# طرق تشييد مرادم النفايات

د. حسين بن عبدالله العواجي

**تشكو المدن الكبيرة من تراكم كميات هائلة من النفايات البلدية والصناعية الخطرة ، وتؤثر هذه النفايات على البيئة تأثيراً بالغاً لما تحتويه من مواد سامة ، وكائنات ممرضة ، أو ما تسببه هذه البيئة من نمو وتراكم لكائنات ممرضة في ذاتها أو ناقلة للأمراض. وعليه فقد اهتمت كثير من الدول بمشكلة النفايات ، حيث تمت دراسة السبل الملائمة للتخلص منها سواء عن طريق حرقها أو طمرها أوالاستفادة منها عن طريق فرزها وأعادة تدوير مايصلح منها في تصنيع مواد يستفاد منها لأغراض حياتية .**

وتعد طريقة ردم النفايات أو رميها خارج المدن من الطرق المستخدمة في أغلب الأحيان للتخلص من النفايات ، ولكن هناك مشاكل كثيرة تتعلق بهذه الطريقة ، منها أن هذه النفايات قد تختلط بمياه الأمطار أو بالمياه السطحية والجوفية ، وبذلك تكون هناك فرصة لإذابة بعض مكوناتها وتراكمها على شكل مواد كيميائية عضوية أو لاعضوية أو عضو فلزية ، وهذه قد تكون سامة للإنسان والحيوان والنبات عن طريق تلويثها للمياه والتربة ، وعليه فلابد من ايجاد طرق لعزل هذه النفايات ، ومن أيسر الطرق إستخدام فرش أو أغطية ملائمة تحول دون اختلاطها بالمياه والتربة ، يتناول هذا المقال شرحاً لبعض الطرق التي يمكن استخدامها للتلخص من النفايات في بيئة صحراوية مثل المملكة ، وتتلخص هذه الطريقة بإستخدام طبقة عازلة من الطين المدكوك ، واستخدام طبقتين من الأغشية الصناعية تفصل بينهما طبقة من طين البنتونايت ، واستخدام أغشية مطاطية غير منفذة للمياه ، وأخيراً اقترحت طريقة سهلة وعملية لإحتواء النفايات في المناطق الصحراوية شبه الجافة ، وذلك بدمك طبقة من خليط الرمل والطين (بنتونايت بنسبة عالية من معدن السمكتايت) أسفل وأعلى النفايات وردم الموقع بالتربة المحلية.

## مواد تشييد المرادم

قبل التطرق لأنواع المرادم ، يمكن ذكر بعض الخواص الهندسية للمواد المستخدمة في تشييدها كالطين المدموك والأغشية الصناعية كالأغشية النفاذة والأغشية المسيكة وذلك كما يلي :

### ● الطين المدموك

من أهم المواصفات الخاصة بالطين المدموك الذي يمكن استخدامه في ردم النفايات أن لاتزيد نفاذيته للماء عن ١٠-٧سم/ثانية ،ولتحقيق ذلك يجب أن تنطبق على التربة الطينية الشروط التالية :

(أ) - أن لايقل محتوى التربة من المواد الناعمة (الطين والطمي بحبيبات أقل من ٠,٧٥ سم ) عن ٢٠٪.

(ب) - أن يكون معامل اللدونة (Plas-ticity Index , PI) أكثر من ١٠٪ ولايزيد عن ٣٠٪ لصعوبة تشغيل ودمك التربة التي يزيد معامل لدونتها عن ذلك المقدار .

(ج) - أن لاتزيد نسبة الحصى( gravel ) في التربة عن ١٠٪.

(د) - أن لاتحتوي التربة على صخور مكسرة قطرها أكبر من ٢ر٥ الى ٥سم.

الجدير بالذكر أن نفاذية التربة المدموكة تتأثر بعوامل عدة منها مايلي :

* **دمك التربة :** ويؤدي إلى تغير كثافة التربة الجافة ونفاذها للماء ، وعليه فإن نفاذية التربة للماء سوف تكون قليلة إذا تم دمكها إلى كثافة عالية وبمحتوى ماء يزيد عن المطلوب للوصول إلى الكثافة العظمى ، وقد تبين أن دمك طبقات رفيعة من التربة (بسمك ١٥-٢٠سم) باستخدام مداحل ذات أسطح مسننة سوف يؤدي الى خلط التربة جيداً والحصول على نفاذية متدنية .

