



الأبنية الخضراء

الدكتور / أيّوب أبوديّة

مهندس استشاري، عمان - الأردن

١٤٣٤ هـ - ٢٠١٣ م



الأبنية الخضراء



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الأبنية الخضراء



المعايير البيئية والبناء الأخضر

تكمن أهمية البناء الأخضر في التقليل من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون وترشيد استهلاك الماء والطاقة وتقليل النفايات وتدويرها وتحسين البيئة الداخلية والهواء في المنزل والمكتب، وبالتالي تحسين صحة المجتمع وزيادة العمر الافتراضي للمباني والحفاظ على النظم الإيكولوجية الداعمة للحياة. وهذا يؤدي في النهاية إلى رفع الإنتاجية ودعم الاقتصاد في مختلف القطاعات.

إن تطبيق معايير البناء الأخضر ليس جديداً على دولة الإمارات، إذ أن تطبيق بعض هذه المعايير شائع منذ سنين حيث تلزم بلدية دبي مثلاً المطورين العقاريين باستخدام العازل الحراري. وهذا معيار يتضمنه النظام الجديد لكي تتوحد المعايير في جميع المباني واستبعاد أي فروقات كبيرة في الأسعار. بل إن دبي كانت أول مدينة عربية تطبق معايير المباني الخضراء على المنشآت الحديثة بأمر القانون منذ بداية عام ٢٠٠٨ من خلال وضع معايير تحدد أنظمة التخلص من النفايات، وجودة المواد، فضلاً عن اعتماد منتجات لا تبعث على رفع الحرارة.

أن قواعد البناء الأخضر تضع بعض الاشتراطات الهندسية مثل الاعتماد على الإضاءة الطبيعية، وتقليل المساحات الزجاجية، واستخدام الألوان العاكسة للإضاءة والحرارة. كما أن هناك عدداً من البنود المتعلقة بالنفائات، ودرجة حرارة المكيف، ونسبة استخدام المياه والتي تلزم السكان بتطبيقها تحقيقاً لمبدأ المعايير الخضراء.

ولا بد من ملاحظة أن الفائدة التي ستعود على المستثمرين والملاك من خلال الالتزام بنظام البناء الأخضر كبيرة، وإن كان تحصيلها يتم خلال فترة زمنية أطول من تلك التي اعتادوا عليها، وهي عوائد مستدامة تحدّد على سبيل المثال من تكاليف ارتفاع أسعار الطاقة.

وهنا لا بد من التأكيد على أن نجاح نظام البناء الأخضر يرتبط بشكل كبير بسلوكيات سكان المبنى الأخضر، إذ أن اشتراطات البناء والهندسة لا تكفي وحدها في تحقيق الأهداف المرجوة. وبالتالي فإن هناك عبئاً يقع على عاتق الإعلام بمختلف مؤسساته ووسائله، بما في ذلك المساجد ودور العلم ومنتديات الإنترنت، للقيام بدور التوعية والتثقيف المستمر لأفراد المجتمع للاستفادة من هذا النظام الجديد اقتصادياً وصحياً وبيئياً.

وعليه فقد سعيانا لإصدار كتاب ضمن سلسلة عالم البيئة
حول البناء الأخضر ليكون عوناً للإعلام ومتخذ القرار والجمهور
عامة في معرفة أسس وفوائد البناء الأخضر عندما يتم تطبيقه
على أرض الواقع، آملين أن يستفاد منه على أوسع نطاق في كل
بلدان الوطن العربي.

والشكر موصول للدكتور أيوب أبودية الذي تعاون معنا
في تأليف هذا الكتاب ونشر خبرته وتجربته العلمية على نطاق
الوطن العربي.

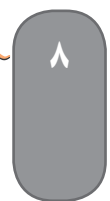
أ. د / محمد أحمد بن فهد

رئيس تحرير السلسلة

رئيس اللجنة العليا

لمؤسسة زايد الدولية للبيئة

الأبنية الخضراء



أصدرت مؤسسة زايد الدولية البيئة أربعة عشر كتاباً ضمن سلسلة عالم البيئة ، منها عدة كتب يمكن الإستفادة منها في مجال البناء المستدام مثل الكتاب الأول (مقدمة في اقتصاديات البيئة) والثاني (الطاقة والتنمية المستدامة في الدول العربية) والخامس (البيئة الحضرية) والسابع (التخطيط البيئي) والتاسع (الأمن المائي العربي) والحادي عشر (الإدارة البيئية) والثالث عشر (الأمن البيئي). وفي ظل ما تردد أخيراً عن أهمية التنمية الخضراء لحماية وإعادة تأهيل النظم الإيكولوجية الداعمة للحياة واستشراف حياة كريمة لأجيال المستقبل، فقد آن الأوان لنشر تطبيقات عملية للأسس والمعايير التي طرحتها هذه الكتب.

وها نحن نبدأ بكتاب يعطي القارئ الكريم فكرة جيدة عن كيفية تطبيق أسس التنمية المستدامة في المباني بحيث يتحقق ترشيد استهلاك الماء والطاقة وتوفير بيئة داخلية صحية وإدارة متكاملة للنفايات وزراعة الأشجار والنباتات المنزلية دون اهدار للماء. وفي ذلك فوائد اقتصادية وثقافية واجتماعية وصحية وجمالية عظيمة تحققها المباني الخضراء.

نشدد على يد الدكتور أيوب أبودية للجهود العظيمة التي بذلها في سبيل تطبيق المفاهيم البيئية وأسس التنمية المستدامة في مجال عمله ولطرحه نموذجاً يُحتذى ويستعان به في معرفة كيفية التخطيط ومراعاة البيئة المحلية والإمكانيات المتوفرة قبل الشروع في تنفيذ البناء الأخضر. وقد أعجبني كثيراً عدم اغفاله لأدق التفاصيل ، خاصة تلك المرتبطة باستهلاك الماء لأنه أهم الموارد الإستراتيجية في كل أقطار الوطن العربي. وكذلك كان طرحه لأمن الطاقة ممتازاً إذ جاء تركيزه على تقليل استهلاك الطاقة إلى الحد الأدنى منذ مرحلة التخطيط للمبنى وإلى البحث عن مصادر للطاقة النظيفة المتجددة.

ونود هنا أن نهنيء الدكتور أيوب أبودية على الجائزة العالمية التي حصدها عن مبنى الكمالية الذي يعتبر النموذج الأساس في هذا الكتاب.

أتمنى لكم قراءة ممتعة وتوفيقاً من الله تعالى في الاستفادة من هذا الكتاب.

المحرر

دبي ٢٥ / ٤ / ٢٠١٣ م

المقدمة

إثر فوز «دائرة الكمالية»، التي قمت بتصميمها عام ٢٠٠٧ وأنجزت بناءها عام ٢٠٠٩، بعدة جوائز عالمية، بوصفها دائرة خضراء تستمد طاقتها الحرارية لتدفئة الفضاءات الداخلية للبناء من أشعة الشمس وحدها، من دون أي مصدر صناعي آخر للطاقة، فيما تتزود الدائرة بالمياه من الحصاد المائي وتُولد بعض الكهرباء من خلايا كهروضوئية، وفيما تقوم الطاقة الحرارية الجوفية ببعض مهمات التبريد في فصل الصيف الحار.

كذلك، تقوم دائرة الكمالية بتوفير المساحات الزراعية المناسبة لإقامة حدائق بيئية لا ترتوي إلا بماء المطر وحده، كما تقوم بتخصيص مساحات حول البناء لإقامة حدائق طبيعية تعيد إحياء البذور القديمة المدفونة في التربة، كما تعيد «دائرة الكمالية» تدوير المياه الرمادية الناتجة عن المغاسل وأحواض الاستحمام وتروي بها الأشجار حديثة الزراعة.

ولما استغرق بناء دائرة الكمالية عدة سنوات، فضلاً عن بضع سنوات قبلها للدراسة والتخطيط، ثم تلتها سنوات أخرى

بعد إنجاز المشروع للتأمل في نتيجة العمل ومراقبة أداء أنظمتها المختلفة (درجة الحرارة الداخلية، محتوى الهواء من ثاني أكسيد الكربون، كفاءة الأنظمة الشمسية من حيث زاوية السقوط والتوجيه، ... إلخ) ودراسة إمكانيات تطوير هذه الأنظمة وتطوير التصميم المناخي في المستقبل، فقد شعرت بضرورة مشاركة المهندسين والمعماريين والمقاولين وأصحاب المشاريع أنفسهم على تنوع تخصصاتهم ببعض الخواطر

التي ارتبطت بهذا المشروع، وذلك من خلال كتابة سلسلة من الكتب العلمية، وعلى النحو التالي:

سوف يكون أول هذه الكتب بعنوان: «الأبنية الخضراء: دارة الكمالية نموذجاً»، أقوم من خلاله بالتعريف بما اصطلح عليه «البناء الأخضر»، ودراسة إمكانيات اختيار مواقع الأبنية الخضراء وإدارتها، وانتقاء مواد البناء المناسبة لها، ووضع شروط تصميم الأبنية الخضراء مناخياً، وضرورة توفير الراحة الحرارية المناسبة والعزل الحراري المناسب، وتهيئتها لحصاد مياه المطر وإعادة تدوير المياه الرمادية لغايات الزراعة، فضلاً عن تنسيق الحدائق الجافة التي تتسجم مع معايير البناء الأخضر.

ثم أطمح بعد إنجاز هذا العمل أن أتبعه بكتاب آخر يقوم بتفصيل المعلومات عن «دائرة الكمالية» وشرح مفاصلها الأساسية في التصميم المعماري المناخي الأخضر، وأخيراً أطمح إلى أن انتهي إلى إصدار كتاب ثالث، إذا أسعفني الدهر، بحيث يبحث في تقنيات استخدام الطاقة المتجددة في تدفئة الأبنية الخضراء بخاصة وفي إنتاج الكهرباء فيها بصورة عامة، وبخاصة بعد التحول المذهل صوب الطاقة المتجددة في العالم إثر ارتفاع أسعار النفط عام ٢٠٠٨ ومؤخراً أثر حادثة فوكوشيما الشهيرة في آذار لعام ٢٠١١ عندما انصهر قلب المفاعل وأطلق عناصر مشعة لوثت مساحات واسعة من أرض اليابان والمحيطات والعالم؛ ومثال ذلك ألمانيا حيث قررت الحكومة إغلاق كافة المفاعلات النووية بحلول عام ٢٠٢٢؛ وكانت النتيجة أنه في نهاية عام ٢٠١١ زادت ألمانيا من إنتاجها للطاقة النظيفة بنسبة ٣٧,٧٪ مقارنة بالعام الذي سبقه^(*)، فيما كانت حصة الطاقة الكهروضوئية وحدها ٤٧٪ من إجمالي الطاقة المولدة ذلك العام.

وفي ضوء تجربة «دائرة الكمالية» يمكننا القول إن الكتاب قد حدد مجال تجربته في الأبنية الخضراء للمناطق المرتفعة الباردة

(*) Wind in power: 2011 European statistics. Report: Feb. 2012. page 3.

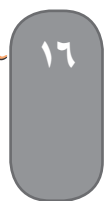
من مناخ بلاد الشام، ولكن ذلك لا يمنع من الاستفادة من المنهج العلمي نفسه وذلك في بناء تصورات لمعايير الأبنية الخضراء الواقعة في المناطق الحارة والجافة.

المؤلف

عمّان في ٢١/٣/٢٠١٣

تقديم

الأبنية الخضراء



تقديم: حمى الأبنية الخضراء!

أصيب العالم بحمى الأبنية الخضراء مؤخراً، وكأنها صرعة جديدة في عالم الأزياء والموضة، علماً بأن مفهوم الأبنية الخضراء كان موجوداً منذ القدم وليس مفهوماً معاصراً فقط. ولكن الجديد الذي حصل في هذا العالم مؤخراً هو ارتفاع أسعار المشتقات النفطية في السنوات الأخيرة إلى حد غير مسبوق في التاريخ، وبخاصة منذ عام ٢٠٠٨، والذي تزامن مع تكثيف الحديث عن الانحباس الحراري ومخاطره على العالم في ضوء التأكد بالرصد والدليل العلمي في أواخر الثمانينيات أن العالم يتجه نحو ظاهرة دفء مناخي، وفي ضوء صدور تقرير الأمم المتحدة عن اللجنة الحكومية للتغير المناخي IPCC حيث توقع الخبراء أن يتراوح معدل ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي الحيوي للأرض في نهاية القرن الحادي والعشرين قياساً بانطلاقة الثورة الصناعية قبل قرنين من الزمن ١،٨ - ٥،٦ درجة مئوية، الأمر الذي جعلنا نتطلع إلى أبنية موفرة للطاقة ورفيقة بالبيئة تنتج من الغازات الدفيئة أقل ما يمكن. فما الذي نريده من الأبنية الخضراء اليوم؟

لا نعلم إذا كان الهدف المضمّر من جعل الأبنية الخضراء رؤوفة بالبيئة هو توفير الوقود فقط، أم أنه توفير في الوقود والمياه الصالحة للشرب وخفض الانبعاثات من الغازات الدفيئة الملوثة للبيئة معاً؛ وبخاصة تلك الغازات التي تسهم في ظاهرة الانحباس الحراري! إذ تغلب النزعة الاقتصادية وهواجس الربح السريع على نشاطات العالم اليوم بحيث لا تتطلع الاستثمارات إلى الطبيعة سوى من منظار الفائدة المباشرة والربح السريع من دون أخذ أهمية المحافظة على الموارد الطبيعية والموائل الحية في العالم بعين الاعتبار، ومن دون التطلع إلى استدامة هذه الثروات كي تصل إلى الأجيال القادمة بكميات معقولة وبنوعيات مقبولة!

ومهما يكن من أمر ما قيل في هذه المسألة، أو ما يقال عنها اليوم، فإننا نتطلع عند إقامة الأبنية الخضراء أن تحقق تلك الأبنية كفاءة عالية في توفير الطاقة والمياه وأن توفر راحة حرارية معقولة واستدامة طويلة الأمد خلال دورة حياة البناء كاملة، من حيث قدرتها على الحصاد المائي وإعادة تدوير المياه والفضلات وخفض مصاريف الصيانة، وتوفير موئل صحي لا ملوثات فيه، فضلاً عن خفض أثرها البيئي السلبي على عناصر البيئة ومجالاتها الفاعلة إلى الحد الأدنى الممكن، وذلك من خلال تصميم شكل البناء ولونه، واختيار المواد المستخدمة في البناء،

وتصميم العناصر الجمالية والأنظمة المشاركة في التشغيل، كأنظمة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية أو أنظمة تسخين المياه أو أنظمة إعادة استخدام المياه، أو غيرها، فضلاً عن أثرها في مجالات البيئة المختلفة على الأصعدة الاقتصادية والثقافية والنفسية والاجتماعية والصحية والجمالية كافة.

فإذا دخلنا في تفاصيل التعريف الأخير للأبنية الخضراء ولتحقيق مبدأي الاستدامة والأثر البيئي الإيجابي، فهناك عناصر متعددة ينبغي أخذها بعين الاعتبار عند إقامة الأبنية الخضراء، منها الآتي:

- مراعاة رفع كفاءة العزل الحراري للأسقف والجدران، واختيار الأنواع المناسبة من المواد المستخدمة في البناء بحيث تكون رفيقة بالبيئة محلية الانتماء والهوية أو قريبة المنشأ قدر الإمكان!
- العناية بأساليب تظليل البناء ودراسة اتجاهات البناء وإبداع التصميم المعماري المناخي بعامة.
- دراسة الفتحات الخارجية جيداً من حيث المساحة والشكل، وتخفيض تسرب الهواء منها، ورفع كفاءتها في العزل الحراري وتظليلها ودراسة حركة الهواء صيفاً والسماح لأشعة الشمس بالدخول شتاءً.

- مراعاة اختيار اللون المناسب والابتعاثية الملائمة لمواد البناء التي تخفض من فقدان الحرارة في فصل الشتاء، وفي الوقت نفسه تقوم بعكس أكبر قدر ممكن من أشعة الشمس في فصل الصيف.
- توفير الهواء والمناخ والبيئة الصحية لساكلي البناء الخالية من أي ملوثات من عناصر أو غازات ضارة والتقييد بالحد الأعلى من التركيز المسموح به من الغازات الضارة كثاني أكسيد الكربون.
- اختيار الأنظمة الخضراء المناسبة التي تعتمد على مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة والمستخدملة في رفع أو خفض درجة حرارة الهواء الداخلي للوصول إلى الراحة الحرارية المطلوبة لقاطني البناء، وذلك بأقل التكاليف الممكنة المصحوبة بأقل صيانة ممكنة وأطول استدامة يمكن تحقيقها.
- العناية بمساهمة الحدائق الخارجية في تنظيم حركة الهواء والتحكم بدخول أشعة الشمس وتوفير المياه وما إلى ذلك.
- إعادة استخدام الفضلات الناجمة عن المشروع خلال مراحل بناء المشروع وبعد تشغيله.

- إعطاء أهمية للحصاد المائي وتدوير المياه وإعادة استخدامها ورغد مصادر المياه الجوفية بالفائض من مياه المطر.
- نشر ثقافة الأبنية الخضراء في نفوس المواطنين منذ نعومة أظفارهم.
- وضع حوافز مادية ومعنوية لترويج ثقافة الأبنية الخضراء للجميع.
- النظر إلى الأبنية الخضراء بوصفها هدفاً مشتركاً بين الشعوب والثقافات المختلفة علّها تصبح عاملاً جاذباً فيما بينها بدلاً من التنافر السائد حالياً. وهذا يستدعي أن تقوم الدول الغنية بتسهيل نقل التكنولوجيا إلى الدول الفقيرة، وبخاصة تكنولوجيا الطاقة النظيفة، كطاقة الرياح وتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية والطاقة الحيوية والطاقة الحرارية الجوفية وما إلى ذلك، بحيث يشعر السكان أن دول الشمال الغنية المهيمنة تمد يد العون للدول الأقل حظاً من خلال دعم مشاريع مفيدة وعملية، وليس فقط اقتصار دعمهم على تمويل المشاريع البازارية الاستعراضية!

وهكذا تأتي الفصول متتالية، من محاولة تعريف الأبنية الخضراء في الفصل الأول إلى إدارة مواقع الأبنية الخضراء في الفصل الثاني، ثم اختيار مواد بناء الأبنية الخضراء في الفصل الذي يليه، إلى التصميم المناخي، فالعزل الحراري والراحة الحرارية وصولاً إلى الحصاد المائي وتدوير المياه الرمادية ثم الحداثق البيئية الخضراء في الفصل الثامن وانتهاء ببعض تفصيلات ”دائرة الكمالية“ في الفصل التاسع والأخير، تليها خاتمة الكتاب الذي أرجو أن يكون حافزاً لغيري من الباحثين كي يغطوا الثغرات الناقصة فيه ويكتبوا الفصول التي تقع خارج نطاق تخصصي، كالزجاج وأنواعه وخصائصه المتعددة والتوسع في مصادر الطاقة المتجددة التي لن تستغني عنها البيوت الخضراء في المستقبل وإبداع التصاميم المناخية الرؤوفة بالبيئة.

المؤلف

الفصل الأول

ما هي الأبنية الخضراء؟..

الفصل الأول

١- ما هي الأبنية الخضراء؟

١-١ محاولة لتعريف الأبنية الخضراء

إن محاولة تعريف مصطلح «الأبنية الخضراء» ليست محاولة يسيرة كما يمكن أن يُظن، لذلك سوف نطرح بعض تساؤلات ربما تقودنا إلى بعض الإجابات، التي سوف تظل رهينة التعديل والتطوير، شأنها شأن التعريفات المصطلحية كافة!

إذن، هل البناء الأخضر هو بناء أخضر اللون، أم أن الأشجار والنباتات الخضراء التي تحيط به هي وارفة الظلال وتغطي أرض حديقته وتظل سطحه أو تزين شرفاته، وبالتالي هي التي تضيف على البناء طابعه الأخضر؟

وهل يمكننا اعتبار البناء أخضر إذا قمنا بطلاء جدرانه من الداخل برسومات توحي أنه أخضر، كما يظهر في الصورة رقم (١)؟.

ولماذا تكون سمة الخضرة هي ميزة فريدة للبناء الأخضر



صورة (١) :

رسومات على الجدران في غرفة الطعام
توحي بانفتاح الصالة على حديقة غناء

الرفيق بالبيئة، الموفر للطاقة، المريح لسكانه، والمستدام من حيث
توافر مواد البناء المحلية وانخفاض تكلفة صيانتة وزيادة طول
عمره التشغيلي؟

فلماذا لا تكون الأبنية عندنا صفراء، كلون الصحاري
الطاغية على البيئة العربية، وذلك بدلاً من أن تكون خضراء؟

يمكننا النظر إلى الصورة (٢) والتي تمثل موقعاً أثرياً
قريباً من «الحميمة» الواقعة بالقرب من الطريق الصحراوي
الذي لا يبعد كثيراً عن مثلث وادي رم - العقبة في الأردن؛ إذ
يمكن رؤية موقعاً أثرياً يتجانس مع الطبيعة من حوله حتى أنك

بالكاد تلاحظ أن هناك مدينة كان لها سطوة في الماضي العتيق
عندما تأسست الدولة العباسية!



صورة (٢)

مدينة أثرية بالقرب من الحميمة - جنوب الأردن

ولا يقتصر الانسجام مع الطبيعة في الأبنية القديمة قدم
التاريخ، بل يتجاوزها إلى الأبنية الحديثة أيضاً، حيث تظهر في
الصورة (٣) قرية من قرى الكرك الواقعة في وسط الأردن، وهي
تكاد لا تتميز عن البيئة الطبيعية من حولها، بحيث يستلزم الأمر
فراسة في النظر للتحقق من وجود هذه القرية إذا كنت واقفاً على
مسافة ليست بعيدة منها!

فهل وضع أجدادنا في الماضي معايير معينة لأبنيتهم جعلتها خضراء
وبيئية، أم أنها جاءت ممارسة طبيعية توارثها الخلف عن السلف؟

ولماذا لا يكون لون طين السهول الصلصالي، المحبب إلى وجدان الفلاح وجوانحه، هو اللون المناسب للأبنية الخضراء الموفرة للطاقة والمنسجمة مع البيئة؟ أليست بيوت الطين المخلوط بالقش والتبن بيوتاً خضراء منسجمة مع البيئة رفيقة بها وبساكنيها من أصحاب الموائل الاصطناعية؟

أنظر سقوف القرية الظاهرة في الصورة (٣)، وهي سقوف مصنوعة من الطين المخلوط بالقش والتبن! أنظر كذلك كيف تتراص الأبنية لمنع فقدان الحرارة في فصل الشتاء ولتظليل بعضها بعضاً في فصل الصيف الحار.



صورة (٣) :

قرية السماكية القديمة الواقعة بالقرب من مدينة الكرك - الأردن

أنظر كذلك لون الأبنية الطبيعي ومواد البناء المحلية المستخدمة في البناء (الصلصال والحجارة)، فضلاً عن الفتحات الخارجية من أبواب ونوافذ غير مبالغ بأحجامها، على عكس ما نفعل اليوم عندما نسعى لأن نجعل النوافذ والأبواب أكبر ما يمكن، وأنظر كذلك كيف تتجه صوب الجنوب للارتفاع من أشعة الشمس في فصل الشتاء البارد. أليست هذه جميعها من المواصفات الضرورية للأبنية الخضراء كي تكون خضراء فعلاً؟

للإجابة عن هذه التساؤلات طمعاً في الوصول إلى تعريف جامع مانع للأبنية الخضراء، فإننا نضع مجموعة تساؤلات جديدة أملاً في أن تلهمنا بإجابات جديدة تتمم تعريفنا للأبنية الخضراء.

٢-١ البناء الأخضر وعلاقته بالأشجار

هل نقول إن الجسم الذي يمتص أطيايف الضوء كلها، باستثناء اللون الأخضر، هو الذي يتبدى للناظر بأنه أخضر اللون؟

وهل يمكننا ربط البناء الأخضر بمادة الكلوروفيل، حيث تقوم عملية التركيب الضوئي بتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى أكسجين وإطلاق بخار الماء؟

ولكن، هل الأبنية الخضراء موائل لإنتاج غاز الأكسجين حتى تكون المقاربة الأخيرة صحيحة؟

صحيح أن بعض الأبنية مصممة لزراعة الورود والحشائش المتنوعة، كالبيت الظاهر في الصورة (٤)، وهو بيت بيئي تجريبي في مدينة مونتريال - كندا، حيث تروى الأحواض من مياه مزاريب مياه الأمطار على السطوح، ولكن الغرض من هذه الورود ليس إنتاج الأكسجين، لأن بلادهم غنية بالطبيعة الخضراء ومواسم الجفاف فيها قصيرة نسبياً، وبخاصة في كندا، ولكن الورود تحقق أكثر من غرض، منها ما له علاقة بالبيئة الجمالية، ومنها ما له علاقة بالقدرة على زيادة كفاءة المبنى في العزل الحراري واختزان الطاقة بوصفها كتلة حرارية Thermal Mass، وما إلى ذلك.



صورة (٤)
أحواض زراعية
تحت نوافذ
الأبنية البيئية
لأغراض جمالية
وحرارية

ربما تكون هناك دلالة واضحة من شأنها الربط بين البناء الأخضر ومادة الكلوروفيل، وتتمثل هذه الدلالة في انخفاض كميات ثاني أكسيد الكربون التي تطلقها الأبنية الخضراء في البيئة، وبالتالي فإنها تسهم في خفض كمية الغازات الدفيئة التي باتت تتزايد في أجواء الأرض باضطراد منذ الثورة الصناعية في نهاية القرن الثامن عشر حتى يومنا هذا^(١).

كذلك هي حال الأبنية الخضراء من حيث أنها كناية عن عشق المادة الخضراء (الكلوروفيل) للشمس، فإن الأبنية الخضراء تستثمر في أشعة الشمس وتعايش معها في السراء والضراء، فهي طورا تسمح لأشعة الشمس بالنفوذ إلى الفناءات الداخلية في فصل الشتاء بهدف التدفئة ورفع درجة حرارة البناء، وتارة أخرى تمنع الأشجار المحيطة بالأبنية الخضراء أشعة الشمس من الدخول المباشر في فصل الصيف، اتقاءً للرمضاء وضبط ارتفاع درجة حرارة البناء كيلا يؤدي إلى الشعور بعدم الراحة الحرارية.

وتظليل عناصر البناء الجمالية والخدمية للبناء تؤدي دوراً مهماً في تقليل التمدد والتقلص الناجم عن تفاوت درجة الحرارة ليلاً نهاراً وصيفاً شتاءً، أنظر صورة (٥) حيث تسهم القبة في

تظليل جزء من سطحها باستمرار، الأمر الذي يجعل سطحها الداخلي بارداً نسبياً كما يجعل حركة الهواء ممكنة بفعل التفاوت في درجات حرارة الأسطح الداخلية.



صورة (٥)

قبة مبنى ساساني من إيران يشاهد فيها فتحات التهوية في القبة

كذلك يمكن أن تسهم دراسة العناصر المعمارية المختلفة، كموقع مكرر بيت الدرج والتصوينة وموقع خزانات الماء على السطح، في إلقاء الظلال على السطح وبالتالي في تلطيف درجة حرارة السطح في فصل الصيف الشديد الحرارة؛ وسوف نناقش هذه الإجراءات بالتفصيل فيما بعد عندما ندرس ظاهرة التصميم المناخي.

وتظل الأبنية الخضراء وعناصرها المختلفة القائمة من حولها التربة المحيطة بالبناء على النحو الذي تظل به الأشجار التربة والبناء معاً، وبالتالي فإنها تحد من الإفراط في تبخر الماء من داخل التربة في الفصول الحارة، الأمر الذي يسهم في الحد من التغير في محتوى رطوبة بعض أنواع التربة الطينية القابلة للانتفاخ، وبالتالي يسهم في الحد من الأضرار الناجمة عن تحرك تربة الأساس، كالتشققات في العناصر الإنشائية والجمالية وتلف التمديدات المختلفة في الأعمال الميكانيكية والكهربائية وما إليهما^(٢). ولكن هناك بعض أنواع الأشجار التي تفرط في استهلاك الرطوبة من التربة وتؤدي إلى تشقق الأبنية.



صورة (٦) :

جذور أشجار الحور تتجه صوب تربة أساسات المبنى

ويمكن القول إن المحافظة على مستوى الرطوبة في التربة ثابتاً ثباتاً نسبياً في ظل وجود جذور الأشجار أمراً صعباً لأن لها دور مهم في تغيير نسبة الرطوبة في التربة العميقة التي تجثم عليها أساسات الأبنية، الأمر الذي يؤدي إلى تغييرات في حجم التربة وبالتالي إلى حركة في أساسات المبنى وما يقع فوقه. ويلاحظ في الصورة (٦) سماكة جذور الأشجار التي تمتد إلى أعماق كبيرة، فيما يلاحظ من الجدول اللاحق الأبعاد الأفقية الكبيرة التي تذهب إليها الجذور بحثاً عن الرطوبة، فقد تصل أحياناً إلى ضعف ارتفاع الشجرة أو أكثر^(٢)، اعتماداً على طبيعة التربة والمناخ ومعدل هطول الأمطار ومنسوب المياه الجوفية وما إلى ذلك.

جدول (١)

ارتفاع أنواع مختلفة من الأشجار

متوسط ارتفاعها بعد 15 عاماً	ارتفاعها عند تمام نموها (بالمتر)	اسم الشجرة
12	40	شجر التنّوب Douglas Fir
9	40	شجر الشوح European Larch
7	40	شجر البق English Elm
9	30	شجر الحور اللومباردي Lombardy Poplar
7	30	شجر الدردار European Ash
5	30	شجر الدلب London Plane
15	25	شجر الصفصاف الأبيض White Willow
10	25	شجر الصنوبر Scots Pine
9	25	شجر البتولا الفضي Silver Birch
9	25	شجر الكستنة European Horsechestnut
8	25	شجر البلوط (السنديان) Oak
7	25	شجر الزان Beech
7	25	شجر الزيزفون Lime
6	25	شجر الأرز Cedar
9	20	شجر الصفصاف المتهدل (الرومي) Weeping Willow
4	15	شجر شُرابة الراعي English Holly
5	10	شجر السيتر Yew
3	5	شجر العرعر Juniper

المرجع:

- W.H. Ransom. Building Failures: Diagnosis and Avoidance. E. & F. N. Spon. New York. 1981.

ويمكن مواجهة زحف الجذور العميقة أو السطحية منها بعمل جدران عازلة أو حفر خنادق تردم فيها مواد سامة تقضي على الجذور؛ أو توضع أملاح مركزة وغير ذلك من طرائق لا تدخل ضمن مجال هذا الكتاب.

وللأشجار قدرة هائلة على النمو والبحث عن الرطوبة، ففي الصورة (٧) يمكن مشاهدة شجرة ناضجة وقد شقت طريقها من خلال التشققات في صخرة ضخمة في ريف مدينة تارة المغربية.



صورة (٧) :

شجرة نمت داخل صخرة ضخمة في المغرب

تقع هذه الشجرة في غابة قريبة من مدينة تازة الواقعة شمال شرق المغرب، وليست بعيدة عن مدينة فاس التاريخية.

أرجو ألا نظن أن الشجرة كسرت الصخرة بقوة جذورها. لا،
فالذي حصل هو الآتي:

يبدو أن بذرة الشجرة سقطت في شق من هذه الشقوق،
حيث تجمعت فيها مياه الأمطار وبعض التربة، فتمت البذرة في
الربيع وامتدت جذورها مع تمدد الشق في فصل الصيف بفعل
الحرارة العالية، فَمَا الجذر بسماكة الشق فقط. ولكن، عندما
حاولت الصخرة الانكماش في فصل الشتاء بفعل برودة الجو،
أدى ذلك إلى حالة «الإسفين» المعروفة فَمَنع الجذر الشق أن يعود
إلى وضعه الأصلي، فتشقت مناطق جديدة حول جذور الشجيرة،
فاتسع الشق ليسمح بنمو جديد أعظم في الفصل اللاحق، وهكذا
دواليك حتى كبرت الشجرة في رحم الصخرة، التي ظلت التربة
تحتها رطبة أيضاً وباتت تزود الشجرة الناضجة بالرطوبة
التي تحتاج إليها للنمو. إن فهم آلية عمل الجذور ليست مجرد
معلومات إضافية على موضوع الكتاب: «الأبنية الخضراء» إنما
فهم أساسي لاجتناب تشقق الأبنية كي تظل خضراء بامتياز.

وتتكرر هذه الظاهرة بأشكال متعددة في مواقع متعددة
حول العالم، ففي الصورة (٨) نجد الكثير من الأشجار قد
وجدت لها مواطناً في البتراء من خلال الشقوق الصخرية أو

الصدوع بين الصخور التي توفر لها التربة والرطوبة الملائمة للنمو. ويمكننا تخيل حجم الغابات التي كانت متوافرة في داخل البتراء ومن حولها عندما تم إنشاء المدينة في القرن السابع قبل الميلاد وفي عصر اتسم بالبرودة الشديدة وسقوط معدلات أمطار وفيرة^(٤).



صورة (٨) :
شجرة استوطنت
مدينة البتراء

ويلاحظ كذلك أن ظلال الأشجار تقوم بغرض مماثل من حيث مقاومة تبخر المياه من سطح التربة في فصل الصيف بخفض درجة حرارة سطح التربة، وذلك بإلقاء الظلال عليها وتخفيض سرعة الرياح من حولها لمنع زيادة نسبة التبخر من التربة السطحية.

