthological Society*, 7(3):222-233
- Loch, D.D., J.L. West and D.G. Perlmutter, 1996. The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*, 147: 37–55.

- Love, D., Hallbauer, D., Amos, A. and Hranova, R. 2004. Factor analysis as a tool in groundwater quality management: two southern African case studies. *Physics and Chemistry of the Earth* 29, 1135-1143.
- Mance, G. 1990. Pollution threat of heavy metals in Aquatic Environments. Elsevier applied science . London. 372pp.
- Maitland, P.S. 1990. Biology of fresh waters, published in USA by Chapman and Hall.
- MOOPAM, 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods, Kuwait.
- Najafpour, Sh., Farabi, S.M.V., Yousefian, M., Abbas Alkarkhi, F.M. and Ganjian A. 2010. The Determination of Organochlorine Pesticides Residues in Chalus River Water by "multivariate Analysis" *Iranica J.of Energy & Environment* 1(3), 222-227
- Najafpour, Sh., Abbas Alkarkhi, F.M., AB Kadir M.O. and Najafpour, Gh.D. (2009) "statistical assessment of organochlorine pesticides residues in surface water penetrated into capian Sea" *J. of The Chemical Society of Pakistan.*, 31(3); pp. 415-421.
- Najafpour, Sh. 2007. A Water Quality Study with Emphasis on Pesticides in Shiroud River Cachment in Southern Par of Caspian Sea. Ph.D. Thesis of Industrial Technology, University Science Malaysia
- Najafpour, Sh., Abbas Alkarkhi, F.M., Nik Ab Rahman, N.N. and Gholamipour, S. 2005. Effect of Chlorinated Pesticides residues of lindane, dieldrine and aldrine in Tajan River. The Proceeding of Int. Conf. on 2nd Chem. & Bio. Eng. in Conjunction with 19th Symp. Malaysia Chem. Eng. (SOMCHE) pp. 686-689, 8-10th Dec. Kota Kinabalu University Malaysia Sabah, Malaysia.
- Needham, J.G. 1962. A guide to the study of Fresh-water biology. HOLDEN-DAY,INC., SAN FRANCISCO. 107 PP.
- Nowak, B. (1998) Contents and relationship of elements in human hair for a non industrialized population in Poland. *Sci Total Environ* 1998;209:59– 68.
- 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.
- Parajuli, P. B. 2007. SWAT bacteria sub-model evaluation and application. Doctor of Philosophy .doctorial dissertation. Department of Biological and Agricultural Engineering
- Pennak, R.W. 1953. Fresh Water Invertebrates of the United States , The Ronald Press , NEW YORK , 769 PP
- 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.
- Pillay, T.V.R. 2003. Aquaculture and the environment. (2nd Ed.) Blackwell Publishing Limited. Oxford 196pp.
- Raftery, A., 1993. Bayesian model selection in structural equation models. In K. Bollen & J. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp. 163-180): Newbury Park, California.
- 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.
- Rand, G.M. 1995. Fundamentals of aquatic toxicology . Taylor & Francis. United States: 859-882.
- Rui Boaventura, Ana M. Pedro, Joao Coimbra & Eduardo Lencastre. 1997 Trout Farm Effluents: Characterization and Impact on the Receiving Streams. *Environmental Pollution*, Vol.95, No.3 , pp. 379-387 . Elsevier Science Ltd.
- Said, T.O. and Hamed, M.A. 2005. Distribution of Chlorinated pesticides in Surface Water and Fish of El Temsah and Bitter Lakes, Sues Canal. *Egyptian Journal of Aquatic Research*; V, 31(1) 200-212
- Sarbu, C. and Pop, H.F. 2005. Principal component analysis versus fuzzy Principal component analysis. A case study: the quality of Danube water (1985-1996). *Talanta* 65, 1215-1220.

- 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.
- Sargaonkar, A. and V. Deshpande, 2003. Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context. *Environ. Monit. Assess* 89: 43–67.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L. and Parkin, G.F. 2003. Chemistry for Environmental Engineering and Science. (5th. Ed), Newyork: McGraw-Hill.
- Scott, M.J. & Jones M.N. 2002. The biodegradation of surfactants in the environment. *Biochemical Acta*. 2002; 15 (8): 235-51.
- 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.
- Sfriso, A., Maroli, L., Pavoni, B. and Raccanelli, S. 1993. Concentrations of Polychlorinated Biphenyls and pesticides indifferent species of Macroalgae from venice lagoon. *Marine pollution Bulletin* vol. 26, (10), pp.553-556.
- 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.
- Siapatis, A., M. Giannoulaki, V. D. Valavanis, A. Palialexis, E. Schismenou, A. Machias and S. Somarakis. 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. *Hydrobiologia*, 612:281–295
- Simenov, V., Sarbu, C., Massart, D. L. and Tsakovski, S. 2001. Danube River Water Data Modelling by Multivariate Data Analysis. Springer-verlag. *Mikrochim. Acta*, 137: 243-248.
- Sinha, A.K., Srivastava, K.P. and Sexena, J. 2000. Impact of urbanization on groundwater of Jaipur, Rajasthan, Earth resources and environmental issue.
- Singh, G, 1980. Water supply and Sanitary Engineering, vol. 2. Edition- standard publishers Distributors. Dehli.
- Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D. and Sinha, S. 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India): a case study. *Water Research* 38, 3980-3992.
- 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.
- 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.
- Stephens, W.W. and J.L. Farris, 2004. Instream community assessment of aquaculture effluents. *Aquaculture* 231: 149–162.
- Stevenson, J.R., X. T. Irz, R.G. Alcalde, J. Petit and P. Morissens, 2003. Coastal aquaculture systems in the Philippines: A Typology of brackish water pond aquaculture systems in the Philippines. The university of Reading publisher, Philippines.
- Strain, P.M. and Yeats. P.A. 1999. The Relationships between Chemical Measures and Potential Predictors of the Eutrophication Status of Inlets. *Marine Pollution Bulletin*. Elsevire science. Vol. 38, No.12. pp.1163-1170.
- 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.
- Tomlin, C. 2000. The Pesticide Manual, Incorporating the Agrochemical Handbook, 12th Edition. Crop protection Publication; British Crop Protection Council and the Royal Society of Chemistry, Cambridge
- Turgut, C. 2003. The contamination with organochlorine pesticides and heavy metals in surface water in Menderes River in Turkey, 2000–2002. *Environment International* 29: 29– 32
- UBA. Umweltbundesamt, (1993) Date our Umbel. Erich Schmidt Vela, Berlin. 439- 442.
- 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.

- Van den Berg, F., Kubiak, R., Benjey, W.G., Majewski, M.S., Yates, S.R., Reeves, G.L., Smelt, J.H. and van der Linden, A.M.A. 1999. Emission of pesticides into the air, water, *Air and Soil Pollution* 115, 195-218.
- Yu, S.J. 2008. The toxicology and Biochemistry of Insecticides; Published by CRC Press.
- Zimmerman, M.C. 1993. The use of the biotic index as an indication of water quality. *Tested studies for laboratory teaching*, Vol. 5. pp. 85-98.

