ITOPF
PROMOTING EFFECTIVE SPILL RESPONSE

عمليات تنظيف النفط من السواحل

ورقة المعلومات الفنية رقم 7

مقدمة

تشير إحصائيات الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث إلى أن أغلبية الانسكابات الناشئة عن السفن تكون قريبة من الساحل. ونظرًا لأن أنشطة مقاومة النفط الطافي في البحر عادةً ما تكون محدودة بالوقت، أو الطقس أو قيود أخرى، فإن الإجراءات المتخذة للحيلولة دون وصول النفط إلى السواحل قد لا تنجح إلا نجاحًا جزئيًا. وحين يصل النفط بالفعل إلى الساحل، فقد يتطلب الأمر جهودًا مضنية لتنظيف المناطق المتضررة. ولذا فمن الضروري أن تتضمن خطط الطوارئ ترتيبات شاملة ومُجرّبة جيدًا لعمليات تنظيف السواحل.

وتعتبر الأساليب المتاحة لتنظيف السواحل بسيطة نسبيًا و هي لا تتطلب عادةً معدّات متخصصة. ولكن، يمكن أن تتسبب الأساليب غير المناسبة والتنظيم غير الجيد في تفاقم التلف الذي يسببه النفط ذاته.

وتصف هذه الورقة أساليب تنظيف السواحل شائعة الاستخدام، وتسدي النصح حول أنسبها لكل مرحلة من العمليات للعديد من مختلف أنواع السواحل.

الاستراتيجية العامة

يتطلب اختيار أنسب أساليب التنظيف تقييمًا سريعًا لدرجة ونوع التلوث، بالإضافة إلى طول الشاطئ وطبيعته وإمكانية الوصول إليه. وعند تقرير الإجراءات ذات الأولوية، يجب أن توضع المطالب المتعارضة الخاصة بالبيئة البحرية في الاعتبار. وعلى سبيل المثال، قد يتطلب الاستخدام الترفيهي أساليب سريعة وفعّالة لإزالة النفط ولكن هذه الأساليب قد لا تتوافق مع الاعتبارات البيئية التي قد تستدعي استخدام أساليب أبطأ وأقل هجومية. وفي مثل هذه المواقف، يجب تحقيق التوازن بين هذه المصالح التي قد تكون متضاربة، سواء بالنسبة للاستجابة بأسرها أو في كل موقع على حدة.

وعادةً ما يُنظَر إلى عمليات التنظيف في ثلاث مراحل:

- **المرحلة رقم 1 – مرحلة الطوارئ:** تجميع النفط الطافي بالقرب من الساحل والنفط السائب المتجمّع على الشاطئ.
- **المرحلة رقم 2 – مرحلة المشروع:** إزالة النفط العالق ومادة الساحل الملوثة بالنفط؛
- **المرحلة رقم 3 – مرحلة التلميع:** عملية التنظيف النهائية للتلوث الطفيف وإزالة بقع النفط، إذا تطلب الأمر.

أثناء المرحلة الأولية، سوف يتم حشد الموارد في وقت قصير للاستجابة بأسرع ما يكن، وعلى سبيل المثال للحد من قدرة النفط على التحرك بمحاذاة الساحل والتسبب في أضرار إضافية أو التأثير على الحياة البرية. وقد يتيح الانتقال إلى المرحلة الثانية التعاقد مع الموارد بعد مزيد من المشاورات وقد يشمل طرح عطاءات لتنفيذ الأعمال. ورغم أن هذه المرحلة يطلق عليها مرحلة المشروع، وعادةً ما تكون أطول مراحل تنظيف السواحل، إلا أنه ينبغي النظر إلى المرحلة رقم 2 على أنها أحد مكونات الاستجابة الإجمالية لحالة الطوارئ التي يسببها انسكاب النفط، ويجب ألا ينظر إليها باعتبارها إدارة مشروع على مدى طويل.

الشكل رقم 1: الإزالة اليدوية للنفط السائب. يقلل استخدام الطاقة البشرية للاستعادة الانتقائية للنفط من السواحل من كمية المواد النظيفة التي يتم إزالتها.

واعتمادًا على الموقف الذي تجري مواجهته، قد لا يتطلب الأمر التقدم عبر كل واحدة من هذه المراحل. وفي بعض الحالات، يمكن استكمال العملية بأسرها في مرحلة واحدة، بينما في البعض الآخر، قد يتم الدمج بين المرحلتين رقمي 1 و2. في العديد من المواقف، قد يكون من الأفضل، بمجرد الانتهاء من المرحلة رقم 2، ترك أي نفط متبقي ليتعرض للعوامل الجوية ويتحلل بصورة طبيعية.

وفي كل حالة، تكون الأولوية لاستعادة النفط الطافي في مقابلة الشاطئ بأسرع ما يمكن، لمنعه من التحرك إلى مناطق لم تتلوث من قبل أو سبق تنظيفها (الشكل رقم 1). وينطبق نفس الشيء على تراكمات النفط العالق الكثيفة التي قد تعود للتأثير مع دورات المد والجذر التالية. وقد يكون استخدام حواجز التطويق الطافية ممكنًا لحجز النفط أمام الشاطئ أثناء إجراء عملية الاستعادة. لكن، قد لا تكون هذه الاستراتيجية

قابلة للتطبيق على السواحل الحسّاسة من الناحية البيئية، حيث قد يفضّل السماح للنفط بالانتقال إلى منطقة أقل حساسية أو يسهل الوصول إليه فيها.

وبمجرد أن يتم تجميع النفط الذي يمكن أن يتحرك، قد يلزم عندئذٍ المفاضلة بين الانتظار حتى يصل جميع النفط المتبقي في البحر إلى الشاطئ، لتجنب تنظيف نفس المنطقة أكثر من مرة، أو بدء المرحلة الثانية من العمليات على الفور، رغم أن النفط قد يدفن بفعل موجات المد والجزر المتعاقبة، وبخاصة على الشواطئ الرملية. وعادةً، يكون الحل في التركيز على إزالة أكثر مناطق النفط سُمكًا وأكثرها سهولة في الوصول إليها دون محاولة إتمام هذه المرحلة من العمل على الفور.

وقد أظهرت الخبرة المستمدة من كثيرٍ من الحوادث أن أكثر مكوّن مكلف ومستهلك للوقت في الاستجابة للانسكاب ككل يتمثل في معالجة النفايات المجمّعة أو التخلص منها. ونتيجة لذلك، ما لم توجد عوامل أخرى تغير من ذلك، فإن أسلوب التنظيف المختار يجب أن يكون الأسلوب الذي يؤدي إلى أقل قدر من النفايات المتجمعة المطلوب إزالتها. ولهذا ميزة إضافية تتمثل في تقليل كمية المادة التي سوف يلزم فيما بعد تخزينها ونقلها ومعالجتها المعالجة النهائية/التخلص منها، بالإضافة إلى تقليل إمكانية تآكل السواحل.

وبالنسبة لأنواع كثيرة من السواحل، سوف تكون إزالة جميع آثار النفط أمرًا صعبًا ولا ينصح به. ونتيجة لذلك، لا يكون تحديد الوقت الذي يصبح فيه الساحل، أو موقع العمل، نظيفًا بما يكفي للسماح بإنهاء العمل أمرًا واضحًا على الدوام. وأحد العوامل الهامة هو "استخدام" المنطقة المتضررة من وجهة نظر الأهمية النسبية للمخاوف البيئية والاجتماعية الاقتصادية. كما أن التغيرات الموسمية في أهمية حساسية الموقع، بالإضافة إلى الدرجة التي قد يتعرض بها للتنظيف الطبيعي، تعتبر من ضمن الاعتبارات الهامة الأخرى كما هو الحال بالنسبة للتكلفة. ومع انخفاض كمية النفط المتبقي على الساحل، تصبح التكلفة أيضًا أمرًا هامًا، نظرًا لارتفاع الجهد والنفقات المطلوبة لتحقيق المزيد من التنظيف بنسبة زائدة لا تتناسب مع كمية النفط المزالة. لذلك، فإن إجراء مرحلة تنظيف نهائية شاملة، يتم فيها إزالة جميع آثار النفط وبقع النفط، لا يكون مطلوبًا إلا بالنسبة للمناطق منخفضة الطاقة، والتي تستخدم في الترفيه وأثناء الموسم السياحي أو قبله مباشرة.

▲ *الشكل رقم 2: تتيح عمليات المسح التي تقوم بها جميع الأطراف المشاركة في الاستجابة الاتفاق على أساليب التنظيف المناسبة والنقطة التي يجب عندها إنهاء عمليات التنظيف.*

وعادة ما تناقش معايير إنهاء عملية التنظيف بصورة مشتركة، ويتم الاتفاق عليها بعد إجراء تفتيشات بواسطة فريق يتكون من ممثلي مختلف المنظمات المشاركة في الاستجابة (الشكل رقم 2). لتحقيق الإجماع المطلوب، من المهم تفهم حدود أساليب عمليات التنظيف المستخدمة وأن تكون أهداف عملية التنظيف عملية ومتفق عليها من مرحلة متقدمة، ويفضل أن يتفق عليها حتى قبل بدء عمليات التنظيف. وفي الحالة المثلى، يكون أعضاء فريق التفتيش مشاركين على مدار الحدث حتى يمكنهم تقدير ما تحقق من إنجازات في عمليات التنظيف في سياق الوضع الابتدائي.

أساليب إجراء عمليات التنظيف

هناك عدد من الأساليب المتاحة لعمليات تنظيف السواحل المتضررة. وقد تنطبق تلك الأساليب على أكثر من مرحلة من مراحل الاستجابة. وبالأخص، بعض الأساليب التي تستخدم في المرحلة رقم 2 قد تستخدم أيضًا في المرحلة الأولى أو الثالثة. ونتيجة لذلك، فقد تم جمع هذه الأساليب في مجموعتين للمرحلتين رقمي 1 و2 أو رقمي 2 و3.

إزالة النفط السائب ومعالجة مواد الشاطئ الملوثة بالنفط (المرحلتان 1 و2).

المضخات وشاحنات التفريغ وأجهزة الكشط

يمكن عادةً استعادة النفط الطافي الذي تراكم في مياه هادئة نسبيًا، قبالة السواحل التي يمكن الوصول إليها بواسطة عربات برية، باستخدام المضخات أو شاحنات التفريغ أو باستخدام أجهزة الكشط إذا كانت المياه بالعمق الكافي. وسوف تتفاوت كفاءة استخدام شاحنات التفريغ، اعتمادًا على نوع النفط المنسكب وكميته وعلى سعة المضخة والخزّان، ولكن معدلات الاستعادة التي تبلغ 20م3 من النفط يوميًا تعد معدلات معتادة. ويمكن تحسين الكفاءة عن طريق خفض كمية المياه المستعادة مع النفط من خلال استخدام أجهزة الكشط المزوّدة بحاجز غاطس والمرتبطة بخرطوم شفط ومن خلال استخدام حاجز تطويق طافٍ لتركيز النفط في مكان أقرب للشاطئ (*الشكل رقم 3*).

