

بررسی مدیریت کمی و کیفی سیلاب شهری با مدل EPA-SWMM

؛ مطالعه موردی منطقه ۲۲ تهران

جواد مظفری^۱، محمد کبارفرد^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۱۶

چکیده

مخروط افکنه‌ها مکان‌هایی می‌باشند که با نفوذپذیری بالا، بیشترین سهم را در تغذیه آبخوان‌ها دارا می‌باشند. اما با گسترش شهرنشینی و ساخت و ساز بر روی مخروط افکنه‌ها، علاوه بر کاهش نفوذپذیری و کاهش سهم آبخوان‌ها از بارش، سیلاب‌های متعددی در سطح رخ می‌دهد. در این پژوهش به بررسی مدیریت کمی و کیفی رواناب شهری در بخشی از منطقه ۲۲ تهران پرداخته شده است. انتخاب بهترین راهکارهای مدیریتی، که یکی از راهکارهای نوین و مؤثر مدیریت کمی و کیفی رواناب شهری است، می‌باشد. با استفاده از نرم افزار EPA-SWMM دو راهکار جوی- باغچه و سیستم ماند بیولوژیکی یا پشت بام سبز، در کنترل دبی جریان، بارآلودگی و غلظت کل جامدات معلق مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که راهکار مدیریتی پشت‌بام سبز با متوسط کاهش ۱۸/۲ درصد نسبت به جوی باغچه با متوسط کاهش ۹/۷ درصد، از عملکرد بهتری در کاهش پیک رواناب اوج خروجی از حوضه برخوردار است. همچنین راهکار مدیریتی پشت‌بام سبز بطور متوسط ۱۸/۷ درصد و جوی باغچه ۱۲ درصد غلظت کل جامدات معلق را کاهش داده‌اند. لذا راهکار مدیریتی پشت بام سبز به عنوان بهترین راهکارهای مدیریتی برای محدوده مورد مطالعه انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: بهترین راهکارهای مدیریتی^۳، پشت بام سبز، جوی باغچه، سیلاب شهری، رواناب سطحی.

^۱ استادیار، دکتری تخصصی سازه های آبی، هیات علمی، گروه مهندسی آب دانشگاه اراک، اراک، ایران. ۰۸۶۳۲۷۷۷۴۰۱، Javad_370@yahoo.com

(مسئول مکاتبه)

^۲ دانشجوی دکتری سازه های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری. ۰۹۱۴۴۰۶۶۲۵۸، Kobardam@yahoo.com

^۳ Best management practice

شهری با استفاده از مدل EPA-SWMM برای برنامه‌ریزی جهت کاهش مواد جامد سیلاب و کاهش پیک سیلاب شهری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

منطقه ۲۲ شهرداری، واقع در شمالغرب تهران با وسعتی حدود ده هزار هکتار معادل یک هفتم مساحت شهر را تشکیل می‌دهد. این منطقه با شرایط ویژه اقلیمی و جغرافیایی از شمال به ارتفاعات کوهپایه‌های البرز، از جنوب به آزاد راه تهران-کرج، از شرق به مسیل کن و از غرب به شهرستان کرج محدود می‌گردد. شکل (۱)، محدوده مورد مطالعه از منطقه ۲۲ را نشان می‌دهد.



شکل(۱): محدوده مورد مطالعه

فرآیند شبیه‌سازی EPA-SWMM

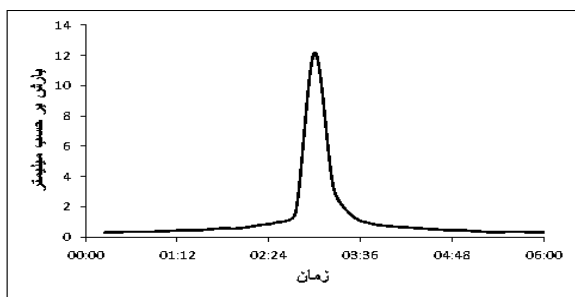
EPA-SWMM برای شبیه‌سازی و مدیریت بارش رواناب، برنامه‌ریزی، تجزیه و تحلیل و طراحی رواناب‌ها و فاضلاب‌های سطحی و سیستم‌های زهکشی در حوضه‌های شهری به کار می‌رود. این نرم افزار برای نخستین بار در سال ۱۹۷۱ ارائه گردید. قابلیت‌های این نرم افزار عبارتند از: سادگی محیط کاری، حجم کم، آسانی نصب و رایگان بودن و قدرت بالا در شبیه‌سازی مدل‌های کمی و کیفی.

