محیط شناسی، سال سی و دوم، شماره ۴۰، زمستان ۱۳۸۵، صفحهٔ ۵۰-۴۱

اثر فعالیت های انسانی بر تجمع فلزات سنگین در آب رودخانه تجن در استان مازندران

دکتر محسن سعیدی[۱]*، دکتر عبدالرضا کرباسی[۲]
دکتر غلامرضا نبی بیدهندی[۳]، دکتر ناصر مهردادی[٤]

۱- استادیار گروه آب و محیط زیست، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران
۲- عضو هیات علمی دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
۳- دانشیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
۴- دانشیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸٤/۶/۲۲، تاریخ تصویب: ۱۳۸۵/۵/۲۳)

چکیده

غلظت فلزات سنگین در رودخانه تجن استان مازندران در یازده ایستگاه و در قسمت های مختلف حوزه و پایین دست منابع آلودگی در طول سال ۱۳۸۰ مورد بررسی قرارگرفت. میانگین غلظت کادمیم ، مس، منگنز، نیکل، سرب، روی، کبالت و آهن در ایستگاه های مختلف رودخانه در فصل زمستان به ترتیب ۹/۷، ۴/۵، ۲۸/۵، ۱۰/۹، ۲۰/۳، ۴۹/۸، ۲۳/۱، ۳۹۱/۵ ، بهار ۱۲/۱، ۵/۸، ۳۵، ۱۳/۲، ۲۴/۹، ۶۲/۸، ۲۷/۹، ۴۶۵، تابستان ۸۰/۳، ۲۹/۳، ۷۴/۵، ۲۸/۵، ۵۸/۵، ۶۶/۷، ۲۲/۱، ۱۷۶۷/۷ و پاییز ۶۲/۵، ۲۴/۹، ۶۳/۱، ۲۲/۳، ۴۱/۳، ۵۸/۶، ۲۲/۹ و ۹۸۵/۷ میکروگرم در مترمکعب اندازه گیری شد. میانگین غلظت‌های فلزات کادمیم، نیکل و سرب در رودخانه بخصوص در فصول تابستان و پاییز از حد اکثر غلظت قابل قبول آژانس حفاظت محیط زیست امریکا و توصیه شده سازمان بهداشت جهانی و در آب آشامیدنی به طور چشمگیری بالاتر است. نتایج همچنین نشان داد که غلظت تمامی فلزات بجز کبالت در رودخانه در فصول کم آبی بویژه تابستان، بیش از سایر فصول است. ترتیب بزرگی غلظت فلزات در رودخانه در فصول سال به این شکل است: زمستان، بهار، پاییز، تابستان. اثر آلایندگی منابع آلودگی اصلی رودخانه ازجمله شهر ساری و کارخانهٔ چوب و کاغذ مازندران بخصوص در فصول کم آبی بر بالا رفتن غلظت آلودگی در رودخانه ردیابی شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

کلید واژه

آلودگی، فلزات سنگین، رودخانهٔ تجن، استان مازندران

***نویسنده مسئول:** تلفن:۷۷۲۴۰۳۹۹-۰۲۱، Email:msaeedi@iust.ir

سرآغاز

رودخانـهٔ تجـن از مهمتریـن رودخانه‌های اسـتان مازنـدران بوده و با سرچشـمه گرفتن از ارتفاعات شـمالی البرز شـرقی و مرکـزی و عبور از مناطق کوهسـتانی پوشـیده از جنگل هـای در حال کاهـش، وارد مناطق هموارتر شـده و و پس از عبور از شـهر سـاری و گذر از جلگهٔ کاملاً هموار وارد دریای خزر می‌شـود. رودخانـه دارای آب دائمی بوده و کیفیت آن برای فعالیت های کشاورزی و صنعتی مناسب است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازنـدران،۱۳۷۹). میانگیـن آب ورودی از طریق رود تجـن به دریای خزر در حدود ۱۹/۴ مترمکعب در ثانیه گزارش شـده اسـت (شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران،۱۳۷۹) .زمین‌شناسی حوزهٔ رودخانه بیشتر متشکل از انواع تشکیلات و رسوبات آهکی، سنگ آهکی، شیلی و ماسه سنگی بوده و این بر کیفیت آب رودخانه مؤثر خواهد بود(سـازمان زمین شناسی کشور،۱۳۶۹). در مناطق جنوبی و شرقی حوزه فرسایش خاک به نسبت شدید است(مهندسان مشـاور خزر، ۱۳۷۷). انواع فعالیت های کشـاورزی تقریباً در تمامی سطوح حوزه هرجا که شرایط طبیعی شیب و خاک زمین اجازه داده باشد، وجود دارد. مراکز جمعیتی و به خصوص شـهر سـاری در مجـاورت رودخانه قراردارند. همچنین در فصول بهار و تابسـتان بر جمعیت سـاکن حوزه به دلیل فعالیت های گردشـگری و تفرج افزوده می‌شـود. انواع فعالیتهای صنعتی و کارخانه های کوچک و کارخانه بزرگ چوب و کاغذ مازندران در حوزه رود تجن وجود داشته و صنایع وابسته به صنعت گردشگری از جمله هتلداری و سایر صنایع خدماتی نیز در سـطح حوزه کم و بیش فعالنـد. مجموع عوامل فوق از یک طرف باعث ایجاد فشـار و تخریب منابع زیسـت محیطی حوزه به خصوص جنگل‌ها و فرسایش خاک گردیده و از طرفی باعث ورود انواع آلاینده‌ها اعم از آلاینده‌های آلی فسـادپذیر و غیرقابل تجزیه، سموم، مواد مغذی و فلزات سـنگین به درون رودخانه تجـن و در نهایت ورود به دریای خزر می‌شـود. بنابراین منابع آلاینده انسـانی زیادی در حـوزه رودخانه تجن وجود دارد که باعث افزیش احتمال ورود عناصر سنگین به این رودخانه می شود. مطالعات زیـادی در مورد عناصر سـنگین در آب، ذرات معلق و رسـوبات رودخانه ها بـه انجام رسـیده اسـت (Forstner & Muller, 1973; Grieve & Fletcher, 1976; Duinker et al., 1980; Forstner, 1980; Sigleo & Helz, 1981; Forstner, et al., 1982; Karbassi, 1989; Malle, 1990, Forstner et al., 1990; Stone & Dropp, 1996; Neumann & Leipe, 1998; Zhang et al., 1998; Winkles et al., 1998 and Klavins et al., 2000)

