

ظرفیت سیستم‌های سطوح آبیگر باران در حفاظت کیفی منابع آب و تأمین آب مصرفی شهرها (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)

جهانگیر پرهت^{۱*}

۱- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده

حوضه‌های شهری با دارا بودن ضریب جریان بالا از یک طرف و وجود آلاینده‌های مختلف از طرف دیگر در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع از اهمیت خاصی برخوردارند. در این راستا استفاده از سیستم‌های سطوح آبیگر باران در تنظیم جریان و قبل از ورود آلاینده‌ها در حفاظت کیفی منابع آب و تأمین آب مصرفی شهرها یکی از راه‌حل‌های اساسی است، که از یک طرف از ورود آلاینده‌ها به محیط کاسته و از طرف دیگر بخشی از منابع آب با کیفیت مناسب را در دسترس قرار می‌دهد. در این پژوهش با هدف تعیین ظرفیت سیستم‌های سطوح آبیگر باران در حفاظت کمی و کیفی منابع آب حوضه‌های شهری، کلان‌شهر انتخاب و سپس وضعیت بارش و ظرفیت تولید رواناب آن بررسی شد. هم‌چنین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سطوح کاربری‌های مختلف تعیین و با توجه به نقش آنها در ضریب جریان در دو دسته کلی فضاهای سبز شهر و سایر کاربری‌ها تقسیم‌بندی شدند. سپس با استفاده از ایستگاه‌های بارندگی سطح شهر تهران حجم بارش سالانه، رواناب تولیدی و تلفات بارش تعیین شد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که ۲۲٫۷ درصد از سطح شهر تهران به صورت پیوسته یا ناپیوسته تحت پوشش فضای سبز شامل پارک‌ها، فضای سبز و درختان واقع در پیاده‌روها و کناره‌های خیابان‌ها و نیز باغچه‌های درون واحدهای مسکونی، تجاری و صنعتی می‌باشد.

هم‌چنین بر اساس نتایج این پژوهش سالانه قریب ۲۵۵ میلیون مترمکعب بارش به سطح شهر تهران می‌رسد که حدود ۱۵۲ میلیون مترمکعب رواناب در سطح کلان شهر تهران تولید و به مناطق پایین‌دست منتقل می‌نماید. بنابراین رواناب حاصل به عنوان یک تهدید جدی هم‌چنین مقادیر زیادی از آلاینده‌های شهری را به پایین دست منتقل و موجبات آلودگی‌های زیست‌محیطی پایین‌دست را فراهم می‌نماید. این در حالی است که سالانه قریب به ۱۱۱ میلیون مترمکعب از منابع آب سالم برای فضای سبز کلان شهر تهران مصرف و قریب به ۳۹ میلیون مترمکعب این نوع نیاز کسری دارد. بنابراین با وجود کمبود منابع آب قابل تخصیص برای تأمین نیاز آبی فضای سبز و سایر مصارف شهری بخشی از منابع اینگونه از دسترس خارج و به یک تهدید تبدیل شده است.

بر اساس نتیجه این پژوهش پیشنهاد می‌شود به جای بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی حریم شهر تهران و سایر منابع آب تصفیه شده برای فضای سبز، با استفاده از فناوری‌های سطوح آبیگر باران رواناب‌های موجود از منشأ مهار و آب مصرفی فضای سبز شهری را تأمین نماید. با این اقدام صرفه جویی در بهره‌برداری از آب زیرزمینی فرصت مناسبی را برای تعادل بخشی آبخوان‌های پایین دست فراهم می‌نماید.

واژه‌های کلیدی

رواناب شهری، سطوح آبیگر، آلاینده‌های شهری، ضریب جریان، کاربری اراضی، تعادل بخشی آبخوان

مقدمه

سالانه در دنیا تلاش‌های زیادی در راستای مدیریت بهینه منابع آب و بهره‌برداری حداکثر و کارآمد از آن صورت می‌گیرد که محورهای اصلی آن شامل افزایش سطح آگاهی و مشارکت فعال کاربران در سیاست‌گذاری‌های آب، ببه‌کارگیری فناوری‌های نوین و کارآمد در شبیه‌سازی مولفه‌های منابع آب و استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی، کاربرد روش‌های کاهش‌دهنده تنش کم‌آبی و خشکی منابع آب در بخش تقاضا می‌باشد (شاهویی و همکاران، ۱۳۹۷). از طرفی، آگاهی دقیق از مؤلفه‌های بیلان آبی برای مدیریت پایدار منابع آب به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری می‌باشد (Porhemmat و همکاران، ۲۰۱۸). اهمیت این موضوع در شرایطی که منابع آبی در معرض آلاینده‌ها قرار می‌گیرد، دو چندان می‌شود. تغییر کاربری یکی از مهمترین فرآیندهای اقتصادی-اجتماعی ایجاد کننده اثرات اکولوژیکی بلند مدت است (Deal و Chio، ۲۰۰۸). حوضه‌های شهری از یک طرف به دلیل سطوح نفوذناپذیر بیشتری نسبت به حوضه‌های طبیعی، دارای ضریب رواناب بیشتر بوده و از طرف دیگر به دلیل وجود آلاینده‌های زیاد در محیط حوضه‌های شهری در معرض آلودگی و کاهش کیفیت بیشتری قرار دارند. آلاینده‌ها در دوره خشکی حداقل بین بارندگی تجمع نموده و سپس توسط رواناب حاصل از بارش شسته شده و به پایین دست منتقل می‌شود (Akan و Houghtalen، ۲۰۰۳). آلاینده‌های غیرنقطه‌ای شهری سهم مهمی را در تخریب کیفیت منابع دارا می‌باشند (Stadelmann و Brezonik، ۲۰۰۲). آلاینده‌های شهری به همراه فاضلاب شهری با رواناب سطحی به هم پیوسته و منشأ آلاینده‌ها را برای منابع آب و خاک پیاپی دست ایجاد می‌کنند.

