



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

1250P-NWWCE

ارزیابی کاربردهای توسعه کم اثر LID و بهترین روش‌های مدیریتی BMP بر کمیت و

کیفیت سیلاب شهری مطالعه موردی منطقه ۲۲ تهران

عطیه پورصاحبی<sup>۱\*</sup>، محمود ذاکری نیری<sup>۲</sup>، صابر معظمی گودرزی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دوره کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد اسلامشهر

۲- عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی- واحد اسلامشهر

۳- استادیار مرکز تحقیقات علوم زیست محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر

A.poursahebi@yahoo.com

#### خلاصه

امروزه گسترش شهرنشینی که با صدمه زدن به حریم رودخانه همراه بوده و نیز بارش‌های شدید کوتاه‌مدت باعث ایجاد اثرات مخرب در حوزه شهرنشینی و جاری شدن رواناب می‌گردد. افزایش جمعیت و توسعه کشاورزی و صنایع از یک سو و محدود بودن منابع آب تجدید پذیر قابل دسترس در سطح جهان از سوی دیگر، سبب شده است تا سرانه آب قابل دسترس، مرتباً کاهش یافته و بعضی از نقاط جهان، با تنش آبی مواجه شوند. استفاده از تکنولوژی بهترین راهکارهای مدیریتی (BMP) و نیز توسعه کم اثر (LID) یکی از راه‌های نوین و مؤثر مدیریت کمی و کیفی رواناب شهری در حال حاضر می‌باشد. از اهداف طراحی این نوع راهکارهای مدیریتی، می‌توان به کاهش حجم رواناب، کاهش پیک جریان اشاره کرد. در این مقاله، با استفاده از نرم افزار<sup>۳</sup> SWMM، منطقه ۲۲ تهران مدلسازی شد. جوی باغچه، بام سبز و سطوح نفوذپذیر از روش‌های پیشنهادی در این طرح بودند. پس از اجرای برنامه مشاهده شد که ترکیب چند سناریو عملکرد مطلوب‌تری از خود نشان می‌دهد که باعث کاهش چشمگیر رواناب از حوزه می‌شود.

کلمات کلیدی: بهترین روش‌های مدیریتی، آب‌گرفتگی معابر، روش توسعه کم اثر، توسعه شهری، رواناب

#### ۱. مقدمه

دفع آب‌های سطحی به روش کنونی باعث خروج رواناب‌های موجود از سطح شهرها شده است، همچنین برداشت آب از منابع زیرزمینی باعث کاهش سطح ارتفاع سفره‌های زیرزمینی می‌شود. با توجه به موارد یاد شده و کاهش ریزش‌های جوی در سال‌های اخیر، استفاده مناسب از هرگونه منابع آبی مورد توجه می‌باشد. افزایش جمعیت و توسعه کشاورزی و صنایع از یک سو و محدود بودن منابع آب تجدید پذیر قابل دسترس در سطح جهان از سوی دیگر، سبب شده است تا سرانه آب قابل دسترس، مرتباً کاهش یافته و بعضی از نقاط جهان، با تنش آبی مواجه شوند. در چنین وضعیتی، اهمیت منابع جدید آب، بیش از پیش نمایان گردیده است [1]. تا دهه ۷۰ میلادی، بیشتر دیدگاه‌های مدیریتی سیلاب، زهکشی و جمع‌آوری رواناب از اماکن توسعه یافته با بیشترین سرعت و عملکرد ممکن و سپس هدایت و رهاسازی این رواناب به کانال‌ها یا رودخانه‌های پایین دست، بوده است. اما امروزه سعی می‌شود بسیاری از عملکردهای مدیریتی در یک حوضه آبریز بکار گرفته می‌شود تا اهداف مورد نظر در کاهش دبی جریان و آلاینده‌های رواناب قابل دستیابی باشند [2]. یکی از این دیدگاه‌ها که امروزه علاوه بر کنترل دبی رواناب، اساس اکثر برنامه‌های مدیریتی آلودگی غیر نقطه‌ای را