همچنیـن برای انجام محاسـبات نـرخ بار ورودی فلزات سـنگین از طریق رودخانه به محیط های دریایی و دریاچه ها و انجام محاسـبات موازنه جرمی فلزات سـنگین در محیـط های دریایی، یکی از اجـزای مهم که در محاسـبات وارد می‌گردد مقدار عناصر سـنگین ورودی از طریق آب، ذرات معلق رودخانه و مقادیر عناصر انباشته شونده در رسوبات بستر دریا و رودخانه اسـت.(Chapman, 1992)در این راستا برای بررسی وضعیت آلودگی رودخانه و شـناخت اثر منابع آلاینده بر آن، میزان فلزات سنگین در رودخانه در ایسـتگاه های مختلف از بالادست تا نزدیک محل ورود به دریای خزر در طول یک سال مورد بررسی قرارگرفت.

روش کار

برای انجـام نمونه‌برداری ابتدا نقشـه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسـی منطقه و راههای دسترسـی آن تهیه و مورد بررسـی قرارگرفت. پس از آن بازدیدهایی از حوزه آبریز تجن از مناطق کوهسـتانی تا مصب رودخانه انجام گرفت و با توجه به شـرایط طبیعی و امکان دسترسـی به رودخانه و در نظر داشـتن عوارض طبیعی و انسانی، از جمله شـاخه‌های فرعی رودخانه تغییر سـاختارهای زمین‌شناسـی و منابع آلودگی (از جملـه کارخانه چوب کاغذ و شهرسـازی)، ایستگاه هایی برای نمونه‌برداری از آب رودخانه انتخاب گردید. نمونه‌های آب رودخانه از یازده نقطه در طول رودخانه اصلی و دو شاخه فرعی نزدیک به محور مرکز رود و از عمق بیسـت سانتی متری زیر سطح آب، در ظروف پلی اتیلنی سفید برداشت شد(شکل شمارهٔ ۱) و پس از فیلتراسیون و افزودن اسید (تا pH کمتر از دو)، به آزمایشگاه منتقل و غلظت فلزات در آنها به وسـیله روش جذب اتمی با کوره گرافیت و بر اساس روش آژانس محیط زیست آمریکا اندازه‌گیری شد(U.S.EPA,1991). اندازه‌گیری فلزات در نمونه‌های آب در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان انجام شد. نمونه هـا در هـر یک از فصول سـال ۱۳۸۰ در طـول دو هفته و به طـور روزانه برداشـت و میانگین نتایج آنها به عنوان نتایج هر فصل در نظر گرفته شـد. برای اطمینان از نتایج، همچنین نمونه مرکب از نمونه های دو هفته ای تهیه و نتایج غلظت فلزات در آن با میانگین نتایج روزانه مقایسـه شـد که تطابق خوبی مشاهده شد. (نمونه‌های بهار در نیمهٔ اول اردیبهشت، تابستان در نیمه اول شهریور، پاییز در نیمهٔ دوم آبان و زمستان در نیمهٔ اول اسفندماه برداشت شـد). شایان ذکر است که از ایستگاه‌های نمونه‌برداری، ایستگاه شماره ۱ در مصب رودخانه، ایسـتگاه ۲ در منطقه روسـتای پنبه چوله بین شهر ساری و سـاحل فرح آباد، ایستگاه ۳ زیر پل تجن درسـت در نقطه‌ای که رودخانه از شهر ساری عبور می‌کند، ایستگاه ۴ نزدیک کارخانه شن و ماسه پایین دست کارخانه چوب و کاغذ مازندران و ایسـتگاه ۵ بالادست کارخانه چوب و کاغذ در نظر گرفته شد.

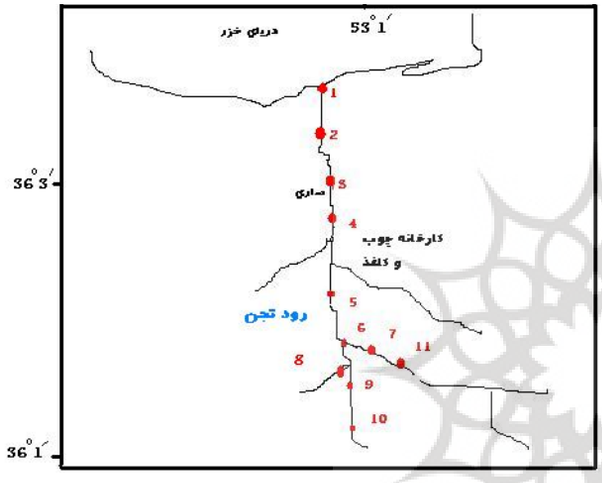
برای اطمینان بیشتر از صحت نتایج، نمونه های شاهد، بدل[۱] و نمونه های استاندارد با روش مشابه نمونه ها آزمایش شد و در محاسبات نتایج به کار گرفته شد. خطای اندازه گیری ها کمتر از ۶ درصد است.

