الاعتبارات الرئيسية في مسألة تخزين النفايات والتخلص منها

مرفق HABOG للتخزين، الهيئة المركزية للنفايات المشعة، هولندا

(مصدر الصورة: الهيئة المركزية للنفايات المشعة، هولندا)

عندما يتحدث الناس عن الأخذ بالتكنولوجيا النووية واستخدام المواد المشعة، تكون إحدى القضايا الأكثر إثارةً للجدل هي التخلص النهائي منها.

ويتفاوت بشكل كبير طول المدة الزمنية اللازم للقول بأن النفايات المشعة والوقود النووي المستهلَك المعلَن عنهما كنفايات كليهما لم يعد يمثل خطراً محتملا على صحة الإنسان أو البيئة. ويمكن أن يتراوح ذلك من بضعة أشهر أو سنوات لبعض أنواع النفايات المشعة، إلى آلاف السنين للنفايات القوية الإشعاع، ومئات الآلاف من السنين للوقود المستهلَك. وعلى هذا النحو، تساور الحكومات والمواطنين مخاوف مشروعة حول الأمان على المدى القريب والبعيد.

ويتوفّر الأمان على المدى البعيد عن طريق التخلص، ولحين إقامة مرفق مناسب للتخلص، يتحقق التصرف المأمون بواسطة التخزين. ورغم وجود حلول مأمونة ومستدامة تم تنفيذها أو ما زالت قيد التطوير في جميع أنحاء العالم، فإنه لا يكفي أبداً مجرد إعادة إنتاج ذات الحل في مكان مختلف. فبالنسبة لكل مرفق، لابد من تقييم الأمان ومراجعة طلب الترخيص على أساس حالة الأمان من قِبَل إحدى السلطات المختصة. ويكفل ذلك معالجة كاملة لتلك المخاوف المشروعة من جانب الحكومات والمواطنين واتخاذ الترتيبات اللازمة لحماية الناس والبيئة. وغالباً ما يكون ترخيص مرفق للتخلص عملية طويلة، وبالتالي ثمة حاجة في المدى القريب لتخزين النفايات بأمان لحين التخلص منها.

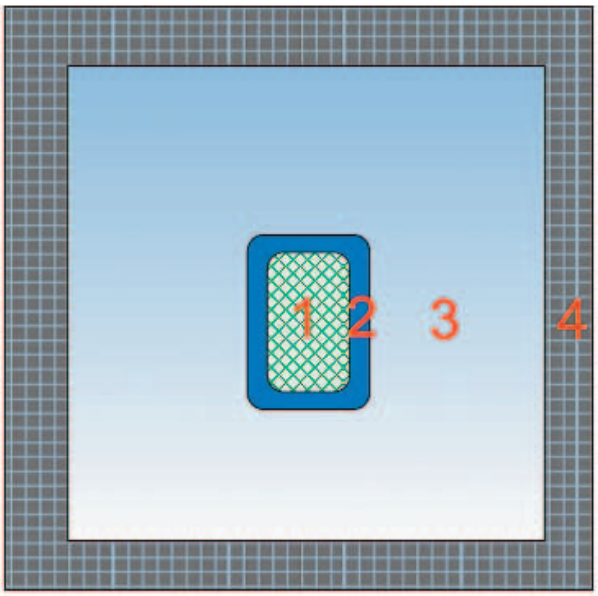
تخزين النفايات

قد تكون هناك حاجة للتخزين في أي مرحلة من مراحل عملية التصرف في النفايات بما يمكن أن يخدم عدة أغراض، مثل السماح باضمحلال النويدات المشعة القصيرة العمر، أو تبديد الحرارة، أو إتاحة الوقت لتراكم نفايات كافية للتمكُّن من المعالجة بكفاءة، أو اتخاذ الترتيبات اللازمة لاحتواء وعزل النفايات لحين تنفيذ مسار مناسب تجاه التخلص.

