

ارزیابی پتانسیل خوردگی در خاک مجاور خطوط لوله‌های آبرسانی شهرهای آبادان و خرمشهر

سیف‌اله گنجعلی دشتی^۱

ابراهیم پناهپور^{۲*}

e.panahpour@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۶/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: خاک می‌تواند در اثر عوامل شیمیایی و میکروبی موجب خوردگی در لوله شود و اثرات زیان بار شدیدی را به پروژه‌های انتقال آب وارد نماید. هدف از انجام این تحقیق بررسی پتانسیل خوردگی در خاک مجاور خطوط لوله‌های آبرسانی شهرهای آبادان و خرمشهر بود. **مواد و روش‌ها:** ۲۰ نقطه بصورت تصادفی از نواحی لوله‌گذاری شده در سطح شهرهای آبادان و خرمشهر انتخاب و از خاک کنار لوله‌ها نمونه‌برداری انجام گرفت. نمونه‌های خاک بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و میزان رطوبت، همچنین پس از هوا خشک و کوبیده شدن، برخی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و تنفس میکروبی آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت همبستگی هر کدام از پارامترها با میزان تنفس میکروبی بررسی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بین هدایت الکتریکی و میزان سدیم با دی اکسید کربن حاصل از تنفس میکروبی همبستگی مثبت و معنی‌دار به ترتیب برابر با ۰/۶۳۳ و ۰/۶۷۳ در سطح ۱ درصد آزمون آماری وجود دارد. لیکن بین میزان رطوبت خاک در زمان نمونه‌برداری و تنفس میکروبی همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که pH خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار با میزان قلیائیت کل دارد.

بحث و نتیجه‌گیری: خاک نواحی لوله‌گذاری شده در ایستگاه‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۷ به دلیل پایین بودن مقاومت الکتریکی، ایستگاه‌های ۸ و ۱۰ به واسطه‌ی قلیائیت زیاد و ایستگاه‌های ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ به دلیل بالا بودن تنفس میکروبی از بیشترین پتانسیل خوردگی برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: خوردگی، تنفس میکروبی، قلیائیت، لوله‌های آبرسانی، آبادان و خرمشهر

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته‌ی آب و فاضلاب، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

The Evaluation of Corrosion Potential of the Soil at the Periphery of Water Supply Pipes in Abadan and Khorramshahr Cities

Seifollah Ganjali Dashti¹

Ebrahim Panahpour^{2*}

e.panahpour@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Soil can cause corrosion of the pipes as a result of chemical and microbial factors and, therefore, make extremely harmful effects happen on water transfer projects. The aim of this study was the evaluation of corrosion potential of the soil at the Periphery of Water Supply Pipes in Abadan and Khorramshahr cities.

Materials and Methods: 20 points were randomly selected from the areas in the cities of Abadan and Khorramshahr where pipelines had been installed and then the soil in the close vicinity of the pipelines were sampled. The soil samples were immediately sent to laboratory where the moisture was measured. Also, after the soil was dried and crushed at the ambient temperature, its physical, chemical characteristics and soil's microbial respiration were measured. Finally, the correlations between each of the parameters with the microbial respiration rate were investigated.

Results: The results indicated that there is a positive and significant correlation, 0.633 and 0.673 in a 1% level of the statistical tests, respectively, between the electrical conductivity (EC) and the amount of Sodium with the carbon dioxide present as a result of microbial respiration but no significant correlation was found between the soil moisture at sampling time and microbial respiration. Also, the study results showed that the soil's pH is positively and significantly correlated with the total alkalinity rate.

Conclusion: The Soil at the Periphery of Water Supply Pipes in the stations of 10, 11 and 17 Due to the low electrical resistance, stations of 8 and 10 Due to the high Alkalinity and stations of 17, 18, 19 and 20 Due to the high microbial respiration had the greatest potential corrosion.

Keywords: Corrosion, Microbial Respiration, Alkalinity, Water Supply Pipes, Abadan and Khorramshahr

1- M.Sc., Student of Environmental Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2- Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran *(Corresponding Authors)

زمینه و هدف

پدیده خوردگی در خطوط لوله‌های انتقال آب یکی از معضلات مهم جهان امروز بوده که در این بین خوردگی خاک یکی از اصلی‌ترین عوامل آن در لوله‌های انتقال آب می‌باشد. این پدیده وابسته به تغییرات شرایط محیطی مانند خوردگی خاک، استفاده از لوله‌های غیرهمسان در خطوط انتقال و همچنین جریان‌های پراکنده الکتریکی می‌باشد، این شرایط باعث به وجود آمدن سلول‌های الکتروشیمیایی شده و ایجاد خوردگی نقطه‌ای در لوله‌های چدن داکتیل و خوردگی گرافیتی در لوله‌های چدنی خواهد شد. نوع دیگر خوردگی، خوردگی بیولوژیکی است که از طریق باکتری‌های غیرهوازی موجود در محیط اطراف لوله اتفاق می‌افتد (۱).