<sup>1</sup> Best Management Practices

<sup>2</sup> Low Impact Development

<sup>3</sup> Storm Water Management Model

## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

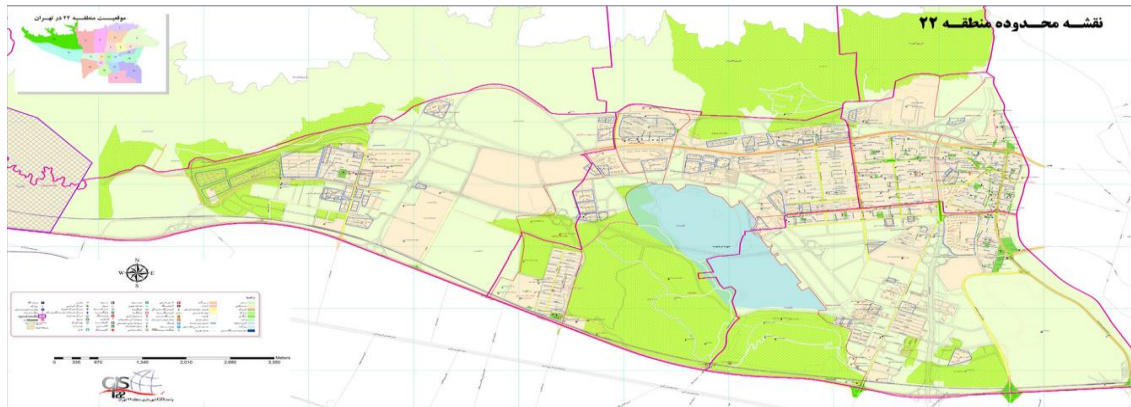
تشکیل می‌دهد، استفاده از بهترین راهکارهای مدیریتی یا BMP می‌باشد. بهترین راهکارهای مدیریتی غیر سازه‌ای راهکارهایی هستند که برای محدود کردن تولید رواناب یا کاهش حجم آلاینده‌های آن طراحی می‌شوند مانند مناطق نفوذپذیر منفصل، کاهش تراکم خاک.

این در حالیتیست که راهکارهای مدیریتی سازه‌ای سیستم‌های مهندسی شده و اجرایی هستند که کیفیت رواناب را افزایش و کمیت آن را نیز کنترل می‌کنند. مانند حوضچه‌های ماند، برکه‌ها، ترانشه‌های نفوذ، بام‌های سبز شهر تهران، معمول‌ترین و مهم‌ترین منابع آب تجدیدپذیر، پس از فاضلاب شهر، رواناب‌های سطحی می‌باشد. استفاده از تکنولوژی‌های مدرن سبز مدیریتی، که شامل روش‌های بهینه مدیریتی (BMP) و روش‌های توسعه با حداقل اثرات جانبی (LID) هستند در مدیریت سیلاب‌های شهری، به نسبت روش‌ها و سیستم‌های سنتی، مزایا و فواید بسیار زیادی دارد. به طور خلاصه می‌توان گفت که این تکنولوژی‌ها با محیط زیست سازگارتر بوده و برای مقابله با اثرات شهری شدن، در طولانی مدت با صرفه‌تر نیز هستند. و همچنین با مدیریت رواناب در نزدیکی منشأ تولید آن منجر به بهبود و افزایش ارتقا شرایط محیط زیست، حفاظت از سلامت عمومی می‌گردد در این مقاله سعی شده تا پس از مدلسازی بارش - رواناب محدوده‌ای در منطقه ۲۲ تهران با استفاده از نرم افزار SWMM با توجه به نمودار شدت مدت فراوانی ایستگاه کن و بارش با دوره‌های بازگشت ۵، ۲، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله و در پی آن استفاده از روش‌های توسعه با حداقل اثرات جانبی LID در این نرم افزار، میزان کاهش تلفات رواناب را به حداقل رسانند. این نرم افزار یک مدل دینامیکی است که برای شبیه‌سازی فرایند بارش - رواناب، شبیه‌سازی و آنالیز شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری استفاده می‌شود و قابلیت شبیه‌سازی کیفیت و کمیت رواناب مناطق شهری را برای یک واقعه یا به صورت مداوم دارا می‌باشد. سادگی محیط کار، حجم کم، آسانی نصب، فراگیری استفاده و قدرت نرم‌افزار SWMM، از مهم‌ترین قابلیت‌های این نرم‌افزار است. در این زمینه تحقیقاتی انجام شده است که شامل موارد زیر می‌باشد:

