ارزیابی کیفی رواناب‌های ناشی از بارندگی در سطح شهر مشهد

فرزانه بهروش[۱] محمدحسین محمودی قرائی[۲] فرشته قاسم زاده[۳] سیما عوض مقدم[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست محیطی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی گروه زیست‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر

تاریخ دریافت: ۹۲/۸

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰

چکیده

بارندگی در مناطق شهری باعث شستشوی مواد انباشته شده روی سطوح غیر قابل نفوذ شده و رواناب آلوده‌ی حاصل، باعث تغییر کیفیت در آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. در این مقاله به منظور ارزیابی کیفیت رواناب‌های ناشی از بارندگی در شهر مشهد یک نمونه آب باران و ۹ نمونه رواناب از مناطق مختلف شهر در ساعات پس از بارندگی در اوایل آذر ماه برداشت شد. پارامترهای pH و EC در محل نمونه‌برداری و غلظت یون‌های اصلی Ca, Mg, Na, K, SO_4, Cl و HCO_3 با استفاده از دستگاه جذب اتمی (AAS) در دانشگاه فردوسی مشهد اندازه‌گیری شد. تیپ هیدروشیمیایی غالب رواناب‌های مورد بررسی با توجه به نمودار پایپر از نوع سولفاته کلسیک W8, W6, W5, W4, (W3) و بی‌کربناته کلسیک (W7, W2، W9) است. تفاوت هیدروژئوشیمیایی میان آب باران و رواناب‌های سطح شهر می‌تواند ناشی از عواملی مانند لیتولوژی، خاک‌ها و غبارات شهری و ورود فاضلاب‌ها باشد. کیفیت رواناب‌ها بر اساس نمودار شولر از خوب تا نامناسب-کاملا نامطبوع برای آشامیدن و بر اساس نمودار ویلکوکس، همه نمونه‌ها از رده‌ی شوری کم تا خیلی شور برای کشاورزی تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: رواناب، مشهد، آلودگی آب، ویلکوکس، پایپر، شولر

مقدمه

در نواحی شهری به دلیل تبدیل زمین‌های آزاد به خیابان، ساختمان، پارکینگ‌های بزرگ و مراکز تجاری و در نتیجه افزایش سطوح نفوذ ناپذیر، حجم زیادی از بارندگی امکان و فرصت نفوذ در خاک را پیدا نمی‌کند و ابتدا بر روی سطوح نفوذ ناپذیر شهری انباشته و سپس به سمت نواحی گود و پست شهر جریان می‌یابد (Ichiki *et al,* 1997). آلودگی هوا، نشت بنزین، گازوئیل و روغن از وسائل نقلیه موتوری و جایگاه‌های سوخت‌گیری، زباله‌های شهری، رسوبات ته‌نشین شده در آبروها و زهکش‌ها، آفت‌کش‌ها و زائدات انسانی، حیوانی و گیاهی از منابع مهم آلودگی در رواناب‌های شهری هستند. به لحاظ اینکه مرجع و محل تولید این آلودگی‌ها دقیقاً مشخص نیست آن‌ها را آلودگی‌های غیر نقطه‌ای رواناب‌های شهری می‌نامند (Brezonik & Stadelman, 2002).

باران با عبور از اتمسفر، گازها و یون‌های مختلفی را در خود حل کرده و آن‌ها را به سطح زمین می‌رساند. آلودگی‌های صنعتی و گرد و غبار نیز یکی از مهمترین منابع تامین کننده مواد موجود در بارش هستند (پاکباز و پیرمرادیان، ۱۳۹۱). در شروع بارندگی بسیاری از آلاینده‌ها در قطرات باران حل می‌شوند. همچنین به علت مواد موجود در قطرات باران، برخورد آن‌ها با سطوح آلوده شهری مثل خیابان‌ها، پشت بام و نمای منازل موجب فرسایش می‌شود که در نهایت این فعل و انفعالات موجب آلوده شدن رواناب‌های شهری می‌شود. این رواناب‌ها همچنین تأثیر قابل توجهی از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر آب و خاک میزبان می‌گذارند (Akan & Houjhtalen, 2003).

