Tehran's Wastewater Management Through a New Integrated Approach

Tajrishy, M., Assist. Prof., Department of Civil Engineering , Sahrif University of Technology

Abstract

Tehran is one of the largest cities in the world without an adequate wastewater collection and treatment system. Most of the city's wastewater is diposed under the ground, without any treatment, through the use of absorption wells to recharge the ground water. This type of disposal is unique and has caused some water supplies to be polluted, raising ground water table, and surface water channels degradation, i.e., Firoozabad and Sorkheh - Hesar, and also chronic health problems for the society. In this article, by presenting the rate of the population growth and wastewater production, a new and integrated approach was presented. This approach consisted of using effluents of small satellite treatment facilities for irrigation of parks, open space around the city, highways and ground water recharge in the northeast and northwest sections. Treatment of wastewater in Firoozabad canal by the oxidation pond process could be used for irrigated agriculture in the agricultural lands of west of Tehran, in which ground water levels have been lowered dramatically due to the transfer of water from the Karaj river to Tehran which recharged the western aquifers. Finally the ban of water withdrawal from these channels may improve health situations and the standard of living in the city.

نگرشی جدید و جامع به مشکل فاضلاب شهر تهران

مسعود تجریشی *

چکیده:

تهران یکی از بزرگترین شهرهای فاقد سیستم کامل و مناسب دفع بهداشتی فاضلاب شهری در جهان است. فاضلاب این شهر به‌جز در مناطق محدودی که به علت نفوذناپذیر بودن خاک مجهز به سیستم جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب می‌باشند، به طور سنتی از طریق چاه‌های جاذب به سفره آب زیرزمینی می‌پیوندد. این نوع دفع فاضلاب که در نوع خود در دنیاکم نظیر است، باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی، بالا آمدن سطح آب زیرزمینی به ویژه در مناطق جنوبی تهران، آلودگی آب‌های سطحی از جمله نهرهای فیروزآباد و سرخه حصار و بالاخره باعث شیوع انواع بیماری‌های میکروبی و انگلی در سطح شهر شده است. در این مقاله نگرشی جامع و متفاوت نسبت به مشکلات ذکر شده، با در نظرگرفتن شرایط اقتصادی - فنی - اجتماعی حاکم بر جامعه ارائه شده و راه‌حل‌های نوینی را برای حل این مشکل مطرح می‌سازد. کاهش بار آلودگی فاضلاب جنوب تهران از طریق استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه‌های موجود در سطح شهر به منظور آبیاری فضای سبز و تغذیه آب‌های زیرزمینی مناطق شمال غربی و شرقی تهران، تصفیه فاضلاب نهرهای سرخه‌حصار و فیروزآباد به روش برکه‌های تثبیت و انتقال پساب آنها به دشت‌های ورامین و شهریار به منظور استفاده مجدد در آبیاری محصولات کشاورزی و منع قانونی برداشت از نهرهای آلوده از جمله راه حل‌های مناسب برای کاهش خطرات بهداشتی و افزایش بهره‌وری از فاضلاب‌های تولید شده در سطح شهر می‌باشد.

مقدمه

جمعیت، میزان مصرف و سرانهٔ آب شهر تهران طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۵ در جدول ۱ ارائه شده است. همان طور که از این جدول مشاهده می‌شود، مصرف سرانه آب طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۵، یعنی در مدت ۳۰ سال تقریباً ۳ برابر شده است. همچنین میزان مصرف سالانه آب شرب طی این سال‌ها، تقریباً ۸ برابر شده است. نکته قابل توجه این است که در طی این سال‌ها، رشد سالانه مصرف آب به طور متوسط حدود ۲ برابر رشد سالانه جمعیت بوده است. یافته‌های آماری نشان می‌دهد که حدوداً ۸۰درصد آب مصرفی شهروندان تهرانی، به پساب تبدیل می‌شود.

بر اساس گزارش مبانی و مفروضات بهنگام شده طرح فاضلاب شهر تهران، براورد حجم آب ورودی، حجم پساب تولیدی و جمعیت نهایی شهر در جدول ۲ ارائه شده است [۵]. برای محاسبات ظرفیت شبکه و تصفیه‌خانه کل، مصرف سرانه آب از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ به ترتیب ۲۳۸ تا ۲۶۵ لیتر در روز و کل فاضلاب ورودی به شبکه شامل فاضلاب خانگی، قسمتی از

*- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

جدول ۱ - جمعیت شهر و مصرف سرانه آب طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۰

	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۵۹	۱۳۶۵	۱۳۷۰	۱۳۷۵
جمعیت (هزار نفر)	۲۷۲۰	۴۵۳۰	۵۴۵۴	۶۰۲۷	۶۴۷۵	۷۵۱۹
مصرف آب (Mm^3)	۹۸	۳۴۶	۴۴۳	۵۴۲	۶۸۱	۸۶۰
مصرف سرانه (لیتر در روز)	۹۹	۲۰۹	۲۲۲	۲۴۷	۲۸۸	۳۲۰

