پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۵، شماره ۱۰، پاییز و زمستان ۱۳۹۳، از صفحه ۱۷۱ تا ۱۸۲

معرفی موارد استفاده و مقایسه شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب متعارف و نامتعارف در جوامع کوچک

راضیه خان‌سفید*[۱]، احمد ابریشم‌چی[۲]

۱ کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست، گرایش آب و فاضلاب، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲ استاد، دکترای منابع آب، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۵؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴)

چکیده

یکی از مهم‌ترین مسایل در حوزه مدیریت شهری، جمع‌آوری و انتقال فاضلاب به خارج از محدوده شهرها و روستاهاست. با توجه به تخصیص۷۰-۹۰ درصد از کل هزینه‌های یک طرح فاضلاب به شبکه جمع‌آوری و انتقال، شناخت و بررسی موارد استفاده از انواع مختلف شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب نامتعارف به‌علت هزینه کمتر این شبکه‌ها نسبت به شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب متعارف، در سطح کشور الزامی است. شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب نامتعارف در جوامع کوچک شهری و روستایی عبارت از: شبکه جمع‌آوری فاضلاب تحت‌فشار (PSS)، شبکه جمع‌آوری فاضلاب تحت‌خلا (VSS)، شبکه جمع‌آوری فاضلاب ثقلی با قطر کوچک (SDGS) و شبکه جمع‌آوری فاضلاب ساده‌شده (SS) می‌باشد که با توجه به شرایط خاص یک منطقه همچون شرایط اجتماعی، اقتصادی، اقلیمی، فنی و سایر موارد تأثیرگذار، یکی از انواع مختلف آن‌ها انتخاب شده، طراحی و احداث می‌شود. در این تحقیق، ابتدا اطلاعات از طریق مطالعه کتب و استانداردهای داخلی و خارجی در زمینه شبکه‌های فاضلاب گردآوری شده و سپس به بررسی انواع مختلف شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب، موارد استفاده و مقایسه آن‌ها جهت انتخاب بهینه یک شبکه جمع‌آوری فاضلاب با تاکید بر هزینه‌های اجرایی و بهره‌برداری- نگهداری کمتر، پرداخته شده است.

کلید واژه‌ها: شبکه جمع‌آوری فاضلاب، شبکه جمع‌آوری فاضلاب متعارف و نامتعارف، سیستم تحت‌فشار (PSS)، سیستم تحت‌خلا (VSS)، سیستم ثقلی با قطر کوچک (SDGS) و سیستم ساده‌شده (SS)

*نویسنده مسوول: Email: Fattaneh_Khansefid@yahoo.com

سرآغاز

یکی از ارکان توسعه در هر اجتماعی، تامین بهداشت و سلامت افراد آن اجتماع است. جهت دست‌یابی به شاخص‌های بهداشتی و ارتقای سطح سلامت افراد جامعه، توجه به پایه‌های تشکیل‌دهنده بهداشت محیط‌زیست لازم و ضروری است (منزوی، ۱۳۸۵). جلوگیری از آلودگی منابع آبی، حفظ محیط‌زیست، ارتقای بهداشت جوامع شهری و عوامل مختلف دیگر ازجمله ضرورت‌هایی است که منجر به احداث شبکه‌ها و تأسیسات فاضلاب شهری شده است (صالح و خاکی‌وطن، ۱۳۸۷). نوع شبکه فاضلابرو که با هدف جمع‌آوری مؤثر فاضلاب و انتقال سریع آن به تصفیه‌خانه طراحی می‌شود، عواملی مانند: وسعت شهر، سطح زندگی ساکنین، نوع سیستم آبرسانی، توپوگرافی منطقه، نوع سطوح خیابان‌ها و پیاده‌روها، شدت و دوره بازگشت بارش و وضعیت اقتصادی شهر بستگی دارد. سیستم جمع‌آوری فاضلاب متعارف شهری به سه دسته، سیستم جداگانه یا مجزای شبکه فاضلاب (روش مجزا)[۱]، سیستم مرکب (روش درهم)[۲] و سیستمی که بخشی از آن مرکب باشد (روش نیمه‌مجزا)[۳] تقسیم می‌شود (موسوی، ۱۳۸۷). همچنین، سیستم‌های جدید جمع‌آوری فاضلاب[۴] (نامتعارف) که بیشتر در جوامع کوچک شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارت از: سیستم جمع‌آوری فاضلاب تحت‌فشار[۵]، تحت‌خلا[۶]، ثقلی با قطر کوچک[۷] و ساده شده[۸] (kreissl et al., 2008).

روش پژوهش

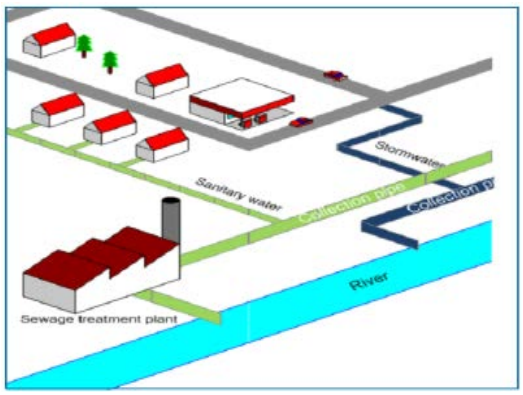
این تحقیق از طریق مطالعه و بررسی کتب، مقاله‌ها، گزارش‌ها و اسناد، استانداردهای داخلی و خارجی در زمینه شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در سطوح بین‌المللی، ملی و محلی به صورت تحلیلی و تطبیقی با توجه به شرایط محیطی کشور، با تدقیق بررسی‌ها و مباحث روز جهان در این رابطه انجام پذیرفته است.

