DIRECTED INSPECTION AND MAINTENANCE AT GAS PROCESSING PLANTS AND BOOSTER STATIONS

برنامج الفحص والصيانة الموجه في محطات معالجة الغاز ومحطات التعزيز

ملخص تنفيذي

تُخرج محطات معالجة الغاز الطبيعي ومحطات تعزيز الضاغط المرتبطة بها ما يقدر بنحو ٣٦ مليار قدم مكعب من الميثان سنوياً. تعد أكثر من ٢٤ مليار قدم مكعب من إجمالي خسائر الميثان من محطات الغاز عبارة عن انبعاثات قصيرة الأجل من الضواغط التي تعاني من التسريب وعناصر المعدات الأخرى مثل الصمامات والموصلات وعوازل التسريب والخطوط ذات النهايات المفتوحة. يعد تطبيق برنامج الفحص والصيانة الموجه طريقة مثبتة وفعالة التكلفة لاكتشاف وقياس ووضع الأولوية وإصلاح تسريبات الجهاز من أجل تقليل انبعاثات الميثان.

يبدأ برنامج الفحص والصيانة الموجه بمسح أساسي لتحديد وتقدير التسريبات. ثم يتم إجراء الإصلاحات على العناصر التي تعاني من التسريب فقط والتي يعد إصلاحها فعالاً للتكلفة بناء على مجموعة من المعايير من بينها تكلفة الإصلاح والعمر المتوقع للإصلاح وفترة العائد. يتم تصميم دراسات أخرى لاحقة تعتمد على البيانات من الدراسات السابقة مما يسمح للمشغلين بالتركيز على العناصر التي تعد أكثر احتمالية للتسريب والتي يعد إصلاحها مربحاً. وقد توصلت المسوحات الأساسية لمرافق معالجة الغاز لشركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي إلى كون معظم انبعاثات الميثان قصيرة الأجل تنتج عن عدد صغير نسبياً من العناصر التي تعاني من التسريب. هذا وتعد الصمامات هي أكبر مصدر للتسريب (٣٠%) يتبعها الموصلات (٢٤%) وعوازل التسريب الخاصة بالضاغط (٢٣%). وتنتج النسبة المتبقية (٢٣%) من خسائر الميثان بشكل أساسي عن الخطوط ذات النهايات المفتوحة وفتحات خزانة الرافعة وأجهزة تصريف الضغط وعوازل تسريب المضخات.

لقد أعلن شركاء ستار (STAR) لمعالجة الغاز الطبيعي عن تحقيق مدخرات كبرى وتخفيضات هائلة في انبعاثات الميثان عن طريق تطبيق برنامج الفحص والصيانة الموجه. وقد أوضحت دراسة ارتيادية على أربع محطات قامت بإجرائها هيئة الحماية البيئية ومعهد تكنولوجيا الغاز أن إجراء برنامج الفحص والصيانة الموجه في مرافق معالجة الغاز جدير بأن يعمل على تخفيض انبعاثات الميثان بنحو ٩٦% وعلى ادخار ١٦٤٠٠٠ دولار لكل محطة.

مصدر التسريب	انبعاثات الميثان قصيرة الأجل	طريقة تخفيض انبعاثات الميثان	التخفيض المحتمل للانبعاثات	تكلفة التطبيق المعتادة	مدخرات الشريك المعتادة ٣ دولار/ ألف قدم مكعب
انبعاثات ميثان قصيرة الأجل من محطات معالجة الغاز ومحطات التعزيز	٤٥٠٠٠ إلى ١٢٨٠٠٠ ألف قدم مكعب/ عام لكل محطة من محطات الغاز	برنامج الفحص والصيانة الموجه	ما يصل إلى ٩٦% معدل ٧٧%	١٤٠٠٠ دولار إلى ٥٠٠٠٠ دولار لفحص وقياس التسريب و٣٩٠٠٠ إلى ٧٨٠٠٠٠ دولار للإصلاحات	٥٨٠٠٠ دولار إلى ١٦٤٠٠٠/ عام لكل محطة من محطات الغاز

هذه سلسلة واحدة من "ملخصات الدروس المستفادة" التي أعدتها "وكالة الحماية البيئية" (EPA) بالتعاون مع جهات صناعة الغاز الطبيعي بخصوص التطبيقات الفائقة ل"أفضل ممارسات الإدارة" (BMPs) والفرص المذكورة من جانب الشركاء (PROs) التابعة لبرنامج ستار للغاز الطبيعي Natural Gas STAR.

الدروس المستفادة

مقدمة

تمثل الانبعاثات قصيرة الأجل الناتجة عن تسريبات المعدات أكثر من ٨٠% من خسائر الغاز الطبيعي السنوية من محطات معالجة الغاز ومحطات التعزيز. تساهم الانبعاثات الناتجة عن التسريبات المستمرة ومعدات الإحراق وأنظمة الاشتعال في خسائر الغاز وانبعاثات الميثان المتبقية التي تعادل ٢٠%. أوضح شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي أن برنامج الفحص والصيانة الموجه يمكن أن يعمل على الحد من ٩٦% من خسائر الغاز و٨٠% من انبعاثات الميثان الناتجة عن تسريبات المعدات. تصف هذه الدراسة الخاصة بالدروس المستفادة الممارسات والتكنولوجيات التي يمكن استخدامها للتطبيق الناجح لبرنامج الفحص والصيانة.

يوضح الرسم التوضيحي (١) نظام تحكم هوائي مدعوما بالغاز الطبيعي. يتكون نظام التحكم الهوائي من أدوات وصمامات التحكم بالمعالجة التي يتم تشغيلها عن طريق الغاز الطبيعي المنظم بنحو ٢٠ إلى ٣٠ رطل لكل بوصة مربعة وشبكة أنابيب التوزيع لإمداد جميع أدوات التحكم. وعلاوة على ذلك، يتم استخدام الغاز الطبيعي أيضا في بعض الخدمات البديلة مثل المضخات الهوائية الصغيرة ومشغلات محرك الضاغط وصمامات القطع العازلة. ويوضح الرسم التوضيحي (٢) رسما بيانيا مبسطا لحلقة التحكم الهوائية وتتم مراقبة وضع المعالجة مثل مستوى السائل في وعاء الفصل من خلال كرة عائمة ترتبط ميكانيكيا بجهاز ضبط مستوى السائل خارج الوعاء. يعمل الارتفاع أو الانخفاض في مستوى السائل على تحريك الكرة العائمة إلى أعلى أو إلى أسفل وينتقل ذلك إلى الصمامات الإبرية الصغيرة داخل جهاز التحكم. يتم توجيه غاز الإمداد الهوائي نحو مشغل الصمام عن طريق الصمام الإبري الذي يضغط على إحدى الفوهات أو يتم تسريب الغاز من مشغل الصمام. يعمل ضغط الغاز المتزايد على مشغل الصمام على دفع القرص الذي يرتبط بغطاء الصمام عن طريق قضيب ويؤدي ذلك إلى فتح غطاء الصمام وزيادة تدفق السائل من وعاء الفصل. يسمح ضغط الغاز الخارج من مشغل الصمام للياي بدفع غطاء الصمام المغلق.

الخلفية الفنية

تبدأ برامج الفحص والصيانة الموجهة بمسح أساسي شامل يتم فيه فحص عناصر المعدات من أجل تحديد العناصر التي تعاني من التسريب. يتم قياس معدلات الانبعاثات الكلية من العناصر التي تعاني من التسريب ثم يتم تقدير تكاليف الإصلاح وحساب فترة عائد الإصلاح لكل تسريب. يتم آنذاك استخدام كل من البيانات الخاصة بتكلفة التسريب والإصلاح والتي يتم الحصول عليها من المسح الأساسي كإرشاد للمسوحات اللاحقة، كما يسمح للمشغلين بالتركيز على العناصر التي تعد أكثر احتمالية للتسريب والتي يكون إصلاحها مربحاً.

تصف الأقسام التالية العديد من تقنيات فحص وقياس التسريب التي يمكن استخدامها كجزء من برنامج الفحص والصيانة الموجه في محطات معالجة الغاز ومحطات التعزيز.

