

اندازه گیری غلظت سولفید هیدروژن و ظرفیت اکسیداسیون و احیا در خط اصلی انتقال فاضلاب شهری

امیر حسین محوی^۲
سجاد مظلومی^۲

مهدی فضلزاده دوپل^۲
رامین نبی زاده^۴

کاظم ندافی^۱
مسعود یونسین^۴

(دریافت ۸۸/۳/۱۳ پذیرش ۸۹/۲/۲)

چکیده

خوردگی یکی از مشکلات اساسی در شبکه های جمع آوری فاضلاب در دنیا است که خسارات اقتصادی و اکولوژیکی بزرگی ایجاد می کند. یکی از انواع مهم این خوردگی ها، خوردگی میکروبی است که ۲۰ درصد از کل آسیب های ناشی از خوردگی را به خود اختصاص می دهد. هدف این مطالعه بررسی پتانسیل خوردگی در شبکه فاضلاب شهری بر مبنای غلظت گاز سولفید هیدروژن تولیدی در شبکه و میزان ظرفیت اکسیداسیون و احیای فاضلاب بود. در این بررسی میزان غلظت گاز سولفید هیدروژن تولید شده شبکه فاضلاب و شهری با استفاده از دستگاه پرتابل سولفید هیدروژن سنج با نشان MICRO III مدل G203s و میزان ظرفیت اکسیداسیون - احیای فاضلاب با استفاده از دستگاه پرتابل ظرفیت اکسیداسیون و احیاء متر با نشان هانا سنجیده شد. سپس نتایج به دست آمده از این بررسی با بررسی بصری شبکه فاضلاب این منطقه با استفاده از سیستم تلویزیون مدار بسته (CCTV) مدل IBAK مورد مقایسه قرار گرفت. میانگین مقدار غلظت گاز سولفید هیدروژن در ساعت ۹ صبح برابر ۰/۸۳ قسمت در میلیون با انحراف معیار ۰/۹۳۱ و در ساعت ۳ بعد از ظهر ۱ قسمت در میلیون با انحراف معیار ۱/۱۵۵ بود. همچنین میانگین ظرفیت اکسیداسیون - احیای اندازه گیری شده در ساعت ۹ صبح برابر ۸/۴۲ میلی ولت با انحراف معیار ۶۰/۴۳ و در ساعت ۳ بعد از ظهر حدود ۳۷/۳ میلی ولت با انحراف معیار ۶۶/۸۵ بود. با توجه به میزان تولید سولفید هیدروژن در شبکه فاضلاب و شهری و میزان ظرفیت اکسیداسیون - احیا فاضلاب در این شبکه و همچنین بازرسی بصری با سیستم تلویزیون مدار بسته، پتانسیل خوردگی فاضلاب در این شبکه نسبتاً بالا ارزیابی شد.

واژه های کلیدی: ظرفیت اکسیداسیون و احیا، غلظت سولفید هیدروژن، CCTV، شبکه جمع آوری شهری

Measurement of H₂S and ORP in Ray Main Sewers

Kazem Nadafi¹
Masoud Younesian⁴

Mehdi Fazlzadeh Davil²
Ramin Nabizadeh⁴

Amirhossein Mahvi³
Sajad Mazloomi²

(Received July 3, 2009 Accepted Apr. 22, 2010)

Abstract

Corrosion is one of the main problems of sewers around the world which causes huge quantities of both economic and ecological damages. Biological corrosion accounts for 20% of the total microbiological corrosion worldwide. The purpose of this study was to determine the corrosion potential in Ray sewers by H₂S and ORP borne by wastewater. In this survey, H₂S and Oxidation-Reduction Potential (ORP) were measured using a portable H₂S meter (MICRO III mark, model G203s) and a portable ORP meter (mark Hana), respectively. The results were subsequently compared with those of CCTV (model IBAK) visual observations. The mean values of H₂S in the sewers were found to be 0.83 ppm with a standard deviation of 0.931 at 9 a.m. and 1 ppm with a standard deviation of 1.155 at 3 p.m. Also, the mean values of ORP were -8.42 mV with a standard deviation of 60.43 at 9 a.m. and -37.3 mV with a standard deviation of 66.85 at 3 p.m. Based on the amounts of H₂S and ORP produced in Ray sewers and also the results obtained from CCTV visual observations, the corrosion potential of wastewater in these sewers was judged to be considerably high.

Keywords: ORP, H₂S Concentration, CCTV, Ray Sewer.