كذلك يمكن استخدام الأشجار لتظليل الأبنية من جهتي الشرق والجنوب، مع مراعاة اختيار النوع المناسب من حيث زراعة الأشجار التي تسقط أوراقها في فصل الشتاء على الواجهة الجنوبية والأخرى الشرقية، وبخاصة في المناطق الباردة التي تتلطف لاستقبال أشعة الشمس في فصل الشتاء. ويمكن أن تتم دراسة الأشجار من حيث ارتفاعها أيضاً لحجب أشعة الشمس أو السماح لها بالدخول عند ارتفاعات متفاوتة.

ويمكن استخدام شجيرات سريعة النمو لتظليل معظم واجهات البناء بسرعة كبيرة كما يظهر في الصورة (٩).



صورة (٩) :

شجيرات سريعة النمو تسهم في تظليل بناءً بالكامل

والأبنية الخضراء تحصد المياه من البيئة الطبيعية والغلاف الحيوي المحيط بها، وذلك على نحو ما تجمع بعض أوراق الأشجار مياه المطر وتغسل أوراقها من الأغبرة المحملة بأنصاف المعادن والعوالق والحيوانات الدقيقة المختلفة، ومن ثم تلقي بها فوق سطح التربة كي تمتصها الجذور فيما بعد.

فالأبنية الخضراء ترتبط بإدارة المياه من خلال علاقة مميزة تشابه ارتباط الأشجار الحميمة بالمياه، من حيث أن أحدهما لا يستغني عن الآخر؛ إذ يمكن حصاد مياه الأمطار من سطح البناء أو من المساحات المحيطة به وإعادة تدوير هذه المياه في الأبنية الخضراء لغايات الاستخدامات المختلفة في داخل المنزل أو في خارجه (الري والتنظيف مثلاً). وقد خصصنا فصلاً للحديث عن ذلك بالتفصيل فيما بعد بعنوان الحصاد المائي (الفصل السادس).

كما يمكن جعل المنازل مريحة حرارياً في فصل الصيف الحار والجاف بإطلاق رذاذ الماء من خلال أجهزة ميكانيكية أو عبر طرق تقليدية كتشغيل الملاقف المختلفة، وذلك على نحو ما تلتطف الأشجار من حرارة الجو بنتج رذاذ الماء إلى الجو الجاف حيث يمتص الحرارة طلباً للتبخير فتتخفض درجة حرارة الجو

ويتحسّن الشعور بالراحة الحرارية. فهل هذه الممارسة خضراء أيضاً؟

خلاصة القول إن هناك عناصر تشابه كثيرة بين الأشجار والأبنية الخضراء، لذلك فإن الأبنية الخضراء ربما تكون قد استمدت اسمها من الطبيعة الحية التي تتسجم مع الطبيعة وتتفاعل بها على نحو يحقق التكامل الوظيفي بين عناصر الطبيعة المتنوعة.

ومهما يكن من أمر جذور هذه التسمية وشروطها التاريخية فإن اللون الأخضر مريح نفسياً للإنسان بوصفه جزءاً من البيئة الطبيعية التي ترعرعنا فيها بشكل عام، حتى في الصحارى فإننا نجد الواحات الخضراء التي يتغنى بها سكان الصحراء!

نعتقد أن القارئ قد تنبه الآن إلى أننا نستدرجه في حوار سقراطي ليقدم هو الإجابات عن تعريف الأبنية الخضراء، وذلك كي يتضح في ذهنه بصورة تدرجية تعريف مصطلح الأبنية الخضراء، الذي بات، لا ريب، أكثر تعقيداً وتشعباً مما كان يُظن في بداية الحوار، أليس كذلك؟

٣-١ الطبيعة والأبنية الخضراء

تتعايث الأبنية الخضراء مع العناصر الطبيعية من حولها، كالتصاق البناء بصخرتين ضخمتين من جهتين، كما يظهر في صورة (١٠)، إذ يسهم الالتصاق في تلطيف جو البناء من الداخل نتيجة تدني فقدان الحرارة للطاقة إلى الخارج في فصل الشتاء، وبالتالي يجعل البناء موفراً للطاقة في فصل الشتاء البارد كما يجعله لطيفاً صيفاً نتيجة استقرار درجة حرارة كتلة الصخرتين الملتصقتين بالبناء.



صورة (١٠):

بناء أخضر يلتصق بصخرتين من جهتين متقابلتين

ففي فصل الشتاء يستمد البناء حرارته من الصخر المتصل بالقشرة الأرضية المستقرة نسبيا بفعل ارتباطها بكتلة كبيرة لا تتغير درجة حرارتها كثيرا خلال الفصول، الأمر الذي يجعل من هذا الموئل بناء أخضر لا يستهلك سوى الحد الأدنى من الطاقة، فضلا عن أنه يجعله مريحا حراريا لقاطنيه.

والأبنية الخضراء تتسجم مع الطبيعة من حيث اللون والطراز المعماري ومواد البناء المستخدمة كما في صورة (١١)، فمتى استخدمت مواد بناء من البيئة المحيطة قل الضرر الذي



صورة (١١) :

بناء أخضر استخدم مواد بناء من بيئته الطبيعية

يلحق بالبيئة نتيجة استقرار امتصاص أشعة الشمس أو عكسها واستقرار التربة، كذلك ينخفض حجم التلوث الناجم عن إنتاج ونقل مواد البناء إلى الموقع أو بفعل إخراجها منه كناتج الحفريات مثلاً. فالبناء الظاهر في صورة (١١) قد استثمر الطبيعة من حوله أيما استثمار.

إذ يلاحظ في الصورة نفسها أن المنزل المقام على سفح جبل كان قد استخدم مواد بناء محلية من مواقع مجاورة له، كالصخر الكلسي، كذلك تمت تغطية سقفه بالقش الناتج عن الزراعة في تلك المنطقة، فغداً في مجمله جزءاً من البيئة الطبيعية منسجماً معها كل الانسجام.

لاحظ أيضاً الممرات حول البناء وهي منحوتة في الصخر الطبيعي؛ أما نوافذ المنزل وبابه الرئيسي فمصنوعة من مواد خشبية مستمدة من البيئة المحلية كذلك.

وكذلك هي الحال في اختيار الأشجار والنباتات المناسبة للموقع والتي تنسجم مع بيئتها تمام الانسجام من حيث إدارتها للموارد الطبيعية من حولها: الغذاء، الماء، التربة، ... الخ. فلا يعقل أن نزرع نجياً في مناطق جافة أو نزرع الحمضيات في مناطق باردة.

شكل (١)

حركة الهواء المؤثرة بين الأبنية



ينحصر الهواء الملوّث والأغبرة في المدن المكتظة بين البنايتين
نتيجة الركود الهوائي هناك

ومن الضروري التنبيه إلى أثر زراعة الأشجار بين مبنيين متجاورين فرضته علينا الطبيعة أو البيئة المبنية The Built Environment، وذلك بهدف معرفة نمط تغيّر حركة الرياح وسرعاتها عندما نقوم بزراعة الأشجار وما يحدث من أضرار.

ففي الحالة الظاهرة في الشكل (١) يتضح ركود الهواء بين المبنيين، ولكن يبدو أن حركة دوران الهواء تظهر مستمرة، الأمر الذي يظهر كأنه يسهم في فقدان الحرارة من الأبنية في

فصل الشتاء، ولكن سرعة الرياح وضغط الهواء في هكذا مناطق يكون قليلا، لذلك يقل تغير الهواء الداخلي وتسربه الى الداخل، مما يجعل الأبنية مرتاحة حراريا خلال فصلي الصيف والشتاء، باستثناء الأبنية المقامة في المناطق الشديدة الحرارة التي ربما تجد في هكذا ركود ميزة سلبية في فصل الصيف الشديد الحرارة، ولكن اللافت في الشكل أن تلوث الهواء في المدن سوف يستقر بين البنائين ويلوث هواء الأبنية من الداخل.



أما في شكل (٢)، وبالرغم من تباطؤ حركة الرياح بين البنائين فإن نوعية الهواء تكون أفضل في ظل زراعة الأشجار.

كذلك الحال في الأبنية الخضراء، حيث ينبغي أن تتم دراسة حركة الهواء فيها بطريقة دقيقة، بحيث يتم تجديد هواء الأبنية، مع مراعاة عدم الإفراط في ذلك لأن التهوية المفرطة في فصل الشتاء تسهم في فقدان الطاقة من داخل الأبنية إلى الخارج، كما أن التهوية المفرطة في أيام الحر تسهم في رفع درجة حرارة البناء على نحو غير مريح.

كذلك ينبغي أن تتم دراسة حركة الهواء حول البناء بحيث تسمح بحركة الهواء في فصل الصيف لتلطيف الجو وبخاصة في المناطق الحارة^(٥). وسوف نتحدث عن هذه الظاهرة في الفصل الرابع: التصميم المناخي للأبنية الخضراء ببعض من التفصيل.

الفصل الثاني

إدارة مواقع

الأبنية الخضراء!

الفصل الثاني

٢- إدارة مواقع الأبنية الخضراء!

Site Management

٢-١ البنية التحتية والمناخ

إن اختيار مواقع الأبنية الخضراء بصورة «خضراء» هو الذي يسهم في جعل هذه الأبنية خضراء بالفعل! فهل يجوز أن نقرر بناء بيت أخضر في منطقة نائية، ثم نشرع بعدها في تسوية الطرق وتعبيدها وتمديد المياه والكهرباء ونقل المواد الإنشائية إليه من مناطق بعيدة وما إلى ذلك؟

لا نعتقد أن ذلك البناء يمكن تسميته بناءً أخضر، فكلما كان موقع البناء أقرب إلى الخدمات العامة أصبح أكثر خضرة ورفقاً بالبيئة، وسوف نحاول أن نثبت ذلك فيما يلي:

إن اختيار المواقع المقترحة لإقامة الأبنية الخضراء عليها يعتمد على عدة عوامل، منها توافر مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة التي سوف تستخدم في المشروع؛ فإذا كانت شدة الإشعاع

الشمسي هي العامل الحرج فإننا نبحث عن مكان مناسب لذلك بعيداً عن مناطق الغابات أو سفوح الجبال الشمالية أو المناطق الجنوبية المحاذية لأبنية شاهقة (في النصف الشمالي من الكرة الأرضية) أو المناطق المغبرة كثيراً إلا إذا شرعنا في إيجاد حلول مناسبة لهذه المشكلات.

أما إذا كان مصدر الطاقة المتجددة هو شدة الرياح، فإنه ينبغي أن نبحث عن مواقع مناسبة قريبة من المناطق التي تشتد فيها الرياح، وذلك كي يكون مصدر الطاقة قريباً وفي متناول اليد وبعيداً عن أي معيقات كبيرة، فلا يستدعي الأمر عندها إقامة بنية تحتية كبيرة.

ومن العوامل التي تؤثر على سرعة الرياح كثافة الأشجار وارتفاعها والغطاء النباتي من حولها. وكذلك طوبغرافية المنطقة، أي طبيعة تدرج سطح الأرض وميلانه، وأيضاً الإنشاءات المجاورة التي ربما تعيق حركة الهواء، أو ربما تحجب أشعة الشمس أيضاً؛ فكيف يمكن أن تعمل السخانات الشمسية، على سبيل المثال، في بناء يحاذيه منشأة عملاقة؟

شكل (٣)

أنماط تظليل الأبنية بالأشجار



ومراعاة تجنب تقليل السخانات الشمسية

لاحظ في الشكل (٣) كيف يمكن أن تلقي شجرة ما ظلالها على واجهة البناء، وربما تحجب أشعة الشمس عن السخانات الشمسية على السطوح. ولكن التفاوت بين ارتفاع الأشجار يخلق تياراً هوائياً لطيفاً في فصل الصيف، ولكن الطابق الأوسط لا يتمتع بذلك تماماً نتيجة تباين ارتفاع الأشجار حول البناء.

ويفضل توافر المواد الضرورية للبناء بالقرب من الموقع، كحجر البناء والرمل والركام Aggregate، مثلاً، إذ يؤدي نقل

المواد المطلوبة للإنشاءات من مسافات بعيدة إلى استهلاك كبير في الطاقة، كالديزل (المازوت) المستخدم في وسائل النقل، على سبيل المثال.

وأخيراً، يفضل أن يكون موقع البناء حيث الخدمات العامة والبنى التحتية متوافرة، لأن التوسع في المناطق السكنية يصاحبه ضرورة التوسع في إنشاء الطرق والخدمات العامة، وهي إنشاءات مضرّة بالبيئة الطبيعية. فما الفائدة من عمل بيت بيئي أخضر، ثم شق طريق يستدعي إزالة الأشجار وخدش سطح الأرض وتشويهها، الأمر الذي يؤدي إلى تعرية سطح الأرض وانبعاث الأغبرة وإطلاق غازات الدفيئة وازدياد التلوث الصوتي والبصري وما إلى ذلك.

خلاصة القول إن البناء البيئي الأخضر لا يكتمل أدائه إلا إذا اقترب من التجمعات السكنية ومن مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، وأيضاً إلا إذا توسعنا في تطبيقه فلا يقتصر على الأبنية السكنية بل يمتد ليشمل البناء الأخضر المصانع والمدارس والمكاتب والأبنية العامة بمجملها.

ولا يكتمل مفهوم البناء البيئي الأخضر إلا إذا أصبح ثقافة عامة لدى الجميع ومادة إجبارية في الجامعات يتم تدريسها

للتخصصات الهندسية كافة، وربما نتجاوز ذلك إلى تخصصات أخرى كذلك، مثل مادة «أخلاق البيئة» ومادة «أخلاقيات التعامل مع الطبيعة الحية»، وما إلى ذلك، على النحو الذي شرعت به اليونسكو مؤخراً في بعض الدول^(٦)!

٢-٢ العناصر والغازات المشعة

ومواقع الأبنية الخضراء يفترض أن تكون بعيدة من مصادر الإشعاعات المضرة بالصحة، أي بعيدة عن مواقع مفاعلات نووية بما لا يقل عن سبعين كيلومتراً حسب أحدث الدراسات العلمية، بالرغم من وجود ادعاءات باطلة تقول بعكس ذلك؛ إذ ينبغي اتقاء الغازات المؤينة Ionized Gases المشعة والعناصر المشعة التي تطلقها المفاعلات النووية في حالات العمل الطبيعية، وكذلك ينبغي اتقاء احتمالية حدوث كارثة نووية قد تنجم عن انقطاع مياه التبريد أو هزة أرضية أو فيضان أو ربما عمل عسكري أو إرهابي ونحو ذلك من مخاطر.

كذلك، ينبغي أن تكون الأبنية الخضراء بعيدة عن مناطق تعدين المواد المشعة أو تخزينها أو تعدين خاماتها أو تخزين نفاياتها، وذلك درءاً لتلوث الهواء والماء والطبيعة الحية المحيطة بالموائل والتي تشكل مصدر الغذاء والشرب والري. أنظر مقطع

في شجرة تغير لونها نتيجة كارثة تشيرنوبل التي حدثت عام ١٩٨٦
لخطأ بشري، وقد نشرتها أكاديمية العلوم في نيويورك عام ٢٠٠٩
تحت عنوان:

Chernobyl: Consequences of the Catastrophe for People and the Environment

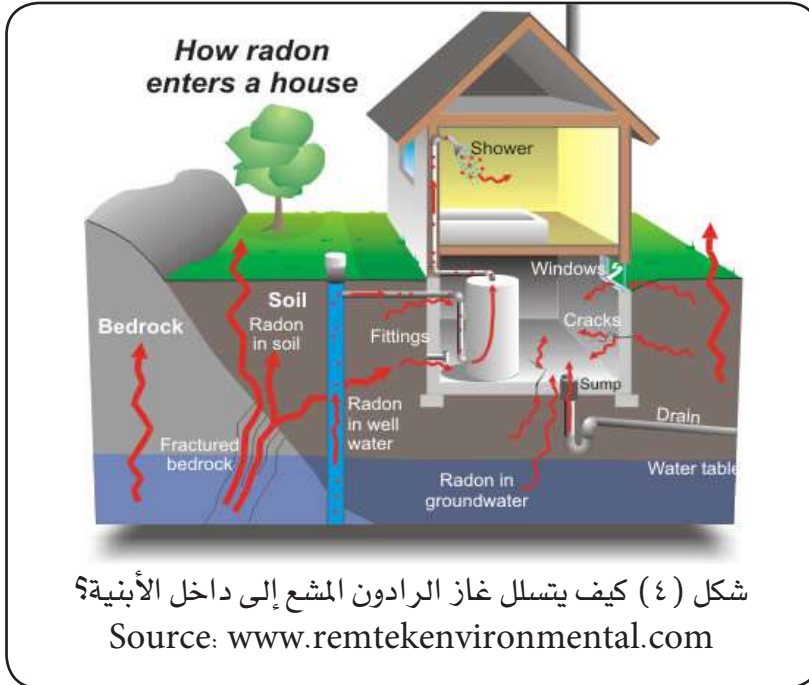


صورة (١٢):
أشجار تغيّرت
ألوان حلقاتها
نتيجة كارثة
تشرنوبل (٧)

ولكن، ربما يكون الضرر الناجم عن المواد الإنشائية غير
مرئي، فهل هناك أضرار إشعاعية في أي من مراحل الإنتاج
أو بعدها؟ كالإشعاعات (ألفا، بيتا وجاما)، وبخاصة الأشعة
الضارة التي تطلقها بعض المواد الإنشائية (٨)، كما تفعل تلك
العناصر التي تعرضت لكوارث نووية وباتت تحتوي على عناصر

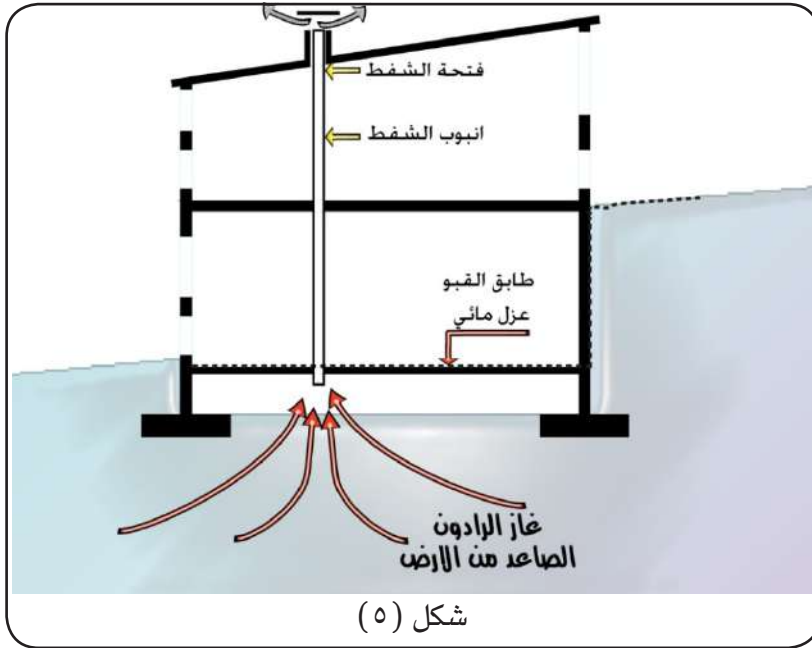
مشعة أطلقتها انصهارات مفاعلات نووية كما حدث في تشيرنوبل بأوكرانيا عام ١٩٨٦ وفوكوشيما في اليابان عام ٢٠١١.

في اليابان رصدت أبنية ذات إشعاعات قوية صادرة عن الجدران والأسقف في مباني سكنية بعيدة مئات الكيلومترات عن المفاعل النووي المنكوب في فوكوشيما؛ وبعد تقصي الحقائق اتضح أن المتعهد استخدم مواداً من كسارات أحضرها من محيط المفاعل المنكوب والملوث بالعناصر المشعة وخلطها بالإسمنت لتنتج عنه خرسانة مشعة. ولكن، هل يمكن أن تدخل عناصر مشعة أو غازات مشعة إلى داخل الأبنية بطريقة أخرى؟



لاحظ كيف يتسلل غاز الرادون المشع من باطن الأرض، وبخاصة من المناطق القريبة من خامات اليورانيوم، إلى التسويات تحت الأرض، وهي أخطر الأماكن في الأبنية؟ وكذلك كيف يتسلل غاز الرادون من خلال الأنابيب والتشققات في الأبنية ومن خلال مياه الآبار والمياه الجوفية والشقوق في الصخور، ومن النوافذ والتمديدات الواقعة تحت منسوب الطابق الأرضي!

فهل يمكن أن يكون البناء أخضر إذا لم يتم منع الغازات المشعة المسرطنة للبشر من الدخول إلى فضاءات المبنى الداخلية وتلوّثها، بل وتلوّث مياه الشرب أيضاً؟



ويمكننا مشاهدة طرائق مواجهة هذا العدو الخطير من خلال تصميم فتحة خاصة لتهوية غاز الرادون الصاعد من الأرض وإطلاقه عبر مداخن خاصة إلى مستوى السقف بحيث لا يتعرض له سكان المبنى الأخضر تعرضاً مباشراً ومركزاً.

خلاصة القول في مسألة مواد البناء المشعة أنها مسألة في غاية الخطورة، فهناك شكوك أن بعض الخرقة الملوثة إشعاعياً دخلت إلى بعض الدول المجاورة للعراق وأنها صهرت واستخدمت لصناعة فولاذ التسليح في الأبنية! فإذا كان هناك احتمالية، مهما صغرت، أن يكون ذلك صحيحاً فالأولى أن يتم فحص كافة المواد الإنشائية بجهاز رصد الإشعاعات Gigar للتأكد من عدم تلوث أي من مواد البناء إشعاعياً.

٢-٣ استدامة الثروة الغابية

إن الأشجار هي مصدر مهم لاستمرارية الحياة العضوية تأتي في المرتبة الثانية بعد الماء، فلولا الأشجار لما تم تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون عبر مليارات السنين من عمر الأرض، ولولا هذه الخاصية الفريدة لأدى ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى معدلات تصعب عندها الحياة!

ولولا الأشجار لما حدثت الثورة الصناعية الأولى في العالم
التي قامت على الفحم الحجري في نهايات القرن الثامن عشر!
ولولا الأشجار لما تنوعت الحياة بمختلف أصنافها على سطح
هذه البسيطة!

وبكل بساطة فإنه لن توجد حياة إذا اندثرت الأشجار في
كوكبنا. أنظر الحجم الذي تنمو فيه الأشجار في بعض مناطق
العالم، وقد كانت الأشجار في الماضي تنمو إلى أقطار ضخمة
تصل إلى حجم مبنى متوسط الحجم، الأمر الذي سمح بوجود



صورة (١٣) :

من أضخم الأشجار في العالم Redwood

احتياطات هائلة من الفحم في العالم تكفي لمئات السنين، وهذا المخزون الضخم من الوقود الأحفوري هو الذي يسبب التلوث المناخي المعاصر الذي بدوره يؤدي الى ظاهرة الانحباس الحراري والتغير المناخي.

إذاً، ماذا بشأن مناطق الغابات، هل يمكن الاعتداء عليها لإقامة أبنية خضراء بعد كل ما سمعناه عن ميزات الأشجار وفوائدها؟

وهل يمكن الادعاء أن زراعة عدد أكبر من الأشجار الصغيرة تعويضاً عن الأعداد التي تقلع من موقع البناء ربما تنفي ضرر الأعمال الإنشائية؟

إن المخاطر الناجمة عن الاجتهاد الأخير كبيرة، فالأشجار الجديدة المزروعة غير مضمونة أن تعيش، كما أنها تحتاج إلى عشرات السنين كي تنضج وتقدم الفائدة المرجوة منها؛ فربما يستدعي الأمر زراعة مئة شجرة على الأقل بدلاً من كل شجرة ناضجة واحدة، وعلى فترات متباعدة، والاشتراط أن تكون الأشجار الجديدة من صنف الأشجار المقلوعة حتى لا يتضرر التنوع الحيوي في الطبيعة. ولكن، هل هذه الإجراءات كافية؟

نعتقد أن المشروع المقترح نفسه سوف يؤدي إلى خفض كفاءة الأشجار المتبقية، نتيجة إطلاق الأغبرة والمياه الملوثة والأسمت وما إلى ذلك. وهذه الأغبرة تعلق على أوراق الأشجار وتقتلها أو تضعف من كفاءتها، لأن عملية التمثيل الكلوروفيلي حساسة في صناعة غذاء النبات لاستكمال نشاطه ووظائفه الحيوية على أحسن وجه.

وهل يمكننا أن نضمن عدم إيذاء الأشجار في محيط المشروع من قبل آليات المشروع وحركة العمال؟

وهل نستطيع حمايتها من عبث الأطفال والحرائق والرعي الجائر وما إلى ذلك؟

إذاً، ينبغي وضع سياج حول سيقان الأشجار جميعها إذا رغبتنا في حمايتها حقاً! وكذلك ينبغي وضع سياج ذهني حول أدمغة الأجيال الناشئة لزرع الوعي بأهمية الأشجار منذ نعومة أظفارهم.

وينجم عن المشاريع المتنوعة مواد ملوثة بعضها سام، وذلك عند استخدام المياه لغسل صهاريج الإسمنت والخلاطات وري الخرسانة وما إلى ذلك. وتذهب المياه الملوثة لتصل إلى جذور الأشجار فتقتلها.



صورة (١٤) :

غسل خلاطات الإسمنت بالقرب من الأشجار يقتلها

ولا شك في أن عمليات الحفر وحركة الآليات في الموقع سوف تؤدي إلى انجرافات في التربة، الأمر الذي ينجم عنه تعري التربة السطحية وانكشاف الجذور وجفاف الأشجار المحيطة بالموقع. لذلك يستوجب الأمر الحفاظ على تربة الموقع من الانجراف بعمل حواجز تبطئ من حركة المياه وتمنع انجراف التربة، كما يظهر في صورة (١٥).



صورة (١٥):

منع تعري التربة السطحية حول جذور الأشجار

إن الاعتداء على الأشجار المتبقية في المشروع أمر متوقع في حال مشاريع الأبنية والطرق والتمديدات الصحية، فالعمال يلجأون في العادة إلى الحصول على الحطب بأي ثمن لشرب الشاي والطهي، وبخاصة في الدول النامية، فضلاً عن أن تكسير الأغصان بصورة عشوائية، في فصل الصيف الجاف خاصة، يؤدي إلى جفاف الأشجار بفعل تمزق اللحاء.

ثمة خطر الحرائق أيضاً، حيث تزداد احتمالية الحريق بزيادة أعداد العمال في الموقع وخاصة لوجود أغصان جافة ونفايات قابلة للاحتراق تنجم عن موقع المنشأة الجديدة، كورق

أكياس الأسمنت الفارغة وفضلات المواد الإنشائية المتنوعة؛ عند ذاك يصبح الخطر أعظم ويزداد ليهدد الغابة بمجملها.

خلاصة القول إنه لا يمكن إنشاء أبنية خضراء في مواقع غابية إلا بوضع شروط ومواصفات شديدة تخضع للإشراف والمراقبة الحثيثة، ومن ثم متابعة المشروع وإعطاء مهلة لنمو الأشجار البديلة إلى سنوات قادمة طويلة قبل الشروع في البناء. ولا شك في أننا نتفق مع كثيرين في أن مثل هذه الإجراءات شبه مستحيلة في بلادنا في الوقت الحالي!

ولتحقيق الشروط الأخيرة فإن تكلفة المشروع سوف ترتفع على نحو كبير بحيث تنتفي صفة «الأبنية الخضراء» عن هذه المشروعات، لأن العامل الاقتصادي وتكلفة المشروع واستدامته وخفض نفقات تشغيله وحراسته والعناية به هي معايير أساسية في الأبنية الخضراء، لذلك فإنه لا يمكن أن تتحقق سمة الأبنية الخضراء في المشروعات التي تعتدي على الغابات وتربك الدورة الطبيعية فيها وتهدد التنوع الحيوي بالإنذار وتهدد التربة السطحية بالانجراف.

والأبنية الخضراء شبيهة بالأشجار من حيث التعامل مع انجرافات التربة من حول مشروعات الأبنية، إذ ينبغي أن نتعلم من الطبيعة الحية وكيف تتعامل مع شدة الأمطار، وبخاصة في

عصر التغير المناخي الحالي حيث تزداد شدة هطول الأمطار في مناطق لم تشهد في العصر الحديث مثيلاً لذلك.

فأوراق الأشجار وطريقة تصميمها الطبيعية تمنع حبات المطر من انجراف التربة من حولها، إذ تقوم الأوراق بامتصاص شدة ارتطام حبات المطر المنهمرة وزخمها بطريقة تدرجية بحيث تقلل من سرعة سقوط قطرات المياه وحجمها، والتي تنهمر من أطراف الشجرة القريبة من سطح الأرض، فتمنع بذلك حدوث فيضانات أو انجرافات في التربة من حول الشجرة.

ويمكن ملاحظة ظاهرة مماثلة في صورة (١٦) حيث يظهر بيت بيئي من مدينة مونتريال في كندا، وتظهر واجهات من الورود حول النوافذ تلطف من تساقط مياه الأمطار عن الأسطح الكهروضوئية المساء التي تولد حاجة المنزل من الكهرباء بواسطة أشعة الشمس.



صورة (١٦):

منزل بيئي كندي تظهر خلفه القبة البيولوجية في مونتريال

كذلك تسهم جذور الأشجار النافذة عند سطح الأرض في إبطاء حركة المياه السطحية بفعل التعرجات التي تصنعها فوق سطح التربة. ناهيك بوجود الأوراق والأغصان والثمار الجافة المتساقطة على سطح التربة والتي تحول دون تسارع مياه الأمطار وانجراف التربة، كما يظهر في صورة (١٧).

وفي ضوء هذه الوظائف «الخضراء» للأبنية، فإن دراسة حركة المياه حول الأبنية الخضراء تغدو مسألة في غاية الأهمية وذلك لمنع حدوث انجرافات وتشوهات في البيئة الطبيعية

المحيطة بالبناء، فضلاً عن أهمية صناعة عوائق لإبطاء تدفق المياه، وبخاصة في المناطق المنحدرة، حيث تسهم الأشجار من خلال جذورها البارزة فوق السطح في إبطاء مياه الفيضان، كما رأينا في صورة (١٧).



صورة (١٧):

جذور سطحية لأشجار معمرة تمنع انجراف التربة السطحية

ويمكننا إضافة فائدة خضراء جديدة الى تراكم الأوراق المتساقطة، وهي توفير الوقت الكافي للتربة لامتصاص المياه لتغذية المياه الجوفية بعد رفع مستوى الرطوبة في التربة الى حد التشبع.

والحق أن إبطاء حركة المياه الجارية يسمح بحصادها مختلطة بالعوالق والطين والغذاء لتجعل منها نوعية مياه أفضل للنباتات والأشجار، حيث يتوقع مع إبطاء سرعة المياه أن تزيد كميات الرواسب والعوالق المصاحبة لجريان المياه والتي تشكل غذاءاً ضرورياً للطبيعة الحية بمجملها.

وبفعل العوامل الطبيعية، كالرياح والانجرافات وما إلى ذلك، يمكننا القول أيضاً إن فضلات الأشجار والنباتات من أغصان وأوراق وثمار وبراز الطيور والحيوانات المتسلقة تذوب جميعها أو تتحلل مع مياه المطر أو ربما تسقط من شدة المطر تحت الأشجار لتدفن في التربة وتتغفن مع مرور الوقت، فتصبح الأرض مدفناً للكربون والغازات الدفيئة الأخرى الناجمة عن التغفن، بينما تتحول بعض هذه الفضلات إلى مواد غذائية للشجرة فيما يتم تحوّل بعضها الآخر إلى طاقة حيوية حينما يستخدمها الناس كوقود.

٢-٤ إدارة مياه الفيضانات والزلازل

وتستلزم إدارة مواقع الأبنية الخضراء إدارة مياه الأمطار والفيضانات، فلنضرب مثلاً هنا من المدينة الوردية - البتراء، فهل كان بالإمكان المحافظة على المدينة الوردية في منأى عن

الفيضانات لولا حفر الأنباط نفق تصريف لفيضان الوادي عند
بداية السيق كما يظهر في الصورة (١٨) ؟



صورة (١٨) :

بداية النفق الذي شقه الأنباط بالقرب من مدخل سيق البتراء
لإدارة مياه الفيضان

إذن، إن الأبنية الخضراء تستلزم أيضاً حمايتها من مياه
الأمطار الشديدة والفيضانات والأعاصير وكافة أنواع الطبيعة،
كالزلازل والبراكين.

وأتمنى أن تقوم الجهات المسؤولة بتوجيه أبحاث نحو مدينة جرش الأثرية بهذا الخصوص، وتحديدًا فيما يتعلق بالجسور المفرغة والروابط بين أجزاء الأعمدة الظاهرة في صورة (١٩)، كما يشرحها الأدلاء السياحيين هناك، لتحديد مدى فائدتها العلمية في مقاومة الزلازل وفائدتها العملية في انذار السكان بوصول الموجات الطولية للزلازل قبل أن تتبعها الموجات العرضية المسؤولة عن التدمير، إذ أن هذه الجسور المفرغة تصدر أصواتا عند تحركها العنيف بفعل الاهتزاز الناجم عن الحركات الأرضية التي غالبا ما يكون مصدرها الفالق التاريخي العميق الممتد عبر وادي الأردن من البحر الأحمر جنوباً إلى تركيا شمالاً.