* **حجم الكتل الطينية المتماسكة :** وتؤدي الزيادة في حجم الكتل الطينية والزيادة في محتوى التربة من الماء إلى زيادة نفاذيتها للماء . ولذلك يوصى باستخدام مداحل ثقيلة جداً لضمان تكسير الكتل الطينية (الجمش) ورش التربة جيداً بالماء بنسبة تزيد قليلاً عن النسبة العظمى لتجربة بروكتل للدمك .

* **نوعية معادن الطين :** وتعد من أهم العوامل المؤثرة على الخواص الهندسية بوجه عام ، حيث تتغير نفاذية التربة حسب نوع ونسبة المعادن الموجودة فيها ، وتعد معادن الكولونايت والإليت ، والمونتمورولونايت من أكثر معادن الطين شيوعاً ، وبما أن معدن المونتمورولونايت يحتوى على نسبة عالية من السمكتايت فإن زيادة نسبة وجوده في الطين يقلل

نفاذية الماء بسبب إنتفاخ هذا المعدن عند تشربه للماء مما يؤدي إلى تقليل الفراغات والمسامات في التربة وبالتالي تقل النفاذية.

* **تلاحم طبقات الدمك :** وهو ذو أثر فعال على النفاذية ، حيث يمكن أن تتسرب السوائل رأسياً من خلال الشقوق الصغيرة في طبقة ما ثم أفقياً بين الطبقتين الى أن تصل الى شقوق في الطبقة السفلية التالية ، ويؤدي ذلك الى زيادة كبيرة في نفاذية المقطع الرأسي بوجه عام ، وقد أوضحت التجارب الحقلية التي أجريت في هيوستن سنة ١٩٨٦م أن معدل نفاذية الطين مقاسة في المعمل تساوي حوالي $10^{-7}$ الى $10^{-9}$ سم / ثانية ، بينما يبلغ معدلها في الحقل بعد الردم حوالى $10^{-4}$ سم/ثانية ، ولذلك يوصى بخدش السطح النهائي لكل طبقة والتحكم بنسبة الرطوبة قبل وضع ودمك الطبقة التالية أثناء تشييد المرادم لضمان الحصول على نفاذية صغيرة حسب مواصفات التصميم .

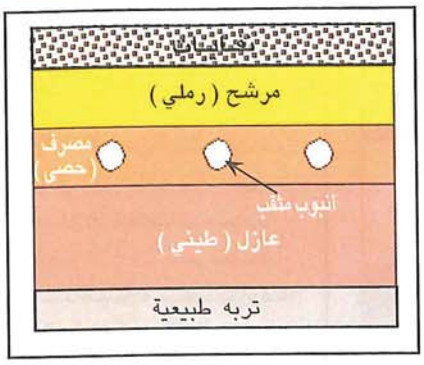
## ● الأغشية الصناعية

يمكن الاستفادة من الأغشية الصناعية (Geosyntetic) مواد بوليمرية (مثل البوليستر ، والبوليثلين ، البوليبروبيلين ، والنايلون وغيرها) في عزل المرادم حيث تستخدم لعدة اغراض مثل الفصل (Separation) ، والتسليح (Reinforcement) ، والترشيح (Filtration) ، والتصريف (Drainage) ، وحجز الرطوبة (Moisture barrier).

وهناك عدة انواع من الأغشية تختلف في نفاذيتها حسب الغرض المستخدمة فيه ، منها : الأغشية النفاذة (Geotextile) ، والأغشية المسيكة (Geomembranes) ، والشباك (Geonets) ، والخلايا (Geonets) ، والمركبات المشتركة (Geocomposites) .

# طرق تشييد المرادم

تم استخدام الطين المدموك لعزل وحفظ لنفايات على نطاق واسع في العديد من بلدان العالم حتى أواخر ١٩٨٢م، وكان بشترط ألا يزيد معامل نفاذية الطين للماء عن $10^{-7}$ سم/ثانية ، ثم تلى ذلك توصيات وكالة الحفاظ على البيئة




● شكل (١) مقطع لمردم بطبقة عازلة واحدة من الطين .