[1] نویسنده مسئول: فرزانه بهروش f.behravesh23@yahoo.com

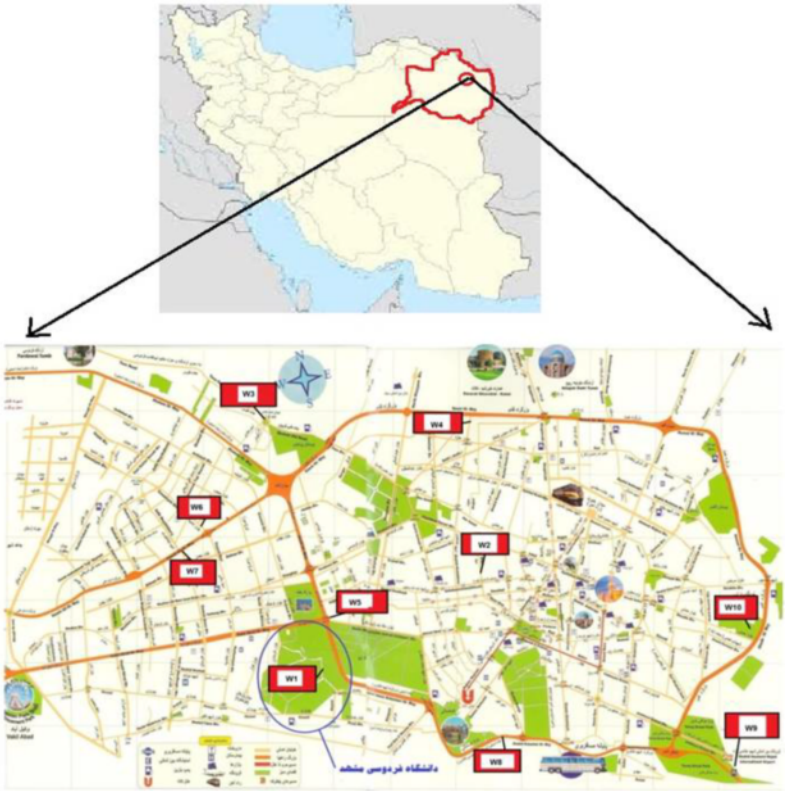
آب باران در مناطق غیر قابل نفوذ شهری، آلودگی‌های تجمع یافته ناشی از رویدادها و منابع مختلف در روزهای خشک را می‌شوید. این آلودگی‌ها توسط رواناب به منابع آب زیرزمینی پیوسته (پاکباز و پیرمرادیان، ۱۳۹۱) و بر ترکیب شیمیایی و کیفیت آن‌ها تأثیر می‌گذارند.

به دلیل اختلاط و رقیق شدن، تعیین استاندارد برای کیفیت رواناب‌های کنترل نشده‌ی سطح شهری دشوار است اما نکته حائز اهمیت این است که این رواناب‌ها در صورت کنترل نشدن باعث آلودگی منابع آبی خواهند شد.

اگر رواناب‌های سطح شهر را جزء آب‌های سطحی در نظر بگیریم، می‌توان به طور مشابه آن‌ها را از نظر پارامترهای کیفی و یون‌های اصلی و فرعی مورد بررسی قرار داد. در این بررسی رواناب‌ها از نظر پارامترهای pH، EC و TDS و یون‌های اصلی Ca, Mg, Na, K, SO_4, Cl و HCO_3 با استفاده از نمودارهای پایپر، شولر و ویلکوکس مورد بررسی قرار گرفتند.