یافته‌ها

• معرفی و شناخت سیستم‌های متعارف شبکه جمع‌آوری فاضلاب

شبکه فاضلابروی مجزا

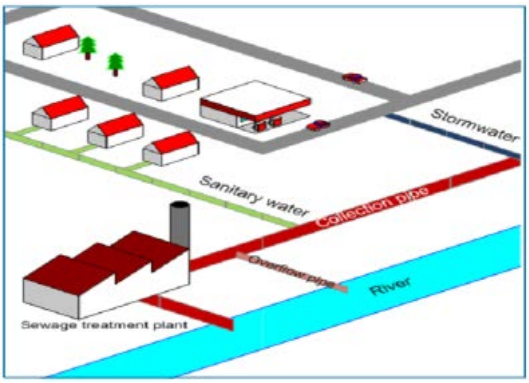
در این حالت، دو شبکه فاضلابرو، یکی برای جمع‌آوری فاضلاب بهداشتی و دیگری برای جمع‌آوری رواناب‌های سطحی، کار گذاشته می‌شود. به‌عبارت دیگر، فاضلاب‌های بهداشتی و تجاری و نیز صنایع و کارگاه‌هایی که در محدوده شهر قرار دارند، به‌طور جداگانه جمع‌آوری و به تصفیه‌خانه هدایت می‌شود. همچنین، در صورت نیاز به جمع‌آوری رواناب سطحی نیز یک شبکه مجزا طراحی و اجراء می‌شود شکل (۱). مزایا، معایب و موارد کاربرد این سیستم در جدول (۱) آورده شده است (موسوی، ۱۳۸۷).



شکل (۱): نمایی از سیستم جداگانه یا مجزای شبکه فاضلاب (روش مجزا) (Van der Hoop, 2010)

• شبکه فاضلابروی مرکب

زمانی که فاضلاب بهداشتی و رواناب سطحی توسط یک شبکه فاضلابرو جمع‌آوری می‌شوند، به آن شبکه مرکب گفته می‌شود. وقتی که جریان در یک فاضلابروی مرکب بدون رواناب سطحی باشد، جریان بدون بارش (DWF) نامیده می‌شود. در این نوع شبکه تنها یکسری فاضلابرو طراحی و اجراء می‌شود، لذا میزان جریان طراحی و در نتیجه قطر فاضلابروها بیشتر از شبکه مجزا است شکل (۲). مزایا، معایب و موارد کاربرد این سیستم در جدول (۲) آورده شده است (موسوی، ۱۳۸۷).



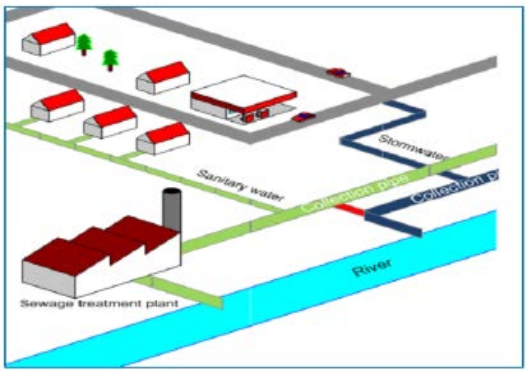
شکل (۲): نمایی از سیستم مرکب شبکه فاضلاب (روش درهم) (Van der Hoop, 2010)

جدول (۱): مزایا، معایب و موارد کاربرد سیستم مجزای شبکه فاضلاب (منزوی، ۱۳۸۵؛ موسوی، ۱۳۸۷)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱.میزان جریان کمتر و در نتیجه قطر کمتر لوله‌های شبکه	۱. عدم تامین سرعت خودشستشویی در مواقع جریان بدون بارش DWF [۹]	۱. تنها تصفیه فاضلاب بهداشتی لازم باشد نه تصفیه رواناب
۲.امکان دفع رواناب با آلودگی کمتر به آب‌های پذیرنده و عدم آلودگی آن به فاضلاب	۲. استفاده از مخازن شستشو در صورت عدم شیب مناسب فاضلابرو	۲. در مناطق مسطح به‌علت افزایش عمق کارگذاری و بالتبع افزایش هزینه در استفاده از شبکه مشترک در مقابل شبکه مجزا
۳.کمتر بودن بار هیدرولیکی ورودی به تصفیه‌خانه و در نتیجه کنترل آسان‌تر آن	۳. هزینه بالای اولیه به‌علت کارگذاری دو خط لوله (فاضلاب و رواناب)	۳. در مناطقی که تعداد روزهای بارش، شدت و دوره بازگشت بارش زیاد نباشد
۴.کاهش ظرفیت پمپ‌ها و هزینه‌های بهره‌برداری آن‌ها	۴. احتمال بیشتر گرفتگی لوله‌ها در خطوط فرعی به‌علت کوچک بودن قطر لوله‌ها	۴. در مناطقی که در اثر بارش‌های شدید در زمان کوتاه میزان جریان در حالت‌های بارش و حالت بدون بارش تفاوت زیادی داشته باشد
	۵. بالا رفتن هزینه شستشو و نگهداری سیستم	۵. در مناطقی که اجرای شبکه مجزا به‌دلیل محکم بودن جنس زمین و حفر ترانشه در مقابل فاضلابرو مشترک ارزان باشد
		۶. در مناطقی که در صورت استفاده از فاضلابرو مشترک احتمال برگشت فاضلاب به داخل شبکه و منازل وجود داشته باشد
		۷. ارزان بودن عملیات پمپاژ به‌علت کمتر بودن حجم فاضلاب در شبکه مجزا
		۸. اقتصادی بودن شبکه مجزا به‌دلیل تخلیه رواناب به رودخانه یا مسیل

• شبکه فاضلابروی نیمه‌مجزا

در شبکه فاضلابروی نیمه‌مجزا، فقط یکسری لوله کارگذاشته می‌شود. به‌طوری‌که، علاوه بر فاضلاب بهداشتی، رواناب اولیه حاصل از شستشوی منطقه مورد نظر نیز وارد فاضلابرو می‌شود. وقتی که جریان رواناب از حد مشخصی بیشتر شد، مقدار اضافی بر ظرفیت شبکه، توسط کانال‌های روباز پذیرنده تخلیه می‌شود شکل (۳). مزایا، معایب و موارد کاربرد این سیستم در جدول (۳) آورده شده است (موسوی، ۱۳۸۷).