نتایج وبحث

جـداول ۱ تـا ۴ بیانگر نتایـج میزان غلظـت فلـزات در رودخانه در ایستگاه‌های مختلف در چهار فصل سال می‌باشند. همچنین شکل شمارهٔ(۲) نشان دهندهٔ تفاوت غلظت عناصر در نقاط مختلف رودخانه در فصول مختلف سال است. با توجه به جداول و شکل شمارهٔ(۲) در مورد فلزات در آب رودخانه می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

ـ کادمیم (Cd)

غلظـت کادمیم در رودخانه در فصول مختلف بسـیار متغیراسـت. در فصل بهار حداکثـر و حداقل غلظت کادمیم به ترتیب ۶ و ۲۳ میکروگرم در مترمکعب می‌باشد. بیشترین غلظت در ایستگاه ۸ یعنی شاخه فرعی رودخانه لاجیم مشـاهده گردید. همچنین غلظت کادمیم در مصب، ۱۵ میکروگرم در متر مکعب بوده که از ایستگاه قبل از مصب مقدار ۵ میکروگرم در متر مکعب کمتر است. به طور کلی، جز در شاخهٔ فرعی لاجیم، غلظت کادمیم در آب، به سمت پایین دست رودخانه افزایش می‌یابد. در فصل تابستان غلظت کادمیم در آب بشدت افزایش می‌یابد و بیشترین غلظت در مصب رودخانه و ایستگاه هـای شـماره ۵ و ۴ و ۳ (بالاتر از ۱۰۰ میکروگرم در مترمکعب) مشـاهده می‌شـود که متأثر از کارخانه چوب و کاغذ مازندران و شهر ساری هستند. با توجه به اینکه در فصل تابستان دبی رودخانه بشدت کاهش می‌یابد و ورودی رواناب های سطحی حوزه و بار معلق به رودخانه نیز کاهش می‌یابد، غلظت کادمیم ورودی به رودخانه با توجه به کاهش دبی، به صورت آلودگی از شهر و کارخانـه ها افزایـش یافته و در عین حال به علت کاهش بار معلق، میزان جـذب آن از فاز محلول به فاز غیـر محلول نیز کاهش می‌یابد. در نتیجه در فصول تابسـتان و اوایل پاییز (فصل کم آبی) غلظت فلز کادمیم در رودخانه بشدت افزایش می‌یابد. اثر کادمیم ورودی از شاخه لاجیم اگرچه در این فصل کمتر اسـت اما هنوز مشاهده می‌شود، بدین معنی که غلظت کادمیم پس از ورود شـاخهٔ لاجیم به رودخانه به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. در فصل تابسـتان نیز غلظت و تغییرات آن تا حدی نزدیک به فصل بهار می‌باشد اما غلظت کادمیم در زمسـتان در رودخانه حتی کمتر از فصل بهار اسـت و این می‌توانـد به دلیل بارندگـی و افزایش دبی رودخانه، افزایـش بار معلق و در نتیجه جذب کادمیم و عدم کاربرد کود و سموم در این فصل نسبت به فصل بهار در سطح حوزه آبریز باشد. به طور کلی در تمامی فصول با عبور رودخانه از نزدیکی کارخانه چوب و کاغذ و بویژه عبور از شهر ساری، غلظت کادمیم در آب افزایش می‌یابد.



شکل شمارهٔ (۱): نقاط نمونه برداری از آب رودخانه تجن

جدول شمارهٔ(۱): غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف در رودخانه تجن در فصل زمستان ۱۳۸۰ ($\mu g/m^3$)

ایستگاه	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Co	F
۱	۱۲	۱۴	۴۵	۱۶	۳۳	۲۹	۳۶	۳۸۹
۲	۱۸	۱۳	۲۱	۱۲	۱۶	۸۹	۴۵	۴۱۱
۳	۸	۴	۲۶	۱۵	۵	۳۸	۱۹	۲۵۶
۴	۱۰	۴	۳۷	۱۹	۹	۱۰۹	۲۱	۵۵۵
۵	۱۱	۲	۲۲	۱۳	۱۶	۱۸	۲۶	۱۸۶
۶	۵	۲	۲۴	۹	۷	۲۶	۲۷	۳۶۹
۷	۹	۱	۴۱	۹	۱۶	۲۴	۱۹	۵۴۱
۸	۱۸	۴	۴۵	۶	۹۱	۱۲۶	۲۲	۳۸۹
۹	۵	۱	۲۲	۱۰	۶	۵۴	۱۲	۳۶۹
۱۰	۴	۳	۱۸	۶	۱۳	۱۸	۱۳	۲۴۴
۱۱	۷	۲	۱۲	۵	۱۱	۲۰	۱۴	۵۹۸
حداقل	۴	۱	۱۲	۵	۵	۱۸	۱۲	۱۸۶
حداکثر	۱۸	۱۴	۴۵	۱۹	۹۱	۱۲۶	۴۵	۵۹۸
میانگین	۹/۷	۴/۵	۲۸/۵	۱۰/۹	۲۰/۳	۴۹/۸	۲۳/۱	۳۹۱/۵
انحراف معیار	۴/۸	۴/۵	۱۱/۵	۴/۵	۲۴/۷	۳۹/۴	۱۰/۱	۱۳۲/۴

ـ مس (Cu)