منطقهٔ مورد مطالعه

شهر مشهد با وسعت ۵۶۰ کیلومتر مربع در حوضه آبریز کشف‌رود و در انتهای جنوبی دشت رسوبی توس واقع شده و دو رشته کوه هزار مسجد در شمال و بینالود در جنوب آن قرار دارند (شکل ۱). ارتفاع مشهد از سطح دریا حدود ۹۷۰ متراست. رودخانه کشف‌رود در ۸ کیلومتری شمال این شهر از شمال غرب به سمت شرق جریان دارد. رودخانه کشف‌رود یکی از بزرگترین رودخانه‌های شمال شرق ایران محسوب می‌شود. حوضه آبریز این رودخانه با مساحت معادل ۱۶۵۰۰ کیلومتر مربع آب کلیه‌ی رودخانه‌های فرعی و سیلاب‌های فصلی دشت مشهد را به داخل خود زهکش می‌کند. با توجه به نقش مهم رودخانه کشف‌رود در تعادل زیستی، اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی منطقه و تامین آب آشامیدنی مشهد، شناسایی منابع آلاینده و کسب آگاهی مستمر از تغییرات کیفی این رودخانه اولین قدم در راستای مدیریت پایدار منابع آب بر روی این رودخانه می‌باشد (لشگری پور و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل (۱): موقعیت برداشت نمونه‌ها در سطح شهر مشهد

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی کیفیت نمونه‌های آب حاصل از بارندگی در سطح شهر مشهد پس از شروع بارندگی و جاری شدن رواناب‌ها در سطح شهر، تعداد یک نمونه آب باران و ۹ نمونه رواناب به منظور اندازه‌گیری کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی برداشت شد.

پارامترهای صحرایی شامل pH، دما و هدایت الکتریکی (EC) در محل اندازه‌گیری شد. نمونه‌های آب جهت اندازه‌گیری کاتیون‌ها توسط فیلتر ۰/۴۵ میکرون فیلتر شده، آنالیز آنیون‌ها به روش تیتراسیون و آنالیز کاتیون‌ها به روش جذب اتمی (AAS) در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

با استفاده از نرم افزارهای Aq.Qa و Water Chemistry نمودارهای تعیین کیفیت آب ترسیم شد. نمونه‌برداری از سه مسیر اصلی الف) رواناب در قسمت‌های مرکزی شهر، ب) رواناب در بزرگراه‌های شهر، و ج) کانال انتقال آب سطحی که نهایتا به رودخانه کشف رود ختم می‌شود صورت پذیرفت. موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری در شکل (۱) نشان داده شده است.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز به همراه پارامترهای اندازه‌گیری شده در جدول (۱) نشان داده شده است. با استفاده از نتایج آنالیز شیمیایی نمودارهای پایپر، ویلکوکس و شولر برای تعیین تیپ آب، کیفیت آب جهت کشاورزی و آشامیدن مورد بررسی قرار گرفت.

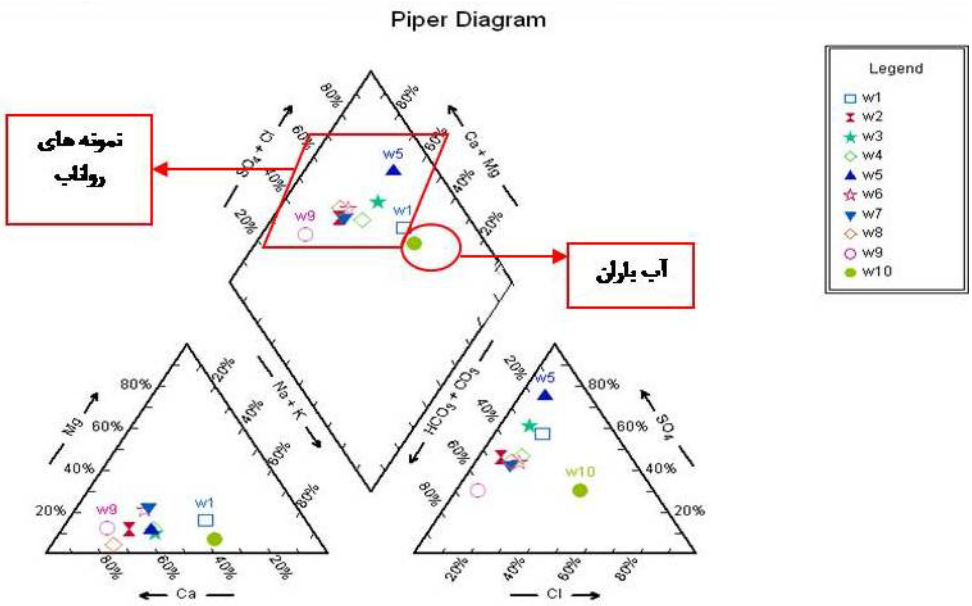
جدول (۱): نتایج آنالیز نمونه های آب و پارامترهای اندازه‌گیری شده (آذر ماه ۱۳۹۱)