بر اساس مقالات علوی [۱]، صدر و همکاران [۲]، مالکی [۳]، روابط عمومی [۴]

جدول ۲ - براورد حجم آب ورودی و فاضلاب تولیدی شهر تهران [۵]

	۱۳۷۰	۱۳۷۵	۱۳۸۰	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
حجم آب ورودی (Mm^3)	۶۹۵	۸۲۵	۹۵۰	۱۱۰۰	۱۲۶۰	۱۴۲۵
حجم پساب (Mm^3)	۵۲۳	۶۲۱	۷۱۵	۸۲۵	۹۴۶	۱۰۷۲
جمعیت (میلیون نفر)	۷	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۱۴

آب‌های سطحی منازل، نشت آب به داخل شبکه و فاضلاب صنعتی برای سال‌های مذکور از ۲۳۵ تا ۲۵۴ لیتر در روز برای هر نفر برآورد شده است. در این محاسبات، مشاورین طرح، نرخ افزایش سالانه مصرف آب را تقریباً معادل نرخ افزایش رشد جمعیت در نظر گرفته‌اند.

دفع فاضلاب فعلی شهر تهران به صورت سنتی و به وسیلهٔ یک یا دو حلقه چاه انباره‌دار در هر خانه، صورت می‌گیرد. عملکرد این سیستم تا کنون در مناطق مرکزی شهر رضایت‌بخش بوده است. در بعضی از قسمت‌های شمال شهر به علت نفوذناپذیر بودن زمین و در مناطقی از جنوب شهر به علت بافت ریزخاک و بالا بودن سطح آب زیرزمینی، این سیستم جوابگو نبوده و دارای بازده مناسب نیست. به منظور رفع مشکلات مناطق بحرانی، طرح‌های کوچک موضعی در مناطق محدودی از شهر تهران به صورت شبکه جمع‌آوری و دفع فاضلاب اجرا شده است. این مناطق عبارت‌اند از : شهرک دولت آباد در جنوب و صاحبقرانیه، قیطریه و زرگنده در شمال و شهرآرا و کوی نصر در غرب. همچنین بعضی از شهرک‌ها از جمله شهرک اکباتان، شهرک قدس (غرب) و آتی‌ساز و بعضی از شهرک‌های نظامی دارای سیستم تصفیه فاضلاب می‌باشند. دفع فاضلاب از طریق چاه‌های جذبی در تهران مسائل زیر را پدیده آورده است:

۱- بالا آمدن سطح آب زیرزمینی

از سال ۱۳۴۰ به بعد علاوه بر تغذیه طبیعی سفره، قسمت اعظم آب‌های انتقالی از حوزه‌های کرج و جاجرود به شهر تهران به صورت فاضلاب وارد سفره آب زیرزمینی تهران شده است. در طی سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۷۱ اضافه بر جریان‌های طبیعی، حدود ۱۰میلیارد مترمکعب آب وارد حوزه شهر شده که باعث بالا آمدن سطح سفره آب زیرزمینی شده به طوری که در نواحی جنوب تهران سطح آب زیرزمینی به سطح زمین رسیده است.

۲- آلوده کردن سفره آب‌های زیرزمینی

چاه‌های جاذب نه تنها به مرور زمان باعث بالا آمدن سطح ایستابی در نقاط خاصی از محدودهٔ شهری و یا فضاهای اطراف آن می‌شوند، بلکه به تدریج آلودگی میکروبی این منابع را نیز موجب می‌شوند. از ۴۹ نمونه آب که در سال ۱۳۵۶ از نقاط مختلف سفره آب زیرزمینی تهران برداشت شده و مورد آزمایش باکتریولوژی قرار گرفتند، بیش از نیمی از آن‌ها آلوده گزارش شده است [۶]. در مطالعهٔ مشابهی که در سال ۱۳۶۶

انجام گرفت، از ۴۳ نمونهٔ آب، فقط ۳ نمونه عاری از میکروب گزارش شده، [۲۰]. نمونه‌هایی که از آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف برداشت شده، نشان می‌دهد که میزان نیترات در بسیاری از نقاط بالاتر از حداکثر مجاز و استاندارد می‌باشد [۵ و ۷]. وجود بیش از حد مجاز نیترات‌ها دلیل بر نفوذ فاضلاب در آب‌های زیرزمینی است.

