



لوله های مدفون - ارزیابی خوردگی با آکوستیک امیشن

مطالعه موردی

خسارات خوردگی لوله های مدفون مشکل مهمی در پالایشگاه ها است. از آنجایی که لوله ها مدفون هستند، اعمال روش های NDT مانند UT، RT، PT و بازرسی بصری برای مناطق دارای آسیب دشوار می باشد. آزمون آکوستیک امیشن (AE) به طور گسترده برای ارزیابی آسیب های خوردگی کف مخزن در سرویس استفاده شده است، اما کاربردهای AE در لوله کشی محدود است. مزیت روش این است که می تواند بدون خارج کردن سازه از سرویس، آسیب ها را ارزیابی و مکان یابی کند.

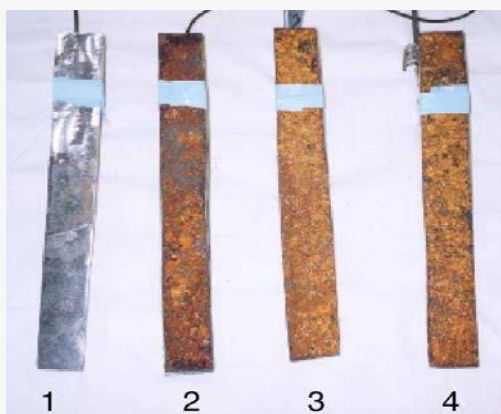
به منظور بررسی کاربرد روش AE برای ارزیابی آسیب های خوردگی در لوله های مدفون، آزمایش های سیستماتیک انجام شده است. آزمایش های خوردگی در آزمایشگاه نشان داد که نمونه های فولادی با لایه اکسید ضخیم سیگنال های AE را با دامنه های بیش از ۸۰ دسی بل در طول فرآیند خوردگی تولید می کنند.

آزمایش های انتشار موج با استفاده از لوله ها در شرایط مختلف سطحی و مدفون نشان داد که محل منبع باید برای لوله های مدفون پوشیده شده با لایه محافظ تا طول ۴ متر قابل استفاده باشد. برای تأیید سودمندی تکنیک، اندازه گیری AE برای ۱۳ لوله مدفون در حال سرویس در یک پالایشگاه انجام شد. مقایسه نتایج AE نشان داد که AE می تواند یک روش بسیار امیدوارکننده برای ارزیابی آسیب های خوردگی در لوله های مدفون باشد.

روش آزمون و نتایج

AE ناشی از خوردگی چهار قطعه نمونه فولادی کوچک برای آزمایش از سقف یک مخزن در حال سرویس بریده شد (شکل ۱). سه نمونه (شماره های ۲-۴) از یک طرف با لایه اکسید ضخیم پوشانده شدند. محصول خوردگی (لایه اکسید) در نمونه شماره ۱ به طور کامل از سطح حذف شد. اندازه آن تقریباً ۲۷۰ میلی متر طول، ۳۵ میلی متر عرض و ۲ میلی متر ضخامت داشت.

نمونه ها در آب نمک ۳ درصد (۹ سانتی متر پایین) غوطه ور شدند تا فعالیت های AE ناشی از خوردگی را بررسی کنند، همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود. سه نوع مختلف سنسور رزونانس AE، PAC R31 (رزونانس ۳۰ کیلوهرتز)، R61 (۶۰ کیلوهرتز) و R151 (۱۵۰ کیلوهرتز) برای آزمایشات استفاده شد.





شکل ۱: نمونه ها قبل از آزمایش.

