اولین کنگره خوردگی
در صنایع نفت
۲۵ - ۲۳ خردادماه ۱۳۷۹

# آیا می‌توان حفاظت کاتدی را حذف نمود؟

سیامک ابراهیمی رنجبر [۱]

## چکیده:

خوردگی در خطوط لوله زیر زمینی یکی از مشکلات عمده‌ای است که اکثر صنایع استراتژیک مثل نفت، گاز و پتروشیمی با آن مواجه هستند. خطوط لوله در این صنایع نقش شاهرگ حیاتی را ایفا می‌کنند و در تامین خوراک اصلی کارخانه و انتقال سیالات فرآیندی در داخل کارخانه و بالاخره در نقل و انتقال محصولات تولیدی به پایانه‌ها استفاده می‌شوند. به علاوه طراحی و نصب این شبکه‌های حیاتی صرف هزینه‌های عظیمی را در بر دارد. بنابراین حفاظت و کنترل این سازه‌ها امری لازم و حیاتی است.

یکی از معمولترین و موثرترین روش حفاظتی، استفاده از سیستم حفاظت کاتدی است. استفاده از این روش سالها است که در صنایع مختلف معمول می‌باشد. در سالهای اخیر از این روش برای حفاظت الیاف فولادی تقویتی داخل سازه‌های بتوانی مثل سدها، اسکله‌ها و غیره معمول شده است.

۱- مجتمع پتروشیمی خراسان

## مقدمه:

در سایت‌های صنعتی، حجم زیادی از خطوط انتقال مواد در داخل خاک نصب می‌شود. بکارگیری حفاظت کاتدی در این سایت‌ها نیازمند بررسیهای دقیقتری است، زیرا میدانهای الکتریکی ایجاد شده در بسترهای آندی می‌تواند روی فنداسیون دستگاهها و سایر سازه‌های فلزی تاثیر منفی بگذارد.

همچنین این میدانها ممکن است روی عملکرد دستگاههای ابزار دقیق اختلالاتی ایجاد کند از این رو لازم است ضمن طراحی سیستم حفاظت کاتدی، تمهیدات لازم در این خصوص اعمال گردد.

بنابراین طراحی و نصب سیستمهای حفاظت کاتدیک نیازمند تخصص و تجربیات بالائی است، اما به هر حال روش بسیار کارآمد و نسبتاً کم هزینه می‌باشد و لازم است در پروژه‌های صنعتی اجرا گردد.

در این مقاله سعی شده که به این سئوال پاسخ داده شود: «آیا می‌توان حفاظت کاتدی را حذف کرد». این روش برای حفاظت سازه‌های فلزی و لوله‌های مدفون در خاک، از اهمیت زیادی برخوردار است. عوامل و معیارهای مختلفی در توجیه استفاده یا عدم استفاده از این شیوه حفاظتی مطرح است که عبارتند از: مقاومت خاک، نوع و روش پوششکاری، ضخامت خوردگی مجاز و هزینه‌های اقتصادی. از این رو مجدداً این سئوال را مطرح می‌کنیم:

## سئوال: آیا می‌توان حفاظت کاتدی را حذف کرد؟

برای پاسخ به این سئوال، وضعیت خطوط لوله زیر زمینی یک کارخانه صنعتی را، با عمر طراحی بیش از ۲۰ سال، که فاقد سیستم حفاظت کاتدی است مورد بررسی قرار گرفته، که نتایج به شرح زیرا است:

### -گزارش وضعیت خطوط لوله مدفون

● گزارش زیر مربوط به یکی از کارخانجات تولید کودشیمیائی است:

گزارش زیر مربوط به یکی از کارخانجات تولید کودشیمیائی است:

این کارخانه، مجموعاً دارای ۱۲۵۳۵۰ اینچ - متر شبکه لوله مدفون در خاک است، که شامل

خطوط لوله آب کولینگ، خطوط لوله آب سرویس و خطوط لوله آب آتش نشانی است.