۳- آلودگی اراضی و محصولات کشاورزی

نهر فیروزآباد با حجم سالانه ۲۱۰ میلیون مترمکعب، در سال‌های اخیر به عنوان یکی از منابع تأمین کنندهٔ آب کشاورزی منطقهٔ جنوب شهرری مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. این نهر که از شمال شرقی تهران سرچشمه می‌گیرد، مهمترین کانال انتقال فاضلاب‌های سطحی منطقه مرکزی و جنوب شهر تهران به شمار رفته و برای آبیاری حدود ۷۲۰۰ هکتار اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نزدیکی ناحیهٔ کشاورزی جنوب تهران به بزرگترین بازار مصرف تولیدات زراعی، موجب تأثیرپذیری الگوی کشاورزی منطقه شده و زارعین ناحیه به خاطر کسب درآمد نقدی بیشتر رغبت به تولید محصولاتی را دارند که با سهولت بیشتری در بازار مصرف شهرهای اطراف قابل فروش باشد. بدین لحاظ هر چند در این ناحیه، کشاورزان به کشت محصولات اصلی مانند گندم، یونجه، جو یا گیاهان صنعتی مانند پنبه و چغندرقند مبادرت می‌نمایند، معذالک به سبب نزدیکی به بازار مصرف و نیز کسب درآمد بیشتر، حدود ۱۲۰۰ هکتار از اراضی فوق زیر کشت انواع سبزیجات می‌باشد [۸]. در این رابطه می‌توان گفت که یکی از قطب‌های تولید سبزی برای مصرف شهر تهران و کرج همین ناحیهٔ کشاورزی دشت جنوب تهران است.

آبیاری سبزیجات در اراضی حاشیهٔ نهر فیروزآباد و کانال ورامین با روش غرقابی کرتی صورت می‌گیرد و آب مستقیماً با ساقه گیاه در تماس است، و حتی در خیلی موارد، تمام بوته در زیر فاضلاب غرق می‌شود. با توجه به وجود عناصر شیمیایی (از قبیل فلزات سنگین) و میکروبی متنوع (باکتری و انواع قارچ‌ها و حتی کرم‌ها) در فاضلاب‌ها، ورود عناصر مضر در نسوج گیاهی بسیار محتمل است [۹]. غالباً سبزیجات، تنها با شستشوی ساده با آب و بدون ضد عفونی کردن و بعضاً با محلول‌های پرکلرین به صورت خام مصرف می‌گردند که این امر باعث شیوع بیماری انگلی ژیاردیازیس و کرم آسکاریس (که معمولاً توسط محلول‌های پرکلرین از بین نمی‌روند) گردیده که از طریق مدفوع وارد فاضلاب شده و با مصرف مواد غذایی آلوده مجدداً وارد معده و روده می‌شود. همچنین تحقیقات به عمل آمده تمرکز فلزات سنگین از قبیل ارسنیک، سرب، نیکل، روی و کادمیوم در نمونهٔ خاک‌های زراعی جنوب تهران را نشان می‌دهد [۱۰]. میزان زیاد هر کدام از این فلزات در بافت گیاهان اثرات سویی بر سلامت انسان دارد.

۴- شیوع بیماری‌های میکروبی و انگلی

مطالعات سازمان بهداشت جهانی (WHO) در مورد وضعیت بهداشتی شهر تهران نشان می‌دهد که شیوع بیماری‌های انگلی و روده‌ای و بیماری‌های اسهالی قابل توجه است [۱۱ و ۱۲]، و با توجه به وجود سیستم نسبتاً بهداشتی توزیع آب آشامیدنی در تهران، کرج و شهرری می‌توان چنین نتیجه گرفت که علت شیوع بیماری‌های مذکور به کار بردن روش‌های غیربهداشتی دفع فاضلاب و مصرف آب آلوده در آبیاری سبزیجات و سایر محصولات کشاورزی می‌باشد. شیوع بیماری شبه حصبه در شهر کرج در سه سال پیش مؤید این مطلب می‌باشد. آمارهای بهداشتی موارد زیادی از بیماری‌های حصبه، شبه حصبه، اسهال خونی، پولیومیلیت، التهاب کبدی عفونی و همچنین بیماری‌های انگلی را نشان می‌دهند [۱۲ و ۱۳].