ضریب رواناب حوضه‌های شهری به مراتب بیشتر از حوضه‌های طبیعی بوده و لذا میزان بارشی که در سطح حوضه‌های شهری نازل می‌شود، عمدتاً به رواناب تبدیل می‌شود. محیط‌هایی که دارای منطقه بارش شهری بیشتری هستند، دارای ظرفیت بیشتری برای افزایش رواناب سطحی هستند. توسعه شهری ظرفیت ذخیره بیشینه حوضه را کاهش و در مقابل ضریب جریان را افزایش می‌دهند (Weng، ۲۰۰۱). ضریب جریان علاوه بر نوع کاربری و پوشش سطح به شیب سطح زمین و نیز شده بارش وابسته است. Chow و همکاران (۱۹۸۸) دامنه‌ای از ضریب جریان را برای سطوح مختلف از جمله سطوح اراضی و تأسیسات شهری بر حسب شدت بارش و شیب سطح زمین ارائه نمودند. بر اساس Chow و همکاران (۱۹۸۸) سطوح آسفالتی دارای ضرایب جریان ۷۳ تا ۱۰۰ درصد برای بارش با شدتهای معمولی تا شدید بوده و سطوح سیمانی و سقف پشت بام‌ها نیز دارای ضریب جریان ۷۵ تا ۱۰۰ درصد در همین شرایط هستند. بعلاوه در مناطق شهری فضای سبز چمن با شرایط پوشش متوسط در شبیه‌های ۲ تا ۲۵ درصد بین ۲۵ تا ۵۳، در شبیه‌های ۲ تا ۷ درصد بین ۳۳ تا ۵۸ و در شبیه‌های بیش از ۷ درصد بین ۳۷ تا ۶۰ درصد بر حسب شدت بارش در تغییر است. بر اساس این ارقام ضریب جریان فضای سبز شهری به صورت کلی دارای متوسط حدود ۳۵ درصد می‌باشد. در مناطق خشک و نیمه خشک بخشی از بارش صرف رطوبت اولیه سطح شده و بخشی نیز به دلیل گرمای سطح تبخیر می‌شود. پژوهش پهلوانی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالع موردی نشان داده است که ضریب رواناب سالانه برای دو مورد پشت بام ساختمان در مشهد و نور به ترتیب ۶۶ و ۷۵ درصد برای فصل پاییز، ۶۹ و ۷۶ در زمستان و ۶۲ و ۶۹ درصد در فصل بهار در تغییر بوده است. همچنین، آستانه رواناب را به ترتیب ۰٫۳ و ۰٫۷ میلی‌متر در این دو منطقه مشاهده شده است. این مقادیر در سطح مقادیر حداقلی ارائه شده توسط Chow و همکاران (۱۹۸۸) قرار دارد. با این وصف در حوضه‌های شهری بخش عمده‌ای از بارش به رواناب تبدیل شده و در معماری سنتی شهری به عنوان یک مزاحم بایستی از محیط دفع شود. تجمع رواناب در نگرش سنتی مدیریت رواناب شهری به عنوان یک زائده با اثرات مخرب و منفی نگریسته می‌شود (توسلی و همکاران، ۱۳۹۶). این در حالی است که رواناب شهری با نگاه سیستمی به منابع آب در مقیاس حوضه یک ظرفیت آبی قابل برنامه‌ریزی بوده و لذا این ظرفیت در حوضه‌های شهری در مدیریت کمی و کیفی منابع آب از اهمیت خاصی برخوردار بوده و بایستی مورد توجه قرار گیرند. به دلیل این که این ظرفیت آبی پس از ورود به سامانه‌های زهکشی تحت تأثیر آلاینده‌های مختلف تخریب می‌شود، لذا بایستی در بدو ورود ذخیره شده و از ورود آن به سامانه‌های زهکشی جلوگیری شود. بنابراین سامانه‌های سطوح آبیگر باران در بدو ورود می‌تواند این منابع را علاوه بر جلوگیری از آلوده شدن آنها به یک منبع آب قابل استحصال تمیز تبدیل نماید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای تعیین نقش سطوح آبیگر باران در استفاده از ظرفیت آبی روانابهای شهری کلان‌شهر تهران انتخاب شد. سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای کاربری‌های شهر به تفکیک فضای سبز و سایر کاربری‌ها تعیین شد. علاوه بر این، فضای سبز به دو دسته فضای سبز از نوع چمن و فضای سبز جنگلی نیز مشخص شد. سپس بارندگی سالانه در یک دوره طولانی از سازمان هواشناسی و سازمان آب تهران اخذ و حجم بارش سالانه طی این مدت برآورد گردید. بر اساس نوع کاربری ضریب جریان هر محدوده تعیین و سپس میزان رواناب سالانه برای هر کدام از کاربری‌های یاد شده تعیین شد.

