نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دوازدهم شماره چهل و هفت بهار۱۴۰۱

بررسی تغییرات فصلی عناصر سنگین رواناب در حوزه آبخیز شهری بجنورد

حسن ایزانلو[۱]، کریم سلیمانی[۲*]، کاکا شاهدی[۳]

(مقاله برگرفته از رساله دکترا می باشد)

تاریخ ارسال:۱۳۹۹/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱۰/۲۰

چکیده

در پی توسعه فیزیکی شهرها تهیه اطلاعات جامع و تفصیلی از سامانه‌های آبخیز شهری و همچنین شرایط حاکم بر چرخه هیدرولوژیک آن از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیر در مدیریت یکپارچه شهری محسوب می‌شود. آلودگی سیلاب شهری به فلزات سنگین یکی از مهمترین آلودگی‌های موجود در رواناب حوزه‌های آبخیز شهری است که خطرات عمده‌ای بر سلامت زیست بوم و شهروندان دارد. در این مقاله به بررسی تغییرات کیفیت رواناب و مقدار فلزات سنگین سرب، روی و مس موجود در رواناب آبخیز شهری بجنورد در دو بازه زمانی پاییز و بهار پرداخته شده است. به این منظور تعداد ۵۲ نمونه رواناب در طول بازه زمانی معین تهیه گردیده و پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، با استفاده از دستگاه جذب اتمی، مقدار فلزات سنگین بر حسب ppb اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که روند کاهش فلزات به ترتیب Zn>Cu>Pb بوده و از نظر زمانی حداکثر میانگین غلظت فلزات سرب، روی و مس مربوط به پاییز و از نظر مکانی غلظت فلزات در نواحی مسکونی و تجاری و در نمونه‌های رواناب معابر و شبکه انهار (FB2) بیشتر بوده است. همچنین نتایج آزمون همبستگی پیرسون حاکی از آن است که همبستگی مثبت و بالایی بین سرب و مس (r=۰/۹۵۴) در فصل پاییز و بین سرب و روی (r=۰/۶۴۱) در فصل بهار برقرار است. این همبستگی با استفاده از روش تحلیل عاملی و چرخش واریماکس نیز مورد تایید قرار گرفت.

واژگان کلیدی: رواناب، آبخیز شهری، فلزات سنگین، بجنورد

[۱] دانش‌آموخته دکتری گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، تلفن ۰۹۱۵۱۸۹۱۹۶۵، آدرس الکترونیکی: (hghizanloo@gmail.com)

[۲*] (نویسنده مسئول)استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، تلفن ۰۹۱۱۱۵۲۱۸۵۸، آدرس الکترونیکی: (ksolaimani@sanru.ac.ir solaimani2001@yahoo.co.uk)

[۳] استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، تلفن ۰۹۱۱۹۶۳۲۱۴۹، آدرس الکترونیکی: (kaka_shahedi@gmail.com)

مقدمه

توسعه و رشد شهرنشینی منجر به افزایش مشکلاتی مرتبط با سیلاب شهری از نقطه نظر کیفی، به خصوص منجر به افزایش مواد معلق، مواد مغذی، فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی در رواناب‌های شهری شده است (Gallo و همکاران، ۲۰۱۲). فلزات سنگین همچون سرب، روی، کادمیوم، مس، آهن و آلومینیم از مهمترین آلودگی‌های آب محسوب شده (پروین‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸) که به دو صورت محلول و غیر محلول در سیلاب‌های شهری وجود دارند (Murakami و همکاران، ۲۰۰۷). وجود ماشین‌آلات در شهرها، روغن‌ریزی‌ها، اصطکاک تایر اتومبیل‌ها با سطح خیابان‌ها، سطوح آسفالت و غیره (Brown و Peake، ۲۰۰۶) و همچنین وجود معادن متروکه و فعال در اطراف شهرها، کارگاه‌های فرزکاری و تراشکاری و غیره از جمله منابع آلایندگی فلزات سنگین می‌باشند (Navarro و همکاران،۲۰۰۸). این فلزات می‌تواند توسط باران در نواحی مختلف صنعتی، تجاری و مسکونی شهر، از سقف خانه‌ها، خیابان‌ها و سایر سطوح شسته شده (Brown و Peake، ۲۰۰۶) و از طریق زهکش‌های مربوط به رواناب‌های سطحی به درون منابع آب زیرزمینی و آب شرب نفوذ کرده (Gallo و همکاران، ۲۰۱۲) که در صورت تجاوز از حد مجاز می‌تواند باعث ایجاد مخاطراتی همچون مسمومیّت‌ها و سرطان‌زایی و سایر بیماری‌ها در مصرف‌کنندگان شود (علیدادی و همکاران، ۱۳۹۲).

از مشکلات استراتژیک محیطی و انسانی شهر بجنورد می‌توان به وجود رودخانه‌ها در حاشیه شهر و مسیل‌ها در درون شهر، محدودیت زهکشی و سطح بالای آب زیرزمینی در بخش‌هایی از شهر، هجوم ساخت و سازهای شهری، صنعتی، خدماتی و ارتباطی به اراضی زراعی، باغی و منابع طبیعی در طی دهه‌های ۶۰ و ۷۰ شمسی، گسترش کالبدی شهر و نابودی فیلتر زیست‌محیطی شهر، روند رو به تزاید بافت‌های فرسوده شهری، عدم کنترل ساخت و ساز در پیرامون شهر، گسست فضایی در کاربری‌های مسکونی، ضعف خودپالایی هوا، استقرار صنایع آلاینده و مزاحم همچون واحدهای سنگ‌شکن و آسفالت در بخش‌هایی از اطراف شهر، وجود کانون آلاینده‌های آب و خاک همچون گورستان و بیمارستان و ... بر روی رسوبات کم‌نفوذ غرب و جنوب شهر، ازدحام ترافیک و تردد بی‌رویه وسایل نقلیه، کمبود فضای سبز شهری و نبود ابزارها و برنامه‌های مدرن مدیریت شهری اشاره داشت که منجر به بروز انواع آلودگی در نواحی مختلف شهری شده است. افزایش شدت سیلاب‌ها از دیگر مشکلات این منطقه بوده که با توجه به مورفولوژی کاسه‌مانند دشت بجنورد و نارسایی شبکه معابر و خیابان‌های شهر و ناکافی بودن کشش انهار سبب شده است تا سیستم دفع آب‌های سطحی نامطلوب باشد (طرح توسعه و عمران جامع شهر بجنورد، ۱۳۸۹). لذا با توجه به آلاینده‌های موجود و ماندگاری سیلاب در سطح شهر بجنورد و امکان آلوده شدن رواناب شهری به آلاینده‌های آب و خاک و غیره، بالاخص مواد معلق، مواد فرار، مواد آلی، هیدروکربن‌ها و فلزات سنگین وجود دارد.