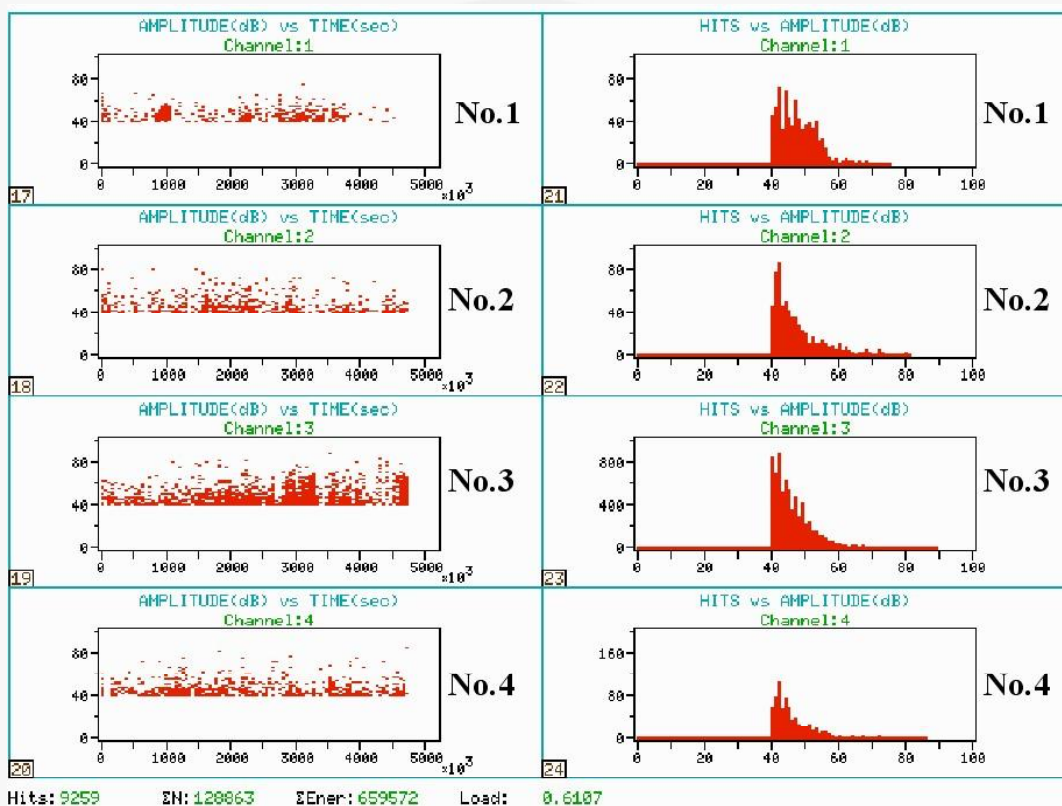
شکل ۲: چهار نمونه در آب نمک ۳ درصد (آزمون ۱).

آزمایش آکوستیک امیشن در لوله ها

آزمایش های آکوستیک امیشن روی چندین لوله در یک کارخانه و لوله های مدل در شرایط مختلف (خالی، پر از مایع، با و بدون پوشش ضد زنگ) انجام شد. جنس لوله ها از فولاد کربنی با قطر ۲۵۴ است. لوله های دیگر دارای قطر ۵۰٫۴ میلی متر (۲B) تا ۶۱۰ میلی متر (۲۰B) بودند. این لوله ها در هر دو جهت بسیار بیشتر از فواصل آزمایش شده گسترش می یابند. چهار سنسور AE با فرکانس های رزونانس متفاوت R1.5I (۱۵ کیلوهرتز)، R3I (۳۰ کیلوهرتز)، R6I (۶۰ کیلوهرتز) و R15I (۱۵۰ کیلوهرتز) روی