بارندگی ایستگاهی دو ایستگاه مهرآباد تهران و تجریش که به ترتیب یکی در جنوب شهر و دیگری در شمال شهر تهران واقع هستند برای این پژوهش استفاده شده‌اند. همچنین با استفاده از ضریب رواناب استنتاجی از کارهای قبلی برای شرایط مشابه شهر تهران در تحلیل بارش رواناب و بر مبنای تغییرات کاربری به صورت نیمه توزیعی برای کاربری‌های مختلف رواناب سالانه محاسبه شد. میزان آب مصرفی فضای شهر تهران از اطلاعات موجود سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری تهران استفاده شد.

ضریب جریان سالانه بر اساس برای سطوح آسفالت، سیمانی و سقف پشت‌بامها در دامنه حداقلی توسط Chow و همکاران (۱۹۸۸) و در محدوده ارقام مشاهده‌ای پهلوانی و همکاران (۱۳۹۵) در نظر گرفته شد. جدول (۱) محدوده ضریب جریان انتخابی را نشان می‌دهد. با توجه به شرایط شهر تهران و عدم دسترسی به نقشه تغییرات جزئی ارتفاع، ضریب جریان سالانه برای فضای سبز چمن ۳۳، برای پارکهای جنگلی ۳۱، متوسط فضای سبز و پارکهای جنگلی ۳۲ و برای سطوح آسفالت، سیمانی و سقف پشت‌بامها ۶۸ درصد در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که دامنه‌های بیشینه ضریب جریان در جدول (۱) برای وقایع رگباری با شدت بالا می‌باشد و لذا مقادیر متوسط سالانه از این مقدار کمتر می‌باشد، به همین دلیل مقادیر ضریب جریان سالانه در محدوده پایینی دامنه‌ها فرض شد که با کار پهلوانی و همکاران (۱۳۹۵) برای شرایط خشک و نیمه خشک مطابقت دارد.

جدول ۱ - دامنه ضریب جریان (درصد از بارش) برای حوضه شهری متناسب شرایط نیمه‌خشک (استنتاج از Chow و همکاران، ۱۹۸۸ و پهلوانی و همکاران، ۱۳۹۵)

سطوح سیمانی و سقف‌های پشت‌بام		سطوح آسفالت		جنگل	چمن متوسط	نوع کاربری
بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	شیب ۲ تا ۷ درصد	شیب ۲ تا ۷ درصد	شرایط
۱۰۰	۶۵	۱۰۰	۷۳	۳۱ تا ۵۶	۳۳ تا ۵۸	ضریب جریان
۶۸ درصد با توجه به عدم تفکیک سطوح آسفالت، سیمانی و پشت بام در شهر تهران و عدم دسترسی برای تفکیک				۳۱	۳۳	متوسط ضریب جریان انتخابی

نتایج و بحث

بررسی ظرفیت سامانه‌های سطوح آبیگر باران در حوضه شهری بر پایه سه عامل استوار است. بارشی که به سطح زمین می‌رسد و سهم رواناب حاصل از آن، انواع نیازهای مصرف متناسب با کمیت و کیفیت رواناب شهری ایجاد شده و زیرساخت‌های مورد نیاز در بهره‌برداری از رواناب این سه را تشکیل می‌دهند.