ایستگاه	Ca^{2+} (mg/l)	Na^{+} (mg/l)	K^{+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	HCO_3^{-} (mg/l)	Cl^{-} (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	pH	Eh (mv)	TDSc (mg/l)	EC (µmhos/cm)	TH (mg/l)
W1 (دانشگاه فردوسی)	۹۲/۲	۱۴۰	۱۳	۲۴/۵	۳۲۴/۵	۱۲۷/۸	۵۵۶	۸	-۸۷	۱۲۷۸	۱۵۷۱	۳۳۱/۱
W2 (بولوار مجد)	۶۱/۵	۱۹	۱۳	۶/۶	۲۰۰/۱	۲۱/۳	۱۵۴/۱	۸/۰۶	-۹۱	۴۷۵/۶	۵۹۲/۱	۱۸۰/۷۴
W3 (کانال پایانه معراج)	۹۲/۲	۵۶	۱۴	۹	۲۲۶/۹	۴۹/۷	۳۶۰/۹	۷/۵۷	-۶۸	۸۰۷/۷	۱۰۲۰/۸۴	۲۶۷/۲۹
W4 (بولوار ابوطالب)	۱۶۹	۱۰۳	۲۰	۲۰/۵	۵۵۳/۹	۱۲۷/۸	۵۱۶	۷/۷۷	-۸۰	۱۵۱۰/۰	۱۷۱۲/۵۹	۵۰۶/۴۱
W5 (میدان آزادی)	۲۹۹/۵	۱۷۵	۳۵	۳۵/۵	۴۴۸/۹	۱۶۳/۳	۱۷۵۰	۷/۵۸	-۶۷	۲۹۰۷/۰	۳۲۴۶/۴	۸۹۴/۰۴
W6) (قاسم آباد)	۶۷/۲	۲۹/۳	۱۰/۵	۱۵/۳	۱۵۶/۲	۳۵/۵	۱۲۶/۹	۷/۹۱	-۹۲	۴۴۰/۹	۶۰۹/۶۷	۲۳۰/۸
W7 (بزرگراه امام) علی)	۶۳	۳۱/۲	۷/۳	۱۵/۸	۱۴۶/۴	۲۸/۴	۱۰۹/۶	۸/۳۷	-۸۲	۴۰۱/۷	۵۶۵/۱۱	۲۲۲/۳۸
W8 (بزرگراه) کلانتری)	۷۵/۶	۲۲/۹	۶	۲/۶	۱۱۷/۲	۲۱/۳	۹۵/۶	۸/۶۶	-۱۲۸	۳۴۱/۲	۴۹۱/۱۳	۱۹۹/۴۸
W9 (روبروی انبار نفت)	۵۰/۴	۱۰/۹	۳/۵	۵/۱	۹۲/۷	۷/۱	۳۵/۴	۸/۳۷	-۱۱۷	۲۰۵/۱	۲۹۷/۱۸	۱۴۶/۸۵
W10 (آب باران)	۱۳/۸	۲۴	۰/۷	۱/۴۷	۲۹/۳	۲۸/۴	۲۶/۱	۷/۸۴	-۸۳	۱۲۳/۴	۲۰۲/۴۸	۴۰/۵۱۲

تعیین تیپ و رخساره آب بر اساس نمودار پایپر

تیپ و رخساره آب بیان کننده‌ی نوع یون‌های موجود در آب است که می‌تواند ناشی از لیتولوژی Silvafilho, (2009 باشد. در مورد تیپ و رخساره رواناب‌ها، آلاینده‌های موجود در اتمسفر و غبارات ترافیکی تأثیرگذارند. با توجه به

نمودار پایپر، تیپ ۵ نمونه آب ($Ca\text{-}SO_4$ (W8, W6, W5, W4, W3، و ۳ نمونه آب ($Ca\text{-}HCO_3$ (W9, W7, W2 است که با توجه به مکان نمونه‌برداری (چهارراه، بزرگراه پرتردد و روبروی انبار نفت)، دارای نسبت کربن بالاتری است و ۱ نمونه $Na\text{-}SO_4$ (W1) و ۱ نمونه Na-Cl (W10) می‌باشد که همان نمونه آب باران است.



