

تغییرات کیفی آب زاینده رود در طول مسیر

محمود کلباسی

دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ وصول هفدهم اردیبهشت ماه ۱۳۷۰

چکیده

تغییرات کیفیت شیمیائی آب زاینده رود در طول مسیر آن از ایستگاه پل مورگان تا باتلاق گاوخونی بابر داشت نمونه‌های فصلی از چهارده ایستگاه در طی سه سال مورد مطالعه قرار گرفت. غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی آب شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات و بعضی عناصر سنگین شامل آهن، روی، مس، منگنز، کبالت، کادمیم، نیکل، سرب، نقره، کرم و فسفر و همچنین هدایت الکتریکی و pH نمونه‌های آب اندازه‌گیری شد. نتایج حاکی از افزایش تدریجی هدایت الکتریکی و غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات از ایستگاه اول (پل مورگان) تا ایستگاه دهم (پل زیار) و سپس افزایش سریعتر از ایستگاه دهم تا ایستگاه سیزدهم (پل ورزنه) و آنگاه کاهش در ایستگاه چهاردهم (باتلاق گاوخونی) می‌باشد. pH آب زاینده رود در تمامی مسیر قلیائی و بین ۷/۶ تا ۸/۰ تغییر می‌کند. کمترین pH اندازه‌گیری شده مربوط به ایستگاه دهم و بیشترین آن مربوط به ایستگاه سیزدهم می‌باشد. غلظت فسفر تا ایستگاه هشتم ناچیز و بین ایستگاه هشتم و نهم به شدت افزایش یافته و در ایستگاه دهم به حداکثر خود (۳/۲ میلی گرم در لیتر) می‌رسد. غلظت عناصر سنگین در آب زاینده رود کلا "پائین و عموماً" از ۰/۲ میلی گرم بر لیتر تجاوز نمی‌کند. غلظت تعدادی از این عناصر مانند کبالت، نیکل و سرب تا ایستگاه دوازدهم (پل اژی) ناچیز و بین این ایستگاه و ایستگاه سیزدهم افزایش قابل ملاحظه یافته و آنگاه در ایستگاه چهاردهم کمی کاهش می‌یابد. تغییرات غلظت بعضی دیگر مانند آهن، کرم و روی از روند مشخصی پیروی نمی‌کنند. آهن دارای بیشترین غلظت در پائین دست رودخانه بوده و سپس کاهش یافته و در ایستگاههای یازدهم و دوازدهم به حداقل خود رسیده و آنگاه مجدداً "افزایش می‌یابد".

مقدمه

انواع آلوده‌کننده‌های معدنی و آلی و همچنین افزایش شوری آب آن خطرات جدی را در رابطه با سلامت محیط زیست و کشاورزی در منطقه بوجود می‌آورد. منابع اصلی آلوده‌کننده آب رودخانه‌ها از نظر ازت و فسفر و همچنین کاتیونها و آنیونهای اصلی،

حیات منطقه اصفهان به زاینده رود وابسته است و لذا حفظ کیفیت آب آن از نظر مصارف شرب، کشاورزی، صنعت و حفظ محیط زیست آبریان حائز اهمیت فوق العاده است. آلوده شدن آب رودخانه با

زه آب اراضی کشاورزی اطراف رودخانه‌ها و از نظر عناصر سنگین و حواسط و آلوده‌کننده‌های آلی و معدنی دیگر فاضلابهای شهری و صنعتی می‌باشد که به داخل رودخانه‌ها تخلیه می‌گردد. تحقیقات انجام شده بر روی تغییرات کیفی آب رودخانه‌های تاکاهاشی و کاکئوکا^۱ در ژاپن (۸ و ۱۲) و آمازون^۲ و یوکون^۳ در برزیل (۷)، همچنین جریانهای سطحی در ایالات نوادای آمریکا (۱۰) نشان می‌دهد که نحوه استفاده از زمینهای اطراف رودخانه‌ها (استفاده‌های کشاورزی، صنعتی یا شهری) بر نوع و مقدار آلودگیها و همچنین تغییرات آلودگی در طول مسیر اثر قابل ملاحظه‌ای دارد. این مطالعات همچنین نشان می‌دهد که انتقال قسمتی از عناصر حواسط در رودخانه‌های آمازون و یوکون به صورت جذب شده بر روی ذرات جامد انجام می‌گیرد (۷) و آلودگی هوا می‌تواند به طور مستقیم یا غیرمستقیم باعث آلودگی آب رودخانه به فلزات سنگین شود (۸).

با توجه به روند سریع رشد جمعیت و به تبع آن توسعه مراکز شهری و صنعتی در اطراف زاینده‌رود، در صورتی که اقدامی جدی و سریع صورت نگیرد، آلودگی در مسیر رودخانه گسترش یافته و سلامت انسان و موجودات زنده دیگر را تهدید خواهد کرد. اولین قدم در حفظ سلامت و کیفیت آب زاینده رود و همچنین پاکسازی قسمتهای آلوده شده کسب آگاهی مستمر از تغییرات کیفی آب زاینده رود در مسیر آن و مشخص نمودن منابع اصلی و انواع آلوده‌کننده‌های آب می‌باشد. بررسیهای انجام شده در زمینه کیفیت آب زاینده رود بسیار محدود بوده و عمدتاً به وسیله

سازمان آب منطقه‌ای اصفهان انجام گرفته است. این سازمان از ایستگاههایی در طول مسیر زاینده رود به طور ادواری نمونه‌برداری نموده و غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی، میزان مواد معلق، هدایت الکتریکی و pH را در این نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌نماید (۲). همچنین بعضی از سازمانهای دولتی نظیر سازمان حفاظت محیط زیست و آزمایشگاه تحقیقات خاک و آب اصفهان نیز گاهی تجزیه‌های محدودی را بر روی آب زاینده رود انجام داده‌اند.

تجزیه‌های انجام گرفته توسط سازمانهای دولتی و افراد مستقل (۱) عموماً "محدود به هدایت الکتریکی، pH و غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی بوده و به ندرت بعضی فلزات سنگین را در يك مقطع زمانی و مکانی خاص شامل می‌شود. به استثنای تجزیه‌های انجام گرفته به وسیله سازمان آب منطقه‌ای که آن هم فلزات سنگین و عناصری نظیر ازت و فسفر را شامل نمی‌شود. هیچ تجزیه مستمر و دامنه‌داری از آب زاینده رود در طول مسیر آن گزارش نشده است. هدف از اجرای مطالعه حاضر بررسی جامع تغییرات کیفی آب زاینده رود در طول مسیر آن و در طی زمان طولانی بوده است.

مواد و روشها

مطالعه حاضر در طی سه سال (تابستان ۶۷ تا پائیز ۷۰) و با برداشت نمونه‌های فصلی از چهارده ایستگاه در طول قسمتی از مسیر زاینده رود انجام گرفته است. نمونه‌های آب در نیمه ماه دوم هر فصل از ایستگاههای: ۱- پل مورگان، ۲- پل کله، ۳- پل زرین شهر، ۴- سد نکوآباد، ۵- پل بابا محمود

روش اسپکتروفوتومتری (۱۱) تعیین شدند . هدایت الکتریکی نمونه‌های آب بوسیله یک دستگاه هدایت سنج مارک مترام^۴ و pH بوسیله یک دستگاه pH متر مدل مترام اندازه‌گیری شد .

میانگین غلظت هر عنصر در ۱۲ اندازه‌گیری (سه سال) محاسبه و تغییرات آن در طول مسیر رودخانه در هر ایستگاه و با استفاده از کامپیوتر بر روی دیاگرامهای نشان داده شد . همچنین تغییرات فصلی هدایت الکتریکی آب زاینده رود در طول مسیر در یک دیاگرام جداگانه مشخص گردید . غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی بر حسب میلی مول بر لیتر و غلظت عناصر دیگر بر حسب میلی گرم بر لیتر و هدایت الکتریکی بر حسب میکروزیمنس بر سانتیمتر بیان شد .