فاکتورهای زیادی در تعیین میزان پتانسیل خوردگی خاک نقش دارند، از جمله این فاکتورها به pH، درصد رطوبت، غلظت اکسیژن محلول، میزان مقاومت الکتریکی خاک و خوردگی میکروبیولوژیکی می‌توان اشاره کرد. بررسی این فاکتورها و ارائه راهکار جهت کاهش آن‌ها به منظور جلوگیری از انهدام سازه‌های درون خاک مانند لوله‌های انتقال آب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. لایه‌های خاک با مقاومت الکتریکی متفاوت باعث می‌شوند که لوله فلزی قرار گرفته در خاک دچار خوردگی گالوانیکی شود. بخشی از لوله که در خاک با مقاومت الکتریکی بالا قرار دارد به عنوان کاتد و بخشی از لوله که در خاک با مقاومت الکتریکی پایین قرار دارد به عنوان آند عمل کرده و

خورده می‌شود. بنابراین به منظور تعیین نرخ خوردگی لوله‌ها در زیر خاک تعیین مقاومت الکتریکی خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲). این عامل نقش تعیین کننده‌ای در میزان خوردگی خاک دارد، بطوری‌که هر چه میزان مقاومت الکتریکی خاک بیشتر باشد میزان خوردگی خاک کمتر خواهد بود. عوامل متعددی در مقاومت الکتریکی خاک تاثیر گذارند. مهم‌ترین این عوامل عبارتند از رطوبت و ترکیب شیمیایی خاک. هرچه میزان رطوبت و مقدار یون‌های موجود در خاک بیشتر باشد، رسانایی خاک بیشتر و مقاومت الکتریکی خاک کمتر خواهد بود، طوری که اگر مقاومت الکتریکی خاک کمتر از 1000ohm.cm باشد خوردگی شدیدی برای خطوط لوله فولادی قابل پیش بینی است. در pHهای قلیایی مقادیر زیادی از نمک‌های غیرقابل حل در خاک وجود دارد و معمولاً خاک دارای pH (۱۴-۸/۵) بوده که در این شرایط خاک دارای مقاومت کمی می‌باشد. میزان رطوبت خاک نیز عاملی است که باعث تشدید فرایند خوردگی می‌گردد. این عامل بسته به شرایط محیطی و لوله گذاری، همچنین بالا بودن سطح آب زیرزمینی در طول سال بسیار متغیر می‌باشد (۱ و ۳).

از آنجایی که اکسیژن محلول یک پذیرنده مهم الکترون می‌باشد (معادلات ۱ تا ۴) می‌تواند در اکسیداسیون آهن دو ظرفیتی (Fe^{+2}) یا رسوب آن موثر بوده و موجب خوردگی آهن شود، طوری‌که نرخ خوردگی با افزایش اکسیژن محلول، افزایش می‌یابد (۴ و ۵).



اندیس‌ها با جداول موجود برای تفسیر آن‌ها نشان‌دهنده این بود که آب زیرزمینی منطقه صنعتی اشترجان در ابتدا حالت خوردندگی داشته ولی در طول مسیر حرکت آب زیرزمینی خاصیت خوردندگی آن کم شده و تقریباً به شرایط رسوبگذاری رسیده است (۶).

تیموری و همکاران (۱۳۹۱) پتانسیل خوردندگی و یا رسوب گذاری در منابع تامین، مخزن و شبکه توزیع آب شهر کیان را با استفاده از دو شاخص لانژلیه و رایزرن بررسی کردند، نتایج نشان داد که کلیه پارامترهای موثر در برآورد شاخص‌های خوردندگی به استثنای میزان متوسط دما و pH، بیش از حد استاندارد بودند. همچنین محاسبات مربوط به اندیس‌های خوردندگی لانژلیه و رایزرن نشان داد که میزان متوسط خوردندگی به ترتیب ۰/۶۸ و ۸/۵۲ بود که این ویژگی به تدریج در طول شبکه افزایش یافت (۷).

زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۹)، خوردندگی و رسوب‌گذاری آب‌های زیرزمینی دشت همدان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میزان خوردندگی و رسوب‌گذاری در ۶۴/۲۵٪ از نمونه‌های آب زیرزمینی از دیدگاه لانژلیه در حد کم است. از دیدگاه رایزرن نیز ۸۵/۲٪ دارای توان خوردندگی و رسوب‌گذاری کم بودند. درصد خوردندگی و رسوب گذاری منابع آب زیرزمینی قنوات در مقایسه با منابع آب زیرزمینی چاه‌ها کمتر بود. دلیل این امر را ناشی از حذف بخشی از مسیر به واسطه نقب زدن در قنوات دانستند که حلالیت نمک‌های مسیر را حذف نموده است (۸).

ززولی و همکاران (۱۳۹۱) پتانسیل خوردندگی و رسوب‌گذاری منابع آب شرب شهر یاسوج را مطالعه نمودند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که مقدار کلسیم و جامدات محلول در محدوده استانداردهای ایران و WHO نمی‌باشند. همچنین میزان شاخص لانژلیه در تابستان بین ۰/۹۱- تا ۰/۴۳- و در زمستان ۰/۶۶- تا ۰/۲۵- بود. میانگین شاخص رایزرن در تابستان و زمستان به ترتیب ۸/۶۱ و ۸/۴۸ بوده و متوسط شاخص‌های تهاجم، پوکوریوس و لارسون به ترتیب ۱۱/۵۸، ۱/۱۳ و ۰/۲۹ بود که

از موارد دیگر موثر در خوردندگی، یون‌هایی مانند کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم بوده که می‌توانند با کربنات و بی‌کربنات موجود در خاک ترکیب شده و رسوبات کربناتی پایدار بر روی سطح لوله ایجاد کنند که موجب کاهش نرخ خوردندگی می‌گردد. بنابراین حضور این یون‌ها در خاک مفید بوده و به کاهش نرخ خوردندگی کمک می‌کند.

با توجه به مطالب گفته شده می‌توان نتیجه گرفت که با تغییر ترکیب شیمیایی، pH، درصد یون‌های قلیایی، درصد یون‌های خوردنده، مقاومت الکتریکی و ... در طول مسیر خط انتقال، میزان خوردندگی خاک تغییر می‌کند.