مطالعات زمین‌شناسی توسط دو شرکت ایرانی انجام گرفت که بخشی از فعالیتهای این دو شرکت در زمینه تعیین مقاومت الکتریکی خاک و بررسی قابلیت خورندگی آن معطوف شده بود. اندازه‌گیری مقاومت خاک در ۲۵ ایستگاه و در عمقهای ۱ تا ۷ متر انجام شد. این مطالعات قبل از زمان نصب کارخانه و در فصلی از سال انجام شد که هفته‌ها باران نباریده بود. نتایج حاصل از این مطالعات مختصراً به شرح زیر است:

- مقاومت الکتریکی خاک در عمق متوسط (۴ متر) در نقاط مختلف بین 8.47-397.12 ohm-cm متغییر بود.
- در تعدادی از ایستگاهها مقاومت الکتریکی خاک با افزایش عمق افزایش نشان می‌داد
- در بقیه ایستگاهها با افزایش عمق مورد مطالعه، مقاومت الکتریکی خاک کاهش می‌یافت.
- در پنج ایستگاه خاک بررسی شده دارای قابلیت corrosive & Moderatiely corrosive و در سایر نقاط دارای قابلیت Mildy & Less Corrosive بود.
- آزمایشات موقعیت تقریبی احداث چاههای اندی را تعیین نمود.

بر اساس اطلاعات حاصله، هر دو شرکت به طور ضمنی استفاده از سیستم حفاظت کاتدی را توصیه کردند. در مورد الزام ارائه استاندارد و طراحی سیستم حفاظت کاتدی (CP))، با طراح پلانت مکاتبه شد. اما نظر طراح این بود که با توجه به حد پائین خورندگی خاک منطقه، اعمال پرایمر و دو لایه نوار پیچی (Wrapping) با بر هم نهش (Over Lap) ۵۵٪، شبکه لوله‌های زیر زمینی محافظت خواهند شد. به این منظور، طراح برای پوششکاری لوله‌ها SPECIFICATION ارائه نمود.

مطابق استانداردهای طراح، لوله‌ها نوارپیچی شده و در سال ۱۳۷۳ داخل زمین نصب شدند. در سال ۷۶ اولین نشانه‌های خوردگی در خطوط لوله مدفون به همراه نشتی مواد (آب) مشاهده گردید. به تدریج بر تعداد این موارد، افزوده شد و لوله‌ها یکی پس از دیگری دچار خوردگی شدند.

## - بررسی عوامل ایجاد خوردگی

بازرسی و بررسیهای انجام شده روی مواضع خورده شده و موقعیت لوله‌ها موارد زیر را

نشان داد:

- پس از حفاری و دسترسی به لوله، اولین نکته‌ای که جلب توجه می‌کرد، عدم وجود پشت بند مناسب (Back Fill) اطراف لوله بود. خاک اطراف لوله‌هاحاوی قلوه سنگهای لبه تیزی بودند که در اثر نفوذ در پ ا وشش لوله به آنها آسیب جدید وارد آوردند. در همین نقاط لوله دچار خوردگی گردید.

- در برخی موارد زیر لایه‌های نوار، لایه‌های نازک خاک مشاهده گردید، که مبین این واقعیت بود، که نوارها در موقع استفاده آلوده به خاک شده بودند.

- خوردگی روی سطح، اغلب به صورت حفره ائی شکل و در اطراف نقطه سوراخ شده پراکنده بودند. نشت آب از محل خوردگی به داخل خاک، باعث تشدید فرآیند خوردگی شده بود.

-تمرکز چگالی جریان خوردگی روی سطوح کوچک (نقاطی که پوشش اسیب دیده بود)، باعث می‌گردید تا خوردگی به صورت موضعی و شدید رخ دهد.

