# الاستجابة للحوادث الكيميائية البحرية

ITOPF
PROMOTING EFFECTIVE SPILL RESPONSE

ورقة المعلومات الفنية رقم

17

## مقدمة

تستمر كميات المواد الكيميائية التي تنقل عن طريق البحر في الزيادة عامًا بعد عام، ونتيجة لذلك، هناك وعي دولي متزايد بالحاجة إلى وضع ترتيبات آمنة وفعالة لحالات الطوارئ للاستجابة للانسكابات الكيميائية. ولكن، وجود الأنواع المتعددة من المواد الكيميائية، وخصائصها الفيزيائية المتباينة وسلوكها المختلف بمجرد انسكابها وإمكانية إضرارها بصحة الإنسان والبيئة البحرية، جميعها تعني أن الاستعداد وترتيبات الاستجابة للانسكابات الكيميائية أعقد بكثير منها بالنسبة لانسكابات النفط.

وتعطي هذه الورقة مقدمة للقضايا المتعلقة بالاستجابة للانسكابات الكيميائية وتتناول المخاطر العديدة القائمة، وسلوك المواد الكيميائية عندما تنسكب في البحر وتستعرض بإيجاز خيارات الاستجابة المتاحة.

## ما هي المواد الكيميائية؟

يشمل مصطلح "المادة الكيميائية" كل المواد التي يعرفها الإنسان. ولكن، لا تعتبر جميع المواد الكيميائية المنقولة بحرًا خطيرة ولكن مثل هذه المواد أطلق عليها اسم "مواد خطرة وضارة". ويعرِّف "بروتوكول المواد الخطرة والضارة ضمن الاتفاقية الدولية حول الاستعداد والاستجابة والتعاون في مجال التلوث النفطي" المواد الخطرة والضارة على أنها "أية مواد غير النفط، تعتبر خطيرة إذا دخلت على البيئة البحرية، ومن المحتمل أن تسبب أخطاراً على صحة الإنسان وأن تؤذي الموارد الحية والحياة البحرية، وأن تدمّر المرافق الترفيهية أو تتداخل مع الاستخدامات الأخرى الشرعية للبحار". وتتحدد المخاطر المرتبطة بمادة كيميائية معينة من خلال خصائصها الطبيعية، وبالتالي، فإن المواد الخطرة والضارة قد تنطبق عليها خاصية واحدة أو أكثر من الخصائص الخمس التالية: قابلة للاشتعال أو قابلة للانفجار أو سامة أو مسببة للتآكل أو متفاعلة.

وهناك تعريف آخر للمواد الخطرة والضارة، ولكنه تعريفٌ يختلف اختلافًا شاسعًا من تعريف "بروتوكول المواد الخطرة والضارة ضمن الاتفاقية الدولية حول الاستعداد والاستجابة والتعاون في مجال التلوث النفطي"، وهو التعريف الذي تقدمه اتفاقية المواد الخطرة والضارة[2]. فبموجب هذه الاتفاقية تصنف المادة على أنها من المواد

▲ *الشكل رقم 1: ناقلة مواد كيميائية.*

الخطرة والضارة إذا كانت ضمن قائمة أو أكثر من قوائم اتفاقيات ومدونات المنظمة البحرية الدولية المبينة في الجدول رقم 1. وقد صممت الاتفاقيات والمدونات المبينة لضمان النقل الآمن لجميع أنواع المواد الكيميائية. وبالإضافة إلى ذكر مختلف أنواع المواد الخطرة والضارة، فهي تصف أيضًا معايير التصميم والإنشاء للسفن المختلفة المشاركة في نقل المواد الخطرة والضارة وتضع لوائح تخص أسلوب وضع الملصقات على المواد الكيميائية وتعبئتها وتخزينها. ولا تندرج المواد المشعة والمعدية ضمن نطاق اتفاقية المواد الخطرة والضارة أو نطاق هذه الورقة.

و"بروتوكول المواد الخطرة والضارة الخاص بالاتفاقية الدولية حول الاستعداد والاستجابة والتعاون في مجال التلوث النفطي" فهو مصمم لضمان الاستعداد والاستجابة

---

*[1] البروتوكول المعني بالاستعداد والاستجابة والتعاون في حوادث التلوث بالمواد الخطرة والضارة لعام 2000 (انظر www.imo.org).*

*[2] الاتفاقية الدولية المتعلقة بالمسؤولية والتعويض عن الضرر الناجم عن نقل المواد الخطرة والضارة عن طريق البحر، 1996. وحتى مارس/آذار من عام 2012، لم تدخل اتفاقية المواد الخطرة والضارة حيز التنفيذ (انظر www.hnsconvention.org)*

| المادة الخطرة والضارة | الاتفاقيات والمدونات |
|---|---|
| تنقل أنواع النفط في صورة سائبة. | الملحق 1 من المرفق 1 من الاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن لعام 1973، والمعدلة بموجب بروتوكول عام 1978 (ماربول 73/78). |
| سوائل سائبة | الفصل رقم 17 من المدونة الدولية لبناء وتجهيز السفن التي تحمل شحنات من المواد الكيميائية الخطرة السائبة (مدونة IBC) وأيضًا الملحق رقم 2 من المرفق رقم 2 من ماربول 73/78 |
| الغازات | الفصل رقم 19 من المدونة الدولية لبناء وتجهيز السفن التي تحمل شحنات الغازات المسالة السائبة (مدونة IGC). |
| المواد الصلبة السائبة | القسم رقم 9 من المدونة الدولية للشحنات البحرية من المواد الصلبة السائبة (مدونة IMSBC) إذا كانت تغطيها أيضًا مدونة IMDG في الصورة المعبأة |
| السلع المعبأة | المدونة البحرية الدولية للسلع الخطرة (مدونة IMDG) |

▲ *الجدول رقم 1: أمثلة لاتفاقيات ومدونات المنظمة البحرية الدولية التي تتضمن قوائم المواد الخطرة والضارة (انظر www.imo.org).*

▲ *الشكل رقم 2: نفط منسكب وأوعية طافية من مركب خزّان مرتطم بالقاع (الصور مهداة من شركة SMIT لإنقاذ السفن).*

بينما تختص اتفاقية المواد الخطرة والضارة بالتعويضات. ويعتبر الفرق بين تعريفي المواد الخطرة والضارة هامًا نظرًا لأن كل منهما يغطي شحنات غير متضمنة في الآخر. فعلى سبيل المثال، يتضمن "بروتوكول المواد الخطرة والضارة الخاص بالاتفاقية الدولية حول الاستعداد والاستجابة والتعاون في مجال التلوث النفطي" شحنات مثل الفحم والأسمنت والعديد من السبائك المعدنية والحبوب. ويمكن أن تسبب خسارة مثل هذه الشحنات خسائر بيئية من خلال الاختناق، وبالنسبة للحبوب، يمكن أن يؤدي تحللها إلى ارتفاع الطلب البيولوجي على الأكسجين محليًا وانبعاث كبريتيد الهيدروجين وهو غازٌ سام. وبالعكس، فإن اتفاقية المواد الخطرة والضارة تغطي العديد من منتجات النفط المعدني المقطرة الشائعة غير الثابتة مثل الكيروسين والبنزين والنفط الثابت أيضًا، في بعض الحالات، وجميعها لا يغطيها "بروتوكول المواد الخطرة والضارة الخاص بالاتفاقية الدولية حول الاستعداد والاستجابة والتعاون في مجال التلوث النفطي" نظرًا لأنها تندرج تحت "اتفاقية الاستعداد والاستجابة والتعاون في مجال التلوث النفطي لعام 90[3]". وتغطي كلٌ من "اتفاقية المواد الخطرة والضارة" و"بروتوكول المواد الخطرة والضارة الخاص بالاتفاقية الدولية حول الاستعداد والاستجابة والتعاون في مجال التلوث النفطي لعام 2000" الزيوت النباتية. وتغطي أوراق أخرى صادرة عن "الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث" الانسكابات النفطية، كما هو مبين على الغلاف الخلفي.

## شحن المواد الخطرة والضارة

وقد أدّت زيادة الطلب العالمي على المواد الكيميائية المستخدمة في العديد من الصناعات إلى نمو سريع لتجارة المواد الكيميائية المنقولة بحرًا. ففي عام 2010، وضعت المنظمة البحرية الدولية قائمة بأكثر 20 مادة كيميائية تشحن بحرًا (باستثناء النفط الخام ومنتجاته السائلة والزيوت النباتية) والتي يزيد احتمال اشتراكها في حوادث المواد الخطرة والضارة. وقد وضعت هذه القائمة من خلال جمع بيانات حول كميات المواد الكيميائية المُنتَجة، وأكثر المواد الكيميائية المنقولة شيوعًا وأكثرها انسكابًا (*الجدول رقم 2*).

وقد تُنقل شحنات المواد الخطرة والضارة بحرًا بطريقتين: إما سائبة (سواء سائلة أو صلبة) أو في صورة معبأة. وهناك العديد من أنواع نقل المواد الخطرة والضارة، طبقًا لما يلي:

- **ناقلات المواد السائبة** – تحمل المواد الصلبة في صورة سائبة كما هو الحال بالنسبة للحمولات الجافة غير المعبأة مثل خام الحديد وحجر الفوسفات والفحم والأسمنت والحبوب.

▲ *الشكل رقم 3: "حاوية خزّانات" وحاوية عالقتان ومرتبطتان ببعضهما البعض على الساحل.*

- **ناقلات المواد الكيميائية أو الطرود أو المنتجات** – تحمل حمولات السوائل السائبة، والفرق يكمن في كيفية الفصل بين الخزّانات ونوع المواد الكيميائية التي تحملها، مثل البنزين أو الستايرين (*الشكل رقم 1*).
- **ناقلات الغاز** – تنقل حمولات الغاز المسال المضغوط و/أو المنخفضة الحرارة، أي الغاز الطبيعي المسال (الميثان بصفة أساسية) (LNG) وغاز البترول المسال (البروبان والبيوتان) (LPG).
- **سفن الحاويات** (*الشكل رقم 2*) – تحمل شحنات من السلع المعبأة في حاويات وسيطة تتيح التحميل والتفريغ بكفاءة. وعادة ما يُعطى حجم سفينة الحاويات بوحدات TEU (وحدات مكافئ العشرين قدم)، والتي تعبر عن عدد الحاويات ذات الحجم القياسي التي يمكن للمركب حملها. وهناك نسبة صغيرة من الحاويات المشحونة تكون في صورة خزّانات (isotanks) أو "حاوية خزّانات" لحمل السوائل السائبة (*الشكل رقم 3*).
- **مراكب الحمولة العامة** – تحمل شحنات أصغر حجمًا من السلع المعبأة دون إحكام، مثل منصات التحميل أو الأقفاص أو الصناديق أو البراميل. وتمثل هذه الأنواع أكبر فئات الأسطول العالمي من ناحية نوع السفينة.
- **مراكب الدحرجة (Ro-Ro)** – مقطورات النقل البرية أو مقطورات السكك الحديدية التي تحمل سلعًا غير محكمة التعبئة أو حاويات أو سوائل سائبة أو مواد صلبة سائبة.

ويمثل الحادث الذي ينطوي على سفينة تحمل واحدة أو أكثر من المواد الخطرة والضارة، مثل سفن الحاويات أو ناقلات الطرود أو مراكب الدحرجة تعقيدات إضافية نظرًا لإمكانية اختلاط الشحنات المختلفة ببعضها البعض، بالإضافة إلى اختلاطها بالمياه إذا حدث تلف للحاويات أو الخزانات أو المقطورات المنفردة. وبوجه خاص، قد يصعب تحديد محتويات الخزان أو الناقلة بدقة وتقييم المخاطر التي يمثلها في بعض الحالات، فقد لا توفر "قائمة السلع الخطيرة" (*الشكل رقم 4*) وخطط التخزين تفاصيل كافية لتقييم شدة الحوادث الممكنة بصورة مناسبة.

