

راهبردهای کنترل کمیت و کیفیت رواناب شهری با نگرش به حفظ محیط زیست

چکیده:

ایجاد تغییرات در سطح اراضی (شهر سازی)، تعادل بین رواناب، نفوذ، تبخیر و تعرق را بر هم می‌زند. مهم‌ترین اثر توسعه شهری افزایش شدید رواناب سطحی است. احداث ساختمان، سنگفرش پیاده‌روها، جاده و پارکینگ‌ها مقدار نفوذ را کاهش و رواناب را افزایش می‌دهد. بنابراین یکی از گسترده‌ترین اثرات توسعه شهری روی هیدرولوژی و مورفولوژی جریان آب باران است بطوری که شهرسازی درصد نفوذناپذیری سطوح آبخیز را نسبت به بارش افزایش می‌دهد. در نتیجه حجم رواناب و دبی اوج سیلاب افزایش می‌یابد. همچنین بارش باران بر سطح یک حوضه شهری باعث جمع کردن و شستن آلودگی از هوا و سطح حوضه می‌شود. مقدار این آلودگی به نوع حوضه‌ها و فعالیت‌هایی که روی آنها صورت می‌گیرد بستگی دارد. در بسیاری از مناطق شهری آلودگی‌های شسته شده توسط آب باران مشکلاتی در آبهای پذیرنده ایجاد می‌کنند و از جمله پر هزینه‌ترین طرحهای عمرانی در سطح شهرها، پروژه‌های جمع‌آوری و دفع مناسب رواناب ناشی از بارندگی است. از اوایل دهه هفتاد میلادی مسأله کیفیت رواناب شهری و تخلیه مستقیم آنها به آبهای پذیرنده و نیز جنبه‌های زیست‌محیطی آنها مورد توجه مراکز تحقیقاتی جهان قرار گرفته است در این مقاله راهبردهای کنترل کیفیت و کمیت رواناب حوضه‌های شهری ارائه گردیده است.

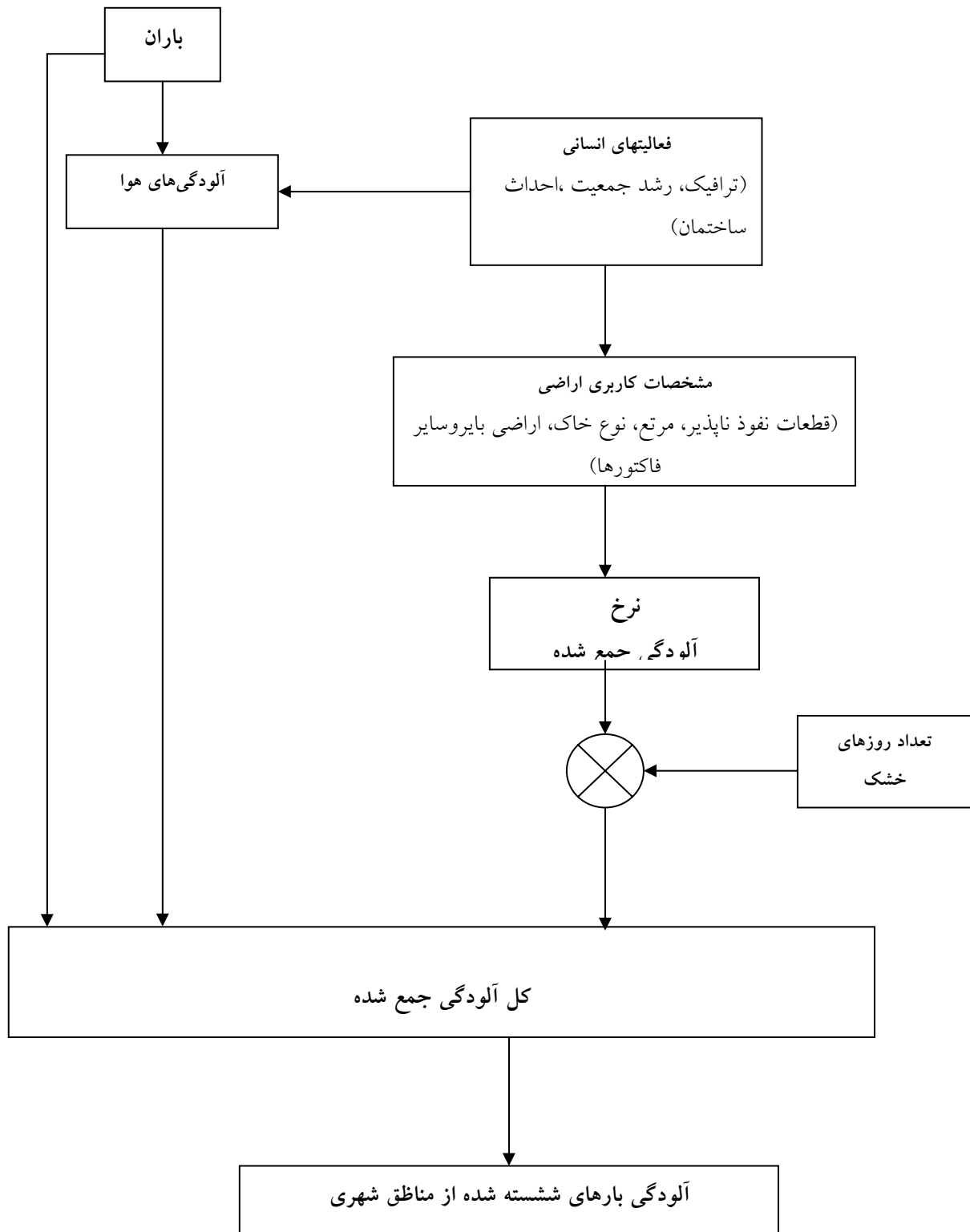
واژه‌های کلیدی: سیلاب شهری، کمیت و کیفیت رواناب، راهبردهای کنترل