شکل (۲): نمودار پایپر نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه

بر اساس شکل (۲) در رواناب شهر مشهد انواع تیپ‌ها، شامل کلروره سدیک، سولفاته سدیک، بی‌کربناته کلسیک و سولفاته کلسیک وجود دارند. تغییرات تیپ آب در بازه مورد مطالعه ناشی از ورود آب‌های با کیفیت متفاوت از طریق شاخه‌های فرعی و ورودی‌های فاضلاب به بعضی کانال‌ها می‌باشد (تیموری و همکاران، ۱۳۹۱). به علاوه ورود عوامل مختلف آلاینده‌های محیطی باعث تنوع در تیپ آب منطقه مورد مطالعه شده است.

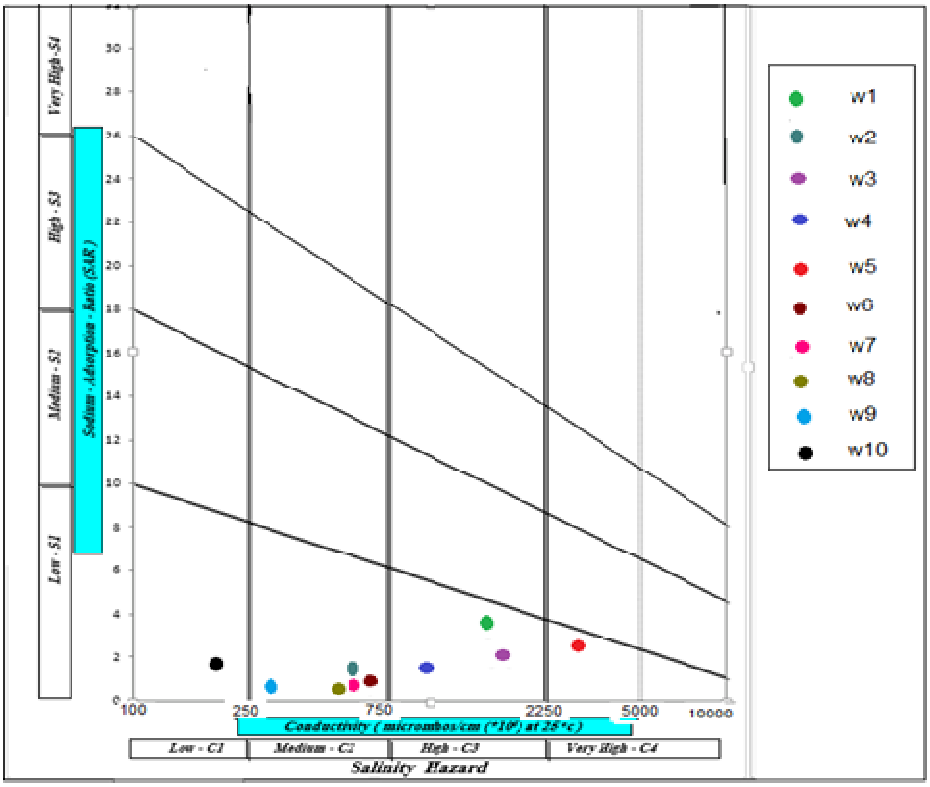
بررسی آب منطقه از نظر کشاورزی بر اساس نمودار ویلکوکس

مناسب بودن آب برای مصارف کشاورزی نیز بستگی به ترکیب شیمیایی آن دارد (Gaofeng *et al,* 2009) . این نمودار بر اساس دو پارامتر EC و نسبت جذب سدیم (SAR) رسم می‌شود، که در آن EC به عنوان خطر شوری و SAR به عنوان خطر قلیائیت در نظر گرفته می‌شود (Sundaray *et al.,* 2009).

