METHANOL INSTITUTE (معهد الميثانول)

دليل التعامل الآمن مع الميثانول

2013 ،كـــانون الثـــاني

SINGAPORE	10 Anson Road #32-10 International Plaza, Singapore 079903	+65.6325.6300
WASHINGTON DC	124 South West Street, Suite 203, Alexandria, VA 22314	+01.703.248.3636
BRUSSELS	Avenue Jules Bordet, 142, 1140 Brussels, Belgium	+32.276.116.59

جدول المحتويات

1 مقدمة للدليل..... 1

1.1 الغرض من الدليل 1

1.2 سلسلة القيمة الخاصة بالميثانول..... 1

1.3 سياسة معهد الميثانول Methanol Institute للإشراف على المنتجات 2

1.4 معلومات الاتصال بمعهد الميثانول Methanol Institute 2

1.5 حول المؤلفين 2

1.6 إخلاء المسؤولية 3

2 معلومات عامة حول الميثانول..... 5

2.1 ما تعريف الميثانول؟ 5

2.2 دورة حياة الميثانول (سلسلة القيمة) 7

2.2.1 صناعة الميثانول..... 7

2.2.2 الإنتاج المستدام 9

2.2.2.1 إعادة التدوير 9

2.2.2.2 إعادة الاستخدام 9

2.2.2.3 إدارة النفايات 9

2.3 استخدامات الميثانول 10

2.3.1 المواد الكيميائية الوسيطة..... 10

2.3.2 تطبيقات الوقود..... 10

2.3.3 إنتاج وقود الديزل الحيوي 12

2.4 استخدامات الميثانول الناشئة 13

2.4.1 فصل النيتروجين من مياه الصرف 13

2.4.2 خلايا وقود الميثانول المباشرة 14

2.4.3 محركات مولدات الكهرباء (التوربينات) 16

2.4.4 المنصات البحرية 17

2.4.5 مواصفات الميثانول 18

3 نقل الميثانول وتخزينه..... 19

3.1 نقل الميثانول..... 19

3.1.1 النقل عبر المحيطات..... 19

3.1.2 النقل عبر السكك الحديدية..... 19

3.1.3 النقل بواسطة الشاحنات الصهريجية 20

3.2 تخزين الميثانول 20

3.2.1 الأرصفة والمحطات البحرية 20

3.2.2 حقول الخزانات 20
3.2.3 الحاويات القابلة للنقل (الأوعية الصندوقية والإسطوانات) 20
3.2.4 التصنيف الكهربائي 22
3.2.5 التأريض والربط 22

4 الصحة والسلامة 25

4.1 التعرض للميثانول 25
4.1.1 المصادر المعتادة للتعرض 25
4.1.2 مصادر حوادث التعرض 26
4.1.3 طرق التعرض 27
4.1.4 أيض الميثانول 27
4.1.5 تأثيرات التعرض للميثانول 28
4.1.5.1 أعراض عامة 28
4.1.5.2 التأثيرات الحادة 28
4.1.5.3 التأثيرات المزمنة 28
4.2 التحكم في التعرض للميثانول 29
4.2.1 عناصر التحكم الهندسية 29
4.2.1.1 التهوية 29
4.2.2 مراقبة التعرض 29
4.2.3 معدات الوقاية الشخصية 30
4.2.4 حماية الجهاز التنفسي 31
4.2.5 المواد/الملابس المقاومة للمواد الكيميائية 31
4.3 احتياطات السلامة 32
4.3.1 العمليات الروتينية 32
4.3.2 العمليات الخاصة أو المحفوفة بأخطار شديدة 32
4.3.2.1 الدخول إلى الأماكن الضيقة 32
4.3.2.2 الأعمال الحرارية 33
4.4 إجراءات الإسعاف الأولي 33
4.4.1 الاستنشاق 33
4.4.2 ملامسة الجلد 33
4.4.3 ملامسة العين 34
4.4.4 الابتلاع بطريق الخطأ 34

5 إدارة الميثانول بشكل آمن: سلامة العمليات 35
5.1 مشاركة العاملين 36
5.2 معلومات بشأن سلامة العمليات 37
5.3 تحليل أخطار العمليات 37
5.4 إجراءات التشغيل 37
5.5 التدريب 38
5.6 المتعاقدون 38
5.7 مراجعة إجراءات السلامة قبل بدء التشغيل 38
5.8 التكامل الميكانيكي 39
5.9 إعطاء تصريح بالأعمال الخطرة 39
5.10 إدارة التغيير 39
5.11 التخطيط لحالات الطوارئ والاستجابة لها 40
5.12 التحقيق في الحوادث 40
5.13 عمليات مراجعة سلامة العمليات 41
5.14 الأسرار التجارية 41
5.15 تنفيذ سلامة العمليات 41
5.15.1 ما معنى "الأخطار"؟ 42
5.15.2 ما معنى "المخاطر"؟ 42
5.15.3 طرق تحديد الأخطار وتقييم المخاطر 42
5.15.4 توثيق عملية تقييم أخطار العمليات 43
6 السلامة من الحرائق 45
6.1 اكتشاف الحرائق والحماية منها 46
6.1.1 السيطرة على الأبخرة 47
6.1.1.1 خواص سلامة الخزانات 47
6.1.1.2 أنظمة تنفيس الضغط 47
6.1.2 اكتشاف الحرارة 48
6.1.3 الدخان ودخول المركبات ومصادر الإشعال المتنوعة 48
6.2 السيطرة على الحرائق 48
6.2.1 مقارنة الحرائق بالانفجارات 48
6.2.2 مواد الإطفاء 48
6.3 قواعد السلامة الأساسية من الحرائق 49
6.3.1 حرائق الأماكن الضيقة 49
6.3.2 فرق مكافحة الحرائق 49
6.3.2.1 أفراد الاستجابة الخارجيون 49
6.3.2.2 معدات الوقاية الشخصية 49

6.3.2.3 تدريب أفراد الاستجابة للحرائق 49
6.4 أمن الحريق من وقود الخليط من الميثانول-الجازولين 50
6.4.1 خصائص وقود الخليط من الميثانول-الجازولين 50
6.4.2 حرائق الوقود الخليط من الميثانول-الجازولين 50
6.4.3 الاستجابة لحرائق الوقود الخليط من الميثانول-الجازولين 51

7 الاستجابة للطوارئ 53
7.1 منع الانسكاب 53
7.2 الاستجابة في حالات الانسكاب 54
7.3 احتواء الكميات المنبعثة 55
7.3.1 مناطق التحكم في المواقع 56
7.4 عمليات تنظيف الكميات المنسكبة والإصلاح 56
7.5 الإخطار بحالات الانسكاب والإبلاغ عنها 56
7.6 التحقيق في الحوادث وحفظ سجلاتها 57
7.7 الهيكل القيادي في حالات الحوادث 57
7.7.1 الاتصالات 57

8 حوادث الميثانول والوقاية منها 59
8.1 رؤية عامة لحوادث الميثانول 59
8.1.1 أسباب الحوادث الشائعة 60
8.1.2 عمليات التشغيل المعتادة والصيانة 61
8.1.3 أنشطة النقل 61
8.1.4 حوادث خطوط الأنابيب 61
8.2 أهم النتائج 61
8.3 الاستنتاجات 62
8.4 وسائل الأمان 62
8.4.1 إدارة سلامة العمليات 63
8.4.2 منع التآكل 63
8.4.3 برنامج تصريح الأعمال الحارة 63
8.4.4 منع الحريق والاستجابة له 63
8.4.5 تدريب العاملين 63

9 حماية البيئة 65
9.1 مصير وتنقل المواد في البيئة 65
9.2 الانبعاثات في الهواء 66
9.3 التأثيرات على المياه الجوفية 66
9.4 تأثيرات الميثانول على مياه الشرب 66
9.5 التأثيرات الحيوية 66
9.6 التأثيرات المناخية 67
9.7 معالجة النفايات والتخلص منها 67
10 الإشراف على المنتجات والاستدامة 68
10.1 الإشراف على المنتجات ومبدأ الرعاية المسئولة (Responsible Care) 68
10.2 نظام إدارة الإشراف على المنتجات 68
10.3 ممارسات الإشراف على المنتجات 69
10.3.1 الممارسة 1: القيادة والمساءلة 70
10.3.2 الممارسة 2: المعلومات المتعلقة بالبيئة والصحة والسلامة 70
10.3.3 الممارسة 3: اختيار المواد الخام وشراؤها 70
10.3.4 الممارسة 4: تقييم مخاطر المنتجات 70
10.3.5 الممارسة 5: أمان المنتج 70
10.3.6 الممارسة 6: إدارة المخاطر 70
10.3.7 الممارسة 7: تثقيف العاملين وتدريبهم 70
10.3.8 الممارسة 8: البيع 71
10.3.9 الممارسة 9: المشكلات والمخاوف العامة 71
10.3.10 الممارسة 10: مؤشرات الأداء 71
10.4 التوزيع المسئول (Responsible Distribution) 71
10.5 الاستدامة 72
10.5.1 تمهيد عن الاستدامة 72
10.5.2 الطاقة البديلة 72

11 التواصل في حالة المخاطر 74
11.1 ما المقصود بالتواصل بشأن المخاطر؟ 74
11.2 لماذا يعد التواصل بشأن المخاطر مهمًا؟ 75
11.3 أساسيات التواصل بشأن المخاطر 75
11.4 توصيل المعلومات الفنية والعلمية المعقدة 75
11.5 استيعاب تصور المخاطر لدى العامة 76
11.6 اكتساب الثقة وبناء المصداقية 76
11.7 البحث عن فرص لنشر رسالتك 77
12 مسرد 79
12.1 المصطلحات والاختصارات والألفاظ الأوائلية 79
13 المراجع 91
13.1 قائمة المراجع 91
A معلومات بشأن سلامة العمليات 97
A.1 تقنية العملية 97
A.2 المعدات 97
B خصائص الميثانول/ الكحول الميثيلي 99
B.1 الخصائص الفيزيائية 99
B.1.1 الحالة الصلبة 99
B.1.2 الحالة السائلة 99
B.1.3 الحالة الغازية 101
B.2 الخصائص الكيميائية 101
B.2.1 التفاعلية 101
B.2.2 التحلل 102
B.2.3 حالات التعارض 102
B.3 خاصية التآكل (التآكلية) للفلزات والسبائك والحشوات والبلاستيك 102
B.4 التركيب والخصائص 105
B.5 خصائص الاحتراق والاشتعال 105
B.5.1 وسائط إطفاء الحرائق 105

B.6 الخصائص الديناميكية الحرارية 106
C المعلومات التنظيمية والمعلومات المعنية بالصحة والسلامة الخاصة بالميثانول 109
C.1 اللوائح والقوانين الأمريكية 107
C.2 اللوائح والمعايير والمبادئ الإرشادية الدولية 110
C.3 المعلومات المتعلقة بالمواد الخطرة والصحة والسلامة 114
D قاعدة بيانات الحوادث المتعلقة بالميثانول (1998-2011) 117
D.1 حوادث الميثانول مصنفة بالقطاع والموقع والسبب 117
D.2 وصف الحادث والمرجع أو المصدر 123
E النشرات الفنية 117

العلامات التجارية والملكيات

Responsible Care® هي علامة خدمة مسجلة لـ American Chemistry Council (مجلس الكيمياء الأمريكي) في الولايات المتحدة الأمريكية وعدة كيانات في بلدان أخرى.

Responsible Care® هي علامة تجارية مسجلة للرابطة الكندية لمنتجي المواد الكيميائية.

Responsible Distribution® هي علامة تجارية مسجلة للرابطة الكندية لموزعي المواد الكيميائية.

الفصل

1

1 مقدمة للدليل

يوضح هذا الفصل الغرض من الدليل كما أنه يعد بمثابة مقدمة لسلسلة القيمة الخاصة بالميثانول. وهو يشتمل كذلك على سياسة الإشراف على المنتجات الخاصة بمعهد الميثانول Methanol Institute وكذلك معلومات جهات الاتصال.

1.1 الغرض من الدليل

لقد أنشأ معهد الميثانول Methanol Institute هذا الدليل لكي يكون بمثابة مستند إرشادي لموزعي الميثانول والمستخدمين مثلك. ويكمن الغرض من الدليل في تعزيز التعامل الآمن مع الميثانول من أجل حماية صحتك وصحة زملائك ومكان العمل والبيئة والمجتمع المحيط بك.

وربما تتسع دائرة المستفيدين من هذا الدليل لتشمل أحد العمال في مصنع لمعالجة مياه الصرف في الهند أو مدير مصنع لإنتاج الديزل الحيوي في كندا أو منسق الصحة والسلامة في مصنع لإنتاج الفورمالدهيد في المكسيك أو سائق شاحنة صهريجية في شركة لتوزيع المواد الكيميائية في الجزائر أو مهندس أبحاث يقوم بتطوير خلية وقود في نيوزيلندا أو مراقب إنتاج المواد المقاومة للتجمد في شرق سيبيريا أو مدير محطة شحن في الصين. فالعاملون في سلسلة الإمداد بالميثانول على مستوى العالم يتحدثون بطبيعة الحال عشرات اللغات كما أنهم موجودون تقريبًا في كل بلدان العالم.

وقد صمم هذا الدليل ليكون مصدرًا أساسيًا للمعلومات حول الميثانول خاصة لهؤلاء المسؤولين عن مسألة التعامل الآمن معه. وهو يقدم المعلومات المتوفرة حاليًا حول خصائص الميثانول والأخطار البيئية والصحية ومخاطر السلامة المحتملة، إلى جانب ممارسات التعامل الآمن وإجراءات الاستجابة لحالات الطوارئ والإشراف على المنتجات والتوزيع والتواصل أثناء المخاطر.

والهدف من تنظيم ومحتوى فصول هذا الدليل هو تزويدك على نحو ملائم بالمعلومات العملية. ويتميز النص بالتركيز على الحقائق الرئيسية والمراجع المفيدة. كما يمكن العثور على مزيد من البيانات الفنية الخاصة بخصائص الميثانول الكيميائية والفيزيائية والديناميكية الحرارية في الملاحق. ويقدم قسم المراجع قائمة تضم الموارد العلمية والفنية لمن يرغب في البحث بمزيد من التعمق.

ولتوفير مزيد من الراحة، قمنا بتضمين مسرد للمصطلحات العلمية والمختصرات الشائعة للمساعدة على استيعاب المفردات التنظيمية والتقنية (الفنية).

بالإضافة إلى الدليل، يتوفر لدينا قوائم حقائق حول عدد من الموضوعات المتعلقة بالتعامل الآمن مع الميثانول. وتتضمن هذه الموضوعات استخدام الميثانول كوقود، والاستجابة لحالات الطوارئ، والإشراف على المنتجات، والتأثيرات الصحية.

1.2 سلسلة القيمة الخاصة بالميثانول

الميثانول هو منتج يتمتع بالعديد من الخصائص المفيدة التي تتيح إمكانية استخدامه كوقود أو مادة مضافة للوقود أو مادة كيميائية خام أو مذيب أو مادة مبردة أو مكون أو مادة وسيطة في العديد من البضائع الاستهلاكية. كما يعتبر الميثانول مادة كيميائية خطرة ذات خصائص سمية واشتعالية وتفاعلية عالية، ويمكنه التسبب في حدوث آثار ضارة بالصحة والبيئة عندما لا يتم التعامل معه على نحو مناسب.

وتتضمن المصادر الطبيعية للميثانول الغازات البركانية والنباتات والميكروبات والحشرات كما يُصنع أيضًا من العديد من المصادر غير العضوية والعضوية. ويتم إنتاج النسبة الأكبر من الميثانول من الغاز الطبيعي وذلك في كبرى مصانع إنتاج المواد الكيميائية المتكاملة الواقعة في المناطق التي يتوفر فيها الهيدروكربون الخام بكثرة، مثل الخليج العربي ومنطقة البحر الكاريبي وأمريكا الجنوبية وإفريقيا وروسيا. أما في الصين، على وجه الخصوص، فيتم إنتاج النسبة الأكبر من الميثانول من الفحم. وعلى الرغم من استهلاك الميثانول في جميع أنحاء العالم، إلا أن أعلى نسبة استهلاك له تتحقق في المناطق التي تتمتع بتنمية صناعية عالية مثل أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية وآسيا (اليابان والصين وتايوان وكوريا الجنوبية). ولقد وصل الاستهلاك العالمي عام 2010 إلى ما يقدّر بـ 45,198,000 طن متري.

ونظرًا لبعد المسافات الجغرافية بين مراكز التصنيع الرئيسية والمستخدمين الرئيسيين، يتم نقل ما يصل إلى 80٪ من الناتج السنوي العالمي من الميثانول بين القارات بواسطة الشحن عبر القارات. ويتم استلام الميثانول وتخزينه في محطات تخزين بحرية ومن ثم شحنه عبر الشاحنات وخطوط السكك الحديدية ومراكب نقل البضائع إلى منشآت إنتاج المواد الكيميائية وموزعي الكميات السائبة حيث يتم تخزينه في حقل خزانات وتتم إعادة تعبئته في حاويات أصغر حجمًا. وتقوم الشاحنات الصهريجية والمقطورات باستكمال حلقة التوزيع حيث تقوم بتسليم الميثانول إلى نطاق واسع من المستخدمين النهائيين ضمن سلسلة قيمة الميثانول. ومن بين الاستخدامات الصناعية المتطورة الحديثة للميثانول استخدامه كعامل لفصل النيتروجين في مصانع معالجة مياه الصرف وكذلك كمعامل كيميائي ومذيب في منشآت إنتاج الديزل الحيوي. ولقد ظهرت تطبيقات جديدة للميثانول بظهور ابتكارات تقنية مثل خلايا الوقود للمركبات والمنتجات الإلكترونية الاستهلاكية.

ومن السهل إعادة تدوير الميثانول وذلك بواسطة إزالة الشوائب عبر التقطير واستخدام المادة الناتجة مجددًا. وتتمتع نفايات الميثانول بقيمة حرارية عالية ويمكن استخدامها لاستعادة الطاقة عبر العمليات الإتلافية الحرارية التي تولد حرارة لتمكين التفاعلات الأخرى من الحدوث.

1.3 سياسة معهد الميثانول Methanol Institute للإشراف على المنتجات

بوصفنا رابطة تجارية عالمية معنية بصناعة الميثانول، فإن الإشراف على المنتجات هو الاهتمام الرئيسي الذي نوليه عنايتنا.

وتتحمل لجنة الإشراف على المنتجات التابعة لمعهد الميثانول Methanol Institute مسؤولية مبادرات الصحة والسلامة الخاصة بالميثانول، بما في ذلك تقييم مخاطر المنتج ومخاطر التعرض له عبر سلسلة الإمداد وعمليات التثقيف والتدريب على التعامل الأنسب مع الميثانول. وستفيد وسائل الإشراف على المنتجات التي تم وضعها من قِبل اللجنة وأعضائها صناعة الميثانول على مستوى العالم. وستقوم اللجنة بالتنسيق عن قرب مع اللجان العاملة الأخرى لتقديم أقصى دعم ممكن لمبادرات معهد الميثانول Methanol Institute.

1.4 معلومات الاتصال بمعهد الميثانول Methanol Institute

يقع المركز الرئيسي لمعهد الميثانول Methanol Institute في سنغافورة، وله مكاتب في الولايات المتحدة بالقرب من واشنطن العاصمة. للاطلاع على مزيد من المعلومات أو معرفة المزيد حول المعهد وبرامجه، يرجى الاتصال بـ:

السيد/ جريجوري دولان
المدير التنفيذي لمنطقة الأمريكتين وأوروبا
Methanol Institute
4100 North Fairfax Drive, Suite 740
Arlington, VA 22203
+1(703) 248-3636
gdolan@methanol.org
www.methanol.org

1.5 حول المؤلفين

لقد أسندت لجنة الإشراف على المنتجات التابعة لمعهد الميثانول Methanol Institute مهمة إعداد هذا الإصدار الثاني من الدليل إلى مؤلفي الدليل الأصلي، وهم شركة Alliance Consulting International. وهي شركة محترفة تعمل في مجال الخدمات البيئية والصحية وخدمات السلامة يقع مقرها في سان دييجو بكاليفورنيا ويتكوّن فريق العمل في المشروع من إنريكي ميدينا (الحاصل على درجة الماجستير ومعتمد مهنيًا في مجال الصحة الصناعية، بوصفه متخصصًا في مجال البيئة، ومحررًا ومديرًا للمشروع)، وروبرت ر. روبرتس (الحاصل على الماجستير وماجستير إدارة الأعمال، والمتخصص في الاعتمادية والهندسة التحويلية). وللاطلاع على مزيد من المعلومات حول شركة ألينس العالمية للاستشارات، يرجى الاتصال بـ:

السيد/ إنريكي ميدينا، حاصل على الماجيستير ومعتمد مهنيا في مجال الصحة الصناعية
الرئيس
شركة ألينس العالمية للاستشارات
28th Street 3361
San Diego, California 92104
297-1469 (619)
(فاكس) +1(619) 297-1023
emedina@pulse-point.com

www.pulse-point.com

1.6 إخلاء المسؤولية

كجزء من التزامه تجاه الإشراف على منتجات الميثانول، قام معهد الميثانول Methanol Institute بإعداد هذا الدليل. وهدفه من ذلك هو تحسين مستوى الوعي بالممارسات الآمنة السليمة على الصعيد البيئي عند التعامل مع الميثانول عبر سلسلة التوزيع العالمية بأكملها. وجدير بالذكر أن المعلومات والإجراءات والتوصيات والبيانات الواردة في هذا الدليل هي لأغراض معلوماتية فقط وقد تم إعداده بغرض توفير الإرشاد العام فحسب. لا يتحمل معهد الميثانول Methanol Institute أو مؤلفو التقرير أية مسؤولية مهما كانت فيما يتعلق بدقة وتمام المعلومات والإجراءات والتوصيات والبيانات الواردة في هذا الدليل كما يخلون مسؤولياتهم عن كافة المسؤوليات التي قد تنشأ نتيجة استخدام هذه المعلومات والإجراءات والتوصيات والبيانات. يجب على جميع مستخدمي هذا الدليل الاستمرار في استخدام حكمهم وتقديرهم المستقل في التأكد من تعاملهم مع الميثانول بشكلٍ آمن، والتواصل بشكل مناسب. وأثناء ذلك، يجب عليهم أن يضعوا الأنظمة المحددة التي تناسب الهيكل الإداري الخاص بهم على أفضل نحو، كما تناسب خطوط الإنتاج والموقع والعوامل الأخرى الفريدة التي تخص المستخدم دون غيره. ونحن نحثك على البحث في القوانين واللوائح التنظيمية المحلية التي قد تسري على التعامل مع المواد الخطيرة وسريعة الاشتعال مثل الميثانول. ولا يعتبر هذا الدليل بديلًا للقوانين والتنظيمات المعمول بها، كما لا يغير من التزام المستخدم بالامتثال بشكلٍ تام للقانون الفيدرالي وقانون الولاية والقوانين المحلية.

الفصل

2

2 معلومات عامة حول الميثانول

يلخص هذا الفصل المعلومات الخاصة بالميثانول بوصفه مركبًا كيميائيًا إلى جانب دورة حياته وسلسلة القيمة الخاصة به واستخداماته سواء المعتادة أو الناشئة.

2.1 ما تعريف الميثانول؟

الميثانول كحول عديم اللون، ومسترطب وقابل للمزج بالماء بالكامل، ولكنه أخف كثيرًا من الماء (الوزن النوعي 0.8). وهو مذيب جيد، ولكنه سام جدًا وقابل للاشتعال للغاية. وهذا الكحول أحادي الكربون مذيب متطاير ووقود خفيف.

والميثانول، الذي يعرف أيضًا باسم الميثيل أو كحول الخشب، سائل عضوي عديم اللون عند المعدل الطبيعي للضغط ودرجة الحرارة (م.ض.د: 72^{o} فهرنهايت و1 ضغط جوي). وعلى الرغم من صحة تلك المعلومة، إلا أن هذا الوصف يعد جزءًا بسيطًا من المعلومات التي يجب على من يتعامل مع الميثانول معرفتها وفهمها ليتمكن من نقل الميثانول وتخزينه واستخدامه بأمان.

والميثانول مادة مفيدة للغاية وتختلف استخداماته باختلاف مستخدميه. فقد يستخدمه البعض كوقود وبعض آخر كمادة إضافية للوقود ويستخدمه آخرون كمادة كيميائية خام أو مذيب أو مادة مبردة أو مكون للمواد المانعة للتجمد. ومن بين التطبيقات الناشئة للميثانول استخدامه كمصدر للبروتونات في تقنية خلية الوقود المعتمدة على الميثانول مباشرة وكوقود للمحركات التوربينية لتوليد الطاقة الكهربائية.

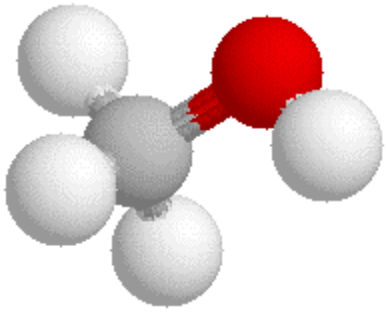
وتستند أخطار الميثانول الرئيسية التي تُعنى بها المنشآت في المقام الأول إلى كيفية استلام الميثانول وتخزينه وكيفية استخدامه ومكان استخدامه والكمية المخزونة والمستخدمة منه عند أي وقت معين. قد ينجم عن الفشل في التحكم في المخاطر المتعلقة بكمية صغيرة من الميثانول مشكلات لا عواقب لها تقريبًا؛ في حين أن فقدان السيطرة على كمية كبيرة منه قد تنجم عنه عواقب كارثية. ويوفر القسم الثاني من هذا الدليل نظرة عامة على الميثانول للمتعاملين مع الكميات الكبيرة والصغيرة والقائمين على النقل والمستخدمين.

هناك خمسة اعتبارات هامة يجب وضعها في الحسبان عند التعامل مع الميثانول:

1. يعتبر الميثانول مادة سريعة الاشتعال ويسهل إشعالها وتحترق في الهواء وتنفجر فيه أحيانًا.
2. يزيد الوزن الجزيئي لبخار الميثانول بقليل (أكثر كثافة) عن ذلك الخاص بالهواء (32 مقابل 28 جرامًا لكل مول). ونتيجة لذلك، واستنادًا إلى ظروف الخروج أو الانسكاب، قد يتجمع الميثانول السائل وقد ينتقل بخار الميثانول بالقرب من الأرض ويتجمّع في المساحات الضيقة والمناطق المنخفضة عن سطح الأرض. ومن المتوقع أن يتسرب بخار الميثانول، لكونه محايد تقريبًا بالنسبة للطفو، من الأماكن التي تتوفر فيها التهوية. ولكن لا تتوقع أن يتبدد من الأماكن التي لا توجد بها تهوية، مثل بالوعات الصرف، والأماكن المغلقة. وإذا اشتعل الميثانول، فيمكن أن يرتد الاشتعال عائدًا نحو المصدر.
3. في ظل ظروف خاصة ومحددة، قد ينفجر بخار الميثانول عند الاشتعال بدلًا من أن يحترق. وتتعرض خزانات الميثانول للانفجار نتيجة غليان السوائل وتمدد البخار (BLEVE) عند تسخينها من الخارج.
4. يعتبر الميثانول مادة سامة؛ حيث قد يتسبب ابتلاع كمية صغيرة منه (ما بين أونصة إلى أونصتين، 30 إلى 60 مليلتر تقريبًا) في حدوث وفاة؛ ومن المعروف أن الكميات الأقل من ذلك تتسبب في فقدان الرؤية نهائيًا. لا تبتلع سائل الميثانول، ولا تستنشق بخار الميثانول، ولا تمشي على السائل المتجمع، ولا تسمح للبخار أو السائل بملامسة الجلد. يمتص الميثانول عبر الجلد والأنسجة الأخرى ويدخل مباشرة إلى مجرى الدم.

5. والميثانول قابل للمزج في الماء بالكامل، ويحتفظ بقابليته للاشتعال حتى عند درجات تركيز عالية للماء. ويعتبر المحلول الذي يتألف من 75٪ حجمًا من الماء و25٪ حجمًا من الميثانول سائلًا سريع الاشتعال. وهذا بطبيعة الحال له عواقب خاصة فيما يتعلق بمكافحة الحرائق.[1] الميثانول مذيب كيميائي، وهذه الخاصية لها تأثيرات هامة على اختيار المواد المستخدمة في مكافحة الحرائق.

يشتمل جزيء الميثانول على ذرة كربون واحدة وهو بذلك يعد أبسط أنواع الكحوليات التي يمكن اشتقاقها من الهيدروكربونات الطبيعية المشبعة - وهي، الميثان (CH_4) والإيثان (C_2H_6) والبروبان (C_3H_8). والكحوليات المشتقة التي تحتوي على جزيئين وثلاثة جزيئات من الكربون هي الإيثانول والبروبانول على الترتيب. وتشتق الأسماء الكيميائية للكحوليات من أسماء مجموعات الهيدروكربون المقابلة لها. والإجراء المقبول والمتعارف عليه في التسمية هو إضافة المقطع- "--ول" إلى نهاية الاسم. الكحولات الشائعة - مثل الميثانول (CH_3OH)، والإيثانول,(C_2H_5OH)، والبروبانول, (C_3H_5OH) - لها خواص فيزيائية وكيميائية متشابهة، ولكن لها أخطار سمية متباينة لدرجة كبيرة. وكلما زاد عدد ذرات الكربون في جزيئات الكحول، زاد طول سلسلة الكربون المستقيمة وزاد الوزن الجزيئي لجزيء الكحول وقلت درجات حرارة نقطة التجمد وزادت درجات حرارة نقطة الغليان.



شكل رقم 1. الميثانول CH_3OH

وتتشابه بنية الكحوليات مع الماء. بعض خواص الكحوليات، وبالتحديد الميثانول، تماثل خواص الماء. فكل من الماء والميثانول يتكون من جزيئات قطبية. ويسرد الجدول رقم .1 الصيغ البنائية والأسماء التصنيفية والأسماء الشائعة ودرجات حرارة ذوبان ونقطة غليان الحالة الصلبة لثلاثة من الكحوليات.

الجدول رقم .1 ثلاثة كحوليات ممثلة مشتقة من الألكان

التركيب الجزيئي	الاسم التصنيفي	الاسم الشائع	نقطة تجمد السائل	نقطة غليان السائل
CH_3OH	الميثانول	كحول ميثيلي؛ كحول الخشب[2]	-144°فهرنهايت (-97°مئوية)	149°فهرنهايت (65°مئوية)
CH_3CH_2OH	الإيثانول	كحول إيثيلي؛ كحول الحبوب[3]	-175°فهرنهايت (-115°مئوية)	172.4°فهرنهايت (78°مئوية)
$(CH_3)_2CHOH$	2-بروبانول (أيزوبروبانول)	كحول أيزوبروبيلي	-194.8°فهرنهايت (-126°مئوية)	206.6°فهرنهايت (97°مئوية)

إذا تم التعامل مع الميثانول بصورة خاطئة، فإنه يمثل خطرًا على الحياة. فهو سريع الاشتعال وسام ويتفاعل مع الفلزات القلوية والمواد المؤكسدة القوية، كما أنه قابل للمزج بالماء بنسبة 100٪. وتستلزم هذه الخصائص التعامل معه وتخزينه طبقًا لإجراءات محددة، كما سيرد بشكل أكثر تفصيلًا في الأقسام التي ستأتي لاحقًا.

---

[1] راجع النشرة الفنية للتعامل الآمن الصادرة عن معهد الميثانول بعنوان "استخدام الخواص الفيزيائية والكيميائية لإدارة مخاطر السوائل القابلة للاشتعال: الأجزاء 1أ و1ب و2 و 3."

[2] قبل عام 1926، كان يشار إلى الميثانول بمصطلح "كحول الخشب". وأثناء هذه الفترة، تم إنتاج الميثانول بواسطة التقطير الإتلافي للخشب.

[3] يتم إنتاج كحول الحبوب أو الإيثانول بواسطة تخمر الحبوب. وعادة ما يتم إنتاج كميات قليلة من الميثانول بجانب الإيثانول. ونظرًا لأن الميثانول يتسم بدرجة عالية من السُمية، يجب فصله قبل البدء في استخدام الإيثانول.

2.2 دورة حياة الميثانول (سلسلة القيمة)

يتم إنتاج الميثانول وتخزينه وشحنه بكميات ضخمة. ونتيجة للركود الاقتصادي العالمي، فقد ظل العرض والطلب ثابتين تقريبًا، وعلى الرغم من ذلك، تم إنشاء عدد من المحطات الكبيرة وتشغيلها في أواخر عام 2009 وفي الربع الأول من عام 2010، مما أضاف 4.0 مليون طن من الميثانول المستخلص من الغاز الطبيعي.

الجدول رقم .2 ملخص تقديرات الإضافة إلى قدرات إنتاج الميثانول العالمية لعام 2010 (باستثناء الصين) مقدرة بالطن لكل عام

المنطقة	الاستيراد	سعة الإنتاج المضافة	سعة الإنتاج الكلية	الإنتاج	التصدير
منطقة بحر الكاريبي	0	0	8,153	7,541	7012
الشرق الأوسط/ الخليج العربي (بروناي=0.9؛ مصر=1.3؛ عمان = 1.0)	1	3.2	8,063.2	7,759.2	5,931.2
أمريكا الجنوبية (شيلي والأرجنتين؛ فنزويلا =0.9)	0	0.9	4,281	3,567	3,332
إفريقيا	0	0	1758	1475	1447
نيوزيلندا	1	0	530	404	267
أمريكا الشمالية (الولايات المتحدة وكندا)	7,112	0	1,715	1,606	514
أوروبا الغربية	8,062	0	3,310	3,176	3,119
آسيا (اليابان والصين وتايوان وكوريا الجنوبية)	5,427	0	9,931	7,623	206

2.2.1 صناعة الميثانول

تقع الجهات المنتجة للميثانول في المناطق التي تنتج كميات كبيرة من الغاز الطبيعي و/أو البلدان التي تستخلص كميات كبيرة من الفحم، و/أو البلدان الصناعية التي يمكنها الوصول إلى الغاز الطبيعي بكميات كبيرة بتكلفة شحن منخفضة نسبيًا. يزداد المعروض من الغاز الطبيعي كنتيجة لاستخدام تقنيات جديدة للحفر والتفتيت المائي، مما يسمح باستغلال المخزونات منخفضة التكلفة التي لم تكن معروفة من قبل. وحين تضاف هذه المخزونات الإضافية، للمخزونات التقليدية، تخلق تغيرًا في مدى توافر الغاز الطبيعي. وقد نتج عن هذا إنشاء محطات معالجة لتحويل الغاز إلى سائل في آسيا والشرق الأوسط. وفي الإمارات العربية المتحدة، يكون السائل الناتج هو كيروسين عالى الدرجة، يستخدم كبديل للوقود النفاث المشتق من البترول.

وهناك اتجاه آخر للسوق يسببه تكلفة تصنيع الميثانول من الغاز الطبيعي مقارنة بالمصادر الأخرى مثل الفحم. فنظرًا لانخفاض تكلفة تصنيع الميثانول من الغاز مقارنة بتصنيعه من الفحم، فإن منتجي الميثانول عالي التكلفة من الفحم يقلصون الإنتاج، وبخاصة في الصين، حتى يستفيدوا من الميثانول المستورد منخفض التكلفة (من المملكة العربية السعودية ونيوزيلندا وماليزيا وإندونيسيا).

وكما يوضح الجدول رقم 2، فإن عدد المناطق المصدرة أكبر من المستوردة كما أن الإنتاج يتخلف عن السعة. وقبل الكساد الاقتصادي الأخير، كانت أمريكا الشمالية تصدِّر 33٪ من إجمالي إنتاجها. وكان استهلاكها يزيد عن 8 ملايين طن بقليل في عام 2006، ولكنه انخفض بصورة ملحوظة في عام 2010. في حين تقوم أوروبا الغربية بتصدير الجزء الأكبر من إنتاجها، فبلغ استهلاكها حوالي 5 ملايين طن ولكنه انخفض هو الآخر. وقد انخفض الاستهلاك في أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية كنتيجة لتباطؤ عمليات البناء الجديدة وتصنيع السيارات. أما بلدان منطقة بحر الكاريبي والخليج العربي وأمريكا الجنوبية وإفريقيا فتعد بلدانًا مصدرة على نحو خالص، مع ورود غالبية الكميات المصدرة من مناطق بحر الكاريبي والخليج العربي. في عام 2007، أصبحت الصين أكبر منتج ومستهلك للميثانول في العالم، حيث بلغ متوسط طلبها السنوي حوالي 10 ملايين طن. ويبدو أن هذا يمثل نقطة تحول في العرض والطلب العالميين. وهو يمثل أيضًا نقطة بدأ عندها سعر الميثانول في اقتفاء أثر سعر خام البترول صعودًا وهبوطًا. فعندما يكون سعر الميثانول 310 دولار أمريكي/طن، فإنه يكافئ تقريبًا سعر البترول الخام 80 دولار للبرميل لمكافئ البترول.

الجدول رقم 3: موازنة العرض والطلب العالمي للميثانول الصادرة عن خدمات سوق الميثانول (MMSA 2005-2010E)

www.methanolmsa.com

	2005	2006	2007	2008	2009	2010E	متوسط معدل النمو السنوي 05-10E
المعروض من الميثانول							
السعة المكتوبة على بطاقة البيانات	43,349	46,061	52,089	59,117	65,475	73,104	11.0
التعديلات	--	--	--	--	--	(1,250)	
السعة الكلية	43,349	46,061	52,089	59,117	65,475	71,854	10.6
معدل التشغيل الكلي	82.5%	78.7%	74.9%	68.1%	64.3%	62.9%	
الإنتاج	35,773	36,267	39,034	40276	42,106	45,198	4.8
الواردات	18,943	19,387	19,279	20,231	22,503	22,331	3.3
إجمالي المعروض	54,716	55,654	58,313	60,507	64,609	67,528	
الطلب على الميثانول							
فورمالدهيد	13,714	14,481	15,086	15,160	14,193	14,800	1.5
حمض الخليك (الأسيتك)	3,588	3,849	4,003	4,278	4,244	4,585	5.0
ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير.(MTBE)	8,671	7,056	7,094	7,001	6,738	6,943	4.3-
ميثاكريلات الميثيل	1,201	1,249	1,329	1,328	1,261	1,322	1.9
ثنائي ميثيل التيرفثالات.(DMT)	603	537	488	487	467	468	4.9-
الميثان ثيول (كحول كبريتي ميثيلي)	373	394	416	432	425	439	3.3
ميثيل أميني	1,065	1,099	1,140	1,167	1,132	1,201	2.4
كلوريد الميثيل (الكلوروميثان)	1,525	1,572	1,686	1,713	1,692	1,764	3.0
الوقود البديل خلط الجازولين وحرقه	1,075	2,244	2,799	3,091	4,903	5,775	40.0
الديزل الحيوي	264	410	817	909	832	998	30.5
ثنائي ميثيل الإيثير (DME)	176	327	932	1,824	3,338	3,428	81.2
خلايا الوقود	5	5	7	10	5	5	0.5
تحويل الميثانول إلى الأوليفينات	0	3	5	7	7	302	0.0
أخرى	3,499	3,059	3,169	3,038	2,834	3,167	2-
الإجمالي	35,759	55,673	58,251	40,445	42,072	45,198	4.8
الصادرات	18,943	19,387	19,279	20,231	22,503	22,331	3.3
إجمالي طلب الدولة	54,701	55,673	58,251	60,676	64,575	67,528	
الصافي	14	(19)	62	(168)	34	--	

من المحتمل أن يظل السوق العالمي للميثانول، في عام 2010 والمستقبل المنظور، مدفوعًا بالعرض والطلب في الصين مع توقف مصادر الصين عالية التكلفة ومرتفعة الثمن عن العمل، وبالتطبيقات المتعلقة بالطاقة في قطاع النقل وإنتاج الطاقة. ويشهد الميثانول

زيادة في تطبيقاته التي تستخدمه كبديل للجازولين في الصين في عربات الأجرة والنقل العام مثل الحافلات. وقد بدأ حدوث هذا أيضًا بالنسبة للعربات الخاصة، وإن كان على نحوٍ أبطأ.

لا يزال الطلب على المواد التي تغذي الوقود بالأكسجين ثابتًا، مثل ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثر (MTBE) وميثيل ثلاثي أميل الإيثير (TAME) كما هو الحال بالنسبة للطلب على الفورمالدهيد وحمض الأسيتك. ويبدو أن الزيادة في الطلب ناتجة عن زيادة استخدام الميثانول كبديل للجازولين وللديزل الحيوي ولثنائي ميثيل الإيثير (DME)، وهو وقود سائل يشبة غاز البترول المسال (LPG).

ومن المرجح أن زيادة الطلب على ثنائي ميثيل الإيثير (DME) ترجع إلى استخدامه في قطاع توليد الطاقة، واستخدامه كمادة خلط مع غاز البترول المسال (LPG)، وكبديل لوقود الديزل.

وفي البداية، كان يتم إنتاج الميثانول بواسطة التقطير الإتلافي للخشب؛ أما الآن فيتم إنتاجه بنسبة كبيرة من الغاز الطبيعي في مصانع إنتاج المواد الكيميائية المتكاملة كبيرة الحجم. في بعض المناطق - خاصة الصين - يتم إنتاج الميثانول من عملية تحويل الفحم إلى غاز. ونظرًا لاعتماد العالم الغربي على أنواع الوقود الهيدروكربونية وتصنيع المنتجات المشتقة، فإنه يتم إنتاج الميثانول في المناطق التي تتوفر فيها بشكل خام بكثرة (الخليج العربي ومنطقة البحر الكاريبي وأمريكا الجنوبية وإفريقيا ونيوزيلندا). ويتم استهلاك الميثانول في المناطق التي يرتفع فيها مستوى التنمية الصناعية. على النقيض من ذلك، يرتفع الطلب على استخدام الميثانول كوقود وكإضافات للوقود في المناطق ذات الاقتصادات النامية. وتستخدم أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية وعدد من البلدان الآسيوية (اليابان والصين وتايوان وكوريا الجنوبية) الميثانول كمادة خام كيميائية، وفي حالة الصين، يستخدم كوقود بديل. تقوم هذه المناطق بتصنيع المنتجات المشتقة: الفورمالدهيد والراتينجات وأمينات الميثيل وكلوريدات الميثيل ومنتجات السيليكون وثنائي ميثيل التيرفثالات (DMT) وحمض التيرفثاليك (TPA) وميثاكريلات الميثيل.

ومن المرجح أن تواصل تقنية إنتاج الميثانول تطورها خلال هذا القرن بتغير المواد الخام وتحسن المواد المحفزة التي تعمل تحت ضغط منخفض ودرجة حرارة منخفضة وزيادة التطبيقات الخاصة بالميثانول والزيادات التي يشهدها الطلب في الأسواق. كما يتوقع حدوث تطورات تقنية مستمرة في مجال كفاءة المادة المحفزة وتحملها لشوائب مجرى المواد الخام. وقد تعمل المواد المحفزة المحسّنة على زيادة عدد المواد الخام التي يمكن استخدامها لصناعة الميثانول وتقليل متطلبات الطاقة اللازمة لإجراء عملية التصنيع.

2.2.2 الإنتاج المستدام

يتأتى الإنتاج المستدام للميثانول من خلال ثلاث صفات كيميائية محددة:

1. يشتمل الميثانول على مجموعات الميثيل والهيدروكسيل المتوافرة بشكل واسع والمنتشرة إلى حد كبير.
2. يتسم الميثانول بالبساطة من الناحية الكيميائية ويتم تخليقه بسهولة من مجموعة متنوعة من المواد التي تشتمل على الكربون، رغم أن بعض هذه المواد أكثر تكلفة من بعضها الآخر، مثل الغاز الطبيعي.
3. يعتبر الميثانول مكونًا أساسيًا للعديد من المواد المفيدة: أنواع من الوقود ومواد الغراء والمواد البلاستيكية والمذيبات والمواد المانعة للتجمد وغيرها.

يوجد الميثانول بصورته الطبيعية بكميات صغيرة وتركيزات منخفضة. فهو منتج ثانوي طبيعي لغالبية دورات التفكك الحيوي التي تحفزها البكتيريا. وتتمتع المصانع الكيميائية بالقدرة على مضاعفة هذه العمليات الطبيعية وزيادة سرعتها. ونتيجة لذلك، يمكن تصنيع الميثانول، أو لتحري المزيد من الدقة، الميثانول الحيوي، من المواد الطبيعية بسهولة وفاعلية أكثر من الإيثانول - الذي يعد تالي أكبر جزيء كحول – وكذلك من المواد الخام غير الغذائية الأقل تكلفة.

2.2.2.1 إعادة التدوير

الميثانول مادة قابلة لإعادة التدوير بدرجة كبيرة. وكونه مذيبًا، فإنه يمكن فصله بسهولة عن الشوائب بواسطة التقطير. وبالمثل، يمكن استعادة كمية المادة المتفاعلة الزائدة في نهاية العملية وتنقيتها وإعادة تدويرها مجددًا في العملية.

2.2.2.2 إعادة الاستخدام

ونظرًا لأن الميثانول مكون أساسي في عدد كبير من المواد المعقدة من الناحية الكيميائية مثل المواد البلاستيكية، فإنه يمكن استعادته من هذه المواد وذلك بواسطة عمليات الإتلاف الكيميائي، التي تعمل على تحلل الجزيئات غير العضوية المعقدة إلى مكوناتها البسيطة.

2.2.2.3 إدارة النفايات

عادة ما يستخدم الميثانول كمذيب في العديد من التفاعلات العضوية، ويعتبر الميثانول الناتج المستهلَك نفايات خطرة في الولايات المتحدة. وتعد عملية تقطير المذيب المستهلك لاستعادة الميثانول بغرض إعادة تدويره عملية قياسية. إلا أن عملية إزالة بعض الشوائب قد تتسم بالصعوبة أو الخطورة أو التكلفة العالية. وفي مثل هذه الحالات، يمكن استخدام نفايات الميثانول المستهلك كوقود ثانوي لاستعادة الطاقة.

وفي المستقبل، سيتم استخدام عمليات جديدة بمساعدة مواد محفزة جديدة لاستعادة النفايات العضوية. كما هو الحال مع عملية فصل النيتروجين في مصانع معالجة مياه الصرف، الموضحة في قسم لاحق، سوف يُستخدم الميثانول لتقليل النفايات الناتجة من العمليات الحالية وإعادة استخدام النفايات الناتجة من مجاري نفايات أخرى.

2.3 استخدامات الميثانول

لقد تغيرت أسواق الميثانول خلال الخمس عشرة سنة الماضية مع استمرار تغير أنماط الاستخدام والطلب. وسيؤدي تطور الوقائع الاقتصادية والبيئية وتلك المتعلقة بالطاقة إلى استمرار دفع سوق الميثانول في المستقبل المنظور.

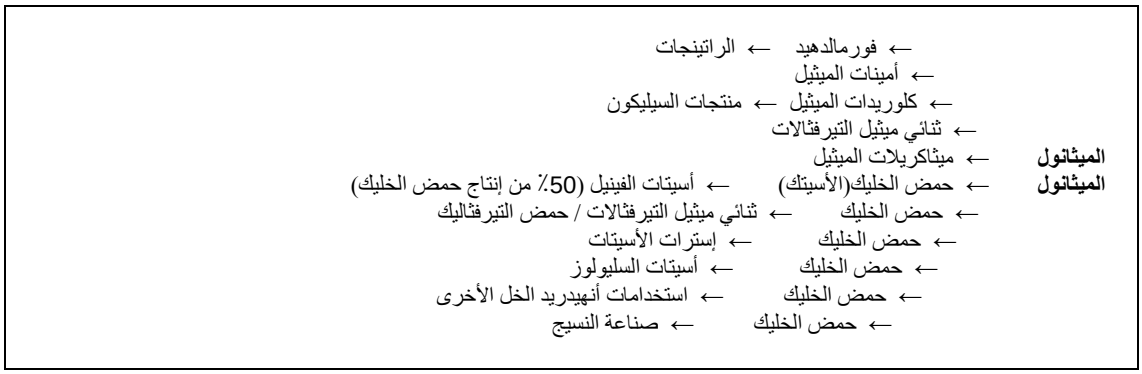
وخلال الربع الأول من عام 2008، تجاوزت أسعار النفط الخام 140 دولارًا أمريكيا للبرميل. وفي نفس الوقت، انخفضت أسعار الغاز الطبيعي (الميثان) (في الولايات المتحدة بصفة خاصة) عن أسعار النفط الخام. ولقد أُلقيّ باللوم بشكل جزئي على استخدام المحاصيل الغذائية في إنتاج وقود الإيثانول لتحكم ذلك في العرض والطلب الخاص ببعض السلع الغذائية الرئيسية. ولقد أدت هذه الظروف إلى زيادة الدوافع التي تحث على استخدام الميثانول كبديل للإيثانول كمادة إضافية مباشرة لوقود المحركات لتقليل الانبعاثات في الهواء وربما في نهاية الأمر كوقود بديل للسيارات. وقد يصبح هذا عاملًا أساسيًا في العرض والطلب سواء في البلدان المتقدمة أو النامية، وبخاصة في آسيا.

وبدأت تطبيقات جديدة أخرى للميثانول في مجالي الوقود/الطاقة في الظهور، مثل المحركات التوربينية التي تعمل بالميثانول وخلايا وقود الديزل الحيوي والميثانول المباشرة. بالإضافة إلى ذلك، بدأت تطبيقات مثل معالجة مياه الصرف، تستخدم كميات متزايدة من الميثانول في عملية فصل النيتروجين.

وعلى مستوى العالم، يستحوذ تصنيع الفورمالدهيد على 40٪ تقريبا من نسبة الطلب على الميثانول لإنتاج مواد الغراء والمواد اللاصقة المصنوعة من راتينج اليوريا فورمالدهيد والفينول فورمالدهيد. وهي مواد تستخدم على نطاق واسع كمواد لاصقة في ألواح الخشب الحبيبي والخشب الرقائقي والخشب الليفي. ولقد انخفض الطلب على مواد البناء هذه بشكل حاد نتيجة للكساد الذي خيم على إنشاءات المباني الجديدة. وفي الوقت الحالي، يتغير توزيع الطلب على الميثانول بشكل جذري. ومن المنتظر أن يستمر ذلك أثناء العقد التالي.

2.3.1 المواد الكيميائية الوسيطة

يعتبر الميثانول مكونًا أساسيًا لعملية تخليق المواد الكيميائية ولذلك هو يعتبر نقطة البدء للمشتقات الأولية والثانوية والثالثية. ويعد الفورمالدهيد هو المنتج الأساسي ثم يتبعه حمض الخليك (الأسيتك). ويلخص الشكل رقم 2 دور الميثانول في إنتاج المواد الكيميائية الوسيطة الخام.



الشكل رقم 2. الميثانول كمادة كيميائية وسيطة خام

2.3.2 تطبيقات الوقود

لقي استخدام الميثانول بغرض دعم النقص في أنواع وقود المحركات التقليدية وفي نهاية الأمر استبدالها به اهتمامًا واسعًا أثناء زيادة أسعار النفط الخام في سبعينيات القرن العشرين. وفي الثمانينيات، لقي نفس الاهتمام فيما يتعلق بمصادر الطاقة البديلة وخاصةً في أنواع وقود المحركات البديلة.

وأُعتبر الميثانول في هذا الوقت بديلًا محتملًا للجازولين المشتق من النفط الخام. وأثناء السنوات الفاصلة بين ارتفاع الأسعار في عام 1970 وفي عام 2010، قامت العديد من الوكالات والمؤسسات بتقييم مخاطر استخدام الميثانول كوقود للمحركات والتحديات والفوائد التي تنطوي على ذلك. وتوضح دراسة أجرتها (United States Environmental Protection Agency (EPA (الوكالة الأمريكية لحماية البيئة) [63] أن استخدام الميثانول كوقود محركات أكثر أمنًا من الجازولين. في حين أوضحت دراسات أخرى أن الأخطار الناجمة عن استخدام سائقي المركبات للميثانول أكثر من تلك الناجمة عن الجازولين. هذا إلى جانب وجود عامل مهم لا يؤخذ

عادة بعين الاعتبار ألا وهو نسبة الميثانول المستخدمة في مزيج الوقود. وتتراوح نسبة محتوى الميثانول التي قد تشتمل عليها أحدث الأنواع المتوقعة من مزيج الوقود للمركبات من 5-15٪ وحتى 70-85٪، وليس ميثانول صافيًا بنسبة 100٪. ونظرًا لأن الميثانول أصبح متوفرًا على نطاق واسع كوقود للمحركات، فسيتحتم إيجاد حلًا لهذه الاختلافات.

وتتعلق مسألة السلامة العامة عند استخدام الميثانول كوقود للمركبات باحتمال تسببه في اندلاع حرائق بالمركبات مقارنة بالجازولين. وتفيد دراسة حديثة أجرتها National Fire Protection Association (NFPA) (الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق) [43] أن معدل نشوب حرائق المركبات في الولايات المتحدة بنسبة 45٪ في الفترة ما بين 1980 و2006 إلى أدنى مستوياته في 20 عامًا. وقد وجد أن حرائق المركبات تتسبب في 15٪ من نسبة حالات الوفيات بين المواطنين و12٪ من الخسائر في الممتلكات ككل. وما كان مثيرًا للاهتمام، هو أن 3٪ فقط من حرائق المركبات تضمنت حالات تصادم، والتي تسببت في أكثر من نصف حالات الوفاة. ويقع أكثر من نصف حالات الحرائق نتيجة لأوجه قصور في المكونات، مثل التسربات في نظام الوقود أو تفكك وصلات الأسلاك أو انكسار العزل. ولا يعد نوع الوقود العامل الرئيسي في وقوع حوادث حرائق المركبات. وتعد إجراءات الصيانة المناسبة هي وسيلة الوقاية المثلى من نشوب الحرائق، وذلك وفقًا لرابطة NFPA.

يتمتع مجال سباق السيارات بخبرة عملية كبيرة في تحديد أنواع وقود المحركات واستخدامها، بما في ذلك الأنواع المتنوعة من مزيج الميثانول المستخدم كوقود والإيثانول والجازولين. ففي مضمار السباق، يعتمد نوع الوقود الأنسب على نوع السباق، كما يحدد نوع السباق السمات المطلوبة في السيارة. فعلى سبيل المثال، قبل عام 2006، استخدمت NASCAR (الجمعية الوطنية لسباق السيارات) في محركاتها جازولين يشتمل على رصاص 110 أوكتان، وهو وقود يختلف عن المستخدم في السيارات التي يحق لها السير في الطرقات العامة، والتي تستخدم الجازولين الخالي من الرصاص والذي يتراوح رقمه الأوكتاني من 87 إلى 93. في عام 2006، قامت جمعية NASCAR بالتغيير إلى جازولين SUNOCO 260 GTX ليكون وقود سيارات السباق المعتمد. ووقود SUNOCO هو وقود خالٍ من الرصاص، ويبلغ رقم الأوكتان به 99. ويحظر إضافة أية مواد إضافية مؤكسِدة إليه. وهذا الوقود المعتمد من قبل جمعية NASCAR مشتق من النفط بشكلٍ تام ويعمل تحت نسب ضغط تبلغ 12:1.

وبالمقارنة، فإن السيارات المشاركة في سباق إنديانابوليس الذي يبلغ طوله 500 ميل (يعرف اختصارًا باسم إندي) استخدمت الميثانول النقي قبل عام 2006 وهو الوقت الذي تم فيه تغيير الوقود إلى مزيج من الميثانول/إيثانول بنسبة 90٪/10٪ ثم إلى مزيج 98٪ إيثانول/2٪ جازولين في عام 2007. وتتراوح نسبة الميثانول أو الإيثانول في مزيج الجازولين-ميثانول والجازولين-إيثانول المتوفر تجاريًا من 10٪ إلى 30٪. يتم اختيار كل وقود لغرض محدد كما أنه يتمتع بميزات وعيوب مقارنةً بالخيارات الأخرى الممكنة.

يتمتع وقود الميثانول ولاحقًا الإيثانول المستخدم في السيارات المشاركة في سباق إندي بميزة إتاحة فرصة عمل المحركات عند معدلات ضغط عالية للغاية، الأمر الذي ينتج عنه توفير قدر أكبر من الطاقة لمقدار معين من إزاحة المحرك عن ذلك القدر الناتج في محركات سباق جمعية NASCAR. وعلاوة على ذلك، وتعزيزًا لأسباب اختياره كوقود، يتمتع الميثانول وبديله الحالي المتمثل في الإيثانول، بالعديد من ميزات السلامة المرغوبة:

- يتميز لهب الميثانول بأنه ذو درجة حرارة منخفضة وغير مضيء؛ وبذلك تقل الطاقة الحرارية المشعة الناتجة عن حرائق الميثانول كثيرًا عن تلك التي تنتج عن حرائق الجازولين، التي يتسم اللهب فيها بأنه ذو درجة حرارة لهب أعلى كما أنه يحترق بلهب مضيء.
- نظرًا لانخفاض الطاقة الحرارية المشعة، فإن حرائق الميثانول تنتشر ببطء عن حرائق الجازولين. وبالمثل، فإن قصر مسافة الاقتراب المسموح بها يتيح استخدام الأدوات المحمولة الخاصة بإخماد الحرائق بشكل أكثر فاعلية. وعند استخدام طفايات الحريق المحمولة، يجب تصويبها على قاعدة اللهب، وليس على اللهب ذاته.
- يبلغ التركيز اللازم للميثانول في الهواء لحدوث احتراق أربع مرات قدر ذلك الخاص بالجازولين. وبالمصادفة، فإن ضغط بخار الميثانول أقل عند درجة حرارة معينة. وعند أي درجة حرارة محددة مسبقًا، يطلق الميثانول بخارًا أقل من الجازولين. وبمعنى آخر، كي يتمكن الميثانول من إنتاج تركيزات البخار (أكبر من 6% حجمًا) اللازمة لدعم حدوث احتراق في الهواء، فإنه يجب رفع درجة حرارته إلى درجة حرارة أعلى.
- يقترب بخار الميثانول من كونه محايدًا بالنسبة للطفو؛ لذا تميل الأبخرة بالأكثر إلى التبدد، ولها قابلية أقل للتدفق بمحاذاة الأرض والتجمع في المناطق المنخفضة مقارنة بأبخرة الجازولين. إلا أن التقارير توضح أن بخار الميثانول يتجمع أحيانًا في المناطق المنخفضة.
- أفضل الطرق لإخماد حرائق تجمع الميثانول الكبيرة هي استخدام الرغوة المقاومة للكحول، إلا أنه يمكن إخماد الحرائق الصغيرة باستخدام أدوات إخماد الحرائق المحمولة و/أو مرشات المياه، على أن تكون كمية الماء أربع مرات (ويفضل أن تكون خمس مرات) قدر تجمع الميثانول على الأقل. لا بد أن تكون الحاويات الثانوية قادرة على استيعاب من 4-5 مرات قدر حجم تجمع الميثانول.

وتسري هذه الاعتبارات أيضًا على وسائل النقل المعتادة وخاصةً حرائق السيارات. وعند الفرار من حرائق الجازولين التي تنشب بالسيارات، فإن العوامل المتمثلة في وقت الهروب ودرجة الحرارة والوقوف على مسافة آمنة ومعدل انتشار الحريق وسهولة إخماد اللهب من الاعتبارات المهمة لسلامة الأرواح. وهذا صحيح بصفة خاصة بالنسبة للوقود المخلوط من الميثانول/الجازولين. ولابد من التوضيح بتفصيل أكبر، بالنسبة لتجمعات الخزانات ومحطات الوقود.

ولقد وقع اختيار مسؤولي سباق إندي على استبدال الجازولين بالميثانول (ثم الإيثانول فيما بعد) بهدف رفع مستوى السلامة لقائدي السيارات وفريق عمل التموين بالوقود. وربما يختار قائدو السيارات من العامة استخدام الميثانول و/أو أنواع مزيج الميثانول كبدائل للجازولين. ومن المتوقع أن يكون لهذا التغيير مزاياه وعيوبه. ومن الفوائد المتوقعة زيادة الأمان بالنسبة للسائق والراكب. ومن الفوائد المتوقعة الأخرى تقليل احتمال حدوث الحريق في محطات الوقود وهو احتمال منخفض بالفعل. ومن العيوب زيادة تعقيد الاستجابة لحرائق الشاحنات الصهريجية، والصهاريج المحمولة بالسكك الحديدية، ومرافق توزيع الوقود. ولابد من أن يكون المستجيبون للحرائق مدربين بشكل أفضل، ويعملون بإدارة بأفضل، ومجهزين بمعدات مثل الرغوة المكونة لطبقة مائية والمقاومة للكحول (AR-AFFF)، والتي لا تتوفر في جميع الظروف.

ولقد أشارت دراسة حديثة [49] إلى أن الدافع الأساسي للتغيير من الجازولين إلى الميثانول هو توفر مصادر الحصول على غاز الميثان وتنوعها. ومن بين المشكلات التي تواجه هذا التغيير مقدار الطاقة المرتفع اللازم لإنتاج غاز الهيدروجين اللازم لتخليق الميثانول باستخدام التقنية المتاحة حاليًا. ولقد تناولت Methanol Conversion Group (مجموعة تحويل الميثانول) [67] إمكانية استخدام الميثانول كوقود من الناحية الفنية. والنتيجة العامة هي أن الإحلال المباشر للجازولين بالميثانول مُجدي من الناحية الفنية.

ويتطلب الوضع الحالي للعرض والطلب على النفط الخام على مستوى العالم إجراء تغييرات جوهرية في استهلاك وتكوين الوقود وتصميم المركبات وطريقة عملها. ومن المرجح أن يكون الميثانول عاملًا مهمًا في هذا التغيير، الأمر الذي يلقي بمسؤولية كبيرة على عاتق ناقلي الميثانول والمتعاملين معه ومستخدميه فيما يتعلق بالمعايير المقبولة لممارسة الإشراف على المنتجات.

2.3.3 إنتاج وقود الديزل الحيوي

وقود الديزل الحيوي هو وقود ديزل مشتق من المواد القابلة للتحلل الحيوي، خاصة مخلفات الخضروات أو الزيوت المستخلصة بالإذابة، بدلًا من نتاج تقطير المواد النفطية.

وهناك العديد من الأسباب لإنتاج الديزل الحيوي، التي تمتد من كونه منخفض التكلفة إلى كونه "صديقًا للبيئة". وتستمر أسعار وقود الديزل في الارتفاع عالميًا، وقد وصلت مؤخرًا إلى 5.00 دولار أمريكي للجالون في بعض مناطق الولايات المتحدة. ويتيح الديزل الحيوي إمكانية إعادة تدوير مواد النفايات واستبدال مورد مستهلك بآخر متجدد. كما أنه ينوِّع من قاعدة مصادر الوقود بدلًا من الاعتماد على الوقود المشتق من البترول وحده. وبصرف النظر عن الدافع، فإن إنتاج الديزل الحيوي يتضمن استخدام كحول صافٍ (نقي بنسبة 100٪)، يكون عادةً إما ميثانول أو إيثانول.

ويتم إنتاج الديزل الحيوي من خلال تفاعل الزيوت النباتية والدهون الحيوانية[4] مع الميثانول النقي أو إيثانول تبلغ قوته المعيارية 200 في وجود هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم كعامل محفز. ويطلق على العملية الكيميائية اسم الأسترة التحويلية. والهدف منها هو تحويل الجزيئات الدهنية الموجودة في الزيوت إلى إستر وديزل حيوي والباقي إلى جلسرول، وهو منتج ثانوي يمكن معالجته لصناعة الصابون، أو التخلص منه باعتباره من النفايات وفقًا للظروف. وبمجرد أن يجف، يمكن حرق الجلسرول على أنه وقود أو استخدامه كمادة إضافية في أعلاف الماشية.

وعندما يستخدم الميثانول لمعالجة النفايات الحيوية لتحويلها إلى ديزل حيوي، فإنه ينتج وقودًا هيدروكربونيًا يتمتع بخصائص تشبه خصائص وقود الديزل. ويمكن إتمام عملية التحويل وفقًا لنطاقات تتراوح من دفعات بسعة 30 جالون في حجم سلة المهملات وعمليات متواصلة تجري بشكل متقطع ومصانع تعمل بشكل متواصل وتتراوح سعتها من 4 ملايين إلى 100 مليون جالون (15000 إلى 378000 متر مكعب) سنويًا.

وعادة ما يكون الأشخاص الذين يستخدمون الميثانول لإنتاج الديزل الحيوي على نطاق الدفعات الصغيرة كيميائيين غير مدربين. وعلى الأرجح، يكون المشغلين غير ملمين بالأخطار والإلتزام بتطبيق اللوائح اللازمة لصناعة الوقود بأمان وعلى نحو قانوني. فقد لا يكون هؤلاء الأشخاص مدربين أو يتمتعون بخبرة التعامل مع المواد الكيميائية المركزة الخطرة مثل محلول القُلي (هيدروكسيد الصوديوم/البوتاسيوم، Na/KOH) والميثانول.

ومن المرجح أن يكون المشغلون الذي يعملون في العمليات المستمرة التي تجري بشكل متقطع على دراية بالاحتياطات والقوانين المعمول بها فيما يتعلق بإنتاج الديزل الحيوي، لكنهم قد يكون أو لا يكون لديهم المعدات المناسبة والإجراءات والتدريب اللازم لحماية أنفسهم والتعامل مع المواد الكيميائية بكفاءة.

ومن المرجح أن يكون العاملون في العمليات المستمرة محدودة النطاق قادرين على الوصول إلى أشخاص مدربين في مجال الكيمياء والسلامة الكيميائية كما يحتمل أن يكونوا على اتصال بالهيئات التنظيمية بخصوص اللوائح التنظيمية في مجال الصحة والسلامة وسلامة العمليات والتقارير الكيميائية والتخلص من النفايات.

يعتبر الزيت المستهلك مادة حمضية. تتم إضافة مزيج من هيدروكسيد الصوديوم/البوتاسيوم إلى ميثانول نقي تقريبًا ويتم مزجها حتى تكتمل عملية التحول إلى ميثوكسيد الصوديوم/البوتاسيوم، مركب قلوي قوي جدًا. بعدها يتفاعل الميثوكسيد مع مزيد من الميثانول

[4] يتم التركيز على استخدام الزيوت النباتية نظرًا لأن الدهون الحيوانية عرضة للتلف. وبالإضافة إلى كونه أمرًا كريهًا، يؤدي التعرض للتلف إلى تقليل الناتج من عملية التحويل.

والزيت النباتي أو المستهلك في مفاعل حتى تكتمل عملية الأسترة. وعند هذه المرحلة، سيحتوي المفاعل على منتجين خام: طبقة علوية فاتحة اللون من إسترات الميثيل تطفو على سطح منتج ثقيل وداكن اللون من الجلسرول. ويتم فصل منتجات التفاعل إما بتصفية الديزل الحيوي وفصله عن الجلسرول أو ترشيح الجلسرول وفصله عن إسترات الميثيل.

ويتبقى تقريبًا 30٪ حجم من إجمالي الميثانول الأصلي الداخل في التفاعل غير متفاعلًا ويمكن استعادته عبر التقطير بالتفريغ وإعادة تدويره. وبعد التقطير، يتم غسل الديزل الحيوي بالماء، ثم فصله عن ماء الغسل وأخيرًا يتم تجفيفه للحصول على منتج الديزل الحيوي الجاهز للاستخدام.

يجب اتباع عدد من الاحتياطات:

- يجب تخزين الميثانول في مواقع مخصصة لهذا الغرض حيث يكون محميًا من مصادر الحرارة والاشتعال. يجب أن تكون الأنظمة الكهربائية مغلفة بالكامل ومقاومة للانفجار. ولمنع امتصاص الميثانول للرطوبة، يجب تخزينه في حاوية محكمة الغلق. وإذا كانت الحاوية محكمة الغلق، فيجب أن تكون ذات حجم يسمح بالتمدد الحراري؛ وإلا، فقد يتسبب التغير الكبير في درجات الحرارة في تمدد الميثانول وتكسير الحاوية.
- يجب تخزين الميثانول في منطقة تعتبر مصدًا أو تتسم بارتفاعها عن الأرض المحيطة بها أو مطوقة بسياج وتكون جيدة التهوية، وهي، إذا تم تصميمها بالتوافق مع رابطة NFPA 30 [45]، يمكنها احتواء على الأقل 110٪ من الكمية التي يستوعبها أكبر خزان ميثانول في المنطقة التي يتواجد بها. وتفيد أفضل عمليات التخزين بأنه يتم احتواء ما يزيد عن 110٪ بكثير. يجب بعد حدوث تسرب داخل منطقة الاحتواء، تغطية تجمع الميثانول الناتج بشكل تام باستخدام رغوة مقاومة للكحول. وإذا تمت تغطية المنطقة بمادة غروية على النحو الملائم، فإنه يمكن تخفيف الميثانول المنسكب باستخدام ماء يبلغ أربع مرات قدر كمية الميثانول لتقليل خطر حدوث حريق. ويمكن أن يؤدي وجود مسافة غير كافية بين سطح الماء داخل منطقة المصد إلى غمر المصد وحدوث ما يعرف بـ "حريق متحرك." وتصعب السيطرة على الحرائق المتحركة.
- من المستحسن تسخين الزيت المستهلك مسبقًا قبل التفاعل مع الميثوكسيد. كما يجب توخي الحرص عند القيام بذلك لمنع تناثر قطرات الزيت والاشتعال العرضي عند إضافة مادة هيدروكسيد الميثانول المتفاعلة.
- يجب توخي الحذر عند التعامل مع الميثانول وإضافة الهيدروكسيد وكذلك خلط الهيدروكسيد ووضع الميثوكسيد في الزيت المستهلك.
- يعد التحكم في درجة الحرارة خلال العملية ككل أمرًا بالغ الأهمية للحصول على عملية آمنة وفعالة. فإذا ارتفعت درجة الحرارة لمستوى عالٍ جدًا، وكان الرج قوياً للغاية، فمن المحتمل حدوث حريق و/أو انفجار. أما إذا كانت درجة الحرارة منخفضة جدًا وكان الرج خفيف جدًا، فلن يكتمل التفاعل.
- إن احتمالية حدوث عمليات انسكاب متساوية خلال العملية. ويفضل استخدام مفاعل مغلق، سواء المتقطع أو المستمر، عن مفاعل مفتوح للهواء.

2.4 استخدامات الميثانول الناشئة

تمثل التطبيقات السالف ذكرها معظم الاستهلاك العالمي من الميثانول في الوقت الحالي. ورغم ثبوت الاستهلاك أثناء الركود الاقتصادي الذي حدث مؤخرًا، إلا أنه من المتوقع زيادة استهلاك الميثانول نتيجة التطبيقات الجديدة والتقنيات الناشئة وزيادة الطلب في الدول النامية في غضون الأعوام من 2010 وحتى 2020.

ونستعرض هنا أربعة من هذه الاستخدامات الجديدة:

1. فصل النيتروجين في محطات معالجة مياه الصرف بالنسبة لسائل الصرف المحتوي على مكونات عضوية.
2. وقود في المحركات التوربينية التي تعمل بالميثانول.
3. وقود في خلايا وقود الميثانول المباشرة.
4. منع وتجنب اختلاط الغاز الطبيعي بالماء في عمليات إنتاج الهيدروكربون في عرض البحر في المياه المتوسطة والعميقة.

يجبر الارتفاع الحالي في أسعار الوقود قائدي السيارات على تغيير عادات القيادة وتغيير الوقود و/أو المركبات للتغلب على تكلفة الوقود المرتفعة. ومن المرجح تزايد الضغط لتطوير نماذج بديلة لمصادر الطاقة والنقل، بما في ذلك خلايا الوقود والمحركات التوربينية التي تعمل بالميثانول.

2.4.1 فصل النيتروجين من مياه الصرف

تشتمل مياه الصرف التي يتم تجميعها في محطات معالجة مياه صرف البلدية على مستويات مرتفعة من النيتروجين في صورة نترات ومُركّبات معالجة بالنشادر (NH_3 – نشادر لا مائي؛ NH_4OH – هيدروكسيد أمونيوم وما إلى ذلك). ويعد النيتروجين سمادًا ممتازًا، مما يزيد من نمو النباتات في التربة والماء. وقد يتسبب النمو الزائد للنباتات في تدمير الأنظمة البيئية إذا تم تصريف سائل الصرف في

المياه الطبيعية، مثل الجداول والأنهار والبحيرات وحتى المحيطات. وعملية فصل النيتروجين باستخدام الميثانول بسيطة وفعّالة ووسيلة قليلة التكلفة نسبيًا لإزالة النيتروجين الزائد ومنع نمو النباتات.

وبالمفهوم الأشمل، تقوم عملية فصل النيتروجين بإزالة النيتروجين ومركباته من التربة والوسط المائي. ويقصد بها تقليل كمية السماد المتاح للأحياء النباتية، مما يقلل من معدل نمو الطحالب. ويكون ذلك ضروريًا في الظروف التي يتلقى فيها مستجمع المياه خليطًا من المواد الغذائية الزائدة العضوية والنيتروجينية. وفي هذه الحالة، يمكن أن يزيد نمو النباتات إلى حد القضاء على الأكسجين المذاب ليصبح دون المستوى اللازم لدعم نظام عمود المياه البيئي. وقد تصبح العواقب البيئية مدمّرة.

تعد عملية فصل النيتروجين عملية طبيعية، تحدث في المياه السطحية والجوفية وفي التربة القريبة من السطح. وفي سياق تكييف مياه الصرف، تعد عملية فصل النيتروجين تفاعلاً اختزاليًا كيميائيًا حيويًا في الحالة السائلة يساعد على حدوثه وجود الميثانول. وفي الظروف اللاهوائية (الخالية من الأكسجين)، تحول الكائنات المجهرية مثل البكتيريا المكونات التي تحتوي على النيتروجين (مثل الأمونيوم (NH_4^-)، والنشادر (NH_3)، والنيترات (NO_3^{-1})، والنيتريتات (NO_2^{-1})، والنيتروجين العضوي البروتيني) إلى عنصر النيتروجين (N_2). والتفاعل الكيميائي الإجمالي هو

$$6\ NO_3^{-1} + 5\ CH_3OH_{(l)} \rightarrow 5\ CO_{2(g)} + 3\ N_{2(g)} + 7\ H_2O_{(l)} + 6\ OH^{-1}{}_{(l)}\ .$$

وتتحد ذرات عنصر النيتروجين وتكون غاز ($N_{2(g)}$) ، والذي ينطلق إلى الغلاف الجوي، مما يختزل النيتروجين المتاح داخل مياه الصرف الخارجة. وتقلل محدودية كمية النيتروجين المتاحة كسماد من نمو النباتات. وينخفض كذلك امتصاص الأكسجين، ويصبح الأكسجين المذاب متاحًا أكثر عبر عمود المياه.

وإذا تُركت مياه الصرف دون معالجة، فإن المادة العضوية التي يحتوي عليها تتحد مع الأكسجين، مما يقضي على الأكسجين المذاب في المياه الطبيعية التي تتلقى مياه الصرف. وبدون وجود الأكسجين الكافي، تختنق الكائنات الحية المائية وتموت. وباختصار، يضاف الميثانول إلى السوائل الخارجة من محطات مياه الصرف للحفاظ على النظام البيئي للحياة البرية ولحماية البيئة.

ويمكن الحصول على طاقة الأيض التي تحتاجها الكائنات المجهرية لتكسير الرابطة الكيميائية بين النيتروجين والأكسجين من مادة ركيزة قابلة للتحلل الحيوي وتحتوي على الكربون، مثل الميثانول، أو من الأكسجين المذاب ($O_{2(g)}$). وعن طريق فرض ظروف نقص الأكسجين، يُجبر تفاعل التحويل الاختزالي على الحدوث عند رابطة النيتروجين مع الأكسجين، بدلًا من رابطة الأكسجين مع الأكسجين، مما يزيل النيتروجين ويحفظ الأكسجين في النظام.

ويحسن وجود كميات كبيرة من مركبات النيتروجين من نمو الطحالب وغيرها من النباتات المائية، وبذلك يخنق حتى المسطحات المائية الكبيرة بمواد نباتية مُسمَدة بالنيتروجين. ويمكن أن تزداد حدة تأثير النمو الزائد للنباتات على النظام البيئي المائي، حتى في المسطحات المائية الكبيرة، إلى درجة أن يصبح سائل الصرف الخارج من محطات معالجة النفايات خاضعًا للتنظيم من قِبَل وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة (EPA). ويمكن أن تؤدي إضافة الميثانول، وهو سائل قابل للتحلل الحيوي وللذوبان في الماء، عند مرشحات فصل النيتروجين في محطات المعالجة، إلى شكل جيد التشتت للكربون الذي اكتسب قابلية الذوبان، والذي تستخدمه العديد من الكائنات لفصل النيتروجين عن سائل الصرف. وهناك المئات من محطات المعالجة التي تستخدم عمليات فصل النيتروجين حتى تتمكن من تطبيق الحدود متزايدة الصرامة التي تفرضها وكالة حماية البيئة على النيتروجين في سائل الصرف الخارج من محطات معالجة النفايات والحصول على نتائج ممتازة. ويمكن القيام بذلك بتكلفة أقل بكثير من بعض التقنيات البديلة.

يستخدم حاليًا ما يزيد عن 200 مصنع لمعالجة مياه الصرف في الولايات المتحدة وحدها الميثانول لفصل النيتروجين. ولقد تمكنت إحدى هذه المصانع، منشأة بلو بلينز لمعالجة مياه الصرف في واشنطن العاصمة، من تقليل كمية النترات التي تدخل إلى خليج تشيزبيك من 20 طن إلى 10 أطنان يوميًا، بانخفاض يبلغ 30٪ في مستويات النيتروجين الموجودة في الخليج. ولقد تكلف إنجاز ذلك من 0.50 إلى 0.60 دولار أمريكي لكل رطل نيتروجين تمت إزالته، وهو ما يمثل 12٪ من التكاليف التي وردت مسبقًا.

2.4.2 خلايا وقود الميثانول المباشرة

هناك نحو اثني عشر تقنية لخلايا الوقود حاليًا. ونستعرض هنا تقنية خلايا وقود الميثانول المباشرة نظرًا لأنها تمثل تقنية ناشئة تستخدم الميثانول كوقود. (2.3.2-1 إلى 2.3.2-5)

وتعد خلايا وقود الميثانول المباشرة خلايا كهروكيميائية، وهي تنتج الكهرباء، وتعمل بشكل يشبه إلى حدٍ ما بطاريات السيارات التقليدية الحمضية المصنوعة من الرصاص، ولكن مع وجود مواد حفازة غريبة ومواد خاصة وتقنيات متقدمة وارتفاع بسيط في درجة الحرارة وظروف ضغط التشغيل.

وتعمل خلايا وقود الميثانول المباشرة بطريقة تشابه البطاريات الحمضية المصنوعة من الرصاص، ولكنها تختلف عنها. فهي تستخدم غشاء من البوليمرات بدلًا من إلكتروليت مائي. وتقوم الأغشية بدور الإلكتروليت وتنقل أيونات الهيدروجين (H^+) أو البروتونات، الناتجة عند المصعد (الأنود) إلى سطح المهبط (الكاثود). وتتولد أيونات الهيدروجين في خلايا وقود الميثانول المباشرة، بالأكسدة المباشرة للميثانول (CH_3OH) عند المصعد المحفّز. ويولد تفاعل الأكسجين أيونات الهيدروجين، والتي تنتشر عبر الغشاء إلى المهبط. وتعبر الإلكترونات من تفاعل أكسدة المصعد عبر الدائرة الكهربية الخارجية في صورة تيار كهربي، ويتولد غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) عند المصعد كناتج غازي زائد عن الحاجة.

وتتم تفاعلات اختزال الأكسجين اللازمة لإنتاج أيونات الهيدروجين عند المصعد والماء عند المهبط في الحالة السائلة أو الغازية، طبقًا لتصميم الخلية. ويحقن مخلوط من البخار والميثانول تحت ضغط وعند درجة حرارة مرتفعة إلى داخل حجرة المصعد. ويحسِّن المصعد الذي توضع عليه طبقة من مادة حفّازة خاصة للغاية من الطاقة الحركة للتفاعل الكيميائي، مما يكسر روابط الكربون مع الهيدروجين في جزيئات الميثانول إلى أيونات هيدروجين، ويعيد اتحاد الكربون مع الأكسجين في صورة ثاني أكسيد الكربون (CO_2). وينقل غشاء صلب من البوليمرات أيونات الهيدروجين المتولدة عند المصعد إلى المهبط. ويحتوي المهبط، وهو عبارة عن غرفة مضغوطة من الغاز هو الآخر، على الهواء المضغوط. ويتفاعل الأكسجين الموجود في الهواء مع أيونات الهيدروجين على السطح المغطى بالعامل الحفّاز ليكتمل جزء الاختزال من التفاعل بتكون بخار الماء. وباستخدام مواد حفازة وبوليمرات متطورة للغاية يمكن القول بأن خلية وقود الميثانول المباشرة تحرق الميثانول عند المصعد وتختزل أيونات الهيدروجين عند المهبط، مما يولد تيارًا كهربيًا ويتكون ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

فلز المصعد (الميثانول) النبيل
تفاعل الأكسجين المحفّز:

$$CH_3OH + H_2O_{(بخار)} \rightarrow CO_2 + 6H^+ + 6e^-$$

↓

ينقل الإلكتروليت المصنوع من البوليمرات أيونات الهيدروجين H^+
(البروتونات) من المصعد إلى المهبط:

$$6H^+$$

↓

المهبط (الأكسجين في صورة هواء)
تفاعل محفّز:

$$3/2O_2 + 6H^+ + 6e^- \rightarrow 3H_2O$$

وقود الميثانول سائل يمكن التعامل معه بسهولة، ونواتج تفاعل اختزال الأكسجين هي الماء وثاني أكسيد الكربون بدون ملوثات NO_x و SO_x.

وتتراوح درجة حرارة التشغيل ما بين 60 إلى 130 درجة مئوية وتبلغ درجة الحرارة المعتادة 120 درجة مئوية. وقد يكون ضغط التشغيل أعلى من المعتاد إلى حدٍ ما ويمكن تغييره لتحقيق أفضل أداء في ظل مجموعة ظروف محددة. ومن المتوقع أن تقترب الكفاءة من 40%.

وتعد خلايا وقود الميثانول المباشرة تطورًا عن خلايا الوقود غير المباشرة، والتي تستخدم الهيدروجين (H_2) كوقود بدلاً من الميثانول. وتوفر خلايا وقود الميثانول المباشرة العديد من المزايا بالمقارنة بخلايا الوقود غير المباشرة. وفي خلايا وقود الميثانول المباشرة، يكون الوقود سائلاً ويسهل تخزينه ونقله. أما في الخلايا غير المباشرة، فيستخدم الهيدروجين إما مباشرة أو بتوليده عن طريق إعادة تحويل بالبخار الكيميائي. ويعد تخزين الغاز أمرًا صعبًا وقد يكون خطيرًا، بالإضافة إلى أن تعديل البخار يزيد من تعقيد الخلية.

وتتشابه خلايا وقود الميثانول المباشرة وغير المباشرة إلى حدٍ كبير، إلا أن الميثانول يحل محل الهيدروجين كمصدر للبروتونات، ويكون المصعد في خلايا وقود الميثانول المباشرة عاملاً حفازاً من فلز نبيل. ويوجد في الخلايا من النوعين غشاء من البوليمرات ينقل البروتونات من المصعد إلى المهبط، وينتج كلاهما الماء كمادة زائدة عن الحاجة. وتولد الخليتان التيار الكهربائي عن طريق تفاعل أكسدة يحدث عند المصعد. وتتكون ناحية المهبط من خلية الوقود من الهواء (21% حجمًا من الأكسجين، و79% حجمًا من النيتروجين). وتنتشر أيونات الهيدروجين عبر غشاء البروتونات الإلكتروليتي ويتفاعل مع الأكسجين في الهواء عند الكاثود ليكوِّن الماء.

ويزيد عدد خلايا وقود الميثانول المباشرة بنحو 2000 وحدة كل عام. وتوجد حاليًا 10,000 وحدة تعمل في الميدان. ومعظم هذه الوحدات أقل من 1.5 كيلو وات. ونحو ثلاثة أرباعها تستخدم في التطبيقات المحمولة، والربع الباقي يستخدم في تطبيقات النقل المميزة في الوحدات البحرية والغواصات والسكوتر والدراجات البخارية وكوحدات مميزة تستخدم في عربات النقل. تتواجد معظم الوحدات في أمريكا الشمالية، وأوروبا، واليابان، وبالرغم من ذلك فإن الدول النامية تطبق هذه التقنية بمعدل متسارع. وعند تمام التطوير، قد توضع خلايا الميثانول في المنتجات الإلكترونية الاستهلاكية، أو قد تكون بديلًا لمصادر القدرة في السيارات الهجين. وفي هذا التطبيق الأخير، يتوقع أن تعمل خلايا الوقود وكذلك محرك الاحتراق الداخلي باستخدام الميثانول كوقود.

وتركز التكوينات الحالية على مبدأ الوحدات البنائية في مكونات خلايا الوقود ويمكن تغيير مكان خلايا الوقود بالكامل بسهولة، وتكديس عدد من الوحدات للوفاء باحتياجات الطاقة. وهناك تطبيق يبدو أنه يزداد شعبية وهو استخدام خلايا وقود الميثانول المباشرة لشحن البطاريات، التي توفر بدورها الطاقة للأجهزة الإلكترونية. ويختبر العسكريون هذا الأسلوب في العمليات الميدانية بالنسبة للإلكترونيات، كما تختبره شركة توشيبا لمنتجاتها من الأجهزة الإلكترونية الشخصية مثل الهواتف الشخصية والهواتف الذكية والحواسب المحمولة وبعض الأجهزة الإلكترونية المحمولة الأخرى.

ويطوِّر المصنعون تكوينات ذات وحدات بنائية تعتمد على المكونات، ويمكن استبدالها لاستكمال مكونات مختلفة من الخلية حين تنفذ أو تتقادم. وقد اعتمدت المنظمة الدولية للطيران المدني استخدام خلايا وقود الميثانول المباشرة لتشغيل الأجهزة الشخصية للركاب مثل أجهزة الكمبيوتر المحمولة الخاصة ، أثناء ركوبهم الطائرة. وتمتلك العديد من الشركات القائمة على التطوير خطوط إنتاج تجارية لخلايا وقود الميثانول المباشرة في الوقت الحالي.

ويبدو أن من العقبات التي تحول دون انتشار الاستخدامات التجارية على نحوٍ أوسع، انتقال الميثانول من المصعد إلى المهبط، والنشاط الحفـّاز لمادتي السطح في المصعد والمهبط. وانتقال الميثانول له تأثيران مؤذيان على أداء الخلية. الأول هو استقطاب المهبط، والذي يقلل من فاعلية الجهد الكهربي، والثاني هو فقدان وقود الخلية نتيجة انخفاض سعة القدرة الكهربية. وتجري الآن محاولة لفهم العوامل المختلفة مثل ضغط الأكسجين في جانب المهبط على الخلية، ويبدو أنه يؤدي إلى نتائج مرضية بصورة أكثر.

وقد يكون أحد التطبيقات الأكثر إثارة في تقنية خلايا الوقود هو استبدال البطاريات في السيارات الهجين. وبغض النظر عمّا إذا كان هذا التغيير يحدث لخلايا وقود الميثانول المباشرة أو غير المباشرة، فإن الميثانول له ميزة تكمن في إمكانية استخدام وقود واحد سواء في السيارات الكهربية الخالصة أو الهجين أو ذات المحرك، في إمداد كلًا من المحرك الكهربي والميكانيكي بالطاقة. وستكون إعادة التزود بالوقود مشابهة لما يحدث مع وقود الجازولين، وسوف تخدم جميع أنواع السيارات.

2.4.3 محركات مولدات الكهرباء (التوربينات)

عادة ما تزود التوربينات الثابتة بوقود الغاز الطبيعي أو وقود النفاثات المقطّر، وكلاهما منتجات تكرر من البترول الخام. وتحتوي هذه الأنواع من الوقود على الكبريت والنيتروجين، مما يسبب مشكلات في التوافق لمعايير جودة الهواء. وتقوم وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة بوضع اللوائح التي تضبط جودة الهواء في الولايات المتحدة، تحت رعاية مناطق إدارة جودة الهواء المحلية.

وفي داخل الولايات المتحدة، تراقب انبعاثات النيتروجين والكبريت (NO_x و SO_x) من المصادر الثابتة وتنظم بحزم للتحكم في جودة الهواء. وتعد التكلفة والقيود التشغيلية التي تفرضها هذه اللوائح التنظيمية مرتفعة. فالصناعات التي تستخدم كميات كبيرة من معدات التسخين المباشر، مثل السخانات والأفران والغلايات، لديها دافع لإيجاد وسائل للحصول على حرارة العملية والقدرة الكهربية دون تحمل العقوبات المتعلقة بملوثات الوقود والأكاسيد المسببة للتلوث.

وقد أُعيد تجهيز وحدات الاحتراق ذات مركبات NO_x المنخفضة، وأنظمة مراقبة الهواء لتلائم معظم الأفران والسخانات والغلايات داخل الولايات المتحدة. وقد تسبب أجهزة الاحتراق التي تنتج نسبًا قليلة من مركبات NO_x خطرًا على السلامة إذا زادت أحجام وحدات الاحتراق البديلة لزيادة سعة التسخين لمعدات التسخين المباشر.

وقد بدأ مستخدمو التوربينات وصانعوها منذ عام 1971 في البحث عن تقنية احتراق، يمكن أن تستبدل الغاز الطبيعي وأنواع الوقود المقطر بالميثانول. ولا يحتوي الميثانول على كبريت أو نيتروجين ويحترق عند درجات حرارة أقل، مما يحسن بشدة من جودة هواء غاز المداخن.

وتقل متطلبات مراقبة الهواء كثيرًا بالنسبة للتوربينات التي تعمل بالميثانول عن نظيراتها من التوربينات التي تعمل بالغاز الطبيعي وأنواع الوقود المقطر. وتزداد تكلفة النواحي التشغيلية المتعلقة بمتطلبات التحكم في جودة الهواء مع زيادة صرامة معايير جودة الهواء. وهناك العديد من العيوب المتعلقة بالإشعال بواسطة أنواع الوقود الهيدروكربوني المكرر: تكلفة رأس المال اللازم لمعدات الرقابة وزيادة النفقات التشغيلية وتكلفة عدم التأكد والعقوبات المتعلقة بعدم المطابقة وقصر متوسط الفترات بين الأعطال وما يتعلق بها من زيادة نفقات الصيانة وقصر عمر مكونات التوربينات وزيادة التكلفة المتعلقة بعدم إتاحة النظام على مدار عمره بالكامل. وبأخذها جميعًا في الاعتبار، قد يكون للميثانول مزايا اقتصادية وتشغيلية كبيرة تفوق أنواع الوقود التقليدية.

وهناك اعتبارات تقنية واقتصادية تتعلق بالتحول من الغاز الطبيعي أو الوقود المقطر إلى الميثانول. وتماثل هذه الاعتبارات بدرجة كبيرة ما يتعلق باستبدال الجازولين بالميثانول في محركات الاحتراق الداخلي. وقد تم حل بعض الاعتبارات بنجاح في السيارات، ويفترض بالمثل أنه يمكن حلها بالنسبة لخدمة التوربينات.

وكدليل على هذا، نشرت شركة جنرال إليكتريك (GE) مؤشرًا مكتوبًا على أن استخدام الميثانول كوقود للتوربينات أمرٌ يمكن تطبيقه، وفي الواقع، يحقق بعض المزايا مقارنة باستخدام الغاز الطبيعي وأنواع الوقود المقطر.

وفيما يلي نناقش بعض الاعتبارات الفنية الأساسية.

- الميثانول له قيمة تسخين منخفضة مقارنة بالغاز الطبيعي وأنواع وقود التوربينات المقطر المستخدمة حاليًا. لذا يجب حرق كمية أكبر من الميثانول لإنتاج نفس خرج الحمل الأساسي (قدرة الكابحة مقاسة بالحصان) المماثلة لما ينتج من الغاز الطبيعي أو الوقود المقطر. وقد تحتاج خزانات وقود التوربينات، وأنظمة الانتقال والاحتراق للتعديل لمواكبة حجم الوقود الزائد بصورة مناسبة. وتشير الاختبارات إلى أن قابلية التوربينة للتشغيل وأداؤها عند العمل بالميثانول يكافئان نظيريهما عند العمل بالغاز الطبيعي والوقود المقطر، ولكن جودة الهواء أفضل.

- وللميثانول قابلية منخفضة للتشحيم.أما الأنواع المقطرة فلها قابلية للتشحيم بطبيعتها نظرًا لطبيعة جزيئات الكربون-الهيدروجين التي يتألف منها الوقود ونظرًا لوجود كمية قليلة من الكبريت. وما زالت الاختبارات تجرى على إضافات من شأنها زيادة قابلية الميثانول للتشحيم.

- نقطة وميض الميثانول منخفضة (ضغط البخار منخفض للغاية عند درجة حرارة منخفضة)، مما يؤثر على بدء الاشتعال والتشغيل في الأجواء الباردة وعلى الحاجة للاحتراز من الانفجار. يمكن تجنب المشكلات المتعلقة ببدء الاشتعال في الأجواء الباردة عن طريق البدء بأنواع الوقود التقليدية. أما موضوع الانفجار فيتطلب تعديل تهيئة المحرك. وتجري الاختبارات على عدة وسائل لحل مشكلة الانفجار.

- يُعد الميثانول سائل موصل للكهرباء مقارنة بالغاز الطبيعي والوقود المقطر.تزيد قدرة التوصيل الكهربي من تآكل السبائك التي تستخدم عادة للتعامل مع الغاز الطبيعي والوقود المقطر. وينطبق هذا بصفة خاصة على سبائك الألومنيوم والتيتانيوم. وتجرى اختبارات على إضافات لمنع التآكل. وكبديل عن ذلك، يمكن استبدال المواد المستخدمة عادة بمواد أخرى أكثر مقاومة للتآكل. يجب ألا تستخدم سبائك الألومنيوم والتيتانيوم في خدمة الميثانول أو بخار الميثانول دون أن يوضع برنامج قوي لضمان جودة الحالة الميكانيكية.
- يُعد الميثانول مذيباً، ويهاجم المواد البلاستيكية والراتينجات ومركبات الألياف الزجاجية.ويوجد العديد من المواد المتوافقة المتاحة لاستبدال المواد غير المتوافقة. ويجب أن تولى عناية خاصة لاختيار الحشوات والحلقات الدائرية على شكل "O" وغيرها من الأجزاء المانعة التسرب.
- يمتص الميثانول الماء من الهواء الجوي. وبعكس الجازولين، تمتص أنواع الوقود من الميثانول الصافي وخليط الميثانول بالجازولين الرطوبة من الهواء. وتكون الرطوبة الممتصة من الميثانول الصافي قابلة للمزج بالماء تمامًا، ويتم الاحتفاظ بها في العملية أحادية الحالة المائعة ولا يؤثر على الاحتراق. تكوِّن الرطوبة الممتصة من مخلوطات الجازولين والميثانول حالة غير قابلة للمزج مع الماء، تهبط إلى القاع، مما يجعلها تتراكم في قاع الخزانات، والأماكن المنخفضة في الأنابيب. وعندما تكون كمية الماء قليلة، فإن وجود الحالة غير القابلة للمزج بالماء يكون تأثيره قليل أو منعدم على خواص احتراق الوقود المخلوط. تتداخل الكميات الكبيرة من الماء مع الاحتراق، وفي الحالات القصوى قد ينتج عنها انطفاء اللهب.

2.4.4 المنصات البحرية

تتكون منتجات فتحة البئر الخام ومنتجات الغاز الطبيعي من خليط من الهيدروكربون والماء. ويستمد الماء من طبقات الأرض الحاملة للهيدروكربون الموجودة في حفرة البئر. وهذا الماء الذي يطلق عليه اسم "الماء الناتج" يتألف من ماء تكوين وماء حقن وبخار ماء متكثف. كما يتضمن كميات ضئيلة من الإضافات الكيميائية، والتي تؤدي وظائف عديدة، مثل منع تكون الهيدرات والتقاط بخار الماء ومنع تكون الحشف والتحكم في التآكل ومنع نمو البكتيريا وتكسير مستحلبات الزيت والماء وتخثرها ومنع تكون الرغوة وإزالة البارافين المترسب. وتستخدم إضافات خلط وإزالة الماء بصفة أساسية في إنتاج الغاز الطبيعي، ولكنها تستخدم أيضًا في إنتاج الخام، حيث يصحب الهيدروكربون كميات كبيرة من الغاز المتعلق و الماء.

وبوجه عام تزداد كمية الماء المتكون مع عمر البئر، وتقل كمية الهيدروكربون. في هذه الظروف، يزداد احتمال تكون الهيدرات، وتزداد المخاطر المتعلقة بالهيدرات، ويقل عائد فتحة البئر. ونتيجة لذلك، عادة ما تغلق آبار الغاز عند بداية تكون كميات كبيرة من الماء. ويمكن أن يقلل الاستخدام الفعال للميثانول من مخاطر الهيدرات، وبذلك يطيل من العمر الإنتاجي للبئر. وعادة ما يكون هذا قرار اقتصادي بناءً على نقطة التعادل بين عائد المنتج وتكلفة إنتاج الهيدروكربون، ويتضمن ذلك زيادة كمية مثبطات الميثانول.

وتشكل تكلفة معالجة الماء المنتج نسبة مئوية ضئيلة من التكلفة الإجمالية لإنتاج الغاز الطبيعي. ولكن، المعالجة غير الصحيحة أو غير المناسبة قد تؤثر على أداء المعدات، مما يزيد من تكلفة التشغيل. وبالمثل، يقل متوسط الفترة الزمنية بين الأعطال نتيجة للتعرض للناتج غير المعالج من فتحة البئر، مما يزيد من تكلفة الصيانة ويقلل من فترة خدمة المعدات. ويعد ما سبق ذكره ذا صلة خاصة بتكون هيدرات الغاز الطبيعي أو ما يعرف بالكلاثرات في أنابيب وصمامات ومعدات الغاز الطبيعي التي تعمل تحت سطح البحر.

تعد هيدرات الميثان وكلاثرات الميثان والهيدروميثان وثلج الميثان و"ثلج النار"، وهيدرات الغاز الطبيعي جميعها مترادفات تعني مركب صلب من الكلاثرات يحجز كمية كبيرة من الميثان داخل تركيبه البللوري للماء المتجمد، مما يكوِّن مادة صلبة مسامية شبيهة بالثلج. والتكوين المعتاد لكلاثرات الميثان يتكون من 1 مول من الميثان لكل 5.75 مول من الماء عند كثافة مقاسة مقدارها 0.9 جرام/سم^3. ويحتوي اللتر الواحد من كلاثرات الميثان على 168 لتر من غاز الميثان عند القيمة القياسية لدرجة الحرارة والضغط. وتحتوي الكلاثرات على كميات من الميثان تكفي للاشتعال والاحتراق في الهواء، ولذا تسمى بـ "ثلج الإشعال".

وعند ضغط مرتفع، ودرجة حرارة معتدلة، تكوِّن الهيدرات مادة صلبة تلتصق بالأسطح الداخلية للأنابيب والمعدات. وإذا لم يتم التغلب على تكون الهيدرات، فقد يحدث انسداد في خطوط التجميع وخطوط نقل التدفق الموجودة تحت سطح البحر مما يسبب تعطل تدفق السائل. ويمكن أن تتحرك قطع الهيدرات التي تنفصل عن جدران الأنابيب في تيار السائل مما يتداخل مع الإنتاج ويتلف المعدات وفي الحالات القصوى قد يتسبب في أعطال كارثية للأنابيب. وقد يستلزم تعطل الأنابيب تعطيل فتحة البئر وفقدان المنتج وخروج الهيدروكربون مباشرة إلى عمود المياه.

ويمكن التحكم في تكون الهيدرات ميكانيكيًا عن طريق العزل الحراري ومتابعة الحرارة لتجنب تواجد ظروف درجات الحرارة اللازمة لتكون الهيدرات، وبطرق كيميائية تخفض فيها درجة التجمد تحت أقل درجة حرارة للتشغيل.

وتؤدي مثبطات الهيدرات الكيميائية نفس وظيفة مانع التجمد في نظام تبريد محرك السيارات. وفي بعض الحالات، تخفض إضافة جليكول الإيثيلين (والميثانول بصورة أكثر شيوعًا) عند فتحة البئر من درجة تجمد الماء، مما يمنع تكون بناء الكلاثرات. ويعتبر الميثانول المادة المضافة المفضلة في أغلب الأحيان نظرًا لغلو ثمن جليكول الإيثيلين. وتبلغ الكمية اللازمة نصف ما يلزم من جليكول الإيثيلين لتحقيق نفس مستوى الحماية الذي يوفره الميثانول. ويبقى جليكول الإيثيلين في الماء المنتج، مما يسهل استعادته وإعادة استخدامه. ويتبخر نحو نصف المضاف من الميثانول إلى الحالة الغازية ولا يمكن استعادته؛ أما النصف الآخر من الميثانول فيظل مذابًا في الماء المنتج، مما يسهل استعادته وإعادة تدويره.

يتطلب إنتاج الغاز الطبيعي في المناطق البحرية إما الميثانول أو جليكول الإيثيلين لتجنب تكوّن الهيدرات، ، عدا في المياه الضحلة الدافئة. ويستخدم الميثانول بتوسع في الإنتاج في المياه المتوسطة والعميقة على ساحل الخليج، حيث يكون ضغط التيار المتدفق مرتفعًا وتقل درجات الحرارة.

2.4.5 مواصفات الميثانول

المعلومات الإضافية عن الميثانول ومواصفاته متاحة على شبكة الإنترنت على موقع جمعية منتجي ومستهلكي الميثانول الدولية (IMPCA). ويعد أعضاء IMPCA من مصادر المعلومات الممتازة.

الفصل

3

3 نقل الميثانول وتخزينه

يلخص هذا الفصل أمور السلامة المتعلقة بتخزين الميثانول ونقله من مراكز التصنيع إلى المستخدمين.

3.1 نقل الميثانول

يتطلب سوق الميثانول على المستويين الجغرافي والإحصائي الاعتماد بشكل كبير على النقل وذلك لنقله من الجهات المصنعة إلى المستهلكين. يتم تصنيع الميثانول في عدة مناطق من العالم ويُستخدم في مناطق أخرى، منفصلة عنها. ويقتضي بُعد المسافة بين أماكن التصنيع والاستهلاك أن يتم نقل 80٪ من الإنتاج العالمي السنوي للميثانول بين القارات. وتشكل سلامة الشحن عبر المحيطات والنقل عبر أرصفة الموانئ البحرية والتخزين في المحطات البحرية والأرصفة واعتماديتها وتكاملها عاملاً مهمًا فيما يتعلق بتكبد الخسائر المحتملة التي قد تنجم عن حوادث خروج المائع بالكامل والذي تتعرض له صناعة الميثانول.

3.1.1 النقل عبر المحيطات

يتم ضخ الميثانول من الخزانات الواقعة على أرصفة الموانئ إلى حاويات بضائع محكمة الغلق على سفن الشحن. وقد يتم التوصيل إلى الخزانات الموجودة على أرصفة الموانئ عبر خطوط الأنابيب أو بوارج نقل البضائع أو خطوط السكك الحديدية أو الشاحنات.

عملية النقل عبر المحيطات تماثل تلك الخاصة بنقل السوائل الهيدروكربونية الأخرى، مثل النفط الخام والجازولين والديزل وإضافات الوقود مثل MTBE. وعادة ما تستخدم جهات الشحن السفن ذات الهيكل المزدوج، ومن المرجح أن تصبح الوسيلة القياسية لذلك بسبب زيادة الإنتاج العالمي. وفيما يلي عرض لاحتياطات خاصة للشحن بالناقلات الصهريجية: الاهتمام بالنظافة (لمنع تلوث الميثانول) واكتشاف تسرب الميثانول وتوفير أدوات مناسبة لمكافحة الحرائق (بما في ذلك الرغوة المقاومة للكحول) ومضخة وأنابيب وخراطيم ومواد حشو مصنوعة من مواد مناسبة للتعامل مع الميثانول.

يجب تجنب حالات التسرب إلى المحيط المفتوح، على الرغم من أنها تمثل تهديدًا أقل للبيئة مما يمثله تسرب النفط الخام أو وقود السفن أو الجازولين أو أنواع وقود الديزل. وتتم عملية ذوبان الميثانول النقي (100٪) في الماء بسرعة وبشكلٍ تام. ويعمل التخفيف المصاحب لهذه العملية على تقليل تركيزات الميثانول إلى مستوى غير سام بالنسبة للكائنات البحرية في أقل من ميل واحد، حتى في حالات التسرب الكارثية.

3.1.2 النقل عبر السكك الحديدية

إن احتياطات النقل عبر السكك الحديدية هي نفسها الاحتياطات التي يجب مراعاتها مع الإيثانول والجازولين وMTBE ووقود المحركات النفاثة (الكيروسين) والسوائل المقطرة. ويتضمن ذلك التأريض (التوصيل الأرضي) للحماية من التفريغ الإستاتيكي.

وتكون الشاحنات الصهريجية المصممة بشكل خاص مجهزة باحتياطات لتصريف الضغط لملاءمة التمدد الحراري أثناء النقل ومبطنة بتبطين جانبي قصير الأجل (أقل من 30 يومًا) أثناء التغيير والانتظار المؤقت. ويعتبر النقل عبر السكك الحديدية آمنًا طالما أنه يتم احتواء الميثانول في عربة صهريجية عمودية.

وفي حالة الخروج عن المسار، يجب على أول من يقوم بالاستجابة لهذا الحادث التعامل مع الميثانول على أنه مادة سريعة الاشتعال بدرجة عالية كما أنها عالية السمية. وتوصي طبعة 2008 من *Emergency Response Guidebook* (دليل الاستجابة لحالات الطوارئ) (19) [ERG2008] بالابتعاد لمسافة 150 قدمًا (50 مترًا) على الفور من جميع الاتجاهات. ويتوقع حدوث ما يطلق عليه "الحرائق المتحركة" مع حدوث تسرب لكميات كبيرة. كما يتوقع وقوع حوادث الاشتعال المرتد. وتتسم الحرائق المتحركة بخطورة خاصة إذا أتيح لها الانتشار في البالوعات والمصارف. وعند وقوع حادث تسريب نتيجة خروج العربات عن مسارها أو بعض الظروف الأخرى التي تعرض الاحتواء للخطر، فإن دليل ERG2008 يورد توصيات تحث فريق الاستجابة على إخلاء وعزل مكان التسريب في كافة الاتجاهات بمقدار مسافة نصف قطرية تبلغ نصف ميل (800 متر). ويجب أن يكون أفراد الاستجابة الأوائل مجهزين بملابس واقية من المواد الكيميائية وجهاز التنفس الاصطناعي المستقل (SCBA) في حالة حدوث انسكاب. وتعتبر السترات

الواقية مناسبة للاستجابة للحرائق، لكنها غير مناسبة لمهام الاستجابة لحالات الانسكاب التي سيتعامل فيها المستجيبون مع ميثانول غير محتوى. كما يجب إبعاد مصادر الاشتعال لمسافة لا تقل عن نصف ميل (800 متر).

من المعروف عن العربات الصهريجية الخاصة بشحن الميثانول أنها عرضة لحدوث BLEVE (انفجار ناتج عن غليان السوائل وتمدد البخار؛ وهو عبارة عن وقوع قصور فوري للخزان وانبعاث البخار واشتعاله بشكل كارثي) عند تعرضها للهب و/أو عند تعرضها لتدفق حراري عالي الإشعاع.

3.1.3 النقل بواسطة الشاحنات الصهريجية

تنطبق التعليقات المتعلقة بعربات الصهاريج في السكك الحديدية بشكل مماثل على الشاحنات ذات الخزّانات المتصلة بالشاحنات الجرارة الضخمة كما تنطبق على المقطورات الصهريجية التي تقطرها شاحنات جرارة ضخمة. وينبغي عند نقل الميثانول باستخدام الشاحنات مراعاة نفس الاحتياطات التي يتم اتخاذها بشكل روتيني عند نقل الجازولين.

3.2 تخزين الميثانول

يخضع تخزين الميثانول لنفس الاحتياطات المستخدمة عند تخزين الجازولين. يتم تخزين الميثانول بالعادة في مجموعة خزانات تتألف من خزانات فوق سطح الأرض وأخرى ذات سطح عائم وخزانات أصغر حجمًا ذات عوارض داخلية عائمة. يجب تأريض الخزانات لتجنب مخاطر التفريغ الإستاتيكي. ويمكن التحكم في الاشتعال عن طريق التبطين بالنيتروجين، أو التبطين بالغاز الطبيعي أو عن طريق تعيين منطقة خطر للتحكم في الاشتعال.

ونظرًا لأنه عادة ما يتم تخزين الميثانول مع مذيبات ومواد خام أخرى، فإنه يجب وضع ملصقات توضيحية على كافة خطوط الأنابيب والصمامات المستخدمة في نقل الميثانول بشكلٍ ثابت، كما يجب توضيح اتجاه التدفق. وتتطلب كافة المواد المستخدمة في التخزين، بما في ذلك الأوعية الصندوقية والأسطوانات، إقامة مصد وتوفير التهوية المناسبة. ويجب تثبيت المصد عن طريق الضغط المحكم أو باستخدام مواد مقاومة للميثانول أو باستخدام الأسمنت. ونظرًا لما يتمتع به الميثانول من خصائص مذيبة، فإن بقايا الهيدروكربون والأسفلت وزيت تمهيد الطرق لا تعتبر مواد مناسبة لتغطية/تثبيت المصد.

ويحترق الميثانول بلهب غير متوهج يمكن ألا يرى في ضوء الشمس الساطع. ويجب أن يجهّز أفراد الاستجابة بأجهزة تعمل بالأشعة تحت الحمراء لتمكنهم من اكتشاف الحرارة ودرجة الحرارة النسبية من بعد. ويفضّل بشدة أن تتوافر هذه الإمكانية من مكان علوي في طائرة هيلكوبتر تخصص للاستجابة لحالات الطوارئ إن أمكن ذلك.

3.2.1 الأرصفة والمحطات البحرية

تتم الاستعانة في منشآت التخزين الواقعة على الأرصفة والمحطات البحرية عادة بالخزانات ذات السطح العائم التي تكون مخصصة للميثانول. وتفضل الأسقف الداخلية العائمة (المتحركة) لتجنب التلوث. ويمكن تجهيز المنشآت بأنظمة اكتشاف التسرب وأجهزة إنذار. ومن المهم وجود أنظمة مناسبة للإخماد والتعامل مع الانسكابات، وقد تفرضها جهات التأمين.

ويتمثل أكبر المخاوف في حدوث تسرب من الخزانات ذاتية التشغيل. ويجب الرجوع لأكواد معهد البترول الأمريكي (API) ومعاييره والممارسات الموصى بها للحصول على معلومات محددة عن بناء الخزانات والتفتيش عليها وصيانتها.

3.2.2 حقول الخزانات

غالبًا ما تتمتع حقول الخزانات الموجودة في منشآت مثل معامل التكرير ومصانع المواد الكيميائية بأنظمة مخصصة لتخزين الميثانول والتعامل معه دون غيره. وعادة ما توجد الخزانات وكذلك شبكة الأنابيب فوق سطح الأرض أعلى حوامل الأنابيب. وعمومًا، تكون وسائل الحماية من نشوب الحرائق بخزانات الجازولين ملائمة للاستخدام مع خزانات الميثانول، شريطة اتخاذ مزيد من الاحتياطات لاكتشاف التسرب وأخطار السمية، بالإضافة إلى توافر رغوة إخماد حرائق متوافقة مع الكحول.

3.2.3 الحاويات القابلة للنقل (الأوعية الصندوقية والإسطوانات)

قد تمثل الأوعية الصندوقية والإسطوانات مشكلة. لقد تطورت صناعة الميثانول كثيرًا إلى حد تصميم وتصنيع أوعية صندوقية مستوفاة للشروط يسهُل الحصول عليها. ونظرًا لأن عدد مستخدمي الأوعية الصندوقية والإسطوانات تتجاوز بكثير عدد المنشآت التي تعمل بأنظمة مخصصة للتخزين الكمّي والتعامل معه، فإن هذا الدليل يؤكد على أهمية التعامل الآمن مع الميثانول فيما يتعلق بالأوعية الصندوقية والأسطوانات المعنية باحتواء الميثانول. ويُقترح بشدة أن يقوم الأشخاص الذين يتعاملون مع الميثانول باستشارة القائمين على إنتاجه بشأن اختيارهم للحاويات. وعلى عكس حقول الخزانات، حيث نادرًا ما يكون للعاملين احتكاك مباشر، فإن مستخدمي الأوعية الصندوقية والأسطوانات معرضون للمواد المنسكبة ويكونون بحاجة إلى استجابة فورية وإلى تنظيف فيما بعد.

ويوصى باتباع الاحتياطات التالية لمستخدمي الأوعية الصندوقية والأسطوانات والأوعية المعدنية:

- لا يجب شراء الميثانول إلا من أحد المصادر حسنة السمعة. يوفر معهد الميثانول Methanol Institute خدمة لربط مستهلكي الميثانول بالقائمين على توريده. تفضل بزيارة موقع الويب التابع لمعهد MI على العنوان www.methanol.org، ثم انقر فوق الرابط "Methanol Source Request". قم بملء هذا النموذج المتوفر عبر الإنترنت وإرساله مقدمًا معلومات حول احتياجاتك من الميثانول وستتم مشاركة معلوماتك مع أعضاء معهد MI ممن يُعَدون رواد إنتاج الميثانول وتوزيعه على مستوى العالم. بعدئذٍ سيقوم هؤلاء الموردون بالاتصال بك مباشرة لمناقشة السعر والكمية المطلوبة.
- يجب استشارة القائمين على الإنتاج بخصوص التطبيق المقصود والظروف المحيطة قبل الالتزام بعقود بيع. يعتبر العديد من شركات المواد الكيميائية التجارية مجهزًا وتحدوه الرغبة في توسعة الخدمات التي يقدمها لضمان الاستخدام الآمن للمواد الكيميائية التي يقوم ببيعها.
- بعد الاتفاق على منشآت الاستلام والتخزين والنقل المحلي والاحتياطات ذات الصلة، يجب تكوين فريق استجابة محلي وتدريبه على الإجراءات الضرورية والاحترازية التي ينبغي اتخاذها عند حدوث تسرب.
- وتتطلب بعض الجوانب الخاصة بالتعامل مع الميثانول الالتزام باحتياطات خاصة وإجراءات وقائية. ومن بينها ما يلي:
  - بقدر الإمكان، ينبغي تخزين الميثانول واستخدامه في منطقة مخصصة لهذا الغرض بحيث يتم عزلها عن المناطق المحيطة وتمييزها بعلامات خاصة. ويجب أن يتوفر بهذه المنطقة إجراءات سلامة للعاملين بها. ويجب وضع علامات على هذه المنطقة تبين أنها منطقة خطرة ويجب توفير الوسائل الوقائية فورًا في حالة الانسكاب، أو التعرض، أو الاشتعال.
  - يجب أن تكون المنطقة المخصصة للتعامل مع الميثانول مجهزة بنظام إنذار صوتي فعّال ليستخدم في استدعاء النجدة في وقت مناسب.
  - استخدام تعريف إيجابي للمواد لا سيما الحشوات والمرشحات والخراطيم والتوريدات الشبيهة بذلك.
  - تغيير الحشوات والخراطيم والحلقات الدائرية على شكل "O" بصورة دورية، قبل الموعد المتوقع لتآكلها أو تلفها.
  - التأكد من تنفيذ إجراءات التأريض، والتحقق من عملية التأريض بشكلٍ دوري.
  - التأكد من تنفيذ إجراءات الحماية من امتصاص المياه وتجمعها.
  - التأكد من تواجد الإجراءات والاحتياطات لمنع الميثانول المنسكب من دخول المصارف وفتحات عمال الصيانة والأماكن الضيقة.
  - التأكد من تنفيذ الإجراءات والاحتياطات المتفق عليها لمنع دخول الميثانول إلى المياه الجوفية.
  - التأكد من تنفيذ الإجراءات وتجهيز المعدات لحماية العاملين وتجنب التعرض. يجب أن يتضمن ذلك تخصيص أماكن لغسيل العينين والاستحمام.
  - التأكد من تنفيذ الإجراءات وتجهيز المعدات لاكتشاف التسرب والإنذار عند حدوث خطر.
  - التأكد من تنفيذ الإجراءات وتجهيز المعدات للاستجابة لحالات الطوارئ في موقع العمل.
  - التأكد من تنفيذ الإجراءات وربما تجهيز المعدات المتخصصة للاستجابة لحالات الطوارئ من خارج موقع العمل.
- تتوفر إرشادات واعتبارات تتعلق بالتعامل مع الميثانول وتخزينه في الخزانات صغيرة الحجم والأوعية الصندوقية والإسطوانات في المستندات التالية الخاصة باللوائح التنظيمية وأفضل الممارسات:
  - IFC (المدونة الدولية لقواعد السلامة من الحرائق) الفصل 34.
  - NFPA 30
  - OSHA CFR 49 1910.119 (مدونة اللوائح الفيدرالية التابعة لإدارة السلامة والصحة المهنية رقم 49 1910،119) واللوائح التنظيمية الأخرى المعنية بالمواد الخطرة.
  - كما يجب أن تتناول السياسات والإجراءات اعتبارات السلامة المشار إليها في دراسة المخاطر وقابلية التشغيل (HAZOP) وكذلك القيام بها قبل تسليم أول حمولة لشاحنة صهريجية أو وعاء صندوقي أو إسطوانة من الميثانول.
  - دليل شركة Methanex Corporation: Container Filling Best Practice (أفضل ممارسة لملء الحاويات)، مستند #CR3RC250.
  - ISO 9001: 2000 – أنظمة إدارة الجودة.

3.2.4 التصنيف الكهربائي

يجب أن تكون المعدات الكهربائية المستخدمة بالقرب من مناطق تخزين الميثانول والتعامل معه مقاومة للانفجار حتى تفي بمتطلبات المدونة الوطنية للمعايير الكهربائية (National Electrical Code NEC) [42]. وقد يتطلب الأمر الحفاظ على الضغط موجبًا لضمان أن المناطق الخالية من الميثانول مثل غرف التدخين وأنظمة التحكم ومجموعة المفاتيح الكهربائية محمية.

3.2.5 التأريض والربط

يكون التأريض مهمًا بشكل خاص في حماية الميثانول من حوادث الاشتعال الناتجة عن التفريغ الإستاتيكي. يُعد الميثانول مركبٌ قطبي، موصِّل للكهرباء. وبوجه عام، لا يتوقع أن ينتج عن تخزين الميثانول تراكم للشحنات الكهربية. ولكن، في بعض الحالات مثل الخزّانات المبطنة بطبقة غير موصلة للكهرباء، يمكن أن يتغير معدل تراكم الشحنات.

ويوصى بأن تكون أربطة التأريض مجهزة بمشابك بأطراف مستدقة مصنوعة من الكربيد لضمان وصول التيار الكهربائي عبر الطبقات السطحية غير الموصلة للكهرباء مثل الدهان. كما يجب تزويد الخزانات وأوعية التخزين بآلية الملء عبر أنبوب الغمس للحماية من حدوث اشتعال بسبب الكهرباء الإستاتيكية الناتجة من تناثر السائل في الهواء.

ويعد التأريض ضروريًا لأنظمة الإضاءة وحوامل الأنابيب والمضخات والأوعية والمرشحات وكافة المعدات القريبة أو التي قد تقع داخل نطاق بخار الميثانول. هذا إلى جانب تزويد الأبراج العالية والمعدات الأخرى المعرضة لصواعق البرق بأنظمة لحجب البرق.

يجب تأريض الخراطيم. عند تحميل الميثانول وتفريغه، تكون احتمالية تولد شرارة نتيجة تراكم الكهرباء الإستاتيكية أقل منها مع مواد مثل الديزل منخفض الكبريت. الميثانول ليس من المواد التي تسبب تراكم الشحنات الكهربية الإستاتيكية. تعد قابلية الميثانول لتوصيل الكهرباء مرتفعة نسبيًا بالمقارنة بمعظم مواد الوقود. ومع ذلك، يجب وضع حدود للسرعة في عمليات النقل التي تنطوي على مخاوف بشأن وقوع انخفاض كبير في الضغط وتأثيرات للسوائل الهيدروليكية ومشاكل التآكل. راجع إصدارات معهد البترول الأمريكي (API) والرابطة الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) للحصول على إرشادات محددة.

الربط هو عبارة عن إجراء الغرض منه هو التخلص من الكهرباء الإستاتيكية الناتجة أثناء نقل السائل عبر مادة موصلة أو غير موصلة للكهرباء. وهو يتضمن الوصل بين جسم مؤرض (موصل أرضياً) وآخر غير مؤرض. يجب ربط المعدات ببعضها البعض وتأريضها أثناء عمليات نقل الميثانول.

يجب ربط الحاويات المعدنية (الإسطوانات أو الأوعية الصندوقية) ومضخة الملء ذات الصلة معًا وتأريضهما أثناء عمليات نقل الميثانول. ويجب أن تكون أنابيب أو خراطيم الملء موصلة للكهرباء وأن يتم ربطها بنظام التعبئة. كما يجب أن يتم الربط باستخدام كابل □1/8 بوصة عارٍ ومصنوع من الصلب المقاوم للصدأ [5] متصل بمشبك بأطراف من الفولاذ المقوى ومسامير أو زنبرك قوي يتخلل الدهان والتآكل والمواد المتراكمة. قم بوضع مشبك الربط على الحافة العلوية للحاوية الأسطوانية قبل نزع السدادة. قم بتمديد الأنبوب بمقدار بوصة واحدة (25 مم) من قاع الحاوية. ابدأ في الصب ببطء (بمقدار أقل من متر واحد لكل ثانية أو بمعدل ملء الحاوية البالغ أقل من بوصتين أو 5 سم من ارتفاع مستوى السائل لكل دقيقة) حتى تمتلئ الحاوية لمستوى مساوٍ لقطري أنبوبين أعلى جانب أنبوب الملء.

وفي السنوات الأخيرة، استرعت المخاطر المتعلقة باستخدام الأدوات الإلكترونية الشخصية الكثير من الانتباه كالهواتف الخلوية وأجهزة الكمبيوتر المحمولة وما إلى ذلك، في بيئات عرضة لأجواء قابلة للانفجار، مثل محطات الجازولين ومحطات التزود بالوقود. وتتساوى الطاقة اللازمة لإشعال أبخرة الجازولين (0.2 مل جول وذلك عند نسبة المزيج المثلى للاحتراق) مع الطاقة التي تنتجها الكهرباء الإستاتيكية والشرر الذي تنتجه الأجهزة الكهربائية منخفضة الجهد عند تشغيلها. لا يعد تشغيل الأجهزة الإلكترونية مثل الهواتف الخلوية وأجهزة الحواسب المحمولة في الأجواء القابلة للاشتعال من الممارسات الجيدة.

يجب وضع ما يلي في الاعتبار:

- يمكن للهواتف المحمولة إشعال أدخنة الوقود الناتجة من الجازولين والإيثانول والميثانول والبروبان والغاز الطبيعي المضغوط (CNG).
- تصدر الهواتف المحمولة التي تضيء عند تشغيلها أو عند رنينها طاقة كافية لتوليد شرارة قادرة على إشعال الأبخرة الهيدروكربونية.
- يجب عدم استخدام الهواتف المحمولة (يجب إغلاقها) في محطات الملء أو محطات التزويد بالوقود أو عند تعبئة الحاويات القابلة للنقل أو عند تزويد جزازات العشب أو القوارب بالوقود وما إلى ذلك.
- يجب تجنب استخدام الهواتف المحمولة (يجب إغلاقها) عند الوجود في محيط مواد تنتج أدخنة سريعة الاشتعال أو قابلة للانفجار (مثل المذيبات والمواد الكيميائية والغازات).

[5] يمكن استخدام كابل عارٍ مصنوع من البرونز مرن من قياس 1/4 بوصة إلى 3/8 بوصة لمشابك التأريض والربط كبيرة الحجم.

وتسري نفس الاحتياطات على أجهزة الكمبيوتر المحمولة والمصابيح الكهربائية والمصابيح التي تعمل بالبطاريات والأجهزة الأخرى التي تعمل بالبطارية غير المصنفة على أنها مقاومة للانفجار. وكقاعدة عامة، يجب تجنب استخدام الأجهزة الكهربائية في نطاق 20 قدمًا (7 أمتار) من بيئة محيطة يحتمل فيها حدوث انفجار [40]. وتعتبر هذه المسافة كافية لتوفير مسافة فاصلة بين مصدر الأدخنة القابلة للاشتعال والجهاز. يجب زيادة هذه المسافة إلى 50 قدمًا (17 مترًا) للغازات السائلة المضغوطة، مثل البروبان.

عند التوزيع من حاوية معدنية، فإنه يجب ربط الحاوية بمعدات الملء ذات الصلة، بما في ذلك أنابيب الغمس والخراطيم الموصلة للكهرباء والمضخة وتأريضهم معًا. ويمكن التعامل مع الحاويات المعدنية المبطنة بالبلاستيك والمغطاة بطبقات خارجية من مادة الإيبوكسي أو الفينول يبلغ سمكها أقل من 2 مم بوصفها حاويات معدنية. وإذا زاد سمك البطانة عن 2 مم، فإنه يجب التعامل مع الحاوية على أنها غير موصلة للكهرباء. عند التعامل مع الميثانول، يجب التعامل مع الحاويات غير الموصلة كما لو كان كلٌ من الحاوية والميثانول غير موصل للكهرباء.

لا يمكن تأريض الحاويات البلاستيكية كما لا يجب استخدامها مع السوائل سريعة الاشتعال من الفئة الأولى، مثل الميثانول، دون الرجوع إلى خبير، ووفقًا للقانون NFPA 30، *السوائل سريعة الاشتعال والقابلة للاحتراق*. وإذا كان يجب استخدام حاوية بلاستيكية، فيجب اتباع نفس الإجراءات المتبعة مع الحاويات المعدنية.

راجع المعايير والمراجع التالية للحصول على مزيد من المعلومات بشأن المشكلات المتعلقة بمنع حوادث الاشتعال:

- يوضح ASTM E681 وسيلة اختبار قياسية لتحديد حدود القابلية للاشتعال.
- Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th Edition, McGraw-Hill Book Company, San Francisco, Sec. 3, pp. 256-257, 1984.
- NFPA-325, *Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids*, 1994.
- Glassman, I., Combustion, 2nd Edition, pp. 321-313, pp. 486-489, 1987.
- NFPA 30A, *Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages*, 2008.
- UFC, Article 52, *Motor Vehicle Fuel-Dispensing Stations*, 1997.
- NEC, Chapter 5, Articles 500-504, 2008. These articles define requirements for intrinsically safe electronic devices in Class I, Division 1, and Class 1, Division 2 area hazardous locations.
- ANSI/UL 1203 *Explosion-proof and Dust-Ignition-proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations*.
- ANSI/UL 913 *Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and II Division 1, Hazardous Locations*.
- UL 1604 *Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2, and Class III Hazardous (Classified) Locations*.
- DOD-HDBK-263, Electrostatic Discharge Control Handbook.
- IEC 60050-426:1990, IEC 60079-4:1975, IEC 60079-4A:1970, IEC 60079-20:199.

الفصل

4

4 الصحة والسلامة

يوضح هذا الفصل الخصائص السامة للميثانول ومصادر التعرض له والأعراض وإستراتيجيات التحكم الفعالة واحتياطات السلامة وإجراءات الإسعافات الأولية.

4.1 التعرض للميثانول

4.1.1 المصادر المعتادة للتعرض

يتعرض الأشخاص للميثانول من خلال عدة مصادر. لا يوجد الميثانول بشكل طبيعي في الجسم البشري فحسب، بل إنه عادة ما يتعرض الأشخاص للميثانول عبر الهواء والماء والغذاء. يعد الغذاء مصدرًا رئيسيًا من مصادر التعرض للعامة. ويُعتقد بوجه عام أن مصادر النظام الغذائي تساهم في تركيزات الميثانول الملاحظة في الدم. يوجد الميثانول بكثرة بتركيزات منخفضة في غذاء الإنسان، من الفاكهة الطازجة والخضروات والمشروبات التجارية مثل عصائر الفاكهة والبيرة والخمور والمشروبات الروحية المقطرة. وتطلق بعض الإضافات الغذائية، مثل الأسبارتام (وهو مادة تحلية صناعية)، وثنائي ميثيل ثنائي الكربونات (DMDC) (وهو مادة مانعة للتخمر تستخدم في مشروبات الشاي والمشروبات الرياضية، والمواد الفوّارة التي تضاف للفاكهة والعصائر)، بالإضافة إلى الخمور كميّات صغيرة من الميثانول أثناء أيضها في جسم الإنسان. يوضح الجدول رقم 4 أمثلة لمستويات الميثانول في الأطعمة والمشروبات الشائعة، مقارنة بالمستويات المعتادة في جسم الإنسان.

الجدول رقم 4. مستويات الميثانول في الأطعمة والمشروبات وفي الدم

العينة	مستوى الميثانول
عصائر فاكهة طازجة ومعلبة (عصير برتقال وجريب فروت)	1-640 ملجم/لتر (المتوسط *140* ملجم/لتر)
البيرة	6-27 ملجم/لتر
الخمور	96-329 ملجم/لتر
البقوليات	1.5-7.9 ملجم/كجم
العدس	4.4 ملجم/كجم
المشروبات الكربونية	~56 ملجم/لتر
المستوى المعتاد في جسم الإنسان	0.5 ملجم/كجم (0.73 ملجم/لتر في الدم)

ويمكن أن ينتج التعرض للميثانول بعيدًا عن الغذاء (خاصة عبر الاستنشاق) من استخدام منتجات استهلاكية بعينها، مثل الدهانات وسوائل تنظيف حاجز الزجاج الأمامي في السيارات وموانع التجمد ومزيلات الجليد ومواد الالتصاق التي تحتوي على الميثانول كمذيب. وقد توجد أبخرة الميثانول أيضًا في دخان السجائر بمستوى يبلغ 180 ميكروجرام (µg) لكل سيجارة. كما يُستخدم الميثانول في الخلايا الوقودية التي تقوم بتشغيل الأجهزة الإلكترونية الاستهلاكية مثل أجهزة الكمبيوتر المحمولة والهواتف الخلوية. كما يمكن للمركبات التي تعمل بخلايا الوقود أن تستخدم الميثانول كوقود ناقل للهيدروجين. وقد تصبح هذه الاستخدامات الجديدة نسبياً للميثانول شائعة مستقبلاً.

وقد أظهرت الدراسات أن تركيز الميثانول الملحوظ في الدم لسكان الولايات المتحدة يتراوح بين 0.025 إلى 4.7 ملجم/لتر (ملي جرام لكل لتر من الدم). وفي الدراسات التي تجري تحت ظروف محددة، يصل تركيز الميثانول في الدم إلى أقل من 10 ملجم/لتر. بالنسبة للأشخاص الذين يستنشقون هواءً يحتوي على 200 جزء في المليون من الميثانول.

وتأتي غالبية حالات التعرض البيئي المعتادة لبخار الميثانول في الهواء أقل بكثير من حالات التعرض المهني له. كما تقل حالات التعرض البيئي للميثانول في الهواء في المناطق القروية عن 0.0008 جزء في المليون، بينما تقترب من 0.03 جزء في المليون في المناطق الحضرية. ويُستخدم الميثانول حاليًا على نطاق محدود كوقود بديل، وبشكلٍ رئيسي في مزيج بنسبة 85٪ ميثانول و15٪ جازولين، والذي يعرف أيضًا بوقود M85. وقد ينتج عن الاستخدام المقترح للميثانول كبديل لأنواع الوقود النفطية مزيد من الانبعاثات البيئية في الهواء عبر انبعاثات المركبات وفي محطات التزود بالوقود.

ويسجل التعرض المهني (في موقع العمل) على الأرجح أعلى معدل يومي للتعرض للميثانول. وتحدث حالات التعرض المهني عبر استنشاق أبخرة الميثانول أثناء إنتاجه أو استخدامه. ويُستخدم حوالي 70٪ من الميثانول المنتج في الولايات المتحدة كمادة خام لصناعة مواد كيميائية عضوية أخرى والعديد من المنتجات الاستهلاكية، بما في ذلك سائل تنظيف حاجز الزجاج الأمامي في السيارات. كما أنه يُستخدم في معالجة مياه الصرف. وقد تحدث حالات التعرض المهني للميثانول أثناء إنتاجه أو نتيجة وجوده في أنظمة التبريد أو كمكون في إنتاج الفورمالدهيد وMTBE (ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثر) وحمض الخليك ومواد كيميائية صناعية أخرى. ويبلغ حد التعرض المسموح به (PEL) في المتوسط الزمني المرجح (TWA) الذي وضعته Occupational Safety and Health Administration (OSHA) (إدارة السلامة والصحة المهنية) 200 جزء في المليون لمدة 8 ساعات يوميًا و40 ساعة أسبوعيًا.

وبوجه عام، يبلغ تركيز أبخرة الميثانول المقاسة في الهواء في المناطق التي يتنفس فيها العاملون أثناء إعادة التزود بالوقود في الحافلات التي تعمل بالميثانول أقل من 10 جزء في المليون. ويبلغ متوسط تركيز أبخرة الميثانول المقاسة في الهواء في المناطق التي يتنفس فيها عاملو الميكانيكا القائمين على تغيير مرشحات الوقود (وهو إجراء يستغرق دقيقتين) لهذه الحافلات أقل من 50 جزء في المليون.

4.1.2 مصادر حوادث التعرض

تشمل السيناريوهات الأقل شيوعًا والتي تعتبر جزءًا من التعرض العام للأشخاص استخدام أنواع الوقود التي تشتمل على الميثانول كمذيب وكذلك حالات الانسكاب غير المقصود. كما أن هناك نوعًا آخر من حوادث التعرض المحتمل للميثانول يستحق إلقاء الضوء عليه. إذ يتم سنويًا إبلاغ مراكز مكافحة السموم بالولايات المتحدة عن آلاف الحالات من حوادث ابتلاع الجازولين. ومن خلال إجراء تحليل للبيانات، وجد أن 39٪ من حالات حوادث الابتلاع ترتبط بالمراهقين والشباب من الذكور و36٪ من الحالات ترتبط بالأطفال أقل من 6 سنوات. ولقد حدثت الغالبية العظمى للحالات المذكورة أولاً أثناء التفريغ بالمَمَص (بالفم) لنقل الوقود من حاوية لأخرى. في حين حدثت معظم الحالات المذكورة ثانيًا عند عثور الأطفال على علب مشروبات مستخدمة مخزن بها جازولين. وبالنسبة للجازولين، يكمن خطر السمية الأساسي في احتمالية تقيؤ الوقود وامتصاص القيء، مما قد يتسبب في حدوث التهاب رئوي كيميائي. لكن، إذا تم استبدال الجازولين بوقود M85 في هذه المواقف، فسوف يؤدي وجود الميثانول إلى زيادة احتمالية الاعتلال أو الوفاة بشكل كبير. كما يمكن أن تؤدي ملامسة محاليل الميثانول للبشرة إلى امتصاصه بشكل سريع وظهور علامات التسمم. ولقد تم الإبلاغ عن حالات إصابة الأطفال بسمية جلدية نتيجة تعرضهم للميثانول.

ويوضح الجدول التالي بعض طرق التعرض للميثانول المحتملة والحِمل الإضافي للميثانول على الجسم المتوقع من تعرض شخص يزن 154 رطلاً (70 كجم).

الجدول رقم 5. الحِمل الإضافي للميثانول على الجسم [32]

التعرض/الجرعة	الحِمل الإضافي للميثانول على الجسم
الحمل الإضافي المعتاد في الجسم بالنسبة للإنسان	35 ملجم*
الاتصال المباشر لجلد اليد مع الميثانول السائل، دقيقتان	170 ملجم
الاستنشاق، 40 جزء في المليون من الميثانول لمدة 8 ساعات	170 ملجم

الاستنشاق، 150 جزء في المليون لمدة 15 دقيقة	42 ملجم**
ابتلاع 12 أوقية (0.34 لتر) من المشروبات المحلاة بالأسبارتام	21 ملجم
ابتلاع 0.2 مللتر من الميثانول	170 ملجم
ابتلاع، 0.7 - 3 أوقية (25 - 90 مللتر) من الميثانول	يسبب الوفاة (~21000 - 70000 ملجم)

* مقدّرة على أساس احتساب حمل الميثانول على الجسم بمقدار 0.5 ملجم/كجم من وزن الجسم بالنسبة لشخص يزن 70 كيلوجرامًا.
**بفرض الامتصاص بنسبة 100٪ في الرئة (60٪-85٪ على الأرجح)

4.1.3 طرق التعرض

ينتقل الميثانول إلى الجسم بشكل أساسي عن طريق الاستنشاق والامتصاص عبر الجلد كنتيجة للملامسة أو ملامسة العين والابتلاع إما من خلال الأطعمة أو المشروبات.

4.1.4 أيض الميثانول

يتم امتصاص الميثانول بسهولة وبسرعة عبر جميع طرق التعرض، كما أنه ينتشر بسرعة عبر أنحاء الجسم. ويمتص الإنسان كمية تتراوح بين 60٪-85٪ من الميثانول الذي يتم استنشاقه. ويفرز كل من الرئتين والكليتين كمية صغيرة دون أن تحدث لها عملية أيض. ويبلغ معدل أيض الميثانول في الجسم 25 ملجم/كجم-ساعة، وهو أبطأ سبع مرات من أيض الإيثانول، ويكون مستقلًا عن التركيزات الموجودة في الدم. ويقوم جسم الإنسان بعملية أيض للميثانول ليتحول إلى فورمالدهيد كخطوة أولى. ومن ثم يتحول الفورمالدهيد إلى فورمات، (والذي قد يصبح مركبًا سامًا بالتركيزات العالية)، ويتحول في نهاية العملية إلى ثاني أكسيد الكربون وماء. يبلغ العمر النصفي للتخلص من الميثانول في هواء الزفير بعد التعرض له ودخوله عبر الفم أو الجلد 1.5 ساعة. ونظرًا لقدرة الإنسان المحدودة على القيام بعملية أيض للفورمات لتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون، يتراكم الفورمات الناتج عن التعرض للميثانول بجرعات كبيرة داخل جسمه. وإذا استمر توليد الفورمات بمعدل يتجاوز معدل الأيض، فإن سُمِّية الميثانول تترسخ. إلا أن مستويات الميثانول الموجودة في جسم الإنسان قبل ذلك لن تتسبب هي الأخرى في تراكم الفورمات أو حدوث تأثيرات ضارة بالصحة. وقد أوضحت الدراسات أن التعرض قصير الأجل لاستنشاق الميثانول بمقدار 200 جزء في المليون تؤدي إلى وجود تركيزات للميثانول في الدم بنسبة أقل من (10 ملجم/لتر) مع عدم حدوث زيادة ملحوظة في تركيز الفورمات في الدم.

أيض الميثانول في جسم الإنسان:

خطوة رقم **1**	خطوة رقم **2**	خطوة رقم **3**
ميثانول ←	فورمالدهايد ←	فورمات ← $CO_2 + H_2O$

4.1.5 تأثيرات التعرض للميثانول

الميثانول مادة سامة. وهذا يعني أنه يمكن أن يسبب تأثيرات حادة شديدة، وفي بعض الأحيان مميتة، عند التعرض له لمرة واحدة. لذا يكمن القلق الرئيسي في التعرض الحاد للميثانول ودخوله إلى الجسم عبر الطرق الرئيسية. ولا تظهر أعراض وعلامات التعرض للميثانول على الفور. وقد تتسبب الفجوة الزمنية بين التعرض للميثانول وبداية ظهور الأعراض في خطأ في تشخيص سبب الأعراض، خصوصًا بالنسبة للأشخاص الذين لم يكونوا على دراية بتعرضهم له، أو الأشخاص غير المدركين للطبيعة السامة للميثانول والفروق بين الميثانول والإيثانول وكحول الأيزوبروبيل.

4.1.5.1 أعراض عامة

وبغض النظر عن طريق التعرض الذي يدخل الميثانول إلى الجسم من خلاله، فإن سميته لا تتغير. وربما تتأخر العلامات الدالة على تعرض أجهزة الجسم لمادة سامة لفترة تتراوح بين 8 و 36 ساعة بعد التعرض لأول مرة. ويسبب الميثانول تهيجًا للعينين والجلد والجهاز التنفسي. كما أنه يسحب الدهون والزيوت الطبيعية من الجلد، مما يتسبب في إصابة الجلد بالجفاف والتشقق. ويمكن أن يتسبب التعرض الحاد للميثانول مرة واحدة فقط في حدوث تلف دائم بالعصب البصري والجهاز العصبي المركزي والطرفي. ومن بين العلامات والأعراض الأخرى الدالة على التسمم بالميثانول الإصابة بالصداع والدوار والقيء وآلام البطن الحادة وألم الظهر وصعوبة التنفس وبرودة الأطراف والنعاس وانعدام التوازن. كما يمكن أن يتسبب تعرض العين للميثانول في الشعور بحرقان في العين مصحوب بدمع واحمرار وتورم. وقد يؤدي التلامس المباشر مع السائل إلى التهاب الملتحمة وحروق بالقرنية. كما يسفر التعرض الكثيف للميثانول عن الإصابة بالعمى والوفاة.

4.1.5.2 التأثيرات الحادة

لقد اتضحت التأثيرات الناجمة عن التعرض الحاد للميثانول وبجرعات كبيرة بشكل وافٍ في الدراسات المتعلقة بحالات تسمم الإنسان بسبب الكحول وفي الدراسات على الحيوان. فبوجه عام، يتعرض الشخص المتأثر للإصابة بالتسمم لفترة قصيرة مع إصابة الجهاز العصبي المركزي بحالة اكتئاب بسيطة، يليها فترة لا يُلاحظ فيها ظهور أعراض للتسمم أو السمية بشكل واضح (تتراوح عادة بين 12 و14 ساعة). يتبع ذلك ظهور أعراض التسمم؛ مثل الصداع والغثيان والقيء وفقدان التوازن والألم الحاد في البطن وصعوبة التنفس. وقد يعقب هذه الأعراض الدخول في غيبوبة والوفاة. ومن بين العلامات الأخرى الدالة على التعرض لسمية الميثانول بشكل حاد اضطرابات الجهاز البصري وتراكم الأحماض بالجسم. ويتسبب التعرض للميثانول في إلحاق تأثيرات بحاسة البصر تتراوح بين الحساسية المفرطة للضوء إلى ضبابية أو عدم وضوح الرؤية ووصولاً إلى تناقص حدة البصر بشكل مفاجئ والإصابة بالعمى التام.

كمية الميثانول التي يمكن أن تسبب تعرضًا شديدًا لآثار الميثانول هي كمية قليلة: فإذا افترضنا ابتلاع وقود ميثانول بنسبة 100%، فإن الجرعة المميتة تقل عن ملء ملعقة شاي (4 مللي لتر) بالنسبة لطفل عمره سنة واحدة، وملعقة شاي ونصف (6 مللي لتر) لطفل عمره ثلاث سنوات، وأقل من ملعقتين كبيرتين (28 مللي لتر) للبالغين.

4.1.5.3 التأثيرات المزمنة

على النقيض من التأثيرات الناجمة عن التعرض الحاد للميثانول وبتركيزات مرتفعة، لا تتوافر سوى معلومات قليلة نسبيًا حول التأثيرات الناتجة عن التعرض المزمن للميثانول وبجرعات منخفضة. واستنادًا إلى ما أورده عدد محدود من تقارير الحالات والدراسات الوبائية، تتشابه التأثيرات الناتجة عن التعرض للميثانول لفترات طويلة مع التأثيرات الناتجة عن التعرض الحاد للميثانول. حيث تحدث اضطرابات في الجهاز البصري والجهاز العصبي المركزي. هذا، ويمكن أن تتسبب ملامسة الميثانول المباشرة للجلد بشكل متكرر إلى الإصابة بالتهابات جلدية مع حدوث جفاف وتشقق بالجلد. وتشمل الأعراض الأخرى الناتجة عن التعرض المزمن للميثانول تهيج العين والصداع والدوار والأرق والمشكلات المعدية المعوية علاوة على وجود صعوبات في الرؤية بشكل خاص.

ووفقًا لمجموعة البيانات الخاصة بمعلومات الفرز الصادرة عن منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD)، يعد الميثانول مرشحًا لمزيد من البحث في مجال التأثير على صحة الإنسان، وذلك نظرًا لما له من خواص خطيرة محتملة، بما في ذلك التأثيرات العصبية، وتثبيط النظام العصبي المركزي والتأثيرات على العين والتأثيرات الإنجابية والمتعلقة بالنمو وغيرها من تسمم الأعضاء. ولوحظ تسارع الأيض والإفرازات وفقًا للجرعة.

فلا يندرج الميثانول حاليًا ضمن قائمة المواد المسرطنة من قِبل أية هيئة تحظى بإجماع دولي أو وكالة حكومية (على سبيل المثال، IARC (الوكالة الدولية لبحوث السرطان) أو NTP (برنامج علم السموم الوطني) أو NIOSH (المعهد القومي للسلامة والصحة المهنية) أو ACGIH (المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة الصناعية الحكوميين) أو OSHA (إدارة السلامة والصحة المهنية). ويجري النظام المتكامل للمعلومات الخاصة بالمخاطر (IRIS) التابع لوكالة حماية البيئة (EPA) حاليًا تقييمًا للمخاطر المتعلقة بصحة الإنسان وردود الفعل لجرعات الميثانول. وقد خلصت مسودة مراجعة عن الخصائص السُمية للميثانول أجراها النظام المتكامل للمعلومات الخاصة بالمخاطر (IRIS) وصدرت ليراجعها النظراء في ديسمبر 2009 إلى أن الأدلة تشير إلى أن الميثانول يحتمل أن يكون من مسببات السرطان للإنسان. ويعرف هذا كـ"عامل أعطى نتائج إيجابية في الاختبارات على الحيوانات في أكثر من فصيلة وجنس وسلالة وموضع ومسار للتعرض مع وجود، أو عدم وجود، دلائل على أنه يسبب السرطان للإنسان." في مارس/آذار 2011، علقت وكالة حماية البيئة المراجعة الخارجية بواسطة النظراء لمراجعة سُمـيّة الميثانول الصادرة عن IRIS، وذلك في أعقاب تقرير من برنامج علم السموم الوطني (NTP)، أوصى بإجراء مراجعة تستهدف تفسير اختلاف وجهات النظر في تشخيص أورام معينة وردت في دراسة بحثية عن الميثانول قام بها معهد بحثي أوروبي. وتخطط وكالة حماية البيئة (EPA) بمشاركة المعهد القومي لعلوم الصحة البيئية لرعاية عملية مراجعة مستقلة تقوم بها مجموعة العمل الباثولوجية (PWG) لدراسات مختارة تمت في المعهد.

وطبقًا لمسودة المراجعة الخاصة بالسمية التي أجراها IRIS "لا تتوافر معلومات متاحة في الكتابات السابقة تتعلق بملاحظة السرطان في الإنسان بعد تعاطي الميثانول بصورة مزمنة. وبالمثل، لا توجد أية بيانات متعلقة بالبشر توضح وجود أي ارتباط بين التعرض للميثانول وزيادة حدوث عيوب الولادة أو وجود أخطار تهدد عملية الإنجاب. وبالرغم من ذلك، تشير البيانات المتوفرة حول الفئران إلى أن استنشاق الميثانول أو تناوله عن طريق الفم بجرعات كبيرة يمثل خطرًا متعلقًا بالنمو عليها. ونظرًا لاختلاف عملية أيض الميثانول لدى الفئران عنها في البشر، فهناك شكوك فيما إذا كانت هذه الدراسات يمكنها أصلاً التنبؤ بالتأثيرات التي ستقع على صحة الإنسان.

إلا أن هناك مخاوف بشأن وقوع تأثيرات ضارة متعلقة بالنمو على الأجنة في حالة تعرض السيدات الحوامل للميثانول بمعدلات تؤدي إلى ارتفاع تركيزات الميثانول في الدم بحيث تتجاوز 10 ملجم/لتر. هذا، ومن غير المتوقع أن يكون وصول معدلات الميثانول في الدم إلى 10 ملجم/لتر أو أكثر ناتجًا عن التعرضات الناجمة عن حدود التعرض المسموح به (PEL) للميثانول. وليس المقصود أن تمثل هذه القيمة أعلى تركيز "آمن" للميثانول في الدم.

4.2 التحكم في التعرض للميثانول

4.2.1 عناصر التحكم الهندسية

كلما أمكن، احرص على ضخ الميثانول السائل تلقائيًا من البراميل أو حاويات التخزين الأخرى إلى حاويات المعالجة وذلك لتقليل إمكانية التعرض للميثانول. ويجب حفظ الميثانول دومًا داخل أنظمة مغلقة وعدم تركه مفتوحًا للجو. راجع القسم 3.2 (تخزين الميثانول) والفصل 5 (إدارة الميثانول بشكل آمن: سلامة العمليات) للحصول على مزيد من المعلومات.

4.2.1.1 التهوية

يجب أن يوفر نظام التهوية الموجود بالمباني الهواء النقي اللازم للعمل بصورة طبيعية مع الوضع في الاعتبار إمكانية حدوث تسرب. وقد تكون التهوية الطبيعية كافية في بعض الحالات، وإن لم يكن الأمر كذلك، فستكون هناك حاجة للتزويد بأنظمة تهوية ميكانيكية. ويجب تحديد متطلبات التهوية على أساس كل موقع على حدة، شريطة أن يكون الهدف النهائي هو ضمان عدم وصول تركيزات الميثانول في الهواء إلى 200 جزء في المليون أو تجاوز هذا المعدل.

يجب حصر العمليات في مكان محدود قدر الإمكان واستخدام نظام مناسب وداخلي لتهوية العوادم في الموقع الذي يتم فيه نقل الميثانول أو استخدامه أو انبعاثه. ويعتمد نوع التهوية على عوامل مثل مساحات الهواء الساكن ودرجة حرارة العملية المتعلقة بالميثانول وتيارات الحمل واتجاه الرياح. ويجب وضع هذه العوامل في الاعتبار عند تحديد مكان ونوعية وقدرة المعدات. هذا، ويجب استخدام مراوح مقاومة للشرر في حالة تثبيت تهوية ميكانيكية.

4.2.2 مراقبة التعرض

الميثانول ذو رائحة كحولية حلوة خفيفة؛ إلا أن تلك الرائحة لا تجعلنا نشعر بوجوده إلا عندما يصل تركيزه إلى 2000 جزء في المليون أو يتجاوزه، وهو أعلى بعشرة أضعاف من الحد الآمن للتعرض للميثانول بالنسبة للبشر والذي يساوي 200 جزء في المليون. ونظرًا لأن رائحة الميثانول مؤشر ضعيف على تركيزه، فمن الضروري تحديد بعض المقاييس الكمية للتعرض. ويشكل هذا الأمر ضرورة لضمان عدم التأثير سلبًا على صحة العمال ولتحديد مدى الامتثال لأية لوائح معمول بها.

يمكن قياس تركيزات أبخرة الميثانول باستخدام أنابيب الكشف عن الغازات المقروءة بصورة مباشرة، مثل أنابيب الكشف ذات المقاييس اللونية، أو باستخدام الأدوات الإلكترونية، مثل أجهزة مراقبة الغازات المحمولة. كما يمكن لأجهزة مراقبة الغازات إعطاء قراءات مستمرة لتركيزات الميثانول، وكذلك يمكن ضبطها لإصدار تنبيهات عند وصول التركيزات إلى مستويات محددة. علاوة على هذا،

يمكن قياس تركيزات تعرض الأفراد للميثانول في المتوسط الزمني المرجح باستخدام مضخة بها عينة من الهواء تحتوي على أنابيب ماصة مصنوعة من السيلكا جيل.

جهاز مراقبة الغازات المحمول

أنابيب الكشف عن الغازات

(إهداء من Drägerwerk AG بتصريح)

في الوقت الراهن، تم تحديد كل من حد التعريض المسموح به (PEL) الذي وضعته OSHA وقيمة الحد الأقصى للعتبة المعيارية للتعرض (TLV) الذي وضعهACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) (المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة الصناعية الحكوميين) ليكون 200 جزء في المليون [3]. وتعتمد كلتا القيمتين على التعرض في المتوسط الزمني المرجح لمدة ثمان ساعات. أما حد التعرض قصير الأجل للميثانول الذي وضعه ACGIH فيبلغ 250 جزءًا في المليون، ويحتوي على علامة تشير إلى أثر المنتج على الجلد. كما حدد The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية) حد التعرض الموصى به في المتوسط الزمني المرجح لمدة 10 ساعات ليكون 200 جزء في المليون. هذا، وتم تحديد حدود التعريض المسموح بها والتي وضعتها OSHA من أجل حماية العمال من الآثار الصحية الناجمة عن التعرض للمواد الخطرة، مثل الميثانول. وحدود التعريض المسموح بها هي حدود تنظيمية موضوعة لتقنين كمية أو تركيز إحدى المواد في الهواء على ألا يتم تجاوزها في مواقع العمل. وربما تحتوي أيضًا على علامة مميزة توضح أثر المنتج على الجلد، وتكون بمثابة تحذير يشير إلى ضرورة منع امتصاص الجلد لهذه المادة لتجنب تجاوز الجرعة الممتصة التي تم تلقيها عبر الاستنشاق عند مستوى حد التعرض المسموح به. وتعد قيم الحد الأقصى للعتبة المعيارية للتعرض التي وضعتها ACGIH خطوطًا إرشادية استخدمها أخصائيو الصحة الصناعية والمتخصصون في مجال السلامة لاتخاذ قرارات متعلقة بالمستويات الآمنة للتعرض لمختلف المواد الكيميائية الموجودة في مواقع العمل. ويمثل حد التعرض المسموح به وقيمة الحد الأقصى للعتبة المعيارية للتعرض المستويات القصوى للتعرض التي يمكن للعامل العادي أن يمر بها دون أن تتسبب في وقوع تأثيرات ضارة بصحته.

كما يقوم ACGIH أيضًا بنشر مؤشرات التعرض الحيوي (BEI) لعدد من المواد الكيميائية. وتعتبر محددات مؤشرات التعرض الحيوي مؤشرًا "لامتصاص" الفرد لإحدى المواد الكيميائية. وتستند غالبية مؤشرات التعرض الحيوي إلى الارتباط المباشر مع قيمة الحد الأقصى للعتبة المعيارية للتعرض، على الرغم من ارتباط بعضها بشكل مباشر بالتأثيرات الضارة على الصحة. وبلغت مؤشرات التعرض الحيوي للميثانول في البول الذي تم جمعه في نهاية نوبة العمل 15 ملجم/لتر.

4.2.3 معدات الوقاية الشخصية

يمكن أن يحدث التعرض للميثانول من خلال استنشاقه أو امتصاصه عن طريق الجلد أو ملامسته للعينين أو ابتلاعه، وذلك عند استخدام الميثانول أو التعامل معه. وسوف يحدد مستوى مخاطر التعرض للميثانول المستوى المناسب من معدات الوقاية الشخصية المطلوبة. وكحد أدنى، يُوصى بارتداء نظارات سلامة تحتوي على حواجز وقائية جانبية أو نظارات واقية وقفازات مناسبة لتنفيذ المهام. ربما تلزم الاستعانة بمعدات وقاية شخصية إضافية وذلك حسب الموقف.

4.2.4 حماية الجهاز التنفسي

يجب اختيار وسيلة حماية للجهاز التنفسي استنادًا إلى الأخطار الموجودة ومدى احتمال حدوث تعرض. ولا تعد أجهزة التنفس المنقية للهواء والمزودة بخراطيش البخار العضوي (OVA) وسيلة حماية مناسبة ضد التعرض لأبخرة الميثانول، وذلك للقصر الشديد لعمر خدمة خرطوشة البخار العضوي. وعلاوة على ذلك، يمكن أن يتفاوت حد العتبة المعيارية لاكتشاف رائحة الميثانول ليتراوح بين 100 و1500 جزء في المليون، وبالتالي قد لا تقدم خرطوشة البخار العضوي تحذيرًا كافيًا عند حدوث زيادة مفاجئة وكبيرة لأبخرة الميثانول، ومن ثم لا يوفر جهاز التنفس الحماية من التعرض للميثانول. ويعد استخدام جهاز تنفس صناعي مزود بالهواء ذي قناع للوجه بالكامل ويعمل حسب الضغط المطلوب أو في وضع آخر ذي ضغط إيجابي هو وسيلة الحماية الموصى بها للجهاز التنفسي. كما يجب أخذ تقييم النوع المناسب لجهاز التنفس في الاعتبار عندما تقتضي الضرورة حماية العين. وكذلك يلزم إجراء اختبار للملاءمة وتنفيذ برامج صيانة منتظمة لمعدات حماية الجهاز التنفسي حينما يتطلب الأمر استخدام سبل حماية الجهاز التنفسي لتنفيذ مهمة عملية محددة. ويعد الجدول التالي دليلاً إرشاديًا يوضح ما إذا كانت هناك حاجة لاستخدام سبل حماية الجهاز التنفسي أم لا، عندما يكون تركيز الميثانول في الهواء معروفًا.

الجدول 6. دليل حماية الجهاز التنفسي

تركيز الميثانول في الهواء	حماية الجهاز التنفسي
<200 جزء في المليون	لا يلزم توفير وسيلة حماية. ولكن قد تظل هناك حاجة لحماية الجلد والعينين.
200 جزء في المليون أو أكثر	يلزم توفير وسيلة حماية إذا تجاوز التعرض اليومي للميثانول المتوسط الزمني المرجح (TWA) أو إذا كان هناك طرق إضافية للتعرض (الجلد، العينين، البلع). كما يجب استخدام نظام للتزويد بالهواء إذا كانت هناك حاجة لوسيلة حماية.
المحافظة على مستوى >200 جزء في المليون	يجب استخدام نظام للتزويد بالهواء يعتمد على جهاز تنفس (جهاز التنفس الذاتي SCBA) (على سبيل المثال، جهاز التنفس الذاتي ذي الضغط الإيجابي).

4.2.5 المواد/الملابس المقاومة للمواد الكيميائية

يجب ارتداء الأقمشة/الملابس المقاومة للمواد الكيميائية إذ كان من المتوقع ملامسة الميثانول للجلد بصورة متكررة أو لمدة طويلة. وتتضمن هذه الملابس الأحذية المطاطية عالية الساق والقفازات الواقية وملابس أخرى غير منفذة ومقاومة للمواد الكيميائية. ومن بين المواد المقاومة للمواد الكيميائية مطاط البوتيل ومطاط النيتريل. هذا، ويجب ارتداء نظارات واقية من المواد الكيميائية إذا كان هناك احتمال لملامسة الميثانول للعين، بما في ذلك بخار الميثانول. كما يمكن ارتداء واقٍ يغطي الوجه بشكل كامل فوق النظارات الواقية لتحقيق حماية إضافية، لكنه لن يكون بديلاً عن ارتداء النظارات الواقية.

الجدول 7 يعد بمثابة دليل يوضح معدات الوقاية الشخصية المناسبة، وفقًا للوضع الحالي.

الجدول 7. اختيار معدات الوقاية الشخصية

مخاطرة منخفضة للتعرض للأبخرة / مخاطرة منخفضة لتناثر قطرات من سائل الميثانول	مخاطرة كبيرة للتعرض للأبخرة /مخاطرة منخفضة لتناثر قطرات من سائل الميثانول	مخاطرة كبيرة للتعرض للأبخرة / مخاطرة كبيرة لتناثر قطرات من سائل الميثانول
ملابس مكافحة للحريق	حُلّة كاملة مقاومة للمواد الكيميائية	حُلّة كاملة مقاومة للمواد الكيميائية وغير مُنفِذة
قفازات (من نوع Silvershield أو قفازات من النيتريل يتم التخلص منها بعد الاستخدام)	قفازات مطاطية مقاومة للمواد الكيميائية	قفازات مطاطية مقاومة للمواد الكيميائية
نظارات سلامة تحتوي على حواجز وقائية جانبية	جهاز تنفس مزوِّد بالهواء يغطي الوجه بالكامل	جهاز التنفس الذاتي (SCBA) أو جهاز التنفس بالهواء المضغوط (CABA)
تغطية كاملة بالأحذية عالية الساق	أحذية مطاطية عالية الساق مقاومة للمواد الكيميائية	أحذية مطاطية عالية الساق مقاومة للمواد الكيميائية

4.3 احتياطات السلامة

4.3.1 العمليات الروتينية

يمكن أن تتسبب الكهرباء الإستاتيكية في اشتعال الميثانول نظرًا لقابلية اشتعال بخاره. لذا، يجب تطبيق عمليات التأريض والربط عندما يكون هناك احتمال لوجود كهرباء إستاتيكية، وهي عمليات مطلوبة لكافة المعدات. وبوجه عام يتم استخدام المشابك ذات الأطراف المستدقة المصنوعة من الكربيد (لضمان جودة التوصيل عبر الطلاء) وآلية الملء باستخدام أنبوب الغمس للحماية ضد الاشتعال الذي قد ينتج عن الكهرباء الإستاتيكية.

فيما يلي قائمة باحتياطات إضافية للسلامة يُوصى باتباعها. فربما تتطلب العمليات الخاصة أو العمليات المحفوفة بأخطار شديدة اتباع احتياطات إضافية؛ لذا سيتم تناولها في القسم التالي.

- يجب حظر التدخين نهائيًا.
- يجب مراقبة دخول المركبات بشكل صارم.
- يجب أن تكون التهوية كافية بحيث تتماشى مع مستويات الأبخرة القصوى المتوقعة في المباني.
- ربما يكون الضغط الإيجابي مطلوبًا للمناطق الخالية من الميثانول، مثل غرف التحكم والتحويل والتدخين.
- يجب أن تكون فتحات تهوية الخزان المفتوحة على الهواء مناسبة في حجمها لإخراج الأبخرة الساخنة الناجمة عن الحرائق في حالة الطوارئ.
- يجب أن تكون المعدات الكهربائية مقاومة للانفجار كي تتوافق مع متطلبات قوانين الكهرباء الوطنية.
- يُنصح باستخدام معدات لرش رغاوي مكونة لطبقة مائية ومقاومة للكحوليات (AR-AFFF) بنسبة رغوة تبلغ 6٪ (مع الماء) للتعامل مع حرائق الميثانول.
- يجب توفير طفايات الحريق المحتوية على مواد كيميائية جافة للتعامل مع الحرائق الصغيرة. كما يجب توفير عدد كافٍ من طفايات الحريق من الأنواع التي يمكن حملها يدويًا أو جرها على عجلات.
- يجب وضع صنابير المياه بشكل مدروس مع توفير أعداد كافية من الخراطيم.
- يجب التعامل مع الكميات الصغيرة المنسكبة باستخدام الرمل أو التراب أو أية مادة أخرى ماصة غير قابلة للاحتراق، ثم رش المنطقة بالماء بعد ذلك. كما يجب تخفيف الكميات الأكبر المنسكبة بالماء وتطويقها للتخلص منها في وقت لاحق.
- يجب أن تكون الإضاءة مؤرضة. كما يجب تزويد الأوعية والبنى المرتفعة بموصلات إضاءة مؤرضة بأمان.

4.3.2 العمليات الخاصة أو المحفوفة بأخطار شديدة

4.3.2.1 الدخول إلى الأماكن الضيقة

تحتوي العديد من أماكن العمل على مساحات توصف بأنها "ضيقة" وذلك لأنها تعوق أنشطة العمال الذين يجب عليهم الدخول إليها والعمل فيها والخروج منها. ويحتوي المكان الضيق على سبل محدودة أو مقيدة للدخول أو الخروج، كما أنه ليس مصممًا ليستوعب إشغال العمال له بصورة مستمرة. ومن بين أمثلة الأماكن الضيقة، على سبيل المثال لا الحصر، السراديب الموجودة تحت الأرض والخزانات وصناديق التخزين وفتحات الدخول إلى البالوعات والحُفر والصوامع وأوعية المعالجة وخطوط الأنابيب. علاوة على ذلك، غالبًا ما ينقص الأكسجين في جو الأماكن الضيقة أو يكون هذا الجو سامًا أو قابلاً للاحتراق، مما استدعى تصنيف هذه الأماكن من قِبل OSHA كأماكن "يلزم وجود تصريح" لدخولها. وقد حدثت بعض حالات الوفاة في الأماكن الضيقة الموجودة في أماكن العمل وذلك لعدم اختبار الجو داخل المكان الضيق قبل الدخول إليه و/أو مراقبته بصورة مستمرة. هذا، ويجب أن تكون إجراءات الدخول إلى الأماكن الضيقة متوافقة مع جميع اللوائح والقوانين الفيدرالية والمحلية المعمول بها.

وبالإضافة إلى إمكانية نقص الأكسجين في الغلاف الجوي، فإن تراكم أبخرة الميثانول في الأماكن الضيقة قد يؤدي إلى حدوث انفجار في حالة اشتعالها. وحد الانفجار الأدنى (LEL) للميثانول هو 6٪ (60000 جزء في المليون) مضروبًا في الكتلة، وهو ما يعادل 10 أضعاف تركيز حد تعريض الحياة والصحة لخطورة فورية (IDLH)، في حين أن حد الانفجار الأعلى (UEL) هو 36٪ (360000 جزء في المليون) مضروبًا في الكتلة. وإذا كانت التركيزات الموجودة في الهواء أقل من حد الانفجار الأدنى، فلا يكفي بخار الميثانول لاستشراء اللهب. أما إذا كانت التركيزات الموجودة في الهواء تتجاوز حد الانفجار الأعلى، فيعني ذلك وجود كميات كبيرة جدًا من الميثانول مع عدم وجود أكسجين كافٍ لاستشراء اللهب. هذا، ويتوافق حدا الانفجار الأدنى والأعلى للميثانول مع نطاق درجة الحرارة الذي يتراوح بين 54 درجة فهرنهايت و106 درجة فهرنهايت (12 درجة مئوية و41 درجة مئوية). وسوف يحترق الميثانول في هذا النطاق من درجات الحرارة. ونظرًا لأن تركيزات أبخرة الميثانول تكون سامة في مدى الانفجار، فإن المحافظة على تركيز الهواء

بحيث يكون آمنًا على الصحة يجعله أيضًا في مأمن من اشتعال حرائق. إلا أن المحافظة على تركيز الهواء في مأمن من اشتعال حرائق لا يجعله بالضرورة آمنًا لاستنشاقه.

وربما يكون وجود أنظمة تهوية في الأماكن الضيقة أمرًا ضروريًا للإبقاء على تركيزات الميثانول المحمولة بالهواء أقل من حد الانفجار الأدنى وأقل من حدود التعرض المسموح بها. وقبل الدخول إلى مكان ضيق يحتمل وجود الميثانول به يجب التأكد من عدم وجود تركيز يؤدي لحدوث انفجار.

4.3.2.2 الأعمال الحرارية

الأعمال الحرارية هي أي نشاط يتولد عنه حرارة أو لهب أو شرر أو دخان. ومن الأعمال الحرارية، على سبيل المثال لا الحصر، اللحام بالنار واللحام بالنحاس ولحام السبائك والتقطيع والمعالجة بالحرارة والتجليخ واستخدام أدوات تعمل بالطاقة. والميثانول ذو قابلية شديدة للاشتعال، وهناك احتمال بأن يتسبب في نشوب حريق في حالة أداء أعمال حرارية بالقرب من مصادر الميثانول.

وفقًا للرابطة الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) وإدارة السلامة والصحة المهنية (OSHA) يعرّف الميثانول على أنه سائل قابل للاشتعال من الفئة 1-ب أما الأمم المتحدة فتعرفه على أنه سائل شديد الاشتعال (فئة الأخطار الثالثة وفقًا للأمم المتحدة). وهو يطلق أبخرة في درجات الحرارة العادية المحيطة به أو أقل منها. يمكن أن يحترق الميثانول في الأماكن المفتوحة عند اختلاطه بالهواء. ويكون الوزن النوعي لبخار الميثانول الخالص غير المختلط هو 1.1 مقارنة بوزن الهواء البالغ 1.0. وتكون أبخرة الميثانول أثقل من الهواء بصورة طفيفة ويمكن أن تنتقل لمسافات قصيرة (ياردات أو أمتار) بمحاذاة الأرض قبل وصولها لنقطة الاشتعال ووقوع الاشتعال المرتد. وتتوقف مسافة الانتقال على ظروف انبعاث الأبخرة. ويزيد الانبعاث المضطرب للأبخرة من اختلاطها سريعًا بالهواء؛ بينما يعمل الانبعاث غير المضطرب على إعاقة اختلاطها بالهواء.

ويتمتع الميثانول النقي بنقطة وميض منخفضة عند درجة حرارة 54 درجة فهرنهايت (12 درجة مئوية) ومدى اشتعالية واسع (6-36٪ من الحجم). وتُعرف نقطة الوميض على أنها أدنى درجة حرارة يكون عندها ضغط البخار لسائل ما كافيًا لتكوين مزيج قابل للاشتعال مع وجود الهواء بالقرب من سطح السائل. أما مدى الاشتعالية فهو مدى التركيز الذي يكون فيه المزيج المكون من الهواء وبخار الميثانول قادرًا على الاشتعال، بشرط توفر مصدر إشعال. ويعني إتساع نطاق مدى الاشتعالية أن بخار الميثانول يمكن أن يشتعل عبر نطاق واسع من التركيزات في الهواء [33]. وتقل طاقة الاشتعال الدنيا (MIE) للميثانول في الهواء قليلًا عن قيمتها بالنسبة للجازولين. وقد تتجاوز النقاط الساخنة المحلية نقطة الوميض وبالتالي يمكن أن يشتعل الميثانول. عندما تمسك النار بالميثانول، فإنه يحترق بلهب أزرق صافٍ تصعب رؤيته في ضوء الشمس الساطع. وربما يكون الميثانول مشتعلًا ولا تتمكن من إدراك خطر الحريق بالنظر إلى اللهب.

ويمكن تقليل الأخطار المقترنة بالأعمال الحرارية من خلال تنفيذ برنامج أعمال حرارية فعال يتضمن الحصول على ترخيص مسبق قبل ممارسة هذه الأنشطة، واتباع ممارسات السلامة أثناء القيام باللحام بالإضافة إلى مراقبة الحرائق.

4.4 إجراءات الإسعاف الأولي

الإسعاف الأولي هو العلاج الفوري المؤقت الذي يتم تقديمه للفرد المتعرض للخطر وذلك قبل تلقيه للخدمات أو التوصيات من أحد المتخصصين في المجال الطبي. ويعد اتخاذ إجراء عاجل أمرًا ضروريًا. كما يجب الحصول على مساعدة طبية في أقرب وقت ممكن إذا اقتضت الضرورة ذلك. ويجب مراجعة ورقة بيانات أمان المواد (MSDS) المتعلقة بالميثانول أو المواد المحتوية على الميثانول بعناية لمعرفة مزيد من المعلومات حول إجراءات الإسعاف الأولي.

4.4.1 الاستنشاق

في حالة استنشاق أبخرة الميثانول، فيجب أولاً إخراج الشخص إلى الهواء النقي إذا كان هذا لا يشكل خطرًا عليك، مع الحرص على تدفئته وإراحته. راقب الشخص للتأكد من عدم إصابته بضيق في التنفس. في حالة زيادة صعوبة التنفس أو توقف التنفس، ينبغي إجراء تنفس اصطناعي أو إنعاش قلبي رئوي (CPR) على الفور مع طلب العناية الطبية لهذا الشخص. وينبغي عليك عند الضرورة تقديم أكسجين إضافي مع توفير تهوية مساعدة إذا كنت مدربًا على القيام بذلك.

4.4.2 ملامسة الجلد

في حالة ملامسة الميثانول للجلد، ينبغي على الفور استعمال غسول عيني أو مرشة للغسيل الآمن معدة لحالات الطوارئ، وغسل المنطقة التي تعرضت للميثانول بكميات وفيرة من الماء الفاتر لمدة 15 دقيقة على الأقل. ويجب خلع الملابس والأحذية الملوثة بالميثانول تحت الدش. اغسل المنطقة بالكامل بالصابون والماء. واطلب مساعدة طبية في حالة استمرار التهيج أو الألم أو في حالة تطور أعراض السمية. اغسل الملابس والأحذية الملوثة بالميثانول قبل إعادة استخدامها.

4.4.3 ملامسة العين

في حالة ملامسة الميثانول للعينين، فينبغي على الفور غسل العينين بكميات وفيرة من الماء الفاتر لمدة 15 دقيقة على الأقل. ويجب فتح الجفنين أثناء غسل العين وذلك للتأكد من وصول الماء إلى جميع أنسجة العينين والجفون التي يمكن الوصول إليها. وينبغي الحصول على مساعدة طبية.

4.4.4 الابتلاع بطريق الخطأ

قد يشكل ابتلاع الميثانول تهديدًا على الحياة. وقد تتأخر بداية ظهور الأعراض لمدة تتراوح بين 18 و24 ساعة بعد ابتلاع الميثانول. لا تحث نفسك على القيء. بل اطلب المساعدة الطبية على الفور. فيجب أن يبقى الشخص تحت رعاية وملاحظة طبية دقيقة لعدة أيام.

يعد علاج التسمم بالميثانول معروفًا وقد أثبت نجاحه، وهو: تناول مادة قلوية وإيثانول وإجراء غسيل كلوي. ويتم إعطاء مادة قلوية لمواجهة تراكم الفورمات في الدم. أما الإيثانول فيتم إعطاؤه لأنه يزاحم الميثانول للحصول على الإنزيم الذي يقوم بعملية أيض للميثانول لتحويله إلى فورمات. وعند وجود الإيثانول والميثانول معًا، فإن الإنزيم يفضل القيام بعملية أيض للإيثانول. أما الغسيل الكلوي فيتم استخدامه لتعزيز عملية تخليص الدم من الميثانول ونواتجه السامة. هذا، ويتوفر أيضًا مضاد للسموم (الذي يتم إعطاؤه عن طريق الحقن) لعلاج التسمم بالميثانول.

الفصل

5

5 إدارة الميثانول بشكل آمن: سلامة العمليات

يلخص هذا الفصل نظام "إدارة سلامة العمليات" المتعلق بالتعامل مع المواد شديدة الخطورة. ووفقًا للأحكام المنصوص عليها في مدونة اللوائح الفيدرالية رقم 49 1910،119، وهو ما يطلق عليه "معيار إدارة سلامة العمليات الصادر عن OSHA" [60] يصنف الميثانول على أنه مادة شديدة الخطورة إذا كان متصلاً بالعملية ويتألف من 10,000 رطل (1,508 جالون) على الأقل. على الرغم من أن هذا النظام ليس الوحيد المستخدم بنجاح لإدارة أخطار المواد الكيميائية؛ إلا أن هذا النظام قد أثبت فاعليته خلال العشرين عامًا التي تم تطبيقه خلالها، بشرط تطبيق المبادئ بإتقان وذكاء. ويمكن الحصول على نسخة من النظام المعياري بدون مقابل عبر الانترنت عن طريق موقع إدارة السلامة والصحة المهنية في الولايات المتحدة (OSHA).

تقدم (The International Electrotechnical Commission IEC) (اللجنة الكهربائية التقنية الدولية) معايير ممتازة ومفصلة متعلقة بالسلامة الوظيفية والتي يمكن استخدامها لإكمال المبادئ الإرشادية التي تقدمها OSHA. ويمكن أيضًا الحصول على معلومات متعلقة بهذا الشأن من بينها المبادئ الإرشادية لمنع الحوادث الكيميائية والتأهب والاستجابة لها والصادرة عن منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD) [50]، والتوجيه الأوروبي بشأن مكافحة أخطار الحوادث الضخمة التي تتضمن مواد خطرة (التوجيه EC/96/82)، بالإضافة إلى جهات أخرى مثل هيئات *الهيئة الفرنسية للتوحيد القياسي* (Association Française de Normalisation AFNOR) *والمعهد الألماني للتوحيد القياسي* (Deutsches Institut für Normung e.V. DIN) *والمنظمة الدولية للمعايير* (International Organization for Standardization ISO) *ومعهد النفط الأمريكي* (American Petroleum Institute API) *والجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين* (American Society of Mechanical Engineers ASME). وتم اختيار معيار إدارة سلامة العمليات الصادر عن OSHA كنموذج لدليل الميثانول لكونه يعطي نظرة عامة على مهام ومسؤوليات الإدارة التي يتوجب تنفيذها بشكل أو بآخر للإبقاء على صناعة معالجة المواد الكيميائية آمنة وقوية اقتصاديًا.

وبغض النظر عن الموقع الذي تشغله في سلسلة إنتاج وتوزيع الميثانول، فإنك عندما تتسلم الميثانول، يكون قد انتقل لمسافة طويلة وتناولته العديد من الأيدي. وقد ركز عدد كبير من تلك الأيدي على الإنتاج والتخزين والنقل الآمن للميثانول الذي تحصل عليه، بدءًا من حالته كغاز ميثان خام مستخرج من رأس البئر ووصولاً إلى منشآت التعبئة التي تقوم بملء وتوصيل الخزان أو الوعاء أو البرميل أو الحاوية المحتوية على الميثانول إليك.

وفعليا، تم إنفاق ملايين الدولارات لمنع التسرب وحوادث الانبعاث غير المقصود للميثانول في كافة نواحي عملية التصنيع، وفي كل خطوة من خطوات سلسلة التوزيع. وهذا الجهد إنما بُذل للحفاظ على سلامة الأرواح ونوعية البيئة ورؤوس الأموال. ويمكن أن يسفر التعرض المباشر للأخطار الملازمة للميثانول عن إلحاق الضرر والفساد والتلف.

بالنسبة لك كمستخدم، يتمثل أحد جوانب الإشراف على هذا المنتج في استخدام هذه المادة الكيميائية بشكل آمن ومسؤول. فمتوقع منك مواصلة تسلسل الحيازة هذا بتطبيق أفضل الممارسات الهندسية والإدارية في كافة جوانب الرعاية والحيازة، كما أنك تتحمل المسؤولية القانونية عن ذلك في غالبية البلدان.

هذا، ويتبع نظام إدارة سلامة العمليات منهجًا وصفيًا وليس توجيهيًا للقيادة والتحكم في تنظيم المواد الخطرة. وقد تم اختيار هذا المنهج لمنح مشغلي العمليات والمتعاملين مع المواد الكيميائية أقصى درجات الاستقلالية في تحديد الطريقة المثلى لتنفيذ استخداماتهم المعنية والحفاظ عليها بأسلوب آمن ومسؤول وفعال. فمن منظور هذا الدليل، لا يهم إذا ما كانت منشأتك تتبع أو سوف تتبع في لوائحها أحكام المعيار المقدم من OSHA. فموضع الاهتمام هنا هو المسؤولية، وليست اللوائح التنظيمية. والبنية الأساسية الموضوعة في معيار إدارة سلامة العمليات قد أثبتت بمرور الوقت أنها توفر إطار عمل فعالاً لتصنيع وتخزين واستخدام المواد الكيميائية الخطرة بشكل آمن. ونهيب بك للاستفادة من مجموعة المبادئ المتضمنة في هذا النظام المعياري بشكل جيد.

وتقوم سلامة العمليات على مبدأ أن المعرفة هي القوة؛ وأن القوة تتيح إمكانية التحكم، والتحكم هو أحد وظائف الإدارة الأساسية. يتمثل المقصد من إدارة سلامة العمليات (PSM) في معرفة أخطار المواد الكيميائية وتقنية العمليات والمعدات المستخدمة في الأنشطة المعتمدة على المواد الكيميائية، سواءً كانت تلك الأنشطة صغيرة أم كبيرة، وفهمها والتحكم فيها.

تتكون إدارة سلامة العمليات من 14 عنصرًا للإدارة. يتناول كل عنصر جانبًا معينًا من العملية من الجوانب اللازمة لإدارة المواد الكيميائية الخطيرة. وكل عنصر مستقل بذاته، لكنه في نفس الوقت يسلط الضوء على جميع العناصر الأخرى ويقويها. ويمكن ترتيب العناصر في إحدى المجموعات السبع، كما هو موضح في الجدول 8: المعرفة والتنفيذ والاستجابة واستعادة القدرة على العمل والتعلم والتحقق والحماية. وقد تم تنظيم العناصر داخل مجموعات بناءً على الافتراض القائل أنه من أجل تشغيل إحدى منشآت المعالجة الكيميائية بشكل آمن والمحافظة عليها، سواء كانت مختبرًا يعمل به فردان فقط أو مصنع لمعالجة المياه أو مصنع لتخليق المواد الكيميائية بكميات ضخمة، فإنه من الضروري مراعاة ما يلي (1) معرفة الإجراء الذي تقوم به قبل تنفيذه، (2) تنفيذ الإجراء، (3) الاستجابة لحالات الطوارئ واستعادة القدرة على العمل بعدها، (4) التعلم من الأخطاء، (5) التحقق من أن وسائل التحكم الإدارية تعمل وفقًا لما هو مطلوب، و(6) حماية الملكيات الخاصة.

الجدول 8. تنظيم سلامة العمليات

المجموعات	عنصر إدارة سلامة العمليات	المجموعات	عنصر إدارة سلامة العمليات
المعرفة		**الاستجابة واستعادة القدرة على العمل**	
	مشاركة العاملين		التخطيط لحالات الطوارئ والاستجابة لها
	معلومات بشأن سلامة العمليات	**التعلم**	
	تحليل أخطار العمليات		التحقيق في الحوادث
	إجراءات التشغيل	**التحقق**	
	التدريب		عمليات مراجعة سلامة العمليات
التنفيذ		**الحماية**	
	المتعاقدون		الأسرار التجارية
	مراجعة إجراءات السلامة قبل بدء التشغيل		
	التكامل الميكانيكي		
	إعطاء تصريح بالأعمال الخطرة		
	إدارة التغيير		

يتم تطبيق كل عنصر من عناصر إدارة سلامة العمليات مرارًا وتكرارًا على مدار الوقت، وفي سياق تسلسلي يعمل في دورات لمدة خمس سنوات. ويجب أن تصبح إدارة المنشأة والأطقم العاملة أكثر خبرة ومهارة في وضع الروتين وتحسين العمليات التي تتم داخل المنشأة، وذلك في كل دورة تعاقبية.

يلخص الجزء الباقي من هذا الفصل المقصد من كل عنصر من عناصر المعيار.

5.1 مشاركة العاملين

ينص المبدأ الإرشادي المتعلق بمشاركة العاملين على أن العاملين هم الأشخاص الذين تتحتم عليهم معرفة أقصى قدر تفصيلي من المعلومات بشأن العملية لتشغيل معدات نظام العمليات وصيانتها بأمان وكفاءة. وتحدد إدارة سلامة العمليات ثلاثة إجراءات لإدارة المنشأة تتعلق بمشاركة العاملين في إدارة سلامة العمليات.

1. يجب على أصحاب العمل وضع خطة مكتوبة لمشاركة العاملين.
2. يجب على أصحاب العمل التشاور مع العاملين فيما يتعلق بتنفيذ جميع عناصر وجوانب سلامة العمليات.
3. يجب على أصحاب العمل إتاحة الوصول إلى كافة المعلومات الموضوعة بغرض إدارة سلامة العمليات.

في حقيقة الأمر، إن كافة الجوانب المتعلقة ببرنامج سلامة العمليات تخص العاملين في المنشآت؛ حيث تقع على عاتق أصحاب العمل مسؤولية ومهمة إنشاء ودعم وتمويل البرنامج والتحقق من أن وظائف البرامج تعمل كما هو متوقع لها وتثمر عن النتيجة المرجوة. ولا يدرك العمال ما لا يعلمونه. وصاحب العمل مسئول عن إبلاغ جميع العاملين لديه بالمخاطر والمخاطرات المتعلقة بالميثانول وكيفية التحكم فيها بطريقة فعّالة. وعند وقوع حوادث، ومن المحتمل أن تقع حوادث، فإن ذلك يرجع عادةً لعدم دراية الأفراد الذين يتعاملون مع الميثانول أو يؤدون أعمالاً بالقرب من مخازن الميثانول وأماكن التعامل معه بمخاطره. وتنم الحوادث عن زلات في التحكم الإداري فيما يخص التدريب السليم للموظفين والإشراف عليهم.

5.2 معلومات بشأن سلامة العمليات

إن توافر معلومات محددة ودقيقة وتفصيلية عن العملية أمر ضروري على جميع مستويات المنظمة لفهم كيفية تصرف المواد الكيميائية داخل حدود التحكم والظروف غير الطبيعية للعملية. ويجب جمع ثلاثة أنواع من المعلومات وتنظيمها وإتاحتها للعاملين:

1. المعلومات المتعلقة بأخطار المواد الكيميائية ضمن العمليات.
2. المعلومات المتعلقة بتقنية العمليات (شاملة حدود عوامل التحكم الآمنة)،
3. المعلومات المتعلقة بالمعدات المستخدمة في العمليات

إن الغرض من الإصرار على ضرورة معرفة العاملين بهذه المعلومات هو التأكد من أن المشغلين والأفراد القائمين على الصيانة ومشرفيهم ملمون بالأمور التالية:

- معرفة وفهم خصائص وسلوك المواد الكيميائية المستخدمة في العملية في جميع ظروف التشغيل المحتملة؛ بما في ذلك الأمور العابرة والانحرافات والاضطرابات وعمليات بدء التشغيل وعمليات الإيقاف وإيقاف العمليات في حالات الطوارئ.
- فهم الكيفية التي تدفع بها تقنية العمليات حالات الانحرافات في ظروف التشغيل غير العادية والناتجة عن مقاطعة أو إعاقة المرافق و/أو تعطل المعدات و/أو حدوث خطأ بشري وظروف الطقس والأحداث الجيولوجية مثل الزلازل والتسونامي والفيضانات والأعاصير.
- معرفة ضغط المعدات ودرجة الحرارة وحدود الاحتواء في الظروف غير العادية والاستجابة لها.
- ضمان توافق تصميم وبنية المعدات مع "الممارسات الهندسية المتعارف عليها والمقبولة بشكل عام."
- التحقق من قدرة العاملين على أداء واجباتهم وقدرة المعدات على الخدمة المستمرة.

5.3 تحليل أخطار العمليات

إن عمليات تحليل أخطار العمليات (PHA) - والتي يُشار إليها أيضا بأسماء أخرى مثل تقييم الأخطار أو تقييم المخاطر أو تقنيات تحديد الأخطار- مطلوبة نظرًا لتغير الظروف والتصورات مع مرور الوقت. تجرى عمليات تحليل أخطار العمليات دوريًا للتحقق من وجود وسائل الحماية الكافية للحماية من ظروف التشغيل غير الطبيعية ولتجنب انبعاث المواد الداخلة في العملية بصورة غير مقصودة إلى مكان العمل، والمجتمعات المجاورة، والبيئة.

ويشترط هذا العنصر من عناصر المعيار المقدم من OSHA إجراء عمليات تحليل أخطار العمليات على جميع جوانب العملية باستخدام أسلوب تحليل يلائم مدى تعقيد العملية. وتحدد عمليات تحليل أخطار العمليات، وتقيِّم وتتحقق من المخاطر التي تنجم عن العمليات، ومن مخزون المواد الكيميائية الخطيرة ذات الصلة بالعملية، والتي يجري التحكم فيها من داخل الوعاء التشغيلي المعني. وهي تضمن أيضًا عدم تهديد الظروف غير الطبيعية التي قد تنشأ نتيجة تعطل المعدات و/أو الأخطاء البشرية لصحة العامل أو المقاول وعدم إلحاقها الأذى بالمنشأة أو بالبيئة. ويعمل فريق تحليل أخطار العمليات على التحقق من توفير مستويات كبيرة من الحماية في كافة الظروف المحتملة، بحيث يتم تخفيف حدة آثار حوادث الانبعاثات على البيئة، وتكون الاستجابة في حالات الطوارئ فورية ومناسبة وفعالة في حالة وقوع حادث انبعاث. وإذا استقر الرأي على عدم كفاية أو ملاءمة أي من هذه العناصر إما بسبب عدم وجودها أو عدم موثوقيتها أو عدم ملاءمة تصميمها، فيتم وضع توصيات لتصحيح أوجه القصور التي تم تحديدها. ويجب أن يتم التصحيح في الوقت المناسب.

5.4 إجراءات التشغيل

من أجل استمرار التشغيل الآمن للعمليات، يجب أن يعرف المشغلون الحدود الفاصلة بين ظروف التشغيل الآمنة وغير الآمنة. وبالمثل، ينبغي عليهم أيضًا معرفة كيفية وتوقيت أداء المهام المحددة المقترنة بتشغيل المعدات والتحكم في العمليات في ظروف العمل الطبيعية، كما في ظروف العمل غير الطبيعية.

ويتعين على أصحاب العمل توفير إرشادات تشغيل مكتوبة لتوجيه المشغلين عبر الخطوات الضرورية لبدء تشغيل العمليات وتشغيلها وتوقفها وتوقفها بشكل طارئ في ظل ظروف التشغيل العادية وغير العادية. ويجب أن تبين الإجراءات بشكل واضح الحدود القصوى والدنيا للتشغيل الآمن فيما يتعلق بدرجة الحرارة والضغط والمستوى وتدفق السوائل ومعدل حرق السخّان ومكونات غاز مدخنة السخان، وحجم الخزان والوعاء، وغيرها من الظروف البيئية الهامة.

تجب مراجعة إجراءات التشغيل في أي وقت تجرى فيه تغييرات من نوع جديد داخل العملية. كما يجب تحديث الإجراءات والتحقق من دقتها سنويًا.

5.5 التدريب

ينبغي تدريب الأفراد القائمين على التشغيل على تفسير وتطبيق إجراءات التشغيل المكتوبة. ومن الناحية العملية، تضم عملية التدريب كلاً من التدريب داخل الفصول الدراسية والتدريب الإفرادي (في صورة إرشادات مباشرة بين شخصين)، وذلك عند التدريب أثناء العمل. بالنسبة للعمليات الكبيرة المعقدة، قد يتم استخدام وسائل محاكاة إلكترونية للتحكم في العمليات بنفس الطريقة التي تُستخدم بها وسائل المحاكاة الإلكترونية الهيدروليكية لتدريب الطيارين على الطيران. أما بالنسبة للعمليات الصغيرة البسيطة، فقد يتضمن تدريب المشغل تمرينات أداء الأدوار (المحاكاة).

يجب تكرار التدريب عند إجراء تغييرات من نوع جديد داخل العملية. وينبغي تقديم تدريب إنعاشي لتجديد المعلومات كل ثلاث سنوات.

يجب على أصحاب العمل الاحتفاظ بسجل خاص بتدريب كل عامل مع إثبات أن العامل قد تلقى واستوعب تدريبًا في أدنى المستويات التي تُثبت الفهم والاحترافية وبالمثل، يجب على أصحاب العمل أيضًا تطبيق عناصر تحكم تضمن أن القائمين على التشغيل "ملائمون لأداء المهام" في أي وقت يكونوا مناوبين في الخدمة داخل المحطة.

5.6 المتعاقدون

على مدار الزمن، تعرض العاملون المتعاقدون الموجودون في المنشآت لفترات زمنية قصيرة بشكل غير منتظم لأداء خدمات متخصصة، مثل فترة إنتاجية، لمعدلات حوادث مرتفعة بصورة غير عادية. وبعض الحوادث التي يكون للعاملين المتعاقدين دخل فيها تتضمن المقاولين فقط، في حين تمتد بعض الحوادث الأخرى لتشمل المقاولين وطاقم العمل بالمنشأة أيضًا. ففي المختبرات الكيميائية، قد تتألف هذه العمالة المتعاقدة من عامل حرفي، كالسباك أو الكهربائي. أما خلال فترة إنتاجية داخل مصنع لتصنيع المواد الكيميائية، فقد تتألف من طاقم مكون من مئات العمال الموظفين على أساس التعاقد. وتتماثل الظروف في كلتا الحالتين. ويكون العمّال الذين ليسوا على دراية بالمخاطر في مكان العمل عرضة لارتكاب الأخطاء، مما قد يسبب الإصابة و/أو الانبعاث غير المقصود للمواد الكيميائية والذي لا يمكن السيطرة عليه.

تنص إدارة سلامة العمليات على ضرورة معالجة إدارة المحطة لهذا الموقف على عدة أصعدة. أولاً، يجب فرز العاملين المتعاقدين بشكل دقيق قبل إشراكهم في أداء الأعمال التي تتم داخل المنشأة. وإذا كان العامل المتعاقد لديه سجل سيئ فيما يتعلق بالسلامة في وظائفه السابقة، فيجب النظر في تحديد عامل متعاقد آخر يتمتع بسجل جيد فيما يتعلق بالسلامة. وبمجرد فرز العاملين المتعاقدين واختيارهم، يتلقى هؤلاء العاملون تدريبًا عن السلامة يتعلق بالأخطار الخاصة بهذه المنشأة والمواد الكيميائية الموجودة. كما يُطلب من العامل المتعاقد أيضًا أداء أنشطة معينة موجهة للمحافظة على السلامة بشكل يومي بالاشتراك مع أفراد الطاقم. تشمل هذه الأنشطة تدريب العاملين المتعاقدين وعقد اجتماعات يومية حول السلامة (وهي ما تُعرف بالاجتماعات الجانبية) وحفظ السجلات والإبلاغ عن الأعمال التعاقدية الخطرة وإعداد بطاقات المهمة والإبلاغ عن الحوادث والتحقيق فيها. وتعد هذه الإجراءات هامة بصفة خاصة للعاملين الذين يؤدون أعمالاً حارة (حرارية) أو يدخلون مناطق محصورة قرب الميثانول.

5.7 مراجعة إجراءات السلامة قبل بدء التشغيل

إذا كانت إحدى وحدات أو معدات العملية بحاجة إلى إصلاح، وكانت وحدة العملية أو أحد المعدات لا تعمل أثناء إجراء الإصلاح، فإن إدارة سلامة العمليات تتطلب إجراء مراجعة للتحقق من أن المعدة (المعدات) والمنظومة في حالة تسمح بالتشغيل. وتجرى مراجعة للسلامة قبل بدء التشغيل كلما استدعى التعديل الذي دخل على المواد الكيميائية أو التقنية أو المعدات المستخدمة في العملية تحديث المعلومات المتعلقة بسلامة العملية.

يجب على العامل التأكيد على ما يلي قبل "الإعادة إلى الخدمة" والتي تضم ضمن تعريفها "إدخال مواد كيميائية شديدة الخطورة":

- اكتمال مهام البناء، وإنهاء أنشطة البناء.
- توافق المعدات مع مواصفات التصميم.
- تحديث المعلومات المتعلقة بسلامة العمليات.
- تنفيذ إجراءات السلامة والتشغيل والصيانة والطوارئ والتأكد من كفايتها.
- إجراء مراجعة لأخطار العمليات بحيث تكون مناسبة لمدى تعقيد العملية وللتعديل الذي تم إجراؤه عليها، مع تقرير التوصيات التي تم الخروج بها من هذه المراجعة و/أو تنفيذها.
- أن متطلبات إدارة التغيير مرضية وكافية.
- تدريب كافة العاملين المشتركين في تشغيل وصيانة العمليات على هذا التغيير.

5.8 التكامل الميكانيكي

يركز عنصر التكامل الميكانيكي الخاص بسلامة العمليات على وظيفة الصيانة (فحص المعدات واختبارها وإصلاحها) وذلك فيما يتعلق بـ "الملاءمة للخدمة" أو "الملاءمة للخدمة المستمرة." وبالتالي، يضع هذا العنصر معايير لإعداد إجراءات مكتوبة للصيانة وتدريب عمال الصيانة وتوثيق نتائج تدريب العاملين وفحص المعدات واختبارها وتصحيح أوجه القصور.

تتضمن التدابير الاحتياطية الواردة ضمن هذا العنصر تخزين قطع الغيار ومعدات الاستبدال في مستودعات. فيجب على صاحب العمل التأكد من أن مواد الصيانة وقطع الغيار والمعدات ملائمة لتطبيقات العمليات التي سيتم استخدامها فيها. وقد يتضمن ذلك وضع اللواصق، التحديد الإيجابي للمواد بطرق PMI والتحقق من الوفاء بالمواصفات والتوافق مع متطلبات التصميم.

في مصانع تصنيع المواد الكيميائية، يتعلق هذا العنصر بمهام وظائف الشراء والتخزين والفحص والصيانة. وتنطبق التدابير الاحتياطية الواردة ضمن هذا العنصر بوجه عام على جميع أنواع المعدات: أوعية الضغط والخزانات وأنظمة شبكات الأنابيب وأنظمة التنفيس والتهوية وأنظمة التوقف في حالات الطوارئ وأنظمة التحكم والمضخات والمعدات الأخرى مثل: الضواغط والمحركات التوربينية والمولدات التوربينية، وما إلى ذلك.

5.9 إعطاء تصريح بالأعمال الخطرة

ربما تقتضي عمليات الصيانة والفحص والاختبار أداء المنشأة والعاملين المتعاقدين للعمل فيما يطلق عليه ظروف خطرة. وفي سياق سلامة العمليات، تتضمن الظروف الخطرة الأخطار الفورية والوشيكة المقترنة ببيئة العمل: الدخول إلى الأماكن المغلقة والقفل ووضع علامة تحذير لمنع التشغيل على مصادر الطاقة وأعمال الرفع والأعمال في الطبقات السفلية وقطع الخطوط والإيقاف المؤقت لسائل خط الأنابيب لتوصيل أنبوب جديد أو ربط أنبوب مع آخر والأعمال الحرارية وعمليات الرفع العلوية ونقل الروافع من أماكنها، وغيرها من الأعمال التي تتطلب إجراءات أمان لمنع الإصابة.

وتقتضي سلامة العمليات أن يكون كل من أصحاب العمل والعاملين على معرفة ودراية بالمكان والأخطار المقترنة بجميع مهام العمل فيما يتعلق بفحص المعدات واختبارها وصيانتها. لذا، يجب جدولة الأعمال وإعطاء تصريح بها قبل تنفيذها. كما يتعين خلال عمليتي الجدولة وإعطاء التصريح إنشاء سجل كتابي يوضح ما تم إنجازه، ومكان وزمان التنفيذ وكيفية التنفيذ والقائم عليه والأخطار المقترنة بالمهمة أو ببيئة العمل. يضمن التصريح بالقيام بالأعمال الخطرة لكل من العاملين وأصحاب العمل اتخاذ كافة الإجراءات المعقولة لحماية العاملين المكلفين بأداء العمل الخطير.

5.10 إدارة التغيير

تعمل إدارة التغيير على معالجة مشكلة إدارة التهيئة. فأحيانًا يكون من الضروري إجراء تعديل على تهيئة نظام العمليات لتحسين الأداء أو الموثوقية أو الفاعلية. وفي سياق سلامة العمليات، تتخذ أنشطة الصيانة والإصلاح شكلاً من شكلين متعلقين باستبدال العنصر أو المكون: (1) استبدال من نفس النوع و(2) استبدال من نوع مختلف.

الاستبدال من نفس النوع هو أية عملية إصلاح يتم فيها استبدال عنصر موجود بجزء آخر أو مكون أو مُعِدة تلبي أو تفوق أساسيات التصميم ومواصفات التصنيع الخاصة بالجزء أو المكون أو العنصر الأصلي. ونظرًا لأن هذا الشكل من الاستبدال لا يغير أو يؤثر بطريقة أخرى على أساسيات التصميم وإمكانات أداء النظام الذي يتم وضعه فيه، فلا ينشأ عنه "تغيير".

أما الاستبدال من نوع مختلف فهو أية عملية إصلاح أو استبدال يتم فيها استبدال جزء أو مكون أو معدة لا تلبي أساسيات التصميم ومواصفات التصنيع بجزء أو مكون أو عنصر أصلي.

يتناول إجراء إدارة التغيير الذي تم وضعه لاستيفاء هذا العنصر من سلامة العمليات الاعتبارات التالية:

- الأساس الفني للتغيير المقترح.
- تأثير التغيير على السلامة والصحة.
- إجراء التغييرات على إجراءات التشغيل.
- الفترة الزمنية التي يكون خلالها التغيير قيد التنفيذ (بشكل مؤقت أو دائم).
- متطلبات الترخيص الخاصة بالتغيير المقترح.

ويجب اتخاذ الإجراءات التالية:

- تحديث المعلومات المتعلقة بسلامة العمليات حسبما تقتضي الضرورة.

- تحديث إجراءات التشغيل والصيانة والفحص والاختبار حسبما تقتضي الضرورة.
- إعلام العاملين والعمال المتعاقدين القائمين على التشغيل والصيانة والفحص والاختبار بالإجراءات المعدلة وتدريبهم عليها.
- الاحتفاظ بسجل مكتوب يضم ما ورد أعلاه.

5.11 التخطيط لحالات الطوارئ والاستجابة لها

من المهم التخطيط لحالات الطوارئ التي قد تحدث داخل المنشأة والاستعداد لها والتدريب عليها والاستجابة لها. ويتضمن ذلك الحوادث والإصابات وحوادث الانبعاث للمواد الكيميائية شديدة الخطورة والحرائق والانفجارات اللاحقة وغيرها من الحوادث والانسكابات الأخرى المسببة للأضرار والانفجار. وعندما تقوم بالتخطيط، حدّد ما يمكن أن يحدث والمكان المحتمل حدوثه فيه وكيف يحتمل حدوثه. وقم بتركيب أجهزة كاشفة مناسبة وأجهزة للإنذار المبكر. كما سوف يلزم وضع إجراءات للإجلاء وتحديد نقاط للتلاقي واتباع إجراءات لمعرفة عدد الأفراد الموجودين. ومن المهم أن تتضمن الخطة التي تضعها إجراءات للتخفيف من حدة الآثار، مثل أجهزة إطفاء الحرائق وأنظمة المرشات وأنظمة الغمر وأنظمة النقل والعزل السريع التلقائي والحوائط الواقية من الانفجارات، وما شابه ذلك. وقد تساعد هذه الإجراءات على احتواء التلف والتحكم فيه وحصره. احرص على فحص واختبار أجهزة الإنذار وإجراءات تخفيف حدة الآثار وأنظمة السلامة بشكل منتظم، وفقًا لتوصيات الموردين.

وتكون عمليتي التخطيط والاستجابة أسهل حين تنشئ مركزًا للقيادة والسيطرة، بالإضافة إلى توفير إمكانيات الاتصالات اللازمة لتقييم الموقف وتنسيق المستجيبين والاتصال لطلب الدعم ووضع أولويات الرعاية الطبية الطارئة والإسعافات الأولية.

من المفيد للغاية أن تعمل مع أفراد الاستجابة الأولية المحليين لديك (مثل رجال الشرطة والإطفاء وأطقم الرعاية الطبية في حالات الطوارئ وقوات الجيش أحيانًا) كي يكونوا على دراية بإجراءات التخطيط لحالات الطوارئ والاستجابة لها التي اتبعتها، ومن ثم يمكنهم تقديم ملاحظات لك. وتهتم أقسام الحريق المحلية بوجه عام بالمشاركة في التدريبات على إطفاء الحرائق التي تنشب في مواقع تصنيع المواد الكيميائية وذلك لإكساب رجال الإطفاء الخبرة وفهمًا أفضل للمنشأة. إذا كانت المرة الأولى التي تدخل فيها عربة مكافحة الحرائق إلى داخل المنشأة كاستجابة لإحدى حالات الطوارئ الحقيقية، فإن طاقم الإطفاء قد يهدر وقتًا ثمينًا في البحث عن موقع الحدث للانتقال إليه وفي تفهم الموقف الذي يواجهه. ولذلك فإن إشراك أفراد الاستجابة الأولية المحليين في التدريبات على إطفاء الحرائق سوف يساعدهم في الاعتياد على الموقع والعمليات التي تتم فيه، ومن ثم يمكنهم إنقاذ الأرواح والممتلكات.

5.12 التحقيق في الحوادث

بالرغم من حسن النوايا وبذل جهود مضنية للوقاية واتخاذ إجراءات مناسبة لتخفيف حدة الآثار والاستجابة الفعالة، فإن الحوادث ستظل تقع. وسيتعرض الأشخاص للإصابات كما ستتعرض وسائط الهواء والتربة والمياه للتلوث ويتم إتلاف وتدمير المعدات المدرة للربح. ومن الممكن أن تساهم الممارسات والإجراءات التي توصي بها سلامة العمليات في تقليل عدد الحوادث وخطورتها بشكل كبير. ولكن من المستبعد أن تحول هذه الممارسات والإجراءات دون وقوع كافة سيناريوهات الحوادث الممكنة.

بأخذ هذا التوقع في الاعتبار، فمن الأهمية التعلم من أخطاء الماضي. لذا، يعد التحقيق في الحوادث عنصرًا أساسيًا من عناصر نظام إدارة سلامة العمليات الفعال. فيجب أن يكون لدى أصحاب العمل أفراد مدربون على تنفيذ الإجراءات المكتوبة الخاصة بالتحقيق في الحوادث (مثل حالات الانبعاث والانبعاثات السامة والانسكابات والحرائق والانفجارات، وخاصة المواقف أو الحوادث البسيطة التي تم اكتشافها قبل وقوع الحادث، التي يطلق عليها أيضًا اسم "الحوادث المحتملة الوقوع").

ويجب تصنيف الحوادث طبقًا لدرجة شدّتها والاستجابة المطلوبة لها. يجب إجراء تحقيق منظم في جميع الحوادث وتطبيق نظام لتحليل لمعرفة السبب الأساسي لها إلا في حالات الحوادث التي تسبب تلفًا محدودًا للغاية. كما يجب وضع إجراءات تصحيحية لمعالجة الأسباب الجذرية على أن تهدف إلى منع التكرار.

وإليكم الإجراءات الإرشادية التالية بشأن التحقيق في الحوادث:

1. بدء التحقيق بأسرع ما يمكن، ويجب أن يتم في غضون 48 ساعة.
2. تضمين عضوية فريق التحقيق ما يلي طبقًا لما ينطبق على الحادث:
   - أفرادًا على دراية بالعمليات.
   - العاملين المتعاقدين، إذا شمل الحادث أحد العاملين المتعاقدين.
   - أفرادًا مدربين على التحقيق الشرعي.
   - أفرادًا مدربين على إجراء مقابلات.
   - أفرادًا أو مستشارين مدربين على نمذجة تشتيت الهواء ونمذجة الحرائق ونمذجة الانفجارات وتحليل أوجه الفشل.
3. إعداد تقرير مكتوب حول التحقيق يشتمل على التوصيات.

4. تكوين فريق للتعامل مع نتائج التحقيق، وتقرير أو تنفيذ التوصيات.
5. مراجعة التقرير مع العاملين والمتعاقدين الذين تتصل مهامهم الوظيفية بنتائج التحقيق.
6. إخطار العاملين والمتعاقدين بالدروس المستفادة.
7. حفظ التقرير وأرشفته فيما بعد.

5.13 عمليات مراجعة سلامة العمليات

كل ثلاث سنوات على الأقل، إن لم يكن بمعدل أسرع، قم بإجراء عملية مراجعة على مستوى المنشأة لتحديد ما إذا كانت الإجراءات والاحتياطات والممارسات المتعلقة بسلامة العمليات منفذة. ولا يجب أن تكون هذه الممارسات معروفة ومفهومة من قِبل العاملين فحسب ولكن يجب أن تكون ملائمة وعملية وفعالة وكافية في الوقت ذاته. وينبغي جدولة عملية المراجعة وتنفيذها على يد فريق من العاملين والمتعاقدين والمستشارين الذين يتمتعون بالمؤهلات التالية:

- المعرفة الفنية بالعمليات.
- المعرفة والدراية بالمنشأة، والتنظيم الإداري، ومهام ومسؤوليات الأقسام الوظيفية.
- الخبرة والتمرس في مجال مراجعة إجراءات السلامة

ويجب على فريق المراجعة تسليم تقرير مكتوب حول عملية المراجعة إلى صاحب العمل يتم فيه تقييم نقاط القوة والضعف في عناصر البرنامج المختلفة. ويقع على عاتق صاحب العمل الاستجابة بشكل فوري لكافة النتائج التي توصلت إليها عملية المراجعة، وتصحيح أوجه القصور مع توثيق ذلك في مستندات. هذا، وينبغي الاحتفاظ بتقارير المراجعة وأرشفتها.

5.14 الأسرار التجارية

لا تُستثنى الأسرار التجارية والمعلومات المتعلقة بالملكية، والتي تعتبر ملكية فكرية لصاحب العمل، من التضمين في برنامج سلامة العمليات. ولن يؤدي تضمين مثل هذه المعلومات في البرنامج إلى إلغاء الحقوق والامتيازات المتعلقة بسريتها.

يجب أن يحدد صاحب العمل كتابيًا وبوضوح الأسرار التجارية والمعلومات التي تعتبر ملكية خاصة له. كما ينبغي حماية الملكية الفكرية بموجب اتفاقيات سرية بين صاحب العمل والعاملين والعاملين المتعاقدين ممن ينبغي إطلاعهم على هذه المعلومات واستخدامها في مهامهم المتعلقة بتنفيذ مختلف عناصر برنامج سلامة العمليات. ويضم هؤلاء الأشخاص المسؤولين عن الأمور التالية بوجه خاص:

- إجراء عمليات تحليل أخطار العمليات.
- إعداد إجراءات التشغيل.
- وضع إجراءات الصيانة والفحص والاختبار.
- إجراء تحقيقات في الحوادث.
- إجراء تخطيط لحالات الطوارئ والاستجابة لها.
- إجراء عمليات مراجعة على سلامة العمليات.

مثلما أشرنا مسبقًا، تقوم سلامة العمليات على مبدأ أن المعرفة هي القوة. وبوصفك مستخدمًا للميثانول، يتمثل أحد جوانب الإشراف على المنتج في استخدام هذه المادة الكيميائية بشكل آمن ومسؤول. وندعو القراء إلى الاستفادة من هذه المعرفة بشكل جيد.

5.15 تنفيذ سلامة العمليات

تتمثل إحدى الخطوات الرئيسية لإدارة عمليات الأمان في تحديد المخاطر التي تشكلها عمليات تصنيع، وانتقال، ونقل، وتخزين الميثانول. ويسمح هذا بأخذ الأمان في الاعتبار أثناء التصميم. ويمكن إجراء تقييم الأمان كجزء من تحليل أخطار العمليات. ويوضح هذا القسم الخطوات الرئيسية في إجراء تحليل أخطار العمليات. ويتوفر مزيد من المعلومات حول إجراء تحليل لأخطار العمليات المتعلقة بالميثانول في المسرد والملحق.

فيما يعد مثالاً لعملية تقييم بسيطة للغاية للمخاطر، دعنا نقارن بين الخصائص الخطرة للميثانول وبين خصائص الجازولين الذي يعد الوقود الأشيع استخدامًا، والذي يتسم أيضًا بكونه متطايرًا وسريع الاشتعال.

تتيح الخصائص الفيزيائية والكيميائية للميثانول للمستخدمين العديد من المزايا الأمنية بالمقارنة بالجازولين. فالميثانول يتمتع بقابلية أقل للتطاير وكثافة أقل للبخار ومعدل أقل لانبعاث الحرارة، وحد أدنى لسرعة الاشتعال من الجازولين. وتوضح وكالة EPA الفيدرالية

الأمريكية ما يلي: "إن هذه الخصائص مجتمعة تجعل الميثانول بطبيعته أكثر صعوبة في الاشتعال من الجازولين، كما تقل احتمالية تسببه في حرائق ينتج عنها وفيات أو تلفيات في حالة اشتعاله."

ويجب إدراك وجود فروق هامة أخرى. فالميثانول يمكن أن يشتعل عن درجات الحرارة العادية في الأماكن المغلقة، مثل خزانات الوقود. وهذا اختلاف شديد بينه وبين الجازولين، والذي ينتج كمية كبيرة من البخار قد يزيد بسببها التركيز عن الحد الأقصى لسرعة الاشتعال. ومن الضروري معالجة هذا الخطر على وجه الخصوص عند تصميم خزان الوقود واختيار مكان وضعه، وذلك لضمان عزل خزانات الميثانول عن جميع مصادر الاشتعال التي يمكن توقعها. وتعد السُميِّة أحد الاعتبارات الأخرى بالنسبة للميثانول. فحد العتبة المعيارية لاكتشاف الرائحة أعلى من حد التعرض المسموح به. ويعني هذا أن تركيز الميثانول قد يكون أعلى من مستويات السمية قبل أن يستطيع معظم الأفراد اكتشاف الرائحة.

5.15.1 ما معنى "الأخطار"؟

يعد مصطلح "الأخطار" إحدى الكلمات شائعة الاستخدام. وفي سياق تقييم المخاطر، فإن لهذا المصطلح معنى محدد. فمثلما هو مستخدم في هذا الدليل، تشير الأخطار إلى تهديد تشكله إحدى المواد كخاصية فيزيائية أو كيميائية متأصلة في تلك المادة. وعادةً ما يتم تصنيف الأخطار حسب نوعها. فالأخطار الكيميائية مصنفة حسب طبيعة التهديد الذي يمثله وجود المادة الكيميائية: الحريق إذا كانت المادة الكيميائية سائلاً قابلاً للاشتعال، والسُمِّية إذا كانت المادة الكيميائية معروفة بأنها سامة، والتفاعلية إذا كانت هناك مواد كيميائية أخرى تتفاعل بعنف مع المادة المعنية، وعدم الاستقرار الكيميائي أو الحراري إذا كانت المادة الكيميائية معروفة بتحللها تلقائيًا تحت ظروف معينة، وعدم التوافق الكيميائي إذا كان خلط المادة الكيميائية بمادة كيميائية أخرى يزيد من خطر معروف أو يظهر أخطارًا أخرى. على سبيل المثال، يُصنف الميثانول كمادة سريعة الاشتعال وسامة. ومن ثم يتعين على الأشخاص الذين يتعاملون مع الميثانول أو يستخدمونه أو يقومون بتخزينه اتباع احتياطات لحماية أنفسهم والآخرين من هذه الأخطار. ومن الضروري حماية الميثانول من التعرض لمصادر الإشتعال وارتداء معدات الوقاية الشخصية (PPE) عند التعامل مع الميثانول أو العمل بالقرب من مخزونات كبيرة منه.

ونظرًا لأن الأخطار هي خاصية للمادة تميز هذه المادة، فإن الخطر يزول إذا لم تعد المادة موجودة.

5.15.2 ما معنى "المخاطر"؟

يعد مصطلح "المخاطر" إحدى الكلمات شائعة الاستخدام والتي قد تفهم على نحوٍ خاطئ. فكما هي مستخدمة في هذا الدليل، تشير كلمة "مخاطر" إلى معنى محدد للغاية: تكرار أو أرجحية أو احتمال وقوع سلسلة من الأحداث تنتهي بحدوث عواقب، حيث تتجسد العواقب في ظهور خطورة كيميائية. والعواقب هي مظهر الخطورة الكيميائية. ورياضيًا، يتم حساب المخاطر كحاصل ضرب تكرار الحدث (أو احتمالية وقوعه) في مقياس خطورة العواقب.

فمخاطر إحدى العواقب المحددة، كانفجار على سبيل المثال، تتمثل في احتمالية حدوث انفجار (مثلاً 10% في فترة زمنية قدرها 10 سنوات، وهو ما يناظر احتمالية قدرها 1% في كل عام)، مضروبة في خطورة العواقب، مثل 20 مليون دولار أمريكي لكل واقعة. وفي هذا المثال، يتمثل عبء المخاطر الذي تتحمله المنشأة في خسارة متوقعة قدرها 200,000 دولار أمريكي سنويًا (20 مليون دولار أمريكي x 0.01)، مطروحًا منه قيمة ما يغطيه التأمين.

فإذا قررت الإدارة أن تحمُل مخاطر بقيمة 200,000 دولار أمريكي هي قيمة مرتفعة وغير مقبولة، فإنه يمكن تقليل المخاطر عن طريق تطبيق سياسات وإجراءات حماية إضافية تقلل من التكرار المحتمل لهذا الحدث المعين. إذا أجرت المنشأة عمليات تحليل مخاطر العمليات ووجد سيناريوهات إنفجار إضافية، فإنه يجب خفض مخاطر الإنفجار لعدد من السيناريوهات باستخدام وسائل حماية إضافية. ويبنى اختيار السيناريوهات التي ستوفر لها وسائل الحماية على الفائدة من ناحية التكلفة. والسؤال هو "أي السيناريوهات يحقق أكبر خفض في المخاطر بأقل قدر من النفقات؟"

5.15.3 طرق تحديد الأخطار وتقييم المخاطر

تتمثل الخطوة الأولى في عملية مراجعة الأخطار في تجميع ومراجعة المعلومات المتعلقة بالمواد، والأخطار التي تشكلها، والتقنية المستخدمة في العملية، وأساس تصميم المعدات وحالتها.

أما الخطوة الثانية فهي تحديد المنهج المطلوب استخدامه في مراجعة الأخطار. وتتاح طرق متنوعة لتحديد الأخطار وتقييم المخاطر، بدءًا من التقييم "الافتراضي"، والذي يدخل فيه مجموعة من الأشخاص الملمين بالظروف، ووصولاً إلى التحليل الكمي المنظم لطبقات الحماية أو الأخطار في مكان العمل.

الخطوة الثالثة هي إجراء المراجعة وإعطاء توصيات بإضافة وسائل حماية طبقًا للحاجة ومناسبة لتحقيق معايير الإدارة. هذا، ويجب توثيق كافة الجوانب المتعلقة بمراجعة الأخطار، بما ذلك قائمة التوصيات.

يتم بعد ذلك إعداد تقرير ويتم تنفيذ التوصيات أو مناقشتها تفصيليًا، وبعد المناقشة الإضافية إما أن يجرى تعديل على التوصيات أو ترفض. وتقيم مخاطر إحدى العواقب المحددة قبل وبعد تنفيذ التوصيات. وبوجه عام، تكون إجراءات الأمان الهندسية مكلفة وذات اعتمادية عالية. أما إجراءات الأمان الإدارية فهي قليلة التكلفة، ولكنها عرضة لاعتمادية أقل بكثير وبخاصة مع مرور الوقت.

ويحتوي الملحق ب على معلومات تفصيلية تتعلق بالخواص الفيزيائية والكيميائية والديناميكية الحرارية للميثانول، وقابليته للتفاعل، وما يتعلق بها من مظاهر (الاستقرار الحراري والاستقرار الكيميائي وعدم التوافق والقدرة على إحداث التآكل). ويتضمن هذا قائمة بأنواع الوثائق التي تحتوي على معلومات هامة تتعلق بالتقنية والمعدات المستخدمة في العملية.

هناك العديد من أنظمة تصنيف الأخطار المستخدمة في شتى أنحاء العالم. ومن بين الأنظمة الأكثر شيوعًا نظام الأمم المتحدة ونظام NFPA ونظام U.S. Department of Transportation (وزارة النقل الأمريكية)، وأنظمة أخرى صادرة عن دول المجتمع الأوروبي.

5.15.4 توثيق عملية تقييم أخطار العمليات

يجب توثيق عمليات تقييم خطر العملية. ويجب المحافظة على التوثيق عبر دورة حياة المنشأة. وبوجه عام، يجب أن توضح الوثائق المعلومات التي تمت مراجعتها والأسئلة التي تم طرحها والأخطار التي تمت الوقاية منها وكيفية تطور السيناريو والعناصر المكونة لسيناريو الحادث والإجراءات التصحيحية التي وقع الاختيار عليها ومدى فاعلية الإجراءات التصحيحية واعتماديتها واستمراريتها وإتاحتها وفوائدها/تكلفتها.

الفصل

6

6 السلامة من الحرائق

يقدم هذا القسم معلومات حول خصائص قابلية الاشتعال المتعلقة بالميثانول والتي قد تختلف عن تلك الخاصة بأنواع الوقود الأخرى الشائعة مثل الجازولين وزيت الديزل ووقود المحركات النفاثة (الكيروسين المعالج هيدروليكيًا).

هناك صعوبة خاصة في إطفاء الحرائق التي يدخل فيها الجازولين أو زيت الديزل في وجود الميثانول. ويأتي في بؤرة اهتمام هذه المناقشة التحكم في حرائق الميثانول وإطفائها، بالرغم من أنها تنطبق أيضًا على الحرائق التي تتضمن الميثانول في وجود الجازولين أو زيت الديزل. ترد في الملحق ب معلومات إضافية حول خصائص الميثانول المرتبطة بالسلامة من الحرائق.

الشكل الرباعي للحريق

هناك أربعة عناصر لازمة لحدوث الحريق وهي:

1. مصدر اشتعال (مثل الحرارة أو الشرارة).
2. وقود (مثل الميثانول).
3. الأكسجين (الهواء مصدرٌ للأكسجين).
4. تفاعل كيميائي متسلسل (الاحتراق يولد الطاقة اللازمة لاستمرار الحريق).

لمنع حدوث الحرائق: أكسر الشكل الرباعي بنزع أحد أضلاعه (وبخاصة مصدر الاشتعال).

6.1 اكتشاف الحرائق والحماية منها

بوجه عام، تشترك كافة الحرائق في سمة واحدة: فهي تبدأ صغيرة ثم تكبر. وتتمثل أهداف الحماية من الحرائق في احتواء الحرائق والسيطرة عليها وإطفائها وهي مازالت صغيرة. ويمكن إحراز أفضل مستوى من النجاح في هذا الشأن باستخدام الجوانب الثلاثة للاستجابة في حالات الحرائق: (1) الاكتشاف المبكر (2) الاستجابة الفورية و(3) اتخاذ الإجراء المناسب.

تنبعث حرارة عن كافة الحرائق؛ وتنشر معظم حرائق الوقود ألسنة اللهب وينشأ عنها الدخان. والحرائق التي تتعلق بالميثانول النقي (الصافي) ليست كالحرائق التي نقابلها عادةً. فحرائق الميثانول تنتج حرارة أقل (حرارة اللهب أقل)، وتنقل حرارة أقل لما يحيط بها (ألسنة اللهب غير متوهجة)؛ ويصعب رؤيتها (ألسنة اللهب تكاد لا ترى بالعين المجردة نهارًا، ويصحبها دخان قليل أو لا يصحبها دخان)؛ ويمكن أن تبدأ في ظروف غير متوقعة (حدود قابلية الاشتعال من نسبة حجم 6% إلى 36% في الهواء)؛ كما يصعب إطفاؤها بالماء (يمتزج بالماء بنسبة 100%)، وقابل للاشتعال حتى نسبة 75% من الحجم.

ويتطلب الكشف المبكر لحرائق الميثانول وجود تقنية مختلفة عن تلك المستخدمة في الكشف المبكر عن حرائق الجازولين وزيت الديزل. إذا اشتعل الميثانول أثناء ساعات النهار، فمن غير المحتمل أن يكتشف الحريق بالنظر حتى تنتشر النار إلى المواد المجاورة والتي تصدر لهبًا متوهجًا أو سحابة من الدخان تسهل رؤيتها. وهناك تقنيتان للأجهزة متاحتان للكشف المبكر عن حريق الميثانول. أولها اكتشاف البخار. إذا كان مصدر الميثانول يطلق كميات كبيرة من البخار، فالأمر لا يعدو مسألة وقت حتى يحدث الاشتعال والاشتعال المرتد. وببعض الحظ، يمكن عزل مصدر الأبخرة وإبعاده قبل اشتعال الأبخرة. أما التقنية الثانية فهي التصوير الحراري، وقد استخدمت لسنوات عديدة للتعرف على المواضع الساخنة والوصلات المفككة في الأنظمة الكهربية. وهو نظام يعمل بنفس الكفاءة مع حرائق الميثانول. وهناك مقطع فيديو على شبكة الانترنت يتعلق بحريق لصهريج ميثانول على شاحنة ويبين انفجار بسبب غليان السوائل وتمدد الأبخرة (BLEVE) وهو يوضح بطريقة ممتازة فائدة تقنية التصوير الحراري في حماية أرواح الأشخاص القائمين على إطفاء الحريق. (http://www.firefighternation.com/videos/methanol-tank-truck-fire)

والاستجابة الفورية هي الهدف الثاني. فالميثانول يتميز بانخفاض درجة حرارة اللهب، والتي تقلل بشدة من معدل انبعاث التدفق الحراري خاصة مع ألسنة اللهب غير المتوهجة. وتسمح درجة حرارة اللهب المنخفضة، مصحوبة التدفق الحراري المنخفض، للعاملين في الإطفاء بالاقتراب من الحريق أكثر مما يمكن مقارنة بحرائق الجازولين أو الديزل. ولهذه الحقيقة مزايا وعيوب.

تتمثل المزايا في إمكانية مداهمة الحرائق الصغيرة بطفايات حريق محمولة باليد. أما العيوب فتتمثل في صعوبة تحديد موقع الحريق وكثافته (معدل الاحتراق). وللتحديد بصورة معقولة، يجب استخدام جهاز تصوير حراري. وحين لا يمكن تحديد موضع الحريق بدرجة ثقة كافية، قد يوضع خط الدفاع الأول على مقربة شديدة من مصدر الوقود. إن مقدار عدم التأكد المحيط بتحديد مكان حرائق الميثانول وحرائق مخلوطات الميثانول-الجازولين وتحديد خصائصها يتطلب نهجًا متمهلاً ومحددًا. وينطبق ذلك بالأخص على الحالات التي يحتمل فيها حدوث انفجارات نتيجة غليان السوائل وتمدد البخار، أو تمديد محتويات صهريج التخزين بفعل الحرارة. وينصح بشدة بتحديد خطة مداهمة باستخدام مشهد رأسي للحريق كما يُرى من جهاز تصوير حراري. سوف تنقذ عمليات التصوير من أعلى الأرواح عند مكافحة حرائق الميثانول والميثانول-الجازولين.

الهدف الثالث يتمثل في "الإجراء المناسب"، وهو هام بصفة خاصة في مكافحة حرائق الميثانول. يتطلب الميثانول إجراءاتٍ خاصة:

- الميثانول قابل للمزج في الماء بنسبة 100%، والمخلوط المحتوي على 75% من الماء و25% من الميثانول يعد سائلا قابلاً للاشتعال وقادرًا على إحداث احتراق.
- الميثانول أشد انجذابًا للماء مقارنة بالجازولين. وفي وجود الماء، ينفصل الميثانول الموجود في الوقود المكون من خليط الميثانول-الجازولين عن الجازولين مكونًا طورًا ثقيلاً من مخلوط الميثانول-الماء، والذي يتكون أسفل الجازولين. ويمكن أن يكون ذلك موقفًا خادعًا للغاية في صهريج التخزين. فمخلوطات الميثانول تتطلب وسائل خاصة لتجنب تمديد محتويات الصهريج بفعل الحرارة وما يعقبه من انفجار الصهريج. لا تستخدم المياه كمثبط في حرائق الوقود المكون من مخلوطات الميثانول. لا تستخدم سوى رغوة عالية الحرارة، ومتوافقة مع الكحول، مثل رغوة الفلوروبروتين المكوَّنة للغشاء - وعلى وجه التحديد الرغوة المكونة لطبقة مائية والمقاومة للكحوليات (AR-FFFP). وبالإضافة إلى ذلك، اترك مسافة مواجهة كافية بعيدًا عن الحريق، واستمر في وضع الرغوة حتى بعد ثبوت توقف الحريق بفترة طويلة. من المعروف عن حرائق الميثانول قدرتها على البدء مرة ثانية إذا توقف التثبيط بالرغوة في وقت مبكرٍ أكثر من اللازم.
- بالنسبة للحرائق الصغيرة التي تتعلق بميثانول صافي أو قريب من الصفاء، لابد من استخدام المياه في مكافحة الحريق. ولكن، يجب أن توضع المياه في صورة ضباب أو ترش المياه قطرات رفيعة، ولابد أن يكون هناك مساحة فارغة كافية لزيادة حجم محلول المياه-الميثانول أربع مرات. ما لم يحدث ذلك، قد تتسبب كمية المياه المستخدمة في مكافحة الحريق في انتشار النيران.
- أما عند استخدام الرغوة في مكافحة الحريق، فلابد أن تكون متوافقة مع الكحول (AR-AFFFP). وإلا فسوف تؤدي خاصية الميثانول كمذيب إلى مهاجمة الرغوة وتدميرها.
- الميثانول مذيب قطبي قوي. تلين الكثير من المواد البلاستيكية والأقمشة الصناعية وتنحلل بسرعة عندما تلامس الميثانول.

- وأخيرًا، الميثانول سام ويجب ألا يبتلع، أو يستنشق أو يلامس الجلد. يمتص الميثانول عبر الجلد. ولا يوفر جهاز التنفس الذاتي (SCBA) الذي يُرتدى مع الملابس التقليدية حماية كافية ضد سُميّة الميثانول، أو محاليل الميثانول في الماء، أو بخار الميثانول. قد يتطلب الأمر في مثل هذه الحالات ارتداء حُلّة SCBA مقاومة كيميائيًا من الفئة "ب" لمنع الامتصاص في الجلد.

وباختصار، يجب عليك عند العمل في نقل الميثانول أو استخدامه أو التعامل معه، أن تتخذ تدابير خاصة للاستجابة لحوادث التسرب. تتمثل أخطار الميثانول في السُميّة وقابلية الاشتعال. ولكن، الخصائص الفيزيائية هي التي تحدد مكونات الاستجابة المناسبة. الخصائص الفيزيائية والكيميائية للميثانول والوقود القائم على مخلوطات الميثانول تختلف عن بعضها البعض. وقد لا تكون الاستجابة المناسبة لحريق ميثانول مناسبةً لحريق ميثانول-جازولين.

6.1.1 السيطرة على الأبخرة

يعتمد الإجراء الأول في الكشف المبكر عن حرائق الميثانول على وجود أبخرة الميثانول. إذا كان بخار الميثانول موجودًا بتركيز عند الحد الأدنى لسرعة الاشتعال أو قريبًا منه (6% من الحجم) فلابد أن تفترض أن الاشتعال أمرٌ محتمل. إذا حدث اشتعال، فسوف يليه احتراق إما في صورة حريق أو انفجار. ويعتمد المسار الذي يظهر فيه الحريق على درجات الحرارة المحيطة، وطاقة مصدر الاشتعال، وما إذا كان البخار انتقل في صورة غاز كثيف قابل للطفو بصفة محايدة تقريبًا، وما إذا كان البخار المتجمع محصوراً أو غير محصور. فإذا كانت درجة الحرارة المحيطة أعلى من نقطة الوميض، وكان هناك قدر كبير من الأبخرة في حاوية أو خزان أو غرفة أو مبنى أو مكان محصور، فهناك احتمال لحدوث اشتعال مرتد و انفجار. أما إذا كانت درجة الحرارة المحيطة أقل من نقطة الوميض، وكانت مصادر الإشعال المحتملة منخفضة الطاقة، ومن الممكن تسرب الأبخرة بسهولة إلى الغلاف الجوي، فعندئذ تنخفض احتمالية حدوث انفجار.

ولكي يتم التحكم فيما إذا كانت العواقب ستتمثل في حريق أو انفجار، لابد من التحكم في تركيز الأبخرة وتهويتها. ولكي يمكن التحكم في البخار، يلزم التحكم في السائل، أو في مدى إتاحة الأكسجين في فراغ البخار فوق السائل.

6.1.1.1 خواص سلامة الخزانات

إن أفضل ممارسات تخزين الميثانول في خزانات بكميات كبيرة تتمثل في استخدام أسقف عائمة (متحركة) داخلية أو خارجية للحد من مساحة أبخرة الميثانول الموجودة داخل الخزان، وتقليل كمية الهواء المتاحة التي يمكن أن تمتزج بهذه الأبخرة. ويلزم أيضًا التحكم في الأبخرة المنبعثة من الخزّان. إذا لم يتم تبطين فراغ الأبخرة في الخزّان بغاز خامل، فيجب تجهيز فتحات التهوية بموانع اللهب. تحقق من أن مكونات مانع اللهب ليست مصنعة من سبائك الألومنيوم. يسبب الميثانول التآكل لسبائك الألومنيوم. وهناك تقارير عن حادث حريق في خزّان حدث نتيجة تسرب أبخرة كثيفة من الخزان. وكانت مكونات مانع اللهب المصنوعة من سبائك الألومنيوم قد تآكلت وتعطلت على مدار 13 عام. ومن الواضح أن إجراءات الصيانة الوقائية في المكان لم تكن كافية. إن التغطية بالغاز الخامل أو تكوين وسائد منه تضيف مستوىً إضافياً من الحماية ضد الاشتعال داخل فراغ البخار في الخزّان. ونظرًا لأن غاز النيتروجين ($N_{2(g)}$) غاز خانق، فلابد من اتخاذ احتياطات خاصة عند الدخول إلى سقف الخزّان ودخول الخزانات التي تم تطهيرها.

ويتحلى التبطين بالنيتروجين بميزة إضافية تتمثل في الحفاظ على نقاء الميثانول. ويعد النتروجين الجاف هو أفضل غاز يستخدم في التبطين. فيجب أن يكون الغاز المبطِّن خاليًا من ثاني أكسيد الكربون لتجنب حدوث تآكل في وجود الهواء الرطب، ولتفادي تلوث المنتج الذي يمكن أن يزيد من حمضية الميثانول وقدرته على إحداث التآكل.

كما ينصح أيضًا بالتحكم الصارم في مصادر الاشتعال بجوار خزّانات الميثانول، سواء كان مخزنًا في خزانات أو حاويات محمولة. يجب طلاء السطح الخارجي لخزّانات الميثانول بطلاء يعكس الحرارة. فسوف يقلل هذا الإجراء من تسرب الأبخرة من الخزانات.

6.1.1.2 أنظمة تنفيس الضغط

يمكن التحكم في الضغط الداخلي للخزانات باستخدام صمامات تنفيس الضغط/قواطع التفريغ. وقد تكون فتحات التهوية مزودة أو غير مزودة بموانع اللهب، ويتوقف ذلك على الظروف الخاصة بالأخطار؛ غير أن موانع اللهب هي الأسلوب المفضّل.

ويتم تحديد حجم صمامات تنفيس الضغط وفقًا لحالة الحريق، وإن أمكن، يجب أن يُنقل الضغط في أنابيب للتنفيس داخل فوهة التوهج. وفي حالة إعداد الفتحات للتنفيس في الغلاف الجوي، فإنه يُوصى بشدة بأن يتم إعداد صمامات أمان العمليات (PSVs) بحيث تخرج ما بها إلى الغلاف الجوي عبر موانع اللهب. بالإضافة إلى مراعاة عوامل السلامة من الحرائق، فإنه يوصى بمراعاة القوانين واللوائح المحلية الهادفة للحد من الانبعاثات الهيدروكربونية عند إعداد فتحات تهوية الخزانات وأجهزة تنفيس الضغط.

لا يُوصى باستخدام المزاريب. فمن المعروف أن سائل الميثانول يتجمع ويتقطر من أنابيب الغمر عندما تكون درجة الحرارة المحيطة أقل من درجة حرارة التخزين. يسفر أي تراكم لسائل الميثانول المكثف داخل منطقة المصد عن خطر وقوع حريق وقد يؤهل لحدوث انبعاث في البيئة.

6.1.2 اكتشاف الحرارة

الإجراء الثاني للكشف المبكر عن حرائق الميثانول يتمثل في الاكتشاف المبكر للحرارة. فعند التعامل مع الميثانول يجب تعديل مقولة "لا دخان بلا نار" لتصبح "لا حرارة بلا نار." ويتوفر عدد من التقنيات التي تجري فحصًا دقيقًا بحثًا عن درجة الحرارة. ويجب النظر في أمر فحص واختبار هذه التقنيات وفقًا لاحتياجاتك الخاصة.

6.1.3 الدخان ودخول المركبات ومصادر الإشعال المتنوعة

- يجب حصر التدخين في مكان مخصص خالٍ من أية أبخرة ميثانول محتملة.
- يجب التحكم في دخول المركبات وإنفاذ ذلك بشكل صارم.
- يوصى بشدة باستخدام الأدوات التي لا تحدث شررًا.
- يجب أن تكون أجهزة الراديو والهواتف والآلات المحمولة وأجهزة الكمبيوتر والحاسبات والمعدات الإلكترونية الأخرى مصنفة كأجهزة غير مسببة للانفجار وذلك حتى تستخدم في مناطق احتواء الميثانول.
- وكقاعدة عامة، اترك مسافة قدرها 20 قدمًا (7 أمتار) على الأقل "خالية من أي مصدر إشعال" في المحيط المطوق لمنطقة التخزين المحتوية على حاويات ميثانول فردية صغيرة الحجم (على سبيل المثال، العلب والدلاء والبراميل والأوعية الصندوقية). واترك مسافة قدرها 50 قدمًا (17 مترًا) على الأقل "خالية من أي مصدر إشعال" في المحيط المطوق لمناطق التخزين واللوجيستيات التي تحوي و/أو تتعامل مع أحجام أكبر من الميثانول (على سبيل المثال، الشاحنات الصهريجية الفردية والعربات التي تسير على قضبان والخزانات الصغيرة). واترك مسافة قدرها 200 قدم (70 مترًا) كحدٍ أدنى "خالية من أي مصدر إشعال" في المحيط المطوق لمحطات اللوجيستيات التي يتم فيها في نفس الوقت تحميل أو تفريغ العديد من الشاحنات والعربات التي تسير على قضبان ومراكب نقل البضائع والسفن والخزانات كبيرة الحجم.
- في حالة اشتعال النيران في إحدى الشاحنات الصهريجية أو العربات التي تسير على قضبان أو في أحد الخزانات، فينبغي إخلاء المكان لمسافة تبلغ نصف ميل على الأقل (850 مترًا) في جميع الاتجاهات. فالميثانول مادة سامة، وبالتالي لا توفر الملابس الواقية المصممة لرجال الإطفاء الحماية الفعالة في التعامل مع انسكابات وحرائق الميثانول.[6] تحقق من أن الحد الأدنى لمستوى الرائحة للميثانول أعلى بكثير من حد التعرض السام.
- الحاويات المحمولة والشاحنات ذات الصهاريج وصهاريج التخزين، جميعها معرضة للانفجارات الناتجة عن غليان السوائل وتمدد الغازات. ضع إجراءات أمان تأخذ في الاعتبار مخاطر زيادة الضغط وفيض الحرارة المشع والتعرض السام.

6.2 السيطرة على الحرائق

تعد العناصر الرئيسية لتحقيق الوقاية هي الاستجابة الفورية والمناسبة والمحافظة على السيطرة على الحرائق.

6.2.1 مقارنة الحرائق بالانفجارات

بالرغم من أنها شيء غير مرغوب فيه، تعد حوادث الحرائق أفضل من حوادث الانفجار. فلابد أن يضع تحليل العواقب لسيناريوهات الحوادث، الذي يرتبط بتحليل مخاطر الإجراءات وتقييم المخاطر، في الاعتبار أيها أكثر احتمالاً في كل حالة: هل الحريق أم الانفجار. إذا انتهى الحكم إلى أرجحية حدوث انفجار، فعندئذٍ يجب النظر في الظروف المتغيرة أو ظروف العملية أو تهيئة العملية، نظرًا لأن نشوب حريق هو النتيجة الأرجح حدوثًا للاشتعال. وإذا لم يكن هذا خيارًا، فمن الضروري التخلص من كافة مصادر الإشعال المحتملة وعدم السماح بدخول أية مصادر إشعال متنقلة إلى المنطقة. من المعروف عن بخار الميثانول تسببه في الاشتعال المرتد نحو المصدر. تحقق من أن محيط منطقة الخطر كاف. عند تقييم شدة عواقب السيناريو، يجب أن يؤخذ في الاعتبار التعرض للضغط الزائد وتدفق الحرارة المشع.

6.2.2 مواد الإطفاء

عندما يحيط الحريق بجزء من المنشأة، يمكن استخدام تيارات المياه لتبريد معدات العملية المحيطة. ولا تعد الرغوة المائية المكونة للغشاء (AFFF) المعتاد استخدامها في إطفاء الحرائق وسيلة مناسبة لإطفاء حرائق المواد الكحولية. ويرجع ذلك إلى أن الخصائص المذيبة للميثانول تتسبب في تحلل الرغوة المستخدمة عادة في إطفاء الحرائق. ومن ثم تجب مكافحة حرائق الميثانول برغوة AR-AFFF.

[6] الرجاء الرجوع إلى كتيب Emergency Response Guidebook 2008 (دليل الاستجابة لحالات الطوارئ) للحصول على مزيد من الإرشادات.

بالنسبة للحرائق الصغيرة في الفراغات المحدودة، يجب النظر في أمر استعمال مواد الإطفاء المحتوية على مسحوق جاف أو ثاني أكسيد الكربون بصورة آلية. إذا لم يكن ذلك ممكنًا من الناحية العملية، فإنه ينبغي الاستعمال الآلي للماء النقي في صورة رذاذ أو ضباب. يتسم الميثانول بقابلية المزج مع الماء بنسبة 100%. وتعد مواد الهباء الجوي (الأيروسولات) المحتوية على ميثانول ومحاليل الميثانول-الماء مواد سريعة الاشتعال إذا كانت نسبتها 75٪ من حجم الماء. وتلزم كمية مياه أكبر- تبلغ أربعة أضعاف حجم الميثانول على الأقل - لإطفاء حريق الميثانول. وإذا تم اختيار الماء كوسط مكافحة الحريق في الوسيلة أولى للاستجابة في حالات حرائق الميثانول، فإنه يجب اتخاذ احتياطات لمنع محلول الميثانول الممزوج بالماء الناتج من (1) دخول البالوعات وفتحات الصيانة و (2) الانتشار وحمل الحريق إلى أجزاء أخرى من المنشأة.

6.3 قواعد السلامة الأساسية من الحرائق

يجب أن تتم القيادة الأساسية للحرائق بحذر ويقظة للحيلولة دون تعرض فرق التعامل مع الحرائق لأن يكونوا محاطين أو مغمورين جزئيًا في محاليل الميثانول الممزوجة بالماء سريعة الاشتعال. ونظرًا لأن الميثانول لا يصدر لهبًا مرئيًا خلال ساعات النهار فقد يصبح خطرًا خفيًا يحتمل أن يتحول إلى مشكلة تؤثر على سلامة الأرواح.

6.3.1 حرائق الأماكن الضيقة

يجب منع محاليل الميثانول الممزوجة بالماء سريعة الاشتعال من الدخول إلى الأماكن الضيقة، مثل البالوعات والمصارف. كما يجب منع محاليل الميثانول الممزوجة بالماء غير الحارقة وسريعة الاشتعال من الاتصال بمصادر إشعال وملامسة معدات ساخنة قد تتسبب في إشعال هذه المحاليل.

يجب حفظ محاليل الميثانول الممزوجة بالماء، الحارقة وغير الحارقة، بعيدًا عن مصادر الوقود الأخرى، مثل المركبات.

6.3.2 فرق مكافحة الحرائق

بالرغم من أن تشكيل وإمكانات فريق مكافحة الحرائق لا تقع ضمن نطاق اهتمام هذا الدليل، إلا أن هذا القسم يتناول بعض الأمور الرئيسية التي يجب على فرق مكافحة الحرائق وضعها في اعتباراتهم عند الاستجابة لحرائق الميثانول.

6.3.2.1 أفراد الاستجابة الخارجيون

لن تكون لدى معظم المنشآت التي تعتمد على هذا الدليل فرق مكافحة حرائق خاصة بها، وبالتالي يجب عليها الاعتماد على مصادر خارجية لإطفاء الحرائق. ولن يهدد ذلك بأي حال من الأحوال فعالية الاستجابة، شريطة توفير وسائل للاكتشاف المبكر والإنذار والاستدعاء السريع وتقييم الحريق سواء بالرؤية أو بالأجهزة. يجب أن يكون أفراد الاستجابة القادمين من خارج المواقع: مدركين أنهم يقومون بعملية استجابة لحريق ميثانول، ومدربين ومجهزين بنفس الطريقة التي يتم بها تجهيز فريق مكافحة الحرائق الداخلي. ويُوصى بأن يقوم القائمون على تشغيل المنشأة بالاتصال بأفراد الاستجابة الأولية المحليين والإعداد لزيارات ميدانية للمواقع ولتدريبات على إطفاء الحرائق لزيادة اعتيادهم على الموقع.

سوف يستفيد المستجيبون من توافر إمكانيات التصوير الجوي والأرضي الحراري. يجب على المستجيبين، إما إحضار رغوة AR-AFFF مكافحة للحريق ومتوافقة مع الكحول معهم، أو أن يتاح لهم الحصول عليها.

6.3.2.2 معدات الوقاية الشخصية

يجب أن يرتدي أفراد الاستجابة للحرائق الحد الأدنى التالي من معدات الوقاية الشخصية (PPE):

- سترات واقية من الحرائق متوافقة مع الميثانول (زي موحد مقاوم للحرائق) مزود بخوذة وقفازات وحذاء عالي الساق.
- جهاز تنفس ذاتي ذو ضغط إيجابي ومزود بقناع للوجه بالكامل.
- معدات اتصال.

6.3.2.3 تدريب أفراد الاستجابة للحرائق

يجب تدريب أفراد الاستجابة للحرائق وتجهيزهم لمكافحة حرائق الميثانول. لمكافحة حريق ميثانول، يلزم استخدام رغوة مقاومة للكحول على الحريق مباشرة، كما يلزم أن توضع الرغوة لفترة زمنية مطولة بعد إطفاء الحريق، وأن يستخدم الماء بطريقة ذكية وبعد تفكير ملي. ففي حالة استخدام كمية كبيرة من المياه لتبريد المعدات المحيطة، واختلاط الماء المنهمر بالميثانول المحترق، فإن المحلول المخفف الناتج يمكن أن يسفر عما يطلق عليه "حريق متحرك". إن وضع الماء في الناحية الداخلية من الخزان لن يطفئ حريق الميثانول، بل على الأرجح سيعرض المستجيبين لانفجار الخزان الناتج عن تمديد محتويات الخزّان بفعل الحرارة.

ربما يكون اتخاذ احتياطات خاصة أمرًا ضروريًا للتجهيز لاستجابة أي طرف خارجي. ويجب تحديد ذلك والتجهيز له قبل استخدام الميثانول في المنشأة.

يجب أن يكون لدى المستجيبين معدات تصوير حراري محمولة متاحة لاستخدامها على أرض الحريق وفي الهواء فوقها. يجب تدريب المستجيبين على استخدام الأجهزة، كما يجب تدريب قائد الحدث على استغلال إمكانيات التصوير الحراري.

6.4 أمن الحريق من وقود الخليط من الميثانول-الجازولين

حل الكحول (الإيثانول والميثانول) محل ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثر (MTBE) كمركب مشبع بالأكسجين في وقود المحركات في المراكز الحضرية الكبيرة في الولايات المتحدة، والتي تخضع لقيود تتعلق بجودة الهواء. تخلط ولاية كاليفورنيا الإيثانول بنسبة تتراوح بين 7 و10% حجمًا. في أوروبا، تنادي إرشادات الطاقة المتجددة بمتطلبات خلط لكلٍ من B7 وE5 وE10 للوقود الحيوي. سوف تستخدم معظم محطات التزويد بالوقود في مناطق المدن الكبرى تقنية الخلط المضمّنة لإضافة الميثانول إلى الجازولين. يمكن أن تستخدم العمليات الأصغر في الضواحي والمناطق الريفية الخلط بالدفق. وفي ضوء ذلك، يحتمل أن تكون شاحنات النقل بالصهاريج ذات السعة البالغة 10,000 جالون (38,000 لتر) أكبر كمّيات الوقود المخلوط التي قد يقابلها المستجيبون في الولايات المتحدة وأوروبا في الوقت الحالي. ومن المنتظر أن يتغير ذلك أثناء السنوات الثلاث إلى الخمس القادمة إذا رفع الدعم عن انتاج وقود الإيثانول الحيوي.

المناقشة التالية لتعليمات الأمان الخاصة بوقود الميثانول المخلوط يمكن مراجعتها من خلال هذا السياق نظرًا لأنها تنطبق بصفة أساسية على الكميات التي تبلغ 10,000 جالون، كما تنطبق على أنواع الوقود المخلوطة، كما تنطبق على كميّات أكبر من الوقود المخلوط بالدفق في مخزون الخزّانات في البيئات الريفية.

6.4.1 خصائص وقود الخليط من الميثانول-الجازولين

الميثانول قابل للمزج مع كلٍ من الجازولين والماء، ولكن الميثانول أشد انجذابًا للماء مقارنة بانجذابه للجازولين. محلول الميثانول والماء غير قابل للمزج مع الجازولين. محاليل الميثانول-الماء تكون طورًا منفصلا يغرق إلى أرضية الخزّانات وصهاريج الشاحنات وحاويات الانسكاب الثانوي. ولهذا تضمينات محددة على كيفية نشر المستجيبين الأولين لحالات الطوارئ المتعلقة بوقود الميثانول/الجازولين المخلوط.

هناك سيناريوهان لأسوأ الحالات للوقود المكون من مخلوطات الميثانول-الجازولين، السيناريو الأول هو تمديد محتويات الخزان بفعل الحرارة نتيجة للتسخين غير المتساوي للطبقات المنفصلة، والسيناريو الثاني هو الانفجارات نتيجة غليان السوائل وتمدد البخار. ويمكن لكلٍ منهما أن ينتج موجات ضغط، وقد يصحبهما كرات كبيرة من النيران لها معدل إشعاع تدفق حراري كبير.

عند إطفاء حرائق الوقود المخلوط من الميثانول-الجازولين بالماء (وحتى عند إطفاء الحرائق الصغيرة بالضباب، أو رذاذ الماء أو الرذاذ ذي النقاط الصغيرة) فإن ماء مكافحة الحريق الملامس لمخلوط الوقود سوف يبدأ على الفور في تكوين طور منفصل يستخلص الميثانول من الوقود المخلوط، ويركزه في طور ميثانول/ماء يهبط إلى قاع حاوية الوقود المخلوط. وينتج عن هذا تكون طبقتين من الوقود السوائل القابلة للاشتعال: الجازولين الذي يطفو على طور من الماء-الميثانول. ويمكن أن تسبب عملية تكون الطبقتين هذه نتائج غير متوقعة وغير مرغوب فيها إذا كانت الحاوية عبارة عن خزان معدني يتعرض لتدفق الحرارة من الحريق خارج الخزان، و/أو الحرارة من حريق الجازولين داخل الخزّان.

تختلف السعة الحرارية لكلٍ من الجازولين ومحلول الماء والميثانول لدرجة كبيرة. لذا يختلف معدل ارتفاع الحرارة في كلٍ من الطبقتين المنفصلتين. وسوف ترتفع درجة حرارة الجازولين بصورة أسرع كثيرًا من طبقة الماء-الميثانول نظرًا لأن السعة الحرارية للماء كبيرة جدًا بالنسبة للجازولين. وإذا أصبحت تيارات الحمل الحراري داخل الخزّان التي يسببها التسخين غير المتساوي قوية إلى درجة كافية، وإذا تحول الماء الموجود في الطبقة السفلى إلى بخار ماء بسرعة فإن الخزّان يتعرض إلى انفجار بخاري يصحبه كرة هائلة من اللهب تتألف من معظم السائل القابل للاشتعال الموجود داخل الخزان. ونظرًا لكميات المياه الكبيرة التي لابد أن تضاف لتخفيف الميثانول حتى يتجاوز نطاق قابليته للاشتعال، فمن غير المتوقع أن تضاف هذه الكمية من المياه قبل الامتداد. وفي الحقيقة، قد تزيد إضافة المياه من احتمال الامتداد. لذا فإن محتويات الخزان بالكامل تكون من السوائل القابلة للاشتعال. وفي أسوأ الحالات، سوف تطلق كرة اللهب حرارة الاشتعال لمحتويات الخزان بصورة مفاجئة.

وفي السيناريو الثاني لأسوأ الحالات، يصبح حدوث الانفجار نتيجة غليان السوائل وتمدد الأبخرة (BLEVE) أكثر احتمالاً في حالة حوادث النقل للشاحنات الحاملة للخزانات. وفي هذه الحالة، سوف يعتمد الضغط الزائد وتدفق الحرارة من كرة اللهب على كمية الوقود المتبقية في الخزان وقت حدوث الانفجار نتيجة غليان السوائل وتمدد الأبخرة.

6.4.2 حرائق الوقود الخليط من الميثانول-الجازولين

السيناريو المعتاد بصورة أكبر في حالات الوقود المخلوط قد يتعلق بملء وقود مخلوط 15ميثانول/85 جازولين بدرجة زائدة في منطقة المصد. وتتوقف شدة العواقب على كمية الوقود المنسكب، وما إذا كان تطبيق نظام منطقة الخطر للعمل بالحرارة يتم بصورة صارمة، وعلى سرعة الاستجابة، وما إذا كان المستجيبون مجهزين بصورة جيدة ومدربين على استخدام التصوير الحراري، وعلى وضع رغوة متوافقة مع الكحول، ومقاومة للحرارة.

يحترق الجازولين بلهب متوهج؛ ولذا، يمكن التعرف على الجزء الخاص بالجازولين من الحريق بسهولة. ويحترق مخلوط الوقود 15/85 بلهب متوهج قليلًا. وقد يوجد طور الميثانول-الماء تحت الجازولين، حيث يحجب عن الاحتراق، أو قد يبدأ في الاحتراق حين تستهلك طبقة الجازولين الطافية. وسوف تحترق أطوار الميثانول-الماء بلهب خفي وغير متوهج. وقد يعتقد المستجيبون أن وضعهم للرغوة قد أخمد الحريق، إلا أن حرائق الميثانول تتصف بالاستمرارية. ومن الضروري في الواقع وضع الرغوة لمدة طويلة بعد إطفاء الحريق. وتبلغ كمية رغوة AR-AFFF المطلوبة للحفاظ على إخماد الحريق ضعفي إلى ثلاث أضعاف الكمية المطلوبة لإطفاء اللهب في البداية. ويعني هذا أن مخزون الرغوة لابد أن يكفي لتغطية المنسكب بسمك كبير نسبيًا.

ومن المهم أن نتذكر أن حرائق الجازولين تتطلب رغوة تقليدية مكونة لطبقة مائية (AFFF) لإخماد الحريق بصورة فعّالة. وعلى الجانب الآخر، تتطلب حرائق الميثانول أو الميثانول-الماء رغوة مكونة لطبقة مائية ومقاومة للكحول (AR-AFFF) أو رغوة الفلوروبروتين المكوّنة للطبقة (FFFP) للإخماد بفعالية. ويتطلب خليط 15ميثانول/85 جازولين رغوة (FFFP) لمجابهة الحرارة الأكثر ارتفاعًا من حرائق الجازولين ولمقاومة الهجوم المذيب من الميثانول.

رغوة AFFF ليست مقاومة للكحول. فهي تنهار مباشرة عند تعرضها للكحول. أما رغوة AR-AFFF فهي قليلة المقاومة للحرارة ودرجات الحرارة. وتتحلل رغوة AR-AFFF عند تعرضها لدرجات الحرارة العالية المرتبطة بحرائق الجازولين.

إذا وضعت رغوة AFFF على حريق ميثانول، وإذا وضعت رغوة AR-AFFF على حريق جازولين، فإن كلاهما لا يكون فعّالًا، وسوف يضطر المستجيبون للاعتماد على رذاذ الماء و/أو ترك الحريق ليحرق نفسه بنفسه حتى ينتهي.

إن استخدام الرغوة الخاطئة في المكان الخطأ في الوقت الخطأ قد يسبب زيادة شدة الحريق ونتيجة لذلك يصبح تمدد محتويات الخزّان و/أو الانفجار نتيجة غليان السوائل وتمدد البخار احتمالًا واردًا. وعند هذه النقطة، يكون المستجيبون قد فقدوا السيطرة على أرض الحريق، ويزداد احتمال إصابة شخص ما، ما لم يتخذ قرار بزيادة مسافة المواجهة.

6.4.3 الاستجابة لحرائق الوقود الخليط من الميثانول-الجازولين

تعد الاستجابة لحرائق الوقود الخليط من الميثانول-الجازولين أمرًا معقدًا. أول شيء يجب فعله هو فهم تركيب الوقود. والثاني هو تحديد حجم الحريق وإمكانية انتشاره. الشيء الثالث هو وجود فريق مدرب تدريبًا جيدًا ولديه خبرة في الممارسة ومجهز بمعدات ملائمة لمكافحة حرائق الميثانول والجازولين.

وفيما يلي قائمة مختصرة للأسئلة التي قد تكون مفيدة في إطلاق استجابات عملية.

- كيف يقرر قائد الحدث أي المراقبين وأي أطقم الخراطيم يحصلون على أي نوع من أنواع الرغوة وفي أي وقت؟
- ما هي أنواع الرغوات المطلوبة، وهل تكفي مخزونات الرغوة؟
- كيف يمكن لقائد الحدث تعقب انتشار الحريق؟
- كيف يتم التعرف على المناطق الساخنة؟
- كيف سيعرف القائد ما إذا كان حدوث انفجار نتيجة غليان السوائل وتمدد البخار أو تمديد محتويات الخزان قد أصبح أمرًا وشيكًا؟
- كم من الوقت ينبغي أن يستمر قائد الحدث في وضع الرغوة بعد إطفاء الحريق للمرة الأولى؟
- ما هي أفضل استراتيجية: مكافحة الحريق، أم الانسحاب وترك الحريق يحرق نفسه بنفسه؟
- عند أي نقطة في الاستجابة يجب اتخاذ القرار بالانسحاب، وما المعلومات اللازمة لاتخاذه، ومن سوف يتخذه؟

الفصل

7

7 الاستجابة للطوارئ

تمثل الانبعاثات العرضية أحد الأخطار الرئيسية المؤثرة على البيئة والصحة والسلامة والمقترنة باستخدام الميثانول وتخزينه وتوزيعه. ويتناول هذا الفصل المراحل الست الرئيسية للاستجابة للطوارئ (ER) في حالات انبعاث الميثانول، وهي:)1) منع الانسكاب، (2) الاستجابة في حالات الانسكاب، (3) احتواء الكميات المنبعثة، (4) التنظيف والإصلاح، (5) الإخطار والإبلاغ، (6) حفظ سجلات التحقيق في الحوادث.

تبدأ الاستجابة الفعالة لحالات الطوارئ بوضع خطة استجابة لحالات الطوارئ (ERP) من شأنها تحديد الأخطار المحتمل أن تنتج عن عمليات التشغيل والكوارث الطبيعية والبشرية والأعمال التخريبية والتخريب المتعمد، والتي يمكن أن تؤثر على عمليات التشغيل أو حياة الإنسان أو البيئة. ثم يتم بعد ذلك وضع إجراءات الاستجابة المناسبة لكل سيناريو وتحديد الموارد الداخلية والأفراد والمعدات والتدريب المطلوب، فضلًا عن التنسيق مع وكالات الاستجابة الخارجية مثل دائرة مكافحة الحرائق والوكالات التنظيمية والمتعهدين المستقلين.

تتضمن خطة الاستجابة الجيدة لحالات الطوارئ (ERP) عمليات التدريب المنتظمة (سواء المخططة أو المفاجئة) والمراجعات السنوية للتأكد من تنفيذ الخطة بشكل كامل ومواصلة العمل بها. وعند الاستجابة لحالات الطوارئ، يصبح الوقت عدوًا. الوقت الذي يمضي حتى صدور الإنذار، والذي يمضي حتى الاستجابة، والذي يمضي حتى الانتشار، والذي يمضي حتى التحكم في الحدث جميعها مؤشرات هامة في تقييم فعالية الاستجابة لحالات الطوارئ وكفاءتها. وفي هذا السياق، تتمثل "الفعالية" في اتخاذ الإجراءات الصحيحة في المكان الصحيح وفي الوقت الصحيح (مبكرًا بقدر الإمكان). الكفاءة تعني تنفيذ ذلك بصورة متكررة وبكفاءة في مختلف المواقف والظروف.

7.1 منع الانسكاب

يعد منع الانسكاب جزءًا لا يتجزأ من خطة الاستجابة لحالات الطوارئ. تُعد الإستراتيجية المُثلى لمنع الانسكاب مدمجة في مرحلة التصميم من إدارة سلامة العمليات. وتتضمن البرامج الفعالة لمنع الانسكاب عناصر التحكم الهندسية في العمليات وإجراءات التشغيل القياسية وإجراءات الصيانة القياسية والتخطيط للاستجابة في حالات التسرب والتدريب الدوري المهيأ حسب درجة مشاركة كل عامل في إجراءات الاستجابة.

تشمل عناصر التحكم الهندسية المتعلقة بخزانات الميثانول ما يلي: الوقاية من الانهمار عن طريق استخدام وسائل الإنذار البصرية والسمعية عالية المستوى؛ والقواطع الأوتوماتيكية لوقف التدفق قبل الانهمار؛ وفتحات التهوية المجهزة بموانع اللهب؛ وأنظمة الاحتواء الثانوية مثل السياج أو المطوقات أو المصدات؛ وأجهزة اكتشاف البخار والتنبيه بوجوده؛ وأجهزة اكتشاف الغازات المسببة للانفجار؛ وذلك للكشف عن أخطار الحرائق والانفجارات في حالة حدوث انبعاثات والتحذير منها.

يجب تخزين الميثانول في منطقة مطوقة أو محاطة بسياج أو مصدات. وفي حالة تصميمها وفقا لـ NFPA 30، قادرة على احتواء 110٪ على الأقل من الحجم الذي يستوعبه أكبر خزان في المنطقة التي سيتم احتواؤها. وفي حالة حدوث تسرب داخل المنطقة المحتواة، يجب تغطية الميثانول السائل المتجمع بشكل تام برغوة مقاومة للكحول. وإذا تمت تغطية المنطقة بمادة غروية على النحو الملائم، فإنه يمكن تخفيف الميثانول المنسكب باستخدام ماء يبلغ أربع مرات قدر كمية الميثانول لتقليل خطر حدوث حريق. وتتخذ هذه الإجراءات بغض النظر عمّا إذا كان الميثانول مشتعلًا. والهدف منها منع انتقال الأبخرة والاشتعال المرتد عن طريق تقليل معدل انبعاث الأبخرة من سطح السائل.

يجب أن تتضمن إجراءات التشغيل والصيانة المتعلقة بمنع حالات التسرب والانسكاب واكتشافها إجراء فحوصات بصرية دورية (مرة واحدة على الأقل في كل نوبتجية). كما يجب إجراء اختبارات غير إتلافية لحالة الخزانات والصمامات والأنابيب والخراطيم والمصدات، بالإضافة إلى عمل صيانة وقائية للمكونات الميكانيكية والكهربية والتركيبية. ويشمل هذا أنظمة الكشف والإنذار. ويجب أن يوضع في الاعتبار أيضًا تحديد مستوى التحكم واكتشاف البخار في صورة ليكون "غير مصنف" أو كحلقات من الآلات من نوع SIL 1.

هذا، ويجب صيانة أنظمة التعامل مع الميثانول واحتوائه والتحكم فيه بحيث تكون دائمًا "ملائمة للخدمة المستمرة". ويجب وضع إجراءات مكتوبة لتحميل ونقل الميثانول، بالإضافة إلى الخطوات الضرورية للعزل في حالات الطوارئ وكذلك إنفاذ تلك الإجراءات والخطوات من خلال التدريب الدوري للأفراد القائمين على التشغيل.

يجب تدريب العمال على التعامل مع الميثانول بطريقة آمنة. كما يجب تنفيذ الأنظمة والإجراءات التي من شأنها حماية العاملين والمصنع والبيئة.

يجب أن تتوفر أطقم التعامل مع حالات الانسكاب في كافة المناطق التي يتم فيها التعامل مع الميثانول أو تخزينه أو استخدامه. ويجب أن يتضمن الطاقم الكامل للتعامل مع حالات الانسكاب ما يلي:

- مختلف أنواع وأحجام المواد الماصة (الفيرميكيوليت أو الكربون النشط والوسائد الماصة).
- مجرفة بلاستيكية (لا تحدث شررًا) لنثر المواد الماصة.
- شريط تحذير أصفر اللون أو أدوات حاجزة أخرى لعزل المنطقة.
- برميل أو حاوية لوضع النفايات المجمعة فيها.
- أجهزة للاتصال في حالات الطوارئ، مثل الهواتف المحمولة أو أجهزة إرسال واستقبال لاسلكية التي لا تسبب الانفجار.

يجب أن تتضمن معدات الوقاية الشخصية ما يلي، كحدٍ أدنى:

- واقيًا للوجه ونظارات واقية من الرذاذ الكيميائي.
- قفازات مصنوعة من البوتيل أو النيتريل.
- أحذية عالية الساق مصنوعة من المطاط.
- بذلة كاملة مقاومة للمواد الكيميائية.
- وسائل لتوفير هواء نقي للتنفس (ينبغي عدم استخدام أجهزة التنفس الاصطناعي المنقية للهواء والمزودة بخراطيش البخار العضوي مطلقًا للوقاية من أبخرة الميثانول).
- عدد من طفايات الحريق.
- أطقم إسعاف أولي صناعي.
- أماكن لغسل الجسم بالكامل، ومحطة لغسل العينين، قادرة على الإمداد بالمياه لمدة 15 دقيقة ويجب أن توضع في مكان قريب لتطهير الأفراد المتعرضين.
- مورد كافٍ من مياه الشرب للاغتسال والشرب.
- مركبة ملائمة للنقل في حالات الطوارئ.

7.2 الاستجابة في حالات الانسكاب

يلزم أن تكون المنشآت التي تقوم باستخدام أو تخزين أو توزيع الميثانول على أهبة الاستعداد في حالة حدوث انسكاب، وذلك من خلال وضع وتنفيذ خطط للاستجابة في حالات انسكاب الميثانول وإجراء تدريبات مجدولة، ومفاجئة أيضًا، على الأقل مرة واحدة سنويًا أو تكرارها بشكل أكبر إذا كان ذلك ممكنًا.

الخطوات التي تتبع عند حدوث انسكاب

الخطوات الأولى التي ينبغي اتخاذها إذا حدث انسكاب هي:

1. إيقاف أو تقليل معدل تسرب الميثانول عند نقطة التسرب، إذا أمكن فعل ذلك بطريقة آمنة.
2. إذا كانت هناك أبخرة ضارة، قم بالإخلاء، وأطلق إنذارًا مسموعًا للدلالة على تسرب الأبخرة، وبلغ المشرف أو منسِّق الطوارئ.
3. إبعد جميع مصادر الاشتعال إلى مسافة آمنة من نقطة التسرب وتجمع الميثانول.
4. قم بإخلاء جميع الأشخاص الذين لا يرتدون معدات وقائية من منطقة الانسكاب أو التسرب حتى يتم التنظيف (ويتطلب ذلك التحديد المسبق لمستويات التنظيف).
5. لا تمشِ عبر المنتج المسكوب. تجنب ملامسة الجلد والاستنشاق.
6. كن على حذر، وابتعد عن المناطق المنخفضة التي قد يتراكم فيها البخار.
7. في حالات الانسكاب الكبرى والحرائق، اتصل فورًا بالمطافئ.

7.3 احتواء الكميات المنبعثة

يمكن أن تتراوح كميات الميثانول المنبعثة من كميات كبيرة كتلك الموجودة في سفن الشحن والشاحنات الصهريجية والعربات التي تسير على قضبان، إلى الانسكابات الكبيرة الناشئة عن وجود خلل في الخزانات وخطوط الأنابيب، والانسكابات المتوسطة أثناء عمليات النقل، ووصولًا إلى حالات التسرب البسيطة من البراميل أو الأوعية الصندوقية أو الخراطيم. ويجب أن تضع خطة الاستجابة في حالات الانسكاب في الاعتبار مكان وظروف الانبعاث المرتقبين. ففي كثير من الأحيان، يكون من المرجح أن تنتج انسكابات الميثانول عن حوادث متعلقة بالأوعية الصندوقية أو البراميل أو خراطيم النقل.

يجب منع الميثانول المنسكب قدر الإمكان من الدخول إلى البالوعات أو المصارف، والتي تشكِّل فراغات مغلقة معرّضة للانفجار، ويمكن أن تتدفق السوائل عبرها لتصب في جداول المياه أو الأنهار أو البحيرات أو المحيطات. وإن أمكن، ينبغي نقل الأوعية مصدر التسرب إلى الخارج أو إلى منطقة معزولة جيدة التهوية حيث يمكن احتواء الانسكاب ونقل السائل إلى حاوية مناسبة بصورة آمنة. ويجب تجميع السائل السائب أو نقله فقط باستخدام مضخات مقاومة للانفجار وحاويات مؤرضة ومربوطة وأدوات مقاومة للشرر.

يجب احتواء الانسكابات التي تسيل على الأرصفة أو الأرض المجردة من خلال إحاطة السائل بحواجز ميكانيكية أو كيميائية مثل الرمال أو الفيرميكيوليت أو الزيوليت أو المصدات الماصة. بالنسبة للانسكابات البسيطة، يمكن استخدام المادة الماصة لفضلات القطط كمادة ماصة فعالة. ويجب تغطية سطح الميثانول المنسكب بمواد ماصة أو كربون نشط للسيطرة على الميثانول المتجمع. وبعد استخدامها، ينبغي إزالة المواد الماصة المشبعة بالميثانول أو التربة المحتوية على الميثانول وتعبئتها بغرض استعادتها أو إعادة تدويرها أو التخلص منها.

إن بخار الميثانول أكثر كثافة قليلًا من الهواء ويجب منعه من الدخول إلى الأماكن الضيقة، مثل البالوعات أو فتحات الدخول إلى البالوعات أو الأنفاق الموجودة بالمرافق، حيث يمكن للأبخرة أن تستقر في تلك الأماكن وتصل إلى تركيزات سريعة الاشتعال. لذا، يجب فحص هذه الأماكن للتأكد من عدم احتوائها على أجواء متفجرة قبل إعادة إشغالها.

يمكن أن يؤدي رش المياه إلى إخماد أبخرة الميثانول لكنه لن يمنع اشتعالها في الأماكن المغلقة. ويمكن استخدام الرغاوي المثبطة للحريق والمكونة لطبقة مائية والمقاومة للكحوليات (AR-AFFF) ورشها على الميثانول المنسكب وذلك لإخماد الأبخرة والقضاء على أية أخطار لنشوب حرائق.

للوقاية من الحرائق أو الانفجارات، يجب تهوية انبعاثات الأبخرة الموجودة داخل المباني أو الأماكن الضيقة للوصول بحد الانفجار الأدنى للميثانول إلى أقل من 10٪، والذي يعادل نسبة 0.6٪ أو 6000 جزء في المليون. وعلى الرغم من ذلك، تظل أبخرة الميثانول عند هذا المستوى تمثل مشكلة بـ"تعريض الحياة والصحة لخطورة فورية." ويجب إخلاء المبنى حتى يقرر أفراد الاستجابة أن المبنى آمن للدخول إليه مرة أخرى وأن تركيزات الميثانول في الهواء أقل من 200 جزء في المليون. ويجب عزل جميع مصادر الإشعال الموجودة في المناطق القريبة، مثل الدخان أو التوهجات أو الشرر أو اللهب، أو التخلص منها لمسافة نصف قطرها يتراوح من 328 إلى 656 قدمًا (100 إلى 200 متر) بعيدًا عن منطقة الانسكاب.

وعلى الأرجح تتبدد الانبعاثات الخارجية لأبخرة الميثانول بشكل سريع نسبيًا. وتتمثل إجراءات الاستجابة المناسبة في هذه الحالة في عزل المنطقة عن مصدر الانسكاب لمسافة تتراوح بين 328 و656 قدمًا (100 إلى 200 متر) في جميع الاتجاهات وإبقاء منطقة الانبعاث في اتجاه الريح. وفي حالة وجود شاحنة صهريجية أو عربة تسير على قضبان في المكان، فينبغي توسعة المسافة العازلة لتصبح نصف ميل (800 متر) بعيدًا عن مصدر الانبعاث. وتهدف توسعة نصف قطر حد الحظر إلى حماية الأفراد من الضغط الزائد، وتدفق الحرارة المشع، والشظايا في حالة حدوث انفجار ناتج عن غليان السوائل وتمدد البخار (BLEVE).

ربما تحتاج حالات الانسكاب من خطوط الأنابيب إلى إعداد قنوات تحويل أو مسارات لتوجيه الميثانول ناحية أحواض تجميع طبيعية أو هندسية، وبعيدًا عن المجاري المائية أو المناطق سريعة التأثر من الناحية البيئية. وقد يلزم ذلك حتى بعد إغلاق صمامات التوجيه السائرة في اتجاه المجرى أو في عكس اتجاه المجرى أو تحويل الدفق إلى طرق جانبية حتى يتم تصريف المحتوى المتبقي.

ومن غير العملي استعادة الميثانول من الانسكابات التي اتجهت إلى المصادر الطبيعية للمياه مثل الأنهار والبحيرات والمحيطات.

7.3.1 مناطق التحكم في المواقع

يعد التحكم في المواقع أحد العناصر الأساسية لتنفيذ خطة الاستجابة لحالات الطوارئ (ERP). وللتحكم في انتشار التلوث وتعرض العاملين للأخطار الكيميائية والفيزيائية، فإنه يجب تقسيم منطقة الانسكاب إلى ثلاث دوائر متحدة المركز ومركزها هو منطقة الحظر (EZ) أو ما يعرف بـ "المنطقة الساخنة"، حيث يتم احتواء الانسكاب. وتحيط بهذه المنطقة منطقة تقليل الملوثات (CRZ)، والتي تتضمن نقطة وحيدة لدخول أفراد ومعدات الاستجابة وخروجهم، بالإضافة إلى رواق إزالة التلوث المعد لتنظيف الأفراد والمعدات التي تخرج من المنطقة الساخنة. وتُستخدم منطقة الدعم (SZ) الموجودة في أقصى الجزء الخارجي من محيط المنطقة لوضع معدات الاستجابة وإقامة مقر القيادة ومركز الاتصالات. ويقتصر الوصول إلى منطقة الحظر ومنطقة تقليل الملوثات فقط على الأفراد المرخص لهم بذلك. وسوف يقوم منسق الاستجابة لحالات الطوارئ (ERC) بتحديد مناطق العمل التي يُرخص لأفراد الاستجابة بالدخول إليها، كما سيعمل على إنفاذ إجراءات التحكم في المواقع.

7.4 عمليات تنظيف الكميات المنسكبة والإصلاح

يجب السماح للأفراد المدربين والمجهزين بصورة جيدة فقط بالمشاركة في عمليات التنظيف والسيطرة على انسكابات الميثانول. ففي الولايات المتحدة، يجب أن تتلقى فرق الاستجابة في حالات الطوارئ تدريبًا وفقًا لقواعد العمليات المتعلقة بالتعامل مع النفايات الخطرة والاستجابة في حالات الطوارئ (HAZWOPER) الموضوعة من قِبل OSHA والواردة في المادة 1910،120 من الباب 29 من مدونة اللوائح الفيدرالية [59]. وبالنسبة لانسكابات الميثانول التي يُحتمل أو يُشتبه في وجود تركيزات متفجرة بها، فيتحتم ارتداء ملابس واقية من البخار ومغلفة بالكامل مع واقٍ لجهاز التنفس مزود بالهواء بما يتوافق مع المستوى الأول من الحماية. أما الانسكابات الأصغر حجمًا فقد تتطلب ارتداء ملابس وقفازات واقية من الأبخرة مع واقٍ لجهاز التنفس مزود بالهواء بما يتوافق مع المستوى الثاني من الحماية. ونظرًا لسرعة تشبع الفحم النشط بأبخرة الميثانول، فينبغي عدم استخدام أجهزة التنفس الاصطناعي المنقية للهواء والمزودة بخراطيش البخار العضوي مطلقًا.

بمجرد التحكم في أخطار الحرائق والانفجارات والأخطار المؤثرة على الصحة، يصبح الهدف من عملية تنظيف الميثانول المنسكب هو استعادة أكبر قدر ممكن من المادة الخام النقية أو الميثانول الممزوج بالماء قبل إخضاعه لعملية تخفيف كاملة، وذلك لزيادة إمكانية إعادة تدويره أو استصلاحه. كما يمكن أيضًا أن تحتوي المواد الماصة المشبعة بالميثانول على قيمة حرارية مماثلة لتلك التي تصدر عن مزج أو حرق الوقود الثانوي. ومن بين العمليات الممكنة لمعالجة خلائط الميثانول التي تمت استعادتها عملية التناضح العكسي وتكثيف جزيئات الكربون وسحب البخار وسحب الهواء. وعلى الرغم من ذلك، يلزم تقييم الاعتبارات المتعلقة بنسبة التكلفة إلى العائد حسب كل حالة على حدة.

قد تلزم معالجة المادة الماصة الملوثة والتربة المتأثرة كنفايات خطرة. وسوف تتوقف خيارات المعالجة والتخلص من النفايات على اللوائح المعمول بها. قد يكون من الضروري تطهير الموقع الذي حدث به انسكاب للميثانول، وذلك حسب الموقع والوسط المتأثر. هذا، ولا يستمر الميثانول بصورة مستديمة في البيئة، بل يتم تخفيفه في الحال عند انبعاثه إلى المياه السطحية أو التربة أو المياه الجوفية ليصبح متواجدًا بتركيزات منخفضة مما يسمح للتربة الطبيعية أو البكتيريا المائية بأن تقوم بتحليله حيويًا خلال فترة زمنية قصيرة نسبيًا. ومن المتوقع أن ينتج عن السرعة النسبية لتحلل الميثانول حيويًا مرات تنظيف طبيعي أسرع من مرات التنظيف النشط له. وبالرغم من ذلك، قد تقتضي المتطلبات التنظيمية والمسؤولية القانونية المحتمل وقوعها إجراء عملية تطهير نشطة.

7.5 الإخطار بحالات الانسكاب والإبلاغ عنها

يقضي القانون الأمريكي للتخطيط للطوارئ وحق المجتمع في المعرفة (EPCRA) بضرورة الإبلاغ الفوري لكل من Federal National Response Center (مركز الاستجابة الوطني الفيدرالي)، و State Emergency Response Commissions (لجان الاستجابة في حالات الطوارئ التابعة للولايات)، و Local Emergency Planning Committees (اللجان المحلية للتخطيط للطوارئ) عن انبعاثات المواد الكيميائية التي تتجاوز حدود عتبة معيارية معينة. بالإضافة إلى ذلك، ربما يكون للوكالات الحكومية المحلية أو التابعة للولايات متطلبات متعلقة بالإخطار والإبلاغ عقب حدوث انسكاب للمواد

الخطرة. وبالنسبة لكمية الميثانول التي يجب الإبلاغ عنها وفقًا لقائمة المواد الخطرة الواردة بالقانون الأمريكي الشامل للمسؤولية والاستجابة في حالات الطوارئ (CERCLA) فهي 5000 رطل (2.2 طن)، والتي تساوي 755 جالونًا (2858 لترًا). أما في كندا، فتبدأ متطلبات الإبلاغ من كميات صغيرة من المواد المنسكبة مقدارها 53 جالونًا أمريكيًا (200 لتر). وفي دول الاتحاد الأوروبي (EU)، سوف يتمكن العامة من الوصول إلى قاعدة بيانات إلكترونية تضم انبعاثات الملوثات وذلك من خلال اللائحة رقم 166/2006 (السجل الأوروبي لإطلاق الملوثات ونقلها).

قد يُوجِد الإخطار بحالات الانسكاب متطلبات بتطهير المنطقة التي حدث بها انسكاب ومعالجة أية تلفيات لحقت بالبيئة، بالإضافة إلى توقيع جزاءات وغرامات.

7.6 التحقيق في الحوادث وحفظ سجلاتها

من بين العناصر الرئيسية للتخطيط للاستجابة لحالات الطوارئ هو إجراء تحقيق في الحوادث لتحديد أسباب الانبعاث وتصحيح أي أوجه قصور في أنظمة سلامة العمليات وإجراءات التشغيل، فضلًا عن تحسين جهود الاستجابة ذاتها.

يجب أن يكون لدى المنشأة تحقيق مكتوب في الحوادث وإجراءات متابعة لضمان تنفيذ الإجراءات التصحيحية المناسبة والاحتفاظ بجميع سجلات ووثائق التحقيق ذات الصلة.

7.7 الهيكل القيادي في حالات الحوادث

خلال حالات الانسكاب البسيطة التي يمكن التعامل معها داخل المنشأة، يتحمل منسق الاستجابة لحالات الطوارئ (ERC) الموجود داخل الموقع المسؤولية الأساسية عن الاستجابة لمواقف الطوارئ وتصحيحها واتخاذ الإجراءات المناسبة لضمان سلامة الأفراد والعوام المتواجدين بالموقع. كما تقع على عاتق منسق الاستجابة لحالات الطوارئ مسؤولية ضمان تنفيذ الإجراءات التصحيحية، وإخطار السلطات المعنية، وإكمال إعداد تقارير المتابعة. ومن بين الإجراءات الممكنة إجلاء الأفراد من المنطقة التي وقع فيها الانبعاث. ويجب على الأفراد العاملين بالمنشأة إبلاغ منسق الاستجابة لحالات الطوارئ بأية حالات انسكاب أو حرائق أو إصابات أو أمراض أو تلفيات في الممتلكات.

أما في الحوادث الأكبر التي تحتاج إلى الاستعانة بفرق استجابة خارجية، مثل دائرة مكافحة الحرائق و/أو وحدة الاستجابة للمواد الخطرة والتي يتم استدعاؤها للمساعدة، فسوف يقوم منسق الاستجابة لحالات الطوارئ بنقل مسؤوليات القيادة إلى قائد الحادث (IC) التابع للوكالة الرئيسية، والذي سيقوم بدوره بتوجيه جهود الاستجابة.

وفقًا لحجم وخطورة الحدث، تقرر قيادة الحادث (IC) إشراك فرد واحد أو فريق. وقد تتلقى قيادة الحوادث الدعم من الموظفين المسؤولين عن المعلومات والسلامة والاتصالات، كما أنها قد تطلب أفراد دعم لتنسيق العمليات واللوجيستيات والتخطيط والنواحي المالية.

7.7.1 الاتصالات

يعد التواصل الناجح بين الفرق الميدانية الموجودة في منطقة الحظر (EZ) والأفراد الموجودين في منطقة الدعم أمرًا أساسيًا في حالات الطوارئ. ولضمان التواصل الجيد ومراعاة السلامة، فيجب الاستعانة دائمًا بنظام الرفاق (أو الفريق المكون من شخصين) أثناء إجراء التحقيق الميداني وأنشطة التنظيف في منطقة الحظر (EZ). كما يجب توفير الهواتف المحمولة الآمنة (المضادة للانفجارات) أو أجهزة الإرسال والاستقبال اللاسلكية (للمناطق التي لا توجد بها خدمة الهاتف المحمول) لأفراد الاستجابة لحالات الطوارئ. تستخدم وكالات الاستجابة المختلفة أجهزة لاسلكية مختلفة ورموزًا مختلفة للنداء. يجب التحقق من توافق أجهزة اللاسلكي لديك مع المستجيبين ممن قد تضطر المنشأة للاعتماد عليهم.

الفصل

8

8 حوادث الميثانول والوقاية منها

يقدم هذه الفصل استعراضًا عامًا للأنواع الرئيسية من الحوادث المتعلقة بالميثانول وأسبابها، كما يصف أكثر الأخطار التي يواجهها مختلف مستخدمي الميثانول شيوعًا. ويناقش أيضًا وسائل الأمان الفعالة التي يمكن أن تساعد في تقليل وقوع الحوادث الخطيرة وتقليل حدتها.

8.1 رؤية عامة لحوادث الميثانول

تناولت وسائل الإعلام العالمية الكثير من حوادث انسكاب الميثانول والحرائق والانفجارات، وهناك تجميعات للتقارير الخاصة وتقارير بعض الوكالات العامة متاحة على شبكة الانترنت. ولكن، في الوقت الحالي، لا توجد قائمة شاملة بالوقائع والحوادث المتعلقة بالميثانول التي حدثت في شتى أنحاء سلسلة الإمداد العالمية في قاعدة بيانات مركزية. وبسبب استخدام الميثانول على نطاق واسع، من المواد الكيميائية الوسيطة والمذيبات إلى أنواع الوقود البديلة تصبح هذه المهمة معقدة.

ويمثل الجدول الموجود أدناه بيانات الوقائع المجمّعة من أبحاث على الانترنت ترجع إلى الفترة من عام 1998 إلى عام 2011 وتتضمن الحوادث التي تم الإبلاغ عنها في كلٍ من الولايات المتحدة وكندا والبرازيل وفرنسا وإيطاليا وألمانيا والسويد والصين والهند وماليزيا وجنوب أفريقيا وأستراليا. وتوجد القائمة الكاملة للوقائع التي بني عليها هذا الجدول في الملحق د من هذا الدليل.

جدول رقم 9. أنواع الحوادث المتعلقة بالميثانول مقسمة وفقًا للقطاع المستخدم (1998-2011).

القطاع	عدد الحوادث	نسبة عدد الحوادث%	حريق و/أو انفجار	انسكاب	أخرى
الديزل الحيوي	23	28%	23		
الصناعة	23	28%	21	2	
النقل	22	27%	12	6	4
المنزل	4	5%	4		
المواسير	4	5%	1	3	
المدارس	3	4%	3		
التجارة	1	1%	1		
معالجة المياه	1	1%	1		
الإجمالي	81		66	11	4
النسبة المئوية	100%	100%	81%	14%	5%

ليس المقصود من هذا الجدول إعطاء إحصائيات كاملة أو تماثل الواقع فيما يخص معدل التكرار النسبي لهذه الحوادث أو مقدارها. ولكن، يمكن أن يمثل هذا الجدول نقطة انطلاق لتقييم أنواع الحوادث الشائعة المتعلقة بالميثانول وأن يساعد المستخدمين في التعرف على المخاطر وتطوير تدابير أمان لمنع كوارث محتملة.

وكان القطاع الصناعي، والذي يتضمن إنتاج الديزل الحيوي، هو الفئة الأولى المسئولة عن معظم حوادث الميثانول، بما يمثل 56% من جميع الحالات. ويمثل تصنيع الديزل الحيوي في حد ذاته نصف الحوادث الصناعية التي تبلغ 46 حادثًا، حيث شهد 23 حريقًا و/أو انفجارًا. وكانت معظم الحالات الصناعية الأخرى تتعلق بحرائق أو انفجارات، بالإضافة إلى حالتين من الانسكاب.

ومن بين 22 حادث في قطاع النقل، والذي يمثل 27% من إجمالي الحالات، كان نصفها تقريبًا يتعلق بنقل الميثانول على الطرق، و36% يتعلق بالسكك الحديدية. وهناك أربعة حوادث شحن مبلغ عنها كذلك. اثنى عشر من إجمالي 22 حادث نتج عنها حريق أو

انفجار، وست نتج عنها انسكاب، والأربع الباقية نتج عنها تصادمات، أو انقلاب سيارات، أو خروج عن القضبان، أو غرق سفن بدون خسائر مادية جسيمة.

وتشير مراجعة أجريت على 81 حادث منفصل يتعلق بالميثانول في الفترة من 1988 إلى 2011 إلى أن الحرائق أو الانفجارات تمثل 81% من إجمالي الحوادث، وتمثل الانسكابات 14%.

الجدول رقم 10 يوضح معدلات الإصابة والوفيات التي سببتها الحوادث المتعلقة بالميثانول المبلغ عنها.

جدول رقم 10. الإصابات والوفيات الناتجة عن حوادث الميثانول مقسمة وفقًا للقطاع المستخدم (1998-2011).

القطاع	عدد الحوادث	الوفيات	الإصابات	نسبة الوفيات%	نسبة الإصابات%
النقل	22	14	9	54%	18%
الصناعة	23	5	15	19%	31%
الديزل الحيوي	23	4	6	15%	12%
معالجة المياه	1	2	1	8%	2%
التجارة	1	1	1	4%	2%
المدارس	3	0	12	0%	24%
المنزل	4	0	5	0%	10%
المواسير	4	0	0	0%	0%
الإجمالي	81	26	49	100%	100%

وقد نجم عن الحوادث المتعلقة بالنقل أعلى عدد من الوفيات، بنسبة 54% من إجمالي الوفيات و18% من جميع الإصابات. وتمثل الحوادث الصناعية بخلاف الديزل الحيوي العدد الأكبر من الإصابات غير القاتلة والتي تتعلق بـ 15 شخص، بالإضافة إلى خمس وفيات. ونتج عن صناعة الديزل الحيوي أربع وفيات وست عمال جرحى. أما الوقائع المبلغ عنها من البيوت والمدارس فنتجت عن الحروق. ولم يبلغ عن أي وفيات في البيوت ولا في المدارس ولا في حوادث خطوط الأنابيب. ويمثل الحادث الوحيد المبلغ عنه في محطة معالجة مياه الصرف (والناتج عن حادث يتعلق بعملية لحام) أعلى معدل خطورة عواقب إذ أسفر عن حالتي وفاة وجرح عامل واحد.

أما الوفيات نتيجة التسمم من الاستخدام غير القانوني للميثانول في المشروبات الكحولية فغير متضمنة في هذا التحليل. ورغم هذا، توفي 61 شخص بلا مأوى من شرب المشروبات التي يغلب عليها الميثانول في حادثة واحدة أبلغ عنها في مدينة الخرطوم بالسودان في 14 يونيو/حزيران 2011. وهوضعف إجمالي الوفيات من جميع الحوادث المذكورة في الجداول على مدار 13 عام.

ويمثل مستخدمو الميثانول في الصناعة (متضمنين صانعي الديزل الحيوي) وقطاع النقل معًا أكثر من أربعة من كل خمسة وقائع من المبلغ عنها، و88% من إجمالي الوفيات.

8.1.1 أسباب الحوادث الشائعة

لا يمكن دائمًا تحديد السبب الأساسي للحوادث التي توردها وسائل الإعلام أو التقارير المجمّعة. وما يقارب ثلث الحوادث المبلغ عنها غير معلومة السبب. وهناك 10% أخرى، أو ثمان حالات، يمكن تصنيفها على أنها بسبب استخدام على نحو "غير مقصود" وهي تتعلق بلعب الأطفال والبالغين بالميثانول والنار، أو بسبب فشل أحد التجارب التي تجرى في حصص العلوم المدرسية.

8.1.2 عمليات التشغيل المعتادة والصيانة

في قطاعي الصناعة والديزل الحيوي، تمثل المشاكل المتعلقة بالصيانة أكثر من نصف الحوادث معلومة السبب. ويمثل "العمل الساخن" المتعلق بلحام خزانات وأوعية الميثانول أو تجليخها نصف حوادث الصيانة، بينما يُعزى الباقي لأخطاء في التوصيلات والمعدات الكهربية أو خطوط النقل أو المضخات أو صمامات الأمان.

وتمثل العمليات المعتادة مثل خلط المواد، والتفاعلات التي تدخل فيها درجات حرارة عالية وضغط مرتفع، وعمليات نقل المواد نحو 45% من حوادث الحريق أو الانفجار في القطاع الصناعي، على الرغم من عدم إمكانية التعرف على مصادر الإشتعال بعينها في هذه الحالات.

ويمثل تصنيع الديزل الحيوي ثلثي الحوادث الصناعية معلومة السبب المبلغ عنها مجتمعة.

8.1.3 أنشطة النقل

في قطاع النقل، تمثل التصادمات في النقل بالسيارات أو عربات السكك الحديدية أو السفن ومراكب نقل البضائع أكثر من ثلاثة أرباع إجمالي الحوادث معلومة السبب. بينما تمثل حوادث الانسكاب باقي الأنواع.

وبوجه عام يبدو أن حوادث النقل قد حدثت نتيجة عمليات معتادة أثناء وجود العربات أو المراكب التي تحمل الميثانول على الطريق، أو على السكك الحديدية أو سريانها في المياه البحرية. وهناك حادثتان فقط يمكن أن تعزى مباشرة لمشاكل في الصيانة، على الرغم من أن الأسباب المباشرة للحوادث الأخرى غير معلومة. ومن المثير للاهتمام، عدم وجود حوادث انسكاب أثناء عمليات نقل المواد. فجميع حوادث الانسكاب التي أبلغ عنها حدثت نتيجة تصادم أو انقلاب السيارات، وهناك حادثة واحدة نتج عنها انسكب محدود في فناء تخزين خاص بالسكك الحديدية.

8.1.4 حوادث خطوط الأنابيب

من ضمن حوادث خطوط الأنابيب الأربع المبلغ عنها (ثلاث حوادث انسكاب وحريق واحد)، كانت جميعها تتعلق بالإجراءات، وحدث ثلاث منها أثناء أنشطة الصيانة الدورية.

8.2 أهم النتائج

تشير إحصائيات الحوادث المبينة أعلاه، إلى أنه على الرغم من كون الحريق والانفجار - اللذان ينتجان عادة من الانسكاب أو انبعاث من نوع آخر - هما أكثر نواتج حوادث الميثانول شيوعًا، إلا أن أسبابهما قد تختلف طبقًا للنشاط الذي يجرى. ويبدو أن حوادث النقل، سواء كانت على الطرق أو السكك الحديدية أو في المياه تحدث أثناء إجراء الأنشطة المعتادة. أما حوادث خطوط الأنابيب والحوادث الصناعية فتتعلق بالمعدات، والصيانة؛ وبالنسبة للديزل الحيوي على وجه الخصوص تتعلق بالعمليات المعتادة.

وهناك قاسم مشترك واحدٌ بينها جميعًا، ألا وهو العامل البشري، وهو ذو أهمية كبيرة في تقييم عواقب هذه الحوادث. ويؤكد هذا على الأهمية الحرجة لإدراك أخطار الميثانول وتعلم الإجراءات والتدريب عليها للتعامل معه بأمان، والاستجابة لحالات الطوارئ.

وفي حين أنه لا يمكن التعرف على المساهمة النسبية للمكان والأشخاص والعملية التي نتج عنها كل الحدث، ولكن يمكننا أن نستفيد من الدروس التي نتعلمها من تحليل الحادث وإدارة سلامة العمليات للصناعات والعمليات المشابهة. ومن العوامل المشتركة التي ساهمت في هذه الحوادث ما يلي:

- عدم الفهم الكافي للخواص الفيزيائية والكيميائية للميثانول، وخواص اشتعاله.
- عدم الحفاظ على سلامة وعاء الميثانول أو الخراطيم أو الأنابيب.
- السماح لأبخرة الميثانول بالتراكم أو الانبعاث بتركيز يسمح بالاشتعال.
- عدم القدرة على احتواء الانسكاب بشكل كافٍ.
- عدم إدراك مصادر الاشتعال الواضحة، مثل العمل الساخن أو عدم التحكم فيها.
- مصادر الاشتعال مثل الكهرباء الاستاتيكية، أو القوس الكهربي الناتج من المعدات أو التركيبات غير مضادة لإحداث الانفجار، أو الاحتكاك والشرارة الميكانيكية، أو عدم التعرف على التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة أو صعوبة السيطرة عليها.
- الصيانة غير الكافية للمعدات.
- عدم إتباع إجراءات التشغيل القياسية للعمليات المعتادة أو عدم كفايتها.
- عدم وجود إجراءات سلامة العملية أو عدم إتباعها.

- عدم وجود أنظمة منع الحريق أو عدم كفايتها أو تعطلها.
- عدم كفاية التخطيط و/أو التدريب للاستجابة للطوارئ، و/أو عدم كفاية المعدات الخاصة بها و/أو الإشراف عليها.
- عدم القدرة على التعرف على كم الخطر أو الحدث الجاري واتخاذ إجراءات حماية في الوقت المناسب للحفاظ على الأرواح.

8.3 الاستنتاجات

كما يبين تحليل الحوادث التاريخية أعلاه، يمكن أن تنتج للأخطار الكامنة في استخدام الميثانول وتخزينه ونقله، أن تؤدي إلى أحداث خطيرة ومأساوية. ويمكن أن تحدث خسائر في الأرواح و/أو جروح خطيرة و/أو خسائر مادية جسيمة حين لا يتم التعامل مع هذه المادة الكيميائية بصورة صحيحة، وفي وجود وسائل الأمان الكافية. وتبنى الاستنتاجات التالية على المعلومات التي تم جمعها من هذه الحوادث:

- الظروف المؤدية للأحداث الكارثية موجودة في جميع مراحل سلسلة القيمة للميثانول، بما في ذلك قطاعات التصنيع والنقل والتوزيع والتخزين والمعالجة، بالإضافة إلى البيئات التعليمية والترفيهية والسكنية.
- ويمكن أن تحدث حوادث خطيرة من استخدام الميثانول أو نقله أو تخزينه، وهي تحدث بالفعل في العمليات الكبيرة والصغيرة على حدٍ سواء وفي شتى مستويات القدرات التقنية.
- وتعد إمكانيات الاستجابة لحالات الطوارئ ومنع الانسكاب، بالإضافة إلى التدريب والمعدات عناصر أساسية للتعامل الآمن مع الميثانول، حيث أسفرت انسكابات عديدة عن حرائق وانفجارات.
- وكان من الممكن منع وقوع معظم الحوادث، وكثير من الوفيات، بتطبيق إجراءات تصريح "الأعمال الحارة" قبل إجراء عمليات اللحام أو التجليخ.
- وتعد السلامة الميكانيكية للمعدات المستخدمة في خدمة الميثانول، وإجراء عمليات الصيانة الوقائية المناسبة لها، من الأهمية بمكان لجميع مستخدمي الميثانول.
- ويعد إدراك أهمية التآكل وأسبابه والوقاية منه في أنظمة نقل خدمات الميثانول والأنابيب وخزانات التخزين أمرًا جوهريًا. ويعد هذا مهمًا بصفة خاصة في المحطات البحرية وحقول الخزانات والمحطات الكيميائية وروافع التحميل ولجميع المستخدمين الصناعيين.
- ولابد من التركيز على التعرف على مصادر الاشتعال المحتملة وتحديدها والتحكم فيها في جميع المواقف التي يتواجد فيها الميثانول ويحتمل أن يحدث فيها انبعاثات. ويجب أن يتضمن ذلك مصادر الحرارة والنيران والاحتكاك والقوس الكهربي والكهرباء الاستاتيكية والشرر والتفاعلات الكيميائية وظروف العمليات المادية، وغيرها.
- وسوف يستفيد مستخدمو الميثانول في الصناعة، وبخاصة صناعة الديزل الحيوي، من تطبيق إدارة سلامة العمليات وإجراءات العمليات المعتادة والخاصة، بالإضافة إلى حالات الطوارئ.
- ويعد تدريب المستخدمين على الخواص الفيزيائية والكيميائية للميثانول وخواص اشتعاله، عنصرًا أساسيًا من عناصر التعامل الآمن، وبخاصة بالنسبة لعمال الصناعة والنقل.

8.4 وسائل الأمان

لتقليل احتمال وقوع حادث كارثي وتقليل عواقبه، لابد أن يتوافر لمستخدمي الميثانول الأدوات المناسبة لمساعدتهم في التعرف على مخاطر معينة تتعلق بنوع العملية أو النشاط الذي يعملون فيه وللتعرف على وسائل الأمان المناسبة للتحكم في هذه المخاطر. وفي الصناعات الكيميائية، يتحقق هذا على أفضل وجه عن طريق نظام إدارة الأمان الذي يتكون من ثلاثة عناصر: الأشخاص والمعدات والإجراءات. ومن المبادئ الرئيسية في النهج المبني على الأنظمة إدراك أننا إذا قمنا بتغيير أي شيء في النظام، فإننا في الواقع نغير النظام، مما يسمح بحدوث مواقف غير آمنة أو خطيرة.

تتطلب جميع النظم الجيدة التخطيط السليم وتدريب العاملين والتطبيق. ولنجاح نظام إدارة الأمان، يجب أن تكون الإجراءات كاملة ومكتوبة ويتم تحديثها بانتظام وإتباعها بحذافيرها. ولابد أن تتوافر للعملية المعدات الصحيحة التي تتم صيانتها بصورة مناسبة وموثقة، وأن يكون الأفراد مدربين جيدًا على الإجراءات والمعدات وأن يتم الإشراف عليهم حتى يؤدوا وظيفتهم بأمان وفاعلية.

وفيما يلي بعض العناصر الأساسية التي لابد أن تشكّل جزءًا من نظام إدارة الأمان لمستخدمي الميثانول. ويمكن التدرج في تطبيق هذه العناصر وصولاً إلى المستوى المطلوب طبقًا لنوع العملية والتخزين وحجم المخرجات والظروف التي يتم فيها التعامل مع الميثانول.

8.4.1 إدارة سلامة العمليات

إدارة سلامة العمليات هي نظام لإدارة السلامة معمولٌ به في الصناعة الكيميائية منذ أكثر من 20 عامًا. في الولايات المتحدة، يجب على معظم المنشآت التي تخزن، أو تعالج أو تستخدم 10,000 رطل (1,508 جالون) أو أكثر من الميثانول أن تطبق إدارة سلامة العمليات طبقًا لمتطلبات إدارة السلامة والصحة المهنيتين (OSHA). يتمثل المقصد من إدارة سلامة العمليات (PSM) في معرفة أخطار المواد الكيميائية وتقنية العمليات والمعدات المستخدمة في الأنشطة والعمليات الكيميائية، سواءً كانت صغيرة أم كبيرة، وفهمها والتحكم فيها. وتتكون إدارة سلامة العمليات (PSM) من 14 عنصر إدارة تعمل معًا بطريقة منهجية. يتناول كل عنصر جانبًا معينًا من العملية من الجوانب اللازمة لإدارة المواد الكيميائية الخطيرة. ولكن، يمكن التدرج في عناصر إدارة سلامة العمليات لتلائم موقف المنشأة الخاص وأن يتم تطبيقها على جميع المنشآت طبقًا للحاجة. وهناك نماذج أخرى لأمان العمليات الكيميائية المستخدمة في شتى أنحاء العالم والتي يمكن مواءمتها بطريقة فعالة عن طريق مستخدمي الميثانول. ويصف الفصل الخامس من هذا الدليل عملية إدارة سلامة العمليات بالتفصيل.

8.4.2 منع التآكل.

الميثانول السائل موصل للكهرباء مقارنة بالغاز الطبيعي والوقود المقطر. ونظرًا لقدرته العالية على التوصيل، فإن الأوعية التي تحتوي على الميثانول تكون أكثر عرضة للتآكل الجلفاني من الأوعية التي تحتوي على الهيدروكربونات مثل الجازولين. تزيد قدرة التوصيل الكهربي من تآكل السبائك التي تستخدم عادة للتعامل مع الغاز الطبيعي والوقود المقطر. وينطبق هذا بصفة خاصة على سبائك الألومنيوم والتيتانيوم. وبالإضافة إلى ذلك، فالميثانول مادة مذيبة ولا يتوافق سوى مع أنواع مختارة من المواد البلاستيكية والمطاطية. وقد تفقد الأوعية البلاستيكية شائعة الاستخدام مع الجازولين سلامتها التركيبية عند استخدامها لحفظ الميثانول ولابد من استبدالها بمواد أخرى أكثر مقاومة للتآكل والمذيبات. يجب ألا تستخدم أوعية التخزين وأنظمة النقل بالأنابيب في خدمة الميثانول أو بخار الميثانول دون أن يوضع برنامج قوي لضمان جودة الحالة الميكانيكية. ويناقش الملحق ب من هذا الدليل منع التآكل.

8.4.3 برنامج تصريح الأعمال الحارة

يمكن تقليل المخاطر المتعلقة بالأعمال الحارة بتطبيق برنامج فعال لتصريح الأعمال الحارة. ويجب أن يتضمن ذلك التفويض المسبق بالعمل وممارسات اللحام الآمنة ومراقبة الحريق. للحصول على مزيد من المعلومات انظر القسم 4.3 من هذا الدليل بعنوان احتياطات السلامة.

8.4.4 منع الحريق والاستجابة له

الجوانب الثلاث للاستجابة للحريق هي الاكتشاف المبكر والاستجابة الفورية والإجراء المناسب. وفي حين قد يختلف التطبيق المحدد لهذه المبادئ، إلا أن أي نظام جيد التخطيط والتطوير لا بد أن يعتمد على التدريب والمعدات والممارسة. انظر الفصل السادس للحصول على المزيد من المعلومات.

8.4.5 تدريب العاملين

صاحب العمل مسئول عن إبلاغ جميع العاملين لديه بالمخاطر والمخاطرات المتعلقة بالميثانول ومسئول عن توعيتهم بكيفية التحكم فيها بطريقة فعّالة. وكما هو واضح من الحوادث المذكورة أعلاه، عادة ما تقع الحوادث لعدم دراية الأفراد الذين يتعاملون مع الميثانول أو يؤدون أعمالاً بالقرب من مخازن الميثانول وأماكن التعامل معه بمخاطره. وتعد الحوادث علامة على عدم قيام الإدارة بتخصيص الأولوية المناسبة لتدريب الموظفين والإشراف عليهم بصورة مقبولة.

ينبغي تدريب الأفراد القائمين على التشغيل على تفسير وتطبيق إجراءات التشغيل المكتوبة. بالإضافة إلى إجراءات حالات التوتر والاستجابة للطوارئ. ومن الناحية العملية، تضم عملية التدريب كلاً من التدريب داخل الفصول الدراسية والتدريب الإفرادي والتدريب الوظيفي، مدعومًا بالتدريبات والمحاكاة والتي قد تتضمن أحداثًا تمثيلية كاملة أو تدريبات بسيطة تجرى من سطح المنضدة.

ويعد التدريب عملية ديناميكية لابد من تحديثها بانتظام. ويتضمن التدريب الفعال ما يلي:

8. التدريب الأولي عند تخصيص المهمة.
9. التدريب التنشيطي الدوري.
10. تدريب التحديث. وهو أهم شيء، ويجب أن يتم في أي وقت تتغير فيه العملية أو حين تقع حادثة أو واقعة عارضة تكاد تؤدي إلى وقوع حادثة.

ولابد من إجراء التدريب الفعال وتنمية المهارات بأسلوب؛ وعلى مستوى يفهمه جميع العمال بسهولة، ولابد أن يتضمن أدوات تقييم لبيان وصول المتدرب إلى حدٍ أدنى من الفهم واحتراف المهارات. ويعتبر الفهم العميق لكيفية تأثير الخواص الفيزيائية والكيميائية للميثانول على مخاطر الاشتعال وشدته موضوعًا أساسيًا في التدريب لجميع العاملين في مجال الميثانول. لمزيد من المعلومات راجع النشرات الفنية الخاصة باستخدام الخواص الفيزيائية والكيميائية لإدارة مخاطر السوائل القابلة للاشتعال الصادرة عن معهد الميثانول.

الفصل

9

9 حماية البيئة

يناقش هذا الفصل تأثيرات الميثانول على البيئة.

تتمثل أهم خصائص الميثانول والتي تحدد تأثيراته على البيئة في القابلية للذوبان والقابلية للتطاير والسمية. وتحدد هذه الخصائص نهاية رحلة انبعاثات الميثانول وانتقالها إلى الهواء والماء والتربة وتأثيراتها على الكائنات الحية.

يوجد الميثانول بصورة طبيعية في النباتات والحيوانات وفي البشر. ويمكن أن يدخل الميثانول إلى البيئة من كلًا من المصادر الطبيعية والأنشطة البشرية. واستنادًا إلى حالات الانبعاث الواردة في جرد انبعاث المواد السامة (TRI) بالولايات المتحدة، ينبعث الميثانول في الهواء بدرجة أكبر من انبعاثه في أي وسيط بيئي آخر، رغم أن بعض الميثانول يتوزع أيضًا في الماء.

وينتج ميثانول الغلاف الجوي من المصادر الصناعية بصورة أساسية. ويتحلل الميثانول بواسطة عملية الأكسدة الضوئية، كما يتعرض لتحلل هوائي ولاهوائي من خلال آليات حيوية. هذا، ويحتوي الميثانول على معدل سمية منخفض بالنسبة لمعظم الكائنات المائية، وليس معروفًا عنه التراكم الحيوي بصورة كبيرة في الأسماك. وقد قرر برنامج مجموعة البيانات الخاصة بمعلومات الفرز (SIDS) الصادر عن منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD) [54] أن الميثانول مادة كيميائية ذات أولوية منخفضة، ولا تعتبر خصائصها ذات تأثير ضار على البيئة في الظروف العادية. وقد قررت وكالة EPA أن الميثانول يتمتع بقدرة محدودة على البقاء في البيئة.

9.1 مصير وتنقل المواد في البيئة

إن الخصائص الفيزيائية والكيميائية الرئيسية للميثانول والتي تؤثر على نهاية رحلته وانتقاله وتوزيعه واستدامته في المياه السطحية والمياه الجوفية تتمثل في قابليته للامتزاج وانجذابه للمواد الأخرى (معاملات التجزؤ)، والتحلل الحيوي.

فالميثانول قابل للمزج بالماء بنسبة 100% وله معامل تجزؤ منخفض بين الأوكتانول والماء، مما يعني أن السائلين سيمتزجان بالكامل بجميع النسب. لذا، إذا انسكب الميثانول وتسرب إلى المياه السطحية، فإنه سوف يذوب فيها ويتخفف لتصبح تركيزاته منخفضة جدًا بشكل سريع نسبيًا. وبالرغم أن الميثانول النقي سريع التطاير في الهواء، إلا أنه بمجرد ذوبانه في الماء يصبح شديد الثبات ولن يخرج من المحلول بسهولة. وسوف يصعب ذلك من معالجة كميات الميثانول المنسكبة في الماء. وفي حالة انسكاب الميثانول في أحد المحيطات المفتوحة، فإن الموجات الطبيعية والذوبان السريع داخل الماء وتوافر المياه القريبة بكميات غير محدودة يؤدي إلى تخفيفه بشكل سريع إلى تركيزات غير سامة.

لا ينجذب الميثانول المذاب بشكل كبير إلى الأسطح المعدنية أو الكربون العضوي الموجود في التربة. ومع ذلك، بمجرد وصول الميثانول إلى تركيزات منخفضة في التربة، فإنه سوف يتحلل حيويًا بسرعة في ظل وجود نطاق واسع من الظروف الجيوكيميائية.

في حالة انبعاث الميثانول إلى المياه الجوفية، فإن الميثانول سوف يذوب في النهاية بشكل كامل ليصبح منخفض التركيز نسبيًا. وسوف يتوقف تركيز المحلول المخفف المبدئي على حجم المنطقة التي حدث بها انسكاب ومحتوى رطوبة ماء التربة وعمق منسوب المياه الجوفية. بعد عمليات التخفيف والمزج المبدئية لمنطقة مصدر الميثانول، سوف يعتمد التركيز النهائي للميثانول على درجة انتشار كتلة الملوثات في البيئة المحددة.

يعد التحلل الحيوي، أي تحلل الميثانول إلى ثاني أكسيد كربون وماء بفعل البكتيريا، الآلية الرئيسية لتخليص البيئة من الميثانول. ويمكن أن تتحلل انسكابات الميثانول المتسربة إلى المياه السطحية بشكل سريع في ظل الظروف الهوائية. ولكن، بالنسبة لانبعاثات التربة الناعمة، حيث تسود ظروف انخفاض التوصيل الهيدروليكي وقلة المواد المغذية والظروف اللاهوائية، قد يصبح تحلل الميثانول في التربة أو المياه الجوفية بطيئًا للغاية.

يمكن تكوين تجمع جرثومي نشط من عوامل تحليل الميثانول في غضون بضعة أيام بعد انبعاثه إلى المياه السطحية. ويعد تركيز الأكسجين المذاب في الماء هو العامل المحدد لمعدل التحلل الحيوي. ففي المياه السطحية، يكون معدل التحلل العادي هو 10 ملجم/لتر يوميًا. ويتحلل الميثانول بالتركيزات الأقل من 3,000 ملجم/لتر بسرعة في ظل مجموعة كبيرة من الظروف الموجودة تحت سطح الماء. وبالرغم من ذلك، يمكن أن تثبط تركيزات الميثانول الأعلى من 10,000 ملجم/لتر الكائنات الدقيقة وتخفض معدل التحلل.

9.2 الانبعاثات في الهواء

يتسبب ضغط بخار الميثانول النقي المرتفع نسبيًا في تطايره بسرعة في الهواء. وإذا انبعث الميثانول تحت سطح الأرض، فسوف يتركز في غاز التربة في الأماكن المسامّية، رغم أنه قابل للتحلل العضوي بسهولة. أما في الغلاف الجوي، فيتفاعل بخار الميثانول مع أكسيد النيتروجين (NO_x) لتكوين نترات الميثيل. وكمركب عضوي متطاير (VOC)، يمكن للميثانول أن يساهم في تكوين ضباب دخاني بتروكيميائي. ويتبدد الميثانول بفعل ضوء الشمس ويتمتع بعمر نصفي يتراوح بين 17 و18 يومًا. وبعد مرور خمسة أيام، تتراوح النسبة المقدرة للتخلص من الميثانول الموجود في البيئة بين 75٪ و82٪، ويزيد هذا المعدل إلى 95٪ في غضون 20 يومًا.

وفقًا لجرد انبعاث المواد السامة (TRI) الصادر في الولايات المتحدة، فقد انبعثت كمية من الميثانول بلغت 116.8 مليون رطل (75.483 طنًا متريًا) من داخل وخارج مواقع المنشآت على مستوى كافة الصناعات الموجودة في الولايات المتحدة في عام 2009. وانطلقت نسبة 87٪ تقريبًا من الانبعاثات في الهواء، في حين انطلقت نسبة أقل من 2.5٪ في المياه السطحية. وكانت صناعة الورق والعجائن الورقية هي أكبر مصادر للانبعاث في عام 2009.

وقد تم تضمين الميثانول في قائمة مسممات الهواء الـ 188 الصادرة عن وكالة EPA، بموجب تعديلات قانون الهواء النقي الأمريكي لعام 1999، بالإضافة إلى تضمينه في قاعدة بيانات النظام المتكامل للمعلومات الخاصة بالمخاطر (IRIS) المعنية بالملوثات التي لها آثار سلبية محتملة على الصحة.

9.3 التأثيرات على المياه الجوفية

تعد إمكانية الخلط، والتشتت والتخفيف عاملاً أساسيًا في تحديد معدل تحلل ملوثات الميثانول. إذا كانت مساحة التدفق لأسفل كبيرة فإن التحلل الحيوي يمكن أن ينتج عنه تركيزات أقل من 3 ملليجرام/لتر في عام واحدٍ أو عامين حتى مع الانبعاثات كبيرة الحجم. ويمكن أن تمتد هذه الفترة لتصل إلى خمس أو عشر سنوات إذا كانت الانبعاثات أقل ولكنها مستمرة، مثل تلك التي قد تحدث من تسرب في خط أنابيب تحت الأرض، حيث تستقر ملوثات الميثانول عند درجة تركيز عالية في المركز، وبخاصة عندما يكون مستوى المياه منخفضًا (المرجع – Smith, Molson, Maloney).

ويكون هذا من الأهمية بمكان في المرافق، ومحطات نقل الوقود التي تتقادم فيها البنية التحتية للأنابيب تحت الأرض. ويمكن أن يحدث تسارع في معدلات تآكل أنابيب الميثانول حتى في وجود كميات ضئيلة من المياه.

وتواجه محطات نقل الوقود، أو خطوط الأنابيب التي تنقل مزيج الميثانول والجازولين بنسبة 85/15، احتمالات التعرض لآثار بيئية أكبر من تلك التي تنقل الميثانول الصافي. وهذا لأن الميثانول يعمل كمذيب، مما يساعد على تشتت الجازولين في المياه الجوفية، وينافس البنزين على البكتيريا الهوائية مما يجعل الانبعاث يستغرق وقتًا أطول بكثير حتى يتحلل حيويًا. ويمكن أن تصبح مشكلة ضمان سلامة الأنابيب تحت الأرض، في محطات نقل الوقود، حادة بدرجة كافية لنقل الأنابيب في تركيبات فوق الأرض في قنوات خرسانية.

9.4 تأثيرات الميثانول على مياه الشرب

في الوقت الراهن، لم يتم إدراج الميثانول ضمن قائمة الملوثات وذلك في اللوائح الوطنية الأولية المعنية بمياه الشرب (NPDWR) أو في اللوائح الفرعية المعنية بمياه الشرب (NSDWR) أو التقارير الاستشارية الصحية الخاصة بمياه الشرب الصادرة عن وكالة EPA الأمريكية. إلا أنه تم إدراج الميثانول كأحد المواد المرشَحة كملوث للبيئة في القائمة الثالثة للملوثات (CCL-3) والصادرة عن وكالة EPA في فبراير عام 2008.

9.5 التأثيرات الحيوية

توصل مكتب EPA لمنع التلوث والمواد السامة إلى أن الميثانول مادة غير سامة في الأساس لأربعة أنواع من الأسماك المائية التي تم إجراء اختبار عليها، وذلك وفقًا للقيم المسجلة لمتوسط التركيزات المميتة والفعالة. وبالرغم من ذلك، يمكن أن يتسبب التحلل الحيوي للميثانول من انبعاث إلى مياه سطحية في استنزاف الأكسجين الموجود في الماء، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى الإضرار بأنواع الأسماك المحلية.

هذا، ويعد الميثانول مادة سامة بالنسبة للكائنات المائية، مثل الأسماك وبراغيث الماء والطحالب، وذلك إذا زادت مستوياته بكثير عن 1,000 ملجم/لتر وبخاصة إذا زادت عن مستوى 10,000 ملجم/لتر. وفقًا لوكالة EPA، تشير هذه القيم إلى تعرض أسماك المياه العذبة لمستوى سمية منخفض من الميثانول. ويُذكر أن سمية الميثانول بالنسبة للنباتات المائية متغيرة. فهو عالي السمية بالنسبة لعشبة الأنقليس والفرشات الطحلبية، بينما يكون منخفض السمية بالنسبة للطحالب الخضراء.

إن سمية الميثانول بالنسبة للأسماك البحرية والأسماك الموجودة في مصبات الأنهار مشابهة لتلك الخاصة بالأنواع التي تعيش في المياه العذبة. فالميثانول منخفض إلى معتدل السمية بالنسبة للافقاريات التي تعيش في المياه العذبة (مثل برغوث الماء، حمار قبان المائي)

وكذلك اللافقاريات البحرية والتي تعيش في مصبات الأنهار (بلح البحر وروبيان المياه المالحة). وتكون التأثيرات السامة للميثانول عند تعرض الكائنات البحرية له لفترة قصيرة مؤقتة وقابلة للعكس. ولا يتراكم الميثانول حيويًا بشكل مؤثر في الحيوانات التي تحتل مكانة أعلى في سلسلة الغذاء.

وتأتي معرفة تأثيرات الميثانول على الثدييات بصورة أساسية من الأبحاث التي تُجرى على الحيوانات في المعامل، بما في ذلك الفئران والجرذان والقطط والكلاب والقرود. أما في البيئة البرية، فإن رائحة الميثانول المميزة تحذر الحيوانات في الأغلب لتجنب منطقة الانبعاث ومنع التعرض للميثانول. وبالرغم من ذلك، يعد الميثانول عنصرًا مضادًا للتجمد، حيث يمكن أن يكون عالي السمية عند استهلاكه بواسطة الحيوانات المنزلية.

أوضحت الدراسات التي أجريت في المختبرات حول استنشاق الميثانول وتناوله عن طريق الفم والتعرض له عن طريق الجلد أن القوارض والأرانب والكلاب تعاني من فقدان تناسق العضلات وفقدان الوعي والغيبوبة بعد التعرض للميثانول بجرعات كبيرة. وبالرغم من ذلك، لم تظهر أعراض الحماض على هذه الحيوانات ولم تطرأ تغيرات على العين مثل تلك التي تظهر على البشر عند تناول جرعات مميتة أو دون المميتة من الميثانول. كما أن التركيزات المميتة للميثانول في الهواء بالنسبة للحيوانات أكثر انخفاضًا منها بالنسبة للإنسان، في حين أن الجرعات المميتة التي تدخل عن طريق الفم بالنسبة للحيوانات أعلى بكثير من تلك الخاصة بالإنسان.

9.6 التأثيرات المناخية

يفوق قدر الميثانول المنتج من الغاز الطبيعي الكمية المنتجة من أي مادة خام أخرى. حيث تصل كفاءة مصنع لإنتاج الميثانول قائم ومُشغل بشكل جيد باستخدام الغاز الطبيعي إلى 68٪ تقريبًا. ويُقدر الحد الأقصى لكفاءة إنتاج الميثانول من هذه المادة الخام الأحفورية، والتي تتكون من نسبة تصل إلى 80٪ من الميثان ونسبة تصل إلى 20٪ من المواد التي تحتوي على نسبة أكبر من الهيدروكربون مثل الإيثان والبروبان والبوتان وغيرها، بنسبة 75٪. كما يمكن أيضًا إنتاج الميثانول من الكتلة الأحيائية أو باستخدام الطاقة الكهربائية من خلال الطاقة الكهرومائية أو طاقة الرياح بكفاءة طاقة تتراوح بين 55٪ و60٪ فقط مقارنة بعملية تصنيعه التقليدية من الغاز الطبيعي.

في التسعينيات من القرن العشرين، كان ينبعث عن مصنع عادي لإنتاج الميثانول ما يصل إلى 1.0-0.9 طن تقريبًا من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) لكل طن من الميثانول المنتج. وعلاوة على المخاوف البيئية التي تثيرها، تمثل الانبعاثات الضخمة من غاز ثاني أكسيد الكربون مواطن ضعف للكفاءة التشغيلية في مصنع إنتاج الميثانول نظرًا لعدم توفر الكربون الذي ينبعث على شكل ثاني أكسيد الكربون لاستخدامه في إنتاج جزئيات الميثانول. ولهذه الأسباب، شرعت مصانع الميثانول في التركيز على إدخال تحسينات على الكفاءة من شأنها الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، كما أنها تواصل مجهوداتها في هذا الصدد.

تمكنت مصانع الميثانول على مدار العقد المنصرم من خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة تصل إلى 40٪. وقد تحقق ذلك من خلال تطبيق عمليات تحسين الكفاءة واستبدال المرافق القديمة بمصانع حديثة تستخدم تقنيات أكثر كفاءة. بل إن بعض المرافق سجلت انبعاثات منخفضة وصلت إلى 0.54 طن من ثاني أكسيد الكربون لكل طن من الميثانول المنتج. وهو ما يعادل انبعاث 3.6 أرطال من غاز ثاني أكسيد الكربون لكل جالون (أي 0.43 كجم من ثاني أكسيد الكربون لكل لتر) من الميثانول.

وطبقًا للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، فإن الميثانول الذي يتم إنتاجه من الكتلة الأحيائية لاستخدامه في المركبات التي تعمل بالموتور من شأنه خفض إجمالي الانبعاثات من غازات الاحتباس الحراري مقارنة بأنواع الوقود الأحفوري؛ ويرجع هذا إلى تولد ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود المشتق من الكتلة الأحيائية من الهواء، فضلاً عن عدم حساب انبعاثاته في قائمة حصر انبعاثات غازات الاحتباس الحراري أو في تحليل دورات الحياة.

9.7 معالجة النفايات والتخلص منها

تتوافق نفايات الميثانول ذات التركيزات الأكبر من أو تساوي 24٪ من حيث الوزن مع تعريف وكالة EPA للنفايات الخطرة القابلة للاشتعال. كما أن الميثانول المُصنَف على أنه منتج يعد من النفايات الخطرة المدرجة على القائمة عند التخلص منه. هذا وتعتبر نفايات الميثانول أو المياه الملوثة بالميثانول نفايات خطرة، ويجب عدم تصريفها مباشرة في مجاري مياه الصرف الصحي أو المياه السطحية. بل يجوز التخلص منها فقط في منشأة مرخصة ومسموح فيها بالتعامل مع النفايات الخطرة وفقًا لما هو محدد في Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) (القانون الأمريكي للحفاظ على الموارد وإنعاشها). كما يجب عدم نقل المنتجات أو التربة أو المياه الملوثة بالميثانول إلا بمعرفة جهات نقل مسجلة وفي حاويات معتمدة. ويعد الإحراق هو الأسلوب المُوصى به للتخلص من الميثانول؛ وذلك لاسترداد قيمة الحرارة المستخدمة في الإحراق. هذا، ويمكن استخدام الميثانول السائل المُركز كوقود ثانوي في الأنظمة المتوافقة مع النفايات القابلة للذوبان في الماء. كما أن نفايات الميثانول قابلة لإعادة التدوير من خلال الترشيح والتقطير.

الفصل

10

10 الإشراف على المنتجات والاستدامة

يتناول هذا الفصل فلسفة الإشراف على المنتجات والاستدامة التي ينتهجها معهد الميثانول Methanol Institute كما يُجمل العناصر الرئيسية لنظام الإشراف على المنتجات. هذا، ويقدم بيان الحقائق المُسمى بـ "تنفيذ الإشراف على المنتجات" مزيدًا من المعلومات في هذا الشأن.

10.1 الإشراف على المنتجات ومبدأ الرعاية المسئولة (Responsible Care)

يقع الإشراف على المنتجات في بؤرة اهتمام صناعة الميثانول العالمية بدءًا من إدخال المواد الخام ومرورًا بإنتاج الميثانول ووصوله إلى المستهلك وانتهاءًا بالتخلص من الميثانول. ويلعب معهد الميثانول Methanol Institute دورًا رئيسيًا في تعزيز الإشراف على المنتجات في مجال صناعة الميثانول العالمية. ويتماشى هذا الدور مع [14 Responsible Care® Ethic] الذي يعد المبدأ الإرشادي المطبق على الصعيد العالمي؛ والذي تتخذه العديد من الشركات الأعضاء في معهد الميثانول Methanol Institute مرجعًا لها على وجه الخصوص. ويعد هذا المبدأ مبادرة تطوعية تعمل بموجبها الشركات بالتعاون مع بعضها البعض لمواصلة تحسين أدائها في مجال الصحة والسلامة والبيئة وللتواصل مع أصحاب المصالح حول المنتجات التي تقدمها والعمليات التي تقوم بها.

> وطبقًا لـ *American Chemistry Council* (مجلس الكيمياء الأمريكي)، فإن الشركات التي تطبق مبدأ *Responsible Care* قد قامت بالحد من الانبعاثات البيئية بنسبة *78٪* كما حققت رقمًا قياسيًا فيما يتعلق بسلامة العاملين يفوق متوسط معدل السلامة في قطاع التصنيع الأمريكي بما يزيد عن خمسة أضعاف.

وفي مجال صناعة إنتاج المواد الكيميائية على الصعيد العالمي، هناك إدراك واسع لأن الإشراف على المنتجات يعني تطوير المنتجات الكيميائية وإدارتها طوال دورة حياتها بالكامل؛ أي من "المهد إلى اللحد". كما أن الإشراف على المنتجات عالميًا يعني ضمان تمتع كافة أطراف سلسلة توريد المنتجات بأنظمة إدارة فعالة تضمن التعامل مع المنتج بشكل آمن وصحيح من الناحية البيئية ويبدي نوعًا من المسؤولية الاجتماعية. حيث يحتاج كل طرف إلى إجراء تقييم بصفة مستمرة لكيفية تناول الموضوعات التي تتطرق إلى البحث والمواد الخام والتعامل مع المنتج واستخدامه والتخلص النهائي منه. ويتضمن هذا التزامًا مشتركًا ومستدامًا بالمسؤولية بحيث يتم تحديد المشكلات وتنفيذ الإجراءات التصحيحية في أية مرحلة في سلسلة المنتج. ويتمثل الهدف النهائي للإشراف على المنتجات في تحسين الإدارة المسئولة للمنتجات الكيميائية طوال دورة حياتها - بدءًا من إدخال المواد الخام ووصولاً إلى استخدام المنتج النهائي والتخلص منه.

يلعب معهد الميثانول Methanol Institute دوره في الإشراف على المنتجات من خلال نقل المبادئ الإرشادية للتعامل الآمن مع الميثانول عبر سلسلة التوزيع العالمية ووصولاً إلى عملاء المراحل النهائية. وفي ظل ارتفاع الطلب العالمي على الميثانول، ولاسيما في السنوات الأخيرة، أصبح من الضروري لصناعة الميثانول إتباع أعلى المعايير المعنية بالسلامة والصحة والبيئة ومراعاتها. وفي هذا الإطار، يعد معهد الميثانول Methanol Institute مسئولاً عن المبادرات المعنية بالصحة والسلامة في التعامل مع الميثانول مثل تقييم مخاطر المنتج وتقييم مخاطر التعرض عبر سلسلة التوريد بالكامل وتوفير التثقيف والتدريب على الأساليب الصحيحة للتعامل مع الميثانول وتخزينه واستخدامه. بالإضافة إلى هذا، يمثل معهد الميثانول Methanol Institute صوت صناعة الميثانول الدولية؛ ولاسيما فيما يخص التأثيرات الصحية واحتياطات السلامة والآثار البيئية للميثانول. كما يمتلك معهد الميثانول Methanol Institute قاعدة البيانات الأكثر شمولية على مستوى العالم بشأن التأثيرات الصحية والآثار البيئية للميثانول.

10.2 نظام إدارة الإشراف على المنتجات

وكما هو الحال مع أنظمة إدارة السلامة والبيئة مثل المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (ISO 14001) والخدمات الاستشارية للصحة والسلامة المهنية (OHSAS 18001)، يتطلب الإشراف على المنتجات نظام إدارة يتبع في نهجه دورة "التخطيط - التنفيذ -

المراجعة - التصرف" (دورة ديمنج). وينبغي أن يوثق نظام الإدارة هذا الطريقة المثلى لإنجاز المهام وتخصيص المسؤوليات لتنفيذها ووضع مخطط عملية إنجاز ما يلي:

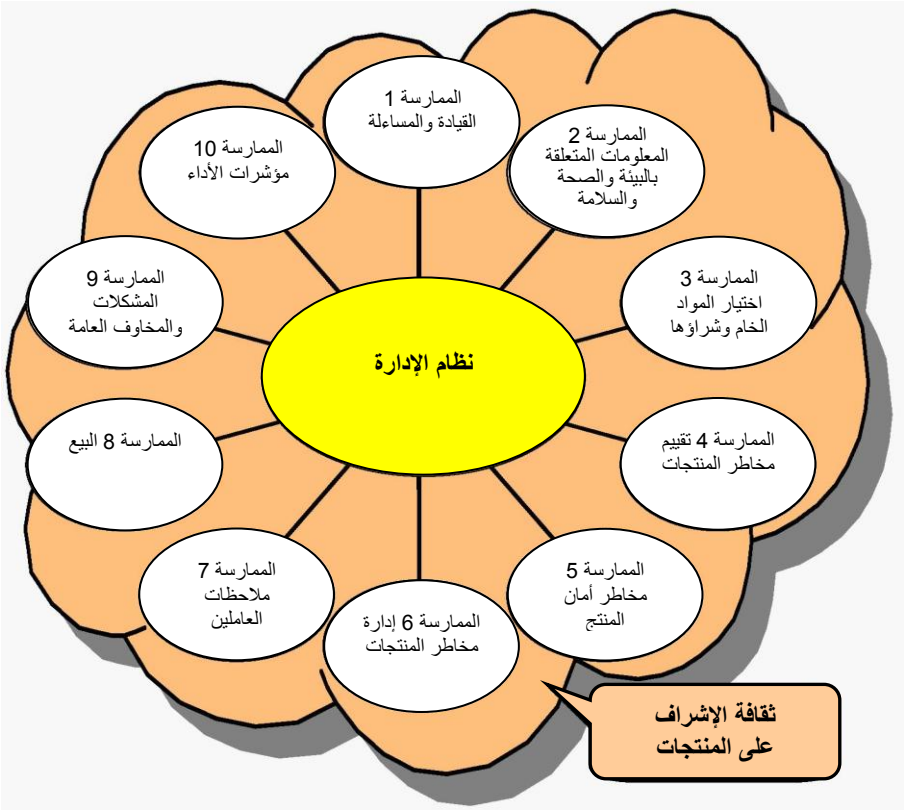
- تدريب الأشخاص وتقويمهم ومكافأتهم.
- البحث المتواصل عن طريقة أفضل.
- المراجعة لضمان عمل النظام.
- تتبع الأداء وإعداد تقارير بشأنه واستخدام هذه الملاحظات في دفع عجلة التحسين.

ومن المتوقع أن تقوم الشركات بدمج ثقافة وممارسات الإشراف على المنتجات في أنظمة الإدارة القائمة المستخدمة في إدارة كافة نواحي عمليات الشركة وأنشطتها التجارية. هذا، وتعد ثقافة الإشراف على المنتجات اعتقادًا مشتركًا بوجوب عدم تسبب أي منتج تقوم الشركة بشرائه أو بيعه في إلحاق الضرر بالأشخاص والبيئة.

10.3 ممارسات الإشراف على المنتجات

كما هو الحال مع كافة نواحي Responsible Care، من المتوقع أن تقوم الشركات بغرس ثقافة الإشراف على المنتجات عبر كافة أنحاء المؤسسة، وكذلك دمج ممارسات الإشراف على المنتجات في أنظمة الإدارة المستخدمة لتطوير حالة المنتجات المستدامة المربحة عالية الجودة وتصنيعها وتسويقها وإدخال المزيد من التحسينات عليها.

يلزم أن تقوم كافة مستويات الإدارة والعاملين بتنفيذ ممارسات الإشراف على المنتجات (PSPs) في كافة أنحاء الشركة. وتتناول هذه الممارسات العشر الأنشطة الأساسية الضرورية لضمان الإشراف على المنتج طوال دورة حياته بداية من تصور فكرة المنتج وحتى نهاية حياته إلى جانب غرس ثقافة الإشراف على المنتجات داخل الشركة.



شكل 3: ممارسات الإشراف على المنتجات

(إهداء من Canadian Chemical Producer's Association, Product Stewardship Guide, December 2003 ، ديسمبر 2003، بتصريح)

10.3.1 الممارسة 1: القيادة والمساءلة

إيراد نص واضح في السياسات المكتوبة على الالتزام طويل الأجل للقيادة العليا بالإشراف على المنتجات. وينبغي على القادة القيام بما يلي على وجه الخصوص:

- تشجيع العاملين عبر أنحاء المؤسسة على استيعاب مفاهيم الإشراف على المنتجات ودمجها في الوظائف والمسئوليات المنوطة بهم.
- ضمان توفر الموارد الكافية لوضع الأهداف المتعلقة بأداء الإشراف على المنتجات ومراجعتها وتحقيقها لكل منتج.
- إظهار التزام الشركة بالإشراف على المنتجات وتعزيز هذا الالتزام من خلال اتخاذ إجراء لمعالجة ضعف أداء الإشراف على المنتج أو حل المشكلات الصعبة أو تعديل موارد الدعم أو تغيير إستراتيجية إدارة / تجارة المنتج.

10.3.2 الممارسة 2: المعلومات المتعلقة بالبيئة والصحة والسلامة

من المهم إنشاء قاعدة بيانات لتخزين معلومات المنتج المتعلقة بالبيئة والصحة والسلامة وتحديثها وتوفير الوصول إليها. وتتضمن هذه المعلومات بيانات اختبار المنتج وعمليات تسجيله لدى الجهات التنظيمية وبيانات التعرض في مكان العمل/انبعاثات المصانع. هناك العديد من المصادر المتوفرة التي يمكن جمع المعلومات منها، بما في ذلك مصادر البحث والتطوير الداخلية وشركاء الصناعة والمصادر الأكاديمية والحكومية. ومن المهم ضمان تحديث هذه المعلومات بشكل منتظم لدى توفر معلومات جديدة. ويعتبر موقع الويب الخاص بمعهد الميثانول Methanol Institute وعنوانه: www.methanol.org أداة مفيدة لتطوير قاعدة بيانات معلوماتية معنية بالبيئة والصحة والسلامة.

10.3.3 الممارسة 3: اختيار المواد الخام وشراؤها

قبل تغيير ممارسات شراء المواد الخام والمنتجات الجاهزة، قيِّم أي تأثيرات ومخاطر محتملة يمكن أن تحدث بانتظام. هذا إلى جانب العمل على دمج إدارة المخاطر واستخدام المواد الخام والمكونات الأكثر كفاءة في عمليات اتخاذ القرارات بشأن الشراء، وتمكين العاملين من وقف عقود التوريد متى انتهى الحكم إلى ارتفاع مستوى المخاطر عما ينبغي. ومن الأفضل السعي بجدية لطلب المداخلات والمشورة من الموردين بشأن خبراتهم فيما يتعلق بالمنتجات وإدارة المخاطر.

10.3.4 الممارسة 4: تقييم مخاطر المنتجات

توفر عمليات تصميم أو إعادة صياغة منتجات أو تطبيقات جديدة فرصة مثالية للحد من المخاطر المحتملة على الأشخاص إلى جانب ابتكار منتجات أكثر حفاظًا على البيئة. لذا ينبغي متى أمكن اتخاذ إجراءات من شأنها تقليل كثافة استخدام المواد والطاقة في المنتج طوال دورة الحياة. أضف إلى هذا، إعادة تقييم المخاطر على نحو منتظم أو لدى وصول معلومات جديدة أو إجراء تغيير على اللوائح وذلك لضمان استمرار صحة تفسير البيانات.

10.3.5 الممارسة 5: أمان المنتج

ينبغي على الشركات وضع خطة أمان من شأنها الحماية من إساءة الاستخدام المتعمدة لمنتجات الشركة والمواد الخام جراء عمليات الإرهاب أو العنف أو التخريب أو الأفعال الكيدية. ويتفاوت حجم الإجراءات المتخذة بشأن الإرهاب وصرامتها وفقًا لدرجة المخاطر المحتملة، ويتم تحديد هذا في ضوء التوجيهات المقدمة من الحكومات الوطنية أو الإقليمية أو المحلية.

10.3.6 الممارسة 6: إدارة المخاطر

تقييم مخاطر المنتجات قبل القيام بعمليات بيع جديدة ووقف المبيعات متى انتهى الحكم إلى ارتفاع مستوى المخاطر عما ينبغي؛ سواء على مستوى العملاء الأفراد أو على مستوى السوق ككل. هذا بالإضافة إلى اتخاذ الإجراء التصحيحي للحد من مشكلات ارتفاع المخاطر التي تم تحديدها؛ في حال عدم إدارة المخاطر التي تم تقييمها بشكل مناسب أو عدم اعتبارها مقبولة.

10.3.7 الممارسة 7: تثقيف العاملين وتدريبهم

تضمين التثقيف المعني بالإشراف على المنتجات في برامج تثقيف وتدريب العاملين الموجودة حاليًا في الشركة فضلاً عن توفير تدريب إضافي للعاملين الموكل إليهم مسئوليات تُعنى بالإشراف على المنتجات. وكذلك، تشجيع تلقي الملاحظات من العاملين بشأن المخاوف الاجتماعية والأخلاقية التي قد تساورهم بجانب تلك المتعلقة بالبيئة والصحة والسلامة.

10.3.8 الممارسة 8: البيع

تشجيع الاتصال ثنائي الاتجاه مع الأطراف الثانية في المراحل النهائية في عمليات البيع، الأمر الذي سوف يتيح للشركات إمكانية فهم توقعات السوق بالنسبة للمنتج بالإضافة إلى المخاوف الاجتماعية والأخلاقية وتلك المتعلقة بالبيئة والصحة والسلامة التي قد تساورهم . ويعد توفير معلومات دقيقة ومتوازنة للأطراف الثانية حول القضايا المتعلقة بالبيئة والصحة والسلامة أمرًا ذا أهمية خاصة. ويساعد ذلك على ضمان إلمام العملاء والمستخدمين النهائيين بالتطورات الجديدة والتبصر بالمعلومات المتعلقة بالبيئة والصحة والسلامة عن المنتجات. وكذلك السعي الجاد للحصول على ملاحظات من الأطراف الثانية في المراحل النهائية حول خبراتهم في تطبيقات الاستخدام النهائي للمنتج وفي إدارة مخاطره وذلك للمساعدة في تنمية الوعي بدرجة أكبر. هذا فضلاً عن إدخال مجالات البحث والتطوير في مراحل مبكرة مع العملاء وعملائهم بهدف المساعدة في تصميم المنتجات والحد من الصعوبات المحتملة في استخدام المنتجات والتعامل معها وإعادة تدويرها والتخلص منها. وتعد مشاركة دليل التعامل الآمن مع الميثانول مع موزعي وعملاء المراحل النهائية طريقة جيدة لتشجيع الإشراف على المنتجات. وإذا كنت بحاجة لنسخٍ إضافية، يمكنك الاتصال بمعهد الميثانول عن طريق البريد الإلكتروني MI@methanol.org

10.3.9 الممارسة 9: المشكلات والمخاوف العامة

ضمان الأخذ في الاعتبار المخاوف ذات الصلة التي تساور الأفراد والمجموعات ممن لا يستخدمون المنتج بشكل مباشر. حيث تساعد المناقشة المبكرة لهذه المخاوف داخل المجموعات على تقليل الأخطار الحقيقية والمتصورة.

10.3.10 الممارسة 10: مؤشرات الأداء

دمج أهداف ومقاييس الأداء الخاصة بالإشراف على المنتجات في عمليات تقييم العاملين وتقديرهم ومكافأتهم. فيجب أن يبدي كافة العاملين التزامًا بالإشراف على المنتجات في أنشطة عملهم اليومية.

10.4 التوزيع المسئول (Responsible Distribution)

يعد Responsible Care مبدأ إرشاديًا، كما ناقشنا مسبقاً. ويعمل مفهوم Responsible Distribution® تحديدًا على توسيع نطاق هذا المبدأ حيث إنه يربط بين كافة جوانب توزيع المواد الكيميائية والمنتجات الكيميائية والخدمات الكيميائية. وشأنه شأن مبدأ Responsible Care، فإن بعض الشركات الأعضاء في معهد الميثانول Methanol Institute تتخذ مبدأ Responsible Distribution أيضًا مرجعًا خاصًا لها وتلتزم به. هذا، ونظرًا لأن الميثانول يتم توزيعه عالميًا، فإن الإلمام بمدونة قواعد الممارسات المتعلقة بالتوزيع المسئول (Responsible Distribution) والالتزام بها أمر مهم فيما يخص إدارة الأخطار والحد من المخاطر المرتبطة باستخدام الميثانول. ووفقًا لما أوضحته الرابطة الكندية لموزعي المواد الكيميائية [13] ، فإن مبدأ Responsible Distribution يتطلب بوجه عام ما يلي:

1. ضمان الامتثال العام.

   ينبغي أن يكون للشركة سياسات ومعايير وإجراءات مكتوبة تحكم كافة جوانب التوزيع المسئول للمواد الكيميائية والمنتجات والخدمات الكيميائية.

2. إدارة المخاطر.

   ينبغي أن يكون لدى الشركة برنامج فعال للعمل المتواصل على تحسين الأداء فيما يخص السلامة والبيئة. وتتضمن العناصر الرئيسية لإدارة المخاطر ما يلي (على سبيل المثال لا الحصر): المراجعة المنتظمة للعمليات فيما يتعلق بالأخطار والمخاطر؛ ووضع معايير وإجراءات مكتوبة لتخزين المواد السائبة والمعبأة والتعامل معها (مثل احتواء المواد المسكوبة وتنظيفها؛ وفصل المنتجات؛ وتشغيل المركبات في موقع العمل وصيانتها؛ واختيار الحاويات ومركبات الشحن ولصق البطاقات عليها وإدارتها وغيرها من الإجراءات)؛ وتزويد العاملين والمتعهدين بالمعلومات فيما يتعلق بالأخطار والمخاطر المقترنة بأنشطة التوزيع (مثل التعامل مع المواد الكيميائية وتنظيف الخزانات والبراميل ونقل البضائع من حاوية إلى أخرى والتعبئة وغيرها من أنشطة التوزيع).

3. توصيل المعلومات.

   ينبغي أن يكون لدى الشركة برنامج لتوصيل المعلومات إلى العاملين والعملاء والمتعهدين والموزعين من الباطن والموردين.

4. الامتثال للمتطلبات القانونية.

   ينبغي أن يكون لدى الشركة برنامج للامتثال للمتطلبات القانونية ولضمان عمل الموظفين وفقًا للقانون.

5. التفاعل مع الأطراف المعنية.

ينبغي على الشركة تنفيذ برنامج لمساعدة الأطراف المعنية (العاملين والمؤسسات والجهات الحكومية وأجهزة المجتمع) والعمل معها لتحديد المشكلات ووضع المعايير بغرض التحسين المتواصل لعملية توزيع المواد الكيميائية.

6. إدارة الموزعين من الباطن.

يجوز أن يكون للشركة عقد شفهي أو كتابي يُجمل الشروط والبنود التي تحكم توزيع المنتج و/أو بيعه بحيث لا يتم إدخال تغيير على المنتج و/أو عبوته و/أو ملصقاته وأن يبقى على حالته الأصيلة التي قامت الشركة العضو بتوريده عليها. كما ينبغي على الشركة العضو تنفيذ برنامج لتثقيف كافة الموزعين من الباطن ومساعدتهم وتقييمهم.

7. إدارة الموردين.

ينبغي على الشركة العضو تنفيذ برنامج لتثقيف موردي المواد الكيميائية والمنتجات الكيميائية والخدمات الكيميائية ومساعدتهم وتقييمهم واعتمادهم بهدف تشجيعهم على الامتثال لمدونة قواعد الممارسات.

10.5 الاستدامة

يطوِّر مستخدمو الميثانول المشاركون في برنامجي الرعاية المسئولة (Responsible Care) والتوزيع المسئول (Responsible Distribution) استراتيجيات للاستدامة، ويطبقونها. أحد أكبر العوامل التي تحث على التغيير في عمليات سلسلة العرض والطلب هو الوقوع تحت ضغط الرغبة في تحمل المزيد من المسئولية وتحقيق المزيد من الاستدامة في توريد منتجاتهم ونقلها وتوزيعها، وما يتعلق بها من أمور لوجيستية، وممارسات تشغيلية.

10.5.1 تمهيد عن الاستدامة

وضع مؤتمر الأمم المتحدة للتنمية المستدامة الذي عقد عام 1987 في جوهانسبرج بجنوب إفريقيا، تعريفًا للتنمية المستدامة ينص على أنها "**تلبي الاحتياجات الحالية دون تهديد قدرة الأجيال المستقبلية على تلبية احتياجاتهم.**" ومن المبادئ الأساسية التي تضع الاستدامة في صورة مصطلحات عملية مألوفة هو مبدأ "النتائج الثلاث النهائية" وهي استدامة الاقتصاد والبيئة والمساواة (الاجتماعية) أو ما يعرف بمبدأ حروف E الثلاث والتي تمثل الأحرف الأولى من تلك النهايات باللغة الانجليزية. النقطة المحورية هي أن معظم قرارات الأعمال والحكومات تحتاج للتكامل مع هذه الأبعاد الثلاث لتقييم تأثيرها الكامل على الكوكب وللوصول إلى أفضل نهج مرغوب فيه. وعادة ما يستخدم مصطلح "أخضر" كمرادف للاستدامة، رغم أن معناه يطبق على نطاق أوسع. ويمكن أن تكون هذه المبادئ أدوات مفيدة للغاية في التخطيط لإستراتيجية مستدامة وتحديد معايير قياس الأداء.

وقد قبلت معظم المؤسسات العالمية الرائدة نموذج العمل الذي يحقق الاستدامة. وتبحث الشركات التي لها شبكات عرض وطلب موسعة، مثل الصناعة الكيميائية، عن مقاييس ومؤشرات معيارية للأداء المستدام يمكن تطبيقها على مختلف مراحل سلسلة الإمداد.

كما تطبق العديد من المنظمات التي تنتهج برنامجي الرعاية المسئولة (Responsible Care) والتوزيع المسئول (Responsible Distribution) سبل إنتاج "محدودة الفقد" لتحسين عمليات التصنيع، وزيادة الكفاءة وتقليل النفقات عبر مختلف مراحل سلسلة القيمة. وتهدف سبل الصناعة محدودة الفقد لتجنب جميع نفايات نظم الإنتاج.

ويمكن لشركات سلسلة قيمة الميثانول أن تستفيد من خطط تطبيق الإنتاج محدود الفقد لدعم جهودها في مجال الاستدامة. وتستغل حركة "الحد من الفقد لتحقيق الخضرنة" من التشابه بين الإدارة الاستدامة والإدارة محدودة الفقد. وتتوافق أهداف محدودية الفقد المتمثلة في تحسين الجودة، والقضاء على النفايات، وتقليل وقت تنفيذ المهمة، وخفض النفقات الإجمالية مع أهداف الاستدامة المتمثلة في القضاء على النفايات والتلوث، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة، وزيادة استخدام الموارد المتجددة وخفض نفقات ممارسات توفير المواد التقليدية وإنتاجها وتوزيعها التي يتحملها الكوكب. وإضافة إلى ذلك، يركِّز كل من نظام الحد من الفقد والاستدامة على أهمية تعليم أصحاب المصالح والعمل الجماعي للموظفين وتطبيق الأدوات التحليلية والمقاييس لتحفيز الأداء. وتعد كلا من الاستدامة والإدارة محدودة الفقد أنشطة تتمحور حول العمليات. والمبدأ الرئيسي في الإنتاج محدود الفقد هو التحسن المستمر. ولا غرو أن أفضل أنظمة الرعاية المسئولة، والتوزيع المسئول والاستدامة أيضًا تعكس هذا المبدأ.

10.5.2 الطاقة البديلة

يثير الاعتراف العالمي بالتأثيرات البيئية والاجتماعية للطاقة المستمدة من الوقود الأحفوري المخاوف أيضًا من قدرة مصادر الطاقة الجديدة والبديلة على الوفاء بمعايير الاستدامة المعترف بها. وسوف يعتمد قبول الوقود الحيوي وما يعقبه من نجاح مستقبلي بدرجة كبيرة على تأثيرها الاجتماعي والاقتصادي والبيئي إجمالاً، وهي أعمدة الاستدامة الثلاث. وفي هذا الصدد، لا تتساوى جميع مصادر الوقود المتجددة. فإنتاج الوقود الحيوي من المحاصيل الغذائية، أو كجزء من عملية إزالة الغابات بغرض زرع محاصيل الوقود الحيوي، سوف يؤثر على البصمة الكربونية النسبية لكل نوعٍ، وينتظر أن يلاقي مقاومة مجتمعية متنامية.

ويمكن أن يساعد استخدام الميثانول كمصدر بديل للوقود في مخلوط الجازولين وإنتاج الديزل الحيوي وكمكون أساسي في خلايا وقود الهيدروجين من الاستهلاك المباشر للوقود الأحفوري. ولكن، 98% من الميثانول التجاري الموجود اليوم ينتج في محطات إنتاج

كيميائية كبيرة باستخدام الغاز الطبيعي غير المتجدد. ويعد إنتاج الميثانول من موارد متجددة باستخدام مواد النفايات كمواد خام بديلاً واعدًا.

ويجري حاليًا تطوير العديد من تقنيات تصنيع الميثانول الحيوي بدءًا من مشروعات إيضاحية وحتى منشآت إنتاج محدودة في أوروبا. وأحد هذه التقنيات التي طورتها شركة سويدية تعرف باسم Chemrec AB، تستخدم الخمور السوداء التي تنتج كأحد النفايات في مصانع الورق لإنتاج الميثانول الحيوي عن طريق عملية تحول غازية.

وتستخدم شركة BioMCN، وهي إحدى أكبر مصنِّعي الديزل الحيوي في العالم ومقرها هولندا، جليسرين منتج بطريقة متجددة لتصنيع الميثانول الحيوي. حيث تتم تنقية الجليسرين الخام، والذي ينتج كأحد المنتجات الثانوية من صناعة الديزل الحيوي، ثم يبخر ويفكك للحصول على الغاز المتزايد (الغاز المخلّق) والذي يستخدم لتخليق الميثانول الحيوي. وينقى الميثانول الحيوي بالتقطير ويستخدم مع الزيوت النباتية والدهون في عملية قياسية لإنتاج الديزل الحيوي، مما ينتج الجليسرين كمنتج ثانوي مرة ثانية، وبه تنغلق دورة الإنتاج والتي توصف بمصطلح "من المهد إلى المهد". كما يمكن استخلاص الغاز المتزايد من صور أخرى من الكتلة الحيوية مثل الخشب أو الصبار والمستخلصة من مواد النفايات العضوية ومن محاصيل غير تلك المستخدمة للاستهلاك الغذائي. وتدير شركة BioMCN محطة لإنتاج الميثانول الحيوي تنتج 200,000 طن متري سنويًا.

تُصَنِّع شركة إعادة تدوير الكربون الدولية (CRI) "ميثانول متجدد" عن طريق استخدام الطاقة الحرارية الأرضية الكامنة أولاً لإنتاج الهيدروجين من الماء، ثم دمجه مع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من توليد الكهرباء الأرضية الحرارية لإنتاج الميثانول. وتدير شركة CRI محطة توضيحية للإنتاج في أيسلندة منذ عام 2007، وتنشئ محطة إنتاج بقدرة 1.3 مليون جالون سنويًا في مدينة سفارتسينجي في أيسلندة.

وفي مرحلة البحث والتطوير، يعمل الباحثون في جامعة كاليفورنيا الجنوبية على تطوير تقنية تنزع ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي لإنتاج الميثانول.

التقييم الدقيق للبصمة الكربونية لمختلف بدائل الوقود الحيوي يعد أمرًا خارجًا عن حدود هذا الدليل. إلا أن مصدر الوقود الحيوي الرئيسي، وهو الإيثانول، يواجه عددًا من التحديات كبديل مستدام. وتتضمن تلك التحديات توازن الطاقة السالب حيث تزيد المدخلات عن المخرجات، والتأثيرات البيئية على المياه والتربة نظرًا لإنتاجه من محاصيل الذرة وقصب السكر، والتأثيرات الاجتماعية نظرًا للتنافس مع المحاصيل الغذائية والأراضي الزراعية. وعلى النقيض من ذلك، يفضل الميثانول المستخلص من المصادر المتجددة على الإيثانول. ويمكن إنتاجه من مصادر متعددة لا تتضمن المحاصيل المستخدمة كغذاء للإنسان، والكتلة الحيوية ذات القيمة التجارية العالية. ويسمح الميثانول باستخدام أو بإعادة استخدام المنتجات في حلقات "من المهد إلى المهد"، ويمكنه أن يستخدم ثاني أكسيد الكربون كأحد المدخلات. [(المراجع 5-9.5.2 إلى 1-9.5.2) Pimentel, Chemrec, BioMCN, CRI]

الفصل

11

11 التواصل في حالة المخاطر

11.1 ما المقصود بالتواصل بشأن المخاطر؟

عندما نفكر في التواصل بشأن المخاطر للوهلة الأولى، نجد أنه وسيلة لتوصيل المعلومات في الاستجابة لحالات الطوارئ أو في مواقف الأزمات، كما يتضح من التعريف التالي [15]:

التواصل بشأن المخاطر هو منهج علمي للتواصل بشكل فعال في المواقف التي يمكن وصفها بأنها:

- تسبب قلقًا كبيرًا أو توقع ضغطًا شديدًا
- أو تعمل على الشحن عاطفيًا
- أو خلافية

وهذا التعريف صحيح بما لا يدع مجالاً للشك، فهناك مواقف تشهدها صناعة الميثانول العالمية ينطبق عليها هذا التعريف، ومن أمثلتها انسكاب كميات ضخمة من الميثانول أو الحرائق أو حالات التعطل في التوريد. كما أن الحيطة تقتضي الافتراض بأننا عندما نناقش مخاطر الميثانول، فإننا نتحدث عن موضوع شديد الأهمية بالنسبة لكثير من الأشخاص.

علاوة على ذلك، فإن للتواصل بشأن المخاطر تطبيقات في المنزل والعمل والمجتمع، وذلك وفقًا لما يتضح من التعريف التالي:

التواصل بشأن المخاطر هو فن وضع العلم في متناول أيدي الأشخاص بطريقة يمكنهم استخدامه (*USEPA [64]*).

ويركز هذا الفصل على استخدام التواصل بشأن المخاطر (الأخطار) في المواقف التي لا يكون فيها أزمات. هذا، ونجد أن أساسيات التواصل بشأن المخاطر والأخطار واحدة، بغض النظر عن الموقف وسواء كان التواصل روتينيًا أو في موقف شديد الوطأة. ويقدم هذا الفصل الأدوات والمبادئ المتعلقة بالتوصيل الفعال للمعلومات بشأن المخاطر والأخطار، فضلاً عن الصناعة في المواقف التي لا يكون فيها أزمات.

وفي هذا السياق، من الأهمية وضع تعريفين أساسيين آخرين في الاعتبار - وهما الأخطار (Hazard) والمخاطر (Risk). فإذا ما أخذنا الاستخدام العالمي للميثانول في الاعتبار، فقد يُنظر إلى الأخطار والمخاطر كما يلي:

- **"الأخطار"** المقترنة بالميثانول هي قدرته المتأصلة على إحداث آثار جانبية ضارة.
- **"المخاطر"** هي احتمالية حدوث هذه الآثار في التطبيقات المتنوعة التي سيتم فيها استخدام الميثانول وتصريفه (أو سيناريوهات التعرض بالنسبة لاستخدام الميثانول).

يركز هذا الدليل بأكمله على أخطار الميثانول والسبل المستخدمة للحد من هذه الأخطار، ومن ثم مخاطر تعرض العاملين والمجتمع والبيئة للميثانول.

في حين يؤكد هذا الفصل على أهمية تطبيق التواصل بشأن المخاطر (الأخطار) فيما يتصل بتوزيع الميثانول واستخدامه في سياق التعريف الثاني الذي سبق ذكره: وضع العلم في متناول أيدي الأشخاص بطريقة يمكنهم استخدامه.

قد تبرز الحاجة إلى إلقاء نظرة متفحصة على التواصل بشأن المخاطر في مواقف الأزمات. ولهذا الغرض يتوفر لدى معهد الميثانول **Methanol Institute** دليل التواصل أثناء الأزمات والذي يضم مراجعة تفصيلية تتناول بمزيد من الاستفاضة مبادئ التواصل بشأن المخاطر لاستخدامها أثناء مواقف الأزمات؛ بما في ذلك التعامل مع وسائل الإعلام.

11.2 لماذا يعد التواصل بشأن المخاطر مهمًا؟

يمكن للتواصل الفعال والمدروس بشأن المخاطر والأخطار أن يبني جدارًا من الثقة بين جموع العاملين وفي المجتمع ككل. ويمثل هذا الأمر أهمية كبيرة للحيلولة دون استجابة العامة بشكل غير دقيق أو ربما بشكل مؤذٍ في حال وقوع أزمة.

تذكر أيضًا مفاهيم Responsible Care Ethic و Responsible Distribution الواردة في فصل الإشراف على المنتجات. فمن بين المبادئ الأساسية لكل من هذه المفاهيم مشاركة المعلومات مع الأطراف المتأثرة بالأزمة؛ سواء كانوا من العاملين أو المجتمعات القريبة أو الجماعات ذات الاهتمامات السياسية أو الموزعين من الباطن أو الموردين. لذا تسير عمليتا تخطيط رسالتك بحيث تتسق مع مبادئ Responsible Care و/أو Responsible Distribution، وتحقيق المبادئ الأساسية لمفهوم التواصل بشأن المخاطر يدًا بيد.

على الرغم من أن مواقف الأزمات ليست هي بؤرة الاهتمام في هذا الفصل، إلا أن مخاطر وأخطار الميثانول أمر واقعي. وبالتالي فعند تناول القضايا المتعلقة بصحة الأشخاص وسلامتهم، فمن المهم إدراك أن هذه الأمور بالغة الأهمية بالنسبة للأشخاص.

11.3 أساسيات التواصل بشأن المخاطر

ينص التعريف الأول سابق الذكر للتواصل بشأن المخاطر على أنه منهج "علمي" للتواصل. وهو كذلك بالفعل. حيث يتطلب التواصل الفعال بشأن المخاطر تخطيطًا وإعدادًا. فهناك أربع خطوات أساسية للتواصل الفعال بشأن المخاطر؛ وهي:

1. تحديد الهدف من التواصل.

تتعدد الأهداف المرجوة من التواصل بشأن عمل تجاري معين أو موقع عمل محدد أو تقنية جديدة معنية بالميثانول أو في المواقف الأخرى، ومن بين هذه الأهداف على سبيل المثال مشاركة إجراء جديد مع أحد الموردين أو تدريب عاملين جدد على عملية التصنيع أو إبلاغ مجتمع مجاور عن وجود إجراء جديد للإنذار في أحد المصانع أو غير هذا من الأمور. وهل الهدف هو تعريف من يستمع إليك و/أو إقناعهم بالتصرف؟ هل الهدف هو إعلام جمهورك و/أو إقناعهم بالتصرف؟ لهذا اكتب الغرض من التواصل وأية نتائج مرجوة منه قبل وضع الرسالة.

2. معرفة الجمهور المستهدف.

على سبيل المثال، إذا كان من المخطط مشاركة المعلومات مع مجتمع مجاور أو مع طاقم العمل داخل أحد المصانع، فاطلب مداخلة ممثل (ممثلين) عن هذا المجتمع أو طاقم العمل، بدلاً من أن تفترض أنت المخاوف التي قد تساورهم. وتنطبق هذه الخطوة على كافة أشكال التواصل سواء كانت روتينية (كنشرات المعلومات أو فصول التدريب وما إلى ذلك) أو أثناء المواقف شديدة الوطأة. ولن تقتصر فائدة الحصول على مداخلات الجمهور، لاسيما فيما يخص المخاوف المتعلقة بالصحة والسلامة، على تبصرة الكيان القائم على إعداد الرسالة فحسب، بل يمكن أن تساعد أيضًا على بناء الثقة مع الجمهور؛ وهو أمر حيوي في مجال التواصل بشأن المخاطر.

3. تطوير مقومات التواصل - الرسالة والوسيطة.

احرص دائمًا على استغراق الوقت الكافي لإعداد رسالة واضحة وموجزة باستخدام الوسيلة الأكثر ملائمة لنقلها للجمهور المستهدف لتلقي هذه الرسالة. يبدو أن هذا الأمر بسيط، فلا يمكن المبالغة في التأكيد على أهمية التخطيط للرسالة وفهم الجمهور المستهدف لها. وكلما أمكن، احصل على مداخلات ممثلين للمستمعين الأساسيين لتتفهم مخاوفهم بصورة أفضل. علاوة على هذا، اختر وسيطة التواصل التي تصل إلى غالبية الأشخاص، وتوخ الحذر كي لا تغفل بعض المجموعات المستهدفة سهوًا. فمثلا لا يعد توصيل المعلومات المهمة (مثل الأمور الواجب فعلها في حال عمل الإنذار الداعي للتجمع والاحتماء بمخبأ داخلي) لمجتمع محروم ومتضرر اقتصاديًا عن طريق نشرة عبر الإنترنت وسيلة فعالة لتوصيل رسالة هامة كهذه. وكذا، تأكد من مراعاة الحواجز اللغوية والتخطيط لتجاوزها بهدف الوصول لغالبية الأشخاص.

4. التأكد من توفير معلومات دقيقة وفي توقيت مناسب.

تبرز أهمية هذه الخطوة على وجه الخصوص عند التواصل في مواقف الأزمات؛ غير أنها تنطبق أيضًا على كافة أشكال التواصل بشأن المخاطر والأخطار. كما يلعب التأكد من كفاءة الشخص القائم على توصيل الرسالة دورًا هامًا لبناء المصداقية لدى الجمهور المستهدف والحفاظ عليها.

11.4 توصيل المعلومات الفنية والعلمية المعقدة

ستكون المعلومات العلمية أكثر نفعًا للجمهور المستهدف؛ كما سيحقق التواصل نجاحًا أكبر في حال كانت المعلومات المقدمة مناسبة وسهلة الفهم. لذا احرص على إعداد رسائل موجهة بشكل جيد لمساعدة الجمهور على فهم المشكلات. وتأكد أيضًا من استخدام لغة واضحة غير فنية لمناقشة المخاطر وغيرها من المعلومات النوعية التي تشير إلى طبيعة المخاطر أو شكلها أو حدتها أو حجمها.

وإليك فيما يلي بعض طرق توصيل المعلومات العلمية أو الفنية المعقدة بوضوح:

- داوم على استخدام الأسماء والمصطلحات بشكل متسق (فمثلا قد يسفر التبديل من وحدة جزء في المليون إلى جزء في المليار عن إطلاق الإنذار دون ضرورة، وذلك لأنه ربما يتم الانتباه إلى الأرقام الكبيرة دون النظر إلى وحدة القياس).
- تجنب استخدام الألفاظ الأوائلية واللغة الاصطلاحية واحرص على تقديم التعريفات الدقيقة مقدمًا. ولا تفترض أبدًا أن الجمهور "على دراية بما تتحدث عنه".
- استخدم إطارات مرجعية مألوفة لتوضيح الكمية أو مدى الكبر أو الصغر وحاول كذلك تكوين صورة عقلية لهذه المقاييس مثل "جزء في المليار" أو "طن يوميًا".

كما أن استخدام القياس التمثيلي الرقمي؛ مثل قول "تنتج الولايات المتحدة كمية من القمامة يوميًا تملأ 100 ملعب كرة قدم أمريكية بعمق 14 قدمًا (4.25 م)"، أوضح في المعنى بالنسبة للمستمع العادي من مجرد القول بأنها تنتج 250,000 طن أو طن متري من القمامة يوميًا. ولكن لا ينبغي استخدام أمثلة مبتذلة أو تحقيرية أو درامية بشكل مفرط. لذا، استغرق الوقت الكافي لوضع أمثلة وحسابات ذات معنى.

- احرص على الإقرار بعدم التيقن. فالإقرار والاعتراف بعدم التيقن ما هو إلا السمة الحقيقية لمعظم مواقف التواصل بشأن المخاطر؛ لكنها تبرز بشكل خاص في مواقف الأزمات. لذا فمقولة "لا أعرف" إجابة مقبولة ومن الممكن أن تبني المصداقية.

أما إذا كانت مطالب الجمهور هي التيقن التام بنسبة 100٪، فإنهم في الغالب يشككون في القيم والعملية الأساسية، وليس في العلم. لذلك، حاول تحديد المخاوف الحقيقية وراء المطالبة باليقين التام ومعالجتها. فعلى سبيل المثال؛ عبارة "إذا لم تكن متيقنًا، فكيف لنا أن نعرف أننا محميون؟" ليست سؤالاً عن البيانات، بل عن السلامة الشخصية والعائلية. وهذه هي المسألة التي ينبغي معالجتها.

11.5 استيعاب تصور المخاطر لدى العامة

يمثل مصطلح "المخاطر" عائقًا رئيسيًا في حد ذاته - من حيث كيفية قياسه ووصفه وأخيرًا فهمه وتصوره. كما تتباين الأطراف المعنية في فهمها وتصورها للمخاطر، هذا فضلاً عن عدم اعتقاد الأشخاص بأن جميع المخاطر من نفس النوع والحجم والأهمية.

وتتأثر التصورات المتعلقة بجسامة المخاطر بعوامل أخرى غير البيانات الرقمية (انظر الجدول أدناه المقدم من وزارة الصحة والخدمات الإنسانية بالولايات المتحدة [61] (USDHHS)). وسوف يساعد فهم هذه العوامل على تحديد درجة المخاطر التي قد تُفهم من الرسالة، وكذلك قد يساعد في صياغة إستراتيجية مناسبة لعمليات التواصل.

المخاطر التي من المتصور أنها...	مقبولة أكثر من...
اختيارية	المخاطر التي من المتصور أنها مفروضة
تحت سيطرة الفرد	المخاطر التي من المتصور أنها تخضع لسيطرة آخرين
ذات فوائد واضحة	المخاطر التي من المتصور أنها قليلة أو عديمة الفائدة
موزعة بشكل عادل	المخاطر التي من المتصور أنها موزعة على نحو ظالم
طبيعية	المخاطر التي من المتصور أنها من صنع الإنسان
ناشئة عن مصدر موثوق	المخاطر التي من المتصور أنها ناشئة من مصدر أقل مصداقية
مألوفة	المخاطر التي من المتصور أنها غريبة
تؤثر على البالغين	المخاطر التي من المتصور أنها تؤثر على الأطفال

11.6 اكتساب الثقة وبناء المصداقية

تتحدد القدرة على إقامة نوع من التواصل البنّاء؛ في معظمها، بقدر ما يعتقد الجمهور في جدارة الشخص القائم على نقل الرسالة ومصداقيته. ولنضع في الاعتبار كيفية قيام الأشخاص بتكوين الأحكام والتصورات.

وفيما يلي وصف العناصر الأساسية للثقة والمصداقية بجانب أهميتهما النسبية:

(إهداء من Center for Risk Communication (مركز التواصل بشأن المخاطر بتصريح))

لا تستهن بالمطلب المطلق بأن الناس في حاجة لمعرفة أنك تهتم بهم، قبل اهتمامهم بما لديك من علم!

11.7 البحث عن فرص لنشر رسالتك

لا تنتظر لحين وقوع الأزمة كي تبدأ عملية التواصل بشأن المخاطر. ففي واقع الأمر كلما كان مجال الصناعة أو الشركة أو الهيئة الحكومية أو غيرها أكثر إلمامًا ودراسة للمسائل التي تتعامل معها ومدى فهم العامة للمخاطر، استعد هذا الكيان على نحو أفضل لمواجهة أية مواقف أزمات. وتتضمن بعض فرص نشر الرسائل؛ على سبيل المثال لا الحصر، الإجراءات التالية:

- إرسال خطابات لمحرري الصحف المحلية.
- الاتصال بالصحيفة المحلية لمعرفة كيفية تقديم مقال للرأي.
- الاتصال للمشاركة في البرامج الحوارية في الإذاعة المحلية عند مناقشة موضوعات ذات صلة.
- الاتصال بمنتجي البرامج الحوارية في الإذاعة المحلية طلبًا لدعوة للظهور في برامجهم.
- الاتصال بالجماعات المدنية المحلية طلبًا لفرص للحديث.
- إذا قمت بإلقاء كلمة، فاتصل بمنافذ الأخبار المحلية واطلب منهم تغطية الحديث.
- الاتصال بمنتجي الأخبار في قنوات التليفزيون المحلية لمعرفة سبل قيامهم بتغطية قضاياك.

الفصل

12

12 مسرد

12.1 المصطلحات والاختصارات والألفاظ الأوائلية

-A-

ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists
(المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة الصناعية الحكوميين): يقوم ACGIH بنشر الحدود القصوى المُوصى بها (قيمة الحد الأقصى للعتبة المعيارية للتعرض (TLV - لتعرض العامل إلى المواد الكيميائية في موقع العمل.

AFFF: الرغاوي المكونة لطبقة مائية.

AFNOR Association Française de Normalisation: الهيئة الفرنسية لتوحيد المعايير.

API American Petroleum Institute: (النفط الأمريكي معهد).

AR-AFFF: الرغاوي المكونة لطبقة مائية والمقاومة للكحوليات.

ASME American Society of Mechanical Engineers: (الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين).

-B-

BEI: مؤشرات التعرض الحيوي.

BLEVE لفظة أوائلية لـ Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (انفجار ناتج عن غليان السوائل وتمدد البخار):

وضع خطير ينشأ عن تعرض خزان يحتوي على غازات وسوائل سريعة الاشتعال بدرجة عالية (مثل الميثانول (وواقع تحت ضغط إلى لهب مباشر. وتُسفر ملامسة النار للسطح الخارجي للخزان عن فقد لقوة الفلز يتزامن مع زيادة سريعة في الضغط الداخلي في حيز البخار الموجود أعلى السائل. وفي حال كانت آلية التنفيس (صمام تصريف الضغط) المدمجة في الخزان تصلح لتمدد البخار الطبيعي فقط ولم تكن مصممة للتعامل مع" حالات الحريق"، فسوف يؤدي العجز عن تصريف دخان اللهب إلى تراكم الضغط بصورة سريعة داخل الخزان .وينتج عن ضعف الهيكل السطحي مع ارتفاع الضغط الداخلي حدوث خلل فوري للخزان وتحرير البخار واشتعاله على نحو كارثي. لذا يُنصح عادة باستخدام أجهزة الإطفاء الآلية للحرائق بالمياه عند وجود احتمال وقوع انفجارات نتيجة غليان السوائل وتمدد البخار. ويمكن أن يحدث الانفجار في فترة تتراوح من 10 إلى 30 دقيقة من بداية ملامسة اللهب ما لم يتم تبريد الخزان. ويلزم على الأقل استخدام مياه إطفاء الحريق بمعدل 500 جالون أمريكي (ما يساوي 1,900 لتر تقريبًا) في الدقيقة لتبريد الخزان. ويمكن للانفجارات الناتجة عن غليان السوائل وتمدد الأبخرة أن تسبب انطلاق الخزانات بصورة" صاروخية "بعيدًا عن موقع الانفجار نتيجة لقوة الانفجار.

BTU: اختصار شائع الاستخدام للوحدة الحرارية البريطانية،
التي تعد مقياسًا للحرارة. وتعادل الوحدة الحرارية البريطانية الواحدة الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل من الماء درجة واحدة فهرنهايت وبالتحديد عند درجة حرارة الكثافة القصوى للماء (39 درجة فهرنهايت أو 4 درجة مئوية). كما تحتوي الوحدة الحرارية البريطانية الواحدة على 252 سعرًا أو 1,055 جول.

-C-

C أو Ceiling **(الحد الأقصى)**:
قيمة التركيز لمادة محمولة بالهواء والتي لا يجب تجاوزها أثناء أي مرحلة من مراحل التعرض أثناء العمل.

CABA: جهاز التنفس الاصطناعي بالهواء المضغوط.

CANUTEC: مركز طوارئ النقل الكندي
مركز وطني يقع في أوتاوا وتتولى وزارة النقل تشغيله. ويقوم CANUTEC عند الطلب بنشر معلومات تتعلق بحالات الطوارئ فيما يخص مواد كيميائية معينة. ويعمل رقم الهاتف الخاص بـ CANUTEC على مدار 24 ساعة طوال أيام الأسبوع وهو (6666-996-613).

CCL-3: القائمة الثالثة للملوثات
والصادرة عن EPA (وكالة حماية البيئة) الأمريكية في شهر فبراير 2008. انظر قائمة الملوثات المطروحة.

CERCLA: القانون الأمريكي الشامل للمسؤولية والاستجابة في حالات الطوارئ.
CFR: لفظة أوائلية لـ United States Code of Federal Regulations
(مدونة اللوائح الفيدرالية المعمول بها في الولايات المتحدة).
CNG: الغاز الطبيعي المضغوط.
CRI: الدولية شركة إعادة تدوير الكربون.

-D-

DIN المعهد الألماني للتوحيد القياسي **(**Deutsches Institut für Normung E.V**)**
DMDC ثنائي ميثيل ثنائي كربونات.
DME. ثنائي ميثيل الإيثير
DMFC خلية وقود الميثانول المباشرة.
DMT ثنائي ميثيل التيرفثالات.
DOT (USDOT): لفظة أوائلية لـ United States Department of Transportation (وزارة النقل الأمريكية)
وهي وكالة فيدرالية تنظم نقل الكيمياويات والمواد الخطرة.

-E-

EH&S الصحة والسلامة البيئية.
EPA (USEPA) وكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة،
وهي وكالة فيدرالية تضع اللوائح الخاصة بالمخاطر البيئية.
EPCRA قانون التخطيط للطوارئ وحق المجتمع في المعرفة.
ER الاستجابة لحالات الطوارئ.
ERC منسق الاستجابة لحالات الطوارئ.
ERP خطة الاستجابة لحالات الطوارئ.
EU الاتحاد الأوروبي.
EZ منطقة حظر، وتعرف أيضًا باسم المنطقة الساخنة.

-F-

FFFP رغوة الفلوروبروتين المكوّنة لطبقة رقيقة.

-G-

GWBB-8 h Grenswaarde beroepsmatige blootstelling (1998 (بلجيكا .
مقياس لمدى تركيز التعرض عند التعرض في مكان العمل لمدة ثمان ساعات.
GWK-15 min Grenswaarde kortstondige blootstelling (1998 (بلجيكا .
مقياس لتركيز التعرض في موقع العمل لفترة زمنية قدرها 15 دقيقة.

-H-

HAZOP (HAZOPSتحليل ، **HAZOP**) لفظة أوائلية لـ HAZard and OPerabilithy Study
(دراسة المخاطر وقابلية التشغيل). هي إجراء معني بالسلامة يتم بموجبه تقييم العديد من الإجراءات الوقائية الهندسية والإدارية لتحديد سيناريوهات لإتباعها في حالات وقوع تفريغ غير مقصود للمواد الخطرة.
HAZWOPER لفظة أوائلية لـ Hazardous Waste Operations and Emergency Response.
(عمليات النفايات الخطيرة والاستجابة للطوارئ) وهي تشير إلى خمس أنواع من عمليات المواد الخطيرة التي تجرى في الولايات المتحدة طبقًا للنظام القياسي لإدارة السلامة والصحة المهنيتين (OSHA) رقم 1910.120 بعنوان" عمليات النفايات الخطيرة والاستجابة للطوارئ "ويحتوي النظام القياسي على متطلبات الأمان التي يتحتم على أصحاب الأعمال الوفاء بها للقيام بتلك العمليات.

-I-

IARC: الوكالة الدولية لبحوث السرطان.
وهي مجموعة علمية تعمل على تصنيف المواد الكيميائية طبقًا لاحتمال تسببها في إصابة الأشخاص بالسرطان.
IC القيادة في حالات الحوادث.
ICC: مجلس التشريع الدولي.
IDLH: حد تعريض الحياة والصحة للخطر الفوري.
ويتعلق بقياس مستوى السمية، وهو أقصى تركيز يمكن للمرء أن ينجو منه في غضون 30 دقيقة دون الشعور بأعراض ضعف تمنعه من طلب المساعدة أو آثار ضارة على الصحة لا يمكن علاجها. ويتم نشر مستويات حد تعريض الحياة والصحة لخطورة فورية ذات الصلة بكثير من المواد في) Pocket Guide to Chemical Hazards دليل مخاطر المواد الكيميائية)، الصادر عن) NIOSH المعهد الوطني الأمريكي للسلامة والصحة المهنية) OSHA/(إدارة السلامة والصحة المهنية(، United States

)/United States وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية Department of Health and Human Services (
) وزارة العمل الأمريكية Department of Labor (.

IEC: اللجنة الدولية الكهربائية التقنية.
IEEE: معهد مهندسي الكهرباء والالكترونيات.
IPCC: الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ،
وهى هيئة علمية حكومية دولية أنشأتها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة .(UNEP) وهي تُقيم المعلومات العلمية والفنية والاجتماعية والاقتصادية اللازمة لفهم مخاطر تغير المناخ الذي يتسبب فيه الإنسان.
IRIS: النظام المتكامل للمعلومات الخاصة بالمخاطر.
ISA: الجمعية الدولية للأتمتة
(كانت تعرف مسبقًا بالجمعية الأمريكية للأجهزة).
ISO: المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس.

-J-

-K-

-L-

LEL، حد الانفجار الأدنى
يُعرف أيضًا بالحد الأدنى لسرعة الاشتعال: ويُعرف أيضًا بالحد الأدنى لسرعة الاشتعال. وهو التركيز الحجمي للمادة سريعة الاشتعال في الهواء عند 1 وحدة ضغط جوي والذي عند انخفاضه عن ذلك يصبح مزيج الوقود والهواء فقيرًا للغاية في الوقود أو مشتتًا بحيث لا يشتعل في وجود مصدر اشتعال يُنتج قدرًا معياريًا وعاليًا نسبيًا من الطاقة مثل الشرارة.
LPG غاز البترول المسال (Liquefied Petroleum Gas).

-M-

M85: مزيج من الوقود مُكوَّن من 85٪ من الميثانول و15٪ من الجازولين.
MAC: Maximale aanvaarde concentratie (هولندا 2002)
حدود التركيز القصوى للتعرض المهني.
MAC-TGG 8 h Maximale aanvaarde concentratie تبلغ حدود التركيز القصوى للتعرض المهني لمدة تعرض . ثماني ساعات.
MAK Maximal Arbeitsplatzkonzentrationen.(ألمانيا 2001)
التركيزات القصوى للمواد الكيميائية في موقع العمل: حدود التركيز للتعرض المهني.
MI Methanol Institute.(معهد الميثانول)
MSDS ورقة بيانات سلامة المواد.
MSHA: Mine Safety and Health Agency (انظر وكالة السلامة والصحة في *OSHA*، المناجم).
MTBE ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير.

-N-

NACE الجمعية الوطنية لمهندسي التآكل.
NAERG North American Emergency Response Guidebook (دليل أمريكا الشمالية للاستجابة لحالات الطوارئ)،
وهو منشور ورقي اشترك في وضعه كل من Transport Canada (وزارة النقل الكندية) و United States Transportation Department of (وزارة النقل الأمريكية) و Secretariat of Communications and Transportation of Mexico (وزارة الاتصالات والنقل المكسيكية). يمكن تحميل نسخة إليكترونية مجانية من موقع وزارة النقل الكندية على الرابط http://www.tc.gc.ca/eng/canutec/guide-ergo-221.htm. ودليل الاستجابة لحالات الطوارئ هو دليل يستفيد منه في المقام الأول المستجيبون الأوائل بهدف مساعدتهم على سرعة تحديد الأخطار الخاصة أو العامة للمادة التي وقعت حادثة ما أثناء نقلها. وتعمل المعلومات الواردة فيه على مساعدة المستجيبين الأوائل في حماية أنفسهم وعامة الناس من التعرض الكيميائي أثناء المرحلة الأولية من الاستجابة للحادثة.

NEC لفظة أوائلية لـ *National Electrical Code* of the United States (NFPA 70)
(المدونة الوطنية للمعايير الكهربائية) الخاصة بالولايات المتحدة.
NFPA #30 رمز وضعته National Fire Protection Association
(الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق)، ويسمى السوائل سريعة الاشتعال والقابلة للاحتراق.
NFPA #30A رمز وضعته National Fire Protection Association
(الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق) ويسمى مرافق توزيع وقود المحركات وجراجات التصليح.
NFPA لفظة أوائلية لـ National Fire Protections Association

(الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق). وتقوم هذه المجموعة بتصنيف المواد وفقًا لمخاطر الحرائق والانفجارات التي تنطوي عليها.

NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health.(المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية)
وتقوم هذه الوكالة الحكومية الأمريكية باختبار المعدات وتقييم أجهزة التنفس (الأقنعة)، واعتمادها إلى جانب إجراء دراسات حول المخاطر التي تكتنف مواقع العمل. كما يتقدم NIOSH باقتراح المعايير الخاصة بالتعرض في مواقع العمل إلى OSHA (إدارة السلامة والصحة المهنية).

NPDWRs اللوائح الوطنية الأولية المعنية بمياه الشرب.
وتُسمى أيضًا بالمعايير الأولية. وهي معايير نافذة المفعول بموجب القانون وتسري على أنظمة المياه العامة في الولايات المتحدة. وتعمل المعايير الأولية على حماية الصحة العامة من خلال الحد من معدلات وجود الملوثات في مياه الشرب.

NSDWRs: اللوائح الوطنية الثانوية المعنية بمياه الشرب.

NTP: برنامج علم السموم الوطني.
وهو كيان يقوم باختبار المواد الكيميائية ودراسة أدلة ظهور السرطان في الولايات المتحدة.

-O-

OECD منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي.

OES (2001 المملكة المتحدة) معايير التعرض المهني.

OHSAS الخدمات الاستشارية للسلامة والصحة المهنية.

OSHA Occupational Safety and Health Administration (إدارة السلامة والصحة المهنيتين)،
وهي وكالة فيدرالية أمريكية تتبنى معايير الصحة والسلامة وتنفذها في أماكن العمل الصناعي باستثناء المناجم والطواحين (مثل مصانع تصنيع الكيماويات ومعامل تكرير النفط وحقول إنتاج النفط ومصانع الهواء السائل التجاري وغيرها). في حين تتولى MSHA (وكالة السلامة والصحة في المناجم) مسؤولية معايير الصحة والسلامة في المناجم والطواحين.

OVA محلل البخار العضوي.

-P-

PEL حد التعرض المسموح به فيما يخص المواد الكيميائية داخل موقع العمل.
وتقوم OSHA بتنفيذ هذه الحدود في الولايات المتحدة.

PHA تحليل مخاطر العمليات.

PLC جهاز تحكم منطقي قابل للبرمجة.

PPE: معدات الوقاية الشخصية.
هو طاقم يرتديه العامل لحمايته من المخاطر الفيزيائية والكيميائية. ويمكن أن تشتمل على معدات لحماية الرأس والعينين والأذنين، إلى جانب القفازات وأحذية السلامة ومعدات إضافية متخصصة للتعامل مع مخاطر معينة.

PSM إدارة سلامة العمليات.

PSP ممارسة الإشراف على المنتجات.

PSV صمام سلامة العمليات.

-R-

R&D البحث والتطوير.

RCRA (Resource Conservation and Recovery Act) قانون الحفاظ على الموارد وإنعاشها
وهو قانون فيدرالي أمريكي ينظم عمليات المخلفات الخطرة بدءًا من تكونها وحتى التخلص منها نهائيًا، ويُشار إليه أيضًا بقانون المخلفات" من المهد إلى اللحد."

-S-

SCBA جهاز التنفس الاصطناعي المستقل:
وهو خزان مزود بالهواء ويوجد به منظم يعمل حسب الضغط المطلوب وهو يُستخدم في البيئات عالية المخاطر كجزء من المستوى الأول والثاني من الحماية.

SCC تآكل الشقوق الإجهادي.

SDWRs: اللوائح الفرعية المعنية بمياه الشرب
وهي مبادئ إرشادية فيدرالية أمريكية لا يتم فرض إنفاذها وتتعلق بالتأثيرات الجمالية (مثل تغير لون الأسنان أو الجلد) أو التأثيرات الحسية (مثل الطعم أو الرائحة أو اللون) لمياه الشرب.

SIDS مجموعة البيانات الخاصة بمعلومات الفرز.

SNG الغاز الطبيعي المخلق.

STEL حد التعرض قصير الأجل:
يتعلق بالتعرض لاستنشاق الهباء الجوي (الأيروسول) السام.

-T-

نقل البضائع الخطرة:TDG
هي لوائح كندية تكافئ الجزء 49 من مدونة اللوائح الفيدرالية في الولايات المتحدة.

TLV: قيمة الحد الأقصى للعتبة المعيارية للتعرض.
هي التركيزات المحمولة بالهواء من المواد الكيميائية والتي تمثل ظروفًا يُعتقد بأن جميع العمال تقريبًا يتعرضون لها مرارًا وتكرارًا ويومًا بعد يوم طوال فترة عملهم دون الإصابة بتأثيرات ضارة بالصحة. وفي الولايات المتحدة، يقوم ACGIH بوضع قيم هذا الحد. وعادة ما يتم التعبير عن هذه القيم بالجزء في المليون أو بالمليجرام لكل متر مكعب (ملجم/م^3). وجدير بالذكر أن هذه القيم تُنشر سنويًا في *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents* قيم الحد الأقصى للعتبة المعيارية للتعرض للمواد الكيميائية والعوامل الفيزيائية.(

TLV-STEL: الحد الأقصى للعتبة المعيارية
حد التعرض قصير الأجل. المتوسط الزمني المرجح للتعرض لمدة 15 دقيقة والذي لا ينبغي تجاوزه في أي وقت من يوم العمل حتى إذا كان المتوسط الزمني المرجح TWA للثماني ساعات يقع في نطاق قيمة الحد الأقصى للعتبة المعيارية للتعرض في المتوسط الزمني المرجح .TLV-TWA وهو التركيز الذي يُعتقد في إمكانية تعرض العمال له بشكل متواصل في فترة زمنية قصيرة دون أن يعانوا من (1) تهيج، أو (2) تلف مزمن أو يتعذر علاجه للأنسجة، أو (3 (تأثيرات سميّة معتمدة على معدل الجرعة، أو (4) تخدّر بدرجة تزيد من احتمال التعرض لإصابة عن طريق الخطأ أو تُضعف القدرة على إنقاذ النفس أو تقلل من مستوى الكفاءة في العمل بشكل فعلي.

TLV-TWA: قيمة الحد الأقصى للعتبة المعيارية للتعرض في المتوسط الزمني المرجح:
هو تركيز المتوسط الزمني المرجح ليوم العمل التقليدي المكون من ثماني ساعات ولأسبوع العمل التقليدي المكون من 40 ساعة والذي يُعتقد بأن جميع العمال تقريبًا يتعرضون له مرارًا وتكرارًا ويومًا بعد يوم طوال فترة عملهم دون الإصابة بتأثيرات ضارة على الصحة.

TPA .حمض التيرفيثاليك

جرد انبعاث المواد السامة: TRI
وهي قاعدة بيانات تابعة لـ EPA متوفرة للعامة تحتوي على معلومات حول انبعاثات المواد الكيميائية السامة وأنشطة إدارة المخلفات التي تقدمها بعض الصناعات سنويًا، بالإضافة إلى المنشآت الفيدرالية في الولايات المتحدة.

TWA .المتوسط الزمني المرجح

-U-

حد الانفجار الأعلى UEL
(انظر أيضًا حد الاشتعال الأعلى ومدى الاشتعالية و*LEL*): هو التركيز الجزيئي أو الحجمي الأقصى للبخار في الهواء والذي لا يحدث الاشتعال إذا تم تجاوزه. ويُقال إن تركيزات الوقود التي تزيد عن حد الانفجار الأعلى غنية أكثر من اللازم لدرجة تمنع الاحتراق.

UFC (القانون الموحد لقواعد السلامة من الحرائق) Uniform Fire Code لفظة أوائلية لـ
المعمول بها في الولايات المتحدة.(NFPA 1)

حد الاشتعال الأعلى UFL
(انظر أيضًا حد الانفجار الأعلى): هو التركيز الجزيئي أو الحجمي الأقصى للبخار في الهواء والذي لا يحدث الاشتعال إذا تم تجاوزه. ويُقال إن تركيزات الوقود التي تزيد عن حد الانفجار الأعلى غنية أكثر من اللازم لدرجة تمنع الاحتراق.

UNEP .برنامج الأمم المتحدة للبيئة

USDHHS .وزارة الصحة والخدمات الإنسانية بالولايات المتحدة

-V-

VLE-15 min Valeurs limites d'Exposition a court terme.(1999 (فرنسا .
قيمة حد التعرض قصير الأجل لمدة 15 دقيقة.

VME-8 h Valeurs limites de Moyenne d'Exposition.
قيمة حد متوسط التعرض عند التعرض لمدة ثماني ساعات في موقع العمل.

VOC .مركب عضوي متطاير

-W-

WMO .للأرصاد الجوية المنظمة العالمية

-أ-

احتراق: تفاعل كيميائي يُطلق طاقة في صورة حرارة مع ضوء غالبًا. ويشير في الاستخدام اليومي بوجه عام، إلى شيء ما يشتعل أو يتقد. حيث يعد الاحتراق والاتقاد مصطلحات مترادفة في الأساس.
أرضي (مصطلح كهربي): مسار عودة مشترك للتيار الكهربي، أو اتصال مادي مباشر بالأرض.
استدامة: ممارسات وعمليات طوِّرت بهدف تحسين جودة حياة الإنسان في حدود القدرة الاستيعابية لأنظمة الدعم البيئية. ومن التعريفات شائعة الاستخدام **"تلبية الاحتياجات الحالية دون تهديد قدرة الأجيال المستقبلية على تلبية احتياجاتهم."** ومن المبادئ الأساسية التي تضع الاستدامة في صورة مصطلحات عملية مألوفة هو مبدأ "النتائج الثلاث النهائية" وهي استدامة الاقتصاد والبيئة والمساواة (الاجتماعية) أو ما يعرف بمبدأ حروف E الثلاث والتي تمثل الأحرف الأولى من تلك النهايات باللغة الانجليزية.

إشراف: انظر الإشراف على المنتجات.
إشراف على المنتجات: مبدأ تتمحور فيه الحماية البيئية حول المنتج نفسه، ويطلب من كل من ينخرط في دورة حياة المنتج أن يتحمل مسئولية خفض تأثيره البيئي. وبالنسبة للمصنعين، يتضمن ذلك التخطيط لإعادة التدوير، ودفع تكلفته إذا لزم الأمر، أو التخلص من المنتج في نهاية حياته المفيدة. وقد يتحقق هذا بإعادة تصميم المنتجات لتستخدم عددًا أقل من المواد الضارة، ولتكون أكثر احتمالًا وقابلة لإعادة الاستخدام ولإعادة التدوير وبصنع المنتجات من المواد المعاد تدويرها. وبالنسبة للبائعين والمستهلكين، يعني هذا لعب دور نشط في ضمان التخلص من المنتج بصورة مناسبة أو إعادة تدويره في نهاية عمره.
إشعال: بدء عملية الاحتراق
اضطرام (اضطرام انفجاري): انفجار منخفض السرعة يشتعل بشدة وبصورة مستمرة. وتعد انفجارات سحب الأبخرة في العادة اضطرامًا وليس انفجارًا صاعقًا. ولتوخي الدقة، لا تكون معظم حالات الاضطرام انفجارات بل حرائق سريعة للغاية. ويُنتج الاضطرام الانفجاري موجة انفجارية يمكن تقديرها يمكن لها إتلاف المعدات وإلحاق الإصابة بالأشخاص. وينفجر كثير من المواد التي تضطرم لحظيًا عند اشتعالها بشكل ضعيف في ظل اشتعال قوي بدرجة كافية. وفي بعض الظروف، قد تتسارع موجة الاضطرام تلقائيًا للتحول إلى انفجار صاعق.
أكّال (صفة): غاز أو سائل أو صلب يُحدث تلفًا لا يمكن علاجه في النسيج البشري أو الحاويات؛ تُعرّفه United States Department of Transportation (DOT) (وزارة النقل الأمريكية) بأنه مادة سائلة أو صلبة تسبب تدميرًا ملحوظًا أو تغييرات لا يمكن علاجها في أنسجة بشرة الإنسان في موضع الملامسة.
الحد الأدنى لسرعة الاشتعال (انظر أيضًا الحد الأدنى للانفجار): تركيز معين لغاز أو بخار في الهواء بحيث لا ينتشر اللهب عند التعرض لمصدر اشتعال عند تركيز أقل منه. أما إذا أطلق على مخلوط من الهواء والوقود أنه محدود التركيز، فيعني ذلك عدم وجود وقود كافي لاستمرار الاحتراق.
الضغط المشبّع للبخار (RVP): يستخدم عادة لقياس ضغط بخار الجازولين وغيره من أنواع الوقود السائل، والذي يعرف على أنه الضغط الذي يبذله سائل عند درجة حرارة 100 درجة فهرنهايت طبقًا لأسلوب القياس ASTM-323. ولا ينطبق أسلوب القياس على الغازات البترولية المسالة مثل البروبان.
ألكان (ألكانات): أي مركب من فئة الهيدروكربونات ترتبط فيه ذرة الكربون بأربع ذرات أخرى. ويُقال على الألكانات أنها مركبات "مشبعة".
المحتوى الحراري للاحتراق (انظر أيضًا حرارة الاحتراق): الطاقة الحرارية الخارجة التي تنطلق من تفاعل الاحتراق.
المستوى الأول من الحماية: الحماية المستخدمة مع ظروف العمل الخطرة التي تتسم بارتفاع احتمال التعرض لتركيزات عالية للغاية من الرذاذ الكيميائي أو الغمر أو التعرض للأبخرة الكيميائية. ويتمثل هذا المستوى في توفير بذلة مقاومة للمواد الكيميائية مغلفة بالكامل ومزودة بجهاز تنفس لتوفير أقصى مستويات الحماية المتاحة للجهاز التنفسي. ويكون ارتداؤها مطلوبًا عند التعامل مع المواد الكيميائية الخطرة التي لها ضغط بخاري ومعدل سمية مرتفعان من خلال الامتصاص عبر الجلد أو المواد المسرطنة.
المستوى الثاني من الحماية: يتطلب المستوى الثاني من الحماية نفس مستوى حماية الجهاز التنفسي المطلوب في المستوى الأول إلا أنه يُسمح بتعرض بعض مناطق من الجلد فضلاً عن وجود ملابس مغلفة لكنها غير "صامدة للأبخرة". ويتم الاستعانة بهذا المستوى في مواقف التعرض للتركيزات الكيميائية الأقل من حدود التعرض المعمول بها وللمواد الكيميائية التي ليست بأبخرة أو غازات تعد سامة عند امتصاصها عبر الجلد أو للمواد المسرطنة.
الوقود في مزيج البخار بالقياس الكمّي: النسبة المئوية لحجم الوقود المتاح في صورة بخار في تفاعل احتراق يحدث عند تركيز بقياس مكافئ.
انفجار صاعق (انفجار لحظي): يحدث الانفجار الصاعق نتيجة مرور تفاعل كيميائي سريع للغاية عبر المادة المتفجرة بسرعات تتراوح من 0.6 إلى 6.2 أميال في الثانية (1 إلى 10 كم/ث) أي أنها تفوق سرعة الصوت. وتنتج درجات عالية من الضغط، وتتحرك منتجات الاحتراق في نفس اتجاه موجة الضغط. ومن ثَم الانفجار الصاعق هو عبارة عن موجة صدمية مصحوبة بتفاعل كيميائي يعمل على تدعيمها. ويُطلق على المتفجرات التي عادة ما تنفجر انفجارًا صاعقًا مصطلح "متفجرات عالية التفجير" كما تتسم بقوة تحطيمية عالية حتى عندما تكون حرة. ومن أمثلة المتفجرات عالية التفجير ثلاثي نيترو طولوين (TNT).
انفجار: هو زيادة سريعة في الحجم وانبعاث طاقة بصورة هائلة، مصحوبة عادة بتوليد درجات حرارة عالية وانبعاث غازات. يتولد عن الانفجار موجة ضغط.

-ب-

بخار: الحالة الغازية للمادة التي تكون عادة سائلة أو صلبة في درجات الحرارة والضغط العادية.

-ت-

تأثير حاد (تأثيرات حادة): تأثير ضار تصاحبه أعراض مؤلمة تتطور سريعًا وتؤدي بشكل عاجل إلى أزمة نتيجة التعرض للحرارة أو الضغط المفرط أو مواد سامة.
تأثير مزمن: تأثير ضار على جسم الإنسان أو الحيوان وله أعراض تظهر ببطء على مدار فترة زمنية طويلة.
تحلل: تفكك المادة (بالحرارة أو التفاعل الكيميائي أو التحليل الكهربائي أو الانحلال أو عمليات أخرى) إلى أجزاء أو عناصر أو مركبات أبسط.
تخفيف: عملية تقليل تركيز المادة بإضافة مذيب مثل الماء.

تراكم حيوي: زيادة تركيز المادة في أنسجة الكائن نتيجة امتصاصها من الطعام. وتحدث هذه الظاهرة عندما يفوق معدل امتصاص الكائن الحي لمادة سامة معدل أيض هذه المادة.
تعبئة وزارة النقل الأمريكية: تتطلب المواد الخطيرة الخاضعة للرقابة على التصدير تعبئة متوافقة مع الأمم المتحدة/وزارة النقل الأمريكية.
تفاعلي: مادة صلبة أو سائلة أو غازية تُطلق طاقة تحت ظروف معينة.
تقرير مياه الشرب: وثيقة غير تنظيمية تحلل البيانات المتاحة حاليًا عن مادة ملوثة سواء التي تتعلق بالسرطان أو لا تتعلق به، بالإضافة إلى الدراسات عن تأثيراتها المحسوسة (مثل الطعم والرائحة).
تقييم المخاطرة: هي تحديد قيمة كميّة أو نوعية للمخاطرة المتعلقة بموقف محدد وخطر معترف له.
تواصل بشأن المخاطر: هي التبادل التفاعلي للمعلومات والآراء عبر مختلف مراحل عملية تقييم المخاطر فيما يتعلق بالخطر والمخاطر، والعوامل المتعلقة بالمخاطرة، والإحساس بالمخاطرة فيما بين القائمين على تقييم المخاطرة، ومديري المخاطرة، والمستهلكين، والصناعة، والمجتمع الأكاديمي، وغيرهم من الأطراف المهتمة، ويتضمن تفسير نتائج تقييم المخاطرة وأُسس قرارات إدارة المخاطر.
توصيل حراري: قدرة المادة على توصيل الحرارة. توصل السوائل ذات التوصيل الحراري المرتفع الحرارة بصورة أكبر من السوائل ذات التوصيل الحراري المنخفض.
توصيل كهربي (انظر أيضًا موصلية كهربية نوعية): مقياس لجودة سماح المادة بحركة شحنة كهربية. وهي النسبة بين كثافة التيار إلى شدة المجال الكهربي. ووحدة قياسها المستنتجة من للنظام الدولي للوحدات هي سيمنز/متر (S/m). وتكافئ وحدة السيمنز الوحدة الأقدم لمقلوب الأوم والتي تعرف بال"موا".وعادة ما تقاس التوصيلية (وتعرف أيضًا بالموصلية النوعية) للسوائل متوسطة التوصيل للكهرباء مثل الميثانول بوحدات الميكرو سيمنز لكل سنتيمتر (ميكرو سيمنز/سم). وعادة ما تقاس توصيلية السوائل العازلة مثل الجازولين والديزل بوحدات البيكو سيمنز لكل سنتيمتر (بيكو سيمنز/سم). وتكافئ وحدة السيمنز $101x^{12}$ بيكو سيمنز. وتكافئ وحدة الميكرو سيمنز $101x^{6}$ بيكو سيمنز.
تيار النفايات: التدفق الكامل للنفايات من المناطق المحلية أو الصناعية وحتى التخلص النهائي منها.

-ج-

جالون. اختصار يستخدم عادة لوحدة حجم سواء في النظام الأمريكي أو الإنجليزي. يتكون الجالون الأمريكي من 231 بوصة مكعبة (3.8 لتر). أما الجالون الإنجليزي فيعرف على أنه حجم يحتوي 10.0 رطل بالضبط من الماء عند درجة حرارة وضغط قياسيين (وهو يناظر 277.4 بوصة مربعة أو 4.56 لتر).
جرام/سم^3 جرام لكل سنتيمتر مكعب. وحدة مترية لقياس التركيز (الوزن/الحجم) يُعبر عنها بوحدة الوزن الجرام لكل سنتيمتر مكعب من الحجم.
جرام/م^3 جرام لكل متر مكعب. وحدة مترية لقياس التركيز (الوزن/الحجم) يُعبر عنها بوحدة الوزن الجرام لكل متر مكعب من الحجم.
جرعة: مقدار المادة السامة الذي يسبب تأثيرات ضارة على الصحة.
جزء في المليون (ppm): وحدة حجمية لقياس تركيز المادة في الهواء أو المحلول.
جمعية منتجي ومستخدمي الميثانول الدولية **IMPCA**.
جهاز إطفاء الحريق (جهاز إطفاء الحريق بالمياه): فوهات مياه ثابتة لا تحتاج إلى مُشغل في العادة يمكن توجيهها وتركها دون مُشغل لتوزيع تيار من الماء على منطقة محددة.
جول: وحدة قياس الطاقة في النظام الدولي للوحدات.

-ح-

حادث: حدث مؤسف يحدث بصورة غير متوقعة وغير متعمدة، ويؤدي عادة إلى تلف الممتلكات أو إلى الإصابة الشخصية.
حادث: موقف خطير حدث بالفعل
حجم% أو v/v%: النسبة المئوية للحجم. مقياس للتركيز يعتمد على الحجم النسبي وليس الوزن (الكتلة) النسبي.
حدود الاشتعال: تتعلق باشتعال السوائل والغازات والأبخرة في الهواء. كما تُسمى أيضًا حدود الانفجار. يقوم الحد الأدنى والأعلى للاشتعال بتحديد التركيزات التي لا يحدث خارج نطاقها اشتعالًا نظرًا لزيادة تركيز المزيج أكثر من اللازم (غني التركيز) أو لتخفيفه أكثر من اللازم (فقير التركيز) على الترتيب. (انظر مدى الاشتعالية، *LEL*، *UEL*.)
حرارة الاحتراق (انظر أيضًا المحتوى الحراري للاحتراق): الحرارة الخارجة إلى البيئة المحيطة حين يحترق مركب ما ليتحول إلى ثاني أكسيد كربون وبخار ماء.
حرارة التبخر الكامنة: الطاقة اللازمة لتحويل كمية معينة من مادة إلى غاز.
حرارة نوعية (انظر أيضًا سعة حرارية نوعية أو سعة حرارية): نسبة السعة الحرارية لمادة إلى السعة الحرارية للماء عند نفس درجة الحرارة.
حريق متحرك (حريق ناتج من سائل متحرك): سائل مشتعل يتحرك بعيدًا عن نقطة الإطلاق والاشتعال. تتسم الحرائق المتحركة بالخطورة البالغة لاسيما إذا دخلت بالوعات الصرف الصحي أو المصارف أو ممرات عبور العمال الصغيرة أو الهياكل السفلية مثل سراديب الكهرباء أو قناطر خطوط الأنابيب حيث يمكن أن تتجمع المادة المشتعلة وتسد طرق إجلاء الأشخاص.

-خ-

خطر الخطر هو موقف يمثل مستوى من التهديد للحياة أو الصحة أو الممتلكات أو البيئة. معظم الأخطار تكون كامنة أو محتملة، وتكون خطورة وقوع الأذى نظرية، وبمجرد أن يصبح الخطر "نشطًا،" يمكن أن يسبب حالة طوارئ. يتفاعل الخطر والقابلية للإصابة معًا لتكوين المخاطر.

خلية وقود خلية كهروكيميائية: تحول الطاقة الكيميائية من الوقود (مثل الميثانول) إلى طاقة كهربية. الكهرباء التي تتولد من التفاعل بين مصدر الوقود وعامل الأكسدة. تتدفق المواد المتفاعلة إلى داخل الخلية، ثم تتدفق نواتج التفاعل خارجة منها، في حين تبقى المواد الإلكتروليتية داخلها. يمكن لخلايا الوقود أن تعمل بصفة مستمرة بشرط الحفاظ على تدفق المواد المتفاعلة والمؤكسدة.

-د-

درجة الحرارة القصوى للهب (انظر أيضًا درجة حرارة اللهب عند ثبوت الحرارة): درجة الحرارة النظرية القصوى التي يمكن أن يبلغها اللهب بافتراض عدم انتقال حرارة إلى البيئة المحيطة.

درجة حرارة اللهب عند ثبوت الحرارة (انظر أيضًا درجة حرارة اللهب القصوى) – أعلى درجة حرارة ممكنة للهب بافتراض عدم فقد حرارة من اللهب إلى البيئة المحيطة به. وهي قيمة محسوبة تفترض أن الحرارة التي تنبعث في صورة حرارة احتراق توجه لرفع درجة حرارة اللهب. درجة الحرارة الفعلية للهب ستكون أبرد بكثير من قيمة درجة حرارة اللهب عند ثبوت الحرارة المحسوبة، نظرًا لأن جزء من حرارة الاحتراق ينتقل إلى البيئة المحيطة عن طريق الحرارة الحملانية وانتقال الحرارة بالإشعاع.

درجة حرارة اللهب: هي درجة حرارة لهب. تعطي درجة حرارة اللهب مؤشرًا عامًا عن معدل تفاعل الاحتراق. ويكون معدل تفاعل السوائل التي تتصف بالاشتعال بدرجة حرارة لهب مرتفعة أعلى من معدله في السوائل التي تتصف بدرجة حرارة لهب منخفضة.

درجة حرارة نقطة التجمد: هي درجة الحرارة التي تتواجد فيها حالتي المادة السائل والصلبة معًا عندما يكون الضغط مساويًا لوحدة ضغط جوي.

ديزل حيوي: وقود ديزل مشتق من الزيوت النباتية أو الدهون الحيوانية ويتألف من إسترات الألكيل طويلة السلسلة. عادة ما يصنع الديزل الحيوي من تفاعل الدهون كيميائيًا (مثل الزيوت النباتية، والدهون الحيوانية) مع نوع من الكحول مثل الميثانول.

-ر-

رطل لكل بوصة مربعة (psi) (ويطلق عليه أيضًا **psig**): قياس للضغط؛ أرطال القوة لكل بوصة مربعة من مساحة السطح أو الأرطال لكل بوصة مربعة من المقياس.

رطل لكل بوصة مربعة المطلق (psia): مقياس للضغط بأرطال القوة المبذولة لكل بوصة مربعة من مساحة السطح التي تشتمل على 14.7 رطلًا لكل بوصة مربعة من الضغط الجوي عند معدل مستوى سطح البحر؛ أي أن رطلًا لكل بوصة مربعة مطلق = رطل لكل بوصة مربعة + 14.7.

رقم CAS رقم دائرة الملخصات الكيميائية: وهو رقم يتم تعيينه من قِبل Chemical Abstracts Service (دائرة الملخصات الكيميائية) ويُحدد مواد كيميائية معينة. ويوفر رقم CAS فهرسًا للوصول إلى المعلومات الخاصة بمواد محددة.

رقم STCC (الرقم الكودي المعياري للسلعة المنقولة): رقم فريد مكون من سبع أعداد يخصص للسلع المنقولة عن طريق السكك الحديدية. يجب وضع رقم STCC على جميع وثائق الشحن.

رقم UA: أرقام تستخدم في أمريكا الشمالية تتطابق أرقام الأمم المتحدة. إذا لم يكن للمادة رقم في الأمم المتحدة، فيمكن تخصيص رقم UA لها، وعادة ما تتكون من أربعة أرقام تبدأ برقم 8 أو 9.

رقم الأمم المتحدة أو رقم تعريف الأمم المتحدة: رقم مكون من أربعة أرقام يُعرف المواد والأصناف الخطرة مثل المتفجرات والسوائل سريعة الاشتعال والمواد السامة بغرض النقل الدولي.

رقم دليل وزارة النقل الأمريكية (انظر أيضًا رقم الأمم المتحدة ورقم *UA*): كود مكون من أربعة أرقام تخصصه وزارة النقل الأمريكية. وعادة ما يتطابق رقم دليل وزارة النقل الأمريكية مع رقم الأمم المتحدة. إذا لم يكن هناك رقم دليل وزارة النقل الأمريكية ولا رقم أمم متحدة، فيتم تخصيص رقم NA (أمريكا الشمالية).

رقم وزارة النقل الأمريكية: يلزم تسجيل الشركات التي تشغّل عربات تجارية لنقل الركاب أو عربات شحن في النقل عبر الولايات و/أو عربات نقل المواد الخطيرة عبر الولايات لدى إدارة أمان سيارات النقل الفيدرالية (FMCSA) ولابد من أن يخصص لها رقم وزارة النقل الأمريكية. ويستخدم رقم وزارة النقل الأمريكية كمعرّف وحيد للشركة عند تجميع تقارير الحوادث وتواريخها.

رمز HAZCHEM: **رمز** المواد الكيميائية الخطرة ويُعرف أيضًا برمز العمل في حالات الطوارئ (EAC) وهو رمز مُعد للظهور عند نقل المواد الكيميائية الخطرة أو تخزينها بكميات كبيرة. وهو يُستخدم لمساعدة الجهات المعنية بتقديم خدمات الطوارئ في العمل سريعًا في حال وقوع أية حادثة. ويتألف الرمز من رقم يتبعه حرف أو اثنان. ويدل الرقم على نوع المادة الواجب استخدامها في معالجة الحوادث (مثال: تيار من الماء، رذاذ رفيع، رغاوي، عامل جاف). بينما يدل الحرف الأول على نوع الملابس الواقية اللازم ارتداؤها إلى جانب معلومات عن احتمالية حدوث تفاعل عنيف يتعين احتواء المادة أو تخفيفها لتفاديه. في حين يشير الحرف الثاني، إذا وجد، وهو حرف E، إلى ضرورة إجلاء الأشخاص الموجودين بالقرب من الحادثة. وفي المملكة المتحدة، يظهر هذا الرمز ضمن لوحة تضم الرقم الدولي التابع للأمم المتحدة الخاص بالمادة ورقم هاتف للحصول على المشورة من متخصص

واسم الشركة، بالإضافة إلى رمز يبين المخاطر التي تشكلها المادة (مثل صورة جمجمة وعظمتين متصالبتين للدلالة على المواد السامة).

-ز-

زي يطلق عليه أيضًا معدات الزي أو معدات الخندق: وهي الزي الموحد لأفراد مكافحة الحرائق ويتكون من سراويل كاملة وأحذية مرتفعة وقفازات وقبعة أو خوذة وعادة ما يتضمن سترة. قد تختلف مكونات الزي طبقًا للوكالة أو المنطقة الجغرافية.

-س-

سائل (سوائل) سريع الاشتعال: بوجه عام، لا تشتعل السوائل فعليًا وهي في الحالة السائلة. بل تطلق السوائل أبخرة تشتعل عند توفر مزيج سريع الاشتعال والهواء في وجود مصدر اشتعال.
سائل (سوائل) قابل للاحتراق: تسمية تطلقها (National Fire Protection Agency (NFPA على السوائل التي تساوي درجات حرارة نقاط الوميض الخاصة بها 100 درجة فهرنهايت (37.78 درجة مئوية) أو أكثر. وتنقسم السوائل القابلة للاحتراق إلى ثلاث فئات كما هو موضح أعلاه وفقًا لدرجة حرارة نقطة الوميض.
سام/سميّة: الدرجة التي يمكن أن تؤذي المادة بها الكائن الحي. يمكن أن تدل السُمِّية على التأثير على الكائن الحي بالكامل، أو على التأثير على تكوين فرعي من الكائن الحي. وهناك مبدأ محوري في علم السمية- وهو أن التأثيرات تعتمد على الجرعة.
سرعة الانفجار الصاعق: السرعة التي تسير بها مقدمة الموجة الصدمية في المادة المتفجرة المشتعلة لحظيًا.
سرعة اللهب منضبطة التركيب: سرعة مقدمة اللهب عند نسبة الهواء إلى الوقود منضبطة التركيب.
سريع الاشتعال: مادة صلبة أو سائلة أو غازية تشتعل بسهولة وتحترق بسرعة على العكس من المادة القابلة للاحتراق التي لا تشتعل أو تحترق بالسهولة والسرعة ذاتها.
سعة حرارية (انظر أيضًا حرارة نوعية أو سعة حرارية نوعية): كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة إمّا واحد جرام من المادة بمقدار درجة مئوية واحدة أو رطل واحد من المادة بمقدار درجة واحدة فهرنهايت.
سُعر: مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 جرام من الماء بمقدار درجة مئوية واحدة من 14.5° مئوية إلى 15.5° مئوية.
سلامة العمليات: تشير إلى منع انبعاث المواد الكيميائية أو الطاقة أو أي مواد يمكن أن تكون خطيرة، بصورة غير مقصودة، والتي يمكن أن يكون لها تأثير بالغ على الكوكب والبيئة. تتعلق سلامة العمليات بمنع التسرب والانسكاب وتعطل المعدات والضغط الزائد والحرارة الزائدة والتآكل وإجهاد المعادن ومثل ذلك من الظروف. تركز برامج سلامة العمليات على تصميم المرافق هندسيًا وصيانة المعدات والإنذارات الفعالة ونقاط التحكم الفعالة والإجراءات والتدريب. ومن المفيد أحيانًا النظر إلى سلامة العمليات على أنها المخرج أو النتيجة من مجموعة كبيرة من الأنظمة الفنية والإدارية والتشغيلية التي تتم معًا بصورة منظمة.
سلوك التوزيع المسئول (Responsible Distribution Ethic): مبادرة تعمل على توسيع نطاق مبدأ سلوك التوزيع المسئول (Responsible Care Ethic) ليشمل جميع جوانب توزيع المواد الكيميائية والمنتجات الكيميائية والخدمات الكيميائية.
سلوك الرعاية المسئولة (Responsible Care Ethic): مبادرة تعمل بموجبها الشركات بالتعاون مع بعضها البعض لمواصلة تحسين أدائها في مجال الصحة والسلامة والبيئة وللتواصل مع أصحاب المصالح حول المنتجات التي تقدمها والعمليات التي تقوم بها.
سم مكعب (سنتيمتر مكعب): وحدة مترية لقياس الحجم وتساوي واحد مللتر (مللتر).
سم: مادة، حين تدخل إلى كائن حي أو يمتصها، تسبب الوفاة أو الإصابة، خاصة المادة التي تقتل بتأثير سريع حتى بكميات قليلة.
سمية جلدية: التأثيرات الضارة التي تنتج عن تعرض الجلد لمادة؛ وترتبط السمية بمادة كيميائية ما تدخل الجسم من خلال امتصاصها عبر الجلد.

-ض-

ضغط بخاري: هو الضغط الذي ينتجه البخار في حالة الاتزان مع السائل عند درجة حرارة معينة. وهو يعد مقياسًا لمدى سهولة إصدار المادة السائلة أو الصلبة للبخار، والذي يمتزج بالهواء عند سطح هذه المادة. ويشير ارتفاع الضغط البخاري إلى ارتفاع تركيز المادة المتبخرة في الهواء وبالتالي زيادة احتمال استنشاق البخار ووصوله للرئة أثناء استنشاق الهواء المحمل بالمادة السامة.

-ط-

طاقة الاشتعال الدنيا (MIE): أقل قدر من الطاقة لمصدر إشعال بادئ يمكن أن يشعل خليطًا من الوقود والهواء عندما يكون تركيز الوقود بين الحدين العلوي والسفلي للاشتعال. الأنواع الأربع للطاقة الحرارية هي: (1) كيميائية، (2) كهربية، (3) ميكانيكية، (4) نووية.
طن متري: الوحدة المترية للوزن (الكتلة) وتعادل 1,000 كيلوجرام (2,204.62 رطل).
طن: وحدة الوزن (الكتلة) في الولايات المتحدة وكندا وتعادل 2,000 رطل.
طوق: تطويق يهدف إلى احتواء منطقة يتم استصلاحها أو تم سكب مادة كيميائية أو مادة أخرى خطرة فيها.

-ع-

عائلة كيميائية: مجموعة من العناصر أو المركبات الفردية التي لها اسم عام شائع (مثل الجازولين والنفثالين والكيروسين والديزل وغيرها، بالإضافة إلى عناصر مختلطة من عائلة "الهيدروكربونات").
عضوي: من الكربون، أو يتعلق به، أو يرمز لمركبات تحتوي عليه (عدا المركبات الثنائية البسيطة والأملاح) ومن مصدر بيولوجي بصفة أساسية أو أصلية.
عمل ساخن: أي عملية يمكن أن تكون مصدرًا للاشتعال حين توجد مادة قابلة للاشتعال أو يمكن أن تسبب خطر الحريق بغض النظر عن وجود مادة قابلة للاشتعال في مكان العمل من عدمه. ومن عمليات الأعمال الحارة الشائعة لحام المعادن واللحام بالقصدير والقطع والتقسية. وحين تتواجد المواد القابلة للاشتعال تصبح بعض العمليات مثل الصقل (الجلخ) والثقب عمليات أعمال حارة.
عملية فيشر-تروبش (Fischer-Tropsch process) (عملية غاز الماء): طريقة صناعية لصناعة الوقود الهيدروكربوني من أول أكسيد الكربون والهيدروجين. ويتم المزج بين الهيدروجين وأول أكسيد الكربون بنسبة 2:1 (ويتم استخدام غاز الماء مع الهيدروجين المضاف) وتمريرهما على مادة محفزة من النيكل أو الكوبالت عند درجة حرارة 392 درجة فهرنهايت (200 درجة مئوية). ويمكن فصل مزيج الهيدروكربون الناتج إلى مركب ذي نقطة غليان أعلى لاستخدامه في محركات الديزل ومركب ذي نقطة غليان منخفضة وهو مركب الجازولين. ويتم استخدام هذه العملية أيضًا في تصنيع الغاز الطبيعي الاصطناعي (SNG) من الفحم.

-غ-

غاز (غازات): حالة المادة التي لا يكون لها فيها شكل محدد، بل يتم تحديد حجمها من خلال حجم الوعاء الذي توجد به المادة الغازية.
غاز المُوَلِدات (غاز الهواء): مزيج من أول أكسيد الكربون (CO) والنتروجين (N_2) يتم الحصول عليه بإمرار هواء على كربون ساخن للغاية. وعادة ما يتم إضافة بعض البخار إلى الهواء والمزيج الذي يحتوي على الهيدروجين (H_2). ويتم استخدام غاز المُوَلِدات كوقود في بعض العمليات الصناعية.
غيبوبة: حالة من فقد الوعي العميق يتعذر إيقاظ الشخص المصاب منها.

-ف-

فئة الخطر وشعبته طبقًا لتصنيف وزارة النقل الأمريكية: الفئة التي تعينها وزارة النقل الأمريكية لمادة خطيرة مثل المتفجرات، والغازات المضغوطة والسوائل القابلة للاشتعال والاحتراق، والمواد الصلبة القابلة للاشتعال والمواد المؤكسدة والبيروكسيدات العضوية والمواد السامة والمواد المسببة للعدوى والمواد المشعّة والمواد المسببة للتآكل والمواد الخطيرة المتنوعة.
فئة أولى (أ) (Class IA): تسمية تطلقها (NFPA National Fire Protection Agency) (الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق) على السوائل سريعة الاشتعال والتي تقل درجات نقاط الوميض الخاصة بها عن 73 درجة فهرنهايت (22.78 درجة مئوية) ودرجات نقاط الغليان عن 100 درجة فهرنهايت (37.78 درجة مئوية). ويعد إن-بنتان مثالاً على السوائل سريعة الاشتعال من الفئة الأولى (أ).
فئة أولى (ب) (Class IB): تسمية تطلقها (NFPA National Fire Protection Agency) على السوائل سريعة الاشتعال والتي تقل درجات حرارة نقاط الوميض الخاصة بها عن 73 درجة فهرنهايت (22.78 درجة مئوية) وتزيد درجات نقاط الغليان عن 100 درجة فهرنهايت (37.78 درجة مئوية) أو تساويها. ويعد كل من الميثانول والبنزين والبروبان والجازولين والأسيتون أمثلة على السوائل سريعة الاشتعال من الفئة الأولى (ب).
فئة أولى (ج) (Class IC): تسمية تطلقها (NFPA National Fire Protection Agency) على السوائل سريعة الاشتعال والتي تزيد درجات حرارة نقاط الوميض الخاصة بها عن، أو تساوي، 73 درجة فهرنهايت (22.78 درجة مئوية) وتقل عن 100 درجة فهرنهايت (37.78 درجة مئوية). ويمثل كل من التربنتين وخلات إن-البيوتل أمثلة للسوائل سريعة الاشتعال من الفئة الأولى (ج).
فئة ثالثة (أ) (Class IIIA): تسمية تطلقها (NFPA National Fire Protection Agency) على السوائل القابلة للاحتراق والتي تساوي درجات حرارة نقاط الوميض الخاصة بها 140 درجة فهرنهايت (60 درجة مئوية) أو أكثر لكنها تقل عن 200 درجة فهرنهايت (93.33 درجة مئوية). وتأتي زيوت الكريوزوت والفينول بين أمثلة السوائل القابلة للاحتراق من الفئة الثالثة (أ).
فئة ثالثة (ب) (Class IIIB): تسمية تطلقها (NFPA National Fire Protection Agency) على السوائل القابلة للاحتراق والتي تساوي درجات حرارة نقاط الوميض الخاصة بها 200 درجة فهرنهايت (93.33 درجة مئوية) أو أكثر. ويعد جليكول الإثيلين من أمثلة السوائل القابلة للاحتراق من الفئة الثالثة (ب).
فئة ثانية (Class II): تسمية تطلقها (NFPA National Fire Protection Agency) على السوائل القابلة للاحتراق والتي تساوي درجات حرارة نقاط الوميض الخاصة بها 100 درجة فهرنهايت (37.78 درجة مئوية) أو أكثر، لكنها تقل عن 140 درجة فهرنهايت (60 درجة مئوية). ويعد الكيروسين من أمثلة السوائل القابلة للاحتراق من الفئة الثانية.
فئة سرعة اشتعال السائل: نظام تصنيف تستخدمه الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) ومجلس التشريع الدولي، لتصنيف السوائل إلى فئات طبقًا لنقطة غليانها ودرجة حرارة نقطة وميضها. ويعتبر الميثانول والإيثانول والجازولين من السوائل القابلة للاشتعال من النوع 1ب. وبالمقارنة، يعد الديزل سائلاً قابلاً للاحتراق.
فلز قلوي (فلزات قلوية): عناصر المجموعة A1 في الجدول الدوري.
قائمة الملوثات المطروحة (CCL): المصدر الأساسي للملوثات المرتبة حسب الأولوية والتي تجري وكالة EPA الأمريكية أبحاثًا بشأنها بهدف اتخاذ قرارات حول ما إذا كانت هناك ضرورة لوضع لوائح تحكمها أم لا. وتعد الملوثات التي تتضمنها القائمة

هي المواد التي يُعرف وجودها في أنظمة المياه العامة أو يتوقع ذلك، إلا أنها لا تخضع حاليًا للوائح الوطنية الأولية المعنية بمياه الشرب المعمول بها. وتعتمد عملية الإدراج في قائمة الملوثات المطروحة على احتمال ظهور المادة الملوثة في أنظمة المياه العامة بجانب التأثير المحتمل لذلك على الصحة العامة.
قابل للاحتراق (صفة): مادة صلبة أو سائلة أو غازية يمكن أن تشتعل؛ يشير عادة وصف قابلية السائل للاشتعال استنادًا إلى نقطة الوميض؛ إلى السوائل التي تزيد نقطة الوميض الخاصة بها عن 100 درجة فهرنهايت (37.78 درجة مئوية) أو تساويها.
قابل للتحلل الحيوي: أية مادة عضوية يمكن أن تتحلل إلى مكوناتها بفعل الكائنات الحية مثل البكتريا أو الفطريات.
قابل للمزج: سائل أو غاز يذوب على نحو متماثل في سائل أو غاز آخر؛ ويعتبر قابل للمزج بنسبة 100% عندما يمتزج سائلان بشكل تام بكافة أجزائهما.
قابلية التطاير: ميل جزئيات المادة إلى الهروب من الحالة السائلة والدخول إلى الحالة الغازية. ويكون للسوائل التي تتسم بارتفاع قابلية التطاير ضغط بخاري عالٍ.
قابلية الذوبان: أقصى كمية من المادة تذوب في كمية معينة من المذيب عند درجة حرارة محددة لإنتاج محلول ثابت.
قيمة التسخين: كمية الحرارة النظرية التي يمكن أن تنبعث نتيجة لتفاعل الاحتراق إذا تحول الوقود والمواد المؤكسدة بكفاءة 100% إلى ثاني أكسيد الكربون CO_2 وبخار الماء H_2O. وهناك قيمتان تعطيان قيمة حرارة: القيمة الأعلى للتسخين (HHV) والقيمة الأدنى للتسخين (LHV). تستخدم القيمة الأعلى للتسخين (HHV) في المواقف التي تستعاد فيها الحرارة بالكامل (حرارة التفاعل والحرارة المحسوسة للغازات الناتجة وحرارة تكثف بخار الماء) وتستخدم لبذل الشغل. وتعد قيمة HHV نفس قيمة الحرارة في الديناميكا الحرارية (المحتوى الحراري) للاحتراق. أما القيمة الأدنى للتسخين (LHV) فتستخدم إذا لم تتم استعادة جزء من الحرارة المحسوسة للغازات وحرارة تكثف بخار الماء لبذل الشغل. وعادة ما تستخدم الصناعة عمليات القيمة الأدنى للتسخين.

-ك-

كثافة: خاصية من خواص المادة تقيس مدى تضامّها، كتلة المادة مقسومة على ما تشغله من حجم.
كجم كيلوجرام (كيلوجرامات). كجم كيلوجرام (كيلوجرامات)، وهو اختصار شائع الاستخدام لوحدة القياس المتري لوزن (كتلة) المادة: 1,000 جرام = 1 كجم.
كحول (كحوليات): أية فئة من المركبات العضوية التي تتميز بارتباط مجموعة الهيدروكسيل ارتباطًا تساهميًا مع ذرة الكربون المشبعة.
كلفين كلفين. يشير إلى نسبة درجات الحرارة إلى الصفر المطلق وفقًا لعلم الديناميكا الحرارية.
كيلو باسكال (KPa)، اختصار يشير إلى القياس شائع الاستخدام للضغط.
كيلو جول (KJ)، اختصار يشير إلى وحدة الطاقة الشائعة في النظام الدولي للوحدات.

-ل-

لزوجة: خاصية مقاومة التدفق.

-م-

مادة (مواد) سريعة الاشتعال: أية مواد صلبة أو سائلة أو في الحالة البخارية أو الغازية تشتعل بسهولة وتحترق بسرعة عند تعرضها لمصدر اشتعال. وتتضمن أمثلة المواد سريعة الاشتعال طبقًا لهذا التعريف الواسع بعض المذيبات مثل الميثانول والمواد الغبارية مثل الدقيق وبعض المواد المسحوقة المتناثرة مثل الألومنيوم والغازات مثل الهيدروجين والميثان.
مادة خام كيميائية: مادة كيميائية تستخدم كنقطة بدء لتصنيع مواد كيميائية أخرى أكثر تعقيدًا.
مادة مسرطنة: مادة تسبب الإصابة بالسرطان؛ مادة أو عامل قادر على تكوين السرطان في الثدييات.
ماسخ: مادة تُحدث عيوبًا خلقية في المواليد من خلال الإضرار بالجنين.
مجموعات وظيفية: أجزاء من التركيب الجزيئي للمركبات العضوية والتي توجد في جميع أفراد فئة معينة من المركبات وتشترك بشكل محوري في التفاعل الكيميائي للفئة الكيميائية.
مجموعة التعبئة طبقًا لوزارة النقل الأمريكية: قد يتطلب تجنب المخاطر المتعلقة بشحن المواد الخطيرة إجراءات أمان أثناء الشحن والتخزين والاستخدام. تستخدم مجموعات التعبئة لتحديد درجة التغليف الواقي المطلوبة للبضائع الخطرة أثناء النقل. المجموعة الأولى تمثل خطرًا جسيمًا، والمجموعة الثانية تمثل خطرًا متوسطًا، والمجموعة الثالثة هي الأقل خطرًا.
مخاطرة: وضع يتضمن التعرض لخطر (مثال، عند تعريض شيء قابل للإصابة لخطر).
مخلوط منضبط التركيب: خليط من الهواء والوقود ذو تركيب كيميائي مكافئ لنسبة الهواء إلى الوقود منضبطة التركيب.
مدى الاشتعالية: الفرق العددي بين الحد الأعلى والأدنى للانفجار والذي يقاس بالتركيز الحجمي للمادة في الهواء وفقًا لما حددته التجربة والذي لا يحدث الاشتعال إذا زاد عن هذا التركيز أو قل عنه.
مذيب: سائل قادر على إذابة مواد أخرى. وعادة ما يستخدم في الاستخدامات الصناعية، للدلالة على مادة كيميائية قادرة على إذابة المنتجات القائمة على البترول.
مصد: يتكون من ركام أو كومة من التربة ويُستخدم تحديدًا كحاجز أو كعازل.
مُعامل التجزؤ: نسبة تركيزات المركب في مرحلتين لمزيج من مذيبين غير قابلين للمزج في حالة الاتزان. وتقيس معاملات التجزؤ قابلية الذوبان التفاضلية للمركب بين هذين المذيبين.

معامل التمدد الحراري الحجمي: التغير في حجم السائل لكل تغير في درجة الحرارة مقداره درجة واحدة.
معدل احتراق الكتلة: الفقد في الكتلة لكل وحدة زمن من المواد التي تحترق في ظروف محددة.
مكان مغلق: مصطلح يستخدم في أمن العمل للدلالة على مساحة تتسم بالانغلاق ومحدودية القدرة على الوصول إليها.
ملجم/م^3 وحدة مترية لقياس التركيز (الوزن/الحجم): يُعبر عنها بوحدة الوزن المليجرام لكل متر مكعب من الحجم.
مم زئبق ملليمتر زئبق. مقياس للضغط.
من المهد إلى اللحد: تقييم بيئي لتأثير منتج أو مادة كيميائية عبر دورة الحياة بالكامل، من التصنيع إلى التخلص منه في النهاية.
منطقة الدعم: المنطقة الخارجية من مناطق التحكم في المواقع، وتعد منطقة الدعم هي المحيط المستخدم لتجهيز معدات الاستجابة وتحديد موقع مركز القيادة ومركز الاتصالات.
منطقة تقليل التلوث (CRZ): منطقة تحكم في الموقع تحيط بمنطقة الحظر. لا تحتوي منطقة تقليل التلوث إلا على نقطة وصول واحدة لدخول أفراد الاستجابة والمعدات، بالإضافة إلى ممر التطهير لتنظيف الأفراد والمعدات عند الخروج من منطقة الحظر.
مواد الإطفاء: هي مادة تمنع انتشار الحريق وتوقف التفاعل الكيميائي الذي يسمح باستمرار الحريق. تتضمن مواد الإطفاء المثالية لحرائق الميثانول الرغوة المقاومة للكحول، أو البودرة الجافة أو ثاني أكسيد الكربون (الذي ينبعث من مصادر تنطلق أوتوماتيكيًا) أو المياه بكمية تزيد بثلاثة إلى أربعة أضعاف حجم الميثانول.
موصلية كهربية نوعية (انظر أيضًا توصيل كهربي).
مول (مولات): المول هو في الوزن الجزيئي لعنصر أو مادة كيميائية أو مركب أو مادة.
مُولد طفرة: مادة تسبب حدوث طفرات في الإنسان أو الحيوان. والطفرة هي تغير في المادة الوراثية لإحدى خلايا الجسم. ويمكن أن تسفر الطفرات في الإنسان عن حدوث عيوب خلقية في المواليد والتسبب في حالات إجهاض والإصابة بالسرطان.
ميثانول (كحول ميثيلي، كحول الخشب) الميثانول (CH_3OH): هو سائل عديم اللون سام ليس له رائحة نفاذة وذو مذاق ضعيف للغاية. وعلى الصعيد الكيميائي، هو أبسط أنواع الكحوليات ويُشتق من خلال استبدال ذرة الهيدروجين الخاصة بمجموعة الميثيل بذرة هيدروكسيد. ويكون الميثانول سائلًا عند درجة حرارة وضغط الغرفة ويمكن مزجه مع الماء والجازولين بكافة أجزائه. كما أنه مذيب مؤين سرعان ما ينتشر في بيئة السطح ويصبح غير سام سريعًا من خلال عمليات التخفيف والانحلال المصاحبة. إلا أنه من الصعب إزالته من المياه الجوفية الصالحة للشرب وذلك نظرًا لقابليته للذوبان.

-ن-

نسبة الهواء إلى الوقود منضبطة التركيب: نسبة الكمية النظرية من الهواء (معبرًا عنها بالمول أو الكتلة) إلى كمية الوقود معبرًا عنها بنفس الوحدات التي تحتوي على كمية من الأكسجين تكفي لاحتراق كامل وتام للهيدروجين والكربون اللذان يحتوي عليهما الوقود بنسبة 100%. نسبة الأكسجين إلى الوقود: أكسجين/وقود = (1 + س/4) حيث س = السعة الحرارية للوقود.
نسبة الهواء إلى الوقود: هواء/وقود = (21/100)(أكسجين/وقود)
نقطة الاشتعال الذاتي/ درجة حرارة الاشتعال الذاتي: أدنى درجة حرارة لازمة لبدء أو إحداث احتراق ذاتي بدون الاعتماد على مصدر تسخين أو عنصر ساخن. عند ارتفاع درجة حرارة السائل سريع الاشتعال لتكون أعلى من نقطة الاحتراق، يتم الوصول إلى أدنى درجة حرارة يحدث عندها الاحتراق الذاتي في غياب مصدر الإشعال. وتسمى درجة الحرارة هذه نقطة الاشتعال الذاتي أو درجة حرارة الاشتعال الذاتي.
نقطة الانصهار(M.P.): اختصار شائع لدرجة حرارة نقطة انصهار مادة صلبة.
نقطة الحريق: أدنى درجة حرارة يحدث عندها الاحتراق الذاتي.
نقطة الغليان أو درجة حرارة نقطة الغليان (B.P.): درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة من حالتها السائلة إلى حالة البخار. وعادة ما يتم التعبير عن نقطة الغليان بدرجات قياس الحرارة (المئوية أو السيليزية أو فهرنهايت أو كلفين أو رانكاين).
نقطة الوميض/درجة حرارة نقطة الوميض: أدنى درجة حرارة تُصدر عندها مادة سائلة (أو صلبة) قدرًا كافيًا من البخار عند الضغط الجوي أو عند ضغط مقارب له لِيُنتج أولًا مزيجًا قابلًا للاشتعال عند وجود هواء بالقرب من سطح المادة السائلة أو داخل جهاز الاختبار. وتعرّف United States Department of Transportation درجة حرارة نقطة الوميض بأنها "أدنى درجة حرارة تُنتج عندها المادة بخارًا (أبخرة) سريع الاشتعال يشتعل عند وجود شرارة أو لهب". ولا يكون للمصطلح عادة دلالة أو مغزى عند تطبيقه على الغازات أو المواد الصلبة سريعة الاشتعال.

-و-

وحدة (وحدات) الضغط الجوي: هي مقياس للضغط الجوي عند معدل مستوى سطح البحر وتبلغ 14.7 رطلاً لكل بوصة مربعة.
وزن نوعي: كتلة حجم معين من المادة مقارنة بكتلة حجم مماثل من الماء.
وعاء صندوقي: إناء محمول يستخدم على نطاق واسع لاحتواء كميات صغيرة نسبيًا من المواد الكيميائية السائلة أثناء الشحن والتخزين. والإناء الذي يُسمى الوعاء الصندوقي الضخم هو صندوق معدني محكم الغلق ومُصنّع من الصلب الذي لا يصدأ درجة 304. وهذا الوعاء مزود بمقابض للرفع على جوانبه الأربعة العلوية وأرجل قصيرة على جوانبه الأربعة السفلية.

الفصل

13

13 المراجع

13.1 قائمة المراجع

1. Alliance Technical Services, Inc. 2007. Use of Methanol as a Transportation Fuel. Prepared for Methanol Institute. November.
2. ALTENER Energy Framework Programme. 2003. Technical and Commercial Feasibility Study of Black Liquor Gasification with Methanol/DME Production as Motor Fuels for Automotive Uses – BLGM. Ekbom, Tomas, et al. European Commission. Contract No. 4.1030/Z/01-087/2001 .
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2001. Methanol – Documentation for the Threshold Limit Value.
4. American National Standards Institute/Underwriters Laboratories (ANSI/UL) – 1203 Explosion-proof and Dust-Ignition-proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations.
5. American National Standards Institute/Underwriters Laboratories (ANSI/UL) – 913 Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and II Division 1, Hazardous Locations.
6. American Petroleum Institute (API). 1986. Storage and Handling of Gasoline-Methanol/Cosolvent Blends at Distribution Terminals & Service Stations. API Recommended Practice 1627. First Edition. August.
7. American Society for Testing Materials (ASTM). 2007. D 5797-07. Standard Specification for Fuel Methanol (M70–M85) for Auto Spark Ignition Engines. September.
8. Armour, M.A. Hazardous Laboratory Chemicals: Disposal Guide, CRC Press, © 1991, ISBN 0-8493-0265-X.
9. ASTM International. 2004. ASTM E 681-04. Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases). American National Standards Institute (ANSI.(
10. Becker, C.E., Methanol Poisoning. The Journal of Emergency Medicine. Volume 1: pp. 51-58.
11. California Energy Commission. 1996. Methanol Fueling System Installation and Maintenance Manual. Transportation Technology and Fuels Office. March.

12. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment, 2003. Methanol. Technical Support Document: Toxicology Clandestine Drug Labs/Methamphetamine. Volume 1. Number 10.
13. Canadian Association of Chemical Distributors. 2004. Code of Practice for Responsible Distribution®. December.
14. Canadian Chemical Producer's Association (CCPA). 2003. Product Stewardship Guide to the Purchasing, Marketing, Sales, Use & Phases of the Product Lifecycle. December.
15. Covello, V. 2002. Risk and Crisis Communication. Center for Risk Communication. Powerpoint Presentation .
16. Dean, John A., editor. 1992. Lange's Handbook of Chemistry, 10th ed. McGraw-Hill.
17. Det Norske Veritas (USA) Inc. 2002. Risk Assessment Comparing the Transportation and Use of Gasoline for Combustion Engine Vehicles and Methanol for Fuel Cell Vehicles. Prepared for the Fuel Cell Methanol Specifications Working Group. December 2.
18. DeWitt & Company, Inc. 2002. Methanol Market Distribution in the United States. Prepared for the Methanol Institute. September.
19. Emergency Response Guidebook. 2008. Canadian Transport Emergency Centre (CANUTEC), Transport Canada, United States Department of Transportation (DOT), Secretariat of Communications and Transport of Mexico (SCT). United States Government Printing Office: ISBN 978-0-16-079456-8.
20. Glassman, I., 1987. Combustion, 2nd Edition.
21. Goodwin, Robert D., 1987. Methanol Thermodynamic Properties from 176 to 673 K at Pressures to 700 bar. Journal of Physical and Chemical Reference Data, Vol. 16, Issue 4, October, pp. 799-892.
22. Handbook of Chemistry and Physics, 44th Edition, CRC Press.
23. Health Effects Institute (HEI). 1999. Reproductive and Offspring Developmental Effects Following Maternal Inhalation Exposure of Methanol in Nonhuman Primates. Research Report Number 89. October.
24. ICF Consulting. 2000. Risk Management Framework for Hazardous Materials Transportation. Submitted to U.S. Department of Transportation. Research and Special Programs Administration. November.
25. International Electrotechnical Commission (IEC) 60050-426. 2008. Equipment for Explosive Atmospheres .
26. International Electrotechnical Commission (IEC) 60079-4.1975. Method of Test for Ignition Temperature. 60079-4A: Addendum.
27. International Electrotechnical Commission (IEC) 801-2. 1991. Electromagnetic Compatibility for Industrial Process Measurement and Control Equipment.
28. International Fire Code (IFC). 2006. Flammable and Combustible Liquids. Chapter 34. International Code Council .
29. International Methanol Producers and Consumers Association (IMPCA). 2008. IMPCA Methanol Reference Specifications. January Update.
30. Jacobson, D., McMartin, K. 1986. Methanol and Ethylene Glycol Poisonings: Mechanisms of toxicity, clinical course, diagnosis and treatment. Medical Toxicology I: 309-334.

31. Jim Jordan & Assoc., LLP. 2004. U.S. Methanol Overview – 2003 Demand and Production. Prepared for the Methanol Institute. June 2.

32. Kavet, R., Nauss, K. 1990. The Toxicity of Inhaled Methanol Vapors. Toxicology. 21 (1): 21-50.

33. Kuchta, Joseph M. Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical, Mining, and Fuel-Related Industries - A Manual. U.S. Department of the Interior Bureau of Mines Bulletin 680.

34. Malcolm-Pirnie, Inc. 1999. Evaluation of the Fate and Transport of Methanol in the Environment. Prepared for the American Methanol Institute. January.

35. Marchetti, C. 1980. On Energy Systems in Historical Perspective, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, Prepared for the 1980 Bernard Gregory Lecture, CERN, Geneva, Switzerland, November 13.

36. Methanex Corporation. 2003. Corporate Manual. Container Filling Best Practice. Document #CR3RC250.

37. Methanex Corporation. 2005. Methanol Material Safety Data Sheet (MSDS). www.methanex.com/products/documents/MSDS_USenglish.pdf

38. Methanex Corporation. 2006. Technical Information and Safe Handling Guide for Methanol. Version 3.0. September .

39. Methanol Fuel Cell Alliance. 2002. Joint Position Document. September.

40. Motorola Corporation, Cell Phone Usage At Gasoline Stations, 1999. Doc. No. SF27489.000 BOTO 1299 CMO3. by Exponent Failure Analysis Associates, 149 Commonwealth Drive, Menlo Park, CA 94025, December.

41. National Advisory Committee (NAC) for Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) for Hazardous Substances. 2004. Final Meeting-32 Highlights. U.S. Department of Labor. Washington, D.C. April 19-21.

42. National Electrical Code (NEC). 2008. NFPA 70. Chapter 5, Special Occupancies. Hazardous Locations, Classes I, II, and III Divisions 1 and 2. National Fire Protection Association.

43. National Fire Protection Association (NFPA), 2008. U. S. Vehicle Fire Trends and Patterns. Ahrens, Marty, July.

44. National Fire Protection Association (NFPA). 1994. No. 325, Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids .

45. National Fire Protection Association (NFPA). 2008. NFPA 30, Flammable and Combustible Liquids Code.

46. National Fire Protection Association (NFPA). 2008. NFPA 30A, Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages.

47. National Toxicology Program – Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction (NTP-CERHR, 2003). NTP-CERHR Monograph on the Potential Human Reproductive and Developmental Effects of Methanol. NIH Publication No. 04-4478. September.

48. New Jersey Dept. of Health and Senior Services. 2002. Hazardous Substances Fact Sheet – Methyl Alcohol. Revision. April.

49. Olah, G.A., Goeppert, A., Prakash, G.K.S. 2006. Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy: Wiley-VCH Publishers .

50. Organization for Economic Cooperation and Development's (OECD). 2003. Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness, and Response..
51. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th Edition, 1984. McGraw-Hill Book Company, San Francisco .
52. SAE Cooperative Research Program. 1991. A Discussion of M85 (85% Methanol) Fuel Specifications and Their Significance. September.
53. SAE International. 1990. Summary of the Fire Safety Impacts of Methanol as a Transportation Fuel. May.
54. SIDS-OECD. 2004. SIDS Initial Assessment Report -- Methanol. Draft. Prepared by BASF AG. Reviewed by USEPA. October.
55. Stegink, L.D., et. al. 1981. Blood Methanol Concentrations in Normal Adult Subjects Administered Abuse Doses of Aspartame. Journal of Toxicology and Environmental Health. 7: 281-290.
56. 3M™ Respirator Selection Guide. 2008.
57. U.S. Department of Defense. (DOD). Standard Practice DOD-HDBK-263, Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies, and Equipment (excluding Electrically Initiated Explosive Devices.(
58. U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST). Chemistry WebBook. http://webbook.nist.gov/chemistry./
59. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Hazardous Waste Operations and Emergency Response (HAZWOPER). Code of Federal Regulations (CFR) Title 29 section 1910.120 .
60. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Process safety management of highly hazardous materials. Code of Federal Regulations (CFR) Title 29 Section 1910.119 .
61. U.S. Department of Health and Human Services (USDHHS). 2002. Communicating in a Crisis: Risk Communication Guidelines for Public Officials. Washington, D.C .
62. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1994. Chemical Summary for Methanol, prepared by Office of Pollution Prevention and Toxics. EPA 749-F-94-013a, August.
63. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1994. Methanol Fuels and Fire Safety. Fact Sheet OMS-8. Office of Mobile Sources. August.
64. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2003. Considerations in Risk Communication: A Digest of Risk Communication as a Risk Management Tool. Technology Transfer and Support Division, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development. March.
65. Underwriters Laboratories (UL), 1604 - Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2, and Class III Hazardous (Classified) Locations.
66. Uniform Fire Code, 1997. Article 52, Motor Vehicle Fuel-Dispensing Stations.
67. Vermillion, B.; Nguyen, P.; Tsan, E.; Herz, R. (Project Advisor). 2001. Feasibility Study of Methanol As Transportation Fuel. March 18. http://chemelab.ucsd.edu/methanol01/Feasibility.htm
68. XCellsis, Inc. 2002. Methanol Fuel Quality Specification Study for Proton Exchange Membrane Fuel Cells. Final Report. Prepared for AQMD. February.

69. Cameron, I. Methanex CIBC World Markets. 2010. Whistler Institutional Investor Conference. January 21. (http://www.methanex.com/investor/documents/CIBCJan21WhistlerConference-FINAL.pdf

70. 5th Methanol Markets & Technology Conference. 2010. Muscat, Oman. February 23.

71. ICIS News. 2010., January 4. (www.icis.com(

72. MMSA Global Methanol Supply and Demand Balance. 2005-2010. (www.methanol.org.(

73. Mogens, H.; van Loosdrecht, M. C. Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling and Design, IWA Publishing, 2008.

74. Horan, N.J.; Lowe, P.; Stentiford, E. I. 1994. Nutrient Removal from Wastewaters, CRC Press.

75. Spellman, F.R. 2009. Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, CRC Press.

76. FCTec. Fuel Cell Basics: Direct Methanol Fuel Cells (DMFC). (http://www.fctec.com/fctec_types_dmfc.asp(

77. Crawley, G. 2007. Fuel Cell Today, “Direct Methanol Fuel Cells (DMFC).” August.

78. Dpreview.com. 2004. Toshiba’s Methanol Fuel Cell. June 24. (http://www.dpreview.com/news/0406/04062401toshibafuel.asp(

79. PC World Magazine. 2009. Toshiba Launches Methanol Fuel Cell Charger. Oct 22. (http://www.pcworld.com/article/174113/toshiba_launches_methanol_fuel_cell_charger.html(

80. Methanol Fuel Cell Alliance. 2002. Joint Position Document. Sep 15. (http://www.methanol.org/Energy/Resources/Fuel-Cells/MFCA-overall-document-from-09_06.aspx(

81. GE Position Paper. 2001. Feasibility of Methanol as Gas Turbine Fuel. February 13, 2001. (http://www.methanol.org/Energy/Resources/Fuel-Cells/GE-White-Paper.aspx(

82. De Corso, S. M.; Clark, A. S. Editors. 1983. American Society of Testing and Materials, Stationary Gas Turbine Alternative Fuels: STP 809 .

83. Popular Science. 1975. Alcohol Power: Can it Help you Meet the Soaring Cost of Gasoline? April.

84. Kontogeorgis, G. M., Folas, G. K. 2009. Thermodynamic Models for Industrial Applications, pp 306-316. John Wiley and Sons.

85. Barden, A. J.; Powers, M. D.; Karklis, P. 1996. The Pipeline Pigging Conference, Evaluation of Pipeline-drying Techniques, Jakarta, Indonesia. May 27-30. (Organized by the Pipe Line & Gas Industry and Pipes and Pipelines International with the support of the Australian Pipeline Industry Association(

86. Methanol Institute. 2010. Methanol Institute’s Comments on the Draft Toxicological Review of Methanol (IRIS). March 15. (http://www.methanol.org/Health-And-Safety/Safety-Resources.aspx(

87. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2009. Draft IRIS Toxicological Review of Methanol. December.

88. Pimentel, D.; Patzek, T.W. 2005. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. Natural Resources Research, Vol. 14, No. 1, March.

89. Lonza, L.; Hass, H.; Maas, H.; Reid, A.; Rose, K. D. 2011. EU renewable energy targets in 2020: Analysis of scenarios for transport. JEC Biofuels Programme. JRC Scientific and Technical Reports. EUR24770 EN –2011.

90. Carbon Recycling International. 2011. The CO2 to Liquid Fuels Company. Methanol Facts, July. (http://www.methanol.org/Environment/Renewable-Methanol.aspx(

91. BioMCN and Bio-Methanol. 2011. Methanol Facts, July. (http://www.methanol.org/Environment/Renewable-Methanol.aspx.(

92. CHEMREC. 2011. CHEMREC Gasification Technology Turns Pulp and Paper Mills into Biorefineries. August. (www.chemrec.se.(

93. Manwaring, R. et al., Chem. Ind., 1973, p. 172.

ملحق

A

A معلومات بشأن سلامة العمليات

A.1 تقنية العملية

ينبغي جمع عناصر المعلومات والوثائق التالية ومراجعتها على أنها معلومات خاصة بسلامة العمليات وتتعلق بتقنية العملية.

وصف العملية	حدود عوامل التشغيل
مواد التغذية	الضغط ودرجة الحرارة ومعدل التدفق
الكيمياء	الحدود القصوى والدنيا للتشغيل الآمن
حركيات الكيمياء (إذا كان لها علاقة)	الحد الأقصى للزمن عند الحدود القصوى والدنيا
المنتجات الوسيطة	متطلبات الصيانة المتخصصة
مواد متفاعلة/مواد محفزة	
متطلبات المرافق (بخار وغاز طبيعي وغازات صناعية وأوساط خاصة لنقل الحرارة وما إلى ذلك.)	
ظروف خاصة (ضغط شديد الارتفاع، ودرجة حرارة مرتفعة للغاية، ودرجات حرارة منخفضة للغاية وغيرها.)	
التفاعلات المنفلتة المحتملة	
مخطط سير العمليات	
العناصر الرئيسية للمعدات (الاسم ورقم العنصر)	
توازن المادة والحرارة	
عوامل التشغيل النموذجية	
سبائك خاصة	
متطلبات المرافق	
مواصفات الأنابيب	
المواصفات الفنية لوعاء الضغط	

A.2 المعدات

ينبغي جمع عناصر المعلومات والوثائق التالية ومراجعتها على أنها معلومات خاصة بسلامة العمليات وتتعلق بمعدات النظام.

وصف وحدة العملية	قائمة الصمامات المقيدة الحركة/المغلقة بسلسلة
اسم وحدة العملية	رقم الصمام

مخطط كتلي يوضح عمليات الوحدات	وصف الصمام
مواد التغذية والمواد الوسيطة والمنتجات وحجم تخزين المنتجات الوسيطة	السيناريو المتخذ ضده إجراءات وقائية
كيمياء العمليات	الوضع العادي
إستراتيجية إعادة التدوير ومعالجة المواد المخالفة للمواصفات	الظروف الملائمة لتغيير الوضع
مخططات الأنابيب والأدوات (P&IDs)	السيناريو المتخذ ضده تدابير الحماية
مواصفات الأنابيب	العواقب المترتبة على الفتح أو الغلق
قائمة بالمعدات مرقمة العناصر (تتضمن الأجهزة)	ظروف التشغيل أو القيود التنظيمية الخاصة
اسم المُعدة	بيانات فحص الأنابيب
رقم بطاقة المُعدة	بيانات فحص وعاء الضغط
سعة المُعدة (الحجم والوزن ومعدل المعالجة)	مخطط تركيب المعدّة مع تصنيف مناطق الخطر
ظروف تشغيل المعدة	المخططات الكهربية أحادية الخطوط
الحدود القصوى/الدنيا للتشغيل الآمن	منطق جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)
الجهة المصنِعة	سجلات فحص/اختبار/إعادة إصلاح صمامات أمان العمليات
تاريخ دخول الخدمة	التصنيف الكهربي للمنطقة
العمر الافتراضي	موقع محطات الكهرباء الفرعية
حدود التشغيل الآمن لعوامل التحكم	موضع طاقم المفاتيح الكهربائية
رموز تصميم/تصنيع المُعدة	متطلبات المرافق
سجلات الصيانة والاختبار والفحص	إجراءات التشغيل
إجراءات الصيانة	أنظمة الأمان (أجهزة إطفاء الحريق والأجهزة الكاشفة وغيرها)

الملحق

B

B خصائص الميثانول/ الكحول الميثيلي

B.1 الخصائص الفيزيائية

CH_3OH

- اللون — عديم اللون
- درجة الشفافية — شفاف
- الرائحة — ذو رائحة لاذعة حلوة خفيفة مثل رائحة الكحول الإيثيلي
- حد العتبة المعيارية لاكتشاف الرائحة — يتسم حد العتبة المعيارية لاكتشاف الرائحة أنه شديد التغير في الهواء ويمتد لعدة قيم أسية من 10 جزء في المليون وحتى 20000 جزء في المليون. [12] وتم تسجيل ما يتراوح بين 100 جزء في المليون و1500 جزء في المليون [3] 141 جزء في المليون [56]
  160 جزء في المليون – يعد نطاق قيم حد العتبة المعيارية لاكتشاف الرائحة المقبولة واسعًا للغاية. يجب توخي الحذر فيما يتعلق بالاعتماد على الرائحة وحدها كتحذير من تعرض خطير محتمل للمواد الكيميائية. [48] [48]
- عوامل التحويل — 1 جزء في المليون = 1.33 ملجم/م^3؛ 1 ملجم/م^3 = 0.76 جزء في المليون

B.1.1 الحالة الصلبة

CH_3OH(صلب) — درجة الحرارة < **-98**° مئوية (**-144**°فهرنهايت); الضغط = **1** وحدة ضغط جوي (**14.7** رطل لكل بوصة مربعة مطلق)

B.1.2 الحالة السائلة

$CH_3OH_{(liquid)}$ — **-98**°مئوية (**-144**°فهرنهايت) < درجة الحرارة < **65**°مئوية (**149**°فهرنهايت); الضغط = **1** وحدة ضغط جوي (**14.7** رطل لكل بوصة مربعة مطلق)

- الوزن النوعي للسائل بالنسبة للماء (ماء = 1.0):
  0.7866 @ 25/4°مئوية
  0.7915 @ 20/4°مئوية
  0.7960 @ 15/4°مئوية
  0.8 @ 20° مئوية (68°فهرنهايت)
- الكثافة — 6.63 أرطال/ جالون أمريكي عند درجة حرارة 60 °فهرنهايت

- اللزوجة [37]، [16]

1.258 ملي باسكال ثانية عند -25°مئوية (-13°فهرنهايت)
0.793 ملي باسكال ثانية عند 0°مئوية (32°فهرنهايت)
0.808 ملي باسكال ثانية عند 0°مئوية (32°فهرنهايت)
0.690 ملي باسكال ثانية عند 10°مئوية (50°فهرنهايت)
0.593 ملي باسكال ثانية عند 20°مئوية (68°فهرنهايت)
0.544 ملي باسكال ثانية عند 25°مئوية (77°فهرنهايت)
0.449 ملي باسكال ثانية عند 40°مئوية (104°فهرنهايت)
0.349 ملي باسكال ثانية عند 60°مئوية (140°فهرنهايت)

ملاحظة: 1 ملي باسكال ثانية = 1 سنتي بواز

- معامل التمدد الحراري الحجمي

0.00149 لكل °مئوية عند 20 ° مئوية
0.00159 لكل °مئوية عند 40 ° مئوية

- التوصيل الحراري

207 ملي وات/ملي كلفن عند 0°مئوية (32°فهرنهايت)
200 ملي وات/ملي كلفن عند 25°مئوية (77°فهرنهايت)

- تركيز التشبع (نسبة البخار في الهواء)

166 جرام/م^3

- الضغط البخاري عندما يكون الضغط الكلي= (14.7 رطل لكل بوصة مربعة مطلق)

1.86 رطلًا لكل بوصة مربعة (96 مم زئبق) كيلو باسكال مطلق @ 20°مئوية (68°فهرنهايت)

- الضغط البخاري عندما يكون الضغط الكلي=□(760 مم من الزئبق)

126 مم زئبق عند 25°مئوية (77°فهرنهايت)

- الضغط البخاري عندما يكون الضغط الكلي=□(14.7 رطل لكل بوصة مربعة مطلق)

4.63 رطلًا لكل بوصة مربعة عند 38°مئوية (100°فهرنهايت)

-

ضغط بخار ريد 32 كيلو باسكال (4.6 رطل لكل بوصة مربعة) عند 15.6 °مئوية (60°فهرنهايت)

- التطاير

100 ٪ من الحجم
99.9 ٪ من الوزن

- معدل التبخر (خلات البيوتيل = 1)

4.6

- معدل التبخر (الإثير = 1)

5.2

- التوتر السطحي

22.5 داين/سم

- التوصيل الكهربي

4.4×10^7 بيكو سيمنز/متر

- الضغط البخاري للسائل:

الضغط بالمم من الزئبق	درجة الحرارة بالدرجة المئوية (درجة فهرنهايت)	الضغط بالمم من الزئبق	درجة الحرارة بالدرجة المئوية (درجة فهرنهايت)
1	-44.0 (-47)	1520	84.0 (183)
10	-16.2 (3)	3800	112.5 (234)
40	5.0 (41)	7600	138.0 (280)
100	21.2 (70)	15200	167.8 (334)
400	49.9 (122)	30400	203.5 (398)
760	64.7 (148)	45600	224.0 (435)

B.1.3 الحالة الغازية

CH_3OH_{vapour}	درجة الحرارة < **65**°مئوية (**149**°فهرنهايت)؛ الضغط = **1** وحدة ضغط جوي
(**14.7** رطل لكل بوصة مربعة مطلق)	
• الكثافة النسبية للهواء المشبع بالبخار (هواء = 1):	1.01 @ 20°مئوية (68 درجة فهرنهايت) 1.02 @ 30°مئوية (86 درجة فهرنهايت)
• كثافة البخار بالنسبة للهواء (هواء = 1.0)	1.1
• اللزوجة	9.68 μ باسكال ثانية عند درجة حرارة 25 درجة مئوية (77 درجة فهرنهايت)
	13.2 μ باسكال ثانية عند درجة حرارة 127 درجة مئوية (261 درجة فهرنهايت)
• التوصيل الحراري	14.07 ملي وات/م كلفن عند درجة حرارة 100 درجة مئوية (212 درجة فهرنهايت)
	26.2 ملي وات/م كلفن عند درجة حرارة 127 درجة مئوية (261 درجة فهرنهايت)
• درجة الحرارة الحرجة	240 درجة مئوية (464 درجة فهرنهايت) 512.5 درجة كلفن
• الضغط الحرج	1124 رطلًا لكل بوصة مربعة مطلق (8.084 ميجا باسكال) 78.5 وحدة ضغط جوي
• الحجم الحرج	0.117 $م^3$/كجم مول
• الكثافة الحرجة	0.2715 جرام/$سم^3$
• عامل الانضغاطية الحرجة	0.224
• العامل اللامركزي	0.556
• ثابت قانون هنري	4.55 x 10^{-6} وحدة ضغط جوي-$م^3$/جرام-مول
• تركيز التشبع المحمول بالهواء	166 جرام/$م^3$
• تحويل التركيز المحمول بالهواء:	

1 ملجم/ملليلتر = 764 جزء في المليون عند درجة حرارة 25 درجة مئوية (77 درجة فهرنهايت) عند 1 وحدة ضغط جوي، 14.7 رطلًا لكل بوصة مربعة مطلق، 760 مم من الزئبق

1 جزء في المليون = 1.31 ملجم/$م^3$ عند درجة حرارة 25 درجة مئوية (77 درجة فهرنهايت) عند 1 وحدة ضغط جوي، 14.7 رطلاً لكل بوصة مربعة مطلق، 760 مم من الزئبق

B.2 الخصائص الكيميائية

• الاسم الكيميائي	الميثانول
• العائلة الكيميائية	الكحول الأليفاتي
• الصيغة الكيميائية	CH_3OH
• الوزن الجزيئي	32.04 جم/مول
• التركيب العنصري حسب الوزن	
○ الأكسجين	50.0 ٪ من الوزن
○ الكربون	37.5 ٪ من الوزن
○ الهيدروجين	12.5 ٪ من الوزن
• قابلية ذوبان CH_3OH (السائل) في الماء:	100٪؛ قابل للمزج بكافة أجزائه
• المذيبات:	الإيثانول، والإثير، والبنزين، والأسيتون، والكحول، الكلوروفورم
• الرقم الهيدروجيني	7.2
• الطلب الحيوي على الأكسجين:	من 0.6 إلى 1.12 أرطال/رطل في 5 أيام

B.2.1 التفاعلية

- سرعة الاشتعال — قد ينفجر عند تعرضه للهب
- الثبات — مادة ثابتة
- البلمرة الخطرة — لن تحدث

B.2.2 التحلل

ينشأ عن الحرارة المفرطة و/أو الاحتراق غير التام ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون والفورمالدهيد، ويحتمل تكوّن ميثانول غير محترق.

B.2.3 حالات التعارض

- يمكن للمحاليل المكونة من الميثانول والماء بتركيز 60:40 ومزيج الميثانول:الماء بتركيز 70:30 الاشتعال بالتفريغ الكهربائي الإستاتيكي (الساكن). [93].
- قد ينفجر مزيج الميثانول والهواء عند ضغط 1.81 بار (26.25 رطلًا لكل بوصة مربعة مطلق) ودرجة حرارة 120 درجة مئوية (248 درجة فهرنهايت)؛ سواء بإضافة الأكسجين والماء أو دون إضافتهما. [8]
- يتفاعل تفاعلًا انفجاريًا مع الكلوروفورم + ميثوكسيد الصوديوم وثنائي إيثيل الزنك.
- يتفاعل بعنف بشكل يتعذر السيطرة عليه مع عوامل ذات قدرة اختزال قوية ومحاليل مخففة من أملاح ألكيل الألومنيوم وثنائي إيثيل الزنك وأسيتيل البروميد وكلوريد السيانيوريك.
- يتعارض مع ثنائي هيدريد البيريليوم. ويكون التفاعل مع الهيدريد المحتوي على الإيثر عنيفًا؛ حتى عند درجة حرارة □-196 درجة مئوية (-321 درجة فهرنهايت). [8].
- يكون تفاعله مع الفلزات القلوية (مثل الصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم) قويًا وغالبًا ما يكون عرضة لفترة حث طويلة. وتتسم مزائجه مع مسحوق الماغنسيوم أو الألومنيوم بالقدرة على الانفجار الصاعق القوي. كما يمكن أن ينتج انفجار عن تفاعله مع البوتاسيوم.
- يتفاعل الميثانول بعنف مع المؤكسدات القوية (مثل هيبوكلوريت الكالسيوم والباريوم والبيركلورات والبيروكسيدات والبرمنجنات والكلورات) والأحماض القوية (مثل حمض النتريك وحمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك) وغازات الهالوجينية (مثل البروم والكلور والفلورين واليود).
- يتفاعل بشكل قوي وخطير مع المواد المُؤكسِدة.
- قد يصبح كلوريد الميثيلين سريع الاشتعال في وجود كمية صغيرة من الميثانول.
- يتفاعل بعنف مع أكسيد الفسفور السائل (III) فوق 24°مئوية (75°فهرنهايت).
- يُحدث تفاعل الميثانول السائل مع ثلاثي بوتوكسيد البوتاسيوم اشتعالاً بعد دقيقتين.

B.3 خاصية التآكل (التآكلية) للفلزات والسبائك والحشوات والبلاستيك

تشير خاصية التآكل (التآكلية) مباشرة إلى مسألة اختيار المواد والتي بدورها تشير مباشرة إلى تطبيق استخدام هذه المواد. ما نوع المعدات محل النقاش؟ هل هي المضخات والأنابيب والأوعية وأبراج تقطير المبادِلات الحرارية والمتراكمات وأفران الإصلاح ومعدات التجريد وغيرها؟ ما هي ظروف العمليات العادية وغير العادية والطارئة؟ ما هي عوامل التحكم القصوى والدنيا والنموذجية: هل هي التدفق ودرجة الحرارة والضغط والتركيب والشوائب وغيرها؟

هل هي عملية مجمعة أم عملية مستمرة؟ ما هو الجدول المتوقع للفحص والاختبار، وما هو برنامج الصيانة المتوقع وما هو عمر الخدمة المرجو؟ وبفرض الحديث عن اختيار معين، ما هي أوضاع وآليات الفشل المتوقعة؟

هذه كلها اعتبارات تدخل في اختيار المواد. فالعملية معقدة فنيًا وصعبة على المستوى التنظيمي. وتفيد المجموعة الكبيرة من الظروف والملابسات التي تقع ضمن إطار اختيار المواد بالنسبة لخدمة الميثانول أن اختيار المادة الأكثر ملاءمة إنما يستند إلى التفاصيل الدقيقة للاستخدام المعيّن.

وبالرغم من أن المسائل المتعلقة باختيار المواد تعد أساسية وربما تأتي بين الأسئلة المتداولة، إلا أنه لا تتوافر إجابات قياسية أو عامة لها. وإقرارًا بهذا، يتسم التوجيه التالي بأنه عام في طبيعته. في حين يتحمل الأشخاص الذين يطرحون الأسئلة مسؤولية البحث عن الإجابات المثلى التي تناسب ظروفهم الخاصة.

- يعد الميثانول اللاماني النقي أكالًا بدرجة معتدلة لسبائك الرصاص والألومنيوم، إلا أن هذه الدرجة تزداد بالنسبة للماغنسيوم والبلاتين. وهذا لا يعني أن سبائك الألومنيوم لا تناسب الخدمات المتعلقة بالميثانول، إنما هو على الأحرى تنبيه للمستخدمين إلى ضرورة إجراء الفحص الدوري والاختبار غير الإتلافي. وتعتبر عمليات تحديد المواد الموجبة وفحصها وإجراء اختبار غير إتلافي لها إجراءات أساسية لتوفير الملاءمة للخدمة المستمرة. ويسري هذا على كافة المواد التي لها حد ضغط في كافة الخدمات الكيميائية، بما في ذلك الميثانول. عادةً ما يكون معدل مهاجمة التآكل لسبائك الألومنيوم في شكل تنقر بطيء، لكنه قد يتسارع ليصل إلى حد يهدد سلامة المكونات البنيوية إذا لم يتم توقعه ومراقبته.

هذا، ويمكن أن تكون محاليل الميثانول والماء أكالة لبعض السبائك غير الحديدية وذلك وفقًا لظروف الاستخدام والظروف البيئية. ويسري هذا التحذير على المعدات المكونة من سبائك النحاس والصلب المجلفن والتيتانيوم ومكونات سبائك الألومنيوم وبعض المواد البلاستيكية والمركبات. وتبدي الطلاءات المكونة من النحاس (وسبائك النحاس) والزنك (بما في ذلك الصلب المجلفن) والألومنيوم انحلالًا تآكليًا مختلف الأنواع وبمعدلات متنوعة تبعًا للظروف المصاحبة للاستخدام. وبوجه عام، تكون مهاجمة المواد الأكالة للمكونات البنيوية مثل الأسقف العائمة المصنوعة من سبائك الألومنيوم والمستخدمة في خزانات التخزين بطيئًا، وهي تتطلب الفحص البصري الدوري وإجراء الاختبار غير الإتلافي للتحقق من "الملاءمة للخدمة المستمرة". وينطبق هذا القول أيضًا على المواد المصنع منها أنابيب المبادلات الحرارية ومكونات المضخات والمكونات الداخلية للصمامات وأجهزة الاستشعار التي لها اتصال مباشرة بالميثانول.

- عادة ما يتم اختيار الحديد المطاوع لاستخدامه كإحدى مواد البناء بشرط استبعاد الرطوبة من النظام. وفي حال توقع وجود رطوبة وكميات ضئيلة من الأملاح غير العضوية داخل النظام من حين لآخر، فينبغي عندئذ التفكير في الترقية من حديد الزهر إلى الحديد الصلب بدرجة 316 L أو حتى الحديد الصلب من درجة 316 L المقوى بالتيتانيوم أو الموليبدينوم. وتكمن المشكلة التي يمثلها وجود الرطوبة والأملاح غير العضوية في التآكل في داخل المناطق المتأثرة بحرارة اللحام. حيث يمكن أن تواجه سلامة اللحام مشكلة.

- يعد استخدام الحديد الصلب من سلسلة 300 منخفض الكربون والمقوى بالموليبدينوم الممارسة المثلى في هذه الحالة. وبالرغم من ارتفاع ثمن هذه المادة، إلا أنها تعمل على الحماية من التآكل العام والتآكل النقري والتشقق التآكلي الإجهادي والتشقق المستحث بالهيدروجين وتلوث المنتج. كما يتم استخدام الحديد المطاوع بشكل واسع في عمل شبكات الأنابيب. في حين يتم تصنيع وصلات الأنابيب مزودة بحواف ملحومة وحشوات متوافقة مع الميثانول. ولا تعتبر الوصلات الملولبة مناسبة في الخدمات المتعلقة بالميثانول. فلا ينبغي استخدام المواد غير الحديدية في بناء شبكات الأنابيب الدائمة. ويُوصى بحماية أماكن التخزين الواقعة تحت الأرض وخطوط الأنابيب المدفونة والأنابيب الموجودة تحت الأرض بنظام الحماية المهبطية (الكاثودية). وأن يتم التفتيش عليها بصورة منتظمة.

- يعد كثير من الراتينجات وأنواع النايلون والمطاط؛ مثل النيوبرين والنيتريل (بونا-ن) وإثيلين البروبيلين (EPDM)؛ مناسبًا بالرغم من أن بعضها أكثر مناسبة في الاستخدامات المتدفقة من غيرها. ولا توصي الجهات المصنعة لبونا-ن باستخدامه في الاستخدامات الديناميكية (أي الخدمة في تدفقات الميثانول). لكنه مقبول في الاستخدامات السائلة الساكنة، غير أنه لا يعتبر المادة الأفضل في الخدمات المتعلقة بالميثانول.

- يتم استخدام المواد المعالجة بالفلور مثل تيفلون على نحو مرضٍ كمكونات للمعدات في الخدمات المتعلقة بالميثانول. ومن بين هذه المواد، يقدم تيفلون درجة جيدة من ثبات الأبعاد فضلاً عن كونهً مقاومًا لهجوم التآكل والتحلل.

- ينبغي أن تحتوي الخراطيم المطاطية على لفة أسلاك معدنية داخلية لمنحها القوة والتوصيل الكهربي. كما ينبغي قصر استخدام الخراطيم على الاستخدامات المؤقتة فقط مثل التحميل والتفريغ. هذا، ويتعين أن تكون مادة الخرطوم متوافقة مع الخدمة المتعلقة بالميثانول. كما ينبغي وضع ملصقات واضحة على جميع الخراطيم تفيد أنها مخصصة للخدمات المتعلقة بالميثانول فقط. وكذلك يجب تغطية نهايات الخرطوم أو حمايتها بأية طريقة أخرى للحيلولة دون تلوثه أثناء التخزين. يجب تغيير الخراطيم بصورة دورية واستبدالها بأخرى جديدة، بدلاً من أن تبقى في الخدمة حتى تتعرض للتلف.

- يتعين غسل الخراطيم والأنابيب المستخدمة لأول مرة بالماء ثم الميثانول لضمان إزالة الملوثات قبل إدخالها في الخدمة.

- وتصنف شركة Methanex مدى توافق مواد الحشوات والحلقات الدائرية على شكل حرف "O" في خدمات عربات النقل التي تعمل بوقود الميثانول طبقًا للجدول التالي.

مدى توافق الحشوات والحلقات الدائرية على شكل حرف "O" مع الميثانول[7]		
مادة الحشوات/الحلقة الدائرية	التقييم[8] (التوافق مع وقود الميثانول في خدمة عربات النقل)	يوصى به[9،10]
المطاط الطبيعي	جيد	لا توجد توصية
EPDM (ايثيلين - بروبيلين	جيد	نعم، يوصى به
نيوبرين	جيد	نعم، يوصى به
سيليكون	جيد	نعم، يوصى به
كالريز	جيد	نعم، يوصى به
تيفلون	جيد	لا توجد توصية
فلوروسيليكون	جيد	لا توجد توصية
بونا- ن	متوسط	لا يوصى به
نيتريل	متوسط	لا يوصى به
بولي يوريثان	أحيانًا يكون جيدًا	لا توجد توصية
مطاط البيوتيل	سيء	لا توجد توصية
بيوتادين	لا توجد بيانات	لا توجد توصية
فلوروكربون	لا توجد بيانات	لا توجد توصية
الفيتون (معظم الأنواع)	لا يوجد تصنيف	لا يوصى به

يعد الميثانول إحدى البيئات المتخصصة القليلة التي قد تسبب التشقق التآكلي الإجهادي (SCC) في سبائك التيتانيوم. وقد حدثت حالات فشل ناتجة عن التشقق التآكلي الإجهادي في الميثانول الجاف ومزيج الميثانول/الحمض ومزيج الميثانول/الهاليد. ويعتبر الماء مانعًا فعالًا للتآكل، كما أنه يحافظ على سالبية التيتانيوم في الكثير من البيئات في حال وجوده بتركيزات بالوزن %. ويقدم الجدول التالي توجيهًا عامًا في هذا الإطار.

درجة سبيكة التيتانيوم	نسبة الماء من الوزن في التعرض المتقطع[أ]	نسبة الماء من الوزن في التعرض المستدام[ب]
1,2,7,11,16,17	1.5	2.0
12 ,9	2.0	2.0
28	2.5	3.0
23 ,5	3.0	3.0
6-2-4-6 ,29 ,19	5.0	10.0
[أ]التعرض المتقطع = التعرض قصير الأجل غير المتواصل		

[7] المرجع: موقع efunda - للأساسيات الهندسية، efunda.com؛ دليل توافق الحلقات الدائرية على شكل حرف "O".

[8] ملاحظة احترازية تتعلق بالبونا-ن والنتريل: هذه المواد قد تناسب الحالات الثابتة مثل القفازات التي تحمي من الاتصال بالميثانول. وبوجه عام، لا يوصى بهذه المواد في الحالات المتعلقة بسريان الميثانول، مثل الحشوات الموضوعة على المضخات والوصلات.

[9] ملحوظة تتعلق بالفيتون F: معظم أنواع الفيتون لا يوصى بها لخدمة الميثانول نظرًا لتورم المادة حين تتعرض للميثانول. ولكن، لا يظهر على مادة فيتون F سوى تغييرات بسيطة عند التعرض للميثانول. ويوصي المصنّعون باستخدام الفيتون F لخدمة الميثانول.

[10] المرجع: شركة Daemar Inc. (daemar.com)، مخطط التوافق الكيميائي

ᵀ التعرض المستدام = التعرض طويل الأجل المتواصل

B.4 التركيب والخصائص

• مؤشر درجة الانكسار، nD	1.328 @ 20°مئوية (68°فهرنهايت)
• ثابت العزل الكهربي، εr	32.66 @ 20°مئوية (68°فهرنهايت)
• زاوية الرابطة	جميعها 109.5o
• القابلية المغناطيسية	5.3 × 10-7 سم3/جم
• التوتر السطحي	22.5 داين/سم عند 20°مئوية (68°فهرنهايت)
• اللزوجة	0.808 ملي باسكال ثانية عند 0°مئوية (32°فهرنهايت)
•	0.690 ملي باسكال ثانية عند 10°مئوية (50°فهرنهايت)
•	0.593 ملي باسكال ثانية عند 20°مئوية (68°فهرنهايت)
•	0.449 ملي باسكال ثانية عند 40°مئوية (104°فهرنهايت)
•	0.349 ملي باسكال ثانية عند 60°مئوية (140°فهرنهايت)

B.5 خصائص الاحتراق والاشتعال

• درجة حرارة نقطة الوميض عند ضغط =1 وحدة ضغط جوي (14.7 رطلًا لكل بوصة مربعة مطلق)	12°مئوية (54°فهرنهايت) بطريقة الكأس المغلق (TCC) 15.6°مئوية (60.1°فهرنهايت) بطريقة الكأس المفتوح (TOC)
• درجة حرارة الاشتعال الذاتي عند ضغط = 1 وحدة ضغط جوي (14.7 رطلًا لكل بوصة مربعة مطلق)	385°مئوية (725°فهرنهايت)[11]
• حدود الانفجار في الهواء عندما تكون	درجة حرارة وضغط المحيط 36-6 ٪ من الحجم [12،13]
• مدى الانفجار	30 ٪ من الحجم
• اللهب	لهب أزرق غير مضيء
•	ولا يُرى بالعين المجردة في ضوء النهار
• مزائج الميثانول والماء سريعة الاشتعال:	حتى 21٪ من حجم (25٪ من وزن) الميثانول
• نسبة وزن الهواء/الوقود بالقياس الكمي	6.45
• حجم ميثانول CH3OH (غازي) في مزيج من الهواء/البخار بالقياس الكمي	12.3 ٪ من الحجم

B.5.1 وسائط إطفاء الحرائق

- ثاني أكسيد الكربون
- مادة كيميائية جافة
- رغوة مقاومة للكحول - AR-AFFF بها نسبة 6٪ من الماء.
- رذاذ الماء أو الضباب[14]

[11] تشير شركة Methanex Corporation وشركة Terra Industries وغيرها إلى أن درجة حرارة الاشتعال الذاتي هي 464 ° مئوية (867°فهرنهايت).

[12] يرتبط حد الانفجار الأدنى (LEL) لنسبة 6٪ من الحجم بنقطة وميض الميثانول (12 درجة مئوية، 54 درجة فهرنهايت) ارتباطًا وثيقًا. أما الضغط البخاري في حالة الاتزان عند درجة حرارة نقطة الوميض فيبلغ 46 مم من الزئبق.

[13] يقابل حد الانفجار الأعلى (UEL) لنسبة 36٪ من الحجم درجة حرارة 41 درجة مئوية (106 درجات فهرنهايت) وضغط بخاري قدره 274 مم من الزئبق. ويمتد مدى الانفجار ليشمل نطاقًا واسعًا نسبيًا من درجات الحرارة وضغط بخاري يتجاوز ثلث الضغط الجوي. ينتج الميثانول مزيجًا انفجاريًا من البخار في الهواء يقع داخل مدى الانفجار الذي يتراوح بين 6-36٪ من الحجم. ويتعين اتخاذ الاحتياطات لضمان عدم ملامسة أبخرة الميثانول لمصدر اشتعال محتمل عندما تتراوح تركيزات الأبخرة بين 6 و36٪ من الحجم.

[14] نظرًا لكون الميثانول قابلًا للمزج بالماء، فإن رش الماء سيعمل على استشراء الحريق حتى تصل نسبة التخفيف إلى 3/1 على الأقل. وتعد محاليل الماء والميثانول سريعة الاشتعال حتى يصل تركيز الماء في التركيب إلى 76٪ من الحجم.

B.6 الخصائص الديناميكية الحرارية[15]

• حرارة التبخر الكامنة (سائل←غاز)	37.43 ك جول/مول (279.0 سعرًا/جم عند درجة حرارة 25 درجة مئوية، 298.15 كلفن، (77 درجة فهرنهايت))
	35.21 ك جول/مول (262.5 سعرًا/جم عند درجة حرارة 64.6 درجة مئوية، 337.3 كلفن، (48 درجة فهرنهايت))
• المحتوى الحراري القياسي لبخار التكوين ($\Delta H^o_{f\ غاز}$)	-205. ±10. ك جول/مول
• المحتوى الحراري القياسي لبخار الاحتراق ($\Delta H^o_{c غاز}$)	-763.68 ±0.20 ك جول/مول
• المحتوى الحراري القياسي لسائل التكوين ($\Delta H^o_{f سائل}$)	-238.4 ك جول/مول
• المحتوى الحراري القياسي لسائل الاحتراق ($\Delta H^o_{c\ سائل}$)	-725.7 ±0.1 ك جول/مول
• الأنتروبيا القياسية للحالة السائلة ($S^o_{سائل}$)	127.19 جول/مول كلفن
• الأنتروبيا القياسية للحالة الصلبة ($S^o_{صلب،\ 1\ بار}$)	1.117 جول/مول كلفن
• السعة الحرارية للغاز عند الضغط الثابت ($C_{p\ غاز}$)	44.06 جول/مول كلفن عند درجة الحرارة 298.15 كلفن
• السعة الحرارية للسائل عند الضغط الثابت ($C_{p\ سائل}$)	79.5 جول/مول كلفن عند درجة الحرارة 298.15 كلفن
• السعة الحرارية للصلب عند الضغط الثابت ($C_{p\ صلب}$)	68.39 جول/مول كلفن @ 120 كلفن 5.40 جول/مول كلفن عند درجة الحرارة 20.5 كلفن 105.00 جول/مول كلفن عند درجة الحرارة 173 كلفن
• المحتوى الحراري للانصهار (ΔH_{fus})	2.196 ك جول/مول عند درجة حرارة 176 كلفن
• أنتروبيا الانصهار (ΔS_{fus})	12.5 جول/مول كلفن عند درجة الحرارة @ 176 كلفن
• المحتوى الحراري للتحول الطوري (المرحلي) ($\Delta H_{trs\ Xtline→L}$)	3.159 ك جول/مول عند درجة حرارة 175.4 كلفن
• الحرارة النوعية	2.51 ك جول/كجم كلفن؛ 0.6 وحدة حرارية بريطانية/ رطل- درجة فهرنهايت
• نسبة السعة الحرارية، $\gamma = Cp/Cv$	1.203 @ 77 درجة مئوية (171 درجة فهرنهايت)
• القيمة الحرارية العليا (HHV)	22.7 ميجاجول/كجم، 9800 وحدة حرارية بريطانية/رطل،726 ك جول/مول
• القيمة الحرارية السفلى (LHV)	19.937 ميجا جول/كجم عند درجة حرارة 25 درجة مئوية

[15] الموقع الالكتروني لشركة Methanex Corporation: www.methanex.com/methanol/techsafetydata.htm; *Lange's Handbook of Chemistry*, 10th Edition, *Handbook of Chemistry and Physics*, 44th Edition; *Handbook of Chemistry and Physics*, 68th Edition; *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6th Edition; A. Plambeck, *University Chemistry: Molar Thermodynamic Properties of Pure Substances*, © 1995; Robert D. Goodwin, "Methanol Thermodynamic Properties from 176 to 673 K at Pressures to 700 bar," *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, October 1987, Vol. 16, Issue 4, pp. 799-892.

الملحق

C

C المعلومات التنظيمية والمعلومات المعنية بالصحة والسلامة الخاصة بالميثانول

C.1 اللوائح والقوانين الأمريكية

يسرد هذا الجدول اللوائح الفيدرالية الأمريكية الرئيسية الصادرة عن إدارة OSHA ووكالة EPA ووزارة DOT والتي تؤثر في إنتاج الميثانول أو تخزينه أو تعبئته أو توزيعه أو استخدامه. وليس بالضرورة أن تشمل هذه القائمة كافة اللوائح والقوانين المعنية. كما ينبغي مراجعة القوانين واللوائح المحلية وقوانين ولوائح الولاية المعنية والمعمول بها لكل منشأة محددة.

اللائحة/القانون	المادة أو الفقرة المعنية
Occupational Safety and Health, Code of Federal Regulations – 29 CFR (السلامة والصحة المهنية، مدونة اللوائح الفيدرالية - 29 CFR)	Part 1904 - Recordkeeping (الفقرة 1904 - حفظ السجلات)
	Section 1910.20 – Access to Exposure and Medical Records (المادة 1910.20 - الوصول إلى سجلات التعرض والسجلات الطبية)
	Section 1910.38 – Employee Emergency Plans and Fire Protection Plans (المادة 1910.38 - خطط حالات الطوارئ المعنية بالعاملين وخطط الحماية من الحرائق)
	Section 1910.119 – Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals (المادة 1910.119 - إدارة سلامة العمليات للمواد الكيميائية عالية الخطورة)
	Section 1910.120 – Hazardous Waste Operations and Emergency Response (المادة 1910.120 - العمليات المتعلقة بالتعامل مع النفايات الخطرة والاستجابة في حالات الطوارئ)
	Section 1910.132 to 139 – Personal Protective Equipment (المواد 1910.132 إلى 139 - معدات الوقاية الشخصية)
	Section 1910.146 – Confined Space Entry (المادة 1910.146 - الدخول إلى الأماكن الضيقة)

اللائحة/القانون	المادة أو الفقرة المعنية
	Section 1910.147 – Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout) (المادة 1910.147 - مراقبة الطاقة الخطرة (القفل ووضع علامة تحذير لمنع التشغيل)
	Section 1910.151 -- First Aid/Medical Service (المادة 1910.151 - الإسعافات الأولية/الخدمة الطبية)
	Section 1910.331 to 335 – Electrical Safety (المواد 1910.331 إلى 335 السلامة الكهربائية)
	Section 1910.1000 – Air Contaminants (exposure limits)) (المادة 1910.1000 ملوثات الهواء (حدود التعرض))
	Section 1910.1200 – Hazard Communication (المادة 1910.1200 التواصل بشأن الأخطار)
Environmental Regulations -- 40 CFR (اللوائح البيئية -- 40 CFR)	Part 61 – National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants (الفقرة 61 - معايير الانبعاثات الوطنية لملوثات الهواء الخطرة)
	Part 68 – Clean Air Act/Accidental Releases (الفقرة 68 - قانون الهواء النقي/حوادث الانبعاثات)
	Part 141 – Safe Drinking Water (الفقرة 141 مياه الشرب الآمنة)
	Part 260 to 269 – Hazardous Waste Management System (الفقرات 260 إلى 269 - نظام إدارة النفايات الخطرة)
	Parts 302 and 355 – Release of Hazardous Substances, Emergency Planning and Notification (الفقرات 302 و355 - انبعاث المواد الخطرة والتخطيط لحالات الطوارئ والبلاغ عنها)
	Parts 370 and 372 – Hazardous Chemicals Reporting: Community Right to Know (الفقرات 370 و372 - الإبلاغ عن المواد الكيميائية الخطرة: حق المجتمع في المعرفة)
	Part 373 – SARA Title III Reporting (الفقرة 373 - الإبلاغ من خلال SARA Title III)
	Subchapter R, Parts 700 to 799 – Toxic Substances Control Act (الفصل الفرعي ص، الفقرات 700 إلى 799 - قانون مراقبة المواد السامة)
Transportation Regulations – 49 CFR (اللوائح المتعلقة بالنقل - 49 CFR)	Part 106 – Rulemaking Procedures (الفقرة 106 - إجراءات سن القوانين)
	Part 107 – Hazardous Materials Program Procedures (الفقرة 107 - إجراءات برامج المواد الخطرة)
	Part 171 – General Information, Regulations, Definition (الفقرة 171 - المعلومات العامة واللوائح والتعريف)

اللائحة/القانون	المادة أو الفقرة المعنية
	Part 172 – Hazardous Materials Table, Special Provisions, Hazardous Materials Communications, Emergency Response Information, and Training Requirements (الفقرة 172 - جدول المواد الخطرة والأحكام الخاصة وعمليات التواصل بشأن المواد الخطرة والمعلومات المعنية بالاستجابة في حالات الطوارئ والمتطلبات التدريبية)
	Part 173 – Shippers, General Requirements for Shipments and Packaging (الفقرة 173 - الشاحنون والمتطلبات العامة للشحنات والتعبئة)
	Part 174 – Carriage by Rail (الفقرة 174 - النقل بالسكك الحديدية)
	Part 176 – Carriage by Vessel (الفقرة 176 - النقل بالسفن)
	Part 177 – Carriage by Public Highway (الفقرة 177 - النقل بالطرق العمومية السريعة)
	Part 178 – Specifications for Packaging (الفقرة 178 - مواصفات التعبئة)
	Part 179 – Specifications for Tank Cars (الفقرة 179 - مواصفات العربات الشاحنة)
	Part 180 – Continuing Qualifications and Maintenance of Packaging (الفقرة 180 - عمليات التأهيل والصيانة المستمرة للتعبئة)
	Part 190 – Pipeline Safety Program Procedures (الفقرة 190 - إجراءات برامج سلامة خطوط الأنابيب)
	Part 191 – Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards (الفقرة 192 - نقل الغاز الطبيعي والغازات الأخرى عبر خطوط الأنابيب: التقارير السنوية والتقارير بشأن الحوادث والتقارير بشأن الظروف المتعلقة بالسلامة)
	Part 192 – Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards (الفقرة 192 - نقل الغاز الطبيعي والغازات الأخرى عبر خطوط الأنابيب: الحد الأدنى لمعايير السلامة الفيدرالية)
	Part 195 – Transportation of Hazardous Liquids by Pipeline (الفقرة 195 - نقل السوائل الخطرة عبر خطوط الأنابيب)
Navigable and Navigable Water Regulations, 33 CFR (الملاحة واللوائح المتعلقة بالمياه الصالحة للملاحة، CFR 33)	Part 1 to 26, Subchapter A – General delegation of authority, rulemaking procedures and enforcement regulations (الفقرات من 1 إلى 26 من الفصل الفرعي أ - التفويض العام للسلطة وإجراءات سن القوانين وإنفاذ اللوائح)

اللائحة/القانون	المادة أو الفقرة المعنية
	Part 126 – Handling Explosives or Other Dangerous Cargoes within or Contiguous to Waterfront Facilities (الفقرة 126 - التعامل مع المتفجرات أو الحمولات الخطرة الأخرى داخل المنشآت المطلة على الماء أو في المناطق المجاورة لها)
	Part 130 – Financial Responsibility for Water Pollution (الفقرة 130 - المسؤولية المالية بشأن تلوث المياه)
	Part 153 – Control of Pollution by Oil and Hazardous Substances; Discharge Removal (الفقرة 153 - مكافحة التلوث بالنفط والمواد الخطرة؛ التخلص من نواتج الصرف)
	Part 154 – Facilities Transferring Oil or Hazardous Materials in Bulk (الفقرة 154 - المرافق الناقلة للنفط أو المواد الخطرة بشكل سائب)
	Part 155 – Oil or Hazardous Material Pollution Prevention Regulations for Vessels (الفقرة 155 - اللوائح الخاصة بالسفن بشأن منع التلوث بالنفط أو المواد الخطرة)
	Part 156 – Oil and Hazardous Material Transfer Operations (الفقرة 156 - عمليات نقل النفط والمواد الخطرة)
	Parts 160 to 167, Subchapter P – Ports and Waterways Safety (الفقرات من 160 إلى 167، الفصل الفرعي ع - سلامة المواني والطرق المائية)
Shipping Regulations – 46 CFR (Water Transportation) (اللوائح المتعلقة بالشحن - 46 CFR (للنقل المائي))	Part 2 – Vessel Inspections (الفقرة 2 - عمليات تفتيش السفن)
	Part 10 to 12 – Licensing and Certification of Maritime Personnel (الفقرات من 10 إلى 12 - ترخيص واعتماد العاملين البحريين)
	Part 15 – Manning Requirements (الفقرة 15 - متطلبات التزويد بالأفراد)
	Part 30 to 40, Subchapter D – Tank Vessels (الفقرات من 30 إلى 40، الفصل الفرعي د - السفن ذات الخزانات)
	Part 151 – Barges Carrying Bulk Liquid Hazardous Materials Cargoes (الفقرة 151 - مراكب النقل (البوارج) التي تنقل حمولات من المواد الخطرة السائلة السائبة)

C.2 اللوائح والمعايير والمبادئ الإرشادية الدولية

يسرد هذا الجدول اللوائح والمعايير والتوجيهات الدولية التي تؤثر في إنتاج الميثانول أو تخزينه أو تعبئته أو توزيعه أو استخدامه. وليس بالضرورة أن تشمل هذه القائمة كافة اللوائح والمعايير والتوجيهات المعنية، ولكن من الجدير بالذكر أن هناك إجماعًا متناميًا على

أن التعرف على الخطر، وتقييم المخاطر، وإدارتها وصولًا إلى مستويات يمكن احتمالها تعد من المتطلبات الأساسية لسلامة العامل. إذا كانت منظمتك لا تطبق مبادئ إدارة المخاطر حتى الآن، فقد ترغب في وضع خطط لتطبيقها في المستقبل القريب.

السلطة	الموضوع
الاتحاد الأوروبي (EU)/المفوضية الأوروبية (EC)	التحكم في أخطار الحوادث الضخمة التي تتضمن مواد خطرة (توجيه EC/96/82)
منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD)	المبادئ التوجيهية لمنظمة OECD لمنع الحوادث الكيميائية والتأهب والاستجابة لها
EU/EC	التوجيه المتعلق بمعدات الوقاية الشخصية (توجيه EEC/89/686)
EU/EC	الصحة والسلامة في العمل (توجيه EEC/89/391)
EU/EC	التوجيه بشأن القيم الدالة على حدود التعرض المهني (توجيه EC/2006/15) والتوجيه المتعلق بالعوامل الكيميائية في العمل (توجيه EC/98/24))
EU/EC	التوجيه المتعلق بالمواد الخطرة (توجيه EEC/67/548)
EU/EC	توجيه بشأن سجل إطلاق الملوثات ونقلها (EC/166/2006)؛ ومنع ومكافحة التلوث المتكاملين (توجيه IPPC: 96/61/EC))؛ وإدارة جودة هواء المحيط (EC/96/62)
EU/EC	التوجيه الإطاري بشأن المياه (توجيه EC/2000/60)؛ وجودة مياه الشرب (EC/98/83)
EU/EC	التوجيه المتعلق بالنفايات (EC/2006/12)؛ والإدارة الخاضعة للرقابة للنفايات الخطرة (EEC/91/689)
EU/EC	تسجيل المواد الكيميائية وتقييمها ومنحها التراخيص وتقييدها (EC/2006/1907) ((REACH)
الأمم المتحدة (UN)	التوصيات المتعلقة بنقل البضائع الخطرة
اتحاد النقل الجوي الدولي (IATA)	اللوائح المتعلقة بالبضائع الخطرة
المنظمة البحرية الدولية (IMO)	المدونة البحرية الدولية للبضائع الخطرة (IMDG)
منظمة الطيران المدني الدولي ICAO (وكالة تابعة للأمم المتحدة)	قوانين ومعايير منظمة الطيران المدني الدولي
الأمم المتحدة	الاتفاق الأوروبي المتعلق بالنقل الدولي للبضائع الخطرة بالطرق البرية (ADR)
الأمم المتحدة	اللوائح الدولية المتعلقة بنقل البضائع الخطرة بالسكك الحديدية (RID)
EU/EC	نقل البضائع الخطرة بالطرق البرية (توجيه EC/94/55)
EU/EC	نقل البضائع الخطرة بالسكك الحديدية (توجيه EC/96/49)
EU/EC	التلوث البحري الناتج عن حادث (EC/2850/2000)؛ والسلامة البحرية: منع التلوث الناتج من السفن (EC/2002/84) وحماية المياه الجوفية من التلوث (EC/2006/118)
المنظمة الدولية للمعايير (ISO)	ISO 9001:2000 - نظم إدارة الجودة

السلطة	الموضوع
اللجنة الكهربائية التقنية الدولية (IEC)	السلامة الوظيفية - أنظمة مجهزة للسلامة لقطاع عمليات الصناعة IEC 61511-1 • الجزء الأول: الإطار العام والتعريفات والنظام ومتطلبات الأجهزة والبرامج • الجزء الثاني: توجيهات لتطبيق IEC 61511-1 • الجزء الثالث: توجيهات لتحديد مستويات الحفاظ على السلامة المطلوبة
أنظمة ANSI/AIHA لإدارة الصحة والسلامة المهنية: Z10-2005	تحدد مؤشرات مشروطة تتطلب تنفيذ إجراءات للتعرف على الأخطار وتقليل المخاطر المتعلقة بالعمليات الجديدة أو العمليات التي في طور التصميم، واتخاذ الخطوات لمنعها أو التحكم فيها بصورة أخرى.
مجلس الأمان والتعويضات الأسترالي، الحكومة الأسترالية، 2006	توجيهات بخصوص مبادئ التصميم الآمن للعمل
National Institute for Occupational Safety and Health NIOSH (المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية)، 2006:	أعلن عن مبادرة للوقاية عن طريق التصميم.
American National Standards Institute (ANSI/PMMI) B155.1-2006	متطلبات الأمان لآلات التعبئة، والآلات التحويلية المتعلقة بالتعبئة
جمعية مهندسي الوقاية من الحريق (SFPE، 2006)	• دليل هندسي لتطبيق إدارة المخاطر في تصميم الوقاية من الحريق • مقدمة لتقييم مخاطر الحريق
النظام المعياري لأنظمة إدارة السلامة والصحة المهنية الصادر عن الرابطة الكندية للمعايير	CSA Z1000-2006
قانون السلامة والصحة الصناعية لليابان، إصدار إبريل/نيسان 2006	ينص، بدون عقوبات، على وجوب بذل أصحاب الأعمال الجهد لتطبيق تقييم المخاطر.
المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (ISO 14121-1)	سلامة الآلات - مبادئ تقييم المخاطر، 2007
الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA), 2007	وثيقة توجيهية لإدخال مبادئ المخاطر ضمن قوانين ومعايير NFPA
معهد المعايير البريطاني BS-OHSAS 18001, 2007	تنص التوجيهات حاليًا على: " يجب على المنظمة أن تضع إجراءات للتعرف على الأخطار الجارية، وتقييم المخاطر وتحديد أساليب التحكم المناسبة، وتطبقها وتحافظ عليها." واستبدل مصطلح المخاطر التي يمكن تحملها بمصطلح المخاطر المقبولة.
إدارة الحكومة الصينية لسلامة العمل، 2008	تنشر لوائح مؤقتة لتقييم المخاطر.
إدارة الصحة والسلامة في المملكة المتحدة، 2008	أصدرت خمس خطوات لتقييم المخاطر: "لا يتوقع القانون منك القضاء على جميع المخاطر، ولكن يطلب منك حماية الأفراد إلى أقصى مدى "ممكن من الناحية العملية""
لجنة الصناعة المحدودة للإضاءة الخاصة بالطوارئ	ICEL 1008: تقييم مخاطر الإضاءة الخاصة بالطوارئ
معهد بحوث السلامة والأمن المهني (كيبك، كندا)، 2009	سلامة الآلات: الوقاية من الأخطار الميكانيكية
الرابطة الأمريكية لمهندسي السلامة (ASSE)، التقرير الفني لعام 2009، Z790.001	الوقاية عن طريق التصميم: إرشادات للتعامل مع المخاطر التشغيلية في عمليات التصميم وإعادة التصميم
النظام القياسي لسنغافورة رقم SS506 لعام 2009	أنظمة إدارة الصحة والسلامة المهنية، الجزء الأول: المتطلبات

السلطة	الموضوع
ANSI-ITAA GEIA-STD-0010, 2009	أفضل الممارسات القياسية لتطوير برنامج سلامة الأنظمة وتطبيقه
ISO/IEC 31010, 2009	أساليب تقييم المخاطر
EN ISO 12100-2010	سلامة الآلات: المبادئ العامة لتقييم مخاطر التصميم وتقليل المخاطر تتطلب صراحة تقييم المخاطر
ANSI B11.0, 2010	سلامة الآلات: متطلبات السلامة العامة وتقييم المخاطر

C.3 المعلومات المتعلقة بالمواد الخطرة والصحة والسلامة

المعلومات المتعلقة بالمواد الخطرة	
المخزون الأوروبي للمواد التجارية الموجودة حاليًا (EINECS) No. (EU)	200-659-6
رقم الأمم المتحدة	UN 1230
تصنيف البضائع الخطرة	
○ التصنيف المبدئي	3
○ التصنيف الثانوي	6.1
○ مجموعة التعبئة	PG II
تصنيف **ADR** (النقل بالطرق البرية)	
○ التصنيف	3
○ التعبئة	II
○ الخزانات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
○ العبوات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
تصنيف **RID** (النقل بالسكك الحديدية)	
○ التصنيف	3
○ التعبئة	II
○ الخزانات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
○ العبوات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
تصنيف **ADNR** (النقل عبر الطرق المائية الداخلية)	
○ التصنيف	3
○ التعبئة	II
○ الخزانات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
○ العبوات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
تصنيف **IMDG** (النقل البحري)	
○ التصنيف	3
○ المخاطر الثانوية	6.1
○ التعبئة	II
○ دليل الإسعافات الأولية الطبية (MFAG)	19
تصنيف **ICAO** (النقل الجوي)	
التصنيف	3
المخاطر الثانوية	6.1

المعلومات المتعلقة بالصحة والسلامة	
حدود التعرض	
TLV-TWA	166 جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
TLV-STEL	166 جرام/م^3
	(250 جزء في المليون)
OES-LTEL	166 جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
OES-STEL	333 مللي جرام/م^3
	(250 جزء في المليون)
MAK	270 مللي جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
MAC-TGG 8 h	260 مللي جرام/م^3
VME-8 h	260 مللي جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
VLE-15	1,300 مللي جرام/م^3
	(1000 جزء في المليون)
GWBB-8 h	166 جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
.GWK-15 min	333 مللي جرام/م^3
	250 جزء في المليون
EC	260 مللي جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
تصنيف NFPA	سائل سريع الاشتعال من الدرجة الأولى (ب)
تصنيف NFPA لمعدلات الأخطار	
○ الصحة	1
○ سرعة الاشتعال	3
○ التفاعلية	0

المعلومات المتعلقة بالمواد الخطرة	
المخزون الأوروبي للمواد التجارية الموجودة حاليًا (**EINECS) No. (EU**)	200-659-6
رقم الأمم المتحدة	UN 1230
تصنيف البضائع الخطرة	
o التصنيف المبدئي	3
o التصنيف الثانوي	6.1
o مجموعة التعبئة	PG II
تصنيف **ADR** (النقل بالطرق البرية)	
o التصنيف	3
o التعبئة	II
o الخزانات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
o العبوات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
تصنيف **RID** (النقل بالسكك الحديدية)	
o التصنيف	3
o التعبئة	II
o الخزانات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
o العبوات ذات بطاقة التحذير من الخطر	3+6.1
تصنيف **ADNR** (النقل عبر الطرق المائية الداخلية)	
o التصنيف	3
o التعبئة	II
التعبئة	II

المعلومات المتعلقة بالصحة والسلامة	
حدود التعرض	
TLV-TWA	166 جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
TLV-STEL	166 جرام/م^3
	(250 جزء في المليون)
OES-LTEL	166 جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
OES-STEL	333 مللي جرام/م^3
	(250 جزء في المليون)
MAK	270 مللي جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
MAC-TGG 8 h	260 مللي جرام/م^3
VME-8 h	260 مللي جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
VLE-15	1,300 مللي جرام/م^3
	(1000 جزء في المليون)
GWBB-8 h	166 جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)
.GWK-15 min	333 مللي جرام/م^3
	250 جزء في المليون
EC	260 مللي جرام/م^3
	(200 جزء في المليون)

الملحق

D

D قاعدة بيانات الحوادث المتعلقة بالميثانول (1998-2011)

D.1 حوادث الميثانول مصنفة بالقطاع والموقع والسبب

{تم تجميعها لمعهد الميثانول عن طريق شركة ألينس العالمية للاستشارات (8/12/2011)}

القطاع	الموقع	التاريخ	نوع الكارثة	السبب	النشاط	التلف/الجروح/الوفيات
الديزل الحيوي	ستايتن أيلاند، نيويورك	6/3/2005	حريق	أعمال حارة	الصيانة	انفجار، حالة وفاة واحدة
الديزل الحيوي	باكرسفيلد، كاليفورنيا	2/17/2006	حريق	كهربائي	الصيانة	احترق مبنى بمساحة 9,600 قدم مربع
الديزل الحيوي	باركر، كولورادو	5/7/2006	حريق	معالجة	عمليات	حريق منزلي، لا توجد جروح
الديزل الحيوي	كانبي، أوريجون	6/23/2006	حريق	انسكاب	عمليات	حريق كبير

القطاع	الموقع	التاريخ	نوع الكارثة	السبب	النشاط	التلف/الجروح/الوفيات
الديزل الحيوي	نيو بلايموث، إيداهو	7/7/2006	انفجار، حريق	أعمال حارة	الصيانة	حريق كبير، حالة وفاة واحدة
الديزل الحيوي	دايتون، تكساس	7/14/2007	حريق	غير معلوم	عمليات	حريق
الديزل الحيوي	أجوستا، جورجيا	8/21/2007	انفجار	أعمال حارة	الصيانة	انفجار، حالة وفاة واحدة
الديزل الحيوي	لينوار، كارولينا الشمالية	8/25/2007	حريق	غير معلوم	عمليات	حريق كبير - بدون إصابات
الديزل الحيوي	برينسس آن، ميريلاند	5/18/2008	انفجار	أعمال حارة	الصيانة	انفجار، حالة وفاة واحدة
الديزل الحيوي	ديكاتور، تينيسي	8/15/2008	حريق	غير معلوم	غير معلوم	تدمير مصنعًا معطلاً
الديزل الحيوي	يورك، شمال داكوتا	8/27/2008	حريق	غير معلوم	غير معلوم	تم تدمير مبنى معالجة ومعداته
الديزل الحيوي	جاسدتين، ألاباما	9/15/2008	انفجار	معالجة	الصيانة	أطيح بالجزء العلوي من الخزّان
الديزل الحيوي	كلينتون، أيوا	9/30/2008	حريق	معالجة	عمليات	حريق صغير، أصيب أحد أفراد المطافئ بحرق من البخار
الديزل الحيوي	هيوستن، تكساس	2/9/2009	حريق	معالجة	الصيانة	حريق
الديزل الحيوي	بريوستير، مينيسوتا	5/24/2009	انفجار، حريق	غير معلوم	غير معلوم	احترقت عدة خزّانات
الديزل الحيوي	توليدو، أوهايو	6/15/2009	انهيار، حريق	معالجة	الصيانة	تم تدمير خط إنتاج
الديزل الحيوي	شيكاغو، إيلينوي	7/19/2009	انفجار	معالجة	عمليات	أصيب عاملان بحروق
الديزل الحيوي	سانت كلاود، فلوريدا	9/24/2009	انفجار، حريق	غير معلوم	غير معلوم	دُمِّر مبنى واحد وعدة خزّانات
الديزل الحيوي	سافاناه، جورجيا	10/15/2009	انفجار	معالجة	عمليات	مصاب واحد

القطاع	الموقع	التاريخ	نوع الكارثة	السبب	النشاط	التلف/الجروح/الوفيات
الديزل الحيوي	هوكيوام، ولاية واشنطن	12/2/2009	انفجار	معالجة	عمليات	انشقاق خزان وفتحه
الديزل الحيوي	سبانيش فورك، يوتاه	7/25/2010	حريق	معالجة	الصيانة	حريق صغير
الديزل الحيوي	ميلبورن، أستراليا	10/6/2010	انفجار	أعمال حارة	الصيانة	أصيب شخص واحد بحرقٍ خطير، وانفجر خزّان
الديزل الحيوي	سوميت فيل، تينيسي	7/30/2011	حريق	كهربائي	عمليات	تم تدمير محطة للوقود الحيوي، وأصيب شخص بحرق محدود
التجاري	سياتل، ولاية واشنطن	7/21/2010	انفجار	غير مقصود	غير مقصود	حالة وفاة واحدة، حالة نقلت للمستشفى
المنزل	بيلفيل، ميسوري	4/13/2006	حريق	غير مقصود	غير مقصود	أصيب شخص قاصر بحروق شديدة
المنزل	بريسبان، أستراليا	6/19/2007	انفجار، حريق	غير مقصود	غير مقصود	أصيب شخصان قاصران بحروق شديدة
المنزل	سيراكيوز، نيويورك	9/19/2007	حريق	غير مقصود	غير مقصود	أصيب شخصان قاصران بحروق شديدة
المنزل	تروي، أوهايو	2/14/2011	حريق	غير معلوم	غير معلوم	حريق منزلي، لا توجد جروح
الصناعة	سيدني، أستراليا	7/12/1998	انفجار، حريق	غير معلوم	غير معلوم	تلف في الممتلكات
الصناعة	ساوثبريدج، ماساتشوستس	12/14/1998	حريق	غير معلوم	غير معلوم	أصيب عامل واحد بجراح
الصناعة	جرين ريفر، وايومينج	1/29/2003	حريق	غير معلوم	غير معلوم	أصيب شخص واحد بجراح وحروق
الصناعة	بافالو، نيويورك	10/13/2004	انسكاب	غير معلوم	عمليات	حجز ست موظفين في المستشفى.
الصناعة	سيدني، أستراليا	5/2/2005	حريق	غير معلوم	غير معلوم	تلفيات واسعة، لا توجد إصابات
الصناعة	أنجارسك، روسيا	10/24/2005	انفجار، حريق	معالجة	عمليات	حدث تدمير في المحطة، حالة وفاة واحدة

القطاع	الموقع	التاريخ	نوع الكارثة	السبب	النشاط	التلف/الجروح/الوفيات
الصناعة	سونجمابينج، الصين	11/10/2005	انفجار	غير معلوم	غير معلوم	حالتا وفاة
الصناعة	كوالا لامبور، ماليزيا	2/28/2006	انفجار، حريق	غير معلوم	الصيانة	مصرع ثلاثة أفراد، حالة نقلت للمستشفى
الصناعة	كليفلاند، أوهايو	4/20/2006	انفجار	أعمال حارة	الصيانة	حجز خمسة أفراد بالمستشفى
الصناعة	كويبك، كندا	8/30/2006	انفجار	غير معلوم	غير معلوم	تدمير جزئي بمصنع كيميائي
الصناعة	كوالا لامبور، ماليزيا	8/27/2007	انفجار	غير معلوم	غير معلوم	أصيب عاملان بحروق
الصناعة	ديفايانس، أوهايو	1/4/2008	انفجار	كهربائي	الصيانة	أربع إصابات، وإغلاق المصنع
الصناعة	كاندلا، الهند	2/8/2008	حريق	غير معلوم	غير معلوم	تم منع حديث كارثي
الصناعة	نورث كاونتي، كاليفورنيا	10/3/2008	حريق	غير معلوم	عمليات	غير معلوم
الصناعة	لافاييت، لويزيانا	6/15/2009	انفجار، حريق	أعمال حارة	الصيانة	أصيب شخص واحد بجراح وحروق، وحدث تلف بقيمة 500 دولار أمريكي للمنصة
الصناعة	لونجفيو، كارولينا الشمالية	1/24/2010	انفجار، حريق	غير معلوم	غير معلوم	حدث تدمير في المحطة، بدون إصابات
الصناعة	كوالا لامبور، ماليزيا	2/22/2010	انفجار	غير معلوم	غير معلوم	حدث تدمير في المحطة - بدون إصابات
الصناعة	بيل، فيرجينيا الغربية	9/21/2010	انسكاب	انسكاب	الصيانة	انسكب أكثر من 160,000 رطل من MeOH في نهر كاناوها
الصناعة	إيري، بنسيلفانيا	10/14/2010	حريق	غير معلوم	عمليات	غير معلوم
الصناعة	ستيرلنج، كولورادو	2/3/2011	حريق	أعمال حارة	الصيانة	اشتعلت النيران في عربة نقل تزن 1.5 طن - لم تحدث إصابات

القطاع	الموقع	التاريخ	نوع الكارثة	السبب	النشاط	التلف/الجروح/الوفيات
الصناعة	نيو إيبيريا، لويزيانا	6/14/2011	انفجار، حريق	غير معلوم	غير معلوم	دمرت المحطة، بدون إصابات
الصناعة	بيرناي، فرنسا	7/5/2011	انفجار	غير معلوم	غير معلوم	لم تحدث إصابات
الصناعة	بيرلاند، تكساس	7/18/2011	حريق	غير معلوم	غير معلوم	خزّانات محطة كيميائية - بدون إصابات
المواسير	جال، نيو مكسيكو	12/7/2000	حريق	معالجة	الصيانة	غير معلوم
المواسير	برودهو، آركنساس	2/7/2005	انسكاب	معالجة	الصيانة	انسكاب 1,092 جالون من الميثانول-الماء
المواسير	ديدهورس، آركنساس	10/15/2007	انسكاب	معالجة	عمليات	1,932 جالون من الميثانول (630 جالون صافي)؛ والماء والزيت.
المواسير	ليسبورن، آلاسكا	7/16/2011	انسكاب	معالجة	الصيانة	انسكاب 4,200 جالون من الميثانول-الزيت على سهل أجرد
مدرسة	آكرون، أوهايو	1/25/2006	حريق	غير مقصود	غير مقصود	إصابة بالغة لست طلاب، ومعلم
مدرسة	هنتسفيل، تينيسي	10/8/2007	انفجار، حريق	غير مقصود	غير مقصود	حجز معلم، وطالبين بالمستشفى
مدرسة	هدسون، أوهايو	1/18/2008	حريق	غير مقصود	غير مقصود	أصيب طالبان بحروق شديدة
النقل	كيل، ويسكنسون	1/17/2000	انسكاب	تصادم	عمليات	لم تحدث إصابات
النقل	توليدو، أوهايو	3/15/2001	انسكاب	انسكاب	عمليات	غير معلوم
النقل	هوجاناز، السويد	10/12/2011	جنحت السفينة	تصادم	عمليات	تدمير الهيكل، ولكن لم يحدث انسكاب
النقل	فيرسيلي، إيطاليا	8/22/2002	حريق	تصادم	عمليات	تلف في الممتلكات
النقل	أونتاريو، كندا	2/13/2003	انسكاب	تصادم	عمليات	غير معلوم

القطاع	الموقع	التاريخ	نوع الكارثة	السبب	النشاط	التلف/الجروح/الوفيات
النقل	ليجورن، إيطاليا	3/22/2003	انفجار، حريق	تصادم	عمليات	أصيب تسعة أشخاص بجراح
النقل	ريد وينج، مينيسوتا	4/5/2003	انسكاب	تصادم	عمليات	خروج عن القضبان مع انسكاب محدود
النقل	أوبيرابا، البرازيل	6/13/2003	حريق، انسكاب		عمليات	تلف في الممتلكات
النقل	مدينة جينجشان، الصين	7/13/2003	انفجار، حريق		عمليات	تلف في الممتلكات
النقل	إدمنتون، كندا	10/8/2005	انسكاب	تصادم	عمليات	غير معلوم
النقل	شويرت، ألمانيا	10/22/2005	خروج عن القضبان	تصادم	عمليات	لم يحدث انسكاب ولم تحدث تلفيات
النقل	شنيانج، الصين	1/27/2006	حريق	أعمال حارة	الصيانة	غير معلوم
النقل	باتلر تاونشيب، ميشيغان	7/30/2006	انفجار	معالجة	عمليات	حالة وفاة واحدة
النقل	مدينة جينجيجانج، الصين	8/15/2006	انفجار، حريق	غير معلوم	غير معلوم	حدثت تلفيات في مراكب نقل البضائع
النقل	ديفون، أفريقيا	10/9/2006	تصادم	تصادم	عمليات	خمس حالات وفاة
النقل	جوهانسبرج، جنوب أفريقيا	10/10/2006	تصادم، حريق	تصادم	عمليات	احترق خمسة أفراد، وأصيب واحد بحروق
النقل	ألباني، نيويورك	1/5/2007	تصادم، حريق	تصادم	عمليات	تم إخلاء 50 بيت
النقل	وهان، الصين	9/2/2007	حريق	غير معلوم	غير معلوم	غير معلوم
النقل	بلومفيلد هيلز، ميشيغان	12/27/2007	انسكاب	تصادم	عمليات	انسكاب محدود

القطاع	الموقع	التاريخ	نوع الكارثة	السبب	النشاط	التلف/الجروح/الوفيات
النقل	ستامفورد، كونيتيكت	11/12/2009	حريق	تصادم	الصيانة	احترق صهريج يحتوي على 6,800 جالون من MeOH - بلا إصابات
النقل	ستامفورد، كونيتيكت	6/13/2011	انقلاب	تصادم	عمليات	لم يحدث انسكاب ولم تحدث تلفيات
النقل	بكين-شينجيانج، الصين	7/4/2011	حريق	تصادم	عمليات	احترقت شاحنتان - حدثت حالتا وفاة (السائقان)
معالجة مياه الصرف	دايتونا بيتش، فلوريدا	1/11/2006	انفجار	أعمال حارة	الصيانة	حالتا وفيات، أصيب شخص بحروق بالغة

D.2 وصف الحادث والمرجع أو المصدر

القطاع	الموقع	التاريخ	وصف الحادث	المرجع أو المصدر
الديزل الحيوي	ستايتن أيلاند، نيويورك	6/2/2001	إجراء التجليخ فوق خزّان جليسرين في شركة Environmental Alternatives	http://www.rebelwolf.com/essn/ESSN-Jul2005.pdf
الديزل الحيوي	باكرسفيلد، كاليفورنيا	2/16/2002	اشتعال وعاء MeOH نتيجة الكهرباء، حريق	http://biodieselmagazine.com/articles/830/fire-destroys-american-biofuels-facility-in-bakersfield-calif.
الديزل الحيوي	باركر، كولورادو	5/6/2002	شخص يصنّع ديزل حيوي في المنزل ترك عنصر التسخين فوق الخزّان	http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5545a3.htm
الديزل الحيوي	كانبي، أوريجون	6/22/2002	اشتعلت البقعة على خزانات MeOH بلاستيكية منصهرة	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	نيو بلايموث، إيداهو	7/6/2002	انفجار نتج عن اللحام	http://www.fox12idaho.com/Global/story.asp?S=5162251&nav=menu439_2
الديزل الحيوي	دايتون، تكساس	7/13/2003	انسكاب MeOH، اشتعال	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي

القطاع	الموقع	التاريخ	وصف الحادث	المرجع أو المصدر
الديزل الحيوي	أجوستا، جورجيا	8/20/2003	لحام فوق الخزان	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	لينوار، كارولينا الشمالية	8/24/2003	تم تدمير الخزانات بعد إغلاقها	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	برينسس آن، ميريلاند	5/17/2004	لحام	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	ديكاتور، تينيسي	8/14/2004	غير معلوم	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	يورك، شمال داكوتا	8/26/2004	غير معلوم	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	جاسدتين، ألاباما	9/14/2004	عطل عنصر تسخين في معدات ديزل حيوي	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	كلينتون، أيوا	9/29/2004	حريق صغير في عمود استعادة ديزل حيوي ابتدائي	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	هيوستن، تكساس	2/8/2005	عطل في قفل مضخة تدوير ميكانيكية	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	بريوستير، مينيسوتا	5/23/2005	غير معلوم	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	توليدو، أوهايو	6/14/2005	عطل في صمام أمان التحكم في التفريغ أدى إلى اشتعال الديزل الحيوي	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	شيكاغو، إيلينوي	7/18/2005	خلط الجليسرين وحمض الكبريتيك - شركة كولمبوس للأغذية	http://www.chitowndailynews.org/Chicago_news/OSHA_launches_investigation_at_plant_that_exploded,30103
الديزل الحيوي	سانت كلاود، فلوريدا	9/23/2005	غير معروف، قد يكون نتيجة البرق	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	سافاناه، جورجيا	10/14/2005	استخدام مفاعل لتخزين الديزل الحيوي	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	هوكيوام، ولاية واشنطن	12/1/2005	زيادة الضغط في خزان الجلسرين	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي

القطاع	الموقع	التاريخ	وصف الحادث	المرجع أو المصدر
الديزل الحيوي	سبانيش فورك، يوتاه	7/24/2006	عطل في خط نقل MeOh.	نشرة تقنية عن سلامة الديزل الحيوي
الديزل الحيوي	ميلبورن، أستراليا	10/5/2006	لحام فوق الخزان	http://www.heraldsun.com.au/news/victoria/man-critical-after-factory-explosion/story-e6frf7kx-1225934873475
الديزل الحيوي	سوميت فيل، تينيسي	7/29/2007	تسبب موتور كهربي في شرر بخزان ميثانول	http://www.wkrn.com/story/15181803/bio-diesel-plant-destroyed-in-fire?clienttype=printable
التجاري	سياتل، ولاية واشنطن	7/20/2006	إشعال مقصود أثناء ركوب برميل يحتوي على MeOH	http://www.komonews.com/news/local/98960929.html
المنزل	بيلفيل، ميسوري	4/12/2002	وقود MeOH خاص بلعبة تسبب في حريق	http://www.evesun.com/printedition/pdfs/2007-09-19.pdf
المنزل	بريسبان، أستراليا	6/18/2003	اللعب بالنار وMeOH، انفجار	شركة Eos لخدمات البيئة
المنزل	سيراكيوز، نيويورك	9/18/2003	امتدت النيران إلى خليط MeOH، ويعزى مصدره إلى وقود	شركة Eos لخدمات البيئة
المنزل	تروي، أوهايو	2/13/2007	غير معلوم - 150 جالون من MeOH خاصة بسيارات سباق موجودة في الجراج.	http://www.whiotv.com/news/26854632/detail.html
الصناعة	سيدني، أستراليا	7/11/1994	المواد الكيميائية المتعلقة تتضمن الإيثانول والميثانول والسوائل الروحية البيضاء - غير معروف	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
الصناعة	ساوثبريدج، ماساتشوستس	12/13/1994	حريق ميثانول في محطة متخصصة في الألياف الضوئية - غير معروف	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
الصناعة	جرين ريفر، وايومينج	1/28/1999	غير معروف - حريق سريع على موقع بئر	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

القطاع	الموقع	التاريخ	وصف الحادث	المرجع أو المصدر
الصناعة	بافالو، نيويورك	10/12/2000	انسكب خليط من الأسيتونيتريل والميثانول في شركة تصنيع إمدادات طبية.	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
الصناعة	سيدني، أستراليا	5/1/2001	غير معروف - فرن غاز بالميثانول	http://ctif-hazmat.gasilci.org/modules/news/article.php?storyid=36
الصناعة	أنجرسك، روسيا	10/23/2001	فشل عمليات في Angarsk Petrochemical	http://www.icis.com/Articles/2005/10/24/1015565/russias-angarsk-methanol-plant-hit-by-explosion.html
الصناعة	سونجمابينج، الصين	11/9/2001	غير معلوم	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
الصناعة	كوالا لامبور، ماليزيا	2/27/2002	انفجار خزان MeOH أثناء الصيانة	شركة Eos لخدمات البيئة
الصناعة	كليفلاند، أوهايو	4/19/2002	عمل حار على ممشى فوق خزان MeOH أدى إلى انفجار	شركة Eos لخدمات البيئة
الصناعة	كويبك، كندا	8/29/2002	أدت شرارة إلى حدوث انفجار، حريق - غير معروف	شركة Eos لخدمات البيئة
الصناعة	كوالا لامبور، ماليزيا	8/26/2003	غير معروف - محطة بيتروناس للميثانول	http://www.koreanpress.net/news/view.asp?msection=1&ssection=2&idx=598
الصناعة	ديفايانس، أوهايو	1/3/2004	اشتعال أبخرة MeOH في مخزن نتيجة جهاز لفتح الجراج	شركة Eos لخدمات البيئة
الصناعة	كاندلا، الهند	2/7/2004	غير معروف - اشتعلت النيران بخزان ميثانول - وامتلأ بمياه البحر	شركة Eos لخدمات البيئة
الصناعة	نورث كاونتي، كاليفورنيا	10/2/2004	اشتعلت النيران بكمية صغيرة من الميثانول في فرن بمنشأة معدات تشخيص طبية - غير معروف	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

القطاع	الموقع	التاريخ	وصف الحادث	المرجع أو المصدر
الصناعة	لافاييت، لويزيانا	6/14/2005	لحام في خزان منصة بحرية - شركة "مارينر إينرجي"	http://blog.chron.com/newswatchenergy/2010/09/mariner-involved-in-13-gulf-accidents-since-06-seven-with-violations/
الصناعة	لونجفيو، كارولينا الشمالية	1/23/2006	شركة تايلورد كيميكالز - مصدر غير معروف - تخزين MeOH وإيثانول	http://firenews.net/index.php/news/news_article/20100126_news_four_alarm_fire_at_local_catawba_plant/
الصناعة	كوالا لامبور، ماليزيا	2/21/2006	غير معروف - محطة بيتروناس للميثانول	http://uk.reuters.com/article/2010/02/22/petronas-fire-idUKSGE61L0E520100222
الصناعة	بيل، فيرجينيا الغربية	9/20/2006	معدات بها تسريب	http://www.newsandsentinel.com/page/content.detail/id/118720/W-Va--DEP-investigates-methanol-spill-in-river-.html?isap=1&nav=5071
الصناعة	إيري، بنسيلفانيا	10/13/2006	اشتعال أبخرة الميثانول واحتراقها من مكدّس تهوية في مسبك	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
الصناعة	ستيرلنج، كولورادو	2/2/2007	استخدام اللهب لإزالة مسامير من خزان يحتوي ماء- ميثانول	http://www.journal-advocate.com/sterling-local_news/ci_17283330
الصناعة	نيو أيبيريا، لويزيانا	6/13/2007	محطة تحتوي على مواد كيميائية متعددة، تتضمن MeOH، وإكسيلين، وطولوين - غير معروف	http://www.nola.com/business/index.ssf/2011/06/firefighting_crews_enter_new_i.html
الصناعة	بيرناي، فرنسا	7/4/2007	سبب غير معروف لخزان مذيب الميثانول في شركة سيزا للتعبئة	http://www.saunalahti.fi/ility/PI1127.htm
الصناعة	بيرلاند، تكساس	7/17/2007	غير معروف - خزانات بها ميثانول-زيت معدني	http://www.yourhoustonnews.com/pearland/news/article_c2b4f932-615c-5066-92d5-56efd0921d0b.html
المواسير	جال، نيو مكسيكو	12/6/1996	تمزق خط أنابيب غاز طبيعي واشتعاله، مما أشعل خزانين مملوءين بالميثانول والجليكول في منشأة لتكرير الجازولين	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
المواسير	برودهو، آركنساس	2/6/2001	تآكل خط حقن DS-11، لنقص العزل	http://www.dec.state.ak.us/spar/perp/response/sum_fy05/050217301/050217301_index.htm

القطاع	الموقع	التاريخ	وصف الحادث	المرجع أو المصدر
المواسير	ديدهورس، آركنساس	10/14/2003	أدى ارتطام إلى ثقب خط التدفق DS-16 D	http://www.dec.state.ak.us/spar/perp/response/sum_fy08/071015301/071015301_index.htm
المواسير	ليسبورن، ألاسكا	7/15/2007	تعطل خط أنابيب لشركة BP أثناء اختبار ضغط لصمام للصيانة	http://www.msnbc.msn.com/id/43795063/ns/us_news-environment/t/methanol-spill-reported-bp-alaska-oil-field/
مدرسة	آكرون، أوهايو	1/24/2002	اشتعال بخار MeOH	http://www.ohio.com/news/students-burned-in-lab-fire-settle-1.87719
مدرسة	هنتسفيل، تينيسي	10/7/2003	أدى عرض توضيحي لـMeOH إلى انفجار وعاء، وحريق	شركة Eos لخدمات البيئة
مدرسة	هدسون، أوهايو	1/17/2004	تجربة كيميائية لمدرسة ثانوية، حريق	شركة Eos لخدمات البيئة
النقل	كيل، ويسكنسون	1/16/1996	انسكاب بعد خروج عربة قطار تحمل خزانًا عن القضبان وانقلابها	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	توليدو، أوهايو	3/14/1997	تسرب كمية صغيرة من الميثانول إلى فناء خاص بالسكك الحديدية من عربة خزّان	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	هوجاناز، السويد	10/11/1997	سفينة تحمل 3,000 طن من MeOH جنحت بسبب الضباب الكثيف	http://info.tse.fi/dagob/documents/Dangerous%20Goods%20Related%20Incidents%20and%20Accidents%20in%20the%20Baltic%20Sea%20Region%20PDF%20final.pdf
النقل	فيرسيلي، إيطاليا	8/21/1998	قطار شحن يحمل الميثانول خرج عن القضبان، وتعرض للكسر واحترق	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	أونتاريو، كندا	2/12/1999	عربات شحن تحمل غاز الميثانول وستيرين خرجت عن القضبان وأحدثت تسربًا	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

القطاع	الموقع	التاريخ	وصف الحادث	المرجع أو المصدر
النقل	ليجورن، إيطاليا	3/21/1999	سفينة اصطدمت بالرصيف أثناء سحبها	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	ريد وينج، مينيسوتا	4/4/1999	قطار يحمل الميثانول يخرج عن القضبان	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	أوبيرابا، البرازيل	6/12/1999	خروج قطار عن القضبان إلى النهر، مما أسفر عن اشتعال حريق كبير. تسرب الميثانول إلى النهر	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	مدينة جينجشان، الصين	7/12/1999	تصادم يتعلق بشاحنة محملة بالفحم وقطار يحمل الميثانول	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	إدمنتون، كندا	10/7/2001	شاحنة تحمل خزانًا انثقب خزانها أثناء دورانها للخلف، مما أطلق الميثانول	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	شويرت، ألمانيا	10/21/2001	خروج ثلاث عربات قطار بخزانات تحمل الميثانول عن القضبان	http://info.tse.fi/dagob/documents/Dangerous%20Goods%20Related%20Incidents%20and%20Accidents%20in%20the%20Baltic%20Sea%20Region%20PDF%20final.pdf
النقل	شنيانج، الصين	1/26/2002	اشتعال شاحنة تحمل الميثانول بعد قيام السائق بتسخين صمام متجمد في أحد المخازن	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	باتلر تاونشيب، ميشيغان	7/29/2002	عامل يصب الميثانول أصدر شرارة مما سبب انفجارًا	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	مدينة جينجيجانج، الصين	8/14/2002	غير معروف - وعاءان محمّلان بالميثانول اشتعلت فيهما النيران	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

القطاع	الموقع	التاريخ	وصف الحادث	المرجع أو المصدر
النقل	ديفون، أفريقيا	10/8/2002	اصطدمت سيارة بشاحنة تحمل الميثانول	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	جوهانسبرج، جنوب أفريقيا	10/9/2002	شاحنة تحمل MeOH تصطدم بسيارة وتشتعل فيها النيران	شركة Eos لخدمات البيئة
النقل	ألباني، نيويورك	1/4/2003	اشتعال النيران في عربة سكك حديدية من شركة CSX تحمل الميثانول	شركة Eos لخدمات البيئة
النقل	وهان، الصين	9/1/2003	غير معروف - انتشر الحريق عبر أربع مراكب تحمل الميثانول في رصيف بحري	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	بلومفيلد هيلز، ميشيغان	12/26/2003	انقلبت شاحنة تحمل الميثانول، مما سبب انسكابًا صغيرًا	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
النقل	ستامفورد، كونيتيكت	11/11/2005	شاحنة تحمل خزانًا اشتعلت فيها النيران نتيجة عطل أحد الإطارات	http://www.local830.org/index.cfm?zone=/unionactive/view_article.cfm&HomeID=144049&page=200920Incident20Archive
النقل	ستامفورد، كونيتيكت	6/12/2007	شاحنة تحمل خزانًا تنقلب وهي تحمل 8,000 جالون من الميثانول	http://www.wtnh.com/dpp/news/fairfield_cty/tanker-carrying-methanol-closes-i-95-northbound-in-stamford
النقل	بكين-شينجيانج، الصين	7/3/2007	تصادم شاحنة بشاحنة تحمل 30 طن من الميثانول	http://www.globaltimes.cn/NEWS/tabid/99/articleType/ArticleView/articleId/664422/2-truckers-killed-in-fiery-crash.aspx
معالجة مياه الصرف	دايتونا بيتش، فلوريدا	1/10/2002	عمل حار يشعل أبخرة الميثانول	شركة Eos لخدمات البيئة

الملحق

E النشرات الفنية