۱- مقدمه

حوضه‌های آبخیز به دو شکل کلی شهری و روستایی (طبیعی) تقسیم می‌شوند. حوضه‌های شهری بر اساس نیاز به دنبال تغییر در کاربری اراضی حوضه‌های روستایی بوجود آمده‌اند.

تبدیل یک حوضه از حالت طبیعی اولیه و شرایط روستایی به یک محیط زیست شهری تغییرات اساسی بر روی منابع آب و خاک ایجاد می‌کند. این تغییرات در مقیاس زمانی بسیار کوتاهی در مقایسه با فرایندهای طبیعی انجام می‌گیرند. ایجاد تغییرات توسعه‌ای در سطح اراضی، تعادل بین رواناب، نفوذ، تبخیر و تعرق را بر هم می‌زند. مهم‌ترین اثر توسعه شهری افزایش شدید رواناب سطحی است. احداث ساختمان، سنگفرش پیاده‌روها، جاده و پارکینگ‌ها مقدار نفوذ را کاهش و رواناب واقعی را افزایش می‌دهد. بنابراین یکی از گسترده‌ترین اثرات توسعه شهری تغییر در مقدار و شکل جریان آب باران است. با توسعه عملیات شهرسازی درصد سطوح نفوذناپذیر آبخیز افزایش می‌یابد و در مقابل

مقدار نفوذ باران به سمت ذخیره عمقی کاهش می یابد. در نتیجه حجم و دبی اوج سیلاب افزایش می یابد. هنگامی که باران بر سطح یک حوضه شهری می بارد، باعث جمع کردن و شستن آلودگی از هوا و سطح حوضه می شود. مقدار این آلودگی به نوع حوضه ها و فعالیت هایی که روی آنها صورت می گیرد دارد. در شکل (۱) روند تشکیل و شسته شدن آلودگی نشان داده شده است.



شکل ۱: فرایند تولید و شستشوی آلودگی در مناطق شهری [۴]

۲- کیفیت رواناب شهری

کیفیت رواناب در ارتباط با کمیت آن تغییر می‌کند. کمیت رواناب شهری تابع میزان نفوذناپذیری ترکیب و تراکم ساختمانی و بافت شهری و به‌طور کلی معماری شهرهاست. ساختمان‌های با سقف افقی از ساختمان‌های با سقف شیب‌دار رواناب کمتری تولید می‌کنند. رواناب شهری منبع بسیار متغییری از نظر کمیت و کیفیت می‌باشد. شهرسازی کیفیت رواناب را با فراهم آوردن آلودگی‌های متنوع تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییرات ایجاد شده در چرخه‌ی هیدرولوژیکی و بیلان آبی در اثر فعالیتهای شهری شرایط فوق را تشدید می‌کند.