تقنيات فحص التسريب

يمكن أن يتضمن فحص التسريب في برنامج الفحص والصيانة الموجه جميع العناصر في المسح الأساسي الشامل أو قد يتم التركيز فيه بدلاً عن ذلك على عناصر محطة المعالجة التي تكون من المحتمل أن تقوم بتسريب الميثان بشكل كبير. يمكن استخدام العديد من تقنيات فحص التسريب.

- **فقاعات الصابون.** يعد الفحص باستخدام فقاعات الصابون طريقة يسيرة ومنخفضة التكلفة لفحص التسريبات. يتضمن الفحص باستخدام فقاعات الصابون نشر محلول الصابون على العناصر الصغيرة التي يمكن الوصول إليها مثل الوصيلة الملولبة، توصيلات خط الأنابيب، والسدادات وحواف الأنابيب. يعد الصابون فعالاً لتحديد التجهيزات والتوصيلات الرخوة التي يمكن تثبيتها في مكانها لمنع التسريب. وللفحص السريع لمدى إحكام الإصلاح، بوجه عام، تكون الكثير من مصادر انبعاثات الميثان التي يكون تحديدها وقياسها وإصلاحها فعال التكلفة أكبر من التسريبات الصغيرة التي يمكن اكتشافها عن طريق الصابون. ولكن، ولأن الفحص باستخدام الصابون يكون سريعاً وتكاد تكون تكلفته مهملة فإنه يمكن دمجه بسهولة مع إجراءات الصيانة الروتينية.
- **الفحص الالكتروني.** يعد الفحص الإليكتروني الذي يتم باستخدام مكشافات الغاز اليدوية أو أجهزة الاكتشاف عن طريق "الشم" طريقة أخرى سريعة وملائمة لاكتشاف التسريبات. وتكون لدى مكشافات الغاز الإليكترونية مجسات حفازة تم تصميمها لاكتشاف وجود غازات بعينها. وبناء على حساسية الجهاز، فإن اكتشاف التسريبات في المناطق ذات التركزات المحيطة المرتفعة من الغاز الهيدروكربوني قد يكون عسيراً. يمكن أن يتم استخدام مكشافات الغاز الإليكترونية على الفتحات الأكبر حجماً والتي لا يمكن فحصها باستخدام الصابون.
- **أجهزة تحليل البخار العضوي وأجهزة تحليل البخار السام.** تعد هذه الأجهزة مكشافات هيدروكربونية محمولة يمكن استخدامها لتقدير التسريبات. ويعد جهاز تحليل البخار العضوي مكشاف تأيين للهب ويصل تركيز المقاييس من الأبخرة العضوية إلى ما يزيد على ٩٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ جزء بالمليون. وأما جهاز تحليل البخار السام فهو جهاز يجمع بين كل من مكشاف تأيين اللهب ومكشاف التأيين الفوتوني ويمكنه قياس الأبخرة العضوية بتركيزات تتجاوز ١٠٠٠٠ جزء بالمليون. يوضح الرسم التوضيحي (١) جهاز تحليل نموذجي للبخار السام يتكون من مسبار ملحق بجهاز التحليل المحمول. يعمل كل من أجهزة تحليل البخار السام وأجهزة تحليل البخار العضوي على قياس تركيز الميثان في المنطقة المحيطة بالتسريب.

الدروس المستفادة

يتم الفحص عن طريق وضع مدخل المسبار في الفتحة التي قد يحدث بها التسريب. يتم ملاحظة قياسات التركز كلما تحرك المسبار ببطء عبر الوصلة البينية أو الفتحة حتى يتم الحصول على قراءة التركز الأقصى. يتم تسجيل الحد الأقصى من التركز كقيمة فحص التسريب. يعد الفحص باستخدام جهاز تحليل البخار السام بطيئاً إلى حد ما، حيث يتم فحص ٤٠ عنصراً في الساعة تقريباً، وتحتاج الأجهزة إلى معايرة متكررة في المرافق الأكبر حجماً. عادة ما يتم استخدام أجهزة تحليل البخار السام لفحص تسريب المركبات العضوية المتطايرة، ولذلك فإن هذه الأجهزة قد تكون متاحة لفحص تسريبات الميثان.

- يستعين الكشف السماعي للتسريب بأجهزة الفحص السماعية المحمولة التي تم تصميمها لاكتشاف الإشارة السماعية التي تصدر عند تسرب الغاز المضغوط من إحدى الفوهات. عندما ينتقل الغاز من بيئة ضغط مرتفع إلى بيئة ضغط منخفض عبر فتحة التسريب يصدر التدفق الشديد إشارة سماعية يتم اكتشافها من خلال كشاف و مسبار يدوي ويتم قراءتها كزيادات في الشدة على العداد. ورغم أن المكشافات السماعية لا تعمل على قياس معدلات التسريب، فإنها تقدم توضيحاً نسبياً لحجم التسريب- تعادل الشدة المرتفعة أو الإشارة العالية معدل تسريب كبير. هذا وقد تم تصميم أجهزة الفحص السماعي من أجل اكتشاف الإشارات ذات التردد المرتفع أو المنخفض.

الرسم التوضيحي (١): محلل البخار السام

المصدر: شركة انفايرومينتال انستريومينتس

يعد أفضل تطبيق للكشف السماعي عالي التردد في البيئات المفعمة بالضجيج حيث يمكن أن يصل الكشاف اليدوي إلى العناصر التي تعاني من التسريب. وكما هو موضح في الرسم التوضيحي (٢)، فإن الكشاف السماعي يتم وضعه مباشرة على فوهة الجهاز من أجل اكتشاف الإشارة. تعد الكشافات السماعية ذات فائدة خاصة فيما يتعلق باكتشاف الصمامات التي تعاني من التسريب حيث لا يمكن التوصل إلى الفتحة المباشرة مثل صمامات التفوير وأجهزة تصريف الضغط المتصلة ومكادس التصريف. وبدلا عن ذلك فإن طريقة *كشف التسريب فائقة الصوت* تعد إحدى الطرق التي تقوم باكتشاف الإشارات فائقة الصوت المحمولة جواً في معدل التردد الذي يتراوح بين ٢٠ و١٠٠ كيلوهرتز. لقد تم تزويد المكشافات فائقة الصوت بمسبار سماعي يدوي يتم توجيهه من على بعد إلى مصدر التسريب المحتمل. يعتمد المكشاف فائق الصوت على الاتجاه ومن خلاله تكون هناك إمكانية لتحديد موقع التسريبات من مسافة تصل إلى ١٠٠ قدم. ورغم أن الكشف فائق الصوت قد يكون حساساً فإن هذه التقنية تعد ذات فائدة في تحديد تسريبات الغاز من عناصر المعدات التي يمكن الوصول إليها.

الرسم التوضيحي (٢): الكشف السماعي للتسريب

المصدر: شركة فيزيكال أكوستكس

تقنيات قياس التسريب

من بين العناصر الهامة لبرنامج الفحص والصيانة الموجه قياس معدل الانبعاثات الإجمالي أو حجم تسريب التسريبات المحددة وذلك من أجل تخصيص القوة العاملة والموارد على قدر حاجة التسريبات لكي يكون الإصلاح فعالاً للتكلفة. عادة يتم استخدام أربع تقنيات للقياس:

- **أجهزة تحليل البخار السام.** يمكن استخدام هذه الأجهزة لتقدير معدل التسريب الإجمالي. يتم تحويل قياسات التركز بالجزء لكل مليون إلى تقديرات الانبعاثات الكلية عن طريق معادلات الترابط. من بين العوائق الرئيسية أمام قياس أجهزة تحليل البخار السام لتسريب الميثان هو أن معادلات الترابط لا ترتبط بالموقع. لقد تم توضيح معدلات التسريب الكلية التي تنبأت بها معادلات الترابط الخاصة بتحليل البخار السام العام وذلك من الانحراف من معدلات الترسيب الفعلية بقدر ثلاثة أو أربع ترتيبات للمقدار وبالمثل فقد توصلت إحدى الدراسات التي أجراها شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي وهيئة الحماية البيئية ومعهد أبحاث الغاز (حاليا معهد تكنولوجيا الغاز) وجمعية الغاز الأمريكية إلى كون نقاط التركز التي تم قياسها أو صمامات "القفل" على سبيل المثال ١٠٠٠٠ جزء بالمليون أو ١٠٠٠٠٠ جزء بالمليون تعد غير فعالة لتحديد تسريبات الميثان التي يعد إصلاحها فعالاً للتكلفة. ولأن استخدام معادلات الترابط الخاصة بجهاز تحليل البخار السام يمكنه زيادة عدم دقة القياس فإن تطوير واستخدام معادلات الترابط ذات الصلة بالموقع سوف يكون أكثر فعالية لتحديد معدلات التسريب الفعلية.
- يعد استخدام **تقنيات التكييس** شائعاً لقياس الانبعاثات الكلية من تسريبات المعدات. يتم وضع العنصر الذي يعاني من التسريب أو فتحة التسريب في "كيس" أو سدادة منتفخة. يتم نقل الغاز الحامل النادر مثل النيتروجين عبر الكيس بمعدل تدفق محدد. بمجرد أن يحصل الغاز الحامل على التوازن، يتم الحصول على عينة من الغاز من الكيس وقياس تركز الميثان في العينة. يتم حساب معدل الانبعاثات الكلية من تركز الميثان المقاس إلى معدل تدفق الغاز الحامل. يعد قياس معدل التسريب باستخدام تقنيات التكييس دقيقاً تماماً (خلال +١٠ إلى ١٥%) لكنه يكون بطيئاً حيث يتم أخذ عينتان أو ثلاث عينات فقط في الساعة). ورغم كون تقنيات التكييس ذات فائدة للقياس المباشر للتسريبات الأكبر حجماً، لكنها قد لا تكون ممكنة لعناصر الأجهزة التي لا يمكن الوصول إليها أو التي يعد تشكيلها غير معتاد أو التي يعد حجمها كبيراً جداً.

الدروس المستفادة

★ تعمل **أجهزة اختبار العينات ذات الحجم الكبير** على الإمساك بجميع الانبعاثات من العنصر الذي يعاني من التسريب وذلك من أجل تقدير معدلات الانبعاثات الناتجة عن التسريب. يوضح الرسم التوضيحي (٣) قياس الميثان الذي يتسرب إلى الهواء باستخدام جهاز اختبار العينات ذا الحجم الكبير. يتم سحب الانبعاثات الناتجة عن التسريب إضافة إلى عينة ذات حجم كبير من الهواء الكائن حول العنصر الذي يعاني من التسريب إلى داخل الجهاز من خلال خرطوم أخذ العينات الخوائي. تم تزويد أجهزة اختبار العينات ذات الحجم الكبير بمكشافات هيدركربونية مزدوجة تعمل على قياس تركز غاز الهيدروكربون في العينة التي تم استخراجها إضافة إلى تركز غاز الهيدروكربون المحيط. يتم تصحيح قياسات العينة بالنسبة لتركز الهيدروكربون المحيط ويتم حساب معدل التسريب الكلي عن طريق ضرب معدل تدفق العينة التي تم قياسها في الفرق بين تركز الغاز المحيط وتركز الغاز في العينة التي يتم قياسها. يتم الحصول على انبعاثات الميثان عن طريق معايرة مكشافات الهيدروكربون لمعدل تركزات الميثان في الهواء.

الرسم التوضيحي (٣): قياس التسريب باستخدام أجهزة اختبار العينات ذات الحجم الكبير

المصدر: مجلة البترول والغاز، ٢١ يونيو ٢٠٠١

هذا وقد تم تزويد أجهزة اختبار العينات ذات الحجم الكبير بملحقات خاصة تم تصميمها لضمان الإمساك التام بالانبعاثات ومنع التدخل من مصادر الانبعاثات القريبة الأخرى. تعمل أجهزة اختبار العينات ذات الحجم الكبير على قياس معدلات التسريب بنحو يصل إلى ٨ قدم مكعب في الدقيقة (قدم مكعب قياسي في الدقيقة) ذلك المعدل المكافئ لـ١١,٥ ألف قدم مكعب (ألف قدم مكعب) في اليوم. يجب أن يتم قياس معدلات التسريب التي تزيد على ٨ قدم مكعب قياسي في الدقيقة باستخدام تقنيات التكييس أو عدادات التدفق. يمكن أن يقوم اثنين من المشغلين بقياس ٣٠ عنصر في الساعة باستخدام جهاز اختبار العينات ذا الحجم الكبير مقارنة بقياسين إلى ثلاث قياسات في الساعة باستخدام تقنيات التكييس.

★ يتم استخدام **مقاييس الجريان الدوارة** ومقاييس التدفق الأخرى من أجل قياس التسريبات الكبرى للغاية التي قد تسحق الأجهزة الأخرى. تعمل عدادات التدفق على نقل تدفق الغاز من مصدر التسريب عبر أنبوب مدرج. يعمل التدفق على رفع "ثقل عائم" داخل الأنبوب مما يوضح معدل التسريب ونتيجة لكون مقاييس الجريان الدوارة ضخمة، تعمل هذه الأجهزة بأفضل حال مع الخطوط ذات النهايات المفتوحة وموانع تسريب الضاغط حيث يمكن نقل كامل التدفق عبر العداد. يمكن أن تعمل مقاييس الجريان الدوارة وأجهزة قياس التدفق الأخرى على إتمام المسوحات باستخدام أجهزة تحليل البخار السام وتقنيات التكييس أو أجهزة اختبار العينات ذات الحجم المرتفع.

يلخص الرسم التوضيحي ٤ تطبيق واستخدام وفعالية تقنيات فحص وقياس التسريب السابقة إضافة إلى تكلفتها التقريبية.

الرسم التوضيحي٤: تقنيات الفحص والقياس

الجهاز/ التقنية	التطبيق والاستخدام	الفعالية	التكلفة الرأسمالية التقريبية
محلول الصابون	المصادر ذات النقاط الصغيرة مثل الموصلات	فحص فقط	أقل من ١٠٠ دولار
مكشافات الغاز الإليكترونية	حواف الأنابيب، الفتحات، الفجوات الكبرى والخطوط ذات النهايات المفتوحة	فحص فقط	أقل من ١٠٠ دولار
المكشافات السماعية/ المكشافات فوق الصوتية	جميع العناصر، التسريبات الأكبر حجماً والغاز المضغوط والعناصر التي لا يمكن الوصول إليها	فحص فقط	من ١٠٠٠ دولار إلى ٢٠٠٠٠ دولار (بناء على حساسية الجهاز وحجمه والجهاز المرتبط به)
جهاز تحليل البخار السام (مكشاف تأيين اللهب)	جميع العناصر	يعد الأفضل للفحص فقط. يتطلب القياس معادلات ارتباط خاصة بالموقع	أقل من ١٠,٠٠٠ (بناء على حساسية/ حجم الجهاز)
التكييس	العناصر التي يمكن الوصول إليها	القياس فقط، مستهلكة للوقت	أقل من ١٠٠٠٠ دولار (بناء على تكلفة تحليل العينة
جهاز اختبار العينات ذا الحجم الكبير	العناصر التي يمكن الوصول إليها (معدل التسريب < ١١,٥ ألف قدم مكعب)	الفحص والقياس	> ١٠٠٠٠ دولار
مقياس الجريان الدوار	التسريبات الكبيرة جداً	القياس فقط	أقل من ١٠٠٠٠ دولار

الدروس المستفادة

عملية اتخاذ القرار

يتم إجراء برنامج الفحص والصيانة الموجه في أربع خطوات: (١) قم بإجراء المسح الأساسي، (٢) قم بتسجيل النتائج وتحديد المرشحات للإصلاح فعال التكلفة، (٣) قم بتحليل البيانات وإجراء الإصلاحات وتقدير مدخرات الميثان و(٤) قم بوضع خطة مسحية للفحوصات المستقبلية ومتابعة الجهاز الذي يعاني من التسريب.

الخطوة (١): قم بإجراء المسح الأساسي. عادة ما يبدأ برنامج الفحص والصيانة الموجه بالفحص الأساسي وذلك من أجل تحديد العناصر التي تعاني من التسريب. عند تحديد العناصر التي تعاني من التسريب، يتم الحصول على قياسات معدل التسريب الدقيق باستخدام تقنيات التكييس أو جهاز اختبار العينات ذات الحجم الكبير أو مسوحات جهاز تحليل البخار السام ذات ارتباطات التركز الخاصة بالموقع. لقد توصل الشركاء إلى كون قياس التسريب باستخدام جهاز اختبار العينات ذا الحجم الكبير يعد فعالاً للتكلفة وسريعاً ودقيقاً.