پیوست

جدول ۱ پیوست : میانگین سالانه (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه های آبهای سطحی رودخانه هراز (سال ۸۹-۳۸۸)

لار (پلور)	لاسم	کیلومتر ۱۱۵ هراز	نورود	پل چلاو	کره سنگ	سر خرود	ایستگاه	
							پارامترهای محیطی •	
10/8 ± 1/27	10/3 ± 1/6	12/7 ± 1/21	11/85 ± 1/62	13/2 ± 1/45	13/15 ± 1/47	16/95 ± 2/12	Mean±SE	درجه حرارت آب (°C)
4 - 16	0 - 16	6 - 18	3/5 - 19	6 - 20	6 - 20	8 - 28	Min - Max	
13/15 ± 2/62	13/1 ± 2/55	16/25 ± 1/92	16/6 ± 2/02	16/8 ± 1/86	15/40 ± 2/04	17/62 ± 2/46	Mean±SE	درجه حرارت هوا (°C)
-1 - 22/5	0 - 22	6/5 - 23	4 - 23	7 - 26	7 - 26	10 - 31	Min - Max	
10/41 ± 0/21	11/14 ± 0/45	9/72 ± 0/24	10/25 ± 0/27	10/25 ± 0/3	9/77 ± 0/24	9/36 ± 0/23	Mean±SE	DO(mg/l)
9/2 - 11/4	9/8 - 14/84	7/8 - 10/5	9/1 - 12/16	9 - 12/48	8/10 - 10/8	7/7 - 10/2	Min - Max	
2/23 ± 0/17	2/32 ± 0/19	2/46 ± 0/51	1/55 ± 0/14	2/51 ± 0/14	1/99 ± 0/22	2/18 ± 0/26	Mean±SE	BOD5(mg/l)
1/12 - 2/8	1/12 - 3/2	0/16 - 6/4	1 - 2/3	1/8 - 3/2	1 - 3/20	0/8 - 3/5	Min - Max	
5/3 ± 1/5	7/8 ± 0/8	11/1 ± 2/4	5/5 ± 1/5	12/1 ± 5/5	5/6 ± 1/3	5/7 ± 0/8	Mean±SE	COD(mg/l)
0 - 8/2	5.4 - 9/5	5/7 - 22	0 - 7/9	1 - 39	1 - 8/1	3 - 10	Min - Max	
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	
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	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
16 - 36	16 - 28	18 - 32	18 - 44	21 - 40	22 - 73	23/9 - 100	Min - Max	
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	CO ₃ ²⁻ (mg/l)
4 - 13/3	8 - 24	10 - 20	8 - 19	8 - 36	0 - 44	0 - 32	Min - Max	
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	16 - 52	26 - 52	19 - 64	22 - 76	22 - 113	24 - 104	Min - Max	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	

• = تعداد نمونه = ۱۰

جدول ۲ پیوست: میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه سرخورد (آبهای سطحی) رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

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

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

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

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

• تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۴ پیوست: میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه پل چلاو (آبهای سطحی) رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

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

• تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۵ پیوست: میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه نور رود (آبهای سطحی) رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

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

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۶ پیوست: میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ (آبهای سطحی) رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

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

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

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

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

• تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

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

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

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۹ پیوست: میانگین سالانه (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه های آبهای زیرزمینی مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

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

• تعداد نمونه - ۱۰

جدول ۱۰ پیوست : میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه کلوده (آبهای زیرزمینی) 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 (°C) ()
18 - 19	-	19 - 20	18 - 21	Min - Max	
8/3 ± 0/9	16	27 ± 2/3	16/7 ± 2/7	Mean±SE	درجه حرارت هوا (°C)
7 - 10	-	23 - 31	14 - 22	Min - Max	
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	
38 ± 4	50	38 ± 4	46 ± 5	Mean±SE	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
30 - 42	-	34 - 42	38 - 54	Min - Max	
16	0	4	-	Mean±SE	CO ₃ ²⁻ (mg/l)
-	-	-	-	Min - Max	
43 ± 2	50	38	46 ± 5	Mean±SE	TA (mg/l)
41 - 46	-	-	38 - 54	Min - Max	
242 ± 114	373	355 ± 22	280 ± 31	Mean±SE	TH (mg/l)
93 - 467	-	333 - 400	220 - 326	Min - Max	
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	
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	
31 ± 9/64	46	36/5	30 ± 17	Mean±SE	Cl ⁻ (mg/l)
13 - 46	-	-	13 - 47	Min - Max	
52/7 ± 8/4	32	106	82 ± 16	Mean±SE	Ca ²⁺ (mg/l)
41 - 69	-	-	66 - 98	Min - Max	
21 ± 4	71	16/2	24/5 ± 5/5	Mean±SE	Mg ²⁺ (mg/l)
16 - 29	-	-	19 - 30	Min - Max	
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	

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۱۱ پیوست : میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه هلوم سر (آبهای زیرزمینی) مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

هلوم سر				ایستگاه	
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامترهای محیطی •	
17 ± 1	18	19 ± 0/3	18 ± 1	Mean±SE	درجه حرارت آب(°C)
16 - 18	-	18 - 19	16 - 19	Min - Max	
16/7 ± 3/3	17	24/5 ± 2/8	17 ± 3	Mean±SE	درجه حرارت هوا(°C) (
10 - 20	-	20 - 29/5	14 - 23	Min - Max	
7/75 ± 0/2	7/35	7/82 ± 0/07	7/91 ± 0/06	Mean±SE	pH
7/39 - 8/07	-	7/68 - 7/91	7/85 - 8/02	Min - Max	
30 ± 4	36	23 ± 3	21 ± 3	Mean±SE	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
22 - 37	-	20 - 25	16 - 26	Min - Max	
20	-	8	-	Mean±SE	CO ₃ ²⁻ (mg/l)
-	-	-	-	Min - Max	
36 ± 3	36	33	21 ± 3	Mean±SE	TA (mg/l)
30 - 42	-	-	16 - 26	Min - Max	
167 ± 71	447	320	293 ± 35	Mean±SE	TH (mg/l)
73 - 307	-	-	226 - 346	Min - Max	
0/002 ± 0/001	0/005	0/003 ± 0/001	0/002	Mean±SE	TSS (mg/l)
0/001 - 0/003	-	0/002 - 0/004	-	Min - Max	
0/33 ± 0/01	0/35	0/37 ± 0/04	0/43 ± 0/05	Mean±SE	TDS (mg/l)
0/32 - 0/34	-	0/32 - 0/45	0/34 - 0/5	Min - Max	
21/67 ± 4/06	29	31/8	29 ± 6	Mean±SE	Cl ⁻ (mg/l)
15 - 29	-	-	23 - 35	Min - Max	
43 ± 6/1	21	99	56 ± 16	Mean±SE	Ca ²⁺ (mg/l)
32 - 53	-	-	40 - 72	Min - Max	
14/7 ± 2	96	16/2	30/5 ± 0/5	Mean±SE	Mg ²⁺ (mg/l)
11 - 18	-	-	30 - 31	Min - Max	
0/66 ± 0/01	0/71	0/66 ± 0/01	0/86 ± 0/09	Mean±SE	EC (ms/cm)
0/64 - 0/68	-	0/64 - 0/69	0/69 - 0/99	Min - Max	

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۱۲ پیوست : میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه سد منگل (آبهای زیرزمینی) مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