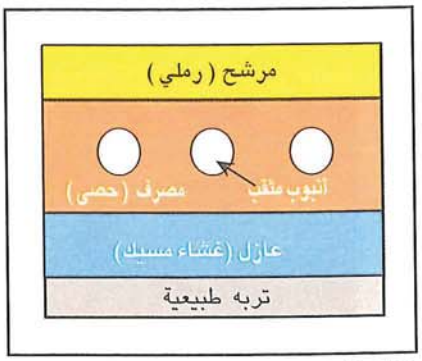
الامريكية التي اقرها الكونغرس عام ١٩٨٤م ، واشترطت تلك التوصيات استخدام طبقتين لعزل النفايات يكون بينهما نظام لجمع السوائل المتسربة وإزالتها ، وفي مايلي عدد من الطرق المستخدمة لتشييد المرادم ونماذج مبسطة لاستخدامها في المناطق الصحراوية الجافة .

## ● فرشة أو حصيرة الطين

تعد طريقة فرشة أو حصيرة الطين المدموك ، شكل(١) ، من أكثر الطرق وأوسعها انتشاراً لتشييد مرادم النفايات في كثير من بلدان العالم ، وتستخدم في هذه الطريقة فرشة من الطين المدموك ، بسمك حوالي ٩٠ إلى ١٨٠سم ، ونفاذية لاتزيد عن $10^{-7}$ سم/ثانية ، وتوضع على الطين طبقة من الحصى يتخللها أنبوب مثقب لجمع وإزالة السوائل المتسربة من النفايات ، ويوضع على الحصى مرشح رملي لمنع تسرب أجزاء وأتربة ناعمة قد تغلق فتحات الأنبوب ، ومن عيوب هذا النموذج عدم إحتوائه على نظام لكشف حدوث اي تسرب للسوائل من النفايات الى البيئة المحيطة بالمردم .

## ● فرشة الأغشية الصناعية المسيكة

تم في حوالي عام ١٩٨٢م ، بدء استخدام طبقة واحدة من الأغشية الصناعية المسيكة ( غير منفذة للسوائل )، الشكل (٢) ، حيث يتم مد الغشاء المسيك فوق تربة الموقع ، وتوضع عليه طبقة من الحصى المنفذة للسوائل ، يتخللها أنبوب مثقب لجمع وإزالة السوائل المتسربة من النفايات ، ويوضع على طبقة الحصى مرشح رملي لحماية كل من فتحات الأنبوب وطبقة الحصى من الأتربة والأجزاء الناعمة التي قد تقفلها أو تضعف نفاذيتها ، ويلاحظ أن هذا النموذج




● شكل (٢) مقطع لمردم بطبقة عازلة واحدة من الأغشية المسيكة .

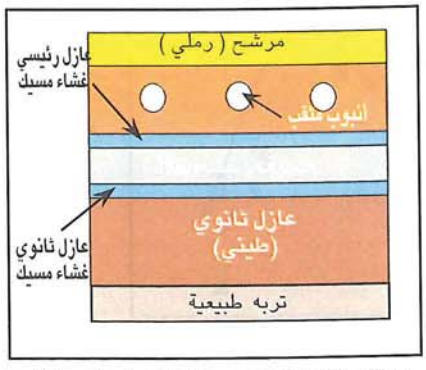
لايحتوي على نظام لكشف تسرب السوائل الى البيئة المحيطة بالمردم ، كما أنه معرض لحدوث شقوق في الأغشية قد تنفذ من خلالها السوائل من النفايات إلى البيئة المحيطة بالمردم .