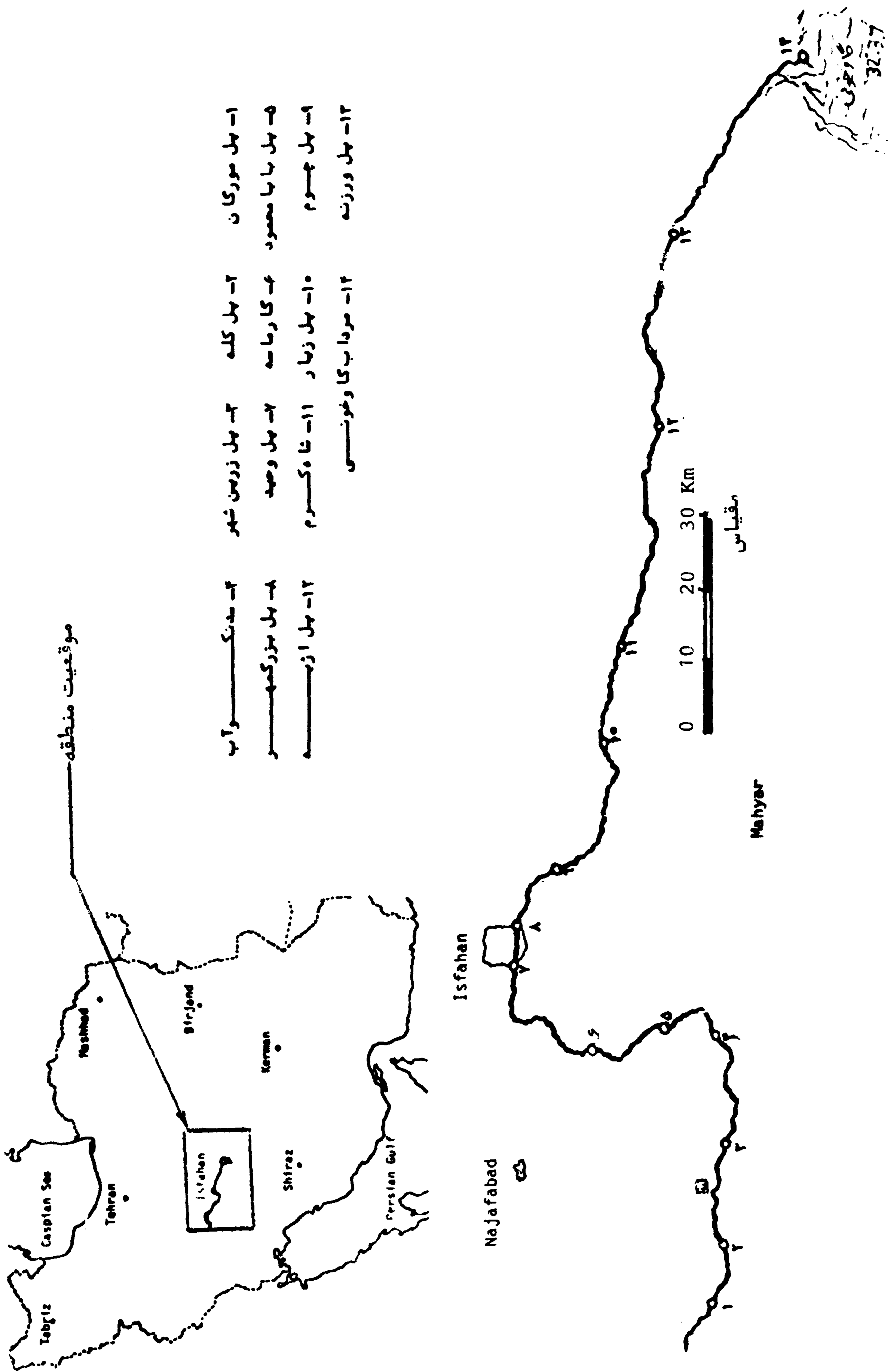
نتایج و بحث

تغییرات فصلی هدایت الکتریکی (شوری) آب زاینده رود در مسیر آن از ایستگاه اول تا ایستگاه چهاردهم در شکل ۲ نشان داده شده است . به علت دامنه وسیع تغییرات شوری آب در مسیر رودخانه، در محور عمودی از اشل لگاریتمی استفاده شده است . محل ایستگاههای نمونه‌برداری با شماره آنها که در مواد و روشها آمده بر روی شکل ۲ مشخص گردیده است .

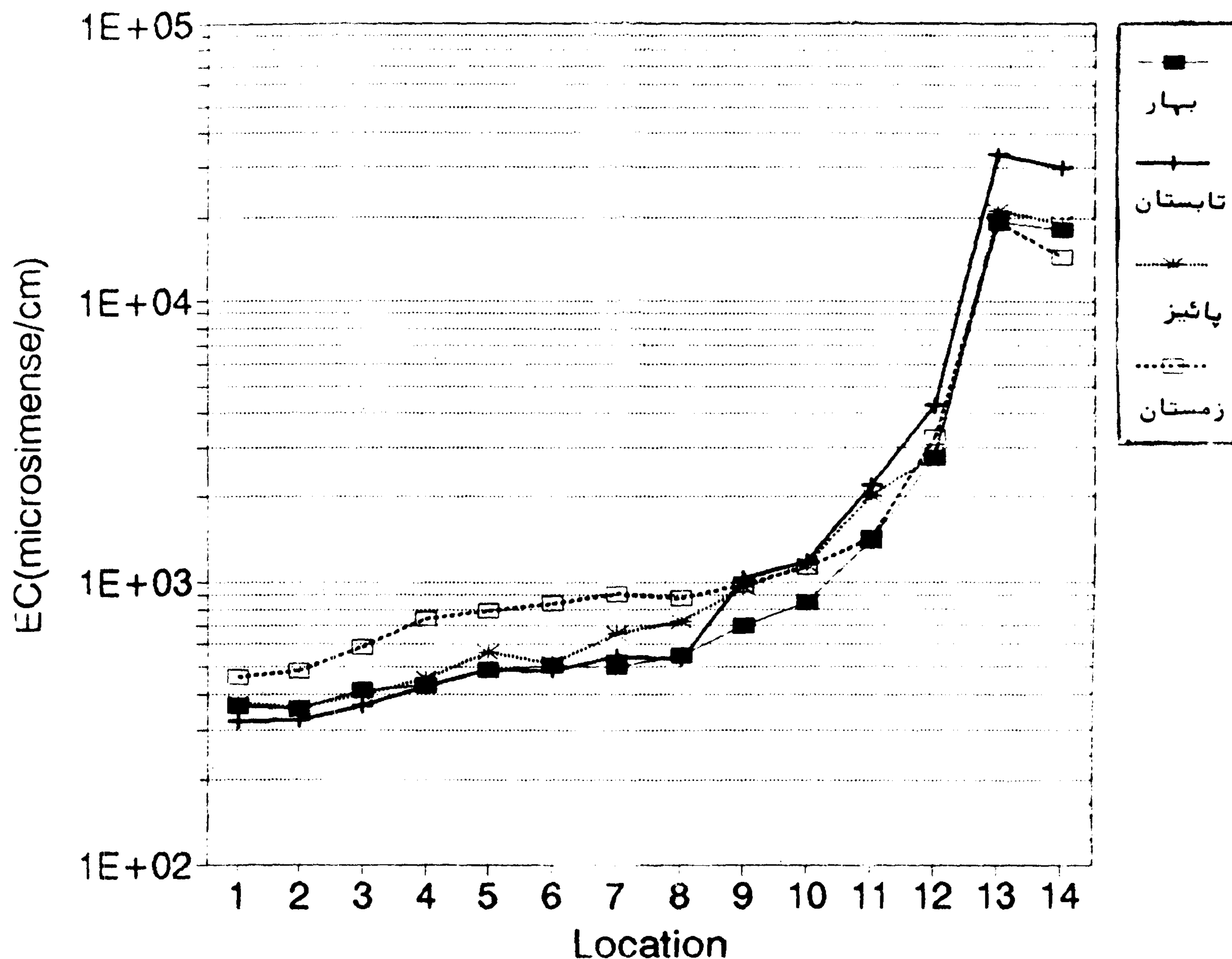
میانگین هدایت الکتریکی آب زاینده رود در ایستگاه اول (پل مورگان) حدود ۳۵۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر بوده و سپس تدریجاً افزایش یافته و در ایستگاه دهم (پل زیار) به حدود ۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر می‌رسد . پس از ایستگاه دهم سرعت افزایش هدایت الکتریکی آب بسیار زیادتر شده و در ایستگاه