در خوردندگی میکروبیولوژیک نیز تعدادی از موجودات تک سلولی مثل باکتری‌های آهن‌خوار و باکتری‌های سولفات‌خوار بر روی سطح لوله چسبیده، رشد کرده و با تولید رسوب و یا ایجاد خوردندگی در روی سطح لوله باعث کاهش آبدهی لوله و یا تخریب خط انتقال آب می‌گردند. این باکتری‌ها همچنین می‌توانند با مصرف اکسیژن، باعث تغییر در pH موضعی محیط گردند و یا با تولید H_2S نرخ خوردندگی را افزایش دهند.

با توجه به اینکه هدف از انجام این تحقیق بررسی پتانسیل خوردندگی در خاک مجاور خطوط لوله‌های آبرسانی (عوامل خارج از لوله) شهرهای آبادان و خرمشهر بود و تحقیقات چندانی در این زمینه انجام نگرفته، بنابراین تعدادی از مطالعات انجام شده در ارتباط با عوامل درونی لوله که باعث ایجاد خوردندگی می‌گردند مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پورزمانی و همکاران (۱۳۸۴) به منظور تعیین پتانسیل خوردندگی در آب زیر زمینی منطقه صنعتی اشترجان، پارامترهای دما، pH، سختی کل، قلیائیت و TDS را مورد سنجش قرار داده و بر اساس مقادیر پارامترها، اندیس‌های خوردندگی لانژلیه، رایزرن، خوردندگی و پوکوریوس محاسبه نمودند. مقدار اندیس لانژلیه از ۰/۳۴ تا ۰/۴۵ اندیس رایزرن از ۶۶/۶ تا ۲۵/۸، اندیس خوردندگی از ۵۲/۱۱ تا ۴۸/۱۲ و اندیس پوکوریوس از ۹۲/۵ تا ۸۳/۷ متغیر بوده است. همچنین مقایسه نتایج بدست آمده از محاسبه این

بدون کربن آلی مصرفی و خاک اره به دست آمد، بنابراین در نقاطی که میزان مواد آلی خاک زیاد باشد حضور میکروارگانیسم ها بیشتر بوده و خوردگی لوله‌ها در اثر شرایط اسیدی ایجاد شده به واسطه‌ی انجام تنفس میکروبی دور از انتظار نخواهد بود (۱۵).

روش بررسی

آبادان و خرمشهر با مساحت ۳۷۴۰۰ هکتار در شمال غربی خلیج فارس در محل تلاقی دو رودخانه اروند رود و کارون در ۲۲' ۳۰" عرض شمالی و ۴۸' ۱۲' ۳۰" طول شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۲ متر است. خاک آبادان به دلیل آبرفت رودهای کارون و دجله رسوبی ریز بافت می‌باشد ولی به خاطر عبور این دو رودخانه پرآب و رسوب‌گذاری مداوم باعث تغییر بافت خاک گردیده است.

آبرسانی شهرهای آبادان و خرمشهر از دو رود بهم‌نشیر و اروند بعد از تصفیه مقدماتی و فیلتراسیون و عبور از PAC و در نهایت با کلرزی وارد لوله‌های آبرسانی می‌شود. جنس لوله‌های آبرسانی معمولاً از آزبست، پلی اتیلن و GRT می‌باشد و همچنین عمق لوله‌گذاری از ۳ متر در لوله‌های اصلی تا ۴۰ سانتی‌متر در انشعابات اختلاف دارند. میزان سطح ایستایی از ۱-۲ متر در کنار رودخانه متفاوت می‌باشد.

نمونه‌برداری از خاک

انتخاب محل نمونه‌برداری به صورت تصادفی و در زمانی که اداره آب و فاضلاب در هر قسمت از سیستم آبرسانی تعمیرات یا حفر خاک داشت از عمق کارگزاری لوله‌ها انجام گرفت. نمونه‌های خاک پس از برداشت در هوای آزاد خشکانده شد و سپس توسط چکش لاستیکی کوبیده شده و از الک شماره ۱۰ عبور داده شد. از این خاک حدود ۱ کیلوگرم به آزمایشگاه منتقل و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی روی آن انجام گرفت.

بافت خاک به روش هیدرومتری، pH خاک در گل اشباع توسط pH متر، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع توسط دستگاه هدایت سنج (۱۶)، میزان کلسیم محلول از طریق تیتراسیون با EDTA، میزان سدیم محلول با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر،

نشان می‌دهد بیشتر آب‌ها تمایل رسوبگذاری ندارند و خوردگی ملایمی دارند (۹).

مظلومی و همکاران (۱۳۸۷) پتانسیل خوردگی و رسوبگذاری آب شرب شهر شیراز را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که آب آشامیدنی شهر شیراز در اکثر موارد دارای پتانسیل رسوب‌گذاری بوده و تنها در موارد کمی دارای پتانسیل خوردگی در حد کم می‌باشد (۱۰).

درگاهی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری منابع آب شرب شهر دهلران با اندیس‌های خوردگی دریافتند که آب آشامیدنی شهر دهلران خوردنده بوده و لذا بایستی کیفیت آب موجود در شبکه توزیع به‌طور مستمر مورد پایش قرار گیرد (۱۱).

ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر کوه دشت با استفاده از اندیس‌های خوردگی، نشان دادند که آب دارای خصوصیت خوردگی بوده و بایستی اقدامات کنترلی در زمینه تعادل pH و تثبیت آب انجام گیرد (۱۲).