بنابراین درک بهتر کیفیت رواناب شهری از حیث رابطه بین فلزات سنگینی همچون سرب، روی و مس (Zhao و Li، ۲۰۱۳) در فصول مختلف (Ben Salem و همکاران، ۲۰۱۴)، می‌تواند به مدیران شهر در مدیریت کیفیت سیلاب شهری و بهینه‌سازی استراتژی‌های کنترلی آن کمک شایانی نماید (Soller و همکاران، ۲۰۰۵).

امروزه محققین بسیاری بر روی مطالعات در زمینه آلودگی رواناب‌های شهری به فلزات سنگین تمرکز داشته‌اند.

Ben Salem و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تغییرات فصلی غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب حوضچه سیستم تخلیه زباله شهر بلفورت فرانسه در طی دو فصل تابستان و پاییز ۲۰۱۱ بیان کردند که این نمونه‌ها برای هر فصل در طول دو هفته نمونه‌برداری شده و به روش

ICP-OES[1] اندازه‌گیری شده است. نتایج حاکی از آن است که مقدار غلظت فلزات در نمونه‌های مربوط به آب در فصل تابستان بیشتر بوده است و همچنین بیان کردند که مقدار غلظت آهن، روی، مس، منگنز و استرونتیوم بیشتر از سایر فلزات بوده است.

آذری و همکاران (۱۳۹۲) با ارزیابی آلودگی رواناب‌های شهری شاهرود به فلزات سنگین آرسنیک، کبالت و کروم از نقاط مختلف شهر و با مقایسه غلظت فلزات، با استاندارد ورود به آب‌های سطحی بیان داشتند که سطح شهر نسبت به فلزات آرسنیک و کروم آلوده بوده و نسبت به کبالت آلودگی ندارد.

Mendez و همکاران (۲۰۱۱) اقدام به بررسی اثر مواد به کار رفته در بام ساختمان‌ها بر کیفیت آب جمع‌آوری شده ناشی از باران باریده بر سطح پشت بام‌ها در شرایط آزمایشگاهی کردند. مواد مورد بررسی شامل مواد متعارف آسفالت شینگل، گالوانیزه‌های فلزی، سفال بتنی و سقف‌سازی‌های جدید همچون سقف خنک و سقف سبز بود. پارامترهای مورد بررسی شامل فلزات سنگین آلومینیوم، آرسنیک، مس، آهن، سرب و روی بودند. نتایج حاکی از آن بود که توصیه به استفاده از سقف‌های فلزی، سفالی و خنک برای جمع‌آوری آب باشد.

پروین‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی کیفیت سیلاب شهری و رسوبات حاوی فلزات سنگین در حوضچه تزریق سیلاب شهری شیراز به این نتیجه رسیدند که آلودگی سیلاب شهری به فلزات سنگین به صورت محلول با غلظت پایین بوده و بیشتر آنها به مواد معلق جذب می‌شوند و انتقال می‌یابند.

Chebbo و Gromaire (۲۰۰۴) در شهر پاریس فرانسه با هدف دستیابی به شرح دقیقی از آلودگی جریان‌های سیلابی در مناطق مختلف شهری ناشی از فلزات سنگین پرداخته و متغیر بودن کیفیت رواناب ورودی به شبکه زهکشی و جریان سیلابی خروجی از شبکه زهکشی را نتیجه گرفتند.

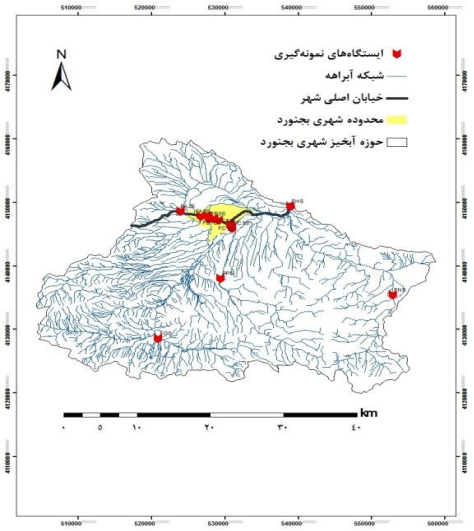
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شهری بجنورد (شکل ۱) در جنوب شهرستان بجنورد با مساحت۱۲۳۸/۷ کیلومترمربع و در داخل دشت ناودیسی بجنورد در محدوده زون کپه‌داغ در جهت شمال غرب – جنوب شرق امتداد یافته است. از مهمترین رودخانه‌های این حوزه آبخیز می‌توان به رودخانه فیروزه، درصوفیان و چناران اشاره داشت که عمده سیلاب‌های این حوزه آبخیز از مسیر کال پسته و ملکش وارد محدوده شهری بجنورد می‌گردد. محدوده قانونی شهر بجنورد با مساحت ۲۷/۱۱ کیلومتر مربع در نزدیکی خروجی حوزه آبخیز واقع شده است. جهت کلی شیب شهر از جنوب غرب و جنوب به شمال غرب و شمال می‌باشد. بافت شهری در سال‌های مختلف دچار دگرگونی‌های زیادی شده و در طی مراحل توسعه ادواری، بر مساحت آن افزوده شده است که منجر به تغییر کاربری اراضی و افزایش سیلخیزی آن شده است (ایزانلو و سلیمانی، ۱۳۹۳).

ابنیه اصلی و مهم شهر همچون دانشگاه‌ها و بیمارستان‌ها در جنوب شهر، مناطق تاریخی در مرکز شهر، استادیوم و فرودگاه در شمال و شمال غرب شهر و همچنین شهرک‌های صنعتی در غرب شهر واقع شده‌اند. بیشترین میزان ترافیک در خیابان‌های طالقانی و امام خمینی می‌باشد که در جهت شرقی غربی گسترش یافته‌اند و از مرکز ثقل شهر عبور می‌کنند (کاظمیان و همکاران، ۱۳۸۹).

