Archive of

تاثیر جنس مصالح سقف سازه در کیفیت برداشت آب باران

سید آرین روحانی سراجی

دانشجوی ارشد عمران آب و سازه های هیدرولیکی دانشگاه آزاد تهران مرکز

Aryan_sars@yahoo.com.au

چکیده:

با توجه به کاهش دسترسی و کیفیت منابع آب سنتی، آب باران برداشت‌شده به طور فزاینده‌ای برای مصارف آشامیدنی و غیر آشامیدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه، ما اثر مصالح سقف معمولی (مانند قلوه سنگ‌های فایبرگلاس آسفالت، فلز گالیولوم و کاشی بتنی)و مصالح سقف جایگزین (مانند سرد و سبز)را بر کیفیت آب باران برداشت‌شده مورد بررسی قرار دادیم. نتایج حاصل از بام‌های در مقیاس آزمایشگاهی و تمام مقیاس نشان داد که آب باران برداشت‌شده از هر یک از این مواد پشت‌بام در صورتی نیاز به تصفیه دارد که مصرف‌کننده بخواهد استانداردهای اولیه و ثانویه آب آشامیدنی آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات‌متحده یا دستورالعمل‌های استفاده مجدد از آب غیر آشامیدنی را رعایت کند؛ حداقل، فیلتراسیون و گندزدایی توصیه می‌شود. پشت‌بام‌های فلزی معمولا برای کاربردهای جمع‌آوری آب باران توصیه می‌شوند، و این مطالعه نشان داد که آب باران برداشت‌شده از پشت‌بام‌های فلزی در مقایسه با دیگر مواد سقف، غلظت کمتری از باکتری‌های شاخص دارد. با این حال، بام‌های کاشی و خنک بتنی، کیفیت آب باران برداشت‌شده را مشابه بام‌های فلزی تولید کردند، که نشان می‌دهد این مواد سقف نیز برای کاربردهای جمع‌آوری آب باران مناسب هستند. اگر چه شن و پشت‌بام‌های سبز کیفیت آب را از بسیاری جهات قابل مقایسه با دیگر مواد پشت‌بام تولید می‌کردند، غلظت کربن آلی محلول آن‌ها بسیار بالا بود (تقریبا یک مرتبه بیشتر از چیزی که برای آب آشامیدنی کامل معمول است)، که ممکن است منجر به غلظت‌های بالای محصولات جانبی گندزدایی پس از کلرزنی شود. علاوه بر این، غلظت‌های برخی از فلزات (به عنوان مثال، آرسنیک) در آب باران برداشت‌شده از سقف سبز نشان می‌دهد که اگر آب باران برداشت‌شده برای مصارف خانگی در نظر گرفته شود، کیفیت محیط باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد. از این رو، مواد سقف یک ملاحظه مهم در هنگام طراحی یک حوضه آبریز باران است.

کلمات کلیدی: آب باران ، مصالح سقف ، فیلتراسیون ، گندزدایی

www.SID.ir

Archive of

مقدمه

برداشت آب باران به ویژه در مکانهایی که منابع آب شیرین با کیفیت بالا وجود ندارد یا مصرف کنندگان می خواهند به پایداری کمک کنند، کیفیت آب باران برداشت‌شده از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا به طور فزاینده‌ای برای اهداف داخلی استفاده می‌شود. انواع مختلفی از آلاینده‌های شیمیایی در آب باران برداشت‌شده شامل فلزات سنگین، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH) ، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها یافت شده‌اند. همچنین میکرو ارگانیزم‌ها و باکتری‌های بیماری زا بالقوه در سقف ها وجود دارند. نوع مواد سقف مورد استفاده برای حوضه آبریز می‌تواند بر کیفیت آب باران برداشت‌شده تاثیر بگذارد. بام‌های فلزی گالوانیزه به عنوان منبعی از ذرات ریز روی و کادمیم و پشت‌بام‌های شنی آسفالت را به عنوان منبعی از ذرات معلق سرب و به طور بالقوه معرفی میشوند. غلظت روی در آب باران برداشت‌شده از بام‌های گالوانیزه رنگ‌شده که شواهدی از هوازدگی در مقایسه با شرایط عالی نشان داد، بیشتر بود. نتایج نشان داد که کیفیت آب باران برداشت‌شده از بام‌های فولادی، به ویژه از نظر کدورت، کربن آلی کل و رنگ، نسبت به کیفیت آب باران برداشت‌شده از بام‌های آسفالتی برتری دارد. اکثر مطالعات تا به امروز بر روی بررسی مواد متداول سقف مانند فلز گالوانیزه برای برداشت آب باران متمرکز شده‌اند. بام‌های سبز به طور فزاینده‌ای برای ویژگی‌های نگهداری فاضلاب‌های سطحی شان نصب می‌شوند و همچنین برای پتانسیل حفاظت از انرژی شان نصب می‌شوند. با این حال،هیچ کدام به طور گسترده برای برداشت آب باران مورد توجه قرار نگرفته اند.