مقدمه

امروزه با رشد جمعیت و به تبع آن توسعه شهرنشینی، رواناب به مشکل جدی در عرصه مدیریت شهری تبدیل شده است. لذا کنترل و مدیریت رواناب چه از لحاظ کمی و چه از لحاظ کیفی از اهمیت خاصی برخوردار است. برای رفع این قبیل مشکلات از راهکارهای مدیریتی جدید از جمله استفاده از روسازی‌های نفوذپذیر، جوی‌باغچه‌ها و ... استفاده می‌گردد. هدف از طراحی این نوع راهکارهای مدیریتی، کاهش حجم رواناب، کاهش پیک جریان، کاهش آلودگی‌های با منبع غیرمتمرکز از طریق تبخیر و تعرق، نفوذ آب و تصفیه یا عملیات بیولوژیکی و شیمیایی می‌باشد. (Mejia & Moglen (2009 به بررسی اثر توسعه شهرنشینی و کاهش مناطق نفوذناپذیر پرداختند و بهینه کردن کاربری اراضی، تأثیر آن بر روی کمیت و کیفیت سیلاب را بررسی کردند. زارع و ثقفیان(۱۳۹۰)، به بیان راهکارهای عملی در خصوص مدیریت سیلاب و استفاده از بیمه سیلاب پرداختند. کمالی و همکارانش(۱۳۹۰) تأثیر نمونه‌هایی از بهترین راهکار مدیریتی را بر بهبود کمیت رواناب‌های شهری با استفاده از قابلیت نرم افزار SWMM بررسی کردند. Stacy et al. (2011) به بررسی سیلاب شهری به عنوان یک منبع غیر نقطه ای با نام اختصاری^۱ NPS پرداختند. Lee et al.(2012) شناسایی بهترین شیوه‌های مدیریت شهری برای دستیابی به کاهش آلاینده‌های سیلاب شهری، تعیین LID/BMPs بهینه برای کاهش حجم و پیک رواناب ناشی از سیلاب‌های شهری، بررسی مزایای LID/BMPs در مقدار حجم آب و کیفیت آب در رواناب‌های شهری را مطالعه نمودند. (Hua et al.(2013 به بررسی LID^۲ بر روی مدیریت سیلاب شهری در مقایسه با سیستم‌های زهکشی شهری پرداختند. آنها اثرات LID را بر روی زمین‌های گود و مرطوب، آسفالت نفوذ پذیر، پشت بام سبز بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد که همه موارد بررسی شده در کاهش حجم رواناب موثرند ولی در شدت پیک با هم متفاوت می‌باشند. هدف از این پژوهش بررسی مدیریت کمی و کیفی سیلاب

1 non-point source

2 Low impact development



شکل (۲) بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت ۱۰ ساله

داده های کیفی

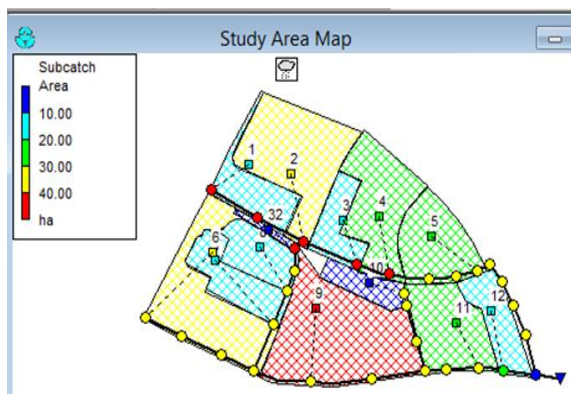
از پارامترهای کیفی اندازه گیری شده در سال ۱۳۸۶ که در جدول (۱) آمده است، برای مدل سازی کیفی استفاده شد.

جدول (۱): رواناب شهر تهران (تجربیشی، ۱۳۸۶)

غلظت (میلی گرم بر لیتر)	پارامترهای کیفی
۲۲۰-۳۴۰	جامدات معلق کل
۹۱-۲۴۰	BOD
۱۹۰-۴۰۲	COD

شبکه جمع آوری آب های سطحی در مدل

پس از فراخوان کردن فایل CAD حوضه مورد مطالعه به مدل SWMM، شماتیک زیر حوضه های محدوده مورد مطالعه رسم و کلیه گره ها، اتصالات و خروجی ترسیم گردید (شکل ۳). همچنین، جدول ۲ مشخصات شبکه جمع آوری آب های سطحی را نمایش می دهد.



شکل (۳): شماتیک منطقه مورد مطالعه

جهت شبیه سازی کمی و کیفی سیلاب شهری کلیه مراحل زیر انجام می گردد:

- رسم شماتیک منطقه مورد مطالعه
- تعیین الگوی بارش و توزیع زمانی براساس اطلاعات هواشناسی و معرفی به مدل
- ورود اطلاعات مورد نیاز ارزیابی کیفی و تعیین درصد مناطق توسعه یافته و نیافته و تعیین توابع تجمع آلاینده ها و آبشویی

-تعریف راهکارهای مدیریتی BMPs

- تعیین روش روندیابی، محاسبه نفوذ و افت
- آنالیز حساسیت
- تعریف سناریوهای کمی و کیفی
- صحت سنجی و اجرای مدل
- ارزیابی راهکارهای مدیریتی و انتخاب بهترین و کاراترین راهکار مدیریتی

اطلاعات و داده ها

داده های کمی

اطلاعات مربوط به شبکه جمع آوری آب های سطحی و فایل CAD محدوده مورد مطالعه از شهرداری منطقه ۲۲ دریافت گردید. کلیه اتصالات شبکه جمع آوری آب های سطحی محدوده مورد مطالعه به شکل مستطیل سر پوشیده با ضریب زبری ۰/۱۳ می باشد. آمار و اطلاعات بارندگی مورد استفاده برای این تحقیق از سازمان هواشناسی کشور و شرکت مدیریت منابع آب ایران تهیه شده است. از اطلاعات ایستگاه بارانسنجی مهرآباد که نزدیکترین ایستگاه به حوزه است، برای این مطالعات استفاده شده است. اطلاعات مذکور شامل بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله می باشد. شکل ۲ رگبار ۶ ساعته با فواصل زمانی ۱۵ دقیقه با دوره بازگشت ۱۰ ساله مورد استفاده در مدل را نمایش می دهد. اطلاعات مذکور شامل آمار بارش های ۲۴ ساعته و رگبارهای رخ داده ی مربوط به سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ و مشخصات ایستگاههای بارانسنجی واقع در اطراف منطقه مورد مطالعه، می باشد. برآورد دوره بازگشت و توزیع زمانی با نرم افزار smada بدست آمده است.