۶- کارماسد . ۷- پل وحید ، ۸- پل بزرگمهر ، ۹- پل چوم . ۱۰- پل زیار ، ۱۱- شاه کرم ، ۱۲- پل اژیسه ۱۳- پل ورزنه ، ۱۴- مرداب گاوخونی ، که بترتیب از بالا دست رودخانه شروع و تا مرداب گاوخونی ادامه می‌یابد برداشت شده است . ایستگاه شماره ۱ (پل مورگان) در ۷۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان و ایستگاه شماره ۱۴ (مرداب گاوخونی) در ۱۴۵ کیلومتری شرق اصفهان واقع شده‌اند . در هر نوبت نمونه برداری، کلیه ۱۴ نمونه در طی دو تا سه روز برداشت گردید . کار برداشت نمونه‌ها از ایستگاه اول شروع و به ترتیب تا ایستگاه چهاردهم ادامه یافت . در هر ایستگاه مقدار دو لیتر آب در ظروف پلی اتیلن از محلهائی که آب جریان سریع داشت، برداشت گردید . محل ایستگاههای برداشت نمونه بر روی نقشه (شکل ۱) مشخص شده است .

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه برای تعیین هدایت الکتریکی و pH و غلظت کاتیونهای اصلی شامل سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم و آنیونهای اصلی شامل کلر، سولفات و بی‌کربنات و عناصر دیگر شامل آهن، روی، مس، منگنز، کبالت، کادمیوم، نیکل، سرب، کرم، نقره و فسفر مورد تجزیه قرار گرفتند . غلظت کلسیم و منیزیم با روش کمپلکسومتری (۵) و غلظت سدیم، پتاسیم، آهن، روی، منگنز، مس، کبالت، کادمیوم، نیکل، سرب، نقره و کرم بوسیله یک دستگاه جذب اتمی مارک پرکین المر^۲ مدل ۳۰۳۰ اندازه‌گیری شد (۴) . غلظت کلر با تیتراسیون بوسیله نیترات نقره، بی‌کربنات با تیتراسیون بوسیله اسید و سولفات با روش توربیدومتری^۳ (۵ و ۶) و فسفر با



شکل ۱- استگاههای برداشت نمونه‌های آب در مسیر اینده رود



شکل ۲- تغییرات فصلی میانگین هدایت الکتریکی آب زاینده رود در طی مسیر

افزایش هدایت الکتریکی آب زاینده رود در طول مسیر آن عمدتاً " به علت وارد شدن زه آب اراضی کشاورزی اطراف رودخانه و تغییرات دبی رودخانه می باشد . چون اراضی اطراف رودخانه در بالادست (قبل از شهر اصفهان) عموماً " شور نیستند، و به علاوه شیب زیادتر رودخانه تغییرات دبی آب زاینده رود در این قسمت کم است (۲)، بنابراین افزایش شوری آب رودخانه تا شهر اصفهان و حتی تا فاصله ای بعد از اصفهان زیاد نمی باشد . در حالی که شوری زیاد اراضی اطراف رودخانه در پائین دست که شامل اراضی رودشت، برآن شمالی و جنوبی می شود و همچنین

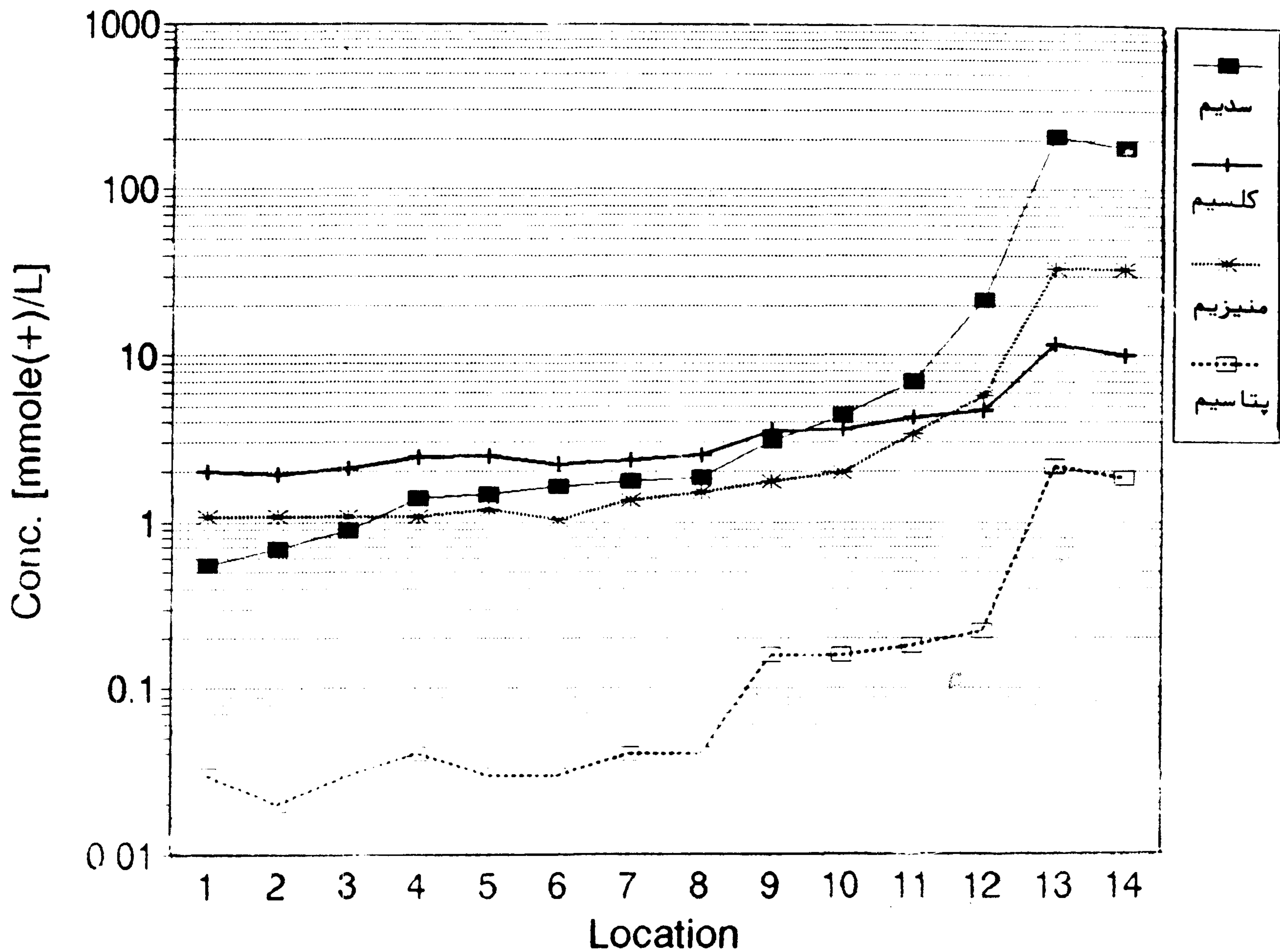
سیزدهم (پل ورزنه) به حداکثر خود حدود ۳۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر می رسد . پس از ایستگاه سیزدهم هدایت الکتریکی آب زاینده رود کمی کاهش می یابد . مطالعه انجام شده از سرچشمه زاینده رود تا پل چوم (ایستگاه نهم) در سال ۱۳۵۲ روند مشابهی را در تغییرات هدایت الکتریکی نشان می دهد و لسی حداکثر شوری آب در پل چوم در آن زمان ۶۴۰ میکروزیمنس بر متر گزارش شده (۱) که نسبت به میانگین شوری در حال حاضر (۹۲۰ میکروزیمنس بر متر) کمتر بوده و نشان دهنده افزایش شوری در طی زمان است .