نصب

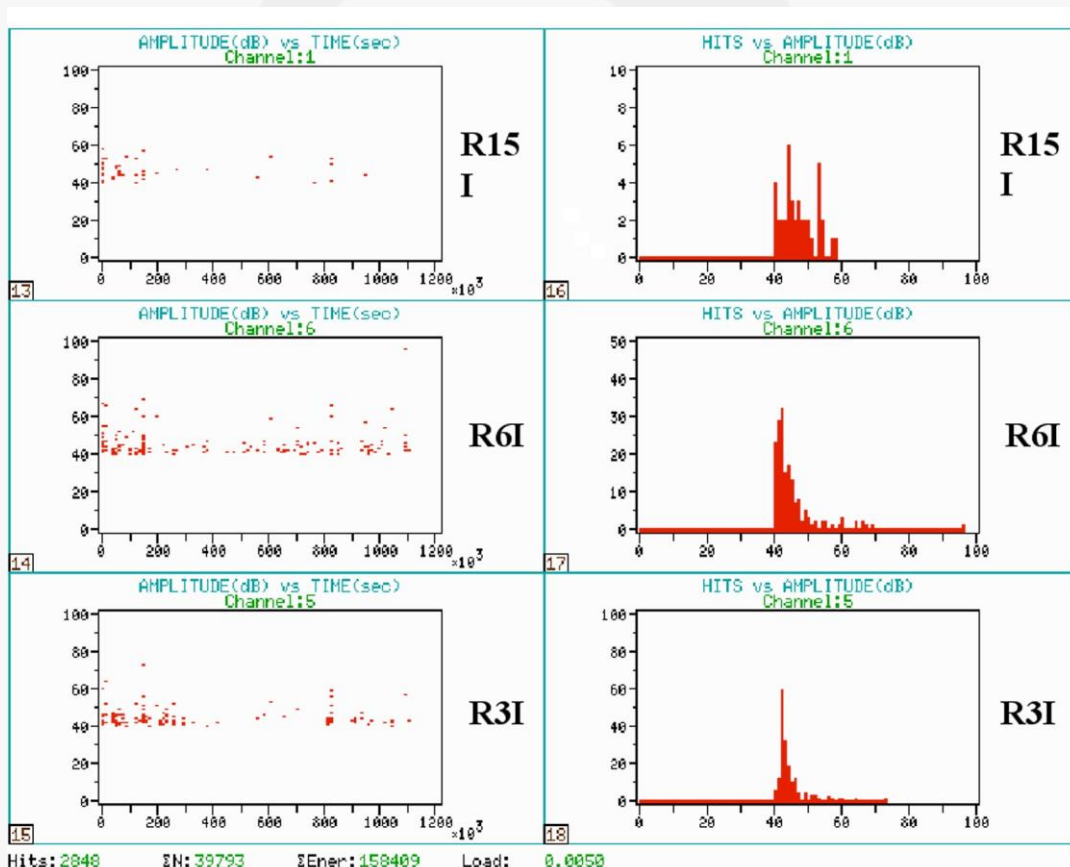
لوله ها
شده اند تا



سیگنال های AE را به دلیل شکستن مداد سرب تشخیص دهند.



شکل ۳: نتایج آزمون ۱ (تاریخچه دامنه و توزیع).



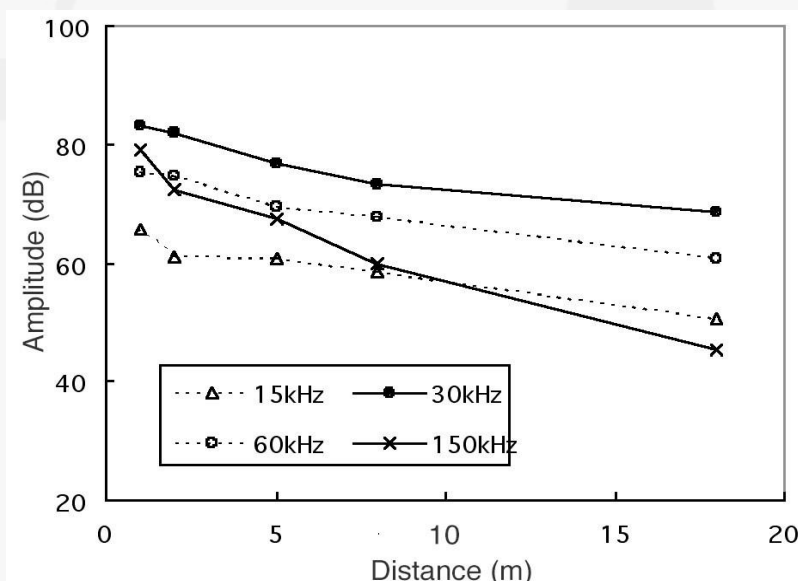
شکل ۴: نتایج آزمون ۲ با نمونه شماره ۱ (تاریخچه دامنه و توزیع).

لوله‌های روی زمین (خالی و پر از مایع) و لوله‌های مدفون شبیه سازی پوشیده شده با کیسه‌های شن استفاده شد. در شکل ۵ سنسورهای AE نصب شده روی یک لوله مدفون شبیه سازی شده مشخص است. توجه داشته باشید که آنها با موارد ذکر شده در جدول ۱ متفاوت هستند.