جدول (۲): شبکه جمع آوری آب‌های سطحی

فضا و تجهیزات در دسترس از دو نوع BMP جوی- باغچه و پشت بام سبز استفاده گردیده است. پشت بام سبز باغ‌هایی هستند که به جای سطح زمین در پشت بام خانه‌ها ساخته می‌شوند، امروزه در بیشتر شهرهای پیشرفته و پرجمعیت دنیا که به علت افزایش ساخت و ساز و کاهش سطح زمین با کمبود فضا مواجه می‌شوند، جایگزین فضای سبز شهری یا همان پارک‌ها شده‌اند.

در جدول ۳ مشخصات BMPs (جوی- باغچه و پشت بام سبز) ارائه شده است.

جدول (۳): مشخصات BMPs (جوی باغچه و پشت‌بام سبز)

لايه	پارامتر	واحد	جوي باغچه	پشت بام سبز
سطح	عمق ذخیره	mm	۱۵۰	۷۵
	زبری مانینگ	-	۰/۰۳۵	۰/۱
	شیب سطح	%	۱	۱
خاک	شیب جانبی حوضچه	%	۶	-
	ضخامت	mm	-	۱۵۰
	تخلخل	-	-	۰/۴
	ظرفیت مزرعه	-	-	۰/۱
	نقطه پژمردگی	-	-	۰/۰۲۴
	هدایت هیدرولیکی K	mm/h	-	۱۲۰
	شیب هدایت هیدرولیکی	%	-	۵
ذخیره	مکش	mm	-	۵
	ارتفاع	mm	-	۷۵
	نسبت تخلخل	-	-	۰/۵

تحلیل حساسیت

جهت سناریوسازی مناسب، ابتدا بایستی میزان تأثیر پارامترهای مختلف در به‌کارگیری BMP ها سنجیده شود. بر طبق جدول ۴، مورد ۱ و ۲ بعنوان متغیر کمی و کیفی و مورد ۳ فقط بعنوان متغیر کیفی مورد بررسی قرار گرفته است. مورد ۲ تأثیر نواحی نفوذپذیر و نفوذناپذیر را بر حوضه نمایان می‌سازد. طبیعی است که با افزایش نواحی نفوذناپذیر، پیک و مقادیر آلاینده‌های خروجی افزایش یابد. در مورد ۳ نحوه‌ی تغییرات در مدل بدین صورت است که کاربری زیرحوضه‌ها از صد در صد مسکونی با تراکم کم تا صد در صد مسکونی با تراکم زیاد متغیر می‌شود.

پارامتر	تعداد
زیر حوضه	۱۲
گره	۳۰
اتصالات	۳۰
خروجی	۱

تعیین پارامترهای کمی و کیفی و انتخاب روش شبیه‌سازی رواناب شهری

در بخش کمی برای مدلسازی نفوذ در SWMM از روش عدد منحنی^۱ (روش SCS) و در مورد مسیریابی هیدرولیکی از روش موج دینامیکی^۲ استفاده شده است. میزان CN برای کل شبکه در حالت بدون BMP، ۸۰ و در بخش کیفی مدل، حذف شاخص جامدات معلق کل در نظر گرفته شد (علیزاده، ۱۳۸۵). به‌منظور شبیه‌سازی کیفی، پارامتر افزایش تدریجی آلاینده^۳، تابع نمایی و برای شبیه‌سازی شستشوی آلاینده‌ها^۴ از روش بار متعادل^۵ (میانگین غلظت رخداد) به کار رفته است.

انتخاب BMP

با توجه به مشکل کم‌آبی بهتر است از BMP‌هایی که قابلیت تغذیه سفره آب زیرزمینی را دارند، استفاده گردد. این فرآیند طبیعی در پایداری طولانی مدت منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار است چرا که نرخ برداشت از منابع آب زیرزمینی نباید از نرخ تغذیه آن تجاوز کند. گروه خاکی منطقه غالباً از نوع B و C است و پتانسیل تولید رواناب در این منطقه متوسط است لذا روسازی متخلخل و حوضچه نفوذ که در مناطقی با پتانسیل تولید رواناب بالا کاربردی است، در محدوده مورد مطالعه توصیه نمی‌شود. در این مطالعات با توجه به شرایط منطقه که ذکر گردید، مقدار

^۱Curve Number

^۲Dynamic Wave

^۳Build up

^۴Wash off

^۵Event Mean Concentration(EMC)

مورد ۲ و ۳ بر روی میزان کل جامدات معلق تقریباً برابر است.

باشد. بر طبق جدول ۴، درصد نفوذناپذیری بیشترین حساسیت را در پیک رواناب خروجی پدید می‌آورد و تاثیر

جدول (۴): میزان تأثیرات مشخصات زیر حوضه در کمیت و کیفیت رواناب

شماره	پارامتر	محدوده تغییرات (افزایشی)	میزان تغییرات پیک رواناب خروجی	میزان تغییرات کل TSS خروجی
۱	شیب	۵٪	تغییر قابل توجهی مشاهده نشد.	تغییر قابل توجهی مشاهده نشد.
۲	درصد نفوذ ناپذیری	۱۰٪-۲۰٪	۱۸ درصد افزایشی	۶ درصد افزایشی
۳	نوع کاربری (متغیر کیفی)	مسکونی با تراکم کم تا زیاد	-	۷ درصد افزایشی

تعریف سناریوها و شبیه سازی آن ها

در این مطالعات بعد از ترسیم کامل شبکه جمع آوری آب‌های سطحی و تحلیل حساسیت، ۶ سناریو (۳ سناریو جهت بررسی خصوصیات کمی و ۳ سناریو جهت بررسی خصوصیات کیفی) با رگبار ۶ ساعته، با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله جهت تحلیل کمی و کیفی در نظر گرفته شده است. جدول ۵ خصوصیات سناریوها را نمایش می‌دهد.