سرعت‌های بالاتر رواناب، آلودگیها و رسوبات انباشته شده بر سطوح جاده‌ها، پارکینگ‌ها، و مناطق مسکونی را به حرکت درآورده و باعث تشدید فرسایش خاک از سطح زمین، بستر و کناره‌های رودخانه می‌شود. در شهرها باران کمتری به زمین نفوذ کرده و بخش زیادی از آن وارد لوله‌ها و کانال‌های زهکشی شهری می‌شود. نتیجه‌ی فرایند فوق تجمع و تغلیظ آلودگی است که به‌طور جدی آبهای پذیرنده و محیط زیست آبی را تخریب می‌کند [۱].

در بسیاری از مناطق شهری آلودگی شسته شده توسط آب باران مشکلاتی در آبهای پذیرنده ایجاد می‌کند. از جمله پر هزینه‌ترین طرحهای عمرانی در سطح شهرها، پروژه‌های جمع‌آوری و دفع مناسب رواناب ناشی از بارندگی است. از اوایل دهه هفتاد میلادی مسأله کیفیت رواناب‌های شهری و تخلیه مستقیم آنها به آبهای پذیرنده و نیز جنبه‌های زیست محیطی آنها مورد توجه مراکز تحقیقاتی جهان قرار گرفته است. خطراتی که دفع مستقیم سیلاب و فاضلاب شهری به آبهای پذیرنده دارند عبارتند از:

- ✓ کاهش اکسیژن محلول رودخانه و به دنبال آن از بین رفتن گونه‌های زیستی و مرگ آبزیان در رودخانه‌ها و تالابها.
- ✓ رشد سریع جلبکها به دلیل وجود موادی چون نیتروژن و فسفر.
- ✓ رسوبگذاری در دهانه‌های کم شیب.
- ✓ کیفیت نامناسب آب شرب و کشاورزی برای مصرف کنندگان پایین دست.
- ✓ برهم زدن تعادل اکولوژیکی محیط.

در جدول (۱) مهمترین آلودگیها، منابع و مشکلات ایجاد شده در حوضه‌های شهری معرفی شده است.

۳- مقایسه آلودگی ناشی از منابع مختلف

تحقیقات و اطلاعات برداشت شده از رواناب و پساب فاضلاب‌های شهری نشان داده است که رواناب‌های شهری دارای مواد رسوبی بیشتری نسبت به پساب فاضلاب هستند. با توجه به اینکه ذرات معلق عامل بسیار مهمی برای حمل موادی چون فسفر و نیتروژن هستند، وجود این مواد در حوضه باعث آلودگی بیشتر منابع آب می‌شود [۴]. در جدول (۲) میزان آلودگی از حوضه‌های شهری و پساب فاضلاب بعد از تصفیه ثانویه ارائه شده است.

جدول ۱: آلودگی‌های اصلی، منشاء و مشکلات همراه با کیفیت رواناب شهری (برومندنسب، سعید، ۱۹۹۵) [۲]

نوع آلودگی	منشاء	مشکلات/ریسک
مواد غذایی و جلبک‌ها	تجزیه مواد آلی در مراتع، آشغال ریخته شده در خیابان (برگه‌ها، شاخه‌ها، دانه‌ها و...) حشره‌کشها و پاک‌کننده‌ها	- تجمع مواد مغذی در آبگیرها - مضر برای بدن و انبارها - کاهش جریان مربوط به علف هرز
اجسام معلق (ماسه، سیلت و رس)	فرسایش خاک، وسایل نقلیه متحرک، و فعالیتهای ساختمانی	- افزایش هزینه های تصفیه - عامل گل آلودگی - تغییر در تراز بستر - خسارت برای کاربران در پایین دست - تغییر در محیط زیست طبیعی
فلزات سنگین	فعالتهای صنعتی، تولیدات نفتی و موتور وسایل نقلیه	- مواد سمی - آلودگی منابع آب
مواد تجزیه نشدنی	فعالتهای بشری (باغداری، مواد زائد غذایی، غیره)	- کاهش اکسیژن - بو - آلودگیهای نمایان