قبل إجراء المسح الأساسي، قد لا يكون لدى المشغلين إحصاءات دقيقة عن عناصر المعدات الخاصة بهم. تم ذكر التقديرات الأولية لعناصر المعدات أقل من إحصائيات العناصر الفعلية التي تم التوصل إليها خلال المسح الأساسي بنحو ٤٠%. يعتمد عدد عناصر المعدات على حجم وتعقيد المرفق. توصل فحص التسريب الأساسي الذي قام بإجرائه هيئة الحماية البيئية ومعهد أبحاث الغاز على أربع محطات لمعالجة الغاز إلى أن إحصاءات العناصر الفعلية تراوحت من ١٤٢٠٠ عنصراً تقريبا في أصغر مرفق إلى أكثر من ٥٦٤٠٠ عنصراً في أكبر مرفق تم إجراء المسح عليه.

تكون تكلفة الفحص الأساسي التام باستخدام جهاز اختبار العينات ذا الحجم الكبير ١,٠٠ دولار تقريبا لكل عنصر أو ما يقرب من ١٥٠٠٠ دولار إلى ٢٠٠٠٠ دولار لمحطة الغاز ذات الحجم المتوسط (٢٠٠٠ دولار). وقد توصل الشركاء إلى كون تكلفة مسوحات المتابعة في برنامج الفحص والصيانة الموجه تعادل ٢٥% أو ٤٠% أقل من المسح الأولي. تركز المسوحات اللاحقة على العناصر التي يكون من المحتمل أن تعاني من التسريب والتي يكون إصلاحها فعالاً للتكلفة. بالنسبة لبعض عناصر محطة الغاز يمكن أن يتم تحقيق فحص وقياس التسريب بأفضل طريقة خلال برنامج الفحص والصيانة الموجه. بالنسبة للعناصر الأخرى، يمكن دمج فحص التسريب البسيط والسريع بشكل مستمر في إجراءات التشغيل والصيانة الروتينية المستمرة. يقوم بعض المشغلين بتدريب فريق الصيانة على إجراء المسوحات الخاصة بالتسريب بينما يقوم آخرون بالاستعانة باستشاريين خارجيين لإجراء المسح الأساسي.

القاعدة القائمة على التجربة

تكلفة المسح الأساسي الأولى= ١,٠٠ دولار لكل عنصر

الخطوة (٢): قم بتسجيل النتائج وتحديد المرشحات للإصلاح. يجب أن يتم تقييم قياسات التسريب التي تم الحصول عليها في الخطوة (١) من أجل تحديد العناصر التي تعاني من التسريب في المحطة والتي يكون إصلاحها فعالاً للتكلفة. يتم وضع الأولويات للتسريبات عن طريق مقارنة قيمة خسارة الغاز الطبيعي مع التكلفة المقدرة للأجزاء والعمالة وتعطل المعدات لإصلاح التسريب. يمكن إجراء بعض الإصلاحات في مكانها عن طريق إحكام الوصلة بكل بساطة لكن هناك إصلاحات أخرى أكثر تعقيداً وتتطلب وقف المعدات أو أجزاء جديدة. بالنسبة لهذه الإصلاحات يمكن أن يختار المشغلون إضافة علامات تحيد بحيث يمكن إصلاح التسريب مؤخراً، إذا تطلبت ذلك تكاليف الإصلاح. يمكن أن تتواجد بعض التسريبات الكبرى في المعدات التي تخضع للصيانة الروتينية ذات المواعيد المحددة وفي هذه الحالة يجب تقديم موعد الصيانة من أجل إصلاح التسريب دون تكلفة إضافية.

خطوات اتخاذ القرار لتطبيق برنامج الفحص والصيانة الموجه

١. قم بإجراء المسح الأساسي.
٢. قم بتسجيل النتائج وتحديد المرشحات للإصلاح.
٣. قم بتحليل البيانات وتقدير المدخرات.
٤. قم بوضع خطة مسحية لبرنامج الفحص والصيانة المستقبلي.

عند تحديد التسريبات وقياسها، يجب أن يقوم المشغلون بتسجيل بيانات التسريب الأساسية بحيث تستطيع المسوحات المستقبلية التركيز على أكثر عناصر التسريب أهمية. يجب إنجاز الإصلاحات اليسيرة في مكانها بمجرد التوصل إلى وجود التسريبات. يمكن وضع علامات على التسريبات الأخرى للاهتمام بها فيما بعد. يمكن تتبع نتائج مسح الفحص والصيانة الموجه باستخدام أي طريقة أو صيغة ملائمة. تتضمن المعلومات التي قد يختار مشغلوا المحطة جمعها:

- محدد العنصر الذي يعاني من التسريب.
- نوع العنصر (على سبيل المثال صمام تفوير الخط ذا النهاية المفتوحة ٣ بوصة).
- معدل التسريب الذي تم قياسه.
- تاريخ المسح.
- خسارة الغاز السنوية المقدرة.
- تكلفة الإصلاح المقدرة.

الدروس المستفادة

سوف تعمل هذه المعلومات على توجيه مسوحات الانبعاثات اللاحقة ووضع الأولويات للإصلاحات المستقبلية وتعقب مدخرات الميثان وفاعلية التكلفة الخاصة ببرنامج الفحص والصيانة الموجه.

توصلت المسوحات الأساسية التي تم إجراءها على ما يزيد على ١٠٠٠٠٠ عنصر من عناصر المعدات في أربع محطات للشركاء لمعالجة الغاز أن ٣% من عناصر المعدات كانت تعاني من التسريب. بيد أن هذه العناصر التي تعاني من التسريب ساهمت في ٨٢% من إجمالي انبعاثات الميثان من المحطات الأربع بإجمالي يزيد على ٢٦٥ مليون قدم مكعب في العام. وقد أوضحت النتائج أن العناصر التي كانت تتعرض للاهتزاز أو الاستخدام المرتفع أو دورات الحرارة المرتفعة تعد أكثر عرضة للتسريب.

يوضح الرسم التوضيحي (٥) معدل انبعاثات الميثان التي تم قياسها من عناصر معدات إحدى محطات الغاز التي تعاني من التسريب إضافة إلى متوسط تكاليف إصلاح التسريب للعديد من العناصر. يمكن استخدام الرسم التوضيحي (٥) من أجل تحديد تسريبات معدات المحطة التي يعد اكتشافها وإصلاحها فعالاً للتكلفة. على سبيل المثال، يمكن أن ترتبط الكثير من التسريبات الأكبر حجماً بالضواغط، لكن هذه التسريبات تعد الأكثر تكلفة في إصلاحها. وعلى الجانب الآخر، فإن إصلاح الموصلات التي تعاني من التسريب يعد غير باهظ الثمن. يوضح الرسم التوضيحي (٥) أن عناصر المعدات الأخرى مثل حواف الأنابيب والصمامات والخطوط ذات النهايات المفتوحة قد تقدم فرصاً فعالة التكلفة لتقليل الانبعاثات قصيرة الأجل.

الخطوة (٣): قم بتحليل البيانات وتقدير المدخرات. يمكن تحديد ما إذا كان إصلاح التسريب فعالاً للتكلفة أم لا عن طريق مقارنة تكلفة الإصلاح المقدرة بمعدل التسريب المقدر. يعد الإصلاح فعال التكلفة جزءاً هاما من برنامج الفحص والصيانة الناجح حيث يتم تحقيق أكبر المدخرات عن طريق استهداف هذه التسريبات التي يعد إصلاحها مربحاً.