فلماذا قامت الحضارات السالفة بانشاء هذه الأبنية في مناطق خطرة زلزاليا طالما أنهم كانوا يعرفون أهوال الزلازل وقدرتها التدميرية؟

ربما كان السبب ثراء التربة الزراعية وتوافر المياه والحماية الجغرافية وموقعها على خطوط التجارة هي من ضمن الأسباب التي جعلتهم يجازفون بالبناء في المناطق المنكوبة مجدداً!



صورة (١٩) :
معالم مدينة جرش الأثرية في الأردن

ويوصى دوماً ألا تقام المنشآت الخضراء على صدوع جيولوجية، بغض الطرف عن مدى نشاطها الزلزالي. إذ يؤدي أدنى تحرك في قشرة الأرض، على جانبي الصدوع، إلى أضرار ملموسة في المنشآت. ويمكن أن تفصل أجزاء المنشآت التي تقام على صدع جيولوجي بفواصل تسمح لكل جزء من أجزائها المفصولة بالحركة.

وتؤثر تضاريس مواقع الأبنية، نسبة إلى الأرض المحيطة فيها، على شدة تأثر الأبنية بضربات الزلازل. فقد أظهرت الهزة

التي ضربت اليمن عام ١٩٨٢، بقوة ٥,٨ ريختر، أن ضرر الزلزال يشدد في الأبنية التي تقع في مناطق مرتفعة التضاريس.

وأخيراً بقي أن ننبه إلى خطر أمواج الماء الموسومة «تسونامي» Tsunami، التي قد تنجم عن زلازل تقع مراكزها العلوية في قاع البحار أو المحيطات. إذ تؤدي الاهتزازات المصاحبة لحدوث الزلازل إلى تكون أمواج مائية ضخمة في المحيطات، قد تصل سرعتها إلى ٨٠٠ كلم/ساعة، وذلك إثر انزلاق صفائح القشرة الأرضية عمودياً على بعضها ينجم عنها حركة رأسية Vertical Displacement. ومما يجدر ذكره هنا أن الزلازل التي تنشأ عن انزلاقات أفقية في الصفائح وبالتالي حركات أفقية Lateral Displacements فإنها لا تؤدي إلى تكون الأمواج المائية المذكورة.

وقد وصلت شدة زلزال فوكوشيما بتاريخ ١١/٣/٢٠١١ إلى ٩ درجات على مقياس ريختر وبلغ ارتفاع موجات تسونامي ٢١ متراً (Asia and Japan watch, 09 Feb. 2012)

ويتضاءل حجم الضرر، الذي يصيب الأبنية بفعل الاهتزازات المصاحبة للهزات الأرضية، عند إقامة أساسات الأبنية على أرض صخرية صلبة. ويمكن عند ذاك استعمال الأساسات المنفردة Pad Footings، بشرط أن تربط ببعضها

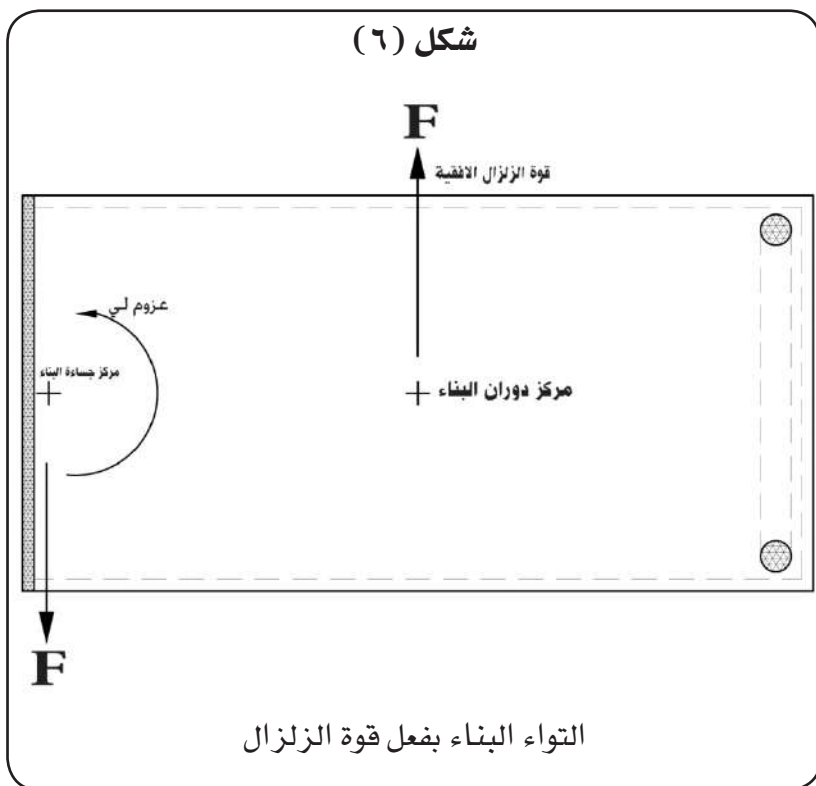
بجسور قوية في جميع الاتجاهات؛ فمن شأن الجسور الأخيرة أن تمنع الإزاحة الجانبية التي قد تتعرض إليها القواعد بفعل الاهتزازات الناجمة عن الزلازل وأن تزيد من كفاءة الأعمدة في مقاومة العزوم Moments وقوى القص Shear Forces، التي تتصل بالأساسات المنفردة، في مقاومة أحمال الزلازل.

ومما تجدر الإشارة إليه هنا أن أساسات الأبنية التي تقام على حواف المنحدرات تربط بجسور في اتجاه معاكس لاتجاه الحركة المتوقعة، وذلك كي تمنع الأبنية من الانزلاق.

ويفضل، في حال الأبنية الخضراء التي تبني في المناطق المعرضة لضربات الزلازل، أن توضع كافة أساسات البناء الواحد على تربة متجانسة في خواصها. إذ يؤدي تنوع خواص تربة الأساس إلى عدم انتظام هبوط أساسات البناء، وذلك بفعل اختلاف تأثير كل نوع من أنواع التربة بالاهتزازات الناجمة عن الزلازل؛ وأحياناً تؤدي إلى تميع التربة Liquifaction وانهيار الأبنية الجاثمة عليها.

وتتعرض الأبنية الخضراء ذات الأشكال المعقدة غير المتناظرة Asymmetrical، كالأبنية التي تشابه أشكالها الحروف الإنجليزية، L، U، T، على سبيل المثال، إلى عزوم

لي Torsional Moments عند تأثير أحمال الزلازل الأفقية عليها. وتساوي قيمة هذه العزوم حاصل ضرب محصلة القوى الأفقية المؤثرة على البناء في قيمة اللاتمرکزية، حيث تساوي اللاتمرکزية المسافة بين مركز ثقل البناء (مركز دوران البناء) ومركز جساأته (أنظر شكل ٦).



وفي حال الأبنية ذات الأشكال الهندسية المنتظمة والمتناسقة معاً، والتي تتوزع فيها الكتل بانتظام كما نطمح لها أن تكون في حال الأبنية الخضراء، يكون مركز جساءة البناء ومركز ثقله في النقطة ذاتها. لذلك لا ينجم عن مرور محصلة القوى الأفقية للزلازل في هذه النقطة عزوم تذكر.

وبالرغم من أن بعض التصميمات تحرص على أن يكون البناء متناظراً حول مركز ثقله أو وسطه، بيد أن التغيرات في أشكال القواطع الداخلية غير الإنشائية ومواقعها، وعدم انتظام توزيع الأحمال الحية (الأثاث والسكان)، وضعف بعض العناصر الإنشائية نتيجة تشققها أو سوء تنفيذها، تؤدي جميعها إلى لامركزية أحمال الزلازل الأفقية، ومن ثم إلى ظهور عزوم لي تؤثر بالتالي على هيكل البناء عند حدوث الزلازل.

لذلك يجب اعتماد قيمة دنيا للامركزية في الأبنية، مهما بلغ تصميم البناء من دقة أو بلغ توزيع الكتل فيه من انتظام، وذلك كي يستطيع البناء أن يقاوم عزوم اللي غير المتوقعة.

كذلك تجدر الإشارة هنا إلى أهمية اختيار مواقع مناسبة لفواصل التمدد في الأبنية الكبيرة، بحيث لا تؤدي إلى إحداث لا تمرركزية في الأقسام المجزأة من البناء.

٢-٥ الطاقة الحرارية الجوفية

إن اختيار مواقع الأبنية التي يمكن سملها بالأبنية الخضراء والتي تقع بالقرب من مواقع مياه جوفية حارة هي مسألة أخرى تضفي على الأبنية الخضراء خضرة إضافية، من حيث استدامة مصادر الطاقة واستقلالية المصدر وسيادته، فلا يتوقف مدد الطاقة الحرارية الجوفية صيفاً أو شتاءً؛ كذلك فإنه لا يتوقف عن توفير الطاقة في حالات الحرب أو السلم، فضلاً عن انه ليس بحاجة إلى موافقات خارجية للاستثمار تتعدى على السيادة الوطنية.

وقد خضنا في الأردن تجربة انقطاع الغاز المستورد منذ عام ٢٠١١، كذلك مرت هذه التجربة أيضاً على بريطانيا في عام ٢٠٠٧ عندما انقطع المدد من الغاز الطبيعي من روسيا وأوكرانيا بسبب خلافات حول الأسعار، فاضطرب الاقتصاد الإنجليزي آنذاك.

وبناءً على ما سلف، فإن استخدام المياه الجوفية الحارة في المشروعات الخضراء يسهم في خفض الاعتماد على مصادر الطاقة الأخرى صيفاً شتاءً، الأمر الذي يجعل من الأبنية موائ خضراء، فكيف يمكن ذلك؟

فضلاً عن أن آبار المياه تشكل مصدراً وفيراً لمياه الشرب

التي أحسنت الحضارات السالفة إدارتها، كما نشاهد في كافة المناطق التاريخية في الأردن، وبخاصة البرك الضخمة بجانب القلاع الحصينة، كقلعة الحسا وقلعة القطرانة وبركة زيزيا وغيرها، والتي سوف نبحث فيها بالتفصيل في الفصل السادس: الحصاد المائي، ولكن الآبار تزودنا أيضاً بمياه درجة حرارتها مستقرة صيفاً شتاءً تقريباً، ويمكن الانتفاع منها في التدفئة والتبريد إذا كانت كبيرة الحجم.

يتبادر إلى الذهن الآن قصر الحمراء بغرناطة حيث كانت المياه الباردة الناجمة عن ذوبان الثلوج في فصل الصيف تأتي من جبال سييرا Sierra القريبة من الموقع لتلطيف الأجواء من شدة الحر في الأماكن الشديدة الحرارة، حيث كانت تمر المياه في قنوات وتصب في برك وتجمعات ذات تصاميم هندسية عظيمة.

ومصادر المياه السطحية والجوفية لها دور مهم في اختيار مواقع الأبنية الخضراء كذلك، إذ يمكن استخدام مياه الأنهار والبحار للتدفئة والتبريد وأحياناً للعزل الحراري، كما يمكن استخدام المياه الجوفية الحارة للتدفئة في فصل الشتاء.

إن مياه البحار الضخمة تختزن طاقة حرارية هائلة ومستقرة يمكن استخدامها للتبريد خلال فصل الصيف الحار

في المناطق المنخفضة الحارة الواقعة على تخومه، إذ تكون درجة حرارة المياه تحت السطح بقليل شبه مستقرة ومناسبة للتبريد خلال ساعات النهار تحديداً عندما تزيد درجة الحرارة في الظل عن ٣٥ درجة مئوية. كذلك يمكن تخصيص مضخات تعمل على الطاقة الشمسية لضخ المياه عبر دورة التبريد.

وتحدد طبيعة التربة وجيولوجيا الموقع وطوبغرافيته حركة المياه وإمكانية استخدام الطاقة الحرارية الجوفية في تزويد المشروع باحتياجاته من الطاقة بتكلفة معقولة. إذ ترتفع درجة الحرارة كلما نزلنا في باطن الأرض، فعند عمق بضعة كيلومترات تحت سطح الأرض تكون درجة الحرارة نحو ٢٥٠ درجة مئوية.

ففي فصل الشتاء، نستطيع أن نضخ المياه الجوفية الحارة، وهي تتفاوت في العالم من موقع إلى آخر، ولكننا نتحدث عن كميات ضخمة من المياه تتراوح درجة حرارتها بين ٢٥ - ٦٥ درجة مئوية عند أعماق بسيطة حيث ترتفع درجة الحرارة درجة مئوية واحدة لكل ٢٥-٤٠ متراً عمق في باطن الأرض، أي أنه عند عمق نحو ٢٥٠ متراً، وهي مسافة قريبة من أعماق بعض المياه الجوفية الحارة فإن درجة الحرارة ترتفع نحو عشر درجات في الأحوال الاعتيادية تضاف إلى الدرجة الحرارية السطحية للمياه.

وهناك آبار تصل فيها درجة الحرارة إلى ما فوق درجة غليان الماء، ولكنها مقصورة على مناطق محددة وتصلح لتوليد الطاقة الكهربائية إذا بلغت درجة حرارتها ١٥٠ درجة أو أكثر تحت الضغط. وتستثمر بعض الدول في الطاقة الحرارية الجوفية لتوليد الكهرباء كإيطاليا ونيوزيلاندا والفلبين واليابان وأيسلندا صورة (٢٠)، فضلاً عن ألaska وهاواي في الولايات المتحدة الأمريكية.



صورة (٢٠) :

بخار ماء يخرج من الأرض في أيسلندا

ويمكن استخدام المياه الجوفية الدافئة بفاعلية كبيرة، وبخاصة في فصل الشتاء عندما تتهدد المحاصيل الزراعية بأضرار الصقيع. ولكن إذا نظرنا إلى استخدامات المياه المتوسطة

الحرارة، فإنها مفيدة جداً في تدفئة مزارع الدجاج وحظائر الحيوانات وتربية الأسماك وفي تدفئة المنازل الخضراء أيضاً وفي تسخين المياه، وبالطبع هي بحاجة إلى مساعدة في بعض الأحيان بالنظم التقليدية وفقاً لتصميم البناء.

ولكن، إذا كان البناء مصمماً ليكون بناءً أخضر، وهذا لا يعني إطلاقاً أنه يحقق متطلبات كودة العزل الحراري والمائي الأردنية لعام ٢٠٠٩ أو كودة الأبنية الموفرة للطاقة لعام ٢٠١٠ فقط، إنما يزيد عن ذلك بكثير، وذلك كي يحافظ على الطاقة لفترة زمنية طويلة قبل أن يفقدها إلى الخارج في فصل الشتاء البارد، عند ذاك يمكن تدفئة البناء وتسخين المياه التي يحتاجها للاستحمام والغسيل بقدرة لا تزيد عن ٢٠٪ من الاستهلاك العام من الطاقة لبناء تقليدي مماثل.

ولا ينبغي أن نتوقف عند ذلك وحسب بل نستطيع تجاوز هذا النشاط إلى استخدام المياه الحارة في النشاط الزراعي، كزراعة الورود ونباتات الزينة وما إلى ذلك. ويمكننا كذلك استخدام المياه الحارة في جوف الأرض لتدفئة البيوت البلاستيكية لزيادة الإنتاجية واجتناب ضرر الصقيع.



صورة (٢١) :

بيوت بلاستيكية يتم تدفأتها بمياه جوفية حارة

إن استخدامات المياه الجوفية الحارة مستدامة أيضاً، من حيث أنها لا تستنزف المياه الجوفية على الإطلاق، وبخاصة إذا استخدمت الطاقة الكامنة فيها فقط، لأن المياه تعود إلى مصدرها في نهاية المطاف بعد أن يتم حصاد الطاقة الحرارية منها فتتزود بالحرارة من الطاقة الجوفية المستدامة مرة أخرى في باطن الأرض ثم تعود القهقري، وهكذا دواليك؛ إنها طاقة نظيفة ومستدامة ومتجددة، وقد آن الأوان للانتفاع من الطاقة الحرارية الجوفية في سلة أنواع الطاقة المختلفة كالغاز والصخر الزيتي والطاقة الحيوية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية، ولقد

آن الأوان أن نكف عن ترديد مقولة أن الأردن يستورد ٩٥ - ٩٦ ٪ من طاقته، لنتجه صوب القول إن الأردن لديه أغلب حاجاته من الطاقة التي لم نسعَ إلى استغلالها بعد!

وماذا بشأن اختيار مواقع الأبنية الخضراء في منطقة جغرافية وطبيعية وطوبوغرافية تسمح بالحصاد المائي؟

إن اختيار المواقع المناسبة للأبنية الخضراء مسألة في غاية الأهمية من حيث تهيئتها للحصاد المائي، بل إنه يمكن تطويع طوبوغرافية الأرض الموجودة لتحقيق الهدف من الحصاد المائي وإعادة تدوير المياه أيضاً. وسوف نبحث في الحصاد المائي ببعض من التفصيل في الفصل السادس.

الفصل الثالث

مواد بناء

الأبنية الخضراء!

الفصل الثالث

٣- مواد بناء الأبنية الخضراء!

٣-١ الخرسانة Concrete ومكوناتها

عندما ننجح في إدارة مواقع الأبنية الخضراء واختيار الموقع المناسب الأقرب إلى الخدمات العامة والتجمعات الخدمية، وعندما ننجح في المحافظة على الأشجار في الموقع ونحو ذلك من قضايا، فإننا نتطلع إلى اختيار مواد البناء الملائمة لهذا المشروع في ظل معايير حماية البيئة واستدامة المشروع وتحقيقه متطلبات البيئة الجمالية والبيئة الاجتماعية والبيئة الاقتصادية وما إلى ذلك. فمن أين نبدأ؟

أكثر مواد البناء أهمية للمنشآت المعاصرة وأكثرها استخداماً هي العناصر الخرسانية. فالخرسانة تتكون من الإسمنت والرمل والركام (الفولية والعدسية) والماء، وقد يكون الرمل والحصى من كسر الصخر الكلسي أو من حصى السيل ورملة. أما الحجر فأغلبه يتم استخراجُه من محاجر داخل الأردن أو فلسطين، وتنسب المواقع إلى اسم الحجر، كما هو الحال في حجر معان والجزيرة وجماعين وحيان وقباطية وغيرها.



صورة (٢٢) :

مناطق الكسارات شديدة التلوث للبيئة

إن مناطق التعدين والمحاجر وكسارات الرمل والركام هي مناطق ملوثة بيئياً وتسهم في التدهور البيئي الذي تعاني منه الدول العربية، فمثلاً في الأردن تشير تقديرات البنك الدولي عن قيمة التدهور البيئي سنوياً عن ٣٥, ٢٪ من إجمالي الدخل القومي، وفي مصر تصل إلى أكثر من ٥٪ (The World Bank, The cost of Environmental Degradation. editors: Lelia Croit and Maria Sarrat. washington. 2010. Page 47 ؛ وبناءً عليه، فإن بناء الأرصفة الخارجية من الحجر أو كسر حجر المناشير واستخدام الدبش المحلي المستخرج من موقع الحفر في

صب خرسانة النظافة أو رصف الممرات والساحات، أو استخدام الطمم وبقايا المواد الإنشائية الناجمة عن المشروع، يسهم في تقليل كمية الركام التي يحتاجها المشروع للخرسانة، وبالتالي يسهم في خفض حدة التدهور البيئي بشكل عام.

كذلك فإن اجتناب استخدام رمل السيل الذي يتم إحضاره من مناطق بعيدة هو خطوة إيجابية بيئياً، إذ فضلاً عن بُعد موقع المشروع عن مصدره فإنه يستنزف مياه الشرب العذبة الضرورية لغسله من الأملاح والطين وما إلى ذلك من شوائب.



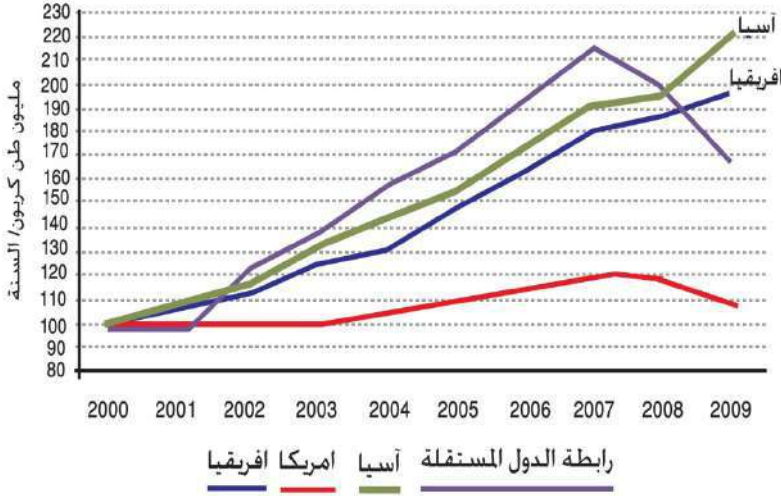
صورة (٢٣) :

بناء الأرصفة الخارجية من الحجر رقيق بالبيئة

ونلاحظ في صورة (٢٣) كيف يؤدي استخدام الرمل الطبيعي وحده في تبليط الحجر للممرات الخارجية والطرق الضيقة إلى عدم الحاجة إلى استخدام الإسمنت، الأمر الذي يخفض من التلوث الناجم عن الصناعات الإسمنتية والمواد التي تخطط معها ليصبح البناء أكثر خضرة؛ فالصناعات الإسمنتية تسهم كذلك في نسبة عالية من التلوث العالمي.

شكل (٧) :

تطور إنتاج صناعة الاسمنت عالميا (٢٠٠٩-٢٠٠٠)



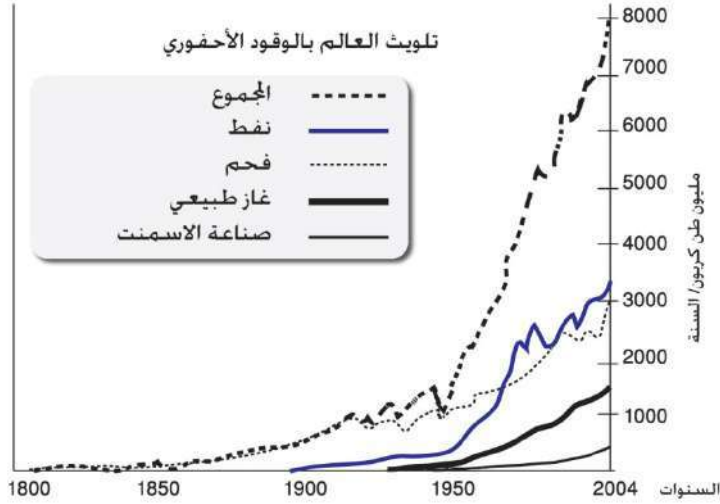
انبعاثات الكربون من صناعة الأسمنت لقارات مختلفة

ونلاحظ في الشكل (٧) مؤشرات تطور صناعة الإسمنت على صعيد عالمي منذ مطلع الألفية الثالثة ولغاية عام ٢٠٠٩، ويتضح

هبوط كميات إنتاج الإسمنت في العالم بعد الأزمة الاقتصادية العالمية التي بدأت تظهر معالمها بوضوح بعد عام ٢٠٠٧ (في أمريكا ورابطة الدول المستقلة)، ولكن باستثناء منطقتي إفريقيا وآسيا، إذ لم تتأثر هاتان القارتان بالأزمة الاقتصادية العالمية كثيراً، فقد استمر البناء فيهما يأخذ منحاً تصاعدياً، ربما إلى حين؟

شكل (٨) :

مساهمة صناعة الإسمنت في التلوث العالمي



انبعاثات الكربون عالمياً - من مصادر متنوعة

إن الإسمنت مادة شديدة التلويث بالبيئة في مراحل تصنيعها، إذ يشار اليوم إلى أن نحو ٥% من التلوث العالمي بغاز ثاني أكسيد الكربون وظاهرة الانحباس الحراري الناجمة عنه

يقع على كاهل صناعة الإسمنت وحدها، وهي في توسع هائل في الدول النامية بقوة، كالهند والصين، فالهند ضاعفت استهلاكها من الإسمنت بين عامي ٢٠٠٦ - ٢٠٠٨، والصين فعلت كذلك.

ويتضح في الشكل (٨) مخاطر صناعة الإسمنت على تلويث العالم بوصفها رابع أكبر ملوث للكرة الأرضية (بعد مشتقات الوقود الأحفوري) من حيث إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون، حيث تطلق نحو ٢٥٠-٣٠٠ مليون طن سنوياً. فهل هناك من بدائل خضراء لصناعة الإسمنت الشديدة التلويث بالبيئة؟

هناك مواد مثل C-Fix على سبيل المثال ويشار إليها باسم خرسانة الكربون Carbon Concrete، وهي تتكون من بلاستيك حراري Thermoplastic، وقد تم استعمالها في بناء الطرق الرئيسية في هولندا عوضاً عن الخرسانة أو الإسفلت؛ إذ يؤدي استخدام طن واحد من هذه المادة إلى خفض إطلاق غازات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن صناعة الإسمنت بمقدار ثلاث مرات ونصف، أي بمقدار ثلاثة طن ونصف لكل طن واحد من خرسانة الكربون.

ويبدو أن التقنيات والعلوم الهندسية الحديثة سوف تسهم في صناعة مواد أقل ضرراً بالبيئة، كحال صناعات الإسمنت وفولاذ التسليح والألمنيوم الشديدة التلويث بالبيئة.

٢-٣ مواد بناء أخرى

في يومنا هذا، هناك اتجاهات رئيسة ثلاثة تقف من هذه المسألة، الاتجاه الأول يدعو إلى استخدام مواد بناء محلية، كالرمل في الصحراء، أو الطين والقش في الأرياف Adobe، وتدعو كذلك إلى استخدام الأشجار في المناطق الغنية بالغابات، كالمناطق الاستوائية أو في مناطق التندرا شمال الكرة الأرضية.

ويدرك هذا الاتجاه، طبعاً، أن الأبنية الحديثة الشاهقة تستدعي استخدام الخرسانة وفولاذ التسليح والألمنيوم، وهي مواد شديدة التلوث بالبيئة، ولكن الحجة المقبولة التي يدافعون بها عن مشروعهم الأخضر تتمثل في أن الأبنية الريفية والمساكن الشعبية تشكل نسبة لا يستهان بها من مشاريع الإنشاءات على صعيد عالمي، وبخاصة في الدول الفقيرة والنامية. لذا، فإنهم يدعون لاستخدام المواد المحلية في البناء، انسجاماً مع تدني الدخل وحماية للبيئة من التدهور.

ويمكن القول إن تطوير هذا النهج يسهم في خلق فرص عمل ويدعم التعاضد والتكافل الاجتماعي بين الناس، وبخاصة في الأرياف، حيث تقوم مشروعات على مبدأ تعاون أهل القرية في بناء المنازل دورياً حسب أولويات الأهالي. وتجربة مؤسسة

هابيئات Habitat التي اطلعت عليها منذ سنوات في مناطق الأغوار في الأردن كانت على هذا النمط وحقت نجاحات معقولة في تحسين الأحوال المعيشية للسكان وتوثيق الروابط الأخوية والاجتماعية فيما بينهم.

أما الاتجاه الثاني الذي يتخذ موقفاً من مواد البناء الملوثة للبيئة فيأخذ منحى وسطاً بالدمج بين الإسمنت والمواد المحلية، كما يظهر في الصورة (٢٤) لجدار من القش؛ إذ تتم قصارة القش مباشرة باستخدام شبك خفيف لمنع التشققات.



صورة (٢٤) :

بناء جدران خارجية من القش مباشرة
مع استخدام قشرة من طبقة الاسمنت للتعزيز والاستدامة

وهناك اتجاه ثالث أكثر تحفظاً على سلامة البيئة ويدعو إلى إعادة استخدام المواد غير المرغوب بها وإعادة بناء الأبنية منها، كإطارات المركبات أو الحاويات المستعملة أو ركام الأبنية المتهمة (كما فعلوا في غزة بفلسطين بعد العدوان الإسرائيلي).

٣-٣ تدوير المواد المستهلكة

نتساءل هنا عن إمكانية استخدام الفضلات الإنشائية حول الموقع لتدويرها أو إعادة استخدامها لمنع خروجها من الموقع إلى مكبات بعيدة. ففي الحالة الظاهرة في الصورة (٢٥) يبدو موقعاً مؤلفاً من خليط نفايات عبوات فارغة أنتجها موقع العمل الإنشائية



صورة (٢٥) :
عبوات بلاستيكية
فارغة مستخدمة
كأعشاش للطيور

في إحدى المشروعات، وقد أُعيد تدويرها لبناء برج للطيور تم تأسيسه من عجل خلاطة خرسانة مستعمل وزجاجات فارغة تم بناؤها باستخدام خلطة من الطين والقش المتواجد في الموقع.

ففي الجدار الظاهر قيد البناء في الصورة (٢٦) كفاءة عالية في العزل الحراري نتيجة وجود فراغات هوائية محصورة داخل أواني الزجاج المغلق. فلو كانت الزجاجات مفتوحة لما استفدنا كثيراً من كفاءتها في العزل الحراري.



صورة (٢٦) :

جدران بناء من زجاجات فارغة

ويمكن تعميم استخدام هذا النمط من الأبنية في الريف لبناء مستودعات أو حظائر للدجاج والحيوانات، وبخاصة إذا كانت منطقة المشروع قريبة من مصدر تزويد المواد الإنشائية المستهلكة المراد إعادة تدويرها، كما هي الحال في الصورة (٢٧) أيضاً المتمثلة في استخدام إطارات المركبات المستعملة في البناء.



صورة (٢٧) :

جدار من الإطارات المستعملة

ويمكن استخدام الجدار الظاهر في الصورة (٢٧) لبناء مصدات رياح أو مصدات لوقف الزحف الصحراوي أو جدران صد واقية لمنع انجراف التربة. كذلك يمكن استخدامها في بناء

حظائر ومستودعات لغايات مختلفة، مع مراعاة إغلاق الفتحات بين الإطارات تماماً واختيار المواد المناسبة للطعم لتحقيق أعلى فائدة ممكنة منها، سواء إنشائياً، إذا كان الغرض كذلك، أو حرارياً.

٣-٤ مواد التشطيبات

بعد إنجاز الهيكل الإنشائي للبناء، فتبدأ إشكالية تشطيب البناء ودراسة إمكانية استخدام مواد بناء رفيقة بالبيئة في صناعة النوافذ والأبواب. وتطرح هنا تساؤلات عديدة: هل نستخدم الخشب أم الألومنيوم أم الحديد أم البلاستيك أم ماذا؟

فأي من هذه المواد أقل تلوثاً للبيئة في صناعتها ونقلها وتركيبها وصيانتها؟ وأي منها هو الأسهل على إعادة التدوير في المستقبل؟

من الواضح علمياً انخفاض إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون في صناعة الطوب من الطين والتبن مقارنة بصناعة الطوب الجيري أو الطوب الأحمر، على سبيل المثال. ونحن نعلم كذلك أن صناعة الإسمنت والألومنيوم والبلاستيك من الصناعات الشديدة التلويث للبيئة، وكذلك هي الصناعات التي تستهلك طاقة بكميات كبيرة أو تنتج فضلات تصعب معالجتها.

أما غاز الميثان، ويأتي في الضرر ثانياً بعد ثاني أكسيد

الكربون، وفيما يتعلق بظاهرة الانحباس الحراري، فيمكن خفض كميات انبعائه في الأبنية الخضراء بفعل تخفيض الاعتماد على الوقود الأحفوري التقليدي واستهلاك الكهرباء، وبخاصة لأن العالم بدأ يتوسع اليوم في إنتاج الكهرباء بالغاز الطبيعي أو الغاز المسال، عوضاً عن الفحم الحجري الشديد التلويث للبيئة، وذلك في ظل الأزمات العالمية وظاهرة الانحباس الحراري المتفاقمة.

ومن الجدير بالذكر أن مساهمة جزيئات الغازات المختلفة في ظاهرة الانحباس الحراري متفاوتة، كما يظهر في جدول فعالية جزيئات الغازات في الانحباس الحراري نسبة لوحدة واحدة من أثر غاز ثاني أكسيد الكربون. لذلك، فإن إنتاج جزيئات الميثان وأكسيد النيتروز ومركبات الكلوروفلوروكربون أخطر بكثير من إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون. وهذا ما ينبغي أن يؤخذ بعين الاعتبار عند تقييم المواد المستخدمة في الأبنية الخضراء.

جدول (٢):

فعالية بعض الغازات في ظاهرة الانحباس الحراري

21 مرة مكافئ CO ₂	CH ₄
310 مرة مكافئ CO ₂	N ₂ O
آلاف المرات مكافئ CO ₂	*CFC _s

- ويفكك الجزيء الواحد منه نحو 10.000 جزيء أوزون (O₃)

بعد اتفاقية مونتريال الشهيرة التي وقعت بدولة كندا عام ١٩٨٧ لمجابهة ظاهرة انحسار طبقة الأوزون تمت الاستعاضة عن مركبات الكلوروفلوروكربون بمركبات هيدروكلوروفلوروكربون HCFC لضررها الأقل على الأوزون، حيث لا يتجاوز ضررها عشرة بالمئة ضرر مركبات CFCs. أما المركبين HFCs و PFCs فقد أُسْتُهْدِفَا في مؤتمر كيوتو عام ١٩٩٧ لأن أثرهما لكل وحدة مكافئة على الانحباس الحراري يساوي آلاف المرات قدر غاز ثاني أكسيد الكربون.