جدول ۲: مقادیر تیپ غلظت سیلاب شهری و تصفیه ثانویه فاضلاب (به نقل از برون و مولیناری، ۱۹۸۷)

پارامتر کیفیت آب	سیلاب شهری	تصفیه ثانویه فاضلاب
------------------	------------	---------------------

مواد معلق	۱۵۰-۶۵۰	۱۰-۳۰
مجموع نیترژن	۰/۵-۳	۳۰
مجموع فسفر	۰/۱-۱/۵	۱۰
BOD	۱۰-۶۰	۲۰
مجموع کلیفرمها	۱۰ ^۳ -۱۰ ^۶	۱۰ ^۵

* تمام مقادیر برحسب mg/lit هستند بجز مجموع کلیفرمها که برحسب CFU/100ml است.

مقایسه آلودگی وارده به آبهای پذیرنده از حوضه‌های شهری و روستایی توسط Jolankai (۱۹۸۳) نشان می‌دهد که غلظت این مواد در حوضه‌های روستایی عموماً بیش از حوضه‌های شهری است ولی با توجه به اینکه حوضه‌های شهری בעلت داشتن سطح نفوذناپذیر بیشتر رواناب بیشتری تولید می‌کنند، آلودگی خروجی از آنها بیشتر است. نتیجه این تحقیقات در جدول (۳) آورده شده است [۴].

جدول ۳: کاربری اراضی و حدود غلظت آلودگی‌های اساسی (Jolankai، ۱۹۸۳)

کاربری اراضی	NFR (mg/l)	P (mg/l)	N (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
شهری	۵-۱۱۰۰۰	۰/۱-۱/۱	۰/۷-۹	۰/۸-۷۰۰	۵-۳۱۰۰
روستایی	۱۸-۶۷۰۰۰	۰/۰۱-۱۲	۰/۱-۱۷۸	۳-۳۰	۵۰-۷۸۰

۴- راهبردهای کنترل کمیت و کیفیت رواناب شهری

معیارهای طراحی سیستم‌های سنتی زهکشی رواناب شهری با توجه به این نگرش که رواناب شهری یک منبع آلوده‌کننده و مزاحم است و باید هرچه سریعتر از مناطق شهری خارج و به آبهای پذیرنده (رودخانه‌ها، دریاچه و دریا) منتقل شود، توسعه یافته‌اند. در این نگرش مسأله‌ی کیفیت رواناب و کنترل آن و مسأله‌ی آلوده شدن آبهای پذیرنده و تخریب محیط زیست و اکوسیستم‌های پایین دست در نظر گرفته نشده است.

در طراحی‌های نوین مبتنی بر نگرش آبخیزداری شهری سعی بر نگه‌داشتن و حفاظت آبراهه‌های طبیعی در برخی از مناطق شهری است. در این راستا انواع سیستم‌های کنترل آلودگی آب متناسب با خصوصیات و مرحله‌ی توسعه‌ی منطقه‌ی مورد بررسی می‌توانند بکار برده شوند. البته، تمام راهبردهای مدیریت رواناب شهری باید شامل اهداف ذیل

باشند [۳]:

- ✓ دبی رواناب باید تا حدودی محدود شود که جریان هیدرولیکی داخل کانال پایین دست اجباراً به تأخیر افتد و در نتیجه فرسایش بستر و سواحل این کانال‌ها به حداقل برسد.
 - ✓ خروج مواد آلی، رسوبات، مواد جامد معلق، مواد مغذی و باکتریها از منطقه برای حفظ سازگاری محیط زیست آبهای پایین دست محدود گردند.
 - ✓ توسعه شهری باید به مناطقی که بوسیله مطالعات قابلیت کاربری اراضی شهری مشخص شده‌اند محدود گردد به طوری که یک نوع بخصوص از کاربری شهری استفاده شود تا باعث فرسایش خاک و رسوبگذاری قابل توجهی نشود. همچنین توسعه شهری باید به مناطق مستعد که به وسیله یک سیستم شبکه بندی فاضلاب جداگانه آماده شده‌اند محدود گردد.
 - ✓ نقش مسیل‌ها در انتقال رسوب و پتانسیل آنها برای تسهیل در جذب آلودگی‌های آب شناخته شود.
 - ✓ سطح اراضی متصل به سیستم فاضلاب سطحی برای حفظ حقوق همسایگان و نیز برای حفاظت و یا ایجاد مناطق محافظ بین آبهای جاری و مناطق توسعه یافته شهری محدود شوند.
 - ✓ یک سیستم اقتصادی و شرایط هزینه‌های سرمایه‌گذاری، عملکرد و نگهداری ایجاد شود.
 - ✓ سیاست دولت در ارتباط با مهار سیل در نظر گرفته شود.
 - ✓ سلامت و سازگاری عمومی در نظر گرفته شود.
 - ✓ چشم‌اندازهای شهری و موقعیت‌های تفریحی افزایش یابند.
- هدف اصلی راهبرد کنترل کیفیت و کمیت رواناب حوضه‌های شهری حفظ کیفیت آبهای پذیرنده پایین دست بوسیله جداسازی و تصفیه رواناب شهری قبل از ورود به آنها، در حین شهرسازی و بعد از آن می‌باشد. این راهبرد موارد ذیل را در بر می‌گیرد:

- ۱- کنترل آلودگی در مبدأ
- ۲- مرمت فرسایش‌های موقتی و کنترل رسوب در طول فعالیتهای ساختمانی شامل توسعه‌ی اراضی
- ۳- حفاظت شیارهای طبیعی و آبراه‌های با پوشش چمنی، ترجیحاً به وسیله‌ی حوضچه‌های تأخیری بجای پوشش سیمانی زهکشها
- ۴- احداث تله‌های اصلی و فرعی کنترل زباله‌های درشت برای متوقف کردن آشغال و مواد رسوبی درشت

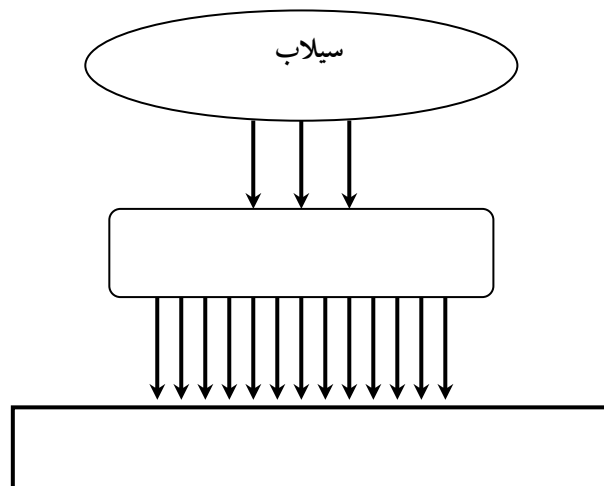
۵- کاهش رواناب تولیدی

۶- احداث استخرهای کنترل آلودگی آب و تالابها

یک راهبرد مؤثر برای کاهش بارهای آلودگی رواناب، کاربرد بهترین عملیات مدیریتی چندگانه شامل: روشهای غیر سازه‌ای، کنترل منشأ، و بهترین عملیات مدیریتی سازه‌ای است. معمولاً یک روش ویا وسیله منفرد نمی‌تواند کاهش رضایت‌بخشی در مقدار آلودگی رواناب فراهم آورد، زیرا این آلودگی‌ها از منابع بیشماری در داخل شهر می‌آیند. همچنین بهترین عملیات مدیریتی چندگانه می‌توانند مکمل افزایش کیفیت آب باشند. یک روش چندگانه بهترین عملیات مدیریتی که به‌طور شماتیک در شکل (۲) نشان داده شده است، با بسیاری از منابع آلودگی و رواناب در سرتاسر یک آبخیز سروکار دارد و نشان می‌دهد که در زمان ممکن، ترکیب بهترین عملیات مدیریتی در یک مجموعه می‌تواند یک راهبرد مؤثر برای کاهش بارهای آلودگی منتقل شده به آبهای پذیرنده بوسیله رواناب باشد [۵].