جهت مقایسه بهتر BMPها درصد پوشش زیر حوضه‌ها برای دو راهکار مدیریتی جوی باغچه و پشت بام سبز، برابر در نظر گرفته شده است. نهایتاً از میانگین خطای نسبی (MRE) جهت محاسبه میزان کاهش دبی پیک رواناب و میزان کاهش TSS استفاده شده است.

(۱)

جدول (۵): مشخصات سناریوهای بکار رفته در مطالعات

شماره سناریو	نوع سناریو	توضیحات
۱	کمی	شبیه سازی کمی بدون بکارگیری BMPs
۲	کمی	شبیه سازی کمی با لحاظ نمودن پشت‌بام سبز بعنوان BMP
۳	کمی	شبیه سازی کمی با لحاظ نمودن جوی باغچه بعنوان BMP

$$MRE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i - \hat{Q}_i}{Q_i} \right)$$

۴	کیفی	شبیه سازی کیفی (حذف TSS) بدون بکارگیری BMPs
۵	کیفی	شبیه سازی کیفی (حذف TSS) با لحاظ نمودن پشت‌بام سبز بعنوان BMPs
۶	کیفی	شبیه سازی کیفی (حذف TSS) با لحاظ نمودن جوی باغچه بعنوان BMPs

نتایج و بحث

آبهای سطحی در این سناریو به عنوان مبنا جهت مقایسه با دیگر سناریوها مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول ۶ میزان رواناب کلیه زیر حوضه‌ها برای دوره بازگشت

سناریو اول: این سناریو ویژگی‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی رواناب شهری بدون وجود BMP ها و فاکتورهای کیفی را ارائه می‌کند. پیک رواناب کل شبکه

یافته است. جدول ۷ میزان رواناب کلیه زیر حوضه‌ها را ارائه می‌دهد. میزان رواناب کل منطقه مطالعاتی با استفاده از راهکار مدیریتی پشت‌بام سبز برای دوره بازگشت های ۲، ۵ و ۱۰ ساله به ترتیب برابر با ۶/۶، ۸/۷ و ۱۰/۳ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. در این سناریو شبیه سازی کمی با لحاظ نمودن پشت‌بام سبز انجام گردیده است. با توجه به تغییر کاربری، CN در این حوضه‌ها از ۸۰ به ۷۵ کاهش

مختلف را ارائه می‌دهد. میزان رواناب کل منطقه مطالعاتی بدون استفاده از راهکار مدیریتی برای دوره بازگشت های ۲، ۵ و ۱۰ ساله به ترتیب برابر با ۸، ۱۰/۶ و ۱۲/۶ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

سناریو دوم: در این سناریو شبیه سازی کمی با لحاظ نمودن پشت‌بام سبز انجام گردیده است. با توجه به تغییر کاربری، CN در این حوضه‌ها از ۸۰ به ۷۵ کاهش

جدول (۶): میزان رواناب کلیه زیر حوضه‌ها برای دوره بازگشت مختلف در سناریو اول

زیرحوضه	مساحت (ha)	رواناب ۲ ساله (m3/s)	رواناب ۵ ساله (m3/s)	رواناب ۱۰ ساله (m3/s)
۱	۱۴/۲۸	۰/۴۳	۰/۵۶	۰/۶۷
۲	۳۵/۷۴	۱/۱۱	۱/۴۷	۱/۷۵
۳	۱۰/۸۶	۰/۳۴	۰/۴۶	۰/۵۴
۴	۲۶	۰/۸۲	۱/۱	۱/۳۱
۵	۲۰/۵	۰/۶۳	۰/۸۴	۱
۶	۳۲/۷۱	۰/۹۸	۱/۳	۱/۵۴
۷	۱۴/۶	۰/۴۴	۰/۵۹	۰/۷
۸	۱۲/۲۸	۰/۳۷	۰/۴۹	۱/۵۸
۹	۴۹/۲۴	۱/۵۱	۲	۲/۳۹
۱۰	۷/۶۱	۰/۲۳	۰/۳۱	۰/۳۷
۱۱	۲۱	۰/۶۸	۰/۹	۱
۱۲	۱۲/۵۸	۰/۴	۰/۵۳	۰/۶۳
کل	۱۳۳۲/۵۴	۸	۱۰/۶۳	۱۲/۶۳

جدول (۷): میزان رواناب کلیه زیر حوضه‌ها برای دوره بازگشت مختلف در سناریو دوم (m3/s)

زیرحوضه	مساحت (ha)	درصد پوشش حوضه با BMP	رواناب ۲ ساله	رواناب ۵ ساله	رواناب ۱۰ ساله
۱	۱۴/۲۸	۷	۰/۳۴	۰/۴۵	۰/۵۳
۲	۳۵/۷۴	۲/۸	۰/۹۲	۱/۲۲	۱/۴۵
۳	۱۰/۸۶	۹/۲	۰/۲۷	۰/۳۶	۰/۴۲
۴	۲۶	۳/۸	۰/۶۸	۰/۹	۱
۵	۲۰/۵	۴/۸	۰/۵۲	۰/۶۸	۰/۸۱
۶	۳۲/۷۱	۳	۰/۸۲	۱	۱/۲۷
۷	۱۴/۶	۶/۸	۰/۳۶	۰/۴۷	۰/۵۶
۸	۱۲/۲۸	۸/۱	۰/۲۹	۰/۳۹	۰/۴۶
۹	۴۹/۲۴	۲	۱/۲۷	۱/۶۸	۲
۱۰	۷/۶۱	۱۳	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۸
۱۱	۲۱	۴/۵	۰/۵۶	۰/۷۴	۰/۸۷
۱۲	۱۲/۵۸	۷/۹	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۵
کل	۱۳۳۲/۵۴	۱۱/۸۴	۶/۵۸	۸/۶۹	۱۰/۲۸

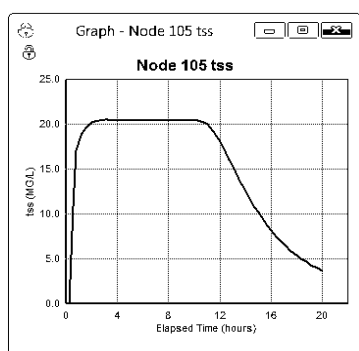
جوی باغچه به شکل دوزنقه ای با شیب کناره ۱:۲ فرض گردید.