مواد و روش‌ها

۲,۱ مکان‌های مطالعه

منطقه مورد مطالعه ، مربوط به نواحی با بارش میانگین ۸۵۶ میلیمتر میباشد.

www.SID.ir

Archive of

۲. ۲. بام‌های با مقیاس آزمایشگاهی

از سه سقف با مقیاس آزمایشگاهی استفاده شد: یک سقف سبز (مملوع از پوشش گیاهی) و یک سقف غشای قیر اصلاح شده با پلی پروپیلن آلاکتیک و دارای دو لایه آکریلیک و یک سقف هم سنگ و آسفالت. پشت‌بام‌های معمولی در مقیاس آزمایشگاهی با مساحت ۸ / ۲ متر مربع و با شیب ۱۸/۴ درجه ساخته شده اند.

۲ – ۳: بام‌های مسکونی تمام مقیاس

از سه سقف مسکونی با مقیاس کامل نمونه‌برداری شد: یک سقف ۱۲ ساله سقف از جنس گالوانیزه به مساحت ۴,۳ متر مربع، یک سقف الیاف سنگی آسفالت ۵ ساله به مساحت جای پا ۴,۳ متر مربع و سقف سنگ‌ریزه الیاف سنگی آسفالتی به مساحت ۵ / ۳ متر مربع و جهت همگی رو به شمال بوده است.

۲,۴ دستگاه‌های نمونه‌برداری آب باران

یک لوله نمونه‌برداری (۷,۶ سانتی متر قطر داخلی پلی وینیل کلرید با کیفیت آشامیدنی (PVC) که از طول نصف لوله بریده شده بود) در جوی‌های بام‌های معمولی در مقیاس آزمایشگاه و در مقیاس کامل قرار داده شد. ورود نمونه‌برداری به سیستم جمع‌آوری غیرفعال که شامل یک بطری شیشه‌ای برای جمع‌آوری "اولین تخلیه" و دو مخزن پلی پروپیلن به صورت سری است، تخلیه شد. اولین حجم تخلیه باید حداقل ۳۸ لیتر را برای هر ۹۳ متر مربع از منطقه جمع‌آوری منحرف کند (طبق دستور العمل هیات توسعه آب آمریکا). اولین بطری خالی و مخازن در سیستم جمع‌آوری غیرفعال به ترتیب در طول یک رویداد باران پر شدند، با بارش بیش از حد که از سیستم از طریق یک فوران سرریز خارج می‌شود.

یک قیف پلی‌اتیلن با قطر داخلی ۴۶ سانتی متر که به یک مخزن ۱۰ لیتری پلی پروپیلن متصل شده بود به عنوان نمونه گیر محیط برای جمع‌آوری آب باران بدون قرار گرفتن در معرض سقف استفاده شد. پوشش روی قیف تا ۲۴ ساعت قبل از وقوع باران برداشته شد، بنابراین امکان رسوب‌گذاری در اتمسفر وجود داشت. بین وقایع بارندگی ، دستگاه‌های نمونه‌برداری شسته شدند و بطری و مخازن جمع‌آوری در اتوکلاو قرار گرفتند.

www.SID.ir

Archive of

۲,۵. نمونه‌برداری و روش‌های تحلیلی

در طول چهار رویداد باران از آب باران برداشت‌شده از بام‌های مقیاس آزمایشی، نمونه‌برداری شد: برای سه رویداد اول باران، بطری تخلیه اول و مخازن اول و دوم در سه نمونه برای pH ، فرم کلی (TC) ، فرم باکتری کلیفرم مدفوعی (FC) ، کدورت ، کل جامدات معلق (TSS) ، کربن آلی محلول (DOC) و نه فلز (ذرات معلق): آلومینیوم، آرسنیک، کادمیوم، کروم، مس، آهن، سرب، سلنیوم و روی آنالیز شدند. نیترات و نیتریت یک‌بار برای هر نمونه اندازه‌گیری شدند. از آب باران که از پشت‌بام‌های واحدهای مسکونی برداشت شده‌بود، نمونه‌برداری شد: برای هر سه رویداد باران، نمونه گیر محیط، بطری تخلیه اولیه، و مخازن اول و دوم در سه تکرار برای TC، FC، TSS، DOC، سرب و روی آنالیز شدند.pH ، رسانایی، کدورت، نیترات و نیتریت یک‌بار برای هر نمونه اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بررسی نمونه برداری