▲ *الشكل رقم 3: استعادة نفط سائب سائل من السواحل باستخدام جهاز كشط ذي ممسحة معلقة بحبل ومضخات تفريغ.*

وبالنسبة للتلوث الشديد للرمال التي تتعرض للمد والجذر والشواطئ المغطاة بالحصى الدقيق، يمكن غسل النفط أو مسحه إلى داخل خنادق محفورة في اتجاهات موازية لحافة المياه (وهي عملية تسمى "الخندقة"). يمكن إزالة النفط المتجمع في الخندق باستخدام المضخات، أو عربات التفريغ أومقطورات الخزّانات (الشكل رقم 4). وعادةً ما تدوم الخنادق لدورة واحدة فقط من المد والجذر ما لم يتم إخلائها تمامًا وتنظيفها مسبقًا، وقد يختلط النفط المتبقي بركيزة الشاطئ. ويجب تحديد موقع الخنادق بدقة للسماح بإعادة استخدامها أثناء فترات الجذر التالية والسماح بالتنظيف النهائي للخنادق أثناء المراحل التالية من الاستجابة.

وإذا كان من المحتمل استمرار الظروف الهادئة، فيمكن حفر الخنادق أسفل أعلى مستوى للماء مباشرة لتعمل بمثابة حاجز غاطس لتجميع النفط. ومع حدوث المد، أو نتيجة لارتفاعات مستوى المياه نتيجة الرياح، يتدفق النفط المتركز على حافة المياه إلى داخل الخندق، ويبقى هناك بعد انحسار المياه ويمكن حينئذ أن يضخ إلى مكان التخزين.

وسوف يلزم نقل النفط المستعاد باستخدام المضخات وأجهزة الكشط إلى مكان تخزين مؤقت، مثل براميل أو خزّانات محمولة، والتي يمكن تفريغها بواسطة شاحنات التفريغ أو ضخها إلى داخل عربات الخزّانات. ولكي يتم تحسين الأمور اللوجستية المتعلقة بالنقل وطبقًا للوائح المحلية، يجب السماح باستقرار المياه الحرة التي يتم تجميعها مع النفط والتخلص منها قبل نقلها من الموقع.

التجميع الميكانيكي

يمكن رفع أنواع النفط عالية اللزوجة أو المستحلبات الثقيلة أو أنواع النفط نصف الصلبة عند درجات حرارة أقل من نقاط الانصباب مباشرة من البحر بواسطة دلاء خاصة بأجهزة الحفر أو ماسكات، إلى الشاحنات أو سلال (*الشكل رقم 5*) . ويلزم إجراء عمليات التشغيل بمهارة لتقليل كمية المياه المتجمعة. وإذا أريد أن تعمل الماكينات في المياه، فيجب توخي الحذر عند التعامل مع المد والجذر وطبيعة أرض قاع البحر إذا لم تكن معروفة تمامًا. وعلى سواحل الأهوار، سوف يتحتم تحقيق التوازن بين الحاجة لتجميع النفط السائب لمنع إعادة تحركه إلى مناطق أخرى، وبين الأضرار الإضافية التي قد تقع بالركيزة من جراء استخدام الآلات الثقيلة والتي قد تتطلب فترة طويلة لاستعادتها بصورة طبيعية.

وعلى السواحل المفتوحة والتي يسهل الوصول إليها، وبخاصة الشواطئ الرملية، يمكن استخدام العديد من آلات الهندسة المدنية غير المتخصصة، مثل ماكينات تمهيد الطرق، والتحميل الأمامي والحفّارات، لتجميع وإزالة النفط العالق والمادة الملوّثة. وعلى سبيل المثال، قد يتيح استخدام ماكينات تمهيد الطرق على الشواطئ الرملية كثيفة الرمال إجراء عمليات الاستعادة حينما يكون النفط قد اخترق السطح لمسافة قصيرة. ويتم ضبط شفرة ماكينة تمهيد الأرض لتكشط أسفل سطح الشاطئ مباشرة، ويتم سحب النفط والرمل في خطوط موازية للساحل ليتم تجميعها بواسطة ماكينات التحميل الأمامي. ويمكن استخدام ماكينات التحميل الأمامي أو البلدوزرات بطريقة مماثلة لكشط شاطئ، رغم أن ذلك سيستلزم بالضرورة جمع كميات أكثر بكثير من الرمال النظيفة التحتية، ويجب توخي العناية الزائدة نظرًا لأن هذه المعدات الثقيلة يمكنها أيضًا أن تخلط النفط بالتربة النظيفة (*الشكل رقم 6*).

وكمبدأ استرشادي، يمكن للآلات الثقيلة استعادة أحجام تصل إلى 800-400 متر3من المادة في اليوم. ولكن، لن يتجاوز النفط والمادة الملوثة بالنفط نسبة 25% من هذا الحجم، أما نسبة 75% الباقية فستكون مادة نظيفة غير ملوثة بالنفط. وبمجرد أن

الشكل رقم 4: عربات الخزّانات الزراعية تقوم باستعادة النفط الذي تم غسله بالماء ودفعه إلى داخل الخنادق.

الشكل رقم 5: ماكينات الهندسة المدنية تستخدم لاستعادة النفط من منطقة ميناء. في هذا الموقف، كانت درجة حرارة المياه أقل من نقطة انصباب النفط، مما أدى إلى تحول النفط إلى الحالة نصف- الصلبة، وألغى إمكانية استخدام أجهزة الكشط.

الشكل رقم 6: يمكن أن يؤدي استخدام الماكينات على السواحل الملوثة بالنفط إلى تلوث إضافي. هنا مرت الشاحنات من فوق المنطقة الملوثة بالنفط، مما دفع بالنفط إلى داخل رمال الشاطئ.

▲ *الشكل رقم 7: أدى التجميع مباشرة باستخدام الماكينات الثقيلة إلى نسب عالية من المادة النظيفة وتركيزات قليلة للغاية من النفط في النفايات.*

▲ *الشكل رقم 8: الإزالة اليدوية للنفط والطحالب البحرية الملوثة بالنفط إلى دلو تليسكوبي. تتيح هذه الطريقة اختيار المادة الملوثة بالنفط تفضيلاً لها على المادة النظيفة، مما يقلل كمية النفايات.*

▲ *الشكل رقم 9: مساحة من نفط الوقود العالق يتم تجميعه باستخدام معاول ووضعه في أكياس.*

▲ *الشكل رقم 10: أكياس صغيرة من النفايات مجمّعة في "أكياس كبيرة" لسهولة النقل والتخلص منها.*

يتم تجميعها، سوف تختلط المادة النظيفة بالمادة الملوثة بالنفط، مما يولّد أحجامًا هائلة من النفايات الملوثة بالنفط (الشكل رقم 7). وعلى سبيل المقارنة، عادةً ما يقوم العامل باستعادة ما بين 1 و2 متر3من الرمال المختلطة بالنفط يوميًا، وبأقل قدر من المادة النظيفة. ويتفاوت محتوى النفط في المادة المُجمّعة تفاوتًا كبيرًا ولكن مادة الشاطئ تحتوي عادة على 1-2% نفط بينما تحتوي المادة المجمّعة يدويًا على 5-10% نفط.

وفي المعتاد، يفضل استخدام مزيج من التجميع اليدوي و التجميع بالآلات الثقيلة لاستعادة مادة الشاطئ الملوثة. ويمكن وضع الرمال الملوثة بالنفط، أو الطحالب البحرية أو غيرها من المواد التي يتم استعادتها يدويًا في أكوام أو أكياس أو غيرها من الأوعية الموجودة على مسافات بطول الشاطئ. ثم يتم استخدام آلات التحميل الأمامي (البلدوزر) لنقل المادة المجمّعة إلى مكان التخزين المؤقت، على سبيل المثال عند قمة الشاطئ. وبدلاً من ذلك، يمكن نقل المادة الملوثة بالنفط باستخدام الجواريف إلى (*الشكل رقم 8*). وللحيلولة دون انتشار النفط إلى الشاطئ، يجب تقسيم الموقع إلى مناطق نظيفة وأخرى ملوثة، وأن تعمل الآلات بدءًا من المناطق النظيفة.

التجميع اليدوي

إن استخدام القوى البشرية في تجميع النفط ومواد الشاطئ شديدة التلوث مناسبٌ لجميع أنواع الشواطئ، ولكنه مفيد بالأخص في الشواطئ الحسّاسة والمناطق التي لا يمكن للمركبات الوصول إليها. ويمكن أن تكون القوى العاملة التي تستخدم أدواتٍ يدوية أكثر انتقائية من الأساليب التي تستخدم الآلات فقط، نظرًا لإمكانية خفض كمية المادة النظيفة التحتية التي يتم تجميعها إلى الحد الأدنى. وعلى الرغم من أن عملية التنظيف اليدوي قد تكون كثيفة العمالة، إلا أن الاستعادة الإجمالية للشواطئ التي يتم تنظيفها يدويًا تميل إلى أن تكون أسرع، نتيجة لأنها تسبب إزعاجًا ماديًا أقل لركيزة الشاطئ.

ويمكن تجميع أنواع النفط شديدة اللزوجة أو المستحلب الذي يتدفق على حافة المياه باستخدام أرفف أو مجارف مُثقَّبة لتصريف المياه الزائدة، ونقلها إلى الأوعية المناسبة لإزالتها فيما بعد من السواحل. ويمكن نقل النفط العالق الذي تحول بشدة إلى مستحلب أو أصبح شديد اللزوجة أو اختلط بشدة بالرمال مباشرة باستخدام الجواريف إلى أكياس بلاستيكية (*الشكل رقم 9*). ويكون التداول اليدوي بعد ذلك أيسر إذا كان وزن الأكياس لا يزيد عن 15-10 كيلو غرام. ولدعم هذا الوزن، يجب أن تكون الأكياس مصنوعة من مادة ذات مقياس 500 على الأقل (<125 ميكرو متراً)؛ وتعتبر الأكياس المخصصة لحمل الحطام أو الأسمدة مثالية لهذا

الغرض. وقد تكون التعبئة في أكياس مزدوجة، أي استخدام كيس داخل كيس آخر، مناسبة لتقليل احتمال قطع الأكياس. والأكياس ذات المقياس الأقل تتدهور حالتها بسرعة عند التعرض لضوء الشمس المباشر، مما يسمح بانسكاب محتوياتها، ويسبب تلوثًا ثانويًا. وقد تكون الأكياس المنسوجة من البوليبروبلين، مثل المستخدمة في نقل السكر والأرز، مفيدة ولكنها قد يخرج منها النفط في ضوء الشمس أو في درجات الحرارة العالية.

ويلزم نقل الأكياس من السواحل إلى مكان تمهيدي موجود على قمة الشاطئ أو إلى موقع تخزين مؤقت للحيلولة دون تعرضها للغمر بالمياه وانبعاث محتوياتها. ويمكن تحميل الأكياس أو الأوعية الأخرى إلى آلات التحميل الأمامي أو إلى عربات اللوري أو الدراجات النارية رباعية العجلات أو المقطورات أو زوارق الإنزال أو ما إلى ذلك ز وحيثما كانت معدات التداول الميكانيكية متاحة، يمكن تجميع أكياس النفايات الأصغر حجمًا في أكياس أكبر حجمًا بسعة طن واحد (تعرف باسم الأكياس الكبيرة أو عبوات الطن أو الأكياس الجامبو) (*الشكل رقم 10 والشكل رقم 11*). كما يمكن استخدام الأكياس سعة واحد طن مباشرة لتخزين المادة الماصة الملوثة بالنفط وغيرها من حطام السفن الملوث بالنفط. ويجب وضع الأكياس الممتلئة على ألواح بلاستيكية لتقليل التلوث الثانوي بواسطة النفط الذي قد يخرج أو ينسكب أثناء التخزين.