سد منگل				ایستگاه	
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامترهای محیطی •	
12 ± 03	12	11 ± 0/3	13 ± 1	Mean±SE	درجه حرارت آب(°C)
12 - 13	-	11 - 12	12 - 14	Min - Max	
12/3 ± 3/3	8/5	21 ± 1/5	16/3 ± 2/8	Mean±SE	درجه حرارت هوا(°C) (
9 - 19	-	19 - 24	13 - 22	Min - Max	
7/81 ± 0/18	7/39	7/78 ± 0/16	7/97 ± 0/07	Mean±SE	pH
7/46 - 8/04	-	7/49 - 8/04	7/83 - 8/04	Min - Max	
28 ± 2	26	20	19 ± 2	Mean±SE	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
26 - 32	-	-	16 - 22	Min - Max	
-	-	6 ± 2	-	Mean±SE	CO ₃ ²⁻ (mg/l)
-	-	4 - 8	-	Min - Max	
28 ± 2	26	28	19 ± 2	Mean±SE	TA(mg/l)
26 - 32	-	-	16 - 22	Min - Max	
126 ± 63	293	272 ± 21	217 ± 39	Mean±SE	TH(mg/l)
60 - 253	-	230 - 300	140 - 266	Min - Max	
0/004 ± 0/0003	0/011	0/006 ± 0/002	0/003	Mean±SE	TSS(mg/l)
0/003 - 0/004	-	0/004 - 0/01	-	Min - Max	
0/23 ± 0/01	0/25	0/25 ± 0/003	0/33 ± 0/04	Mean±SE	TDS(mg/l)
0/21 - 0/25	-	0/25 - 0/26	0/25 - 0/37	Min - Max	
12/33 ± 0/88	11	17/25	11	Mean±SE	Cl ⁻ (mg/l)
11 - 14	-	-	-	Min - Max	
48/7 ± 15/6	24	46/1	49 ± 7	Mean±SE	Ca ²⁺ (mg/l)
23 - 77	-	-	42 - 56	Min - Max	
14 ± 3/8	57	27/5	17 ± 9	Mean±SE	Mg ²⁺ (mg/l)
7 - 20	-	-	8 - 26	Min - Max	
0/046 ± 0/02	0/51	0/51 ± 0/01	0/65 ± 0/08	Mean±SE	EC (ms/cm)
0/42 - 0/5	-	0/5 - 0/53	0/5 - 0/74	Min - Max	

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۱۳ پیوست : میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه لاریجان (آبهای زیرزمینی) مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۱۳۸۸)

لاریجان				ایستگاه	
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامترهای محیطی •	
32/ ± 1	33	32 ± 0/3	33± 0/3	Mean±SE	درجه حرارت آب (°C)
31 - 33	-	32 - 33	32 - 33	Min - Max	
16/7 ± 4/4	4	21/7 ± 1/5	19 ± 3/1	Mean±SE	درجه حرارت هوا (°C)
8 - 22	-	19 - 24	13 - 23	Min - Max	
6/71 ± 0/3	6/3	6/51 ± 0/19	6/93 ± 0/33	Mean±SE	pH
6/39 - 7/31	-	6/24 - 6/88	6/58 - 7/58	Min - Max	
95 ± 2	104	82 ± 12	83 ± 11	Mean±SE	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
92 - 100	-	70 - 94	70 - 104	Min - Max	
-	-	-	-	Mean±SE	CO ₃ ²⁻ (mg/l)
-	-	-	-	Min - Max	
95 ± 2	104	70	83 ± 11	Mean±SE	TA (mg/l)
92 - 100	-	-	70 - 104	Min - Max	
3563 ± 263	2600	2457 ± 672	2900 ± 58	Mean±SE	TH (mg/l)
3090 - 4000	-	1770 - 3800	2800 - 3000	Min - Max	
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	
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	
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	
388/7 ± 133/6	292	4/3	194/5 ± 24/5	Mean±SE	Mg ²⁺ (mg/l)
146 - 607	-	-	170 - 219	Min - Max	
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	

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۱۴ پیوست : میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه آب اسک (آبهای زیرزمینی) مجاور رودخانه هراز (سال ۸۹-۳۸۸)

آب اسک				ایستگاه	
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامترهای محیطی •	
25 ± 2	27	27 ± 1	28	Mean±SE	درجه حرارت آب(°C)
22 - 28	-	26 - 28	-	Min - Max	
13/3 ± 2/9	3	20/3 ± 1/3	18/3 ± 2/2	Mean±SE	درجه حرارت هوا(°C) (
8 - 18	-	19 - 23	14 - 21	Min - Max	
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	
95 ± 7	84	80 ± 8	89 ± 7	Mean±SE	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
82 - 104	-	72 - 88	80 - 104	Min - Max	
-	72	5	-	Mean±SE	CO ₃ ²⁻ (mg/l)
-	-	-	-	Min - Max	
95 ± 7	156	77	89 ± 7	Mean±SE	TA(mg/l)
82 - 104	-	-	80 - 104	Min - Max	
2333 ± 348	1300	1257 ± 172	1683 ± 93	Mean±SE	TH(mg/l)
1700 - 2900	-	1070 - 1600	1500 - 1800	Min - Max	
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	
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	
1189 ± 73/04	1205	360/2	1294 ± 53	Mean±SE	Cl ⁻ (mg/l)
1063 - 1316	-	-	1241 - 1347	Min - Max	
287 ± 37/4	100	481	240 ± 40	Mean±SE	Ca ²⁺ (mg/l)
240 - 361	-	-	200 - 280	Min - Max	
185/3 ± 4/5	265	96/2	242/5 ± 48/5	Mean±SE	Mg ²⁺ (mg/l)
179 - 194	-	-	194 - 291	Min - Max	
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	

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۱۵ پیوست: میانگین سالانه (\pm خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه های پسابها (سال ۸۹-۱۳۸۸)

کیلومتر ۱۵ تهران	نورود	کره سنگ هراز	شهرک اینار آمل	ایستگاه	
				پارامترهای محیطی •	
13/±1	12±2	13 ± 1	17 ± 2	Mean±SE	درجه حرارت آب(°C)
6 - 18	4 - 19	6 - 20	8 - 29	Min - Max	
16 ± 2	17 ± 2	15 ± 2	19 ± 3	Mean±SE	درجه حرارت هوا(°C)
6 - 23	4 - 23	7 - 26	9 - 31	Min - Max	
9/72 ± 0/24	10/25 ± 0/27	9/71 ± 0/25	9/64 ± 0/26	Mean±SE	DO(mg/l)
7/8 - 10/5	9/1 - 12/16	8/1 - 10/8	8/3 - 11	Min - Max	
2/46 ± 0/51	1/55 ± 0/14	1/99 ± 0/22	2/89 ± 0/41	Mean±SE	BOD ₅ (mg/l)
0/16 - 6/4	1 - 2/3	1 - 3/2	1/6 - 6	Min - Max	
11/1 ± 2/4	4/6 ± 1/5	5/6 ± 1/3	8/4 ± 1/9	Mean±SE	COD(mg/l)
5/7 - 22	0 - 7/9	1 - 8/1	0 - 14/3	Min - Max	
8/07 ± 0/07	7/93 ± 0/05	7/93 ± 0/05	7/89 ± 0/06	Mean±SE	pH
7/82 - 8/6	7/72 - 8/09	7/69 - 8/1	7/58 - 8/1	Min - Max	
0/178 ± 0/026	0/547 ± 0/021	0/574 ± 0/065	0/739 ± 0/06	Mean±SE	TSS(mg/l)
0/02 - 0/265	0/435 - 0/64	0/063 - 0/837	0/518 - 1/13	Min - Max	
0/32 ± 0/01	0/3 ± 0/01	0/32 ± 0/01	0/36 ± 0/02	Mean±SE	TDS(mg/l)
0/25 - 0/37	0/21 - 0/36	0/25 - 0/36	25 - 0/5	Min - Max	
1/04 ± 0/037	0/931 ± 0/023	0/968 ± 0/016	1/04 ± 0/026	Mean±SE	NO ₃ ⁻ (mg/l)
0/975 - 1/22	0/859 - 0/995	0/915 - 1/03	0/988 - 1/13	Min - Max	
0/64 ± 0/02	0/6 ± 0/03	0/64 ± 0/02	0/71 ± 0/04	Mean±SE	EC (ms/cm)
0/5 - 0/74	0/42 - 0/71	0/5 - 0/72	0/49 - 1/01	Min - Max	

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۱۶ پیوست: میانگین فصلی (± خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه ایثار آمل - پساب (سال ۸۹ - ۱۳۸۸)