ساختار بستر رودخانه (۳) باعث می‌گردد که زاینده رود در این قسمت عموماً توسط سفره آب زیرزمینی شور تغذیه شده و در نتیجه زه آب وارد شده به رودخانه بسیار شور بوده و تغییرات شدیدی را در هدایت الکتریکی آب زاینده رود در این قسمت بوجود آورد. افزایش شوری آب بین ایستگاه شماره ۱۲ و ۱۳ بویژه چشمگیر است، علت این امر در درجه اول موقعیت زمین شناسی منطقه است. بستر رودخانه از منطقه زیار به بعد عمدتاً از رسهای غیر قابل نفوذ یا نافوذپذیری کم تشکیل شده (۳) و به همین جهت رودخانه در این قسمت عموماً به صورت زهکش عمل کرده و توسط سفره آب زیرزمینی تغذیه می‌شود. همچنین پیوستن زهکشهای متعدد با آب بسیار شور در این فاصله به رودخانه باعث افزایش شدید شوری می‌شود که از آن جمله می‌توان زهکشهای بادبیهای نسبتاً زیاد به نامهای دشتی زیار و از همه مهمتر سگری با دبی چند صد لیتر در ثانیه را نام برد.

تغییرات فصلی شوری آب رودخانه در ایستگاههای بالادست رودخانه و تا ایستگاه دهم کم می‌باشد. در این قسمت و تا ایستگاه هشتم هدایت الکتریکی آب در فصل زمستان کمی بیشتر از فصول دیگر است. علت این امر احتمالاً بسته بودن دریچه‌های سد زاینده رود در طی زمستان و به منظور ذخیره آب می‌باشد که در نتیجه دبی خروجی آب سد نسبت به زه آب اراضی کشاورزی بعد از سد کاهش و شوری آب افزایش می‌یابد. بین ایستگاه هشتم و نهم ترتیب مذکور تغییر کرده و از ایستگاه نهم به بعد بیشترین هدایت الکتریکی آب زاینده رود مربوط به فصل تابستان و کمترین آن مربوط به فصل بهار می‌باشد. نتایج گزارش شده توسط سازمان آب منطقه‌ای اصفهان نیز تغییرات فصلی مشابهی را در هدایت الکتریکی آب زاینده رود نشان می‌دهد (۲). شوری آب در دو فصل پائیز و زمستان بین دو حد مذکور و در اغلب ایستگاههای

پائین دست هدایت الکتریکی آب در زمستان کمتر از پائیز می‌باشد. قدر مطلق تغییرات فصلی شوری آب رودخانه در بالادست (تا ایستگاه دهم) کم و در پائین دست (از ایستگاه دهم تا چهاردهم) به مراتب بیشتر است (شکل ۲). تغییرات فصلی شوری در ایستگاههای پائین دست رودخانه در درجه اول به حجم و شوری زه آب تخلیه شده به زاینده رود و در درجه دوم به تغییرات دبی آب رودخانه در فصول مختلف مربوط می‌شود. بدیهی است که حداکثر زه آب وارد شده به زاینده رود مربوط به فصل تابستان (فصل کشت و آبیاری) و بعد از آن به ترتیب مربوط به پائیز، بهار و زمستان می‌باشد. در حالی که حداکثر دبی آب زاینده رود در بهار و حداقل آن در پائیز و زمستان است. تغییرات دبی اندازه‌گیری شده توسط سازمان آب منطقه‌ای اصفهان نیز نشان می‌دهد که حداکثر دبی آب در پائین دست مربوط به بهار و حداقل آن مربوط به زمستان است (۲). میانگین تغییرات غلظت کاتیونهای اصلی شامل سدیم، منیزیم، کلسیم و پتاسیم آب در مسیر زاینده رود در شکل ۳ نشان داده شده است. غلظت‌ها با واحد میلی مول بار در لیتر و با اشل لگاریتمی بر روی محور عمودی مشخص شده‌اند. غلظت پتاسیم در آب زاینده رود نسبت به کلسیم، منیزیم و سدیم در کلیه ایستگاهها بسیار کم است، در حالی که کلسیم در ایستگاههای بالادست (قبل از ایستگاه دهم) و سدیم در ایستگاههای پائین دست (بعد از ایستگاه دهم) بالاترین غلظت را دارند. نتایج گزارش شده توسط سازمان آب منطقه‌ای اصفهان روند مشابهی را برای کاتیونهای مذکور ارائه می‌نماید (۲).

روند تغییرات غلظت کاتیونهای اصلی مشابه با



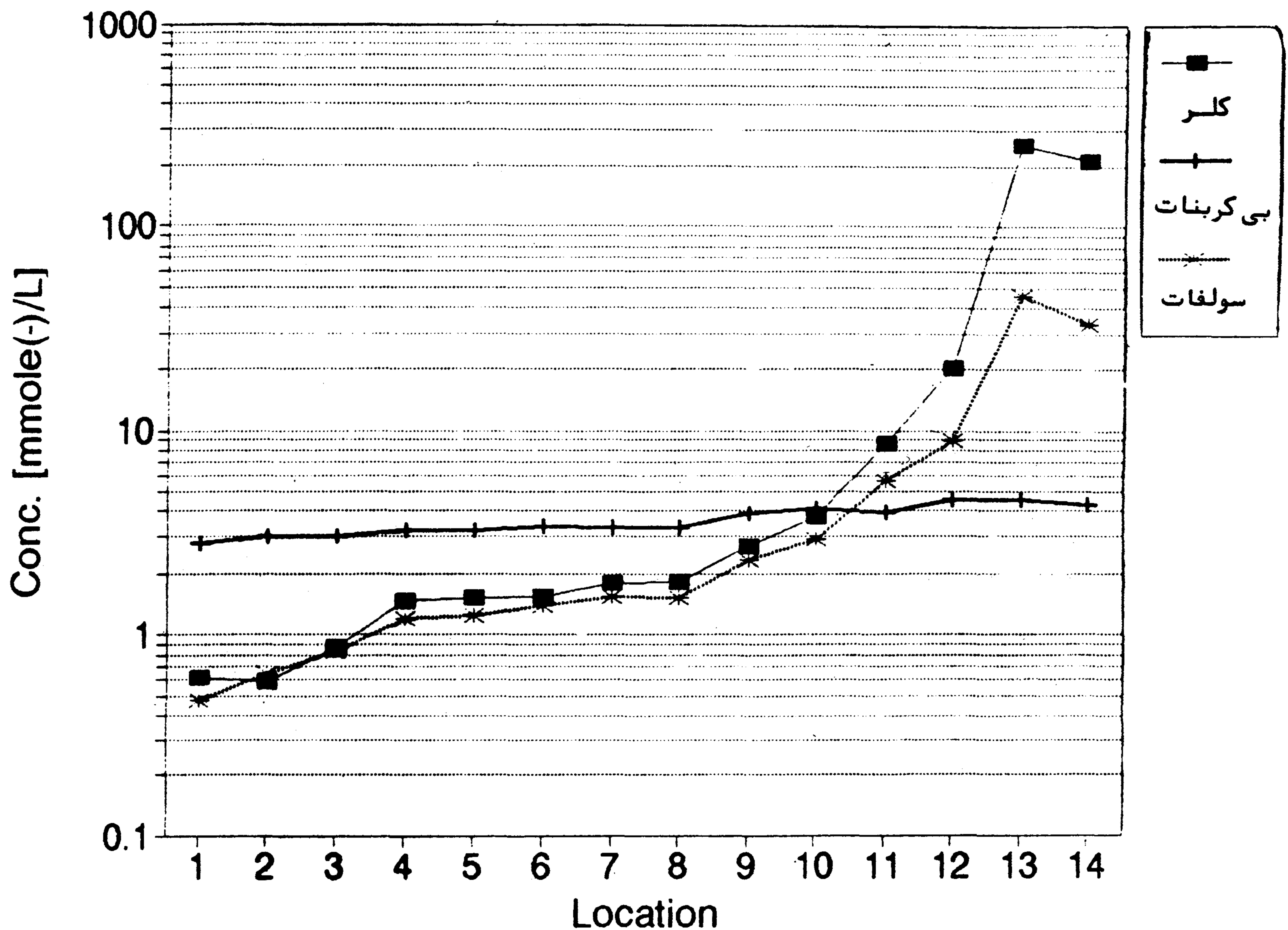
شکل ۳- تغییرات غلظت متوسط سدیم، منیزیم، کلسیم و پتاسیم آب در مسیر زاینده‌رود