۵- بحث و نتیجه‌گیری

مشکلات رواناب شهری از دو نوع مجزا ولی وابسته به هم هستند: کمیت و کیفیت. کنترل مقادیر حجم و دبی اوج رواناب نیازمند کاهش پتانسیل فرسایش کناره و سیلخیزی پایین‌دست است. این مشکلات تابع سیستم‌های سیلاب حوضه و روش‌های کنترل اجرا شده هستند. امروزه حفاظت آبهای پذیرنده از دغدغه‌های مهندسی است که به‌سادگی بسته به پیچیدگی و تغییرپذیری سیلاب میسر نمی‌شود. این امر مستلزم برنامه‌ریزی جامع، طراحی و مدیریت این قبیل سیستم‌هاست، که می‌تواند تنها در قالب یک روش کارآمد و به وسیله استفاده از مدل‌های کنترل رواناب شهری تحقق یابد.



آلودگی

جلوگیری یا کاهش ته‌نشینی آلودگی بر روی
معايير شهری

کنترل منابع تولید آلودگی

سازه‌های کنترل درجا

(کوچک کردن سطوح تماس مستقیم نفوذناپذیر، استخرهای تأخیری مرطوب،
تالابهای مصنوعی، پوشش‌های گیاهی، کانال‌های با پوشش گیاهی،
بلوک‌های پیمان‌ه‌ای، سنگفرش متخلخل، تصفیه)

سازه‌های کنترل تابع

(بکارگیری سطوح وسیع‌تر از کنترل درجا، استخرهای تأخیری مرطوب،
حوضچه‌های خشک، تالابهای مصنوعی، حوضچه‌های فیلتر)

آبهای پذیرنده

(رودخانه، آب زیرزمینی، مرداب، دریاچه، دریا)

شکل ۲: راهبرد مدیریت چندگانه‌ی کیفیت سیلاب [۵]

برای تحقق این هدف فرایند چهار مرحله‌ای زیر برای انتخاب بهترین عملیات مدیریتی در اجرا و توسعه‌ی مناطق

شهری توصیه شده است:

کاربرد عملیات کاهش رواناب: برای کاهش حجم ودبی اوج رواناب مناطق مسکونی از روش‌های کاهش سطوح مستقیم تماس نفوذناپذیر استفاده شده است. این روش‌ها بر مبنای کاهش سطوح نفوذناپذیر و عبور سیلاب از روی مسیره‌های نفوذناپذیر و سطوح چمنی به منظور کند کردن سرعت رواناب و افزایش نفوذ طراحی شده‌اند. این روشها بطور مؤثر مقدار رواناب را کاهش داده، کیفیت آن را بهبود می‌بخشند و هزینه‌ی احداث ابنیه‌ی زهکشی را کاهش می‌دهند.

تدارک تسهیلات کنترل حجم و کیفیت رواناب: این سازه‌ها برای گیر انداختن و تصفیه‌ی حجم بخصوصی از رواناب (در حدود نصف رواناب یک رگبار ۲ساله) بکار می‌روند. مکانیزم اولیه‌ی پاک‌سازی آلودگی شامل ته‌نشینی فیزیکی رسوبات معلق و آلودگی‌های جذب شده‌ی همراه با آن است. مکانیزم‌های پاک‌سازی ثانویه‌ی آلودگی شامل تصفیه، حذف بیولوژیکی و جذب سطحی می‌باشد.

تثبیت کانال‌ها: در آبراهه‌های طبیعی و مصنوعی، فرسایش یک منبع اصلی تولید رسوب است. آبراهه‌های طبیعی غالباً در معرض فرسایش کناری و بستر هستند و تثبیت آبراهه‌های مجاور با مناطق توسعه یافته لازم است.

ضرورت توجه به عملیات مدیریتی برای مناطق صنعتی و تجاری: اگر یک توسعه‌ی جدید و یا فعالیت توسعه‌ای قابل توجه برای یک منطقه‌ی تجاری یا صنعتی برنامه‌ریزی شده است، اجرای عملیات مدیریتی ویژه در این مناطق باید مورد توجه قرار گیرد.