ويعرَّف التخزين بأنه الاحتفاظ بالمصادر المشعة أو الوقود المستهلك أو النفايات المشعة في مرفق يتيح احتواءها، بنيّة استرجاعها. وبالتالي فإن التخزين، بحكم تعريفه، تدبير مؤقت.

ومن أجل إتاحة تخزين النفايات بشكل مأمون وقابل للاسترجاع وللرصد وآمن بما يكفل حماية العمال والجمهور والبيئة، مطلوب وضع نظام للتخزين يتألف من عنصرين أوليين - حزمة النفايات، ومرفق التخزين ذاته. ويرتبط هذان المكونان ارتباطاً وثيقاً حيث إن خصائص وسلوك أحدهما يؤثران بقوة على تصميم الآخر. ويحتاج كلاهما إلى معالجة بشكل صحيح بما يكفل تلبية النظام لمتطلبات الأمان

بيان تخطيطي لنظام تخزين



تخزين النفايات المعبأة - طبقات الحماية المادية والبيئية

١- شكل النفايات المكيَّفة هو الحاجز الأوّلي.

٢- حاوية النفايات هي الحاجز الثانوي.

٣- السيطرة على بيئة المخزن مهمة للحفاظ على سلامة شكل النفايات وحاوية النفايات.

٤- هيكل المخزن هو طبقة الحماية النهائية لعبوة النفايات من ظروف الطقس/الغلاف الجوي، وهو أيضاً عنصر مهم فيما يخص الأمن المادي للنفايات.

الصورة: الإرشادات الصناعية الصادرة في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٢: التخزين المؤقت لعبوات النفايات الأعلى نشاطاً - نهج متكامل، الهيئة النووية المعنية بالإخراج من الخدمة، المملكة المتحدة

وللمتطلبات الرقابية الضرورية. ويعرض الشكل أعلاه إيضاحاً تخطيطياً لنظام التخزين.

وتشمل عبوة النفايات شكل النفايات والحاوية. وشكل النفايات المفضل هو منتَج صلب مستقر، قد يتم إنتاجه باستخدام تقنية تكييف مناسبة مثل السَمنَتة أو التزجيج. وتكفل الحاوية احتواءً مأموناً للمواد المشعة فيما يخص فترة التخزين المطلوبة ولأغراض التخلص، على أن تتسم بخواص تتيح المناولة والرصّ في المخزن. وتوضِّح الصورة الواردة يساراً بعض الحاويات الشائعة الاستعمال.

ويراعى أن يوفر مرفق التخزين بيئة لا تؤدي إلى تحلل حزم النفايات أثناء فترة التخزين وتتيح استرجاعها ونقلها إلى مرفق التخلص بشكل مأمون. وبالتالي فإن نوعية بناء المخزن وترتيبات التخزين الداخلية الخاصة به كليهما يرتبط بنوع وتصنيف النفايات الجاري تخزينها.

والنفايات الضعيفة الإشعاع، الشائع تخزينها في اسطوانات فولاذية سعتها ٢٠٠ لتر أو حاويات معدنية والمرجَّح توجيهها للتخلص منها في غضون فترة زمنية قصيرة، تتطلب ترتيبات تخزين بسيطة حيث يكون التدريع غير مطلوب. ويمكن أن يكون أحد الهياكل المناسبة مبنى من نوع صناعي قادر على توفير الحماية من الظروف المناخية المحلية، يوجد به لوح خرساني متين وأبواب لدخول المَركبات والموظفين، جنباً إلى جنب مع ترتيبات للرصد والتفتيش؛ وقد يكون من الضروري أيضاً مراقبة الرطوبة.