1- Assoc. Prof. of Environmental Health, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences (Corresponding Author) (+98 21) 88954914 k_naddafee@yahoo.com

2. M.Sc. of Environmental Health, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Science, Tehran

3. Assist. Prof. of Environmental Health, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran

4. Assoc. Prof. of Environmental Health, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences

۱- دانشیار گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران (نویسنده مسئول) ۸۸۹۵۴۹۱۴ (۰۲۱) k_naddafee@yahoo.com

۲- کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴- دانشیار گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

سولفید هیدروژن بستگی به چند فاکتور دارد که شامل pH، دما، مواد مغذی، زمان تماس، حضور بیوفیلم بر روی سطح لوله، فقدان ممانعت کننده‌های احیای سولفات و پتانسیل اکسیداسیون-احیا^۱ است [۱۱]. وجود رطوبت و اکسیژن باعث اکسید شدن گاز سولفید هیدروژن به اسید سولفوریک بر روی سطوح مرطوب لوله توسط باکتری‌های اکسید کننده سولفور می‌شود که مهم‌ترین این باکتری‌ها، باکتری جنس تیوباسیلوس است [۱۲]. اسید سولفوریک تولید شده توسط باکتری‌های جنس تیوباسیلوس، به سطح بتونی جداره‌های لوله‌ها و سایر بخشهای تجهیزات تصفیه و انتقال مثل ایستگاههای پمپاژ، منهل‌ها، مخازن و غیره حمله کرده و با بتون وارد واکنش شده و سولفات کلسیم تشکیل می‌دهد که ترکیبی خورنده است و باعث خورده شدن بتن و کاهش پایداری سازه‌ای آن می‌شود [۱۳ و ۱۴].

در غلظتهای زیر ۰/۰۰۵ قسمت در میلیون، اثرات خوردگی سولفید هیدروژن حداقل بوده و در غلظتهای ۰/۰۱ قسمت در میلیون به مدت یک‌ماه، اثرات خوردگی روی فلزات قابل اندازه‌گیری است. در غلظتهای تا ۰/۰۵ قسمت در میلیون، احتمال شروع حمله خوردگی زیاد است و در غلظتهای بالای ۰/۰۵ قسمت در میلیون خوردگی شدید مورد انتظار است [۱۵ و ۱۶].

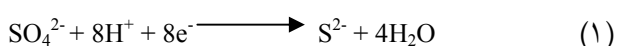
اگر چه سولفید هیدروژن اثرات نامطلوبی بر محصولات و گیاهان دارد، اما اثرات خوردگی آن در غلظتهای کمتر از آنچه باعث آسیب زدن به گیاهان می‌شوند، رخ می‌دهد. بنابراین تدوین استاندارد برای حفاظت تجهیزات و فلزات در برابر خوردگی، گیاهان را هم حفاظت می‌کند [۱۵].

پتانسیل اکسیداسیون-احیا، تفاوت در پتانسیل الکتریکی اندازه‌گیری شده بین الکتروود پلاتینوم و الکتروود استاندارد هیدروژن^۲ است. در واقع، ظرفیت اکسیداسیون-احیا یک معیار تقریبی از تعادل موجود بین مواد اکسید شده و احیا شده در آب است [۱۱]. معمولاً میزان‌های مثبت ظرفیت اکسیداسیون و احیا، مربوط به شرایط اکسید کننده است در صورتی که میزان‌های منفی مرتبط با شرایط احیا کننده می‌باشد. شرایط آنوکسیک نیز به وسیله میزان‌های منفی یا میزان‌های به‌طور جزئی مثبت، مشخص است [۱۷]. میزان‌های ظرفیت اکسیداسیون-احیای بستر در جایی که S(II) تولید می‌شود معمولاً در حدود ۲۵۰- تا ۱۰۰- میلی ولت است [۱۷]. لازم به ذکر است که ظرفیت اکسیداسیون-احیا، در حجم آب اندازه‌گیری می‌شود نه در لایه بیوفیلم^۳، که احیای سولفات اتفاق می‌افتد. بنابراین میزان‌های آزمایشگاهی (تجربی)

خوردگی یکی از مشکلات اساسی در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در دنیا است که خسارات اقتصادی و اکولوژیکی بزرگی در سراسر جهان به وجود می‌آورد و بازسازی شبکه را ایجاب می‌کند [۱]. یکی از انواع مهم این خوردگی‌ها، خوردگی میکروبی است که ۲۰ درصد از کل آسیب‌های ناشی از خوردگی را به خود اختصاص می‌دهد [۲]. این نوع خوردگی می‌تواند در صنایع نفت، نیروگاههای هسته‌ای و سایر صنایع از جمله صنعت آب و فاضلاب، خسارات قابل توجهی را بر جای گذارد. در صنعت آب و فاضلاب، خوردگی میکروبی می‌تواند به لوله‌های فاضلاب و بتنی، سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه‌خانه‌ها آسیب شدید وارد کند و این مسئله در کشورهای مختلف از جمله آمریکا، آلمان، ژاپن و سایر کشورهای جهان دیده شده است [۳، ۴، ۵، ۶].