شکل (۳): نمایی از سیستم شبکه فاضلاب که بخشی از آن مرکب باشد (روش نیمه‌مجزا) (Van der Hoop, 2010)

• معرفی و شناخت سیستم‌های نامتعارف شبکه جمع‌آوری فاضلاب

• شبکه جمع‌آوری فاضلاب تحت‌فشار (PSS)

شبکه جمع‌آوری تحت‌فشار برای اولین‌بار در سال ۱۹۵۶، به وسیله مورتیمرکلیفت در آمریکا مورد استفاده قرار گرفت (Kreissl et al., 2008).در این روش، فاضلاب خانه‌ها، اماکن عمومی و مراکز تجاری و فاضلاب‌های صنعتی در یک مخزن سپتیک جمع‌آوری و خروجی مخزن توسط یک تلمبه‌خانه به خط اصلی جمع‌آوری فاضلاب متصل می‌شود. در این شبکه، ممکن است به جای مخزن سپتیک از آسیابی مخصوص برای تبدیل مواد جامد درشت به مواد جامد ریز استفاده شود. در این شبکه قطر لوله‌های فرعی و اصلی کوچک‌تر از قطر لوله مشابه در

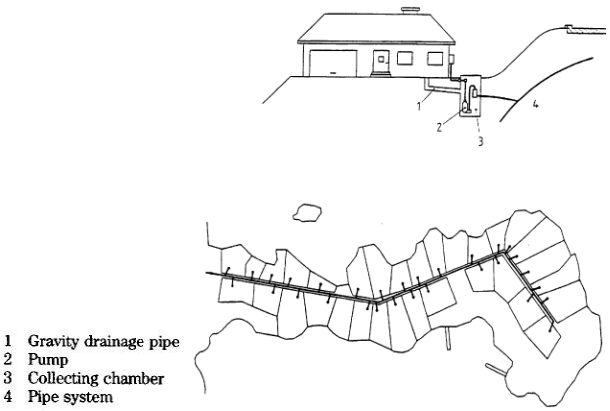
شبکه متعارف جمع‌آوری فاضلاب است و چون شبکه به صورت تحت‌فشار عمل می‌نماید نیازی به منهول ندارد و فقط در خطوط اصلی به جای منهول از محفظه تنظیف استفاده می‌شود شکل (۴) (عظیمی، ۱۳۷۸).

جدول (۲): مزایا، معایب و موارد کاربرد سیستم مرکب شبکه فاضلاب (منزوی، ۱۳۸۵ ؛ موسوی، ۱۳۸۷)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱. کاهش هزینه ساخت و ساز و سهولت در نگهداری و بهره‌برداری شبکه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب بهداشتی و رواناب	۱. افزایش قطر فاضلابرو و عمق خاکبرداری جهت تامین سرعت خودشستشوی	۱. در صورت نیاز به پمپاژ فاضلاب بهداشتی و رواناب سطحی
۲. کاهش بار آلی فاضلاب خانگی به‌دلیل رقیق شدن با رواناب	۲. افزایش بار هیدرولیکی وارده به تصفیه‌خانه	۲. عدم وجود فضای کافی به‌دلیل بالا بودن تراکم جمعیت جهت اجرای دو سری خط لوله
۳. کاهش امکان گرفتگی لوله‌ها به‌دلیل بزرگ‌تر بودن قطر آن‌ها	۳. افزایش هزینه پمپاژ و اندازه تصفیه‌خانه	۳. تخلیه فاضلاب به سیلابروی موجود در صورت کم بودن حجم فاضلاب
	۴. امکان برگشت فاضلاب در مواقع بارش‌های شدید و پر شدن فاضلابرو	۴. در صورت توزیع بارش به‌طور یکنواخت در تمام طول سال، به‌علت کم بودن تفاوت جریان در حالت بدون بارش
	۵. تصفیه رواناب به‌دلیل آلودگی با فاضلاب	۵. توجه به رعایت استانداردهای زیست‌محیطی مربوط به دفع رواناب در آب‌های سطحی
	۶. اشکال در حمل و نقل و کارگذاری لوله‌ها به‌دلیل بالا بودن قطر آن‌ها	۶. بالا بودن تعداد روزهای بارانی و کم بودن نسبت جریان در مواقع بدون بارش به جریان در حالت بارش

جدول (۳): مزایا، معایب و موارد کاربرد سیستم نیمه‌مجزای شبکه فاضلاب (موسوی، ۱۳۸۷)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱. ساده بودن اتصال انشعاب منزل	۱. احتمال ته‌نشینی جامدات معلق در فاضلابرو در مواقع بدون بارش	۱. بالا بودن تعداد روزهای بارانی
۲. عدم تجزیه جامدات در فاضلابرو	۲. افزایش هزینه پمپاژ و اندازه تصفیه‌خانه به‌علت ورود رواناب به فاضلابرو	
۳. مناسب بودن قطر لوله‌ها	۳. نیاز به ساخت سرریز برای رواناب سطحی	



شکل (۴): مثالی از یک سیستم جمع‌آوری فاضلاب به روش PSS با اتاقک جمع‌کننده، سیستم پمپ و لوله (BSI, BS EN 1671, 1997)

سیستم فاضلابرو تحت‌فشار دارای دو نوع سیستم پمپاژ پساب سپتیک‌تانک و سیستم پمپ خردکننده می‌باشد:

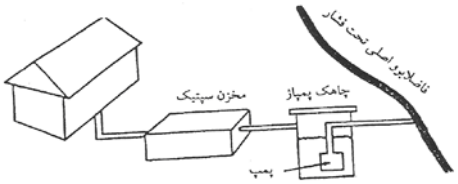
الف- سیستم پمپاژ پساب سپتیک‌تانک (STEP)

در این سیستم، فاضلاب وارد یک تانک نگهدارنده مثل سپتیک تانک شده و یک پمپ پساب خروجی را به خط اصلی پمپ می‌کند. چون بخشی از جامدات معلق در مخزن نگه‌دارنده، حذف می‌شود جامدات معلق پساب کمتر بوده و گرفتگی لوله کمتر خواهد بود. در این سیستم معمولاً از پمپ‌های با قدرت کمتر از یک اسب بخار استفاده می‌شود شکل (۵) (موسوی، ۱۳۸۷).