الرسم التوضيحي ٥: عوامل انبعاثات الميثان المتوسطة ومتوسط تكاليف الإصلاح لبعض العناصر المختارة من محطة معالجة الغاز

وصف العنصر	الضاغط في محطة الغاز (ألف قدم مكعب/ عام/ عنصر)	الضاغط الترددي (ألف قدم مكعب/ عام/ عنصر)	ضاغط الطرد المركزي (ألف قدم مكعب/ عام/ عنصر)	متوسط تكلفة الإصلاح / دولار
خط النهاية المفتوحة لتفوير الضاغط	—	١٤١٧	٢٨٨٧	٥٠٠٠ دولار
مشغل خط النهاية المفتوحة	—	١٣٤١	١٣٤١	—
خط النهاية المفتوحة للتفوير بالموقع	٧٤٢	—	—	٤٥ دولار
خطوط النهاية المفتوحة الأخرى	٤٣	—	—	٦٥ دولار
مانع تسريب الضاغط	—	١٤٤٠	٤٨٥	٢٠٠٠ دولار
صمام		—	—	١٣٠ دولار
صمام تصريف الضغط			—	١٥٠ دولار
غطاء الصمام الاسطواني، صمام الوقود.	—	١٢٧	٦٣,٤	١٢٥ دولار
الوصلة	٦,٧	—	—	٢٥ دولار
حافة الأنبوب	٨٨,٢	٨٩,٧	١١٥	١٥٠ دولار

المصدر: يمثل عامل انبعاثات الميثان وسطاً مربحاً من الانبعاثات المقدرة قصيرة الأجل التي تم ذكرها في دراستين: دراسة هيئة الحماية البيئية الأمريكية ومعهد أبحاث الغاز (حاليا معهد تكنولوجيا الغاز) ودراسة شركة راديان انترناشيونال، ١٩٩٦ *(انبعاثات الميثان من صناعة الغاز الطبيعي، عدد (٨): تسريبات المعدات)* ودراسة معهد تكنولوجيا الغاز شركة كليرستون انجينيرينج ٢٠٠٢ *"تحديد وتقييم فرص تقليل خسائر الميثان في أربع محطات معالجة*. تم تقديم البيانات الخاصة بتكلفة الإصلاح حسب سعر الدولار عام ٢٠٠٠ من دراسة معهد تكنولوجيا الغاز/ شركة كليرستون.

ملحوظة: يتم تعديل عوامل انبعاثات الميثان من أجل حساب نسبة متوسط حجم الميثان في الغاز الطبيعي والتي تعادل ٨٧% وبالمثل، فإن عوامل الانبعاثات يتم تعديلها أيضا بحيث تمثل ١١% من الضواغط الموجهة للهب، إضافة إلى مجموعة من الضواغط التي لا تستخدم مشغلات الغاز الطبيعي.

الدروس المستفادة

توصل أحد المسوحات الذي تم إجراءه على تسريبات المعدات وتكاليف الإصلاح المقدرة على أربع محطات للغاز أنه من أجل الحصول على العائد خلال ستة أشهر أو أقل، كان إصلاح ٧٨% من العناصر التي تعاني من التسريب فعالاً للتكلفة. وبالإضافة إلى ذلك فقد تم التوصل إلى كون ٩٢% من إصلاحات التسريبات تحقق عائداً في أقل من عام وأن ٩٤,٥% من التسريبات كانت تحقق عائداً في أقل من ٤ سنوات.

يقدم الرسم التوضيحي (٦) مثالاً على مدخرات الغاز التي يمكن تحقيقها عن طريق إصلاح ١٠ تسريبات كبرى في محطة غاز واحدة، يوضح هذا الرسم التوضيحي الحساب المباشر الذي ينبغي إجراءه لكل تسريب يتم قياسه وذلك من أجل تحديد التسريبات التي يعد إصلاحها فعالاً للتكلفة.

الرسم التوضيحي ٦: مثال على مدخرات الغاز الطبيعي الناتجة عن إصلاح أكبر عشر تسريبات في إحدى محطات معالجة الغاز

وصف العنصر	مدخرات الغاز (ألف قدم مكعب/ عام)	قيمة الغاز بمعدل ٣,٠٠٠ دولار/ ألف قدم مكعب (دولار/ عام)	تكلفة الإصلاح (دولار)	فترة العائد
صمام القفل (تسريب من قاع الصمام)	٤٢١٤	١٢٦٤٢ دولار	٢٠٠ دولار	٥-٦ أيام
وصيلة على خط غاز الوقود	٤٠٥٢	١٢١٥٦ دولار	١٠٠ دولار	٣-٤ أيام
وصلة ملولبة	٣٤٨٢	١٠٤٤٦ دولار	١٠ دولار	فوري
صمام القفل على خط اللهب	٣٠٣٠	٩٠٩٠ دولار	٢٠٠ دولار	٨ أيام
المنظم	٢٥٧٢	٧٧١٦ دولار	٢٠٠ دولار	١٠ أيام
جزء المسافة على اسطوانة إعادة الضغط	٢٥٥٠	٧٦٥٠ دولار	٢٠٠٠ دولار	٣ شهور
خط النهاية المفتوحة	٢٣٢٠	٦٩٦٠ دولار	٦٠ دولار	٣-٤ أيام
وصيلة على خط غاز الوقود	٢٢٠٤	٦٦١٢ دولار	١٠٠ دولار	٥-٦ أيام
موانع تسريب الضاغط	١٩٢٨	٥٧٨٤ دولار	٢٠٠٠ دولار	٤ شهور
الصمام البوابي	١٥٧٦	٤٧٢٨ دولار	٦٠ دولار	٤-٥ أيام
الإجمالي:	**٢٧٩٢٨ دولار**	**٨٣٧٨٤ دولار**	**٤٩٣٠ دولار**	**٢١ يوم**

توصل شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي إلى أنه من بين الطرق الفعالة لتحليل نتائج المسح الأساسي عمل جدول يتضمن جميع التسريبات مع تكلفة الإصلاح المرتبطة ومدخرات الغاز المتوقعة وعمر الاستخدام المتوقع للإصلاح. وباستخدام هذه المعلومات، يمكن حساب المعايير الاقتصادية مثل صافي القيمة الحالية أو فترة العائد بسهولة لكل إصلاح. يمكن أن يقوم الشركاء آنذاك باتخاذ القرار بشأن العناصر التي تعاني من التسريب والتي يكون إصلاحها اقتصادياً.

يوضح كل من الرسم التوضيحي (٧) والرسم التوضيحي (٨) نوع التحليل الذي يمكن إنجازه لتحديد الربحية ذات الصلة لبرنامج الفحص والصيانة الموجه لأنواع مختارة من عناصر الغاز. تعتمد بيانات التكاليف وإحصاءات العناصر ومتوسط معدل الانبعاثات على البيانات التي تم الحصول عليها من الدراسة الارتيادية لبرنامج الفحص والصيانة الموجه على أربع محطات لمعالجة الغاز.

يوضح الرسم التوضيحي (٧) أساس التكلفة الخاص بالمسح الأساسي وإصلاح الموصلات التي تعاني من التسريب وصمامات تصريف الضغط والخطوط ذات النهايات المفتوحة والصمامات الأخرى. يستخدم الرسم التوضيحي (٨) أساسيات التكلفة الموضحة في الرسم التوضيحي (٧) للحصول على تحليل اقتصادي لبرنامج الفحص والصيانة الموجه لعناصر المعدات المختارة.

الدروس المستفادة

الرسم التوضيحي ٧: أساس التكلفة الخاص بتحليل التدفق النقدي لبرنامج الفحص و الصيانة الموجه لعناصر محطة معالجة الغاز المختارة							
نوع العنصر		عدد العناصر لكل محطة من محطات الغاز	تكلفة المسح المقدرة	بافتراض معدل تسريب ٣%	تكلفة الإصلاح المقدرة (دولار/ عنصر)	إجمالي تكلفة الإصلاح	إجمالي تكلفة الاكتشاف والإصلاح
الموصلات	المرتبطة بالضاغط	٢١٣٥	٢١٣٥ دولار	٦٤	٥ دولار	٣٢٠ دولار	٢٤٥٥ دولار
	غير المرتبطة بالضاغط	٧٦٦٤	٧٦٦٤ دولار	٢٣٠	— دولار	٠ دولار	٧٦٦٤ دولار
	إجمالي الموصلات	٩٧٩٩	٩٧٩٩ دولار	٢٩٤			١٠١١٩ دولار
صمام تصريف الضغط	المرتبط بالضاغط	١٣	١٣ دولار	١	١٥٠ دولار	١٥٠ دولار	١٦٣ دولار
	غير المرتبط بالضاغط	٤٨	٤٨ دولار	١	١٥٠ دولار	١٥٠ دولار	١٩٨ دولار
	إجمالي صمامات تصريف الضغط	٦١	٦١ دولار	٢			٣٦١ دولار
الخط ذا النهاية المفتوحة	الخط ذا النهاية المفتوحة لتفوير الضاغط	١٥	١٥ دولار	١	٥٠٠٠ دولار	٥٠٠٠ دولار	٥٠١٥ دولار
	الخط ذا النهاية المفتوحة لمشغل الضاغط	١٥	١٥ دولار	١	١٠٠٠ دولار	١٠٠٠ دولار	١٠١٥ دولار
	الخط ذا النهاية المفتوحة الخاص بالتفوير في الموقع	١	١ دولار	١	٧٥ دولار	٧٥ دولار	٧٦ دولار
	الخط الآخر ذا النهاية المفتوحة- لا يتعلق بالضاغط	١٧١	١٧١ دولار	٥	٦٥ دولار	٣٢٥ دولار	٤٩٦ دولار
	إجمالي الخطوط ذات النهاية المفتوحة	٢٠٢	٢٠٢ دولار	٨			٦٦٠٢ دولار
صمامات أخرى	مرتبطة بالضاغط	٣٠٩	٣٠٩ دولار	٩	١٧٥ دولار	١٥٧٥ دولار	١٨٨٤ دولار
	غير مرتبطة بالضاغط	١٨٢٥	١٨٢٥ دولار	٥٥	١٣٠ دولار	٧١٥٠ دولار	٨٩٧٥ دولار
	إجمالي الصمامات	٢١٣٤	٢١٣٤ دولار	٦٤			١٠٨٥٩ دولار
الافتراضات: إحصائيات بيانات التكلفة والعناصر من دراسة معهد تكنولوجيا الغاز كليرستون ٢٠٠٠. تفترض تكلفة الوصلة غير المرتبطة بالضاغط أن الإصلاح يتم في المكان عن طريق إحكام الوصلة.							