مهم‌ترین و مشکل سازترین آلاینده بوزای منتشره از فاضلاب‌روها و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، گاز سولفید هیدروژن است که با بوی مشخص تخم‌مرغ گندیده همراه است [۱]. این گاز بی‌نهایت سمی بوده و هر سال کارگران شبکه جمع‌آوری فاضلاب به دلیل مواجهه با سطوح مختلفی از این گاز، صدمه دیده یا می‌میرند [۷]. گاز سولفید هیدروژن باعث خوردگی میکروبی بتن و سایر مواد می‌شود [۸]. اساس پدیده خوردگی میکروبی به وسیله گاز سولفید هیدروژن در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب، بر پایه وجود مقادیری از سولفور آلی است که از مواد پروتئینی حاصل می‌شود. سولفور معدنی که ناشی از سولفات آبهای جاری شده است و همچنین شکل دیگری از سولفور به شکل سولفات که از مواد پاک کننده حاصل می‌شود، استوار هستند [۹]. این مواد در غیاب اکسیژن محلول، به علت فعالیت باکتری‌های احیا کننده سولفات، به گاز سولفید هیدروژن تبدیل می‌شوند [۱۰].

وقتی سرعت فاضلاب در لوله‌ها کم باشد (حدود ۰/۵ متر بر ثانیه)، ممکن است مواد معلق رسوب کنند. تغییر و تبدیلات شیمیایی و بیوشیمیایی در فاضلاب می‌تواند به ویژه در مناطق با درجه حرارت بالا، مهم و قابل ملاحظه باشد [۱۱]. تولید سولفید هیدروژن در لوله‌ها در شرایط بی‌هوازی و زمان ماند طولانی، به وسیله احیای سولفات توسط باکتری‌های احیا کننده مانند دی سولفو ویریو و دی سولفو توماکولوم ایجاد می‌شود. این فرایند می‌تواند به وسیله واکنش زیر توصیف شود



اگر اکسیژن محلول یا سایر پذیرنده‌های الکترونی مثل نیترات در آب موجود باشد این واکنش انجام نمی‌شود [۱۱]. میزان تولید گاز

¹ Oxidation- Reduction Potential (ORP)

² HSE

³ Slime

ظرفیت اکسیداسیون- احیا اندازه‌گیری شده، با میزان‌های تئوریک مورد نیاز برای تولید سولفات متناسب نیست [۱۱].

۲- مواد و روشها

این بررسی توصیفی در زمستان سال ۱۳۸۷ در منطقه شهری واقع در جنوب تهران بر روی قسمتی از شبکه جمع‌آوری فاضلاب بتنی این منطقه صورت گرفت. در این بررسی پتانسیل خوردگی شبکه جمع‌آوری شهری بر اساس میزان غلظت گاز سولفید هیدروژن تولید شده در این شبکه و میزان پتانسیل اکسیداسیون-احیای فاضلاب سنجیده شد. سپس نتایج به‌دست آمده از این بررسی با بازرسی بصری شبکه فاضلاب این منطقه با استفاده از سیستم تلویزیون مدار بسته^۱ مدل IBAK ساخت کشور آلمان مورد مقایسه قرار گرفت.

نمونه‌برداری برای تعیین ظرفیت اکسیداسیون-احیای فاضلاب به‌روش ساده از خط اصلی شبکه فاضلاب شهری در ظرف ۲۰ لیتری کاملاً پر صورت گرفت. در شرایط آزمایشگاهی، پتانسیل اکسیداسیون-احیای نمونه‌ها با استفاده از دستگاه پرتابل ظرفیت اکسیداسیون-احیا متر با نشان هانا ساخت کشور ایتالیا با دامنه تغییرات ۹۹۹- تا ۹۹۹+ میلی‌ولت، حد تفکیک ۱ میلی‌ولت و دقت ۵ میلی‌ولت با درجه حرارت کاری ۰ تا ۵۰ درجه سلسیوس تعیین شد. میزان غلظت سولفید هیدروژن تولید شده در این شبکه به‌طور مستقیم از شبکه فاضلاب شهری با استفاده از دستگاه پرتابل غلظت سولفید هیدروژن سنج بانسان MICRO III مدل G203s ساخت کشور فرانسه با دامنه تغییرات ۵۰۰- تا ۱۰۰۰ میلی‌ولت با دقت ۱ قسمت در میلیون و با درجه حرارت کاری ۵۰+ تا ۲۰- درجه سلسیوس تعیین شد.