يمكن دفع أنواع النفط السائلة على الشواطئ الرملية كثيفة الرمال عن طريق مكاشط إلى خنادق لتجميعها (*الشكل رقم 12*). في أنواع الشواطئ الأخرى، ويمكن ملء صناديق القمامة، والبراميل المفتوحة من أعلى بسعة 200 لتر والبراميل أو الحاويات المتوسطة للمواد السائبة (IBC) المفتوحة بسعة 1م3 باستخدام المعاول أو الدلاء أو المضخات. ومرة أخرى، يجب أن توضع الأوعية فوق علامة أعلى مد. وبمجرد أن تمتلئ هذه الأوعية، يصعب التعامل معها يدويًا، وبالتالي يجب ألا تستخدم هذه الأوعية إلا عند إتاحة معدات التداول الميكانيكية أو إذا تم ضخ المحتويات لمكان تخزين آخر (*الشكل رقم 13*). وبدلاً من ذلك، قد يفضَّل استخدام "سلسلة بشرية" تستخدم الدلاء لنقل النفط من حافة المياه إلى مكان التخزين المؤقت (*الشكل رقم 14 والشكل رقم 15*).

وحيثما يسمح الوضع بالعمل الآمن، يمكن أحيانًا حمل البراميل أو غيرها من الأوعية في قوارب صغيرة لتخزين النفط المستعاد بالقرب من السواحل. وقد تكون المخاوف التي تم التعبير عنها أعلاه بالنسبة للتعامل مع الأوعية المفتوحة بالكامل من الأعلى أكثر أهمية في مثل هذه المواقف.

وفي بعض الحالات الاستثنائية، قد يتم خلط النفط السائل بالمواد الماصّة، أو غيرها من المواد حتى يمكن التعامل معه في صورته الصلبة. ثم يمكن بعد ذلك تجميع مخلوط المادة الماصة/المادة، النفط باستخدام الشوك والمدسّات، وذلك نظرًا لعدم إمكانية ضخ المخلوط الناتج. وسوف يزيد هذا الأسلوب كثيرًا من حجم النفايات المتولدة ويمكن أن يؤدي إلى تكاليف إضافية لشراء المادة الماصة أو المادة. وعادةً ما تكون المواد الماصة التخليقية أغلى بكثير من المواد الطبيعية المتاحة محليًا مثل القش أو جوز الهند أو مادة صنع الحصير من الأرز أو تفل قصب السكّر أو اللحاء الأرضي، والتي يمكن استخدامها كبدائل. ونظرًا لزيادة النفايات، يفضل استخدام أساليب أخرى، مثل حفر الخنادق، ويجب استكشاف تلك الأساليب قبل القيام بعمليات الخلط.

▲ *الشكل رقم 11: يتم تجميع الأكياس الأصغر حجمًا من النفايات الملوثة بالنفط في "أكياس كبيرة" بسعة 1 طن، تنقل إلى زورق إنزال لإزالتها من شاطئ منعزل.*

▲ *الشكل رقم 12: يكشط النفط الخام بطول شاطئ رملي كثيف الرمال لكي يتم تجميعه في خنادق ثم استعادته من خلال شاحنات التفريغ لينقل بعد ذلك إلى مكان التخلص منه.*

▲ *الشكل رقم 13: النفط الذي تم جمعه من السواحل الصخرية يجري تخزينه مؤقتًا في براميل كبيرة مفتوحة من أعلى. وقد تطلب الأمر استخدام مضخات لنقل هذا النفط إلى أعلى الجرف ومن ثم إلى ناقلات برية تحتوي على خزّانات.*

الغسيل بالماء

يستخدم الغسيل بالماء كميات كبيرة من المياه منخفضة الضغط لغسل النفط العالق أو المدفون من السواحل. ويعتبر نزع النفط العالق من التربة وإزالة النفط من السواحل الحسّاسة أكثر تطبيقين شائعين لهذا الأسلوب.

إزالة النفط العالق داخل الرواسب

يمكن أن يصبح النفط مختلطًا داخل ركيزة الشاطئ (الرمال، الحصى، الحصباء، وما إلى ذلك) من خلال التسرب الطبيعي أو الدفن تحت التربة التي تترسب من خلال حركة المد والجذر أو في أعقاب العواصف أو كنتيجة لأنشطة عمليات التنظيف. وفي العديد من الحالات، يمكن أن يمثل الغسيل بالماء بديلاً قابلاً للتطبيق عن إزالة مادة السواحل الملوثة، مما يقلل إلى حدٍ كبير من كمية النفايات.

وتسحب مياه البحر بواسطة مضخات مياه محمولة (مضخات تعمل بالطرد المركزي وذاتية التجهيز 30–60 متر3/ساعة), من خلال مرشحات أو مصافي في المدخل، ويتم تصفيتها من خلال خراطيم إلى قنوات أو فوهات. تعتبر الأنابيب البلاستيكية، بطول واحد متر مثالية للاستخدام كقنوات للغسيل اليدوي. ولتحرير النفط المدفون، يحقن الماء إلى التربة لإثارته، مما يدفع بالنفط تجاه السطح. وبالنسبة للشواطئ المغطاة بالحصى الكبير أو الصغير، يتم أحيانًا إضافة مياه إضافية بمحاذاة أعلى الشاطئ لغمر الساحل وتحسين التدفق (*الشكل رقم 16*).

وبالنسبة لعمليات الغسيل أعلى خط المياه، يمكن أن يمر النفط من خلال قنوات إلى أحواض طبيعية موجودة بالفعل أو إلى سدود أو حفر أو خنادق منشأة لهذا الغرض. وفي الظروف الهادئة، قد يكون من الممكن غسل النفط إلى داخل البحر، حيث يمكن احتواؤه، داخل أطوال قصيرة من أسوار خفيفة الوزن أو حواجز تطويق ماصة والتي قد تفيد أيضًا في استعادة النفط. وبدلاً من ذلك، وطبقًا لكمية النفط والقدرة على الوصول للشاطئ وطبيعة الساحل، قد يستعاد النفط عن طريق أجهزة الكشط أو المضخات أو شاحنات التفريغ. ولكي يتم إجراء عملية الغسيل بالماء أسفل خط المياه، فقد يتم تجميع النفط المتحرر مباشرة أثناء ظهوره على السطح.

إزالة النفط من المناطق الحساسة أو التي لا يمكن الوصول إليها

قد يساعد أيضًا غمر الساحل بالمياه على غسل أنواع النفط السائلة وحطام السفن الملوث بالنفط من السواحل الحسّاسة مثل مناطق الأهوار وأشجار المنغروف. ويقلل الغسيل بالضغط المنخفض من إمكانية إحداث التلف المادي إلى السواحل والنباتات والأحياء المائية المرتبطة بها بالمقارنة بالأساليب الأخرى الأكثر تداخلاً. وعادةً ما ترتبط هذه الأنواع من السواحل بالمياه الهادئة، ولذا فإن النفط المتزحزح عادةً ما يتم جمعه من سطح الماء بالقرب من الساحل باستخدام حواجز التطويق الطافية الماصة أو حواجز تطويق طافية ماصّة وأجهزة الكشط.

كما يمكن استخدام الغسيل للمساعدة على إزالة النفط من المناطق التي لا يمكن الوصول إليها، مثل المناطق الصخرية (*الشكل رقم 17*)، في نطاق الحواجز البحرية، مثل الحواجز الرباعية أو صخور الحماية ومن أسفل الأرصفة البحرية أو أرصفة الموانئ المرتكزة على أكوام أو أعمدة. ويمكن استخدام المياه من خلال خراطيم تمتد من اليابسة أو بدلاً من ذلك باستخدام خراطيم الحريق أو أدوات الإطفاء المثبتة على المراكب من جانب البحر. ويمكن استخدام مروحة الدفع في المراكب لإنشاء تيارات بحرية في اتجاه الهيكل أو تحته لتشجيع تدفق النفط إلى الخارج ليتم جمعه.

▲ *الشكل رقم 14: يتيح استخدام مجموعة من العمال لمناولة دلاء النفط والأكياس إزالة كميات كبيرة من النفايات بسرعة من الساحل.*

▲ *الشكل رقم 15: مجموعة من العمال يقومون بإفراغ دلاء من النفط ومادة الشاطئ الملوثة بالنفط إلى سلة تستخدم للتخزين المؤقت.*

▲ *الشكل رقم 16: يغسل النفط المدفون داخل شاطئ رملي باستخدام مياه منخفضة الضغط التي تجري من خلال قنوات وأنابيب مثقبة. كما يتم إثارة ركيزة الشاطئ يدوياً لإرغام النفط على الانفصال عن الرمال. ثم يستعاد النفط من خلال حاجز تطويق طافٍ ماص يحيط بمنطقة العمل.*

▲ *الشكل رقم 17: تستخدم المياه منخفضة الضغط لغسل النفط من بين الصخور، ليتم تجميعه بواسطة مادة ماصة في مكان آخر أسفل الساحل.*

▲ *الشكل رقم 18: يتم نقل الرمال الملوثة بدرجة خفيفة إلى منطقة الأمواج الواقعة بين المد والجذر لتغسلها موجات المد المتعاقبة.*

▲ *الشكل رقم 19: يتم غسل الرمال المكوّمة بفعل المد القادم لإعادة تحريك النفط العالق. (الصورة مهداة من "برنارد فيتشاو"، جامعة بريطانيا-برست).*

▲ *الشكل رقم 20: يُنقل الحصى الكبير الملوث بالنفط إلى منطقة الأمواج ليتم غسله.*

الغسيل بالأمواج

يستخدم الغسيل بالأمواج عمليات التنظيف الطبيعية وعادةً ما يستخدم على السواحل المفتوحة سواء الرملية أو المغطاة بالحصباء أو الحصى الصغير أو الحصى الكبير. وتزيل طاقة الأمواج، في منطقة الأمواج الواقعة بين المد والجذر، النفط من مادة الشاطئ الملوثة و وتشتّته في العمود المائي. ويشبه الغسيل بالأمواج من ناحية المبدأ الغسيل بالمياه، ولكنه يعتمد على الطاقة الطبيعية للأمواج ليعطي فِعل الغسيل بكميات من المياه أكبر كثيرًا مما يمكن أن تعطيه المضخات. ويساعد التهيّج والاحتكاك الناتج بين جزيئات التربة على إطلاق النفط من داخل ركيزة الشاطئ ويمكنه أن يفتته إلى قطرات تثبت مع جزيئات ناعمة جدًا من الرمال والطين، وهي عملية تعرف بتكوين "كتل من النفط والطمي" أو "تجمّع النفط والمعادن". وتقترب هذه الكتل أو التجمعات من أن تكون ذاتية الطفو وتتشتت بصورة كبيرة في البحر.

ويجب استخدام الأساليب التي سبق مناقشتها أولاً لإزالة أي نفط سائب موجود على السواحل. ثم تنقل مادة الشاطئ المطلوب معالجتها والملوثة بصورة خفيفة إلى متوسطة من أعلى الشاطئ إلى منطقة الأمواج في وقت الجذر، إما يدويًا أو باستخدام الآلات الثقيلة (الشكل رقم 18). ويقوم المد بتحريك ركيزة الشاطئ وإعادة توزيعها على طول الساحل، مما يطلق النفط أثناء هذه العملية (الشكل رقم 19).

ويمكن تكرار هذه العملية طبقًا للضرورة إذا كان الغسيل الأولي غير كافٍ لإزالة التلوث إلى المستوى المطلوب.