تاریخچه فاضلاب شهر تهران

طرح ایجاد شبکه، تصفیه‌خانه و دفع فاضلاب شهر تهران برای اولین بار در سال ۱۳۴۵ به صورت جدی مطرح شد. مرحله اول مطالعات طرح فاضلاب تهران با کمک سازمان‌های عمران ملل متحد (UNDP) و بهداشت جهانی (WHO) در سال ۱۳۵۳ توسط مهندسان مشاور سرالکساندر گیب و شرکاء، جان تیلور و پسران و با کمک مهندسان مشاور داخلی به صورت مشترک برای آب‌های سطحی به اجرا درآمد و در سال ۱۳۵۵ کار بازنگری مطالعات مرحلهٔ اول و انجام مطالعات مرحلهٔ دوم شبکه فاضلاب تهران شروع و مطالعات آن به مهندسین مشاور اینفوتک واگذار گردید. بعد از پیروزی انقلاب اسلامی وظیفه طرح فاضلاب تهران در سال ۱۳۶۴ با هدف بازنگری به مطالعات انجام شده به شرکت مشاور ری آب واگذار شد. بعد از انجام گزارشات مرحلهٔ اول در سال ۱۳۶۷ به منظور اجرای طرح از بانک جهانی تقاضای وام گردید. بانک جهانی به دلیل ناقص بودن مطالعات مهندسین مشاور از دادن وام خودداری نمود [۱۳]. بعد از این مراحل، سرانجام کار طراحی به مشاوران داخلی داده شد و در سال ۱۳۷۳ اولین کارگاه اجرایی فاضلاب تأسیس گردید.

از مجموع ۶۵ هزار هکتار وسعت شهر تهران، ۵ هزار هکتار در شمال و ۱۰ هزار هکتار در جنوب، در طرح احداث فاضلاب قرار دارد که قرار است دو خط لولهٔ اصلی، اولی از مبدأ میدان ونک به طول ۲۳ کیلومتر و دومی از مبدأ سه راه ضرابخانه به طول ۲۴ کیلومتر به صورت تونل به محل تصفیه‌خانهٔ جنوبی فاضلاب تهران برسد. این دو خط لوله هر کدام ۱/۲ میلیون نفر را تحت پوشش خدمات قرار خواهند داد. به طور همزمان، تصفیه‌خانهٔ لجن فعال به ظرفیت ۴ میلیون نفر در فازهای یک میلیون نفری به منظور تصفیه ۱۰/۵ مترمکعب بر ثانیه احداث خواهد شد که پس از تصفیه کامل فاضلاب، پساب آن برای کشاورزی در دشت جنوب شرقی تهران به مصرف خواهد رسید. پساب حاصله از تصفیه‌خانه، در کانالی به طول ۳۵ کیلومتر با حداکثر ظرفیت ۸ مترمکعب بر ثانیه به دشت ورامین انتقال داده خواهد شد. با اجرای این پروژه، آبی که از سد لتیان به دشت ورامین انتقال داده می‌شود به تصفیه‌خانه پنجم که قرار است در آینده نزدیک در تهران بهره‌برداری گردد انتقال داده خواهد شد تا پس از تصفیه وارد شبکه لوله کشی تهران گردد. در طول زمستان این پساب تصفیه شده به مصرف تغذیه آب‌های زیرزمینی دشت ورامین خواهد رسید. طول شبکه فاضلاب تهران ۸ هزار کیلومتر است که طبق برنامه‌ریزی انجام شده باید ظرف ۱۰ سال اجرا شود. اما با گذشت بیش از ۳ سال از اجرای آن، تاکنون ۲۰۰ کیلومتر (۲/۵ درصد) لوله گذاری شده است. طبق نظر مدیران اجرایی این طرح، در صورتی که روند کنونی اجرای طرح فاضلاب تهران ادامه یابد، این طرح ظرف ۵۰ سال آینده به بهره‌برداری خواهد رسید [۱۴].

نگرشی جدید و جامع به مشکل فاضلاب شهر تهران

در سال ۱۳۷۵، از مقدار ۸۶۰ میلیون مترمکعب آب ورودی به شهر تهران، حدوداً ۶۵۰ میلیون مترمکعب فاضلاب تولید شده که فقط ۴ درصد آن تصفیه گردیده است. در صورت راه‌اندازی فاز اول تصفیه‌خانهٔ جنوبی در سال ۱۳۸۰ و بهره‌برداری کامل از آن، مقدار فاضلاب تصفیه شده در سطح شهر به ۳ مترمکعب بر ثانیه می‌رسد که این فقط ۱۳ درصد کل فاضلاب تولید شده در سطح شهر می‌باشد. با توجه به این مطالب، می‌توان هدف از مطالعه و اجرای فاضلاب شهر تهران را به شرح زیر برشمرد:

۱- بالا بردن سطح بهداشت محیط زیست شهری به منظور کاهش و جلوگیری از شیوع انواع بیماری‌های انگلی و میکروبی.

۲- توسعه و احیای دوباره کشاورزی و دامداری دشت‌های اطراف شهر تهران.

پیشنهادات اجرایی به منظور نیل به اهداف فوق

کاهش بار آلودگی جنوب تهران از طریق استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های احداث شده در سطح شهر به منظور آبیاری فضای سبز شهر و اتوبان‌ها و جاده‌های اطراف؛ بازنگری به گزینه‌های فرایند تصفیه با نگرش استفادهٔ مجدد، اجرای منع قانونی برداشت از نهرهای آلوده، و احیای چاه‌ها و قنوات منطقه جنوب شهر تهران از جمله پیشنهادات اجرایی به منظور نیل به اهداف فوق می‌باشد.

