Gonbad Kavous University

Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment

Online ISSN: 2981-0280

Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

Investigation and technical-economic study of reducing the depth of the sewer network in the east of Ahvaz

Hadis Khosravi[1*] | Hamid Mahmoodi Abed[2] | Mohammad Mahdi Rooyvaran[3]

[1]Former M.Sc. Student, in Water Engineering. The expert at a water and wastewater company in Ahvaz, Ahvaz, Iran
E-mail: hdsxosrav83@gmail.com

[2] Former M.Sc. Student, in Civil Engineering, The expert at a water and wastewater company in Ahvaz, Ahvaz, Iran

[3] Former M.Sc. Student, in Water Engineering, The expert at Khuzestan Water and Power Organization, Ahvaz, Iran

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 15 Aprial 2024

Received in revised form 10 July 2024

Accepted 20 July 2024

Published online 15 Aguset 2024

Keywords: Depth of pipeline, Sewer cad, Sewer lines, Slope ,Cost

ABSTRACT

Objective: Removing sewage from the human living environment is one of the health and environmental protection principles. In this regard, the necessary facilities, especially the lines and network, should meet the required standards.

Methods: To facilitate the construction of lines at shallower depths in this research, we examine the solution to reduce the slope of the lines in the east part of Ahvaz. Also, we economically compare the situations of lines. The city's topographical position characterized by low altitude from sea level, flat terrain, and fine-grained collapsing soil presents several challenges in the design, construction, and disposal of wastewater. The high level of groundwater, the existence of a worn-out network, and the growth of residential complexes led to the rise of population density in certain areas doubling the problem of operating and using the lines. Operating lines at greater depths requires implementing special methods like micro tunneling which is expensive. To prevent placing lines in the deep part of the ground requires the establishment of pumping stations. The current research explores alternative slopes.

Results: The main lines in the east of Ahvaz were designed with slopes of $\frac{1}{2d}$, $\frac{1}{3d}$, and less than $\frac{1}{3d}$ by trial and error with SewerCAD software. Reducing the slope of the lines will increase the diameter leading to an increase in the cost of purchasing the pipe. However, reducing operational costs leads to a decrease in the expenses of pumping station equipment and station operation costs and a reduction in the costs of fixing and maintaining lines. With a standard $\frac{1}{2d}$ slope in the position of lines, the average depth of the lines decreases to 1 meter, resulting in a 9.7 percent increase in pipe purchase cost, a 10 percent reduction in implementation cost, a 9.5 percent reduction in pump stations equipment cost, 9.6 percent reduction in maintenance. The 1/3d design leads to a depth reduction of 1.2 meters, a 15 percent increase in pipe purchase cost, a 12 percent reduction in implementation cost, a 12 percent reduction in station equipment cost, 10.4 percent reduction in repair and maintenance cost. The trial and error design brings about the reduction of the working depth to 1.35 meters, an 18.9 percent increase in the cost of buying pipes leading to a 15 percent reduction in the cost of implementation, a 12 percent reduction in the cost of station equipment, and an 11.7 percent reduction in the cost of repairs and maintenance.

Conclusion: Based on a comprehensive examination of all parameters, a design with a standard slope of $\frac{1}{2d}$ is recommended.

Cite this article: E-mail: hdsxosrav83@gmail.com

Cite this article: Khosravi, H., Mahmoodi, H., Mahmodei Abed, H., Rooyvaran, M.M. (2024). Investigation and technical-economic study of reducing the depth of sewer network in the east of Ahvaz. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*,

© The Author(s).

Publisher: Gonbad Kavous University.

DOI: http//doi.org/10.22034/nawee.2024.459206.1081

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست
شاپا الکترونیکی: ۰۲۸۰-۲۹۸۱
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

بررسی فنی– اقتصادی کاهش عمق کارگذاری در خطوط فاضلاب شرق اهواز

حدیث خسروی[۱] ✉، حمید محمودی عابد،[۲] محمدمهدی رویوران[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب، کارشناس شرکت آب و فاضلاب اهواز ، اهواز، ایران. رایانامه: hdsxosrav83@gmail.com
[۲]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد عمران، مجری طرح جامع فاضلاب شهر اهواز، شرکت آب و فاضلاب اهواز ، اهواز، ایران.
[۳]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب، کارشناس سازمان آب و برق خوزستان، اهواز، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۱/۲۷

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۳/۰۴/۲۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۴/۳۰

تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۰۵/۲۵

کلیدواژه‌ها:
عمق کارگذاری ،نرم افزار sewer cad ، خطوط فاضلاب، شیب، هزینه

چکیده

در این پژوهش، به‌منظور سهولت احداث خطوط و کارگذاری در اعماق کمتر، راهکار کاهش شیب خطوط را در شرق شهر اهواز بررسی نمودیم. همچنین، به مقایسه اقتصادی بین این حالات پرداختیم. موقعیت توپوگرافی شهر اهواز به لحاظ ارتفاع کم این منطقه از سطح دریا، پست و هموار بودن منطقه و نوع خاک (که اغلب از نوع خاک‌های سنگین و ریزشی است) موجب شده که طراحی، اجرا و دفع فاضلاب این منطقه با مشکلات فراوانی مواجه باشد. بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این منطقه، وجود شبکه فرسوده و رشد مجتمع‌های مسکونی و به‌تبع آن افزایش جمعیت متمرکز در برخی مناطق، مشکلات اجرا و بهره برداری از تأسیسات و خطوط فاضلاب را در این شهر دوچندان نموده است. کارگذاری خطوط در اعماق بیشتر یا مستلزم اجرای روش‌های خاص، مانند روش میکروتونل است که از جمله پرهزینه‌ترین روش‌های اجرا است یا به‌منظور جلوگیری از کارگذاری دراعماق، احداث ایستگاه‌های پمپاژ را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. در این تحقیق خطوط اصلی شرق شهر اهواز، علاوه بر شیب استاندارد با شیب‌های $\frac{1}{2d}$، $\frac{1}{3d}$ و شیب کمتر از $\frac{1}{3d}$ به‌صورت سعی و خطا با استفاده از نرم‌افزار sewer cad طراحی شده است. کاهش شیب خطوط، موجب افزایش قطر می‌شود، که این افزایش بالا رفتن هزینه‌های خرید لوله را به‌دنبال خواهد داشت؛ ولی به‌موازات کاهش هزینه‌های اجرایی، کاهش هزینه تجهیزات ایستگاه‌های پمپاژ و هزینه‌های بهره‌برداری ایستگاه‌ها و کاهش هزینه تعمیرات و نگهداری خطوط را به دنبال دارد. خطوط با شیب $\frac{1}{2}$ استاندار به‌طور متوسط ۱متر کاهش عمق کارگذاری، ۹/۷درصد افزایش هزینه خرید لوله، ۱۰درصد کاهش هزینه اجرا، ۹/۵ درصد کاهش هزینه تجهیزات ایستگاه، ۹/۶ درصد کاهش هزینه تعمیرات و نگهداری و طراحی $\frac{1}{3}$ استاندارد عمق خطوط ۱/۲ کاهش، ۱۵درصد افزایش هزینه خرید لوله، ۱۲درصد کاهش هزینه اجرا، ۱۲ درصد کاهش هزینه تجهیزات ایستگاه، ۱۰/۴ درصد کاهش هزینه تعمیرات و نگهداری و در طراحی باشیب سعی و خطایی کاهش ۱/۳۵متر عمق کارگذاری ، ۱۸/۹درصد افزایش هزینه خرید لوله، ۱۵درصد کاهش هزینه اجرا، ۱۲ درصد کاهش هزینه تجهیزات ایستگاه، ۱۱/۷درصد کاهش هزینه تعمیرات و نگهداری را به دنبال دارد. در این پژوهش با بررسی تمام پارامترها، طراحی با شیب $\frac{1}{2}$ استاندارد پیشنهاد می‌گردد.