با توجه به عوامل اشاره شده، به نظر می‌رسد که عمدتاً مشکلات خوردگی مربوط به عدم رعایت روشهای صحیح نصب و خاکریزی و در برخی موارد عدم دقت در نوارپیچی لوله‌ها است. اما همانطور که بعداً اشاره خواهد شد، با رعایت تمام استانداردها و دستورالعملها، احتمال بروز اشتباهاتی که منجربه نقاط معیوب (Spot hot) روی سطح گردد وجود خواهد داشت. این نواحی ممکن است در زمان خاکریزی و یا پس از آن ایجاد گردد و از این رو از چشم ناظر پنهان بماند. این نقاط کانون خوردگی را ایجاد می‌کنند.

نکته‌ای که از این گزارش حاصل شده است. این است که، طراح کارخانه با اتکاء این نظریه که حد خوردگی خاک پائین بوده و پوشش مورد استفاده دارای کیفیت بالائی است، لزوم استفاده از سیستم حفاظت کاتدی را منتفی دانسته است.

برای ارزیابی این نوع معیارها، بهتر است که یکایک آنها را بررسی نموده و محدودیتهای آن را مشخص کنیم. بنابراین دوباره این سئوال را مطرح می‌کنیم: آیا می‌توان حفاظت کاتدی را حذف کرد؟

مناسبترین روش برای پاسخگوئی به این سئوال بررسی معیارها و شرایطی است که ظاهراً استفاده از حفاظت کاتدی را غیر الزامی نشان می‌دهد. این معیارها عبارتند از:

- مقاومت الکتریکی خاک - اتکاء به خاکهائی با مقاومت الکتریکی بالا

● پوششها - اتکاء به پوششها به عنوان ایزوله کننده سازه فلزی مدفون با محیط خورنده
● کاهش ضخامت مجاز - منظور نمودن بخشی از ضخامت دیواره به عنوان خوردگی مجاز
● هزینه‌های اقتصادی - استفاده کوتاه مدت از یک سازه فلزی موقتی
«فرض:سیستمی، شامل سازه مدفون فلزی و یا خط لوله مدفون در خاک تحت بررسی است»

## ۱- مقاومت الکتریکی خاک

اندازه‌گیری مقاوت الکتریکی خاک مقدار خورندگی آن را معلوم می‌کند. روش معمول اندازه‌گیری استفاده از متد و نر با چهار پین 4pins wenner می‌باشد. خاک از لحاظ مقاومت الکتریکی و خورندگی به صورت زیر دسته بندی می‌گردد:

| condition | ressivitity |
|---|---|
| very corrosive | 0-5 ohm-m |
| corrosive | 5-10 ohm-m |
| moderately | 10-20 ohm - m |
| less corrosive | more than 100 ohm-m |

بنابراین چنانچه مقاومت الکتریکی خاک بالاتر از ۱۰۰ اهم -متر باشد خاک غیر خورنده تلقی شده و نیاز به حفاظت کاتدی مرتفع می‌گردد.

محدودیت:

نتایج حاصل از مقاومت سنجی ممکن است در اینده اعتبار خود را به عنوان یک معیار از دست بدهد. زیرا عواملی وجود دارد که مقادیر را به شدت کاهش می‌دهد. این عوامل عبارتند از:

## اتمسفر آلوده

اصولا ممکن است مطالعه خاک قبل از راه اندازی کارخانه و یا در زمان نصب انجام گیرد. بنابراین در شرائط ازمایش صحرائی اتمسفر منطقه عملا غیر صنعتی و فاقد آلاینده‌های صنعتی است. اما بالافاصله پس از ره اندازی پلانت اتمسفر صنعتی ایجاد شده و خاک مجاور سازه مدفون به یکی از روشهای زیر آلوده می‌گردد:

- بارش بارانهای اسیدی ناشی از اختلاط باران با محصولات احتراق دودکشهای صنعتی و نفوذ

در خاک

- نفوذ ناخواسته و پیش بینی نشده فاضلابهای صنعتی به داخل خاک

در هر حالت خاک الوده شده و مقاومت الکتریکی آن تغییر می‌یابد. معمولا این مقاومت کاهش یافته و خاک خورنده می‌گردد.