وحتى الكميات الصغيرة نسبيًا من المواد الخطرة والضارة قد تمثل خطرًا كبيرًا. فعلى سبيل المثال، يتفاعل فوسفيد الألومنيوم ((AlP، وهو مادة تستخدم في التبخير تنقل على نطاق واسع، مع الماء لينتج الفوسفين (PH3)، وهو غاز سام (*الشكل رقم 5*). كما قد ينطوي الحادث على انسكاب وقود السفن، أو غيره من أنواع النفط (*الشكل رقم 2 والشكل رقم 5*) مما قد يضيف تعقيدات أخرى لعملية الاستجابة. إذا كانت المادة الخطرة أو الضارة تمثل خطرًا على صحة الإنسان، فقد لا تكون الاستجابة للنفط المنسكب بحرًا أو على السواحل ممكنة أو قد تصبح ضعيفة.

[3] *الاتفاقية الدولية حول الاستعداد والاستجابة والتعاون في مجال التلوث النفطي*

| الترتيب | المادة الكيميائية | السلوك | الخطر الرئيسي |
|---|---|---|---|
| 1 | حمض الكبريتيك | مادة غارقة/مذابة | مسببة للتآكل/ تفاعلات طاردة للحرارة مع المياه / أبخرة |
| 2 | حمض الهيدروكلوريك | مادة غارقة/مذابة | مسببة للتآكل/ تفاعلات طاردة للحرارة مع المياه / أبخرة |
| 3 | هيدروكسيد الصوديوم/ الصودا الكاوية | مادة غارقة/مذابة | مسببة للتآكل/ تفاعلات طاردة للحرارة مع المياه |
| 4 | حمض الفوسفوريك | مادة غارقة/مذابة | مسببة للتآكل/ تفاعلات طاردة للحرارة مع المياه / أبخرة |
| 5 | حمض النيتريك | مادة غارقة/مذابة | مسببة للتآكل/ تفاعلات طاردة للحرارة مع المياه / أبخرة |
| 6 | غاز البترول المسال/ الغاز الطبيعي المسال | غاز (ينقل في صورة سائل) | قابل للاشتعال / قابل للانفجار |
| 7 | النشادر | غاز (ينقل في صورة سائل) | سام |
| 8 | البنزين | مادة طافية/ مبخّرة | قابل للاشتعال / قابل للانفجار |
| 9 | الزيلين | مادة طافية/ مبخّرة | قابل للاشتعال / قابل للانفجار |
| 10 | الفينول | مادة مذابة/مبخّرة | سام / قابل للاشتعال |
| 11 | الستايرين | مادة طافية/ مبخّرة | قابلة للاشتعال/ سامة/ قابلة للبلمرة |
| 12 | الميثانول | مادة طافية / مذابة | قابل للاشتعال / قابل للانفجار |
| 13 | إيثيلين جليكول | مادة غارقة/مذابة | سام |
| 14 | الكلور | غاز (ينقل في صورة سائل) | سام |
| 15 | الأسيتون | مادة طافية/ مبخّرة/مذابة | قابل للاشتعال / قابل للانفجار |
| 16 | نترات النشادر | مادة غارقة/مذابة | مادة مؤكسِدة/ متفجرة |
| 17 | اليوريا | مادة غارقة/مذابة | مهيِّج |
| 18 | طولوين | مادة طافية/ مبخّرة | قابل للاشتعال / قابل للانفجار |
| 19 | الأكريلونيتريل | مادة طافية/ مبخّرة/مذابة | قابلة للاشتعال/ سامة/ قابلة للبلمرة |
| 20 | Vinyl acetate | مادة طافية/ مبخّرة/مذابة | قابلة للاشتعال/ سامة/ قابلة للبلمرة |

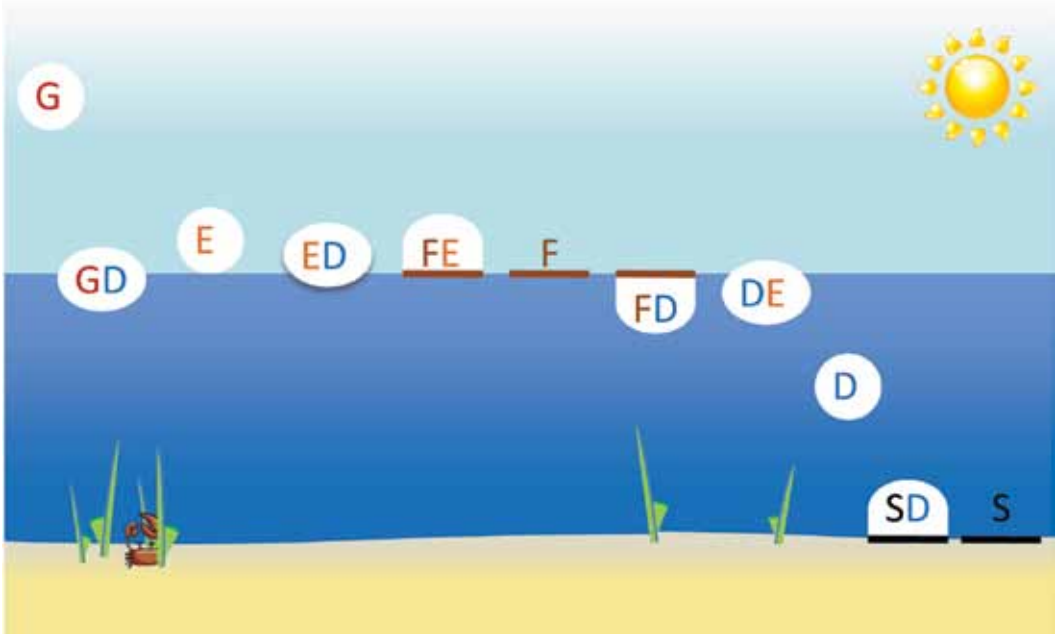
▲ *الجدول رقم 2: قائمة المنظمة البحرية الدولية لأكثر من 20 مادة احتمالاً لتسبب خطرًا عاليًا في الدخول في حوادث المواد الخطرة والضارة، باستثناء النفط الخام أو منتجات النفط الخام المقطرة السائلة أو الزيوت النباتية (المصدر: MEPC/OPRC-HNS/TG 10/5/4, انظر www.imo.org).*

DANGEROUS GOODS MANIFEST
M/V BOXSHIP L1234567 (Inbound to Panama)

| Shipper/Consignee | Pkg. No. | Shipping Description | Stowage Position | Gross Weight | Container | Port of Discharge | Shipment No. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Local Chemical Co. | 25 Drums | ACROLEIN, class 6.1 UN1092, P.G. I (3), Marine Pollutant | 030862 | 2500 Kgs | 243917 | NYNY | 7654321 |
| Manufacturing Co. | 30 Tins | ADHESIVES (liquid), Class 3, UN1133, P.G. III Flammable Liquid | 420190 | 19.22 Kgs | 678345 | NYNY | 6453210 |
| Manufacturing Co. | 500 Bottles | DICHLOROMETHANE (liquid), Class 6.1, UN1593, P.G. III Toxic substance | 420190 | 1000 Kgs | 678345 | NYNY | 6465210 |

▲ *الشكل رقم 4: مثال لبيان شحنة خطرة يعطي تفاصيل حاويتين تحتويان على مواد خطرة وضارة.*

◀ *الشكل رقم 5: يمكن أن يعيق وجود المواد الخطرة والضارة الاستجابة لانسكاب النفط. هنا، وجدت زجاجات غير معروفة، مغطاة بنفط وقود السفن، على الساحل، بعضها قد يكون فوسفيد الومنيوم (الصورة الداخلية) والذي ينتج غاز الفوسفين عالي السميّة عند ملامسته للمياه. في هذه الحالة، وضعت خطة تفصيلية لتقييم المخاطر لضمان سلامة موظفي تنظيف السواحل (الصورة الداخلية مهداة من الشركة المتحدة للفوسفور (United Phosphorous)).*




▲ *الشكل رقم 6: تمثيل بالرسم للتصنيف السلوكي الأوروبي القياسي.*

## سلوك المواد الكيميائية في البيئة البحرية

### السلوك الفيزيائي

يعتبر تصنيف المواد، سواء كانت غازية أو سائلة أو صلبة، طبقًا للسلوك الذي تنتهجه عند الانبعاث في البيئة البحرية أداةً هامة عند وضع استراتيجية الاستجابة. ويتحدد مصير المادة طبقًا لخصائص مثل قابلية التطاير وقابلية الذوبان والكثافة والتي تحدد بدورها الخطر أو المخاطر التي تمثلها المادة (السمية، قابلية الاشتعال، قابلية التفاعل، قابلية الانفجار، تسببها في التآكل وما إلى ذلك).

| | مجموعة الخواص | الخواص |
|---|---|---|
| G | غاز | يتبخر فورًا |
| GD | غاز/مذاب | يتبخر على الفور, يذوب |
| E | مبخِّر | يتبخر بسرعة |
| ED | مبخِّر/مذاب | يتبخر بسرعة/ يذوب |
| FE | مادة طافية/مبخِّرة | تطفو وتتبخر |
| FED | مادة طافية/مبخِّرة/مذابة | تطفو وتتبخر وتذوب |
| F | مادة طافية | تطفو |
| FD | مادة طافية/مذابة | تطفو وتذوب |
| DE | مادة مذابة / مبخِّرة | تذوب بسرعة وتتبخر |
| D | مادة مذابة | تذوب بسرعة |
| SD | مادة غارقة /مذابة | تغرق وتذوب |
| S | مادة غارقة | تغرق |

▲ *الجدول رقم 3: نظام التصنيف السلوكي الأوروبي القياسي (SEBC) للمواد الكيميائية.*

ويصنف نظام التصنيف السلوكي الأوروبي القياسي (SEBC) المواد الخطرة والضارة إلى 12 مجموعة على أساس سلوكها الغالب في المياه (*الشكل رقم 6* و*الجدول رقم 3*). ويوضح الجدول رقم 4 الخواص الرئيسية التي تعطي مؤشرًا لسلوك المادة الكيميائية المنسكبة في البحر. ولكن، من المهم الإلمام بأن هذا النظام لا يصنف المواد الكيميائية سوى من وجهة نظر سلوكها السائد المرتبط بالاستجابة للانسكاب ولكن المادة الكيميائية قد تكون لها أيضًا خصائص أخرى. فعلى سبيل المثال، يصنف البنزين طبقًا لخصائصه السائدة (متطاير) ولكن سلوكه أيضًا يجب أن يوضع في الاعتبار أثناء تخطيط الاستجابة.