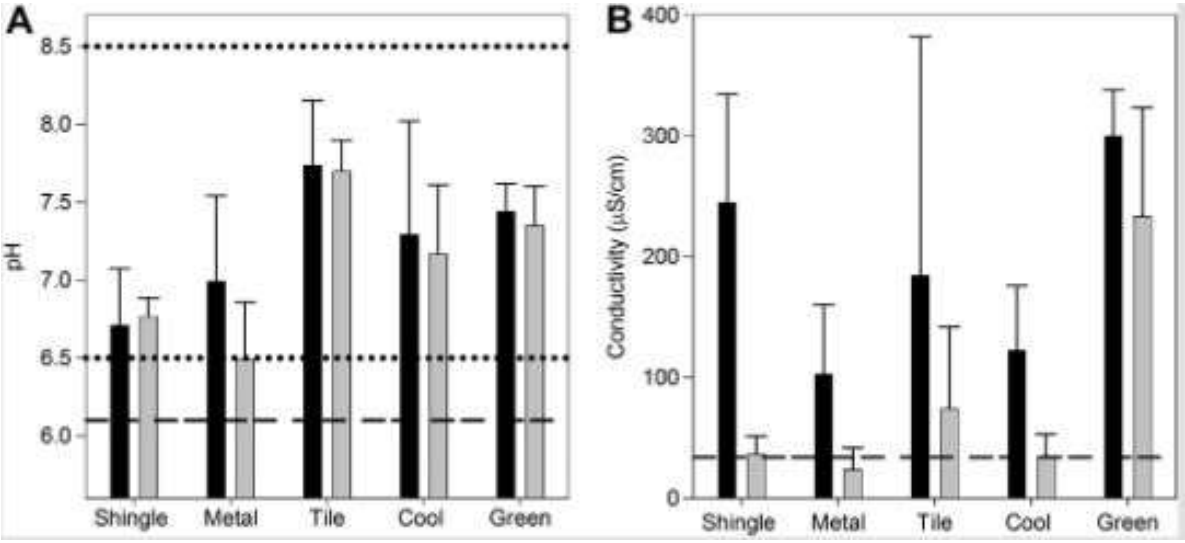
۳,۱ pH و رسانایی

بام‌های در مقیاس آزمایشگاهی

متوسط pH باران جمع‌آوری شده در نمونه گیر محیط ۶,۱ بود، و تمام نمونه‌های آب باران برداشت‌شده از بام‌های در مقیاس آزمایشی در محدوده نزدیک خنثی قرار داشتند . برای همه بام‌های در مقیاس آزمایشی به جز سقف فلزی، pH آب باران برداشت‌شده بعد از اولین تخلیه به طور قابل توجهی بیشتر از نمونه گیر محیط بود . به طور مشابه، مطالعات دیگر افزایش pH از آب باران محیط به آب باران برداشت‌شده را گزارش کرده‌اند (کینگت میچل با مسئولیت محدود.pH آب باران برداشت‌شده بعد از اولین تماس برای سقف کاشی به طور قابل‌توجهی بالاتر از دیگر بام‌های در مقیاس آزمایشی بود . انتظار می‌رفت که این امر به دلیل طبیعت قلیایی بتن باشد و با سایر مطالعات سازگار باشد .pH متوسط آب باران برداشت‌شده پس از اولین تخلیه برای همه بام‌های در مقیاس آزمایشی، استاندارد آب آشامیدنی ثانویه USEPA را در محدوده ۶,۵ - ۸ تامین کرد. میزان برداشت پس از مرحله اول در نمونه بردار محیطی به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه بردار محیطی بود . رسانایی آب باران برداشت‌شده پس از اولین تخلیه برای بام سبز نیز به طور قابل توجهی بالاتر از دیگر بام‌های در مقیاس آزمایشی بود ؛ این انتظار می‌رفت که با عبور آب باران از محیط رشد بام سبز، انحلال کانی‌ها رخ دهد. برای پشت‌بام‌های شنی، فلزی و خنک در مقیاس آزمایشگاهی، رسانایی اولین فلاش به طور قابل‌توجهی بیشتر از آب باران برداشت‌شده پس از اولین فلاش بود .