1 .Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy



شکل (۱): حوزه آبخیز شهری بجنورد

روش پژوهش

در این مطالعه، برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت رواناب (Gallo و همکاران، ۲۰۱۲)، با بررسی نقشه جامع شهر و شرایط طبیعی حوزه آبخیز و با بازدیدهای میدانی، محل سایت‌های نمونه‌گیری (جدول ۱) مشخص و با دستگاه GPS ثبت گردید (Biasiolia و همکاران، ۲۰۰۶). تعداد ۹ سایت نمونه‌گیری در نواحی صنعتی، فضای مسکونی و تجاری مرکز شهر و فضای مسکونی باز و بایر (Brown و Peake، ۲۰۰۶)، در محدوده شهر بجنورد از سطوح نفوذناپذیر کانال‌های زهکشی مربوط به سطح خیابان‌ها و شبکه معابر، مسیل‌های موجود در شهر و در نهایت پشت بام ساختمان‌ها (Mendez و همکاران، ۲۰۱۱) و ۳ سایت نمونه‌گیری در مهمترین رودخانه‌های حوزه آبخیز شهری و در بالادست شهر بجنورد به نام‌های رودخانه فیروزه در موقعیت روستای گریوان، رودخانه درصوفیان در موقعیت روستای پاقلعه و رودخانه چناران در موقعیت روستای نوده و همچنین ۱ سایت نمونه‌گیری در خروجی حوزه آبخیز شهری بجنورد و در محل ایستگاه هیدرومتری باباامان مشخص گردید. در نهایت، ۵۲ نمونه از رواناب شهری در طی دو رگبار و در دو فصل (Soller و همکاران، ۲۰۰۵) پاییز ۹۴ و بهار ۹۵ تهیه شد.

لازم به ذکر است کلیه وسایل و ظروف نمونه‌برداری قبل از نمونه‌گیری و برای جلوگیری از آلودگی بیرونی، مورد عمل اسیدشویی با اسید نیتریک ۱۰ درصد قرار گرفته و با آب مقطر شستشو شدند. پس از مشخص کردن زمان و مکان نمونه‌ها بر روی بطری‌ها، نمونه‌های جمع‌آوری شده در بطری‌های پلاستیکی (PVC) ۲۰۰ میلی‌لیتری با اسید نیتریک ۶۵ درصد به مقدار ۶ میلی‌لیتر (Ben Salem و همکاران، ۲۰۱۴)، برای جلوگیری از ته‌نشینی فلزات سنگین، اسیدی شده (pH کمتر از ۲) و در یخدان و در دمای کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شدند (Madonia و همکاران ۲۰۱۳). پارامتر دمایی با استفاده از دماسنج در محل سایت‌های نمونه‌برداری و پارامترهای فیزیکوشیمیایی pH وEC با استفاده از مولتی‌متر و پارامتر کدورت با استفاده از کدورت‌سنج در آزمایشگاه آب و فاضلاب شهری بجنورد اندازه‌گیری شده و مقادیر TDS با استفاده از رابطه شماره (۱) بدست آمد و سپس غلظت فلزات سنگین (Franz و همکاران، ۲۰۱۴) سرب و روی موجود در رواناب شهری با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی مدل SHIMADZO ساخت ژاپن به ترتیب به روش کوره گرافیت و شعله در محل آزمایشگاه آب و فاضلاب روستایی مشهد بر حسب ppb اندازه‌گیری شد و مقادیر فلز مس نیز با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل GBC ساخت استرالیا به روش کوره گرافیت در آزمایشگاه پارک علم و فن‌آوری مشهد بر حسب ppb اندازه‌گیری شد. از میانگین داده‌های دو رگبار ۹۴/۷/۲۵ و ۹۴/۸/۹ مقادیر متوسط داده‌های پاییز ۹۴ بدست آمد و از میانگین داده‌های دو رگبار ۹۵/۱/۲۸ و ۹۵/۲/۳۱ مقادیر متوسط داده‌های بهار ۹۵ بدست آمد. با استفاده از نرم افزار SPSS، توزیع نرمالیتی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های غیرنرمال به روش لگاریتم طبیعی نرمال شدند و در محاسبه‌های بعدی از تبدیل داده‌ها استفاده شد. در نهایت نتایج حاصله با استفاده از تجزیه و تحلیل همبستگی، برای بررسی چگونگی ارتباط فلزات با یکدیگر (Navarro و همکاران،

۲۰۰۸) و تحلیل عاملی FA[1]، برای تعیین منابع محتمل آلودگی به فلزات (Navarro و همکاران، ۲۰۰۸)، مورد بررسی قرار گرفت.

رابطه شماره (۱): $TDS = 0.64\mathrm{EC}$

که در آن EC هدایت الکتریکی بر حسب (µs/cm) و TDS کل جامدات محلول بر حسب (mg/l) می‌باشد.

نتایج و بحث

در جدول شماره (۲) آمار توصیفی پارامترهای دمایی و فیزیکوشیمیایی pH، EC، TDS و کدورت در نمونه‌های رواناب پاییز ۹۴ و بهار ۹۵ آمده است.

همچنین در جدول شماره (۳) آمار توصیفی غلظت عناصر (فلزات سنگین) موجود در رواناب آمده است.

جدول (۱): مختصات جغرافیایی (UTM) سایت‌های نمونه‌گیری رواناب

ردیف	نمونه	موقعیت نمونه‌گیری	کد نمونه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	رواناب رودخانه فیروزه	روستای گریوان	FG	۵۲۰۹۰۷	۴۱۲۸۶۱۸
۲	روناب رودخانه درصوفیان	روستای پاقلعه	FP	۵۲۹۳۸۸	۴۱۳۸۰۹۶
۳	رواناب رودخانه چناران	روستای نوده	FN	۵۵۲۸۵۰	۴۱۳۵۴۳۰
۴	رواناب پشت بام در ناحیه صنعتی	خیابان هجرت	FA1	۵۲۷۶۰۱	۴۱۴۷۹۳۱
۵	رواناب معابر در ناحیه صنعتی	ورودی شهرک صنعتی	FA2	۵۲۳۹۷۲	۴۱۴۸۶۱۱
۶	رواناب مسیل در ناحیه صنعتی	مسیل پسته (چهار راه دوبرار)	FA3	۵۲۶۶۹۸	۴۱۴۷۸۵۶
۷	رواناب پشت بام در ناحیه مسکونی و تجاری	میدان فردوسی	FB1	۵۲۸۵۲۷	۴۱۴۷۴۴۲
۸	رواناب معابر در ناحیه مسکونی و تجاری	میدان کارگر	FB2	۵۲۹۱۸۵	۴۱۴۷۲۴۰
۹	رواناب مسیل در ناحیه مسکونی و تجاری	مسیل ملکش (پارک آفرینش)	FB3	۵۲۷۸۴۷	۴۱۴۷۴۷۰
۱۰	رواناب پشت بام در ناحیه فضای مسکونی باز	خیابان پردیس	FC1	۵۳۰۷۲۵	۴۱۴۶۵۸۰
۱۱	رواناب معابر در ناحیه فضای مسکونی باز	خیابان ولیعصر	FC2	۵۳۰۷۴۷	۴۱۴۶۳۸۱
۱۲	رواناب مسیل در ناحیه فضای مسکونی باز	مسیل صندل‌آباد	FC3	۵۳۰۹۳۷	۴۱۴۵۹۱۹
۱۳	رواناب رودخانه در محل ایستگاه هیدرومتری	پارک باباامان	FH	۵۳۸۹۰۱	۴۱۴۹۴۱۰