مقدار غلظت سدیم در تقسیم بندی آب برای کشاورزی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا واکنش آن با خاک موجب کاهش نفوذپذیری و سخت شدن خاک می‌شود. این دو اثر ناشی از جانشینی یون‌های کلسیم و منیزیم به وسیله یون‌های سدیم در رس‌ها و کلوئیدهای خاک است (صداقت، ۱۳۷۸). برای اندازه‌گیری نسبت‌های سدیم در خاک از رابطه (۱) استفاده می‌شود.

$$S.A.R = \frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg/2}}$$ رابطه (۱)

مقدار حاصل از محاسبه ی S.A.R نسبت به مقدار EC در دیاگرام ویلکوکس پلات می‌شود و بدین ترتیب کیفیت آب منطقه از نظر مصارف کشاوزی مشخص می‌شود (شکل ۳).



شکل (۳): موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار ویلکوکس

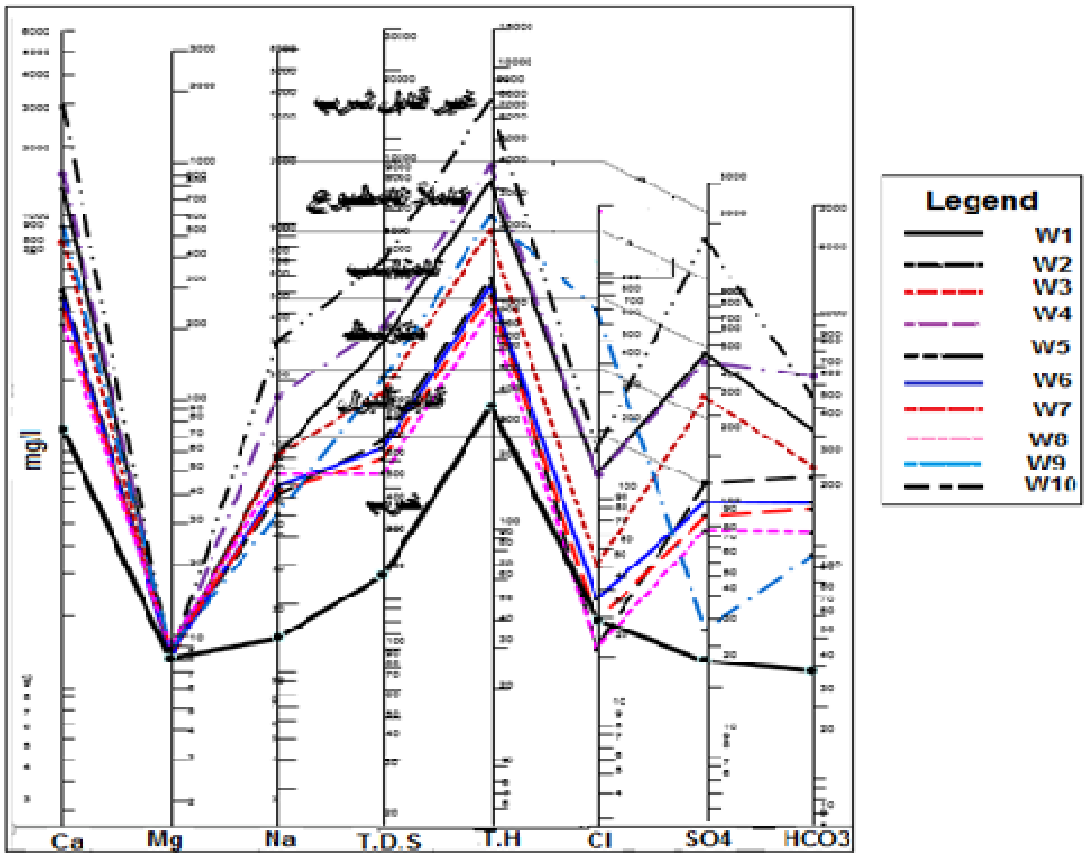
جدول (۲): کیفیت آب از نظر کشاورزی

شماره نمونه	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
W1	۳/۳۴	۱۵۷۱	C3-S1	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
W2	۶۱۴×۱۰$^{-۳}$	۵۹۲/۱	C2-S1	شوری متوسط- قابل استفاده برای کشاورزی
W3	۱/۴۶	۱۰۲۰/۸۴	C3-S1	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
W4	۱/۹۹	۱۷۱۲/۵۹	C3-S1	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
W5	۲/۵۵	۳۲۴۶/۴	C4-S1	خیلی شور- قابل استفاده برای کشاورزی
W6	۸۳۸×۱۰$^{-۳}$	۶۰۹/۶۶	C2-S1	شوری متوسط- قابل استفاده برای کشاورزی
W7	۹۰۹×۱۰$^{-۳}$	۵۶۵/۱۱	C2-S1	شوری متوسط- قابل استفاده برای کشاورزی
W8	۷۰۵×۱۰$^{-۳}$	۴۹۱/۱۳	C2-S1	شوری متوسط- قابل استفاده برای کشاورزی
W9	۳۹۱×۱۰$^{-۳}$	۲۹۷/۱۸	C2-S1	شوری متوسط- قابل استفاده برای کشاورزی
W10	۱/۴۶	۲۰۲/۴۸	C1-S1	شوری کم- قابل استفاده برای کشاورزی

با توجه به جدول (۲) و نمودار ویلکوکس تمام نمونه‌ها قابل استفاده برای کشاورزی هستند، اما از نظر شوری، از شوری کم تا خیلی زیاد تغییر می‌کند. به علت بالا بودن EC در نمونه‌های W3, W4 و W5 این نمونه‌ها در رده خیلی شور تا شور قرار گرفتند. در نتیجه این سه نمونه در مقایسه با سایر نمونه‌ها کیفیت پایین‌تری دارند.