جنگ و همکاران در سال ۲۰۰۷، در مرکز تحقیقات مدیریت بلایای سیلاب شهری کشور کره از SWMM به عنوان ابزاری برای ارزیابی تأثیرات هیدرولوژیکی استفاده نمودند. آن‌ها وضعیت قبل و بعد از توسعه شهری را با استفاده از SWMM بررسی نمودند. مقایسه این روش با روش‌هایی که قبلاً مورد استفاده قرار گرفته بوده حاکی از بهتر بودن نتایج و دقیق بودن محاسبات نسبت به روش‌های قبلی می‌باشد [3]. کریستفر و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی روش‌های توسعه کم اثر برای مدیریت سیلاب با تغییر بارش طی سناریوهای تغییرات آب و هوا پرداختند. آن‌ها در این تحقیق به بررسی تأثیر LID طی بارش‌های متغیر بر روی رواناب سطحی پرداختند و نتیجه گرفتند که کارایی LID‌های مختلف طی بارش‌های گوناگون با یکدیگر متفاوت است [4]. کاویانپور و همکاران در سال ۱۳۹۱، در مقاله‌ای به بررسی اندرکش رودخانه و روش توسعه کم اثر LID در محدوده شهری کن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اجرای روش‌های توسعه کم اثر می‌تواند طی برخی سناریوها باعث کاهش ۳۹ درصدی حجم رواناب ورودی و کاهش ۶۸ درصدی آلودگی ورودی به رودخانه شود [5].

## ۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه ۲۲ شهرداری تهران در قسمت شمال غربی شهر تهران و در پایین دست حوضه آبریز رودخانه کن و وردیج واقع شده است. (شکل ۱) این منطقه با شرایط ویژه اقلیمی و جغرافیایی از شمال به ارتفاعات ۱۸۰۰-۱۴۰۰ متر کوهپایه‌های البرز، از جنوب به آزاد راه تهران کرج، از شرق به مسیل کن و از غرب به حوزه استحفاظی شهرستان کرج محدود می‌گردد. وسعت این منطقه با احتساب ارتفاعات حدود ۵۴۰۰۰ هکتار می‌باشد که طول و عرض حداکثر آن بطور تقریبی مساوی ۲۶ و ۱۷ کیلومتر است. فاصله غرب محدوده طرح تا ابتدای کرج در حدود ۱۱ کیلومتر می‌باشد. مسیر رودخانه کن که از شمال به جنوب جریان دارد پس از نقطه خروجی در سرتاسر حد شرقی محدوده طرح کشیده شده و پذیرنده آب‌های سطحی حوزه‌های شرقی خود که از طریق کانال‌های انحرافی به آن متصل می‌شوند نیز می‌باشد. رودخانه وردآورد نیز در امتداد شمالی جنوبی و به موازات رودخانه کن جریان دارد و در قسمت شمالی در غرب منطقه میانی امتداد یافته که در پائین دست، حد غربی محدوده طرح را تشکیل می‌دهد. فاصله متوسط این دو رودخانه از یکدیگر در حدود ۱۰ کیلومتر است. به لحاظ پیشینه، تاریخچه توسعه این محدوده به سال ۱۳۴۹ شمسی و اشارات طرح جامع شهر تهران به این منطقه باز می‌گردد در اصل منطقه ۲۲ به لحاظ دارا بودن امکانات بالقوه و بالفعل زیست‌محیطی و تنوع ساختار زمین از یک سو و بکر بودن قسمت اعظم آن از سوی دیگر، و در شرایطی که سایر نقاط شهر تهران از تراکم و معماری غیر استاندارد رنج می‌برند از دیر باز مورد توجه شهر سازان و کارشناسان امور شهری قرار داشته است.