سناریو سوم: در این سناریو شبیه سازی کمی با لحاظ نمودن جوی باغچه بعنوان BMP انجام گردیده است

جدول (۸): میزان رواناب کلیه زیر حوضه‌ها برای دوره بازگشت مختلف در سناریو سوم

زیرحوضه	مساحت (ha)	درصد پوشش حوضه توسط BMP	رواناب ۲ ساله (m ³ /s)	رواناب ۵ ساله (m ³ /s)	رواناب ۱۰ ساله (m ³ /s)
۱	۱۴/۲۸	۷	۰/۳۷	۰/۵	۰/۵۹
۲	۳۵/۷۴	۲/۸	۱	۱/۳۴	۱/۶
۳	۱۰/۸۶	۹/۲	۰/۲۹	۰/۴	۰/۴۷
۴	۲۶	۳/۸	۰/۷۴	۱	۱/۲
۵	۲۰/۵	۴/۸	۰/۵۶	۰/۷۶	۰/۹
۶	۳۲/۷۱	۳	۰/۸۹	۱/۱۸	۱/۴
۷	۱۴/۶	۶/۸	۰/۳۹	۰/۵۲	۰/۶
۸	۱۲/۲۸	۸/۱	۰/۳۲	۰/۴۳	۰/۵۱
۹	۴۹/۲۴	۲	۱/۳۸	۱/۸۶	۲/۲
۱۰	۷/۶۱	۱۳	۰/۲	۰/۲۷	۰/۳۲
۱۱	۲۱	۴/۵	۰/۶	۰/۸۲	۰/۹۸
۱۲	۱۲/۵۸	۷/۹	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۶
کل	۱۳۳۲/۵۴	۱۱/۸۴	۷/۱۶	۹/۶	۱۱/۴۶

سناریو چهارم را نمایش می‌دهند. در این نمودار میزان کاهش و افزایش TSS بر اساس توابع عملگرا ترسیم شده است که فرآیند تجمع و حذف آلاینده تابع جریان، عمق، مساحت و زمان روندیابی می باشد.



شکل (۴): کاهش غلظت جامدات معلق در سناریو ۴

جدول ۸ میزان رواناب زیر حوضه‌ها را ارائه می‌دهد. میزان رواناب کل منطقه مطالعاتی با استفاده از راهکار مدیریتی پشت‌بام سبز برای دوره بازگشت های ۲، ۵ و ۱۰ ساله به ترتیب برابر با ۷/۱، ۹/۶ و ۱۱/۵ مترمکعب بر ثانیه می باشد. که نسبت به سناریو بدون استفاده از راهکار مدیریتی میزان رواناب کل در حدود ۹ الی ۱۱ درصد کاهش داشته است.

سناریو چهارم: این سناریو شبیه‌سازی کیفی بدون وجود BMP ها را ارائه می‌کند و به عنوان مبنا کیفی جهت مقایسه با دیگر سناریوها مورد استفاده قرار می‌گیرد. جهت استفاده باید ۲ نوع کاربری اراضی و درصد پوشش آن برای زیر حوضه‌ها مشخص شود. در این مطالعات ۷۵ درصد توسعه یافته و ۲۵ درصد توسعه نیافته تعریف شده است. جدول ۹ و شکل ۴ کاهش غلظت جامدات معلق در

جدول (۹): میزان TSS کلیه زیر حوضه‌ها برای دوره بازگشت مختلف در سناریو ۴ (kg)

میزان TSS برای رگبار با دوره بازگشت ۱۰ ساله	میزان TSS برای رگبار با دوره بازگشت ۵ ساله	میزان TSS برای رگبار با دوره بازگشت ۲ ساله	
۱۳/۷	۱۱/۴	۸/۸	زیر حوضه ۱
۳۵/۹	۳۰/۱	۷/۲۲	زیر حوضه ۲
۱۱	۹/۴	۶/۹	زیر حوضه ۳
۲۶/۸	۲۲/۵	۱۶/۸	زیر حوضه ۴
۲۰/۵	۱۷/۲	۱۲/۹	زیر حوضه ۵
۳۱/۶	۲۶/۶	۲۰/۱	زیر حوضه ۶
۱۴/۳	۱۲/۱	۹	زیر حوضه ۷
۱۱/۹	۱۰	۷/۵	زیر حوضه ۸
۴۹	۴۱	۳۰/۹	زیر حوضه ۹
۷/۵	۶/۳	۴/۷	زیر حوضه ۱۰
۲۰/۵	۱۸/۴	۱۳/۹	زیر حوضه ۱۱
۱۲/۹	۱۰/۸	۸/۲	زیر حوضه ۱۲
۲۵۹/۱	۲۱۸/۱	۱۶۴/۱	کل سیستم

TSS مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۱۰ میزان TSS

کلیه زیر حوضه‌ها برای دوره بازگشت مختلف را ارائه می‌دهد.