www.SID.ir

Archive of



۳. ۳ TC و پشت‌بام‌های مقیاس آزمایشی FC

آب باران برداشت‌شده به عنوان شاخص‌های کیفیت میکروبی ارزیابی شد. برای پشت‌بام‌های شنی، کاشی و خنک در مقیاس آزمایشگاهی ، غلظت TC نمونه اول به طور قابل توجهی بیشتر از آب باران برداشت شده پس از نمونه اول بود ، اما غلظت TC از پشت‌بام‌های فلزی و سبز در مقیاس آزمایشگاهی به طور قابل توجهی از نمونه اول تا مخازن بعدی تغییر نکرد . برای همه پشت‌بام‌های در مقیاس آزمایشی، غلظت TC آب باران برداشت‌شده پس از اولین تخلیه از نظر آماری از نمونه گیر محیط غیرقابل‌تشخیص بود . طبق استانداردهای اولیه آب آشامیدنی USEPA، بیش از ۵ درصد از نمونه‌ها در یک ماه مجاز به مثبت بودن برای TC نیستند. همه بام‌های در مقیاس آزمایشگاهی این استاندارد را نقض می‌کنند زیرا آن‌ها TC قابل‌اندازه‌گیری را در اولین مخازن تخلیه و پس از آن برای تمام رخدادهای باران نشان دادند. برای پشت‌بام‌های شنی، فلزی، کاشی و خنک در مقیاس آزمایشگاهی، غلظت FC اولین تماس به طور قابل توجهی بیشتر از آب باران برداشت شده پس از اولین تماس بود . برای همه پشت‌بام‌های در مقیاس آزمایشگاهی به جز سقف فلزی، غلظت FC آب باران برداشت‌شده بعد از مرحله اول از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در نمونه بردار محیط وجود نداشت . با توجه به استانداردهای اولیه آب آشامیدنی USEPA، اگر دو نمونه متوالی دارای TC باشند و حداقل یکی از آن‌ها دارای FC باشد، آنگاه سیستم دارای حداکثر سطح آلودگی حاد است. همه بام‌های در مقیاس آزمایشگاهی این استاندارد را نقض می‌کنند. تنها آب باران برداشت شده پس از اولین تخلیه از سقف فلزی، دستورالعمل‌های استفاده مجدد از آب شهری غیر آشامیدنی را برآورده می‌کند، که بیان می‌کند که FC نباید از ۱۴ واحد تشکیل کلنی در هر نمونه تجاوز کند.

www.SID.ir

Archive of

داده‌های ما با مقالات سازگار است، که TC و FC قابل کشف را در آب باران برداشت‌شده نشان می‌دهد. استفاده از این باکتری‌های شاخص سنتی ممکن است باعث کاهش خطر بیماری ناشی از آب به مصرف‌کننده آب باران شود. با این حال، براساس غلظت TC و FC در آب باران برداشت‌شده پس از اولین تخلیه، بیشتر بام‌های در مقیاس آزمایشگاهی، آبی تولید کردند که دستورالعمل آب آشامیدنی و غیر آشامیدنی را برآورده نمی‌کرد. بنابراین در صورتی که دستورالعمل‌ها برآورده شوند، درمان مورد نیاز است.

