DIRECTED INSPECTION AND MAINTENANCE AT GATE STATIONS AND SURFACE FACILITIES

الفحص الموجّه وصيانة المحطات البوابية والمنشآت السطحية

ملخص تنفيذي

في عام ٢٠٠١، كان مجموع معدلات انبعاث غاز الميثان الحائلة والناتجة عن المحطات البوابية والمنشآت السطحية في الولايات المتحدة حوالي ٢٧ مليون متر مكعب وذلك عن العدادات المسربة ومعدات الضبط. ويعتبر تنفيذ برنامج الفحص الموجّه والصيانة طريقة مُثبتة وفعّالة من حيث التكاليف وذلك لفحص مواضع التسرب وتحديدها وإصلاحها من أجل خفض معدلات انبعاث غاز الميثان.

يبدأ برنامج الفحص الموجه والصيانة بدراسة القيمة الأساسية للتعرف على كمية التسرب وتحديدها. ثم يتم بعد ذلك القيام بالإصلاحات الفعالة من حيث التكاليف للمكونات المصرفة. وتعتمد الدراسات التالية على بيانات الدراسات السابقة مما يسمح للعاملين بالتركيز على المكونات التي يحتمل ترشيحها والمربحة عند إصلاحها. تركز معرفة الدروس المستفادة على زيادة الفوائض التي يمكن تحقيقها عن طريق تنفيذ برامج الفحص الموجه والصيانة في المحطات البوابية والمنشآت السطحية.

أبلغ شركاء توزيع ستار (STAR) للغاز الطبيعي عن فوائض جمة وخفض في معدلات انبعاث غاز الميثان وذلك بعد القيام بالفحص الموجه والصيانة. وطبقًا لبيانات الشريك فإن القيام بالفحص الموجه والصيانة في المحطات البوابية والمنشآت السطحية يمكن أن يوفر حوالي ١٨٠٠ دولار أمريكي سنويًا وذلك بتكلفة تتراوح بين ٢٠ دولار و١٢٠٠ دولار.

مصدر التسرب	حجم الغاز المفقود سنويًا (ألف قدم مكعب/ موقع)	أسلوب تقليل الخسارة	قيمة فائض الغاز[1] لكل موقع	القيمة الكلية لإيجاد وإصلاح التسربات	فوائض الشريك السنوية
المحطة البوابية ومعدات المنشأة السطحية	من صفر إلى ٦٠٠ (التقديرات المثالية للمعدات المسربة هي من ٣٠ إلى ٢٠٠)	تحديد وإصلاح التسربات	أكثر من ١,٨٠٠ دولار	٢٠ دولار إلى أكثر من ١٢٠٠ دولار (يعتمد هذا الاختلاف على حجم المُعدة وأنواع الإصلاح)	٥٠ دولار إلى أكثر من ١٠٠٠ دولار (يعتمد هذا الاختلاف على تكاليف الدراسة ومعدلات التسرب وعدد المواقع)

[1] الغاز المقدر عند ٣ دولارات لكل ألف قدم مكعب

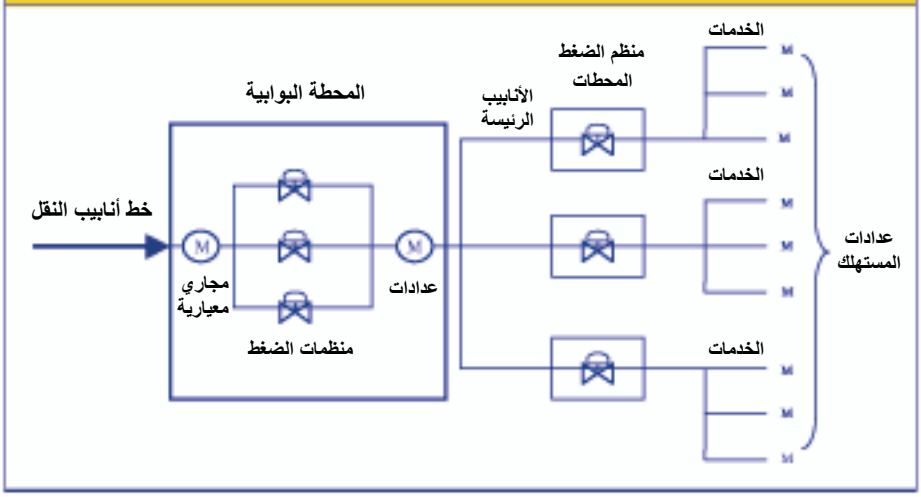
هذه سلسلة واحدة من "ملخصات الدروس المستفادة" التي أعدتها "وكالة الحماية البيئية" (EPA) بالتعاون مع جهات صناعة الغاز الطبيعي بخصوص التطبيقات الفائقة ل"أفضل ممارسات الإدارة" (BMPs) والفرص المذكورة من جانب الشركاء (PROs) التابعة لبرنامج ستار للغاز الطبيعي Natural Gas STAR.

الدروس المستفادة

المقدمة

تعرف المحطات البوابية (أو "بوابات المدينة") بأنها منشآت قياس الضغط وتنظيمه والموجودة عند نقاط تحويل الملكية حيث ينقل الغاز الطبيعي من خطوط الأنابيب النقلية إلى الأنابيب مرتفعة الضغط في شركة توزيع محلية. عادة ما تحتوي المحطات البوابية على مجارٍ معيارية ومنظمات الضغط والتي تقلل الضغط الخطي النقلي من عدة مئات من الأرطال لكل قياس بوصة مربعة إلى الضغط المناسب لمنظومة التوزيع (غالبًا أقل من ٣٠٠ رطل/بوصة مربعة). وتشتمل المعدات السطحية الأخرى داخل منظومة التوزيع على مسخنات والتي تحل محل الحرارة المفقودة بعد تمدد الغاز ومنظمات ضغط المصب التي تقلل ضغط الغاز حتى يمكن نقله بأمان إلى المستهلكين. ويعد الملحق ١ رسمًا تخطيطيًا لمنظومة توزيع الغاز والذي يوضح محطة بوابية ومنشآت ضبط الضغط.

الملحق ١: الرسم الإيضاحي لمنظومة الضغط والذي يبين محطة بوابية ومنظمات الضغط



تحتوي المحطات البوابية والمنشآت السطحية على أجزاء للمعدات مثل الأنابيب والصمامات والتشفيهات والتجهيزات والخطوط مفتوحة الأطراف والعدادات وأنظمة التحكم الميكانيكية من أجل مراقبة والتحكم في تدفق الغاز. وبمرور الوقت، يمكن أن تقوم هذه المكونات بالتسرب كنتيجة للتغيرات في درجات الحرارة والضغط والحت والبلى. وبصورة عامة، فإن حجم المُعدة ومعدل التسرب يرتبطان بالضغط الغازي الداخل أو الصاعد. فكلما ازداد الضغط الداخل، كبر حجم المحطة البوابية وازداد عدد أجزاء المعدات المسربة.

الخلفية الفنية

يعتبر الفحص الموجه والصيانة طريقة فعالة التكاليف لتقليل مفقودات الغاز الطبيعي الناجمة عن تنفيس المُعدة. ويبدأ برنامج الفحص الموجه والصيانة مع دراسة القيمة الأساسية لجميع المحطات البوابية والمنشآت السطحية في منظومة التوزيع. ويقوم العاملون بتحديد جميع الأجزاء المسربة وقياسها وتقييمها واستخدام النتائج لتوجيه جهود الفحص التالية والصيانة.

توضح الأقسام الآتية التقنيات المتعددة لتصفية التسربات وقياسها والتي قد تكون فعالة من حيث التكاليف في المحطات البوابية ومعدات تنظيم الضغط. وستعتمد ملائمة تقنيات التصفية والقياس المتعددة على خواص التهيئة والتشغيل لكل منشأة في منظومة التوزيع.

تقنيات تصفية التنفيس

يمكن أن تحتوي تقنيات تصفية التنفيس في برنامج الفحص الموجه والصيانة على جميع المكونات في دراسة القيمة الأساسية الشاملة أو قد تركز فقط على الأجزاء التي يحتمل حدوث التسربات الخطيرة بها. يمكن استخدام العديد من تقنيات تصفية التسرب:

- تعد **تصفية فقاعات الصابون** تقنية سهلة وغير مكلفة للكشف عن التسربات. وتتم هذه العملية برش سائل الصابون على المكونات الصغيرة التي يسهل الوصول إليها مثل التوصيلات الملولبة. ويعتبر الصابون فعالاً لتحديد التركيبات والتوصيلات غير المحكمة والتي يمكن إحكام ربطها لإصلاح موضع التسرب وكذلك الفحص السريع لإحكام أعمال الإصلاح. يستطيع العاملون تصفية حوالي ١٠٠ جزء كل ساعة عن طريق الصابون.
- **التصفية الإلكترونية:** باستخدام كشافات الغاز اليدوية الصغيرة أو معدات الاستنشاق والتي تعد أيضًا طريقة سريعة ومناسبة للكشف عن التسربات سهل الوصول إليها. يتم تزويد كشافات الغاز الإلكترونية بمجسات التأكسد الحفاز والتوصيل الحراري المصممة للكشف عن وجود بعض الغازات. يمكن استخدام كشافات الغاز الإلكترونية مع الفتحات الكبيرة التي لا يمكن تصفيتها بالصابون. لكنها ليست سريعة كالتصفية بالصابون (حوالي ٥٠ جزء في الساعة) ويصعب تحديد التسربات في المناطق ذات التركيزات المحيطة المرتفعة من غازات الكربون المائي.

الدروس المستفادة

★ تعتبر **محللات البخار العضوي ومحللات البخار السام** كشافات كربون مائية محمولة والتي يمكن استخدامها أيضًا للكشف عن التسربات. ومحلل البخار العضوي هو كشاف التأين باللهب والذي يقيس تركيز الأبخرة العضوية لمدى يتراوح بين ٩ إلى ١٠,٠٠٠ جزء لكل مليون. أما محللات البخار السام، فهي تجمع بين كشاف التأين باللهب وكشاف التأين الضوئي ويمكنه قياس الأبخرة العضوية عند تركيزات تزيد على ١٠,٠٠٠ جزء لكل مليون. تقيس محللات البخار السام ومحللات البخار العضوي تركيز الميثان في المنطقة المحيطة بالتسرب.

تتم التصفية عن طريق وضع مدخل سابر في الفتحة التي يُعتقد أن التسرب منها. وتتم ملاحظة قياسات التركيز كلما تحرك المجس ببطء بطول السطح البيني أو الفتحة حتى يتم الحصول على أعلى قراءة تركيز. تكون أعلى قراءة تركيز هي قيمة تصفية التسرب. وعادة ما تكون التصفية بمحللات البخار السام أبطأ ــ بمعدل ٤٠ مكون في الساعة تقريبًا ــ وتحتاج المعدات إلى المعايرة المستمرة.

★ تستخدم **مجسات التسرب السمعية** معدات التصفية السمعية المحمولة والمصممة للكشف عن الإشارات الصوتية الناجمة عن تنفيس الغاز المضغوط من خلال الفوهة. وكما يتحرك الغاز من بيئة مرتفعة الضغط إلى أخرى منخفضة من خلال فتحة التسرب، فإن الدفق المضطرب تنتج عنه إشارة صوتية يتم التحقق منها عن طريق المجس اليدوي أو المسبار وتكون قراءة نسبة الزيادة على عداد. على الرغم من أن الكشافات السمعية لا تقيس معدلات التسرب إلا أنها توفر قياسًا نسبيًا لحجم التسرب ــ فزيادة الشدة أو الإشارة "المرتفعة" هي دليل على معدل التسرب المرتفع. لقد تم تصميم معدات التصفية السمعية للكشف إما عن الترددات المرتفعة أو عن إشارات التردد المنخفضة.

الملحق ٢: الكشافات السمعية عن التسرب

المصدر: مؤسسة فيزيكال أكوستكس (Physical Acoustics Corp.)

يعد *المكشاف السمعي عالي التردد* هو التطبيق الأفضل في أماكن الضوضاء حيث يمكن الوصول إلى المكونات المسربة باستخدام مجس يدوي. وكما هو موضح في الملحق ٢، فإن المجس السمعي يوضع مباشرة على فوهة المُعدة للكشف عن الإشارة. والبديل عن ذلك هو *كشاف التسرب* فوق السمعي والذي يُعد طريقة تصفية سمعية للكشف عن الإشارات فوق الصوتية التي يحملها الهواء في مدى ترددي يتراوح بين ٢٠ كيلو هرتز و١٠٠ كيلو هرتز. تزود الكشافات فوق السمعية بمجسات أو ماسحات سمعية يدوية والتي توجه إلى مصدر التسرب المحتمل من مسافة تزيد عن ١٠٠ قدم. يتم تحديد التسربات بالاستماع إلى الزيادة في شدة الصوت وذلك من خلال سماعات الرأس. ويمكن أن تظهر حساسية الكشافات فوق السمعية لأصوات التشويش على الرغم من وجود كشافات الموالفة الترددية بمعظم الكشافات من أجل ضبط المجس على درجة تسرب معينة في البيئة الضوضائية.

تقنيات قياس التسرب

من أهم أركان برنامج الفحص الموجه والصيانة هو قياس معدل الانبعاثات الكلية أو حجم التسربات المكتشفة حتى يمكن توجيه القدرة البشرية والموارد الأخرى فقط لإصلاح التسربات الخطيرة والفعالة من حيث التكاليف. يمكن استخدام أربعة تقنيات لقياس التسرب: تحويل تركيزات التصفية بمحلل البخار السام ومحلل البخار العضوي باستخدام معادلات الارتباط العام، تقنيات التكييس، جامع العينات ذو الحجم الكبير والمقياس الدوار.

وتشير البيانات المتاحة للمعدلات الكلية للانبعاثات الحائلة والناجمة عن المحطات البوابية والمنشآت السطحية أن معدل ترشيح العديد من المكونات يكون بسيطًا نسبيًا. وبالنسبة لمعظم المحطات البوابية، فإن برنامج الفحص الموجه والصيانة سيكون فعالاً من حيث التكاليف فقط عند استخدام تقنيات القياس منخفضة التكاليف والتي يمكن أن تكون تحويل قيم التصفية بمحلل البخار السام/محلل البخار العضوي عن طريق معادلات الارتباط الخاصة بوكالة الحماية البيئية وأدوات تحليل البخار السام أو البخار العضوي والتي قد تكون في المتناول.

★ يمكن استخدام **محللات البخار العضوي ومحللات البخار السام** لتقدير معدل التنفيس الكلي. ولا يعتبر تركيز التصفية الذي تم الحصول عليه عند فتحة التسرب قياسًا مباشرًا للانبعاثات الكلية للتسرب. إلا أنه يتم تحويل تركيز التصفية بالجزء لكل مليون إلى معدل الانبعاثات الكلية باستخدام معادلات الارتباط الخاصة بوكالة الحماية البيئية. وتستخدم معادلات الارتباط الخاصة بوكالة الحماية البيئية لتقدير نسب الانبعاثات للمدى الكامل لتركيزات التصفية من حد الكشف للمعدة إلى تركيزات التصفية "الثابتة" والتي تمثل الحد الأعلى للمعدة. فإذا كان حد القياس الأعلى لمحلل البخار السام هو ١٠,٠٠٠ جزء لكل مليون، فيمكن استخدام مجس التخفيف للكشف عن تركيزات التصفية التي تزيد عن ١٠٠,٠٠٠ جزء لكل مليون.

وتجب معايرة محللات البخار العضوي ومحللات البخار السام التي تستخدم الغاز المرجعي الذي يحتوي على مركب معروف بتركيز معروف. وغالبًا ما يكون الميثان في الجو مركبًا مرجعيًا. أيضًا تحدد عملية المعايرة عامل استجابة للمعدة والذي يستخدم لتصحيح تركيز التصفية المرصود حتى يتوافق مع التركيز الحقيقي للمكون المسرب. وعلى سبيل المثال، فإن عامل الاستجابة "١" يعني أن تركيز التصفية الذي وجده محلل البخار السام يساوي التركيز الحقيقي للتسرب.

الدروس المستفادة

يتم تصحيح تركيزات التصفية المرصودة للمكونات الفردية باستخدام عامل الاستجابة (إذا كان ذلك ضروريًا) ويتم تضمينها في معادلات الارتباط الخاصة بوكالة الحماية البيئية بغرض استقراء قياس نسبة التسرب للمكون. يقوم الملحق ٣ بإدراج معادلات الارتباط الخاصة بوكالة الحماية البيئية لأجزاء المعدات في منشآت صناعة النفط والغاز.

الملحق ٣: الولايات المتحدة. معادلات الارتباط لقيمة نسبة التسرب/التصفية الخاصة بوكالة الحماية البيئية وذلك في مكونات المعدات في صناعة النفط والغاز.

جزء المُعدة	ارتباط قيمة نسبة التسرب/التصفية الخاصة بوكالة الحماية البيئية (كجم/ساعة/المصدر)	ارتباط معدل التسرب (كجم/ساعة) لقيمة التصفية الثابتة > ١٠٠٠٠ جزء لكل مليون	ارتباط معدل التسرب (كجم/ساعة) لقيمة التصفية الثابتة > ١٠٠٠٠٠ جزء لكل مليون
الصمامات	$2.29E-06 \times (SV)^{0.746}$	٠,٠٦٤	٠,١٤٠
سدادات المضخة	$5.03E-05 \times (SV)^{0.610}$	٠,٠٧٤	٠,١٦٠
الوصلات	$1.53E-06 \times (SV)^{0.735}$	٠,٠٢٨	٠,٠٣٠
التشفيهات	$4.61E-06 \times (SV)^{0.703}$	٠,٠٨٥	٠,٠٨٤
الخطوط مفتوحة الأطراف	$2.20E-06 \times (SV)^{0.704}$	٠,٠٣٠	٠,٠٧٩
المكونات الأخرى (أجهزة القياس وتحرير الضغط والتصريف وغيرها)	$1.36E-05 \times (SV)^{0.589}$	٠,٠٧٣	٠,١١٠

صور الارتباط المذكورة هي صور الارتباط الخاصة بصناعة البترول. تتوقع صور الارتباط معدلات انبعاثات المكونات العضوية.
عوامل ارتباط الميثان: ١كجم ميثان = ٥١,٩٢ قدم مكعب قياسي ؛ ١ كجم/ساعة = ١٢٤٦ ألف قدم مكعب
المصدر: الولايات المتحدة. وكالة الحماية البيئية، ١٩٩٥، بروتوكول نسب انبعاثات تسرب المُعدة.

يمثل الملحق ٤ جدولاً يقوم على معادلات ارتباط وكالة الحماية البيئية لمحطات البخار السام ومحطات البخار العضوي. ويمكن استخدام ذلك في تقدير معدل التسرب الكلي من تركيزات التصفية التي تم استخلاصها عند الكشف على المكونات المسربة في المحطات البوابية ومنشآت السطحية.

الملحق ٤: أمثلة ارتباط تركيز التصفية/معدل التسرب

تركيز التصفية (جزء لكل مليون)	معدل التسرب الكلي المقدر(ألف قدم مكعب/سنويًا)					
	الصمامات	سدادات المضخة	الوصلات	التشفيهات	الخطوط مفتوحة الأطراف	أخرى[١]
٠	٠,٠٠١	٠,٠٢٣	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	٠,٠٠١	٠,٠٠٦
١٠	٠,٠٠٦	٠,٠٩٣	٠,٠٠٤	٠,٠١١	٠,٠٠٥	٠,٠٢٤
١٠٠	٠,٠٣٢	٠,٣٨٠	٠,٠٢١	٠,٠٥٣	٠,٠٢٦	٠,٠٩٣
١٠٠٠	٠,١٨٠	١,٥٤٧	٠,١١٢	٠,٢٦٩	٠,١٣٠	٠,٣٦٢
١٠٠٠٠	١,٠٠٤	٦,٣٠١	٠,٦٠٦	١,٣٦٠	٠,٦٥٥	١,٤٠٤
١٠٠٠٠٠	٥,٥٩٣	٢٥,٦٦٩	٣,٢٩٣	٦,٨٦٤	٣,٣١٣	٥,٤٥٠
قيمة التصفية ثابتة عند > ١٠,٠٠٠	٢٩,١٠٩	٣٣,٦٥٧	١٢,٧٣٥	٣٨,٦٦٠	١٣,٦٤٥	٣٣,٢٠٣
قيمة التصفية ثابتة عند > ١٠٠,٠٠٠	٦٣,٦٧٦	٧٢,٧٧٣	١٣,٦٤٥	٣٨,٢٠٦	٣٥,٩٣١	٥٠,٠٣١

[١] "تشمل مكونات المعدات الأخرى: أجهزة القياس وأذرعة التحميل وصمامات تحرير الضغط وصناديق الحشو وفتحات التنفيس. وتنطبق أيضًا على جميع مكونات المُعدة بخلاف الوصلات أو التشفيهات أو الخطوط مفتوحة الأطراف أو المضخات أو الصمامات.

المصدر: الولايات المتحدة. وكالة الحماية البيئية، ١٩٩٥، بروتوكول نسب انبعاثات تسرب المُعدة.

الدروس المستفادة

- غالبًا ما تستخدم **تقنيات التكييس** لقياس الانبعاثات الكلية الناجمة عن تنفيس المُعدة. وتكون الإحاطة بالجزء المسرب أو فتحة التنفيس بواسطة كيس أو خيمة. يتم تصريف الغاز الناقل الخامل مثل النيتروجين خلال الكيس بمعدل تدفق معلوم. وما إن يبلغ الغاز الناقل حد التوازن، يتم تجميع عينة الغاز من الكيس ويقاس تركيز الميثان في العينة. يتم حساب معدل الانبعاثات الكلية من تركيز الميثان المقاس من عينة الكيس ومعدل الدفق للغاز الناقل. ويعد قياس معدل التسرب باستخدام تقنية التكييس دقيقة (مابين ± ١٠ إلى ١٥ بالمائة) لكنها بطيئة وتتطلب كثافة عمالية (فقط ساعتين أو ثلاث عينات لكل ساعة). ويمكن أن تكون تقنية التكييس باهظة التكاليف نتيجة لحجم العمالة اللازمة للقيام بالقياس إلى جانب تكاليف تحليل العينة.
- تتحكم **جامعات العينات ذات الحجم الكبير** في جميع الانبعاثات الناجمة عن المكونات المسربة وذلك من أجل دقة تحديد معدلات انبعاثات التسرب. يتم سحب انبعاثات الميثان زائد عينة كبيرة من الهواء حول المكون المصرف إلى المُعدة من خلال أنبوب العينات التفريغي. يمكن تصحيح قياسات العينة لتركيزات الكربون المائي المحيطة ويتم حساب معدل التسرب الكلي عن طريق ضرب معدل دفق العينة المقاسة في الفرق بين تركيز الغاز المحيط وتركيز الغاز في العينة المقاسة. تقيس جامعات العينات معدلات التسرب لما يزيد عن ٨ متر مكعب لكل دقيقة وهو معدل يعادل ١١,٥ ألف قدم مكعب يوميًا. ويمكن لعاملين قياس ٣٠ مكونًا كل ساعة باستخدام جامع العينات ذو الحجم الكبير بالمقارنة بقياسين أو ثلاثة كل ساعة عند استخدام تقنيات التكييس. قد تتكلف جامعات العينات ذات الحجم الكبير حوالي ١٠٠٠٠ دولار عند شرائها. وبدلاً من ذلك يمكن أن يقدم المتعاقدون خدمات قياس التسرب بمعدل يتراوح بين ١,٠٠ دولار إلى أكثر من ٢,٥٠ دولار لكل مكون مقاس.
- تستخدم **المقاييس الدوارة** ومقاييس الدفق الأخرى في قياس التسربات الكبيرة جدًا والتي قد تفوق أجهزة القياس الأخرى. وغالبًا ما تقوم عدادات الدفق بتقنية دفق الغاز من مصدر الترشيح وذلك من خلال أنبوب معاير. فيقوم الدفق برفع "توازن الطفو" داخل الأنبوب مبينًا معدل التسرب. ولأن المقياس الدوار يكون كبير الحجم، فإن هذه الأداة تعمل بكفاءة مع الخطوط مفتوحة الأطراف والمكونات الشبيهة حيث يتم تقنية الدفق كاملاً خلال العداد. يمكن أن تكمل المقاييس الدوارة ومعدات قياس الدفق الأخرى قياسات التكييس أو جامعات العينات كبيرة الحجم.

عملية اتخاذ القرار

خطوات اتخاذ القرار بالنسبة لبرنامج الفحص الموجه والصيانة

١. القيام بدراسة القيمة الأساسية.
٢. تسجيل النتائج وتحديد المواضع التي سيتم إصلاحها.
٣. تحليل البيانات وتقييم الفوائض.
٤. تطوير خطة البحث من أجل برامج الفحص الموجه والصيانة المستقبلية.

يمكن تنفيذ برنامج الفحص الموجه والصيانة على أربع مراحل: (١) القيام بدراسة القيمة الأساسية و(٢) تسجيل النتائج وتحديد المواضع التي سيكون إصلاحها فعالاً من حيث التكاليف و(٣) تحليل البيانات وإجراء الإصلاحات وتقييم فوائض غاز الميثان و(٤) تطوير خطة الدراسة من أجل أعمال الفحص المستقبلية ومتابعة المعدات المعرضة للتسرب.

الخطوة ١: القيام بدراسة القيمة الأساسية. غالبًا ما يبدأ برنامج الفحص الموجه والصيانة بتصفية القيمة الأساسية لتحديد المكونات المسربة. ويتم تقدير معدل التسرب الكلي لكل مكون مصرف باستخدام أحد التقنيات المذكورة آنفًا. وفي قطاع التوزيع، غالبًا ما تكون الانبعاثات الصادرة عن المكونات المسربة للمعدة في المحطات البوابية والمنشآت السطحية أحد أو أكثر القيم الأسية الأقل من انبعاثات التسرب من محطات الكمبريسورات. ومن أجل فعالية تكاليف الفحص الموجه والصيانة في المحطات البوابية والمنشآت السطحية يجب أن تكون تكاليف دراسة القيمة الأساسية صغيرة.

وقد يختار بعض شركاء قطاع التوزيع القيام بتصفية التصريف فقط باستخدام تكاليف منخفضة جدًا وتقنيات الكشف عن التسرب السريعة والمضمنة في عمليات الصيانة المستمرة. وفي هذه الحالات، يتم إصلاح جميع التسربات المكتشفة. وتعد دراسة القيمة الأساسية التي تركز فقط على تصفية التسربات أقل من حيث التكاليف. لكنها لا تحدد وحدها كمية ومعدل التسرب أو فوائض الغاز المحتملة وهما المعلومتين اللازمتين لاتخاذ قرارات الإصلاح الفعالة من حيث التكاليف في الحالات التي لا يكون لدى الشريك فيها الموارد لإصلاح جميع التنفيسات.

الخطوة ٢: تسجيل النتائج والتعرف على ما سيتم إصلاحه. يجب تسجيل قياسات الترشيح التي تم جمعها في الخطوة ١ بغرض تحديد المكونات المسربة التي ستكون فعالة من حيث التكاليف عند إصلاحها.

وعند تحديد التسربات وقياسها، يجب أن يقوم العاملون بتسجيل بيانات تسرب القيمة الأساسية حتي يمكن للدراسات المستقبلية التركيز على أهم الأجزاء المسربة. ويمكن تتبع نتائج دراسة الفحص الموجه والصيانة باستخدام أي طريقة مناسبة أو نسق. وتشمل المعلومات التي يختار العاملون جمعها: (١) معرفة كل مكون مسرب و(٢) نوع المكون (مثل الصمام البوابي) و(٣) معدل التسرب المقاس و(٤) موعد الدراسة و(٥) الخسارة السنوية المقدرة للغاز و(٦) تكاليف الإصلاح المقدرة. ستوجه هذه المعلومة دراسات الانبعاثات اللاحقة، تضع الإصلاحات المستقبلية حسب أولوية كل منها وتتتبع فوائض الميثان وفعالية برنامج الفحص الموجه والصيانة من حيث التكاليف.

الدروس المستفادة

أبلغ شركاء ستار للغاز الطبيعي (STAR) أن أهم التسربات الشائعة في المحطات البوابية والمنشآت السطحية هي تسربات التنقر وعيوب المكون والتوصيلات غير المحكمة وسدادات ساق الصمام غير المحكمة أو البالية. وتشمل مواضع التسرب ذات التردد المرتفع والتي حددها الشركاء: لوح الفوهة/تركيبات، السدادات المركبة على نقاط الاختبار، تجهيزات الشحم على الصمامات، المجاري العدادية القياسية المتعددة أو الكبيرة، الوصلات، حشو ساق الصمام، والتشفيهات. أما أكبر التسربات فتكون بصورة عامة من صمامات تحرير الضغط، الخطوط مفتوحة الأطراف، التشفيهات، الصمامات البوابية وحشو ساق الصمامات البوابية. ويكون معيار ترتيب الترسيبات حسب الأولوية هو المقارنة بين قيمة الغاز الطبيعي المفقود والتكلفة المقدرة للمكونات، العمالة ووقت توقف المُعدة لإصلاح الترسيب.

تختلف المحطات البوابية والمنشآت السطحية من حيث الحجم وسعة الضغط معتمدة على حجم وتركيب منظومة التوزيع. وكنتيجة لذلك، يمكن أن يكون هناك تنوعًا أساسيًا في انبعاثات الميثان الحائلة والناتجة عن هذه المنشآت. استخدمت دراسة ميدانية أجرتها وكالة الحماية البيئية ومعهد أبحاث الغاز (المعروف الآن باسم معهد تكنولوجيا الغاز) في عام ١٩٩٤ تقنية اقتفاء الغاز لقياس انبعاثات الميثان الكلية في ٤٠ محطة بوابية و٥٥ منظم ضغط نطاقي. ووجدت هذه الدراسة أن متوسط انبعاثات الميثان السنوية تتراوح بين ١٥٧٥ ألف قدم مكعب سنويًا للمحطات البوابية مع ضغط دخول يزيد عن ٣٠٠ رطل/بوصة مربعة إلى أقل من ألف قدم مكعب سنويًا للمنظمات النطاقية مع ضغط دخول أقل من ٤٠ رطل/بوصة مربعة. وكان متوسط انبعاثات المنشأة السنوية القائمة على جميع المنشآت المعيارية البالغ عددها ٩٥ هو ٤٢٥ ألف قدم مكعب. تقدر هذه الدراسة أن جزء كبير من الانبعاثات الكلية للموقع ترجع إلى مفاتيح التحكم الميكانيكية والمصممة لنضح الغاز إلى الهواء.

وفي عام ١٩٩٨ أجرت وكالة الحماية البيئية ومعهد أبحاث الغاز والجمعية الأمريكية للغاز واللجنة الدولية لفحص خطوط الأنابيب دراسة ثانية حول انبعاثات الميثان الناتجة عن مكونات المُعدة عند ١٦ منشأة لقياس وتنظيم الغاز الطبيعي وذلك عند النقل والتوزيع. وكانت أربع من هذه المنشآت التي أجريت عليها الدراسة هي منظومة التوزيع في المحطات البوابية. تضمن هذا التحليل إحصاء المعدات في كل موقع، تصفية التسربات وقياس معدل تسرب كل مكون على حدة باستخدام جامع عينات من الحجم الكبير. وكما في الدراسة السابقة وجد أن مفاتيح التحكم الميكانيكية هي السبب الأكبر في انبعاثات الموقع الكلية (أكثر من ٩٥ بالمائة). ولأن هذه المعدات مصممة لنضح الغاز خلال عمليات التشغيل العادية، فإن هذه الانبعاثات لا تعد تسربات ذات أهمية. توفر مفاتيح التحكم الميكانيكية فرصة كبيرة لخفض معدلات انبعاث غاز الميثان الناتجة عن المحطات البوابية والمنشآت السطحية والتي هي موضوع *الدروس المستفادة: مفاتيح التحكم في تحويل الغاز الميكانيكية إلى صك الهواء وخيارات خفض معدلات انبعاث غاز الميثان من المعدات الميكانيكية في صناعة الغاز الطبيعي*.

الملحق ٥. معدل عوامل انبعاثات تسربات المُعدة في ١٦ منشأة للقياس والتنظيم

المكون	عامل الانبعاثات (ألف قدم مكعب/سنويًا/المكون)	العدد الكلي للمكونات المصفاة	متوسط عدد المكونات لكل موقع
الصمام الكروي/الصمام السدادي	٠,٢١	٢٤٨	١٨
صمام التحكم	٠,٤٦	١٧	١
التشفيه	٠,١٣	٥٢٥	٣٨
الصمام البوابي	٠,٧٩	١٤٦	١٠
المنفس الهوائي	١٣٤,٣	٤٠	١
صمام تحرير الضغط	٤,٨٤	٥	١
الوصلات الصمامية	٠,١١	١٢٨٠	٩١
المجموع الكلي		٢٢٦١	١٦٢

المصدر: Indaco Air Quality Services، ١٩٩٨

يُجمل الملحق ٥ معدل عوامل انبعاثات المكونات التي تم التوصل إليها خلال الدراسة الميدانية لعام ١٩٩٨. ووجد أن ٥ بالمائة من مجموع المكونات المصفاة والبالغ ٢٢٦١ مسربًا.

يوضح الملحق ٥ أن صمامات تحرير الضغط هي أهم مصدر للتسرب ثم تليها الصمامات البوابية وصمامات التحكم. أما مصادر التسرب الصغيرة فكانت الوصلات والتشفيهات والصمامات الكروية والصمامات السدادية. يشير الملحق ٥ إلى أن التسرب النموذجي المتوقع عند المحطات البوابية والمنشآت السطحية يكون صغيرًا نسبيًا وأن عدد المكونات التي ستجرى عليها الدراسة في كل مُعدة يزيد عن ١٠٠.

الدروس المستفادة

وطبقًا لقياسات التسرب لمكونات كل مُعدة منفردة، فقد رأت دراسة ١٩٩٨ أن معدل انبعاثات الغاز الكلية الناتجة عن معدات القياس والضبط هي ٤٠٩ ألف قدم مكعب سنويًا. وإذا استبعدنا الانبعاثات الكلية الناجمة عن مفاتيح التحكم الميكانيكية، فإن متوسط الانبعاثات الكلية الناتجة عن تسربات المكونات سيتراوح بين ٢٠ إلى ٤٠ ألف قدم مكعب لكل موقع على الرغم من الإبلاغ بأن التسربات الكبيرة تتراوح بين ٦٠ إلى ١٠٠ ألف قدم مكعب سنويًا وذلك في بعض المواقع.

تؤكد الدراسة الميدانية لعام ١٩٩٨ النقطة التي تناولتها الخطوة ١ ألا وهي أن برنامج الفحص الموجه والصيانة الفعالة من حيث التكاليف وذلك عند المحطات البوابية والمنشآت السطحية يجب أن تعتمد على التكاليف المنخفضة وتقنيات التصفية السريعة. وإلا، فلن ينجم عن إيجاد التسربات أية فوائض عن إصلاح التسربات.

الخطوة ٣: تحليل البيانات وتقييم الفوائض. يعتبر الإصلاح الفعال من حيث التكاليف جزءًا هامًا في برنامج الفحص الموجه والصيانة الناجحة لأنه يتم تحقيق أكثر فوائض عن طريق استهداف التسربات التي يكون من المربح إصلاحها. ويمكن إصلاح بعض التسربات في موضعها، على سبيل المثال، عن طريق إحكام ربط حشو منع التسرب بذراع الصمام. وهناك بعض الإصلاحات الأكثر تعقيدًا التي تتطلب أوقات تعطل المُعدة أو أجزاءًا جديدة. وبالنسبة لهذه الإصلاحات، يمكن أن يضع العاملون علامات محددة حتى يمكن إصلاح التسرب لاحقًا.

يجب القيام بالإصلاحات السهلة في موضعها بمجرد التعرف على التسربات. وفي جميع الحالات، فإن قيمة الغاز المتوفرة يجب أن تتعدى تكلفة إيجاد التسرب وإصلاحه. وجد الشركاء أن الطريقة الفعالة لتحليل نتائج دراسة القيمة الأساسية هي رسم جدول يدرج جميع التسربات مع تكاليف إصلاحها وفوائض الغاز المتوقعة والعمر الافتراضي للإصلاح. وباستخدام هذه المعلومات، يمكن معرفة المعايير الاقتصادية مثل فترة تعويض تكلفة المشروع والتي يمكن حسابها لكل إصلاح. ثم يمكن للشركاء تحديد أي المكونات الاقتصادية الإصلاح.

يوضح الملحق ٦ مثالاً لهذا النوع من تحليل تكلفة الإصلاح والذي يوجز تكاليف الإصلاح، فوائض الغاز الكلية والفوائض الخالصة المقدرة للإصلاحات المتوقعة. تم تضمين بيانات التسرب والإصلاح الموضحة في الملحق ٦ من الدراسة الميدانية التي أجرتها وكالة الحماية البيئية ومعهد أبحاث الغاز واللجنة الدولية لفحص خطوط الأنابيب والتي من خلالها تم تقييم إصلاحات التسرب لاثنين من مجموع الستة عشر مُعدة في الدراسة.

الملحق ٦. مثال تكاليف الإصلاح والفوائض الصافية لمكونات المعدات المختارة

وصف المكون	نوع الإصلاح	تكلفة الإصلاح[١] (تشمل العمالة والمواد المستخدمة)	العدد الكلي للمكونات التي تم إصلاحها في موقعين	فوائض الغاز الكلية (ألف قدم مكعب/سنويًا)	الفوائض الصافية المقدرة[٢] (دولار/سنويًا)	فترة التعويض عن عملية الإصلاح (سنوات)
الصمام الكروي	إعادة التشحيم	١٣ دولار	٥	٦٠ ألف قدم مكعب	١١٥ دولار	٠,٤
الصمامات البوابية	استبدال حشو ساق الصمام	٣ دولار	٥	٦٧ ألف قدم مكعب	٣٦ دولار	٠,٨
الصمامات البوابية	استبدال حشو ساق الصمام	٣ دولار	١	٩٢ ألف قدم مكعب	٢٤٣ دولار	٠,١
الوصلات	إحكام ربط التوصيلات الملولبة	٣ دولار	٤	١١ ألف قدم مكعب	٢١ دولار	٠,٤
مقياس فوهة د. دانيال	إحكام ربط الوصلات	٣٣ دولار	١	٦٨ ألف قدم مكعب	١٧١ دولار	٠,٢
التشفيه[٣]	إحكام الربط	٤٠ دولار	٥	٩٩ ألف قدم مكعب	٩٧ دولار	٠,٧

(١) متوسط تكاليف الإصلاح هي ٢٠٠٢ دولار

(٢) يفترض سعر الغاز ٣ دولار/ألف قدم مكعب

(٣) لم يتم الإبلاغ عن تكاليف الإصلاح في الدراسة الأصلية. تعتمد تكاليف إصلاح التشفيهات المقدرة على نفس بيانات عام ١٩٩٧ حول تكاليف إصلاح التسربات في التشفيهات "المفصولة عن الضاغطات" في محطات الضاغطات.

المصدر: Indaco Air Quality Services, Inc، ١٩٩٨، الاتجاهات في معدلات التسرب في معدات القياس والضبط وفعالية برامج الكشف عن التسربات وإصلاحها، مسودة التقرير.

الدروس المستفادة

ونظرًا للاعتبارات الأمنية، قام بعض الشركاء بإصلاح جميع التسربات المكتشفة في المحطات البوابية والمحطات المعايرة. وفي هذه الحالة، تظهر فائدة برنامج الفحص الموجه والصيانة لتحسين فعالية تكاليف عمليات الفحص المستمر والصيانة عن طريق ترتيب أولويات الإصلاح ــ يتم التعرف على التسربات الكبرى وإصلاحها أولاً أو يتم إجراء الفحص والصيانة باستمرار على المُعدات ذات تردد التسرب الأعلى.

ومع التعرف على التسربات وقياسها وإصلاحها، يجب أن يسجل العاملون بيانات القيم الأساسية حتي تستطيع الدراسات المستقبلية التركيز على أهم المكونات المسربة. ستوجه هذه المعلومة الدراسات اللاحقة الخاصة بالانبعاثات وتضع أعمال الإصلاح المستقبلية كل حسب أولويته وتتبع فوائض الميثان وفعالية تكاليف برنامج الفحص الموجه والصيانة.

الخطوة ٤: تطوير خطة دراسة أعمال الفحص الموجه والصيانة المستقبلية. تعد الخطوة الأخيرة في برنامج الفحص الموجه والصيانة هي تطوير خطة الدراسة التي تتبع نتائج دراسة القيمة الأساسية الأولية لتوجيه أعمال الفحص الموجه والصيانة المستقبلية. يجب أن يتناسب برنامج الفحص الموجه والصيانة مع احتياجات وممارسات الصيانة الحالية للمعدة. يجب أن تتضمن خطة دراسة الفحص الموجه والصيانة الفعالة العوامل التالية:

- ★ قائمة الأجزاء التي سيتم تصفيتها واختبارها وكذلك المكونات التي سيتم استبعادها من الدراسة.
- ★ أدوات تصفية وقياس التسرب وإجراءات الجمع والتسجيل والتوصل إلى بيانات الفحص الموجه والصيانة.
- ★ جدول لتصفية التسربات وقياسها.
- ★ المعايير الاقتصادية لإصلاح التسرب.
- ★ نتائج وتحليل جهود الفحص والصيانة السابقة والتي ستوجه دراسة الفحص الموجه والصيانة التالية.

يجب أن يطور العاملون قائمة دراسة الفحص الموجه والصيانة التي تحقق أعلى فوائض الغاز الفعالة من حيث التكاليف والتي تناسب أيضًا المميزات الخاصة بكل مُعدة ــ على سبيل المثال، عُمر المُعدة وحجمها وهيئتها والضغط الداخل. يقوم بعض الشركاء بجدولة دراسات الفحص الموجه والصيانة والقائمة على العمر الافتراضي للإصلاحات التي أجريت خلال الدراسة السابقة. بنى الشركاء الآخرون تواتر دراسات المتابعة على دورات الصيانة أو توافر الموارد. ونظرًا لمرونة برنامج الفحص الموجه والصيانة وإذا أظهرت الدراسات اللاحقة العديد من التسربات الكبيرة أو المتكررة، فسيمكن للعامل أن يزيد من تواتر دراسات المتابعة. ويمكن أن تركز دراسات المتابعة على المكونات التي تم إصلاحها خلال الدراسات السابقة أو على أنواع المكونات والتي تسرب في أغلب الأحيان. وبمرور الوقت، يمكن للعاملين الاستمرار في ضبط مجال وتواتر الدراسات مع ظهور أنماط التسرب.

الفوائض المقدرة

تتنوع كثيرًا الفوائض التي حصّلها شركاء ستار للغاز الطبيعي (STAR) عن طريق تنفيذ برامج الفحص الموجه والصيانة في المحطات البوابية والمنشآت السطحية. تشمل نتائج العوامل المؤثرة عدد المحطات في برنامج الفحص الموجه والصيانة ومرحلة تطور البرنامج (مثل البرنامج الجديد في مقابل الأجر التام) ومستوى نفقات التنفيذ والإصلاح. تختلف النفقات بين المنشآت بسبب نوع مُعدة التصفية والقياس المستخدمة، تواتر الدراسات وعدد ونوع الفريق القائم على الدراسات.

يوضح الملحق ٧ مثالاً افتراضيًا لتكاليف ومزايا تنفيذ برنامج الفحص الموجه والصيانة في ثلاث محطات بوابية. وتعتمد معدلات التسرب وعدد المكونات المسربة في هذا المثال على معدلات التسرب الفعلية التي أُبلغ عنها في ثلاثة مواقع في الدراسة التي أجرتها وكالة الحماية البيئية ومعهد أبحاث الغاز واللجنة الدولية لفحص خطوط الأنابيب في عام ١٩٩٨. يبين الملحق ٧ نوع التقديرات التي يجب أن يقوم بها شركاء التوزيع عند تقييم فعالية برنامج الفحص الموجه والصيانة من حيث التكلفة بالنسبة لعملياتهم.

يوضح الملحق ٧ أنه وعلى الرغم من أن تكاليف إيجاد التسربات وإصلاحها قد لا تغطيها قيمة الغاز الموفر في كل موقع، حتى ومع تضمين المواقع المتعددة في برنامج الفحص الموجه والصيانة، فإن البرنامج ككل لا يزال مربحًا. بالنسبة للمثال الافتراضي في الملحق ٧، فإن الفحص الموجه والصيانة لا تكون فعالة من حيث التكاليف في الموقع ٢ على الرغم من أنه مربح في المواقع الثلاثة الأخرى مجتمعة. وفي هذه الحالة، يستخدم العامل خبرته التي اكتسبها من دراسة القيمة الأساسية في الموقع ٢ لتوجيه الدراسات اللاحقة وربما استبعاد الموقع ٢ من الدراسات اللاحقة وتقليل تصفية الموقع ٢ أو فقط تصفية المجموعة المختارة من المكونات.

الدروس المستفادة

الملحق ٧. مثال تقدير الفوائض من تنفيذ برنامج الفحص الموجه والصيانة في المحطات البوابية والمنشآت السطحية					
الافتراضات العامة:					
تصفية التسرب باستخدام الصابون: ٨٠ مكون في الساعة				٢ ساعة × دولار/ساعة تكلفة العمالة	
قياس التسرب باستخدام معادلات ارتباط محلل البخار السام				١ ساعة × دولار/ساعة تكلفة العمالة	
معدل العمالة بالساعة				٥٠ دولار/ساعة	
تكلفة رأس المال لمحلل البخار السام[1]				٠ دولار (ما افترضه الشريك بالفعل)	
العمر المفترض لعملية الإصلاح				١٢ شهرًا	
الموقع ١					
عدد مرات التسرب				٢٠ تسرب (إصلاح ستة صمامات – ٢ × ٣٠ ألف قدم مكعب/سنويًا؛ ٢ × ١٠ ألف قدم مكعب/سنويًا؛ ٢ × ١ ألف قدم مكعب/سنويًا)	
تكلفة الإصلاح الافتراضية				افتراض ٣ إصلاحات × ١٠ دولارات و٣ إصلاحات بمعدل ٣ دولارات	
فوائض الغاز الكلية				٨٢ ألف قدم مكعب	
الموقع ٢					
مرات التسرب (افتراض عدد تسربات أقل عند القياس)				٨ تسربات (٢ × ١٠ آلاف قدم مكعب/سنويًا؛ ٦ × ٢ ألف قدم مكعب/سنويًا)	
تكلفة الإصلاح الافتراضية				افتراض مرتين إصلاح × ٥ دولارات؛ ٦ إصلاحات ولا توجد تكلفة	
إجمالي فوائض الغاز				٣٢ ألف قدم مكعب	
الموقع ٣					
عدد مرات التسرب				١٦ حالة تسرب (١ × ٦٠ ألف قدم مكعب؛ ٢ × ٣٠ ألف قدم مكعب ؛ ١ × ١٥ ألف قدم مكعب؛ ٦ × ١٠ آلاف قدم مكعب؛ ٦ × ١ ألف قدم مكعب)	
تكلفة الإصلاح الافتراضية				افتراض مرة إصلاح واحدة × ٣٣,٢ دولار ؛ مرتين إصلاح × ١٥ دولارًا؛ ٥ إصلاحات × ٣ دولارات؛ باقي الإصلاحات بدون أية تكاليف.	
فوائض الغاز الكلية				٢٠١ ألف قدم مكعب	
	تكلفة الدراسة الكلية	**تكلفة الإصلاح الكلية**	**قيمة الغاز المدخر (٣ دولارات/ألف قدم مكعب)**	**الفوائض الصافية**	**فترة تعويض تكلفة المشروع**
الموقع ١	١٥٠ دولار	٣٩ دولار	٢٤٦ دولار	٥٧ دولار	٩,٢ شهر
الموقع ٢	١٢٥ دولار	١٠ دولار	٩٦ دولار	(٣٩ دولار)	١٧ شهر
الموقع ٣	١٥٠ دولار	٧٨ دولار	٦٠٣ دولار	٣٧٥ دولار	٤,٥ شهر
الإجمالي	**٤٢٥ دولار**	**١٢٧ دولار**	**٩٤٥ دولار**	**٣٩٣ دولار**	**٧ شهر**
[1] قد تزيد تكلفة محللات البخار السامة عن ٢,٠٠٠ دولار. وقد لا تساعد الفوائض المتوفرة بعد تجنب الانبعاثات في شراء محلل البخار السام.					

خبرة الشريك

من عام ١٩٩٥ وحتى ٢٠٠٠، أبلغ ١٨ من شركاء شركة ستار للغاز الطبيعي (STAR) عن تحقيق فوائض غاز بعد تنفيذ برنامج الفحص الموجه والصيانة في المحطات البوابية والمنشآت السطحية. وهناك ثلاثة أمثلة يوضحها الملحق ٨.

الدروس المستفادة

الملحق ٨: خبرة الشريك في تنفيذ برنامج الفحص الموجه والصيانة في المحطات البوابية والمنشآت السطحية	
الشركة أ: خلال العام ٢٠٠٠، قامت هذه الشركة بدراسة ٨٦ منشأة ووجدت التسربات في ٤٨ موقع. وكان مجموع ما تم التعرف عليه من تسربات هو ١٠٥ وتم إصلاح ٦٦ حالة تسرب (٦٣ بالمائة). كانت التكلفة الكلية لإيجاد وإصلاح التسربات هي ٢٤٥٣ دولار بمتوسط ٢٩ دولار لكل مُعدة أجريت عليها الدراسة. وبلغت فوائض الغاز الكلية ١٥١٩ ألف قدم مكعب سنويًا بما قيمته ٦٥٥٧ دولار بسعر ٣ دولار لكل ألف قدم مكعب. وتبلغ الفوائض الكلية عن برنامج الفحص الموجه والصيانة ٤١٠٤ دولار أما الفوائض الصافية فهي حوالي ٥٠ دولار لكل مُعدة أجريت عليها الدراسة.	
فوائض الغاز الكلية	٦٥٥٧ دولار
تكاليف الدراسة الكلية	١٧٠٠ دولار
تكاليف الإصلاح الكلية	٧٥٣ دولار
الفوائض الصافية	**٤١٠٤ دولار**
الشركة ب: تم دراسة ١٨ منشأة في عام ١٩٩٧ بتكلفة كلية بلغت ١٠٨٠ دولار. وتم التعرف على ١٥ موضع تسرب صغير ويشمل تشفيه واحد، ٢ تركيبات زهرة طرق و١٢ صمام صغير. كان متوسط معدل التسرب هو ١٧,٥ ألف قدم مكعب سنويًا. وتم إصلاح ١٥ حالة تسرب بتكلفة كلية بلغت ٣٨٠ دولار. أما إجمالي تكلفة دراسة وإصلاح التسرب والتي بلغت ١٤٦٠ دولار، فلم تتم تغطيتها في السنة الأولى. كان متوسط تكلفة الدراسة والإصلاح ٦٠ دولار لكل مُعدة أجريت عليها الدراسة.	
فوائض الغاز الكلية	٧٨٩ دولار
تكاليف الدراسة الكلية	١٠٨٠ دولار
تكاليف الإصلاح الكلية	٣٨٠ دولار
الفوائض الصافية	**(٦٧١) دولار**
الشركة ج: قامت هذه الشركة بدراسة ٣٠٦ منشأة وقامت بالكشف عن ٨٢٤ حالة تسرب وأصلحتها. وُصفت أربعة تسربات بأنها "كبيرة" في حين كان سبع منها "متوسط" أما باقي التسربات فهو صغير مما يعني أن المكشاف الإلكتروني أو الصابون كانا لازمين لتحديد التسربات. كانت التكاليف الكلية للدراسة والإصلاح حوالي ١٦٥٠٠ دولار بمتوسط ٥٤ دولار لكل موقع أجريت عليه الدراسة. أما عن فوائض الغاز الكلية فقد بلغت ١١٧٨٠٠ دولار بمعدل ١٤٣ ألف قدم مكعب لكل حالة تسرب. والفوائض الصافية كانت حوالي ١١٠٠ دولار لكل مُعدة أجريت عليها الدراسة (عند ٣ دولارات لكل ألف قدم مكعب).	
فوائض الغاز الكلية	٣٥٣٤٣٠ دولار
التكلفة الكلية للدراسة والإصلاحات	١٦٥٠٠ دولار
الفوائض الصافية	**٣٣٦٩٣٠ دولار**

يتراوح عدد المنشآت المضمنة في برامج الفحص الموجه والصيانة الخاصة بالشركاء ما بين ٢٠ مُعدة إلى أكثر من ٢,١٠٠ معدة. وجدت التسربات في ٥٠ بالمائة من المنشآت بمعدل تسربين في كل مُعدة مسربة. وكان متوسط الانبعاثات الفائضة عند كل إصلاح هو ١٠٠ ألف قدم مكعب لكل حالة تسرب.