راهبرد نوین در مدیریت حوضه‌های آبخیز شهری پیشنهاد می‌کند سازه‌های غیر ساختمانی به‌صورت همگام با سیاستهای مدیریت سیلاب در نظر گرفته شود. نمونه‌هایی از روش‌ها ایجاد پوشش گیاهی روی اراضی بایر، بازیافت، تدارک و ساخت تالابها و... می‌باشد.

برای کنترل و استفاده از رواناب شهری در شهرهای ایران باید پارامترهای اقلیمی، زمین‌شناسی و موقعیت آب زیرزمینی را مورد توجه قرار داد. جداسازی سیستم جمع‌آوری رواناب سطحی از سیستم فاضلاب اماکن مسکونی و صنعتی جهت جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی و استفاده از روشهای نفوذ رواناب در زمین می‌تواند راه حل مناسبی جهت بهبود کمیت و کیفیت رواناب شهری باشد. همچنین استفاده از مخازن جمع‌آوری و ذخیره‌ی رواناب پشت بامها و استفاده از آن جهت فضای سبز در تمام نقاط کشور مفید خواهد بود.

در حال حاضر در بسیاری از شهرهای ایران، طرح‌های جمع‌آوری فاضلاب خانگی و تصفیه‌ی آن در دست اجرا می‌باشد. این طرح‌ها به منظور حفظ محیط زیست (آبهای پذیرنده‌ی سطحی، آبهای زیرزمینی، آبیان و غیره...) و مسایل

ایمنی و ساختمانی و بهداشتی انجام می‌شوند. در اغلب این طرح‌ها برای توجیه هزینه‌ها، بازیافت فاضلاب و استفاده از آن در کشاورزی مطرح شده است [۱].

بجز شهرهایی نظیر تهران و اصفهان که علاوه بر جمع‌آوری فاضلاب مسئله کنترل آبهای سطحی نیز مورد توجه قرار گرفته است در سایر شهرهای ایران به آن توجه نمی‌شود. اگرچه این مسئله به عنوان یک امر زیربنایی در طراحی توسعه جدید شهری در نظر گرفته می‌شود، بیشتر بر اساس طرح‌های تیپ گذشته و جهت دور کردن رواناب از محیط‌های شهری بوده است و برای کنترل کیفی و استفاده از آن هیچ طرحی در دست نمی‌باشد [۱]. بنابراین توجه به این مسئله در طرح‌های توسعه شهری بخصوص در شهرهای بزرگ از اهمیت بسزایی برخوردار است.

به منظور بهبود کیفیت منابع آب پذیرنده رواناب شهری و استفاده بهینه از آن، تهیه استانداردهایی برای مدیریت و زهکشی رواناب شهری با توجه به شرایط اقلیمی، معماری و فرهنگی مناطق مختلف کشور ضروری می‌باشد

فهرست منابع:

۱. غفوری، عبدالمحمد، شعاعی، ضیاءالدین. ۱۳۸۲. سیستم‌های سطوح آبرگیر باران به منظور توسعه پایدار منابع زیست محیطی، فصل ششم، حوضه‌های آبخیز شهری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، شورای پژوهش‌های علمی کشور.

2. Boroumand-Nasab, S. (1995) "Storm water Quality Modeling of Urban catchments", PhD Thesis University of Wollongong, N.S.W, Australia.
3. Boyd, M.J. (1993), "Does onsite detention storage reduce total catchment's flooding", Proceeding of Environmental Management, Geo Water and Engineering Aspects Symposium, 1993 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 54 10 099 0
4. Brown, s. and Molinari, s. (1987), "Pollution control for urban Runoff. Urban Runoff" quality seminar, I.E.Aust. A.W.W.A, Sydney, N.W.S, Aust. 21July. 13p.
5. Urban Storm drainage, criteria manual (volume 3). "Best management practices", 1999 urban drainage and flood control district Denver Colorado.

راهبردهای کنترل کمیت و کیفیت رواناب شهری به منظور حفظ محیط زیست
مسعود گودرزی *

عبدالمجید فروغی *

اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

Fax: 021-44905709

Massoud_goodarzi@yahoo.com