وقد ينتقل بعض النفط الذي تم إطلاقه إلى خط أعلى مد، حيث يمكن استعادته يدويًا. وبدلاً من ذلك، يمكن أن يتم تجميع النفط المعاد تحريكه باستخدام المواد الماصة، وبخاصة الشَرَك أو الشبكات ذات الفتحات الضيقة، كما تستخدم في صناعة البناء للتقليل من الغبار والأنقاض حول السقّالة. وقد وجد أن الشِباك تكون أكثر فعالية إذا كان أحد جانبيها مثبت بالساحل والآخر يتحرك بحرية في البحر.

ويكون الغسيل بالأمواج مفيدًا بصفة خاصة لحل مشكلات النفط المدفون دون إزالة المادة على نطاق واسع للتخلص منها خارج الموقع. ولكن، قد يلزم مرور عدة دورات من المد والجذر قبل استعادة طبيعة الشاطئ، نظرًا للحاجة إلى حركة أمواج قوية لتحريك الأحجار الكبيرة مرة أخرى إلى أعلى الشاطئ (الشكل رقم 20). ونتيجة لذلك، يجب أن يؤخذ في الاعتبار أيضًا خطر حدوث التآكل على المدى الطويل قبل نقل الركيزة الملوثة إلى أسفل الشاطئ في منطقة الأمواج.

الأساليب المستخدمة في المراحل الأخيرة من عملية تنظيف السواحل (المرحلتين 2 و3)

بمجرد أن تتم إزالة النفط السائب ومادة السواحل الملوثة بشدة بالنفط أو معالجتها، يمكن أن يتحول العمل إلى تنظيف المناطق الملوثة المتبقية بإحدى الأساليب التالية أو مزيج منها.

الغسيل بالضغط

يمكن استخدام الغسيل بالضغط العالي على الأسطح والركائز الأكثر صلابة، ولكنه يستخدم عادة حين يحتمل ألا يكون التنظيف الطبيعي كافيًا أو أن يكون بطيئًا إلى درجة لا تسمح بإزالة المخاوف حول إمكانية تلوّث المواقع الترفيهية أو الجمالية في السواحل الترفيهية أو السواحل شديدة الوضوح (*الشكل رقم 21*). وعادةً ما يستخدم هذا الأسلوب لإزالة النفط من حوائط أرصفة الموانئ في المناطق التجارية. ويمكن استخدام كلاً من الماء الساخن والبارد طبقًا لإتاحة المعدات ونوع النفط، ويلزم استخدام درجات الحرارة الأعلى لتحريك أنواع النفط الأكثر لزوجة.

ويعتبر هذا الأسلوب من الأساليب الهجومية . وعلى الرغم من أن الغسيل بالضغط العالي/المياه الباردة قد يسبب ضررًا أقل من الغسيل بالضغط العالي والمياه الساخنة، إلا أنه لا مناص من تدمير معظم الأحياء التي تعيش على الأسطح الصلبة مثل البطلينوس أو نبات الأشنة. كما قد تحدث بعض الأضرار للسطح ذاته، وبخاصة بالنسبة للخرسانات القديمة أو الحوائط المصنوعة من الطوب أو الأحجار الناعمة، وبخاصة حين يستخدم الضغط المفرط.

وبالنسبة للغسيل بالضغط العالي والماء الساخن، فإنه يُنصح باستخدام درجات حرارة تشغيل تتراوح بين 70-95° مئوية. ولا ينصح باستخدام درجات حرارة أعلى نظرًا لأن بخار الماء أقل فعالية من الماء المضغوط. وتتراوح قيم الضغط الموصى باستخدامها من 50-150 باراً ومعدلات التدفق بين 10-20 لتر/دقيقة. وطبقًا لنوع النفط، ودرجة تعرضه لعوامل التجوية وسُمكه، عادةً ما يستطيع عامل تشغيل واحد تنظيف سطحٍ أملس مسطح، مثل حائط خرساني، بمعدل متوسط يبلغ 1-3 متر2/ ساعة. وبالنسبة للأسطح الخشنة والمناطق التي يصعب الوصول إليها، فإنه يمكن أن يكون وقت التنظيف أطول بكثير من ذلك.

ويمكن تيسير المطالب التشغيلية اللوجستية إذا استخدمت المياه المالحة بدلاً من المياه العذبة. ولكن المياه المالحة تتسبب في سرعة تحلل موانع التسريب والأسطوانات الداخلية، وسوف يتطلب الأمر إجراء صيانة للآلات بمعدلات أكبر. ويجب عدم التفكير في استخدام مياه البحر ما لم يتوافر مخزون متاح من قطع الغيار ومع تواجد ميكانيكي ماهر في الموقع أثناء الفترة. وبالإضافة إلى ذلك، سوف يتطلب الأمر استخدام مضخة غاطسة، مثبت بها مرشح أو مصفاة، لتجنب حطام السفن البحرية التي تسبب انسداد النظام، وذلك لإمداد الآلات بالمياه. وحيثما أمكن، يجب إعداد خزّان مياه مؤقت بين مضخة المياه وبين جهاز الغسيل بالضغط للعمل كعازل (*الشكل رقم 22*). وحيثما كانت المياه العذبة متاحة بسهولة، يمكن توقع إتمام العمليات بعددٍ أقل من الأعطال والمقاطعات. وإذا تم استئجار الآلات، ومالم يكن يتفق على استخدام المياه المالحة مسبقًا، فمن المحتمل أن يخرق استخدامها بنود عقد الإيجار.

ويمكن تجميع النفط المنبعث نتيجة الغسيل بالضغط بواسطة ألواح ماصة توضع على قاعدة السطح المراد تنظيفه، وهي تمنع وصول الرذاذ مرة أخرى إلى أسطح العمل

▲ *الشكل رقم 21: الغسيل بالضغط العالي لواجهة جرف فوق شاطئ ترفيهي. ألقت عاصفة بالنفط على أعلى الجرف، ويحتمل أن يثبت هناك لفترة طويلة ما لم يتم تنظيفه.*

▲ *الشكل رقم 22: عملية تنظيف نتوء صخري بالضغط في موقعٍ بعيد. تم ضخ مياه البحر إلى خزّان للتخزين المؤقت لتستخدمها آلات الضغط العالي المجاورة.*

▲ *الشكل رقم 23: مادة تنظيف كيميائية للساحل توضع على بقعة من النفط ويعقب ذلك الغسيل بالضغط.*

المجاورة التي سبق تنظيفها. وفي بعض الحالات، قد ينتقل النفط المنبعث إلى حافة المياه، حيث يمكن احتواؤه واستعادته في حواجز تطويق طافية. وقد يساعد الغسيل بالماء على توجيه النفط المنبعث إلى مناطق الاحتواء. وعادةً ما تبهت بقع النفط التي تظل على بعض الأسطح بعد الغسيل بالضغط بمرور الوقت وبفعل التعرض للجو. ولكن، قد تتطلب المناطق الترفيهية المزيد من التنظيف، وبخاصة أثناء موسم السياحة. ويمكن تحقيق هذا عن طريق المزيد من الغسيل بالضغط و/أو الاستخدام الموجّه لمواد التنظيف الكيميائية (*الشكل رقم 23*). وفي البيئات الاستوائية و شبه- الاستوائية، قد يكون الغسيل بالمياه الساخنة أقل فعالية بالمقارنة بالأجواء المعتدلة، نظرًا لأن النفط يمكن أن يتحمّص على الصخور عند تعرضه للشمس.

الغسيل بالضغط مقرونًا بالمواد الكيميائية

في بعض الحالات، يمكن زيادة كفاءة عملية التنظيف بالضغط العالي من خلال المعالجة المسبقة للبقع النفطية باستخدام المواد الكيميائية المناسبة.

عوامل تنظيف السواحل هي عوامل مصممة خصيصًا لإزالة النفط من الأسطح الصلبة بدون تشتيت، مما يسمح بتجميع النفط المنبعث. ويجب اتباع معدلات الإضافة التي ينصح بها المصنِّعون، كما يجب إزالة المخلوط بالمياه , وفي الحالة المثلى يتم ذلك بمياه باردة عند ضغط متوسط. ويجب ألا تستخدم سوى منتجات مصدّق عليها من الوكالات التنظيمية.

ويؤدي تمشيط **المشتّت** بقوّة بالفرشاة خلال طبقة النفط الرقيقة إلى تكوّن خليط يمكن غسله بالماء، وعادةً ما يتم ذلك بالماء البارد وعند ضغط متوسط. ويمكن حساب معدّل الإضافة المناسب عن طريق تقدير سُمك النفط واستخدام معدل جرعة يبلغ 1: 20 من المشتِّت المركز إلى النفط. وعلى سبيل المثال، الطبقة الرقيقة من النفط التي يقدر سُمكها بواحد ملليمتر تكافئ لترًا واحدًا من النفط لكل متر مربع، مما يستلزم استخدام لتر واحد من المشتت تقريبًا لكل 20م2 من السطح الملوّث بالنفط.

وبالنسبة للعديد من أنواع النفط، سوف يتشتت المخلوط الناتج في المياه القريبة، مما يزيل الحاجة لعملية الاستعادة. والمواد الماصّة تكون غير فعّالة بشكل عام على النفط المتشتت. ولكن، في بعض الحالات، وبالذات مع أنواع النفط اللزجة، يعمل المشتت على مجرد إطلاق النفط من السطح ولا ينتج عنه تشتت. ولذا يجب استعادة النفط المنبعث لتجنب إعادة التلوث.

والعديد من سلالات الكائنات الحية التي تعيش في مياه المد والجذر وبالقرب من السواحل تعتبر حساسة بالنسبة للنفط المتشتت. وبالتالي، يجب حظر استخدام المشتتات على السواحل على المناطق التي تكفي فيها حركة المياه لتسمح بالتخفيف السريع للنفط المتشتت. وقد يحول التشريع دون استخدام المشتتات على السواحل، ولكن، حيثما يسمح بذلك، يجب ألا تستخدم سوى المنتجات الخاضعة للوائح.

وفي بعض الحالات الاستثنائية، وفي مناطق محدودة ومحددة جيدًا، تم استخدام الرش بالرمال في الأماكن التي يلزم فيها إزالة جميع آثار النفط. ويستخدم الماء كوسط حامل بدلاً من الهواء لتقليل الاحتكاك الناشئ عن هذا الأسلوب. وعلى الرغم من ذلك، يمكن أن يكون هذا مدمرًا بدرجة كبيرة للسطح التحتي.

غسيل الحصى الكبير أو الصغير

يمكن غسيل الحصى الكبير أو الصغير بنجاح في البراميل الدوّارة التي توجد في شاحنات خلط الخرسانة أو المرافق المنشأة خصيصًا لهذا الغرض. وبالنسبة لشاحنات

▲ *الشكل رقم 24: النفايات السائلة المنبعثة من شاحنة لخلط الخرسانة بعد غسيل الحصى صغير ومتوسط الحجم.*

الخلط التي تبلغ سعة برميلها من 10-7.5 متر3، تم تحقيق إنتاجية قدرها 6-5 طن/ساعة على مراحل. ويتم تحميل الأحجار الملوثة بالنفط إلى جهاز الخلط مع مذيب، مثل كيروسين عديم الرائحة، أو عامل غسيل سطحي ويتم الخلط مسبقًا قبل إضافة المياه. وتستخدم نسبة 1: 50 من المذيب إلى الركيزة الملوثة بالنفط كقيمة استرشادية، ولكن هذا يعتمد على درجة التلوث بالنفط. وبعد فترة من الخلط السريع لمدة حوالي 5 دقائق، يتم إبطاء سرعة برميل الخلط ويملأ بكامل سعته بالمياه. وبعد الخلط لفترة وجيزة، يمكن إضافة المزيد من المياه أثناء دوران الخالط ببطء شديد مما يتيح غسل النفط المنبعث من الخالط إلى سلسلة من الخزّانات المحمولة، حيث يسمح للنفط بالانفصال ثم يكشط (*الشكل رقم 24*). ويجب إعادة تدوير أكبر قدر ممكن من المياه لغسل المراحل التالية من المادة.