عوامل دیگری نیز در تغییر مقاومت خاک موثرند که به شرح زیر می‌باشند:

- چنانچه خط لوله و یا سازه مدفون در مجاورت مناطق کشاورزی وقاع گردد استفاده از کودهای شیمیائی (خصوصا آندسته از کودهائی که باعث تولید یا تقویت گوگرد خاک می‌گردد) می‌تواند باعث انتقال ابهای الوده به داخل خاک و تغییر مقاومت الکتریکی آن گردد.

- فعالیت میکروارگانیسمهای غیر هوازی موجود در خاک عمدتاً تولید سولفید نموده و از این راه PH خاک مرطوب را تغییر می‌دهد.

- وجود جریانهای الکتریکی سرگردان Stray current با تغییر پتانسیل، باعث تأثیر خوردگی روی سازه مدفون می‌شود.

نبابراین تمامی فرآیندها ذکر شده می‌تواند باعث کاهش مقاومت الکتریکی خاک (الکترولیت) شده و معیار خاک غیر خورنده را، به عنوان دلیلی برای حذف سیستم حفاظت کاتدی، بی اعتبار کند.

## ۲- پوششها: معیار ایزولاسیون کامل سیستم از محیط خورنده

جدا کردن کامل سازه فلزی مدفون با محیط خورنده، قادر به توقف کامل خوردگی است. برای ایزولاسیون کامل از انواع پوششهائی که دارای مقاومت الکتریکی بالائی هستند استفاده می‌گردد. به طور کلی پوششها باید دارای شرائط زیر باشند:

- مقاومت الکتریکی بالائی داشته باشند
- عایق کننده موثری باشند
- کاملا بدون عیب و نقص defect باشند.
- ایجاد فیلم مقاوم و ماندگار نمایند.

اما عملا ثابت شده در صورت رعایت تمام نکات فنی و استانداردهای مربوط به اعمال پوشش و نصب سازه در خاک ۹۹ درصد منظور برآورده شده و هنوز ۱ درصد خطر شورع

خوردگی روی سطح وجود خواهد داشت. زیرا پوششها همواره دارای عیوب ساختاری هستند. به علاوه فاکتورهای مهم دیگری نیز وجود دارد که باعث می‌گردد که پوششها نقش خود را به عنوان ایزوله کننده کامل از دست بدهند.

این عوامل به شرح زیر هستند:

- وجود سوراخهای سوزنی (Pin Holes) روی پوششها
- ترکهای ناشی از کشش ماشین نوار پیچی و تنشهای حرارتی روی پوشش
- نفوذ سنگهای لبه تیز و ریشه گیاهان به داخل پوشش
- خراشیدگی مداوم پوشش در اثر جابجائی لوله‌ها در زمان نصب
- واکنش شیمیائی حاصل از محلولهای شیمیائی موجود در پشت بندها (Back fill) این محلولها می‌توانند ناشی از نشتی محتویات لوله و یا واکنش شیمیائی خاک مرطوب با میکروارگانیزها باشد که باعث تاول زدگی پوشش می‌گردد.
- تخریب ناشی از ساخت و ساز مداوم و حفاریهای مکرر روی مسیر عبور خط لوله
- عیوب ناشی از افزایش اتفاقی ولتاژ حفاظتی، که ابعث تخریب پوشش می‌گردد
- عیوب ناشی از کم ترجبه گی و یا سهل انگاری پیمانکاری و گروه نظارت اجرائی

بنابراین می‌توان دریافت که ایزولاسیون کامل سازه فلزی توسط پوشش عملا میسر نیم باشد و سطوح هر چند کوچک از سطح سازه فلزی که در تماس با محیط خورنده باشد، به سرعت خورده خواهد شد.