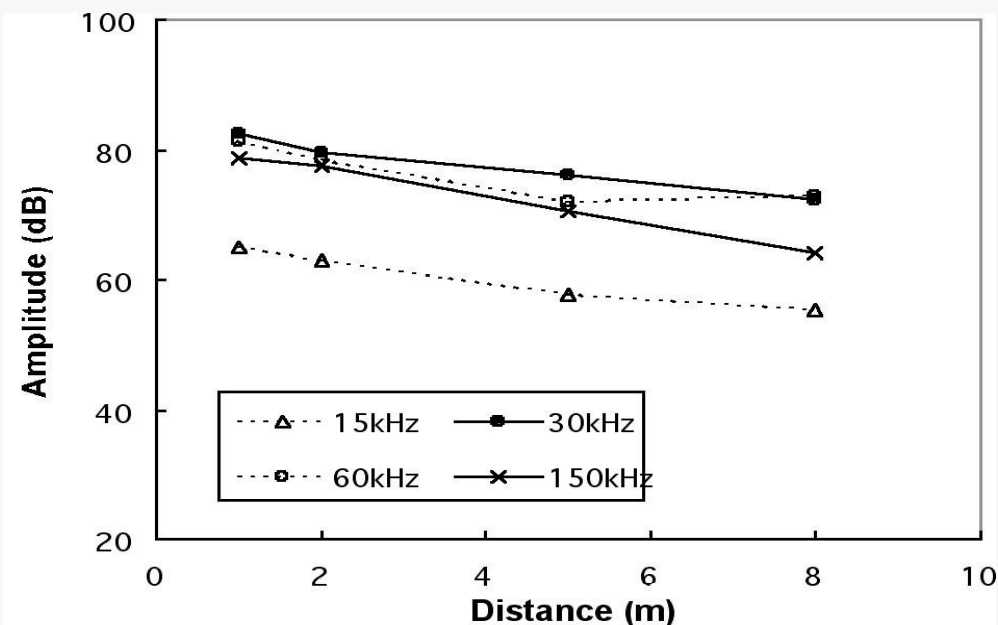
شکل ۵: سنسورهای AE بر روی یک لوله مدفون شبیه سازی.

شکل ۶ منحنی‌های میرایی امواج A₀ را در یک لوله خالی بالای زمین نشان می‌دهد. سیگنال‌های AE در باند فرکانس بالا (R15I) پس از طی مسافت ۱۷ متر حدود ۳۰ دسی بل کاهش می‌یابد، در حالی که در فرکانس‌های پایین‌تر (R6I، R3I، و R1.5I) حدود ۱۰-۱۵ دسی بل است. در شکل ۷ منحنی‌های تضعیف شده ی لوله‌های سطحی پر از مایع را می‌بینیم که کمی بیشتر از لوله خالی است و سیگنال‌ها پس از طی مسافت ۸ متر حدود ۱۰ دسی بل تضعیف می‌شوند.

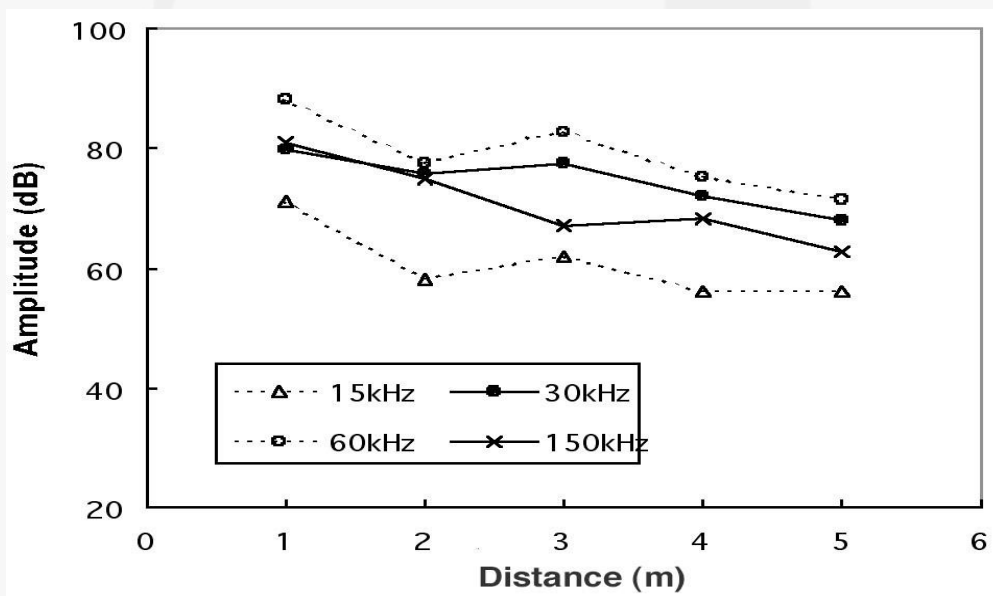


شکل ۶: منحنی میرایی روی یک لوله خالی بالای زمین (منابع شکست مدادی-سرب).

