کیفیت روانابهای شهری

و روشهای کنترل اثرات سوء زیست محیطی آن

حمیدرضا صفوی*

چکیده

از جمله پرهزینه‌ترین طرحهای عمرانی در سطح شهرها، پروژه‌های جمع‌آوری و دفع مناسب روانابهای حاصل از بارشهاست. معیارهای طراحی سیستمهای زهکشی شهری تا چند دههٔ گذشته بیشتر متکی بر داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی بوده و نهایتاً با استفاده از این داده‌ها اقدام به طراحی هیدرولیکی سازه‌ها می‌شده است. از چندی پیش مسئله کیفیت روانابهای شهری و تخلیهٔ مستقیم آنها به آبهای پذیرنده و نیز جنبه‌های زیست محیطی آنها مورد توجه مراکز تحقیقاتی جهان قرار گرفته است، تا آنجا که بسیاری از معیارهای طراحی را تغییر داده و پارامترهای شاخص آلودگی را جایگزین بسیاری از عوامل هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نموده است. در این مقاله سعی گردیده که ضمن ارائه نتایج اندازه‌گیری پارامترهای شاخص آلودگی در طی یک دورهٔ یکساله بارندگی در شهر اصفهان به مسئله لزوم کنترل کیفی سیلابهای شهری اشاره شود و نیز روشهای غیرساختمانی که در برگیرندهٔ یکسری روشهای ارزان قیمت و بسیار مؤثر بر روی کیفیت روانابهاست معرفی گردد.

مقدمه

موضوع کیفیت نامطلوب روانابهای شهری به ویژه در شهرهای بزرگ که منابع آلایندهٔ هوا، خاک و آب در آنها نسبت به شهرهای کوچکتر بیشتر است و نیز پیامدهای زیانبار دفع مستقیم این روانابها به آبهای پذیرنده، در طی دههٔ گذشته اهمیت ویژه‌ای یافته و تحقیقات و بررسیهای گستردهٔ جهانی را برانگیخته است [۱] به طوری که به یکی از موضوعات جدید و مهم در زمینه مدیریت منابع آب در مناطق شهری تبدیل گردیده[۲] و در طی دههٔ (۱۹۹۴ - ۱۹۸۴) بیش از ۱۸ گردهمایی و همایش جهانی را به خود اختصاص داده است [۳]. هزینه‌های بسیار سنگین و گزافی که در برخی از شهرهای جهان در گذشته‌ای نه چندان دور صرف تصفیه سیلابهای شهری به منظور رعایت ضوابط و معیارهای زیست محیطی می‌شد، توسل به اقدامات اصلاحی از این قبیل را به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک که در فصولی از سال سیلاب با شدت زیاد وجود دارد، امری به کلی غیرممکن و غیراقتصادی جلوه می‌دهد [۴]. به عنوان مثال، طبق

*- عضو هیات علمی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان و کارشناس ارشد مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

برآوردهای مختلف، اعتبارات مورد نیاز برای تصفیه روانابهای شهری در سطح ایالات متحده در سال ۱۹۷۵ معادل هزار میلیارد دلار آمریکا بوده است که تخصیص چنین حجم کلانی از وجوهات به طرحهای مذکور، بطور کلی نامحتمل تلقی شده است [۵]. از طرف دیگر، دفع مستقیم سیلابهای شهری به منابع پذیرنده نیز تاکنون آثار سویی به دنبال داشته که از جمله می‌توان به کاهش اکسیژن محلول رودخانه‌ها و به دنبال آن مرگ آبزیان، رشد سریع جلبکها به دلیل وجود مواد مغذی، رسوبگذاری در دهانه‌های کم شیب، بدمنظره نمودن و ایجاد کیفیت نامناسب آب برای مصرف کنندگان پایین دست و برهم زدن تعادلهای اکولوژیکی و از جمله مهاجرت پرندگان و از بین رفتن بعضی از گونه‌های زیستی را در خورها و مردابها اشاره نمود.