نمونه‌برداری به‌منظور تعیین غلظت سولفید هیدروژن و ظرفیت اکسیداسیون-احیا، ۲ بار در روز در ساعتهای ۹ صبح (حداکثر جریان) و ۳ بعد از ظهر (حداقل جریان) انجام شد و در کل، حدود ۸۰ نمونه از شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری برای هر کدام از پارامترهای غلظت سولفید هیدروژن و ظرفیت اکسیداسیون-احیا گرفته شد.

با توجه به اینکه در نمونه‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری به‌دلیل عدم دسترسی به دریچه بعضی منهول‌ها و عدم باز شدن دریچه بعضی منهول‌ها به‌علت زنگ زدگی، نمونه‌برداری به‌صورت پیوسته انجام نشد، در نتیجه ارائه نقشه شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری امکان‌پذیر نبود زیرا نمونه‌برداری از مناطق مختلفی انجام شد. همچنین هدف از این تحقیق، بررسی پتانسیل

خوردگی فاضلاب بر مبنای تولید گاز سولفید هیدروژن و ظرفیت اکسیداسیون-احیای فاضلاب بود و اندازه‌گیری ضخامت بیوفیلم و غلظت سولفات که در خوردگی بیولوژیکی نقش دارند، مد نظر نبوده است و به‌همین دلیل این پارامترها اندازه‌گیری و بحث نشد.

نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS (آزمون رگرسیون خطی) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

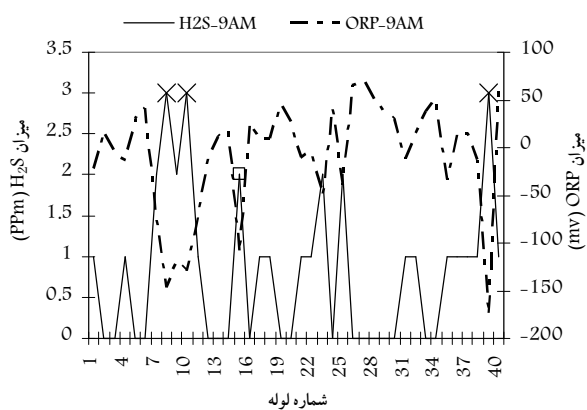
میزان‌های حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار برای مقادیر غلظت سولفید هیدروژن و ظرفیت اکسیداسیون-احیای اندازه‌گیری شده در دو بازه زمانی ۹ صبح و ۳ بعد از ظهر و همچنین غلظت سولفید هیدروژن و ظرفیت اکسیداسیون-احیای کل در جدول ۱ آمده است. بر اساس جدول ۱، میانگین تولید غلظت سولفید هیدروژن در ساعت ۹ صبح ۰/۸۳ قسمت در میلیون با انحراف معیار ۰/۹۳۱ و در ساعت ۳ بعد از ظهر ۱ قسمت در میلیون با انحراف معیار ۱/۱۵۵ بود. همچنین میانگین ظرفیت اکسیداسیون-احیای اندازه‌گیری شده در ساعت ۹ صبح برابر ۸/۴۲- میلی‌ولت با انحراف معیار ۶۰/۴۳ و در ساعت ۳ بعد از ظهر حدود ۳۷/۳- میلی‌ولت با انحراف معیار ۶۶/۸۵ بود. اختلاف ظرفیت اکسیداسیون-احیای فاضلاب در کل روز، بسیار زیاد بود و گاهی تا ۲۵۰ نیز می‌رسید، به‌همین دلیل انحراف معیار داده‌ها از متوسط داده‌ها بیشتر شد.