شهرک ایثار آمل				ایستگاه	
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامترهای محیطی •	
11 ± 2	11	26 ± 2	16 ± 2	Mean±SE	درجه حرارت آب (°C)
8 - 15	-	22 - 29	13 - 19	Min - Max	
12 ± 3	16	30 ± 1	17 ± 3	Mean±SE	درجه حرارت هوا (°C)
9 - 18	-	27 - 31	14 - 23	Min - Max	
10/03 ± 0/52	8/3	9/77 ± 0/55	9/57 ± 0/2	Mean±SE	DO(mg/l)
9/2 - 11	-	8/9 - 10/8	9/2 - 9/9	Min - Max	
3/73 ± 1/22	1/6	2/64 ± 0/36	2/73 ± 0/52	Mean±SE	BOD ₅ (mg/l)
1/8 - 6	-	1/92 - 3/1	1/8 - 3/6	Min - Max	
9/7 ± 2/2	-	-	9/9 ± 2/8	Mean±SE	COD(mg/l)
7 - 14	-	-	4/7 - 14/3	Min - Max	
7/95 ± 0/04	7/58	7/77 ± 0/08	8/05 ± 0/03	Mean±SE	pH
7/86 - 8	-	7/62 - 7/88	8/01 - 8/1	Min - Max	
0/868 ± 0/182	0/71	0/637 ± 0/063	0/722 ± 0/061	Mean±SE	TSS(mg/l)
0/518 - 1/132	-	0/562 - 0/763	0/619 - 0/829	Min - Max	
0/37 ± 0/01	0/5	0/3 ± 0/03	0/35 ± 0/02	Mean±SE	TDS(mg/l)
0/36 - 0/38	-	0/25 - 0/34	0/31 - 0/37	Min - Max	
1/018 ± 0/016	0/988	-	1/127 ± 0/005	Mean±SE	NO ₃ ⁻ (mg/l)
0/989 - 1/042	-	-	1/121 - 1/132	Min - Max	
0/74 ± 0/01	1/01	0/6 ± 0/06	0/69 ± 0/04	Mean±SE	EC (ms/cm)
0/71 - 0/76	-	0/49 - 0/68	0/62 - 0/74	Min - Max	

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۱۷ پیوست: میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه کره سنگ هراز- پساب (سال ۸۹-۱۳۸۸)

کره سنگ هراز				ایستگاه	
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامترهای محیطی •	
9 ± 2	8	18 ± 1	14 ± 1	Mean±SE	درجه حرارت آب(°C)
6 - 11	–	16 - 20	13 - 16	Min - Max	
12 ± 4	8	22 ± 2	15 ± 3	Mean±SE	درجه حرارت هوا(°C)
7 - 19	–	19 - 26	12 - 21	Min - Max	
10/5 ± 0/15	8/1	9/4 ± 0/3	9/77 ± 0/23	Mean±SE	DO(mg/l)
10/3 - 10/8	–	9/01 - 10	9/4 - 10/2	Min - Max	
2/57 ± 0/41	1	1/97 ± 0/44	1/77 ± 0/09	Mean±SE	BOD ₅ (mg/l)
1/8 - 3/2	–	1/12 - 2/6	1/6 - 1/9	Min - Max	
7	1	–	6/7 ± 1/1	Mean±SE	COD(mg/l)
–	–	–	4/5 - 8/1	Min - Max	
7/94 ± 0/1	7/69	7/84 ± 0/03	8/08 ± 0/01	Mean±SE	pH
7/75 - 8/04	–	7/78 - 7/87	8/06 - 8/1	Min - Max	
0/707 ± 0/076	0/67	0/369 ± 0/153	0/613 ± 0/48	Mean±SE	TSS(mg/l)
0/575 - 0/837	–	0/063 - 0/535	0/519 - 0/673	Min - Max	
0/35	0/36	0/29 ± 0/01	0/3 ± 0/03	Mean±SE	TDS(mg/l)
–	–	0/26 - 0/3	0/25 - 0/35	Min - Max	
0/973 ± 0/005	1/03	–	0/93 ± 0/015	Mean±SE	NO ₃ ⁻ (mg/l)
0/965 - 0/982	–	–	0/915 - 0/944	Min - Max	
0/7 ± 0/01	0/72	0/58 ± 0/02	0/59 ± 0/05	Mean±SE	EC (ms/cm)
0/69 - 0/71	–	0/54 - 0/61	0/5 - 0/69	Min - Max	

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۱۸ پیوست : میانگین فصلی (± خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه نورود- پساب (سال ۸۹-۱۳۸۸)

نورود				ایستگاه	
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامترهای محیطی •	
8 ± 2	5	17 ± 1	13 ± 1	Mean±SE	درجه حرارت آب(°C)
4 - 10	-	15 - 19	10 - 15	Min - Max	
11 ± 5	14	22 ± 1	18 ± 3	Mean±SE	درجه حرارت هوا(°C)
4 - 20	-	20 - 23	12 - 23	Min - Max	
10/57 ± 0/09	9/1	10/62 ± 0/81	9/93 ± 0/12	Mean±SE	DO(mg/l)
10/4 - 10/7	-	9/4 - 12/16	9/7 - 10/1	Min - Max	
1/1 ± 0/1	1/4	1/95 ± 0/26	1/67 ± 0/15	Mean±SE	BOD ₅ (mg/l)
1 - 1/3	-	1/44 - 2/3	1/4 - 1/9	Min - Max	
7/9	-	-	6/5 ± 0/9	Mean±SE	COD(mg/l)
-	-	-	4/8 - 7/9	Min - Max	
7/92 ± 0/1	7/74	7/87 ± 0/07	8/07 ± 0/01	Mean±SE	pH
7/72 - 8/03	-	7/73 - 7/96	8/04 - 8/09	Min - Max	
0/565 ± 0/065	0/574	0/53 ± 0/028	0/536 ± 0/033	Mean±SE	TSS(mg/l)
0/435 - 0/64	-	0/49 - 0/584	0/471 - 0/582	Min - Max	
0/34 ± 0/01	0/33	0/29 ± 0/01	0/26 ± 0/04	Mean±SE	TDS(mg/l)
0/32 - 0/36	-	0/27 - 0/31	0/21 - 0/33	Min - Max	
0/905 ± 0/039	0/995	-	0/939 ± 0/018	Mean±SE	NO ₃ ⁻ (mg/l)
0/859 - 0/983	-	-	0/921 - 0/956	Min - Max	
0/66 ± 0/03	0/67	0/58 ± 0/03	0/53 ± 0/07	Mean±SE	EC (ms/cm)
0/62 - 0/71	-	0/53 - 0/62	0/42 - 0/66	Min - Max	

• تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۱۹ پیوست : میانگین فصلی (±خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه کیلومتر ۱۱۵ تهران- پساب (سال ۸۹-۱۳۸۸)

کیلومتر ۱۱۵ تهران				ایستگاه	
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامترهای محیطی •	
8 ± 1	9	17 ± 1	14 ± 1	Mean±SE	درجه حرارت آب(°C)
6 - 10	—	15 - 18	12 - 16	Min - Max	
11 ± 5	13	21 ± 1	17 ± 3	Mean±SE	درجه حرارت هوا(°C)
6 - 20	—	19 - 23	11 - 23	Min - Max	
10/23 ± 0/15	7/8	9/78 ± 0/27	9/8 ± 0/21	Mean±SE	DO(mg/l)
10 - 10/5	—	9/3 - 10/24	9/4 - 10/1	Min - Max	
4 ± 1/2	1/4	1/42 ± 0/64	2/3 ± 0/32	Mean±SE	BOD ₅ (mg/l)
2/7 - 6/4	—	0/16 - 2/2	1/8 - 2/9	Min - Max	
13/9 ± 8/2	7	—	10/6 ± 0/7	Mean±SE	COD(mg/l)
5/7 - 22	—	—	9/3 - 11/7	Min - Max	
8/25 ± 0/18	7/82	7/97 ± 0/02	8/07 ± 0/03	Mean±SE	pH
8/05 - 8/6	—	7/95 - 8/02	8/01 - 8/11	Min - Max	
0/202 ± 0/035	0/02	0/169 ± 0/059	0/215 ± 0/005	Mean±SE	TSS(mg/l)
0/145 - 0/265	—	0/051 - 0/241	0/205 - 0/222	Min - Max	
0/35 ± 0/003	0/33	0/28 ± 0/02	0/33 ± 0/03	Mean±SE	TDS(mg/l)
0/34 - 0/35	—	0/25 - 0/31	0/28 - 0/37	Min - Max	
1/072 ± 0/076	1/022	—	1/005 ± 0/013	Mean±SE	NO ₃ ⁻ (mg/l)
0/975 - 1/22	—	—	0/992 - 1/017	Min - Max	
0/7 ± 0/003	0/67	0/56 ± 0/03	0/65 ± 0/05	Mean±SE	EC (ms/cm)
0/69 - 0/7	—	0/5 - 0/62	0/57 - 0/74	Min - Max	