غلظت عنصر مس نیز در آب رودخانه در فصل تابستان و پاییز افزایش و در زمستان و بهار کاهش می‌یابدکه دلیل اصلی آن می‌تواند افزایش دبی، افزایش بار معلق رسوبی و جذب فلزات از فاز محلول باشد. تفاوت غلظت‌ها در تابستان نسبت به پاییز و در بهار نسبت به زمستان می‌تواند به دلیل عدم کاربرد یا استفاده کمتر کود و سموم در پاییز نسبت به تابستان و در زمستان نسبت به بهار باشد. به طور کلی غلظت مس در طول رودخانه از مصب، به سمت بالادست کاهش می‌یابد. این الگو در ایستگاه‌های شماره ۴ (پایین دست صنایع چوب و کاغذ مازندران)، ایستگاه ۳ (پل تجن در جوار شهر ساری) و ایستگاه ۸ (شاخهٔ فرعی لاجیم) متفاوت به نظر می‌رسد که در موارد اول و دوم می‌تواند به دلیل پساب‌ها و آلودگی‌های ناشی از کارخانه و شهر ساری و در مورد شاخه لاجیم احتمال وجود منبعی طبیعی نظیر زمین شناسی و فرسایش زیاد در زیر حوزه این رودخانه باشد. این فرضیه با توجه به اینکه افزایش غلظت فلزات در این ایستگاه در فصول پر آبی (بهار و زمستان) شدیدتر است، تأیید می شود و به نظر می‌رسد که در فصول بارندگی فرسایش شدید در این زیر حوزه باعث انحلال و انتقال فلزات سنگین به صورت محلول در طول رودخانه و ورود به رودخانه تجن می‌گردد. محدودهٔ غلظت مس در آب رودخانه در فصول مختلف به این ترتیب است:

بهار: $2-17 \mu g/m^3$، تابستان: $21-61 \mu g/m^3$،
پاییز: $15-16 \mu g/m^3$، زمستان: $1-14 \mu g/m^3$.

ـ منگنز (Mn)

محدوده غلظت منگنز در طول رودخانه در فصول مختلف سال به این ترتیب است:

بهار: $20-53 \mu g/m^3$، تابستان: $11-182 \mu g/m^3$،
پاییز: $10-145 \mu g/m^3$، زمستان: $12-45 \mu g/m^3$.

الگوی تغییرات منگنز در طول رودخانه چندان منظم نیست. به طور کلی می‌توان گفت غلظت منگنز به سمت بالا دست حوزه کاهش می‌یابد. اما همانند عنصر مس، افزایش ناگهانی غلظت منگنز در رودخانه در ایستگاه شمارهٔ (۳) (به خصوص در تابستان و پاییز) نشان دهنده اثر شهر ساری بر کیفیت آب رودخانه است. در ایستگاه ۸ (شاخه فرعی لاجیم) و تا حدی ایستگاه شمارهٔ (۴) (پایین دست کارخانه چوب و کاغذ) نیز افزایش غلظت منگنز مشاهده می شود که اثر زیر حوزه شاخه فرعی لاجیم و پساب کارخانه چوب و کاغذ ممکن است از دلایل اصلی این موضوع باشد.

ـ نیکل (Ni)

طیف غلظت عنصر نیکل در فصول مختلف در آب رودخانه به این ترتیب است:

بهار: $6-23 \mu g/m^3$، تابستان: $16-86 \mu g/m^3$،
پاییز: $12-71 \mu g/m^3$، زمستان: $5-19 \mu g/m^3$.

غلظت نیکل در رودخانه به سمت دریا به طور چشمگیری افزایش می‌یابد که اثر آلایندگی کارخانه چوب و کاغذ مازندران و شهر ساری را نشان می‌دهد. افزایش غلظت نیکل در شاخه فرعی لاجیم بشدت سایر عناصر مشاهده نمی‌شود و می‌توان گفت که عنصر نیکل منشاء زمین ساختی از زیر حوزهٔ شاخه لاجیم ندارد. همانند سایر فلزات در فصول تابستان و پاییز، غلظت نیکل در آب رودخانه بویژه در مناطق پایین دست افزایش می‌یابد. این افزایش به خصوص در فصول تابستان و پاییز در نزدیکی مصب رودخانه به طور چشمگیری مشاهده می‌شود.

ـ سرب (Pb)

طیف غلظت سرب در آب رودخانه در فصول مختلف به این ترتیب است:

بهار: $7-111 \mu g/m^3$، تابستان: $27-244 \mu g/m^3$،
پاییز: $19-166 \mu g/m^3$، زمستان: $5-91 \mu g/m^3$.

به طور کلی غلظت سرب نیز در رودخانه در فصول تابستان و پاییز بیشتر از زمستان و بهاراست. غلظت عنصر سرب در طول رودخانه به خصوص در شاخهٔ فرعی لاجیم افزایش شدیدی نشان می‌دهد. همچنین غلظت سرب در تمام سال در نزدیکی مصب رودخانه نسبت به ایستگاه پیش از آن افزایش دارد. در فصل تابستان و پاییز در پایین دست کارخانه چوب و کاغذ نیز افزایش غلظت سرب در آب رودخانه مشاهده می‌شود. افزایش شدید غلظت سرب در شاخه لاجیم نسبت به سایر نقاط رودخانه و حتی نسبت به سایر عناصر نشان می‌دهد که منشأ ورود فلزات به رودخانه لاجیم از زیر حوزه بیشتر شامل عنصر روی و سرب است. و سایر فلزات به عنوان فلزات فرعی نسبت به سرب از این منبع وارد رودخانه می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول شمارهٔ (۲): غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف در آب رودخانه تجن در فصل بهار ۱۳۸۰ ($\mu g/m^3$)