1 .Factor Analysis

جدول (۲):آمار توصیفی پارامترهای دمایی و فیزیکوشیمیایی در نمونه‌های رواناب

زمان نمونه‌گیری	پارامتر	چولگی	انحراف معیار	میانه	میانگین	حداکثر	حداقل	تعداد
پاییز ۹۴	Temp	۰/۴۸	۱/۷۱	۹/۵	۹/۱۲	۱۲/۵	٦/۵	۱۳
	pH	−۰/۹۵	۰/۵۲	۷/۲۲	۷/۵۲	۸/۰۵	٦/۵۳	۱۳
	EC	۰/۵٦	۵۹٦/٦٤	٦۵۱/۳٦	۷٤۲/۵۲	۱۷۸۰/۰۲	۳۱/۲۷	۱۳
	Turbidity	۰/۷۰	۱۹٦/۰۵	۱۱۵/۸	۱۹۵/۵	۵۷۸/۵	۸/٤٦	۱۳
	TDS	۰/۵٦	۳۸۱/۸۵	٤۱٦/۸۷	٤۷۵/۲۱	۱۱۳۹/۲۲	۲۰/۰۱	۱۳
بهار ۹۵	Temp	۰/۱۷	۱/٦۷	۱۵/۵	۱۵/٦۲	۱۸	۱۳/۵	۱۳
	pH	۰/۲٦	۰/۳	۸/٤۱	۸/٤۵	۸/۹۲	۷/۹۵	۱۳
	EC	۰/۳۹	٤۹٦/۷	٦۰٦/۰۱	٦۳۸/۲	۱۵۱۸/۷	۵۲/۵۹	۱۳
	Turbidity	۱/۰٦	۳۱۷۹/۱۸	۱٤۲۸/۵	۲۸۰۸/٦۱	۱۰۰۰۰	٦/٦۱	۱۳
	TDS	۰/۳۹	۳۱۷/۸۹	۳۸۷/۸۵	٤۰۸/٤۵	۹۷۱/۹۷	۳۳/٦٦	۱۳

جدول(۳): آمار توصیفی عناصر (فلزات سنگین) در نمونه‌های رواناب

زمان نمونه‌گیری	عنصر (ppb)	چولگی	انحراف معیار	میانه	میانگین	حداکثر	حداقل	تعداد
پاییز ۹۴	Pb	۲/۱۲	۱۲/٦۱	۲/۲۱	۹/۳٦	٤۳/٦	۱/۸۵	۱۳
	Zn	۱/۹	۱۰۷/۱٤	٦۰	۱۱۵/٦۵	۳۹٤	٤۲	۱۳
	Cu	۲/۸۳	۳۹/٦۵	۱۲/۵	۲۹/٦۷	۱۵۲	٦/٤	۱۳
بهار ۹۵	Pb	۲/۰۱	٦/۸٦	۱۰/۷۵	۱۱/۹۹۸	۳۱/۵	٤/٦	۱۳
	Zn	۰/۵۱	٤۵/۵۳	۸٦/۵	۱۰۱/۳۸	۱۹۱	٤۱	۱۳
	Cu	۰/۰۷۵	۱۲/۳۹	۲۸/۹	۲٦/٤	۵۰/۵	۵/٤	۱۳

پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده در مقایسه با استانداردهای WHO و EPA با استفاده از آزمون تی‌تست تک‌نمونه‌ای مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج نشان داد که پارامتر کدورت در فصل پاییز نسبت به بهار دارای اختلاف معنی‌داری است ($P<۰/۰۵$) و می‌توان گفت آلودگی بالای رواناب به رسوبات معلق پس از بارندگی در سیلاب‌های شهری ناشی از هجوم ساخت و سازهای شهری و تخریب اراضی منابع طبیعی بالادست حوزه آبخیز شهری بجنورد سبب بالا رفتن کدورت شده است و از طرفی نبود پوشش گیاهی در فصل پاییز نسبت به بهار بر میزان کدورت رواناب در این فصل افزوده است (جدول ۴).

جدول (۴): مقایسه کدورت رواناب با استانداردهای جهانی (بر حسب NTU) با استفاده از آزمون تی‌تست تک‌نمونه‌ای

نمونه	اختلاف میانگین	سطح معنی‌داری	df	آماره t	استاندارد
پاییز ۹۴	۱۹۰/۴۹۶	۰/۰۰۴	۱۲	۳/۵۰۳	۵
بهار ۹۵	۱۳۰/۵۱۱	۰/۴۳۷	۱۲	۰/۸۰۳	۵