از این رو توسل به انواع روشهای پیشگیرانه کنترل در مبدأ[1] و همچنین وضع قوانین و مقررات بازدارنده‌ای که میزان آلودگی در سطح شهرها را به حداقل ممکن کاهش دهد و نیز اقدامات ساده ساختمانی[2] که با هزینهٔ حداقل قابل اجراست تنها راه حل فنی، اقتصادی و زیست محیطی بوده و اینگونه اقدامات را نبایستی اقداماتی فرعی و ثانویه در رابطه با مهار آلودگی و جلوگیری از انتشار آن به وسیلهٔ روانابهای شهری محسوب نمود.

اهداف مطالعات کیفی بر روی روانابهای سطحی

بررسیهای کیفی سیلابهای شهری و تجزیه و تحلیل آنها در اکثر شهرهای صنعتی جهان آغاز شده و در هر مورد اهداف خود را دنبال می‌نماید [۶]. اهم این اهداف عبارتند از :

الف : تأثیر بارشها بر منابع، تأسیسات و تجهیزات شامل :

- بررسی و تحلیل اثرات سوء بر آبهای پذیرنده
- مطالعه و تحقیق بر روی شبکه‌های مرکب جمع‌آوری فاضلاب بهداشتی و آبهای سطحی
- بررسی و تحقیق بر روی شبکه‌های مجزای جمع‌آوری آبهای سطحی
- مطالعه بر روی بارانهای رادیواکتیو و همچنین آلودگی حاصل از فعالیتهای شهری و صنعتی
- بررسی و مطالعه بر روی تجهیزات جدید تصفیه که جهت کاهش آلودگی محیط به کار می‌رود

ب : افزایش راندمان سیستمهای تصفیه موجود در شرایط بارندگی در حالتی که از شبکه‌های مرکب استفاده می‌گردد

ج : تجزیه و تحلیل مسائل مربوط به رسوبگذاری و جلوگیری از ته‌نشینی مواد و همچنین تمیز نمودن شبکه به منظور بهینه کردن روشهای آن و یا طراحی تجهیزات و تأسیسات جهت ایجاد شرایط هیدرولیکی بهتر در شبکه

د : مشخص نمودن خاکهای پذیرندهٔ آبهای حاصل از رواناب به منظور بهینه نمودن وضعیت توسعه شهر و همچنین تنظیم قوانین و ضوابط ویژه

ه : بررسی میزان تأثیرگذاری روشهای مقدماتی تصفیه بر روی کیفیت روانابها و مقایسه اقتصادی آن با روشهای کامل تصفیه

و : مطالعه بر روی میزان تأثیرگذاری روشهای مدیریتی اعمال شده در سطح شهرها

به دلیل هزینه‌های بسیار بالایی که انجام نمونه‌برداری و آزمایشات کیفی در بردارند [۶] ، این امر تا حدودی به کندی صورت گرفته و به ویژه در شهرهای مختلف ایران، در صورت انجام، کمتر گزارش شده است.

پارامترهای کیفی قابل اندازه‌گیری در سیلابهای شهری

بر پایهٔ اهداف ذکر شده، پارامترها و عوامل متعددی در سیلابهای شهری اندازه‌گیری می‌شود که مهمترین آنها به شرح زیر خلاصه و دسته‌بندی می‌گردد :

الف : عوامل و پارامترهای عمومی و شاخص نظیر کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سیلیس، بیکربناتها،

1- Source Control
2- Low Cost Structural Controls

فلورایدها، کلرورها، سولفاتها، مواد جامد محلول، سختی، pH ، درجه حرارت ، اکسیژن محلول و کدورت

ب : مواد مغذی شامل مجموع نیتریت و نیتراتها، ازت کجلدال، ازت آمونیاکی، ارتوفسفاتها و فسفات کل

ج : شاخصهای مواد آلی نظیر اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، کل اکسیژن مورد نیاز (TOD) و کربن آلی

د : فلزات سنگین شامل : سرب، کرم، جیوه، ارسنیک، نیکل، روی، آنتیموان، آهن و منگنز

ه : مواد جامد نظیر مواد جامد فیلتر شده (محلول)، مواد جامد فیلتر نشده، مواد جامد ثابت (معدنی)، مواد جامد فرار (در ۵۵۰ درجهٔ سانتیگراد) و مواد قابل ته‌نشینی

و : شاخصهای میکربی از قبیل کلیفرمها، اشیریشیاکلی، استرپتوکوکهای مدفوعی و بطور کلی میکربهای پاتوژن و بیماریزا

ز : پارامترها و عوامل مخصوص مانند روغن و گریس، فنلها، بی‌فنیلهای پلی‌کلرورینه شده[1] ، حشره‌کشهای کلره، هیدروکربنهای پلی‌آروماتیک و بنزنهای کلرینه شده.

همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل عوامل فوق‌الذکر تابع اهداف و منظورهای متفاوتی است که معمولاً برای شهرها و یا ناحیه‌ای از یک شهر یکسان نیست. برای مثال در هنگام مطالعه و بررسی کیفیت آبهای سطحی :

- کلرور روانابها در شهرهایی اندازه‌گیری می‌شود که از نمک جهت جلوگیری از یخزدگی خیابانها استفاده می‌گردد.
- فلزات سنگین روانابها معمولاً در شهرهای صنعتی و پرترافیک اندازه‌گیری می‌گردد.
- اسیدیته روانابها در شهرهایی اندازه‌گیری می‌شود که احتمال ریزش بارانهای اسیدی وجود دارد.
- میزان مواد رادیواکتیو در روانابها در قسمتهایی مورد بررسی قرار می‌گیرد که خطر نشت این مواد وجود دارد.
- میزان کدورت به عنوان پارامتر عمومی، نشانگر میزان آلودگی و نیز مسائل مربوط به رسوبگذاری است.

اندازه‌گیری و مطالعه بر روی کیفیت روانابهای شهر اصفهان

به منظور تعیین کیفیت روانابها در شهر اصفهان و شناخت دقیق نوع آلودگیها و عوامل آلاینده، در طی یک دورهٔ یکساله بارندگی از اولین بارشهای پاییزی سال ۱۳۷۳ تا آخرین بارشهای بهاری سال ۱۳۷۴ اقدام به نمونه‌برداری و انجام آزمایشات فوق‌الذکر گردید. محل نمونه‌برداریها به گونه‌ای انتخاب گردید که نشانگر و شاخص کاملی از آلودگیهای حوزهٔ آبریز منتهی به آن باشد. نمونه‌برداری به صورت مرکب و در طی کل زمان بارش انجام گرفت. جهت بررسی میزان تأثیر آلودگی هوا و نیز آلودگی اراضی شهری و تفکیک آنها از یکدیگر از باران خالص نیز نمونه‌گیری به عمل آمد.

با مطالعه بر روی عوامل اندازه‌گیری شده نتایج زیر حاصل گردید :

الف : pH تمامی نمونه‌ها نمایانگر خنثی بودن روانابهای جاری است.

ب : روانابهای حاصله از مناطق تجاری و صنعتی دارای اکسیژن محلول صفر و مناطق مسکونی کمتر از ۳ میلیگرم در لیتر است.

ج : اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5) با توجه به نوع کاربری اراضی به طور متوسط حدود ۷۰۰ میلیگرم در لیتر است.

د : اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) دارای میانگین ۱۳۰۰ میلیگرم در لیتر است که نشانگر میزان آلودگی روانابها به عوامل شیمیایی است.

ه : کل مواد معلق (TSS) بطور متوسط ۹۰۰ میلیگرم در لیتر اندازه‌گیری شده که منبع اصلی ایجاد آن مصالح ساختمانی در هنگام ساخت و سازها و همچنین سایش لاستیکهای وسایط نقلیه و لنت ترمزها می‌باشد.

و : غلظت سرب اندازه‌گیری شده بطور متوسط حدود ۳۰۰ میکروگرم در لیتر بوده است.

ز : غلظت متوسط روی (Zn) حدود ۲۸۰ میکروگرم در

1- Polychlorinated Biphenyls

لیتر بود.

ح : غلظت میانگین چربی و گریس نمونه‌های گرفته شده حدود ۱۵۰ میلیگرم در لیتر اندازه‌گیری شده است.

ط : قابلیت هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده که نشانگر میزان نمکهای قابل حل در آب می‌باشد حدود ۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر بوده است.