۱- کاهش بار آلودگی جنوب تهران

در قسمت‌های مختلف شهر تهران که سیستم دفع فاضلاب به طریق سنتی با مشکلات عمده‌ای روبرو است، طرح‌هایی به صورت محدود در مناطق کوچکی با شبکه جمع‌آوری فاضلاب اجرا شده که از جهت شبکه تصفیه‌خانه، سیستم کاملاً مجزا می‌باشد. در جدول ۳ اطلاعاتی در مورد این تصفیه‌خانه‌ها ارائه گردیده است. همان طور که از این جدول مشخص است، حدوداً ۱ مترمکعب بر ثانیه فاضلاب بعد از تصفیه به نهرها سرازیر می‌شود که در نهایت باعث آلودگی

جدول ۳ - تصفیه‌خانه‌های موجود در شهر تهران

نام تصفیه‌خانه	ظرفیت تصفیه‌خانه m^3/hr	جمعیت تحت پوشش شبکه (نفر)	چگونگی کارکرد	تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب	محدودیت استفاده مجدد	مسیر پساب خروجی
اکباتان	۶۲۵	۷۵۰۰۰	در حال کار	خیر	خیر	بسوی نهر فیروزآباد
غرب	۱۲۶۰	۱۳۰۰۰۰	در حال کار	خیر	خیر	بسوی نهر فیروزآباد
پاس	۲۵	۲۵۰۰	از کار افتاده	خیر	خیر	نهر فیروزآباد
کوی نصر	۳۳۴	۴۰۰۰۰	راه اندازی نشده	آری	خیر	نهر فیروزآباد
دولت آباد	۲۵۰	۳۰۰۰۰	از کار افتاده	خیر	خیر	نهر فیروزآباد
شوش	۳۳۳	۲۰۰۰۰	در حال کار	آری	خیر	نهر فیروزآباد
قیطریه	۱۰۰	۱۲۰۰۰	در حال کار	آری	خیر	نهر فیروزآباد
زرگنده	۱۵۰	۱۶۰۰۰	در حال کار	آری	خیر	نهر سرخه حصار
صاحبقرانیه	۶۶	۳۳۰۰	در حال کار	آری	خیر	چاه جاذب

خاک و محصولات کشاورزی و آلودگی محیط زیست شهری می‌گردد.

طرح جامع فضای سبز تهران با وجود این که در شرح خدمات اولیه مهندسین مشاور به آن اشاره شده اجرا نگردیده و امروزه شهر تهران از نظر فضای سبز مطابق استانداردهای بین‌المللی تنها ۱۰ درصد فضای سبز مورد نیاز را دارا می‌باشد. توسعهٔ فضای سبز شهر تهران در دو راستا انجام شده است. توسعهٔ فضای سبز به صورت جنگل‌کاری و احداث پارک‌های جنگلی در اطراف تهران و احداث پارک‌های درون‌شهری. با توجه به ۱۵۲۹۰ هکتار فضای سبز که تا پایان سال ۱۳۷۳ موجود بوده، بیشترین فضای سبز مربوط به مناطق ۴ و ۵ می‌باشد (۹۰درصد). با گسترش فضای سبز شهر از طریق ایجاد پارک‌های جنگلی بیشتر می‌توان به جای انتقال فاضلاب به جنوب تهران، آن را برای آبیاری فضای سبز پارک‌های جنگلی به‌کار برد. با اضافه کردن ۳۵۰۰ هکتار فضای سبز جدید می‌توان در مناطق شمال غربی و شمال شرقی محدودهٔ شهر حدوداً ۶ مترمکعب بر ثانیه فاضلاب را به مصرف آبیاری این جنگل‌ها رساند. فضای سبز قابل گسترش در غرب منطقهٔ ۵، منطقهٔ ۴، منطقهٔ ۸ (جنگل‌های مصنوعی سرخه حصار)، منطقهٔ ۲ و قسمت‌هایی از منطقه ۱ می‌باشند.

افزایش فضای سبز در داخل شهر با توجه به کمبود شدید آن باعث بالا بردن رطوبت، افزایش زیبایی محیط زیست، سالم‌سازی و تصفیهٔ هوای آلوده شهر، تعدیل درجهٔ حرارت در تابستان، خنک و مطبوع کردن هوا و در نهایت باعث فراهم آوردن محیطی برای سرگرمی در اوقات فراغت شهروندان می‌گردد. از آنجاکه با افزایش سریع جمعیت و رشد بالای شهرنشینی در تهران با مشکل تأمین آب شرب روبرو هستیم، امکان تأمین آب آبیاری فضای سبز از شبکه توزیع آب شرب پیوسته محدودتر می‌شود و آبیاری از طریق پساب تصفیه‌خانه‌ها می‌تواند تا حدودی این مشکل را حل نماید. تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی در فصل زمستان می‌تواند استفاده بیشتر از آب‌های زیرزمینی در فصل تابستان برای آبیاری سطح بیشتری از فضای سبز را فراهم آورد [۱۵ و ۱۶].