جدول ۱- میزان حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار گاز سولفید

پارامتر	تعداد نمونه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
غلظت گاز سولفید هیدروژن در ساعت ۹ صبح	۴۰	۰	۳	۰/۸۳	۰/۹۳۱
ظرفیت اکسیداسیون و احیاء در ساعت ۹ صبح	۴۰	-۱۷۶	۷۱	-۸/۴۲	۶۰/۴۳۰
غلظت گاز سولفید هیدروژن در ساعت ۳ بعد از ظهر	۴۰	۰	۴	۱/۰۰	۱/۱۵۵
ظرفیت اکسیداسیون و احیاء در ساعت ۳ بعد از ظهر	۴۰	-۱۹۶	۴۲	-۳۷/۳۰	۶۶/۸۵۲
مجموع غلظت گاز سولفید هیدروژن	۸۰	۰	۴	۰/۹۱	۱/۰۴۶
مجموع ظرفیت اکسیداسیون-احیا	۸۰	-۱۹۶	۷۱	-۲۲/۸۶	۶۴/۹۶۳

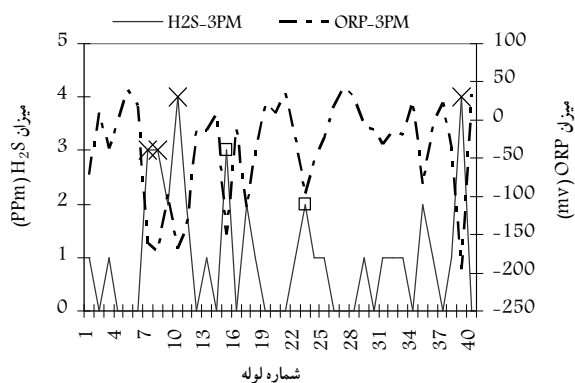
^۱ CCTV

میلیون و در ساعت ۳ بعد از ظهر برابر ۱ قسمت در میلیون و در کل ۰/۹۱ قسمت در میلیون بود که این نیز نشان‌دهنده پتانسیل خوردگی بالای فاضلاب در این شبکه‌هاست. حداکثر میزان غلظت سولفید هیدروژن اندازه‌گیری شده در این شبکه جمع‌آوری برابر ۴ قسمت در میلیون بود که در خط لوله‌های ۳۹ و ۱۰ اندازه‌گیری شد. این خط لوله‌ها دارای کمترین میزان ظرفیت اکسیداسیون- احیا بودند و این نشان‌دهنده حاکم بودن شرایط بی‌هوازی در شبکه جمع‌آوری فاضلاب در این خط لوله‌ها و مهیا بودن شرایط برای تولید گاز سولفید هیدروژن و تبدیل آن به اسید سولفوریک است (شکل ۲ و ۳).



(X) محل‌های دارای خوردگی شدید که در بازرسی با سیستم تلویزیون مدار بسته مشاهده شده است
(□) محل‌های دارای خوردگی متوسط که در بازرسی با سیستم تلویزیون مدار بسته مشاهده شده است

شکل ۲- میزان غلظت سولفید هیدروژن تولیدی و ظرفیت اکسیداسیون- احیای اندازه‌گیری شده فاضلاب در ساعت ۹ صبح در شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری

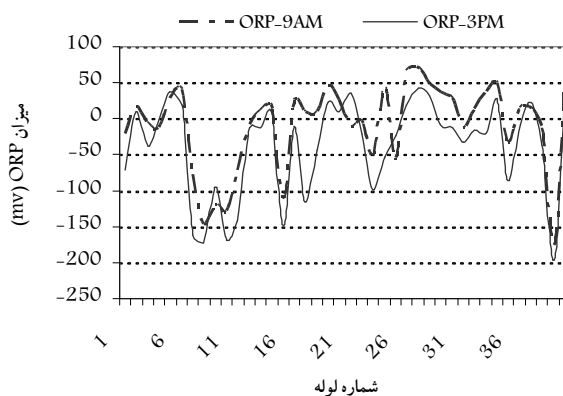


(X) محل‌های دارای خوردگی شدید که در بازرسی با سیستم تلویزیون مدار بسته مشاهده شده است
(□) محل‌های دارای خوردگی متوسط که در بازرسی با سیستم تلویزیون مدار بسته مشاهده شده است

شکل ۳- میزان غلظت سولفید هیدروژن تولیدی و ظرفیت اکسیداسیون- احیای اندازه‌گیری شده فاضلاب در ساعت ۳ بعد از ظهر در شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری

همچنین میانگین کل غلظت سولفید هیدروژن تولیدی برابر ۰/۹۱ قسمت در میلیون با انحراف معیار ۱/۰۴ و میانگین کل ظرفیت اکسیداسیون- احیای اندازه‌گیری شده ۲۲/۸۶- میلی ولت با انحراف معیار ۶۴/۹۶ بود. در ظرفیت اکسیداسیون- احیای کمتر از ۱۰۰- میلی ولت شرایط بی‌هوازی و در ظرفیت اکسیداسیون- احیای بین ۱۰۰- تا ۰ میلی ولت، شرایط آنوکسیک در فاضلاب حاکم است [۱۷].