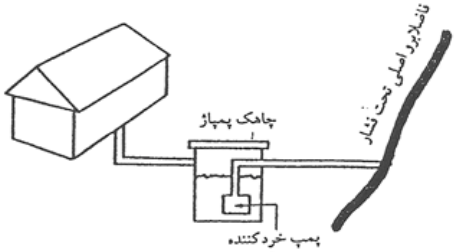
ب- سیستم پمپ خردکننده (GP)[۹]

در این نوع سیستم از یک پمپ خردکننده که جامدات موجود در

فاضلاب تولیدی در منزل را خرد کرده و به همراه فاضلاب به خط اصلی پمپ می‌کند، استفاده می‌شود. برای این کار به طور معمول از پمپی با قدرت ۱-۲ اسب بخار استفاده می‌شود شکل (۶) (موسوی، ۱۳۸۷).



شکل (۵): سیستم فاضلابروی تحت‌فشار با پمپاژ پساب مخزن سپتیک (STEP) (تائبی،۱۳۷۶)



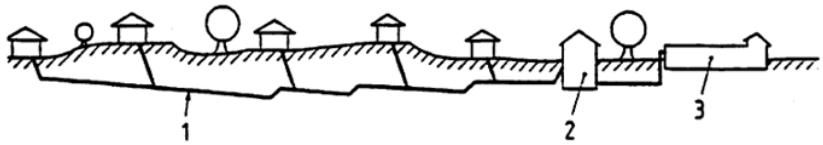
شکل (۶): سیستم فاضلابروی تحت‌فشار با پمپ خردکننده (GP) (تائبی، ۱۳۷۶)

• شبکه جمع‌آوری فاضلاب تحت‌خلا (VSS)

سیستم فاضلابروی تحت‌خلا از سال ۱۹۷۰ به بعد مورد استفاده قرار گرفته است(Kreissl et al., 2008) . در این سیستم فاضلاب از محل تولید (خانه‌ها، اماکن عمومی، مراکز تجاری و غیره) ابتدا به یک محفظه وارد می‌شود. وقتی سطح فاضلاب در محفظه به حد معینی رسید هوای بالای محفظه تحت‌فشار واقع شده و ازدیاد فشار سبب می‌شود که سیستم فرماندهی شیر خلا را فعال کرده و آن را باز کند تا فاضلاب را به شبکه جمع‌آوری تخلیه نماید. پس از تخلیه محفظه دوباره شیرهای خلا بسته شده و این چرخه بر اساس نحوه تنظیم سیستم تکرار می‌شود. فاضلاب توسط خطوط اصلی شبکه تحت‌خلا به مخزن فاضلاب انتقال یافته و سپس توسط پمپ فاضلاب به تصفیه‌خانه منتقل می‌شود شکل (۷). در این سیستم نیز قطرهای لوله‌های فاضلاب کوچکتر از لوله‌های مشابه در شبکه متعارف جمع‌آوری فاضلاب می‌باشد و به منهول نیازی نیست (عظیمی، ۱۳۷۸).

جدول (۴): مزایا، معایب و موارد کاربرد سیستم فاضلابروی تحت فشار (PSS) (موسوی، ۱۳۸۷ ؛ BSI, BS EN 1671, 1997)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱. عدم نیاز به شیب‌بندی	۱. نیاز به تجهیزات برقی و مکانیکی و در نتیجه افزایش مقدار مصرف انرژی	۱. مناطق سنگلاخی
۲. کاهش هزینه‌های احداث شبکه (کاهش قطر- کاهش حفاری و منهول)	۲. سپتیک شدن فاضلاب در شبکه و ایجاد بوهای زننده و خوردگی	۲. مناطق با سطح بالای آب‌های زیرزمینی
۳. عدم نیاز به ساخت منهول و جلوگیری از نفوذ نشتاب و آبهای نفوذی	۳. نیاز به کادر متخصص و با تجربه جهت بهره‌برداری	۳. مناطق دارای پستی و بلندی زیاد
۴. کاهش بار آلی و هیدرولیکی ظرفیت تصفیه‌خانه فاضلاب به‌علت استفاده از پمپاژ پساب سپتیک‌تانک	۴. افزایش هزینه بهره‌برداری و نگهداری	۴. مناطقی با منازل پراکنده
	۵. ضرورت آموزش مردم	۵. مناطقی با زمین کاملاً مسطح
		۶. مناطق دارای منازل زیرزمینی گود



1 Vacuum sewer
2 Vacuum station
3 Seweage treatment works

شکل (۷): نمایی از یک سیستم شبکه جمع‌آوری فاضلاب تحت‌خلا (VSS) (BSI, BS EN 1671, 1997)

جدول (۵): مزایا، معایب و موارد کاربرد سیستم فاضلابروی تحت‌خلا (VSS)
(موسوی، ۱۳۸۷ ؛ BSI, BS EN 1671, 1997)

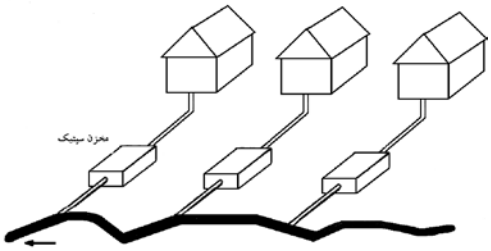
مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱.عدم نیاز به شیب‌بندی لوله‌ها	۱.نیاز بیشتر به تجهیزات برقی و مکانیکی و در نتیجه افزایش مصرف برق	۱.زمین‌های مسطح
۲.عدم نیاز به منهول و کاهش مقدار آبهای نفوذی و نشتاب به بیرون و درون لوله	۲.افزایش وابستگی تامین هزینه‌ها از طریق قبض مشترکین (بیشتر از ۷۵ درصد از کل هزینه‌ها)	۲.مناطق با سطح بالای آب زیرزمینی
۳.کاهش هزینه‌های احداث شبکه	۳.افزایش هزینه بهره‌برداری، به‌علت نیاز به نیروی فوریتی جهت رفع نواقص و خرابی‌های سیستم	۳.مناطق دارای خاک‌های سست و زمین‌های سنگلاخی
۴.کم بودن قطرلوله اصلی (۷/۵، ۱۰ ، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر) و هزینه تهیه و نصب فاضلابروهای اصلی	۴.افزایش مشکلات هزینه‌های راهبری و نگهداری شبکه	۴.مناطق تپه ماهوری با تغییرات بسیار کم رقوم ارتفاعی
۵.عملکرد مناسب در مناطق صاف و بدون شیب، مناطق تپه ماهوری، کاهش عمق خط پروژه	۵.مشکل‌تر بودن نصب شبکه فاضلابرو اصلی در این سیستم نسب به سایر روش‌ها	
۶.سرویس چند خانه توسط یک شیر خلا	۶.غیرقابل استفاده بودن برای شرایط روستایی ایران	
۷.سهولت نصب با توجه به موانع زیرزمینی		
۸.لزوم یک منبع نیرو در ایستگاه خلا		