شکل ۱ - محدوده مورد مطالعه

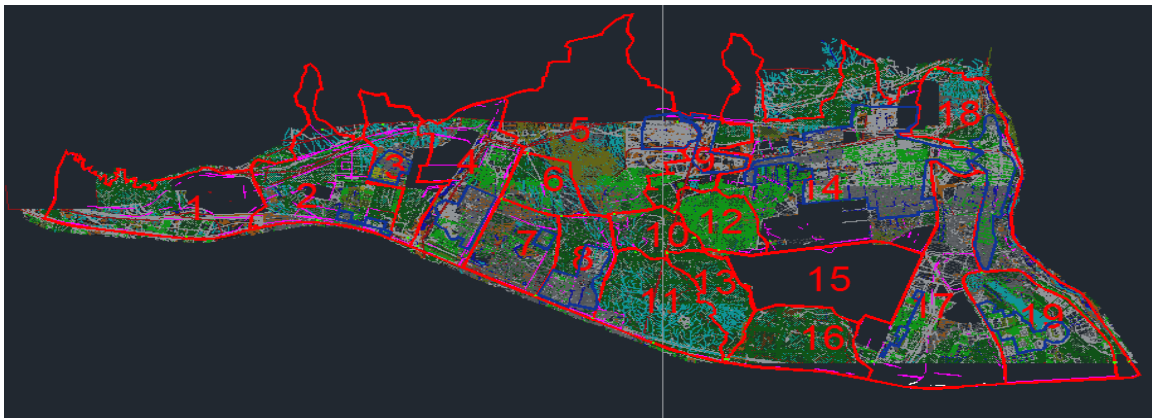
### ۳. معرفی مدل SWMM

این مدل از دو کلمه MIKE و SWMM تشکیل شده که اولی نشان دهنده موسسه تهیه کننده آن و دومی به معنای مدیریت سیلاب می باشد. نسخه ۵٫۱ مدل SWMM که در حال حاضر از آن استفاده شده است، مدل دوباره نویسی شده نسخه قبلی بوده که در محیط سیستم عامل Windows باز نویسی شده است. این نسخه توسط بخش تأمین و مدیریت آب آژانس ملی مدیریت ریسک و حفاظت محیط ایالات متحده، با همکاری و مشارکت شرکت CDM تولید شده است و محیطی مناسبی برای ورود داده ها، ویرایش آن ها، اجرای شبیه سازی هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و کیفیت آب و ارائه نتایج آن ها فراهم نموده است. در بخش کمی برای مدلسازی نفوذ در SWMM از روش منحنی و در مورد مسیر یابی هیدرولیکی از روش ماندگار استفاده شده است.

### ۴. روش تحقیق

در این تحقیق نقشه کاربری اراضی منطقه قبل و بعد از توسعه شهری و نقشه زهکشی منطقه بعد از توسعه که توسط شهرداری مربوطه تهیه شده است استفاده گردید. حوزه مورد مطالعه به ۱۹ واحد هیدرولوژیکی تقسیم گردید. به منظور اجرای مدل برآورد دقیق برخی از پارامترهای مورد استفاده همچون مساحت، شیب و نوع کاربری اراضی از نرم افزار CAD AUTO استخراج گردید (شکل شماره ۲) در این مدل از آمار بارندگی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مهرآباد تهران که به منطقه مورد نظر نزدیک می باشد استفاده شده است. شدت بارش با دوره بازگشت ۲،۵،۱۰، ۲۰ ساله مد نظر قرار گرفت و از معادله نفوذپذیری منحنی جهت محاسبه میزان نفوذپذیری استفاده گردید.