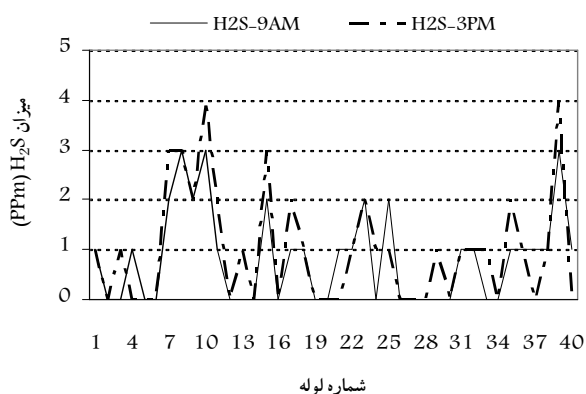
بر اساس جدول ۱، میانگین ظرفیت اکسیداسیون- احیا در ساعت ۹ صبح که حداکثر میزان جریان در شبکه جمع‌آوری فاضلاب وجود داشت، حدود ۸/۴۲- میلی ولت و در ساعت ۳ بعد از ظهر که کمترین میزان جریان در شبکه جمع‌آوری فاضلاب وجود داشت، حدود ۳۷/۳- میلی ولت و در کل، میانگین ظرفیت اکسیداسیون- احیا برابر ۲۲/۸۶- میلی ولت بود که شرایط آنوکسیک در فاضلاب را نشان می‌دهد و در این حالت شرایط تا حدودی برای تولید سولفید هیدروژن فراهم است. همچنین بر اساس شکل ۱ در مناطقی از شبکه، میزان ظرفیت اکسیداسیون- احیا کمتر از ۱۰۰- میلی ولت بود که نشان‌دهنده حاکم بودن شرایط بی‌هوازی در این خط لوله‌هاست. بر اساس شکل‌های ۲ و ۳ میزان غلظت سولفید هیدروژن تولیدی در این خط لوله‌ها که ظرفیت اکسیداسیون- احیا کمتر از ۱۰۰- میلی ولت است بالا بوده است. این می‌تواند نشان‌دهنده پتانسیل خوردگی قوی در این خط لوله‌ها باشد. با بازرسی بصری به وسیله سیستم تلویزیون مدار بسته نیز این موضوع به خوبی مشخص شد که نمونه‌هایی از تصاویر خوردگی در این خط لوله‌ها در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱- میزان ظرفیت اکسیداسیون- احیای اندازه‌گیری شده فاضلاب در ساعت ۹ صبح و ۳ بعد از ظهر در شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری همچنین در میزان‌های غلظت سولفید هیدروژن بیش از ۰/۰۵ قسمت در میلیون، پتانسیل خوردگی شبکه بسیار بالا است [۱۵، ۱۶]. بر اساس جدول ۱، میانگین غلظت سولفید هیدروژن تولیدی در شبکه فاضلاب شهری در ساعت ۹ صبح برابر ۰/۸۳ قسمت در



شکل ۴- نمونه از خوردگی های موجود در شبکه جمع آوری فاضلاب شهری که توسط سیستم تلویزیون مدار بسته در حین بررسی بصری شبکه گرفته شده است



شکل ۵- میزان غلظت سولفید هیدروژن تولیدی در ساعت ۹ صبح و ۳ بعد از ظهر در شبکه جمع آوری فاضلاب شهری

بر اساس نتایج به دست آمده به خوبی مشخص است که در مکان هایی که میزان تولید گاز سولفید هیدروژن بالا است، کمترین مقدار ظرفیت اکسیداسیون- احیا فاضلاب وجود دارد (شکل ۲ و ۳). با بازرسی بصری این مکان ها توسط سیستم تلویزیون مدار بسته، خوردگی قابل ملاحظه ای مشاهده شد که این امر، ارتباط خوردگی با میزان غلظت سولفید هیدروژن تولیدی و ظرفیت اکسیداسیون- احیا را به خوبی نشان می دهد (شکل ۴).