مناقی و اکبر (۲۰۱۳) اثرات خوردگی میکروبی چرخه گوگرد بر فولاد کربنی در محیط خاک را بررسی و بایو فیلم هتروژن ناشی از تعامل باکتری‌ها در غلظت‌های مختلف اکسیژن را منجر به افزایش سرعت نرخ خوردگی دانستند (۱۳).

جدیدی و مبارکی (۲۰۱۳) نشان دادند که باکتری‌ها نقش مهمی در خوردگی فولاد کربنی ۶۰ X داشته و مجموعه فعل و انفعالات الکترونیکی در محیط‌های خاکی به وضوح نشان داده شد (۱۴).

از آنجایی که یکی از پارامترهای مورد اندازه‌گیری در این تحقیق میزان تنفس میکروبی در خاک اطراف لوله‌ها بود بررسی منابع راجع به این مهم نیز لازم به نظر رسید، در تحقیقی که توسط وفایی و همکاران (۱۳۹۵) انجام گرفت، دریافتند که بیشترین مقدار تنفس میکروبی از مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع ضایعات خرما بدون مصرف گچ حاصل شد که برابر با ۲۹۶/۳۴ میلی‌گرم کربن بود و کمترین مقدار تنفس میکروبی از تیمارهای

میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین مقدار و ایستگاه ۷ به میزان ۶۲۱۱ میلی گرم بر کیلوگرم کمترین مقدار سدیم را دارا بود. کمترین میزان کلسیم در ایستگاه ۳ به میزان ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و بیشترین مقدار آن ۲۸۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم مربوط به ایستگاه ۴ بدست آمد. بیشترین میزان قلیائیت در ایستگاه ۱۶ به میزان ۶۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه ۶ به میزان ۲۷۸ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شد. بیشترین میزان مواد جامد محلول مربوط به ایستگاه ۱۸ به میزان ۵۳۱۶ میلی گرم بر لیتر و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه ۱ به میزان ۲۷۱ میلی گرم بر لیتر می باشد. بیشترین مقدار دی اکسید کربن مربوط به ایستگاه ۱۷ به میزان ۳۸۳ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه ۸ به میزان ۱۷۴ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد.

اندازه گیری هدایت الکتریکی در ایستگاه های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار شوری مربوط به ایستگاه های ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ با مقادیر به ترتیب ۱۰۴۰۰، ۱۰۴۰۸، ۱۰۴۰۳ و ۱۰۴۰۳ و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه های ۱ و ۲ با مقادیر به ترتیب ۵۷۴ و ۵۷۷ می باشد. بیشترین میزان واکنش خاک (pH) مربوط به ایستگاه ۱۲ به میزان ۷/۲۱ و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه های ۸ و ۱۶ به میزان ۸/۹۳ و ۸/۹۷ بود. همچنین اندازه گیری میزان رطوبت در ایستگاه های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار مربوط به ایستگاه های ۱۰ و ۱۱ به میزان ۲۳ و ۲۴ درصد و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه های ۱۳ و ۱۵ به میزان ۴/۳ و ۴/۱ درصد بود.

در جدول ۲ میزان همبستگی پیرسون برای تک تک پارامترها با یکدیگر مورد بررسی قرار گرفته است. چنانچه نشان داده شده است pH خاک همبستگی مثبت و معنی دار با میزان قلیائیت کل دارد.

رطوبت خاک به روش وزنی و برای اندازه گیری میزان تنفس میکروبی بصورت زیر اقدام گردید (۱۷):

ابتدا ۱۵ گرم نمونه خاک مرطوب توزین و سپس درون بشر قرار داده شد. نمونه خاک را در ظرف شیشه ای بزرگتری قرار داده و در شیشه بزرگتر، یک لوله آزمایش حاوی ۲۰ میلی لیتر NaOH ۰/۱ مولار قرار گرفت. درب ظرف را محکم بسته (در این مرحله تنفس خاک صورت می گیرد و CO₂ ایجاد شده توسط سود جذب می شود). پس از نگهداری در دمای ۲۵ درجه و به مدت ۲۴ ساعت بشر را برداشته و سپس به نمونه ۳ میلی لیتر کلرید باریوم اضافه می گردد و بصورت کربنات باریوم رسوب می کند. سپس ۳ تا ۵ قطره شناساگر فنل فتالین به نمونه اضافه نموده و باقیمانده ی هیدروکسید سدیم با استفاده از هیدروکلریک ۰/۱ مولار تیترو می گردد. تمام این مراحل برای نمونه شاهد نیز انجام می گردد. محاسبه CO₂ با فرمول زیر انجام می گیرد (۱۷):

$$CO_2 (mg/k) = \frac{100 \times 2.2 \times (S - C)}{SW \times 10\%}$$

C = میزان اسید مصرفی برای نمونه ی شاهد، S = میزان اسید مصرفی برای نمونه، SW = وزن اولیه خاک مرطوب، و ۲،۲ = فاکتور تبدیل (۱ میلی لیتر از 0.1 HCl مولار معادل ۲،۲ میلی گرم CO₂ می باشد). در نهایت داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل گردید.