يوضح الرسم التوضيحي (٨) أن برنامج الفحص والصيانة الموجه يعد أكثر فعالية للتكلفة بالنسبة للعناصر مثل الخطوط ذات النهايات المفتوحة وصمامات تصريف الضغط ذات الصلة بالضاغط. يعد تحديد هذه العناصر وفحصها وقياسها يسيرا نسبياً ويمكن من خلالها تحقيق مدخرات كبيرة في الغاز. يمكن أن يكون إصلاح الوصلات المرتبطة وغير المرتبطة بالضاغط فعالاً للتكلفة أيضا. لكن الفائدة الاقتصادية من هذه العناصر قد تتم إعاقتها نتيجة لمعدلات التسريب المتوسطة الصغرى وتكاليف الاكتشاف، والإصلاح المرتفعة مع عدد أكبر من الوصلات. تصل المزايا الاقتصادية إلى الحد الأقصى عند إمكانية إجراء الإصلاحات في مكان التسريب مثل إحكام التجهيزات الرخوة. وبالنسبة للصمامات الأخرى. فإن مزايا برنامج الفحص والصيانة الموجه تعتمد على حجم التسريب ومدخرات الغاز المحتملة وتكلفة الإصلاح. يوضح الرسم التوضيحي (٨) أن برنامج الفحص والصيانة الموجه يعد فعالاً للتكلفة بالنسبة للصمامات التي تعاني من التسريب ذات الصلة بالضواغط لكنه قد يكون غير اقتصادي للصمامات الأخرى مع معدلات التسريب المتوسطة الأكثر صغراً، إلا إذا تم دمج المسح الذي يتم إجراءه على التسريب والإصلاحات في إجراءات الصيانة الروتينية.

الدروس المستفادة

الرسم التوضيحي ٨: مثال على التحليل الاقتصادي لبرنامج الفحص والصيانة الموجه على عناصر إحدى محطات معالجة الغاز المختارة

نوع العنصر		التكلفة الإجمالية للاكتشاف	مدخرات الغاز (ألف قدم مكعب/ عنصر/ عام)	إجمالي مدخرات الغاز السنوية (ألف قدم مكعب)	قيمة مدخرات الغاز السنوية (٣ دولارات ألف قدم مكعب)	التدفق النقدي العام الأول	التدفق النقدي العام الثاني	صافي القيمة الحالية	فترة العائد (سنوات)
الموصلات	المرتبطة بالضاغط	٢٤٥٥ دولار	٦,٧	٤٢٩	١٢٨٧ دولار	(١١٦٨ دولار)	١٢٨٧ دولار	٢	١,٩
	غير المرتبطة بالضاغط	٧٦٦٤ دولار	٦,٧	١٥٤٠	٤٦٢١ دولار	(٣٠٤٣ دولار)	٤٦٢١ دولار	١٠٥٣ دولار	١,٦
	إجمالي الموصلات	١٠١١٩ دولار	٦,٧	١٩٧٠	٥٩٠٩ دولار	(٤٢١٠ دولار)	٥٩٠٩ دولار	١٠٥٦ دولار	١,٧
صمام تصريف الضغط	المرتبط بالضاغط	١٦٣ دولار	٣٠٨	٣٠٨	٩٢٤ دولار	٧٦١ دولار	٩٢٤ دولار	١٤٥٥ دولار	٠,٢
	غير المرتبط بالضاغط	١٩٨ دولار	٣,٩	٤	١٢ دولار	(١٨٦ دولار)	١٢ دولار	(١٦٠ دولار)	١٦,٩
	إجمالي صمامات تصريف الضغط	٣٦١ دولار		٣١٢	٩٣٦ دولار	٥٧٥ دولار	٩٣٦ دولار	١٢٩٦ دولار	٠,٤
الخط ذا النهاية المفتوحة	الخط ذا النهاية المفتوحة لتفوير الضاغط	٥٠١٥ دولار	٢١٥٢	٢١٥٢	٦٤٥٦ دولار	١٤٤١ دولار	٦٤٥٦ دولار	٦٦٤٦ دولار	٠,٨
	الخط ذا النهاية المفتوحة لمشغل الضاغط	١٠١٥ دولار	١٣٤١	١٣٤١	٤٠٢٣ دولار	٣٠٠٨ دولار	٤٠٢٣ دولار	٦٠٥٩ دولار	٠,٣
	الخط ذا النهاية المفتوحة الخاص بالتفوير في الموقع	٧٦ دولار	٧٤٢	٧٤٢	٢٢٢٦ دولار	٢١٥٠ دولار	٢٢٢٦ دولار	٣٧٩٤ دولار	٠,٣
	الخط الآخر ذا النهاية المفتوحة- لا يتعلق بالضاغط	٤٩٦ دولار	٤٣	٢١٥	٦٤٥ دولار	١٤٩ دولار	٦٤٥ دولار	٦٦٩ دولار	٠,٨
	إجمالي الخطوط ذات النهاية المفتوحة	٦٦٠٢ دولار		٤٤٥٠	١٣٣٥٠ دولار	٦٧٨٤ دولار	١٣٣٥٠ دولار	١٧١٦٨ دولار	٠,٥
صمامات أخرى	مرتبطة بالضاغط	١٨٨٤ دولار	٩٥	٨٥٥	٢٥٦٥ دولار	٦٨١ دولار	٢٥٦٥ دولار	٢٧٣٩ دولار	٠,٧
	غير مرتبطة بالضاغط	٨٩٧٥ دولار	٢٥	١٣٧٥	٤١٢٥ دولار	(٤٨٥٠ دولار)	٤١٢٥ دولار	(١٠٠٠ دولار)	٢,٢
	إجمالي الصمامات	١٠٨٥٩ دولار		٢٢٣٠	٦٦٩٠ دولار	(٤١٦٩ دولار)	٦٦٩٠ دولار	١٧٣٩ دولار	١,٦

الافتراضات: يفترض كون العمر المتوسط للإصلاح عامين. تمثل بيانات الانبعاثات انبعاثات العنصر ذا المتوسط المرجح من دراسة هيئة الحماية البيئية/ معهد أبحاث الغاز/ شركة راديان ودراسة معهد تكنولوجيا الغاز/ كليرستون. يعد معدل خصم صافي القيمة الحالية هو ١٠%.