وعادةً ما يكفي الغسيل لمدة من ثلاثين إلى ستين دقيقة لإطلاق معظم النفط من الكميّة. ورغم أن الحصى الخارج يكون ملوثًا إلى درجة خفيفة فقط، إلا أنه يظل ذا ملمسٍ لزج، وهو ما يمكن معالجته بالتنظيف الطبيعي في منطقة الأمواج المتكسّرة. وإذا وُجد عدد كاف من الشاحنات المتاحة، يمكن إنشاء "محطة تنظيف" تجمع جميع المعدات اللازمة، مثل آلات التحميل والمضخات والخزّانات، في موضعٍ واحد. ويتيح هذا تحسين عملية التنظيف المرحلية، على سبيل المثال، أثناء تحميل أحد أجهزة الخلط، يكون خالط آخر يغسل ويشطف بالماء بينما يقوم ثالث بإخراج الأحجار التي تم تنظيفها.

وقد وُجِدَ بالتجربة أن "المواد الرقيقة"، وبالأخص الرمال الناعمة والطمي اللذان عادة ما يرتبطان بالحصى الصغير والكبير، يمكن أن تتراكم في برميل الخلط بعد عدة مجموعات. وقد لا تكون هذه المواد الرقيقة على درجة من النظافة تكفي للعودة إلى السواحل، وقد يلزم إيجاد مسارات بديلة للتخلص من هذه المادة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن التخلص النهائي من المياه الملوثة لابد أن يوضع في الاعتبار. وعند التفكير في

غسيل الحصى كبير الحجم، يجب تحليل فعالية التكلفة والجوانب اللوجستية المطلوبة لدعم مثل هذه العملية.

وقد تضمنت مختلف أساليب غسيل الحصى كبير الحجم وضع الحصى الملوث الكبير والصغير في خزّانات مفتوحة أو حمّامات مياه ساخنة. وهي تشبه نفس العملية ولكن الخلط يتم بواسطة دلو خاص بجهاز حفر. وبالنسبة للكميات الصغيرة من الحصى كبير الحجم المتلوث بالنفط، وبخاصة في المناطق التي يصعب الوصول إليها، أمكن تحقيق نفس الشيء يدويًا باستخدام أوعية مناسبة مثل أنصاف براميل النفط.

الحرث/التمشيط

بعد إزالة النفط السائب والتلوث الشديد من الشواطئ الرملية أو المغطاة بالحصى، عادة ما يظل بعض التلوث الخفيف موجودًا، على سبيل المثال، في الأماكن التي اختلط فيها النفط بركيزة الشاطئ بفعل حركة المركبات فوق الشاطئ. وفي هذه المرحلة من العملية، عادةً ما تكون التربة ذات ملمس دهني ويساعد استخدام المعدات الزراعية لحرث أو تمشيط التربة المتلوثة بالنفط بدرجة خفيفة بصورة متكررة عند انخفاض مستوى المياه على إزالة النفط المتبقي من الشواطئ التي تتعرض للمد والجذر (*الشكل* رقم *25*). ويزيد تكسير التربة الملوثة بالنفط من مساحة سطح النفط المعرّض لعوامل التجوية ، كما يسهل تكوّن كتل من النفط والطمي أو تجمّع النفط والمعادن ويحافظ على تهوية التربة. ويتيح هذا للبكتريا الموجودة في الطبيعة وغيرها من الكائنات المجهرية أن تزيد من سرعة تحلل النفط. وفي بعض الأحيان، تنطلق كميات صغيرة من النفط أثناء دورة المد والجذر، ويمكن استعادتها باستخدام المواد الماصّة في المد أو من على سطح الشاطئ عند انحسار المد. ويمكن أن يؤثر إعادة ترتيب مادة السواحل على هذا النحو على سلالات الكائنات الحية التي تعيش في التربة. ولكن، قد يكون هذا الأسلوب مفيدًا بالأخص عندما يكون الغسيل بالأمواج غير عملي.

آلات غربلة الرمال/تنظيف الشاطئ

عادةً ما يكون التلوث المتبقي بعد عملية تنظيف الشواطئ الرملية في صورة كتل من القطران أو عقد من الرمال الملوثة بالنفط يبلغ قطرها 50 ملليمترًا فأقل. كما يمكن استخدام الآلات المصممة للتجميع الروتيني لنفايات الشاطئ والحطام الطافي والمتاع الذي يتم التخلص منه، لتجميع حطام السفن الملوث بالنفط، والكتل الكبيرة من الرمال الملوثة بالنفط وكتل القطران. وفي العادة، يتم قيادة الآلات أو سحبها بطول الشاطئ لإزالة السطح إلى عمق محددٍ مسبقًا، وتمرير المادة المتجمعة فوق مصفاة ذات حركة اهتزازية أو دورانية (*الشكل رقم 26*). وطبقًا لحجم الشبكة، يتم تمرير المادة التي تم تجميعها إلى صندوق للتخزين على العربة، حيث يسمح للرمال النظيفة بالسقوط مرة أخرى على الشاطئ. وقد لا تكون هذه الآلات فعّالة في تجميع كتل القطران الصغيرة أو النفط الجديد والأقل لزوجة، حيث تميل تكتلات النفط والرمال للتفتت بفعل حركة المصفاة والسقوط من خلالها.

ويمكن استخدام أجهزة غربلة على نطاق أصغر، سواء كانت ميكانيكية أو يدوية، لإزالة بقايا الرمال الملوثة بالنفط وكتل القطران من الرمال الملوثة بدرجة خفيفة والتي تم تجميعها يدويًا (*الشكل رقم 27*). ويعتمد هذا الأسلوب على العمالة الكثيفة ويحتمل أن يطبق في المناطق ذات الاستخدام الترفيهي، حيث تتوافر العمالة، وحيث تكون الحاجة لتقليل كمية النفايات التي يتم تجميعها على درجة عالية من الأهمية. وبدلاً من ذلك، يتم أحيانًا تجميع كتل القطران المنفردة والبقايا صغيرة الحجم من الرمال الملوثة بالنفط يدويًا، باستخدام مناخل الحديقة اليدوية، ولكن حتى بالنسبة للمناطق الترفيهية عالية القيمة، لا يتوقع أن يكون هذا الأسلوب فعّالا من ناحية التكلفة.

▲ *الشكل رقم 25: يتم دفع ركيزة الشاطئ الملوثة إلى السطح من خلال عمليات الحرث. ثم يطلق النفط مع قدوم المد ليتم تجميعه على حافة المياه.*

▲ *الشكل رقم 26: آلة لتنظيف الشاطئ يجرها جرّار تستخدم لجمع كتل القطران.*

▲ *الشكل رقم 27: غربال مرتجل لتجميع كتل القطران.*

▲ *الشكل رقم 28: المتطوعون يمسحون الصخور الملوثة بالنفط بقطع من القماش.*

المسح باليدين

في الأوضاع التي تحول فيها محدودية القدرة على الدخول إلى السواحل الصخرية أو المغطاة بالحصى كبير الحجم دون استخدام الغسيل بالضغط أو بالمعدات الأخرى، قد يكون المسح باليدين هو الخيار الوحيد لإزالة النفط بصورة نشطة. ويمكن إزالة التراكمات الخفيفة إلى المتوسطة من النفط بالمسح (*الشكل رقم 28*). وعادة ما تكون قطع القماش الصغيرة أكثر فعالية من ناحية التكلفة مقارنة بالمواد الماصة الاصطناعية. وبمجرد استخدامها، يجب أن تعبأ المواد المتسخة لنقلها إلى مكان التخلص منها. وقد يكون استخدام المنظفات الكيميائية مناسبًا، إذا كان مسموحًا به، رغم أن هذا قد يقلل من فعالية المواد الماصّة. وكثيرًا ما يفضل المسح اليدوي في البلدان التي تتوافر فيها الأيدي العاملة ولكنه يتطلب إشرافًا دقيقًا على القوى العاملة لضمان إجراء العملية باتساق بطول الساحل وتقليل حدوث التلوث الثانوي..

المعالجة البيولوجية

المعالجة البيولوجية هي المصطلح المستخدم لوصف العديد من العمليات التي يمكن استخدامها للإسراع بالتحلل الحيوي الطبيعي للنفط إلى مركبات بسيطة، مثل ثاني أكسيد الكربون والماء والكتلة الحيوية. وبالأخص، فإن الحث البيولوجي هو وضع المواد المغذية والتكميل البيولوجي أو إضافة البذور هو إضافة الميكروبات المختارة خصيصًا لتحليل النفط.

ويكون الإسراع بالتحلل الحيوي الطبيعي أفيد ما يمكن حين يستخدم الحث البيولوجي على الأرض، كما هو الحال في فلاحة الأرض. وهنا، يمكن التحكم في العوامل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تؤثر في المعالجة البيولوجية لإعطاء أفضل الظروف للتحلل الحيوي. ونادرًا ما يفضل استخدام هذه العملية على السواحل، نظرًا لصعوبة الحصول على نفس مستوى التحكم في البيئة البحرية.

التنظيف الطبيعي

بمرور الوقت، سوف يتم تنظيف معظم السواحل بصورة طبيعية مع تعرض النفط لعوامل التجوية وتحلله. والعمليات الرئيسية التي تسبب الإزالة الطبيعية هي الاحتكاك، وكتل النفط والطمي أو تجميع المعادن والنفط، والأكسدة الضوئية والتحلل الحيوي. وفي السواحل المفتوحة عالية الطاقة، يحتمل أن تتم إزالة معظم النفط في خلال دورة موسمية كاملة. وباستثناء البقع التي توجد في أماكن مرتفعة أعلى من علامة أقصى مد، سوف تكون جميع آثار النفط قد اختفت خلال عامين إلى ثلاثة أعوام. ولكن، في الظروف التي يتداخل فيها النفط مع التربة أو في الطمي اللاهوائي، يستمر التحلل ببطء شديد وقد يستمر تواجد النفط لعدة سنوات، في صورة "رصيف أسفلتي" على سبيل المثال.

وفي العديد من الانسكابات، بعد اكتمال المرحلتين 1 و2 من عملية التنظيف، يُترك التنظيف النهائي للعمليات الطبيعية باعتبارها الحل الأكثر كفاءة والأكثر فعالية من حيث التكلفة، وبخاصة عند اقتراب فترة العواصف الموسمية (*الشكل رقم 29*). وحينما تسمح الظروف، يكون التنظيف الطبيعي هو الخيار المفضل لعدد من أنواع السواحل الحسّاسة، مثل أشجار المنغروف والأهوار، لتقليل الضرر الناتج من أنشطة التنظيف. ويتم إجراء عمليات مسح السواحل بأفيد الطرق بعد انقضاء العواصف الشتوية أو الاستوائية لتحديد ما إذا كان التنظيف الطبيعي قد حقق الأهداف المرجوّة للاستجابة أو ما إذا كان إجراء مزيد من عمليات التنظيف مطلوبًا.