## ۳-کاهش ضخامت مجاز

ممکن است این باور ایجاد گردد که میزان خوردگی مجاز (Corrosion Alloance) یک سازه فلزی مدفون و نرخ متوسط خوردگی و عمر مفید سیستم طوری هماهنگ گردد که نیازی به حفاظت سیستم نباشد. لازم به یادآوریست که، کاهش ضخامت مجاز، برای حفظ مقاومت مکانیکی سیستم از لحاظ می‌گردد. همچنین کاهش ضخامت دیواره در اثر خوردگی در نقاط مختلف سطح یسکان نیست.

اما در هر حال، حتی در شرائط ایده آل که در ان خوردگی روی سطح به طور کاملا یکنواخت رخ دهد و نرخ کاهش ضخامت دیواره متناسب با عمر مفید سیستم باشد، لااقل از لحاظ

اقتصادی قابل توجیه نیست.

با یک مثال ساده می‌توان این مفهوم را بیان نمود:

فرض کنیم که، یک سایت صنعتی دارای یک شبکه از خطوط لوله زیر زمینی به مقدار 120000 - meter باشد مقدار خوردگی مجاز خط لوله، با توجه به کلاس آن، 1.5mm و عمر طراحی شبکه 20ycar است (در این صورت نرخ خوردگی باید 2.9MPY باشد). اگر برای این شبکه خط لوله سیستم حفاظت کاتدی به کارگیری نشود، میزان تحلیل فولاد در خاک به مقدار زیر خواهد بود:

12000000(in -cm)*3.1415(PI)*2.54(in to cm)* 0.15 (corr.allo.)* 7.8(gr/cm2)

= 112034220gr

Lost of Steel Per 20 Year =112Ton

و میزان فولاد تحلیل یافته ظرف یکسال به میزان زیر است:

LSPY=112/20=5.6ton

اگر قیمت هر تن فولاد ۳۵۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شود:

Lost Cost=5.6*3500000=19600000 Rials

با توجه به حجم فولاد تحلیل رفته، این معیار چه از لحاظ اقتصادی و چه از لحاظ فنی قابل توجیه نیست.

## ۴- هزینه‌های اقتصادی

در مواردی خاص ممکن است از یک سازه مدفون فلزی به طور موقعتی استفاده شود. اگر محیط خیلی خورنده باشد طوریکه در این زمان کوتاه مقدار زیادی از جرم فلز تحلیل برود بحدی که توجیه اقتصادی نداشته باشد، لازم است که آن سازه به طور موقت حفاظت شود. ممکن است روشهای حفاظتی متفاوتی اعمال گردد.

هزینه‌های اقتصادی، با توجه به عمر مورد نیاز طراحی، بررسی می‌شود. از آنجائیکه معمولا پلانتهای صنعتی با عمر حاقل ۲۰ سال طراحی می‌گردند، لذا لزوم استفاده از حفاظت کاتدی، توجیه اقتصادی خواهد داشت.

با توجه به مطالب ارائه شده، می‌توان نتیجه گرفت که حذف حفاظت کاتدیک از لیست

اقدامات اجرائی یک پروژه، از جبنه فنی و اقتصادی امری معقول نخواهد بود.

برای روشن شدن جنبه‌های اقتصادی ناشی از به کارگیری سیستم حفاظت کاتدیک روی سازه‌های مدفون در خاک، که بخشی از سرمایه‌های کارخانه است، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

## - ارزیابی هزینه‌های تحمیلی حفاظت سطح

حفاظت از شبکه لوله‌های زیر زمینی، به عنوان بخشی از تاسیسات جانبی و سرمایه‌ای یک واحد تولیدی امری لازم و اجتناب‌ناپذیر است. خصوصا اینکه به دلیل مدفون بودن آن، کنترل وضعیت سازه میسر نیست.