### المخاطر

بموجب النظام العالمي المنسق لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها الصادر عن الأمم المتحدة، يتم تصنيف المواد الكيميائية طبقًا لأنواع المخاطر التي تمثلها ويتم التعبير عنها من خلال نظام منسق للتواصل بشأن المخاطر من خلال أسلوب متسق لوسم

[4] *www.unece.org/trans/danger/danger.html*

▲ *الشكل رقم 7: الرموز المصورة للنظام العالمي المنسق المستخدمة في وضع ملصقات المواد الخطرة والضارة. من اليسار إلى اليمين: قابلة للاشتعال، قابلة للانفجار ومؤكسدة وسمية حادة ومسببة للتآكل وضارة/مهيجة وسامة للبيئة ومسببة للسرطان/الحساسية وغاز مضغوط. ويقصد بهذه الرموز المصورة أن تحل محل الملصقات الوطنية والإقليمية.*

| وصف | الخاصية |
|---|---|
| **الكثافة** | الكثافة، ρ, (للمادة)=الكتلة/الحجم. تعطي مؤشرًا لاحتمال طفو المادة أو غرقها (متوسط كثافة مياه البحر: 1.025= ρ جرام/سم3). ρ(بنزين) = 0.88 جرام/سم3, يطفو. ρ(حمض الفوسفوريك الصلب) =1.864 جرام/سم3, يغرق. |
| **الوزن النوعي** | الوزن النوعي = ρ (المادة)/ρ (الماء) هي كمية بلا أبعاد أي ليس لها وحدات. وفي المياه العذبة تعرف أيضًا باسم الكثافة النسبية. |
| **قابلية الذوبان** | قدرة المادة الصلبة أو السائلة أو الغازية على الذوبان في الماء (عادة ما تعطى بالنسبة للماء العذب). في مياه البحر: s(بنزين) = 0.07%, قابل للذوبان بدرجة طفيفة; s(حمض الفوسفوريك) =100%, غير قابل للامتزاج. |
| **ضغط البخار** | يصف احتمال تبخر المادة لتكون بخارًا. كلما ارتفع ضغط البخار، كلما زاد ميل المادة إلى البخر (بطيئة التبخر VP > 300 باسكال, مادة سريعة التبخر VP > 3 كيلو باسكال). VP(جليكول الإيثيليون) = 500 باسكال; VP(إيثانول) = 5 كيلو باسكال; VP(بروبان) = 2.2 ميجا باسكال. |
| **كثافة البخار** | الوزن النسبي للغاز أو البخار بالمقارنة بالهواء، والذي أعطيت له قيمة اختيارية تساوي الواحد الصحيح. إذا كانت كثافة بخار الغاز أقل من الواحد الصحيح فسوف يرتفع بوجه عام في الهواء. أما إذا كانت كثافة البخار أكبر من الواحد الصحيح، فسوف يغرق الغاز بوجه عام في الهواء. وهذه الخاصية قائمة على الأوزان الجزيئية. الوزن الجزيئي للهواء = 29 وحدة كتلة ذرية (AMU). الهيدروجين = 2 وحدة كتلة ذرية وبالتالي فإن له كثافة بخار تساوي 2/29 = 0.068، يرتفع. الهيكسان = 84 وحدة كتلة ذرية: كثافة البخار = 84/29 =2.9، يغرق. |
| **نقطة الوميض** | نقطة الوميض بالنسبة لمادة قابلة للتطاير هي أقل درجة حرارة يمكن أن تتبخّر عندها لتكوّن مخلوطًا في الهواء يشتعل عند تعرضه لمصدر اشتعال. نقطة الوميضT(فينول) = 79°مئوية, نقطة الوميض T(بنزين) = - 11.1°مئوية. |
| **حد الانفجار الأدنى (LEL)** | أقل تركيز (نسبة مئوية) للغاز أو البخار في الهواء قادر على الاشتعال في وجود مصدر اشتعال. عند تركيزات الهواء التي تقل عن حد الانفجار الأدنى، لا يكون هناك وقود كاف متاح للاحتراق ويكون مخلوط الهواء/الوقود "أنظف من اللازم". كما يعبر عنه بسام "حد الاشتعال الأدنىLEL (LFL) (بنزين) =1.2% حجمًا بالنسبة للهواء (12,000 جزء في المليون). LEL(الميثان) ($CH_4$) عند 20°مئوية = 5.1%. |
| **حد الانفجار الأعلى (UEL)** | أعلى تركيز (نسبة مئوية) للغاز أو البخار في الهواء قادر على الاشتعال في وجود مصدر اشتعال. التركيزات الأعلى من حد الانفجار الأعلى تكون "غنية بالوقود أكثر مما ينبغي" مما يمنعها من الاحتراق ، ويعبر عنها أيضًا بحد الاشتعال الأعلى UEL( .UFL(بنزين) =7.8% حجمًا بالنسبة للهواء (78,000 جزء في المليون). |
| **نطاق الاشتعال** | نطاق التركيز الواقع بين حدي الاشتعال الأعلى والأدنى. |
| **درجة حرارة الاشتعال الذاتي** | أقل درجة حرارة تشتعل عندها المادة الكيميائية في ظل عدم وجود مصدر اشتعال. الاشتعال الذاتي T(بنزين) = 538°مئوية. |
| **نقطة الغليان** | نقطة الغليان T(بروبان)= 42°-مئوية, T(النشادر) = 33°-مئوية, T(حمض الكبريتيك) = 337°C. |

▲ *الجدول رقم 4: الخواص الفيزيائية الرئيسية لتقييم مصير وسلوك مادة كيميائية.*

الملصقات وصحائف بيانات السلامة. ويهدف النظام العالمي المنسق لضمان إتاحة المعلومات الخاصة بالمخاطر المادية والسمية من المواد الكيميائية لتحسين حماية صحة الإنسان والبيئة أثناء تداول هذه المواد الكيميائية ونقلها واستخدامها. وهناك مجموعتان من الرموز المصورة ضمن النظام العالمي المنسق، أحدهما لوضع الملصقات على الحاويات وللتحذيرات الخاصة بالمخاطر في مكان العمل (*الشكل رقم 7*) والأخرى للاستخدام أثناء نقل المواد الخطرة (*الشكل رقم 8*). ويتم اختيار واحدة أو الأخرى، طبقًا للجمهور المستهدف، ولكن الاثنان لا يستخدمان معًا. ويمكن أن تنشأ المخاطر التالية، طبقًا لما تعبر عنه الرموز المصورة الأولية، من انسكاب المواد الخطرة والضارة ذاتها أو من تفاعلات بين المواد الخطرة والضارة وبين المواد الكيميائية أو المياه أو الهواء.

## قابلية الاشتعال

قابلية الاشتعال هي مدى سهولة اشتعال المادة سواء بصورة طبيعية أو من خلال وجود مصدر اشتعال. ويتحكم ضغط الغاز أو نقطة الوميض للمادة السائلة في قابليتها للاشتعال. وتتميز السوائل القابلة للاشتعال بانخفاض نقطة الغليان ونقطة الوميض. وقد تشتعل بعض المواد الأخرى القابلة للاشتعال بمجرد ملامستها للهواء. ويمكن أن يؤدي حريق المواد الخطرة والضارة إلى انبعاث الحرارة والجسيمات الصلبة والغازات السامة (*الشكل رقم 9*).

## قابلية الانفجار

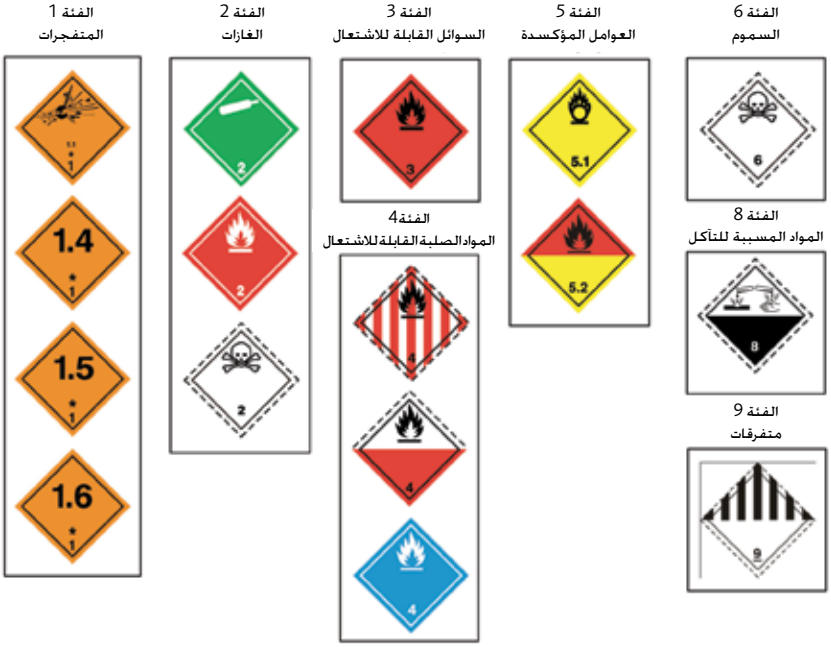
المادة القابلة للانفجار هي مادة كيميائية أو مخلوط من المواد الكيميائية، تصبح غير مستقرة في بعض الظروف البيئية، مثل الحرارة أو الاحتكاك أو الصدمات أو الكهرباء الاستاتيكية، وتطلق طاقتها المخزونة. وتصنف المواد طبقًا لحساسيتها للظروف البيئية وسرعتها عند الانفجار وتكوينها الكيميائي. كما يشمل التصنيف موادًا مثل الأجهزة المتفجرة والذخائر.

ويمكن أن تكون المتفجرات مصحوبة بموجات ضغط واحتراق وحرارة. وبالأخص، يحدث التلف حين لا يمكن تشتيت الطاقة المنبعثة بسرعة. وأحد الأمثلة الهامة للمزيج المؤدي للانفجار من مادة متطايرة وظروف بيئية خاصة هو انفجار السائل أثناء الغليان بفعل تمدد البخار (BLEVE)، فمثلاً، يمكن أن يؤدي تسخين غاز مسال مضغوط داخل وعاء مغلق إلى تحطيم الوعاء نتيجة الضغط الزائد الذي يعقب غليان السائل داخله. وتكون النتيجة هي انبعاث لحظي، والذي يمكن أن يتطور ليصبح سحابة كبيرة بما يكفي لتصبح قابلة للاشتعال أو توليد حريق وميضي أو كرة لهب أو انفجار لسحابة بخار.

ويحدد حد الانفجار الأدنى (LEL) وحد الانفجار الأعلى (UEL) النطاق الذي يمكن للغاز أو لبخاره في الهواء أن يشتعل في وجود مصدر اشتعال.

## خطر التأكسد

قد يتمثل خطر التأكسد من خلال مواد لا تكون في حد ذاتها قابلة للاحتراق، ولكنها من خلال توفيرها للأكسجين قد تسبب أو تساهم في احتراق مواد أخرى. ويمكن أن تتفاعل المواد المؤكسدة القوية، مثل حمض النيتريك ($HNO_3$)، بعنف مع المواد العضوية بالذات.




▲ *الشكل رقم 8: الرموز المصورة الصادرة عن الأمم المتحدة لنقل المواد الخطرة والضارة. الفئات من 1 إلى 6 و8 هي جزئ من النظام العالمي المنسق لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS). المواد التي تنتمي للفئة 7 (المواد المشعة - غير مبينة) والفئة 9 (متفرقات)، رغم أنها ضمن رموز السلع الخطيرة البحرية العالمية، غير متضمنة في النظام العالمي المنسق.*

## السُميّة

تشمل المواد الكيميائية السامة تلك التي تسبب الموت أو الوفاة للكائنات الحية إذا تم استنشاقها أو ابتلاعها أو امتصاصها عن طريق الجلد بمستويات ضئيلة. وعادة ما تقاس السُميّة وتصنف من خلال درجة الخطر التي يمثلها تركيز معين على صحة الإنسان أو البيئة. وعادة ما تُذكر حدود التركيز للتعرض الحاد والمزمن. ويعرّف التعرض الحاد على أنه تعرض لمرة واحدة لمادة سامة يمكن أن يؤدي إلى إلحاق أذى بيولوجي شديد أو إلى الوفاة، وعادة ما يوصف بأنه تعرض لمدة لا تزيد عن يوم. أما التعرض المزمن فيعرّف بأنه التعرض المستمر للسم لفترات مطولة من الزمن، وتقاس عادة بالأشهر أو الأعوام، والذي يمكن أن يسبب آثارًا جانبيةً لا يمكن الشفاء منها. ويعتبر الكلور من أمثلة الغازات عالية السميّة.

## خطر التآكل

يمكن للمواد الكيميائية المسببة للتآكل أن تدمر أو تتلف، على نحوٍ لا يمكن إصلاحه، سطحًا آخر أو مادة أخرى عند تلامسهما، ويشمل ذلك كلاً من الأنسجة الحية (البشرة والعينين والرئتين) والمواد مثل معدات الاستجابة أو الشحنات الأخرى أو مواد التغليف. وتشمل الأمثلة حمض الكبريتيك ($H_2SO_4$) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH).

▲ *الشكل رقم 9: حاويات انهارت وتشوهت بفعل الحرارة على القسم الأمامي من مركب دحرجة قياسي.*

## مادة مهيّجة/ضارة

قد تكون المادة الكيميائية التي تندرج تحت هذه الفئة أن تكون ضارة على الصحة في حين أن المواد ذات الخواص المهيّجة قد تسبب التهابًا للجلد والأغشية المخاطية في الكائنات الحية (مثل العينين و/أو الحلق و/أو الرئتين).