عمدایت الکتریکی بوده و نشان دهنده افزایش جزئی در غلظت‌ها تا ایستگاه دهم و سپس افزایش شدیدتر تا ایستگاه سیزدهم و آنگاه کاهش در ایستگاه چهاردهم می‌باشد. کمترین افزایش غلظت در مورد عنصر کلسیم و بیشترین آن در مورد عنصر سدیم مشاهده می‌شود. افزایش غلظت عناصر قلیائی و قلیائی خاکی عمدتاً در اثر وارد شدن زه‌آب اراضی و در درجه دوم فاضلابهای شهری و صنعتی است. حلالیت و تحرك بیشتر عناصر سدیم و منیزیم نسبت به کلسیم باعث شده که غلظت کلسیم که تا قبل از ایستگاه دهم بیشتر از کاتیونهای دیگر بوده بعد از این ایستگاه با شدت کمتری افزایش یابند و از ایستگاه دوازدهم به بعد کمتر از سدیم و مسرجم باشد. این امر ممکن است در اثر رسوب بخشی از کلسیم وارد شده به آب به صورت کربنات کلسیم و در اثر کاهش فشار گاز کربنیک موجود در آب طبق واکنش مربوطه باشد.

$$Ca^{2+} + 2HCO_3 \rightleftharpoons CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

کاهش فشار CO_2 احتمالاً در اثر کاهش فعالیتهای بیولوژیکی در آب در اثر زیاد شدن آلودگیهای آب می‌باشد. در واکنش بالا مقداری از بی‌کربنات محلول در آب نیز رسوب می‌کند که از افزایش شدید غلظت یون بی‌کربنات در آب جلوگیری می‌نماید (شکل ۴).

کلسیم و بیشترین آن در مورد عنصر سدیم مشاهده می‌شود. افزایش غلظت عناصر قلیائی و قلیائی خاکی عمدتاً در اثر وارد شدن زه‌آب اراضی و در درجه دوم فاضلابهای شهری و صنعتی است. حلالیت و تحرك بیشتر عناصر سدیم و منیزیم نسبت به کلسیم باعث شده که غلظت کلسیم که تا قبل از ایستگاه دهم بیشتر از کاتیونهای دیگر بوده بعد از این ایستگاه با شدت



شکل ۴- تغییرات غلظت متوسط کلر، سولفات و بی‌کربنات آب در مسیر زاینده‌رود.

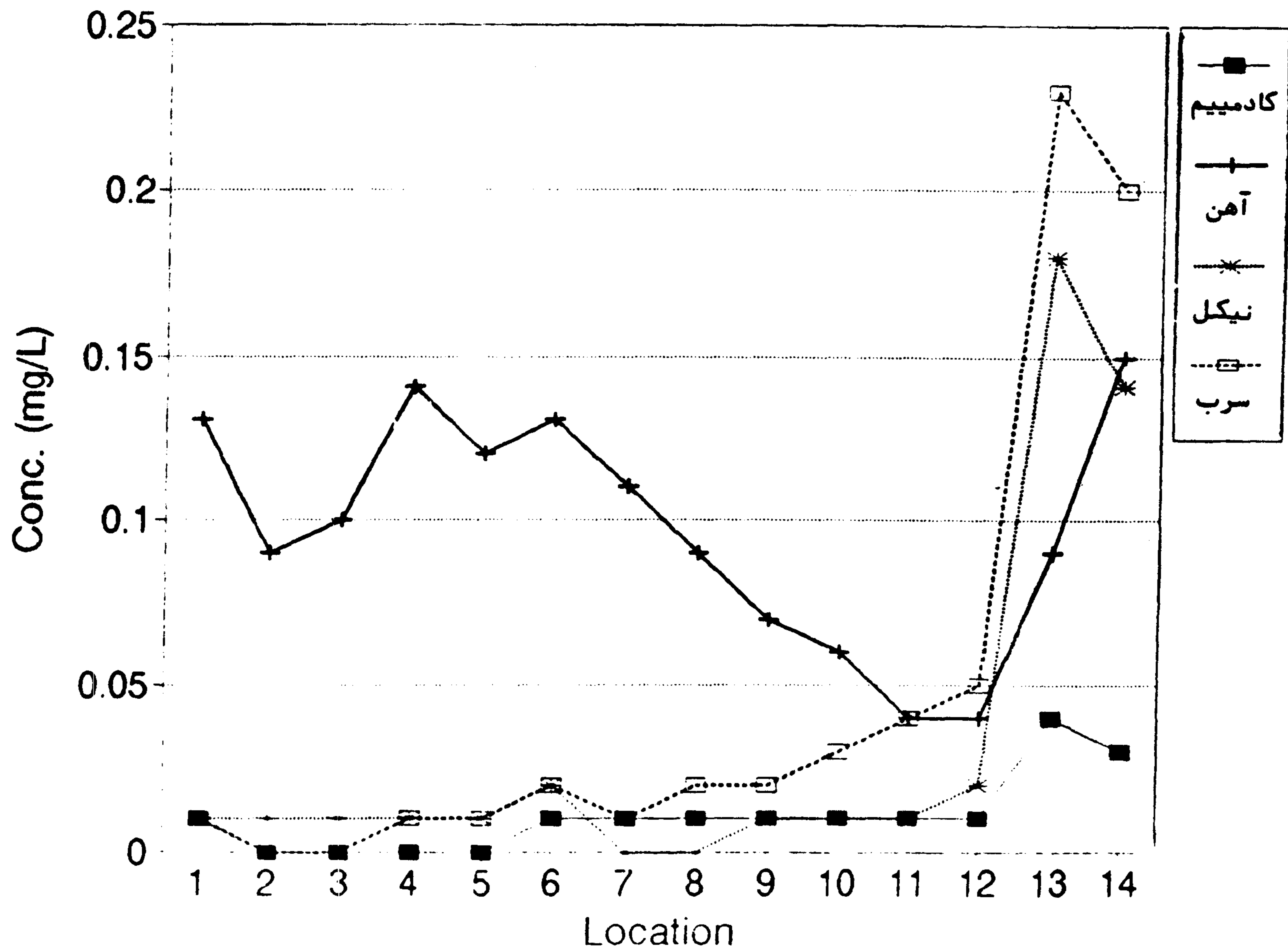
۳-۴ میلی مولار می‌رسد. بین ایستگاه دهم و یازدهم غلظت یون کلر و سولفات نسبت به یون بی‌کربنات پیشی گرفته و در ایستگاه سیزدهم به حداکثر خود (۴۵ میلی مولار برای سولفات و ۲۵۰ میلی مولار برای کلر) می‌رسد. پس از ایستگاه سیزدهم کاهش کمی در غلظت سولفات و کلر مشاهده می‌شود که احتمالاً به علت رقیق شدن املاح پس از ورود به باتلاق گاوخونی است. پس از ایستگاه سوم غلظت یون کلر نسبت به سولفات بیشتر شده و این اختلاف بتدریج افزایش یافته و به حداکثر خود در ایستگاه سیزدهم و چهاردهم می‌رسد. نتایج ارائه شده توسط

شکل ۴ میانگین تغییرات غلظت آنیونهای اصلی شامل کلر، سولفات و بی‌کربنات آب در مسیر زاینده‌رود را نشان می‌دهد. تغییرات غلظت یون کلر و سولفات از روند مشابهی که با روند تغییرات هدایت الکتریکی و سدیم و منیزیم شبیه می‌باشند، پیروی می‌کنند.