سناریو پنجم: این سناریو، شبیه سازی کیفی سناریو

۲ می‌باشد و اثر پشت بام سبز بر روی حذف پارامتر کیفی

جدول (۱۰): میزان TSS کلیه زیر حوضه‌ها برای دوره بازگشت مختلف در سناریو پنجم (kg)

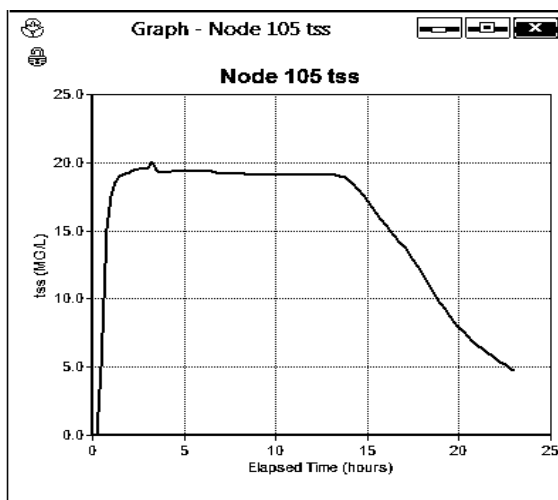
میزان TSS برای رگبار با دوره بازگشت ۱۰ ساله	میزان TSS برای رگبار با دوره بازگشت ۵ ساله	میزان TSS برای رگبار با دوره بازگشت ۲ ساله (Kg)	درصد پوشش حوضه توسط BMP	زیر حوضه
۱۰/۸	۹/۱	۶/۹	۷	۱
۲۹/۵	۲۴/۸	۱۸/۷	۲/۸	۲
۸/۵	۷/۳	۵/۵	۹/۲	۳
۲۰/۴	۱۸/۳	۱۳/۸	۳/۸	۴
۱۶/۵	۱۳/۸	۱۰/۶	۴/۸	۵
۲۵/۹	۲۰/۴	۱۶/۷	۳	۶
۱۱/۴	۰/۴۷	۷/۳	۶/۸	۷
۹/۳	۹/۵	۵/۹	۸/۱	۸
۴۰/۸	۳۴/۲	۲۵/۹	۲	۹
۵/۷	۴/۶	۳/۶	۱۳	۱۰
۱۷/۷	۱۵	۱۱/۴	۴/۵	۱۱
۱۰/۲	۸/۵	۶/۳	۷/۹	۱۲
۲۰۹/۷	۱۷۷/۲	۱۳۴/۲	۱۱/۸۴	کل

جوی باغچه بر روی حذف پارامتر کیفی TSS مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۱۱ نتایج و شکل ۶ نمودار کاهش غلظت جامدات معلق در سناریو ششم را نمایش می‌دهد. پیک TSS عبوری در خروجی ۲۰ mg/L می باشد. استفاده از راهکار مدیریتی در راستای کاهش میزان رواناب بر میزان کاهش غلظت جامدات معلق (که تابعی از جریان می باشد) نیز موثر بوده است و در حدود ۱۲ درصد میزان غلظت آلاینده‌گی نسبت به سناریو چهارم کاسته شده است.

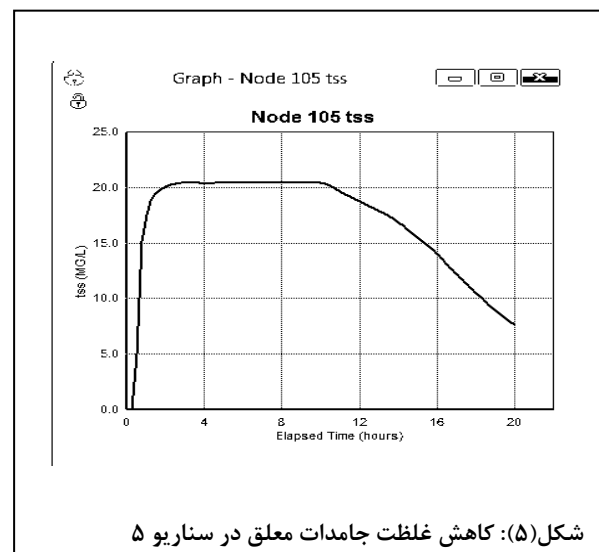
جدول ۱۰ نتایج و شکل ۵ نمودار کاهش غلظت جامدات معلق در سناریو پنجم را نمایش می‌دهد. پیک TSS عبوری در خروجی ۲۰/۴ mg/L می باشد. استفاده از راهکار مدیریتی در راستای کاهش میزان رواناب بر میزان کاهش غلظت جامدات معلق (که تابعی از جریان می باشد) نیز موثر بوده است و در حدود ۲۰ درصد میزان غلظت آلاینده‌گی نسبت به سناریو چهارم کاسته شده است. سناریو ششم: این سناریو در واقع شبیه سازی کیفی سناریو سوم می‌باشد. در این سناریو تاثیر راهکار مدیریتی

جدول (۱۱): میزان TSS کلیه زیر حوضه‌ها برای دوره بازگشت مختلف در سناریو ششم

زیرحوضه	درصد پوشش حوضه توسط BMP	میزان TSS برای رگبار با دوره بازگشت ۲ ساله (Kg)	میزان TSS برای رگبار با دوره بازگشت ۵ ساله (Kg)	میزان TSS برای رگبار با دوره بازگشت ۱۰ ساله (Kg)
۱	۷	۷/۴	۱۰	۱۱/۸
۲	۲/۸	۲۰	۲۶/۸	۳۲
۳	۹/۲	۵/۸	۸	۹/۴
۴	۳/۸	۱۴/۸	۲۰	۲۴
۵	۴/۸	۱۱/۲	۱۵/۲	۱۸
۶	۳	۱۷/۸	۲۳/۶	۲۸
۷	۶/۸	۷/۸	۱۰/۴	۱۲
۸	۸/۱	۶/۴	۸/۶	۱۰/۲
۹	۲	۲۷/۶	۳۷/۲	۴۴
۱۰	۱۳	۴	۵/۴	۶/۴
۱۱	۴/۵	۱۲	۱۶/۸	۱۹/۶
۱۲	۷/۹	۷	۹/۴	۱۱/۲
کل	۱۱/۸۴	۱۴۳/۲	۱۹۲	۲۲۹/۲



شکل (۶): کاهش غلظت جامدات معلق در سناریو ۶



شکل (۵): کاهش غلظت جامدات معلق در سناریو ۵

SWMM با پیک دبی محاسبه شده به روش استدلالی یا منطقی مقایسه گردیده و در جدول ۱۲ نشان داده شده است که نتایج در هر دو روش نزدیک بهم می باشد.