ایستگاه	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Co	Fe
۱	۱۵	۱۷	۵۳	۱۸	۳۸	۳۴	۴۸	۴۲۸
۲	۲۰	۱۷	۲۸	۱۵	۲۰	۱۰۴	۵۱	۵۲۹
۳	۱۰	۵	۲۳	۲۰	۶	۴۲	۲۲	۳۴۱
۴	۱۲	۶	۴۸	۲۳	۱۲	۱۳۶	۲۵	۶۵۴
۵	۱۴	۲	۳۰	۱۵	۲۴	۲۲	۲۹	۱۹۹
۶	۶	۳	۳۰	۱۱	۸	۳۱	۳۰	۴۱۸
۷	۱۱	۲	۴۸	۱۰	۱۸	۳۳	۲۵	۶۸۰
۸	۲۳	۵	۵۱	۷	۱۱۱	۱۷۵	۳۰	۴۴۶
۹	۸	۲	۳۰	۱۲	۷	۶۹	۱۵	۴۰۰
۱۰	۶	۲	۲۵	۸	۱۶	۲۱	۱۵	۳۱۰
۱۱	۸	۳	۲۰	۶	۱۴	۲۴	۱۷	۷۱۰
حداقل	۶	۲	۲۰	۶	۶	۲۱	۱۵	۱۹۹
حداکثر	۲۳	۱۷	۵۳	۲۳	۱۱۱	۱۷۵	۵۱	۷۱۰
میانگین	۱۲/۱	۵/۸	۳۵	۱۳/۱۸	۲۴/۹	۶۲/۸	۲۷/۹	۴۶۵
انحراف معیار	۵/۵	۵/۷	۱۲/۳	۵/۵	۲۹/۹	۵۲/۶	۱۲	۱۶۲/۶

ـ روی (Zn)

محدوده غلظت روی در آب رودخانه در فصول مختلف به این ترتیب است:

بهار: $\mu g/m^3$ ۱۷۵-۲۱، تابستان: $\mu g/m^3$ ۱۰۶-۳۲،
پاییز: $\mu g/m^3$ ۹۶-۳۳، زمستان: $\mu g/m^3$ ۱۲۶-۱۸.

غلظت روی در طول رودخانه دارای نوسان است اما به طور مشخص افزایش غلظت این عنصر در ایستگاه شمارهٔ (۳) در فصول کم آبی (تابستان و بهار) و ایستگاه ۴ در کلیهٔ فصول بخصوص فصول پرآبی قابل مشاهده است که نشان دهندهٔ اثر شهر ساری و کارخانه چوب و کاغذ مازندران است. ایستگاه ۸ در فصول زمستان و بهار بشدت و در فصول تابستان و پاییز با شدت کمتری افزایش غلظت روی را در آب نشان می‌دهد که نشان دهندهٔ منشأ ورود این عنصر از زیر حوزه شاخه فرعی لاجیم، بخصوص در فصول پر باران است که احتمال حمل آن از سطح حوزه به وسیله رواناب ها و انحلال آن را در آب بشدت تقویت می‌کند.

ـ کبالت (Co)

طیف غلظت کبالت در آب رودخانه در فصول مختلف سال به این شرح است:

بهار: $\mu g/m^3$ ۵۱-۱۵، تابستان: $\mu g/m^3$ ۲۸-۱۷،
پاییز: $\mu g/m^3$ ۳۲-۱۸، زمستان: $\mu g/m^3$ ۴۵-۱۲.

تغییرات غلظت کبالت در طول رودخانه نوساناتی بشدت سایر عناصر از جمله سرب و روی ندارد. علاوه بر آن بر خلاف سایر عناصر غلظت کبالت در رودخانه در فصول کم آب و پر آب تفاوت عمده نداشته و حتی در فصول پر آب در برخی ایستگاه‌ها بیشتر از فصول کم آب است که نشان دهنده این واقعیت است که منشاء کبالت بیشتر از زمین شناسی و خاک حوزه است و به وسیلهٔ فرسایش خاک و انحلال بستر وارد آب رودخانه می‌گردد و منشاء آلودگی برای آن چندان متصور نیست. این فرضیه را عدم افزایش جدی غلظت کبالت در ایستگاه‌های شاخص نشان دهنده اثر آلودگی (ایستگاه ۳ شهر ساری، ایستگاه ۴ پایین دست کارخانه چوب و کاغذ) تأیید می‌کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول شمارهٔ (۳): غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف در آب رودخانه تجن در فصل تابستان۱۳۸۰ ($\mu g/m^3$)

ایستگاه	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Co	Fe
۱	۱۰۶	۲۶	۶۱	۸۶	۵۶	۷۹	۲۷	۸۰۶
۲	۹۱	۲۳	۷۱	۱۶	۳۵	۳۷	۲۴	۲۱۳۰
۳	۱۰۲	۴۵	۱۸۲	۳۴	۳۹	۱۰۵	۲۱	۳۸۳۰
۴	۱۰۰	۶۱	۱۰۲	۴۳	۵۱	۸۲	۲۰	۲۰۶۶
۵	۱۱۲	۲۲	۴۴	۲۲	۴۲	۴۷	۲۵	۸۳۳
۶	۹۲	۲۵	۵۴	۱۳	۴۰	۵۸	۱۹	۲۰۱۰
۷	۹۰	۱۹	۷۳	۱۹	۴۶	۴۵	۲۶	۲۶۵۰
۸	۹۳	۳۰	۹۴	۲۱	۲۴۴	۱۰۶	۲۸	۲۱۷۰
۹	۴۱	۲۱	۱۱	۱۷	۲۷	۱۰۲	۱۷	۶۳۷
۱۰	۲۵	۲۴	۸۵	۲۵	۳۲	۳۲	۱۷	۴۸۲
۱۱	۳۲	۳۱	۴۲	۱۸	۳۲	۴۱	۱۹	۱۸۳۱
حداقل	۲۵	۱۹	۱۱	۱۳	۲۷	۳۲	۱۷	۴۸۲
حداکثر	۱۱۲	۶۱	۱۸۲	۸۶	۲۴۴	۱۰۶	۲۸	۳۸۳۰
میانگین	۸۰/۳	۲۹/۷	۷۴/۵	۲۸/۵	۵۸/۵	۶۶/۷	۲۲/۱	۱۷۶۷/۷
انحراف معیار	۳۱/۵	۱۲/۵	۴۴/۱	۲۰/۹	۶۲/۱	۲۸/۸	۴	۱۰۱۰/۲