نیاز آبی در سطح شهر و ظرفیت تولید رواناب کلان شهر تهران

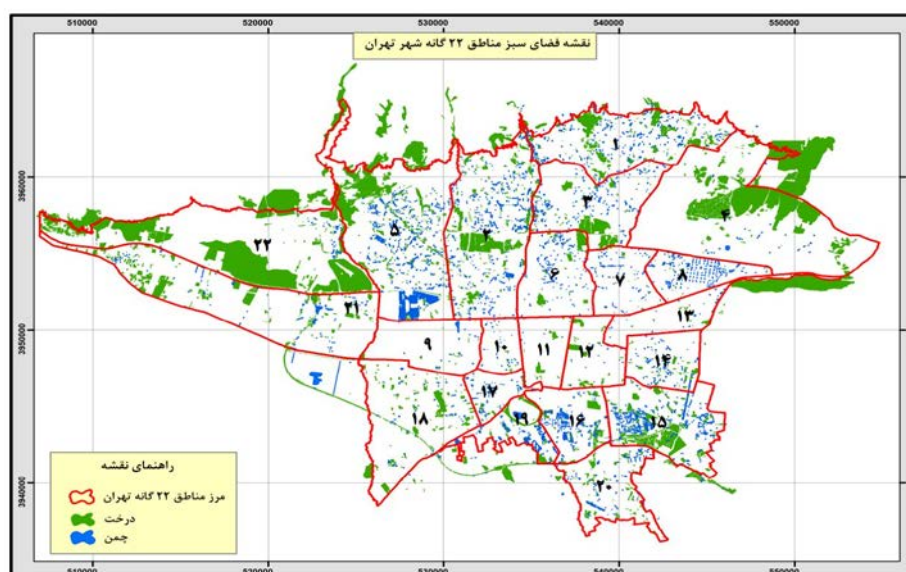
کاربریهای مختلف حوضه های شهری شامل کاربری‌های مسکونی، تجاری و اداری، صنعتی و فضای باز (عمدتاً فضای سبز) می باشد. چهار نوع اول دارای بخش اصلی به صورت بنا و مسقف هستند که در تولید رواناب دارای عملکرد نسبتاً مشابهی هستند. بر اساس نتایج بررسی فضای سبز شهر تهران منتج از تصاویر ماهواره‌ای سطح این کاربری در محدوده شهر تعیین شد. شکل (۱) نقشه کاربریهای فضای سبز تهران و جدول (۲) مساحت هر کدام را به تفکیک مناطق ۲۲ گانه کلان شهر تهران نشان می‌دهند. همان‌طور که شکل (۱) نشان می‌دهد، مناطق مختلف شهر تهران از فضای سبز یکنواختی برخوردار نیست. بر اساس نتایج شکل (۱) و جدول (۲) برای نمونه منطقه ۱۰ تهران با ۱۳ هکتار فضای سبز کمترین میزان فضای سبز را برای جمعیت این منطقه ۵۰۰ هزار نفری در بین مناطق تهران دارا می‌باشد. به عبارت دیگر سرانه فضای سبز هر نفر در این منطقه ببه حدود ۰/۲۸ متر مربع می‌رسد. همانگونه در

جدول (۲) ملاحظه می‌شود منطقه بیست و دو تهران با ۲۸۸۱ هکتار و منطقه چهار با ۲۱۷۱ هکتار بیشترین میزان فضای سبز تهران را در بین مناطق داشته و منطقه ۱۰ با ۱۴ هکتار و منطقه ۹ با ۲۴ هکتار و منطقه ۷ با ۲۵ هکتار کمترین میزان فضای سبز شهر تهران را دارا می‌باشند. در مجموع کل مساحت فضای سبز شهر تهران در مناطق ۲۲ گانه حدود ۱۱۴۸۱ هکتار می‌باشد و در مجموع ۱۵,۷ درصد از مساحت ۷۳۰۰۰ هکتاری شهر تهران را در بر می‌گیرد. هم‌چنین ۶۰ درصد سطح فضای مسکونی بنا و ۴۰ درصد آن عرصه می‌باشد، که با احتساب ۷۰ درصد نسبت فضای مسکونی و ۳۰ درصد خیابان و تأسیسات و ۱۰ درصد فضای مسکونی برای فضای سبز مجموع فضای سبز شهر تهران حدود ۲۲,۷ درصد می‌باشد. لذا کل فضای سبز شهر اعم چمن، جنگل، فضای سبز حیاط واحدهای مسکونی ۱۶۵۷۱ هکتار از شهر تهران فضای سبز و ۵۶۴۲۹ هکتار سطح خیابان‌ها، پشت‌بام واحدهای مسکونی و صنعتی و پیاده‌روها می‌باشد.

نتایج تحلیل ظرفیت تولید رواناب در محدوده شهر تهران میزان آب مصرفی فضای سبز شهر تهران

جداول (۳) الی (۵) به ترتیب بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی مهرآباد و شمیران تهران، بارندگی سالانه ایستگاه‌های موجود در شهر تهران تحت پوشش وزارت نیرو و متوسط بارندگی سالانه ایستگاه موجود در شهر تهران را نشان می‌دهند. جداول یاد شده نشان می‌دهند که دامنه متوسط بارش سالانه در نقاط مختلف شهر تهران متفاوت و از ۲۳۲,۵ میلی‌متر در دامنه جنوبی شهر تا ۴۴۸,۳ میلی‌متر در ایستگاه درکه واقع در شمال تهران تغییر می‌کند. به دلیل اینکه در همه مناطق ۲۲ گانه شهر تهران ایستگاه باران‌سنجی موجود نیست، لذا متوسط بارش ۴ ایستگاه یاد شده برای شهر تهران منظور که با این وصف مقدار بارندگی متوسط دراز مدت سطح شهر تهران ۳۴۸,۹ میلی‌متر در سال به‌دست آمده است. با احتساب متوسط بارش ۴ ایستگاه یاد شده برای شهر تهران منظور و ضرایب جریان کاربری‌های مختلف رواناب سالانه ایجاد شده در محدوده شهر محاسبه گردید. جدول (۶) نتایج محاسبات را رواناب نشان می‌دهد. همانطور که جدول (۶) نشان می‌دهد به‌طور متوسط در دراز مدت سالانه ۱۳۳,۹ میلیون مترمکعب رواناب از سطوح کاربری‌های مسکونی، صنعتی و خیابان و پیاده‌روها و ۱۸,۵ میلیون متر مکعب از فضاهای سبز محدوده شهر (مجموعاً ۱۵۲,۴ میلیون مترمکعب) ایجاد می‌شود.