نویسنده مسئول:hdsxosrav83@gmail.com

استناد: خسروی، حدیث؛ محمودی عابد، حمید؛ رویوران، محمدمهدی. (۱۴۰۳). بررسی فنی- اقتصادی کاهش عمق کارگذاری در خطوط فاضلاب شرق اهواز، *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۴ (۱)، http//doi.org/10.22034/nawee.2024.459206.1081

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.

© نویسندگان

مقدمه

مسأله بیرون راندن فاضلاب از محیط زیست انسان از زمانی به‌وجود آمد که مردم به زندگی گروهی روی آوردند. انسان با پیدایش شهرها و گسترش شبکه‌های آبرسانی برای پاکسازی زندگی خویش، بیرون راندن پسابها را لازم دید. در ایران مسأله دفع فاضلاب با توجه به توپوگرافی منطقه (وضعیت شیب مناسب) و یا وجود زهکش‌های طبیعی مانند رودخانه در منطقه تحلیل می‌گردد، و در برخی مناطق با ساختن فاضلاب‌روهای موضعی و کوتاه، فاضلاب‌های خانگی و سطحی را بدون تصفیه به بیرون شهر منتقل می‌کنند. در شهرهایی که عمق سطح آب زیرزمینی و نفوذپذیری زمین نسبتا زیاد است، از چاه‌های جذب‌کننده فاضلاب استفاده می‌شود. این در حالی است که در شهرهای با سطح آب زیرزمینی بالا و یا با نفوذپذیری کم خاک، با استفاده از لجن‌کشها، چاههای جمع‌آوری فاضلاب را خالی و به بیرون از شهرها منتقل می‌کردند.

شهر اهواز، مرکز استان خوزستان، با توپوگرافی نسبتاً مسطح با مشکلات عدیدهٔ اجرایی آب و فاضلاب مواجه است. وجود خاک ریزشی در برخی از مناطق، سطح بالای آب زیرزمینی و مسائلی از این قبیل نیز مشکلات اجرایی را دو چندان نموده‌اند. ازآنجاکه کارگذاری لوله‌های شبکه فاضلاب در اعماق بیشتر، هزینه‌بر و سخت است، در این مطالعه به بررسی تأثیر کاهش شیب برای امکان کارگذاری شبکه در اعماق کمتر می‌پردازیم.

رضایی(۱۳۹۳) مطالعه‌ای با عنوان بهینه‌سازی شبکه‌های فاضلاب بر اساس شیب و شکل شبکه انجام داد. در این مطالعه، از یک نرم‌افزار جدید با نام *Genetik* برای بهینه‌سازی استفاده شده که تغییری در کدنویسی آن برای افزایش متغیرهای تصمیم انجام شد. در این بهینه‌یابی متغیر تصمیم، شکل شبکه در نظر گرفته شد و سعی شد برای شیب‌های ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۷، ۰/۰۰۸و ۰/۰۰۹ شبکه‌ای به‌دست آید که کمترین هزینه را داشته باشد.

جانفشان(۱۳۸۲) تحقیقی با عنوان ایجاد نرم‌افزار کامپیوتری برای تحلیل و طراحی شبکه‌های جمع‌آوری نوین فاضلاب انجام داد. در جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب به روش‌های سنتی جمع‌آوری تاکید می‌شود که در مناطق دارای شیب نواحی کم، سطح آب زیرزمینی بالا و دبی فاضلاب تولیدی کم این روش کارایی کمتری دارد. وی ضوابط فنی و اقتصادی روش‌های نوین جمع‌آوری فاضلاب را مطالعه و بررسی و یک برنامه نرم‌افزاری ایجاد نمود که قابلیت طراحی شبکه‌های نوین را دارا باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی محل طرح

شهر اهواز، مرکز استان خوزستان با مختصات طول جغرافیایی ۴۸درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱درجه و ۲۰ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۵متر از سطح دریا در جنوب غرب ایران واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه این شهر۲۰۳میلیمتر، متوسط درجه حرارت ۳۳درجه سلسیوس و متوسط رطوبت ۵۰ درصد است.

طراحی شبکه فاضلاب

پس از تعیین مقدار فاضلاب در حالت‌های گوناگون، بهره‌برداری از شبکه و انتخاب نوع لوله‌ها، باید برای شروع محاسبه شبکه جمع‌آوری فاضلاب گام‌های زیر برداشته شود:

گام اول- تهیه نقشه توپوگرافی از شهر مورد نظر؛

گام دوم- انتخاب مسیر لوله‌ها؛

گام سوم- نامگذاری مسیرها تمام مسیرها و تقاطع‌ها باید با کمک حروف و اعداد و نظمی مناسب نامگذاری شوند.

گام چهارم تعیین حوزه آبریز لوله‌ها برای این کار باید نخست محدوده‌ی خدمات شهری با توجه به نقشه های جامع و یا هادی شهر تعیین شود و سپس تراکم جمعیت در نقاط مختلف شهر معین و بالاخره حوزه آبریز هر قطعه لوله انتخاب و سطح آن برحسب هکتار محاسبه گردد.

گام پنجم تهیه پروفیل‌های طولی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی دقیق به مقیاس ۱/۲۵۰۰ تا ۱/۱۰۰۰ و یا با استفاده از نتایج نقشه‌برداری و ترازیابی دقیق در محل و به ترتیب نامگذاری‌های انجام‌شده برای مسیرهای گوناگون پروفیل های طولی تمام خیابان‌ها، کوچه‌ها و گذرها با مقیاس‌های زیر کشیده می‌شوند:

- مقیاس در طول ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۲۵۰۰
- مقیاس در ارتفاع :۱/۱۰۰

گام ششم- تهیه جدول و نوشتن نتایج محاسبه لوله‌ها در آن.

قوانین هیدرولیکی

با توجه به اینکه جریان در لوله‌های فاضلاب دارای سطح آزاد است، مانند کانال باز طراحی می‌شوند. معادله مانینگ به‌دلیل سادگی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (گاهی و طاهریون۱۳۹۹). علاوه بر آن، می توان از رابطه کلبروک – وایت نیز استفاده نمود. مقدار مناسب n برای استفاده در فرمول مانینگ ۰/۰۱۳ است؛ در حالی که مقدار k برای استفاده از فرمول کلبروک وایت ۱/۵ میلیمتر است. برای طراحی خطوط تحت فشار فرمول هیزن ویلیام توصیه شده است. فاکتور c در این فرمول تابعی از شرایط و جنس لوله است. بر اساس نرم‌افزار تهیه‌شده، فاضلاب‌روها با استفاده از فرمول مانینگ طراحی خواهند شد.

معرفی پارامترهای رابطه مانینگ

از جمله روابط بسیار کاربردی در محاسبه جریان در سطوح آزاد، کانال ها و شبکه‌های فاضلاب که جزء جریان‌های آزاد محسوب می‌شوند، رابطه مانینگ است. این رابطه در سال ۱۸۴۷توسط مهندس فرانسوی فیلیپ گایئوکلر ارائه شد و سپس در سال ۱۸۹۰ توسط مهندس ایرلندی رابرت مانینگ دوباره طراحی و توسعه داده شد.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{0.5}$$ ۱)رابطه

Q: دبی (مترمکعب در ثانیه)
n: ضریب زبری مانینگ
A: سطح مقطع(مترمربع)
R: شعاع هیدرولیکی(متر)
S: (متر بر متر)

تعیین ابعاد کانال های فاضلاب

برای تعیین ابعاد کانال های فاضلاب باید نخست نوع کانال و سپس شیب آن انتخاب گردد. چنان‌که پیش از این اشاره شد جنس لوله بسته به نوع فاضلاب و جنبه های اقتصادی و امکان های تهیه لوله انتخاب می گردد.