▲ *الشكل رقم 29: في العديد من الحالات، يمكن ترك عملية التنظيف النهائي للسواحل لتتم بفعل العمليات الطبيعية.*

▲ *الشكل رقم 30: أكوام من الأحجار الملوثة بالنفط ورصيف مخصص لربط السفن يجري تنظيفها بواسطة الضغط من قاربٍ طافٍ صغير. يتم تجميع النفط المنبعث في حاجز تطويق طافٍ ماص.*

▲ *الشكل رقم 31: قد يكون الوصول إلى الأجزاء السفلية من أرصفة الميناء أمرًا صعبًا وخطرًا بالنسبة لفرق التنظيف نظرًا لقلة المساحة العلوية والتهوية.*

▲ *الشكل رقم 32: تنظيف صخور حماية الشاطئ باستخدام أجهزة غسيل عالية الضغط.*

▲ *الشكل رقم 33: يمثل تنظيم الحواجز الرباعية الملوثة بالنفط مشكلة، نظرًا لصعوبة الوصول إلى النفط داخل الهيكل.*

أنواع السواحل

سوف يتم وصف أساليب التنظيف بالنسبة لسبعة أنواع من السواحل:

الموانئ والمرافئ وغيرها من المرافق

يمكن أن تتعرض الحوائط وغيرها من المنشآت الرأسية لنطاق من النفط على مدار نطاق المد والجزر، والذي يمكن إزالته من خلال الغسيل بالضغط من القوارب أو المراكب اللوحية (*الشكل رقم 30*). ويمكن أن تصعب إزالة النفط الذي انتقل تحت الأرصفة البحرية أو أرصفة الموانئ أو غيرها من الهياكل المبنية على أكوام أو أعمدة، وبخاصة حين يكون الارتفاع المتاح للعمل أعلى سطح الماء محدودًا (*الشكل رقم 31*). ويمكن أن يساعد التيار المائي الناشئ من مراوح الدفع الخاصة بالمراكب في إزالة النفط السائب، ولكن قد لا يمكن إجراء التنظيف الدقيق ويبقى النفط ليتحلل بصورة طبيعية. وقد تتلف المنشآت الخشبية، وبخاصة تلك التي ظهر فيه العفن، إذا استخدمت أساليب التنظيف الأكثر هجومية. وسوف يتم التطرق لتنظيف المناطق ذات الاستخدام التجاري من الساحل بمزيد من التفصيل في ورقة منفصلة بعنوان "آثار تلوث النفط على الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية".

	الحواجز البحرية	
	يمكن الوصول إليها	لا يمكن الوصول إليها
المرحلة 1	أجهزة الكشط/المضخات شاحنات التفريغ الغسيل بالماء	يدوي يدوي ومواد ماصّة
المرحلة 2	الغسيل بالضغط التنظيف السلبي الفك (نادرًا) التنظيف الطبيعي	التنظيف الطبيعي المسح باليدين
المرحلة 3	المسح باليدين التنظيف الطبيعي	التنظيف الطبيعي

▲ *الجدول رقم 1: الأساليب التي يمكن تطبيقها لتنظيف مختلف أنواع الحواجز البحرية.*

الحواجز البحرية

تمثل التصميمات المختلفة للحواجز البحرية مشكلة شديدة الصعوبة بالنسبة لعمليات التنظيف. ومن المحتمل أن يخترق النفط بعمق داخل الهياكل عبر الفراغات الموجودة بين الصخور أو الحواجز الرباعية الخرسانية، حيث يكون محميًا من تأثير الأمواج، وتسير عمليات التعرض لعوامل التجوية ببطء. كما تقوم الصور الحرة من صخور الحماية (*الشكل رقم 32*) والحواجز الرباعية (*الشكل رقم 33*) بتجميع كميات كبيرة من حطام السفن والتي تعمل كمادة ماصة للنفط، مما يزيد من تعقيد مشكلة إزالة النفط. وإذا حدث الانسكاب في الشتاء، فقد يظل النفط محتجزًا داخل الهيكل حتى تحل شهور الصيف، حين يمكن أن يصبح النفط أكثر سيولة ليخرج من بينها. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الحواجز البحرية تتعرض بالضرورة للبحر المفتوح ويمكن أن تشكّل بيئة عمل خطرة.

وفي الظروف الجوية المواتية، يمكن تجميع النفط عند قاعدة الحواجز البحرية من القوارب. ويمكن أن يزيل العاملون على الهياكل، وإلى حدٍ ما العاملون داخلها (إلى الحد الآمن للدخول - فيها)، حطام السفن الملوث بالنفط وأن ينظفوا الجلاميد والحواجز الرباعية باستخدام آلات الغسيل بالضغط أو يدويًا باستخدام قطع من القماش والمواد الماصّة. ويتيح التنظيف السلبي، حيث توضع المواد الماصة على طول واجهة الحواجز البحرية، أن تجرف المياه النفط بفعل حركة المد والجذر وارتفاع مستوى المياه وحركة الأمواج لكي يتم استعادته. وفي بعض المواقف، يمكن الإضافة إلى هذا الأسلوب من خلال ضخ المياه إلى داخل الهيكل لغسل النفط.

وفي بعض الحالات النادرة، قد يتم فك الحواجز البحرية للسماح بإزالة حطام السفن الملوث بالنفط وغسل الجلاميد والحواجز الرباعية المفردة بالضغط. وقد يكون هذا مناسبًا إذا كان النفط الخارج يهدد بتلويث الشواطئ السياحية أو مرافق الأحياء البحرية، ولكن حتى في هذه الظروف، عادة ما يلزم تحقيق التوازن بين تهديد التلوث وبين تكاليف فك الحواجز البحرية وإعادة تركيبها. ومن غير المنتظر أن يكون هذا التوازن في صالح الفك إلا إذا كان هذا النوع من العمل يجرى بصورة روتينية، على سبيل المثال، لأغراض صيانة الحواجز البحرية، وإذا كانت المعدات اللازمة والبنية التحتية اللازمة موجودة بالفعل.

	الصخور والجلاميد	
	يمكن الوصول إليها	لا يمكن الوصول إليها
المرحلة 1	أجهزة الكشط/المضخات شاحنات التفريغ الغسيل بالماء	يدوي يدوي ومواد ماصّة
المرحلة 2	الغسيل بالضغط المواد الماصّة التنظيف الطبيعي	التنظيف الطبيعي المسح باليدين
المرحلة 3	التنظيف الطبيعي الغسيل بالضغط الرش بالرمال (نادرًا)	التنظيف الطبيعي

▲ *الجدول رقم 2: الأساليب التي يمكن تطبيقها لتنظيف الصخور والجلاميد.*

الصخور والجلاميد

عادة ما تصبح الأسطح الصلبة مثل الصخور والجلاميد مغلفة بالنفط على مدار نطاق المد والجذر، حيث يتراكم النفط وحطام السفن الملوث بالنفط في الشقوق والأحواض الصخرية (*الشكل رقم 34*). وعلى الشواطئ المكشوفة، عادة لا يظل النفط ساكنًا، بل ينجرف على مدار الشاطئ، ويعلق في النهاية في المواقع المغطاة. وأحيانًا يكون الوصول إلى الشواطئ الصخرية صعبًا وبخاصة مع الحاجة إلى الاهتمام بسلامة العمال على الأسطح الزلقة، بالإضافة إلى أخطار الأمواج والمد والجذر. وحيثما كان الوصول من طرق أخرى، مثل البحر، غير ممكنًا، يمكن إنشاء الممرات المؤقتة لتحسين ظروف المشي (*الشكل رقم 35*).

	الحصى الكبير والحصى الصغير والحصباء	
	يمكن الوصول إليها	لا يمكن الوصول إليها
المرحلة 1	أجهزة الكشط/المضخات شاحنات التفريغ الغسيل بالماء	يدوي يدوي ومواد ماصّة
المرحلة 2	الغسيل بالماء الغسيل بالأمواج/غسيل الحصى الكبير ميكانيكي التنظيف الطبيعي	التنظيف الطبيعي المسح باليدين
المرحلة 3	التنظيف الطبيعي الغسيل بالأمواج/غسيل الحصى الكبير الرش بالرمال (نادرًا)	التنظيف الطبيعي

▲ *الجدول رقم 3: الأساليب القابلة للتطبيق لتنظيف الركائز المتوسطة.*

▲ *الشكل رقم 34: سوف يتجمع النفط وحطام السفن الملوث بالنفط في الأحواض والشقوق الموجودة في السواحل الصخرية، مما يتطلب مجهودًا كبيرًا في عمليات التنظيف اليدوي.*

▲ *الشكل رقم 35: لتقليل الأخطار التي يتعرض لها العمال على السواحل الصخرية، يمكن إنشاء ممرات مؤقتة.*

▲ *الشكل رقم 36: تجميع الحصى الملوث بالنفط في أكياس.*

وفي المناطق التي تتركز فيها الحياة البرية، وحيثما وجدت كميات كبيرة من النفط العالق، يمكن نشر مادة ماصة سائبة على الصخور الملوثة بالنفط، وأحياناً يمكن تمشيطها إلى داخل النفط، لتعمل بمثابة قناع وتقلل تلوث الفراء أو الريش. وفي بعض البلدان، يفضل استخدام القشور المزودة بالمساحيق، بينما استخدمت حبيبات من المواد الماصة المعدنية في بلدانٍ أخرى. وقد استخدم هذا الأسلوب، على سبيل المثال، لحماية حيوانات الفقمة والبطريق في مناطق تجمعها المعروفة. وعادةً لا يتم تجميع مخلوط المادة الماصة مع النفط، ولكنه يبقى حتى يزال بواسطة البحر، حيث يصبح موزعًا بصورة كبيرة مما يسمح بحدوث التحلل. ولكن، يجب استخدام هذا الأسلوب بحذر، نظرًا لإمكانية حدوث التلوث الثانوي من جراء انجراف طبقات من مخلوط المادة الماصة مع النفط ونظرًا للتكلفة المحتملة للمادة الماصة.

الحصى الكبير والحصى الصغير والحصباء

يعتبر هذا النوع من الشواطئ من أكثر أنواع الشواطئ صعوبة في التنظيف بصورة مُرضية نظرًا لأن النفط يمكن أن يخترق المساحات بين الأحجار وبعمق إلى داخل الشاطئ. وتحول عدم قدرة مثل هذا النوع من السواحل على تحمل الأحمال الثقيلة دون حركة كلٍ من المركبات والأشخاص، مما يمثل مشكلة كبيرة في الإزالة المجمّعة للأحجار الملوثة بشدة بالنفط. وبالإضافة إلى هذا، فإن المسارات المتاحة للتخلص من الحصى الكبير الملوث بالنفط تكون مقيدة أكثر من الرمال والحصباء الملوثة بالنفط. ولكن، قد يلزم إزالة الحصباء الملوثة بشدة بالنفط على الشواطئ المحمية للحيلولة دون تكوّن الأرصفة الإسفلتية الثابتة (*الشكل رقم 36*). وحيثما أمكن، فإن غسل الأحجار الملوثة بالنفط في الموقع يقلل من كمية النفايات التي يلزم نقلها إلى أماكن التخلص منها. كما تعتبر أساليب الغسيل بالمياه والغسيل بالأمواج مفيدة بصفة خاصة في هذه البيئات.