همچنین نتایج تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از آزمون رگرسیون خطی بیانگر آن است که بین غلظت سولفید هیدروژن تولیدی در شبکه فاضلاب و ظرفیت اکسیداسیون- احیا فاضلاب، رابطه معنی داری با P-value کوچک تر از ۰/۰۰۱ وجود دارد (جدول ۲).

با بازرسی بصری مناطقی که حداکثر میزان تولید غلظت سولفید هیدروژن (۴ قسمت در میلیون) و حداقل میزان ظرفیت اکسیداسیون- احیا (۱۹۶- میلی ولت) را داشتند مشخص شد که در این مناطق، فاضلاب تعمیرگاهها و صنایع کوچک داخل شهر به شبکه جمع آوری فاضلاب این نقاط وارد می شود (شکل ۲ و ۳). همچنین عدم طراحی مناسب شیب نیز دلیل دیگری بود که در این منطقه و اکثر مناطق باعث راکد ماندن فاضلاب و توسعه شرایط بی هوازی و در نتیجه تولید بیشتر گاز سولفید هیدروژن شده بود و با بازرسی بصری توسط سیستم تلویزیون مدار بسته نیز خوردگی شدید شبکه فاضلاب این مناطق رویت شد (شکل ۱).

نتایج به دست آمده نشان داد که میانگین تولید غلظت گاز سولفید هیدروژن در این شبکه جمع آوری در ساعت ۹ صبح کمتر از ساعت ۳ بعد از ظهر بود. علت این امر، سرعت پایین فاضلاب در ساعت ۳ بعد از ظهر به دلیل وجود حداقل جریان است که سبب رسوب مواد معلق و بالطبع آن موجب به تأخیر انداختن رسیدن فاضلاب به تصفیه خانه می شود و این امر باعث توسعه شرایط بی هوازی و تولید گاز سولفید هیدروژن می گردد (جدول ۱ و شکل ۵). همچنین میزان ظرفیت اکسیداسیون- احیای اندازه گیری شده در ساعت ۹ صبح بیشتر از ساعت ۳ بعد از ظهر بود (جدول ۱ و شکل ۱). دلیل این امر نیز می تواند به علت قوی بودن فاضلاب باشد زیرا در ساعت ۹ صبح، حداکثر جریان در شبکه فاضلاب وجود دارد و جریان زیاد باعث رقیق شدن فاضلاب شده و در نتیجه باعث افزایش ظرفیت اکسیداسیون- احیای فاضلاب می شود.

جدول ۲- نتایج رابطه بین غلظت گاز سولفید هیدروژن تولیدی در شبکه فاضلاب و ظرفیت اکسیداسیون- احیای فاضلاب با استفاده از آزمون رگرسیون

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربع	F	P-value
رگرسیون	۵۰/۹۷۷	۱	۵۰/۹۷۷	۳۲۸/۴۳۵	۰/۰۰۰
باقیمانده	۱۰/۲۴۴	۶۶	۰/۱۵۵		
جمع	۶۱/۲۲۱	۶۷			

یافته‌های به دست آمده در این بررسی با یافته‌های دلگادو و همکاران^۱ در سال ۱۹۹۹ در شهر تریف اسپانیا، یافته‌های الک وینک و همکاران^۲ در سال ۲۰۰۲، یافته‌های آساد آبدلسمه و همکاران^۳ در سال ۲۰۰۸، گوادلوپ^۴ و همکاران در سال ۲۰۰۷ در

¹ Delgado et al.

² Elke vincke et al.

³ Assaad abdelmsee et al.

⁴ Guadalupe et al.

کلرادو و ولرتسون و همکاران^۵ در دانمارک در سال ۲۰۰۷ مطابقت دارد [۱۱، ۱۳، ۱۸-۲۰].

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به میزان تولید گاز سولفید هیدروژن در شبکه فاضلاب و شهری و میزان ظرفیت اکسیداسیون- احیای فاضلاب در این شبکه و همچنین بازرسی بصری با سیستم تلویزیون مدار بسته، پتانسیل خوردگی فاضلاب در این شبکه نسبتاً بالا ارزیابی شد.

۵- قدردانی

این تحقیق در قالب طرح تحقیقاتی مصوب آب و فاضلاب کشور انجام شد که به این وسیله از زحمات شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور از جمله جناب آقای مهندس قانع و مهندس فائزی و همچنین از جناب آقای مهندس بامداد وهابی مقدم تشکر و قدردانی می‌گردد.

⁵ Vollertsen et al.