درازای لوله و اختلاف ارتفاع زمین در ابتدا و انتهای آن از روی نقشه اندازه‌گیری می شود. با توجه به محدودیت شیب لوله‌ها، خطای حاصل از این روش اندازه‌گیری طول لوله قابل چشم‌پوشی است.

لذا در این قسمت تنها به آن دسته از قوانین و اصول هیدرولیکی اشاره می‌شود که در محاسبه چنین لوله‌هایی دخالت دارند. تنها در حالت بارندگی‌های شدید که لوله‌ها در مدت زمانی کوتاه قدرت کشش تمام آب باران را نداشته باشند، سطح آب در دهانه‌های بازدید بالا می‌آید، ولی به سبب ارتباط آنها در کف خیابان با هوای آزاد فشار واردشده حداکثر از چند متر بیشتر نمی‌گردد که آن هم قابل چشم‌پوشی است.

فرضیاتی که در محاسبه به‌کارمی‌روند

همان‌گونه‌که اشاره شد جریان در لوله‌های فاضلاب غالباً به‌صورت آزاد و تحت تأثیر نیروی ثقل انجام می‌گیرد. برای به‌دست‌آوردن فرمول‌هایی که بتوان به‌راحتی با آنها محاسبه شبکه را انجام داد، فرض‌هایی انجام می‌گیرد که کاربرد آنها تقریب‌هایی به همراه دارد. این فرض‌ها عبارتند از:

الف) جریان فاضلاب دائمی (ماندگار) است، یعنی: $dv/dt=0$

ب) جریان فاضلاب یکنواخت است، یعنی: $dv/dx=0$

ج) جریان فاضلاب با دبی ثابتی است، یعنی: $dq/dx=0$

ملاحظه می‌شود این سه شرط تنها در صورتی کاملاً برقرارند که در یک قطعه لوله مقدار سرعت در زمان‌های مختلف یکسان مسطح مقطع جریان در طول لوله ثابت و انشعابی به لوله وارد نگردد. در جریان‌های آزاد و بدون فشار این سه شرط سبب می شوند که شیب کف کانال برابر شیب خط انرژی و برابر شیب سطح آزاد فاضلاب گردد. با استفاده از همین شروط است که در محاسبه لوله‌های فاضلاب به‌جای شیب خط انرژی یا خط شیب فشار (آنچه در لوله‌های آبرسانی و تحت فشار، مورد توجه قرار می‌گیرد) از شیب کف کانال گفت‌وگو به عمل می‌آید.

بررسی حالت نیمه‌پر در فاضلاب‌روها

در اکثر مواقع، جریان در فاضلاب‌روها، به‌صورت نیمه‌پر جریان می‌یابد و لذا مقدار دبی و سرعت بسته به ارتفاع فاضلاب در فاضلاب‌رو تغییر می‌نماید. از آنجا که در موارد کمی کاهش سرعت فاضلاب ممکن است سبب ته‌نشین شدن مواد معلق در آن گردد، بررسی و تعیین سرعت واقعی فاضلاب در حالت‌های گوناگون یکی از مهمترین قسمت‌های طراحی شبکه فاضلاب است. به عبارت دیگر پس از تعیین ابعاد هندسی فاضلاب‌رو باید مقدار سرعت در حالت‌های مختلف به ویژه در موقع شروع بهره‌برداری کنترل شود. ضریب زبری مانینگ در حالت نیمه‌پر، بزرگتر از ضریب زبری همان لوله در شرایط پر است (انجمن مهندسان عمران آمریکا، ۱۹۸۲).

محدودیت‌های فنی

به‌منظور طراحی شبکه فاضلابی که بتواند در زمان بهره‌برداری به بهترین شکل عمل کند، یعنی از یک سو ته‌نشین‌شدن مواد معلق سبب گرفتگی فاضلاب‌روها نشود و از سوی دیگر مواد معلق سخت، مانند شن و ماسه موجب سایش و فرسایش کف فاضلاب‌روها نگردد، باید محدودیت‌های فنی زیر را در زمان طراحی شبکه در نظر داشت:

محدودیت سرعت

برای جلوگیری از ته‌نشین‌شدن طولانی مدت و تجمع و تحکیم مواد رسوبی در فاضلاب‌رو باید شرایطی ایجاد شود که مواد رسوبی به تصفیه‌خانه حمل و منتقل شود. روش متعارف برای جلوگیری از ته‌نشینی ذرات رسوبی، رسیدن سرعت جریان فاضلاب به سرعت شست‌وشو است (والسکی، ۲۰۰۴) .

برطبق روش نیروی کششی حداقل شیب و سرعت شست‌وشوی خودکار در شبکه مجزا و مرکب برای قطرهای مختلف به استثنای انشعابات خانگی به صورت جدول (۱) در نظر گرفته می‌شود (هاگر، ۲۰۱۰).

الف- حداقل سرعت برای زمان شروع بهره‌برداری از شبکه محاسبه شود. یعنی با توجه به تاریخ نسبتاً دقیق شروع بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب، تعداد و تراکم جمعیت و مصرف سرانه آب حداقل سرعت محاسبه شود.

ب- محاسبه حداقل سرعت با توجه به درصدی از خانه‌ها که انشعاب دریافت می‌کنند انجام گیرد. یعنی ضریب بهره‌برداری از شبکه در شروع کار دخالت داده شود.

ج- محاسبه حداقل سرعت برای حالت خشکی و بدون بارندگی انجام گیرد؛ یعنی تمام فاضلاب‌هایی که ممکن است از بارندگی ناشی شوند، مانند آنچه از اتصال‌های غیرمجاز ناشی می‌شود، در محاسبه حداقل سرعت دخالت داده نشود.

د- در صورتی که سطح آب زیرزمینی در محل پایین‌تر از لوله‌های فاضلاب قرار داشته باشد، برای محاسبه حداقل سرعت باید نشت آب در لوله‌ها صفر فرض گردد. اگر لوله‌های هدایت فاضلاب کاملاً در زیر آب زیرزمینی قرار دارند، باید تنها قسمتی از نشت آب پیش‌بینی‌شده (مثلاً ۵۰ درصد) را در محاسبه حداقل سرعت دخالت داد.

حداکثر سرعت، در فاضلاب‌روها تابعی از کمیت و کیفیت مواد رسوبی موجود در جریان فاضلاب است و در حالت جریان طراحی شبکه و برای انواع جنس لوله باید در شبکه‌های مجزا به۴/۵ متر بر ثانیه و و در شبکه‌های مرکب به ۶ متر بر ثانیه محدود گردد (برنامه کیفیت آب وزارت محیط زیست، ایالت واشنگتن، ۲۰۰۶؛ وزارت محیط زیست کانادا،۲۰۰۸) .

محدودیت شیب

حداقل شیب درفاضلاب‌روها شیبی است که سرعت حداقل یا سرعت خودشویی را درسال اول بهره‌بردای تامین نماید. مگر در مواردی که از تأمین سرعت خودشویی به دلیل اجتناب از افزایش عمق در مناطق کم شیب و مسطح صرف نظر شود. بدیهی است که حداقل شیب هر فاضلاب‌رو تابعی ازقطر آن است، به‌طوری‌که هرچه قطر کوچکتر باشد، حداقل شیب افزایش می‌یابد. علاوه بر این با توجه به اینکه در فاضلاب‌روهای با قطر مشابه نیز درصد پرشدگی لوله‌ها در شبکه متفاوت است، بنابراین برای یک قطر مشخص نیز با توجه به درصد پرشدگی لوله‌ها در شبکه متفاوت است.