یافته ها

در جدول ۱ برخی خصوصیات شیمیایی اندازه گیری شده در نمونه های خاک مجاور لوله ها آورده شده است. چنانچه نشان داده شده بیشترین مقدار رطوبت مربوط به ایستگاه های ۱۰ و ۱۱ به میزان ۲۳ و ۲۴ درصد و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه های ۱۳ و ۱۵ به میزان ۴/۳ و ۴/۱ درصد به دست آمد. همچنین اندازه گیری میزان سدیم خاک در ایستگاه ۱۷ به میزان ۲۴۳۰۰

جدول ۱- مشخصات محل نمونه برداری و برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مجاور لوله گذاری شهرهای آبادان و خرمشهر

R	TDS	Na ⁺	TALK	Ca ²⁺	CO ₂ (Biologic)	رطوبت جرمی (%)	EC (μs/cm)	pH	محل نمونه برداری		ردیف
									عرض شمالی	طول شرقی	
									(mg/kg)		
۰/۰۰۱۷	۲۷۱	۶۴۹۴	۴۰۰	۵۸۰	۱۹۶	۶,۴	۵۷۴	۸,۶۲	۴۸/۳۰۵۵۸۰۹۶۶۱۹۴	۳۰/۳۴۱۴۷۳۱۱۰۳۷۰	۱
۰/۰۰۱۷	۲۷۹	۶۳۲۸	۴۱۰	۵۸۰	۲۱۰	۵,۳	۵۷۷	۸,۶۴	۴۸/۳۰۱۴۳۹۶۳۵۴۷۵	۳۰/۳۴۲۶۵۸۲۹۴۷۱۴	۲
۰/۰۰۰۹۹	۵۴۵	۸۲۴۳	۴۳۰	۳۰۰	۳۰۸	۶,۳	۱۰۰۱	۸,۱	۴۸/۲۵۶۰۳۵۲۰۱۲۷۱	۳۰/۳۶۲۱۷۴۷۳۴۹۱۱	۳
۰/۰۰۰۶۵	۷۳۰	۱۰۴۹۱	۴۳۰	۲۸۵۰	۳۰۰	۶,۱	۱۵۴۰	۸,۲۱	۴۸/۲۵۲۱۷۲۸۲۲۸۹۸	۳۰/۳۶۰۰۰۸۴۹۱۰۳۷	۴
۰/۰۰۰۳۱	۱۶۴۹	۹۹۵۴	۲۸۰	۲۵۰۰	۲۰۰	۱۵	۳۲۴۳	۷,۸۸	۴۸/۲۴۶۷۴۴۰۲۹۲۴۳	۳۰/۳۷۶۴۶۷۰۳۸۶۹۷	۵
۰/۰۰۰۲۹	۱۶۷۵	۹۸۵۳	۲۷۸	۲۳۱۳	۱۹۴	۱۵,۱	۳۳۵۸	۷,۴۳	۴۸/۲۲۹۶۸۵۱۷۹۹۰۸	۳۰/۳۹۲۹۹۶۸۵۱۱۲۰	۶
۰/۰۰۱۵	۳۲۴	۶۲۱۱	۴۵۰	۲۴۱۲	۱۸۰	۶,۷	۶۵۴	۸,۴	۴۸/۲۸۱۲۹۰۸۸۱۳۵۵	۳۰/۳۶۸۰۳۳۰۰۳۴۷	۷
۰/۰۰۰۶۵	۷۸۴	۶۴۰۸	۶۲۰	۳۴۰	۱۷۴	۷,۱	۱۵۴۰	۸,۹۳	۴۸/۲۹۸۲۶۳۹۰۰۰۰۲	۳۰/۳۵۱۲۳۱۹۳۵۲۴۸	۸
۰/۰۰۰۶۹	۷۲۹	۶۳۲۸	۶۱۰	۳۵۵	۱۸۳	۷,۱	۱۴۵۰	۸,۸۱	۴۸/۲۹۵۸۸۲۰۹۸۳۹۶	۳۰/۳۵۲۹۳۷۹۷۹۹۹۷	۹
۰/۰۰۰۱۳	۳۹۰۰	۱۶۲۳۴	۲۸۰	۱۸۴۴	۳۱۲	۲۳	۷۹۵۶	۸,۳۲	۴۸/۱۷۸۰۵۸۰۲۰۷۹۰	۳۰/۴۳۴۰۵۹۳۸۰۸۱۶	۱۰
۰/۰۰۰۱۳	۳۸۸۴	۱۶۳۲۱	۲۹۱	۱۸۲۳	۳۰۸	۲۴	۷۸۹۸	۸,۲۸	۴۸/۱۶۴۹۲۵۹۲۵۴۵۵	۳۰/۴۳۷۶۳۳۶۳۱۲۷	۱۱
۰/۰۰۰۲۲	۲۵۲۴	۱۴۲۴۰	۳۲۰	۲۲۰۰	۲۸۲	۷,۸	۴۵۴۳	۷,۲۱	۴۸/۱۷۷۷۱۴۶۹۸۰۳۶	۳۰/۴۴۲۳۴۴۴۲۵۷۹	۱۲
۰/۰۰۰۱۶	۳۹۸۸	۱۸۴۳۱	۴۳۰	۱۸۰۰	۳۳۰	۴,۳	۶۲۴۳	۸,۲۴	۴۸/۲۱۶۶۸۱۸۳۰۶۰۵	۳۰/۴۳۴۲۴۴۳۹۱۴۱۶	۱۳
۰/۰۰۰۱۵	۴۱۲۳	۱۸۸۱۰	۴۳۴	۱۸۰۰	۳۲۳	۴,۷	۶۲۱۳	۸,۷۳	۴۸/۱۸۸۷۸۶۸۵۶۸۴۹	۳۰/۴۳۵۶۸۷۴۶۲۰۵۱	۱۴
۰/۰۰۰۱۶	۴۲۱۲	۱۸۴۳۹	۴۲۷	۱۸۱۲	۳۴۳	۴,۱	۶۳۰۸	۷,۹۵	۴۸/۱۷۵۳۱۱۴۳۸۷۵۹	۳۰/۴۳۶۵۰۰۴۹۲۴۷۴	۱۵
۰/۰۰۰۱۴	۳۵۰۰	۲۰۲۳۰	۶۸۰	۱۸۲۴	۲۲۹	۱۴	۷۰۳۰	۸,۹۷	۴۸/۱۶۱۸۳۶۰۲۰۶۶۸	۳۰/۴۴۷۴۵۳۲۴۱۰۱۲	۱۶
۰/۰۰۰۰	۵۲۴۳	۲۴۳۰۰	۳۵۰	۲۴۵۰	۳۸۳	۲۰	۱۰۴۰۰	۸,۱۳	۴۸/۱۹۰۲۴۵۹۷۸۵۵۴	۳۰/۴۳۵۸۳۵۴۶۸۰۸۷	۱۷
۰/۰۰۰۰	۵۳۱۶	۲۳۲۱۶	۳۴۸	۲۴۸۲	۳۲۸	۱۹,۵	۱۰۴۰۸	۸,۳۴	۴۸/۱۸۳۳۷۹۵۲۳۴۷۵	۳۰/۴۳۵۱۶۹۴۳۹۱۵۱	۱۸
۰/۰۰۰۰	۵۲۴۷	۲۴۱۲۴	۳۵۰	۲۴۳۰	۳۲۶	۱۸,۵	۱۰۴۰۸	۸,۴۳	۴۸/۱۷۰۶۷۶۵۸۱۵۸۱۳۵	۳۰/۴۳۴۶۳۴۴۵۳۸۷۱	۱۹
۰/۰۰۰۰	۵۱۶۸	۲۴۱۲۳	۳۴۴	۲۴۳۵	۳۴۷	۱۶	۱۰۴۰۳	۸,۵۳	۴۸/۲۰۱۴۰۳۹۶۸۰۵۵۹۵۶	۳۰/۴۳۷۴۶۳۵۱۹۶۷۰۰۲۲	۲۰
۰/۰۰۰۲۲	۲۳۵۱/۸۶	۱۳۱۵۱/۸	۳۹۱/۸۶	۱۶۶۵	۲۶۷/۱۲	۱۰/۳۱۴۶	۴۴۸۸/۸۲	۸/۲۲	میانگین		
۰/۰۰۰۰	۵۳۱۶	۲۴۳۰۰	۶۸۰	۲۸۵۰	۳۸۳	۲۴	۱۰۴۰۸	۸/۹۷	حداکثر		
۰/۰۰۱۷	۲۷۱	۶۱۳۳	۲۷۷	۳۰۰	۱۷۴	۴/۱	۵۷۴	۷/۲۱	حداقل		