• شبکه جمع‌آوری فاضلاب ثقلی با قطر کوچک(SDGS)

ایده استفاده از شبکه فاضلابرو ثقلی با قطر کوچک در اوایل قرن ۱۹، در آمریکا مطرح شد ولی اولین کاربرد عملی آن از سال ۱۹۶۰ در استرالیا شروع شده است. هزینه اجرای این نوع سیستم بین ۶۵-۳۰ درصد کمتر از شبکه فاضلابرو ثقلی متعارف و هزینه نگهداری و بهره‌برداری این سیستم نیز پایین‌تر می‌باشد (Mara, 1996). در این سیستم فاضلاب از محل تولید (خانه‌ها، اماکن عمومی و غیره) ابتدا به یک مخزن سپتیک با زمان‌ماند حدود یک شبانه روز منتقل می‌شود. در این مخزن مواد قابل ته‌نشینی فاضلاب از آن جدا می‌شود. به این ترتیب، امکان رسوب مواد جامد در لوله‌های جمع‌آوری فاضلاب محدود است و لازم نیست سرعت حرکت فاضلاب در لوله زیاد باشد شکل (۸). در نتیجه قطر و شیب لوله‌های جمع‌آوری و انتقال فاضلاب در این سیستم در مقایسه با لوله‌های مشابه سیستم متعارف جمع‌آوری فاضلاب بسیار کوچک است. در مواردی که اجرای شبکه‌های متعارف جمع‌آوری فاضلاب پر هزینه باشد، این شبکه برای جمع‌آوری فاضلاب در مناطق روستایی ایران مناسب می‌باشد (عظیمی، ۱۳۷۸).

• انواع شبکه جمع‌آوری فاضلاب ثقلی با قطر کوچک (SDGS)

در آمریکا دو نوع مختلف از این سیستم‌ها مورد استفاده قرار گرفته است:

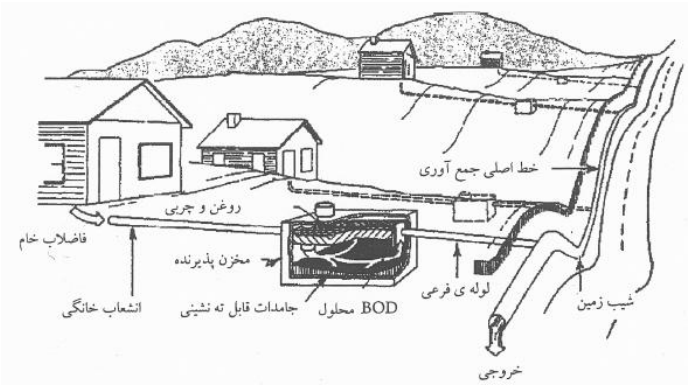


شکل (۸): سیستم فاضلابروی ثقلی با قطر کوچک (SDGS)
(U.S. Environmental Protection Agency, 1991)

الف) با شیب متغیر ب) با حداقل شیب

در سیستم‌های فاضلابروی ثقلی با قطر کوچک و با شیب متغیر موقعی که ارتفاع کافی جهت عبور جریان در مسیر مورد نظر وجود داشته باشد و جریان به داخل انشعاب منازل برگشت پیدا نکند. فاضلابروها کاملاً از تراز سطح خیابان پیروی می‌کند. این مساله سبب انعطاف‌پذیری سیستم در تغییر زوایای افقی و عمودی می‌شود که خود یکی از مزایای این سیستم است لیکن در سیستم فاضلابروی ثقلی با قطر کوچک با حداقل شیب، باید حداقل شیب ممکن به طرف پایین اعمال شود. در طرح‌های جدید از دو روش به صورت توأم استفاده می‌شود. تغییرات شیب در اینجا مجاز است ولی باید تعداد مقاطعی که فاضلابرو از

فاضلاب پر است (جریان ثقلی نیست) را به حداقل ممکن رساند (مارا، ۱۹۹۶ ؛ ترجمه رضا صراف‌پور، ۱۳۷۸). شکل (۹) نمونه‌ای از جانمایی سیستم فاضلابروی ثقلی با قطر کوچک را نشان می‌دهد.



شکل (۹): جانمایی سیستم فاضلابروی ثقلی با قطر کوچک (SDGS) (موسوی، ۱۳۸۷)

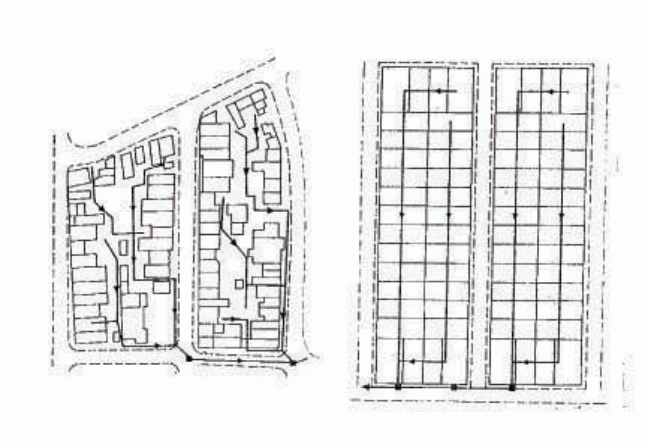
جدول (۶): مزایا، معایب و موارد کاربرد سیستم فاضلابروی ثقلی با قطر کوچک (SDGS) (تائبی، ۱۳۷۶؛ مارا، ۱۹۹۶)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱. کاهش زمان و هزینه احداث شبکه	۱. ضرورت احداث سپتیک	۱. اجتماعات کوچک
۲. حداقل نیاز به منهول یا حذف منهول‌ها و در نتیجه کاهش مقدار نشتاب، آب‌های نفوذی	۲. ضرورت تخلیه دوره‌ای لجن سپتیک‌تانک	۲. منازل پراکنده در کنار دریا، جاده‌ها و نظایر آن
۳. حداقل نیاز به نیروی انسانی متخصص برای راهبری و بهره‌برداری و نگهداری شبکه	۳. افزایش خطر خوردگی تاج لوله‌های بتنی	
۴. کاهش قطر لوله و عمق ترانشه	۴. مناسب نبودن سیستم SDGS برای شبکه مرکب	
۵. تصفیه فاضلاب تا حدودی	۵. مناسب نبودن سیستم برای انتقال فاضلاب کارگاه‌های شهری به‌علت غلظت بالای شن و مواد معلق قابلته‌نشینی	
۶. کاهش هزینه‌های تصفیه و حجم خاکبرداری	۶. بالا بودن پتانسیل تولید بو	
۷. افزایش سرعت در کارگذاری لوله		