شکل ۸ منحنی‌های میرایی یک لوله خالی مدفون بدون لایه محافظ را نشان می‌دهد. سیگنال‌ها پس از طی مسافت ۴ متر حدود ۲۰ دسی بل تضعیف می‌شوند. شکل ۹ لوله‌های خالی مدفون با لایه محافظ را نشان می‌دهد. تضعیف در این مورد بزرگترین است و سیگنال‌ها پس از طی مسافت ۴ متر تقریباً ۳۰ دسی بل تضعیف می‌شوند.

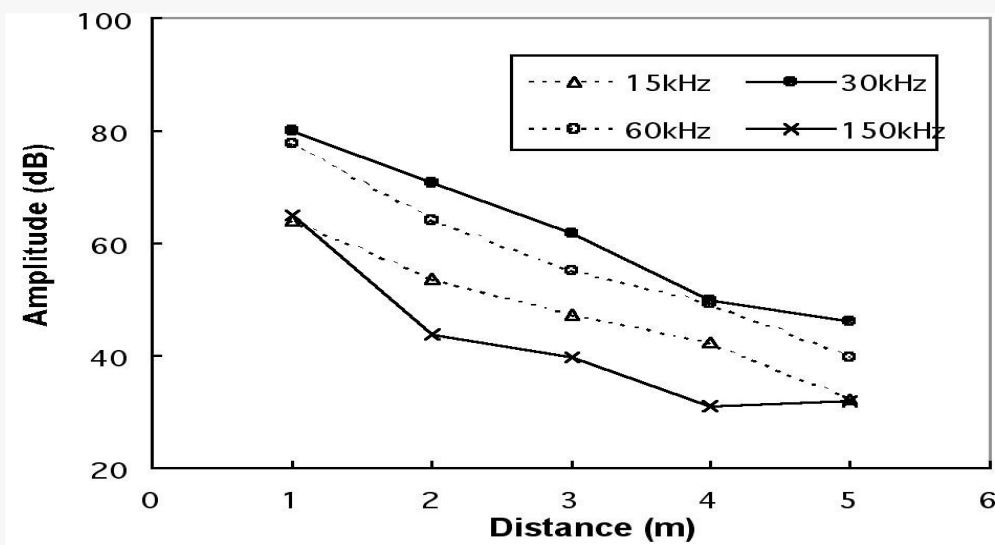


شکل ۷: منحنی تضعیف روی یک لوله بالای زمین پر از مایع (سرب مدادی می‌شکند).



شکل ۸: منحنی تضعیف یک لوله مدفون خالی بدون لایه محافظ (شکاف سرب مدادی).

لایه اکسید این سیگنال‌ها باید در یک ولتاژ آستانه معمولی در فاصله ۴ متری از منبع حتی با در نظر گرفتن تضعیف در طول انتشار موج، قابل تشخیص باشند. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که محل منبع باید برای لوله مدفون پوشیده شده با لایه محافظ تا طول ۴ متر قابل استفاده باشد.



شکل ۹: منحنی میرایی یک لوله مدفون خالی با پوشش لایه محافظ. (سرب مدادی می شکند).

اندازه گیری میدانی AE برای ۱۳ لوله در یک پالایشگاه

اندازه گیری‌های میدانی AE برای ۱۳ لوله در یک پالایشگاه انجام شد. در جدول ۱ تعداد لوله‌ها، اندازه‌ها (قطر اسمی بر حسب اینچ)، مایع درونی و میزان جریان (حجم) فهرست شده است. ده مورد از آنها (شماره ۰۲ - ۱۱) تا حدی مدفون هستند (طول حدود ۳ متر) و سه مورد از آنها (شماره ۱۲ - ۱۴) لوله‌های روی زمین هستند که با بخار گرم می‌شوند و عایق می‌شوند. این لوله‌ها را در شکل ۱۰ می‌بینیم.