با توجه به اعلام سازمان فضای سبز کلان شهر تهران حجم کل آب تخصیصی کنونی برای مصرف فضای سبز این شهر حدود ۱۱۱/۷۱ میلیون متر مکعب بوده که برای سال ۱۴۰۰ ه.ج. مقدار نیاز آبی ۱۵۰ میلیون مترمکعب بوده و لذا در سه سال دیگر ۳۸,۲۹ میلیون مترمکعب کسری آب فضای سبز شهر تهران است و در حال حاضر با کمبود شدید آب برای کلان‌شهر امکان تأمین این نیاز از منابع آب موجود و یا قابل دسترس وجود ندارد. این در حالی است که این رواناب‌ها یا با فاضلاب شهری اختلاط پیدا کرده و یا با جاری شده در سطح شهر همراه با آلاینده‌های متعدد شهری مناطق پایین دست را آلوده و منابع آب و خاک آن‌را از حیث ارتفاع خارج می‌نماید.



شکل ۱- فضای سبز شهر کلان تهران به تفکیک مناطق ۲۲ گانه

انواع آلاینده‌های شهری و منشأ آنها

مهمترین آلاینده‌ها که وارد رواناب شهری می‌شوند شامل زباله درشت شهری، مواد معلق، روغن و گریس، مواد مغذی، مواد اکسیژن‌خواه، باکتری‌ها و میکروارگانیسمها و عناصر سنگین و مواد سمی می‌باشند. این مواد آلاینده که در به‌صورت نقطه‌ای یا پخش در سطح شهر یافت می‌شوند. مهمترین منشأ این آلاینده‌ها روکش جاده‌ها و مناطق نفوذ ناپذیر، روکش پشت‌بامها، آلاینده‌های موجود در جو شهر، خودروها و وسائط نقلیه، تعمیرگاهها و پارکینگها، فاضلاب‌های خانگی، مدفوع حیوانات و پرندگان موجود در سطح شهر، فعالیت‌های ساختمانی و ساخت و سازهای درون شهری، مواد خطرناک سمی در مناطق صنعتی و علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی مورد استفاده در فضاهای سبز، باغ و چمن‌های موجود در محدوده شهری می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شوند، مهمترین راهکار جلوگیری از این آلاینده‌ها به منابع آب و روانابهای سطحی کنترل رواناب از منشأ و قبل از آلوده شدن می‌باشد.

جدول ۲ - مساحت (هکتار) هر کدام انواع فضای سبز کلان‌شهر تهران به تفکیک مناطق ۲۲ گانه شهری

منطقه	نوع گونه	تعداد قطعه	مساحت	جمع کل مساحت	منطقه	نوع گونه	تعداد قطعه	مساحت	جمع کل مساحت
۱	چمن	۴۷۱	۴۶,۶	۵۸۶,۳	۱۲	چمن	۳۵	۱,۴	۹۷,۰
	درخت	۲۰۹	۵۳۹,۶			درخت	۲۳	۹۵,۶	
۲	چمن	۶۰۵	۵۱,۳۱	۷۶۵,۰	۱۳	چمن	۲۸	۳,۱	۵۲۸,۱
	درخت	۲۵۱	۷۱۳,۷			درخت	۳۵	۴۲۵	
۳	چمن	۲۵۶	۲۶,۰	۳۱۶,۲	۱۴	چمن	۱۴۱	۱۱,۵	۹۴,۰
	درخت	۷۵	۲۹۱,۶			درخت	۵۸	۸۲,۴	
۴	چمن	۴۴	۱۱,۳	۲۱۷۱,۸	۱۵	چمن	۶۹۸	۴۲,۷	۶۱۵,۲
	درخت	۱۳۰	۲۱۶۰,۵			درخت	۲۰۱	۵۷۲,۴	
۵	چمن	۲۰۷۶	۹۲,۵	۱۴۴۴,۲	۱۶	چمن	۴۲۱	۲۶,۷	۱۷۴,۲
	درخت	۲۷۱	۱۳۵,۲			درخت	۱۰۹	۱۴۷,۵	
۶	چمن	۲۲۹	۱۲,۹	۱۳۶,۴	۱۷	چمن	۱۰۶	۷,۷	۳۷,۶
	درخت	۳۰	۱۲۳,۵			درخت	۳۸	۲۹,۹	
۷	چمن	۱۶۸	۸,۶	۲۴,۳	۱۸	چمن	۷۳	۹,۴	۳۴۰,۸
	درخت	۱۸	۱۵,۷			درخت	۱۴۱	۳۳۱,۴	
۸	چمن	۳۴۸	۱۰,۲	۳۵,۷	۱۹	چمن	۹۷۵	۶۱,۸	۳۸۷,۶
	درخت	۲۷	۱۶,۵			درخت	۲۰۱	۳۲۵,۸	
۹	چمن	۲۹	۹,۳	۲۸,۵	۲۰	چمن	۲۴۱	۱۶۴,۸	۱۵۵,۱
	درخت	۱۴	۲۰,۲			درخت	۱۰۰	۱۳۸,۷	
۱۰	چمن	۵۹	۲,۳	۱۳,۹	۲۱	چمن	۲۰۶	۵۶,۴	۵۹۵,۳
	درخت	۱۲	۱۱,۶			درخت	۲۰۵	۵۳۸,۹	
۱۱	چمن	۱۴	۱,۵	۵۰,۹	۲۲	چمن	۶۲	۵,۹	۲۸۸۱,۸
	درخت	۱۴	۴۹,۴			درخت	۱۱۸	۲۸۷۶,۰	
		نوع				تعداد کل قطعات			
		چمن		درخت				۹۵۶۵	
		تعداد قطعات		تعداد قطعات					
		۷۲۸۵		۲۲۸۰					
		مساحت (هکتار)		مساحت (هکتار)				۱۱۴۸۱	
		۵۲۳,۴		۱۰۹۵۷,۶				مساحت کل فضای سبز (هکتار)	