## مادة خطرة على البيئة

المواد الكيميائية التي قد تمثل خطرًا لحظيًا أو مؤجلاً على مكوّن أو أكثر من مكونات البيئة والتي يجب إيلاء عناية خاصة لإجراءات التخلص منها.

## قابلية التفاعل

المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع المواد المجاورة لها، أو نفط الوقود أو الهواء بصور مختلفة تشمل التآكل أو التحلل أو التأكسد/الاختزال أو تفاعل البلمرة. ومن المهم معرفة قابلية التفاعل للمادة لكي يمكن صياغة استجابة مناسبة نظرًا لأن هذه التفاعلات يمكن أن تولّد حرارة وغازات قابلة للاشتعال أو سامة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يتفاعل الحديد مع بعض الأحماض أو القواعد القوية ليطلق الهيدروجين والذي يطلق مخلوطًا قابلاً للانفجار من الهيدروجين والهواء. وبعض المواد الكيميائية يمكن أن تتبلمر بإضافة الحرارة أو المياه. وعادة ما تكون البلمرة مصحوبة بتمدد حجمي وانبعاث الحرارة (طرد للحرارة) ويمكن أن تسبب ضررًا للوعاء الذي يتم تخزين المادة فيه. كما قد يتحلل المنتج إلى منتجات ثانوية نتيجة التفاعلات مع بيئته المحيطة. ومن المخاطر الهامة التي تحدث نتيجة التحلل تكوّن غازات مثل ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) وكبريتيد الهيدروجين ($H_2S$)، والتي تعتبر سامة في حد ذاتها، ويمكن أن تؤدي إلى انخفاض مستويات الأكسجين مما يتطلب ممارسات آمنة لإدخالها إلى مخازن السفن وغيرها من الأماكن المغلقة. ويتيح مكتب الاستجابة والاستعادة التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي بالولايات المتحدة (NOAA) ورقة عمل للتفاعلات الكيميائية يمكن تنزيلها من شبكة الإنترنت وتتيح للمستخدم تحديد قابلية التفاعل للمادة مع الهواء والماء وغيرهما من المواد الكيميائية.

## تقييم المخاطر

عند ترتيب المخاطر التي يمثلها فقدان شحنة معينة، هناك دليلان مبسطان ويسهل الوصول إليهما يعطيان خطوة أولية هامة في تقييم الشدة المحتملة للحادث: المرفق رقم 2 والمرفق رقم 3 من "الاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن" (اتفاقية ماربول) 73/78 وبيانات المخاطر الصادرة عن فريق الخبراء المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية.

### الاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن (اتفاقية ماربول)

تعتبر الاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن (اتفاقية ماربول) هي الاتفاقية الدولية الأساسية التي تغطي منع التلوث الناجم من السفن. وهناك مرفقان من مرفقات اتفاقية ماربول يتصلان بالمواد الخطرة والضارة، وهما:

### المرفق رقم 2

يحتوي المرفق رقم 2 باتفاقية ماربول على لوائح بشأن الشحنات السائلة السائبة والتي قد تسبب تلوثًا بيئيًا إذا تم تصريفها في البحر. وتوجد داخل هذا المرفق، أربع فئات تم تعريفها طبقًا للخطر الذي يمثله السائل السائب لصحة الإنسان والموارد البحرية والمرافق الترفيهية. ويحتوي الملحق رقم 2 من المرفق رقم 2 على قائمة بالمواد مصنفة طبقًا للفئات الأربع المبينة أدناه:

- الفئةX – وهي المواد السائلة التي تمثل خطرًا إما على الموارد البحرية أو صحة الإنسان مما يبرر حظر تصريفها في البيئة البحرية؛
- الفئة Y – وهي عبارة عن مواد سائلة تمثل خطرًا إما على الموارد البحرية أو على صحة الإنسان أو تسبب ضررًا للمرافق الترفيهية أو غيرها من استخدامات البحر مما يبرر الحد من نوعية وكمية تصريفها في البيئة البحرية،
- الفئة Z – وهي المواد السائلة التي تمثل خطرًا محدودًا إما على الموارد البحرية أو صحة الإنسان مما يبرر فرض قيود مخفضة على نوع وكمية تصريفها في البيئة البحرية،
- الفئة OS – وهذه 'المواد الأخرى' تعتبر خارج نطاق الفئات X وY وZ وهي لا تعتبر ضارة للموارد البحرية أو صحة الإنسان أو المرافق الترفيهية أو الاستخدامات الأخرى للبيئة البحرية.

### المرفق رقم 3

يتناول المرفق رقم 3 أحكام مكافحة التلوث الذي تسببه المواد الضارة المحمولة بحرًا في صورة معبأة. وكجزء من هذه اللوائح، يجب وضع علامات واضحة على أية مواد ضارة بيئيًا (وتعرف باسم الملوثات البحرية) ووضع ملصقات عليها كـ"ملوث بحري" لتمييزها عن الحمولات الأخرى الأقل ضررًا (*الشكل رقم 10*).

### تصنيفات المخاطر الصادرة عن فريق الخبراء المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية

وقد قام "فريق الخبراء المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية" (GESAMP)، وهو هيئة استشارية تابعة للأمم المتحدة أنشئت في عام 1969، بتلخيص الأخطار التي تمثلها المواد الخطرة والضارة لكلٍ من البشر والبيئة البحرية. ويتألف الفريق من خبراء مستقلون في تخصصاتهم التي تشمل نطاقًا عريضًا من المجالات ذات الصلة.

وقد نشر "فريق الخبراء المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية" تقييمًا لأخطار المواد المنقولة بالسفن، وهو يتناول المخاطر التي تمثلها أكثر أنواع المواد الكيميائية المنقولة شيوعًا والتي تدخل البيئة البحرية من خلال التفريغ التشغيلي أو الانسكاب العارض أو الفقدان من سطح السفن. وقد تم تقييم خواص كل مادة من المواد الكيميائية بالنسبة لعدد من الآثار المحددة سلفًا إذا انسكبت أي مادة من المواد الكيميائية المدرجة ضمن القائمة في البحر. ويتم تجميع هذه المعلومات في تصنيف للمخاطر يحدد الخصائص الخطيرة لكل مادة طبقًا للفئات التالية:

أ. التراكم الحيوي والتحلل الحيوي؛
ب. السُمّية المائية؛
ج. السُمّية الحادة للثدييات؛
د. التهيج والتآكل والآثار الصحية طويلة المدى؛
هـ. التداخل مع الاستخدامات الأخرى للبحر.

وتعتبر عملية تحديد بيانات المخاطر من خلال "فريق الخبراء المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية" عملية مستمرة وهناك قائمة محدثة تحتفظ بها المنظمة البحرية الدولية.

## مخاوف الصحة البشرية

إلى جانب الآثار المرتبطة بمخاطر مثل موجة الضغط التالية للانفجار، أو الحروق المصاحبة للحرائق أو نفاد الأكسجين، قد يحدث التعرض للمواد الكيميائية أيضًا نتيجة الامتصاص من خلال التلامس مع الجلد أو الاستنشاق أو البلع. ويعد الاستنشاق مسارًا رئيسيًا لدخول الغازات والجسيمات. وقد يحدث الامتصاص من خلال جلد سليم أو من خلال سطح الجلد التالف بفعل المواد الكيميائية (مثل الحروق أو الأمراض الجلدية). ويحدث البلع حين يتم ابتلاع عامل خطير.

وينشر مصنعو المواد الخطرة والضارة وغيرها نشرة بيانات سلامة المواد (MSDS) والتي تلخص المخاطر المحددة المرتبطة بكل مادة. وبمرور الوقت، سوف تستبدل بنشرات بيانات السلامة (SDS) بموجب النظام العالمي المنسق الصادر عن الأمم المتحدة. وسوف يكون لكلٍ من نشرات بيانات سلامة المواد ونشرات بيانات السلامة نفس الصيغة بشكل عام، (*الشكل رقم 11*) وتعطيان المعلومات التي يحتوي عليها الجدول رقم 5. ورغم ذلك، فيجب ملاحظة أنه، من ناحية الموثوقية والشمول، فإن جودة المعلومات المقدمة حاليًا بموجب نشرة بيانات سلامة المواد يمكن أن تتباين بشدة بين مختلف المصنّعين، ومن المهم بذل جميع المحاولات الممكنة للحصول على معلومات من مصنِّع الشحنة ذاتها موضع الحادث. ومن المتوقع أن يوفر التطبيق الشامل لنشرة بيانات السلامة الصادرة بموجب النظام العالمي المنسق معلومات أكثر اتساقًا وموثوقية.

*الشكل رقم 10: لافتة تعبر عن ملوِّث بحري. هذه اللافتة غير مرتبطة بفئة معينة من المخاطر وهي تستخدم عند نقل أية مادة ملوِّثة بحرية.*

---

[5] *http://response.restoration.noaa.gov*
[6] *www.gesamp.org/publications/publicationdisplaypages/rs64*
[7] *www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention*

| |
|---|
| 1. التحديد |
| 2. تحديد الخطر (المخاطر) |
| 3. التركيب/المكونات |
| 4. تدابير الإسعافات الأولية |
| 5. تدابير مكافحة الحريق |
| 6. تدابير الانبعاث العارض |
| 7. التداول والتخزين |
| 8. ضوابط التعرض/الحماية الشخصية |
| 9. الخواص الفيزيائية والكيميائية |
| 10. الثبات وقابلية التفاعل |
| 11. معلومات خاصة بالسُمِّيَّة |
| 12. معلومات بيئية |
| 13. اعتبارات التخلص من المادة |
| 14. معلومات النقل |
| 15. معلومات تنظيمية |
| 16. معلومات أخرى |

▲ *الجدول رقم 5: معلومات تعطى من خلال نشرات بيانات سلامة المواد (MSDS) ونشرات بيانات السلامة (SDS).*

## حدود التعرض

وضعت الصناعات الكيميائية والوكالات الحكومية المتخصصة حدودًا للتعرض لحماية العمّال الذين يتعاملون مع المواد الخطرة. وحدود التعرض المسموح بها (PEL) عبارة عن حدود تنظيمية تعبر عن أقصى كمية أو تركيز للمادة في الهواء. ويتم وضع حد التعرض المسموح به باستخدام المتوسط الزمني المرجّح (TWA) والذي يبلغ في المعتاد ثمان ساعات (وهي فترة يوم عمل معتاد). وتُبنى هذه الحدود على قيم حدود التعرض (TLV) التي تعبر عن التعرض للغازات والأبخرة المحمولة في الجو والتي يمكن أن يتعرض لها العامل في المعتاد دون خطر كبير لحدوث مرض أو إصابة. ويقصد بهذه الحدود أن تأخذ في الاعتبار التعرض المزمن للمواد الخطرة ولكن لا يقصد بها التعامل مع التعرضات الحادة التي تعقب الانسكابات.

وللتعامل مع الآثار المباشرة، وضعت أحيانًا حدود للتعرض على المدى القصير، وحدود قصوى. ويعتبر حد التعرض على المدى القصير هو الذي يتناول التعرض لتركيزات على مدار فترة قدرها 15 دقيقة ولا يمكن تكراره لأكثر من أربع مرات يوميًا. أما الحد الأقصى فهو الذي لا يمكن تجاوزه لأية فترة زمنية ويطبق على المواد المهيِّجة وغيرها من المواد ذات الآثار الفورية. وبهذا الصدد، يعتبر معيار "الخطر المباشر على الحياة أو الصحة" (IDLH) هو سقف حد التعرض المستخدم غالبًا، ويصف الأجواء التي تعتبر خطيرة بصورة مباشرة على الحياة أو الصحة بالنسبة لذكر بالغ عادي. وقد أنشئت حدود "الخطر المباشر على الحياة أو الصحة" في البداية للمساعدة في اتخاذ القرارات بشأن استخدام جهاز التنفس. وهناك عاملان يجب أخذهما في الاعتبار عند تحديد حدود "الخطر المباشر على الحياة أو الصحة": يجب أن يتاح للعمال القدرة على الهروب من البيئة الخطرة، وألا يصابوا من أضرار

**SIGMA-ALDRICH**

sigma-aldrich.com

**SAFETY DATA SHEET**

according to Regulation (EC) No. 1907/2006
Version 4.2 Revision Date 03.12.2011
Print Date 01.02.2012

**1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING**

**1.1 Product identifiers**

Product name : Dichloromethane

Product Number : 270997
Brand : Sigma-Aldrich
Index-No. : 602-004-00-3
CAS-No. : 75-09-2

**1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against**

Identified uses : Laboratory chemicals, Manufacture of substances

**1.3 Details of the supplier of the safety data sheet**

Company : Sigma-Aldrich Company Ltd.
The Old Brickyard
NEW ROAD, GILLINGHAM
Dorset
SP8 4XT
UNITED KINGDOM

Telephone : +44 (0)1747 833000
Fax : +44 (0)1747 833313
E-mail address : eurtechserv@sial.com

**1.4 Emergency telephone number**

Emergency Phone # : +44 (0)1747 833100

**2. HAZARDS IDENTIFICATION**

**2.1 Classification of the substance or mixture**

**Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 [EU-GHS/CLP]**
Carcinogenicity (Category 2)

**Classification according to EU Directives 67/548/EEC or 1999/45/EC**
Limited evidence of a carcinogenic effect.

**2.2 Label elements**

**Labelling according Regulation (EC) No 1272/2008 [CLP]**
Pictogram

Signal word : Warning

Hazard statement(s)
H351 : Suspected of causing cancer.

Precautionary statement(s)
P281 : Use personal protective equipment as required.

Supplemental Hazard Statements : none

**According to European Directive 67/548/EEC as amended.**
Hazard symbol(s)

Sigma-Aldrich - 270997 Page 1 of 7

▲ *الشكل رقم 11: مثال للصفحة الأولى من نشرة بيانات السلامة لثنائي كلور الميثان الصادرة عن المُنتج.*

صحية بالغة أو تهيج بالغ في العينين أو مجرى التنفس أو غيرها من الحالات التي قد تعوق قدرتهم على الهرب.

ويجري باستمرار وضع مبادئ توجيهية أكثر تفصيلاً للاستجابة للانبعاثات المحتملة من المواد المحمولة جوًا سواء من قِبل الصناعة أو الوكالات الحكومية مثل وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة.

**المبادئ التوجيهية للتخطيط للاستجابة لحالات الطوارئ (ERPG)** وهي عبارة عن مبادئ توجيهية بشأن تركيزات الهواء بالنسبة للتعرض مرة واحدة للمواد الخطرة، ويقصد بها الاستخدام كأدوات لتقييم مدى مناسبة خطط تجنب الحوادث والاستجابة في حالات الطوارئ. وتقوم لجنة المبادئ التوجيهية للتخطيط للاستجابة في حالات الطوارئ التابعة لجمعية النظافة الصناعية الأمريكية (AIHA) بوضع المبادئ التوجيهية للتخطيط للاستجابة في حالات الطوارئ.

**المستويات الاسترشادية للتعرض الحاد (AEGL)** وهي مخصصة لوصف المخاطر التي قد يتعرض لها البشر والناتجة عن التعرض للمواد الكيميائية المحمولة في الجو لمرة واحدة في العمر أو نادرًا. ويتم وضع المستويات الاسترشادية للتعرض الحاد (AEGL) من خلال جهد تعاوني بين الجمهور والقطاع الخاص على مستوى العالم. وتشارك اللجنة الاستشارية الوطنية لوضع المستويات الاسترشادية للتعرض الحاد للمواد الخطيرة (لجنة AEGL) في وضع هذه المبادئ التوجيهية للمساعدة في التعامل مع حالات الطوارئ التي تنطوي على انسكابات أو غيرها من التعرضات الكارثية.

*www.epa.gov/osweroe1/docs/chem/tech.pdf* [8]
*www.aiha.org* [9]

**حدود التعرض المؤقت في حالات الطوارئ (TEEL)** وهي المستويات التي تدعو للقلق وتمثل الآثار الصحية الضارة للمواد الخطيرة على الجمهور العام. وتوضع حدود التعرض المؤقت في حالات الطوارئ من قِبل وزارة الطاقة في الولايات المتحدة لكي تستخدم في حالة عدم إتاحة المبادئ التوجيهية للتخطيط للاستجابة لحالات الطوارئ أو المستويات الاسترشادية للتعرض الحاد.

## التأثيرات على الموارد البحرية

تعتمد تأثيرات واحدة أو أكثر من المواد الكيميائية على البيئة البحرية على عدد من العوامل. وأكثرها أهمية هي سُمية المواد الكيميائية أو مخلوطات المواد المفقودة أو نواتج تفاعلها. وسوف يعتمد مدى الأثر أيضًا على الكميات الموجودة وعلى التركيزات الناتجة في عمود المياه، بالإضافة إلى طول فترة تعرض الكائنات الحية لتلك التركيزات ومدى حساسية الكائنات لتلك المادة أو المواد الكيميائية المعينة. ولا تختلف قدرات احتمال سلالات الكائنات الحية البحرية للمواد فحسب، بل قد تختلف قدرات احتمال سلالات معينة طبقًا لمراحلها المختلفة في دورة الحياة والموسم. ويمكن أيضًا أن تؤثر الظروف الجوية السائدة وطبوغرافيا الأرض بشدة على تأثيرات الانسكاب. وفي الظروف الهادئة، قد تكون المنطقة المعرضة للآثار العكسية صغيرة نسبيًا ولا تتمدد إلا ببطء، مع اضمحلال آثار الشدة كلما زادت المسافة من مصدر الانسكاب. وفي المقابل، يمكن أن تسير البقعة، في نهرٍ أو مجرى مائي محدود، في اتجاه التيار بسرعة، مما يعرض مساحة سريعة التزايد لتركيزات عالية أو مسببة للضرر.

وفي البحر المفتوح، عادة ما يؤدي الجذر والتدفق، وتيارات المحيط والتشتت بفعل الاضطرابات المائية إلى تخفيف الملوثات بسرعة. ولكن، حتى إذا كانت التركيزات تحت المستويات التي تؤدي إلى الوفاة، فإن التركيزات دون المميتة يمكن رغم ذلك أن تؤدي إلى آثار أخرى. يمكن أن يخفض الضغط الذي ينشأ بفعل المواد الكيميائية من قدرة الكائنات الإجمالية على التكاثر أو النمو أو التغذية أو تأدية وظائفها بصورة طبيعية من أي جانب آخر. كما أنه من المهم دراسة إمكانية تسبب هذه المواد الكيميائية، حتى بالمستويات دون المميتة، في تعطيل الاستخدامات المشروعة الأخرى للبحر، مثلاً من خلال تغيير طعم السمك أو إغلاق الشواطئ.

ويمكن أن تثبت بعض المواد لفترات زمنية طويلة في البيئة البحرية بمجرد فقدانها في البحر، ويشمل هذا عناصر مثل الزئبق وغيره من المعادن الثقيلة وبعض المركبات العضوية، مثل مبيدات الحشرات والتي لا تتكسر بسهولة. ويمكن أن يؤدي امتصاص الكائنات الحية لمثل هذه المواد إلى "التراكم الحيوي". ويشير التراكم الحيوي إلى تراكم المادة الثابتة داخل الكائن الحي، وبخاصة في بعض الأنسجة، وبمعدل يتجاوز معدل إزالتها من خلال التكسير بالتمثيل الغذائي أو الإخراج. وتعتبر الكائنات البحرية اللاصقة والتي تتغذى من خلال ترشيح مياه البحر، مثل الرخويات ذات المصراعين (المحار وبلح البحر) مهددة بشكل خاص من جراء التعرض. وقد يحدث أيضًا "التكبير الحيوي" وهو الزيادة المتتابعة في تركيز المادة التي تتراكم بيولوجيا من الفريسة إلى من افترسها، من خلال سلسلة الغذاء. وبالتالي، فإن أعلى تركيزات للمادة عادة ما توجد داخل أنسجة أعلى الكائنات المفترسة، فهي تزيد، على سبيل المثال، من كميات متناهية الصغر في العوالق إلى تركيزات أعلى في الأسماك، وأخيرًا تؤدي إلى أعباء كبيرة على الجسم لدى البشر.

## تخطيط الاستجابة لحوادث المواد الخطرة والضارة

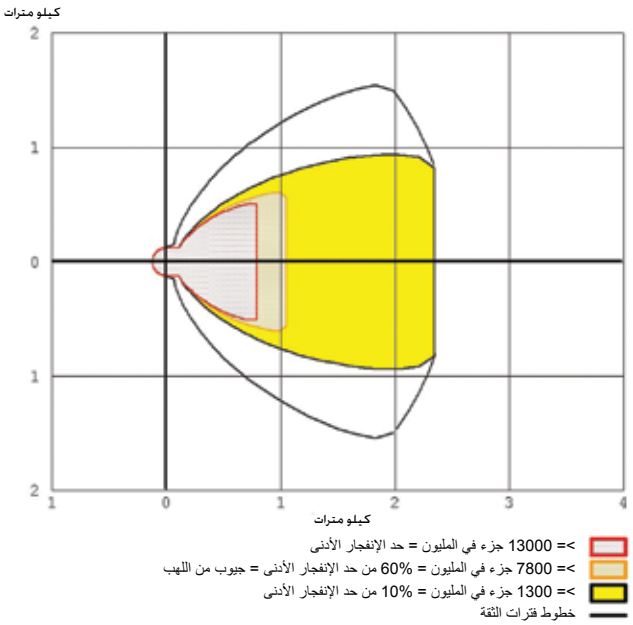
إن الآثار الممكنة لانسكابات المواد الخطرة والضارة على صحة الإنسان تجعل من التخطيط والتنظيم الفعال للاستجابة أمرًا حيويًا. ويجب تحديد دور كل عضو من أعضاء فريق الاستجابة بوضوح، وكذلك تحديد مسؤولياتهم وقدراتهم. ويجب وضع تفاصيل التدريب والتمرينات العملية في خطة الطوارئ ووضعها حيز التنفيذ لتزويد موظفي الاستجابة بالمهارات اللازمة لأداء وظائفهم بأمان.

### تقييم المخاطر

عند الاستجابة للحوادث التي تتعلق بالمواد الخطرة والضارة، فإن الخطوات الأولية التي ينبغي اتخاذها لا تتغير بغض النظر عن المواد التي ينطوي عليها الحداث، وظروفه وموقعه. ومن الضروري عدم الاستجابة في الموقع لحادث كيميائي إلا بعد إجراء تقييم شامل للموقف، مع التركيز بالأخص على جوانب الصحة والسلامة. ومن المهم تحديد جميع المواد الكيميائية الموجودة، وأسلوب نقلها (سائبة، في وعاء، سلع مرتبة على منصات نقّالة، براميل، وما إلى ذلك) بالإضافة إلى طبيعة الانسكاب أو التصريف (مثل المواد الكيميائية المتسربة، أو السلع الخطرة المعبأة المفقودة).

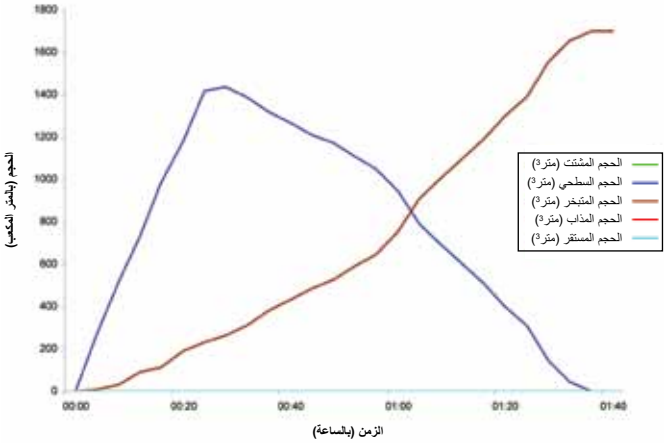
ولابد من تقييم خطر حدوث حريق أو انفجار، بالإضافة إلى المخاطر الصحية والمخاطر على المناطق المجاورة، بسرعة ويمكن أن تكون المعلومات المستمدة من مصادر مثل المبادئ التوجيهية للاستجابة في حالات الطوارئ (ERG) والمدونة البحرية الدولية للسلع الخطرة (مدونة IMDG)، ونشرات بيانات سلامة المواد المنفردة وبطاقات السلامة الكيميائية الدولية وقواعد بيانات المعلومات الكيميائية، مثل قاعدة بيانات CAMEO الخاصة بالإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي، مفيدة لهذا الغرض.

وبناءً على الخواص الفيزيائية للمواد الكيميائية بالإضافة إلى الظروف البيئية (مثل درجتي حرارة الهواء والمياه وحركة المياه وشدة الرياح السائدة واتجاهها) يمكن عمل تقدير أولي، بسيط نسبيًا، للمصير المحتمل للمادة الكيميائية. ولا يمكن استكمال تقييم




▲ *الشكل رقم 12: مثال لمخرجات نموذج ALOHA (الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي بالولايات المتحدة (NOAA)) تبين مستويات مختلفة من المخاوف (الانفجارية) للهيكسان الحلقي وعلاقتها بالمسافة من المصدر. ALOHA = مواقع المناطق ذات الغلاف الجوي الخطر*

*[10] www.epa.gov/opptintr/aegl*
*[11] www.hss.doe.gov*
*[12] www.ilo.org/icsc*
*[13] Computer Aided Management of Emergency Operations*




*الشكل رقم 13: أمثلة للسلوك المتوقع طبقًا للنموذج لحجم محدود من الهيكسان الحلقي (C6H12) مع مرور الزمن، بعد انسكابه من حطام غارق. يبين الشكل أن الهيكسان الحلقي قد يرتفع إلى سطح المياه ويتبخر بصورة منتظمة إلى الغلاف الجوي. وسوف يصل إلى أكبر مساحة لسطح بقعة النفط بعد 20 ساعة من بداية الانبعاث. نظرًا لأن الهيكسان الحلقي لا يمتزج بالماء وتبلغ كثافته 0.78 جرام/سم3, فإن الأحجام المذابة والغارقة (أي التي تغرق إلى قاع البحر) بالإضافة إلى الأحجام المتشتتة, تكون مهملة أو صفرًا (المصدر: Chemsys – المركز الوطني لحالات الطوارئ المتعلقة بالمواد الكيميائية (NCEC), http://the-ncec.com).*

المخاطر المبدئي والتفكير في استراتيجية استجابة مناسبة إلا بعد تحديد هذه المخاطر والتثبت من أية مخاطر لحدوث المزيد من الانسكابات.

## وضع النماذج

هناك عدد من النماذج الحاسوبية المختلفة المتاحة، وبعضها يوفر تنبؤات بالانتشار المحتمل للمواد الكيميائية (*الشكل رقم 12 والشكل رقم 13*) في بُعدَين، مثلاً عبر سطح المياه، بينما تنظر بعض النماذج الأخرى للانتشار في الأبعاد الثلاثة سواء في الجو أو في عمود المياه. ولكنّ النماذج الحاسوبية تعاني من عددٍ من أوجه القصور، والتي تشمل الافتراضات العامة التي استخدمت لوضع خوارزميات النموذج وبناء برامج المصدر، ولم يتم التحقق إلا من عدد قليل جدًا منها باستخدام انسكابات واقعية. بالإضافة إلى ذلك، كما يجب أخذ عوامل أخرى في الاعتبار مثل موثوقية البيانات المدخل ومستوى تدريب عامل التشغيل ومهاراته في التفسير عند مراجعة مخرجات النموذج. ورغم ذلك، فهي تعطي أداة مفيدة للتخطيط لحالات الطوارئ، ولعمليات الاستجابة، بقدر محدود، وبخاصة عندما تدمج مع الرصد في الوقت الحقيق وبصفة خاصة حين تكون المواد الخطرة والضارة عديمة اللون.

## الرصد

يمثل الرصد جزءً حيويًا من الاستجابة للانسكاب الكيميائي، وبالنسبة للغازات والمواد التي تتبخر بسرعة، قد يمثل الصورة الوحيدة من صورة الاستجابة. ويمكن إجراء الرصد بصورتين أثناء مرحلة الاستجابة: رصد التشتت الهوائي، ورصد انتشار المواد الكيميائية في المياه (على السطح أو في عمود المياه أو على قاع البحر). ويُجرى الرصد لعدة أغراض:

- لتحديد المواد الكيميائية المنسكبة تحديدًا؛
- للكشف عن وجود المواد أو عدم وجودها؛
- لقياس تركيزات المواد؛

| الكاشف | طريقة الكشف | المزايا | العيوب |
|---|---|---|---|
| **ورق الكشف الكيميائي** | يتغير لونه عند التعرض لإحدى المواد الخطرة والضارة، طبقًا لنوع المادة الخطرة أو الضارة. | أحد أقل الطرق تعقيدًا وأقلها تكلفة. | يفتقر إلى التحديد وقد يعطي قراءات موجبة كاذبة. |
| **الأنابيب اللونية مثل أنابيب درايغير وأنابيب RAE** | تسحب عينة من الغاز إلى الأنبوب المحدد، مما يتيح قراءة التركيز. هناك 160 أنبوب من المواد الكاشفة المحددة لكل مادة وهي متاحة لتحديد المواد الخطرة والضارة المختلفة. | تعتبر طريقة بسيطة وغير مكلفة للكشف عن المواد الخطرة والضارة وتحديدها. | يجب استخدام أنبوب مختلف لكل مادة من المواد الخطرة والضارة. تتطلب معرفة المواد الخطرة والضارة المحتمل وجودها للحيلولة دون الحصول على نتائج سلبية كاذبة. تستخدم لمرة واحدة. |
| **كاشف التأين الضوئي (PID)** | يتأين الغاز المشتبه فيه بضوء من الأشعة فوق البنفسجية مع وجود نطاقات محددة من جزئيات الأشعة فوق البنفسجية المتأينة لكل مادة من المواد الخطرة والضارة. ويسجل كاشف التأين عدد الجزئيات المتأينة. | عالي الحساسية. غير مكلف نسبيًا. يمكن أن يعطي قراءات فورية وأن يعمل بصورة مستمرة. | لابد أن يعرف المستخدم بدرجة عالية من التأكد هوية الغاز أو البخار المراد الكشف عنه. |
| **قياس الطيف لمعرفة حركة الأيونات (IMS)** | يتم تأيين عينة غازية من خلال أجهزة ترسل مواد مشعة، ومقارنتها بعينة من الهواء النظيف. ويتسبب وجود أحد المواد الخطرة والضارة، والذي يتم الكشف عنه من خلال معلمّات محددة مسبقًا، إطلاق صوت إنذار. | وهو أقل حساسية للملوثات نظرًا لاعتماده على عينة الهواء النظيف للمعايرة. قراءات فورية. هناك العديد من الصور المختلفة المتاحة تجاريًا. | مكلف نسبيًا. عادة ما ينحصر في الاستخدام العسكري أو الصناعي. |
| **تحليل الطيف بالأشعة تحت الحمراء** | يستخدم ضوء الأشعة تحت الحمراء في المدى المتوسط (تردد من 4000 سم$^{-1}$ إلى 200 سم$^{-1}$) لإثارة جزيئات الغاز. ولكل غاز بصمة فريدة للأشعة تحت الحمراء. يؤدي الكشف إلى إطلاق صوت إنذار. | أسلوب عالي الانتقائية. هناك أنواع عديدة متاحة من الكواشف - محمولة باليد أو أجهزة مستقلة للقياس عن بعد. | مكلف نسبيًا. |

*الجدول رقم 6: مزايا وعيوب بعض أنواع كواشف المواد الخطرة والضارة المتاحة للرصد في الزمن الحقيقي.*

- لترسيم حدود منطقة آمنة؛
- للتحقق من صحة النماذج.

## رصد الهواء

يمكن استخدام الرصد في الوقت الحقيقي لتقييم المخاطر السمية ومخاطر الحريق والانفجار، وللمساعدة في تحديد مناطق العمل الآمن أو مناطق الإخلاء المحتملة وللمساعدة في اتخاذ القرارات بشأن المستويات المناسبة من معدات الوقاية الشخصية. على سبيل المثال، يمكن إجراء الرصد باستخدام مقاييس الأكسجين ذات الخلايا الكيميائية للتحقق من البيئات التي تعاني من نقص الأكسجين، وإذا وجد أن الغلاف الجوي يحتوي على أقل من 19.5% أكسجين، فيجب ارتداء أجهزة التنفس القائمة بذاتها.

وهناك معدات ذات درجات متفاوتة من التعقيد متاحة لرصد المواد الخطرة والضارة (*الجدول رقم 6*). وأحد العوامل الرئيسية التي يجب وضعها في الاعتبار عند اختيار المعدات هو مدى السرعة التي يمكن بها الحصول على النتائج نظرًا لأن المعلومات، لكي تكون أفيد ما يمكن، يجب أن تكون في "الوقت الحقيقي". وهناك اعتبار آخر هام يتعلق بما إذا كانت معدات الرصد آلية ويمكن استخدامها من بعد. فإذا كانت تتطلب تدخلاً بشريًا، مثل الأجهزة المحمولة باليد (*الشكل رقم 14*)، فيجب بالطبع حماية عامل التشغيل بصورة مناسبة باستخدام معدات الوقاية الشخصية. كما يلزم تفهم أن جميع المعدات سوف تتطلب تدريبًا لاستخدامها وأن بعض التصميمات تحتاج إلى معايرة.

## رصد المياه

قد تفيد بعض أساليب التحليل في تحديد تركيزات المواد الخطرة والضارة في عمود المياه. ويمكن رصد بعض المواد العضوية باستخدام، مثلاً، جهاز كروماتوغرافيا الغاز (GC) المحمول، أو القياس الطيفي للكتلة المقترن بكروماتوغرافيا الغاز (GCMS) أو بطرق المعايرة بالتحليل الكيميائي أو بالتحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية/ تحت الحمراء. وهناك مستشعرات متاحة لقياس المعلمات غير العضوية مثل الطلب البيولوجي على الأكسجين والتعكر والتوصيلية ودرجة الحموضة وأيونات النشادر والبروميد والكلور والنحاس، في حين أن هناك طرقًا بسيطة مثل أوراق الكشف يمكن استخدامها لتحديد الحموضة والقاعدية. وفي حالات أخرى، قد تتيح آثار بيولوجية مثل التبييض أو نفوق الكائنات البحرية تتبع تشتت الملوثات. المواد الكيميائية الغارقة أصعب في الرصد ولكن قد يتيح استخدام الموجات فوق الصوتية أو كاميرات تصوير الفيديو تحت سطح الماء المثبتة على مركبات تعمل من البعد أو مصفوفة من المواد الماصة الموزونة رسم خرائط لانتشار الملوثات على قاع البحر.

▲ *الشكل رقم 14: رسم توضيحي لجهاز لرصد غاز الفوسفين محمول باليد خارج منطقة خطيرة.*

## معدات الوقاية الشخصية

في أعقاب تقييم المخاطر المبدئي، عادة ما يتم حشد فريق تقييم إلى محيط الحادث لتقييم الموقف ولتحديد ما إذا كانت هناك أية إجراءات تخفيف ممكن اتخاذها على المركب. ومن الواضح أن ارتداء فريق التقييم والمستجيبين لمعدات الوقاية الشخصية أمرٌ ضروري.

ويشير مصطلح معدات الوقاية الشخصية إلى الملابس ومعدات التنفس اللازمة لحماية الشخص من الخواص الخطيرة للمواد الكيميائية. ويجب أن يتناسب اختيارها مع الخطر المحدد المتعلق بالمواد الكيميائية المنسكبة. وللأسف، لا توجد مادة واحدة يمكن استخدامها للحماية من جميع المواد الكيميائية نظرًا لأن قدرة المادة على العمل كحائل تعتمد على فترة تعرض المادة للمادة الكيميائية بالإضافة إلى تركيز المادة الكيميائية ودرجة حرارتها الخارجية. وإذا لم تكن المادة الكيميائية المنسكبة قد تم تحديدها، فيجب أن يفترض المستجيبون سيناريو أسوأ حالة وأن يرتدوا أعلى مستوى من الحماية. ومع إتاحة المزيد من المعلومات، يمكن اتخاذ قرار مستنير بشأن ما إذا كان من المناسب تقليل مستوى معدات الوقاية الشخصية. وبالإضافة إلى مقاومة المادة المصنوع منها معدات الوقاية الشخصية للمواد الكيميائية المنسكبة، هناك عوامل أخرى ينبغي وضعها في الاعتبار عند اختيار معدات الوقاية الشخصية المناسبة وهي تشمل مستوى الحماية التنفسية المطلوب وقدرة مادة معدات الوقاية الشخصية على الاحتمال والتأثير المحتمل لمعدات الوقاية الشخصية على ضغط الحرارة وقدرة المستجيب على إنجاز مهام معينة.

وقد قام عددٌ من الوكالات الحكومية، منها إدارة السلامة والصحة المهنيتين بالولايات المتحدة، بتصنيف معدات الوقاية الشخصية إلى أربع فئات بناءً على مستوى الحماية الذي توفره (المستويات "أ" و"ب" و"ج" و"د"). وتعترف معظم منظمات الاستجابة بهذه المستويات الأربعة. ويوفر المستوى "أ" أقصى مستوى من الحماية (*الشكل رقم 15*)، بينما يمكن اعتبار الحماية التي يوفرها المستوى "د" مجرد انتهاء زي موحد للعمل، ويجب ألا ترتدى إلا عند التأكد من عدم تعرض العاملين لمستويات ضارة من المواد الخطرة والضارة. ويبين الجدول رقم 7 العناصر المكونة لمعدات الوقاية الشخصية لكل مستوى من المستويات "أ" إلى "د"، رغم أن هناك عناصر إضافية مثل الخوذات الواقية ونظارات الأمان قد تكون متضمنة في كل مستوى. ومن المهم أن يتم تدريب المستجيبين بالتفصيل على استخدام معدات الوقاية الشخصية لتقليل خطر التعرض للأذى من خلال استخدام معدات الوقاية الشخصية ذاتها أو من خلال استخدامها في ظروف خاطئة.

# خيارات الاستجابة لانسكابات المواد الخطرة والضارة

يجب أن تتناسب الاستجابة للانسكاب مع التهديد الذي يمثله الحجم والمخاطر التي تمثلها المواد الكيميائية المحددة التي تم فقدانها في البحر. وسوف يؤثر حجم المنتج ومدى احتوائه على الاستجابة، فمثلاً، قد يكون الأثر الضار لانبعاث خزّان كامل من حمض من ناقلة مواد كيميائية أسرع كثيرًا من خزّان تالف، ينكسر داخله عدد محدود من زجاجات الحمض. وأيضًا، بعض المواد الكيميائية مثل الألومنيوم والسيانيد تصبح أكثر سمية بكثير في الظروف الحمضية (قيمة منخفضة لدرجة الحموضة) ويجب التفكير في التفاعلات الثانوية مع مواد أخرى قد تلامسها وقد تؤدي إلى مخاطر. وفي كل حالة، يجب أن يرتدي المستجيبون معدات الوقاية الشخصية وأن تكون معدات الرصد والاستجابة مصممة بصورة مناسبة للدخول إلى الأجواء الخطيرة، مثل استخدام معدات ترشيح الهواء المناسبة أو المحركات ذات الوقاية من الشرر.

*www.osha.gov* [14]

| معدات الوقاية الشخصية | المستوى أ | المستوى ب | المستوى ج | المستوى د |
|---|---|---|---|---|
| جهاز التنفس القائم بذاته (SCBA) | x | x | | |
| جهاز تنفس بقناع يغطي نصف الوجه أو الوجه كله | | | x | |
| بدلة محكمة الغلق بالكامل للوقاية من المواد الكيميائية (TECPS) | x | | | |
| ملابس ذات أقنعة مقاومة للمواد الكيميائية | | x | x | |
| قفّازات خارجية مقاومة للمواد الكيميائية | x | x | x | |
| قفّازات داخلية مقاومة للمواد الكيميائية | x | x | x | |
| أحذية طويلة مقاومة للمواد الكيميائية | x | x | | |
| بدلة واقية يمكن التخلص منها | x | | | |
| مآزر | | | | x |

▲ *الجدول رقم 7: عناصر معدات مطلوبة لكل مستوى من الحماية طبقًا لإدارة السلامة والصحة المهنيتين بالولايات المتحدة.*

وفيما يلي ملخص موجز لأساليب الاستجابة الممكنة لمختلف فئات المواد الكيميائية.

## الغازات والمبخرات

يمكن أن يتسبب انبعاث غاز أو سائل متطاير من المواد الخطرة والضارة في توليد سحب من الأبخرة قد تكون سامة أو تكوِّن مع الهواء مخلوطًا قابلاً للانفجار. ونتيجة لذلك، قد يكون هناك إمكانية حدوث مضاعفات تتعلق بالصحة والسلامة بالنسبة لطاقم السفينة المصابة، والمستجيبين والمراكز السكانية القريبة. وحين تحدث مثل هذه الحوادث بالقرب من مراكز سكانية، فإن خدمة المطافئ المحلية قد يكون لها دور قيادي في الاستجابة.

ولكي يمكن تخطيط الاستجابة، من المهم معرفة سلوك الغاز أو البخار والمسار والمحتمل للسحابة الخطرة. ويحتمل أن يساعد وضع النماذج عن طريق الحواسيب للملوثات المحمولة في الجو في التنبؤ بحركة السحابة وانتشارها ومصيرها أثناء تشتتها. ويمكن ترسيم مناطق آمنة طبقاً للحاجة وأن يتم توجيه النصح للجمهور حسب الاقتضاء.

وقد يكون من ضمن الخيارات تغيير مكان المركب المصاب بحيث تتحرك الأبخرة السامة أو المسببة للتآكل أو القابلة للاشتعال بعيدًا عن المناطق المأهولة بالسكان. وإذا لم يكن هذا متاحًا، فقد تحتاج السلطات إلى توجيه النصح للجمهور بالبقاء في منازلهم وإغلاق الأبواب والنوافذ، أو، في الحالات القصوى، قد يصدر الأمر بإخلاء المناطق المهددة. وهناك مخاطر ترتبط بعمليات الإخلاء، مثل الذعر وبخاصة بالنسبة للمراكز السكانية الكبيرة، ويجب الموازنة بين هذه المخاطر وبين العواقب المحتملة إذا ظل السكان في أماكنهم.

وقد تكون أساليب الاستجابة مثل "القضاء" على سحابة البخار أو محاولة إيقافها أو تغيير مسارها باستخدام رذاذ المياه أو الرغوة من بين الأساليب المتاحة للمستجيبين، والذين يجب، رغم ذلك، أن يكونوا على دراية بالتفاعلات الممكنة مع المياه وأن يقوموا بالموازنة بين المخاطر وبين أية عواقب. كما يجب التفكير في عواقب توليد كميات كبيرة من المياه الملوثة واستقرار السفينة المصابة في حالة الفيضان. ويمكن استخدام هذه الأساليب مع أي غازات قابلة للذوبان في المياه، مثل النشادر وثاني أكسيد الكبريت. ويمكن تقليل مخاطر الحريق والانفجار للغازات غير القابلة للذوبان في المياه من خلال تبريد الأسطح الساخنة وكبت الشرر واللهب (*الشكل رقم 16*) باستخدام رذاذ الماء والرغوة.

وفي البيئة المفتوحة، عادة ما يتشتت البخار السام كنتيجة لحركة الهواء وللاضطرابات الطبيعية. وعادة ما يكون رصد السحابة وتشتتها هو الأسلوب الوحيد المتاح للاستجابة.

## المذابات

هناك نسبة كبيرة من المواد الكيميائية التي تنقل بحرًا قابلة للذوبان. وسوف تكوِّن المادة الكيميائية التي تُفقد في البحر بقعة يزيد حجمها ويقل تركيزها كلما ابتعدت

▲ *الشكل رقم 15: المستجيبون مزودون بمعدات الوقاية الشخصية من المستوى أ.*

▲ *الشكل رقم 16: تدريب يحاكي الاستجابة لانسكاب المواد الخطرة والضارة باستخدام مراكب الإطفاء (مصدر الصورة غير معروف).*

▲ *الشكل رقم 17: أبخرة حجر الفوسفات تنبعث من موضع حادث.*

عن المصدر (*الشكل رقم 17*). والعديد من المذابات غير مرئية وتتشتت بسرعة، مما يعني أن رصد التركيزات في عمود المياه قد لا يكون بالأمر الهين. ولكن، تعطي النماذج الحاسوبية مؤشرات مفيدة للتوزيعات المحتملة ومصير المادة وتتوقع بالمخاطر المحتملة التي قد تصيب البيئة البحرية وغيرها من الموارد مثل مصايد الأسماك ومداخل المياه والمناطق الترفيهية. وسوف يكون الرصد أمرًا ضروريًا في المناطق المتوقع ارتفاع التركيزات فيها، وذلك للتحقق من التنبؤات التي يقدمها الحاسوب.

والقدرة على احتواء واستعادة المواد الكيميائية المذابة محدودة للغاية. وقد يكون توفير سبل الإسراع بعمليات التشتت والتخفيف الطبيعية هو الطريق الوحيد للاستجابة لمثل هذه المواد الكيميائية. وقد يمكن، من الناحية النظرية، أن تتعادل بعض بقع المواد الكيميائية المذابة أو تتكتل أو تتأكسد أو تختزل عن طريق وضع مواد كيميائية أخرى. وقد تكون العوامل المعادِلة، إذا استخدمت على الأرض وفي المسطحات المائية المحدودة، وبموافقة السلطات المعنية، أدواتٍ فعالة عند وضعها بصورة صحيحة. ويجب أن تتوافر الخصائص التالية في المنتجات التي يمكن استخدامها لمعالجة المواد الكيميائية في المياه، مثل عوامل التكتل، والعوامل المكونة للجِل، والكربون المنشّط، والعوامل القابلة للتعقيد (المواد الكيميائية التي تحتجز الملوِّثات داخل تركيبها الجزيئي) ومبادلات الأيونات:

- أن تكون غير سامة؛
- لابد أن تكون عملية المعادلة والنواتج الثانوية منها غير سامّة؛
- منخفضة الطلب البيولوجي على الأكسجين (BOD).
- أن تكون آمنة الاستخدام بواسطة موظفين مدربين؛
- أن تكون سهلة التداول والتخزين؛
- أن تكون متاحة على نطاق واسع وبسعر معقول.

ولكن، في البحر المفتوح، عادة ما يؤدي زمن التأخير بين الانسكاب والاستجابة، مع حجم المياه الكبير المصاحب له، أن المعالجة الكيميائية لا يحتمل أن تكون عملية أو أن توفر أية فوائد، وعادة ما لا ينصح بها.

## المواد الطافية

قد تكون المواد الكيميائية الطافية منخفضة اللزوجة أو عالية اللزوجة أو حتى صلبة. وإذا كان ضغط البخار للمادة الكيميائية المنسكبة مرتفعًا فقد تتبخر بسرعة وتكون سحابة بخار فوق بقعة النفط. وسوف ينتشر العديد من المواد الطافية على سطح المياه ليكون بقعة نفطية بأسلوب مشابه للنفط. ولكن، بعكس النفط، قد لا تكون مرئية على سطح المياه. بالنسبة للانسكابات التي تنطوي على مواد كيميائية ثابتة نسبيًا، فقد يكون من الممكن، في بعض الحالات، الكشف عن المواد الطافية ورصدها باستخدام تقنيات مثل المراقبة الجوية (الرادار المحمول ذو الرؤية الجانبية أو الأشعة تحت الحمراء أو فوق البنفسجية) وربما باستخدام صور الأقمار الصناعية، رغم أن هناك خبرات عملية محدودة في استخدام هذه التقنيات بالنسبة لانسكابات المواد الخطرة والضارة.