۲- بازنگری به گزینه‌های فرایند تصفیه با نگرش استفاده مجدد

بنا به پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای استفاده از پساب فاضلاب در آبیاری محصولات کشاورزی که به صورت خام مصرف نمی‌شوند معیار ۱ تخم انگل در هر لیتر پیشنهاد گردیده است [۲۱]. در صورتی که این پساب به مصرف آبیاری صیفی‌جات برسد، معیار کلیفرم‌های مدفوعی کمتر از ۱۰۰۰ در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر فاضلاب نیز باید رعایت گردد. در دشت ورامین بیشتر از ۵۰ هزار هکتار از زمین‌های زراعی برای

جدول ۴ - بازده حذف لگاریتمی عوامل عفونی و فرایندهای متداول تصفیه فاضلاب شهری

نوع فرایند	باکتری‌ها	کرم‌ها	ویروس‌ها	تک یاخته‌ها
ته‌نشینی فرایند فیزیکی	۱-۰	۲-۰	۱-۰	۱-۰
لجن فعال	۲-۰	۲-۰	۱-۰	۱-۰
لاگون هوادهی	۲-۱	۳-۱	۲-۱	۱-۰
برکه‌های تثبیت فاضلاب	۶-۱	۳-۱	۴-۱	۴-۱
مخازن نگهداری فاضلاب	۶-۱	۳-۱	۴-۱	۴-۱
ضد عفونی (کلرزنی یا اوزن)	۶-۲	۱-۰	۴-۰	۳-۰

کشت گندم، جو و پنبه استفاده می‌گردد که معیار ۱ تخم انگل کافی می‌باشد. اما بعضی از کشاورزان به کشت صیفی‌جات مشغول‌اند که هر دو معیار باکتری و تخم انگل باید مورد توجه قرار گیرد. در دشت جنوب و جنوب غربی تهران نیز وضعیت به‌همین ترتیب است. در جدول ۴ بازده حذف باکتری، تک‌یاخته‌ها، ویروس و کرم‌ها در روش‌های مختلف و متداول تصفیه فاضلاب شهری ارائه گردیده است [۲۲].

با توجه به شیوع بیماری‌های انگلی، روده‌ای و اسهالی در تهران، انتخاب نوع سیستم تصفیهٔ فاضلاب با توجه به شرایط بهداشتی موجود در شهر تهران بسیار ضروری است. در تصفیه‌خانه شهرکویت، با استفاده از یک مرحله تصفیه لجن فعال پیشرفته (نوع اول)، به‌گونه‌ای بار مواد آلی کاهش پیدا کرد که به استانداردی که برای کلیفرم مدفوعی توصیه گردیده بود (رقم متوسط ۲/۲ در ۱۰۰ میلی‌لیتر) و همچنین درجه کدورت متوسط ۲NTU در طول دوره ۲۴ساعته رسید. بعد از بررسی پساب تصفیه‌خانه، مهندسان طراح متوجه بالا بودن تخم انگل و کرم‌ها شدند. با توجه به شیوع تخم انگل و نماتدهای روده‌ای در خاورمیانه، انتخاب فرایند لجن فعال به منظور تصفیه فاضلاب و استفاده از پساب آن برای آبیاری محصولات کشاورزی گزینه‌ای مناسب نیست. از لحاظ اقتصادی به علت هزینهٔ بسیار بالا برای انجام تصفیه، استفاده از پساب سیستم لجن فعال برای آبیاری محصولاتی از قبیل گندم، یونجه و پنبه اصلاً مناسب نبوده [۱۷] و از لحاظ بهداشتی این سیستم نمی‌تواند به تعداد کافی تخم‌های انگل و نماتدها را از فاضلاب به منظور آبیاری محصولات کشاورزی که به صورت خام مصرف می‌شوند خارج نماید.

تخم نماتدهای روده‌ای در تصفیه‌خانه شوش (واقع در جنوب تهران) حدود ۲۰ تا ۱۷۰ تخم برای هر نفر گزارش گردیده است [۱۸]. تخم انگل آسکاریس وکلیفرم مدفوعی در فاضلاب خروجی از تصفیه‌خانه‌های شوش و صاحبقرانیه که دارای سیستم لجن فعال بوده و از لحاظ بهره‌برداری در حد مطلوبی می‌باشند در جدول ۵ ارائه گردیده است.