حداکثر شیب- فاضلاب‌روهایی که شیب بیش از ۲۰ درصد دارند، باید به‌وسیله سازه بتنی، مهار شوند، فاصله مرکز تا مرکز این مهارها به‌صورت زیر توصیه می‌شود.

-کمتر از ۱۱ متر برای زاویه‌های بین۲۰ تا ۳۵ درجه؛

-7متر برای زاویه‌های بین ۳۵ تا ۵۰ درجه؛

-کمتر از ۴/۹ متر برای زاویه‌های بیش از ۵۰ درجه (وزارت محیط زیست کانادا،۲۰۰۸).

جدول۱. حداقل شیب و قطر استاندارد در شبکه مجزا

قطر(میلیمتر)	شیب	سرعت شست‌وشو(متر بر ثانیه)
۲۰۰	۰/۰۰۶	
۲۵۰	۰/۰۰۳۳	۰/۷
۳۰۰	۰/۰۰۲۷	
۴۰۰	۰/۰۰۲	
۵۰۰	۰/۰۰۱۶	۰/۸
۶۰۰	۰/۰۰۱۴	
۷۰۰	۰/۰۰۱۲	
۸۰۰و بالاتر	۰/۰۰۱	۰/۹

محدودیت ارتفاع فاضلاب

به‌سبب امکان وجود مواد درشت و معلق در فاضلاب و امکان گیرکردن این مواد به کف کانال و در نتیجه بازایستادن و ته‌نشین‌شدن آنها، برای ارتفاع فاضلاب در لوله‌ها نیز حداقلی را پیش بینی می‌کنند. این حداقل از یک سو نباید کمتر از ۰/۱ قطر لوله باشد و از سوی دیگر در لوله‌های با قطر کم نباید از ۲ تا ۳ سانتی متر کمتر گردد. شرایط محاسبه حداقل ارتفاع فاضلاب مانند شرایط محاسبه حداقل سرعت است و باید به تمام نکات مربوط به آن مورد توجه شود.

محدودیت قطر لوله‌ها

حداقل قطر فاضلاب‌رو در شبکه‌های مجزا ۲۰۰ میلی‌متر و در شبکه‌های مرکب ۲۵۰ میلی‌متر است. در نشریه شماره ۳۸۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور باعنوان «راهنمای نصب انشعابات فاضلاب ابنیه» قطر فاضلاب‌رو برای انشعابات خانگی ارائه گردیده است، لیکن با توجه به تجارب سایر کشورها، حداقل قطر انشعابات ۱۵۰ میلی‌متر توصیه می‌گردد (بانک توسعه آسیایی- طرح جامع فاضلاب هاپور، ۲۰۰۹).

عمق نصب فاضلاب‌روها

حداقل و حداکثر عمق مجاز فاضلاب‌روها با توجه به موارد زیر قابل تعیین است:

-حداقل عمق کارگذاری لوله

پارامترهای موثر در تعیین حداقل عمق کارگذاری فاضلاب‌روها به شرح زیر است:

- عمق یخبندان: حداقل پوشش خاک روی فاضلاب‌رو باید به نحوی انتخاب گردد که از آسیب دیدن لوله در شرایط یخبندان محافظت کند. لوله‌هایی که در عمق کافی برای جلوگیری از اثرات یخبندان قرار ندارند باید عایق حرارتی شوند (وزارت محیط زیست کانادا، ۲۰۰۸؛ برنامه کیفیت آب وزارت محیط زیست، ایالت واشنگتن، ۲۰۰۶).

بارهای وارده

پوشش خاک روی فاضلاب‌رو باید به اندازه‌ای باشد که لوله را در مقابل آسیب‌های سازه‌ای ناشی از بارهای وارد بر آن حفاظت نماید.

توصیه می‌شود پوشش خاک روی فاضلاب‌روهایی که در زیرخیابان‌های اصلی (با عرض بیش از ۲ باند عبوری وسایل نقلیه) قرار می‌گیرند حداقل ۱/۲ متر و برای فاضلاب‌روهایی که در معابر دیگر قرار می‌گیرند حداقل۰/۹ متر باشد (برنامه کیفیت آب وزارت محیط زیست، ایالت واشنگتن، ۲۰۰۶؛ وزارت محیط زیست و منابع طبیعی کارولینای شمالی، ۱۹۹۶).

در شهرهایی که منازل دارای زیرزمین مسکونی هستند، حداقل عمق لوله‌های فاضلاب را باید به اندازه‌ای انتخاب نمود که فاضلاب تولیدی یک طبقه زیر زمین به صورت ثقلی به شبکه فاضلاب، قابل تخلیه نمودن باشد. در مورد ساختمان‌هایی که دارای بیش از یک طبقه زیر زمین مسکونی هستند (البته تعداد آنها بسیار محدود است و مقررات شهرسازی مجوز احداث چنین ساختمان‌هایی را نمی‌دهد) صاحبان چنین ساختمان‌هایی باید بهترین راه حل را برای تخلیه فاضلاب به شبکه انتخاب نمایند که یکی از گزینه‌های موجود استفاده از ایستگاه پمپاژ است. براساس ضوابط موجود و به منظور جلوگیری از آلودگی شبکه‌های آب‌رسانی، لوله‌های فاضلاب باید پایین‌تر از لوله‌های آب قرار گیرند که در این رابطه رعایت حداقل فاصله عمودی ۰/۵ متر و فاصله افقی ۳ متر پیشنهاد شده است. با توجه به این ضوابط و در صورت نبود زیرزمین مسکونی در شهر، حداقل عمق فاضلاب‌روها بین ۱/۸-۲ متر بسته به عمق لوله‌های آب‌رسانی متغیر خواهد بود.

در بسیاری از موارد با توجه به قدمت سایر تأسیسات شهری و ناهماهنگی در اجرای آنها رعایت فاصله افقی ۳ متر با لوله‌های فاضلاب مقدور نیست و در چنین مواردی پارامتر تعیین کننده رعایت فاصله عمودی حداقل ۰/۵ متر است.