ی : میانگین غلظت فسفاتها رقم ۶۰ میلیگرم در لیتر بوده که منبع اصلی ایجاد آن کودهای مصرفی در فضاهای سبز و جوی باغچه‌ها است.

با مشخص نمودن کاربری اراضی در هر زیر حوزهٔ منتهی به محل نمونه‌برداری و تعیین مساحت انواع کاربریها از قبیل تجاری، مسکونی، صنعتی، پارک و فضای سبز مشخص گردید که هر نوع کاربری چه تأثیری بر روی میزان آلودگیها دارد و نیز هر چه مساحت حوزهٔ آبریز افزایش یافته و یا شیب آن کاهش یابد، غلظت آلاینده‌ها به شدت کاهش می‌یابد که به دلیل ته‌نشینی مواد جامد و نیز ایجاد چالابها و عملکرد آنها به عنوان حوضچه‌های ته‌نشینی کوچک می‌باشد. از آنجا که بافت شهری را اغلب کاربریهای مسکونی و تجاری تشکیل می‌دهد، لذا میزان آلاینده‌ها در واحد سطح در طی یک دورهٔ یک ساله به شرح جدول شمارهٔ (۱) محاسبه گردید.

روشهای کنترل آلودگی روانابهای شهری

نتایج حاصل از آزمایشهای کیفی نشان دهندهٔ آلودگی قابل ملاحظه سیلابهای شهری بوده که بایستی به شیوه‌های مختلف کنترل شود تا اثرات سوء زیست محیطی آن به حداقل کاهش یابد. از آنجاکه اقدامات صرفاً ساختمانی[1] از قبیل احداث تصفیه‌خانه‌ها بسیار پرهزینه و به دلیل عدم تواتر بارندگی، بهره‌برداری و نگهداری از آنها نیز مشکلات خاص خود را به همراه دارد [۸] ، اقدامات غیرساختمانی که در واقع اقداماتی مدیریتی و پیشگیرانه با حداقل هزینه محسوب می‌شود بایستی در سطح شهرها اجرا گردد. این اقدامات عبارتند از :

ـ *کنترلهای قانونی*[2] : از قبیل رعایت کاربری اراضی در مناطق مختلف شهر و تخلیه صنایع آلوده‌کننده شهری و نیز رعایت حریمها در هنگام ساخت و سازها. ریختن مصالح ساختمانی در مسیر عبور روانابها باعث افزایش مواد جامد معلق در رواناب تا حدود ۱۰۰ برابر می‌گردد. از این رو مسئولین اجرایی شهرها بایستی قوانینی جهت جلوگیری از سد معبر و افزایش آلودگی مواد جامد تهیه نمایند، چه در غیر این صورت مواد جامد شسته شده وارد منابع پذیرنده سطحی و زیرزمینی شده و به شدت این منابع را آلوده می‌سازند.

ـ *کنترل در مبدأ*[3] : شامل مدیریت صحیح جمع‌آوری زباله‌ها و مواد جامد زاید، شستشوی خیابانها و معابر عمومی که توسط رفتگران و یا با استفاده از انواع ماشین‌آلات و تجهیزات مکانیکی انجام می‌پذیرد، است. جمع‌آوری نخاله‌ها از سطح شهر و جداسازی روانابهای سطحی صنعتی از روانابهای باکاربری مسکونی و تجاری، کاهش مصرف انواع حشره‌کشها، آفت کشها و کودها که رواناب از روی آنها سرریز کرده و به معابر و جویها وارد می‌شود و نیز تمیز کردن به موقع چاهکهای رسوبگیر[4] در فصول خشکسالی و همچنین آشغالگیری رواناب قبل از ورود به شبکهٔ جمع‌آوری، جزء روشهای کنترل در مبدأ می‌باشد. از مهمترین اقدامات کنترل در مبدأ می‌توان استفاده از چاههای جذبی در مناطقی که سطح آبهای زیرزمینی پایین است را ذکر نمود که علاوه بر کاستن از ظرفیت تأسیسات پایین دست موجب جلوگیری از رسوبگذاری در مسیر نیز می‌گردد.