الدروس المستفادة

الخطوة٤: قم بوضع خطة مسحية لبرنامج الفحص والصيانة الموجه المستقبلي. تعد الخطوة النهائية في برنامج الفحص والصيانة الموجه هي وضع خطة مسحية تستخدم نتائج المسح الأساسي الأولي لتوجيه ممارسات الفحص والصيانة المستقبلية. يجب أن تشتمل الخطة المسحية لبرنامج الفحص والصيانة الموجه على العناصر التالية:

- مجموعة من العناصر التي ينبغي أن يتم فحصها واختبارها إضافة إلى عناصر المعدات التي يمكن استبعادها من المسح.
- أدوات وإجراءات الفحص والقياس لجمع وتسجيل وإتاحة بيانات برنامج الفحص والصيانة الموجه.
- جدول لفحص وصيانة التسريب.
- الإرشادات الاقتصادية لإصلاح التسريب.
- نتائج وتحليل مجهودات الفحص والتحليل السابقة والتي سوف تعمل على توجيه مسح برنامج الفحص والصيانة الموجه التالي.

يجب أن يعمل المشغلون على وضع جدول لمسح برنامج الفحص والصيانة الموجه الذي يحقق أعلى مدخرات للميثان ذات فعالية التكلفة ويكون ملائماً أيضاً للخصائص والعمليات الخاصة بمرافقهم. يقوم بعض الشركاء بتحديد المسوحات باستخدام برنامج الفحص والصيانة الموجه بناء على العمر المتوقع للإصلاحات التي تم إجراءها خلال المسح السابق. ويبني الشركاء الآخرون تكرار متابعة المسوحات على دورات صيانة الشركة أو إتاحة الموارد. وطالما أن برنامج الفحص والصيانة مرناً، فإذا أوضحت المسوحات اللاحقة تسريبات كبرى متعددة أو متكررة، يمكن أن يقوم المشغل بزيادة تكرار مسوحات متابعة برنامج الفحص والصيانة الموجه. قد تركز مسوحات المتابعة على العناصر التي تم إصلاحها أثناء المسوحات السابقة أو فئات العناصر التي يتم تحديدها على أنها أكثر العناصر عرضة للتسريب. وعلى مدار الزمن، يمكن أن يستمر المشغلون في تعديل نطاق وتردد المسوحات عند ظهور التسريبات.

المدخرات المقدرة

سوف تتنوع مدخرات الغاز المحتملة الناتجة عن تطبيق برنامج الفحص والصيانة الموجه بناءً على عمر وحجم المرفق وعدد وأنواع العناصر التي يشتمل عليها برنامج الفحص والصيانة الموجه والخصائص التشغيلية للمرفق. لقد توصل شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي إلى كون المصروفات الأولية للمسح الأساسي سريعاً ما تتم استعادتها في مدخرات الغاز. فيما يلي مثالين على المدخرات المحتملة من برنامج الفحص والصيانة الموجه. يعد المثال الأول دراسة ارتيادية مشتركة لكل من هيئة الحماية البيئية ومعهد تكنولوجيا الغاز. وقد تم إجراء هذه الدراسة على أربع محطات للغاز. وأما الدراسة الثانية فهي دراسة أجراها شريك ستار (STAR) للغاز الطبيعي "دينيجي".

دراسة ارتيادية لبرنامج الفحص والصيانة الموجه على أربع محطات لمعالجة الغاز.

تم اختيار أربع محطات للغاز يشغلها أحد الشركاء لإجراء دراسة ارتيادية مشتركة بين هيئة الحماية البيئية ومعهد تكنولوجيا الغاز وتشتمل الدراسة على ممارسات الفحص والصيانة. لقد تراوح عمر المرافق بين ٢٠ و٥٠ عاماً. وكانت السعة الإنتاجية للمحطة تتراوح من ٦٠ مليون قدم مكعب إلى ١٢٠ مليون قدم مكعب. تم إجراء الفحص على التسريب عن طريق محلول الصابون ومكشافات غاز الهيدروكربون المحمولة. وقد تم وضع علامات على العناصر التي تعاني من التسريب وتم قياس معدلات التسريب باستخدام جهاز اختبار عينات الغاز ذا الحجم المرتفع، يوضح الرسم التوضيحي ٩ الحجم السنوي المقدر للغاز الطبيعي الذي يتم فقده كانبعاثات قصيرة الأجل والمدخرات المحتملة لهذه المحطات الأربع والتي تنتج عن تطبيق برنامج الفحص والصيانة الموجه. من بين النتائج الرئيسية للدراسة:

- تم تقدير تكلفة المسح الأساسي الأولي في كل محطة ارتيادية بنحو ١,٠٠ دولار لكل عنصر أو من ١٥٠٠٠ إلى ٢٠٠٠٠ دولار لكل محطة من محطات الغاز.
- ساهمت الصمامات والوصلات وموانع تسريب الضاغط والخطوط ذات النهايات المفتوحة في معظم انبعاثات الميثان قصيرة الأجل.
- ثم التوصل إلى كون أقل من ٣% من العناصر كانت تعاني من التسريب.
- من بين جميع التسريبات التي تم تحديدها في المحطات الفردية كان إصلاح من ٥٠ إلى ٩٦ منها فعالاً للتكلفة.
- تراوحت تكاليف الإصلاح من تكاليف مهملة إلى ٥٠٠٠ دولار بناء على نوع العنصر وطبيعة الإصلاح. تم تقدير عمر معظم الإصلاحات بعامين.

الدروس المستفادة

الرسم التوضيحي٩: المدخرات المحتملة المقدرة من برنامج الفحص والصيانة الموجه على أربع محطات من محطات معالجة الغاز، دراسة ارتيادية							
الموقع	الانبعاثات قصيرة الأجل للموقع (ألف قدم مكعب)	الحجم السنوي للغاز المفقود (ألف قدم مكعب/ عام	قيمة الغاز المفقود بمعدل ٣ دولار/ ألف قدم مكعب دولار/ عام	الإصلاح فعال التكلفة للإصلاحات	تكلفة المسح الأساسي دولار	إجمالي تكلفة الإصلاح دولار	صافي المدخرات ٣دولار/ ألف قدم مكعب (دولار/عام)
١	١٢٣	٤٤٨٩٥	١٣٤٦٨٥ دولار	%٩٠	١٦٠٥٠ دولار	٤٤٧٢٥ دولار	٦٠٤٤٢ دولار
٢	٢٠٧	٧٥٥٥٥	٢٢٦٦٦٥ دولار	%٩٥	١٤٤٢٤ دولار	٣٩٣٠٠ دولار	١٦١٦٠٨ دولار
٣	٣٥٢	١٢٨٤٨٠	٣٨٥٤٤٠ دولار	%٥٠	٥٦٤٦٣ دولار	٧٧٩٠٠ دولار	٥٨٣٥٧ دولار
٤	٢١١	٧٧٠١٤	٢٣١٠٤٥ دولار	%٩٦	١٤١٦٨ دولار	٤٣٤٥٠ دولار	١٦٤١٨٥ دولار
الإجمالي	٨٩٣	٣٢٥٩٤٥	٩٧٧٨٣٥ دولار	%٧٧	١٠١١٠٥ دولار	٢٠٥٣٧٥ دولار	٤٤٤٥٩٢ دولار

دراسة دينيجي

قامت شركة دينيجي، إحدى شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي بإجراء دراسة ارتيادية لبرنامج الفحص والصيانة الموجه على محطتين من محطات معالجة الغاز. تعد المحطتين كبيرتين (سعة إنتاجية للغاز أكبر من ٥٠ مليون قدم مكعب قياسي) وكان عمرهما ٣٥ عاماً تقريباً. تعالج إحدى هذه المحطات الغاز الحلو وتعالج الأخرى الغاز الحامضي. تم إجراء الفحص على التسريب باستخدام اختبارات فقاعات الصابون ومكشافات الهيدروكربون المحمولة ومكشاف فائق الصوت. تم إجراء قياس التسريب باستخدام جهاز اختبار العينات ذا الحجم الكبير وأجهزة التكييس ومقياس الجريان الدوار بالنسبة للمعدلات التي تجاوزت الحد الأقصى لجهاز اختبار العينات ذا الحجم المرتفع. بالنسبة لكل تسريب يتم تحديده، تم تحديد الفرص فعالة التكلفة لتخفيض انبعاثات الميثان عن طريق مقارنة تكلفة إصلاح أو استبدال المعدات مع قيمة الغاز الذي يمكن ادخاره في عام واحد. يلخص الرسم التوضيحي ١٠ نتائج هذه الدراسة.