غلظت یون کلر و سولفات در ایستگاه اول کم بوده (۰/۶ - ۰/۵ میلی مولار) و سپس بتدریج افزایش یافته و به حدود ۱/۷ میلی مولار در ایستگاه هشتم می‌رسد. بعد از ایستگاه هشتم شدت افزایش غلظت این یونها زیاد شده و در ایستگاه دهم به حدود

ولی پس از آن بسیار کمتر از این دویون می باشد. به عبارت دیگر تیپ آب تا ایستگاه دهم (پل زیسار) بی کربناته و پس از آن تا ایستگاه چهاردهم کلسره می باشد. نتیج گزارش شده توسط سازمان آب منطقه ای اصفهان نیز روند مشابهی را نشان می دهد (۲). عدم افزایش شدید غلظت یون بی کربنات در درجه اول به علت کمتر بودن مقدار آن در زه آب اراضی کشاورزی و در درجه دوم احتمالاً به علت رسوب مقداری از آن به وسیله یون کلسیم و در اثر کاهش فشار گاز کربنیک در آب می باشد (بحث در قسمت مربوط به کلسیم).
تغییرات غلظت عناصر نیکل، آهن، سرب و کادمیوم در مسیر زاینده رود در شکل ۵ و کبالت.

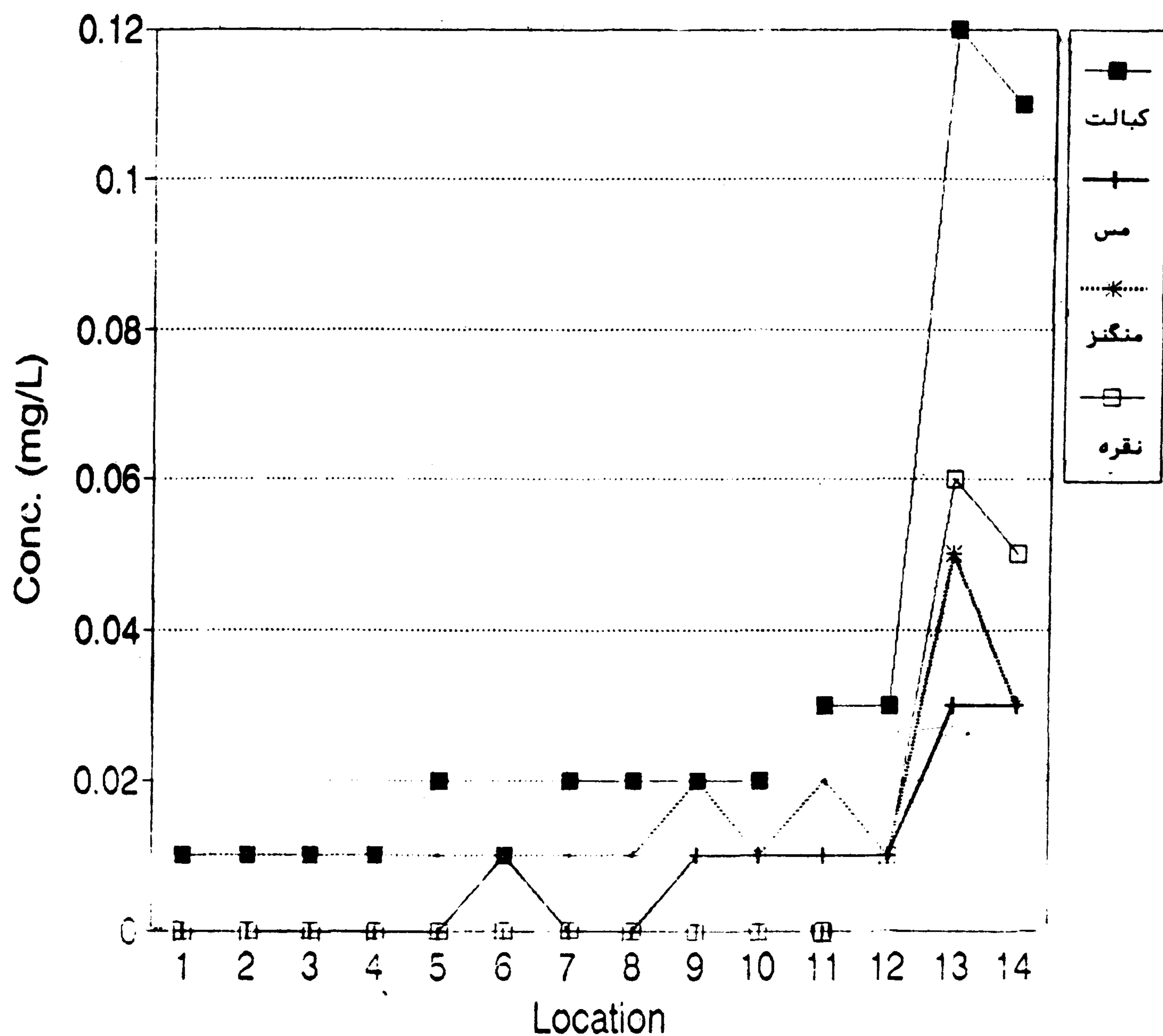
سازمان آب منطقه ای اصفهان (۲) حاکی از زیادتیر بودن غلظت سولفات نسبت به کلر تا ایستگاه دهم می باشد. این اختلاف ممکن است از آنجا ناشی شود که غلظت یون سولفات در بسیاری از آزمایشها عملاً اندازه گیری نشده و از کسر کردن غلظت کلسیم و بی کربنات از مجموع غلظت کاتیونها بدست می آید. روند تغییرات غلظت یون بی کربنات نسبت به کلر و سولفات متفاوت است. غلظت یون بی کربنات با شیب ملایم و یکنواختی از حدود ۳/۰ میلی مولار در ایستگاه اول تا حدود ۶/۵ میلی مولار در ایستگاه سیزدهم یا چهاردهم افزایش می یابد (شکل ۴). غلظت یون بی کربنات تا ایستگاه دهم بیشتر از کلر و سولفات



شکل ۵ - تغییرات غلظت توسط آهن، نیکل، سرب و کادمیوم آب در مسیر زاینده رود.