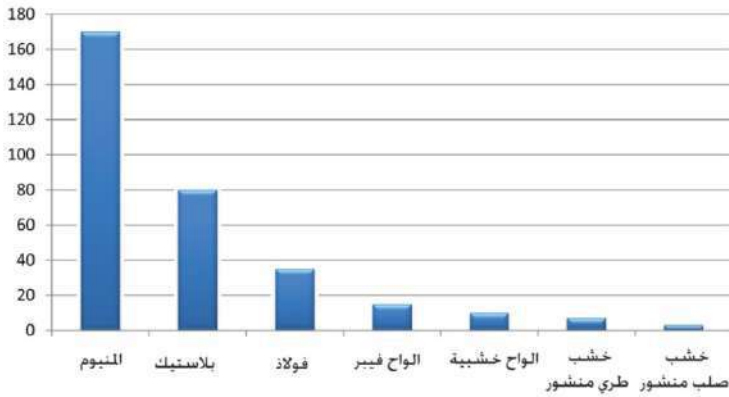
وبناءً عليه، فإن دراسة البناء الأخضر ينبغي أن تأخذ كافة العناصر التي تضر بالبيئة بعين الاعتبار وليس فقط إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون من احتراق الوقود، فعندما ننظر إلى بعض الأبنية التي توفر طاقة نظيفة من الشمس مثلاً نظن أن البناء الذي يوفر طاقته من مصادر نظيفة هو بناء أخضر، بينما الحقيقة تكون ناقصة من حيث أن المواد التي يتكون منها البناء لها دور مهم أيضاً في تلويث البيئة.

وإذا نظرنا إلى الشكل (٩) نجد أن صناعة الألومنيوم والبلاستيك مستنزفة للطاقة وينبغي البحث عن بدائل للحد من تلويث البيئة. فهل يجوز استخدام الخشب في الأبنية الخضراء، مثلاً؟ وما هو بديل الألومنيوم؟ وكم من الطاقة يستهلك إنتاج كل عنصر من عناصر المواد التي تم استخدامها في الأبنية؟

هذه أسئلة يجب دراستها بعمق قبل الإجابة عنها!

شكل (٩) :

حاجة المواد الإنشائية المختلفة إلى الطاقة
خلال إنتاج الكيلوغرام الواحد منها



حجم الضرر البيئي الناجم عن مواد مختلفة

Source: Taylor, and van Ijzendoorn, K. 2004, Review of environmental impact of wood compared with alternative products used in the production of furniture, forest and wood products research and development corporation.

نلاحظ في شكل (٩) أن تصنيع البلاستيك يحتاج إلى طاقة أقل من الألومنيوم، فهل يعني ذلك أن نعطي أولوية لاستخدام البلاستيك؟ ولكن، أليست الغازات التي تنطلق من تصنيع البلاستيك أشد ضرراً؟ وكم تحتاج جزيئات البلاستيك كي تتفكك في الطبيعة؟ وماذا عن احتراق البلاستيك والغازات السامة التي يطلقها؟ فالمسألة ليست بسيطة، والخيار صعب؟

صحيح أن تصنيع الأخشاب يستهلك كميات قليلة من الطاقة مقارنة بالألومنيوم أو البلاستيك، كما يظهر في الشكل؛ ولكن، هل يعني هذا أن نستخدمها بغض النظر عن مصدر هذا الأخشاب التي قد تكون جزءاً من الغابات المطرية أو مؤثلاً لفصائل لا حصر لها من التنوع الحيوي في الطبيعة؟

فالخيارات صعبة ولا مجال لتحليل إيجابيات وسلبيات كل مادة بناء على حدة، حيث نأمل أن تنتج المكتبة العربية مثل هذه الدراسات. والخيارات لا تنتهي عند مواد كالألومنيوم والفولاذ والبلاستيك والخشب فهناك أعداد لا حصر لها من مواد البناء التي تدخل في صناعة الأبنية يجب أخذها بعين الاعتبار.

فبعد ذلك يأتي دور البلاط، واختيار الأرضيات المناسبة ونوع الرخام أو السيراميك! ويتكرر التساؤل: أي من هذه المواد أقل تلويثاً للبيئة خلال مراحل صناعتها ونقلها وتركيبها وصيانتها؟ فربما يكون سيراميك مستورد من نوع محدد هو الأقل تلويثاً للبيئة خلال مراحل تصنيعه مقارنة بمنتج محلي، ولكن الغازات الدفيئة التي تطلقها عملية نقل المنتج من الخارج حتى يصل إلى موقع المشروع ربما تجعل من المنتج المحلي أكثر رفقا للبيئة الحيوية في المجمل؟

وما هي العناصر والغازات المضرة للبيئة التي تطلقها
مراحل إنتاج البولستيرين، على سبيل المثال؟

فإذا كانت صناعات البولستيرين ملوثة للبيئة فهل يعني
ذلك أن نتوقف عن استخدامها في العزل الحراري؟

يمكننا الإجابة عن التساؤلات الأخيرة بالوصول إلى معادلة
بيئة مفادها إقامة موازنة بين ما يطلقه إنتاج كمية المادة الملوثة
للبيئة من غازات دفيئة مقابل كمية الطاقة التي يوفرها استخدام
العازل الحراري طوال فترة عمر البناء. وإذا تم ذلك فإنه من
البدهي الاستدلال على النتيجة بسرعة لأن ما يوفره العازل
الحراري أكبر بكثير.

فهل توصلنا بعد الحديث المطول عن مشكلات مواد البناء
إلى اقتناع بأن ما يجعل البناء أخضر هو مجموعة من العوامل
والأسباب من الصعب حصرها بسهولة ودقة؟

فإذا أضفنا إلى ما سلف مواد كسائل الفتحات الخارجية
Shutters وستائر النوافذ المصنوعة من مواد مختلفة والسجاد
وأثاث البيت والمطبخ (أنواعها وسماكتها والمواد المصنوعة
منها) وكل عناصر البيت الأخرى من تمديدات صحية وكهربائية

وأدوات طبخ وحديقة وغيرها من شأنها أن تحدد إذا كان البناء أخضر أم لا؟ فهل يمكن أن يكون البناء أخضر إذا كانت جل أبوابه وأرضياته ودرازينه ومطابخه مصنوعة من الخشب مثلاً، وبخاصة في ظل ظاهرة تناقص حجم الغابات في العالم الذي يشهد ظاهرة الانحباس الحراري وما يرتبط بها من دفء مناخي وتغيرات في أحوال المناخ؟

ربما يجيب البعض أن هناك مزارع مرخصة لتصنيع الأخشاب يتم تجديد أشجارها على نحو لا يعبت بالبيئة! فإذا كان لدينا هذا المستوى الراقي من الوعي البيئي فنحن على الطريق الصحيح.

وبصورة عامة، هل نستطيع القول إن دراسة مجمل استهلاك البناء من الطاقة التقليدية وأي مصادر أخرى للطاقة النظيفة التي ربما يستخدمها من شأنها أن تحدد درجة خضرة البناء هو كلام غير مكتمل؟

إن الطاقة التي يستخدمها البناء، إذا كانت طاقة نظيفة من الشمس أو الرياح أو من جوف الأرض (الطاقة الحرارية الجوفية)، هي التي تسهم في أن تجعل البناء أخضر، فيما الطاقة الملوثة للبيئة، كالديزل والمشتقات النفطية، هي التي تحول دون أن يكون البناء أخضر، ولكن، ألا توجد حلولاً وسط قد تلوح في

الأفق كاستخدام الغاز الطبيعي مثلاً؛ أو ربما نجد حلاً إبداعياً يتمثل في تحويل النفايات العضوية إلى غاز الميثان واستخدامه في الطبخ والتدفئة!

لقد حاولنا في هذا الفصل أن نظهر مدى التلوث الناجم عن مواد البناء نفسها، وعليه فإن الحديث عن العناصر التي تجعل من البناء مؤثلاً أخضر هي كثيرة وشديدة التعقيد وبحاجة إلى مزيد من الدراسة والتمحيص، وبخاصة المواد المحلية في البلدان العربية التي لم تدرس بعد خصائص بعضها بشكل كاف.

إن الإجابة عن هذه التساؤلات المتعلقة بقدرة مواد البناء التلوثية تستدعي عمل دراسة تصنف مقادير الغازات الدفيئة التي تطلقها صناعات كل مادة على حدة، فيقاس البلاط والخشب بالمتر المربع، والرمل والإسمنت والحديد بالطن وهكذا نقوم بالمقارنة بين البدائل. فمن شأن ذلك أن يساعد المهندس والمقاول وصاحب البناء، إضافة إلى المشرع القانوني، في اختيار المواد الإنشائية المناسبة ووضع معايير صارمة لاستخدامها (وربما غرامات) لجعل الموائل البشرية خضراء.

الأبنية الخضراء

١٠٦

الفصل الرابع

التصميم المناخي للأبنية الخضراء

الفصل الرابع

٤- التصميم المناخي للأبنية الخضراء

٤-١ تعريفات

نقصد بالمناخ مجموعة العوامل الطبيعية التي تؤثر على بقعة جغرافية ما عند درجة طول وعرض، ومن حيث أحوال الطقس والارتفاع عن مستوى سطح البحار ومعدل درجات الحرارة وشدة سقوط الأمطار وشدة سقوط الإشعاع الشمسي وتغير زاوية سقوط الشمس واتجاهها وطبوغرافية الأرض وشدة الرياح ونحو ذلك من اعتبارات.

أما التصميم المناخي فهو الذي يراعي الأحوال الأخيرة مجتمعة في أثناء تصميم الأبنية، وذلك كي يستثمر الأحوال الطبيعية من أشعة الشمس والرياح والأمطار ودرجات حرارة ورطوبة وما إلى ذلك في خدمة البيت الأخضر بدلاً من أن تكون تلك الأحوال الطبيعية عوائق وتحديات تحول دون تحقيق رغبة إضفاء الخضرة على الأبنية. ولتوضيح ذلك نسوق أمثلة عديدة كما يلي:



صورة (٢٨) :

تظليل نوافذ مباني قاعات التدريس في جامعة تشرين - اللاذقية

يبدو في المبنى الظاهر في الصورة (٢٨) إضافة مظلات على النوافذ الضخمة لقاعات التدريس بحيث تظل القاعات من شدة أشعة الشمس خلال فصل الصيف، وفي فصل الشتاء تتحرك المظلات يدوياً وتتموضع رأسياً كي تسمح لأشعة الشمس بالدخول وتدفئة الفناءات الداخلية.

وتتنوع أحوال المناخ من منطقة إلى أخرى، فيما تتشابه بسمات مناخية عامة لمناطق متباعدة، فنقول هذا مناخ البحر الأبيض المتوسط، وذلك قطبي أو استوائي أو مناخ تندرا وما إلى ذلك.

وتوجد تنوعات كبيرة في المناخ من منطقة إلى أخرى، ففي الأردن، على سبيل المثال، هناك المناطق الجبلية التي تنخفض فيها درجة الحرارة في فصل الشتاء أحياناً إلى عشر درجات تحت الصفر، وهي مكان دارة الكمالية موضوع التصميم المناخي لهذا الكتاب، فيما ترتفع إلى نحو ٤٠ درجة مئوية أو أكثر قليلاً في فصل الصيف، وهناك الصحاري والخلجان وغيرها من المواقع التي تتميز بمناخها الخاص، فلا يجوز إخضاع الأبنية لتصميم معماري مناخي موحد طالما أن هناك مناخات متنوعة، سواء من حيث الشكل أو اللون أو الاتجاه أو التقسيم المعماري الداخلي أو أي شيء آخر.



صورة (٢٩) :

مبنى قديم تظهر فيه فتحات تهوية ومدخله الرئيسي

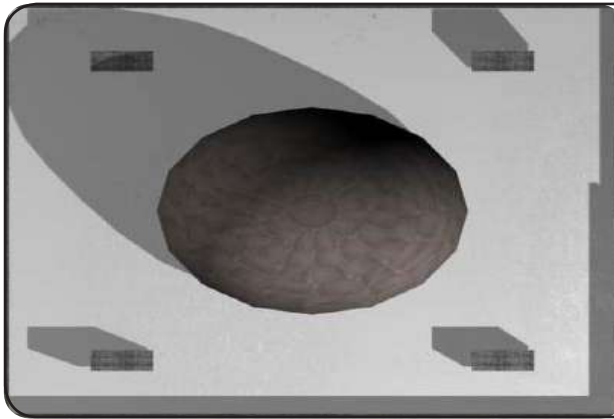
ففي الصورة (٢٩) بناء قديم في منطقة باردة في ضواحي مآدبا- الأردن لا تزيد نسبة الفتحات الخارجية عن ٥٪ بهدف منع فقدان الحرارة الداخلية إلى الخارج في فصل الشتاء، ويلاحظ فتحات صغيرة للتهوية فقط على إحدى واجهات البناء، وذلك لتلطيف الجو الداخلي في مواسم الصيف الشديدة الحرارة وللتخلص من دخان المواقد في فصل الشتاء.

والحال مشابه في لبنان، حيث جبال شاهقة شديدة البرودة وشواطئ البحر الأبيض المتوسط تبعد عنها فقط مدة ساعة بالسيارة. وفي المغرب، تتمتع مدينة أغادير الساحلية بمناخ مميز حيث تنخفض فيها درجة الحرارة خلال فصل الصيف عدة درجات عن مدن ساحلية مجاورة لها على المحيط الأطلسي.

خلاصة القول إن المناخ يتنوع من منطقة إلى أخرى ويتفاوت بين مناطق قريبة من بعضها البعض، فما ينطبق على منطقة ما من شروط وظواهر قد لا يلائم منطقة مجاورة تتسم بظروف مناخية مختلفة؛ فلا يجوز إذاً تطبيق أي تصميم مناخي ما لأبنية خضراء في منطقة ما ومن ثم تعميمه على مناطق أخرى. هذا هو الشرط الأول من شروط التصميم المعماري المناخي للأبنية الخضراء.

٤-٢ تظليل الأبنية الخضراء

صحيح أن زاوية الشمس تختلف من منطقة إلى أخرى وكذلك شدة الرياح وتضاريس الأرض وما إلى ذلك، ولكن هناك ظواهر عامة مشتركة يمكن حلها في مجموعها بواسطة تصاميم مشتركة، كحال تظليل القبة للأبنية، إذ يلاحظ في الشكل (١٠) الظل الذي تلقيه القبة على نفسها وعلى السطح، فهي تجعل من مناطق معينة على القبة باردة نسبياً في فصل الصيف الحار، ولذلك تسمح بحدوث تيارات هوائية داخل الفناء تلطف الجو الداخلي للبناء في فصل الصيف الحار، كما هي الحال في حال المباني العامة، كالمساجد. هذه الفكرة يمكن تعميمها على المناطق الحارة تحديداً ولكنها لا تصلح للمناطق الباردة لأنها سوف تصبح عبئاً على أصحابها في فصل الشتاء من جهة النفقات اللازمة لتدفئتها.



شكل (١٠)
مسطح بناء
يظهر موقع
قبة وخزانات
مياه موزعة
على السطح

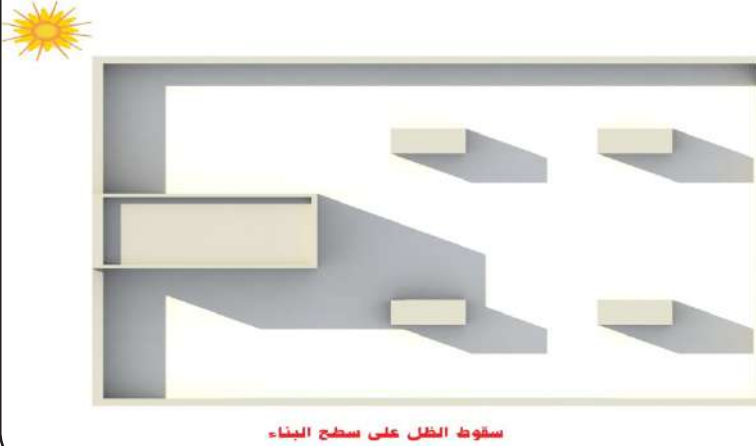
وإذا أردنا أن يتعرض البناء الأخير لأكبر قدر ممكن من أشعة الشمس في المناطق الباردة شتاءً فعلينا توجيه الضلع الأكبر باتجاه شرق غرب حتى تكون الواجهة الجنوبية أطول الأضلاع وهي التي تشرف على جهة الجنوب (في النصف الشمالي من الكرة الأرضية). طبعاً هناك هامش للحركة حسب طبيعة الأرض واتجاه الشمال، ولكن فكرة البناء الأخضر في المناطق الباردة هو أن يتعرض لأكبر قدر لأشعة الشمس في فصل الشتاء، مع مراعاة تظليل النوافذ بمقادير زاوية الشمس وفق خطوط الطول بحيث تحجب أشعة الشمس عن الفتحات الخارجية في فصل الصيف الحار.

ولكن الانفتاح على أشعة الشمس محدود أيضاً بكفاءة البناء في العزل الحراري، فإذا لم يكن البناء مميزاً حرارياً فلن ينتفع من أشعة الشمس إلا مؤقتاً!

والتظليل يساعد في تلطيف الجو خلال فصل الصيف الحار، وهذا التصميم المعماري المناخي ضروري في الأبنية الواقعة في مناخ حار، فانظر إلى مسطح الطابق الظاهر في الشكل (١١)، وكيف ألقت عناصر البناء المختلفة ظلالها على السطح: مكرر بيت الدرج، تصويئة السطح وخزانات المياه. وهذا يخفض من درجة حرارة هذه العناصر في فصل الصيف الحار الأمر الذي يجعل منها وسائل تبريد وتلطيف للأجواء الحارة المحيطة بالبناء.

شكل (١١):

مسطح بناء يظهر مكرر الدرج
وخزانات مياه على السطح واتجاه الظل



لذلك يمكننا القول إن التصميم المناخي يستدعي أخذ موقع بيت الدرج بعين الاعتبار إذا شئنا تظليل السطح، فوجود الدرج جهة الشمال مثلاً لا يسهم في التظليل إطلاقاً.

ويمكننا ملاحظة أهمية توزيع خزانات المياه على السطح بحيث تتوزع الظلال على أكبر مساحة ممكنة. وأخيراً، نلاحظ أثر ظلال التصوينية، إذ يمكن بناء تصوينية الجهة الجنوبية بارتفاع أعلى نسبة لباقي التصوينات في الجهات الأخرى بحيث تلقي ظلالاً أطول على السطح.

وقد يتم الاستفادة من هذه الظاهرة في بناء فناءات مغلقة تصلها أشعة الشمس في فصل الشتاء فتخزن الموجات الحرارية في غازاتها، تماماً كما يحدث في ظاهرة الانحباس الحراري، فترتفع درجة حرارة الفناء في أثناء النهار فيما تحجب أشعة الشمس عن الفناء في الصيف.



صورة (٣٠) :

تظليل المداخل الزجاجية للأبنية في فصل الصيف

ويلاحظ في الصورة (٣٠) استطالة المظلة الحجرية الضخمة وبروزها إلى الخارج على نحو يظل مدخل البناء بالكامل خلال فصل الصيف عندما تكون زاوية الشمس مرتفعة كثيراً عن الأفق. لقد منعت المظلة أشعة الشمس من الدخول تماماً، إذ يلاحظ كيف حجب أشعة الشمس عند أرضية المدخل تماماً.



صورة (٣١) :

تدخل الشمس في فصل الشتاء عبر الزجاج

أما في فصل الشتاء فتسمح المظلة الحجرية نفسها لأشعة الشمس بالدخول لتعبر من خلال الزجاج لتقوم بتدفئة هواء الفناء والذي بدوره يمرر الحرارة الى داخل البناء عبر نوافذ صغيرة رؤية أحدها على الجانب الأيمن في المدخل أو تنتقل الحرارة عبر الاشعاع Radiation او الحمل Convection أو التوصيل الحراري Conduction من خلال الجدران والفتحات من حولها.

إن تصميم الواجهات الخارجية حرارياً مسألة أساسية في الأبنية الخضراء وكذلك هي مسألة التظليل والأثر المباشر الذي تحدثه داخل الأبنية؛ ولكن حساب كمية الهواء المتسربة إلى الداخل مسألة معقدة أخرى، لذلك فإننا سوف نحاول فيما يلي دراسة إشكالية تسرب الهواء من الفتحات الخارجية للأبنية والسعي صوب الكشف عن بعض عناصرها الأساسية.

٣-٤ حركة الهواء داخل الأبنية

في الأبنية الخضراء ينبغي أن تدرس حركة الهواء فيها بطريقة دقيقة، بحيث يتجدد هواء الأبنية النقي ونتخلص من الهواء الفاسد مع مراعاة عدم الإفراط في ذلك، لأن التهوية المفرطة في فصل الشتاء تسهم في فقدان الطاقة من داخل الأبنية إلى الخارج، كما أن التهوية المفرطة في أيام الحر تسهم في رفع درجة حرارة البناء على نحو غير مريح.

كان واضحاً من خلال دراسة العديد من الأبنية الأردنية التقليدية أن الهواء الداخلي كان يتغير أكثر من مرة في الساعة الواحدة، وذلك استناداً إلى سرعة الرياح في الخارج واتجاهها، واستناداً إلى عدد الفتحات الخارجية واتجاهها ومساحاتها، فضلاً عن نوع النوافذ والأبواب التي تؤثر هذه الفتحات الخارجية، من حيث المواد المصنوعة منها وسماكتها وكفاءتها الحرارية وآلية عملها وطول الشقوق فيها وطول أماكن ارتباطها بالفتحة الإنشائية وما إلى ذلك.

وبالمقابل، فإن تضيق الخناق على البناء من حيث إحكام إغلاق النوافذ والأبواب يستدعي النظر في دراسة تزايد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو الداخلي بحيث لا تتجاوز النسب المسموح بها.



شكل (١٢) :
جهاز لقياس ثاني
أكسيد الكربون
والرطوبة النسبية
ودرجة الحرارة

وقد أجريت هذه الدراسة باستخدام أجهزة قياس نسبة ثاني أكسيد الكربون في الفضاء الداخلي للمنازل ومقارنته بمحتوى الهواء الخارجي الثابت نسبياً (نحو ٣٨٠ جزءاً بالمليون)، وقد اتضح أن محتوى الهواء الداخلي من ثاني أكسيد الكربون في الأبنية التقليدية لم يرتفع كثيراً بالرغم من نشاطات الإنسان المختلفة التي تنتج كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون، وهذا يعني أن الهواء كان يتجدد باستمرار. ولا بد من الإشارة هنا إلى أن الدراسة أجراها المؤلف على شقق ومنازل تتراوح مساحاتها بين ١٥٠ إلى ٢٥٠ متر مربع ولم تنشر بعد.

ونعتقد أن الشقق السكنية الأصغر مساحة والأكثر اكتظاظاً بالناس ربما تظهر نسب أعلى من ثاني أكسيد الكربون في خليط الهواء الداخلي من الغازات، وبالتالي ربما يتضح أنها تجدد هواءها في فترات زمنية أطول، الأمر الذي يجعل منها أكثر حفظاً للطاقة في فصل الشتاء، ولكنها تكون أكثر تعرضاً لتكاثف بخار الماء Condensation ونمو العفن Fungus فيها.

والناظر المتمعن في طريقة تصميم الأبنية القديمة، كالتى تظهر في الصورة (٣٢)، يجد أن فتحات الأبنية الخارجية كانت صغيرة جداً في الكثير من الحالات بحيث لم تتجاوز ٥ - ٦٪ من

مساحة الواجهات الخارجية مقارنة بالأبنية التي تمت السابقة
الدراسة عليها سابقاً وتراوح بين ٢٠ - ٣٠٪.



صورة (٣٢) :

أبنية عتيقة في قرية السماكية بالكرك - الأردن

وفي حال الأبنية القديمة فإن الشقوق الإنشائية الواقعة
بين إطار النافذة والجدار غير موجودة، وذلك لأن الإطار مغطى
بالقسارة Plastering أو الطين ولا تظهر أي شقوق بينهما.

ثم إن طبيعة فتح وإغلاق النوافذ في الأبنية القديمة كانت
مختلفة، إذ تتحرك الدرف المتحركة بفعل فصالات وتغلق بإحكام،
الأمر الذي يمنع تسرب الهواء عبر الشقوق على عكس ما يحدث

في حال نوافذ الألومنيوم السحاب التي يتسرب الهواء منها عبر مناطق التقاء الدرف السحاب بالإطار، كما يتسرب الهواء عبر الشقوق الواقعة بين الإطار والعنصر الإنشائي ولذلك يمكن أن يكون أحد الحلول في الأبنية الخضراء إلغاء حركة النوافذ تماماً وتصميمها على النحو الظاهر في الصورة (٣٣) بحيث تكون ثابتة لا تفتح إطلاقاً.

إن هذا الحل الصارم يستدعي تصميم البناء بطريقة مناسبة بحيث تسمح النوافذ الأخرى بحركة كافية للهواء في داخله، أو ربما تنظيم التهوية بوسائل ميكانيكية أو وضع أجهزة إلكترونية لمراقبة ذلك.



صورة (٣٣) :
نوافذ ثابتة في جدران بناء أخضر

خلاصة القول إن تبدل الهواء بكثرة في داخل البيت الأخير
المقام في المناطق الباردة نسبياً يسهم في فقدان كميات كبيرة من
الطاقة، ولكننا في الوقت نفسه نتساءل:

هل يؤدي إحكام إغلاق الفتحات الخارجية تماماً إلى
أقصى توفير ممكن في الطاقة؟ وفي الوقت نفسه نتساءل أيضاً:

هل يؤدي ذلك الإجراء إلى ارتفاع منسوب غاز ثاني أكسيد
الكربون في داخل المنازل على نحو خطير؟

نعتقد أن الأبنية الأردنية لم تصل بعد إلى تلك المرحلة،
والأبحاث عندنا حول هذه المسألة ما زالت قليلة، ولكن المطلوب
هنا هو إبداع طريقة متوازنة في حال الأبنية الخضراء بحيث
تكون كمية تسرب الهواء أقل ما يمكن وفي الوقت نفسه نحصل
على القدر الكافي من الإنارة الطبيعية.

وبالرغم من أن تسخير فتح الأبواب الخارجية للدخول
والخروج يسهم في تحسين نوعية الهواء الداخلي، فإنه من
المستحسن دراسة إمكانية تنقية الهواء ميكانيكياً بحيث يتم
استغلال الطاقة الحرارية الكامنة في الهواء الداخلي وخطؤها
بكمية صغيرة من الهواء الخارجي لزيادة نسبة الأكسجين، أو

ربما خليط من هذا وذاك، قبل أن تعاد إلى داخل البيت. فذلك يسمح بزيادة كفاءة الطاقة في البناء.

ويلاحظ في الصورة (٣٤) أن الواجهة الزجاجية لباب رئيسي فيها درفة باب واحدة يفتح بفصالات، بينما لو صمم الباب سحاباً أو منزلقاً على سكة لسمح بدخول كميات عظيمة من الهواء لأن مناطق الانزلاق تتعرض للاهتراء وتسمح بتسرب الهواء أو دخوله.



صورة (٣٤) :

أبواب في واجهات خارجية تمنع تسرب الهواء

خلاصة القول إن الأبنية الخضراء في المناطق الباردة لن تكون خضراء إذا لم تستطع منع الهواء الداخلي الدافئ من الهروب إلى الخارج في فصل الشتاء، أو إذا لم تمنع الهواء الحار من الدخول إلى البناء في فصل الصيف (وفق طبيعة المنطقة الجغرافية طبعاً)، وذلك مهما ارتقت الأبنية الخضراء في مواصفاتها الحرارية أو في مصادر الطاقة النظيفة التي تستخدمها أو في التصميم المناخي الذي تتمتع به.

ولكن، وفي الوقت نفسه، ينبغي أن يتم تصميم هذه الأبنية لتوفير الهواء الصحي المطلوب لعدد الأشخاص القاطنين في البناء أو الأعداد التي قد تزيد عن ذلك، وبأقل التكاليف الممكنة، مع توفير صفة الاستدامة والراحة الحرارية والراحة النفسية والأكسجين الكافي لتأمين أسس الصحة العامة لدى السكان، ولكن ليس على حساب الإنارة الطبيعية.

ويمكن أن تظهر براعة المصمم المعماري التاريخية في الصورة (٣٥) حيث جعلت النوافذ أقل مساحة ممكنة وفي الوقت نفسه توفر أعظم قدر ممكن من أشعة الشمس داخل فناء الكنيسة، كما يظهر في نوافذ كنيسة جميع القديسين في مادبا، حيث تم بناء براطيش Sills النوافذ بميلان للسماح بدخول أعظم قدر ممكن من الإنارة إلى الداخل، كما بُني القمط Lintel على

نحو متدرج لتحقيق الغرض ذاته، مع مراعاة جعل مساحة النوافذ أصغر ما يمكن!



صورة (٣٥):

نوافذ ينظر إليها من الداخل لمبنى كنيسة الرسل في مادبا- الأردن

٤-٤ ألوان مواد البناء

وبناء عليه، فإن هناك عوامل كثيرة تؤدي إلى خلق أجواء مريحة في داخل الأبنية صيفاً شتاءً. ويمكننا القول إن من بعض العوامل المهمة في خلق هذا الجو المريح هو التصميم المناخي

للأبنية، وهناك أيضاً حسن اختيار مواد البناء المستعملة في البناء، كما تحدثنا في الفصل السابق، وبراعة دمجها في التصميم المناخي، كالطين والقش والحجارة الطبيعية، فهي مواد مناسبة جداً للبناء من حيث العازلية الحرارية (الطين والقش، مثلاً) صيفاً شتاءً، ومن حيث اللون الخارجي الذي يتمتع بخاصية عكس أشعة الشمس في فصل الصيف وبقدرة خاصة على قلة ابتعاث الحرارة في فصل الشتاء كالطين والحجارة الطبيعية. ويبدو أن هذه الخواص قد اكتشفها أجدادنا بتكرار المحاولة والمراقبة والخبرة المتراكمة عبر القرون المتراكمة من التطور التاريخي.

إن لون الطين والقش، وكذلك لون الحجر الطبيعي المائل إلى اللون الأصفر الفاتح أو إلى اللون البني اللامع؛ إنها ألوان مناسبة جداً للصيف والشتاء معاً. فالحجر اليوم، الذي يتم قصه بالمناشير الميكانيكية ليصبح أبيض اللون ناصع البياض، يفقد في فصل الشتاء، بفعل الابتعاث الحراري حوالى ٩٠ ٪ من الطاقة الحرارية التي يكتسبها من تدفئة المنزل، فيما تبتعث حصى الوديان والحجارة الطبيعية، مثلاً، نسبة ٥٠ ٪ من الطاقة الحرارية فقط. وهذا ما جعل من البيوت التقليدية التي تمتع أجدادنا في العيش بداخلها أماكن أكثر دفئاً في فصل الشتاء، وبالتالي أكثر راحة وممتعة واستدامة.

ولا ينبغي أن يُظن أن الحجارة البيضاء سوف تكون أفضل كفاءة في فصل الصيف، فقدرة الرخام أو الحجر على امتصاص أشعة الشمس تبلغ ٤٤ - ٥٣ ٪، وبالمقابل فإن الزلط والحجارة التقليدية تمتص ٢٩ ٪ فقط من أشعة الشمس الساقطة عليها. وهذا يعني أن الأبنية التقليدية التي أشادها أجدادنا كانت ألطف جواً في فصل الصيف الحار أيضاً، وبالتالي كانت أكثر راحة وممتعة للسكن فيها.

جدول (٣) :

الابتعاثية الحرارية للمواد المختلفة عند درجة حرارة (٣٥) و (٥٠٠) س

الابتعاثية (e)		المادة
عند 500° س	عند 35° س	
0.7	0.91	الخرسانة والقضارة
----	0.93	الرخام المصقول
----	0.92	الزجاج
0.68	0.96	الإسفلت
----	0.83 - 0.92	الخشب (حسب النوع)
----	0.94	الخرزف (اللامع)
0.75	0.93	الطوب الطيني المشوي
0.75	----	(أحمر، خشن)
0.06	0.03	(أملس، مزجج)
0.18	0.11	الألومنيوم (لامع، مصقول)
----	0.3 - 0.5	(صدئ)
0.08	0.05	طلاء الألومنيوم
----	0.90	القصدير (لامع، مصقول)
----	0.98	الطلاءات (أبيض)
----	0.92 - 0.96	(أسود، غير لامع)
----	0.96	(ألوان أخرى)
----	0.96	الماء والجليد

المراجع: دليل مواد العزل الحراري، الجمعية العلمية الملكية، 1993.

صحيح أن التنوع في مواد البناء المحلية يفتح آفاقاً عظيمة للإبداع في التصميم المناخي للأبنية، ولكن ماذا بشأن المناطق الفقيرة جداً في مواد البناء، فماذا يستطيع التصميم المناخي فعله في تلك الأحوال؟

لنأخذ مثلاً أبنية القطب الشمالي حيث مواد البناء محدودة جداً وحيث درجة الحرارة متدنية للغاية، فهل نستطيع أن نتحدث عن تصميم مناخي؟



صورة (٣٦) :

بيت جليدي «أخضر» في القطب الشمالي

إن الصورة (٣٦) لافتة من حيث استخدام الجبل الجليدي كموئل بشري، فكيف يستقيم ذلك ودرجات الحرارة متدنية جداً حيث تصل إلى ٧٠ درجة مئوية دون الصفر؟ وهل يمكن أن ندعي أن هذه الأبنية الثلجية يمكن أن تكون أبنية خضراء كذلك؟

قد يظن أنه لا توجد علاقة مهمة بين الأبنية في بلادنا والموائل الثلجية في القطب الشمالي التي برع في هندستها وبنائها شعب الإسكيمو، فنحن أبناء حوض البحر الأبيض المتوسط في بلاد الشام وطرز أبنيتنا مختلف تماماً، ولكن التريث والتفكير قليلاً في آلية عمل هذه المنازل فيما يتعلق بالاتزان الحراري خلال درجات حرارة خارجية متدنية جداً من شأنها أن تضيء بعض الأفكار حول تصميم أبنيتنا الواقعة في المناطق الباردة نسبياً أو في المناطق الحارة سواء بسواء.