معرفی نرم‌افزار Sewer cad

نرم‌افزار Sewer cad، نرم‌افزار مهندسی طراحی فاضلاب با کاربردی آسان است که شهرداری‌ها، و شرکت‌های مهندسی در سراسر جهان به طراحی، تجزیه و تحلیل و برنامه‌ریزی سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب توسط آن اعتماد دارند. در برنامه SewerCAD مهندسان می‌توانند با استفاده از تجزیه و تحلیل حالت پایدار با فاکتورهای مختلف با لحاظ استاندارد و شبیه‌سازی‌های دوره‌ای طولانی، هر دو شبکه اصلی نیرو و هیدرولیک گرانش را با سهولت مدل کنند. با استفاده از Openflows Workuite ، می‌توان با اطمینان، سیستم‌های آب را با هر پیچیدگی برنامه‌ریزی و طراحی کرد. فن‌آوری‌های OpenFlows هوش در زمان واقعی را با تجزیه و تحلیل مکانی ترکیب می‌کنند و دید و بینش‌هایی برای اطمینان از نتایج بهینه در دنیای واقعی ارائه می‌دهند. راه حل‌های Openflows را برای طیف گسترده‌ای از فرآیندهای مرتبط با آب، از جمله توزیع و تجزیه و تحلیل شبکه آب، مدیریت فاضلاب بهداشتی و ارزیابی و کاهش خطر سیل پیشنهاد می‌کنند و نرم‌افزاری پرقدرت برای تحلیل و طراحی شبکه‌های جمع‌آوری و دفع فاضلاب است. این نرم‌افزار به کاربر امکان تهیه پروفیل طولی شبکه را می‌دهد. این قابلیت به کاربر کمک می‌کند که تحلیل و بررسی بهتری از نحوه اجرای خط لوله داشته باشد و با توجه به محدودیت‌های آیین‌نامه‌ای و یا پروژه‌ای تصمیمات لازم را اتخاذ نماید. همچنین این نرم‌افزار امکان نمایش کلیه پارامترهای لازم و ضروری از جمله سرعت، شیب و ... را به شکل جدولی کاربردی در اختیار کاربر قرار می‌دهد. امکان نمایش پارامترهای مورد نظر کاربر به تفکیک رنگ و به‌منظور تسریع در تحلیل و بررسی آن از قابلیت‌های دیگر این نرم‌افزار به‌شمار می‌رود. قابل ذکر است در این نرم‌افزار رابطه‌های محاسباتی برای لوله‌های تحت فشار و ثقلی را می‌توانید انتخاب نمایید که این رابطه به‌صورت پیش‌فرض برای لوله‌های ثقلی رابطه مانینگ، و برای لوله‌های تحت فشار رابطه هیزن-ویلیامز در نظر گرفته شده است. لازمه شروع به‌کار با این نرم‌افزار، داشتن فایل dwg از منطقه مورد مطالعه است.در واقع لازم است نرم‌افزار Auto cad نیز هم‌زمان روی سیستم نصب باشد. این نرم‌افزار پس از دریافت فایل dxf منطقه مورد نظر قابلیت طراحی خطوط و شبکه فاضلاب را دارد. طراح، پس از وارد کردن کدهای ارتفاعی، پارامترهای پایه از جمله سرانه و جمعیت را در قالب یک الگو برای نرم‌افزار تعریف می‌کند. جنس، اندازه، مشخصات فنی و ضرایب لوله‌های مختلف به‌صورت پیش‌فرض در نرم‌افزار تعریف شده است که قابلیت تغییر و اضافه کردن نیز دارد. طراح پس از طراحی خطوط، شبکه را RUN می‌کند. نتایج با محدودیت‌ها و قوانین آیین‌نامه‌های طراحی شبکه فاضلاب مطابقت داده می‌شود و در صورت لزوم تغییرات ایجاد شده و دوباره شبکه RUN می‌شود.

مبانی طراحی شبکه فاضلاب شهر اهواز

شهر اهواز در پهنه‌ای نسبتاً هموار قرار گرفته است. بر اساس رقوم ارتفاعی مناطق مختلف شهر اهواز، می‌توان دو منطقه فشاری را تعریف نمود. منطقه فشاری اول شامل مناطقی است که دارای رقوم ارتفاعی زیر ۲۵متر و منطقه فشاری دوم محدوده‌ای است که مناطق بالای ۲۵متر ارتفاع را در برمی‌گیرد. شبکه فاضلاب در شهر اهواز طی سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۶۴ در بخش قدیمی شهر اجرا گردید. طی سال‌های ۱۳۶۴ تا سال ۱۳۷۳ طراحی و اجرای شبکه فاضلاب سایر مناطق ادامه یافت. طی سال‌های اخیر مطالعه و طراحی شبکه فاضلاب شهر اهواز در قالب دو بخش غرب و شرق اهواز صورت گرفت. در این تحقیق، طراحی خطوط اصلی و انتقال شرق اهواز را بررسی می‌نماییم. مشخصات پایه در این مطالعه، مطابق با مشخصات پایه طرح جامع فاضلاب در نظر گرفته شده است. متوسط سرانه تولید فاضلاب عبارت از میانگین روزانه مقدار فاضلاب تولیدشده در طول یک شبانه‌روز به ازای هر نفر از جمعیت محدوده مورد مطالعه است. در مناطق مختلف کشور معادل ۷۰ تا ۹۰ درصد مجموع کل مصرف سرانه خانگی، عمومی، صنعتی و تجاری است.

در این پژوهش این ضریب ۰/۸۵ در نظر گرفته شده است. نشتاب عبارت است از آب‌هایی که از طریق اتصالات، شکستگی و ترکهای فاضلاب‌روها و دیواره آدم‌روها وارد فاضلاب‌روها می‌شوند و منشأ آن آب‌های زیرزمینی و تراوش آب از لوله‌های شبکه آبرسانی شهری است. مراجع مختلف ارقام متفاوتی برای محاسبه نشتاب ارائه کرده‌اند. بر اساس پیشنهاد استاندارد صنعت آب کشور و نیز عمق لوله‌گذاری مقدار سرانه نشتاب و رواناب برای شرق اهواز معادل جدول (۲) در نظر گرفته شده است. برای مشخص نمودن وضعیت فاضلاب صنعتی که ورود آن به تصفیه خانه مهم و حائز اهمیت است، مطالعات کاملی انجام شد.

نوع شبکه

سیاست اصلی طرح ، شامل طرح شبکه جمع‌آوری بهینه با فرض مجزا بودن شبکه‌های جدید برای کل منطقه تحت پوشش طرح بوده است. البته در بخشی از مناطق مرکزی شهر، به‌دلیل وجود شبکه مرکب قدیمی، طرح به‌صورت نیمه‌مرکب در نظر گرفته شده است.

ضرایب حداقل و حداکثر

طراحی شبکه فاضلاب با استفاده از ضریب حداکثر جریان صورت می‌گیرد. تغییرات این ضریب نسبت عکس با جمعیت تحت پوشش هر فاضلاب‌رو دارد. هنگامی که جمعیت افزایش می‌یابد. مقدار ضریب فوق کم می‌شود و علت به‌وجود آمدن این امر ظرفیت ذخیره‌سازی قابل توجه در شبکه‌های بزرگ است که موجب می‌شود دامنه تغییرات جریان فاضلاب نسبت به دامنه تغییرات مصرف آب کوچکتر گردد. استاندارد صنعت آب ایران برای محاسبه ضرایب حداقل و حداکثر جریان روابط ذیل را پیشنهاد نموده است که در آن P جمعیت بر حسب هزار نفر است. در مطالعات حاضر با توجه به توصیه‌های استاندارد صنعت آب کشور، ضرایب حداقل و حداکثر جریان برای هر فاضلاب‌رو به صورت مجزا و با توجه به کل جمعیت تحت پوشش آن فاضلاب‌رو از فرمول‌های فوق محاسبه و مورد استفاده قرار گرفته است. شایان ذکر است که ضریب حداقل و حداکثر جریان را می‌بایست به مقدار مجموع خانگی و غیر خانگی شده اعمال نمود و نبایستی به نشتاب و رواناب اعمال کرد. روابط زیر برای محاسبه ضرایب به کار می‌رود (والسکی، ۲۰۰۴)

$$Kmax = \frac{5}{p^{0.167}}$$ ۲)رابطه

$$Kmax = \frac{p^{0.167}}{5}$$ 3)رابطه

عمق پرشدگی

با توجه به اینکه جریان در داخل لوله‌های فاضلاب، از نظر هیدرولیکی از نوع جریان آزاد است؛ لذا درصدی از قطر لوله به عنوان فضای خالی در تماس با هوا قرار دارد که بدین سبب فاکتوری به نام حداکثر پرشدگی فاضلاب در لوله‌ها تعریف می‌گردد.

طراحی شبکه

طرح اولیه خطوط با لحاظ شیب استاندارد($\frac{1}{d}$) ارائه گردید. این طراحی در مراحل بعد، با کم کردن شیب استاندارد به ($\frac{1}{2d}$)، ($\frac{1}{3d}$) و کاهش شیب به‌صورت سعی و خطایی به کمتر از($\frac{1}{3d}$) انجام شد . نتایج حاصل از این طراحی‌ها با استفاده از نرم‌افزار *Sewer cad* قابل بررسی است.