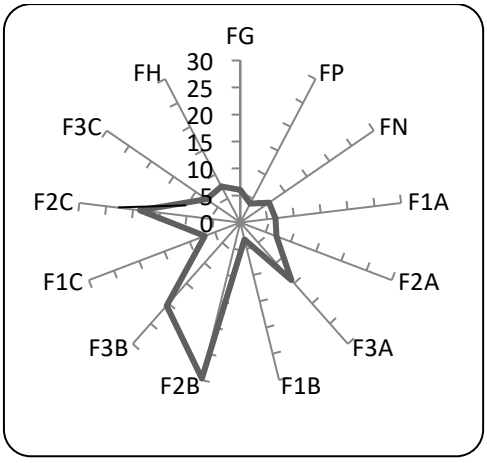
با توجه به مطالعاتی که بر روی مقادیر غلظت فلزات سنگین موجود در رواناب حوزه آبخیز شهری بجنورد صورت گرفت؛ نتایج نشان می‌دهد که مقدار میانگین غلظت سرب بر حسب ppb در میدان کارگر (FB2=۲۹/۷۳)، مسیل پارک شهری آفرینش بجنورد (FB3=۲۰/۵۵)، خیابان ولیعصر (FC2=۱۸/۷) و مسیل کال پسته (FA3=۱۴/۲۶) دارای بیشترین مقدار می‌باشد (شکل ۲-الف). مقدار میانگین روی بر حسب ppb در میدان کارگر (FB2=۲۶۶/۷۵)، خیابان ولیعصر (FC2=۲۰۸/۵)، مسیل پارک آفرینش (FB3=۱۵۹/۲۵) و مسیر ورودی شهرک صنعتی (FA2=۱۵۱) دارای بیشترین مقدار می‌باشد (شکل ۲-ب). همچنین مقدار میانگین مس بر حسب ppb در میدان کارگر (FB2=۱۰۱/۲۵)، خیابان ولیعصر (FC2=۴۳/۲)، مسیل پارک آفرینش (FB3=۳۴/۱) و مسیل کال پسته (FA3=۲۷/۶۸) دارای بیشترین مقدار می‌باشد (شکل ۲-ج). این در حالی است که مقادیر فلزات سرب و روی بر حسب ppb در نواحی رواناب پشت بام ساختمان در میدان فردوسی به ترتیب (FB1=۳/۲۳) و (FB1=۴۷/۷۵) و مقادیر مس در نواحی رواناب پشت بام ساختمان منطقه پردیس (FC1=۷/۵۵) دارای کمترین مقدار می‌باشد. مقدار میانگین غلظت فلزات سرب، روی و مس در ایستگاه هیدرومتری باباامان بر حسب ppb به ترتیب ۷/۵۳، ۶۷ و ۱۷/۹۸ بوده است (شکل ۲).

پس از بررسی همگنی واریانس عناصر با استفاده از آزمون لون و ناهمگن بودن داده‌ها برای عناصر سرب و روی، با انجام آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس (سبحانی لاری، ۱۳۸۸) مشخص گردید که اختلاف میانگین سرب و روی در نمونه‌ها (P<۰/۰۵) معنی‌دار است. سپس با استفاده از آزمون من‌ویتنی‌یو، مقایسه چندگانه سرب و روی در ایستگاه‌های مختلف صورت گرفت (Hjort وKuusisto-Hjort، ۲۰۱۳). نتایج حاکی از آن است که درخصوص سرب اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین ایستگاه FP با ایستگاه‌های FA3، FB2، FB3 و FC2 وجود دارد. همچنین این اختلاف بین ایستگاه FN با ایستگاه‌های FA3 و FB2، بین ایستگاه FA1 با ایستگاهFB2، بین ایستگاه FA2 با ایستگاه‌های FA3، FB2، FB3 و FC2، بین ایستگاه FA3 با ایستگاه FB1، بین ایستگاه FB1 با ایستگاه‌های FB2، FB3 و FC2 و بین ایستگاه FB2 با ایستگاه FC1 وجود دارد. درخصوص روی نیز این اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین ایستگاه FG با ایستگاه‌های FA2، FA3، FB2، FB3 و FC2 وجود دارد. همچنین این اختلاف بین ایستگاه FP با ایستگاه‌های FA2، FA3، FB2، FB3 و FC2، بین ایستگاهFN با ایستگاه‌های FA2، FA3، FB2، FB3 و FC2، بین ایستگاه FA2 با ایستگاه‌های FB1 و FH، بین ایستگاه FA3 با ایستگاه‌های FB1، FB2 و FH، بین ایستگاه FB1 با ایستگاه‌های FB2، FB3، FC2 و FH، بین ایستگاه FB2 با ایستگاه‌های FC3 و FH، بین ایستگاه FB3 با ایستگاه‌های FC3 وFH و در نهایت بین ایستگاه FC2 با ایستگاه‌های FC3 و FH وجود دارد. درخصوص مس نیز بدلیل اینکه داده‌ها نرمال و همگن بودند، لذا پس از بررسی با استفاده از تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA)، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

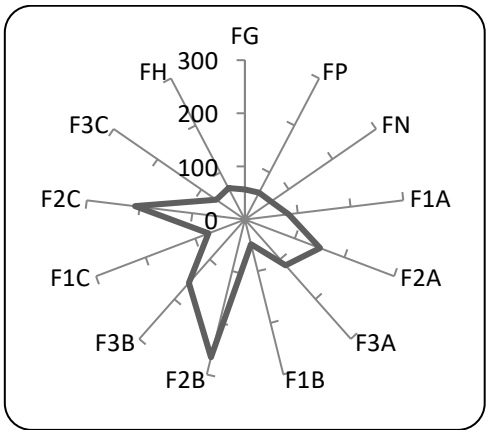
در نهایت می‌توان گفت از نظر مکانی فلزات سنگین رواناب در مناطق مرکزی، مسیل‌های شهری و معابر مناطق مسکونی و تجاری بالاخص معابر میدان کارگر بیشتر از سایر نقاط بوده است که مرکز ثقل عمده ماندگاری سیلاب بجنورد است و بیشترین محدوده ترافیک شهری نیز در آن برقرار است. درحالیکه این

آلودگی‌ها در مناطق بالادست حوزه آبخیز شهری همچون رودخانه‌های فیروزه، درصوفیان و چناران و همچنین در مسیل صندل‌آباد که در حاشیه شرقی و تقریباً در خارج از محدوده شهری قرار دارد و همچنین در نمونه‌های رواناب مربوط به پشت بام ساختمان‌ها، دارای کمترین مقادیر می‌باشد. نتایج مذکور با نتایج Brown و Peake (۲۰۰۶) همخوانی دارد.

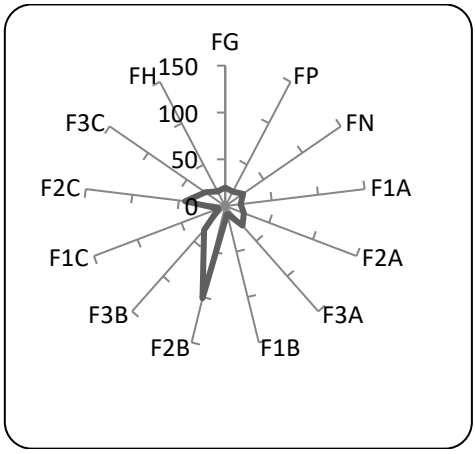
از نظر زمانی نیز حداکثر آلودگی فلزات سرب، روی و مس در فصل پاییز بیشتر از بهار می‌باشد (جدول ۳). زیرا استفاده از وسایل نقلیه در پاییز در مقایسه با بهار بیشتر بوده که بدلیل برودت هوا در سطح شهر رخ می‌دهد و همچنین ظهور پدیده وارونگی هوا نیز می‌تواند مزید بر علت باشد که به دلیل توپوگرافی کاسه‌مانند شهر بجنورد که در اثر بارندگی، فلزات سنگین موجود در هوا از طریق بارش‌های پاییزی به آلودگی‌های سیلاب شهری اضافه می‌گردد. تغییرات زمانی مقادیر فلزات، توسط Ben Salem و همکارانش (۲۰۱۴) نیز به اثبات رسیده است.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل (۲): پراکنش میانگین غلظت فلزات سرب (الف)، روی (ب) و مس (ج) بر حسب ppb در ایستگاه‌های اندازه‌گیری موجود در رواناب حوزه آبخیز شهری بجنورد