صحت سنجی

در محدوده مورد مطالعاتی ایستگاه هیدرومتری وجود ندارد، جهت صحت سنجی پیک هیدروگراف خروجی مدل

جدول (۱۲): نتایج مدل SWMM و روش Rational

Rational (m3/s)	SWMM (m3/s)	Rational (m3/s)	SWMM (m3/s)	Rational (m3/s)	SWMM (m3/s)
۲ ساله		۵ ساله		۱۰ ساله	
۸/۸	۸	۸/۱۱	۶۳/۱۰	۲/۱۴	۶۳/۱۲

می دهد. در این شکل ها ۲ ساله ها باهم ۵ ساله ها باهم و ۱۰ ساله ها باهم مقایسه می شوند. سناریوهای اول و دوم به ترتیب برای مدل کمی و کیفی بدون راهکار مدیریتی می باشد. در جداول و اشکال زیر مقایسه ای بین سناریو های دارای راهکار مدیریتی انجام گرفته است، در میان سناریوها پشت بام سبز بهترین راهکار و عملکرد را دارا می باشد.

تحلیل سناریوها

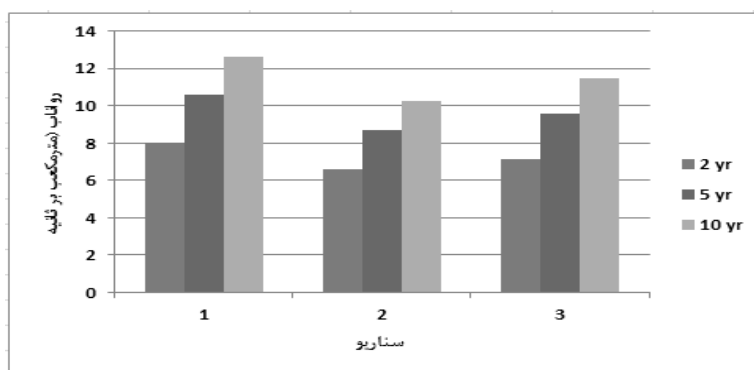
جدول ۱۳ درصد تغییرات رواناب کل شبکه در سناریوهای کمی و جدول ۱۴ درصد تغییرات رواناب کل شبکه در سناریوهای کیفی را نمایش می دهد. شکل ۷ نمودار پیک دبی خروجی کل شبکه و شکل ۸، TSS پیک کل شبکه جمع آوری آبهای سطحی محدوده مورد مطالعه با دوره بازگشت مختلف در سناریوهای مختلف را نمایش

جدول (۱۳): درصد تغییرات رواناب کل شبکه در سناریوها کمی

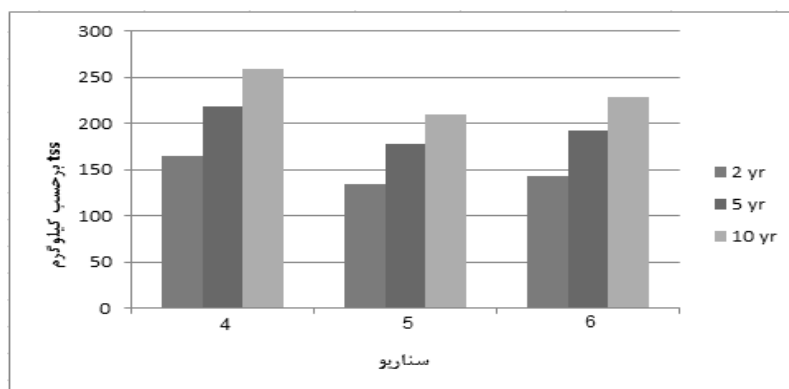
سناریو	نوع BMP	درصد پوشش کل شبکه توسط BMP	کاهش پیک رواناب (۲ساله)	کاهش پیک رواناب (۵ساله)	کاهش پیک رواناب (۱۰ساله)
۲	پشت بام سبز	٪ ۱۱/۸۴	٪ ۱۷/۷۵	٪ ۱۸/۲۵	٪ ۱۸/۶
۳	جوی باغچه	٪ ۱۱/۸۴	٪ ۱۰/۵	٪ ۹/۶	٪ ۹/۲

جدول (۱۴): درصد تغییرات میزان TSS کل شبکه در سناریوهای کیفی

سناریو	نوع BMP	درصد پوشش کل شبکه توسط BMP	کاهش پیک رواناب (۲ساله)	کاهش پیک رواناب (۵ساله)	کاهش پیک رواناب (۱۰ساله)
۵	پشت بام سبز	٪ ۱۱/۸۴	٪ ۱۸/۲۲	٪ ۱۸/۷۵	٪ ۱۹/۰۶
۶	جوی باغچه	٪ ۱۱/۸۴	٪ ۱۲/۷۳	٪ ۱۱/۹۶	٪ ۱۱/۵۳