طبق مطالعات شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس، زمان تمرکز کل حوضه شهرستان تهران در حدود ۳ ساعت است. در حوضچه مورد نظر، زمان تمرکز، حدود ۳۰ دقیقه برآورد شده است. به عبارت دیگر، مدت زمانی که طول می کشد تا رواناب تولید شده از دورترین نقطه حوضه به نقطه خروجی حوضه برسد، حدود نیم ساعت است. در نتیجه، در این مطالعه، مدت زمان تداوم بارندگی، نیم ساعت در نظر گرفته شده است. [6] با در نظر گرفتن چند تکنیک شناخته شده و مناسب در روش توسعه کم اثر، تلاش شد تا بهترین سناریوهای مناسب برای منطقه حاصل شود. بنابراین روش هایی مانند بام سبز، جوی باغچه و سطح نفوذپذیر یک به یک در مدل اعمال شدند. اثرات هر سناریو بر روی مقدار رواناب بررسی شد. سپس اجرای مدل یکبار با در نظر گرفتن شرایط قبل از توسعه که در منطقه هیچ گونه شبکه زهکشی وجود نداشته باشد و بار دیگر با لحاظ نمودن شرایط بعد از توسعه صورت پذیرفت و مورد مقایسه قرار گرفته است.



شکل ۲ - منطقه مورد مطالعه در محیط AUTO CAD

میزان CN برای کل شبکه ۷۶ در نظر گرفته شد. جهت سناریوی مناسب، ابتدا بایستی میزان تأثیر پارامترهای مختلف در به کارگیری این LIDها را بسنجیم. در جدول شماره ۱ مشخصات پارامترهای یک زیر حوضه ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات LIDهای استفاده شده در حوضه‌ها

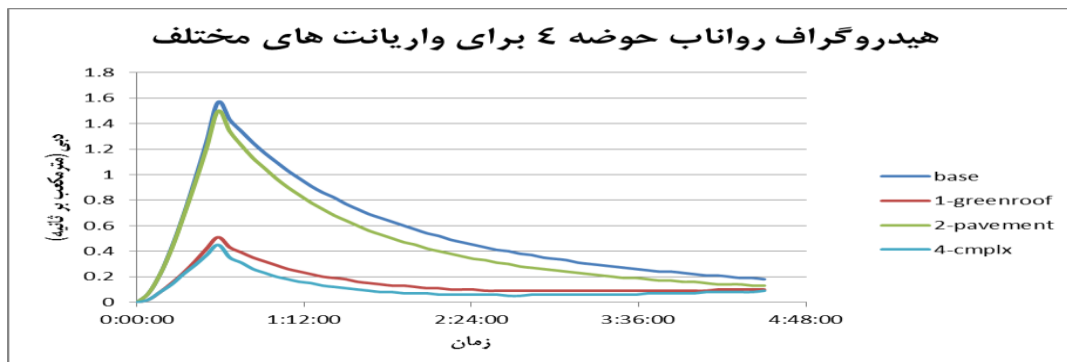
مشخصات	نوع استفاده از LID
۲۰ میلی متر عمق ذخیره، درصد پوشش گیاهی ۹۰ درصد ضریب ۰٫۵ شیب سطحی ۱ درصد	جوی باغچه
۷۵ میلی متر عمق ذخیره درصد پوشش گیاهی ۹۰ درصد ضریب ۰٫۱ و شیب سطحی ۱ درصد ۱۵۰ میلی متر ضخامت خاک	بام سبز
۱۰۰ میلی متر عمق ذخیره درصد پوشش گیاهی ۹۰ درصد ضریب ۰٫۰۵ و شیب سطحی ۱ درصد درصد تخلخل ۰٫۷۵ ضخامت خاک ۱۵۰ میلی متر	سطح نفوذپذیر

پس از تحلیل حساسیت مشاهده شد که روش جوی باغچه با پارامتر ضریب زبری، بام سبز با پارامتر و سطوح نفوذپذیر با پارامتر درصد مساحت نفوذپذیری، تأثیر قابل توجهی در راندمان دارند. از این رو جهت انتخاب بهترین راه کار مدیریتی (BMP) پیشنهاد شد که چند طرح از LIDها با هم ترکیب شوند. بدین ترتیب سناریو سوم شکل گرفت.