• شبکه جمع‌آوری فاضلاب ساده شده(SS)

این سیستم در اوایل دهه ۱۹۸۰، به وسیله شرکت آب و فاضلاب کرن در شمال شرق برزیل به صورت یک شبکه مشترک مورد استفاده قرار گرفت و در حال حاضر به صورت گسترده‌ای در برزیل و مناطقی از آمریکای لاتین و آفریقا و آسیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. شبکه ساده‌شده جمع‌آوری فاضلاب عبارت است از یک سیستم جمع‌آوری که برای دریافت کل فاضلاب خانگی بدون رسوبات داخل مخازن جداکننده جامدات (سپتیک‌تانک) طراحی می‌شود و مشابه شبکه جمع‌آوری متداول است اما بدون مشخصه‌های محافظه‌کارانه آن فاضلابروهای با قطر کم که در گرادیان‌های کم‌عمق قرار دارند برای انتقال فاضلاب و اغلب داخل بلوک‌های مسکونی قرار می‌گیرند و زمانی که سیستم شبکه جمع‌آوری مشترک[۱۰] مورد نظر و محل قرار گرفتن آن خارج از بلوک باشد، در این صورت محل نصب آن به طور معمول زیر پیاده‌روهاست، نه وسط جاده شکل (۱۰) (مارا، ۱۹۹۶ ؛ ترجمه رضا صراف‌پور، ۱۳۷۸). فاضلاب آشپزخانه باید به داخل یک چربی‌گیر با طرح استاندارد تخلیه شود و این چربی‌گیر باید به‌طور مرتب و منظم به وسیله صاحبخانه تخلیه شود. برای اتصال انشعاب‌های خانگی به شبکه جمع‌آوری ساده شده، یا یک فاضلابرو ساده‌شده به شبکه مشابه دیگر، از یک محفظه تقسیم

ساده استفاده می‌شود. ساخت منهول در صورت امکان باید اجتناب شود. زیرا، منهول‌ها هزینه زیادی داشته و به‌علاوه محل‌های مناسبی برای ورود شن و آب نفوذی محسوب می‌شوند. مانند: شبکه جمع‌آوری فاضلاب ته‌نشین شده، به‌جای منهول‌ها می‌توان به طور تقریبی در تمامی وضعیت‌ها از واحدهای ساده تخلیه و بازرسی استفاده کرد (Mara & Broome, 2008).



شکل (۱۰): طرح‌های کلی معمولی شبکه جمع‌آوری ساده‌شده برای مناطق مسکونی برنامه‌ریزی‌نشده و برنامه‌ریزی شده (مارا، ۱۹۹۶؛ ترجمه رضا صراف‌پور، ۱۳۷۸)

جدول (۷): مزایا، معایب و موارد کاربرد سیستم فاضلابروی ساده‌شده (SS) (مارا، ۱۹۹۶ ؛ ترجمه رضا صراف‌پور، ۱۳۷۸؛ Mara & Broome, 2008)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱. استفاده در جوامع با تراکم زیاد	۱. نیاز به آشغالگیر در ورودی‌ها و تخلیه در هر دوره	۱. مناطق شهری با تراکم جمعیتی بالا و کم درآمد
۲. استفاده از فاضلابروهای با قطر کوچک	۲. مشکل در تخلیه آشغال در صورت ورود آن به شبکه	۲. مناطق روستایی و شهری با درآمد بالا اصولاً در برزیل
۳. استفاده از ترانشه‌های با عمق کم	۳. نیاز به احداث چربی‌گیر در داخل آشپزخانه	۳. در مناطقی که استفاده از سپتیک‌تانک برای دفع فاضلاب آنها امکان‌پذیر نباشد

• سیستم فاضلابروهای پساب خروجی (Effluent Sewer)

گاهی اوقات، می‌توان با اجرای ترکیبی از روش‌های مختلف شبکه جمع‌آوری محدودیت‌هایی که هر کدام از این روش‌ها دارند را برطرف کرد. یکی از متداول‌ترین این ترکیب‌ها، استفاده از فاضلابروی ثقلی با قطر کوچک (SDGS) به همراه سیستم پمپاژ پساب سپتیک‌تانک (STEP) است که در هر دو روش پساب خروجی از سپتیک‌تانک جمع‌آوری می‌شود و به همین دلیل به آن فاضلابروی پساب خروجی می‌گویند (Kreissl et al., 2008).

• مقایسه سیستم‌های متعارف و نامتعارف شبکه جمع‌آوری فاضلاب

سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب متعارف عمومی‌ترین روش به منظور جمع کردن و انتقال فاضلاب هستند. این سیستم‌ها فاضلاب را از خانه‌ها یا دیگر منابع به وسیله جریان ثقلی از میان سیستم‌های لوله‌گذاری دفن شده، به تصفیه‌خانه انتقال می‌دهند (EPA, 2000). سیستم‌های جمع‌آوری نامتعارف یا همان جایگزین اغلب اجرا می‌شوند در شرایطی که سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب متعارف عملی نیستند، اجرا می‌شوند. نیاز معمول تمام سیستم‌های جایگزین اداره مناسب و مدیریت آنهاست. نیازهای این فن‌آوری‌ها متفاوت از سیستم‌های متعارف است. همچنین، پرسنل بهره‌برداری و نگهداری بایستی به درستی آموزش ببینند (New England Interstate Water Pollution Control Commission, 2003).