شکل ۱۰: لوله های نیمه مدفون.



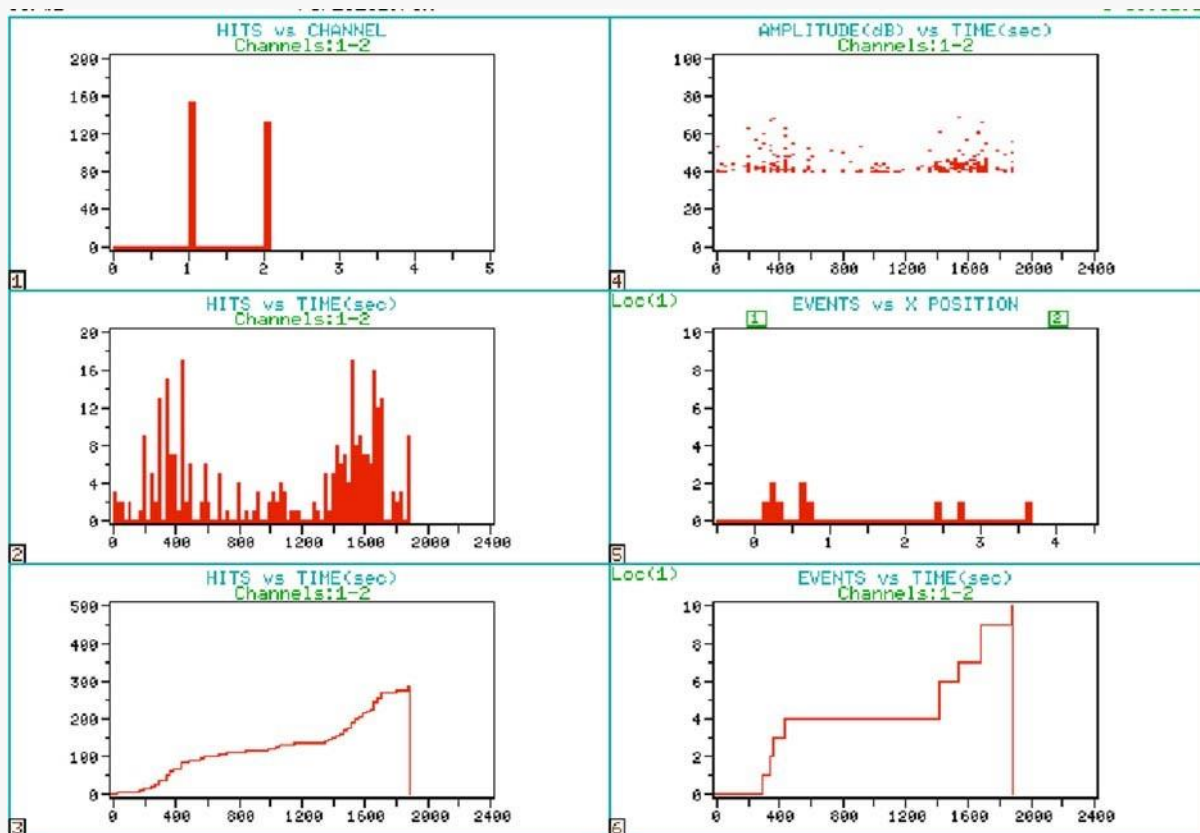
No.	Size	Liquid	Volume rate (kl / h)	Flow rate (cm / s)
02	6B	Desulpherlyzed Naphtha	204	310.1
03	6B	Desulpherlyzed light gasoline	48	73.1
04	6B	Improved gasoline	20	30.5
05	6B	Kerosene	71	108.1
06	6B	Light oil	112	170.6
07	8B	Heavy gasoline	204	174.7
08	2B	Unknown	-	-
09	4B	Cycle oil	51	174.7
10	6B	Light oil	28	42.6
11	6B	Jet fuel	0	0
12	18B	Sub-produced heavy oil	0	0
13	18B	Mid-quality sub-produced heavy oil	0	0
14	24B	Mid-sulphur heavy oil	0	0

جدول ۱: لوله‌های آزمایشی

اندازه‌گیری AE به طور معمول به مدت ۳۰ دقیقه با سنسورهای ۳۰ کیلوهرتز و ۶۰ کیلوهرتز نصب شده بر روی سطح لوله با نگهدارنده آهنربا انجام شد. هر دو سنسور جفت شدند و در نزدیکی هر دو انتهای قسمت مدفون با فاصله ۴ متر قرار گرفتند.