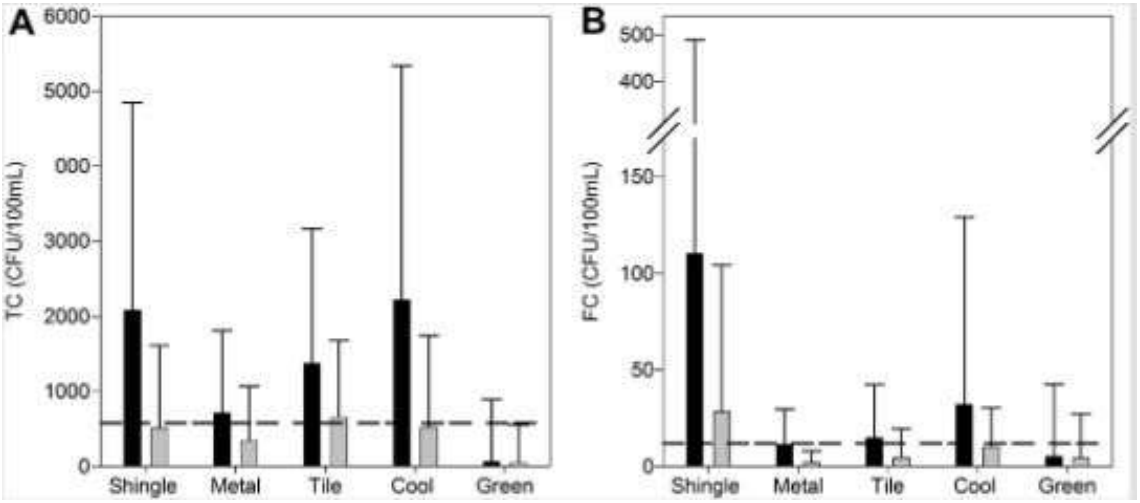
با توجه به فیلتراسیون آب باران از طریق لایه بستر، ما انتظار داشتیم که سقف سبز در مقیاس آزمایشگاهی به طور مداوم کم‌ترین غلظت باکتری‌های شاخص را در آب باران برداشت‌شده به دست دهد، اما این همیشه صادق نبود. به عنوان مثال، در حالی که دو رویداد باران اول هیچ FC قابل تشخیصی را در آب باران برداشت‌شده از سقف سبز نشان ندادند، سومین رویداد باران افزایش ۳۳۰ FCدر هر ۱۰۰ میلی لیتر آب در آب باران برداشت‌شده پس از اولین بارش نشان داد. سومین رویداد باران نیز افزایش غلظت TC از سقف سبز را نشان داد اما هیچ افزایش در TSS یا کدورت مشاهده نشد (داده‌ها نشان داده نشده است). بام‌های دیگر در مقیاس آزمایشی، در سومین رویداد باران، آلودگی مشابهی نداشتند؛بنابراین علت افزایش غلظت باکتری‌های شاخص در این شرایط از بام سبز در حال حاضر نامشخص است. براساس هر رویداد، بام سبز اغلب بهترین کیفیت آب را با توجه به باکتری‌های شاخص در میان مواد سقف نشان می‌دهد، اما پتانسیل افزایش غلظت باکتری‌های شاخص از بام سبز باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرد.

برای سقف فلزی در مقیاس آزمایشگاهی، غلظت FC آب باران برداشت‌شده پس از اولین مرحله تخلیه به میزان قابل‌توجهی بود.

غلظت TC و FC اولین تماس از سقف فلزی به طور قابل‌توجهی کم‌تر از بام‌های خنک، سنگ و کاشی بود. نتایج نشان داد که غلظت باکتری‌های شاخص در آب باران برداشت‌شده از پشت‌بام‌های فلزی کم‌تر از آب باران گرفته‌شده از پشت‌بام‌های بتنی است. یک دلیل ممکن برای این روند این است که مواد با قابلیت تابش پایین، مانند فلزات، دمای سطح بالاتری در نور خورشید دارند، که ممکن است بخشی از باکتری‌های شاخص را غیر فعال کرده باشند. دلیل احتمالی دیگر برای این روند این است که قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین می‌تواند قابلیت حیات سلولی را کاهش دهد، بنابراین تماس با مواد سقف فلزی ممکن است بخشی از باکتری‌های شاخص را غیرفعال کرده باشد.

www.SID.ir

Archive of



نتیجه گیری

مصالح متعارف سقف (به عنوان مثال، شن شیشه آسفالت، فلز گالولوم و کاشی بتنی) ومصالح جایگزین سقف (به عنوان مثال سبز) برای مناسب بودن آن‌ها برای برداشت آب باران برای مصارف خانگی مورد بررسی قرار گرفتند.pH ، رسانایی، TC، FC، در آب باران برداشت‌شده اندازه‌گیری شدند. نتایج زیر به دست آمد:

اگر مصرف کنندگان بخواهند استانداردهای آب آشامیدنی اولیه و ثانویه USEPA یا دستورالعمل‌های استفاده مجدد از آب غیر آشامیدنی USEPA را رعایت کنند، آب باران برداشت‌شده از هر یک از مواد مورد آزمایش سقف نیاز به تصفیه و فیلتر خواهد داشت. به طور خاص، آب باران برداشت‌شده پس از اولین تخلیه سطحی شامل حداقل ۳۸ لیتر برای هر ۹۳ متر مربع از منطقه جمع‌آوری از قلوه‌سنگ‌های فایبرگلاس آسفالت، فلز، کاشی بتنی و بام‌های خنک نیاز به تصفیه برای TC، FC، کدورت، آلومینیوم و آهن برای رسیدن به استانداردهای آب آشامیدنی دارد. آب باران برداشت‌شده پس از اولین تخلیه از سقف سبز نیاز به تصفیه برای TC، FC، کدورت و آلومینیوم دارد. بنابراین، حداقل، انحراف اولیه، فیلتراسیون و گندزدایی برای مطابقت با استانداردها / دستورالعمل‌های

USEPA فعلی توصیه می‌شود. با این حال، از آنجا که کیفیت آب باران محیط با محل فرق می‌کند، ممکن است که آب باران برداشت‌شده در مکان‌های دیگر از استانداردها / دستورالعمل‌ها برای پارامترهای مختلف کیفیت آب نسبت به موارد مشاهده‌شده در این مطالعه فراتر رود.

در حالی که بام‌های فلزی معمولا برای کاربردهای جمع‌آوری آب باران توصیه می‌شوند، بام‌های فلزی بررسی شده در این مطالعه، کیفیت آب باران برداشت‌شده را در مقایسه با دیگر مواد سقف به وضوح بهتر تولید نکردند. بام‌های کاشی و خنک بتن نیز با توجه به شباهت کلی در کیفیت آب باران برداشت‌شده در میان این سه ماده، گزینه‌های خوبی برای حوضه‌های جمع‌آوری آب باران به نظر می‌رسند.

www.SID.ir

Archive of

آب باران برداشت‌شده از سقف فلزی، غلظت کمتری از باکتری‌های شاخص را نسبت به دیگر مواد سقف نشان داد. این ممکن است به دلیل قابلیت تابش پایین فلز باشد، که منجر به دماهای سطح بالاتر بر روی سقف می‌شود. غلظت برخی فلزات (به عنوان مثال آرسنیک)در آب باران برداشت‌شده از سقف سبز نشان می‌دهد که کیفیت در صورتی که آب باران برداشت شده برای مصارف خانگی در نظر گرفته شود، محیط‌های کشت تجاری باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

۱.American Public Health Association, ۱۹۹۸. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, twentieth ed.
Washington, D.C

۲. Berndtsson, J.C., Bengtsson, L., Jinno, K., ۲۰۰۹. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs.
Ecological Engineering ۳۵ (۳), ۳۶۹e۳۸۰.

۳. Despins, C., Farahbakhsh, K., Leidl, C., ۲۰۰۹. Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada. Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA ۵۸ (۲), ۱۱۷e۱۳۴.

۴. Egodawatta, P., Thomas, E., Goonetilleke, A., ۲۰۰۹. Understanding the physical processes of pollutant build-up and wash-off on roof surfaces. Science of the Total Environment ۴۰۷ (۶), ۱۸۳۴e۱۸۴۱.

۵. Fo¨ rster, J., ۱۹۹۸. The influence of location and season on the concentrations of macroions and organic trace pollutants in roof runoff. Water Science and Technology ۳۸ (۱۰), ۸۳e۹۰.

۶. Kingett Mitchell Ltd., ۲۰۰۳. A Study of Roof Runoff Quality in Auckland New Zealand: Implications for Stormwater
Management. Auckland Regional Council, Auckland,
New Zealand.

۷. Lye, D.J., ۲۰۰۲. Health risks associated with consumption of untreated water from household roof catchment systems. Journal of the American Water Resources Association ۳۸ (۵), ۱۳۰۱e۱۳۰۶.

www.SID.ir

Archive of

۸. Simmons, G., Hope, V., Lewis, G., Whitmore, J., Gao, W., ۲۰۰۱.Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. Water Research ۳۵ (۶), ۱۵۱۸e۱۵۲۴.

۹. Texas Rainwater Harvesting Evaluation Committee, ۲۰۰۶.Rainwater Harvesting Potential and Guidelines for Texas.Texas Water Development Board, Austin, Texas.

۱۰. The Texas Manual on Rainwater Harvesting, third ed., ۲۰۰۵.
Texas Water Development Board, Austin, Texas.

www.SID.ir