الرسم التوضيحي١٠: تجربة أحد الشركاء- دراسة دينيجي الارتيادية على برنامج الفحص والصيانة الموجه	
تكلفة المسح الأساسي الأولى.	٣٥٠٠٠ دولار (١٥٠٠٠ دولار- ٢٠٠٠٠ دولار لكل محطة.
إجمالي العناصر التي تم إجراء المسح عليها في محطتين.	٣٠٢٠٨
إجمالي العناصر التي تعاني من التسريب.	١١٥٦ (٣,٨%)
% من العناصر التي تعاني من التسريب والتي تم إصلاحها.	٨٠% في أحد المرافق و٩٠% في الآخر.
إجمالي تخفيضات انبعاثات الميثان السنوية.	١٠٠٠٠ ألف قدم مكعب/ عام.
المدخرات السنوية (بمعدل ٣ دولار ألف قدم مكعب).	٣٠٠٠٠٠ دولار/ عام.
مسوحات المتابعة السنوية المخططة (بناء على العمر المتوقع لإصلاحات الجهاز.	مرة كل ثلاث سنوات

الدروس المستفادة

الدروس المستفادة

يعد برنامج الفحص والصيانة ممارسة إدارية مثبتة لتخفيض انبعاثات الميثان فعال التكلفة. يوضح التطبيق الأخير للبرنامج في أربع محطات لمعالجة الغاز يشغلها أحد الشركاء أن برامج الفحص والصيانة الموجهة يستطيع تخفيض انبعاثات الميثان من قطاع معالجة الغاز. تعد الدروس الرئيسية المستفادة من شركاء ستار للغاز الطبيعي هي:

- ★ يمكن استعادة تكاليف المسح الأساسي في مدخرات الغاز خلال العام الأول. يمكن تخفيض تكلفة المسوحات اللاحقة عن طريق تركيز مجهودات المسح على تلك العناصر التي تم تحديدها من خلال الدراسات السابقة على أنها أكثر احتمالية للتسريب.
- ★ يقدر الشركاء كون تكلفة مسوحات المتابعة سوف تكون أقل بنحو ٢٥ إلى ٤٠% حيث سوف تركز المسوحات اللاحقة على عناصر المعدات التي تعد أكثر احتمالات للتسريب والتي يكون إصلاحها مربحاً.
- ★ ليس هناك محطتان متشابهتان لمعالجة الغاز. وعليه سوف تتنوع فرص مدخرات الغاز فعالة التكلفة بشكل كبير بناء على عوامل مثل عمر وحجم المرفق وأنواع عناصر المحطة ووقت التشغيل منذ آخر صيانة رئيسية للمحطة.
- ★ يمكن استخدام مزيج من أجهزة الفحص والقياس من أجل الحصول على بيانات التسريب الدقيقة. ويعد جهاز اختبار العينات ذا الحجم الكبير أداة فعالة لتحديد وتقدير التسريبات.
- ★ يجب أن يستهدف برنامج الفحص والصيانة الموجه الفئات الخمس لعناصر المعدات التي تسهم في معظم خسائر الميثان: صمامات القفل، صمامات التحكم، الوصلات، موانع تسريب الضاغط، والخطوط ذات النهاية المفتوحة.
- ★ عند كون ذلك ممكناً، يكون على الشركاء إصلاح التسريبات الأكثر حدة أولاً. وعادة تكون بعض العناصر التي تعاني من التسريب هي المسئولة عن معظم انبعاثات الميثان قصيرة الأجل.
- ★ من الممكن أن يتم تحديد تكاليف الإصلاح الخاصة بعناصر مثل الصمامات وحواف الأنابيب والوصلات والخطوط ذات النهايات المفتوحة عن طريق حجم العنصر حيث تكون تكلفة إصلاح العناصر الأكبر حجما أكبر من تكلفة إصلاح العناصر الصغيرة.
- ★ يمكن دمج إصلاح التسريبات الصغرى في ممارسات الصيانة المنتظمة. يمكن إجراء الإصلاحات التي تتطلب وقف النظام خلال فترة انقطاع الخدمة التالية المحددة.
- ★ قم بتحديد خطوة الإصلاح السريع التي تتضمن إجراء الإصلاحات البسيطة على المشكلات البسيطة (مثل الدعم الرخو للصمام، الصمام غير المغلق تماماً) خلال عملية المسح.
- ★ يعمل فحص أو قياس عناصر التسريب بعد إجراء الإصلاحات على التأكيد على فعالية الإصلاح. تعد طريقة الفحص باستخدام فقاعات الصابون طريقة سريعة لفحص فعالية الإصلاح. تسمح قياسات ما بعد الإصلاح باستخدام جهاز اختبار العينات ذا الحجم الكبير على السماح بتقدير مدخرات الغاز وتسجيلها.
- ★ قم بتسجيل تخفيضات انبعاثات الميثان لكل محطة من محطات معالجة الغاز و/ أو محطة التعزيز واذكر التخفيضات السنوية في تقارير برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي.

الدروس المستفادة

المراجع

أنانسا كريشنا، إس وهنرسون، سي، ٢٠٠٢ تخفيضات الانبعاثات فعالة التكلفة من خلال اكتشاف التسريب وإصلاحه، *معالجة الهيدروكربون*، مايو ٢٠٠٢.

كليرستون انجينيرينج ٢٠٠٢ "*تحديد وتقييم فرص تقليل خسائر الغاز في أربع محطات من محطات معالجة الغاز*، تقرير داخلي تم إعداده في ظل منحة هيئة الحماية البيئية لصالح معهد تكنولوجيا الغاز، دو بلينز، آي إل.

الاتصال الشخصي: كونولي، جان أجهزة تحليل البخار السام.

فريدريك جيه، فيليبس إم، سميث جي آر، هندرسون، سي، كارليسل بي، ٢٠٠٠، "تخفيض انبعاثات الميثان من خلال ممارسات الإدارة فعالة التكلفة" *صحيفة النفط والغاز*، ٢٨ أغسطس، ٢٠٠٠.

الاتصال الشخصي: معهد تكنولوجيا الغاز (سابقا معهد أبحاث الغاز).

الاتصال الشخصي: هندرسون، كارولين، برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي التابع لهيئة الحماية البيئية الأمريكية.

هندرسون سي بانيك، جيه، سميث إم، بيكارد، دي ٢٠٠١، "توضح اختبارات خطة الغاز ممارسات الفحص والصيانة الفعالة" *صحيفة النفط والغاز* ٢١ مايو ٢٠٠١.

الاتصل الشخصي: هوارد، توشيه، شركة إيداكو إيركواليتي سيرفيسز.

ماكميلان، إل دابليو وهندرسون سي ١٩٩٩ "قم بتخفيض الانبعاثات من معالجة الغاز الطبيعي بطريقة فعالة للتكلفة، *معالجة الهيدروكربون*"، أكتوبر ١٩٩٩.

الاتصال الشخصي: موهر، جاري، شركة يو إي سيستمز.

فيلبس إم ولوت آر، ١٩٩٩ "يمكن أن تكون تخفيضات الانبعاثات فعالة للتكلفة" *صحيفة خطوط الأنابيب والغاز* / أكتوبر ١٩٩٩.

راديان انترناشيونال ١٩٩٦، *انبعاثات الميثان من صناعة الغاز الطبيعي، العدد (٢)، التقرير الفني*. رقم التقرير GRI-94/02571. معهد تكنولوجيا الغاز (سابقا معهد أبحاث الغاز)، شيكاغو آي إل.

راديان انترناشيونال، ١٩٩٦، *انبعاثات الميثان من صناعة الغاز الطبيعي العدد (٨)، تسريبات المعدات* تقرير رقم GRI-94/02571. معهد تكنولوجيا الغاز (سابقا معهد أبحاث الغاز)، شيكاغو آي إل.

الاتصال الشخصي: تاموتوس، بتري، شركة فيتريكال أكوستيلكس.

الاتصال الشخصي: ١٧ تينجلي، كيفن، برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي التابع لهيئة الحماية البيئية الأمريكية.

الدروس المستفادة

1EPA
United States
Environmental Protection Agency
Air and Radiation (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPA xxx
xxx 2006

1EPA
الولايات المتحدة
وكالة الحماية البيئية
الهواء والإشعاع (٦٢٠٢ جيه)
١٢٠٠ طريق بنسلفانيا، إن دبليو
واشنطون، دي سي ٢٠٤٦٠

EPA xxx
٢٠٠٦ xxx