جدول ۲. اجزاء تشکیل دهنده سرانه کل فاضلاب شهر اهواز

عنوان	واحد	ابتدای طرح	انتهای طرح
سرانه فاضلاب خانگی	(لیتر در روز بازاء هر نفر)	۱۳۶	۱۳۶
سرانه فاضلاب غیرخانگی		۴۳	۲۵
سرانه نشتاب		۲۵	۲۵
سرانه رواناب		۳۵	۳۵
مجموع		۲۶۰	۲۳۲

جدول ۳. ضریب حداکثر جریان فاضلاب برای جمعیت‌های مختلف

جمعیت	ضریب حداکثر جریان
۱۰۰۰	۵
۵۰۰۰	۳/۸۲
۱۰۰۰۰	۳/۴
۵۰۰۰۰	۲/۶
۱۰۰۰۰۰	۲/۲۳
۵۰۰۰۰۰	۱/۷۷
۱۰۰۰۰۰۰	۱/۳۸

بررسی اقتصادی

در خصوص برآورد هزینه‌های طرح و بررسی اقتصادی، به چهار پارامتر اصلی و تأثیر گذار می‌پردازیم.

هزینه خرید لوله: با کاهش شیب خطوط، سایز خطوط لوله افزایش می‌یابد و به تبع آن هزینه خرید افزایش خواهد یافت.

هزینه اجرای خطوط: هزینه عملیات اجرایی، علاوه بر عمق کارگذاری، تابع روش خاص اجرا نیز است. در بسیاری از موارد کاهش عمق کارگذاری منجر به تغییر روش اجرا و به تبع کاهش هزینه‌ها می‌گردد، که عکس این موضوع نیز صادق است.

به عنوان نمونه اجرایی، گاهی گزارشهای ژئوتکنیک نشان می‌دهد که خاک تا عمق ۳/۵ متر، پایدار و بعد از آن ریزشی است و اجرای خط نیازمند تثبیت بستر است. در این حالت اجرای خط به روش ترانشه باز غیرممکن بوده و نیازمند تثبیت با شفته آهک است که علاوه بر زمان‌بر بودن روش، افزایش هزینه هر متر اجرا را نیز به دنبال خواهد داشت.

هزینه خرید پمپ و تجهیزات: با کاهش عمق خطوط و به تبع آن کاهش عمق ایستگاه های لیفت، پمپ‌هایی کوچکتر و با قدرت کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. پمپ‌های کوچکتر ارزانترند.

هزینه بهره‌برداری و تعمیرات خطوط: احداث خطوط در اعماق بیشتر، عملیات تعمیرات و نگهداری را مشکل‌تر و افزایش هزینه‌های تعمیرات را در پی خواهد داشت.

هزینه بهره‌برداری از ایستگاه‌ها: ایستگاه‌های کوچکتر، برق مصرفی کمتری دارند، که تأثیر زیادی در هزینه‌های بهره‌برداری از ایستگاه را درپی خواهد داشت.

نتایج و بحث

در این پژوهش، پس از طراحی شبکه فاضلاب شرق اهواز با شیب‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار sewer cad نتایجی به‌دست آمد که به‌صورت گزارش خروجی نرم‌افزار قابل ارائه است. مهمترین پارامتر مورد بحث در این پژوهش، متوسط عمق کارگذاری و به‌تبع آن پوشش روی خط است. متوسط عمق کارگذاری خطوط به‌شرح جدول زیر است. نتایج حاصل از جدول۴، نشان می‌دهد با کاهش میزان شیب ازشیب استاندارد به $\frac{1}{2}$استاندارد ، $\frac{1}{3}$استاندارد و آزمون و خطایی (کمتر از $\frac{1}{3}$استاندارد) متوسط عمق کارگذاری کاهش خواهد یافت. این در حالی است که سایر پارامترهای طراحی در محدوده مجاز هستند. همچنین به بررسی اقتصادی هزینه‌های اجرا و بهره‌برداری طرح در حالات مختلف می‌پردازیم.

.

جدول ۴. میزان پوشش روی خطوط در طراحی با شیب‌های مختلف

شیب طراحی	پوشش روی خط
استاندارد	۳/۵
$\frac{1}{2}$استاندارد	۲/۵
$\frac{1}{3}$استاندارد	۲/۳
آزمون و خطا(کمتر از $\frac{1}{3}$استاندارد)	۲/۱۵

نتایج جداول (۵) تا (۸) نشان می‌دهد، با کاهش شیب و کاهش عمق کارگذاری، قطر خطوط افزایش می‌یابد.

جدول ۵. مشخصات خطوط در طراحی با شیب $\frac{1}{3}$ استاندارد

ردیف	قطر(میلیمتر)	طول(متر)
۱	۶۰۰	۲۷/۰۱۶
۲	۷۵۰	۲۰/۸۱
۳	۹۰۰	۹/۱۱
۴	۱۰۵۰	۱۲/۰۵
۵	۱۲۰۰	۹/۷۷
۶	۱۳۵۰	۷/۹۹
۷	۱۵۰۰	۵۲
۸	۱۶۵۰	۱۰/۴۵
۹	۱۸۰۰	۶/۳۰
۱۰	۲۲۵۰	۴/۱۲
۱۱	۲۵۵۰	۴۹
مجموع	۱۰۷۷۶۰	

جدول ۶. مشخصات خطوط در طراحی با شیب استاندارد

ردیف	قطر(میلیمتر)	طول(متر)
۱	۳۷۵	۱/۱۵۶
۲	۴۰۰	۸/۱۱۴
۳	۴۵۰	۹/۹۵۰
۴	۶۰۰	۲۵/۸۱۳
۵	۷۵۰	۱۲/۹۴۷
۶	۹۰۰	۵/۰۱۸
۷	۱۰۵۰	۱۴/۳۶۶
۸	۱۲۰۰	۸/۴۸۵
۹	۱۳۵۰	۱۱/۴۳۱
۱۰	۱۵۰۰	۶/۳۰۸
۱۱	۱۸۰۰	۴/۱۲۴
۱۲	۲۱۰۰	۴۹
جمع کل		۱۰۷/۷۶

جدول ۷ . مشخصات خطوط در طراحی با شیب سعی و خطایی(در محدوده مجاز)

ردیف	قطر(میلیمتر)	طول(متر)
۱	۶۰۰	۲۲/۳۷۵
۲	۷۵۰	۱۷/۸۳۶
۳	۹۰۰	۱۰/۵۰۹
۴	۱۰۵۰	۱۵/۳۷۱
۵	۱۲۰۰	۱۱/۳۲۴
۶	۱۳۵۰	۲/۳۸۹
۷	۱۵۰۰	۶/۹۹۷
۸	۱۶۵۰	۲۷
۹	۱۸۰۰	۱/۹۴۹
۱۰	۱۹۵۰	۸/۹۹۹
۱۱	۲۱۰۰	۵/۸۱۱
۱۲	۲۷۰۰	۶۱۷
۱۳	۲۸۵۰	۳/۵۵۵
جمع کل		۱۰۷/۷۶

جدول ۸ . مشخصات خطوط در طراحی با شیب $\frac{1}{2}$ استاندارد

ردیف	قطر(میلیمتر)	طول(متر)
۱	۴۵۰	۱۱/۰۱
۲	۶۰۰	۲۱/۹۱
۳	۷۵۰	۱۶/۷۲
۴	۹۰۰	۱۲/۴۱
۵	۱۰۵۰	۱۵/۲۶
۶	۱۲۰۰	۱/۵۰
۷	۱۳۵۰	۷/۹۷
۸	۱۵۰۰	۷/۹۵
۹	۱۶۵۰	۸/۸۳
۱۰	۲۱۰۰	۴/۱۲
۱۱	۲۴۰۰	۴۹
جمع کل		۱۰۷/۷۶

جدول (۹) نشان می‌دهد، با کاهش شیب طراحی، متوسط عمق پرشدگی در انتهای خطوط کاهش می یابد ولی اختلاف چندانی با حالت استاندارد ندارد.