کادمیوم و مس مختصر و برای منگنز متوسط می‌باشد. غلظت این عناصر بعد از ایستگاه سیزدهم تا حدودی کاهش می‌یابد. افزایش غلظت این عناصر که عمدتاً از طریق فاضلابهای صنعتی و شوری وارد آب زاینده‌رود می‌شوند، نشانگر تمرکز صنایع آلوده کننده بین ایستگاه دوازدهم و سیزدهم (پل اژیبه و پل ورزنه) می‌باشد. بعضی از این صنایع فاضلابهای خود را بدون هیچ گونه تصفیه‌ای به زهکشهایی که در فاصله ایستگاههای شماره ۱۲ و ۱۳ وارد زاینده‌رود می‌شوند تخلیه می‌نمایند. کاهش غلظت این عناصر در ایستگاه چهاردهم احتمالاً به علت رقیق شدن املاح آب پس از

منگنز و مس و نقره در شکل ۶ نشان داده شده‌اند. غلظت کلیه این عناصر در طول مسیر زاینده رود بسیار پائین بوده و حداکثر به حدود ۰/۲۳ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. تغییرات غلظت عناصر سرب، نیکل، کادمیوم، کبالت، منگنز، مس و نقره که همگی از عناصر سنگین می‌باشند، روند مشابهی دارند. غلظت این عناصر از ایستگاه اول تا دوازدهم ناچیز بوده و تغییرات بسیار کمی را نشان می‌دهند ولی بین ایستگاه دوازدهم تا سیزدهم افزایش چشمگیری را نشان می‌دهند. این افزایش در مورد بعضی از عناصر چون سرب، نیکل، کبالت و نقره بسیار زیاد و در مورد بعضی دیگر چون



شکل ۶- تغییرات غلظت توسط کبالت، مس، منگنز و جیوه آب در میر زاینده رود.

ورود آن به باتلاق گاوخونی است.

تغییرات غلظت آهن در طول مسیر رودخانه در مقایسه با عناصر سنگین دیگر متفاوت است. غلظت آهن در بالادست زاینده رود (قبل از ایستگاه ۱۱) از کلیه عناصر سنگین دیگر بیشتر بوده و سپس بتدریج کاهش یافته و در ایستگاه ۱۱ یا ۱۲ به حداقل خود می‌رسد. غلظت آهن سپس به شدت افزایش یافته و در ایستگاه ۱۴ به حداکثر خود می‌رسد (شکل ۵). بالا بودن غلظت آهن در بالادست رودخانه احتمالاً به علت تخلیه فاضلابهای تصفیه شده کارخانه ذوب آهن اصفهان در صنایع نظامی به رودخانه بعد از ایستگاه سوم (پل زرین شهر) و کاهش تدریجی آن تا ایستگاه ۱۱ به علت جذب آهن روی ذرات معدنی و آلی معلق در آب و رسوب آن می‌باشد. افزایش غلظت آهن پس از ایستگاه ۱۲ به همان دلائلی است که در مورد عناصر سنگین دیگر ذکر شد.

غلظت عناصر روی و کرم در آب زاینده رود ناچیز و در عین حال متغیر و اکثراً از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی پائین تر بود. لذا به علت پائین بودن درجه اطمینان به اعداد بدست آمده از ذکر آنها خودداری شد.

میانگین تغییرات pH و غلظت فسفر در آب زاینده رود و در طی مسیر در شکل ۷ نشان داده شده است. pH آب زاینده رود در طول مسیر قلیائی بوده و بین ۷/۶ تا ۸/۰ تغییر می‌کند. حداقل pH آب در ایستگاه دهم (پل زیار) و حداکثر آن در ایستگاه سیزدهم (پل ورزنه) اندازه‌گیری شده است. برای تغییرات pH در آب زاینده رود می‌توان سه عامل مهم را ذکر کرد. عامل اول تخلیه شدن فاضلابهای

شهری و صنعتی با pH عموماً اسیدی و با حجم زیاد به رودخانه، عامل دوم وارد شدن زه‌آب اراضی کشاورزی با pH عموماً قلیائی که به علت وجود یونهای بی‌کربنات و کربنات در آن می‌باشد و عامل سوم تغییرات فشار گاز کربنیک در آب رودخانه که در اثر تغییر فعالیتهای بیولوژیکی و سرعت آب بوجود می‌آید. افزایش pH آب بین ایستگاه اول تا سوم ممکن است در اثر وارد شدن زه‌آب اراضی کشاورزی در این فاصله، کاهش مختصر pH بین ایستگاه سوم و چهارم در اثر وارد شدن فاضلاب صنایع ذوب آهن و صنایع نظامی و افزایش مختصر آن در فاصله ایستگاه چهارم تا ششم در اثر زه‌آب اراضی کشاورزی باشد. بیشترین کاهش pH آب بین ایستگاه هشتم و نهم می‌باشد که به احتمال زیاد در اثر تخلیه شدن فاضلاب تصفیه‌خانه جنوب و فاضلابهای صنعتی با pH عموماً اسیدی و دبی حدود ۲ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. افزایش شدید pH بین ایستگاه دهم تا سیزدهم در اثر وارد شدن زه‌آب قلیائی اراضی اطراف رودخانه در پائین دست و همچنین کاهش فشار گاز کربنیک در اثر افزایش بار آلودگی آب طبق واکنش زیر می‌باشد:



کاهش فشار گاز کربنیک باعث می‌شود که واکنش بالا به طرف چپ سوق داده شده و در نتیجه فعالیت یون هیدروژن کاهش و pH افزایش یابد.

غلظت فسفر محلول در آب زاینده رود تا ایستگاه هشتم صفر بوده و سپس بین ایستگاه هشتم تا نهم به شدت افزایش یافته و به حدود ۳/۲ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. غلظت فسفر تا ایستگاه یازدهم در حد بالا باقیمانده و سپس کاهش یافته و در ایستگاه

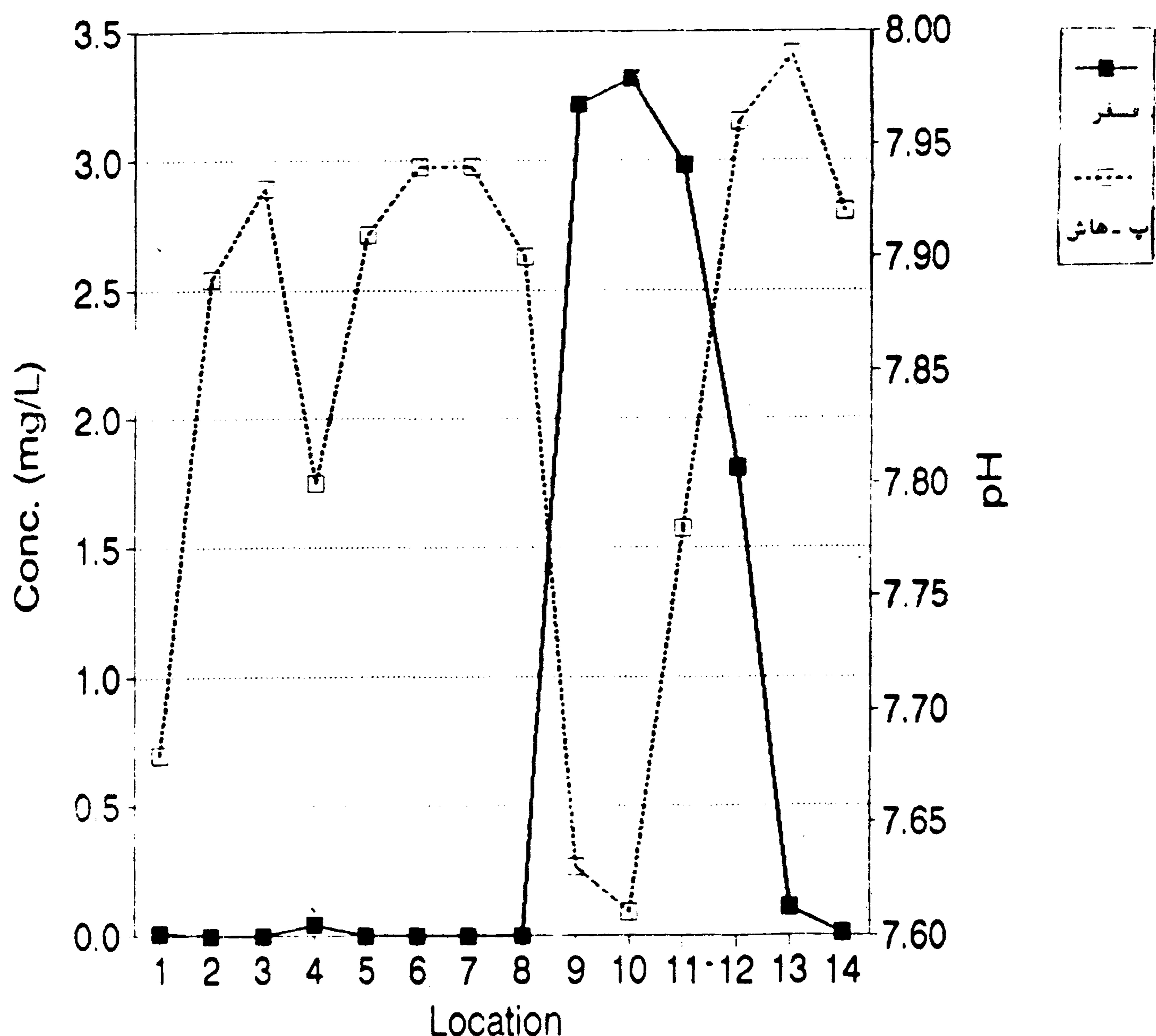
جلوگیری از رسوب آنها می باشد که توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (۹).