جدول ۲- ماتریس ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	pH	EC	TDS	رطوبت جرمی	CO ₂ (Biologic)	Ca ²⁺	T.Alka	Na ⁺
pH	۱							
EC	-۰/۱۴۳ ^{NS}	۱						
TDS	-۰/۱۴۸ ^{NS}	۰/۹۸۷ ^{**}	۱					
رطوبت جرمی	-۰/۱۴۰ ^{NS}	۰/۶۵۶ ^{**}	۰/۵۵۹ ^{**}	۱				
CO ₂ (Biologic)	-۰/۱۱۱ ^{NS}	۰/۶۳۳ ^{**}	۰/۶۷۱ ^{**}	۰/۱۹۲ ^{NS}	۱			
Ca ²⁺	-۰/۵۲۰ ^{**}	۰/۵۷۱ ^{**}	۰/۵۵۹ ^{**}	۰/۴۹۶ ^{**}	۰/۱۷۰ ^{NS}	۱		
T.Alka	۰/۳۵۲ [*]	۰/۰۵۶ ^{NS}	-۰/۰۳۲ ^{NS}	-۰/۳۸۸ ^{**}	-۰/۲۳۷ ^{NS}	-۰/۲۲۲ ^{NS}	۱	
Na ⁺	-۰/۰۹۷ ^{NS}	۰/۹۵۵ ^{**}	۰/۹۶۹ ^{**}	۰/۴۶۱ ^{**}	۰/۶۷۳ ^{**}	۰/۵۲۰ ^{**}	۰/۱۱۳ ^{NS}	۱

NS: معنی دار نیست. * و ** به ترتیب در سطح ۱ درصد و ۵ درصد معنی دار است.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به این نکته که هر چقدر میزان رطوبت و مقدار یون های موجود در خاک بیشتر باشد، رسانایی خاک بیشتر شده و مقاومت الکتریکی خاک کاهش می یابد، بنابراین چون بیشترین مقدار رطوبت در خاک ایستگاه های ۱۰ و ۱۱ به میزان ۲۳ و ۲۴ درصد اندازه گیری گردید، انتظار می رود در این ایستگاه ها میزان خوردگی نسبت به سایر ایستگاه ها بیشتر باشد (۲۰۱). در ایستگاه ۴ میزان یون های سدیم و کلسیم زیاد بوده لیکن بخاطر پایین بودن درصد رطوبت خاک پتانسیل خوردگی خاک ضعیف می باشد، این در حالیست که چنانچه رطوبت خاک افزایش یابد خاک این منطقه باعث خوردگی لوله ها شده و خسارات زیادی را در پی خواهد داشت.