بررسی آب‌های مورد مطالعه از نظر آشامیدن بر اساس نمودار شولر

یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای رده‌بندی کیفی آب آشامیدنی، نمودار شولر است. در این نمودار کیفیت آب با توجه به غلظت کاتیون‌های Ca^{+2}، Mg^{+2} و Na^{+}، آنیون‌های Cl^{-}، SO_4^{2-} و HCO_3^{-} و پارامتر TDS مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شکل (۴) موقعیت نمونه‌ها را در نمودار شولر نشان می‌دهد.



شکل (۴): موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار شولر

نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب مورد مطالعه با استفاده از نمودار شولر مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس غلظت کلیه پارامترهای اندازه‌گیری شده می‌توان گفت که کیفیت شیمیایی آب جهت مصارف آشامیدنی در محدوده مورد مطالعه از موقعیت خوب (W8, W7 و W10) تا نامناسب (W5) متغیر می‌باشد. سرعت پایین جریان آب باعث افزایش غلظت یون‌ها در نمونه‌های W3, W4و W5 شده و در نتیجه باعث شده این سه نمونه در مقایسه با سایر نمونه‌ها کیفیت پایین‌تری داشته باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج آنالیزهای هیدروژئوشیمیایی در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داد که غلظت یون‌های اندازه‌گیری شده تحت تاثیر ورود آب از شاخه فرعی با کیفیت نامناسب و ورود انواع فاضلاب‌ها به کانال‌ها می‌باشد. به طور کلی در اکثر نمونه‌ها روند تغییر غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها به صورت زیر است:

$Ca^{+2} > Na^{+}+K^{+} > Mg^{+2}$ و $SO4^{-2} > HCO_3^{-} > Cl^{-}$

فراوانی یون‌های سولفات و کلسیم به عنوان آنیون و کاتیون غالب باعث شده تا تیپ غالب در محدوده‌ی مورد نظر سولفات کلسیک باشد. بررسی کیفیت آب جهت مصارف آشامیدنی از طریق مقایسه پارامترها با استفاده از نمودار شولر نشان داد نمونه‌های روانآب سطح شهر مشهد، در رده‌های خوب تا نامناسب- کاملا نامطبوع قرار دارند. از نظر کیفیت برای مصارف کشاورزی بر اساس نمودار ویلکوکس، تمام نمونه‌های آب در رده‌ی شوری کم تا خیلی شور قرار دارند.