ـ آهن (Fe)

محدوده غلظت آهن در آب رودخانه در فصول مختلف به این ترتیب است:

بهار: $\mu g/m^3$ ۷۱۰-۱۹۹، تابستان: $\mu g/m^3$ ۳۸۳۰- ۴۸۲،
پاییز: $\mu g/m^3$ ۲۱۸۰- ۳۱۲، زمستان: $\mu g/m^3$ ۵۹۸-۱۸۶.

به طور کلی میزان غلظت آهن در رودخانه در فصول تابستان و پاییز (فصل کم آبی) بیشتر از فصول زمستان و بهاراست. غلظت آهن در طول رودخانه در نقاط مختلف نوسان داشته و در فصول کم آبی در نزدیکی شهر ساری بشدت افزایش می‌یابد و در تمامی فصول در پایین دست کارخانه چوب و کاغذ نیز افزایش نشان می‌دهد. به طور کلی نمی‌توان گفت غلظت آهن در طول رودخانه از مصب تا بالا دست کاهش می‌یابد بلکه حتی در نقاطی از بالا دست رودخانه غلظت آهن در آب بیشتر از مقادیر پایین دست است.

شکل شمارهٔ(۲) نشان دهندهٔ تفاوت غلظت عناصر در نقاط مختلف آب رودخانه در فصول مختلف سال است. به طور کلی به روشنی مشاهده می‌شود که غلظت تمامی فلزات به جز کبالت در فصول کم آبی بویژه تابستان، بیش از سایر فصول است. در این مورد می‌توان گفت ترتیب بزرگی غلظت فلزات در آب رودخانه در فصول سال به این شکل است: زمستان، بهار، پاییز، تابستان. وقوع حداکثر غلظت در فصل تابستان می‌تواند به دلیل کاهش شدید دبی آب رودخانه و ورود انواع آلاینده‌ها و رواناب ها و زهاب های کشاورزی به رودخانه و استفاده از کود و سموم مختلف در حوزه باشد که در فصل پاییز باوجود عدم افزایش قابل توجه دبی به دلیل کاهش مصرف سموم و کود و فعالیت‌های کشاورزی از بار آلودگی تا حدی کاسته می‌شود. در فصول بهار و زمستان به دلیل افزایش دبی و افزایش بار مواد معلق رسوبی در رودخانه و جذب این فلزات از فاز محلول غلظت فلزات در آب به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد. بزرگ‌تر بودن غلظت فلزات در بهار نسبت به زمستان می‌تواند به دلیل آغاز مصرف سموم و کود در سطح حوزه باشد. عدم تبعیت عنصر کبالت از این الگو نشان می‌دهد که کبالت در آب رودخانه منشأ انسان ساخت نداشته و ورود آن بیشتر به صورت نامحلول به همراه خاک و رسوبات در اثر فرسایش از سطح حوزه در فصول زمستان و بهار و سپس انحلال نسبی آن در آب است.

جدول شمارهٔ (۴): غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف در آب رودخانه تجن در فصل پاییز ۱۳۸۰ ($\mu g/m^3$)

ایستگاه	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Co	Fe
۱	۸۳	۲۳	۵۳	۷۱	۴۲	۷۱	۳۲	۶۰۸
۲	۷۰	۲۰	۶۱	۱۵	۲۴	۳۳	۲۵	۱۱۴۰
۳	۸۱	۳۸	۱۴۵	۲۵	۲۸	۹۶	۲۲	۲۱۸۰
۴	۷۵	۵۱	۸۸	۳۳	۳۶	۷۷	۲۳	۱۲۳۰
۵	۹۱	۱۷	۳۷	۱۷	۳۳	۴۱	۲۴	۵۳۳
۶	۷۱	۲۳	۴۵	۱۱	۳۱	۴۹	۲۱	۱۱۱۲
۷	۶۹	۱۶	۶۷	۱۷	۳۶	۳۸	۲۵	۱۰۸۹
۸	۷۶	۲۴	۸۱	۱۵	۱۶۶	۸۸	۲۲	۱۲۷۰
۹	۳۱	۱۷	۱۰	۱۵	۱۹	۹۱	۱۸	۴۲۸
۱۰	۱۹	۲۰	۷۰	۱۴	۲۱	۲۷	۱۹	۳۲۱
۱۱	۲۲	۲۵	۳۷	۱۲	۱۹	۳۴	۲۱	۹۳۲
حداقل	۱۹	۱۶	۱۰	۱۱	۱۹	۲۷	۱۸	۳۲۱
حداکثر	۸۳	۵۱	۱۴۵	۷۱	۱۶۶	۹۶	۳۲	۲۱۸۰
میانگین	۶۲/۵	۲۴/۹	۶۳/۱	۲۲/۳	۴۱/۳	۵۸/۶	۲۲/۹	۹۸۵/۷
انحراف معیار	۲۵/۷	۱۰/۵	۳۵/۱	۱۷/۳	۴۲	۲۶/۲	۳/۷	۵۲۱/۶

نتیجه گیری

غلظت فلزات سنگین در رودخانه تجن استان مازندران در یازده ایستگاه در طول رودخانه و پایین دست منابع آلودگی در طول سال ۱۳۸۰ نمونه برداری و بررسی شد. محدوده غلظت فلزات مختلف در آب رودخانه در فصول مختلف سال به ترتیب زیر به دست آمد:

مس:

بهار: $\mu g/m^3$ ۱۷-۲، تابستان: $\mu g/m^3$ ۶۱-۲۱،

پاییز: $\mu g/m^3$ ۵۱-۱۶، زمستان: $\mu g/m^3$ ۱۴-۱.