بکارگیری پوششهای با کیفیت خوب و رعایت کلیه موارد لازم، احتمال وجود عیوب روی سطح وجود دارد. ولی با هزینه نه چندان زیاد برای طراحی و نصب CP روی شبکه لوله، ضریب اطمینان حفاظت در برابر خرودگی تا ۱۰۰٪ افزایش خواهد یافت. هزینه استفاده از CP در مقابل زیانهای ناشی از توقف تولید، که به واسطه تعمیرات الزامی روی خط لوله خورده شده ناچیز و توجیه‌پذیر است. با مثالی ساده می‌توان به این نتیجه رسید:

در حادترین شرائط فرض می‌کنیم شبکه لوله مجتمع، دارای پوشش ضعیف باشد. بنابراین مقدار ارنژی لازم برای تغذیه سیستم حفاظتی به شرح زیر تعیین می‌گردد:

Total Pipa Area= 125350(in-m)*3.1415*2.54/100=10002 m2

Ave.Required Current=1.0(ma/m2)*10002=10002 ma or 10.002

Ave.Required voltage=50 V

Required electric Energy=10(amp)*50(v)=500W/H

Cost of Consump energ=0.500(KW/H)*100(Rial/KW)=50 Rial/H

هزینه طراحی و نصب سیستم حفاظت کاتدی برای چنین شبکه، حدوداً ۱۰۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال هزینه در بر دارد. اگر بخواهیم کل هزینه تحمیلی را برای مدت ۵ سال محاسبه کنیم، خواهیم داشت:

Total Cost=100/000/000+5*365*24(H)*50(Rial/H)=102190000 Rial

حال اگر فرض کنیم، همین کارخانه فاقد سیستم حفاظت کاتدی باشد و طی این مدت، هر سال حداقل ۱۰ ساعت توقف تولید (شامل S/D واحد، ناشی از خوردگی خطوط کارخانه

تحمیل گردد، با توجه به ظرفیت اسمی تولید (۵۰۰ تن در روز و قیمت محصول از قرار ۵۰۰۰۰۰ ریال به ازاء هر تن×، زیان حاصله بدون در نظر گرفتن هزینه‌های تعمیراتی، به شرح زیر خواهد بود:

5(year)*10(n)*1500(ton/day)/24(h)*500/000=1.652/500/000 Rial

که این رقم تنها در ۵ سال، معادل ۱۵ برابر هزینه حفاظت شبکه خط لوله می‌باشد.

حساسترین بخش از شبکه خط لوله آب کولینگ مجتمع، هدر اصلی (Cooling Water Supply) کولینگ تاور می‌باشد. چنانچه این بخش از شبکه به دلیل فرایند خوردگی دچار نشتی شود و نیاز به تعمیرات باشد، لازم است واحدهای تولیدی shut down شود. خوشبختانه تا به امروز در کاخانه مورد بحث توقف تولید ناشی از خوردگی شبکه لوله زیر زمینی رخ نداده است. به نظر می‌رسد یکی از عوامل موثر این باشد که خاک این منطقه از سایت (کولینگ تاور) در عمق ۷ متری دارای مقاومت الکتریکی ۱۱۴/۲۹ اهم متر است که از لحاظ خورندگی در محدوده Less Corrosive قرار دارد و این ناحیه، تنها ناحیه‌ای در داخل سایت صنعتی است که، خاک آن دارای بیشترین مقاومت الکتریکی است. اما با این حال هیچ تضمینی وجود ندارد که در آینده نه چندان دور این بخش از شبکه دچار خوردگی نشود، بکله ممکن است زمان بروز ان به تأخیر بیفتد.