منابع

۱. پاکباز، ح. و م. پیرمرادیان (۱۳۹۱)، "بررسی پیرامون کیفیت رواناب‌های ناشی از بارندگی در حوضه‌ها اولین کنفرانس ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران."

۲. تیموری، ع.، گ. فرقانی و ه. جعفری (۱۳۹۱)، "پایش کیفی و بررسی اثرات شهری بر کیفیت آب رودخانه گرگانرود از سد گلستان تا پایین دست گنبد کاووس"، شانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز.

۳. صداقت، م. (۱۳۷۸)،" زمین و منابع آب"، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۶۸ صفحه.

۴. لشگری پور، غ. و م. غفوری (۱۳۸۸)،" بررسی منشاء و عوامل موثر در آلودگی منابع آب سطحی و زیر سطحی مسیر رودخانه کشف‌رود (دشت مشهد)،" نخستین کنفرانس آب‌های زیرزمینی.

5. Akan A.O. and Houjhtalen R. J. *(2003). Uraban Hydrulogy, Hydraulics and Storm Water Quality*, John Wiley and Sons, Inc.
6. Brezonik P.L., Stadelman T.H. *(2002). Analysis and predictive models of storm water runoff volume, loads, and pollutant concentrations from watersheds in the Twin cities metropolitan area*, Minnesota, USA. Water Research, pp. 1743-1757.
7. Gaofeng Z., Yonghong S., Chunlin H., Qi F. and Zhiguang,L. *(2009). Hydrogeochemical processes in the groundwater environment of Heihe River Basin*, northwest China, Environmental Earth Sciences, *Vol.60, pp. 139–153*.
8. Ichiki A., Yamada K. and Ohnishi T. *(1996). Prediction of runoff pollutant load considering characteristics of river basin*. Wat. Sci. Tech., Vol. 33, No. 4-5, pp. *117-126*.
9. Sundaray s.k., Nayak B.B. and Bhatta D. *(2009). Environmental studies on river water quality with reference to suitability for agricultural purposes: Mahanadi river estuarine system*, *India – a case study*, Environmental Monitoring Assessment, Vol.155, pp. *227–243*
10. SilvaFilho V., SobralBarcellos G., Emblanch R., Blavoux C., MariaSella B.S., Daniel M., Simler R. and CesarWasserman J. *(2009). Groundwater chemical characterization of a Rio de Janeiro coastal aquifer SEBrazil*, Journal South American Earth Sciences; *27,pp:100–108*.

Evaluation of runoff Quality produced by rainfall within city of Mashhad

Behravesh F., Mahmoudi M.H., Ghasemzade F., Avazmoghadam S.
Email: f.behravesh23@yahoo.com

Received: 2013/11
Accepted: 2014/01

Abstract

Rainfall in urban areas washes off all the material accumulated on the impervious pavement surfaces and the resulting polluted runoff negatively changes the quality of the surface waters as well as groundwaters.In this research study, the quality of rainfallin the study area including one rainfall and nine runoff samples were collected from different locations in Mashhad after rain.The EC and pH parameters was determined in situ and the ionic density of Cl, SO4, Na, Mg, Ca, and HCO3 were all measured with an atomic absorption system (AAS) at the Ferdowsi University of Mashhad. The hydrochemical type of most of the runoff samples were determined based on the Piper diagram and it was shown to be calcium sulfate (W3, W4, W5, W6, W8) and calcium bicarbonate (W7, W2, W9). The hydrogeochemical differences between the rainfall and the city runoffs can be due to factors including lithology, urban soils and dusts, and sewage inflow. According to the Scholler diagram, the water quality of the runoff samples varied from good to unsuitable; and absolutely unpleasant for drinking. Moreover, all the samples were recognized to be of low salinity to very saline for irrigation use based on Wilcox diagram.

Keyword: Wilcox, Runoff, Mashhad, water pollution, Vylkvks, Piper, Schul