▲ *الشكل رقم 37: قد تعطى الأولوية لتنظيف الشواطئ الرملية في موسم السياحة.*

الشواطئ الرملية

عادةً ما ينظر إلى الشواطئ الرملية باعتبارها موارد ترفيهية قيِّمة، وتعطى الأولوية لتنظيفها (*الشكل رقم 37*). وعادةً ما يسهل الوصول إلى الشواطئ الترفيهية، ونظرًا لمحدودية عمق اختراق النفط إلى داخل الشاطئ بالنسبة للعديد من أنواع النفط، فإنها تعتبر عادةً أسهل أنواع السواحل من ناحية التنظيف (*الشكل رقم 38*). ولكن النفط يمكن أن يصبح مدفونًا في الشاطئ بفعل تعاقب المد والجذر وسوف تخترق أنواع النفط الأقل لزوجة إلى الرمال الخشنة. وقد تكون أساليب الغسيل بالمياه أو الغسيل بالأمواج أو التمشيط مناسبة للتعامل مع النفط المدفون.

▲ *الشكل رقم 38: التجميع اليدوي لنفط وقود مكوّن لمستحلب من شاطئ رملي خشن.*

	الشواطئ الرملية	
	يمكن الوصول إليها	لا يمكن الوصول إليها
المرحلة 1	أجهزة الكشط/المضخات شاحنات التفريغ يدوي/ميكانيكي حفر الخنادق الغسيل بالماء	يدوي يدوي ومواد ماصّة
المرحلة 2	الغسيل بالأمواج يدوي/ميكانيكي	التنظيف الطبيعي يدوي
المرحلة 3	التنظيف الطبيعي الغسيل بالأمواج الحرث والتمشيط آلات تنظيف الشواطئ غربلة الرمال	التنظيف الطبيعي

▲ *الجدول رقم 4: الأساليب القابلة للتطبيق لتنظيف الشواطئ الرملية*

ويمكن إنشاء طرق مؤقتة للسماح بدخول المعدّات الثقيلة إلى الشاطئ، على سبيل المثال لتجنب تدمير الموائل الهشّة الموجودة داخل الكثبان الرملية. وهناك خطر من أن تغرز عجلات أو جنازير العربات التي تعمل على الشواطئ الرخوة أو الخشنة داخل الرمال (الشكل رقم 39). وقد يؤدي هذا إلى نفاذ النفط العالق إلى أعماق أكثر من ركيزة الشاطئ. ويمكن أن تصبح عربات اللوري وغيرها من المركبات التي تتم قيادتها على الشاطئ غير قادرة على الحركة بمجرد تحميلها.

وعادةً ما يتم التعبير عن مخاوف من أن الإزالة المفرطة للرمال قد تؤدي إلى تآكل الشاطئ. ولكن، بالنسبة لأنواع الشواطئ الأكثر انفتاحًا، تكون الدورات الموسمية للتآكل والتعاظم كبيرة للغاية بحيث عادةً ما تكون كمية المادة المزالة أثناء عمليات التنظيف غير ذات قيمة نسبيًا وسوف يتم استبدالها بصورة طبيعية. وبالرغم من ذلك، لكي يعود الشاطئ إلى استخدامه الأصلي في أقصر وقت ممكن، تقدم أحيانًا مقترحات باستيراد رمال نظيفة من مكانٍ آخر. وإذا اتبع هذا الأسلوب، فمن المهم أن يكون لهذه الرمال النظيفة، بقدر الإمكان، نفس الكثافة وحجم الحبيبات الموجودة في المادة الأصلية حتى يكون لها نفس السلوك. وإذا استخدمت ، على سبيل المثال، رمال بديلة ذات حبيبات أنعم، فهناك خطر من أن تجرفها الأمواج.

وحين تتاح مهلة زمنية كافية قبل وصول الانسكاب إلى الشاطئ، فقد يوجد احتمال لتحريك الرمال إلى ما بعد علامة أعلى مد. ثم يمكن إعادة هذه المادة بعد إتمام تنظيف الشاطئ. كما يمكن أيضًا إزالة أجزاء الحطام الطافية والمتاع الذي يتم التخلص منه قبل وصول أي نفط حتى يمكن خفض حطام السفن الملوث بالنفط المراد التخلص منه بدرجة كبيرة.

الشواطئ الطينية

يفضّل السماح للنفط الذي يصل إلى هذا النوع من السواحل، كلما أمكن ذلك، بالتعرض لعوامل التجوية الطبيعية، وبخاصة إذا كان النفط قد انجرف لأماكن بها نباتات. وقد وُجِد، في مناسبات عديدة، أن الأنشطة المقصود بها إزالة التلوث قد نتج عنها أضرار تفوق أضرار النفط ذاته، نظرًا لدهس الركيزة وتآكلها (*الشكل رقم 40 والشكل رقم 41*).

▲ *الشكل رقم 39: يمكن أن تغرز العربات في الركائز الناعمة. وقد يسبب هذا المزيد من الأضرار واختلاط النفط بالتربة النظيفة.*

	الشواطئ الطينية	
	يمكن الوصول إليها	لا يمكن الوصول إليها
المرحلة 1	أجهزة الكشط/المضخات شاحنات التفريغ الغسيل بالماء	يدوي يدوي ومواد ماصّة
المرحلة 2	الغسيل بالماء يدوي	التنظيف الطبيعي يدوي
المرحلة 3	التنظيف الطبيعي	التنظيف الطبيعي

▲ *الجدول رقم 5: الأساليب القابلة للتطبيق لتنظيف الشواطئ الطينية.*

وفي الأجواء المعتدلة، عادة ما تنجو نباتات الأهوار من الاختناق بفعل النفط لمرة واحدة، وفي العديد من الحالات، تنمو نباتات جديدة متخللة التغطية بالنفط. ولكن الضرر الذي يلحق بأشجار المنغروف في المناطق الاستوائية يصعب التنبؤ به ويعتمد على سلالات الكائنات الحية ، وطبيعة النفط (حيث تكون أنواع النفط الخفيفة أكثر سُمية من الأنواع الثقيلة)، ومدى مسامية ركيزة الشاطئ. ويبدو أن أشجار المنغروف في أنواع التربة الخشنة تكون أقل عرضة للخطر من أشجار المنغروف التي تنمو في الطين الناعم.

وحيثما كانت إزالة النفط ضرورية للحيلولة دون إعادة تحركه وانتشاره على السواحل، فإنه يمكن غسل النفط ليتحرك في اتجاه المياه المفتوحة، حيث يمكن احتواؤه ليتم تجميعه فيما بعد. ويتحقق هذا على النحو الأمثل من خلال الاقتراب من السواحل من جهة المياه في قوارب للمياه الضحلة أو من الأرض باستخدام ممرات مؤقتة. وبدلاً من ذلك، وعند استخدام التجميع اليدوي، يجب القيام بذلك تحت إشراف مباشر، لتقليل الضرر الإضافي الذي قد يلحق بالنباتات والبراعم (*الشكل رقم 42*).

وعند وجود تهديد للطيور أو غيرها من الكائنات الحية، فقد يتم التفكير في قطع نباتات الأهوار الملوثة بالنفط وإزالتها، ولكن يجب موازنة ذلك مع مخاطر الأضرار طويلة الأمد بفعل الدهس. ويجب تجنب قطع أشجار المنغروف، نظرًا لأنه من

المعروف أن استعادتها تستغرق وقتًا مطوّلاً.

الشعاب المرجانية

من غير المحتمل أن تتلوث الشعاب المرجانية الحية بالنفط، نظرًا لأنها نادرًا ما تكون مكشوفة عند سطح البحر. ولكن، إذا تلوثت الشعاب المرجانية بالنفط، فمن الأفضل تركها دون إزعاج ، وذلك لتتعافى بصورة طبيعية. ويمكن مساعدة عمليات التنظيف الطبيعي لمنصات الشعاب المرجانية التي تجف عند انخفاض المياه من خلال الغسل بمياه البحر بضغط منخفض لتقليل تعرض مجتمعات الشعاب المرجانية للنفط.

وحيثما كانت استعادة النفط ضرورية، للحيلولة دون عودته للحركة على سبيل المثال، فيجب القيام بذلك بحذر لتقليل الأضرار التي تتعرض لها الهياكل الهشة.

الإدارة والتنظيم

تعدّ الإدارة الفعّالة للموارد المشاركة في عمليات تنظيف السواحل من الأمور الحيوية لنجاح العملية. وقد تقع المسؤولية عن إدارة الاستجابة للحدث على عاتق فريق مكون من عدد من المنظمات أو الوكالات المختلفة أو على عاتق وكالة حكومية واحدة. وفي كل حالة، تكون وظيفتها دعم القوى العاملة على السواحل والتعامل مع قضايا التشغيل اليومية، والأمور اللوجستية والتخطيط المستقبلي والعلاقات الإعلامية وتمويل العملية. وعند تقرير أساليب التنظيف التي سوف تستخدم، يجب أن يضع فريق الإدارة في اعتباره مصالح جميع المهتمين بالاستخدامات المحلية المختلفة للبيئة البحرية. وفي العادة، يكون من ضمنها مصالح مثل الترفيه والسياحة ومصايد الأسماك والصناعة و الهيئات المهتمة بالبيئة. وتتباين الأساليب التي يجري بها التعامل مع هذه المسائل طبقًا لترتيبات الطوارئ على المستوى الوطني وتتباين من بلدٍ إلى آخر. وعادةً، يتم تضمين مستشارين يمثلون كل من الجهات المهتمة هذه ضمن فريق الإدارة. وبوجه خاص، يكون المستشارون البيئيون عاملاً مشتركًا في العديد من فرق الإدارة، حتى تتجنب عمليات التنظيف التسبب في الضرر بدلاً من جلب النفع نظرًا لافتقارها لفهم الحساسيات البيئية بصورة مناسبة.

ويعتبر التنظيم المناسب للقوى العاملة على السواحل على نفس القدر من الأهمية (*الشكل رقم 43*). ويمكن تحقيق ذلك من خلال تقسيم الشواطئ المتضررة إلى مناطق أصغر حجمًا، وعادةً ما ترتبط بتقسيمات طبيعية في أنواع السواحل. ويجب تخصيص مشرف أو مدير للشاطئ لتحمّل مسؤولية القوى العاملة داخل كل منطقة. وإذا استخدمت الأساليب اليدوية، فيمكن تقسيم القوى العاملة إلى فرق، لكل منها رئيس، ويوكّل إلى كلٍ منها تنظيف جزء من الساحل. ويجب أن تكون المهام قابلة للتحقيق في فترة زمنية واقعية، تبلغ نحو نصف يوم. ويمكن أن يساعد إحساس العمال بالرضا عن تحقيق المهمة ومراقبة التقدم المحرز الذي أنجزوه في تحفيزهم على العمل في ظل ظروف قد تكون صعبة. وفي نفس الوقت، يتم تنظيف الساحل بطريقة منهجية، قسمًا فقسم. وعادةً ما يتكون كل فريق من 5–10 من العمّال (*الشكل رقم 44*). ويجب أن يكون كل مشرف أو مدير شاطئ مسؤولاً عن حوالي 100 شخص, أي 10 فرق تقريبًا, داخل المنطقة. ويجب أن يتلقى العمال تدريبًا أساسيًا لضمان أن تكون عملية التنظيف منظمة وفعّالة ولزيادة الوعي بالمسائل المتعلقة بالصحة والسلامة. ويجب إنشاء المرافق المخصصة لتلبية احتياجات التغذية والصرف الصحي للفرق بالقرب من مواقع العمل (*الشكل رقم* 45).