یک تجربه در زمینهٔ رعایت این روش کنترل در ایلینویز ایالات متحده نشان داد که بیش از ۲۹ میلیون دلار از هزینه‌های ساختمانی در نتیجه رعایت این روش کاسته شده است [۹].

ـ *نگهداشت رواناب*[5] : در مناطقی از شهرها که بتوان مخازنی جهت نگهداشت رواناب احداث نمود و یا از

1- Structural Controls
2- Regulatory Controls
3- Source Controls
4- Catch Basin
5- Detention Facilities

جدول (۱) : میزان آلاینده‌های آبهای سطحی در شهر اصفهان در هر هکتار در طول یکسال [۷]

BOD_5 (کیلوگرم)	COD (کیلوگرم)	TSS (کیلوگرم)	P_{tot} (کیلوگرم)	Oil, Grease (کیلوگرم)
۶۹۲	۱۰۱۴	۱۰۱۸	۳۸/۹	۱۵۳/۳

مخازن موجود استفاده کرد، کیفیت رواناب بسیار مطلوبتر می‌گردد و در فصول خشک می‌توان اقدام به تمیز نمودن این مخازن با وسایل مکانیکی نمود.

گزارشات متعددی در زمینه عملکرد مناسب این مخازن در کاهش میزان آلودگی ارائه گردیده است، منجمله در یک مورد باعث حذف ۹۰ درصد مواد جامد معلق، ۷۰ درصد فسفاتها و ۹۰ درصد فلزات سنگین گردیده است[۱۰].

ـ *ایجاد امکانات نفوذ رواناب*[1] : جهت کاهش آلاینده‌هایی نظیر مواد مغذی، فلزات سنگین و مواد جامد در رواناب ، مناسبترین شیوه، استفاده از روش نفوذ رواناب در محیطهای متخلخل می‌باشد. این محیطها به سه دسته حوضچه‌های نفوذ، ترانشه‌های نفوذ و چاههای جذبی تقسیم‌بندی می‌شوند. اساس طراحی حوضچه‌های نفوذی بارشهای ۲۴ ساعته با دورهٔ بازگشت مشخص و زمان ماند مناسب جهت کاهش میزان آلاینده‌ها، نظیر حوضچه‌های ته‌نشینی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌باشد. میزان نفوذ بایستی بر اساس نفوذپذیری لایه‌های زیرین آن محاسبه گردد. چاهکها و ترانشه‌های نفوذپذیر به صورت مصنوعی ایجاد و با مصالح با تخلخل زیاد پر می‌گردد که در حین نفوذ رواناب آلوده، وظیفهٔ فیلتر کردن آن را نیز به عهده دارد. نتایج یک تجربه در زمینهٔ استفاده از روش نفوذ رواناب نشان داد که ۵۸ درصد کل حجم رواناب و ۷۸ درصد حداکثر جریان کاهش یافته است [۱۱].

ـ *تصفیه فیزیکی*[2] : جهت کاهش میزان آلودگی در روانابها نیاز به مرحلهٔ اولیه تصفیه یعنی تصفیه فیزیکی می‌باشد که با استفاده از ساخت چاهکهای رسوبگیر و آشغالگیر[3] انجام می‌پذیرد. به ویژه در مناطقی که رواناب وارد کانالهای سرپوشیده می‌گردد بایستی آشغالگیری به نحو شایسته‌ای صورت گرفته و فواصل دریچه‌های بازدید نیز به گونه‌ای باشد که به راحتی بتوان کانال سرپوشیده را در مواقع مورد لزوم شستشو داد.

روشهای بیان شده همگی جزء اقدامات کاهش دهندهٔ میزان آلودگی در روانابهاست که تجربیات بین‌المللی نیز مؤید تأثیرگذاری این روشها در کنترل عوامل آلایندهٔ سیلابهای شهری است [۱۲].

نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری شاخصهای آلودگی در سیلابهای شهری نشان داد که در بعضی موارد کیفیت روانابها از فاضلابهای بهداشتی نیز نازلتر بوده و لذا اقدامات خاص جهت کنترل آلودگی را طلب می‌نماید. آلودگیها به ویژه در بارشهای اولیه به مراتب بیشتر است. بدین لحاظ مسئولین شهرها بایستی علاوه بر توجه به کمیت روانابها به کیفیت آنها نیز بیاندیشند و طراحان سیستمهای جمع‌آوری سیلابهای شهری در ملاحظات و معیارهای طراحی خود، معیارهای کیفی را نیز مد نظر قرار دهند. تهیه‌کنندگان مدلهای کامپیوتری نیز علاوه بر کالیبره کردن مدلهای کمّی خود برای شرایط محلی هر منطقه از کشور، مدلهای کیفی را نظیر نرم‌افزار SWMM در آمریکا ، Storm Kings در انگلستان و Fluidsep در آلمان با مدلهای کمّی خود متصل[4] نمایند.

روشهای ساده مدیریتی و ارزان قیمت ساختمانی موجب کاهش آلاینده‌ها شده و در مناطقی که تداوم بارش

1- Infiltration Facilities
2- Physical Treatment
3- Bar Screen
4- Link

در طول سال بطور یکنواخت نمی‌باشد، احداث تصفیه‌خانه و استفاده از شبکه‌های مرکب فاضلابرو توصیه نمی‌گردد.

نگهداشت و نفوذ رواناب در مبدأ از شیوه‌های بسیار مناسب از نظر کنترل آلودگی و کاستن از هزینه‌های ساختمانی در پایین دست می‌باشد که با توجه به کلیهٔ جنبه‌های تأثیرگذاری آن بر خاکهای پذیرنده، بایستی به عنوان اولین پیشنهاد مورد توجه قرار گیرد.

جداسازی روانابهای مناطق صنعتی از سیلاب دیگر مناطق و نیز وضع قوانین خاص در این زمینه لازم است. اقدامات ساده و کم هزینه در سطح حوزه‌های شهری توصیه گردیده است. آخرین نکته اینکه در کنترل کیفیت سیلابهای شهری، هزینه‌های ساختمانی بیشتر، الزاماً به معنی روشهای مناسبتر نمی‌باشد.

منابع و مراجع :

۷- مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب ، (۱۳۷۲) "گزارش نیم فاز مرحله اول مطالعات جمع‌آوری و دفع آبهای سطحی شهر اصفهان".

1- Urbonas, B., et al. (1994) "Survey of Stormwater Detention: State of Practice". Proc. 21st Annu. Conf. Water Policy Manage. Solving Problem, ASCE, New York, 873.

2- Pazwash, H. and Tuvel, H. (1994) "Conservation Measures in Urban Stormwater Management".

3- Marsalek, j. and Sztruhar, D. (1994) "Urban Drainage : Review of Contemporary Approaches". Water Sci. Technol. (G. B.), 29, 1-2.

4- Cohen, B. E., et al. (1994) "Early Nitrfication System Dramatically Reduces Dry Weather Overflows". Proc. Global Perspect. Reducing CSO's, Louisville, Ky., WEF, 4-47.

5- Neil, F.C., (1975) "Urban Stream Management". ASCE's Proc. of a Recsh. Conf., 14-16.

6- Alley, W. M. (1977) "Guide for Collection, Analysis and Use of Urban Storm Water Data". Engineering Foundation Conference, ASCE, New York.

8- Clifforde, I.T., et al. (1994) "An Internationl Strategy for Management of CSO Discharges". Proc. Global Perspect. Reducing CSO's., Louisville, Ky., WEF, 2-33.

9- Helm, R.B., et al. (1994) "Improving the Illinois". Water Environ. Technol., 6, 44.

10- Hvitved-Jacobsen, T., et al. (1994) "Treatment Systems for Urban and Highway Run-Off in Denmark". Sci. Total Environ., 146, 147.

11- Harada, S., and Ichikawa, A. (1994) "Performance of the Drainage Infiltration Strata : Statistical and Numerical Analysis". Water Sci. Technol., (G.B) 29, 1-2, 225.

12- Vitasovic, Z., et al. (1994) "Comprehensive Approach to Real Time Control of SCO's". Proc. Global Perspect. Reducing CSO's, Louisville, Ky., WEF, 4-1.