## ۵. نتایج

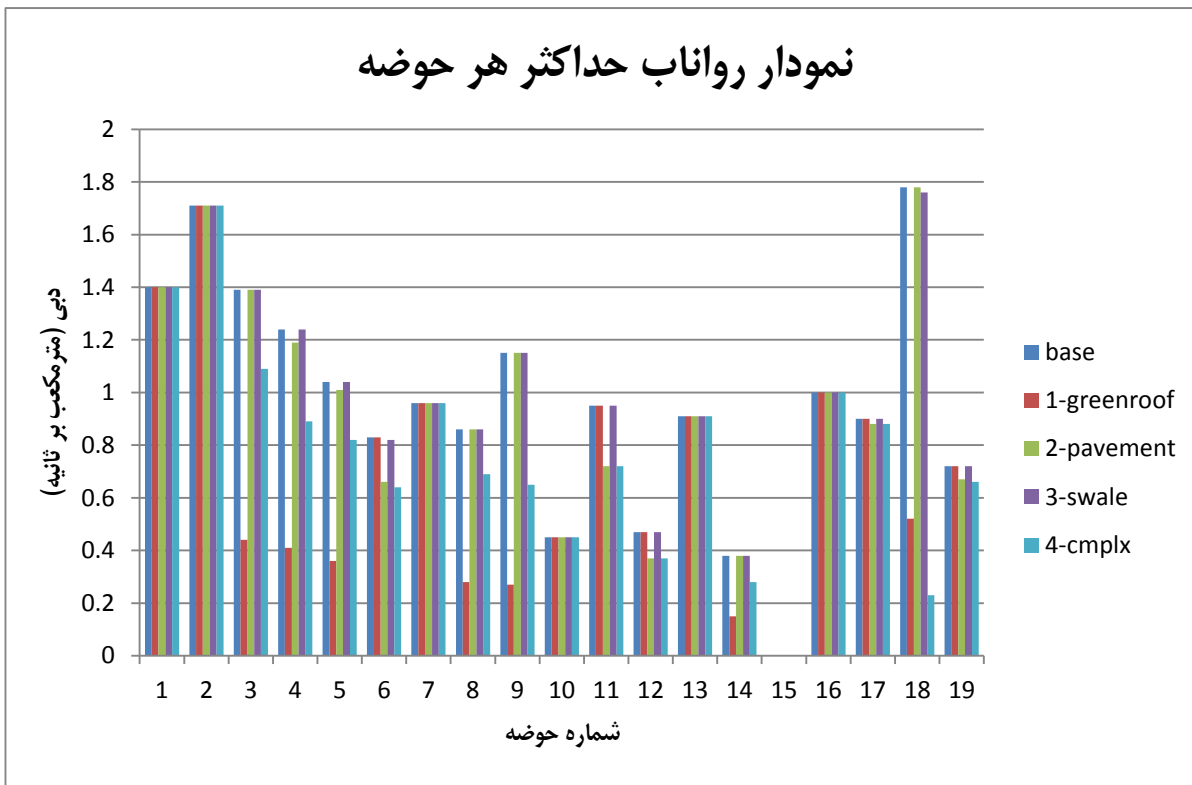
در این تحقیق با توجه به تحلیل حساسیت انجام گرفته، چند سناریو برای ارائه طرحی مناسب از کاربرد BMPها در حوضه مورد مطالعه جهت دستیابی به سطح قابل توجهی در کاهش حجم رواناب ارائه شده است. در هر سناریو دبی خروجی از منطقه و حجم خروجی از منطقه، حجم خروجی در هر یک از خروجی‌ها مطابق شکل ۳ با اجرای مدل به دست آمد. بارش با دوره بازگشت ۱۰ ساله و مدت سی دقیقه مورد استفاده قرار گرفتند.