## ● عوازل الطين والأغشية الصناعية

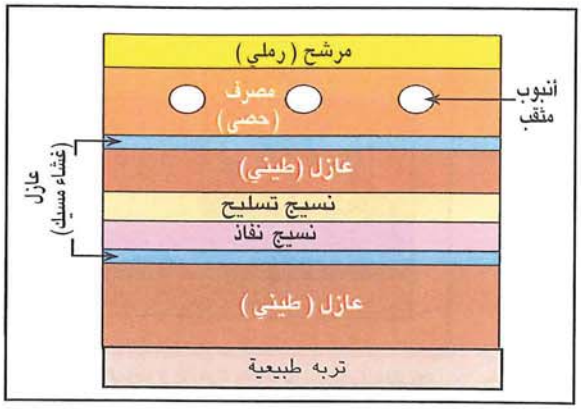
بدأ استخدام هذه العوازل على شكل طبقتين من الطين والأغشية الصناعية خلال الفترة الأخيرة ، وذلك منذ عام ١٩٨٤م ، ويحوى هذا النوع من المرادم طبقتين عازلتين،طبقة رئيسية عليا وطبقة ثانوية سفلى ،وتتميز هذه الطريقة بوجود نظام لكشف تسرب السوائل بين الطبقتين الرئيسية والثانوية ، وهناك عدة طرق لتشييد نظام العزل المزدوج كما هو موضح في شكل (٣) وشكل (٤) ، حيث ظهر استخدام الأغشية الصناعية المركبة التي تحوي حشوة من طين البنتونايت فيما بينها ، وتتسم هذه النماذج المتطورة من المرادم بسهولة وسرعة التشييد وكفاءة هندسية عالية وجدوى اقتصادية .

## ● غطاء المرادم

تُغطى مرادم النفايات بطبقات عازلة عند امتلاء تلك المواقع أو استكمال مرحلة ردم




● شكل (٣) مقطع لمردم بطبقة عازل رئيسة، وطبقة عزل ثانوية مزدوجة .

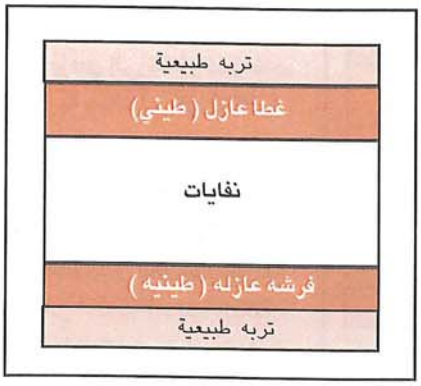



● شكل (٤) مقطع لمردم بطبقة عازلة رئيسة وثانوية (كلاهما مزدوجة).

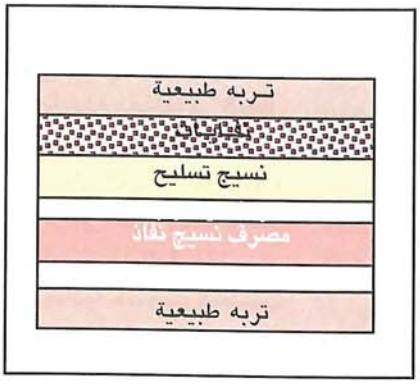
النفايات ويعمل الغطاء ـ أعلى النفايات ـ على منع وصول المياه إلى النفايات، مما يلغي أو يقلل تسرب السوائل الضارة من النفايات، ويتكون الغطاء ـ غالباً ـ من طبقة طينية فوق النفايات، ويعلوها أغشية مسيكة، وفوقها طبقة منفذة من الحصى، ثم طبقة من التربة المحلية، ويتخلل الغطاء أنابيب للتخلص من الغازات أو السوائل المتجمعة في اسفل النفايات عند الحاجة لذلك وحسب نوع النفايات.