لنفترض أن سماكة الجدار الجليدي يساوي سماكة جدران أبنيتنا تقريباً، كما يظهر في الصورة (٣٧)، فإن درجة الحرارة الخارجية في القطب الشمالي هي عشرات الدرجات دون الصفر المئوي؛ وعليه، فإن درجة حرارة سطح الجدار الجليدي من الداخل لا بد أن تتدنى قليلاً عن الصفر المئوي حتى يظل متماسكاً.

ولكنه عند استخدام وسائل التدفئة قليلاً (كاحتراق شمعة مصنوعة من دهن الفقمة مثلاً)، فإن الطبقة الداخلية التي تشكل جسم الجدار الثلجي سوف تتحول إلى مسطح مائي. ولكن، ما يلبث أن يتجمد المسطح المائي الرقيق عندما يفتح أصحاب المنزل الباب قليلاً أثناء دخولهم وخروجهم فتتحول المياه إلى جليد لتغلق كافة الفراغات التي ظلت مفتوحة عند بناء البيت فيما بين القطع الثلجية المتباعدة.



صورة (٣٧) :

بيت صغير للاسكيمولا تستطيع دخوله الدببة القطبية

إن حرارة الإنسان التي يبتعثها بالإشعاع والتوصيل والحمل، فضلاً عن الطاقة الحرارية الناجمة عن شمعة صغيرة تحترق من دهن حيوان الفقمة تكفي لتدفئة المنزل، وذلك طالما أن رداء السكان من الفرو وفراشهم من أغطية دافئة أيضاً. فماذا نتعلم من أصحاب هذه البيوت وأنماط حياتهم؟

إن الأغطية الدافئة سميكة ومقاومتها لفقدان حرارة الجسم عالية، وهذا جزء مهم في التصميم المناخي للأبنية الخضراء سوف نخصص له الفصل الخامس: العزل الحراري والراحة الحرارية، ولكن ماذا بشأن بناء الثلج نفسه، كيف يمكن أن يكون مادة بناء مناسبة؟

إن فقاعات الهواء المحبوسة داخل الثلج تشكل مادة طبيعية عازلة للحرارة تضيي على البناء راحة حرارية نسبية معقولة، فإنها تسمح لدرجة الحرارة في الداخل أن تصل إلى نحو الصفر المئوي وذلك إذا كانت الحرارة في الخارج نحو ٥٠ درجة تحت الصفر.

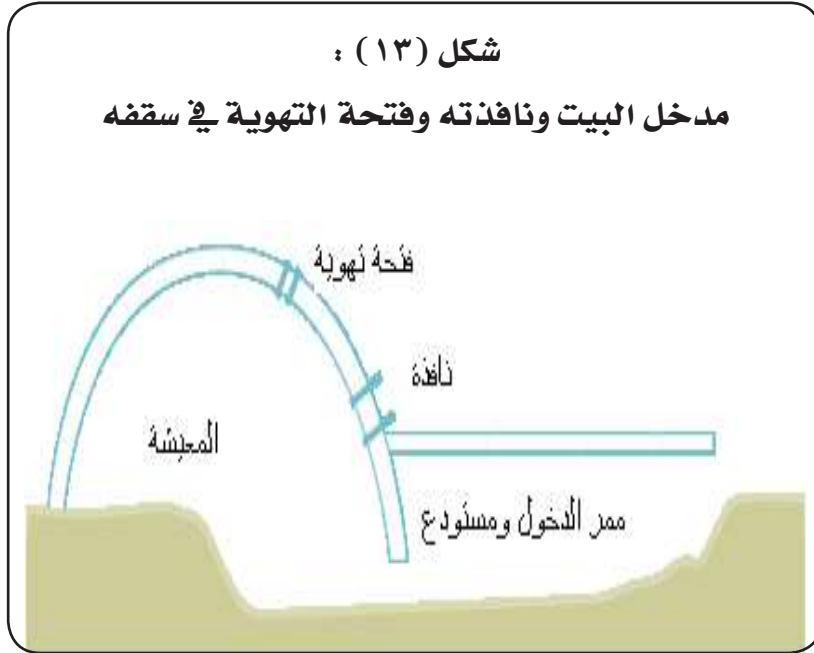
تخيلوا معي شتاءنا عندما يكون قاسياً جداً، فإن درجة الحرارة في الخارج تصل إلى ١٠ درجات تحت الصفر، فماذا يحصل لو رفعنا درجة الحرارة في الداخل ٥٠ درجة؛ هذا يعني أن الحرارة في الداخل سوف تصبح ٤٠ درجة مئوية؛ وهذا يتجاوز بكثير درجات الحرارة المريحة (٢٢ - ٢٥ درجة مئوية).

نتعلم من الإسكيمو كذلك أن مواد العزل الحراري في الجدران مهمة جداً، وأنه كلما زادت كفاءة الغلاف الخارجي الحراري قلت حاجة البناء إلى الطاقة المستهلكة لتبريده أو تدفئته.

ونتعلم أيضاً من هندسة البناء عند الاسكيمو أن منع الهواء الخارجي البارد من الدخول مسألة في غاية الأهمية، لذلك يقوم السكان ببناء مدخل خاص للغرف على شكل نفق يفصلهم عن العالم الخارجي ويعزلهم عن هبات الريح (لاحظوا النفق عند مدخل البيت الجليدي في الصورة ٣٧ والشكل ١٣).

شكل (١٣) :

مدخل البيت ونافذته وفتحة التهوية في سقفه



ويلاحظ في التصاميم الأخيرة أن فتحة التهوية تقع في مكان مرتفع، وهي صغيرة جداً لمنع فقدان الكثير من الطاقة الحرارية، كما يلاحظ أن مكان نوم سكان المنزل مرتفع عن الأرض حيث يتجمع الهواء الأكثر دفئاً في موئلهم الجليدي.

إن مواقع النوم في شكل (١٣) تكون أعلى ما يمكن كي يصل إليها الهواء الأدفأ الصاعد إلى أعلى. وتوضع جلود الحيوانات وفرائها فوق الجدران من الداخل للشعور براحة حرارية أفضل. وهذا يمكن أن يوحي لنا بوضع طبقة من العازل الحراري على الأسطح الداخلية للأبنية غير المعزولة حرارياً، كالصور المصنوعة من الصوف السميك أو وضع الأقمشة السمكية والصوف والسجاد وما إلى ذلك، بحيث تسمح بتحسين كفاءة الجدران في العزل الحراري وفي العزل الصوتي كذلك.

ويمكن معاينة الفرو الذي يلبسه الاسكيمو والأغطية المصنوعة من الفرو أيضاً التي تغطي أماكن الجلوس ومراقد النوم وجدران البناء من الداخل، لإضافة كفاءة إليه في العزل الحراري.

وتظهر في الصورة (٣٨) مجموعة من البيوت التي رسمها شارلز فرانسيس هول في عام ١٨٦٥ (Arctic Researches and Life Among The Esquimaux)، وهي تشكل مستعمرة صغيرة قابلة للتوسع باستمرار.



صورة (٣٨) :

مستعمرة من بيوت الاسكيمو رسمت عام ١٨٦٥

ويمكننا أيضاً اقتراح دراسة علاقة عدد السكان بمساحة هذه الأبنية والحكمة من تلاصق هذه الأبنية، وكمية الإنارة المطلوبة وما إلى ذلك من ظواهر تجعلنا نقرب من تصميم البناء المثالي المناسب لكل ظروف مناخية واجتماعية واقتصادية مميزة، وفوق ذلك كله فإن البناء الدائري هو الأكثر كفاءة حرارياً من الأشكال الهندسية الأخرى لأنه يقدم أكبر حجم بأقل مساحة سطحية ممكنة.

الأبنية الخضراء

١٣٦

الفصل الخامس

العزل الحراري

والراحة الحرارية

الأبنية الخضراء

١٣٨

الفصل الخامس

٥- العزل الحراري والراحة الحرارية

١-٥ تقديم

وظيفة البناء الأخضر شبيهة بوظائف جسم الإنسان، حيث تقوم الطبيعة البشرية، وهي محطة تحليل الفضلات الأكثر كفاءة في العالم، بهضم الطعام على أفضل وجه والاستفادة منه ثم تكريره والتخلص منه ليصبح سماداً؛ أما من جهة أثر المناخ على الإنسان والأبنية الخضراء، فلدى الإنسان قدرة فريدة على التأقلم مع التغيرات المناخية، على عكس الكثير من الفصائل الأخرى، التي لا تستطيع التأقلم، كما يحدث اليوم مع الكثير من الفصائل الحيّة التي لم تحتمل الارتفاع المضطرد في درجات الحرارة بفعل التغيرات المناخية التي يتعرض لها كوكبنا الأرض.

وربما يعود سبب ذلك التأقلم التاريخي للإنسان إلى الدورات المناخية المتغيرة التي مرت على عصور تطور الإنسان التاريخي، فضلاً عن قدرة الإنسان العقلية والمهارات اليدوية التي يمتلكها وخياله المفتوح على اللامتناه وتخطيطه المنظم وإدارته

المتسقة للأزمات؛ وهذه صفات لا يتمتع بها سوى الإنسان وحده في مملكة الحيوانات قاطبة.

فقد عاصر الإنسان التقلبات المناخية التي حتمت عليه حياكة الملابس الدافئة وتغيير نمط تغذيته، فمهما استمد الإنسان من الطاقة الحرارية عبر الغذاء والشراب فإنه لا يستطيع العيش في المناطق الباردة إلا بكساء دافئ، وإلا كان فقدان الحرارة عظيماً وأودى بحياته وآل إلى انقراض جنسه.

ومن المثل الأخير نستمد فكرة العزل الحراري في الأبنية الخضراء، حيث يقاوم العزل الحراري في الجدران والأسقف والأرضيات هروب الطاقة إلى الخارج في فصل الشتاء على نحو ما يحصل للإنسان في المناطق الباردة، ومهما قمنا بضخ كميات كبيرة من الطاقة في داخل الأبنية من خلال وسائل التدفئة التقليدية المعروفة، فإن الأبنية لن تكون دافئة ومريحة؛ أما إذا وضعنا عازلاً حرارياً (بولستيرين Polystyrene، صوف صخري Rockwool، صوف زجاجي Glass Wool، بيرليت Perlite، بولي يوريثين Polyurethane، إلخ) فإن كمية قليلة من الطاقة سوف تكون كافية لتدفئة المنازل خلال فصل الشتاء البارد.

لذلك فإنه يمكن تسمية هذه الموائل المعزولة حرارياً بأنها خضراء وذلك لإضفاء عنصري الراحة الحرارية والاستدامة عليها إلى جانب توفير الطاقة وتقليل كميات الغازات الضارة المنبعثة وتوفير الحياة الصحية لقاطنيها.

إن أفضل الأبنية حرارياً هي تلك التي تقام تحت الأرض، كما فعل الرومان في شمال إفريقيا والصينيون في المناطق الحارة صيفاً، تليها الأبنية التي تتلاصق ببعض عناصرها الخارجية بكتل ضخمة، كالجبال، أو تلك التي تُحفر في الصخر، أو تلك التي تردم سطوحها بالطمم وتزرع بالنباتات؛ ثم نبدأ بالتدرج للحديث عن الأبنية المتلاصقة من جهة خارجية أو أكثر.

أما أفضل أشكال الأبنية المكشوفة للجو الخارجي بالكامل من حيث الانتقالية الحرارية، فهي الدائرة لأنها تحقق أكبر حجم في أقل مساحة سطحية ممكنة، ولكن التصاميم المعمارية تفرض أشكالاً مختلفة؛ لذلك، وكقاعدة عامة، فإنه كلما كان البناء أقرب إلى المربع كان أفضل حرارياً، وكلما زادت بروزات البناء وتعرجاته زادت مساحته السطحية الخارجية وفقد حرارة أكبر في فصل الشتاء واكتسب حرارة أعظم في فصل الصيف.

٢-٥ العزل الحراري

العزل الحراري في الأبنية له مواصفات ينبغي التقيد بها، وذلك كما يلي:

فمن حيث النوع، هناك مواد عوازل حرارية أفضل من غيرها من جهة مقاومة انتقال الحرارة من خلالها عبر الوسائل المعروفة لدينا (الحمل والتوصيل والإشعاع)، فالبولي يوريثين الموجود على الجدار والظاهر في الصورة (٣٩) هو من أكثر العوازل الحرارية التجارية والعملية المستخدمة في العالم كفاءة، لكن سعر هذه المادة العازلة مرتفع، وبالرغم من ذلك فلا ينبغي عدم استخدامها لأن كفاءتها مرتفعة.

وتظهر في الصورة (٣٩) المادة العازلة من البولي يوريثين الصفراء اللون والمتجانسة التي تم رشها يدوياً على الجدار ومن ثم شرع المكاوّل في بناء جدار من الطوب المفرغ لحمايتها من أشعة الشمس والعوامل الضارة الأخرى. لاحظ كيف يبتعد الجدار قليلاً عن العازل الحراري كي يسمح له بعكس الحرارة الداخلية التي تسعى للانتقال إلى الخارج بالإشعاع، وهذه المسافة ينبغي ألا تزيد عن سنتيمترين وإلا أصبح هناك تيارات حمل في هذا الفراغ الهوائي تسهم بدورها في فقدان الحرارة.

أيضاً نلاحظ في الصورة (٣٩) كيف تمت معالجة زاوية

الجدار كي تنغلق الفتحة الداخلية المحاذية للعازل الحراري وتمنع أي حركة للهواء بالحمل داخل الفراغ.

وبالرغم من إن مادة البولي يوريثين هي من أكثر أنواع العزل الحراري تكلفة؛ ولكنها عادة ما يتوافق السعر مع الكفاءة الحرارية فتكون المحصلة النهائية للتكلفة واحدة، بمعنى أن سماكة سنتيمتر واحد من البولي يوريثين يوفر كفاءة حرارية مماثلة لمادة البوليستيرين الممدد Expanded Polystyrene بسماكة سنتيمترين، لذلك فإننا نجد سعر الأول يصل إلى ضعف سعر البوليستيرين في المتر المربع الواحد للسماكة ذاتها، وهذا حال السلع الأخرى في السوق التي تتبع مبدأ الجودة والعرض والطلب.



صورة (٣٩) :

بولي يوريثين على سطح جدار خرساني مسلح

لذلك، فإن مواد البولستيرين والصوف الصخري وغيرها من مواد العزل الحراري تستخدم في جدران الأبنية. يستخدم البولي يوريثين في الجدران، ولكن نظراً لكفاءته العالية في العزل الحراري فإنه يستخدم في سقوف التلاجات وجدرانها لتوفير عزل حراري ممتاز، كما يظهر في الصورة (٤٠).



صورة (٤٠) :

عزل حراري (بولي يوريثين) داخل جدار تلاجية

ولا ينبغي أن يُظن أن الأبنية الخضراء تكفي بالمواصفات العامة في العزل الحراري، إذ ينبغي أن تتضاعف كفاءتها الحرارية كما يظهر في الصورة (٤١)، حيث لا تقل سماكة كل طبقة من طبقات الصوف الصخري المستخدمة في العزل الحراري عن ٥

سنتمترات؛ فحتى لو نظرنا إلى معيار السمك الاقتصادي للعازل الحراري فإن متطلبات تلويث البيئة تستدعي زيادة سماكة العزل الحراري عن الحدود الدنيا المطلوبة.



صورة (٤١) :

صوف صخري يعزل المباني الخضراء

إن كفاءة البوليستيرين المبتثق Extruded Polystyrene لا تقل في العزل الحراري عن كفاءة الصوف الصخري، وهذا العازل يأتي بسماكات متنوعة وألوان متعددة، كالأزرق والأصفر، ويفضل ألا تقل سماكته عن ٥ سنتمترات في أسوأ الأحوال، ولكن ذلك يعتمد على مساحات الفتحات الخارجية وطبيعة مواد البناء الإنشائية والنوافذ وما إلى ذلك، لذلك ينبغي تصميمها بما يتوافق مع أحوال كل بناء على حدة.



صورة (٤٢) :

بناء الطوب الخرساني المفرغ على ألواح البوليستيرين

والبولستيرين المبتثق أفضل كفاءة من البوليستيرين الممدد Expanded Polystyrene، ولكن للضرورة أحكام، فيمكن استخدام البوليستيرين الممدد طالما أنه بالكثافة المطلوبة والسماكة المناسبة لحساب المقاومة الحرارية Thermal Resistivity الكلية للجدار أو السقف، وهو أكثر ملائمة لصناعة قوالب ربس العقود المضلعة Ribbed Slabs أيضاً لسهولة التعامل معه وانخفاض سعره نسبياً.

وبناء عليه فإن اختيار نوعية العازل الحراري الملائمة للاستخدام المحدد في مكان ما من جسم البناء هي مسألة مهمة،

وكذلك هي مسألة حماية العازل الحراري من الماء أو أشعة الشمس أو منافذة بخار الماء Vapour Permeance وغيرها من عوامل طبيعية أو اصطناعية (كالمحاليل الكيميائية). فهناك دراسات لضرورة استخدام حواجز صادة لبخار الماء Vapour Barrier من شأنها أن تمنع بخار الماء من التكاثف في داخل العناصر الإنشائية (أنظر كودة العزل الحراري والرطوبة في المباني - الفصل الثالث، الصادرة عن وزارة الأشغال العامة الأردنية لعام ٢٠٠٣ والتي يجري تحديثها حالياً في الجمعية العلمية الملكية).

وفيما يلي جدول (٤) لقيم الموصلية الحرارية Thermal Conductivity والكثافة لبعض المواد الإنشائية من شأنها أن تفتح آفاق المعرفة لاختيار مواد البناء المناسبة لرفع كفاءة الأبنية الخضراء في العزل الحراري:

جدول (٤) :

قيم الموصلية الحرارية والكثافة لبعض المواد الإنشائية

الموصلية الحرارية (W/m.c°) (k)	الكثافة (kg/m³)	المادة	
1.53-0.93 1.50-1.30 2.30-2.20	2200-1650 2300-2000 2600-2500	- حجر جيري - حجر رملي - رخام وجرانيت وبازلت	حجارة طبيعية
1.85-0.56 0.4-0.25 0.20-0.12	2400-1400 1200-800 600-400	- خرسانة إنشائية (ركام عادي، ركام خفيف) - خرسانة خفيفة - خرسانة رغوية وخلوية معالجة	خرسانة
0.72 0.48 0.46 0.19-0.08 0.25 1.40-0.32	1850 1440 1280 610-400 800 2200-1720	- قصارة أسمنتية - قصارة أسمنتية جيرية - قصارة جبسية - قصارة بيرلايتية - قصارة رغوية - ملاط (مونة أسمنتية)	قصارة
1.20 1.00 0.90-0.65 0.95	1900 1600 1400-1000 1400	- طوب خرساني عادي - طوب خرساني مصمت - طوب خرساني مفرغ - طوب خرساني مفرغ للعقدات	طوب خرساني
0.21 0.16	1000 950	- ألواح جبس - ألواح جبس مقوى بالكرتون	ألواح جبس

(المراجع: المهندس أدهم سبع العيش دليل مواد العزل الحراري
للمباني، إصدارات الجمعية العلمية الملكية، 1990)

تابع جدول (٤) :

قيم الموصلية الحرارية والكثافة لبعض المواد الإنشائية

الموصلية الحرارية (k) (W/m.c°)	الكثافة (kg/m³)	المادة	
0.18-0.14 0.15 0.09 0.11	950-600 800 500 600	- ألواح خشب رقائقي - ألواح خشب حبيبي - ألواح مخلفات الخشب مع القطران والأسمنت - ألواح صوف خشبي	ألواح خشبية
1.05 1.10	2500 2250	- ألواح زجاج الشبائيك - ألواح زجاج مقاوم للحرارة	ألواح
0.18 0.048 0.07 0.10 0.22	800 320 600 550 —	- ألواح بيرلايت - ألواح مازونايت - ألواح سليولوزية ورقية - ألواح نشارة الخشب - ألواح كرتون مقوى عادي	ألواح (أنواع أخرى)
0.032 0.037 0.04-0.032	35-30 28 60-15	- ألواح بوليستيرين مشكل بالبتق * ذات سطوح ملساء * ذات سطوح منشورة - ألواح بوليستيرين مشكل بالقبولية	بوليستيرين
0.023 0.026	30 30	- ألواح البولي يوريثين - البولي يوريثين (رغوة مطبقة في الموقع)	بولي يوريثين
0.04-0.039 0.100 0.073	160-110 400 280	- ألواح فلين ممدد - ألواح فلين مع مواد رابطة - ألواح فلين مع الأسمنت	فلين

(المرجع: دليل مواد العزل الحراري للمباني)

تابع جدول (٤) :

قيم الموصلية الحرارية والكثافة لبعض المواد الإنشائية

المادة	الكثافة (kg/m ³)	الموصلية الحرارية (W/m.c°) (k)
مواد سائبة عازلة للحرارة	160-64	0.042-0.038
	125-65	0.052-0.042
	130-112	0.068
	15	0.045
مواد متفرقة	920	2.25
	190	0.17
	400	0.43
	1000	0.60
	990	0.63
	970	0.67
	1025	0.58

(المرجع: دليل مواد العزل الحراري للمباني)

ويلاحظ في الجدول (٤) أن البولي يوريثين يمتلك أقل خاصية في الموصلية الحرارية (٠,٠٢٣) ولكن ذلك لا يعني أن نهمل مواد البناء الأخرى لأن المهم هو تحقيق انتقالية حرارية معقولة (U-value) للعناصر الخارجية للأبنية الخضراء؛ والانتقالية الحرارية تعتمد على نوع المادة العازلة وسماكتها؛ لذا، فإن اختيار المادة العازلة المحلية أو المتوافرة في أقرب مكان بالسماكة التي تحقق الانتقالية الحرارية المطلوبة هي الغاية من التصميم الحراري الأخضر للأبنية.

وبالرغم من أن الحد الأدنى لكفاءة الجدران والأسقف (الانتقالية الحرارية) مقررة سلفاً في مواصفات الأبنية لأغلب الدول، فإن زيادة كفاءة هذه الجدران والأسقف والأرضيات ميزة إضافية لجعل الأبنية خضراء بغض النظر عما يسمى «بالسمك الاقتصادي»، وبخاصة في أيامنا هذه حيث أزمة الطاقة تتفاقم في العالم وحيث المتطلبات البيئية غدت أكثر صرامة لتقليل الانبعاثات في الجو.

وإذا كانت التكلفة الإضافية لثمن العازل الحراري هي المسار الحرج، فإن الاستثمار فيها بات مجزياً في عصر ارتفعت فيه أسعار الطاقة على نحو غير مسبوق، بل وباتت شحيحة في الدول غير النفطية، وفي عصر بات تلويث البيئة مسألة مهمة

أيضاً ينبغي أخذها بعين الاعتبار، سواء على صعيد الاتفاقيات الإطارية للتغير المناخي المرتبطة بالأمم المتحدة وما صدر عنها من أجندات وتوصيات، أو على الصعيد الأخلاقي والثقافي الذي يستدعي العناية بالبيئة بوصفه واجباً أخلاقياً، وذلك للحد من التلوث الذي يهدد الكرة الأرضية بارتفاع مفرط في معدل درجة حرارة الغلاف الجوي، وبالتالي لمنع حدوث كوارث طبيعية وتغيرات مناخية عظيمة ربما ينجم عنها انقراض الكثير من الكائنات الحية، الأمر الذي سوف يهدد سلسلة الطاقة والغذاء الضرورية لبقاء الحياة الطبيعية بالشكل التي هي عليه اليوم.

٥-٣ كودة العزل الحراري ٢٠٠٩

في كودة العزل الحراري الأردنية الأحدث لعام ٢٠٠٩، لا يجوز أن تتجاوز انتقالية الجدران الخارجية للحرارة عن ١,٦ واط / م^٢. درجة (الجدران والفتحات الخارجية معاً) على ألا تقل كفاءة الجدران وحدها عن ٠,٥٧ واط / م^٢ درجة. وهذا يعني ما يلي:-

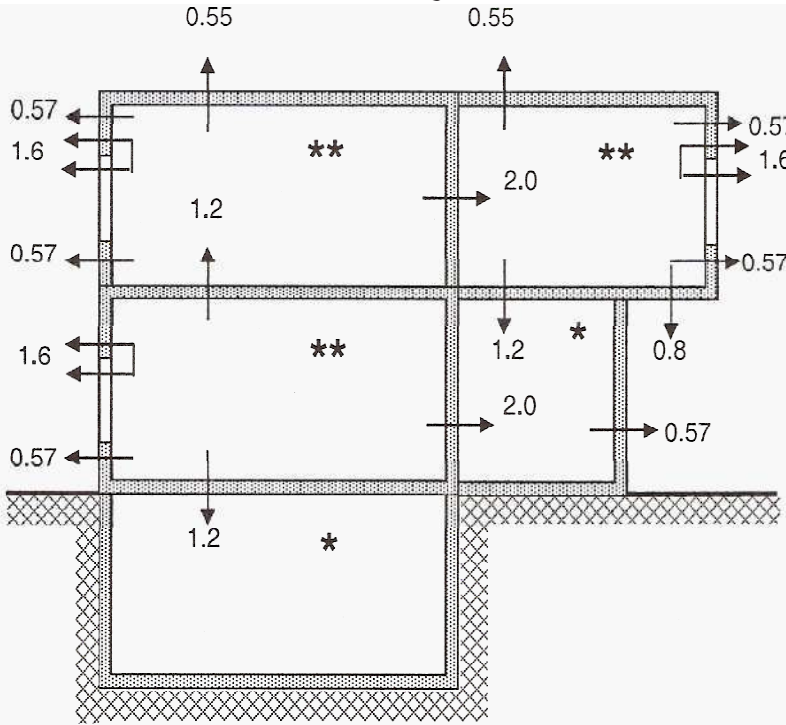
$$1,6 = 0,57 (X) + 0,6 (X-1)$$

على افتراض ان X هي مساحة الجدران الصماء وهذا يعني أنه في حال استخدام نوافذ ألومنيوم بطبقة واحدة من الزجاج، مثلاً (انتقالية حرارية تساوي ٥,٦) فإن حل المعادلة

يفضي إلى أن قيمة χ هي ٨٠٪، أي أن مساحة الفتحات الخارجية ينبغي ألا تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الجدران الخارجية لتحقيق متطلبات كودة العزل الحراري لعام ٢٠٠٩.

شكل (١٤) :

قيم الانتقالية الحرارية لمناطق متنوعة من البناء
(كودة ٢٠٠٩)



المرجع: كودة العزل الحراري والمائي لعام 2009، وزارة الأشغال العامة الأردنية.

ويستدعي التصميم المناخي للأبنية الخضراء أن تتم زيادة كفاءة الجدران في العزل الحراري بحيث تنخفض القيمة ٦, ١ إلى ما دون الواحد وأكثر، وكذلك نستطيع زيادة كفاءة الاسقف في العزل الحراري بحيث تصبح أقل من القيمة الدنيا المنصوص عليها في الكودة، وهي ٥٥, ٠ واط/مترمربع. درجة.

ونستطيع فعل ذلك بطرائق شتى كتصغير مساحة الفتحات الخارجية وتحسين الخواص الحرارية للنوافذ والأبواب وتظليلها وإحكام إغلاقها لمنع تسرب الهواء أو زيادة سماكة العزل الحراري للجدران والأسقف أو رفع كفاءتهما باستخدام مواد عازلة للحرارة أكثر كفاءة، فضلا عن اختيار الألوان المناسبة للواجهات الخارجية والأسطح المكشوفة.

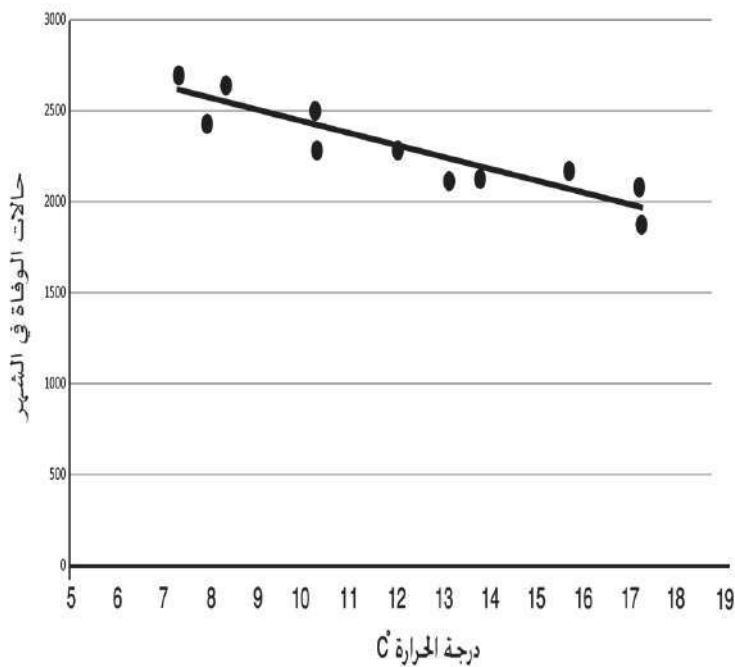
إن تلك الإجراءات الأخيرة ليست كافية لجعل البناء أخضر، فهناك عوامل أخرى كثيرة، منها كيفية التعامل مع الأشعة الشمسية باستخدام المظلات أو التظليل الخارجي على الأسطح والجدران، وكذلك دراسة كمية الهواء المتسرب إلى الخارج في فصل الشتاء والداخل إلى المنازل في فصل الصيف، ثم هناك طبيعة إشغال البناء وعدد مستخدميه وكفاءة أنظمة التدفئة والتبريد واستخدامات مصادر الطاقة الشمسية أو الطاقة الحرارية الجوفية في تزويد المبنى بحاجته من المياه

الحارة والتدفئة وما إلى ذلك. والأهم من ذلك أن تتحقق الراحة الحرارية لقاطني البناء.

٥- ٤ الراحة الحرارية

شكل (١٥) :

دراسة تظهر علاقة درجة الحرارة بصحة الإنسان



معدل حالات الوفاة مقابل معدل درجة الحرارة

ولا شك كذلك في أن صحة الإنسان وظروف المعيشة الصحية Healthy living في داخل الأبنية هي مسألة في غاية الأهمية للأبنية الخضراء، فإذا نظرنا إلى شكل (١٥) نجد أن حالات الوفاة ترتفع كلما تدنت درجة الحرارة في داخل الأبنية؛ وبناءً عليه فإن الأبنية الخضراء ينبغي أن تحافظ على معدل درجة الحرارة في فناءاتها الداخلية عند درجة أعلى من ١٨ درجة مئوية في المناطق الباردة، ولكن ذلك الشرط وحده ربما لا يحقق الراحة الحرارية المطلوبة، لذلك فإن النظر إلى شكل (٢٠) في الفصل الأخير سوف يقدم فكرة أوسع عن المعايير الأخرى المرتبطة بالراحة الحرارية.



صورة (٤٣) :

بناء يستخدم التجاويف الصخرية للحصول على الراحة الحرارية

ولكن، لماذا تتحقق الراحة الحرارية داخل البناء التاريخي الظاهر في الصورة (٤٣) ولا تتحقق اليوم في أبنيتنا التقليدية المعاصرة؟

تتمثل الإجابة عن السؤال الأخير في أن الراحة الحرارية ممكنة في البناء الذي يتعرض للأحوال الجوية الخارجية عبر واجهة واحدة فقط هي في الغالب تتجه باتجاه الجنوب لاصطياد أشعة الشمس في فصل الشتاء البارد، كهذه المغارة التي تم تحويلها إلى مسكن في عين حزير بالقرب من مدينة السلط، حيث تحافظ المغارة- المنزل على درجة حرارة الفناءات الداخلية قريبة من درجة حرارة المغارة التقليدية، وهي تتراوح بين ١٦ - ٢٠ درجة بين فصلي الصيف والشتاء. لذلك، فإن أي مساهمة حرارية إضافية من ساكني المنزل تسهم بشكل فاعل في رفع درجة حرارة الفناءات الداخلية إلى درجة مريحة نسبياً.

وقد زرنا مؤخراً منزل الشاعر سليمان المشيني في السلط وشاهدنا مغارة في داخل المنزل وهي تستخدم اليوم كمستودع بينما كانت في الماضي تستخدم لنشاطات متنوعة. ويبدو لنا أن استقرار درجة الحرارة في المغارة لا يسهم في خلق راحة حرارية داخل المغارة وحسب بل يسهم في استقرار درجة حرارة الغرف

الأخرى الكثيرة المتوزعة في داخل البناء، الأمر الذي يضيف على البناء في مجمله راحة حرارية معقولة صيفاً شتاءً.

فالأبنية الخضراء تحافظ على درجة حرارتها ثابتة تقريباً ليلاً نهاراً، كما تفعل النباتات، فإذا قمنا بقياس درجة حرارة ساق شجرة أو سطح ورقة شجر، فإننا نجد أنها ثابتة تقريباً في الليل والنهار (باستثناء سطحها الخارجي صيفاً)، بالرغم من الاختلاف الواضح بين درجة حرارة الهواء ليلاً ونهاراً.