جدول ۹. متوسط عمق پرشدگی در حالات مختلف طراحی(درصد)

شیب طراحی	عمق پرشدگی در انتهای خط(درصد)
استاندارد	۵۴/۲
$\frac{1}{2}$استاندارد	۵۳/۷
$\frac{1}{3}$استاندارد	۵۱/۶
آزمون و خطا(کمتر از $\frac{1}{3}$استاندارد)	۵۰

جدول (۱۰) نشان می‌دهد، کاهش شیب طراحی متوسط سرعت کاهش می‌یابد، ولی همچنان در محدوده مجاز قرار دارد.

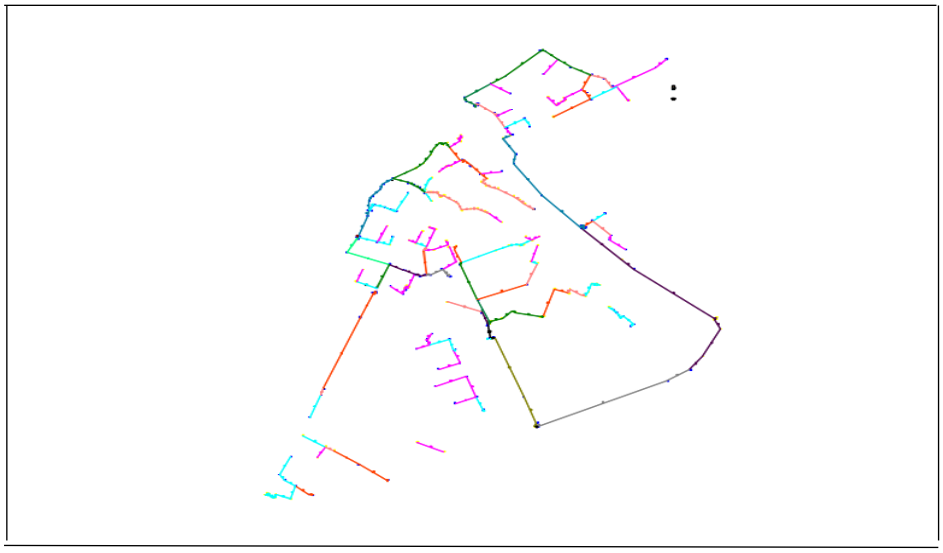
جدول ۱۰ . متوسط سرعت در حالات مختلف طراحی(متر در ثانیه)

شیب طراحی	متوسط سرعت(متر در ثانیه)
استاندارد	۱/۲
$\frac{1}{2}$استاندارد	۰/۹۸۷
$\frac{1}{3}$استاندارد	۰/۸۵۸
آزمون و خطا(کمتر از $\frac{1}{3}$استاندارد)	۰/۷۲

جدول (۱۱) به بررسی اقتصادی هزینه‌های کلی طرح در حالات مختلف مانند هزینهٔ خرید خطوط، اجرای خطوط، هزینه تعمیرات خطوط، خرید پمپ و تجهیزات ایستگاه پمپاژ، برق مصرفی ایستگاه پمپاژ، تعمیرات خطوط لوله می پردازد و تغییرات نرخ هزینه‌های مزبور را نسبت به حالت استاندارد بررسی می‌کند. با کاهش شیب نسبت به حالت استاندارد، هزینه خرید لوله افزایش یافته است، ولی با توجه به کاهش عمق کارگذاری، هزینه عملیات اجرایی کاهش یافته است که این موضوع در برخی موارد متأثر از تغییر روش اجرای ناشی از کاهش عمق است. کاهش عمق خطوط، کاهش عمق ایستگاه‌های لیفت و استفاده از پمپ‌های کوچکتر را به‌دنبال دارد، که هردوی این موارد موجب کاهش هزینه‌های طرح می‌شوند. کاهش عمق کارگذاری موجب سهولت عملیات تعمیرات و نگهداری و کاهش هزینه‌های این بخش شده است. معینی(۲۰۱۹) به‌منظور یافتن عمق بهینه شبکه فاضلاب از چهار الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها استفاده کرد و شیب را به عنوان یکی از محدودکننده‌ترین عوامل در این مسیر دانست و در نهایت، فرمول Max-Min Ant که بیشترین کاهش هزینه را داشت، به‌عنوان راه حل بهینه معرفی نمود. افشار، شهیدی و روحانی (۲۰۱۱) به‌منظور طراحی بهینه شبکه فاضلاب از یک اتوماتای سلولی استفاده نمودند و با لحاظ نمودن قطر و عمق کارگذاری خطوط، به‌عنوان عوامل مهم در برآورد بهترین گزینه اقتصادی، گزینه‌ای با میانگین عمق کارگذاری کمتر را به‌عنوان گزینه برتر معرفی نمودند.

جدول۱۱. مقایسه اقتصادی حالات مختلف طراحی(درصد)

نوع طراحی	نرخ تغییرات هزینه خرید لوله نسبت به حالت استاندارد	نرخ تغییرات هزینه اجرا نسبت به حالت استاندارد	نرخ تغییرات هزینه خرید پمپ و تجهیزات ایستگاه پمپاژ نسبت به حالت استاندارد	نرخ تغییرات هزینه برق مصرفی ایستگاه پمپاژ نسبت به حالت استاندارد	نرخ تغییرات هزینه تعمیرات خطوط لوله نسبت به حالت استاندارد
$\frac{1}{2}$استاندارد	۹/۷	-۱۰	-۹/۵	-۱۰/۵	-۹/۶
$\frac{1}{3}$استاندارد	۱۵	-۱۲	-۱۲	-۱۴/۵	-۱۰/۴
آزمون و خطا(کمتر از $\frac{1}{3}$استاندارد)	۱۸/۹	-۱۵	-۱۲	-۱۶	-۱۱/۷



شکل ۱، نمای کلی طرح را نشان می‌دهد. همچنین، در جدول ۱۲، نمونه ای از گزارش خروجی نرم افزار، مشاهده می‌شود.