نکته دیگر در مورد سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب این است که؛ در زمین‌های توسعه یافته وسیع، همچنین ناحیه خرید مرکزی و در مناطق مسکونی جایی که اندازه قواره زمین معادل یا کمتر از

۱/۲ ایکر باشد، ممکن است سیستم‌های متعارف از نظر قیمت مناسب باشند. اما، در زمین‌های کمتر توسعه یافته، جایی که اندازه قواره زمین بین ۱/۲ تا ۲ ایکر باشد، سیستم‌های جایگزین ممکن است بهتر باشند. نتیجه این که، بهترین روش برای شهر کوچک ممکن است فاضلابروی متعارف در نواحی مرکزی و در مناطق مسکونی با تراکم توسعه زیاد باشد و فاضلابروی جایگزین در مناطق با تراکم کم باشد. در نهایت، تصمیم در انتخاب نوع سیستم تا حدود زیادی بر پایه هزینه اجرای سیستم‌ها و هزینه نگهداری آن‌هاست که باید برای هر منطقه ارزیابی شود (EPA, 1987).

جدول (۸): خصوصیات فاضلابروهای متعارف و جایگزین (نامتعارف) (Davis, 2010)

نوع فاضلابرو	توپوگرافی ایده‌آل	هزینه ساخت در نواحی صخره‌ای، آب زیرزمینی بالا	پتانسیل سولفید	حداقل شیب یا سرعت موردنیاز	نیازهای بهره‌برداری- نگهداری	نیازهای برق ایده‌آل
SDGS	سرازیری	متوسط	بالا	خیر	پایین- متوسط	-
STEP	سربالایی	پایین	بالا	خیر	متوسط- بالا	پایین
GP	سربالایی	پایین	متوسط- بالا	بله	متوسط- بالا	متوسط
Vacuum	مسطح	پایین	پایین	بله	بالا	بالا
Conventional	سرازیری	بالا	متوسط	بله	متوسط	-
SDGS - STEP	مواج	پایین- متوسط	بالا	خیر	متوسط	پایین
Conv. - GP	مواج	متوسط- بالا	متوسط	بله	متوسط- بالا	پایین- متوسط
Conv. - Vac.	مواج	متوسط- بالا	پایین- متوسط	بله	بالا	متوسط- بالا

بحث و نتیجه‌گیری

پس از بررسی منطقه و طراحی گزینه‌های مختلف شبکه جمع‌آوری فاضلاب، برآورد هزینه‌های اجرایی و بهره‌برداری و مقایسه گزینه‌های مختلف بر مبنای آن، از مهم‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری و انتخاب گزینه مناسب بوده و به همراه ملاحظات فنی، گزینه بهینه را معرفی خواهد کرد. استفاده از تجارب دیگران که بر مبنای شرایط محلی و برخی ضرورت‌ها، استفاده از گزینه‌ای را بر گزینه دیگر مرجح ترجیح داده‌اند، می‌تواند در انتخاب سیستم مناسب جمع‌آوری فاضلاب کمک شایان توجهی نماید. بدیهی است که متره و برآورد شبکه‌های جمع‌آوری، سرجمع هزینه‌های اجرایی است که عناصر متشکله آن به‌طور خلاصه عبارتند:

الف- لوله‌های مورد استفاده: لوله‌ها از پر هزینه‌ترین اجزای شبکه‌های جمع‌آوری محسوب می‌شوند که در سیستم‌های مختلف متعارف، SDGS ، SS و ... بکار گرفته می‌شوند. تفاوت لوله‌های مورد استفاده در گزینه‌های گوناگون به طور عمده از قطر آن‌ها نشأت می‌گیرد.

ب- منهول‌ها: منهول‌ها جهت بازدید شبکه یا شستشوی آن به‌کار گرفته می‌شوند. در سیستم SS، جهت کاستن از هزینه‌های اجرایی، ازمنهول ساده‌شده استفاده می‌شود که تمامی مشخصات منهول متعارف را داشته و تنها دریچه ورودی آن کوچک‌تر است.

ج- حوضچه‌های شستشو (Clean out) و سپتیک‌تانک‌ها: اگرچه در شبکه‌های متعارف امروزی، استفاده از Clean out منسوخ شده است، کاستن از هزینه‌های اجرایی موجب به‌کارگیری Clean outها در سیستم‌های SDGS و SS شده است.

د- حوضچه‌های اتصال: این حوضچه‌ها در اتصال دو فاضلابرو یا فاضلابروی انشعاب خانگی به‌کار گرفته می‌شوند. در طرح فاضلاب، می‌توان به‌عنوان ضریب اطمینان به‌جای حوضچه‌ها از منهول‌های ساده‌شده استفاده کرد.

هـ- ایستگاه‌های بالابرنده فاضلاب و ایستگاه‌های پمپاژ: این ایستگاه‌ها در مواقعی که حرکت ثقلی فاضلاب میسر نباشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند که به هزینه‌های اجرایی فوق، باید هزینه بهره‌برداری و نگهداری نیز اضافه شود.

جدول (۹): مقایسه گزینه‌های پیشنهادی شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب (Kreissl et al., 2008)