• = تعداد نمونه - ۳ (پاییز - ۱)

جدول ۲۰ پیوست: آمار توصیفی داده های مربوط به تراکم و زی توده ماکروبتوزها در حوزه سد منگل پاییز ۱۳۸۸ تا تابستان ۱۳۸۹

وار یانس	انحراف معیار	اشتباه معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	دامنه	تعداد نمونه	ماکروبتوز	
14670	121	19	103	525	0	525	40	تراکم	CHIRONOMIDAE
2192	47	7	26	280	0	280	40	توده زی	
53	7	1	2	33	0	33	40	تراکم	SIMULIDAE
193	14	2	5	51	0	51	40	توده زی	
22	5	1	2	22	0	22	40	تراکم	TIPULIDAE
469853	685	108	210	3830	0	3830	40	توده زی	TABANIDAE
51	7	1	2	33	0	33	40	تراکم	
149	12	2	4	53	0	53	40	توده زی	RHAJIONIDAE
59	8	1	4	33	0	33	40	تراکم	
3474	59	9	18	354	0	354	40	توده زی	BLEPHAROCERIDAE
372	19	3	3	122	0	122	40	تراکم	
68	8	1	2	50	0	50	40	توده زی	DIPTERA
14331	120	19	116	525	0	525	40	تراکم	
442075	665	105	248	3881	0	3881	40	توده زی	GLOSSOSOMATIDAE
15	4	1	1	22	0	22	40	تراکم	
28409	169	27	38	851	0	851	40	توده زی	HYDROPSYCHIDAE
7085	84	13	51	365	0	365	40	تراکم	
4550814	2133	337	1491	8590	0	8590	40	توده زی	TRICHOPTERA
7063	84	13	52	365	0	365	40	تراکم	
4712656	2171	343	1502	8590	0	8590	40	توده زی	BAETIDAE
14321	120	19	79	587	0	587	40	تراکم	
177463	421	67	152	1804	0	1804	40	توده زی	HEPTAGENIIDAE
544	23	4	9	122	0	122	40	تراکم	
452	21	3	7	120	0	120	40	توده زی	EPHEMEROPTERA
16131	127	20	89	598	0	598	40	تراکم	
181580	426	67	161	1821	0	1821	40	توده زی	ELMIDAE
42	6	1	3	22	0	22	40	تراکم	
10	3	1	1	12	0	12	40	توده زی	PODURIDAE
3	2	0	0	11	0	11	40	تراکم	
0	1	0	0	3	0	3	40	توده زی	ARGYRONETIDAE
6	2	0	1	11	0	11	40	تراکم	
13	4	1	1	22	0	22	40	توده زی	NAIDIDAE
206544	454	72	216	2065	0	2065	40	تراکم	
83638	289	46	77	1820	0	1820	40	توده زی	LUMBRICULIDAE
15980	126	20	64	490	0	490	40	تراکم	
62284	250	39	85	1280	0	1280	40	توده زی	ANNELIDA
282253	531	84	279	2100	0	2100	40	تراکم	
258957	509	80	162	3100	0	3100	40	توده زی	جمع
408141	639	101	591	2446	11	2435	40	تراکم	
5564424	2359	373	2118	8627	3	8624	40	توده زی	

جدول ۲۱ پیوست: آزمون نرمال برای داده های مربوط به تراکم (A) و زی توده (B) ماکروبتوزها در حوزه سد منگل - پاییز ۱۳۸۸ تا تابستان ۱۳۸۹

Shapiro-Wilk			Kolmogorov-Smirnova			MACROBENTHOS
Sig.	df	Statistic	Sig.	df	Statistic	
.000	40	.759	.000	40	.198	A CHIRONOMIDAE
.000	40	.509	.000	40	.293	B CHIRONOMIDAE
.000	40	.394	.000	40	.509	A SIMULIDAE
.000	40	.400	.000	40	.514	B SIMULIDAE
.000	40	.400	.000	40	.513	A TIPULIDAE
.000	40	.352	.000	40	.495	B TIPULIDAE
.000	40	.350	.000	40	.521	A TABANIDAE
.000	40	.354	.000	40	.523	B TABANIDAE
.000	40	.539	.000	40	.455	A RHAJIONIDAE
.000	40	.338	.000	40	.395	B RHAJIONIDAE
.000	40	.167	.000	40	.518	A BLEPHAROCERIDAE
.000	40	.209	.000	40	.530	B BLEPHAROCERIDAE
.000	40	.803	.002	40	.184	A DIPTERA
.000	40	.398	.000	40	.410	B DIPTERA
.000	40	.226	.000	40	.535	A GLOSSOSOMATIDAE
.000	40	.234	.000	40	.539	B GLOSSOSOMATIDAE
.000	40	.674	.000	40	.270	A HYDROPSYCHIDAE
.000	40	.748	.000	40	.256	B HYDROPSYCHIDAE
.000	40	.680	.000	40	.267	A TRICHOPTERA
.000	40	.743	.000	40	.245	B TRICHOPTERA
.000	40	.702	.000	40	.254	A BAETIDAE
.000	40	.400	.000	40	.445	B BAETIDAE
.000	40	.474	.000	40	.432	A HEPTAGENIIDAE
.000	40	.406	.000	40	.413	B HEPTAGENIIDAE
.000	40	.732	.000	40	.242	A EPHEMEROPTERA
.000	40	.416	.000	40	.428	B EPHEMEROPTERA
.000	40	.476	.000	40	.490	A ELMIDAE
.000	40	.481	.000	40	.487	B ELMIDAE
.000	40	.147	.000	40	.538	A PODURIDAE
.000	40	.147	.000	40	.538	B PODURIDAE
.000	40	.230	.000	40	.540	A ARGYRONETIDAE
.000	40	.200	.000	40	.527	B ARGYRONETIDAE
.000	40	.553	.000	40	.346	A NAIDIDAE
.000	40	.267	.000	40	.395	B NAIDIDAE
.000	40	.392	.000	40	.369	B LUMBRICULIDAE
.000	40	.581	.000	40	.368	A LUMBRICULIDAE
.000	40	.735	.000	40	.271	کل تراکم
.000	40	.828	.000	40	.200	کل توده زی

جدول ۲۲ پیوست : آزمون نرمال برای داده های تبدیل (Transform) شده مربوط به تراکم (A) و زی توده (B) ماکروبتوزها در حوزه سد منگل - پاییز ۱۳۸۸ تا تابستان ۱۳۸۹