در تحقیق حاضر بین شوری و قلیائیت خاک همبستگی معنی دار مشاهده نگردید. این در حالی است که مطالعات دانشمندان در نقاط مختلف دنیا، حاکی از این است که بین شوری و قلیائیت

خاک همبستگی خاص وجود دارد. اگر غلظت املاح در خاک کمتر از ۴ گرم در لیتر باشد، pH چنین محلولی معمولاً از ۸ کمتر است. هرچه میزان املاح افزایش یابد، میزان قلیائیت رو به کاهش می گذارد. خاک های بسیار شور در مناطقی ایجاد می شوند که آب زیرزمینی فوق العاده شور بوده، قلیائیت آن بسیار اندک است و خاک های قلیایی نیز در مناطقی تشکیل می شوند که مقدار املاح آن ها کمتر باشد. لیکن بین هدایت الکتریکی و میزان دی اکسید کربن همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد مشاهده شد، این یافته بیانگر اینست که احتمالاً در خاک منطقه مورد مطالعه باکتری های مقاوم به شوری زیاد بوده و یا اینکه با توجه کمبود بارندگی و زیادی تبخیر و تعرق در منطقه منجر به شور شدن خاک ها در طی گذر زمان گردیده و این امر باعث گردیده میکروارگانسیم های موجود در خاک نسبت به شوری مقاوم گردند، نتایج این بخش از تحقیق با نتایج آزمایشات جعفری

تنفس میکروبی در خاک شاهد، کوکوپیت و خاک اره کاهش می‌یابد، مطابقت دارد (۱۹).

با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار pH خاک با میزان قلیائیت کل، با افزایش pH میزان قلیائیت خاک افزایش یافته که به نوبه خود بر روی خوردگی لوله‌های بکار رفته در آن ناحیه اثر بسیار زیادی دارد، بنابر نتیجه بدست آمده از این مبحث مشخص می‌شود که در ایستگاه‌های ۸ و ۱۶ که به ترتیب دارای pH ۸/۹۳ و ۸/۹۷ بودند از نظر اثر واکنش خاک از خوردگی بالاتری نسبت به نقاط دیگر برخوردار هستند.

در نهایت می‌توان گفت با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های به عمل آمده از خاک اطراف لوله‌های مناطق مورد مطالعه در شهرهای آبادان و خرمشهر می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در نواحی لوله‌گذاری شده‌ی اطراف ایستگاه‌های ۱۰ و ۱۱ به واسطه بالا بودن رطوبت و هدایت الکتریکی، مقاومت الکتریکی خاک کاهش یافته و خاک این نواحی از پتانسیل خوردگی برای لوله‌ها برخوردار هستند، همچنین در نواحی اطراف لوله‌گذاری شده‌ی ایستگاه ۸ به دلیل بالا بودن میزان یون‌ها مانند سدیم و کلسیم، پیشنهاد می‌گردد در این نواحی اقدامات لازم جهت خشک نگه داشتن خاک اطراف لوله‌گذاری انجام گیرد. با توجه به این که در ایستگاه‌های ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ میزان تنفس میکروبی اندازه‌گیری شده زیاد بود، خاک این نواحی نیز از پتانسیل خوردگی بالایی برای لوله‌های فلزی برخوردار می‌باشد. بنابراین لازم است تمهیدات لازم در نقاط فوق با توجه به عامل ایجاد آن‌ها اندیشیده شود.

منابع

- 1- Sistonen E, Piironen J, Al-Neshawy F, Puttonen J, Ferreira M, Vesikari E. Condition Assessments and Corrosion Measurements of Cooling Water Chambers in a Nuclear Power Plant; 22nd Conference on Structural

و همکاران (۱۳۹۳) که نشان دادند تاثیر سطوح شوری برتنفس و کربن زیتوده میکروبی خاک معنی‌دار و تلقیح باکتری در سطوح مختلف شوری باعث افزایش آن‌ها گردید مطابقت دارد (۱۸).

بنابراین در صورتی که چنین اتفاقی در خاک رخ داده باشد انتظار می‌رود در ایستگاه‌های ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ جمعیت این‌گونه باکترها نیز زیاد بوده و تنفس میکروبی افزایش یابد که طی آن میزان بیشتری CO₂ آزاد شده و این میزان دی اکسید کربن در ترکیب با آب تبدیل به اسید کربنیک شده و باعث خوردگی لوله‌های موجود در آن نقاط گردند (۱۹). چنانچه در جدول ۲ نشان داده شده است بین میزان سدیم و تنفس میکروبی رابطه مثبت و معنی‌داری بدست آمد بنابراین انتظار می‌رود در ایستگاه ۱۷ که میزان سدیم محلول ۲۴۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود بیشترین مقدار تنفس میکروبی رخ داده و خوردگی لوله‌ها در این منطقه بیشتر باشد. نتایج این بخش از تحقیق با یافته‌های حسینی (۱۳۹۰) که دریافت؛ بیشترین مقدار تنفس میکروبی به میزان ۷۴/۴۱ میلی گرم C-CO₂ در روز در ۱۰۰ گرم خاک از خاک با SAR=۳۵ و کمترین مقدار تنفس میکروبی به میزان ۳۹/۲۰ میلی گرم C-CO₂ در روز در ۱۰۰ گرم خاک با SAR =۵ بدست آمد، مطابقت دارد. همچنین این محقق در پژوهش خود دریافت که افزایش میزان تنفس میکروبی در خاک با کاربری بکر بیشتر از کاربری زراعی بود (۲۰).