فالأبنية الخضراء تتميز بالاستقرار النسبي في درجة الحرارة فيها، بحيث يكون فقدان الحرارة إلى الخارج في فصل الشتاء أقل ما يمكن، وبحيث يكون اكتساب الحرارة من الخارج في فصل الصيف أقل ما يمكن أيضاً.

وبالمقابل فإن ما يفقده البناء التاريخي الملاصق للصخور الطبيعية (صورة ٤٣) من طاقة حرارية خلال فصل الشتاء فإنه يسترده من الطاقة الحرارية المختزنة في الصخور.

أما الذي يكتسبه البناء من طاقة حرارية إضافية في فصل الصيف الحار فيتعادل مع مستوى الحرارة المنخفض في داخل الصخور المتصلة بالقشرة الأرضية العميقة نسبياً، وبالتالي يتم

استيعابها في باطن الأرض بصورة تدرجية، ناهيك بمساهمة حركة الهواء في التخلص من الحرارة الإضافية، كحال المساكن المستقرة حرارياً في التجاويف الصخرية الظاهرة في صورة (٤٤).



صورة (٤٤) :

أبنية مستقرة حرارياً في تجاويف صخرية طبيعية

ويمكننا التعلم من الأشجار في الطبيعة واستقرار جذورها في التربة عند أعماق إجمالاً ما تكون درجة حرارتها مستقرة طوال فصول السنة؛ وهذه الخاصية يمكن تطبيقها في الأبنية الخضراء بحيث يمكن الانتفاع من أكبر سطح مستقر حرارياً

لغايات التدفئة أو التبريد، وذلك وفقاً للمناخ السائد؛ وهذا ما نطلق عليه اسم الطاقة الحرارية الجوفية.

ويمكن اعتبار البتراء والنماذج المتنوعة الهجينة منها (كما يظهر في الصورة ٤٤) مثلاً حياً على إمكانية الانتفاع من الطبيعة المحيطة بالبناء بصورة خضراء رفيقة بالبيئة تجعل الارتحال الحراري في القشرة الأرضية الملاصقة للبناء منخفض الوتيرة، الأمر الذي يجعل من تلك الموائل أماكن مريحة للسكن وموفرة للطاقة.



صورة (٤٥) :

أبنية محفورة في الصخر بمدينة البتراء

٥-٥ البتراء نموذجاً حرارياً لليونسكو

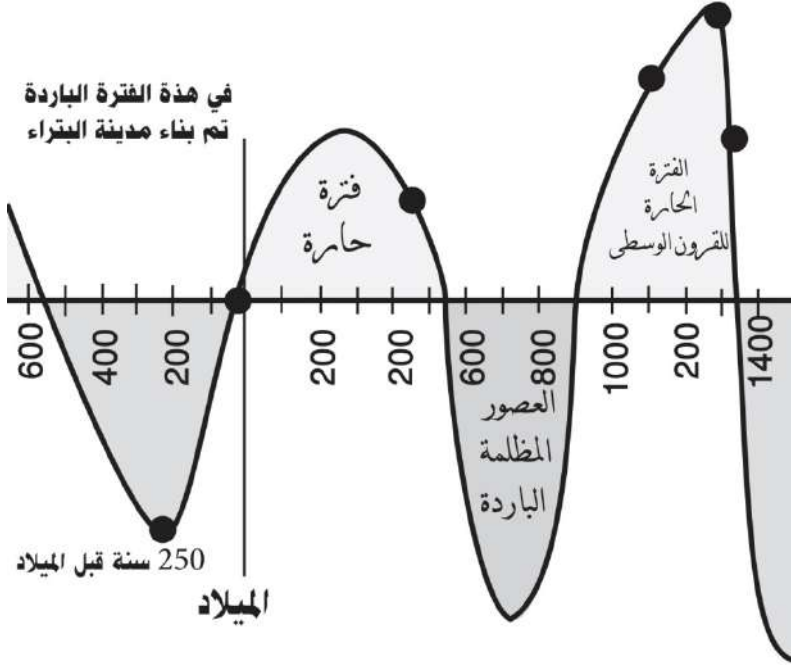
قدمنا بحثاً عن أبنية البتراء أمام المشاركين في الندوة الدولية التي نظمها اليونسكو - باريس (وكالة الأمم المتحدة للتعليم والعلوم والثقافة) التي انعقدت بين ٨ - ١٠ كانون أول لعام ٢٠١٠ بعنوان: «أخلاقيات البيئة، التنوع الحيوي والتغير المناخي»، وذلك في مدينة مونتي كارلو - إمارة موناكو؛ ويفيدنا هذا البحث في هذا الفصل لتوضيح فكرة العزل الحراري والراحة الحرارية وكيف يرتبطان معاً.

لقد طرح البحث مثلاً عن العلاقة المذكورة من خلال أبنية مدينة البتراء الأثرية، إحدى عجائب الدنيا السبع، بوصفها مادة لدراسة تكيف العرب الأنباط مع الفترة المناخية الباردة التي تعرضت لها المنطقة نحو القرن السادس قبل الميلاد واستمرت لعدة قرون.

في عصر شديد البرودة رحل العرب الأنباط في القرن السادس قبل الميلاد من شمالي شرق الجزيرة العربية الى جنوب الأردن طلباً للدفع حيث فهموا كيفية التعامل مع الطاقة الحرارية الموجودة في باطن الأردن والمخزونة في جوف الصخر، كما اكتشفوا الاستقرار النسبي لدرجات الحرارة في جوف الصخور الوردية وما توفره من راحة حرارية للقاطنين فيها.

شكل (١٦) :

تذبذب درجات الحرارة في العالم منذ ٢٦٠٠ عام



التغير المناخي عبر العصور

المرجع:

- Fagan, Brian. The Great Warming. 1st edition. New York Berlin. London: Bloomsbury press. 2006.

ومن الجدير بالذكر أن الكثير من الحضارات قد اقتبست هذه الفكرة واستخدمتها لإقامة مدن خضراء، مثل مدينة مهتار

الإيرانية التي بنيت في الصخر على نحو مماثل في القرن الثالث عشر للميلاد وذلك خلال فترة برودة مناخية تعرضت لها المنطقة آنذاك. ومن اللافت أن هذه الأبنية الغائرة في الجبال ما زالت تستخدم للسكن حتى يومنا هذا.



صورة (٤٦):

أبنية من مدينة مهتار الإيرانية

كذلك استطاع العرب الأنباط تحقيق التوازن بين الطاقة الحرارية المفقودة من خلال الفتحات الخارجية، كالأبواب، إلى جانب تلك الطاقة المفقودة من خلال الجدران الخارجية، في مقابل الطاقة الحرارية المستمدة من الجبال الصخرية وطبقات

الأرض القريبة من سطح الأرض؛ وأيضاً في مقابل التصميم المعماري المناخي للأبنية، من حيث اتجاه الفتحات الخارجية بالنسبة إلى الجنوب وحجم هذه الفتحات نسبة إلى مساحات الفراغات الداخلية كي تتحقق الراحة الحرارية.

وراقب المؤتمرون باهتمام الدروس التي يمكن تعلمها من المدينة الوردية في إنشاء الأبنية المعاصرة، من حيث انسجام طراز الأبنية مع البيئة المحيطة والمناخ السائد، فضلاً عن الاستخدام المثالي لمواد البناء وتصميم الأبنية وتوفير احتياجاتها من الماء والهواء النظيف، وتنظيم مواقع الخدمات وتصميم الطرقات وقنوات المياه والساحات العامة والأبنية الحكومية وأماكن العبادة وما إلى ذلك.

ويتطلع البحث إلى التوسع في الدراسة لأخذ نماذج من الأبنية الصخرية التي بنيت لاحقاً حول الجبال في ضوء ظاهرة التغير المناخي أيضاً، ولكن عندما بدأ المناخ يتجه نحو الدفء قبيل احتلال الرومان للبتراء، وذلك كي تكون موضوع دراسة عالمية لا تتوقف أهدافها عند توضيح علاقة البيئة المبنية The Built Environment بالتغير المناخي وحسب بل لتسلط الضوء أيضاً على المدينة سياحياً بوصفها من عجائب الدنيا السبع

وأنموذجاً حياً للتكيف مع المناخ استجابة لنداءات الأمم المتحدة عبر الاتفاقيات الإطارية للتغير المناخي بدءاً من كوبنهاجن بالدنمارك عام ٢٠٠٩ ومروراً باجتماع كانكون بالمكسيك في نهاية عام ٢٠١٠، وانتهاءً باجتماع ديربان بجنوب إفريقيا في الشهر الأخير من عام ٢٠١١ والاجتماع الذي تلاه في ريو بالبرازيل نهاية العام المنصرم ٢٠١٢.

٥-٦ الأبنية التراثية حرارياً

نجد أمثلة شبيهة بالبترء كالبناء في الصورة (٤٧) وهي لبناء في قرية السماكية من جهات الكرك بالأردن، ويظهر فيها بناء قد ردمت نسبة جيدة من محيطه من الجهة الخلفية للبناء وعلى الجانبين، الأمر الذي يجعله مستقراً حرارياً إلى حد ما، على نحو ما شاهدنا في الحالات السالفة الذكر، كالأبنية المحفورة في الصخر أو تلك التي تستخدم التجاويف الصخرية كفناعات داخلية للموائل البشرية. وهو بناء يعود إلى القرن التاسع عشر. ولكن ماذا بشأن تلك الأبنية، هل هي مميزة حرارياً من نواح أخرى أيضاً؟



صورة (٤٧) :

بناء قديم في قرية السماكية - الكرك

إذا ما نظرنا إلى الصورة (٤٨) التي تبين عقدة أو سقف بناء شبه مهدومة، فإننا نلاحظ التنوع الكبير في مواد السقف، من الخشب إلى الطين والقش، إلى الطبقة الخفيفة من الأعشاب التي نمت على السطح وتسهم في إبطاء حركة الرياح وتقليل الفاقد الحراري في فصل الشتاء فيما تلقي الظل على السطح في فصل الصيف؛ وهي كلها مواد تسهم في عزل السطح عزلاً حرارياً ممتازاً فتضفي الراحة الحرارية على البناء. وهي مواد طبيعية مستمدة من البيئة المحلية ولا تسهم بأي ضرر ملموس لعناصر البيئة المختلفة.



صورة (٤٨) :

مقطع سقف بناء متداع في قرية ماعين / جنوب الأردن

وكذلك حال الأبنية الخضراء فيما يتعلق بالغلاف الواقى من العوامل الجوية، حالها حال الأشجار في الطبيعة، فمياه الأمطار لا تخترق أوراق الأشجار وأغصانها وساقها، فيما ينبغي تصميم الأبنية الخضراء بحيث لا تمتص مياه الأمطار وإلا فقدت كفاءتها في العزل الحراري. وامتصاص الماء في الأبنية قد يتم في جذور البناء (أي أساسه) أو في أغصانه (الجسور والكمرات) أو في أوراق البناء (نوافذه وفتحاته الطبيعية على العالم الخارجي).

وبالرغم من أن أوجه الشبه التي تقوم بينهما كبيرة فإن التطابق بين الأبنية والطبيعة ليس تاماً كما يمكن أن يغلب الظن،

ففيما تمتص جذور الأشجار المياه والغذاء من التربة، فإن الأبنية الخضراء يتم تصميمها لمنع وصول مياه التربة ورطوبتها إلى عناصر البناء الإنشائية، كما يظهر بشكل واضح في الصورة (٤٩).



صورة (٤٩) :

عزل مائي للأساسات لحماية الأبنية من رطوبة التربة ومياهها

وهناك وجه شبه آخر يقوم بين الأبنية الخضراء والأشجار، ويمكننا الحديث عنه الآن في سياق إقامة أوجه الشبه والاختلاف، وهو المادة العازلة التي تغلف ساق الأشجار وتحميها من التغيرات المناخية، إذ إن الأجزاء المتشققة حول الساق تتمتع بكفاءة عالية في العزل الحراري فتسهم بالتالي في تغليف الساق وحمايته من العوامل الجوية.

وهذا ما ينبغي أن تكون عليه الأبنية الخضراء، من حيث كفاءة العزل الحراري في الواجهات الخارجية وعلى سطوح الأبنية المتنوعة الأشكال، بحيث تحمي الأجزاء الداخلية من التقلبات الجوية في درجة الحرارة والرطوبة النسبية تحديداً.

ولكن المشكلة، كما لا ريب نعلم، فإنها تكمن في وجود الفتحات الخارجية في حال الأبنية، بينما فيما يتعلق بالمحيط الخارجي للأشجار فإنه مغلق بأحكام لا مثيل له، بل يتم ترميمه باستمرار إذا تعرض الساق لأي جرح أو ضرر.

ويضاف إلى عناصر الراحة الحرارية في الموائل البشرية ما ينتجه الإنسان نفسه من طاقة حرارية في داخل بيته يتم اختزانها في ثنايا الجدران والسقوف، كما يتم اختزانها في متاع البيت على تنوع أشكالها وأنواعها، فضلاً عن أي حظائر حيوانات قد تكون ملاصقة له.

وفضلاً عن دور نوع مواد البناء ولونها في جعل أبنية الأجداد منازل مريحة صيفاً شتاءً، فإن طبيعة تصميم البناء ونمط استعماله كانت تؤدي وظائف مهمة كذلك. فكيف يكون ذلك؟

خذ، مثلاً، سماكة الجدران، فإن منزل جدي أيوب البديوي الظاهر في الصورة (٥٠) والذي تم إنشاؤه حوالي عام ١٨٦٠ في

الفحيص بحاضرة البلقاء من محافظات الأردن (الطابق السفلي منه تم تشييده في مرحلة أولى) كان يتألف من قاعة كبيرة فيها مصطبة مرتفعة بداخلها ”نقرة“ للتدفئة. والنقرة هي حفرة في الأرض كانت توقد النيران فيها.

لاحظ سماكة الجدران الخارجية الكبيرة جداً، والتي كانت تمنع الموجات الحرارية الصيفية الحارة في الخارج من الدخول إلى داخل المنزل. لذلك، كانت درجة حرارة جدرانه مستقرة عند درجة الحرارة نفسها تقريباً، وذلك خلال فصول السنة كافة، وخاصة إذا تم إحكام إغلاق الفتحة الأمامية.



صورة (٥٠) :

صورة لمنزل أيّوب البديوي أبو ديّة/ الفحيص
الأردن: بني الجزء السفلي نحو عام ١٨٦٠

كذلك، يمكن الملاحظة من الصورة (٥٠) أن الواجهة الوحيدة المكشوفة هي الواجهة الجنوبية، وقد كان جزء منها مردوماً تحت الأرض ليخدم الغرض نفسه في منع اكتساب الحرارة خلال فصل الصيف أو لمنع فقدان الحرارة خلال فصل الشتاء.

أما الجزء الذي ظل مكشوفاً من الواجهة الجنوبية فكان الغرض منه تسهيل مهمات التهوية شتاءً (نتيجة إشعال الحطب في النقرة) فضلاً عن السماح بدخول أشعة الشمس إلى أرجاء المكان كافة في فصل الشتاء عندما تكون زاوية الشمس مع الأفق أقل ما يمكن.

وبمعنى آخر فإن هذا الارتفاع الشاهق للمدخل الرئيس كان يسمح لأشعة الشمس بالدخول الى أعماق أعماق مساحة الفناءات الداخلية.

إن الراحة الحرارية في داخل البيت في فصلي الصيف والشتاء كانت تتبع في واقع الأمر من حقيقة أن درجة حرارة سقف البناء والجدران الثلاثة الرئيسة المحيطة بالبناء كانت مستقرة نسبياً، فإننا نتوقع أنها كانت تتراوح ما بين ١٤ - ١٧ درجة مئوية في فصل الشتاء، طبعاً من دون استخدام مصادر للطاقة كالحطب. بل نتوقع أيضاً أنه ربما كانت ترتفع إلى ٢٠ درجة كحد أقصى في فصل الصيف. وهذا ما كان يجعل من المنزل مكاناً مريحاً تماماً في فصل الصيف، وربما بارداً قليلاً في فصل الشتاء.

لذلك، وبهدف رفع درجة حرارة الهواء الداخلي للتعويض عن برودة الجدران الداخلية في فصل الشتاء، كانت ”النقرة“ المتموضعة على المصطبة مكاناً لإشعال الحطب لتدفئة المكان، فيما كانت الفتحة الكبيرة في الواجهة الجنوبية توفر التهوية الكافية للدخان كي يخرج من الواجهة نفسها من دون أن يتحرك في داخل الفناء الداخلي، وذلك منعاً لانزعاج القاطنين في المنزل. فإذا توافرت فتحات أخرى في واجهات ثانية لأصبح هناك حركة للدخان سوف تعيق السكن المريح والتنفس الصحي في داخل الفناءات وتزعج بالتالي سكانه وتصيبهم بالاختناق وضيق التنفس الذي نطلق عليه اليوم Indoor Sickness Syndrome.

أضف إلى ما سلف أن الحيوانات كانت توضع في مكان ما عند المدخل الخارجي الأمر الذي كان يجعل منها مصدراً إضافياً للدفع بفعل الإشعاع الحراري لأجسام الحيوانات الدافئة.

ولن نغفل عن الإشارة إلى أن نفايات الحيوانات كانت تشكل مصدراً للطاقة بفعل الروث والزبل الذي كان يستخدم كوقود للأفران بعد تجفيفه، وبفعل الغازات الدفيئة التي كانت تنطلق منها، وبخاصة غاز الميثان الذي يسهم في نحو ٢٠ - ٣٠ مرة في اختزان الموجة الحرارية من أشعة الشمس مقارنة بجزيء واحد مكافئ من غاز ثاني أكسيد الكربون، أنظر الجدول:

جدول (٥) :

قدرة غازات متنوعة على امتصاص الموجة الحرارية

21 مرة مكافئ CO ₂	CH ₄
310 مرة مكافئ CO ₂	N ₂ O
آلاف المرات مكافئ CO ₂	*CFCs

× ويفكك الجزيء الواحد منه نحو 10.000 جزيء أوزون (O₃)

٥-٧ مفهوم الكتلة الحرارية

فضلاً عن ميزات الأبنية التراثية التي تتميز بسماكة جدرانها وسقوفها فإن هناك مواد الترميم التي كانت تخزن في داخل البناء، من قمع وزيت وعدس وتبن ونحو ذلك، وجميعها مواد تساعد على تخزين الحرارة في فصل الشتاء وبذلك تساهم في تلطيف الجو واستقرار درجة حرارته في فصل الصيف. لقد كانت هذه المواد جميعها تشكل كتلة حرارية ضخمة Thermal Mass في داخل البناء تساعد على تثبيت درجة الحرارة واستقرارها خلال فصلي الشتاء والصيف، وبالتالي تساهم مساهمة فاعلة في جعل منازل الأجداد أماكن مريحة للسكن صيفاً شتاءً.



صورة (٥١):
خزانة مصنوعة من الطين والقش

ويلاحظ في الصورة أعلاه خزانة حائط مصنوعة من الطين المخلوط بالقش ومدهونة بالشيد؛ إذ تسهم هذه العناصر الثقيلة الكثيفة في اختزان الحرارة داخل المنازل في أثناء النهار وخلال إشعال المواقد، ومن ثم تعمل على إشعاع الحرارة وتوصيلها إلى الهواء المحيط بها في أثناء الليل لتجعل من الفناءات الداخلية مناطق مريحة حرارياً.

وتتكرر الفائدة ذاتها في فصل الصيف الحار حيث يسهم اعتدال درجة حرارتها في الظل بإضفاء جو مريح داخل المنزل. ويمكن القول ان كل ما كان يتوافر داخل المنزل من مواد عالية الكثافة أسهم في اضافة الراحة الحرارية على قاطني البناء الأخضر.



صورة (٥٢) :

مخازن للحبوب والطحين مصنوعة من الطين والقش

هذه المستودعات (صورة ٥٢) الثابتة والثقيلة عالية الكثافة المصنوعة من الطين والتبن أو القش، الى جانب ما كانت تحتويه من مواد غذائية أساسية تكون باستمرار مخزنة في داخل المنازل تسهم من خلال كثافتها العالية والمواد الغذائية التي تحتفظها في اختزان الحرارة أيضاً خلال ساعات النهار لتعيد ابتعاثها ليلاً لتضفي الراحة الحرارية على قاطني البناء.

الفصل السادس

الحصاد المائي

الأبنية الخضراء

١٧٨

الفصل السادس

٦- الحصاد المائي

٦-١ مقدمة

لا يخفى على أحد أن بعض المناطق المرتفعة في الأردن وفي العديد من المناطق في الوطن العربي التي تعاني من شح في المياه تتمتع بموسم مطري جيد في فصل الشتاء يمكن خلاله جمع مياه الأمطار في آبار تحت الأرض أو ربما في أحواض مكشوفة. ولا يخفى على أحد أيضاً أن بعض المناطق الصحراوية، وبخاصة نحو بداية فصل الربيع، تتعرض إلى فيضانات مفاجئة يمكن خلالها جمع كميات كبيرة من مياه الأمطار بوقت قياسي قبل أن تذهب هدرا إلى الوديان أو يتبخر معظمها في الأجواء الجافة!

موضوعنا في هذا الفصل الآبار المنزلية، وهي محاولة لتوضيح أهميتها في توفير المياه صيفاً. فنحن اليوم نستنزف المياه من مصادر جوفية وسطحية غير متجددة، ولابد من النظر في المجهود الفردي لجمع المياه على محمل الجد، كما فعل أجدادنا، بشرط أن يكون مدعوماً بإرادة عامة متمثلة في هيئات التنظيم المختلفة في المدن والأرياف.

وهذا لا يعني أن الاهتمام بالحصاد المائي على الصعيد العام الأوسع غير مهم، إنما لا يدخل ضمن مهمات هذا الكتاب وسوف يكون محصوراً باستعراض التجارب التاريخية لجمع مياه الأمطار خلال الفترات الإسلامية المتعاقبة على الأردن لغاية العصر العثماني.

فلنبداً بالافتراض أن هناك العدد الآتي من الشقق والمساكن المستقلة التي يتم إشغالها سنوياً في الأردن:

شقق بمساحة أقل من ١٥٠ م^٢ (٢٥٠٠٠ شقة)

شقق بمساحة أكبر من ١٥٠ م^٢ (١٠٠٠٠ شقة)

فلل ومساكن مستقلة متنوعة المساحات (٤٠٠٠ مسكن)

وقد افترضنا هذه الأرقام بناء على الخبرة وبعض الإحصائيات المنشورة، ويمكن تعديلها وفق إحصائيات أكثر دقة، ولكنها في هذه المرحلة تقدم لنا مؤشراً مهماً على أقل تقدير.

فإذا فرض نظام الأبنية ضرورة توفير بئر ماء (وهو نظرياً موجود في النظام أصلاً) بحجم لا يقل عن ١٠ م^٣ للشقق الصغيرة، ٣٠ م^٣ للشقق الكبيرة، و١٠٠ م^٣ للفلل الكبيرة، فإن مجموع ما سوف يتم جمعه سنوياً يقترب من مليون متر مكعب. فهل هذا كل ما نستطيع تجميعه من مياه المطر؟

يتضاعف هذا الرقم أكثر من مرة في الكثير من المناطق لأن التخزين يتكرر في الموسم المطري الواحد فيما يكون استهلاك المياه مستمراً خلال فصل الشتاء أيضاً، فنحن نتحدث عن معدل ٥ مرات امتلاء تام خلال الموسم المطري!

إذن، نحن نتحدث عن ٥ مليون متر مكعب من المياه سنوياً تمثل قدرة التخزين للمساكن الجديدة في كل عام، وسوف يتضاعف هذا الرقم في العام القادم ويزيد لأن أبنية مماثلة سوف يتم إشغالها، وهكذا. وإذا أضفنا إلى ذلك ترميم الآبار القديمة وإعادة تأهيل الحفائر والسدود الترابية والأحواض العتيقة فإننا لا ريب سوف نجمع حاجتنا من مياه الأمطار في أقل من عقد من الزمن.

نحن على يقين أن هذه الأفكار ستجد بعض الاعتراضات، مثل صعوبة جمع مثل هذه الكميات من المياه في بعض المناطق، وصعوبة توزيعها على خزانات متعددة في المبنى الواحد، وزيادة تكلفة البناء، وأن تكثيف بخار الماء ما زال مكلفاً ونحو ذلك من اعتراضات مشروعة.

نقول: إن ما يسقط على السقوف من أمطار وما تفقده خزانات المياه التي تسرب المياه بفعل عطل عواماتها أو الثقوب في الخزانات ونحو ذلك سوف تكفي لملء الآبار في العديد من المناطق المرتفعة، وإن لم تفعل فإن التراسات والأماكن المكشوفة بإمكانها

جمع المتبقي من قدرة الخزانات التخزينية. فكميات المياه التي تهطل على كل منطقة معروفة وحساباتها سهلة.

هذا المنهج في التخطيط يوفر دعماً لفكرة الاستدامة التي طالما تغنينا بها. وإذا دعمنا ذلك بخطط الاستثمار في الطاقة المتجددة كطاقة الشمس والرياح لتحلية مياه البحار ولتكثيف بخار الماء في الصحاري، فانتنا لا شك سائرون في الاتجاه الصحيح.

أنظر مروحة الرياح العملاقة التي اخترعها الفرنسيون مؤخراً وتقوم بإنتاج ماء مقطر من بخار الماء المتوافر في أجواء العالم من دون الحاجة إلى أي وقود أحفوري ملوث للبيئة.



صورة (٥٣) :

مروحة رياح تنتج مياهها نقية
للشرب من بخار الماء المتوافر
كرطوبة في هواء الصحراء

٦-٢ المردود الاقتصادي للآبار

فيما يتعلق بالتكلفة الإضافية على سعر البناء، وهي حجة ما فتئت تتردد، فإن ضم الخزانات إلى جدران المبنى عند التأسيس لا يضيف أي تكلفة إضافية تذكر، وقد قمنا بدراسة تكلفة بئر ماء سعته ١٠٠ م^٣ تم إنشاؤه تحت الأرض بعيداً عن البناء، ووصلت تكلفته عام ٢٠٠٨ إلى نحو ١٨٠٠ دينار أردني (نحو ٢٥٧٠ دولار أمريكي)، شاملاً الحفر والعزل المائي. وفي فصل شتاء ٢٠٠٨-٢٠٠٩، تم امتلاء البئر بالكامل أربع مرات، لأنه كان موصولاً بسقف البناء وبيع بعض الساعات من أمامه، أي أنه جمع ٤٠٠ م^٣ في موسم واحد.

فإذا ما حسبنا قيمة هذه المياه وفقاً لسعر صهاريج الماء للمتر المكعب، فإن قيمة المياه التي جمعها تعادل ألف وأربعمئة دينار، على حساب أن سعر المتر المكعب من مياه الصهاريج يتراوح في فصل الصيف بين ٣ - ٤ دنانير. وإذا حسبنا كمية المياه التي استهلكها البناء خلال فصل الشتاء بالكامل وذلك خلال عملية حصاد مياه الأمطار، فإننا نعتقد أن تكلفة البئر قد تم استردادها في عام واحد فقط. فأى مشروع قوي يسترد استثماره في العام نفسه؟



صورة (٥٤) :

بئر حديث لحصاد مياه الأمطار

وتتنوع تقانة حفر الآبار وإقامتها، فهناك الآبار التي تحفر في أنواع من الصخر على شكل إيجاصة، وهناك الآبار التي تقام من الخرسانة المسلحة وتلك التي تقام من الطوب وهكذا. وحبذا لو تقوم القوات المسلحة (الشركة الوطنية للتشغيل والتدريب) ومؤسسة التدريب المهني بتأهيل المختصين لحفر الآبار بالطرق التقليدية التي ورثناها عن الآباء والأجداد، كالأبار المحفورة في الصخر على شكل إيجاصة، وذلك لرفد سوق العمل بالمختصين في هذا المجال، كما تفعل هذه المؤسسات الوطنية اليوم مشكورة في تأهيل الشباب للمهن والحرف المتنوعة في مجال البناء وغيره.



صورة (٥٥) :

حفر في طبقات صخرية لتهيئة بئر ماء

فإذا شعر المواطن أن تكلفة إقامة بئر ماء من الخرسانة المسلحة عالية جداً بحيث تفوق ميزانيته، فإننا نقترح وسائل أخرى بديلة ممكنة، نذكر منها: إعادة استخدام الحفر الامتصاصية القديمة. ونقصد بذلك ترميم الحفر الامتصاصية التي تم الاستغناء عنها عندما تم ربط المياه العادمة بالمجاري العامة.

إن بالإمكان إعادة بناء جدار من الطوب من الداخل حول محيط الحفرة الامتصاصية وتغطيته بالشبك المجلفن لتقويته ثم

قصارته بالإسمنت المضاف إليه بعض المواد الكيميائية المتوافرة محلياً لتقويته ومنع نفاذ الماء من خلاله.

أما إذا حدث أن تم تسريب للماء منه، فهناك مواد كثيرة متوافرة في الأسواق بأسعار معقولة يمكن استخدامها لطلاء الآبار من الداخل لمنع تسرب المياه.

وهذا الاقتراح الأخير يمكن أن يكون أقل الآبار تكلفة، إذ إن بئر من هذا القبيل ربما يكافئ حجمه ٢٠ - ٣٠ متراً مكعباً، وقد لا تزيد تكلفة إنشائه عن ٣٠٠ دينار أردني، وربما لا تزيد عن ٤٠٠ دينار أردني (نحو ٥٧٠ دولار أمريكي) إذا تم استعمال مواد مانعة لتسرب المياه بعد القصارة.

وينبغي أن يراعى في هذه الحالة أن لا يزيد ارتفاع الطوب من الداخل عن مترين، لأن أي فراغ خلف الطوب قد يؤدي إلى تشققه.

وفي الحالات التي يرغب فيها صاحب البناء زيادة الارتفاع استجابة لارتفاع الحفرة الكبير وحاجته لجمع كميات أكبر من المياه، على سبيل المثال، فإنه يمكن اللجوء إلى بناء الطوب أولاً ثم صب الخرسانة المائعة خلفه، بسماكة نحو عشر سنتيمترات (مع اجتناب استعمال الحصى السميكة الأقطار، كالفولية

أو الجوزية)، ويفضل أيضاً استخدام مواد كيميائية مميعة للخرسانة كي تعبئ الفراغات على النحو المرغوب فيه من دون أن تترك فراغات تسمح بمرور الماء من خلالها.

ويراعى في بناء مختلف الآبار على تنوعها عمل فتحتين للتهوية بحيث تتقابلا على سطح البئر، واحدة في طرف والأخرى في الطرف المقابل. وهدف الفتحتين السماح بتهوية البئر وبخاصة عندما يتم تنظيفه لمنع تكرار حوادث الاختناق.

كذلك يراعى عند عمل آبار تجميع المياه إحكام إغلاق أبوابها حماية للأطفال من الوقوع فيها. ويفضل عمل فتحة تصريف للبئر بحيث يتم تصريف الفائض من المياه إذا امتلئ، وبحيث تكون منخفضة عن سقف البئر بضع سنتيمترات كي لا تعمل على تآكل خرسانة سقف البئر وفولاذ تسليحها.

٦-٣ تجارب في الحصاد المائي

تتعرض بعض مناطقنا لشدة مطرية نحو كل أسبوعين تقريباً خلال الموسم المطري، وفي السنوات الماضية قمنا بإحصائية تطابقت مع معدلات السقوط المطري لمناطق مختلفة في الأردن؛ فإذا افترضنا أن معدل هطول المطر في

منطقة ما هو نصف متر في السنة، فهذا يعني أن سطحاً لبناء أخضر مساحته ٢٠٠ م٢ يجمع ١٠٠ متر مكعب من المياه سنوياً (إذا أهملنا نسبة التبخر)؛ ولكننا وجدنا أيضاً أن هناك مسطحات مسقوفة أخرى لأي بناء يمكن الاستفادة منها لحصاد كميات أكبر، وذلك إذا ما تم الاهتمام بذلك في أثناء التصميم، بحيث يتم تأسيس أنابيب لها تنقل المياه إلى منطقة البئر المراد إنشاؤه لتجميع مياه الأمطار.



صورة (٥٦) :

حوض قديم
لتجميع مياه المطر
في الصحراء

ويمكننا القول إن توسعة منطقة الحصاد المائي لا تعني بالضرورة توسيع حجم بئر الماء، وذلك لأن المياه يتم استخدامها بصورة دورية من البئر، وهذا يعني أن المطر المنهمر على سطح البناء وساحاته المختلفة بمساحة ٤٠٠ م^٢ مثلاً، قد يجمع ٢٠ م^٣ في هطول مطري واحد خلال يومين مثلاً؛ وأحياناً تستمر العاصفة المطرية لمدة عدة أيام في ظروف استثنائية، فقد تتضاعف الكمية لتصبح ٤٠ م^٣؛ لذلك نقترح أن تكون أحجام آبار المياه نحو ٥٠ م^٣ في حال المساحة المفترضة آنفاً، تحسباً لأي تسريب من خزانات السطوح أيضاً؛ ذلك لأن هذه المياه التي سوف يتم تجميعها من المفترض أن تستخدم مباشرة في المنزل لا أن يتم تخزينها لفصل الصيف.

كذلك، فإن هذه الآبار المخصصة لتجميع مياه الأمطار لا يجوز أن تستخدم لمياه البلدية للتخزين بأي شكل من الأشكال، وينبغي أيضاً أن تكون أحجامها وطريقة البناء وفق مواصفات خاصة وإجبارية، كما هي في المواصفات العامة للأبنية، فضلاً عن أنه ينبغي أن يتم صقلها بالاسمنت وتجربة قدرتها لتخزين المياه حسب الأصول للتأكد من صلاحيتها وعدم ضررها بالأساسات في حال تسريبها للمياه.