Shapiro-Wilk			Kolmogorov-Smirnova			Normal Score of using Rankit's Formula
Sig.	df	Statistic	Sig.	df	Statistic	
.056	40	.946	.082	40	.131	A CHIRONOMIDAE
.044	40	.943	.080	40	.131	B CHIRONOMIDAE
.000	40	.410	.000	40	.517	A SIMULIDAE
.000	40	.406	.000	40	.518	B SIMULIDAE
.000	40	.409	.000	40	.518	A TIPULIDAE
.000	40	.411	.000	40	.517	B TIPULIDAE
.000	40	.359	.000	40	.527	A TABANIDAE
.000	40	.360	.000	40	.527	B TABANIDAE
.000	40	.564	.000	40	.470	A RHAJIONIDAE
.000	40	.568	.000	40	.469	B RHAJIONIDAE
.000	40	.234	.000	40	.539	A BLEPHAROCERIDAE
.000	40	.234	.000	40	.539	B BLEPHAROCERIDAE
.361	40	.970	.200	40	.085	A DIPTERA
.354	40	.970	.200	40	.085	B DIPTERA
.000	40	.234	.000	40	.539	A GLOSSOSOMATIDAE
.000	40	.234	.000	40	.539	B GLOSSOSOMATIDAE
.000	40	.833	.000	40	.289	A HYDROPSYCHIDAE
.000	40	.833	.000	40	.289	B HYDROPSYCHIDAE
.000	40	.847	.000	40	.274	A TRICHOPTERA
.000	40	.848	.000	40	.274	B TRICHOPTERA
.000	40	.861	.000	40	.258	A BAETIDAE
.000	40	.861	.000	40	.258	B BAETIDAE
.000	40	.567	.000	40	.469	A HEPTAGENIIDAE
.000	40	.567	.000	40	.470	B HEPTAGENIIDAE
.000	40	.874	.000	40	.242	A EPHEMEROPTERA
.000	40	.874	.000	40	.242	B EPHEMEROPTERA
.000	40	.496	.000	40	.495	A ELMIDAE
.000	40	.497	.000	40	.495	B ELMIDAE
.000	40	.147	.000	40	.538	A PODURIDAE
.000	40	.147	.000	40	.538	B PODURIDAE
.000	40	.234	.000	40	.539	A ARGYRONETIDAE
.000	40	.234	.000	40	.539	B ARGYRONETIDAE
.000	40	.784	.000	40	.337	A NAIDIDAE
.000	40	.782	.000	40	.337	B NAIDIDAE
.000	40	.680	.000	40	.413	B LUMBRICULIDAE
.000	40	.680	.000	40	.413	A LUMBRICULIDAE
1.000	40	.999	.200	40	.026	کل تراکم
1.000	40	.999	.200	40	.026	کل توده زی

جدول ۲۳ پیوست: آنالیز واریانس داده های نرمال شده (N)، تراکم (A) و زی توده (B) ماکروبتوزها در ماههای مختلف

Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
.652	0.761	0.712	9	6.409	Between Groups N A CHIRONOMIDAE
		.936	30	28.070	Within Groups
			39	34.478	Total
.654	0.759	0.707	9	6.367	Between Groups N B CHIRONOMIDAE
		.932	30	27.960	Within Groups
			39	34.327	Total
.791	0.594	0.607	9	5.464	Between Groups N A DIPTER
		1.021	30	30.644	Within Groups
			39	36.108	Total
.901	.442	.470	9	4.227	Between Groups N B DIPTER
		1.062	30	31.872	Within Groups
			39	36.099	Total
.348	1.171	1.119	9	10.071	Between Groups کل تراکم N
		.956	30	28.669	Within Groups
			39	38.740	Total
.141	1.668	1.436	9	12.922	Between Groups کل توده زی N
		.861	30	25.817	Within Groups
			39	38.739	Total

جدول ۲۴ پیوست: آنالیز واریانس داده های نرمال شده (N)، تراکم (A) و زی توده (B) ماکروبتوزها در فصول مختلف

Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
.266	1.375	1.182	3	3.545	Between Groups N A
		.859	36	30.933	Within Groups CHIRONOMIDAE
			39	34.478	Total
.281	1.326	1.138	3	3.415	Between Groups N B
		.859	36	30.912	Within Groups CHIRONOMIDAE
			39	34.327	Total
.330	1.184	1.081	3	3.242	Between Groups N A DIPTER
		.913	36	32.867	Within Groups
			39	36.108	Total
.978	.066	.066	3	.197	Between Groups N B DIPTER
		.997	36	35.902	Within Groups
			39	36.099	Total
.130	2.012	1.855	3	5.564	Between Groups کل تراکم N
		.922	36	33.177	Within Groups
			39	38.740	Total
.021	3.680	3.031	3	9.092	Between Groups کل توده زی N
		.824	36	29.647	Within Groups
			39	38.739	Total

جدول ۲۵ پیوست: آنالیز واریانس داده های نرمال شده (N)، تراکم (A) و زی توده (B) ماکروبتوزها در ایستگاههای مختلف

Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
.374	1.069	0.940	3	2.821	Between Groups N A CHIRONOMIDAE
		.879	36	31.657	Within Groups
			39	34.478	Total
.442	0.917	0.813	3	2.438	Between Groups N B CHIRONOMIDAE
		.886	36	31.889	Within Groups
			39	34.327	Total
.669	0.524	0.504	3	1.511	Between Groups N A DIPTER
		.961	36	34.598	Within Groups
			39	36.108	Total
.233	1.491	1.330	3	3.989	Between Groups N B DIPTER
		.892	36	32.110	Within Groups
			39	36.099	Total
.006	4.942	3.767	3	11.301	Between Groups کل تراکم N
		.762	36	27.439	Within Groups
			39	38.740	Total
.003	5.508	4.062	3	12.187	Between Groups کل توده زی N
		.738	36	26.553	Within Groups
			39	38.739	Total

جدول ۲۶ پیوست : نتایج آزمون کروسکال والیس برای داده های مربوط به تراکم (A) و زی توده (B) ماکروبتوزها در ایستگاهها، فصول و ماههای مختلف نمونه برداری - حوزه سد منگل ۱۳۸۸-۱۳۸۹

توزیع ماکروبتوزها در ماه های نمونه برداری			توزیع ماکروبتوزها در فصل های نمونه برداری			توزیع ماکروبتوزها در ایستگاههای نمونه برداری			Macrobenthos
Asymp. Sig.	df	Chi-square	Asymp. Sig.	df	Chi-square	Asymp. Sig.	df	Chi-square	
.585	9	7.500	.286	3	3.785	.406	3	2.911	A CHIRONOMIDAE
.578	9	7.574	.264	3	3.977	.379	3	3.084	B CHIRONOMIDAE
.780	9	5.594	.833	3	.867	.024	3	9.399	A SIMULIDAE
.780	9	5.594	.817	3	.934	.023	3	9.531	B SIMULIDAE
.780	9	5.590	.775	3	1.109	.023	3	9.539	A TIPULIDAE
.780	9	5.595	.755	3	1.193	.029	3	9.014	B TIPULIDAE
.688	9	6.510	.842	3	.830	.005	3	12.960	A TABANIDAE
.688	9	6.511	.842	3	.831	.005	3	12.955	B TABANIDAE
.883	9	4.408	.565	3	2.035	.286	3	3.782	A RHAJIONIDAE
.869	9	4.584	.418	3	2.835	.287	3	3.771	B RHAJIONIDAE
.513	9	8.212	.713	3	1.370	.561	3	2.054	A BLEPHAROCERIDAE
.513	9	8.212	.713	3	1.370	.561	3	2.054	B BLEPHAROCERIDAE
.717	9	6.230	.329	3	3.439	.702	3	1.416	A DIPTERA
.884	9	4.386	.946	3	.372	.298	3	3.678	B DIPTERA
.513	9	8.212	.188	3	4.786	.104	3	6.154	A GLOSSOSOMATIDAE
.513	9	8.212	.188	3	4.786	.104	3	6.154	B GLOSSOSOMATIDAE
.648	9	6.894	.500	3	2.364	.001	3	16.571	A HYDROPSYCHIDAE
.239	9	11.565	.107	3	6.099	.003	3	13.622	B HYDROPSYCHIDAE
.646	9	6.914	.424	3	2.795	.000	3	19.245	A TRICHOPTERA
.173	9	12.772	.053	3	7.689	.002	3	14.994	B TRICHOPTERA
.501	9	8.329	.734	3	1.281	.001	3	16.390	A BAETIDAE
.476	9	8.585	.767	3	1.144	.002	3	15.099	B BAETIDAE
.526	9	8.081	.413	3	2.865	.009	3	11.666	A HEPTAGENIIDAE
.538	9	7.958	.618	3	1.786	.011	3	11.134	B HEPTAGENIIDAE
.545	9	7.893	.715	3	1.361	.000	3	19.114	A EPHEMEROPTERA
.596	9	7.398	.884	3	.655	.000	3	18.705	B EPHEMEROPTERA
.663	9	6.756	.698	3	1.433	.205	3	4.584	A ELMIDAE
.590	9	7.456	.636	3	1.704	.177	3	4.934	B ELMIDAE
.437	9	9.000	.029	3	9.000	.392	3	3.000	A PODURIDAE
.437	9	9.000	.029	3	9.000	.392	3	3.000	B PODURIDAE
.513	9	8.212	.175	3	4.962	.104	3	6.154	A ARGYRONETIDAE
.513	9	8.212	.175	3	4.962	.104	3	6.154	B ARGYRONETIDAE
.764	9	5.752	.795	3	1.027	.000	3	21.595	A NAIDIDAE
.816	9	5.208	.835	3	.859	.000	3	22.099	B NAIDIDAE
.951	9	3.296	.668	3	1.562	.000	3	19.058	A LUMBRICULIDAE
.828	9	5.067	.453	3	2.628	.000	3	19.543	B LUMBRICULIDAE
.282	9	10.904	.118	3	5.876	.009	3	11.626	تراکم کل
.089	9	15.056	.016	3	10.309	.008	3	11.784	زی توده کل