منگنز:

بهار: $\mu g/m^3$ ۵۳-۲۰، تابستان: $\mu g/m^3$ ۸۲-۱۱،

پاییز: $\mu g/m^3$ ۱۴۵-۱۰، زمستان: $\mu g/m^3$ ۴۵-۱۲.

نیکل:

بهار: $\mu g/m^3$ ۲۳-۶ تابستان: $\mu g/m^3$ ۸۶-۱۶،

پاییز: $\mu g/m^3$ ۷۱-۱۲، زمستان: $\mu g/m^3$ ۱۹-۵.

سرب:

بهار: $\mu g/m^3$ ۱۱۱-۷، تابستان: $\mu g/m^3$ ۲۴۴- ۲۷،

پاییز: $\mu g/m^3$ ۱۶۶-۱۹، زمستان: $\mu g/m^3$ ۹۱-۵.

روی:

بهار: $\mu g/m^3$ ۱۷۵-۲۱، تابستان: $\mu g/m^3$ ۱۰۶-۳۲،

پاییز: $\mu g/m^3$ ۹۶-۳۳، زمستان: $\mu g/m^3$ ۱۲۶-۸.

کبالت:

بهار: $\mu g/m^3$ ۵۱-۱۵، تابستان: $\mu g/m^3$ ۲۸-۱۷،

پاییز: $\mu g/m^3$ ۳۲-۱۸، زمستان: $\mu g/m^3$ ۴۵-۱۲.

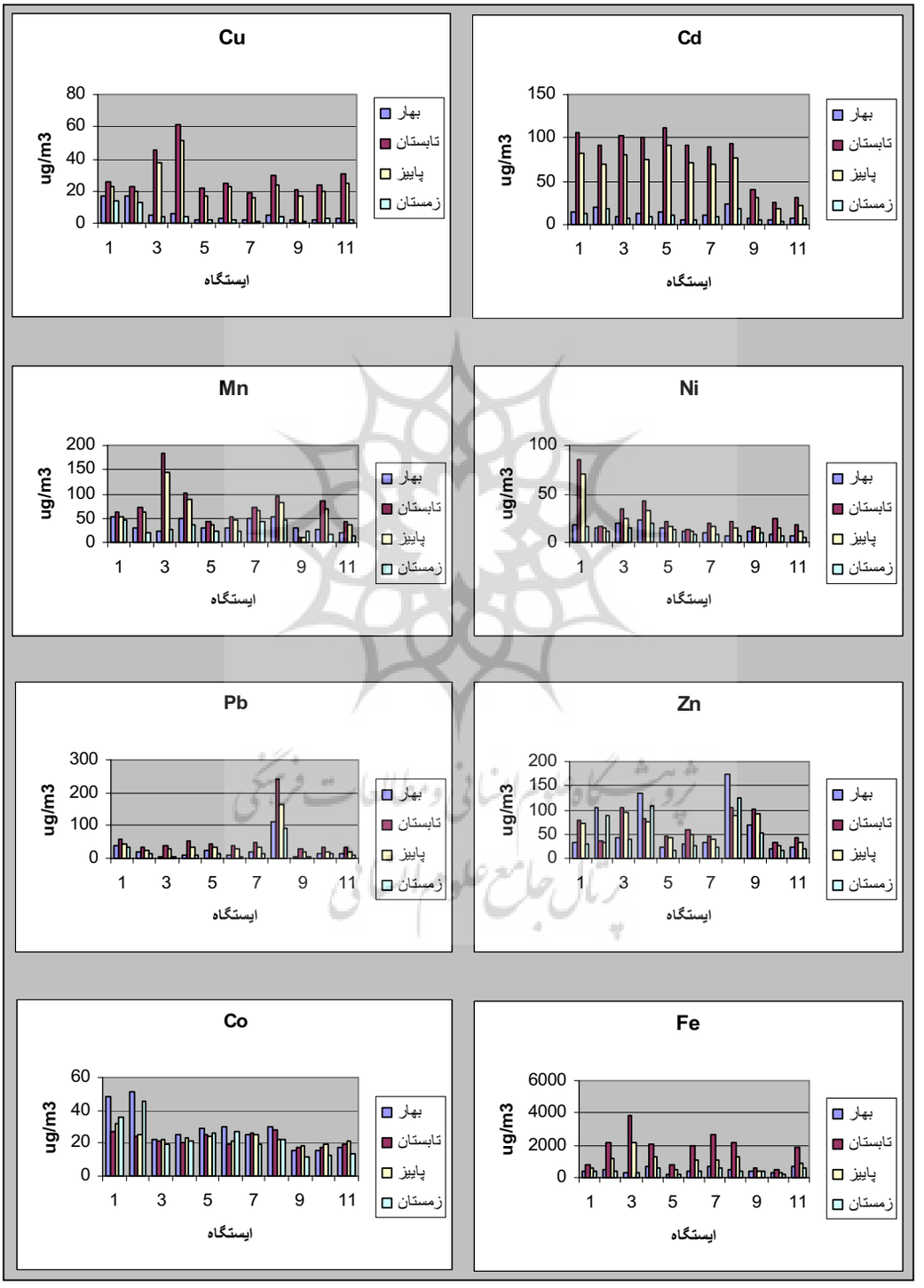
آهن:

بهار: $\mu g/m^3$ ۷۱۰-۱۹۹، تابستان: $\mu g/m^3$ ۳۸۳۰- ۴۸۲،

پاییز: $\mu g/m^3$ ۲۱۸۰- ۳۱۲، زمستان: $\mu g/m^3$ ۵۹۸- ۱۸۶.