نتیجه گیری:

نتایج حاصل از مطالعه کیفیت آب زاینده رود و تغییرات آن در طول مسیر را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱ - افزایش شوری آب زاینده رود در مسیر مطالعه شده فوق العاده زیاد و در عین حال غیرخطی است. قسمت اعظم این افزایش مربوط به پائین دست رودخانه بین پل زیار و پل ورزنه می باشد. شوری آب از پل اژیبه به بعد به حدی است که حتی استفاده کشاورزی از آن در اغلب شرایط ممکن نیست.

سیزدهم به مقدار ناچیزی می رسد (شکل ۷). فسفر عمدتاً از طریق زه آب اراضی کشاورزی و بخشی از طریق فاضلابهای شهری و صنعتی وارد زاینده رود می شود، ولی افزایش شدید غلظت فسفر بین ایستگاه هشتم و نهم نه تنها به علت افزایش فعالیت های کشاورزی بلکه عمدتاً به علت کاهش pH، آب رودخانه در اثر تخلیه فاضلابهای شهری و صنعتی با pH اسیدی به رودخانه در همین فاصله می باشد. هماهنگی کاهش pH آب و افزایش غلظت فسفر محلول بین ایستگاههای هشتم و نهم و سپس افزایش pH و کاهش غلظت فسفر بین ایستگاههای دهم تا سیزدهم حاکی از اثر تعیین کننده برحالیته فسفاتهای کلسیم و منیزیم و یس



شکل ۷- تغییرات pH و غلظت توسط فسفر آب در مسیر زاینده رود

چه غلظت بیشتر این عناصر هنوز به حدی نیست که برای مصارف کشاورزی ایجاد اشکال کند ولی بطور قطع از نظر مصارف شرب انسان و دام و پیا استفاده از آن برای پرورش ماهی بدون اشکال نیست.

۶- تغییرات غلظت فسفر آب زاینده رود بعد از شهر اصفهان با تغییرات pH در این قسمت هماهنگ بوده و نشان دهنده آن است که منبع عمده فسفر محلول در آب زاینده رود زه آب اراضی کشاورزی و فاضلابهای شهری و صنعتی است.

۷- با توجه به اهمیت کیفی آب زاینده رود ادامه و گسترش مطالعه حاضر به نحوی که عناصر آلوده کننده دیگر نظیر ازت و عناصر سنگین را شامل شود و تغییرات این عناصر را در کلیه نقاط رودخانه و در هر زمان مشخص نماید، ضرورت تام دارد.

۲- عمده ترین کاتیونها و آنیونهای که باعث افزایش شوری آب زاینده رود در پائین دست رودخانه می شوند، عبارتند از سدیم و کلر در درجه اول و سولفات و منیزیم در درجه بعد. غلظت سدیم و کلر در پائین دست رودخانه به حدی است که می تواند برای رشد بسیاری از گیاهان ایجاد مسمومیت کند.

۳- تغییرات فصلی شوری در بالادست رودخانه کم و در پائین دست بسیار زیاد بوده و ماکزیمم شوری آب در این قسمت مربوط به تابستان و می نیمم آن مربوط به بهار یا زمستان است.

۴- زه آب اراضی کشاورزی به ویژه در پائین دست زاینده رود، نقش اساسی در تنزل کیفی آب از طریق افزایش شوری و غلظت عناصر اصلی بعهده دارد.

۵- افزایش چشمگیر غلظت بعضی از عناصر سنگین بین پل اژیه و پل ورزنه هشداردهنده می باشد، اگر

مراجع مورد استفاده:

REFERENCES:

- ۱- حاج رسولیها. ش ۰ ۱۳۵۴. بررسی کیفیت آب زاینده رود از سرچشمه تا شرق اصفهان از نظر مصرف کشاورزی. نشریه سالانه آبیاری و زهکشی. شماره ۰۱۴. ص ۵۸-۵۰.
- ۲- حاج رسولیها. ش ۰ ۱۳۶۹. بررسی کیفیت آب رودخانه زاینده رود از سرآب یا پایاب (ایستگاه قلعه شاهرخ تا ایستگاه ورزنه). وزارت نیرو، سازمان آب منطقه ای، امور مطالعات. ص ۲۰-۰۸.
- ۳- خادمی موغاری. ح ۰ ۱۳۶۸. مطالعه تکوین و شناسایی کانیهای رسی خاکهای منطقه رودشت اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ص ۴۰-۰۳۰.
- 4 - Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. 1982. Perkin-Elmer Co. Norwalk. Connecticut. U.S.A.
- 5 - Chapman, H.D. & P.F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. Univ. of california press. P. 65-97.
- 6 - Farber, L.(ed). 1971. Standand methods for the examination of water and waste water. Tenth edition. Joint editorial board; APHA, AWWA, and WPCF. Boyd printing Co, Albany N.Y. 874 p.

- 7 - Gibbs, R.J. 1977. Transport phases of transition metals in the Amazon and Yukon rivers. Geological Society of America Bulletin, V. 88, P. 829-843.
- 8 - Hirose, T. & N. Kuramoto. 1981. Stream water quality as influenced by land use patterns in the Kakioka basin, Japan. J. Environ. Qual. 10(2), P. 184-188.

Water Quality Changes Along Zayandehrud River

M. KALBASI

Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture,
Isfahan University of Technology.

Received for Publication, 7 May 1991.

SUMMARY

Zayandehrud river is the major blood vein of Isfahan plain and its water quality is of prime importance to municipal, agricultural and industrial development in the area. Spatial and temporal changes of water quality in this river were monitored by analysis of seasonal samples taken from 14 stations along the river path, during a 3 year period. Electrical conductivity, pH and concentration of P, SO_4 , Cl, HCO_3 , Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Cd, Ni, Pb, Ag and Cr were determined in water samples. Results indicated a gradual increase in electrical conductivity and concentration of Ca, Mg, Na, K, Cl, SO_4 and HCO_3 from station no. 1 (Morgan) to station no. 10 (Ziar) and then a much sharper increase from station no. 10 to station no. 13 (Varzaneh) and then a slight decrease to station no. 14 (Gavkhoni). Water pH was alkaline with a minimum of 7.6 in station no. 10 and a maximum of 8.0 in station no. 13. Concentration of P was negligible up to station no. 8 then increased sharply to a maximum of 3.2 mg/L in station no. 9 or 10, then decreased drastically to station no. 13. Concentration of heavy metals were generally low and did not exceed 0.2 mg/L in water samples. Concentration of Ni, Co, and Pb were very low up to station no. 12 (Ajieh), then increased sharply up to station no. 13 and decreased slightly to station no. 14. Concentration of other heavy metals including Fe, Zn, and Cr, changed irregularly along the river path.