۶- مراجع

- 1- Dindarloo, k., and Naddafi, k. (2003). "Prevention of biological corrosion of sewer concrete pipes with oxidizing compounds." *J. Medical of Hormozghan*, 7(4), 211-215.
- 2- Kaempfer, W., and Berndt, M. (1998). "Polymer modified mortar with high resistance to acid and to corrosion by biogenous sulfuric acid." *Proc. of the IXth ICPIC Congress*, Bologna, Italy, 681-687.
- 3- Vincke, E., Wanseele, E.V., Monteny, J., Beeldens, A., Belie, N. D., Taerwe, L., Van Gemert, D., and Verstraete, W. (2002). "Influence of polymer addition on biogenic sulfuric acid attack of concrete." *International Biodeterioration and Biodegradation*, 49(4), 283-292.
- 4- Padival, N. A., Weiss, J. S., and Arnold, R.G. (1995). "Control of Thiobacillus by means of microbial competition: Implications for corrosion of concrete sewers." *Water Environment Research*, 67(2), 201-205.
- 5- Schmidt, M., Hormann, K., Hofmann, F. J., and Wagner, E. (1997). "Beton mit erhöhtem Widerstand gegen Säure und Biogene Schwefelsäurekorrosion." *Concrete Precasting Plant Technol.*, 4, 64-70.
- 6- Tazawa, E. I., Morinaga, T., and Kawai, K. (1996). "The deterioration of concrete in sewerworks caused by metabolites of aerobic microorganisms, and preventive measures." *L'Industria Italiana del Cemento*, 11, 792-780.
- 7- Asbjørn, H. N., Jes, V., Henriette, S. J., Tove, W. A., and Thorkild, H. J. (2008). "Influence of pipe material and surfaces on sulfide related odor and corrosion in sewers." *Water Research*, 42, 4206-4214.
- 8- Zhang, L., DeSchryver, P., DeGusseme, B., DeMuynck, W., Boon, N., and Verstraete, W. (2008). "Chemical and biological technologies for hydrogen sulfide emission control in sewer systems: A review." *Water Research*, 42(1-2), 1-12.
- 9- Bitton, G. (2005). *Wastewater microbiology*, 3rd Ed., McGraw-Hill, New York.
- 10- Kyeoung, S., and Tadahiro, M. (1995). "A newly isolated fungus participates in the corrosion of concrete sewer pipes." *Water Sci. Technol.*, 31(7), 263-271.

- 11- Delgado, S., Alvarez, M., Rodriguez-gomez, L. E., and Aguiã, E. (1999). "H₂S concentration generation in a reclaimed urban wastewater pipe, Case study: Tenerife (Spain)." *Water Research*, 33(2) , 539-547.
- 12- Yongsiri, C., Vollertsen, J., and Hvitved-Jacobsen, T. (2005). "Influence of wastewater constituents on hydrogen sulfide emission in sewer networks." *J. of Environmental Engineering*, 131(12), 1676-1683.
- 13- Elke, V., and Steven, V., Joke, M., and Willy, V.(1999). "A new test procedure for biogenic sulfuric acid corrosion of concrete." *Biodegradation*, 10, 421-428.
- 14- Hvitved- Jacobsen, T. (2008). "Corrosion of concrete sewers-the kinetics of hydrogen sulfide oxidation." *Science of the Total Environment*, 394 (1), 162-170.
- 15- NDEQ. (1997). *Technical basis for a total reduced sulfur, Ambient air standard*, Nebraska Department of Environmental Quality, Air Quality Section.
- 16- McGavran, p. (2001). *Literature review of the health effects associated with the inhalation of hydrogen sulfide*, IDEQ, Boise, Idaho.
- 17- Boon, A. G. (1995). "Septicity in sewers: Causes, consequences and containment." *Water Sci. Technol.*, 31(7), 237-253.
- 18- Abdelmsee, V. A., Jofriet, J., and Hayward, G. (2008). "Sulphate and sulphide corrosion in livestock buildings, Part I: Concrete deterioration." *Biosystems Engineering*, 99(3), 372-381.
- 19- Ma.Guadalupe, D., Gutierrez, P., Angela, B., Serguei, O., John, P., and Joann, S. (2009). "Simple scanner-based image analysis for corrosion testing: Concrete application." *J. of Materials Processing Technology*, 209(1), 51-57.
- 20- Jes, V., Asbjørn, H. N., Henriette, S. J., Tove, W. A., and Thorkild, H. J. (2008). "Corrosion of concrete sewers-The kinetics of hydrogen sulfide oxidation." *Science of the total Environment*, 394(1) , 162-170.