وبئر واحد فقط لا يكفي في حضرة الأبنية الخضراء، إذ ينبغي أن يوجد بئر آخر على الأقل لحصاد الماء من حول البناء،

فمن شأن ذلك أن يتم استخدامه للري والتنظيف وما إلى ذلك؛ ويعتمد حجم هذا البئر على المساحة التي يحصد منها المطر من المناطق المحيطة بالبناء.



صورة (٥٧) :

بركة قلعة القطرانة (صورة جوية تظهر القلعة إلى اليسار)

المرجع: www.hydraproject.net

ويفضل أن تكون الآبار مربعة الشكل، طولها يقترب من عرضها، كي لا تتعرض للتمدد المفرط والحركة المفرطة في اتجاه دون آخر، كما يظهر في الصورة (٥٧) لبركة القطرانة التي تبعد مئة كلم جنوب عمان، كما يفضل ألا يزيد عمقها كثيراً عن مترين حتى لا تتعرض جدرانها لضغوط مرتفعة وتشققات تسهم

في تسرب المياه إلى الخارج والضرر بمنشآت الموقع الأخرى؛ طبعاً باستثناء الحالات التي يراها المهندس ضرورية وضمن معرفة هندسية مناسبة وإشراف علمي دقيق.

وهناك مواصفات خاصة لنوعية الإسمنت والخرسانة وفولاذ التسليح وطريقة الطوبار Formwork والايناع Curing للخرسانة وما إلى ذلك من تعليمات فنية ينبغي الاسترشاد بها في أثناء العمل.

وتحتاج الأبنية الخضراء إلى بئر ثالث لتجميع المياه الرمادية Grey Water الناجمة عن المياه المستخدمة للاستحمام وفي المغاسل فضلاً عن المياه الناجمة عن الغسيل، إذ يمكن تجميعها في بئر صغير لا يتجاوز بضع أمتار مكعبة، حيث يتم ري المزروعات بها من خلال أنابيب تحت الأرض حتى لا يتعرض الأطفال بخاصة لأي مكروه صحي نتيجة لمس المياه الرمادية. وسوف نخصص فصلاً مستقلاً للحديث عن المياه الرمادية فيما بعد.

وفضلاً عن أن من نتائج الحصاد المائي تمتع ساكني البناء بتوافر المياه لأيام أكثر في العام وبسعر أقل في المناطق شحيحة المياه، فإن هناك بعض الايجابيات الأخرى لجمع مياه الأمطار وهي كثيرة، ومن أهمها حماية الأساسات والممرات المبلطة حول

البناء من تسرب مياه الأمطار إليها في فصل الشتاء وبالتالي تحول دون تشقق الأبنية، كما أن جمع مياه الأمطار سوف يحول دون تحويل الناس لمياه الأمطار على المجاري العامة، الأمر الذي يزيد من كميات تدفق مياه المجاري على محطات المعالجة، فيجعل من معالجتها أمراً مستحيلاً.

إن آبار المياه الحالية في أغلب بيوتنا تستعمل لتجميع مياه البلدية، وهذا يعني أن صاحب البئر الأكبر يتمتع بالمياه لأطول فترة ممكنة. فإننا بإنجاز هذا المشروع الوطني سوف يتمتع أغلب الناس في المستقبل القريب بالمياه لفترات أطول، ولكن ليس على حساب المخزون الاستراتيجي المحدود للمياه الصالحة للشرب.

٦-٤ بئر ماء أم أكثر؟

غالباً ما يكون في داخل البناء أو من حوله بئر واحد لتجميع المياه، وبذلك يكون تجميع المياه بكفاءة منخفضة نتيجة اختلاف اتجاه سقوط مزاريب السطح حول البناء واتجاه الميلان حول البناء، وبفعل تغير منسوب البئر وعمقه ونحو ذلك.

وبناءً عليه، واستجابة لظروف الموقع المختلفة، فإن إقامة أكثر من بئر واحد في الموقع وربما عند أكثر من منسوب له مزايا كثيرة، نذكر منها:-

(١) انخفاض التكلفة الإجمالية للمتر المكعب الواحد من

المياه التي يتم تجميعها.

(٢) تجميع كميات أكبر من المياه عن السطح ومن حول

البناء.

(٣) تقليل مخاطر تسرب المياه من الآبار وتقليل احتمالية

ضرر مياه الأمطار على الأبنية.

فكيف تنخفض التكلفة الإجمالية للمتر المكعب الواحد من

المياه التي يتم تجميعها في آبار صغيرة مقارنة بالآبار الضخمة؟

إن ارتفاع عمق البئر يزيد من تكلفته بصورة عامة، لأن

قوى الضغط والشد التي تحدثها المياه العميقة تستلزم بطبيعتها

زيادة سماكة الجدران والأرضية وزيادة تسليحها. والعكس يكون

صحيحاً، حيث تنخفض التكلفة بانخفاض عمق البئر.

ثم إن انخفاض عمق البئر يقلل من كمية الحفر التي

عادة ما تكون في طبقات صخرية أو عميقة فتكون تكلفة حفرها

مرتفعة، كذلك يقلل انخفاض عمق البئر من كلفة البناء بفعل

استخدام سماكات أقل في الجدران وكميات تسليح أقل بكثير. بل

يمكن استخدام الطوب الخرساني المليء (سماكة ١٥ - ٢٠ سم)

وحده في بعض الحالات وتغطيته بالشبك وقصارته، وبذلك تقل التكلفة الإنشائية كثيراً.

طبعاً، يستوجب ذلك أيضاً بناء أرضية متينة تقبع على تربة مستقرة. فإذا كانت التربة ضعيفة ينبغي عمل قاعدة مسلحة للبئر مع وضع بعض تشاريك الحديد في الجدران؛ ويفضل في هذه الحالة استشارة مهندسين مختصين بهذا الخصوص.

وكلما كانت قياسات البئر في الطول والعرض مربعة، كان ذلك أفضل، كي نقوم باجتناّب زيادة الضغط على جدار دون آخر. فالجدران الطويلة تتعرض إلى إجهادات أكبر. إذا، فخير الأمور الوسط.

ثم إن تعدد الآبار حول البناء وتوزيعها في مناطق مختلفة تجعل من حصاد الماء من حول البناء ومن مزاريب السقوف أسهل بكثير. كذلك يسهم تجميع المياه في خفض كمية مياه الأمطار والثلوج المناسبة من حول البناء، وبالتالي يحافظ على تربة الأساس من الهبوط أو الانتفاخ، وبخاصة في حال التربة الطينية القابلة للتغير الحجمي، فيحمي هذا الاجراء البناء خلال فصل الشتاء من التشققات وهبوط الأرضيات وكسر التمديدات أو من تسرب المياه إلى التسويات العميقة.

وأخيراً، فإن زيادة عدد الآبار يقلل من مخاطر تسرب المياه، فإذا جمعنا مئة متر مكعب من الماء في بئر واحد، فإن أي تسرب للمياه من البئر يفقدنا المياه كلها، وربما يضر ذلك بالبناء كثيراً كما ذكرنا سابقاً. أما إذا فقدنا المياه من بئر واحد من أصل ثلاثة آبار، فإن الضرر الإنشائي على البناء يكون أقل بكثير، كما أن الآبار الباقية تظل في الخدمة بلا انقطاع فتوفر لنا المياه خلال فصل الشتاء كله وكذلك خلال فصل الربيع، وربما خلال جزء لا يستهان به من فصل الصيف أيضاً، حيث يكون الطلب على المياه أكبر ما يمكن.

٦-٥ آبار المياه وسلامة الأبنية

إن تجميع مياه الأمطار في آبار فائدتها كبيرة للمواطنين وللوطن على حد سواء، وبخاصة في ظل ظاهرة شح مياه الشرب التي يعاني منها الأردن والعالم العربي بعامة. ولكن، إذا علمنا أن مياه الأمطار تشكل تهديداً لسلامة الأبنية أيضاً فإن الحصاد المائي تصبح له فائدة إضافية وهي حماية الأبنية من التشققات ومشكلات الرطوبة الصاعدة. فماذا يمكن أن تفعل المياه كي تهدد سلامة الأبنية؟

إن مياه الأمطار خير عميم على الجميع، ولكنها قد تصبح قوة

مدمرة إذا كانت شديدة الهطول، وبخاصة في بداية الموسم المطري حيث تكون الاستعدادات العامة في مرحلة الخمول أو السبات.



صورة (٥٨) :

هبوط الجدران الاستنادية

تصبح الأمطار قوة عظيمة إذا تراكت خلف حواجز أو مسطحات مفتوحة؛ فإن تراكمها خلف الجدران الاستنادية، على سبيل المثال، ربما يؤدي إلى انهيارها، لأن الجدران الاستنادية في الغالب ليست مصممة أصلاً لحمل أوزان مياه بارتفاعها. فإذا كانت الجدران غير قادرة على تصريف مياه الأمطار من خلال فتحات فيها فإنها سوف تنهار، فيما أن تنزلق أو تتقلب بالدوران حول أساسها أو أنها تتكسر. وإذا كانت الجدران قديمة أو عندما

تتكشف تربة أساسها، فإنها تصبح عرضة للانهيال بسرعة أكبر مشكلة خطراً كبيراً على أرواح الناس وممتلكاتهم.

أما سقوط الأمطار الكثيف على سقوف المنشآت غير المهيئة لذلك بمدات ميلان مناسبة وفتحات تصريف ملائمة، فإنها تؤدي إلى تراكمها على الأسطح وتشويه الأسقف الخرسانية، وبخاصة إذا كانت المزاريب مغلقة بفعل التربة والعوالق المختلفة التي تتجمع خلال فصل الصيف. وبذلك تهدد الأمطار سلامة المباني الإنشائية وتجعلها عرضة للانهيال، وبخاصة في حال الأبنية القديمة غير المصانة جيداً.



صورة (٥٩) :

سقوط مركبة في خندق مكشوف بفعل تمييع التربة بالمياه

والأمطار قوة جارفة للتربة تكشف أساسات الأبنية والمنشآت وتعرضها للهبوط أو ربما السقوط، أما إذا تراكمت مياه الأمطار على سطح التربة فإنها تخترق مسامات التربة والتشققات المتوافرة فيها لتصل إلى أبعاد عميقة تضر بتربة الأساسات وتضعفها، وبالتالي تهدد سلامة البناء كله، كما يظهر في الصورة (٥٩) حيث انهارت التربة من تحت عجلات مركبة نقل مواد البناء نتيجة تمييع التربة Liquifaction.



صورة (٦٠) :

آثار تجمع المياه خلف الجدران الاستنادية

ومياه الأمطار تخترق المواد الإنشائية إذا اشتدت، وبالتالي تؤدي إلى تلف مكونات العناصر الإنشائية السطحية، أو تؤدي إلى تلف مكونات العناصر الإنشائية من الداخل، كأسياخ التسليح والتمديدات المختلفة فيها.

ويظهر في الصورة (٦٠) كيف اخترقت مياه الأمطار خرسانة الجدران وعمدت إلى تحليل مكونات الخرسانة فيه من كربونات الكالسيوم إلى هيدروكسيد الكالسيوم الأبيض اللون.

تصعد المياه من التربة الملامسة للأساسات إلى الجدران أو الأرضيات، بتأثير المياه السطحية أو الجوفية القريبة من الأساسات، وتنتقل عبر مسامات مواد العناصر الإنشائية بفعل خاصية الجذب الشعري Capillary Attraction، مما يؤدي إلى ظهور الرطوبة فيها بأشكال مختلفة وعند مناسيب متنوعة. وتحمل المياه معها الأملاح الذائبة من الأرض وفي أثناء عبور بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون مع الهواء بالانتشار من خلال خرسانة المدة الأرضية وملاط الإسمنت والرمل وخرسانة البلاط، فإنه وبوجود بخار الماء والغازات الأخرى يتم تحلل هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ الموجود في عناصر الركाम الكلسي لينتج عنه كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ البيضاء اللون التي تظهر على سطح البلاط كترشيح كلسي "Lime Leach"؛ وهو ما يطلق عليه بالعامية «الغض الأبيض».

كذلك تصعد مياه الأمطار من خلال الجدران والأساسات بواسطة خاصية الضغط الشعري، وتحمل معها الأملاح الذائبة في الماء التي ما تلبث أن تتبلر عند جفاف الجدران فيزداد حجمها، الأمر الذي يؤدي إلى تشقق الخرسانة والقضارة والدهان ونحو ذلك من مواد إنشائية، كما يظهر في الصورة (٦١).



صورة (٦١) :

يزيد تملح التربة من ارتفاع الرطوبة في الجدران

وتؤدي شدة الأمطار إلى امتصاص العناصر الإنشائية الخارجية الرطوبة بكميات كبيرة تؤدي إلى تمدد العناصر

الإنشائية، وبالتالي إلى تشكل قوى شد وضغط في مختلف الاتجاهات تؤدي إلى تشقق العناصر الإنشائية بأنماط متنوعة.

والرطوبة الناجمة عن مياه الأمطار تصعد مع تيارات الهواء عبر أرضيات الأبنية، وبخاصة في فصل الشتاء، بفعل ارتفاع درجة الحرارة في داخل الأرض مقارنة بدرجة حرارة الهواء في التسويات الباردة غير المدفأة. ويؤدي صعودها إلى تحلل مكونات الخرسانة والبلاط من الكربونات الكالسية وغيرها، فتظهر رغوة بيضاء من كربونات الكالسيوم تؤدي الى تشوه المنظر العام وإلى ضعف عناصر البناء المختلفة، كما شاهدنا في حالة الجدار الاستنادي في صورة (٦٠).

وبناء عليه، فإن مسؤولية حماية الأبنية من شدة الأمطار باتت مسؤولية وطنية يفرضها القانون، ولكن ينبغي أن يشارك فيها صاحب المنزل بالدرجة الأولى من خلال رفع مستوى وعيه لهذه المخاطر لدرء الخطر عن مبناه بأقل التكاليف الممكنة وقبل فوات الأوان. وهذه هي أحد أهداف هذا الكتاب.

صحيح أن المهندس المشرف ومتعهد الانشاءات متضامنان في تحمل المسؤولية الإنشائية لسنوات عشر بعد تسليم البناء، ولكن إغفال المالك صيانة مبناه بصورة دورية لا يعفيه من المسؤولية المترتبة على أعماله!



صورة (٦٢) :

جدار استنادي وسلسال حجري للتخلص من مياه الأمطار

أنظر الصورة (٦٢)، حيث يتم بناء سلسال من الحجر خلف الجدار الاستنادي. فلماذا نقوم بهذا العمل، وكيف؟

إن وضع طبقات متدرجة من الحجارة فوق بعضها البعض، وبشكل متدرج، بدءاً من الحجارة الكبيرة في الأسفل صعوداً للانتهاء بوضع طبقة من الركام الناعم (الفولية أو العدسية)، يشكل في مجمله منطقة مجرى للمياه التي قد تتجمع خلف الجدار الاستنادي.

وهذه الطبقات من الحصى المتدرج ينبغي أن تنتهي بغطاء محكم يمنع التراب أن يتساقط من خلاله في أثناء تغلغل المياه من أعلى، وبالتالي يمنع التراب من أن يدخل بين الفراغات الهوائية الموجودة بين الحصى، ومن ثم يمنع إغلاقها. إذ إن هذه الفراغات هي التي تسمح للمياه بالجريان من خلالها والوصول إلى فتحات التصريف الموزعة بانتظام على كامل الجدار. وفيما يلي بعض من فوائد تصريف المياه:

- ١- يسمح هذا السلسال للمياه بحرية الحركة من خلال الفراغات الهوائية، كما يعمل تدرج الحصى على تصفية المياه من الشوائب بحيث لا يتم إغلاق الفجوات السفلية التي تركز إليها الفكرة كلها في تصريف المياه حول البناء.
- ٢- يسمح ميلان خفيف على السطح باتجاه الميلان الطبيعي بتصريف مياه المطر صوب منطقة بعيدة عن البناء اجتناباً للضرر.
- ٣- يسهم تحرك المياه من خلال المجرى في التخفيف من ضغط المياه على الجدار الاستنادي.
- ٤- يمكن الاستفادة من هذه المياه بتجميعها في خزانات

للاستفادة منها في الري خلال فصل الصيف الجاف.

٥- يخفض تصريف المياه حول البناء من ضغط المياه، ومن مخاطر تسربها إلى تربة الأساس التي يجثم عليها الأساس الخرساني المسلح، وبالتالي يخفض من احتمال الضرر بتربة الأساس وإضعافها، وربما التغير في حجمها، الأمر الذي ربما يؤدي إلى تحرك البناء إلى أعلى أو إلى أسفل على مدار العام.

٦- يتم الانتفاع من هذه السلاسل الحجرية المتدرجة، في بعض الأحيان، بالتأسيس عليها لإقامة مناهل وتمديدات صحية تكون في مأمن من الحركات المتوقعة في حال إنشائها فوق تربة ضعيفة، أو فوق تربة من الطمم، أو ربما تربة طينية قابلة للتغير الحجمي.

٧- تخفض هذه المصارف، أو الفلاتر الطبيعية، من ضغط المياه حول البناء، الأمر الذي يقلل من خطر تسرب المياه إلى داخل التسويات العميقة في فصل الشتاء.

خلاصة القول إن فوائد عمل آبار المياه كثيرة ينبغي أخذها

بعين الاعتبار عند حساب التكلفة الإضافية للمشاريع، وذلك لما فيه فائدة هذه المشاريع وديمومتها. فليس من العدل القول إن الاستثمار في بناء الآبار لا يُحقق استثماراً مجزياً، فماذا بشأن الأضرار التي تلحقها المياه بالأبنية، أليست هي تكلفة إضافية على البناء وعائقاً أمام استدامة تشغيل البناء ووسمه بأنه من الأبنية الخضراء؟

الفصل السابع

تدوير المياه الرمادية

Grey Water

الأبنية الخضراء

٢٠٨

الفصل السابع

٧- تدوير المياه الرمادية

Grey Water

٧-١ تقديم

المياه الرمادية هي تلك المياه العادمة التي تنتجها المساكن في أثناء إشغالها الطبيعي، باستثناء تلك المياه العادمة السوداء Black Water التي تحتوي على الفضلات الثقيلة للتخلص منها وتذهب في الغالب الى محطات التنقية للمعالجة. كذلك يستثنى هذا البحث مياه الشطافات Bidets والمطابخ لأسباب متنوعة.

وتتبع أهمية موضوع إعادة استخدام المياه الرمادية من شح المياه في المناطق الصحراوية بخاصة، وفي أغلب مناطق العالم بعامة، حتى في بعض دول شمال أوروبا التي باتت تضع قيوداً على استخدامات المياه منذ سبعينيات القرن الماضي، فضلاً عن بساطة التمديدات الإضافية المطلوبة وانخفاض تكلفتها، وفضلاً عن فائدة إعادة استخدام المياه الرمادية في ما يتعلق بحماية البيئة من تلوث التربة وتلوث المياه السطحية والجوفية، وفيما يتعلق بتخفيض الضّغط على محطات تنقية المياه العادمة.

٢-٧ ماهية المياه الرمادية ومصادرها؟

المياه الرمادية هي تلك المياه الناجمة عن استخدامات المساكن للمياه العذبة Potable Water في المطابخ والمغاسل وأحواض الاستحمام والشطافات Bidets، والمياه الناجمة عن غسل الثياب وغسل أطباق الأكل ونحو ذلك من نشاطات مختلفة.

ويفترض هذا البحث أن أنابيب تصريف هذه المياه مستقلة عن أنابيب تصريف المياه السوداء الناجمة عن أحواض التخلص من النفايات الصلبة Toilets والتي سوف نسميها هنا المرحاض. هذا الفصل بين النوعين من شأنه أن يسمح بتجميع المياه الرمادية بغرض إعادة استخدامها لغايات متعددة. ونوصي بأن يتم الفصل لزاماً بالقانون منذ الآن حتى تكون أبنية المستقبل مهياً سلفاً لأي تقنيات جديدة قد تقوم بتنقية المياه الرمادية بأسعار زهيدة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه غالباً ما يتم إهمال ناتج مياه المطابخ والشطافات، وذلك لغايات تحسين نوعية المياه الرمادية بقدر الإمكان (استبعاد المواد العضوية والدهون والزيوت ونحو ذلك)، فضلاً عن أن هذه المصادر لا تشكل في مجموعها نسبة كبيرة من مجمل المياه المستخدمة في المساكن، كما سوف نرى. إذ تعيننا المياه التي سنقوم بتجميعها معاً لإعادة استخدامها، وهي

تلك الموجودة في الخانات ٢، ٤، ٥ في الجدول (٦). وهي الأنسب لغايات إعادة الاستخدام من حيث انخفاض نسبة المواد العالقة فيها وبخاصة المواد العضوية منها. وتشكل هذه المجموعات حوالي ٤٥٪ من كميات المياه الإجمالية المستهلكة في المنازل، وهي التي سنقوم بتدويرها للاستخدامات الزراعية.

جدول (٦) :

توزيع المياه المستهلكة في المنازل

1	2	3	4	5	6	7	المصادر
تنظيف المرحاض	الاستحمام	المطابخ	غسل الثياب	المغسل	ري الحديقة وتنظيف خارجي	غسيل أطباق الأكل	
%35	%20	%15	%12	%8	%6	%4	[9]
%47	*%20	%9	%18	*%6	-----	-----	[10]
%25	%15	%15	%15	%5	%25	-----	[11]
%40	%20	%5	%20	%5	%10	-----	**

× جُمع الرقمان (20 % و 6 %) في المرجع الأصلي، وقد قمنا بالتجزئة لغايات
الوضوح في المقارنة.

×× هذه القراءات من أعمال الباحث الميدانية، وهي دراسة لمنزل يستهلك حوالي ١٢٠ لتر/ يوم/ شخص، ويتكون من ٥ أشخاص، وفيه ثلاثة حمامات ومطبخ واحد. وقد استثنينا استهلاك الشطافات لغايات التبسيط.

٧-٣ لماذا نعيد استخدام المياه الرمادية؟

لا شك في أن أسباب إعادة استخدام المياه الرمادية تعود في الأصل إلى الطلب المتزايد على المياه عالمياً بصورة موازية لشح موارد المياه الطبيعية وامتداداً لقسوة الجفاف العالمي. ففي العاصمة الأردنية عمّان، على سبيل المثال، تصل المياه إلى المنازل في يوم واحد فقط من أيام الأسبوع، وأغلب الأبنية المتواضعة لا تملك وسائل كبيرة لتخزين المياه.

الأردن من ضمن عشر دول هي الأفقر في العالم من حيث الموارد المائية وهي الأردن، الإمارات العربية المتحدة، السعودية، سنغافورة، باربيديوس، البحرين، قطر، مالطا، الكويت وجيبوتي. ولكن، حتى بريطانيا تعاني من مشكلات في وفرة المياه، وقد حفّزهم ذلك إلى الشروع في تجارب إعادة استخدام للمياه الرمادية سوف نستعرض بعضها في بحثنا هذا.

من العوامل المساعدة لتدعيم مشروع إعادة استخدام المياه الرمادية، ارتفاع أسعار المياه في ضوء ما سلف من أسباب وغيرها. بذلك، سوف تصبح المبالغ المقتصدة من فاتورة المياه تستحق العناية أكثر. أما من وجهة نظر البنية التحتية للدول، فلا شك في أن ذلك سوف يساهم في تخفيض تكلفة مشاريع المياه (١٢)، فضلاً عن أنه سوف يخفض تكلفة توسعة محطات

التنقية القائمة أو يستغني عن إقامة محطات جديدة، وأيضاً، سوف يوفر الاستقرار السياسي والاجتماعي للبلد المهتم بإعادة استخدام المياه الرمادية بوصفها مادة استراتيجية.

وعلى سبيل المثال قررت لجنة البيئة في مجلس العموم البريطاني عام ١٩٩٦، تفضيل إعادة تدوير المياه الرمادية على بناء سدود جديدة في إنجلترا بهدف توفير مصادر جديدة للمياه، وقد دعم ذلك القرار البعد البيئي الذي يعتبر جسم السد وبحيرته تشويهاً للبيئة الطبيعية والتنوع الحيوي فيها.

أمّا من وجهة نظر بيئية، فالخضرة الزراعية التي سوف تتمتع بفائض من مياه الري، وبخاصة في المناطق الصحراوية، فإنها تتحدث عن نفسها من حيث ما سوف تطلقه من أكسجين في الجو، وما لها من تأثيرات إيجابية على خواص التربة وعلى تثبيتها، وعلى التحكم في درجة الحرارة والرطوبة والبيئة الطبيعية ونحو ذلك.

ولا شك، كذلك، في أنّ انخفاض الضغط على الحفر الامتصاصية نتيجة إعادة استخدام المياه الرمادية سوف يسهم في حماية المياه الجوفية والمياه السطحية من التلوث، فضلاً عن أنه سوف يسهم في تخفيض احتمال انتشار الأوبئة وانتقال الأمراض.

٧- ٤ خواص المياه الرمادية من المصادر المختلفة

تختلف المواصفات العالمية من حيث نظرتها إلى نوعية المياه الناتجة عن معالجة المياه الرمادية، إذ تبدأ في بعض الدول من مرتبة تبلغ مستوى نوعية مياه الشرب، وتتنزل إلى ما دون ذلك في دول أخرى. ولغايات تحقيق أهداف هذا البحث سوف نتناول مواصفات المياه الرمادية في حالتها الاستخدام الزراعي والاستخدام الداخلي في تنظيف المراحيض.

إنّ المشاكل التي تواجه المرء عند استخدام هذه المياه للزراعة تكمن في ما يلي: المواد العالقة؛ زمن التخزين؛ آلية التخزين ونوعية المياه. وسوف نببحث في كل من العوامل الأخيرة على حدة مع ملاحظة وجود خنادق للترسيب على طول مجاري المياه القادمة إلى مدينة البتراء من نبع وادي موسى كما يتضح من الصورة (٦٣).

إنّ التخلص من المواد العالقة في المياه الرمادية ضرورة تستدعيها المحافظة على كفاءة محطات التجميع، إذ إنّ إغلاق المصافي التي تُستخدم لالتقاط هذه العوالق يشكل العائق الأكبر لهذه المحاولات، وقد تطورت بعض هذه المصافي في السنتين الأخيرتين بحيث أصبحت تحتاج إلى صيانة قليلة.



صورة (٦٣) :

أحواض

لترسيب

العوالق في

مجري مياه

البتراء

ثمة عوامل كثيرة من شأنها أن تسارع في ترسيب العوالق Colloids ، مثل ارتفاع الخزان؛ سرعة حركة المياه وحدة ميلانها، شكل الخزان، وما إلى ذلك (١٣). لذلك، ينبغي إقامة توازن، في أثناء تصميم خزان التجميع، بين ارتفاع خزان تجميع المياه وحجمه ومصادر مياهه ووظيفته وبيئته وطوبوغرافية الموقع.

ومما يجدر ذكره هنا أن هدفنا هو تخفيض كمية العوالق وأحجامها بحيث لا تسارع في إغلاق محطات الترسيب والتجميع، وكى لا تؤدي إلى تعطيل في أنظمة الري الآلية. وتحتاج هذه المحطات إلى مراقبة دورية، وإن أصبح بالإمكان تخفيض الغناء، كما سوف نرى في حديثنا عن التجربة الأردنية الثانية لمعالجة المياه الرمادية في الفقرة ٧-٥-٤-٢.

يبين جدول التوصيات العالمية المختلفة لنوعية المياه الرمادية، منها ما هو مجرد توصية Guideline، يرمز له بحرف (g)، والبعض الآخر إلزامي (Mandatory) ويرمز له بالحرف (m). وهي النوعية التي ينبغي ألا تتجاوزها المياه عند لحظة استعمالها. إذ تراجع نوعية المياه بزيادة فترة التخزين.

إن الدخول في تفاصيل خفض نسبة العصيّات Coliforms مثلاً باستعمال الكلور، أو التحكم في مستوى الأكسجين BOD بالتهوية، وما إلى ذلك، هي مسائل تضيف إلى المشروع سمة التعقيد، ولكنها ضرورية إذا ما شئنا استخدام المياه الرمادية في داخل منازلنا وفقاً للمواصفات العالمية.

وفيما يلي جداول بمواصفات المياه الرمادية في بعض دول العالم:

جدول (٧)

مواصفات المياه الرمادية واستعمالاتها^(١٤)

	Faecal coliforms efu/100ml	Total coliforms efu/100ml	BOD mg/1
USEPA* (g)	14 for any sample 0 for 90% samples		10
Florida (m)	25 for any sample 0 for 75% samples		20
Texas (m)	75 (m)		5
Germany (g)	100 (g)	500 (g)	20 (g)
Japan (m)	10 for any sample	10	10
S. Africa (g)	0 (g)		
WHO lawn irrigation	200 (g) 1000 (m)		
EC bathing waters	200 (g) 2,000 (m)	500 (g) 10,000 (m)	
UK (BSRIA) proposed (g)	0 detectable per ml for 90% samples		

(g)=Guideline (m)= Mandatory
[Cl₂ residuals 1mg/l for First two rows]

تابع جدول (٨)

مواصفات المياه الرمادية واستعمالاتها^(١٤)

	Turbidity/ transparency	TSS mg/l	DO% saturation	pH
USEPA * (g)	2 NTU			6-9
Florida (m)		5		
Texas (m)	3 NTU			6-9
Germany (g)	1-2m 20 NTU	30	80- 120	6-9
Japan (m)	5 NTU			
S. Africa (g)				
WHO lawn irrigation				6-9
EC bathing waters	2m (g) 1m (m)		80- 120 (g)	6-9
UK (BSRIA) proposed (g)				

(g)=Guideline

(m)= Mandatory

[Cl₂ residuals 1mg/l for First two raws]

٧- ٥ التجارب العالمية

٧- ٥- ١ التجربة السويدية في كمبرلي Kimberley

كانت فكرة مدينة كمبرلي في جنوب إفريقيا أن يتم تخفيض الضغط عن محطة تنقية المياه العادمة للمدينة، بتحويل المياه الرمادية التي تنتجها أبنية المدينة لري العشب الأخضر Lawns. فقد أدى توجيه المياه الرمادية نحو الري إلى تخفيض الطلب على المياه الحلوة للري، كما أدى بالتالي إلى تخفيض الضغط على محطة التنقية^(١٥).

كان نظام التدوير بسيطاً للغاية، إذ أُسْتُدِ إلى مبدأ ضخ المياه الرمادية في أحواض متراكمة رأسياً فيها طبقات من الحبيبات المتدرجة، وتصل نهاية الأحواض إلى خزان يجمع المياه الرمادية ثم يعيد تدويرها حسب الطلب. إن تجاربنا العملية في هذا المضمار تخبرنا بأن هذه الفلاتر الطبيعية سوف تنغلق مع مرور الوقت، كما أن مشاكل تخزين المياه لم تتم دراستها كما ينبغي، إذ لا يخوض البحث في تفصيلاته. وسوف نثبت في التجارب اللاحقة فشل هذا المبدأ على المدى البعيد.

٧-٥-٢ التجربة الأميركية في أريزونا

تم تشغيل أحد المساكن الحديثة في صحراء أريزونا بحيث يتسع لعائلة واحدة ويهدف إلى توفير الطاقة والمياه. وقد تمت دراسة المشروع بحيث يمكن الاقتصاد في ٤٠٪ من معدل استهلاك المياه للأسرة الواحدة. وفيما يلي برنامج الاقتصاد في المياه، كما يتبدى في الجدول (٩):

نلاحظ نوعية المراض الخاصة المستخدمة في البيت الصحراوي الذي لا تستهلك أكثر من ٦ جالون لكل شخص في اليوم الواحد. وهذا يعني أنه في ضوء أكثر من استعمال واحد في اليوم فإن استهلاك المراض يساوي نصف تلك الكمية أو ربما أقل من ذلك! ويمكننا القول إن تطور التكنولوجيا اليوم قد حسنت من كفاءة أجهزة التخلص من النفايات الصلبة والسائلة في المراض. إذ لا يزيد حاجة بعض المراحيض الحديثة عن ٦ لتر لكل استعمال، كما وقد تطورت أكثر بحيث أصبحت تستخدم نصف هذه الكمية في حالة النفايات السائلة فقط.

إنه من المؤسف حقاً أن يتم إهمال ما يستهلكه المراض من مياه، في حين يتم تسليط الضوء على أجهزة توفير المياه الأخرى التي ترتبط بصنابير المياه وبيطاريات المغاسل والاستحمام. فلماذا لا تقوم تشريعات في الدول التي تعاني من شح في المياه من

جدول (٩) :

مقادير التوفير في استهلاك المياه للبيت الصحراوي في
أريزونا وفقا للكودات الأمريكية المختلفة^(١٦)

Fixture/Appliance or Use طبيعة الاستخدام	Non- Conserving Pre- 1980 Dwellings ما قبل كودة 1980	Dwellings Meeting 1980 Plumbing code كودة عام 1980	Desert House Projection البيت الصحراوي
	INDOOR		
(Toilet) المراض	22.0	14.0	6.0
(Shower) الدوش	23.0	13.0	9.2
غسل الثياب Washing Machine	16.5	16.5	12.6
غسلة الصحون Dishwasher	2.4	2.4	1.4
(Faucet) المصلة	9.0	8.0	8.5
(Bath) الحمام البانيو	7.0	7.0	7.0
مجموع الاستهلاك الداخلي Total Indoor	79.9	61.7	44.7

Current and Projected Residential Water Use for the City of
Phoenix and Desert House (Gallons per capita per day)

خلال مؤسسات المواصفات والمقاييس تمنع استخدام خزانات
المراحيض التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه. ولماذا لا تقوم
دراسات لاستخدام التنظيف بالضغط وبنحو ذلك من أساليب؟

مهما يكن من أمر ما سلف، فإنّ المشكلة الرئيسة في محاولة إعادة استخدام المياه الرمادية كانت في أن الفلتر الرملي، الذي كانت المياه الرمادية تمر فيه قبل بلوغها خزان التجميع، قد تضاءلت كفاءته بصورة تدرجية يوماً إثر يوم إلى أن أنغلق الفلتر بصورة شبه تامّة. وهذه هي المشكلة التي توقعنا أن تبرز في تجربة كمبرلي التي أسلفنا الحديث عنها باقتضاب.