به طور کلی به‌وضوح مشاهده شد که غلظت تمامی فلزات بجز کبالت در فصول کم آبی به خصوص تابستان، بیش از سایر فصول است. ترتیب بزرگی غلظت فلزات در آب رودخانه در فصول سال به این شکل است: زمستان، بهار، پاییز، تابستان. وقوع حداکثر غلظت در فصل تابستان می‌تواند به دلیل کاهش شدید دبی آب رودخانه و ورود انواع آلاینده‌ها و رواناب‌ها و زهاب های کشاورزی به رودخانه و استفاده از کود و سموم مختلف در حوزه باشد که در فصل پاییز علیرغم عدم افزایش قابل توجه دبی به دلیل کاهش مصرف سموم و کود و فعالیت‌های کشاورزی از بار آلودگی تا حدی کاسته

می‌شود. در فصول بهار و زمستان به دلیل افزایش دبی و افزایش بار مواد معلق رسوبی در رودخانه و جذب این فلزات از فاز محلول غلظت فلزات در آب به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد. عدم تبعیت عنصر کبالت از این الگو نشان داد که عنصر نامبرده در آب رودخانه منشاء انسان ساخت نداشته و ورود آن بیشتر در اثر فرسایش از سطح حوزه در فصول زمستان و بهار به صورت نامحلول به همراه خاک و رسوبات و سپس انحلال نسبی آن در آب است. اثر آلایندگی منابع آلودگی اصلی رودخانه ازجمله شهر ساری و کارخانه چوب و کاغذ مازندران به خصوص در فصول کم آبی بر بالا رفتن غلظت آلودگی در رودخانه ردیابی گردید.



شکل شمارهٔ (۲): مقایسه غلظت فلزات در رودخانه تجن در فصول مختلف سال ۱۳۸۰

یادداشت

1- Duplicate

منابع مورد استفاده

سازمان زمین‌شناسی کشور. ۱۳۶۹. نقشهٔ زمین شناسی، ورق ساری.

شـرکت سـهامی آب منطقه‌ای مازندران. ۱۳۷۹. مطالعـات طرح مدیریت زیسـت محیطی اکوسیسـتم های آبی در حوزه آبریز رودخانه تجن، بخش اول، جلد اول و دوم.

مهندسان مشاور خزر. ۱۳۷۷. فرسایش خاک در حوزه تجن، گزارش داخلی، تهران-ایران.

Chapman, D. 1992. Water Quality Assessment, Chapman & Hall, London.

Duinker, J.C., Hillebrand, M.T.J., and Nolting, R.F. 1980. The river Varde: Processes affecting the behavior of metals and organochlorines during estuarine mixing, Netherlands Journal of Sea research, 14 (3/4): 237-267.

Forstner, U., and Muller, G. 1973. Heavy metal accumulation in river sediments: a response to environmental pollution, Geoforum, 14:53-61.

Forstner, U. 1980. Inorganic pollutants, particularly heavy metals in estuaries, in: Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries, Olausson, E., and Cato, I., (eds), John Wiley & Sons, 297 p.

Forstner, U., Calmano, W., and Schoer, J. 1982. Heavy metals in bottom sediments and suspended material from the Elbe, Weser and Ems estuaries and from the German Bight (south eastern North Sea), Thalassia Jugoslavica, 18: (1-4): 97-122.

Forstner, U., Ahlf, W., Calmano, W., and Kersten, M. 1990. Sediment criteria development, in: Sediments and Environmental Geochemistry, Heling, D., Rothe, P., Forstner, U. and Stoffers, P., (eds), Springer Verlag, 363 p.

Grieve, D.A., and Fletcher, W.K. 1976. Heavy metals in deltaic sediments of Fraser River, British Columbia, Canadian Journal of Earth Sciences, 13:1683-1693.

Karbassi, A.R. 1989. Geochemical and Magnetic Studies of Marine, Estuarine and Riverine Sediments, Mangalore University, India. 196 p.

Klavins, M. and et al. 2000. Heavy metals in rivers of Latvia, the Science of the Total Environment, 262:175-183.

Malle, K.G. 1990. The pollution of river Rhine with heavy metals, in: Sediments and Environmental Geochemistry, Heling et al. (eds), Springer-Verlag, Berlin. 239 p.

Neumann, T., and Leipe, T. 1998. Heavy metals enrichments in surficial sediments in the Older River discharge area: Source or sink for heavy metals?, Applied Geochemistry, 13:329-337.

Sigleo, A.C., and Helz, G.R. 1981. Composition of estuarine colloidal material: major & trace elements, Geochim. Cosmochim. Acta, 45:2501-2507.

Stone, M., and Droppo, I.G. 1996. Distribution of lead, copper and zinc in size-fractionated river bed sediment in two agricultural catchments of southern Ontario, Canada, Environmental Pollution, 93 (3): 353-362.

Winkles, H.J. and et al. 1998. Geochemistry of priority pollutants in sedimentation zones of the Volga and Danub delta in comparison with the Rhine delta, Applied Geochemistry, 13:581-591.

Zhang, C., Wang, L., Zhang, S., and Li, X. 1998. Geochemistry of rare earth elements in the main stream of the Yangtze River, China, Applied Geochemistry, 13:451-462.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی