

مقدمه

رشد شهرنشینی بر بسیاری از زیرساخت‌های شهری^۱ اثر گذاشته از آن جمله می‌توان به مواردی از قبیل تردد خودروی‌های بیش‌تر بر سطح خیابان‌ها و فزونی دانش‌آموزان در مدارس اشاره کرد. تراکم جمعیت منجر به تولید فاضلاب بیشتر و تردد خودروها منجر به افزایش آلودگی حاصل از فرسایش لاستیک چرخ‌ها و روغن‌ریزی موتورهای آنها می‌شود. لذا، توسعه شهری لزوم کنترل روان‌آب آلوده را بسیار ضروری می‌سازد. جاده‌ها، پارکینگ‌ها، پیاده‌روها، خانه‌ها و ادارات جای اراضی طبیعی را گرفته و لذا نفوذپذیری سطوح را کاهش چشم‌گیری می‌دهند. بارانی که قبلاً پوشش گیاهی را سیراب و بخش عمده آن نیز به درون خاک نفوذ می‌کرده، اکنون مقادیر قابل توجهی از آن آماده تبدیل به روان‌آب است. هم‌چنان‌که سطوح ناتراوتر بیشتر می‌شوند، آب به‌راحتی از روی آن‌ها جاری و سپس سطوح ناتراوا به‌هم‌پیوسته و تمرکز باران به‌صورت سیلاب امکان رسیدن روان‌آب به آبراهه‌ها را تسریع می‌کند. این روند موجب چندین تأثیر سوء می‌شود:

- ۱- سیلاب بیش‌تری به آبراهه می‌رسد، زیرا فرصت کم‌تری برای نفوذ وجود دارد،
 - ۲- دبی اوج جریان افزایش پیدا می‌کند زیرا "سیلاب‌راه بزرگ" روان‌آب‌ها را سریع‌تر انتقال می‌دهد،
 - ۳- سرعت جریان در آبراهه افزایش می‌یابد،
 - ۴- به دلیل کاهش نفوذ آب به درون خاک، جریان پایه آبراهه‌ها نیز در طی دوران خشک کم‌تر می‌شود.
- با استفاده از تحلیل‌های سنتی و مدل‌های ریاضی نظیر HEC می‌توان نشان داد که دبی اوج جریان به‌تنهایی می‌تواند تا چهار برابر بیش از شرایط قبل از توسعه شهری افزایش یابد. بعضاً مردم این اثر ناشی از توسعه شهری را به‌عنوان سیل می‌شناسند. در حالی‌که، به‌راحتی افزایش کمی حجم روان‌آب نتیجه توسعه شهری محسوب شده ولی این توسعه تأثیرات سوء بسیاری نیز بر کیفیت روان‌آب می‌گذارد که از دیده‌ها پنهان می‌ماند. شبکه‌ی جمع‌آوری فاضلاب خانگی، مدیریت پسماندها و زباله در سطح شهر، تناسب کاربری اراضی درون‌شهری، مدیریت ترافیک و آلودگی هوا، شبکه‌ی جمع‌آوری روان‌آب سطحی، تراکم جمعیت شهری، استاندارد زندگی و بسیاری عوامل دیگر در کیفیت روان‌آب و سیلاب شهری

آلودگی روان‌آب‌های شهری و روش‌های کنترل آن

مهدی حبیبی^۱

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۸

چکیده

امروزه با توسعه‌ی شهرنشینی و گسترش شهرها موضوع سیلاب‌های شهری بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. وقوع سیلاب‌های گسترده در حوزه‌های شهری علاوه بر ایجاد خسارات جانی و مالی فراوان، موجب بروز تأثیرات مخرب در محیط زیست و کیفیت آب آبراهه‌ها و مسیل‌های شهری می‌شود. از سوی دیگر رشد جمعیت شهری باعث تولید مقدار انبوهی مواد زاید حاوی انواع باطله‌ها و آلودگی‌های خطرناک می‌گردد که هم‌اکنون مسئله‌ی مدیریت و دفع این مواد به صورت یک مشکل جدی برای سلامتی انسان و سایر جانداران مطرح می‌باشد. تاکنون اقدامات سازه‌ای و مدیریتی نسبتاً زیادی به‌منظور مقابله با انواع آلودگی‌های روان‌آب شهری نظیر کاهش رسوب، نیترات، فسفر و فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از نظر اندازه، این اقدامات به پروژه‌های نسبتاً بزرگ چندین هکتاری، نظیر تالاب‌های مصنوعی، تا پروژه‌های کوچک محلی، نظیر باغچه‌های بارانی برای مدیریت روان‌آب یک حیاط، تقسیم می‌شوند. اقدامات کنترل آلودگی روان‌آب می‌تواند به سادگی استفاده از مقداری مناسب کود برای باغچه یک خانه یا به پیچیدگی احداث یک سازه مهندسی هم‌چون تالاب سیلاب‌گیر باشد. نوع آلودگی، وسعت و خصوصیات حوزه آبخیز شهری، میزان تراوایی زمین، وسعت زمین موجود برای سازه، ارزش زمین و هزینه‌های احداث همگی در انتخاب بهترین اقدام مدیریتی کنترل آلودگی روان‌آب تأثیر دارند. در این مقاله به برخی از اقدامات سازه‌ای برای کنترل آلودگی روان‌آب شهری پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: روان‌آب شهری، سیلاب شهری، آلودگی، اقدامات مدیریتی، محیط زیست شهری

۱. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ص پ habibi_m@scwmri.ac.ir، ۰۱۳۶۴۴۵-۱۱۳۶

مؤثرند. علاوه بر رسوبات، که از زمان‌های دور به‌عنوان یکی از عوامل اصلی آلودگی آب شناخته می‌شوند، فلزات و مواد شیمیایی آلی حاصل از وسایل نقلیه و صنایع، روان‌آب ناشی از رگبارهای شهری را به‌مقدار زیادی آلوده می‌کنند. نیترات‌ها هم در محیط‌های شهری در شکل‌های مختلفی از طریق کودهای شیمیایی که برای رشد گیاهان استفاده می‌شود، فضولات حیوانات خانگی و سیستم تخلیه‌ی فاضلاب‌های انسانی وارد چرخه‌ی روان‌آب شهری می‌شوند. روان‌آب آلوده شده از سطوح تغییر یافته شهری، تهدید بزرگی برای کیفیت آب رودخانه‌ها در درون نواحی شهری و در پایین دست آن‌ها می‌باشد [۷]. گرچه فاضلاب‌های شهری یک منبع عمده آلودگی برای روان‌آب‌های شهری‌اند اما در حالت کلی کیفیت روان‌آب‌های شهری بسیار بدتر از فاضلاب تصفیه نشده است [۴]. به‌طوری که ادعا شده است روان‌آب ناشی از رگبارهای شهری یک منبع اصلی ورود آلاینده‌های فلزی به آب‌های سطحی تشخیص می‌باشد [۱، ۸]. علاوه بر واحدها و کارخانجاتی که با ورود مواد آلاینده سبب آلودگی محیط زیست شهری می‌شوند، عوامل متعدد دیگری که از رفتارها و فعالیت‌های بشری ناشی می‌شوند نیز سبب آلودگی آب و تخریب محیط زیست شهری می‌گردد. در این موارد بایستی مخارج مربوط به کنترل و کاهش آلودگی و میزان موفقیت و پیشرفت احتمالی در عملیات به‌سازی روان‌آب مورد بررسی قرار گیرد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های آشکار مانند هزینه‌های آموزش شهروندان (و تشویق آن‌ها به عدم انجام اعمالی که سبب آلودگی روان‌آب‌های شهری می‌شود) و همچنین هزینه‌های پنهان ناشی از عدم تغییر رفتارهای غلط آن‌ها (که سبب آلودگی روان‌آب می‌گردد) خواهد شد. علی‌رغم وجود عوامل متعدد آلاینده‌ی آب در حوزه‌های شهری، تجربه موجود نشان می‌دهد که اقداماتی که با هدف بهبود کیفیت آب و آلودگی‌زدایی از آن انجام می‌شود، با در نظر گرفتن هزینه‌ها و محدودیت‌های اجرایی، بسیار موثر بوده‌اند. در حقیقت انجام پروژه‌های به‌سازی کیفیت سیلاب‌های شهری سبب افزایش کاربرد آن‌ها در مصارف عمومی و کشاورزی، بالا بردن جاذبه‌های تفریحی و توریستی و بهبود قابل توجه شرایط اکولوژیکی شهر خواهد شد. روش‌های زیادی برای کاهش میزان آلودگی روان‌آب شهری وجود دارد که برخی از آن‌ها به کنترل منبع آلودگی توجه دارند (نظیر استفاده مناسب از کودها، اجرا و نگهداری صحیح سیستم جمع‌آوری فاضلاب‌های خانگی، به‌سازی سیستم سوخت و ساز وسایل نقلیه، انتقال صنایع آلاینده به خارج از محدوده‌های شهری و غیره) و برخی دیگر به جداسازی آلودگی از روان‌آب می‌پردازند [۳]. اقدامات مدیریتی برای پیش‌گیری و یا کاهش آلودگی سیلاب شهری می‌تواند به سادگی استفاده از مقدار مناسب کود برای باغچه‌ی یک خانه و یا به پیچیدگی احداث یک سازه‌ی مهندسی هم‌چون تالاب سیلاب‌گیر^۱ باشد. برخی از اقدامات تحت شرایط خاصی بهتر از دیگر اقدامات جواب می‌دهند. نوع آلودگی که باید کنترل شود،

1. Storm water Wetland

وسعت حوزه آبخیز شهری، میزان تراوایی زمین، و مقدار زمین موجود برای احداث سازه، همگی بر انتخاب بهترین اقدام مدیریتی^۲ (BMP) تاثیر دارند [۵]. برای مثال می‌توان میزان آلودگی آب را از طریق جلوگیری از ورود مستقیم فاضلاب به رودخانه یا مسیل با استفاده از شبکه جمع‌آوری فاضلاب و ایجاد حوضچه‌های تصفیه و ته‌نشینی (رسوبات و مواد آلاینده) در سر راه فاضلاب واحدها و کارخانه‌های تولید کننده فاضلاب کم نمود. در ادامه مقاله به بررسی سازه‌های مناسب برای مدیریت روان‌آب و کاهش مقدار آلودگی ورودی به آبراه‌ها پرداخته می‌شود.

حوضچه‌های مرطوب^۳

حوضچه‌های مرطوب از اقدام‌های خیلی مرسوم می‌باشند که طی سالیان زیاد برای کنترل روان‌آب استفاده شده‌اند. در ابتدا، حوضچه‌های مرطوب برای کنترل کمیت آب یا کنترل سیل طراحی می‌شدند. مخازنی هم‌چون دریاچه‌های طبیعی به یک مفهوم، حوضچه‌های مرطوب بزرگ هستند. این مخازن برخلاف حوضچه‌های مرطوب متعارف، آب مورد نیاز مردم را نیز تامین می‌کنند و برای ذخیره‌سازی آب کافی در دوران خشکسالی طراحی شده‌اند.

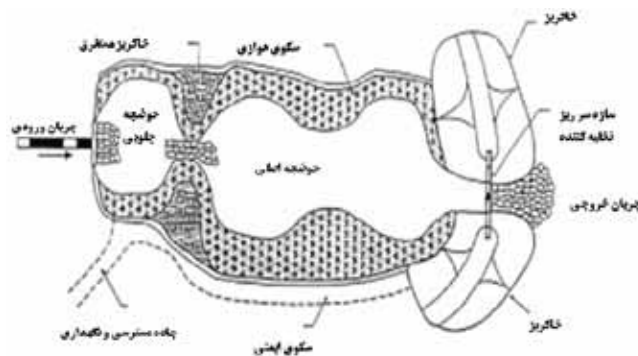
در حال حاضر، حوضچه‌های مرطوب برای افزایش کیفیت روان‌آب‌های ناشی از سیلاب طراحی می‌شوند. در شکل (۱)، یک طرح تیپ از این قبیل حوضچه‌ها نشان داده شده است. بدنه اصلی حوضچه مرطوب، یک استخر به عمق ۱/۲ تا ۲/۴ متر است که به دنبال یک حوضچه جلویی^۴ آورده می‌شود. حوضچه جلویی جایی است که روان‌آب وارد شده و رسوبات و آلودگی‌های چسبیده به رسوبات ته‌نشین می‌شوند. حوضچه جلویی طوری طراحی می‌شود که به آسانی تخلیه شود و با فراهم کردن امکان دسترسی برای ماشین‌آلات حفاری، رسوبات ته‌نشین شده به راحتی برداشته شوند. در دو ضلع حوضچه مرطوب، یک سکوی آبی (وابسته به آب) که با گیاهان مرداب‌پسند پر شده است ساخته می‌شود. سکو کم‌عمق بوده و دارای شیب ملایمی نظیر شیب ۱ به ۶ (عمودی به افقی) می‌باشد. عرض سکو حداقل ۳/۶ متر برای ملاحظات ایمنی در نظر گرفته می‌شود. روان‌آب ورودی به حوضچه مرطوب از طریق یک سری خروجی، شامل سرریزها و ناودان‌ها خارج می‌شود؛ این خروجی‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که آب داخل آن‌ها از روی سد سرریز نشود.

اندازه یک حوضچه مرطوب متناسب با وسعت حوزه آبخیزی که حوضچه برای آن ساخته شده است تغییر می‌کند. در برخی مناطق، حوضچه‌های مرطوب باید به بزرگی ۱ تا ۲ درصد از سطحی که روان‌آب آن را زهکشی می‌کنند باشند. مثلاً یک حوزه‌ی ۱۰ کیلومتر مربعی ممکن است به یک حوضچه مرطوب به وسعت ۱۰ تا ۲۰

2. Best Management Practices

3. Wet Ponds

4. Fore Bay



شکل ۱- پلان یک حوضچه مرطوب

خسک کردن تالاب‌ها می‌تواند زیان‌های زیادی در برداشته باشد. تالاب‌ها در بعضی شرایط سطح ایستابی را تغذیه کرده و باعث آبدار شدن چشمه‌ها و برخی آبراهه‌ها می‌گردند. نقش تالاب‌ها در به تله انداختن رسوبات و پالایش آلودگی‌ها نیز بسیار مهم می‌باشد. از تالاب‌های مصنوعی است که در سال‌های اخیر کاربرد زیادی پیدا نموده‌اند با اهداف گوناگون باز یافت روان‌آب و تصفیه فاضلاب‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای و نیز توسعه چشم‌اندازهای اکولوژیکی مناسب استفاده شده است. تالاب‌های مصنوعی، سیستم‌های مؤثری برای تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی هستند که قادرند BOD، مواد معلق، پاتوژنها، مواد مغذی و فلزات سنگین را از آب حذف نمایند. این سیستم‌ها هزینه ساخت و نگهداری نسبتاً کمی دارند و در آنها انرژی (اکسیژن) لازم از طریق اتمسفر و مواد غذایی مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها از مواد آلی فاضلاب تأمین می‌گردد. اگرچه تالاب‌ها در ابتدا بمنظور تصفیه فاضلاب از منابع نقطه‌ای به‌کار گرفته شدند، اما در طول سه دهه اخیر ارزش و کاربرد چند منظوره تالاب‌ها و برکه‌های گیاهی به‌خوبی در کشورهای پیشرفته شناخته شده و اهمیت فزاینده آنها در تصفیه روان‌آب سطحی کشاورزی و شهری نیز مشخص گردیده است. از این‌رو آگاهی و شناخت درباره توانایی این سیستم‌های تصفیه در حذف آلودگی‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در کشورهای در حال توسعه و به‌ویژه در کشورهای خاورمیانه که هم‌اکنون با بحران کم‌آبی روبه‌رو هستند بسیار مهم می‌باشد.

هم‌اکنون تالاب‌های سیلاب‌گیر در برخی محیط‌های شهری در حال تبدیل شدن به یک اقدام مردمی شده‌اند. طراحی تالاب‌ها شبیه طراحی حوضچه‌های مرطوب است، بجز این‌که عمق آن‌ها خیلی کم‌تر است. تالاب‌های سیلابی به‌ندرت عمیق‌تر از ۳۰ تا ۴۵ سانتی‌متر ساخته می‌شوند؛ از این‌رو قابلیت کنترل سیل آن‌ها محدود است. در طراحی این تالاب‌ها برای به حداکثر رساندن طول مسیر جریان، از ایجاد حالت سینوزیته استفاده می‌شود شکل (۲)، این موضوع زمان ماند جریان در تالاب را افزایش داده و از عبور سریع سیلاب از تالاب جلوگیری می‌کند. یک تالاب سیلابی به‌طور تپسیک از یک حوضچه جلویی (یا استخر کوچک) جایی‌که مواد جامد در همان ابتدا ته‌نشین می‌شوند، آغاز می‌شود. همانند حوضچه‌های

هکتار نیاز داشته باشد. فاکتورهای دیگری که بر اندازه حوضچه مرطوب اثر می‌گذارند عبارت از عمق حوضچه ذخیره و مقدار تراوایی سطوح حوضچه هستند. حوضچه‌های عمیق‌تر اجازه استفاده از مساحت کم‌تری را می‌دهند. بدیهی است یک حوزه شهری کاملاً توسعه یافته، با سطوح نفوذناپذیر فراوان در مقایسه با حوزه‌ای که سطوح سبز بیش‌تری دارد، به حوضچه مرطوب بزرگ‌تری احتیاج دارد.

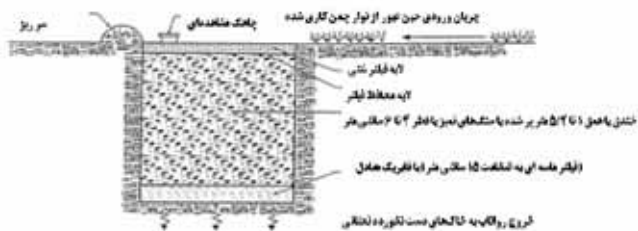
قیمت زمین و هزینه حفاری، هزینه‌های اصلی حوضچه‌های مرطوب می‌باشند. هزینه‌های دیگر شامل هزینه طراحی و ساخت سد و خروجی‌ها (تخلیه‌کننده‌ها)، نگهداری دوره‌ای حوضچه جلویی و تاسیسات خروجی می‌باشد. در نواحی شهری کاملاً توسعه یافته که قیمت زمین خیلی بالاست و خاک‌های حفاری شده باید تا مسافت‌های طولانی حمل شوند، این اقدام ممکن است پرهزینه و غیراقتصادی باشد.

تحقیقات نشان داده است که حوضچه‌های مرطوب نرخ جداسازی رسوب خیلی بالایی بالغ بر ۷۰ درصد یا بیش‌تر برای کل جامدات معلق^۱ (TSS) دارند، به‌شرطی که از حوضچه خوب نگهداری شود. این مسئله به‌دلیل کاهش سرعت روان‌آب هنگام ورود به حوضچه مرطوب می‌باشد که اکثر مواد جامدی را که با سرعت بالا با خود حمل می‌کند، نمی‌تواند نگهدارد. از آن‌جا که دیگر آلودگی‌ها نظیر فسفر و آفت‌کش‌ها به رسوبات می‌چسبند، حوضچه‌های مرطوب، مقدار زیادی از آن‌ها را نیز حذف می‌کنند. با این وجود، حوضچه‌های مرطوب نیترات-نیتروژن را جدا نمی‌کنند. مطالعاتی که اخیراً انجام شده است نشان می‌دهد نرخ پالایش نیترات بین ۲۰ تا ۲۵ درصد می‌باشد.

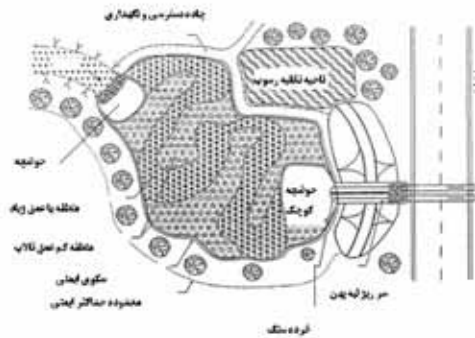
تالاب‌های سیلاب‌گیر^۲

تالاب‌های سیلاب‌گیر نقش بسیار مهمی در مدیریت سیلاب‌های شهری ایفا می‌نمایند. این تالاب‌های مصنوعی مخازنی هستند که آب اضافی منطقه وارد آن‌ها شده و به‌عنوان یک تنظیم‌کننده حجم روان‌آب ورودی در تسکین سیلاب نقش حیاتی دارند. بنابراین زهکشی و

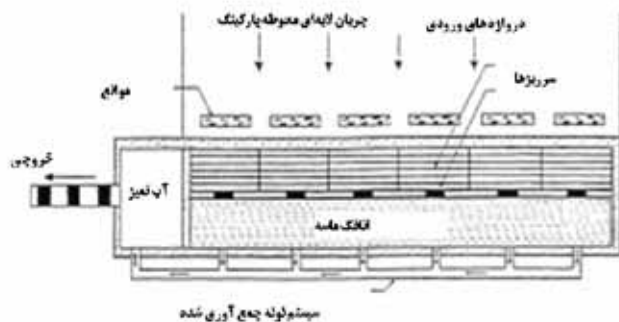
1. Total Suspended Solid
2. Storm Water Wetlands



شکل ۳- پروفیل یک سیستم نفوذ خندقی



شکل ۲- پلان یک تالاب سیلاب گیر



شکل ۴- پلان یک فیلتر ماسه‌ای

هزینه طراحی و احداث سازه تخلیه کننده (خروجی)، که اغلب یک سرریز کوتاه است، به اندازه هزینه حوضچه‌ها نمی‌باشد. با این وجود هزینه کاشت گیاه در تالاب، هزینه اضافی‌ای است که در مورد حوضچه‌ها وجود ندارد.

خندق‌ها/چاه‌های نفوذ^۲

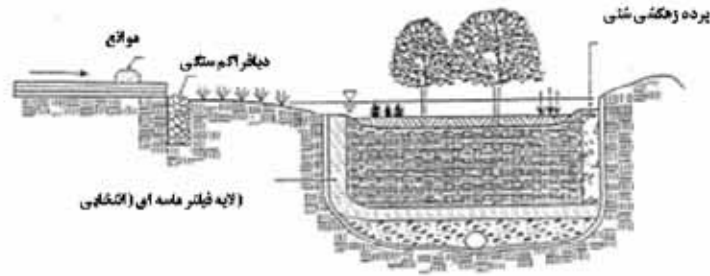
همان‌طور که گفته شد، یکی از اثرات اولیه توسعه شهری آن است که آبی که پیش‌تر از طریق نفوذ وارد زمین می‌شد، اکنون تبدیل به روان‌آب می‌شود. از آنجا که آب‌های زیر زمینی دبی پایه بسیاری از آبراهه‌ها را تامین می‌کنند بسیار مهم است که از طریق نفوذ دادن روان‌آب به داخل زمین، سطح آب زیرزمینی در ترازهای بالا نگه داشته شود. شیوه‌های مختلفی برای افزودن آب سطحی به آب‌های زیرزمینی وجود دارد. به‌طور مشخص خندق‌ها یا چاه‌های نفوذ برای این کار طراحی می‌شوند.

خندق و چاه نفوذ دراصل یک کارکرد دارند و تفاوت آن‌ها تنها در ابعاد و حجم می‌باشد. خندق‌ها طولانی و باریک هستند و در طول بیشتری مسیر روان‌آب سطحی را قطع می‌کنند. چاه‌ها در واقع گودال‌هایی هستند که برای گرفتن جریان‌های متمرکز طراحی می‌شوند. هر دو با سنگ‌های بزرگ بسیار تراوا پر می‌شوند شکل (۳)، خندق یا چاه در طول رگبار از روان‌آب پر شده و آب را ذخیره

مربوط، حوضچه جلویی ناحیه‌ای است که به راحتی قابل دسترسی برای لایروبی و برداشت مواد ته‌نشین شده می‌باشد. بدنه اصلی تالاب از نواحی بلند و پست تشکیل شده است، که موجب تغییر در نوع پوشش گیاهی در سطح تالاب می‌شود.

همانند حوضچه‌های مربوط، تالاب‌ها از ته‌نشین کردن رسوبات و آلودگی‌های پیوسته به آن‌ها به‌عنوان یک ابزار پالایش استفاده می‌کنند. مطالعات نشان می‌دهد که به‌طور متوسط، تالاب‌ها حدود ۸۰ درصد از کل مواد جامد معلق TSS را حذف می‌کنند. هم‌چنین تالاب‌ها در مقایسه با حوضچه‌های مربوط مقدار بیشتری از نیترات-نیتروژن را حذف می‌کنند. پوشش گیاهی درون تالاب مقداری از نیترات محلول را برای رشد گیاه جذب می‌کند، پوشش گیاهی تالاب محیطی را برای میکروبی‌های هوازی و غیر هوازی برای هضم نیترات فراهم می‌کند، که در نهایت از طریق چرخه نیتروژن دهی^۱ به گاز نیتروژن بی‌خطر تبدیل می‌شود. در حالی که نرخ جداسازی نیترات بسته به طراحی تالاب و شرایط پیشین به مقدار زیادی متغیر است؛ نشان داده شده است که تالاب‌ها به‌خوبی بیش از ۴۰ درصد از نیترات ورودی به سیستم را پالایش می‌کنند.

تالاب‌ها، به‌طور طبیعی، سطح زمین بیشتری را نسبت به حوضچه‌های مربوط اشغال می‌کنند. هزینه‌های حفاری در تالاب‌ها به‌دلیل کم عمق بودن، عموماً کم‌تر از حوضچه‌های مربوط است.



شکل ۵- سطح مقطع یک باغچه بارانی

به میزان استفاده از پارکینگ، هر سه سال تا شش ماه یکبار انجام می‌شود. نگهداری این فیلترهای ماسه‌ای معمولاً شامل تعویض لایه بالایی ماسه به ضخامت ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر در هنگام گرفتگی فیلتر است.

سامانه‌ی فیلترهای ماسه‌ای یک مزیت مهم دارد و آن این است که نیاز به زمین با سطح زیاد نظیر تالاب‌ها و یا حوضچه‌های مرطوب ندارد. در مناطق شهری بسیار توسعه یافته که زمین بسیار گران است، فیلترهای ماسه‌ای ممکن است بهترین گزینه باشند. فیلترهای ماسه‌ای در جداسازی آلودگی‌های غیر محلول شامل TSS و آلودگی‌های جذب شده به رسوبات بسیار موثرند. در برخی مطالعات نرخ جداسازی حدود ۸۰٪ برای TSS و تا ۶۰٪ برای فسفر بوده است. با این حال فیلترهای ماسه‌ای به‌خاطر طبیعتشان تولید کننده نیترات هستند ولی شکل‌های دیگری از نیتروژن نظیر نیتروژن آلی را، که در یک محیط هوازای به نیترات تبدیل می‌شود، به تله می‌اندازند. از این‌رو، در حالی‌که نرخ جداسازی نیتروژن کل مثبت است، سطح نیتروژن- نیترات در استفاده از فیلترهای ماسه‌ای افزایش می‌یابد. درحال حاضر محققین به‌دنبال طرح‌ها و مواد دیگری برای فیلترهای ماسه‌ای برای جداسازی نیتروژن- نیترات هستند.

باغچه‌های بارانی

یک اقدام دیگر برای کنترل و بهره‌برداری از روان‌آب حاصل از بارندگی که درحال متداول‌تر شدن است، استفاده از باغچه‌های بارانی^۲ می‌باشد. این اقدام منجر به تلفیق عمل کنترل روان‌آب حاصل از رگبار با ایجاد چشم‌اندازهای زیبا می‌شود، که باعث شده است بسیاری از مالکین خانه‌های بزرگ این روش را به‌کار گیرند. برخلاف تالاب‌ها و حوضچه‌ها، که روان‌آب را برای مدت طولانی در خود نگه می‌دارند، باغچه‌های بارانی روان‌آب‌ها را تنها برای مدت زمانی کوتاه نگه می‌دارند. این باغچه‌ها طوری طراحی می‌شوند که طی ۴۸ ساعت پس از سیلاب‌های بزرگ زهکشی و تخلیه شوند. از این رو گیاهانی که به‌طور طبیعی در تالاب‌ها و حوضچه‌ها قادر به رشد نیستند برای این قبیل باغچه‌ها مناسب می‌باشند. در شکل (۵)، سطح مقطع یک باغچه بارانی نشان داده شده است.

می‌کند تا آب به داخل زمین نفوذ کند. کارایی این شیوه بستگی به نوع خاک محیط دارد. خاک تا حد ممکن بهتر است که ماسه‌ای باشد. انواع خاک‌های ریزدانه‌تر از ماسه‌ی لومی، منجر به شکست خندق یا چاه می‌شود. از این‌رو این اقدام بیشتر در دشت‌های ساحلی و نواحی تپه‌های ماسه‌ای کاربرد دارد.

چنانچه اجازه داده شود جریان‌های واریزه‌ای وارد سیستم شوند ممکن است چاه یا خندق را مسدود کند. در این‌صورت تنها راه بازکردن مجدد سیستم، برداشتن کلیه سنگ‌های درون چاه یا خندق می‌باشد. از این‌رو باید دقت زیادی شود تا تنها آب بتواند وارد سیستم شود و مواد معلق خارج از سیستم نگه داشته شوند.

مطالعات اندکی برای تعیین تاثیر کمی و کیفی این نوع سیستم‌های نفوذ بر جداسازی آلودگی‌ها از روان‌آب انجام شده است. اگر دقت شود تا جریان‌های واریزه‌ای و مواد معلق همراه با روان‌آب وارد چاه‌های نفوذ نشوند، این چاه‌ها هزینه زیادی ندارند و هزینه حفاری، حمل سنگ‌ها و جایگذاری آن‌ها، هزینه عمده این سیستم می‌باشد.

سامانه فیلترهای ماسه‌ای^۱

سامانه فیلترهای ماسه‌ای دارای یک سیستم دو ردیفه است شکل (۴)، روان‌آب حاصل از رگبار ابتدا وارد یک اتاقک رسوب‌گذاری می‌شود که در آن مواد رسوبی و غیره ته‌نشین می‌شود. آنگاه آب وارد یک محفظه‌ی پر از ماسه می‌شود و از درون ستونی از ماسه عبور می‌کند. در این مرحله است که بخش عمده پالایش آب انجام می‌شود. ماسه‌ای که در این سیستم استفاده می‌شود اغلب همان ماسه بتن‌سازی است. فیلترهای ماسه‌ای قابلیت آن‌را دارند که به‌آسانی مسدود شوند. به‌همین دلیل از این سیستم بیشتر برای پالایش روان‌آب نواحی بسیار ناتراوا نظیر پارکینگ‌ها استفاده می‌شود. برای احداث فیلتر ماسه‌ای نشان داده شده در شکل (۴)، برای پالایش روان‌آب حاصل از هر ۴۰۰۰ مترمربع زمین، نیاز به سطحی در حدود ۴۰ متر مربع می‌باشد.

سامانه‌ی فیلترهای ماسه‌ای خیلی گران بوده و معمولاً از بتن پیش‌ساخته یا ریخته شده درمحل ساخته می‌شوند. هزینه عمده دیگر این فیلترها در نیاز شدید آن‌ها به نگهداری است که بسته

سطح زمین از لایه‌ای از خاک مناسب برای رشد گیاهان و درختان پوشیده است. در زیر این لایه، یک مخلوط ماسه تا ماسه لومی قرار می‌گیرد که بسیار متخلخل و تراوا است. طرح باغچه بارانی این انتخاب را دارد که از لوله‌های زهکشی در قسمت تحتانی باغچه استفاده کند و یا اجازه دهد که آب به‌طور مستقیم به لایه‌های زیرین زمین نفوذ نماید. همانند سیستم خندق‌ها و چاه‌های نفوذ، شرایط خاک محیط بسیار مهم است. خاک‌های ماسه‌ای در این شرایط بهترین نوع خاک هستند و خاک‌های ریزتر از ماسه‌ی لومی، نیاز به زهکشی دارند و بدون آن، سیستم با شکست مواجه خواهد شد.

از آن‌جا که این روش جدید است و آمار و اطلاعات زیادی در مورد آن وجود ندارد میزان تاثیر باغچه‌های بارانی هنوز نسبتاً ناشناخته است. با این وجود، مطالعات اولیه نشان می‌دهد که این سیستم مقادیری از بیش‌تر انواع آلودگی را از روان‌آب جدا می‌کند، گرچه نتایج نشان می‌دهد که این سیستم نمی‌تواند نیترات را کنترل کند. در این طرح نیز ملاحظات اقتصادی شامل هزینه حفاری، سیستم زهکشی، زمین مورد نیاز و پوشش گیاهی می‌باشد.

پخش‌کننده‌های سطحی و رودکنارها

در برخی مناطق ایجاد و حفظ فضاهای کنار رودخانه‌ای^۱ یا رودکنارها در طول آبراهه‌ها اجباری است. عبور روان‌آب سطحی ورودی به آبراهه از این فضاها باعث جداسازی انواع آلودگی‌ها از جمله رسوب، فسفر و نیترات می‌شوند. رسوب و فسفر با آهسته شدن سرعت جریان هنگام عبور از فضاهای کنار رودخانه‌ای به تله می‌افتد. نیترات موجود در آب زیر سطحی، به‌وسیله میکروب‌های موجود در محیط زیرین، به همان طریق که در مورد تالاب‌ها گفته شد، به گاز نیتروژن تبدیل می‌شود. در برخی موارد رودکنارها با استفاده از خندق‌ها و یا لوله‌هایی میان بر زده می‌شوند. این کار تاثیرگذاری این فضاها را در پالایش روان‌آب به مقدار زیادی محدود می‌کند.

از پخش‌کننده‌های سطحی^۲ می‌توان برای پخش کردن جریان استفاده کرد. به‌طوری‌که یک لایه نازک از جریان از طریق فضاهای کناری رودخانه‌ای عبور نماید. پخش‌کننده‌های سطحی به‌صورت خندق‌های کم عمق به موازات آبراهه با پوشش سنگفرش که لبه آن‌ها از ابتدا تا انتها کاملاً تراز می‌باشد احداث می‌شوند. هدف از احداث پخش‌کننده‌های سطحی، ایجاد جریان ورقه‌ای است. اگر یک قسمت از پخش‌کننده سطحی تراز نباشد تمام سیستم بی‌اثر می‌شود.

این روش در محیط‌های شهری کاملاً جدید می‌باشد و داده‌های کمی برای نشان دادن میزان تاثیر پخش‌کننده‌های سطحی وجود دارد. به‌طور نظری این سیستم باعث کاهش سرعت جریان در حین عبور از فضای رودکنار شده و منجر به ته‌نشست رسوبات و نفوذ بخشی

1. Riparian Buffers
2. Level Spreaders

از جریان سطحی به داخل زمین می‌شود. مناطق کنار رودخانه‌ای نیاز به قطعات طولانی از زمین دارند، که مقدار زیادی پول می‌طلبد. احداث پخش‌کننده‌های سطحی نسبتاً آسان است و فضای زیادی نمی‌خواهد. با وجود این، در نواحی معینی با شیب تندتر ممکن است نیاز به بیش از یک پخش‌کننده باشد تا جریان ورقه‌ای را در سرتاسر منطقه ایجاد کند.

کاشت درخت و گیاهان متنوع متناسب با اقلیم منطقه در نواحی حاشیه‌ای و اطراف رودخانه‌ها و مسیل‌های شهری می‌تواند باعث کنترل حرکت سیل و روند رسوب‌گذاری و همچنین جلوگیری از شسته شدن خاک و خروج مواد مغذی و کاهش گونه‌های مختلف گردد. این نواحی سبز ضمن ایجاد مناظر بدیع (که موجبات جذب توریست و ایجاد مکان مناسب جهت تفریح شهروندان را فراهم می‌کند) سبب ایجاد تنوع گونه‌های زیستی و کمک به مهاجرت و بازگشت گونه‌های از دست رفته می‌گردد، که خود می‌تواند یکی از موفقیت‌های بزرگ طرح‌های مدیریت رودخانه‌ها و مسیل‌های شهری باشد.

کانال‌های چمنی مسلح^۳

کانال‌های چمنی (کانال‌های کوچک با پوشش چمن) برای انتقال روان‌آب در مناطق کم‌تر توسعه یافته به‌کار می‌روند. این کانال‌ها می‌توانند مقدار کم اما مهمی از آلودگی را پالایش کنند. برای روان‌آب‌های با سرعت بالا (بیش از ۱/۲ متر بر ثانیه) استفاده از کانال‌های چمنی مناسب نیست زیرا منجر به فرسایش آن‌ها می‌شود. در این صورت لازم است از پوشش‌های بتنی یا سنگفرش در کف کانال‌ها استفاده شود. شیب‌شکن‌های مناسب نیز می‌توانند در طول این کانال‌ها ساخته شوند. این شیب‌شکن‌ها مخازن موقتی را برای نگهداری روان‌آب ایجاد کرده و در نهایت آن‌را به درون زمین نفوذ می‌دهند. میزان تاثیر این اقدام با ۱۵ درصد جداسازی مواد آلی و حدود ۳۰ درصد مواد جامد معلق (TSS) نسبتاً کم می‌باشد. چنان‌چه کانال‌های چمنی درست نگهداری نشوند، مثلاً کوتاه کردن چمن‌ها به موقع انجام نشود، این سیستم ممکن است به افزایش مواد آلی موجود در آب کمک کند.

ملاحظات زیست محیطی در مدیریت رودخانه‌ها و مسیل‌های شهری امروزه برای محیط‌های شهری در سطح بین‌المللی قوانینی با تاکید بر مدیریت جامع محیط زیست و صیانت از حریم‌های تعریف شده رودخانه‌ها و مسیل‌ها و تاکید بر اجرای پروژه‌های به‌سازی زیست محیطی و حفظ پوشش گیاهی و گونه‌های بومی با هدف حفظ محیط زیست برای نسل‌های آینده شکل گرفته است. به‌طوری‌که ملاحظات زیست محیطی با ضروریاتی نظیر حفظ محیط طبیعی، از جایگاه والا‌یی در طرح‌های مدیریت رودخانه‌ها و مسیل‌های شهری برخوردار شده و جزء اهداف اصلی می‌باشند. از نقطه نظر محیط زیست، بهترین پروژه، پروژه‌ای است که انجام آن مطلقاً ضروری

3. Reinforced Grassy Swales

حفاظت هر چه بیشتر از محیط زیست شهری و هم‌چنین با عنایت به مشکلات عدیده موجود در کشور، نیاز به تصویب قوانین حمایتی روزآمد و منطبق با واقعیات موجود در کشور و زمینه‌سازی قانونی در ایجاد مدیریت واحد در مدیریت سیلاب‌ها و مسیل‌های شهری و رفع موانع قانونی موجود بر سر راه به‌سازی آن‌ها بیش از پیش احساس می‌گردد.