تجزیه و تحلیل همبستگی

نتایج حاصل از تحلیل ضرایب همبستگی غلظت فلزات سنگین سرب، روی و مس با استفاده از روش پیرسون در جدول شماره (۵) در نمونه‌های رواناب پاییز ۹۴ و بهار ۹۵ آمده است. همبستگی بالا به معنی ورود مشترک آلاینده از یک منبع مشترک، وابستگی متقابل و رفتار یکسان در طول حمل و نقل است. مقادیر نزدیک به صفر بیانگر عدم ارتباط بین دو متغیر می‌باشد و مقادیر منفی نشان‌دهنده ارتباط معکوس بین آنها است. نتایج حاکی از آن است که همبستگی مثبت و بالایی

بین عنصر سرب و مس (r=۰/۹۵۴) در نمونه‌های رواناب پاییز ۹۴ وجود دارد و نشان از منبع مشترک آلودگی است؛ این در حالی است که در فصل بهار ۹۵، همبستگی مثبت و بالایی بین عنصر سرب و روی (r=۰/۶۴۱) برقرار است و نشان از تغییرات زمانی همبستگی عناصر می‌باشد.

جدول (۵): ضریب همبستگی پیرسون غلظت عناصر (ppb) موجود در نمونه‌های رواناب

	Pb	Zn	Cu	
				پاییز
Pb	۱			۹۴
Zn	۰/۸۵۲*	۱		
Cu	۰/۹۵۴**	۰/۸۹۱**	۱	
	Pb	Zn	Cu	
				بهار
Pb	1			۹۵
Zn	۰/۶۴۱*	۱		
Cu	۰/۵۱۱	۰/۴۱۸	۱	

**معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ و *معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

تحلیل عاملی

شناسایی و کنترل منابع محتمل فلزات سنگین امری مهم است. لذا جهت بررسی دقیق‌تر متغیرها از تحلیل عاملی با استفاده از روش تحلیل مولفه اصلی (PCA) استفاده شد. در مرحله اول، به منظور بررسی مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی (FA) از آزمون KMO و کرویت بارتلت استفاده شد (Li و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به جدول (۶) چون مقدار آماره KMO به ترتیب برای نمونه‌های رواناب پاییز ۹۴ و بهار ۹۵ برابر ۰/۷۳۰ و ۰/۶۵۸ و بالاتر از ۰/۶ می‌باشد (Li و همکاران، ۲۰۱۳)؛ لذا داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب بودند. همچنین نتایج آزمون کرویت بارتلت برای نمونه‌های رواناب پاییز و بهار(P<۰/۰۵) معنی‌دار است و بیانگر این است که بین متغیرها همبستگی معنی‌دار وجود دارد. در نهایت برای انتخاب عوامل موثر بر سیستم نیز، مقادیر ویژه، واریانس کل، درصد واریانس و واریانس تجمعی با استفاده از تحلیل عاملی محاسبه گردید. مقادیر ویژه، اهمیت اکتشافی عامل‌ها را در ارتباط با متغیرها نشان می‌دهد. پایین بودن این مقدار برای یک عامل به این معنی است که آن عامل نقش اندکی در تبیین واریانس متغیرها داشته است. در تحقیق حاضر، مقادیر ویژه بیانگر این است که یک عامل نقش تعیین کننده داشته است و برای اکتشاف عامل مهم دیگر با استفاده از روش چرخش عامل واریماکس[1]، مشخص گردید که عامل‌های اول و دوم مربوط به نمونه‌های پاییز ۹۴ به ترتیب برابر ۵۶/۰۷۱ و ۴۲/۵۱۴ و در مجموع ۹۸/۵۸۵ درصد از واریانس را در بردارند. عامل‌های اول و دوم مربوط به نمونه‌های بهار ۹۵ نیز به ترتیب برابر ۵۲/۱۵۴ و ۳۶/۳۲۴ و در مجموع ۸۸/۴۷۸ درصد از واریانس را در بردارند. ماتریس چرخش نیز برای عناصر در جداول شماره (۷) و (۸) به دست آمده است که سهم متغیرها را در عامل‌ها قبل و بعد از چرخش نشان می‌دهد و تایید کننده همبستگی مثبت و بالایی بین عنصر سرب و مس در نمونه‌های رواناب پاییز ۹۴ و عنصر سرب و روی در نمونه‌های رواناب بهار ۹۵ می‌باشد. نتایج تحلیل عاملی تایید کننده نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی است و با توجه به اینکه این فلزات در صنایع کاربرد دارند و همچنین در محیط زیست شهری دارای غلظت فراوان‌تری هستند، می‌تواند بیان کننده منشا انسانی آنها باشد.

جدول (۶):آزمون KMO و کرویت بارتلت عناصر (فلزات سنگین) نمونه‌های رواناب

		پاییز ۹۴	بهار ۹۵
KMO Measure of Sampling Adequacy.		۰/۷۳۰	۰/۶۵۸
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	۱/۵۰۶	۸/۶۴۳
	df	۳	۳
	Sig.	۰/۰۰۶	۰/۰۳۴

1 .Varimax

نتیجه‌گیری

مقادیر عناصر سنگین سرب، روی و مس در محدوده شهری حوزه‌های آبخیز شهری بیشتر از سایر سطوح حوزه آبخیز بوده و روند کاهش آن Zn>Cu>Pb می‌باشد و با توجه به تغییرات مکانی آن، نشان از منشا انسانی این فلزات دارد و این آلودگی‌ها در مناطق با بار ترافیک بالای اتومبیل‌ها بیشتر است. آلودگی این فلزات در فصول مختلف متغیر بوده و در رواناب مربوط به فصل پاییز بیشتر از بهار می‌باشد.