وقد يمكن أن يوضع في الاعتبار نشر حواجز التطويق الطافية، إذا كانت آمنة، لاحتواء ومكافحة حركة المواد على سطح المياه. كما يمكن استخدام أجهزة الكشط وغيرها من معدات الاستجابة للانسكابات لاستعادة المادة من على سطح المياه. ولكن، من المهم، قبل الاستخدام، ضمان عدم تفاعل المادة الكيميائية المنسكبة بصورة عكسية مع المعدات أو انفجارها في حالة تولّد شرر. وقد لا ينصح بالاحتواء والاستعادة عند التعامل مع المواد الخطرة والضارة شديدة السُميّة أو القابلة للاشتعال نظرًا لأن الاحتواء قد يؤدي إلى زيادة التركيزات مما يخلق بيئات خطيرة للغاية بالنسبة للمستجيبين والسكان المحليين. وفي مثل هذه الحالات يفضل السماح للتشتت الطبيعي بخفض التركيزات إلى ما دون المستويات الضارة. وحيثما كان هناك خطر حدوث حريق وانفجار قد يتم وضع رغاوى لمكافحة الحريق أو إخماده إذا كانت التشريعات تتيح ذلك.

وفي بعض الحالات، قد تستخدم المواد الماصة لتجميع المواد الخطرة والضارة وتركيزها. وهناك فارقٌ هام يجب توضيحه بين المواد الممتصة والتي تُدخل المادة الكيميائية المنسكبة إلى داخل هيكل المادة والمواد الممتزة التي تبطن فيها المادة الكيميائية سطح المادة الماصة. وتقوم المواد الماصة باحتجاز المادة الكيميائية المنسكبة وتحول دون انبعاثها وتقلل من قدرتها على التطاير. وبالعكس، فإن استخدام المواد الممتزة يمكن أن يزيد المساحة السطحية للمادة الكيميائية المنسكبة مع زيادة مصاحبة في معدل انبعاث البخار. وبالإضافة إلى ذلك، فإن المادة الممتزة ممكن أن تكون ذات قدرة محدودة على الاحتفاظ بالمادة الكيميائية المستعادة عند استعادة المادة من المياه. وعلى الرغم من استخدامها على نطاق واسع في الانسكابات الأرضية، إلا أن نشر واستعادة المواد الماصة في البيئة البحرية يعتبر أقل فعالية. ويفضّل استخدام حواجز التطويق الطافية الماصة أو الوسادات الماصة على استخدام المساحيق أو الألياف السائبة نظرًا لأن تجميع الأخيرة عادة ما يكون غير قابل للتحقيق. أما العيوب الرئيسية للمنتجات الماصة فتتمثل في أنها قد تكون مكلفة وأنها تنتج كميات أكبر من المادة الملوثة تكون كبيرة الحجم ويصعب نقلها ويجب التخلص منها طبقًا للوائح المحلية.

وفي بعض الحالات، قد يمكن حرق المواد الكيميائية الطافية، ولكن لابد من إيلاء العناية الواجبة لتكوين الأبخرة السامة والتي تؤدي إلى مخاوف صحية وأمنية للمستجيبين وانتشار الحريق والدخان على نحوٍ لا يمكن التحكم فيه.

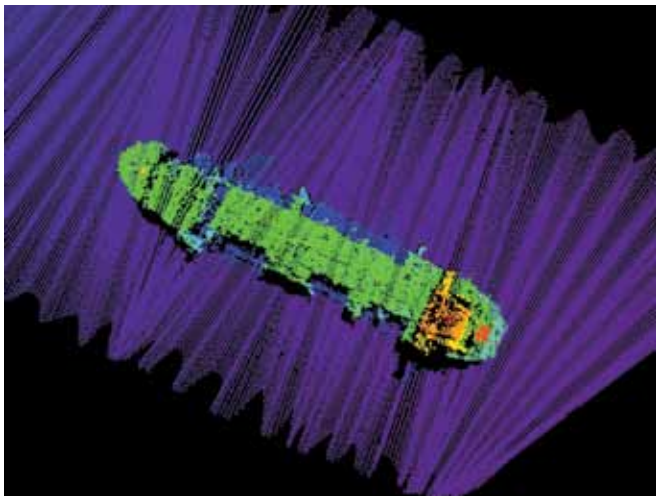
## المواد الغارقة

المواد الكيميائية التي تغرق يمكن أن تلوث قاع البحر وقد تثبت أحيانًا في ترسّبات التربة. لذلك، فقد يلزم أن تخطط عمليات الاستجابة للمواد الكيميائية الغارقة لاستعادة المادة الكيميائية وأية أجزاء ملوثة بشدة من ترسّبات التربة. في المياه الضحلة، قد تستخدم الجرّافات الميكانيكية وأجهزة الضخ/التفريغ لاستعادة المواد الغارقة. ويجب إيلاء العناية بحرص لمعالجة المواد الكيميائية والترسّبات الملوثة المستعادة والتخلص منها.

## الحطام الغارق

من المحتمل أن تثير شحنات المواد الخطرة والضارة الموجودة ضمن حطام غارق (*الشكل رقم 18*) المخاوف بالنسبة للمخاطر المحتملة المتعلقة بانبعاثها في المستقبل، إما فجأة وبصورة كارثية، أو باستمرار على مدار فترة زمنية طويلة. وفي مثل هذه الحالات، يجب إجراء تقييم للمخاطر لتحديد الأسلوب الواجب اتباعه من بين الأساليب الثلاثة التالية التي يتبعها المستجيبون عادة:

- **الانبعاث السلبي** من خلال فتحات التهوية و/أو في أعقاب التآكل طويل الأمد لجسم المركب. وينتهج هذا الأسلوب حين تبين تقييمات المخاطر أن الانبعاث لا يحتمل أن يؤدي إلى أضرار بالغة للبيئة أو حين لا توجد خيارات أخرى ممكنة.
- **الانبعاث تحت السيطرة** للحمولة، وهو أمرٌ عادة ما يؤخذ في الاعتبار بالنسبة لمواد، مثل المذابات، والتي قد تؤدي إلى بعض الآثار المحدودة، ولكن لا يحتمل أن تسبب أضراراً واسعة الانتشار إذا انبعثت ببطء نسبيًا إلى عمود المياه، رغم أن الانبعاث المفاجئ قد يكون مصدر قلق.
- **إزالة الحمولة** وهو أمرٌ يوضع في الاعتبار بالنسبة للمواد التي تسبب أقصى قدر من القلق بالنسبة للأضرار المحتملة لصحة الإنسان والبيئة والأنشطة الاقتصادية في الجوار.



▲ *الشكل رقم 18: صور أشعة بالموجات الصوتية لحطام ناقلة مواد كيميائية غارقة (الصورة مهداة من الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي).*

## نقاط رئيسية

- إذا كانت مادة كيميائية قابلة للاشتعال أو قابلة للانفجار أو عاملاً مؤكسدًا أو مسببة للتآكل أو التهيج أو تمثل خطرًا بيئيًا، فمن المحتمل أن تعتبر من المواد الخطرة والضارة (HNS).
- تتحكم الخواص الفيزيائية للمواد الخطرة والضارة في سلوكها حين تفقد في البحر وتحدد ما إذا كانت المادة سوف تسلك سلوك الغاز أو تتبخر أو تذوب أو تغرق.
- تعتمد آثار المواد الخطرة والضارة على البيئة البحرية على السمية والتعرض ومدى حساسية الكائنات البحرية للمواد الكيميائية المعنية.
- من المهم توقع التفاعلات المحتملة لبعض المواد الخطرة والضارة مع المياه أو عند التعرض للهواء أو، في حالة انسكاب عدة مواد كيميائية، تفاعل تلك المواد مع بعضها البعض لتنتج الحرارة أو منتجات سامّة.
- قام فريق الخبراء المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية بتقييم المخاطر على صحة الإنسان والبيئة البحرية، في حين أن حدود تعرض الإنسان يتم التعبير عنها من خلال حدود أخرى مثل "الخطر المباشر على الحياة أو الصحة" (IDLH) و"المبادئ التوجيهية للتخطيط للاستجابة لحالات الطوارئ" (ERPG) و"المستويات الاسترشادية للتعرض الحاد (AEGL)"و"التعرض المؤقت في حالات الطوارئ" (TEEL)، وذلك للمساعدة في الاستجابة الآمنة لحوادث المواد الخطرة والضارة. وتتوافر البيانات ذات الصلة في نشرات بيانات السلامة.
- قبل الاستجابة لحوادث المواد الخطرة والضارة، من الضروري إجراء تقييم للمخاطر قائم على وضع النماذج وعلى رصد مستويات الملوثات من المواد الخطرة والضارة.
- تعتمد خيارات الاستجابة إلى حدٍ كبير على ما إذا كانت المادة عبارة عن غاز أو مادة متبخرة أو مذابة أو غارقة. وبالنسبة للغازات والمواد التي تتبخر أو تذوب بسرعة، قد يكون الرصد هو أسلوب الاستجابة الوحيد بينما قد تكون الاستعادة ممكنة لبعض أنواع المواد العوّامة والغارقة.
- هناك أربعة مستويات من معدات الوقاية الشخصية معترفٌ بها على نطاق واسع، وهي "أ" و"ب" و"ج" و"د"، حيث يوفر المستوى "أ" أعلى مستوى من الحماية. ويجب اختيار معدات الوقاية الشخصية المناسبة للمخاطر ولكن حين يتطلب الأمر مستويات مرتفعة من الحماية، فإنه من الضروري أخذ الظروف البيئية في الاعتبار عند تحديد طول فترات العمل.

© 2012 ITOPF Ltd. Produced by Impact PR & Design Limited, Canterbury, UK

## أوراق المعلومات الفنية


1 المراقبة الجوية لانسكابات النفط البحرية
2 مصير انسكابات النفط البحرية
3 استخدام حواجز التطويق الطافية في مواجهة تلوث النفط
4 استخدام المشتتات لمعالجة انسكابات النفط
5 استخدام أجهزة الكشط في مواجهة تلوث النفط
6 التعرف على النفط على السواحل
7 عمليات تنظيف النفط من السواحل
8 استخدام المواد الماصّة في مواجهة تلوث النفط
9 التخلص من النفط وحطام السفن
10 القيادة والسيطرة وإدارة الانسكابات النفطية
11 آثار تلوث النفط على مصائد الأسماك وتربية الأحياء البحرية
12 آثار تلوث النفط على الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية
13 آثار تلوث النفط على البيئة
14 أخذ العينات من انسكابات النفط البحرية ورصدها
15 إعداد المطالبات نتيجة تلوث النفط وتقديمها
16 التخطيط لحالات الطوارئ في انسكابات النفط البحرية
17 الاستجابة للحوادث الكيميائية البحرية


الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث هو منظمة لا تهدف إلى الربح ومنشأة بالنيابة عن مالكي السفن في العالم وشركات التأمين التي يتعاملون معها لتعزيز الاستجابة الفعّالة للانسكابات البحرية من النفط والمواد الكيميائية وغيرها من المواد الخطرة. وتشمل الخدمات الفنية الاستجابة لحالات الطوارئ، وتقديم النصح بشأن أساليب التنظيف، وتقييم أضرار التلوث، والمساعدة في التخطيط للاستجابة للانسكابات وتوفير التدريب. ويعدُّ الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث مصدرًا شاملاً للمعلومات حول التلوث النفطي البحري. وهذه الورقة هي واحدة من سلسلة تُبنى على تجربة خبرات طاقم العمل الفني في الاتحاد. ويمكن نسخ المعلومات التي تتضمنها هذه الورقة بناءً على تصريح مسبق من الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث. وللمزيد من المعلومات يرجى الاتصال بـ :


**ITOPF Ltd**

العنوان: 1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

الهاتف: +44 (0) 20 7566 6999

فاكس: +44 (0) 20 7566 6998

البريد الإلكتروني: central@itopf.org

الموقع: www.itopf.org