منابع

- 1- Anon. 1995. Green Cities, Australian Urban and Regional Development Review. Strategy paper number 3.
- 2- Andoh, R. 2002. Urban Drainage and Wastewater Treatment for the 21st Century. 9th International Conference on Urban Drainage, 1-16.
- 3- Butler, D. and Parkinson, J. 1997. Towards Sustainable Urban Drainage. Water Science and Technology, 9: 53-63.
- 4- Ellis, J.B. 1979. The Nature and Sources of Urban Sediments and Their Relation to Water Quality: a Case Study from North-West London, in: Hollis G.E. (Ed.) Mans Impact on the Hydrological Cycle in the United Kingdom, geo Abstracts, Norwich, 199-216.
- 5- Hunt, W.F. 1999. Urban Storm water Structural Best Management Practices (BMPs). College of Agriculture and Life Sciences, Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University, June.
- 6- Keller, E.A. and Brooks, A. 1984. Consideration of Meandering in Channelization Projects: Selected Observations and Judgments. River Meandering, Proc. of Conference RIVERS 83, ASCE, Vicksburg, Mississippi, 384-398.
- 7- Kibble, G. 1987. Metropolitan Strategy for Sydney. Planner, 3, 7-10. Lands berg H.E 1956. The Climate of Towns. In: Thomas W.L (Ed.) Mans Role in Changing The Face of Earth, University of Chicago Press, Chicago, 584-606.
- 8- Nash, L. 1993. Water Quality and Health, In: Gleick, P.H. (Ed.) Water in Crisis: A Guide to the Worlds Fresh Water Resources, Oxford University Press, New York, 25-39.

باشد و کم‌ترین تغییر را در وضعیت طبیعی ایجاد نماید. از این‌رو، لازم است اقدامات ساماندهی رودخانه، به کوتاه‌ترین طول محدود شده و سازه‌های مورد نیاز بیش‌ترین تطابق را با مناظر طبیعی داشته باشند. در همین راستا، به‌کارگیری راه‌حل‌های طبیعی یا شبه‌طبیعی و روش‌های بیولوژیکی و بیومکانیکی و استفاده از کم‌ترین اقدامات مصنوعی، برای دستیابی به اهداف پروژه، به‌طور جدی توصیه می‌شوند.

در سال‌های اخیر، در نقاط مختلف دنیا، طرح‌های ساماندهی رودخانه‌ها و مسیل‌ها عمدتاً شامل سازوکارهای مناسب برای توسعه‌ی تنوع زیستی و محیطی رودخانه‌ها، ساخت کانال‌هایی با ظاهر هر چه طبیعی‌تر و بازیافت شرایط طبیعی اولیه، برای رودخانه‌هایی که در اثر تغییر کاربری زمین تخریب شده‌اند، بوده است [۲]. چنان‌که در برخی از کشورها (نظیر انگلستان و دانمارک) بسیاری از رودخانه‌های کانالیزه شده، با حذف کارهای حفاظت کناره‌ها و تغییر جانمایی موجود، به صورت طبیعی‌تر بازگردانده شده‌اند [۶]. هم‌چنین دیدگاه‌های مشابهی از نظر ساماندهی رودخانه در سیاست‌های حکومتی کشور هلند برای برنامه‌ریزی‌های شهری و ملی گنجانده شده است [۹].

نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر اقدامات سازه‌ای و مدیریتی نسبتاً زیادی به‌منظور مقابله با انواع آلودگی‌های روان‌آب شهری نظیر کاهش رسوب، نیترات، فسفر و فلزات سنگین و سموم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اما با توجه به توپوگرافی شهری، وسعت، پیچیدگی خطوط مراسلاتی شهری از قبیل خیابان‌ها و مترو و اتوبان‌ها و شدت بارش و روان‌آب و سیلاب تولیدی و شدت و انواع آلودگی‌ها در روان‌آب، انتخاب روش‌های موثر و اقتصادی که دارای هزینه‌های نگهداری قابل‌تحمیلی نیز باشند دارای پیچیدگی خاص به خود است. به‌هر حال در مدیریت کاهش آلودگی باید به انجام پروژه‌های نسبتاً بزرگ نظیر حوضچه‌های تالابی تا پروژه‌های کوچک محلی، نظیر باغ‌های بارانی، برای مدیریت روان‌آب در مقیاس‌های کوچک اقدام نمود. بهترین اقدام مدیریتی برای کنترل آلودگی سیلاب شهری آن است که با پیش‌گیری کاهش آلودگی روان‌آب شروع شوند. اقدامات ساده‌ای نظیر اصلاح فرهنگ کود مصرفی در فضای سبز شهری و آموزش‌های شهروندان در جهت کاهش مصرف سموم دفع آفات و مدیریت داروهای اضافی در منازل به روش‌های صحیح و مهم‌تر از همه کاهش زباله‌های تر و خشک و بازیافت صحیح پسماندهای شهری به کاهش آلودگی روان‌آب کمک می‌کنند. در ادامه سیاست پاک‌سازی روان‌آب، استفاده از سازه‌های مهندسی هم‌چون احداث تالاب سیلاب‌گیر و برخی اقدامات دیگر از قبیل افزایش نفوذپذیری سطوح حوزه آبخیز شهری به کاهش هزینه‌های احداث و انتخاب بهترین اقدام مدیریتی سازه‌ای کنترل روان‌آب آلوده باید بیانجامد. با توجه به گستره اقدامات قانونی صورت گرفته در دنیا در جهت

State of the Art, Conference Hydraulic Engineering,
New Orleans, ASCE, Aug.1-32.

9- Pilarczyk, K.W., Havinga, H., Klaassen, G.J.,
Verhey, H.J., Mosselman, E. and Leemans, J.A.M.
1989. Control of Bank Erosion in Netherlands.