شکل (۷): نمودار پیک دبی خروجی کل شبکه با دوره بازگشت مختلف در سناریوهای کمی



شکل (۸): TSS پیک کل شبکه با دوره بازگشت مختلف در سناریوهای کیفی

متوسط ۷/۱۸ درصد و جوی باغچه ۱۲ درصد غلظت کل جامدات معلق (TSS) را کاهش داده‌اند. با توجه به نتایج سناریوهای کمی و کیفی با افزایش دوره بازگشت راهکار مدیریتی پشت بام سبز قابلیت بالاتری در کاهش پیک رواناب و کاهش TSS دارد. بدین معنی که با افزایش دوره بازگشت، درصد کاهش پیک رواناب و درصد حذف غلظت کل جامدات معلق افزایش می‌یابد. اما در راهکار مدیریتی جوی باغچه با افزایش دوره بازگشت کارایی کمتری در کاهش پیک رواناب و کاهش غلظت کل جامدات معلق را نشان می‌دهد.

نتیجه گیری:

در این پژوهش به بررسی راهکارهای مدیریتی کمی و کیفی سیلاب در بخشی از منطقه ۲۲ تهران پرداخته شده است. برای این کار از مدل EPA-SWM استفاده گردید. نتایج نشان داد که سناریوهای کمی راهکار مدیریتی پشت بام سبز با متوسط کاهش ۲/۱۸ درصدی نسبت به جوی باغچه با متوسط کاهش ۷/۹ درصدی، از عملکرد بهتری در کاهش پیک رواناب اوج خروجی از حوضه برخوردار است. همچنین، سناریوهای کیفی راهکار مدیریتی پشت بام سبز بطور

تغییر کاربری اراضی، کاهش میزان رواناب و کاهش بار آلودگی می‌شوند. لذا با استفاده از نتایج این نوع مطالعات در طراحی شبکه های جمع آوری آبهای سطحی، می‌توان ابعاد کانال‌های طراحی شده را کاهش داده و بهینه نمود و از بار آلودگی وارد به تصفیه خانه‌ها کاست.

یعنی با افزایش دوره بازگشت درصد کاهش پیک رواناب و درصد حذف TSS کاهش می‌یابد. همچنین، آنالیز حساسیت انجام شده نشان داد که درصد نفوذناپذیری بیشترین حساسیت را در پیک رواناب خروجی پدید می‌آورد. تاثیر درصد نفوذناپذیری و نوع کاربری بر روی میزان حذف کل جامدات معلق تقریباً برابر است. به طور کلی، استفاده از BMP ها موجب

منابع:

- زارع، ص.، و ب. ثقفیان. ۱۳۹۰. روشهای غیرسازه‌ای کنترل سیلاب و ارزیابی خسارتهای مستقیم و غیرمستقیم در حوضه‌های درون شهری، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران.
- کمالی، ب.، س. ج.، موسوی، ع. اردشیر و ر. مکنون. ۱۳۹۰. ارزیابی بهترین راهکارهای مدیریتی در بهبود کمیت سیلاب‌های شهری، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران.
- علیزاده، ا. ۱۳۹۵. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد.
- تجربشی، م. ۱۳۸۶، آشنایی با خصوصیات آلاینده ها در رواناب های سطحی شهری، همایش روش های نوین جمع آوری و مدیریت رواناب های سطحی شهری، تهران.
- Hua, Zhuo, Fu Guangtao. 2013. "The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics" *Journal of Environmental Management*.
- Hutchinson, S. L., T. Keane, R. Christianson, L. Skabeland, T. L. Moore, A. M. Greene, and K. Kingery. 2009. "Management practices for the amelioration of urban stormwater" *Ecological Engineering from Concepts to Applications*, Paris, France.
- Lee, J. G., A., Selvakumar, K., Alvi, J., Riverson, X., Zhen, L., Shoemaker, F. Lai. 2012. "A watershed-scale design optimization model for stormwater best management Practices" *Environmental Modelling & Software*, Volume 37.
- Mejía, A. and G. Moglen. 2009. "Spatial patterns of urban development from optimization of flood peaks and imperviousness-based measures" *Journal of hydrologic engineering*.

Investigation of qualitative and quantitative management at urban flood with EPA-SWMM model; Case study District 22 of Tehran

Javad Mozaffari¹, Mohammad Kobarfard²

Abstract

Fans are places with high permeability and have the highest share in recharge of aquifers. But with the development of urbanization and loss of permeable surfaces, occurs a lot of floods. In this study, quantitative and qualitative management of urban runoff on the part of district 22 in Tehran is investigated. The research-based best management practices BMP, which is one of the most modern and effective methods of quantitative and qualitative urban runoff is high. In these studies, EPA-SWMM software uses two strategies swale and *Bio retention*. System (green roofs) to control the flow and pollution, the concentration of total suspended solids (TSS) of the basin located in District 22 of Tehran Municipality was evaluated. The results showed an average decrease of 18.2% compared to the management solution of green roof garden with an average reduction of climate 9.7 percent better performance in reducing the height of the peak runoff is discharged from the basin. The results showed an average decrease of 18.2% compared with the green roof management solution with an average reduction of 9.7 percent to swale, the better the height of the peak runoff is discharged from the basin. The green roof management solution on average 18.7% of the total pleasure of suspended solids (TSS) and swale decreased 12 percent. The green roof more efficient management solution enjoys TSS removal. The green roof is the best and most efficient management solution BMP was chosen for the study area.

Keywords: management best practices (BMP), urban floods, runoff, swale, green roof.

¹ Assistant Professor of Arak University, Javad_370@yahoo.com

² PhD Student of Sari Agriculture and Natural resources University, Kobardam@yahoo.com