جدول ۳ - بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی مهرآباد و شمیران تهران (میلی‌متر)

ردیف	سال	مهرآباد	شمیران	ردیف	سال	مهرآباد	شمیران
۱	۱۹۵۱	۲۶۲,۴	-	۳۳	۱۹۸۳	۱۸۸	-
۲	۱۹۵۲	۲۷۱,۹	-	۳۴	۱۹۸۴	۲۵۲,۴	-
۳	۱۹۵۳	۲۲۹,۵	-	۳۵	۱۹۸۵	۲۱۰,۵	-
۴	۱۹۵۴	۲۹۳	-	۳۶	۱۹۸۶	۲۶۹,۸	-
۵	۱۹۵۵	۱۲۹,۳	-	۳۷	۱۹۸۷	۲۸۹,۷	-
۶	۱۹۵۶	۱۶۲,۷	-	۳۸	۱۹۸۸	۲۵۰,۹	۵۰۴,۲
۷	۱۹۵۷	۳۴۵,۲	-	۳۹	۱۹۸۹	۱۶۶,۲	۳۳۹,۵
۸	۱۹۵۸	۱۵۶,۳	-	۴۰	۱۹۹۰	۱۶۷,۵	۲۹۸
۹	۱۹۵۹	۱۸۶,۱	-	۴۱	۱۹۹۱	۲۸۷,۲	۴۲۵,۸
۱۰	۱۹۶۰	۱۴۷,۵	-	۴۲	۱۹۹۲	۲۵۵,۸	۵۱۸,۸
۱۱	۱۹۶۱	۱۳۰,۷	-	۴۳	۱۹۹۳	۲۷۵,۶	۴۸۷,۳
۱۲	۱۹۶۲	۳۰۸,۵	-	۴۴	۱۹۹۴	۳۱۴,۴	۴۷۶,۹
۱۳	۱۹۶۳	۱۹۹,۱	-	۴۵	۱۹۹۵	۱۳۸,۵	۲۳۳,۱
۱۴	۱۹۶۴	۱۰۰,۳	-	۴۶	۱۹۹۶	۳۵۱,۷	۶۴۱,۳
۱۵	۱۹۶۵	۲۲۷,۷	-	۴۷	۱۹۹۷	۱۴۴,۷	۲۶۹,۷
۱۶	۱۹۶۶	۱۶۰,۱	-	۴۸	۱۹۹۸	۲۳۸,۶	۴۹۶,۷
۱۷	۱۹۶۷	۱۰۵,۵	-	۴۹	۱۹۹۹	۱۷۳,۳	۳۴۱,۳
۱۸	۱۹۶۸	۲۲۳,۹	-	۵۰	۲۰۰۰	۱۹۵,۶	۲۸۳
۱۹	۱۹۶۹	۳۹۹,۴	-	۵۱	۲۰۰۱	۱۷۴	۳۰۲
۲۰	۱۹۷۰	۱۷۸,۷	-	۵۲	۲۰۰۲	۲۹۸	۴۸۹,۱
۲۱	۱۹۷۱	۱۷۶,۲	-	۵۳	۲۰۰۳	۲۹۴,۷	۵۵۵,۲
۲۲	۱۹۷۲	۳۵۵,۵	-	۵۴	۲۰۰۴	۳۱۱,۷	۴۷۱,۴
۲۳	۱۹۷۳	۱۴۰	-	۵۵	۲۰۰۵	۲۷۲,۷	۴۹۰,۲
۲۴	۱۹۷۴	۲۹۴,۷	-	۵۶	۲۰۰۶	۲۹۰	۵۰۶,۱
۲۵	۱۹۷۵	۲۶۰,۵	-	۵۷	۲۰۰۷	۳۰۴,۲	۴۸۸,۷
۲۶	۱۹۷۶	۲۵۴,۶	-	۵۸	۲۰۰۸	۱۵۰,۳	۲۵۷,۷
۲۷	۱۹۷۷	۲۷۴,۴	-	۵۹	۲۰۰۹	۲۱۳,۸	۳۸۵,۲
۲۸	۱۹۷۸	۱۹۲,۷	-	۶۰	۲۰۱۰	۱۸۳,۲	۳۱۲,۵
۲۹	۱۹۷۹	۲۸۹,۲	-	۶۱	۲۰۱۱	-	۶۵۷,۸
۳۰	۱۹۸۰	۲۳۴,۷	-	۶۲	۲۰۱۲	-	۴۳۳,۲
۳۱	۱۹۸۱	۲۲۹,۳	-	۶۳	۲۰۱۳	-	۳۵۶,۴
۳۲	۱۹۸۲	۳۶۷,۸	-	۶۴	۲۰۱۴	-	۲۷۸,۱
					متوسط	۲۳۲,۵	۴۲۲,۲