ويحتاج تخزين النفايات القوية الإشعاع المزجَّجة الطويلة العمر أو الوقود النووي المستهلَك إلى مرفق ذي مواصفات هندسية عالية مصمَّم بعناية لإتاحة إمكانية المناولة عن بعد والتدريع والتبريد، بالإضافة إلى بيئة مضمونة طوال فترة

من أعلى اليسار: أسطوانة من الصلب سعتها ٢٠٠ لتر وصناديق خرسانية وحاوية من الفولاذ المقاوِم للصدأ مخصصة للنفايات القوية الإشعاع

(مصدر الصور من أعلى اليسار: الوكالة الدولية للطاقة الذرية؛ وشركة ماغنوكس المحدودة بالمملكة المتحدة؛ وشركة سيللافيلد المحدودة بالمملكة المتحدة)

خندق للتخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع جداً في مرفق سيريس للتخلص في فرنسا

(مصدر الصورة: الوكالة الوطنية للتصرف في النفايات المشعة، فرنسا)

التخزين المطلوبة. كما يجب أن يوفر ذلك المرفق درجة كافية من الأمن، وأن يتيح إخضاع المواد الانشطارية للضمانات في حالة الوقود النووي المستهلَك.

وفي السنوات الأخيرة، بصفة أساسية نظراً لعدم وجود مرافق تخلص مسموح بها، يجري النظر من قِبَل عدد من الدول الأعضاء في التخزين الطويل الأمد (على سبيل المثال لمدة تصل إلى ١٠٠ سنة) كتدبير لتخفيف المخاطر فيما لو تأخَّرت إتاحة مرفق للتخلص النهائي. وينطوي ذلك التخزين الطويل الأمد على اتخاذ تدابير إضافية تضمن استمرار السيطرة بصورة مُرضية وحماية عبوات النفايات والمرفق ذاته، وعلى التثبُّت من أن أمان وأمن المرفق مكفولان طوال الفترة المقررة وأنه قد صدر ترخيص مطابِق، وذلك بعدة وسائل منها أخذ تقادم المواد والهيكل في الحسبان.

ويعدّ مرفق HABOG في هولندا مثالاً كمرفق حديث للتخزين الطويل الأمد للنفايات القوية الإشعاع المزجَّجة الناتجة عن إعادة المعالجة وللوقود المستهلَك من مفاعلات الأبحاث. وحتى في هذا المثال، يُعتبَر التخزين مجرد حل مؤقت، ينفَّذ بنيّة وبهدف استرجاع النفايات في نهاية المطاف للتصرف فيها لاحقاً. والتخلص هو الحل الدائم الوحيد للتصرف في النفايات المشعة القادر دون غيره على توفير الأمان السلبي في الأمد الطويل.

التخلص من النفايات

توجد حلول مختلفة للتخلص، يمكن تصنيفها بشكل عام على النحو التالي:

- مرافق للتخلص قرب سطح الأرض، تناسب النفايات الضعيفة الإشعاع جداً والنفايات الضعيفة الإشعاع؛
- ومرافق للتخلص الجيولوجي، تناسب النفايات المتوسطة الإشعاع والنفايات القوية الإشعاع والوقود النووي المستهلَك المعلن عنه كنفايات.

والنفايات الضعيفة الإشعاع جداً والنفايات الضعيفة الإشعاع كلاهما يمثل خطراً محتملاً لفترات لا تتجاوز بضعة قرون. ويمكن احتواؤها بأمان في مرفق قريب من السطح. وقد تم بنجاح اختيار مواقع نحو ١٤٠ مرفقاً للتخلص قرب سطح الأرض في جميع أنحاء العالم، وجارٍ تشغيلها، أو ربما تكون قد أُغلِقت بالفعل. وثمة حلول فعالة للتخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع جداً وهي الخنادق السطحية من نوع المكَبّات باستخدام نظم الحواجز المحدودة. وتعتمد حلول التخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع على مزيج من خصائص الموقع والحواجز الهندسية مثل البطانات، وأقبية التخلص الخرسانية، وأغطية تتوفر بها سمات التناوب بين العزل غير المُنفِذ وتحويل المياه، وذلك من أجل توفير الحماية المطلوبة.