## – مشکلات اجرائی حفاظت کاتدی پس از راه اندازی پلانت

در طراحی شبکه خطوط لوله مدفون، قبل از نصب باید ملاحظات حفاظتی منظور گردد. بدین معنا که، لااقل پیش بینی‌های لازم به منظور اجرای پروژه‌های حفاظتی پس از راه اندازی کارخانه، انجام شده باشد. در غیر این صورت ممکن است در حین اجراء، با مشکلات مختلف عملیاتی مواجه شویم. پارهای از این نوع موانع به شرح زیر می‌باشند:

۱– جداسازی بخش مدفون سازه از بخش غیر مدفون

جداکردن این دو بخش از سیستم امری مهم است، زیرا معمولا تنها بخشهای مدفون یک سازه تحت حفاظت کاتی قرار می‌گیرد: این امر باعث می‌گردد که سطوح غیر مدفون تحت تاثیر جریان حفاظتی، که می‌تواند باعث اختلاتی در عملکرد دستگاههای ابزار دقیقی شوند، قرار نگیرد. بنابراین لازم است، تمام فلنجهائی که دو بخش مدفون و سطحی سیستم را به هم متصل

می‌کند، از یکدیگر عایق (الکتریکی) شوند. معمولا برای اینکار از insulating Flange استفاده می‌شود. بنابراین بهتر است نصب این نوع اتصالات در زمان نصب انجام گیرد، تا از بروز مشکلات بعدی، در صورت موکول شدن اجراء طرح در آینده، جلوگیری شود. در غیر این صورت برای نصب اتصالات عایق، مجبور به توقف واحدهای تولیدی و زیانهای ناشی از آن خواهیم بود. در سایت مورد بحث، متاسفانه این نوع اتصالات نصب نشده است. مطالعات در حال انجام است که امکان حفاظت کل سیستم، اعم از مدفون و سطحی را مورد بررسی قرار دهد.

۲- عدم امکان جایابی ایده آل متعلقات سیستم حفاظتی

یکی دیگر از مشکلاتی که ممکن است در بکارگیری حفاظت کاتدی پس از نصب و راه اندازی کارخانه ایجاد گردد، این است که، امکان جایابی صحیح و ایده آل متعلقات و تجهیزات سیستم حفاظتی، به دلیل تداخل آنها با فونداسیونهای مسلح و سایر تجهیزات و یا مجاورت با مکانها خاصی مثل ایستگاههای تقویت یا تقلیل جریان برق، وجود ندارد. این متعلقات شامل چاههای اندی، ترانسهای یکسو کننده و غیره می‌باشد.

بنابراین در صورتیکه، پیش بینی طرح قبلاً لحاظ می‌گردید، موقعیتها و مکانهای مناسب برای نصب متعلقات انتخاب و رزرو می‌گردید.

در حال حاضر مدیریت کارخانه در حال بررسی اجرای پروژه حفاظت کاتدی می‌باشد که امید است در اینده نزدیک این امر تحقق یابد.

با توجه به مطالب ارائه شده، تلفیق سیستم حفاظتی فعال، روی سازه‌ها و خطوط لوله حساس مدفون در خاک که بخوبی پوشش شده باشند، قادر خواهد بود که سالهای متمادی بخشی از سرمایه یک کارخانه تولیدی را حفاظت کرده و با اطمینان می توان فرآیند تلوید و انتقال مواد را ادامه داد.

همچنین در عرصه‌های دیگر، با این روش حفاظتی می‌توان سازه‌های بتونی عظیم مانند سدها، پلها، اسکلها و فنداسیون برج‌های مرتفع شهری در برابر خطرات احتمالی خوردگی در آرماتورهای فولادی و فروریزی آنها محافظت نمود.

با پیشرفت‌های جدید در ساخت دستگاههای لازم، مطالعه وضعیت و مراقبت سیستم‌های حافظتی و سازه‌های مدفون در خاک به مراتب اسانتر و سریعتر از قبل شده و هر گونه نقص در کارکرد سیستم و یافتن مواضعی که دچار ضعف حفاظتی هستند به راحتی قابل شناسائی ورفع

عیب است. به دلیل همین پیشرفت‌ها است که حفاظت کاتدی به عنوان ابزرای موثر و کارآمد جای پای خود را در صنایع مختلف باز کرده است.

## مراجع:

۱- control of Pipeline corrosion Hand Book By a.W.Peabody

۲- گزارشات زمین‌شناسی شرکتهای زمیران و ماندرول