برکه‌های تثبیت

با توجه به هزینه بالای ساخت، عدم بهره‌برداری و نگهداری، هزینه سالانهٔ زیاد روش لجن فعال که بیش از ۳ برابر برکه تثبیت می‌باشد، و با توجه به عدم کارایی مناسب لجن فعال در خارج نمودن تخم انگل و ویروس در فاضلاب‌های تولید

جدول ۵- کارایی تصفیه‌خانه‌های صاحبقرانیه و شوش در حذف انگل و باکتری

	تصفیه‌خانه	
	صاحبقرانیه	شوش
تخم انگل آسکاریس در فاضلاب خام ورودی (در لیتر)	۱۴۲-۳۳	۴۲/۵-۰
تخم انگل آسکاریس در فاضلاب خروجی از تصفیه‌خانه (در لیتر)	۴-۰	۲-۰
کالیفرم مدفوعی در فاضلاب خروجی (در یکصد میلی‌لیتر)	5×10^7	9×10^7

شده، روش برکه‌های تثبیت پیشنهاد می‌گردد [۱۷]. بنا به پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی برای کنترل تخم انگل، برکه‌های تثبیت به زمان ماند ۸ الی ۱۰ روز و برای کاهش کلیفرم مدفوعی به کمتر از ۱۰۰۰ در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر، به زمان ماند ۵ الی ۲۰ روز نیاز است. از مشکلات برکه‌های تثبیت می‌توان نیاز به زمین بیشتر، تولید بو، مقدار بالای جلبک در پساب خروجی و واکنش پساب خروجی به کیفیت فاضلاب ورودی اشاره نمود. از آنجاکه زمین در جنوب شهرری عمدتاً بایر، موقوفه و متعلق به منابع طبیعی بوده و خاک منطقه عمدتاً رس با نفوذپذیری کم می‌باشد، استفاده از این سیستم بسیار مناسب می‌باشد. با بهره گیری از سیستم برگشت فاضلاب می‌توان دیگر مشکلات مطرح شده را نیز حل نمود. کیفیت فاضلاب تصفیه شده در این نوع سیستم در حد سایر روش‌های مدرن تصفیه فاضلاب می‌باشد و بهره‌برداری از آن بسیار ساده و هزینه بهره‌برداری از آن نیز بسیار پایین است.

استفاده از پساب در صنعت

با توجه به نیاز شدید آب در صنایع مستقر در جنوب تهران و شهرری پیشنهاد می‌گردد تا در صورت تمایل به احداث تصفیه‌خانه لجن فعال، پساب تصفیه شده به مصرف صنایع منطقه برسد. طبق نظریه کارشناسان، پساب این تصفیه‌خانه دارای BOD و TSS کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر خواهد بود که حتی در پالایشگاه تهران در شهرری که از شبکه توزیع آب تهران نیاز روزانه خود را تأمین می‌کند نیز می‌توان به عنوان آب بویلرها، شست و شوی واحدها، مصرف آتش‌نشانی و آبیاری فضای سبز استفاده نمود. استفاده از پساب تصفیه شده در صنایع پتروشیمی (از جمله پالایشگاه‌ها) معمول بوده [۱۹] و با این کار می‌توان آب مصرفی پالایشگاه از شبکهٔ توزیع آب تهران را قطع نموده و حدود ۲۰ هزار مترمکعب آب را برای شرب مردم شهرری مورد استفاده قرار داد.

۳- اجرای منع قانونی برداشت از نهرهای آلوده

در اواخر سال ۱۳۶۷، معاونت امور بهداشتی وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی صراحتاً اعلام داشته که استفاده از فاضلاب خام برای آبیاری کشاورزی و صیفی‌جات که به طور خام مصرف می‌شوند مجاز نمی‌باشد. در حال حاضر کشاورزان زیادی از فاضلاب‌های جاری در نهرهای آلوده برای آبیاری سبزیجات استفاده می‌نمایند. انتظار می‌رود که حداقل تا ۱۰ سال آینده که شبکهٔ فاضلاب شهری کامل گردد این روند برداشت ادامه یابد. پیشنهاد می‌گردد تا با مطالعه شناسایی قنوات و چاه‌های منطقه و احیای آنها توسط تبصره ۳، استفاده از آب این قنوات جایگزین نهرهای آلوده گردد.

نتیجه گیری

از آنجاکه مشکل فاضلاب تهران بسیار پیچیده و تأمین هزینهٔ اجرایی آن یکی از مهمترین مشکلات آن گردیده است، در این مقاله سعی گردید که یک نگرش جامع و نو نسبت به مشکلات حاصل از عدم اجرای آن ارائه گردد. این نگرش جامع با در نظرگرفتن شرایط اقتصادی، فنی، بهداشتی و اجتماعی حاکم بر جامعه ارائه گشته و راه‌حل‌های جدید و نوینی را برای حل این مشکل مطرح می‌سازد.