جدول ۲۷ یوست: میانگین و خطای استاندارد تراکم (A= تعداد در متر مربع) و زی توده (B= میلیگرم در مترمربع) موجودات بنتیک در ایستگاههای محدوده سد منگل - زمستان ۱۳۸۸

نور رود (StB4)		کوه سنگ (StB3)		شهرک ایثار آمل (StB2)		سرخود (StB1)		ایستگاه
خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	ماکروبتوز
27	52	48	77	41	81	23	23	A CHIRONOMIDAE
3	5	13	18	13	22	1	1	B CHIRONOMIDAE
0	0	6	11	0	0	0	0	A SIMULIDAE
0	0	15	24	0	0	0	0	B SIMULIDAE
4	4	4	4	0	0	0	0	A TIPULIDAE
365	365	1277	1277	0	0	0	0	B TIPULIDAE
0	0	0	0	7	7	0	0	A TABANIDAE
0	0	0	0	11	11	0	0	B TABANIDAE
6	11	4	4	4	4	0	0	A RHAJIONIDAE
32	59	11	11	118	118	0	0	B RHAJIONIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	A BLEPHAROCERIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	B BLEPHAROCERIDAE
32	66	47	96	46	92	23	23	A DIPTERA
395	429	1276	1330	125	151	1	1	B DIPTERA
0	0	6	11	0	0	0	0	A GLOSSOSOMATIDAE
0	0	258	505	0	0	0	0	B GLOSSOSOMATIDAE
26	70	61	100	28	33	0	0	A HYDROPSYCHIDAE
1777	5192	1989	3977	1320	1450	0	0	B HYDROPSYCHIDAE
26	70	55	111	28	33	0	0	A TRICHOPTERA
1777	5192	1820	4482	1320	1450	0	0	B TRICHOPTERA
167	288	13	22	33	33	0	0	A BAETIDAE
477	967	25	27	55	55	0	0	B BAETIDAE
4	4	0	0	0	0	0	0	A HEPTAGENIIDAE
15	15	0	0	0	0	0	0	B HEPTAGENIIDAE
170	292	13	22	33	33	0	0	A EPHEMEROPTERA
482	982	25	27	55	55	0	0	B EPHEMEROPTERA
0	0	4	4	0	0	0	0	A ELMIDAE
0	0	1	1	0	0	0	0	B ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	A PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	B PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	A ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	B ARGYRONETIDAE
0	0	7	7	47	63	654	757	A NAIDIDAE
0	0	1	1	11	12	583	657	B NAIDIDAE
0	0	70	70	15	15	102	232	A LUMBRICULIDAE
0	0	7	7	52	52	366	727	B LUMBRICULIDAE
0	0	67	77	62	77	557	988	A OLIGOCHAETA
0	0	7	8	62	64	882	1384	B OLIGOCHAETA
131	428	138	314	102	236	580	1012	تراکم کل
1381	6603	589	5855	1316	1721	883	1386	زی توده کل

جدول ۲۸ پیوست: میانگین و خطای استاندارد تراکم (A=تعداد در متر مربع) و زی توده (B=میلیگرم در مترمربع) موجودات بنتیک در ایستگاههای محدوده سد منگل - بهار ۱۳۸۹

نور رود (StB4)		کره سنگ (StB3)		شهرک اینار آمل (StB2)		سرخرود (StB1)		ایستگاه
خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	ماکروبنوز
34	66	10	81	37	59	146	245	A CHIRONOMIDAE
7	15	4	18	11	12	87	106	B CHIRONOMIDAE
0	0	11	11	0	0	0	0	A SIMULIDAE
0	0	17	17	0	0	0	0	B SIMULIDAE
6	11	0	0	0	0	0	0	A TIPULIDAE
440	820	0	0	0	0	0	0	B TIPULIDAE
0	0	0	0	11	11	0	0	A TABANIDAE
0	0	0	0	18	18	0	0	B TABANIDAE
0	0	6	11	4	4	0	0	A RHAJIONIDAE
0	0	10	19	9	9	0	0	B RHAJIONIDAE
0	0	4	4	0	0	0	0	A BLEPHAROCERIDAE
0	0	6	6	0	0	0	0	B BLEPHAROCERIDAE
39	77	7	107	30	74	146	245	A DIPTERA
313	624	22	60	8	39	87	106	B DIPTERA
0	0	0	0	0	0	0	0	A GLOSSOSOMATIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	B GLOSSOSOMATIDAE
6	22	23	33	11	11	4	4	A HYDROPSYCHIDAE
414	1461	1032	1038	669	669	250	250	B HYDROPSYCHIDAE
6	22	23	33	11	11	4	4	A TRICHOPTERA
414	1461	1032	1038	669	669	250	250	B TRICHOPTERA
64	125	13	118	4	7	0	0	A BAETIDAE
15	33	10	36	14	17	0	0	B BAETIDAE
18	18	30	63	0	0	0	0	A HEPTAGENIIDAE
7	7	12	21	0	0	0	0	B HEPTAGENIIDAE
68	144	43	181	4	7	0	0	A EPHEMEROPTERA
18	41	15	57	14	17	0	0	B EPHEMEROPTERA
7	7	0	0	4	4	0	0	A ELMIDAE
3	3	0	0	2	2	0	0	B ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	A PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	B PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	A ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	B ARGYRONETIDAE
0	0	16	30	81	81	406	665	A NAIDIDAE
0	0	3	4	15	15	62	117	B NAIDIDAE
0	0	0	0	41	41	163	163	A LUMBRICULIDAE
0	0	0	0	7	7	35	35	B LUMBRICULIDAE
0	0	16	29	122	122	558	828	A OLIGOCHAETA
0	0	3	4	22	22	91	152	B OLIGOCHAETA
58	251	49	350	140	218	701	1077	تراکم کل
710	2339	1015	1161	666	748	162	493	زی توده کل

جدول ۲۹ پیوست : میزان تراکم (تعداد در متر مربع) وزی توده (میلیگرم در متر مربع) موجودات بنتیک و شاخص زیستی ایستگاههای محدوده سد منگل - تابستان ۱۳۸۹