جدول ۴ - بارندگی سالانه ایستگاه‌های موجود در شهر تهران تحت پوشش وزارت نیرو

سال آبی	آبهای سطحی	دانشکده عباسپور	درکه	سال آبی	آبهای سطحی	دانشکده عباسپور	درکه
۶۸-۱۳۶۷	۲۰۴			۸۱-۱۳۸۰	۲۵۳,۳		۴۰۰,۵
۶۹-۱۳۶۸	۱۹۷,۵		۳۷۲,۵	۸۲-۱۳۸۱	۳۷۷,۹		۶۱۰,۵
۷۰-۱۳۶۹	۲۷۲	۲۵۷,۴	۴۰,۶	۸۳-۱۳۸۲	۳۳۳,۱		۴۶۸
۷۱-۱۳۷۰	۳۲۳,۷	۳۱۲	۵۷۲,۵	۸۴-۱۳۸۳	۳۱۳,۹		۵۱۷
۷۲-۱۳۷۱	۲۶۳,۵		۳۱۶	۸۵-۱۳۸۴	۲۶۰,۷		۴۳۸,۵
۷۳-۱۳۷۲	۲۷۵		۴۲۲	۸۶-۱۳۸۵	۳۱۸,۴		۵۵۹
۷۴-۱۳۷۳	۲۸۰		۴۶۰	۸۷-۱۳۸۶	۱۹۹,۷		۳۱۱
۷۵-۱۳۷۴	۴۰,۵		۶۰,۷	۸۸-۱۳۸۷	۲۱۵,۸		۴۲۹,۵
۷۶-۱۳۷۵	۱۲۶,۷		۲۲۰	۸۹-۱۳۸۸	۲۴۰,۴		۴۷۱,۵
۷۷-۱۳۷۶	۳۲۹,۹		۵۶۴,۵	۹۰-۱۳۸۹	۲۲۱,۸		۴۴۲
۷۸-۱۳۷۷	۱۶۸,۶		۳۵۶	۹۱-۱۳۹۰	۳۶۷,۵		۷۲۲,۵
۷۹-۱۳۷۸	۱۸۰,۵	۲۳۴,۶	۳۰,۵	۹۲-۱۳۹۱	۲۴۰,۲		۳۹۸
۸۰-۱۳۷۹	۲۳۸,۶	۲۸۰	۳۸۹,۵	میانگین دوره	۲۶۴,۳		۴۴۸,۳

جدول ۵ - متوسط بارندگی سالانه ایستگاه موجود در شهر تهران

ایستگاه	آبهای سطحی	دانشکده عباسپور	درکه	شمیران	مهرآباد	میانگین ۶ ایستگاه
متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر)	۲۶۴,۳	۳۷۷,۴	۴۴۸,۳	۴۲۲,۲	۲۳۲,۵	۳۴۸,۹

جدول ۶ - نتایج محاسبات متوسط رواناب سالانه شهر تهران

وضعیت	درصد مساحت از کل سطح شهر	مساحت (هکتار)	متوسط ضریب جریان	حجم رواناب سالانه (میلیون متر مکعب)	حجم کل رواناب سالانه (میلیون متر مکعب)
سطوح آسفالت، سیمانی و سقفهای پشت‌بام	۷۷,۳	۵۶۴۲۹	۶۸	۱۳۳,۹	۱۵۲,۴
فضای سبز با شیب متوسط ۷ درصد	۲۲,۷	۱۶۵۷۱	۳۲	۱۸,۵	

روش‌های کنترل رواناب و بهره‌برداری از آن در سطح شهر

روش‌های کنترل رواناب و بهره‌برداری از آن انواع سامانه‌های سوح آبیگر باران است که رواناب‌ها ببه محض دریافت در سطح زمین بوسیله این سطوح مهار و ذخیره و سپس به بهره‌برداری می‌رسند. یک سامانه سطوح آبیگر باران شامل اجزای زیر است:

۱. بارندگی
 ۲. یک آبخیز (Catchment area) یا سطح یک سقف برای جمع‌آوری آب باران
 ۳. آبروها یا سیستم‌های انتقال آب از سقف یا سطح جمع‌آوری کننده آب به مخزن ذخیره
 ۴. مخزن ذخیره یا تانکی که آب تا زمان مصرف در آن نگهداری می‌شود
 ۵. تجهیزات برداشت آب از مخزن که بر حسب نوع و محل مصرف آب متفاوت می‌باشد، اگر آب برای مصارف شرب باشد، این بخش ممکن است یک فیلتر تصفیه آب نیز داشته باشد.
- علاوه بر اینها ممکن است انواعی از تجهیزات تصفیه آب بعد از مخزن ذخیره تعبیه شود، مثل فیلترهای biosand، تجهیزات کلرزنی و به طور کلی تجهیزات پیشرفته تصفیه آب که بر حسب نوع مصرف آب حاصل، نیاز به هر کدام از اینها تعیین می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، که با احتساب متوسط دراز مدت بارش سالانه ۵ ایستگاه آبهای سطحی، دانشکده عباسپور، درکه، شمیران و مهرآباد ۳۴۸,۹ میلی‌متر و یا معادل ۲۵۵ میلیون مترمکعب بارش به سطح شهر تهران می‌رسد. این میزان بارش ظرفیت قابل توجهی را برای استحصال آب باران ایجاد نموده است، به طوری که حدود ۱۵۲ میلیون مترمکعب رواناب در سطح کلان شهر تهران تولید و به مناطق پایین‌دست منتقل می‌شود. هم‌چنین نتیجه این بررسی نشان می‌دهد که رواناب تولید شده با شستشوی سطح شهر، مقادیر زیادی از آلاینده‌های شهری را به پایین دست منتقل نموده و موجب آلودگی‌های زیست‌محیطی پایین‌دست را فراهم می‌نماید. با این وصف رواناب موجود به جای این که یک فرصت برای تأمین آب باشد به یک تهدید جدی برای منابع آب و خاک پایین‌دست تبدیل شده است. گفتنی است که سالانه قریب به ۱۱۱ میلیون مترمکعب از منابع آب سالم برای فضای سبز کلان شهر تهران مصرف شده و قریب به ۳۹ میلیون مترمکعب کسری دارد. بنابراین با وجود کمبود منابع آب قابل تخصیص برای تأمین نیاز آبی فضای سبز و سایر مصارف شهری بخشی از منابع اینگونه از دسترس خارج و به یک تهدید تبدیل شده است.

بر اساس نتیجه این بررسی پیشنهاد می‌شود به جای بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی حریم شهر تهران برای فضای سبز و مصرف از منابعی که حتی تصفیه هم شده ولی برای فضای سبز استفاده می‌شود، با استفاده از فناوری‌های سطوح آبیگر باران رواناب‌های موجود از منشأ مهار و آب مصرفی فضای سبز شهری را تأمین نماید. با این اقدام صرفه جویی در بهره‌برداری از آب زیرزمینی فرصت مناسبی را برای تعادل بخشی آبخوان‌های پایین دست فراهم می‌نماید.

منابع

- توسلی، ا.، حسین‌نیا و ع. شهبازی. ۱۳۹۶. جانمایی مخازن استحصال آب باران در مناطق شهری با استفاده از مدل شبیه‌ساز SWMM (مطالعه موردی: منطقه یک تهران). مجله علمی ترویجی سامانه‌های سطوح آبیگر باران. دوره ۵، جلد ۱۵: ۱۳-۲۸.
- شاهویی، س. و، ج. پرهت، ح. صدقی، م. حسینی و ع. صارمی. ۱۳۹۷. شبیه‌سازی رواناب در مقیاس زمانی ماهانه با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT و بررسی و ارزیابی مدل در دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی، مطالعه موردی: حوضه روانسر سنجایی استان کرمانشاه در کشور ایران. مهندسی و مدیریت آبخیز. ۱۰(۳): ۴۶۴-۴۷۷.
- Porhemmat, J., M. Nakhaei, M.A. Dadgar and A. Biswas. 2018. Investigating the effects of irrigation methods on potential groundwater recharge, case study: semiarid regions in Iran. *Journal of Hydrology*, 565(2018): 455-466.
- Akan, A.O. And R.J. Houghtalen. 2003. *Urban hydrology, hydraulics and stormwater quality, engineering applications and computer modeling*. John Wiley & Sons Inc.: PP 386.
- Chio, W. and B.M. Deal. 2008. Assessing hydrological impact of potential land use change through hydrological and land use change modeling for the Kishwaukee River Basin (USA). *Journal of Environmental Management*. 86: 1119-1130.
- Brezonik, P. and T.H. Stadelmann. 2002. Analysis and predictive models of stormwater runoff volumes, loads, and pollutant concentrations from watersheds in the Twin Cities metropolitan area, Minnesota, USA. *Water Research*. 36(7): 1743-1757.
- WENG, Q. 2001. Modeling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS. *Environmental Management*. 28(6): 737-748.
- Ven Te Chow, David R. Maidment and Larry W. Mays. 1988. *Applied Hydrology*, McGraw Hill Book Co.: PP 571.