جدول (۷):ماتریس چرخش برای عناصر (فلزات سنگین) نمونه‌های رواناب پاییز ۹۴

ماتریس عاملی دوران یافته		ماتریس عاملی دوران نیافته		
مولفه دوم	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه اول	عناصر
۰/۴۷۳	**۰/۸۷۱**	-۰/۲۰۷	۰/۹۷۰	Pb
۰/۸۶۳	۰/۵۰۵	۰/۳۲۸	۰/۹۴۴	Zn
۰/۵۵۴	**۰/۸۱۸**	-۰/۱۱۱	۰/۹۸۱	Cu

جدول (۸):ماتریس چرخش برای عناصر (فلزات سنگین) نمونه‌های رواناب بهار ۹۵

ماتریس عاملی دوران یافته		ماتریس عاملی دوران نیافته		
مولفه دوم	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه اول	عناصر
۰/۳۷۷	**۰/۸۱۱**	-۰/۱۶۳	۰/۸۷۹	Pb
۰/۱۵۳	**۰/۹۱۹**	-۰/۴۰۹	۰/۸۳۷	Zn
۰/۹۶۲	۰/۲۴۸	۰/۶۳۹	۰/۷۶۰	Cu

منابع

آذری، س.، کرمی، غ.ح.، فرقانی، گ.، ۱۳۹۲، ارزیابی آلودگی رواناب‌های شهری به فلزات سنگین آرسنیک، کبالت و کروم (مطالعه موردی شهر شاهرود)، شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی تبریز.

ایزانلو، ح.، سلیمانی، ک.، ۱۳۹۳، بررسی تاثیر توسعه ادواری شهری بر توان تولید سیلاب شهری (مطالعه موردی: شهر بجنورد مرکز استان خراسان شمالی)، اولین همایش ملی نقش برنامه‌ریزی و طراحی شهری بر سیلاب شهری، دانشگاه هراز، ۲۰ شهریور ۱۳۹۳.

پروین‌نیا، م.، رخشنده‌رو، غ.ر.، منجمی، پ.، ۱۳۸۸، کیفیت سیلاب شهری و رسوبات حاوی فلزات سنگین در حوضچه تزریق سیلاب شهر شیراز و بررسی عملکرد مواد جاذب برای کاهش آلودگی، مجله محیط‌شناسی، ۳۵ (۴۹): ۸۲-۷۳.

سبحانی لاری، ص.، ۱۳۸۸، روندهای آماری پارامتریک و ناپارامتریک تحلیل واریانس در مطالعات شهری (مطالعه موردی شهر لار)، مجله جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱ (۱): ۱۱۲-۷۰.

علیدادی، ح.، پیروی مینائی، ر.، دهقان، ع.ا.، واحدیان، م.، معلم‌زاده حقیقی، ح.، ۱۳۹۲، بررسی غلظت فلزات سنگین (کروم، کادمیوم و سرب) در آب آشامیدنی شهر مشهد، مجله علوم پزشکی رازی، ۲۰ (۱۱۶): ۳۴-۲۷.

کاظمیان، غ.ر.، میرمیران، ح.، اسحاقی، ج.، سقفی، م.، ۱۳۸۹، طرح توسعه و عمران جامع شهر بجنورد، مهندسین مشاور نقش جهان پارس.

Ben Salem, Z., Capelli, N., Laffray, X., Elise, G., Ayadi, H., Aleya, L., 2014, Seasonal variation of heavy metals in water, sediment and roachtissues in a landfill draining system pond (Etueffont, France), Ecological Engineering, 69: 25-37.

Biasiolia, M., Barberis, R., Ajmone-Marsan, F., 2006, The influence of a large city on some soil properties and metals content, Science of the Total Environment, 356: 154-164.

Brown, J.N., Peake, B.M., 2006, Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff, Science of the Total Environment 359: 145- 155.

Chebbo, G., Gromaire, M.C., 2004, The experimental urban catchment 'Le Marais' in Paris: what lessons can be learned from it? Journal of Hydrology 299: 312-323.

Franz, C., Makeschin, F., Weiß, H., Lorz, C., 2014, Sediments in urban river basins: Identification of sediment sources within the LagoParanoá catchment, Brasilia DF, Brazil – using the fingerprint approach, Science of the Total Environment 466–467: 513-523.

Gallo, E.L., Lohse, K.A., Brooks, P.D., McIntosh, J.C., Meixner, T., McLain, J.E.T., 2012, Quantifying the effects of stream channels on storm water quality in a semi-arid urban environment, Journal of Hydrology 470–471: 98-110.

Kuusisto-Hjort, P., Hjort, J., 2013, Land use impacts on trace metal concentrations of suburban stream sediments in the Helsinki region, Finland, Science of the Total Environment 456–457: 222–230

Li, F., Huang, J., Zeng, G., Yuan, X., Li, X., Liang, J., Wang, X., Tang, X., Bai, B., (2013) Spatial risk assessment and sources identification of heavy metals in surface sediments from the Dongting Lake, Middle China, Geochemical Exploration, 132: 75-83.

Mendez, C.B., Klenzendorf, J.B., Afshar, B.R., Simmons, M.T., Barrett, M.E., Kinney, K.A., Kirisits, M.J., 2011, The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater, Water Research 45: 2049-2059.

Murakami, M., Nakajima, F., Furumai, H., 2007, The sorption of heavy metal species by sediments in soakaways receiving urban road runoff, Chemosphere, 70(11):2099-109 DOI:10.1016/j.chemosphere.2007.08.073.

Navarro, M.C., Pérez-Sirvent, C., Martínez-Sánchez, M.J., Vidal, J., Tovar, P.J., Bech, J., 2008, Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: A case study in a semi-arid zone, Journal of Geochemical Exploration 96: 183-193.

Soller, J., Stephenson, J., Olivieri, K., Downing, J., Olivieri, A.W., 2005, Evaluation of seasonal scale first flush pollutant loading and implications for urban runoff management, Journal of Environmental Management 76: 309-318.

Zhao, H., Li, X., 2013, Understanding the relationship between heavy metals in road-deposited sediments and washoff particles in urban stormwater using simulated rainfall, Journal of Hazardous Materials 246– 247: 267- 276.