وقد تمثل النفايات المتوسطة الإشعاع والنفايات القوية الإشعاع والوقود المستهلك المعلن عنه كنفايات خطراً لفترات تتجاوز مئات الآلاف من السنين. لذا فهي تتطلب التخلص منها في بيئة جيولوجية مستقرة، قادرة على ضمان الأمان في الأمد الطويل دون تدخل بشري لعدة آلاف من السنين (في حالة النفايات المتوسطة الإشعاع) أو عدة مئات آلاف من السنين (في حالة النفايات القوية الإشعاع والوقود المستهلَك).

وقد أصبحت عمليات التخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع والنفايات المتوسطة الإشعاع راسخة، وجارٍ تشغيل العديد من مرافق التخلص الجيولوجي من النفايات الضعيفة الإشعاع والنفايات المتوسطة الإشعاع في جميع أنحاء العالم.

وهناك بضعة بلدان (السويد وفنلندا وفرنسا) في مرحلة متقدمة من تطوير مرافق للتخلص الجيولوجي من النفايات القوية الإشعاع بما في ذلك الوقود المستهلك، ومن المتوقع أن يبدأ تشغيل تلك المرافق بحلول عام ٢٠٢٥.

وعلى الرغم من قصص النجاح المذكورة، يظل تنفيذ استراتيجيات التخلص واحداً من أعظم التحديات المستمرة التي يواجهها العديد من الدول الأعضاء في مجال التصرف في الوقود المستهلك والنفايات المشعة.

ومن الناحية التقنية ومن منظور الأمان، يعدّ التخلص الجيولوجي مُجدياً. وقد وُجِد أن مختلف أنواع الصخور العائلة مناسبة للتخلص الجيولوجي المأمون، ووُضِعت ملفات تبيِّن حالة الأمان لأغراض التخلص في الصخور البلوريّة (على سبيل المثال في فنلندا والسويد)، وفي الصخور الرسوبية (أي الطَفليّة) (على سبيل المثال في فرنسا) وفي الصخور البَخرِّية (أي الملحيّة) (على سبيل المثال في ألمانيا).

وفي البداية، يتم تقدير مدى ملاءمة الموقع من خلال القيام، على سبيل المثال، بتقييم ما إذا كانت مخاطر النشاط الزلزالي أو النشاط البركاني أو وجود موارد طبيعية تحول دون إيوائه لمرفق تخلص جيولوجي. وبمزيد من التحرّي تُحدَّد خصائص الموقع إلى مرحلة يمكن فيها فهم السمات والعمليات الطبيعية ذات الصلة بثقة، خاصةً فيما يتعلق بكيفية إسهامها في احتواء وعزل النويدات المشعة الموجودة في النفايات والوقود المستهلَك - وبالتالي كيفية إسهامها في تحقيق الأمان على المدى الطويل.

وبالإضافة إلى خواص الموقع الطبيعية المذكورة، ثمة سمات هندسية مثل شكل النفايات وحزمة النفايات وأي عوازل وأختام يمكن وضعها تساهم أيضاً في الاحتواء، وبالتالي في تحقيق الأمان على المدى الطويل، ويتم كذلك تحليلها وأخذها بعين الاعتبار. وفي الواقع، تعالَج النفايات إلى أشكال نفايات

تحدّ من انبعاثها في المدى الطويل (على سبيل المثال من مصفوفة زجاجية للنفايات القوية الإشعاع). ويجري تكييفها لاحقاً إلى عبوات مُعَدّة للتخلص تحول دون أي تلامس مع الماء لفترات محددة (على سبيل المثال عدة مئات آلاف من السنوات للحاويات النحاسية في تصميم التخلص الجيولوجي السويدي والفنلندي).

شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات وشعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

من أعلى: المرفق الخاص بالمفاعل السريع المبرَّد بالصوديوم لأغراض التخلص الجيولوجي من نفايات محطة القوى النووية العاملة في السويد

(مصدر الصورة: الشركة السويدية للتصرف في الوقود والنفايات النووية، السويد)

من أسفل: تشكيل عائل لأغراض التخلص الجيولوجي العميق من مخزون الوقود النووي المستهلَك الفنلندي.

(مصدر الصورة: شركة Posiva Oy، فنلندا)