موضوع	فاضلابروهای پساب خروجی		پمپ خردکننده فشاری	فاضلابروی تحت‌خلا	فاضلابروی متعارف
	STEG	STEP			
بازرسی سالانه- پیشنهاد پیشگیری از نگهداری و تعمیر	بله	بله	بله	بله	خیر
پمپاژ از قسمت بالای سپتیک‌تانک به همان اندازه موردنیاز	بله	بله	خیر	خیر	خیر
نیاز به اتصال برق	خیر	بله	بله	خیر	–
شدت آلودگی فاضلاب تخلیه شده (چرا؟)	کم ته‌نشین شده	کم ته‌نشین شده	زیاد رقیق نشده	زیاد رقیق نشده	متوسط رقیق شده
میزان جریان (چرا؟)	کم نشتاب و آب نفوذی کم	کم نشتاب و آب	کم نشتاب و آب نفوذی کم	کم نشتاب و آب نفوذی کم	زیاد نشتاب وآب نفوذی زیاد
خوردگی/ پتانسیل بو (چرا؟)	زیاد سولفیدها از سپتیک‌تانک	زیاد سولفیدها از سپتیک‌تانک	کم به زیاد وابسته به طول خط	کم مواد جامد فرار در هوادهی	کم به زیاد وابسته به طول مسیر تحت‌فشار
تیرگی	کم	کم	زیاد	زیاد	متوسط
آثار عوارض زمین	ACS_S سیستم‌های جدید جمع‌آوری فاضلاب				
تخلیه در بالای منبع	خیر	بله	بله	بله	بله با ایستگاه‌های بالابر
تخلیه در زیر منبع	بله	خیر	خیر	بله	بله
عوارض زمین مواج	بله، استفاده از ترکیبی از هر دو	–	بله با CS	بله	بله با GP
تخلیه به فاضلابروی متعارف	بله	بله	بله	بله	بله
(نکته)	وابسته به طراحی اضافی				
تصفیه بیولوژیکی	بله	بله	بله*	بله*	بله
ساخت تالاب	بله	بله	بله*	بله*	بله

* پیش تصفیه نیاز دارد.

با وجود موارد عنوان شده، استفاده از شبکه‌های متعارف جمع‌آوری فاضلاب را در جوامع کوچک یا کم درآمد، نمی‌توان به‌طور کامل از نظر دور داشت، همچنان که برخی از مراجع استفاده از سیستم‌های SDGS، SS و متعارف را توصیه می‌نمایند. بدیهی است که کلیات عنوان شده به تنهایی قادر به تعیین سیستم مناسب جمع‌آوری نبوده و در این زمینه در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی به همراه دیدگاه‌های فنی و مسایل اجتماعی و محیط‌زیستی می‌تواند در پیشنهاد روش مناسب جمع‌آوری فاضلاب شایان توجه باشد. از این نظر، پیشنهاد می‌شود که هر یک از سیستم‌های جمع‌آوری یاد شده در جوامع کوچک مورد مطالعه مورد بررسی قرار گیرد، مزایا و معایب آن‌ها نسبت به یکدیگر سنجیده شود و بین آن‌ها مقایسه اقتصادی صورت پذیرد (با توجه به گزینه‌های مختلف تصفیه) و در نهایت، سیستم‌های مناسب جمع‌آوری و تصفیه انتخاب گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از زحمات بی‌دریغ مرحوم دکتر سیدمحمود برقعی که در انجام این تحقیق یاری رسانده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

یادداشت‌ها

1. Separate sewer system
2. Combined sewer system
3. Partially separate-partially combined system
4. Alternative Collection System (ACS)
5. Pressure Sewer System (PSS)
6. Vacuum Sewer System (VSS)
7. Small Diameter Gravity Sewer System (SDGS)
8. Simplified Sewer System (SS)
9. Grinding Pump (GP)
10. Condominial

فهرست منابع

تائبی، ا. ۱۳۷۶. سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب نامتداول- گزینه‌های مناسب برای بسیاری از جوامع سومین همایش بررسی مشکلات مبتلابه صنعت آب و فاضلاب کشور. تهران.

صالح، س. م. ح و خاکی‌وطن، ر. ۱۳۸۷. مشکلات بهره‌برداری از شبکه‌های فاضلاب و نقش ویدئومتری در بهره‌برداری بهتر از شبکه‌ها. دومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری. تهران.

مارا، د. ۱۹۹۶. ترجمه رضا صراف پور. ۱۳۷۸. بهسازی شهری با روش‌های ارزان. تهران. انتشارات تیمورزاده.

عظیمی، ع. ا. ۱۳۷۸. تعیین راهکارهای دفع بهداشتی فاضلاب روستایی. تهران. وزارت جهادسازندگی- معاونت عمران و صنایع روستایی (اداره کل آب و فاضلاب روستایی).

منزوی، م. ت. ۱۳۸۵. فاضلاب شهری- جمع‌آوری فاضلاب. جلد اول (چاپ دوازدهم). تهران. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

موسوی، س. غ. ۱۳۸۷. شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب (اصول، طراحی، ساخت). (چاپ اول). تهران. انتشارات حفیظ.

BSI–British Standard Institution. 1997. Pressure Sewerage Systems outside building, S EN 1671, pp. 3-15.

BSI–British Standard Institution. 1997. Vacuum Sewerage Systems outside building, S EN 1091, pp. 3-27.

EPA, 2000. 832-F-00-038, September. Decentralized Systems Technology, Fact Sheet, Small Diameter Gravity Sewers.

EPA, 1987. 43019-87-006. It's Your Choice, (A Guidebook for Local Official on Small Community Wastewater Management Options, pp. 20-22.

Van der Hoop, G. W. 2010. A New Approach to Asset Management for Sewer Networks, Master Thesis report, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Section Building Engineering, pp. 5, 58-64, 118-120.

Kreissl, J.; Behrend, G. R.; Burden, D. G.; Corwin, B.; Deal, G. D.; Hamman, D. K.; Linahan, D. V.; Lombardo, P.; Mowry, J. C.; Naret, R.; Stump, P. L.; Walski, Th. M. & Wanna, M. 2008. Alternative Sewer Systems, WEF Manual of Practice No. FD-12 Second Edition, MC Graw-Hill Companies, Inc., NewYork, pp. 1-17, 30, 90, 102-103, 184, 216, 223, 279.

Davis, M. K. 2010. Water and Wastewater Engineering (Design Principles and Practice), Wef Press, pp. 19-28, 19-30, 19-31.

Mara, D. D. & Broome, J. 2008. Sewerage: a return to basics to benefit the poor, Ice.

Mara, D. D. 1996. Low-Cost Sewerage, Chi Chester: John wiley & Sons Ltd. New York, 152-168.

New England Interstate Water Pollution Control Commission. 2003. Optimizing Operation, Maintenance and Rehabilitation of Sanitary Sewer Collection Systems, NEIWPCC, pp. 7-13.

U.S Environmental Protection Agency. 1991. Manual Alternative Wastewater Collection Systems, EPA / 625/ 1-91/ 024.