در این گام زیر حوضه شماره ۴ را به صورت جداگانه بررسی کردیم. در این محدوده به دلیل موقعیت مکانی و اراضی، از دو نوع روش LID، بام سبز و سطوح نفوذپذیر و نیز ترکیبی از این متد استفاده شده بود. خروجی رواناب مختص به این حوزه را در هیدروگرافی نمایش دادیم. مقدار عددی دبی های پیک با هم مقایسه شد. (شکل ۳)



شکل ۳- هیدروگراف رواناب حوضه ۴ برای سناریوهای مختلف

در ابتدا حوضه بدون در نظر گرفتن LID مدل سازی و تحلیل می شود که دبی اوج ۱,۵۷ مترمکعب بر ثانیه حاصل می شود. در مرحله بعد با قرار دادن سطوح نفوذپذیر دبی اوج به ۱,۵ مترمکعب بر ثانیه کاهش یافت و در گام بعدی با در نظر گرفتن بام سبز در حوضه دبی اوج به ۰,۵۱ مترمکعب بر ثانیه کاهش میابد. این سناریوها تأثیر کاربرد انواع تکنیک های کم اثر در منطقه مطالعاتی را نشان می دهد. در مرحله آخر تمام سناریوها به صورت ترکیبی به حوضه اعمال گردید که مطابق شکل ۳ مشاهده می شود که کاهش حدود ۰,۴۵ دبی اوج رواناب را نشان می دهد. در شکل ۴ نمودار رواناب هر حوضه نشان داده شده است.



شکل ۴- نمودار رواناب حداکثر هر حوضه



## ۶. جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق منطقه ۲۲ تهران با شبیه ساز SWMM، در دو سناریو شرایط رایج و استفاده از BMP و LIDها مدل شد. نتایج حاصله با توجه به هیدروگراف ها و جداول بدست آمده نشان دهنده آن است که ترکیب روش های توسعه کم اثر (LID) تأثیر قابل توجهی در کاهش مقدار رواناب و کنترل سیلاب دارند. لازم به ذکر است بهترین راه کارهای مدیریتی (BMP) با دیدگاه کاهش سطوح نفوذناپذیر به توسعه شهری و ایجاد مکان های مسکونی و تجاری جدید پرداخت و همچنین با هدایت رواناب نواحی نفوذناپذیر به نواحی نفوذپذیر به مدیریت بهتر رواناب کمک کرد. به کارگیری مناسب BMPها در حوضه به عوامل مختلفی از جمله عوامل محیطی و اقتصادی و کارایی آن ها بستگی دارد. همانگونه که مشاهده می شود سناریوها به صورت منفرد عملکرد متفاوتی را نشان می دهند. ترکیب از تکنیک ها نیز در صورت منطقی بودن هزینه های اجرایی قابل توصیه می باشد.

## ۷. مراجع

۱. سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس، جلد چهارم، گزارش وضع موجود، ۱۳۸۸.
۲. طرح جامع مدیریت و جمع آوری آب های سطحی، مبنای و ضوابط طراحی و کتابچه استاندارد شبکه جمع آوری، انتقال، ذخیره سازی و دفع آب های سطحی، ۱۳۸۸.
3. Jang, S.; M. Cho; J. Yoon; S. Kim; G. Kim; H. Akosey. 2007. Using swmmas a tool for hydrologic impact assessment. *desalination*. 212:344-356
4. Christopher Pyke, Meredith P. Warren, Thomas Johnson, James LaGro Jr., Jeremy Scharfenberg, "Assessment of low impact development for managing stormwater with changing precipitation due to climate change", *Landscape and Urban Planning*, pp. 166-173, 2011
۵. محمدرضا کاویانپور، احسان دوزالی، ابوالفضل مقیمی، مجید جلال. ندی، "بررسی اندرکنش رودخانه و روش های توسعه کم اثر در محدوده حوزه شهری رودخانه کن"، سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، ۱۰ صفحه، ۱۳۹۱.
۶. سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس، جلد سوم، ضوابط طراحی، ۱۳۸۸.