## نماذج للمناطق الصحراوية

في المناطق الصحراوية الجافة أو شبه الجافة، وبعيداً عن التجمعات السكانية والمدن الرئيسية يوصى باستخدام طبقة مدموكة من الرمل والطين، ويبين الشكل (٥) تغير منحنيات الكثافة الجافة ونسبة الماء حسب تجربة بروكتل المعدلة لخليط من الرمل الأبيض من شرق الرياض وطين بنتونايت تجاري، ويتضح أن خلط ١٥-٢٠٪ من البنتونايت مع الرمل وإضافة ١٢٪ ماء، ودمك عدة طبقات سمك كل منها ١٥-٢٠ سم بكثافة جافة مقدارها ١٫٩٥ جم/سم٣، وسمك إجمالي ٨٠ إلى ١٠٠ سم، شكل (٦)، سوف توفر هذه الطريقة الحد الأدنى من العزل للنفايات، أما في صحاري الكثبان الرملية النائية والتي يصعب توفر الطين والماء فيها (مثل الربع الخالي) فإن استخدام فرشة من الأغشية الصناعية المركبة (GCL) والأغشية المسيكة، شكل (٧)، تبدو أسهل وأفضل الطرق لحفظ وعزل النفايات الصلبة الضارة أو الخطرة، ويلاحظ أن طين البنتونايت ينتفخ ويتضاعف حجمه عند التبلل بالماء، وهذا يضمن غلق أي شقوق قد تحدث أثناء فترات الجفاف التي قد تؤدي الى زيادة كبيرة في النفاذية للماء، وبذلك يمكن ضمان كفاءة عزل ممتازه.




● شكل (٦) نموذج مبسط لمردم من الطين.




● شكل (٧) مقطع مبسط من الأغشية الصناعية.

## الخلاصة

تشمل الحلول المقترحة في هذه الدراسة لرفع كفاءة مرادم ومخازن النفايات والحفاظ على البيئة الاتجاهات التالية:

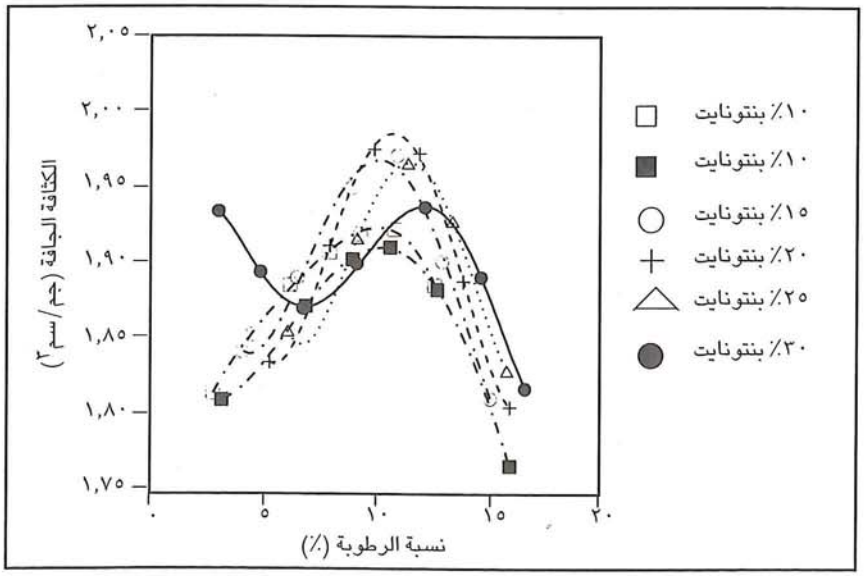
١ـ ضرورة تبنى طريقة عملية لتشييد مرادم النفايات حسب مواصفات فنية، تضمن عزل النفايات، وعدم نفاذية السوائل من خلالها، حتى لا تسبب تلوث التربة والمياه الجوفية في البيئة المحطية.

٢ـ ضرورة عمل مسح وتقييم لوضع وكفاءة مرادم النفايات القائمة، وتحديد مدى احتمال حدوث أضرار بيئية، والطرق الملائمة لتلافي ذلك.

٣- عمل المزيد من الدراسات والبحوث العلمية لحصر أنواع وكميات النفايات الضارة في المدن الرئيسية.

٤ـ استخدام طبقة مدموكة من الرمل والطين (٢٠٪ طين البنتونايت) بسمك ٨٠ ـ ١٠٠ سم أسفل وأعلى النفايات، ومن ثم الردم بالتربة المحلية كحد أدنى لاحتواء النفايات، إضافة إلى اختيار مواقع المرادم بعيداً عن المناطق التي يحتمل ارتفاع منسوب المياه فيها ومجاري الأودية والسواحل البحرية.

٥ـ تطوير أسلوب الترسية والعقود، وتأهيل مقاولي تشييد مرادم النفايات، وجمع ونقل النفايات.




● شكل (٥) تغير الكثافة الجافة مع نسبة الرطوبة لخليط من الرمل والبنتونايت.