کاهش بار آلودگی جنوب تهران از طریق استفاده مجدد از فاضلاب و پساب تصفیه‌خانه‌های موجود به منظور آبیاری فضای سبز و تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی منطقه شمال غرب و شمال شرق تهران، تصفیهٔ فاضلاب نهرهای سرخه حصار و فیروزآباد به روش برکه‌های تثبیت و انتقال پساب آنها به دشت‌های ورامین و شهریار به منظور استفادهٔ مجدد در آبیاری محصولات کشاورزی، و منع قانونی برداشت از نهرهای آلوده از جمله راه‌حل‌های مناسب به منظور کاهش خطرات بهداشتی و افزایش بهره‌وری از فاضلاب تولید شده در سطح شهر می‌باشند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مصوب شورای پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف است که بدین وسیله از حمایت‌های معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع و مراجع

۱- علوی، ع.، ۱۳۶۳، روند افزایش مصرف آب تهران و لزوم اعمال روش‌های صرفه‌جویی، کنفرانس صرفه‌جویی آب در مصارف کشاورزی، شرب و صنعت،
صفحات ۱۷۶-۱۳۶.

۲- صدر، ک.، ۱۳۷۳، برآورد تابع تقاضای آب شهر تهران، مجله آب، شماره ۱۳، صفحات ۵۸-۴۷.

۳- مالکی، ا.، ۱۳۷۱، احداث شبکه لوله کشی آب تهران و مشکلات ناشی از آن، سمینار بررسی مسائل آب و فاضلاب در شهرهای بزرگ، صفحات ۳۱-۱.

۴- روابط عمومی شرکت آب و فاضلاب استان تهران، ۱۳۷۷، خبرگزاری‌ها، روز ۸ تیرماه.

۵- شرکت جاماب، ۱۳۷۰، گزارش آب تهران، فصل اول، صفحات ۲۱-۱.

۶- محمودیان، ع.، ۱۳۶۴، وضعیت فاضلاب در ایران و آلودگی‌های ناشی از تخلیه آنها به منابع آب، مجله آب، شماره ۵.

۷- تجریشی، م. ۱۳۷۴، بررسی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی تهران، گزارش فنی، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف، صفحه ۱۰.

۸- سازمان بازرسی کل کشور، ۱۳۶۷، گزارش به استانداری استان تهران، صفحات ۱۱-۱

۹- رباطی، ب.، ۱۳۶۶، مطالعه بعضی اثرات سوء فاضلاب نهر فیروزآباد در اراضی جنوب تهران، نشریه آب و خاک، صفحات ۱۴-۱.

۱۰- وثوقی، م.، ۱۳۷۰، بررسی آلودگی آب رودخانه‌های جنوب تهران، کارنامه پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف، فصل اول، صفحات ۱۲۶-۱۲۴.

۱۱- نتیجه یک تحقیق کاربردی در زمینه آلودگی فاضلاب تهران، آب و محیط زیست، (۱۳۷۱)، صفحات ۳۵-۳۴.

۱۲- آزموده، م.، ۱۳۷۳، آسیب‌های ناشی از آلودگی آب‌ها، آب و محیط زیست، شماره ۱۱، صفحات ۲۲-۱۶.

۱۳- مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران، ۱۳۷۳، مطالعه پیرامون شناخت وضعیت فاضلاب شهر تهران، گزارش ۲۰-۷۳، صفحه ۳۰.

۱۴- شهراب، ۱۳۷۷، گفت و شنود با مهندس موسوی، مشاور وزیر نیرو و مدیرعامل شرکت فاضلاب تهران.

۱۵- شجیعی، م.، ۱۳۷۶، پتانسیل یابی کاربرد حوضچه‌های نشتی در تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آب، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۱۶- محمدنژاد، ش.، ۱۳۷۵، ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از پساب تصفیه‌خانه شهرک‌های تهران در آبیاری فضای سبز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف.

۱۷- شیرزاد، س.، ۱۳۷۶، مقایسه اقتصادی - فنی تصفیه فاضلاب شهری در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات.

۱۸- مهندسین مشاور آب، ۱۳۷۰، طرح فاضلاب تهران، گزارش فنی، صفحه ۳۵.

۱۹- نوریمند، ک.، ۱۳۷۵، بهینه سازی مصرف آب در پالایشگاه تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف.

20 - Shariatpanahi, M., and Anderson, A.C. (1987). " *Coliphages and Bacteria in Groundwater from Tehran, Iran*", Bull. Environ. Contam. Toxicol. 39, PP.92-99.

21- Mara, D. D. and Cairncross, S. (1989). " *Guidelines for the Safe use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture: Measures for Public Health Protection* ". World Health Organization, Geneva, Switzerland.

22- Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. and Mara, D.D. (1981). " *Health Aspects of Excreta and Sludge Management: A State - of - the - Art Review* ". The World Bank, Washington, D.C.