نور رود (StB4)		کره سنگ (StB3)		شهرک ایثار آمل (StB2)		سرخورد (StB1)		ایستگاه
خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	ماکروبتوز
7	63	24	107	18	18	135	268	A CHIRONOMIDAE
3	14	4	30	4	4	31	58	B CHIRONOMIDAE
0	0	0	0	7	7	0	0	A SIMULIDAE
0	0	0	0	14	14	0	0	B SIMULIDAE
4	4	0	0	0	0	0	0	A TIPULIDAE
301	341	0	0	0	0	0	0	B TIPULIDAE
0	0	0	0	7	7	0	0	A TABANIDAE
0	0	0	0	15	15	0	0	B TABANIDAE
11	11	0	0	4	4	0	0	A RHAJIONIDAE
16	16	0	0	7	7	0	0	B RHAJIONIDAE
41	41	0	0	0	0	0	0	A BLEPHAROCERIDAE
17	17	0	0	0	0	0	0	B BLEPHAROCERIDAE
30	118	24	107	31	37	135	268	A DIPTERA
327	387	4	30	30	40	31	58	B DIPTERA
0	0	0	0	0	0	0	0	A GLOSSOSOMATIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	B GLOSSOSOMATIDAE
33	33	59	277	0	0	0	0	A HYDROPSYCHIDAE
241	241	262	1704	0	0	0	0	B HYDROPSYCHIDAE
33	33	59	277	0	0	0	0	A TRICHOPTERA
241	241	626	1338	0	0	0	0	B TRICHOPTERA
70	81	45	155	33	33	35	35	A BAETIDAE
201	201	4	48	7	7	12	12	B BAETIDAE
11	11	13	26	0	0	0	0	A HEPTAGENIIDAE
40	40	6	11	0	0	0	0	B HEPTAGENIIDAE
76	92	50	180	33	33	35	35	A EPHEMEROPTERA
203	260	10	59	7	7	12	12	B EPHEMEROPTERA
4	4	0	0	6	11	0	0	A ELMIDAE
2	2	0	0	3	6	0	0	B ELMIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	A PODURIDAE
0	0	0	0	0	0	0	0	B PODURIDAE
0	0	0	0	4	4	0	0	A ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	2	2	0	0	B ARGYRONETIDAE
0	0	0	0	53	55	118	933	A NAIDIDAE
0	0	0	0	11	11	25	175	B NAIDIDAE
0	0	0	0	6	11	61	210	A LUMBRICULIDAE
0	0	0	0	22	37	33	107	B LUMBRICULIDAE
0	0	0	0	61	66	169	1143	A OLIGOCHAETA
0	0	0	0	33	48	33	282	B OLIGOCHAETA
48	247	33	565	135	151	321	1447	تراکم کل
464	890	252	1793	73	103	68	352	زی توده کل

Abstract:

At the present study, the water quality parameters monthly, environmental pollutants (pesticides, heavy metals and surfactants) seasonally, macrobenthos and bacteria (monthly) were done 2009 to 2010 that located in Mangol Dam with longitude and latitude 52° 22' 49" N and 43° 15' 43" E, respectively. All water samples were collected from under-groundwater, surface water and wastewater in 12 stations and the results are as follow:

The mean concentrations of DO, BOD₅, COD, HCO₃⁻, CO₃²⁻, TA, Ca²⁺, Mg²⁺, TH, TSS, TDS, Cl⁻, PO₄³⁻, NH₄⁺, NO₂⁻ and NO₃⁻ were determined about 11.86±0.49, 5.95±0.11, 4.96±0.59, 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, 0.45±0.02, 28.02±1.96, 0.06±0.01, 0.010±0.001, 0.01±0.001 and 0.96±0.03 mg/l, respectively and also temperature, pH and EC were 12.7±0.61°C, 8.00±0.02 unit, 0.57±0.02 ms/cm in all samples. The surface water quality of Haraz River and its tributaries were suitable for usual applications such as aquatic matters, but based on BOD₅ need to more attention for human usages. The water quality index (WQI) of surface water was classified in group II at all stations that shows serious water quality changes due to domestic and agriculture sewage. The groundwater was affected by different matters that caused change of water quality parameters. The wastewater was classified from good to moderate based on BOD₅. The quality of wastewater was declined at down-stream with decreasing DO and pH and increasing BOD₅ pollutants.

The mean concentrations of aldrin and endrin were about 0.66 ± 0.59 and 0.71 ± 1.07 µg/l, respectively. The maximum seasonal concentration of organochlorin pesticides (OCPs) were detected in fall, winter and spring for endosulfan sulfate, γ-BHC, heptachlor, endrin aldehyde compounds about 2.85, 0.34, 0.14 and 0.14µg/l, respectively. The maximum seasonal percentage range of OCPs in fall, winter and spring for endosulfan sulfate, DDD and β-BHC were 42, 25 and 25 %, respectively. The maximum seasonal concentrations during fall, winter and spring were detected in Sorkhroud and Polechelave stations for only Fe about 1.48, 3.3 and 8.22 µg/l, respectively. Also for Hg in spring was determined about 17.2 mg/l. The mean concentration of Zn, Fe and Hg in water sampled were 0.23 ± 1.01 and 1.21 ± 2.00 µg/l, respectively and 4.65± 6.38 mg/l. The maximum concentration of linear alkyl benzene sulfonate (LAS) in summer was 971µg/l. The mean concentration of surfactant during fall, winter, spring and summer was 418.62 ± 52.16 µg/l. The maximum seasonal percentage ranges of surfactant during fall, winter, spring and summer in all stations of sampling were 76, 76, 100 and 100 %, respectively.

Totally 15 families of macrobenthos were identified in Haraz River. The maximum mean of abundance and biomass in Sorkhroud and Nour-roud stations were 1177±256 ind/m² and 3609 ± 935mg/m², respectively. During Seasons, the maximum mean abundance and biomass were detected in fall and winter with 1185±444 ind/m² and 3891±849 mg/m², respectively. Water quality were classified by Hilsenhoff Biotic Index such as Sorkhroud station as "Very Poor", Isar town station as "Fairly Poor" and Karesang and Nor-roud stations as "good" qualification.

The maximum of total coli forms and fecal coli forms in surface water were observed in Sorkhroud about 4.9 and 2.3CFU/100ml, respectively. The maximum of total coli forms and fecal coli forms in groundwater were observed in Halomsar and Absak stations about 4 and 1.7CFU/100ml, respectively. Maximum of total coli forms and fecal coli forms in wastewater were observed in Nor-roud station about 3.1 and 1.6CFU/100ml, respectively. The Ovary of nematode in wastewater were observed in Nor-roud and Isar Town stations about 30 through 124, respectively.

Keywords: Physico-chemical characteristics; Surface water; Ground water, Wastewater; Haraz River, Pesticides, Heavy Metals, Surfactants, Macrobenthos, coliforms and nematodes

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

Project Title : A study on physico-chemicals parameters, environmental pollutants, bacterial and Macrobentos distribution at the surface waters, undergrand waters and wastewater of Mangol Dam basin (Mazandaran province)

Approved Number: 14-76-12-8916

Author: Reza Pourgholam

Project Researcher : Reza Pourgholam

Collaborator(s) : Motalebi. A.A, Negarestan. H

Advisor(s): -

Supervisor: -

Location of execution : Mazandaran province

Date of Beginning : 2011

Period of execution : 2 Years & 4 Months

Publisher : Iranian Fisheries Research Organization

Date of publishing : 2014

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 physico-chemicals parameters, environmental pollutants, bacterial and Macrobentos distribution at the surface waters, undergrand waters and wastewater of Mangol Dam basin (Mazandaran province)

Project Researcher :

Reza Pourgholam

Register NO.

43456