شکل ۱۱ نتایج آزمایش لوله ۰۲ را نشان می‌دهد که با سنسورهای ۳۰ کیلوهرتز به دست آمده است. تعداد سیگنال‌های شناسایی شده توسط هر کانال، بیشینه دامنه، مکان منبع و رویداد نشان داده شده است. ۲۸۰ ضربه توسط دو سنسور تشخیص داده می‌شود. حداکثر دامنه بیش از ۷۰ دسی بل است. ۱۰ رویداد واقع شده‌اند و یک خوشه رویداد در یک طرف (سمت N) منطقه مدفون مشاهده می‌شود. نتایج آزمایش به دست آمده با سنسورهای ۶۰ کیلوهرتز در شکل ۱۲ مشخص است. ۱۲۰ ضربه شناسایی شده است اما تنها یک رویداد در این مورد قابل مکان‌یابی است، که نشان‌دهنده قابلیت تشخیص بسیار کمتر در ۶۰ کیلوهرتز است.

جدول ۲ نتایج آزمایش برای همه لوله‌ها را نشان می‌دهد. تعداد سیگنال‌ها، تعداد رویدادها و نظرات در مورد محل منبع با شماره لوله و نوع سنسور فهرست شده است. توجه داشته باشید که اندازه‌گیری‌ها در محیط‌های بسیار پر سر و صدا برای لوله‌های شماره ۱۲ تا ۱۴ به دلیل نویز زیاد ناشی از نشت بخار انجام شده است.



شکل ۱۱ نتایج آزمایش لوله ۰۲ (با سنسور R31).



No. (sensor)	Flow rate (cm/s)	Number of hits (30 minutes)	Number of events	Source location
02(R3)	310.1	280	10	Left end of the buried part
02(R6)	310.1	120	1	Left end of the buried part
03(R3)	73.1	300	13	Left and right ends of the buried part
03(R6)	73.1	100	0	
04(R3)	30.5	650	18	Left side of the buried part
05(R3)	108.1	480	45	Widely spread over the buried part
06(R3)	170.6	70	0	-
07(R3)	174.7	90	2	1 event each in the center and left side
08(R3)	-	16	-	-
09(R3)	174.7	120	-	-
10(R3)	42.6	70	-	-
11(R3)	0	36	5	Right end of the buried part
12(R3)	0	700(10 minutes)	220	Peaks in the left and right sides (Vth = 50dB)
13(R3)	0	190(10 minutes)	42	Peaks in the left and right sides (Vth = 50dB)
14(R3)	0	2500(15 minutes)	600	Peaks in the left and right sides
14(R6)	0	190(15minutes)	50	3 peaks in the right side of the buried part

جدول ۲: خلاصه نتایج آزمون.

نتیجه گیری

از نتایج آزمون می توان نتایج زیر را به دست آورد:

- (۱) آزمایش های خوردگی در آزمایشگاه نشان داد که نمونه های فولادی با لایه اکسید ضخیم سیگنال های AE قوی با دامنه های بیش از ۸۰ دسی بل در طول فرآیند خوردگی در آب نمک تولید می کنند. همچنین مشخص شد که سیگنال های با فرکانس پایین (۲۰ تا ۸۰ کیلوهرتز) عمدتاً در طول فرآیند تولید می شوند.
- (۲) آزمایش های انتشار موج با استفاده از لوله ها در شرایط مختلف سطحی و مدفون نشان داد که محل منبع می تواند روی لوله مدفون پوشیده شده با لایه محافظ تا طول ۴ متر اعمال شود.



(۳) اندازه گیری AE برای ۱۳ لوله در حال سرویس در یک پالایشگاه انجام شد و سودمندی بالقوه تکنیک AE را برای ارزیابی آسیب‌های خوردگی در لوله‌های مدفون نشان داد.