نتایج تحقیق نشان داد بین میزان رطوبت موجود در خاک در زمان نمونه‌برداری و تنفس میکروبی همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. طوری که در این آزمایش بیشترین مقدار رطوبت مربوط به ایستگاه‌های ۱۰ و ۱۱ به میزان ۲۳ و ۲۴ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به ایستگاه‌های ۱۳ و ۱۵ به میزان ۴/۳ و ۴/۱ درصد به دست آمد. لیکن با توجه به اینکه با کاهش میزان رطوبت تنفس میکروبی افزایش می‌یابد احتمال وجود خطر در ایستگاه‌های ۱۳ و ۱۵ در آینده می‌رود، نتایج این تحقیق با یافته‌های (رضایی و رئیس، ۱۳۹۴) که نشان دادند با کاهش رطوبت از ۷۰ به ۳۰ درصد ظرفیت نگهداری آب در خاک، میزان

- ۱۳۹۰، مجله علوم پزشکی مازندران، ۲۹، زمستان
۱۳۹۱، ۲۹-۳۵.
- ۱۰- مظلومی. س و همکاران، بررسی پتانسیل و رسوبگذاری
آب شرب شهر شیراز، مجله طلوع بهداشت، ۷ (۱)،
تابستان ۱۳۸۷، ۶۴-۷۲.
- ۱۱- درگاهی. ع و همکاران، بررسی پتانسیل خوردگی و
رسوب گذاری منابع آب شرب شهر دهلران با اندیس
های خوردگی در سال ۱۳۹۳، مجله مهندسی
بهداشت محیط، سال چهارم، شماره ۲، زمستان
۱۳۹۵، ۱۰۳-۹۳.
- ۱۲- ابراهیمی. ا و همکاران، پتانسیل خوردگی و رسوب
گذاری آب آشامیدنی در شبکه توزیع شهر کوهدهشت
با استفاده از اندیس‌های خوردگی، مجله تحقیقات
نظام سلامت، دوره ۸، شماره ۳، ۱۳۹۱، ۴۸۶-۴۸۰.
- 13- Mataqi K Y, Akbar B H. Sulfur cycle
of microbial corrosion on carbon steel
in soil model, International Journal of
Engineering Research and Applications
2013; 3(2), pp.617-623.
- 14- Al-Judaibi A, Al-Moubaraki A.
Microbial analysis and surface
characterization of SABIC carbon steel
corrosion in soils of different moisture
levels, Advan Bio Chem 2013; 3: 264-
273.
- ۱۵- وفایی، مصیب، گلچین، احمد و شفیعی، سعید. ۱۳۹۵.
بررسی تأثیر گچ و ضایعات آلی مختلف بر ویژگی‌های
شیمیایی و تنفس میکروبی یک خاک سدیمی، مجله
پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دوره ۲۳، شماره ۲،
صفحه ۴۱-۲۳.
- 16- Thomas G W. Soil pH and soil acidity
In: Methods of soil analysis, Part3,
Chemical methods (Ed. D.I. parks).
- Mechanics in Reactor Technology; 18-
23 August 2013; San Francisco,
California, USA; 1-7.
- 2- Peabody AW. Control of pipeline
corrosion, NACE International, In: The
Corrosion Society Edited by Ronald L.
Second Edition, 2001: pp 347.
- 3- Zaki A. Principles of corrosion
engineering and corrosion control, 1st
Edition. Elsevier science & technology,
2006: Pp 672.
- 4- Rice O. Corrosion Control with Calgon,
Journal AWWA; 1974: 39(6): 552.
- 5- Gedge, G. Corrosion of Cast Iron in
Potable Water Service. Proc. Corrosion
and Related Aspects of Materials for
Potable Water Supplies, Proceedings of
the Institute of Materials Conference.
London, UK; 1992.
- ۶- پورزمانی، حمیدرضا، محمود قضاوی، و امیر مسعود
سامانی، ۱۳۸۴، بررسی کیفیت منابع آبشرب از نظر
خوردن‌دهبودن در شهرک صنعتی اشترجان
اصفهان، هشتمین همایش ملی بهداشت محیط، تهران،
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی
تهران.
- ۷- تیموری. ف و همکاران، ارزیابی پتانسیل خوردگی و
یا رسوب گذاری در منابع تامین، مخزن و شیکه توزیع
آب شهر کیان (استان چهار محال و بختیاری)
با استفاده از دو شاخص لائزلیه و رایزتر، مجله
تحقیقات سلامت، ۸(۱): بهار ۱۳۹۱: ۷۸-۸۴.
- ۸- زارع ایبانه. ح، مطالعه خوردگی و رسوب گذاری آب
های زیرزمینی دشت همدان، علوم و تکنولوژی محیط
زیست، ۱۲(۲)، تابستان ۸۹: ۸۹-۱۰۱.
- ۹- ززولی. م و همکاران، بررسی پتانسیل خوردگی و
رسوبگذاری منابع آب شرب شهر یاسوج در سال

۲۰- رضایی، ر. و رئیسی، ف. ۱۳۹۱. اثرات مواد اصلاحی طبیعی و مصنوعی بر تنفس و کربن بیوماس میکروبی در خاک در شرایط تنش رطوبتی، همایش ملی خاک، کشاورزی پایدار. دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - دانشگاه ملایر.

۲۱- حسینی، م. ۱۳۸۹. تأثیر شوری و قلیائیت بر دینامیک ماده آلی و خصوصیات فیزیکی خاک‌های با کاربری مختلف، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ۱۵۷ صفحه.

pages 475-490. Soil Sci. Soc. Am. 1996. Madison, WI.

17- Page A L. Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Soil Science Society of American Publisher, Madison, Wisconsin, USA, 1982. p1159.

جعفری، ص.، چرم، م.، عنایتی‌ضمیر، ن. و معتمدی، حسین، ۱۳۹۳. بررسی رابطه بین شوری تنفس پایه و کربن زیتوده میکروبی خاک با حضور هالوتولرانت‌ها در خاک، دومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، موسسه آموزش عالی مهر اروند- گروه ترویجی دوستدارن محیط زیست و انجمن حمایت از طبیعت ایران، تهران.