Investigation of Runoff Heavy Metals Seasonal Changes in Bojnoord Urban Watershed

Hassan.Izanloo[1], Karim. Solaimani [2*], Kaka. Shahedi[3]

Abstract

Due to the urban expansion, preparing of comprehensive and detailed information, is an unavoidable necessity for urban watershed systems and also its dominant conditions in hydrological cycle to gain an integrated urban watershed management. The urban runoff pollution caused by heavy metals is the major types of pollutions in surface runoff which may cause serious health risks for biosphere and also urban watersheds. This article examines the changes in runoff quality and the amount of heavy metals such as lead, zinc and copper in Bojnoord urban watershed in two reaches of autumn and spring seasons. For this reason 52 samples were collected for the mentioned period. After preparing the samples, using atomic absorption, the amount of heavy metals were measured in terms of Pbb. The results showed that the reducing trend of these metals is as Zn>Cu>Pb and the maximum concentration of lead, zinc and copper is related to the autumn season. The location of high concentrations is in residential and commercial areas and for the samples taken from the runoff pathways and drainage network (FB2). The Pearson correlation test results showed that there is a high positive correlation between lead and copper in the autumn (R=0.954) and also between lead and zinc in the spring (R=0.641). This correlation is certified by using factor analysis and Varimax rotation.

Keywords: Runoff, Heavy Metals, Urban Watershed and Bojnoord

[1*]Ph.D. Student, Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
[2*] (corresponding author) Professor, Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, (solaimani2001@yahoo.co.uk, k.solaimani@sanru.ac.ir)
[3] Professor, Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Investigation of Runoff Heavy Metals Seasonal Changes in Bojnoord Urban Watershed

Hassan.Izanloo[1] Karaim. Solaimani[2] Kaka. Shahedi[3]

[1*]Ph.D. Student, Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

[2*] (corresponding author) Professor, Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, (solaimani2001@yahoo.co.uk, k.solaimani@sanru.ac.ir)

3 Professor, Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

10.22125/IWE.2022.332910.1610

Received:
April 25, 2020
Accepted:
January 10, 2022
Available online:
March 13 2022

Keywords:
Runoff, Heavy Metals, Urban Watershed and Bojnoord

Abstract

The urban runoff pollution caused by heavy metals is the major types of pollutions in surface runoff which may cause serious health risks for biosphere and also urban watersheds. This article examines the changes in runoff quality and the number of heavy metals such as lead, zinc and copper in Bojnoord urban watershed in two reaches of autumn and spring seasons. For this reason, 52 samples were collected for the mentioned period. The results showed that the reducing trend of these metals is as Zn>Cu>Pb and the maximum concentration of lead, zinc and copper is related to the autumn season. The location of high concentrations is in residential and commercial areas and for the samples taken from the runoff pathways and drainage network (FB2). The Pearson correlation test results showed that there is a high positive correlation between lead and copper in the autumn (R=0.954) and also between lead and zinc in the spring (R=0.641). This correlation is certified by using factor analysis and Varimax rotation.

1. Introduction

The development and growth of urbanization has led to an increase in problems related to urban floods, especially an increase in suspended solids, nutrients, heavy metals and pollutants in urban runoff. Increasing the severity of floods is one of the problems of Bojnourd city, which due to its morphology and insufficiency of drainage network has caused the surface water disposal system to be undesirable.

Therefore, a better understanding of urban runoff quality in terms of the relationship between heavy metals such as lead, zinc and copper in different seasons can help city managers in managing urban flood quality and optimizing its control strategies.

2. Materials and Methods

Bojnourd urban watershed with an area of 1238.7 km^2 extends inside the Kopedagh zone in a northwest-southeast direction. In this study, to investigate spatio-temporal variations in runoff quality by reviewing the comprehensive city map and natural watershed conditions and field visits, 9 sampling sites in industrial areas, residential and commercial areas of the city center and open and barren residential areas in Bojnourd, and 3 sampling sites in 3 important rivers and also 1

sampling site were identified at the outlet of the Bojnourd urban watershed. Finally, 52 samples of urban runoff were prepared during two rain events in two seasons, autumn 1994 and spring 1995.

Using SPSS software, the normality of the data was investigated and the abnormal data were normalized by the natural logarithm method.

3. Results

The measured physico-chemical parameters were compared with WHO and EPA standards using a one-sample t-test. The results showed that the turbidity in autumn compared to spring had a significant difference ($P < 0.05$) and it can be said that high suspended sediments after rainfall in urban floods due to the influx of urban construction and destruction of natural resources upstream of the Bojnourd urban watershed has caused turbidity and on the other hand the lack of vegetation in autumn compared to spring increased the turbidity of runoff in this season.

Finally, it can be concluded that in terms of location, heavy metals of runoff in the central areas, urban drains and channels of residential and commercial areas, especially the channels of Kargar Square have been more than other places, which is the main center of the Bojnourd floods. While these pollutants are present in the upper reaches of urban watersheds such as Firoozeh, Darsofian and Chenaran rivers, as well as in Sandalabad canal, which is located in the eastern margin and almost outside the city, and also in runoff samples related to the roofs of buildings.

4. Discussion and Conclusion

The amounts of heavy metals such as lead, zinc and copper in the urban area of the watershed are higher than other locations and its decreasing trend is Zn> Cu> Pb and due to its spatial changes, it indicates the human origin of these metals. It also shows that areas with high traffic load of cars are more polluted. Pollution of these metals varies in different seasons and in runoff related to autumn is more than spring.

5. Six important references

Ben Salem, Z., Capelli, N., Laffray, X., Elise, G., Ayadi, H., Aleya, L., 2014, Seasonal variation of heavy metals in water, sediment and roachtissues in a landfill draining system pond (Etueffont, France), Ecological Engineering 69 (2014) 25-37.

Brown, J.N., Peake, B.M., 2006, Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff, Science of the Total Environment 359: 145- 155.

Franz, C., Makeschin, F., Weiß, H., Lorz, C., 2014, Sediments in urban river basins: Identification of sediment sources within the LagoParanoá catchment, Brasilia DF, Brazil – using the fingerprint approach, Science of the Total Environment 466–467 (2014) 513-523.

Li, F., Huang, J., Zeng, G., Yuan, X., Li, X., Liang, J., Wang, X., Tang, X., Bai, B., (2013) Spatial risk assessment and sources identification of heavy metals in surface sediments from the Dongting Lake, Middle China, Geochemical Exploration, 132 (2013) 75-83.

Mendez, C.B., Klenzendorf, J.B., Afshar, B.R., Simmons, M.T., Barrett, M.E., Kinney, K.A., Kirisits, M.J., 2011, The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater, Water Research 45 (2011) 2049-2059.

Navarro, M.C., Pérez-Sirvent, C., Martínez-Sánchez, M.J., Vidal, J., Tovar, P.J., Bech, J., 2008, Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals:A case study in a semi-arid zone, Journal of Geochemical Exploration 96 (2008) 183-193.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We would like to acknowledge Environmental Remote Sensing Centre, Sari University of Agric. & Natural Res. for their helpful supports.