ويصعب الحكم على الأداء المتوقع من القوى العاملة حتى يبدأ العمل ويستمر لفترة من الوقت. ولهذا السبب، فإن أفضل طريقة لاتخاذ قرار بشأن عدد العمال المطلوب على الساحل تكون من خلال إنشاء عملية محدودة النطاق على قسم من الشاطئ

▲ *الشكل رقم 40: أدت عمليات التنظيف الاقتحامية للأهوار الملوثة بالنفط إلى قدر كبير من الضرر الإضافي أكثر بكثير مما سببه النفط ذاته.*

▲ *الشكل رقم 41: يمكن أن يؤدي استخدام الآلات الثقيلة على المناطق الحساسة من السواحل إلى أضرار إضافية كبيرة. في هذه الحالة، أعطيت الأولوية لاستعادة النفط الطافي بحرية على وجه السرعة.*

▲ *الشكل رقم 42: يجب التفكير ملئيا في مدى الحاجة لإزالة النفط من أشجار المنغروف، حتى يمكن تقليل الضرر الإضافي الذي قد يقع على الهياكل شديدة الحساسية.*

يمثل طبيعته، ثم تكرار هذا النهج بالمستوى المناسب من القوى البشرية في مناطق أخرى من الساحل، بمجرد تحسين ممارسات العمل إلى أقصى حدٍ ممكن. وسوف يتحدد عدد الأشخاص اللازمين من خلال متطلبات أسلوب التنظيف المستخدم وكمية المواد التي يمكن التعامل معها بشكل معقول يوميًا. ولكن، أداء القوى العاملة قد يتأثر أيضًا بمدى تدريبها، ورغبتها في العمل والإشراف عليها، بالإضافة إلى نوع الساحل وإمكانية الوصول إليه والظروف الجوية ومستويات التلوث. وفي الحالة المثلى، يجب أن تستمد القوى العاملة من منظمة محلية لها هيكل إداري قائم، مما يوفر مسارات قائمة للسلطة والعلاقات بين العمّال. ورغم أن الهياكل التنظيمية العسكرية تفي بهذه المعايير، وقد تبدو أنها مناسبة لهذا النوع من العمليات، إلا أنها قد تؤدي إلى أن تكون الفرق ذات أحجام أكبر من اللازم، وقد يلزم إجراء بعض التعديلات على الهيكل التنظيمي. ويمكن الحصول على المزيد من المعلومات في ورقة منفصلة بعنوان "القيادة والسيطرة وإدارة الانسكابات النفطية".

ولا يقل تنظيم المعدات والعربات التي تعمل على السواحل أهمية عن هذا الأمر. ويساعد تقسيم موقع العمل إلى مناطق نظيفة ومناطق غير نظيفة، والحد من عدد العربات داخل المناطق غير النظيفة وتقييد حركة هذه العربات داخل هذه المناطق فقط، على تقليل التلوث الثانوي. ويجب إبعاد الشاحنات ذات السعات الأكبر، مثل تلك المستخدمة في نقل المادة المجمّعة إلى مناطق التخزين أو مواقع التخلص منها، من الشاطئ، حتى تظل المناطق النظيفة والملوثة منفصلة عن بعضها. ويساعد هذا أيضًا على تقليل كمية النفط المنتشر على أسطح الطريق. ويجب أن تكون أنواع المركبات المختارة مناسبة للنفايات التي يتم نقلها، وذلك لضمان تأمين الأحمال وعدم تسرب النفط.

كما يجب التحكم في الحركة المرورية في النطاق المحيط بموقع العمل، حتى لا تسبب إعاقة لحركة دخول وخروج الشاحنات من موقع العمل. وقد يستوجب الأمر إغلاق الشاطئ لاعتبارات السلامة العامة، وبخاصة في الأماكن التي تستخدم فيها المركبات الثقيلة.

وعلى الشواطئ التي تتعرض للمد والجزر، يجب تنظيم العمل بما يتناسب مع حركة المد والجزر، ويفضل تخصيص أوقات الراحة وتناول الوجبات أثناء فترة المد. ورغم أن العمل الليلي قد يكون مناسبًا داخل ميناء حيث يمكن توفير الإضاءة المناسبة، إلا أنه في المواقع الأخرى، مثل السواحل المفتوحة، وُجِدَ أنه غير فعال ويمكن أن يكون غير آمن، حتى في وجود الإضاءة.

ويتيح تسجيل كميات النفط وحطام السفن الملوث بالنفط التي يتم نزعها يوميًا رصد التقدم المحرز بسهولة، موقعًا بموقع، داخل مركز القيادة. وبالإضافة إلى التقارير المكتوبة، يمكن بسهولة تسجيل ورصد حالة كل موقع عمل وموقع الأفراد والمعدات على خرائط ذات مقياس رسم كبير.

كما تعتبر السجلات اليومية للأفراد والمعدات والمواد المستخدمة في كل موقع عمل أمرًا أساسيًا لصياغة مطالبات التعويض فيما بعد. ويمكن العثور على المزيد من المعلومات بهذا الصدد من الاستجابة في ورقة منفصلة بعنوان "إعداد المطالبات نتيجة تلوث النفط وتقديمها".

الشكل رقم 43: يجب إعطاء تعليمات موجزة وواضحة للقوى العاملة، لضمان الفهم الواضح للأهداف وأساليب تحقيقها.

الشكل رقم 44: يتكون الفريق الأمثل لتنظيف السواحل من 10 عمّال، مما يتيح الإشراف الفعّال وإحراز التقدم في تنفيذ المهمة.

الشكل رقم 45: بعض المباني المؤقتة المنشأة بالقرب من موقع العمل لتوفير مرافق الإعاشة والصرف الصحي للعمّال.

التخطيط لحالات الطوارئ

تتطلب خطط الطوارئ لعمليات تنظيف السواحل درجة عالية من المعرفة المحلية، وبالتالي، عادةً ما يكون النطاق الجغرافي محدودًا لهيئة إدارية ساحلية واحدة. ومن المهم أن يتم إعداد الخطط بواسطة الوكالات والمنظمات المسؤولة عن تنظيف النفط من السواحل داخل الطول المحدد من الشاطئ. ولا يحتمل أن يكون العاملون بهذه المنظمات ملمّين بالترتيبات المحلية فحسب، وإنما يساعد هذا أيضًا على ضمان أن تكون الخطط واقعية وعملية. وسوف يتم توظيف مديري الشواطئ عادة من المنطقة المحلية ليكونوا مُلمّين بالساحل. ولكنهم سوف يحتاجون مع ذلك إلى تلقي تدريب حول أساليب التنظيف وفي إدارة القوى العاملة والحفاظ على سلامتها. وقد يلزم وجود الشرطة وغيرها من الوكالات العامة للسيطرة على الدخول إلى المناطق المتضررة أو للمساعدة بأي طريقة أخرى في عملية الاستجابة في حالة حدوث انسكاب.

ويجب تحديد مكان مركزي، أو عدة أماكن، يتم إدارة عملية التنظيف منها. ويجب أن تكون هذه الأماكن مناسبة لإقامة فريق الإدارة ومجهزة بأنظمة الاتصالات المناسبة. وسوف يؤدي توافر الاتصالات الموثوقة بين فريق الإدارة وبين المشرفين على طول الساحل إلى تيسير إجراء عملية استجابة جيدة التنسيق. وإذا لزم الأمر، يجب شراء أنظمة اتصالات مناسبة للسيناريوهات المتوقعة.

كما يجب التفكير في التخزين المؤقت والنقل والتخلص النهائي من النفايات الملوثة بالنفط التي تم استعادتها أثناء إعداد خطة الطوارئ، نظرًا لأن هذه المسائل قد تؤثر بقوة على فعالية عملية التنظيف. ويجب أن تحدد الخطة مصادر الحصول على القوى البشرية والمعدات والمواد بالإضافة إلى تفاصيل الاتصال الخاصة بها. ويجب معرفة المقاولين الذين يمكنهم توفير شاحنات التفريغ، أو معدات التحميل الأمامي أو السلال أو غيرها من الأوعية المعدّة للتخزين المؤقت، وأنظمة الغسيل بالماء الساخن وغيرها من المعدات، وفي الحالة المثلى، يجب الاتفاق على شروط وأحكام الاستئجار قبل حدوث الانسكاب.

وتعتبر خرائط حساسية السواحل مفيدة بصفة خاصة في المراحل المبكرة من الانسكاب، ويمكن إعدادها كجزء من عملية التخطيط للطوارئ حيث يتم عادةً إدخال المعلومات في نظام معلومات جغرافي (GIS). ويجب أن تبين هذه الخرائط مواقع الموارد ذات الحساسية البيئية والمناطق الترفيهية ذات الأولوية العالية، مع بيان التغيرات الموسمية في كلتي الحالتين. ويمكن أيضًا تسجيل بعض الخصائص الأخرى، مثل أنواع السواحل، ونقاط دخول العربات، والشواطئ التي تدعم المعدات الثقيلة، والمناطق التي يجب ألا تستخدم فيها المشتتات على السواحل.

ويجب إجراء تدريبات عملية على خطة الطوارئ بصورة دورية، ليس لاختبار الجوانب التنظيمية فحسب، وإنما لضمان أن المعدات التي تم تحديدها في الخطة متاحة بالفعل. ويمكن الحصول على المزيد من المعلومات حول التخطيط لحالات الطوارئ من الورقة المنفصلة بعنوان "التخطيط لحالات الطوارئ في انسكابات النفط البحرية".

نقاط رئيسية

- تعتمد عمليات تنظيف السواحل الناجحة على الإتاحة الموقوتة للأفراد والمعدات والمواد، وعلى جودة المنظمة المنشأة لإدارة وتنفيذ العملية.
- من الأفضل تحديد أهداف ونهايات عمليات تنظيف السواحل والاتفاق عليها قبل بدء العمليات.
- يجب وضع تخزين النفايات ونقلها والتخلص النهائي منها في الاعتبار في مرحلة مبكرة، نظرًا لأن هذه العوامل تؤثر بشدة على العمليات.
- يحدد نوع الساحل إلى حدٍ كبير أنسب طرق التنظيف التي يجب استخدامها.
- يجب استعادة النفط المتحرك في أقرب وقت ممكن للحيلولة دون تحركه إلى مكانٍ آخر.
- رغم أن المعدّات الثقيلة يمكنها تنظيف الشواطئ بسرعة، إلا أن كميات كبيرة من ركيزة الشاطئ النظيفة تتم إزالتها أيضًا، مما يؤدي إلى مشكلات في عمليات النقل والتخلص من النفايات بالإضافة إلى إمكانية حدوث التآكل. وعادةً ما يكون من الأفضل استخدام الطرق اليدوية وإن كانت أبطأ.
- عادةً ما يكون من الأفضل ترك السواحل الحساسة من الناحية البيئية، مثل الأهوار، والمسطحات الطينية المحمية، وأشجار المنغروف والشعاب المرجانية، ليتم تنظيفها مع حدوث العمليات الطبيعية.
- بالنسبة للمناطق التي لا تستخدم في الجوانب الترفيهية، يمكن ترك أي نفط متبقي، بمجرد الانتهاء من المرحلتين رقمي 1 و2 من الاستجابة، لعوامل التجوية والتحلل الطبيعي.
- يجب تحديد كلٍ من القوى البشرية والمعدّات في خطط الطوارئ المحلية، وحشد هذه الموارد بصورة منتظمة في تدريبات عملية لاختبار مدى فعاليتها.

© 2011 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