جدول۱۲. نمونه جدول خروجی از برنامه sewer cad در طراحی استاندارد

Label	Population (capita)	Upstream Node	Downstream Node	Length (m)	Constructed Slope (m/m)	Section Size (mm)	Total Flow (l/s)	Average Velocity (m/s)	Avg End Depth / Rise (d/D) (percent)	Avg pipe cover (m)
P-۱۳۸۶۶۷	۲۴/۸۹۱	MH-۱۰۸۷	MH-۶۰۵	۴۵۲	۰/۰۰۱۶	۶۰۰	۱۴۸	۱/۱۱	۴۶/۷	۳/۷۵
P-۱۳۸۶۶۸	۲۴/۸۹۲	MH-۶۰۵	MH-۶۰۶	۱۴۷۰	۰/۰۰۱۶	۶۰۰	۱۴۸	۱/۱۱	۵۵/۷	۵/۰۴
P-۱۳۸۶۶۹	۱۵/۲۵۹	MH-۶۲۱	MH-۸۱۹	۶۰۴.۵	۰/۰۰۲	۴۰۰	۹۹	۱/۰۷	۶۲/۸	۱/۹۳۵
P-۱۳۸۶۷۰	۱۵/۲۵۸	MH-۶۲۲	MH-۶۲۱	۳۸	۰/۰۰۲	۴۰۰	۹۹	۱/۰۷	۶۸/۸	۱/۵۴
P-۱۳۸۶۷۱	۲۳/۲۷۹	MH-۸۱۹	MH-۷۲۴	۸۹۸.۵	۰/۰۰۱۶	۶۰۰	۱۳۵	۱/۰۸	۴۱/۳	۲/۷۵۵
P-۱۳۸۶۷۲	۳۴/۲۵۷	MH-۷۲۴	MH-۷۲۵	۲۷۸.۵	۰/۰۰۱	۱۰۵۰	۱۹۳	۰/۹۷	۲۷/۵	۳/۳۶
P-۱۳۸۶۷۳	۳۴/۲۵۸	MH-۷۲۵	MH-۸۷۶	۱۴۹	۰/۰۰۱	۱۰۵۰	۱۹۳	۰/۹۷	۲۸/۳	۳/۵۷۵

نتیجه‌گیری

در مناطقی مانند اهواز، با موقعیت توپوگرافی خاص، سطح بالای آب زیرزمینی و نوع خاک ریزشی، عدم اجرای شیب استاندارد و کاهش آن در محدوده $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{3}$شیب استاندارد می تواند راهکار اجرایی جهت تحت پوشش بردن مناطق بیشتر بوده و همچنین موجب صرفه جویی در هزینه‌های تعمیرات و نگهداری خطوط، هزینه تجهیزات و بهره‌برداری از ایستگاه‌های پمپاژ و لیفت گردد. بر اساس این پژوهش به لحاظ فنی و اقتصادی کاهش شیب تا $\frac{1}{2}$ شیب استاندارد پیشنهاد می‌گردد.

References

آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)(۱۳۸۴). ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی.

بحرینی، س.ح. (۱۳۷۷). مبانی طراحی شهری. *انتشارات دانشگاه تهران*.

جانفشان عراق، ه. (۱۳۸۲).ایجاد نرم افزار کامپیوتری جهت تحلیل و طراحی شبکه های جمع آوری نوین فاضلاب، پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشگاه علوم و فنون مازندران، دانشکده مهندسی*.

رحیم‌زاده، ف.، باقری کلجاهی، س. (۱۳۸۲). بررسی رفتار دینامیکی مخازن روزمینی انعطاف‌پذیر، *چهارمین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله تهران*.

رضایی، م. (۱۳۹۳). بهینه سازی شبکه های فاضلاب بر اساس شیب و شکل شبکه. پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشگاه یزد، دانشکده فنی.*

فیوض، ع.ر. (۱۳۷۰). مطالعه خصوصیات دینامیکی کندوهای بتنی با روش ارتعاشات محیطی، *اولین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی.*

گاهی، ز.، طاهریون، م. (۱۳۹۹). اثر رابطه بین تغییرات عمق فاضلاب با ضریب زبری مانینگ در طراحی شبکه جمع آوری فاضلاب،*سومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، شیراز.*

مقدم، ح. (۱۳۷۳). طرح لرزه‌ای ساختمان‌های آجری. *موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف .*

نقی زاده، م. (۱۳۸۵). مبانی نظری معماری و شهرسازی اسلامی. *انتشارات راهیان*

Afshar, M.H., Shahidi, M., Rohani, M. (2011). Application of cellular automata to sewer Network optimizationproblems. *ScienceDirect*, 18(3), 304-312

American Society of Civil Engineers (ASCE). (1982). Gravity Sanitary Sewer Design & Construction, ASCE Manuals & Reports on Engineering Practice No.60, *WPCF & ASCE, NewYork*

Asian Development Bank. (2009). Sewerage Master Plan of Hapur - Capacity Development of the National Capital Region Planning Board (NCRPB), Component B (TA No. 7055-IND), *NCR Planning Board*; ADB.

Bahraini, S. (1998). *Basics of urban design. Tehran University Publications.*(in Persian)

Fayuz, A. (1991). Studying the dynamic characteristics of concrete beehives using. The environmental vibration method, *the first international conference on seismology and engineering.*(in Persian)

Gahi, Z., Taheriun, M. (2020). The effect of the relationship between changes in sewer depth and Manning's roughness coefficient in the design of sewage collection network, 3rd Iran *Water and Sewerage Science and Engineering Congress, Shiraz.* (in Persian)

German Association for Water Environment (ATV). (2001). *Hydraulic Dimensioning and Performance Verification of Sewers and Drains,* Advisory Leaflet ATV-DVWK-A 110E

Hassan, W.H., Jassem, M.H. (2018). A GA-HP model for the optimal design of sewer networks", *Water.Resour. Manag.*, 32(3), pp. 865{879 . networks", *Water.Resour. Manag.* 32(3), pp. 865{879

Hager, W. H. (2010). Wastewater Hydraulics - Theory and Practice, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.

Iller, Bank. (2011). Turkish Regulation for Design of Sewers (according to directions no. 3)*;* http://web.deu.edu.tr/atiksu/toprak/ani4152.html (website accessed Sept. 2012)

Janfshan Iraq, H. (2012). Creation of computer software for analysis and design of modern wastewater collection networks, *Master's thesis, Mazandaran University of Science and Technology, Faculty of Engineering.*

Khan, Z., Zayed, T., Moselhi, O. (2010). Structural condition assessment of sewer pipelines, J. *Perform. Constr. Facil.*, 24(2), pp. 170.

Kley, G., Caradot, N. (2013). Review of sewer Deterioration models, pp. 7{20, *Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, Berlin, Germany.*

Malek Mohammadi, M., Naja, M., Kermanshachi, S. (2020). Factors in uencing the condition of sewer pipes: State-of-the-art review. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 11(4), 03120002 .

Moeini, R. (2019). ANT INTELLIGENT APPLIED TO SEWER NETWORK DESIGN OPTIMIZATION PROBLEM: USING FOUR DIFFERENT ALGORITHMS. *Environmental Engineering and Management Journal. Vol.18, No.5957-971,*

Moghadam, H. (1373). Seismic design of brick buildings. *Scientific Publishing Institute of Sharif University of Technology.*(in Persian)

North Carolina Department of Environment and Natural Resources (NCDENR).(1996). *Minimum Design Criteria for the Permitting of Gravity Sewers,* NCDENR

Naghizadeh, M. (2006). Theoretical foundations of Islamic architecture and urban planning. *Rahian Publications.*(in Persian)

Rahimzadeh, F., Bagheri Koljahi, S. (2003). Investigating the dynamic behavior of flexible reservoirs, *International Conference on Seismology and Earthquake Engineering in Tehran.*(in Persian) *The* ۴*th* Regulations for the design of buildings against earthquakes (Standard 2800). (2004).

Third edition, *Building and Housing Research Center, Ministry of Housing and Urban Development*.(in Persian)

Rezai, M., (2013). Optimization of sewage networks based on the slope and shape of the network. *Master's thesis, Yazd University, Faculty of Engineering*.(in Persian)

Safavi, H. Geranmehr, M.A. (2017). Optimization of sewer networks using the mixed- integer linear programming, *Urban Water J*., 14, pp. 452.

Shafiei, A., Tabesh, M. (2022). Optimal design of municipal wastewater collection networks with long-term performance improvement approach. *Scientia Iranica Transactions A: Civil Engineering*. http//scientiairanica.sharif.edu

Walski, T. M. (2004). Wastewater Collection System Modelling and Design, *Bentley Institute Press*, CT.

.