تفاوتت كثيرًا تكاليف الدراسة والإصلاح التي أبلغ عنها الشركاء. فتتراوح التكاليف الإضافية لدراسة الفحص الموجه والصيانة من "التي لا قيمة لها" بالنسبة للشركاء الذين يستخدمون برامج فحص التسربات المستمرة والمناسبة إلى أكثر من ١,٢٠٠ دولار لكل معدة. وعن أعلى تكاليف دراسة للفحص الموجه والصيانة، فكانت للمنظومات الكبيرة في المناطق الحضرية حيث ترتفع تكاليف العمالة وحيث يفترض أن تكون المحطات البوابية أكبر وأن تحتوي على المزيد من المكونات. كذلك تتراوح تكاليف الإصلاح المبلغ عنها من التي لا قيمة لها بالنسبة للإصلاحات البسيطة في موضعها إلى أكثر من ٥٠٠ دولار لكل عملية إصلاح.

الدروس المستفادة

الدروس المستفادة

يمكن أن تقلل برامج الفحص الموجه والصيانة من تكاليف الدراسة وتزيد من إصلاح التسرب المربح. إن تحديد مشكلات المحطات والمكونات ليوفر الوقت والمال اللازمين للدراسات المستقبلية ويساعد على ترتيب الأولويات في قائمة إصلاح التسربات. وتعد الدروس الأساسية المستفادة من شركاء ستار للغاز الطبيعي (STAR) هي:

- ★ لكي تكون برامج الفحص الموجه والصيانة بالمحطات البوابية والمنشآت السطحية فعالة من حيث التكاليف، يجب أن تستخدم أقل التكاليف وتقنيات التصفية السريعة والقياس. وينصح باستخدام الصابون، تقنيات الاستماع إلى التسربات، "أجهزة استنشاق" الغاز المحمولة ومحللات البخار السام ومحللات البخار العضوي المحمولة وذلك عند تصفية التسرب.
- ★ ينصح باتباع تركيزات التصفية لمحلل البخار السام ومعادلات ارتباط وكالة الحماية البيئية كطريقة فعالة من حيث التكاليف لتقدير معدل التسرب الكلي خاصة إذا كان محلل البخار السام أو محلل البخار العضوي موجودًا بالفعل في المنشأة.
- ★ يساهم جزء صغير من التسربات الكبيرة في معظم انبعاثات غاز الميثان الحائلة في المنشآة. ويجب أن يركز الشركاء على إيجاد المكونات المسربة التي قد تكون فعالة من حيث التكاليف عند إصلاحها. ومن أهم الإصلاحات فعالة التكاليف، هو إحكام ربط حشو الصمام أو الوصلات غير المحكمة عند إيجاد التسرب. وقد وجد الشركاء أنه من النافع البحث عن الأساليب وطرح الأسئلة مثل "هل تقوم الصمامات البوابية بالتسرب أكثر من الصمامات الكروية؟"
- ★ وجد الشركاء أيضًا أن بعض المواقع تكون عرضة للتسرب أكثر من غيرها. وقد يوضح تتبع نتائج الفحص الموجه والصيانة أن بعض المعدات هي في حاجة لمزيد من الدراسات المتابعة.
- ★ خلال عملية الدراسة، قم ببعض الخطوات "الإصلاحية السريعة" مثل إجراء الحلول البسيطة للمشكلات البسيطة (مثل الصواميل غير المحكمة والصمامات المغلقة بدون إحكام).
- ★ أعد تصفية المكونات المسربة بعد القيام بأعمال الإصلاح للتأكد من فعالية التصليح. ومن أحد أسرع الطرق للتأكد من فعالية التصليح هي استخدام طريقة التصفية بالصابون.
- ★ تساعد الدراسات المتواترة (أي الربع أو النصف سنوية) خلال السنة الأولى من إجراء برنامج الفحص الموجه والصيانة على التعرف على المكونات ذات معدلات التسرب المرتفعة وعلى تكرار التسرب إلى جانب بناءه قاعدة بيانات ضرورية لتوجيه البحث غير المستمر في السنوات اللاحقة.
- ★ قم بتسجيل نسب الخفض في معدلات انبعاث غاز الميثان لكل محطة بوابية و/أو منشأة سطحية إلى جانب تضمين نسب الانخفاض السنوية في تقارير برنامج ستار (STAR).

الدروس المستفادة

المراجع

باسكوم - أجهزة قياس تيرنر – اتصال شخصي

منتجات فوكسبورو البيئية، اتصال شخصي

معهد تكنولوجيا الغاز (المعروف سابقًا بمعهد أبحاث الغاز)، اتصال شخصي

هندرسون، كارولين، الولايات المتحدة الأمريكية وكالة الحماية البيئية برنامج ستار للغاز الطبيعي (STAR)، اتصال شخصي

شركة إنداكو إير كواليتي سيرفيسز، ١٩٩٥، *نظام المعايرة ذو معدلات الدفق المرتفعة لقياس نسب الترشيح في منشآت الغاز الطبيعي*. تقرير رقم GRI-94/0257.38، معهد تكنولوجيا الغاز (المعروف سابقًا بمعهد أبحاث الغاز)، شيكاغو، إلينوي.

شركة إنداكو إير كواليتي سيرفيسز، ١٩٩٨، *برامج اتجاهات معدلات التسرب في معدات القياس والضبط وفعالية الكشف عن وإصلاح التسربات*. تم إعداد مسودة التقرير لبي آر سي إنترناشونال (PRC International)، معهد أبحاث الغاز ووكالة الحماية البيئية الأمريكية.

راديان إنترناشونال، ١٩٩٦، *خفض معدلات انبعاث غاز الميثان من صناعة الغاز الطبيعي، الجزء ٢، التقرير الفني*، رقم التقرير GRI-94/0257.1 معهد تكنولوجيا الغاز (المعروف سابقًا بمعهد أبحاث الغاز) شيكاغو، إلينوي.

راديان إنترناشونال، ١٩٩٦، *خفض معدلات انبعاث غاز الميثان من صناعة الغاز الطبيعي، الجزء١٠، محطات قياس وتنظيم الضغط في نقل وتوزيع الغاز الطبيعي*، رقم التقرير EPA600-R-96-080i

تينجلي، كيفن، الولايات المتحدة الأمريكية وكالة الحماية البيئية برنامج ستار للغاز الطبيعي (STAR)، اتصال شخصي

وكالة الحماية البيئية الأمريكية، ١٩٩٤-٢٠٠١، برنامج ستار للغاز الطبيعي (STAR)، تقارير الشريك السنوية

وكالة الحماية البيئية الأمريكية، ١٩٩٥، *دليل الإجمال والتنفيذ لشركاء النقل والتوزيع في برنامج ستار للغاز الطبيعي (STAR)*

وكالة الحماية البيئية الأمريكية، ١٩٩٥، *بروتوكول انبعاثات تسرب المُعدة*، مكتب تخطيط جودة ومعايير الهواء، EPA453-R-95-017، نوفمبر/تشرين ثان ١٩٩٥

وكالة الحماية البيئية الأمريكية، ٢٠٠١، الدروس *المستفادة: تحويل مفاتيح التحكم في الغاز الميكانيكية إلى صك الهواء*، EPA430-B-01-002

وكالة الحماية البيئية الأمريكية، ٢٠٠٣، *الدروس المستفادة: خيارات خفض معدلات انبعاث غاز الميثان من المعدات الميكانيكية في صناعة الغاز الطبيعي*، EPA430-B-03-004

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
xxx ٢٠٠٦