٧-٥-٣ التجربة الإنجليزية

لقد شرعت إحدى دوائر البيئة في مؤسسة المياه الوطنية في بريطانيا في إقامة مشروع رائد يتمثل بتحويل عشرة منازل لموظفي الدائرة كمواقع تجارب (١٧). فقد تم فصل أنابيب تصريف المياه الرمادية في الأبنية القائمة ومن ثم تجميعها وإعادة ضخها لتنظيف المراحيض، فماذا كانت النتيجة ؟

ظهرت النتائج في تقرير نُشر عام ١٩٩٩ ، وكانت هناك مشكلات في معالجة المياه بالكور، وفي المصافي التي كانت أول من تستقبل المياه الرمادية، وفي لون المياه وعكورتها Turbidity وما إلى ذلك. لكن ذلك كله لا يعيننا في هذا البحث لأن اهتمام البحث ينصب على استخدامات هذه المياه للزراعة. ويقتصر اهتمامنا في التجربة الإنجليزية هاهنا على التطويرات في

تكنولوجيا المصافي، إذ تم تطوير المصفاة الأولى، التي انغلقت بعد فترة وجيزة، بحيث أصبحت فيما بعد ذاتية التنظيف.

٧- ٥- ٤ التجربة الأردنية لإعادة استخدام المياه الرمادية

٧- ٥- ٤ التجربة الأولى (١٩٩٩-٢٠٠٠) خلال العامين المذكورين، تم تجهيز أنابيب تصريف منفصلة للمياه الرمادية في منزل لعائلة أردنية في عمّان مكون من ستة أشخاص. كما تم عمل أحواض لتجميع المياه الرمادية، بتصفيتها من الشوائب أولاً، باستخدام مناخل من الشبك المجلفن بفتحات متنوعة، ثم قمنا بتمرير المياه في حوض ترسيب سعته صغيرة، وأخيراً تم تجميع المياه في حوض آخر أكبر حجماً تمهيداً لاستخدامه في ري حديقة المنزل.

لقد اصطدمت التجربة بمشاكل ثلاث أساسية؛ الأولى تمثلت في إغلاق المصافي بعد أسابيع عدة من الاستخدام؛ الثانية تمثلت في انبعاث رائحة في الصيف بعد بضع أيام من تخزين المياه الرمادية؛ أما الثالثة فتمثلت في صعوبة تنظيف الأحواض من المواد المترسبة التي بلغت خلال سنة واحدة حوالي ١٠ سم في أرضية حوض التجميع الكبير الذي بلغت مساحة أرضيته حوالي مترين مربعين.



صورة (٦٤) :

خزان تجميع المياه الرمادية مغلق تماماً

كنّا نستبدل المصافي أو ننظفها باستمرار، ثم شرعنا في توسيع فتحات المناخل بالتدرج كي نخفّف من مشاكل إغلاقها. كما أخذنا في استخدام المياه المجمّعة للزراعة أولاً بأول كيلا نتخزّن لفترة طويلة. بذلك اجتنبنا مشاكل انبعاث الرائحة، ولكن مشاكل إغلاق المصافي وتجمّع المواد المترسبة في أرضية الخزان بقيت من دون حل وظلت كإرث للتجربة الثانية اللاحقة التي تمت فيما بعد، وفي عمّان أيضاً.

٧-٥-٤-٢ التجربة الثانية (٢٠٠٠-٢٠٠١) يلاحظ أدناه منطقة اتصال أنبوب المياه الرمادية (الأنبوب الأفقي الظاهر أعلى الصورة ٦٥ الى الخلف) والمشار إليه رقم ١، حيث تخرج منه فتحة استكشاف فيها مصفى ذو فتحات كبيرة نسبياً لالتقاط العوالق الكبيرة الحجم فقط يشار إليها رقم ٢، ثم يستمر الأنبوب ليصب في المصفى الرئيسي المثقوب، كما يشاهد في الصورة (٦٥).



صورة (٦٥) :

جزء من محطة إعادة استخدام المياه الرمادية:
التجربة الأردنية الثانية

إذن، إن ماسورة (رقم ١) هي خط المياه الرمادية الخارجة من المبنى، وتجدر الملاحظة هنا إلى وجود مهرب للمياه (رقم ٢) قبيل سقوط المياه في مصفى التجميع. وهدف ذلك هو التخلص من المياه الفائضة إلى المجاري العامة في حالة صيانة المحطة أو امتلائها.

وهكذا تصب المياه الرمادية في المصفى (رقم ٣) الذي يتم فيه تنظيف العوالق منه بواسطة رشاش مياه يعمل على ضخ مياه من الخزان التجميعي نفسه (رقم ٤) متى اشتغلت المضخة (رقم ٥) وضخت المياه إلى حديقة البناء. علماً بأن رقم ٦ يشير إلى ماسورة المياه السوداء المتجهة إلى المجاري العامة.

وقد تم اجتناب تحويض المياه لفترة طويلة بتركيب مضخة آلية تعمل فور امتلاء الخزان الثاني. وتعمل أنابيب توزيع المياه في الحديقة على ري الحديقة آلياً. بذلك يتم التخلص من المياه بسرعة قبل ارتفاع حاجتها إلى الأكسجين.

وقد قمنا بعمل ميلان في أرضية الخزان وتم طلاؤها بمواد ذات معامل احتكاك متدن بحيث تسمح للعوالق المترسبة بالانزلاق والتصريف إلى الخارج حال فتح الصمام لتنظيف الحوضين. ولكن هذه التجربة اصطدمت بانبعاث رائحة من الحديقة العشبية بعد ريها بالرشاشات المائية.

٧- ٥- ٤- ٣ التجربة الثالثة (٢٠٠٩ - ٢٠١٠) يلاحظ في

الصورة (٦٦) موقع بئر تجميع المياه الرمادية التي يعلوه غطاء المنهل المغلق ذي اللون الأبيض، كما يلاحظ إلى جواره منهل من الشبك الأسود المفتوح، حيث يتم ترسيب المياه في هذا المنهل الواسع وأيضاً يتم فيه استقبال مياه الأمطار من الساحة الخلفية حيث تتموضع الأشجار. إذ تساهم مياه الأمطار في التحسين من نوعية المياه.

أما في فصل الصيف فيتم إغلاق هذا المنهل أيضاً إغلاقاً تاماً حتى لا تتسرب الروائح إلى الخارج ولا يتم التماس المباشر معها حرصاً على الصحة العامة.



صورة (٦٦) :
منهل بئر المياه
الرمادية

ويتم استخراج المياه الرمادية بمضخة كهربائية لغايات ري الأشجار فقط، ولا يتم استخدامها في ري أي من الخضروات أو الأشجار التي تنتج المواد الغذائية حرصاً على الصحة العامة. وتظهر المضخة تحت سقف التراس الظاهر في الصورة (٦٦)، كما تظهر مغسلة خارجية تصرف المياه إلى البئر مباشرة.

ويتضح من الصورة (٦٧) كيف يتم تحضير خندق تحت الأرض وتغطيته بأغشية البولي إيثيلين لمنع تبخر المياه ومنع وصول المياه الرمادية إلى سطح الأرض، علماً بأن هذه الطريقة قد تسهم في وصول المياه الملوثة إلى طبقات المياه الجوفية إذا كانت الطبقات أدناها منفذة للماء؛ لذلك ينبغي التعامل بحذر مع هذه الطريقة وفقاً للتركيبة الجيولوجية والطوبوغرافية للمنطقة قيد الدراسة. ولكن فوائدهذه الطريقة عديدة، من أهمها قلة العناية بهذا النظام، إذ تنساب المياه طبيعياً ولا تحتاج إلى متابعة دورية.



صورة (٦٧):

خندق مخصص للمياه الرمادية لري الحديقة

٦-٧ إشكاليات بحاجة إلى تطوير

٦-٧-١ الفلترة (Filtration) والمعالجة (Disinfection) لتحسين

نوعية المياه الرمادية

تتطور وسائل التقاط العوالق المتوافرة بكثرة في المياه الرمادية، وقد تجلت في التجربة البريطانية الحاجة الماسة إلى تطوير المصافي بحيث أصبحت تنظف نفسها ذاتياً. وفي التجربة الأردنية تم تطوير المصافي أيضاً، ولكن بطريقة أكثر بساطة إنما لماذا لا تتم الفلترة باستعمال الفلتر الطبيعي المتدرج؟

أثبتت تجربة أريزونا أن العوالق قد أغلقت الفلتر الرملي الذي استخدمه نظام إعادة الاستخدام. وإذا ما تم تحضير نظام يكفل إعادة تنظيف الفلتر بالمياه النقية، فإن ذلك سوف يستخدم الكثير من المياه ويبدد الفائدة من إعادة استخدام المياه الرمادية التي ترمي في المقام الأول إلى خفض من مجمل استهلاك المياه في الأبنية. لذا، يحوم التحدي الأكبر حول اختراع فلتر قادر على تنظيف نفسه ذاتياً وبالمياه الرمادية نفسها التي يقوم بفلترتها.

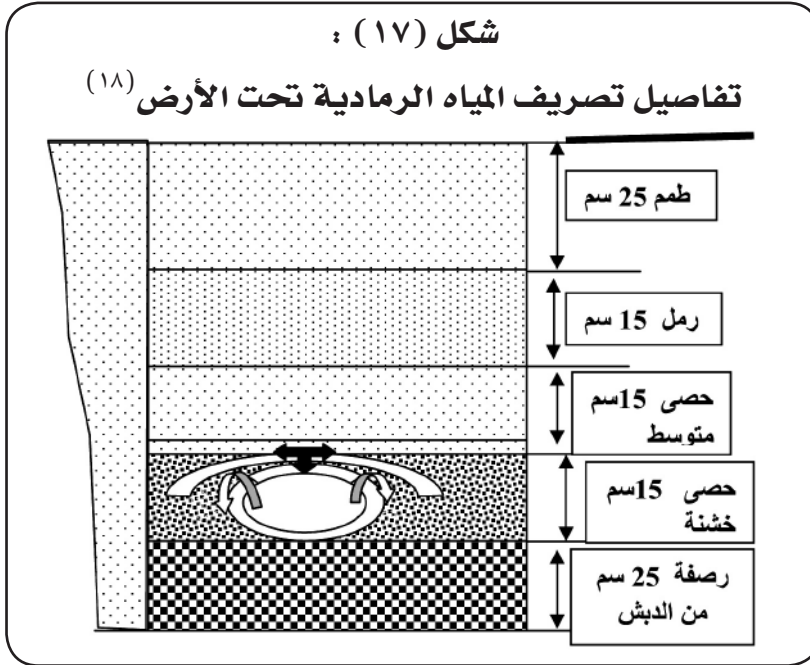
أمّا التجربة البريطانية في معالجة المياه بالكلورين، فقد أثبتت أن نظام المعالجة بحاجة إلى مراقبة مستمرة كي يضمن استخدام المقادير المناسبة في الوقت المناسب. وكي يضمن استبدال أوعية التزويد بأمان. كما أثبتت أن العكورة كانت ظاهرة جليّة، وأن ظهور الرغوة في المرحاض كان واضحاً كذلك. وكل ذلك يستدعي دراسة التأثيرات الجانبية لهذه المؤثرات الكثيرة على صحة الإنسان وعلى لون سيراميك حوض المرحاض وكفاءة الأنابيب الناقلة للمياه وتأثيرها بمستوى حموضة المياه وما إلى ذلك.

هذه التجارب جميعها، سواء في نجاحها أو تعثرها، فإنها تساعدنا في فهم المشاكل التي قد تواجه المشتغلين بهذا النظام لتدوير استخدام المياه الرمادية، وتشكل تحديات أمامنا لتجاوزها. أما العوائق التي تواجهنا بعناد فلا شك في أنها

ستضمحل بالتدرج، ومن خلال العلاقة الجدلية التطورية القائمة بين النظرية والتطبيق في العلوم التطبيقية.

٧-٦-٢ المخاطر على الصحة

إنّ إعادة استخدام المياه الرمادية للزراعة يستدعي أن يكون اتصال الناس مع محطة التجميع مقصوراً على عدد محدود جداً منهم، وبحيث يكون نظام الري تحت سطح الأرض، كما يشاهد من الشكل (١٧)، إذ يؤدي ذلك إلى تدني مخاطر اتصال الإنسان مع هذه المياه، وبالتالي تصبح المخاطر الصحية محدودة للغاية.



ويمكن زراعة الأشجار على جانبي الخندق، كما يمكن عمل مناهل تفتيش Manholes على طول الخندق لمراقبة أحوال الأنبوب بمرور الزمن، وأيضاً لأخذ عينات للفحص لمعرفة حالة المياه عند نقطة الانطلاق نحو التربة الزراعية.

كما يوضح الشكل (١٧) الأنبوب البلاستيكي المكتمل الذي يحتوي على ثقوب يغطيها نصف أنبوب بلاستيكي آخر أكبر قطراً من الأول. ويكون الآخر مثبتاً فوق الأول مباشرة. وعندما يرتفع الضغط في الأنبوب الأصغر تخرج المياه بقوة من الثقوب الجانبية فتثني نصف الأنبوب الأكبر المرن وتخرج. هذه الطريقة تحمي الفتحات في الأنبوب الأول من الانغلاق، إما بسبب تراكم الطمم من الخارج أو بفعل تراكم الرواسب في داخل الأنبوب. ولكن هذا النظام يستدعي أن تكون الأنابيب مرنة كي يعمل.

وهناك ثمة ضرورة لدراسة آثار المياه الرمادية على البيئة، وبخاصة على الثمار والخضروات. إذ إنّ أكسدة بعض مكونات المياه الرمادية وعوالقها يتحول إلى مادة النيتروزومين Nitrosomines في داخل الأمعاء، وهذا الحدث يرتبط بالإصابة بمرض السرطان Non-Hodgkin's Lymphoma^(١٩). كذلك الأمر بالنسبة للمعادن الثقيلة التي تتأكسد في داخل جسم الإنسان وتشكل مشروع إصابة بالسرطان.

وإن كنا قد أثبتنا في بحث سابق^(٢٠) ضرورة عدم تجاوز نوعية المياه الرمادية مواصفات مياه الري الأردنية، فإن دخول عوامل كثيرة في هذه المعادلة الصحية تستدعي الانخراط في مشاريع بحثية حول خواص التربة الزراعية والتغيرات التي تطرأ عليها في ضوء تعرضها للمياه الرمادية، وأثرها على مكونات الثمار والخضروات النامية فيها. فمن شأن ذلك التلوث أن يضعف من قدرة الإنسان المعاصر على مقاومة الأمراض بعامة. لذلك، ينبغي التأكد من عدم ضرر المنتجات الزراعية بصحة الإنسان حسب الأصول.

ختاماً، نعتقد أن هذه الدراسة حول المياه الرمادية قد توصلت إلى إمكانية استخدام المياه الرمادية من دون معالجة في الزراعة على نحو موسع في حال الأشجار غير المثمرة، وقد وضحنا كيف أن تدوير المياه من شأنه أن يوفر كميات المياه المطلوبة للزراعة في المناطق الصحراوية^(٢١)، كما من شأنه أن يخفّض تكاليف إنشاء محطات التنقية بالرغم من اعتراض البعض بشأن الأثر السلبي لخفض كميات السوائل في المحطات لصعوبة المعالجة، وأن يحمي المياه الجوفية من التلوث، وأن يضيف إلى البيئة الطبيعية والجمالية فلا تترط طبيعية متمثلة في الخضرة الزراعية وعملية التركيب الضوئي.

كذلك، لفتنا الانتباه لضرورة التطلّع على صعيد عالمي إلى نتائج هذه الأبحاث، إذ ينبغي أن تفرض الحكومات قوانين تلزم المشاريع التي تستهلك كميات كبيرة من المياه بتركيب أنظمة إعادة استخدام، كما فعلت اليابان، على سبيل المثال.

كما ينبغي أن تتخبط الشركات العالمية للمساهمة في التحضير لإعادة استخدام المياه الرمادية على صعيد عالمي على نحو ينسجم مع ادعاءات العولة التي تعتبر العالم اليوم قرية صغيرة بحيث يمس التلوث في أصغر بقاعها أصقاع العالم بأسره.

ومن هنا نطمح إلى تقديم المؤسسات الدولية للصناعات الكيميائية بتبني إضافة الكلورين، على سبيل المثال، إلى المركبات الكيميائية المنزلية Detergents بحيث يسهم ذلك في معالجة المياه الرمادية التي يتم تجميعها من دون حاجة إلى تطوير نظام لمعالجة المياه.

أيضاً، يطمح الباحثون اليوم إلى دعوة الشركات لتخفيض نسبة الفوسفات وغيرها من المواد الضارة في تركيبة الصابون. فضلاً عن ذلك، يمكن التخفيض من كمية المواد العالقة Suspended Solids في المياه الرمادية بتركيب مصافي على أجهزة الغسيل نفسها، بحيث يتم خفض حجم المشاكل في العوالت

عند المصايف، كما اتضح لنا في المشكلات التي عانت منها التجربة البريطانية، ونظيرتها الأردنية. كما نطمح إلى أن تقوم الأبحاث لإنتاج فلاتر لتنقية المياه الرمادية بحيث يتم تنظيفها بصورة ذاتية وآلية، وبالمياه الناتجة عن التنقية نفسها.

وأخيراً، يفتح هذا البحث باباً كبيراً لإمكانية تطوير أبحاث لإعادة استخدام المياه الرمادية في داخل المنازل أيضاً عندما تصبح نوعية المياه المعالجة بمستوى مياه الشرب والتي من شأنها أن تسهم في توفير حوالي ٤٠٪ من المياه المستخدمة في المنازل السكنية.

وإذا شئنا أن نستكمل متطلبات إعادة التدوير والاستخدام الأمثل للفضلات ينبغي أن نقوم بإنتاج غاز الميثان من المياه العادمة وفضلات البيت الأخضر، وذلك بتخمير النفايات العضوية ومن ثم استخدام الغاز في الطبخ وربما في التدفئة وتسخين المياه أيضاً!

الأبنية الخضراء

٢٣٦

الفصل الثامن

الحدائق البيئية

الخضراء

الأبنية الخضراء

٢٣٨

الفصل الثامن

٨- الحدائق البيئية الخضراء

٨-١ تقديم

لما كان الإنسان يعيش على الأرض ويتنفس الهواء ويشرب الماء ويأكل من نواتج الطبيعة وخيراتها، فقد باتت أنماط التلوث تشكل كارثة بدأت تحل بالجنس البشري على سطح هذه البسيطة، الأمر الذي دفع إلى ضرورة مقاومة خطر تلوث البيئة بشتى الطرق والوسائل، ومن هذه الوسائل رفع مستوى الثقافة البيئية والوعي البيئي العام، والاهتمام بالتربية البيئية على مستوى الوطن والعالم، وبخاصة فيما يتعلق بالبيئة الجمالية والنفسية والصحية، حيث الحدائق الخضراء الجافة أحد عناصرها في المناطق الشحيحة بالمياه.

ولا شك في أن تطور أجهزة الاتصال والأقمار الصناعية والإنترنت قد أسهمت في زيادة هذا الوعي لدى الناس إلى حد كبير، ولكن التربية البيئية المباشرة في البيت والمدرسة والجامعة لها البعد الأهم والأعظم في ترسيخ الواجب البيئي الملقى على

عائق كل فرد من أفراد المجتمع؛ ومن أسهل هذه الواجبات التربوية إقامة علاقة بين الطفل والحديقة، أي بين أبنائنا والعناصر الخضراء من حولهم.

فمن وظيفتنا اليوم، كعلماء وفلاسفة وتربويين وإعلاميين وباحثين مشتغلين في صنوف المعرفة المتنوعة؛ أن نجعل الأفكار الإنسانية والبيئية كليهما قريبة من قلوب الناس وعقولهم من خلال الوقوف عند تجارب بيئية عملية حتى نتطلع إلى بيئة أفضل. فإنه بإمكان الثقافة البيئية القائمة على عمل تجارب بسيطة من شأنها أن تؤدي دوراً مسانداً لحماية عناصر البيئة الأرضية المتنوعة، وإحدى هذه التجارب البسيطة قد تكون زراعة شجرة واحدة والارتباط بها عاطفياً والعناية بها لمدة طويلة، فكيف يمكن أن ننجز ذلك؟

عودة إلى فكرة تشجيع زراعة طلاب المدارس والجامعات للأشجار لتنمية مشاعر حب واحترام الطبيعة الخضراء لديهم، فنقول إن المهم كذلك هو مشاركة كل فرد من أفراد العينة التي يتم اختيارها في زراعة الأشجار، فضلاً عن ضرورة إطلاق أسماء الطلبة على هذه الحقائق أو الأشجار التي يزرعوها كي يتم التواصل معها في المستقبل وتحمل مسؤولية العناية بها وحمايتها بصورة مستمرة، إضافة إلى إطلاق روح التنافس بين

الطلبة جميعاً لتجميل حدائقهم باستمرار والتنافس على ارتقاء جمال الحديقة ونضارتها وتطويرها والتعلم عن تجاربهم، وربما تخصيص جوائز كحافز لهم.

٢-٨ حدائق بيئية جافة



صورة (٦٨) :

حديقة جافة في دارة الكمالية - عمان لا تروى إلا طبيعياً بماء المطر خلال فصل الشتاء

ثمة إمكانية زراعة حديقة بيئية خضراء ذات ورود، كالتى تظهر في الصورة (٦٨)، والتي زرعت في شتاء عام ٢٠٠٨، ولم يتم ريهـا بنقطة ماء واحدة زيادة عما وهبتها الطبيعة من الغيث، ولغاية صيف ٢٠١٠ عندما أخذت الصورة في شهر تموز. وهي

تجربة ناجحة حيث تم زراعة أنواع مختلفة من الصبار، فضلاً عن نبتة الجيرونيوم ذات الوردية الحمراء الجميلة التي تزهر خلال معظم أيام السنة. وكذلك نبات اللفندر والحصلبان.

وفي الصورة (٦٩) التي أخذت في مطلع ربيع عام ٢٠١٣ يتضح نمو مجموع الجيرونيوم الصبار باستثناء نوع واحد يقع في الحلقة الداخلية حيث تم استبداله بنبتة الحصلبان وإضافة بضع نباتات صبرية كذلك. فيما تظهر في أرضية الصورة (٦٨) أيضاً نبتة لفندر التي تتحمل الجفاف والتي يمكن مشاهدتها صغيرة في عام ٢٠١٠.



صورة (٦٩):

نبات حصلبان في جوار حديقة الكمالية الجافة / ربيع ٢٠١٣

وتظهر في الصورة (٦٩) التي التقطت بتاريخ ٢٠١٣/٣/١٥ نبتة حصلبان ناضجة وقد زينتها الورود الجميلة وقد زرعت إلى جانب الحديقة الجافة؛ وكلا النبتتين الحصلبان واللفندر لم تسقيا إطلاقاً إلا بما تستمدّه من مياه المطر.

وفي اليوم نفسه التقطت صورة للحديقة الجافة لعام ٢٠١٣ ويمكن مقارنتها مع صورة ٦٨ لعام ٢٠١٠، وكيف طرأ تغير هائل علي الحديقة وباتت النباتات تزدهر وتتعاظم.



صورة (٧٠) :

حديقة الكمالية الجافة / ربيع ٢٠١٣
ويظهر نبات اللفندر في أرضية الصورة

كذلك يمكن الانتفاع من النباتات البرية التي ظهرت في حديقة خاصة من البيت البيئي في دارة الكمالية موضوع الفصل الأخير، وقد أطلق عليها اسم «الحديقة البرية» لأنه لا يتم الاعتناء بها. وقد تركت على حالها منذ عام ٢٠٠٧، وهي اليوم تعج بالنباتات البرية والزعر البري.

في الصورة (٧٠) نباتات مزدهرة في الحديقة البرية الجافة، كالحمم والقبّاره وهي تعيش على الرطوبة في التربة وتكتفي منها طيلة فصل الصيف، بدءاً من موسم اخضرارها في فصل الربيع.



صورة (٧١):

نباتات برية من الأراضي الأردنية

ولكن ذلك ينبغي ألا يمنعنا من زراعة مسطحات خضراء من نمط آخر، مثل أشتال متفرقة من النباتات التي تتحمل الجفاف، وبخاصة الصبريات واللفندر والجيرونيوم والحصلبان وغيرها من النباتات المحلية الجميلة المزهرة التي لا تحتاج سوى الى بضعة لترات من المياه كل أسبوع أو أسبوعين، بل ويمكنها أن تظل على قيد الحياة حتى لو تم إغفال ريها خلال فصل الصيف بأكمله^(٢٢).

كل ما يقتضيه الأمر هو تهيئة التربة للزراعة وتعميق جذور هذه الأشتال عند زراعتها بحيث لا يقل عمق الجذور عن ٤٠ سنتيمتراً تحت سطح الأرض، والمطلوب كذلك تسوية الأرض كي تستطيع تخزين أكبر قدر ممكن من مياه الأمطار من دون حدوث إنجرافات في التربة. ثم نشرع في تغطية الأرض من حولها بحجارة مختلفة الحجم لخفض كمية المياه المتبخرة من التربة خلال فصل الصيف الحار (صورة ٧٢).

ومن الجدير بالمعرفة أن الحجارة تقوم بجمع بعض قطرات الماء من الندى خلال ليالي الصيف الرطبة والباردة، إذ يتكاثف الندى على أسطحها الباردة نسبياً وتنساب المياه حول الحجارة لترطب التربة.

كذلك تسهم الحجارة الصغيرة والحصى الظاهرة في

الصورة أدناه في خفض كمية المياه التي تتبخر من سطح التربة وتمنع نمو الحشائش غير المرغوب بها، الأمر الذي يوفر للنبات فائضاً من المياه للنمو.



صورة (٧٢) :

تغطية سطح التربة بالحجارة الصغيرة والحصى

ويتضح من الصورة اللاحقة أيضاً نبات “الكتيلة” البري الذي ينمو برياً ولا يحتاج إلى ري طوال فصل الصيف الجاف. وهو نبات يرتفع لنحو نصف متر عن سطح الأرض ويمتد على محيط مماثل تقريباً، وحجمه يعتمد على طبيعة التربة ووفرة الرطوبة فيها، ويطلق رائحة عطرية رائعة، وبخاصة عند ملامسته.



صورة (٧٣):
لنبات الكتيلة
البري

٨-٣ النجيل في الحدائق

صحيح أن منظر النجيل حول الأبنية جميل ومريح للنظر ورائحته مميزة، ولكن هناك انعكاسات سلبية لزراعته حول الأبنية، سواء كانت تلك الأضرار على البيئة أم على الأبنية نفسها، فلا بد من التعرف إليها إذا شئنا أن نتحدث عن أبنية خضراء رفيقة بالبيئة.



صورة (٧٤) :
ري النجيل في ساحات عمّان

يظن غالباً أن الغطاء الأخضر يمكن أن يجعل من الأبنية صروحاً خضراء بفعل الغطاء الذي يوفره النجيل فيجعل من المسطحات المحيطة بالبناء، أو ربما تلك الأماكن الخضراء الموجودة على سطحه، مسطحات خضراء يقل امتصاصها لأشعة الشمس مقارنة بالألوان الداكنة من مواد البناء وبالتالي تسهم في تخفيض أضرار الانحباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الغلاف الحيوي المحيط بالأرض!

ولكننا نعتقد جازمين أن النجيل ليس سبباً كافياً كي يجعل من الأبنية موائل خضراء، وبخاصة في بلادنا التي تعاني من شح المياه، إذ يبخر النجيل بواسطة عملية النتح ما لا يقل عن لتر واحد من الماء لكل متر مربع في اليوم المشمس المعتدل الواحد. وهذا يعني أن الأيام الشديدة الحرارة قد يتضاعف تبخر المياه، وبالتالي يحرم الأرض من رطوبتها.

وبناء عليه، فإننا نعتقد أن زراعة النجيل هي ممارسة غير خضراء، وذلك للأسباب التالية:

يحتاج النجيل إلى كميات كبيرة من الماء لبقائه أخضر، فضلاً عن ذلك فإن الإفراط في الري يؤدي إلى تشققات في أساسات الأبنية والممرات الخارجية وبالتالي يسهم في دخول الرطوبة إليها، وبخاصة في الحالات التي يتم فيها سهواً ترك المياه مفتوحة لفترات طويلة، أو في تلك الحالات التي تحوض فيها مياه الأمطار لفترات طويلة، وذلك في المناطق خشنة السطح كثيفة الخضرة متراسة الجذور المزروعة بالنجيل.

وتسهم كذلك المناطق المزروعة بالنجيل في إبطاء حركة مياه الأمطار أو مياه الري، الأمر الذي يسمح للمياه بالتسرب إلى التربة التي تجثم عليها الممرات الخارجية، الأمر الذي يحدث هبوطاً فيها، كما يلاحظ في أغلب الأبنية الحديثة.

كذلك يؤدي هبوط الممرات الخارجية إلى تغيير اتجاه مياه الأمطار صوب أساسات المباني لتتسرب عميقاً في التربة لتغير من محتوى الرطوبة في التربة. وهذا بدوره يؤدي إلى انتفاخ بعض أنواع التربة وبالتالي يؤدي إلى تحرك أساسات المباني وتشقق الجدران والعناصر الإنشائية المختلفة التي تجثم فوقها.

خلاصة القول إن زراعة النجيل حول الأبنية في بلادنا الجافة نسبياً يستهلك كميات كبيرة من المياه، ويؤدي إلى الضرر بأساسات الأبنية والممرات من حولها، وأيضاً يؤدي إلى الضرر بالشوارع إذا زرع بمحاذاتها.

أليست هناك بدائل لجعل الأبنية خضراء من دون اللجوء الى ترف زراعة النجيل للتمثل بالدول المتقدمة الواقعة في شمال الكرة الأرضية وبالتالي وقف هدر المياه الشحيحة؟

ربما يكون في الفكرة الأخيرة بعض الصواب من حيث تغطيتها لمساحات كبيرة حول البناء بالعشب الأخضر، فتقل نتيجة لذلك كمية الحرارة التي تمتصها التربة من أشعة الشمس؛ ولكن يمكننا تحقيق العرض ذاته من نبتة «المجنونة» مثلاً التي تظهر في الصورة (٧٥) والتي لا تحتاج إلا إلى ري نذر يسير. ولكن، ألا تؤثر جذور الأشجار أيضاً على أساسات المباني؟



صورة (٧٥):

نبته المجنونة ذات الألوان الخلافة (استراحة أم قيس)

٨-٤ جذور الأشجار المعمرة

صحيح أن الأشجار تلقي الظلال الوارفة ولكن هذا لا يعني أن زراعة أي نوع من الأشجار هو الحل! إذ ينبغي التنبيه إلى ضرر جذور بعض الأشجار على الأبنية، حيث يمكن ملاحظة الجذور الضخمة التابعة لشجرة الحور (أنظر صورة ٦) وهي تتجه صوب تربة أساسات المبنى المجاور لها لتسهم في هبوط أساساته وتشققه.



صورة (٧٦) :

جذور الأشجار تحت الممرات الأرضية

ويمكننا ملاحظة جذور الأشجار في صورة ٧٦ وهي تتجمع تحت الممرات الخارجية لتمتص الرطوبة من التربة، وبذلك تسهم في تغير حجم التربة، الأمر الذي يؤدي إلى هبوط الممرات الخارجية وتشقق البلاط من فوقها.

خلاصة القول إن اختيار الحديقة حول الأبنية الخضراء مسألة ليست بسيطة، حيث ينبغي مراعاة عوامل الأمان الإنشائي على الأبنية من جهة الضرر الذي ربما يلحق بالتربة، وفي الوقت نفسه ينبغي استثمار الحداثق في تظليل الأبنية وخلق حركة الهواء المناسبة للمشروع عند الارتفاعات المطلوبة.

٨-٥ تدوير النفايات في الحدائق



صورة (٧٧)
أعشاش للطيور
مصنوعة من
فضلات منزلية

يمكن إعادة تدوير المواد البلاستيكية التي تحتاج إلى مئات بل بضع ألوف من السنين أحياناً للتحلل في التربة، فمثلاً يمكن عمل أعشاش للطيور كما يظهر في الصورة (٧٧)، أو يمكن استخدامها للري بالتنقيط بوضع عبوة بلاستيكية أو أكثر مثقوبة القعر وذلك بجوار الشجرة المطلوب ريها وتعبأتها بالماء لريها بالتنقيط تحت سطح التربة منعاً للتبخر في بلادنا الحارة صيفاً.

حبذا لو يتم تعميم هذه التجربة في المدارس من قبل المعلمين وتأسيس الأندية العلمية لمتابعة ذلك، بهدف خلق بيئة جمالية لطيفة والحد من الهدر في مياه الري وإعادة تدوير المواد المضرة بالبيئة.

كذلك نأمل أن تتسع هذه التجربة لتنتقل مع الطلاب والمعلمين إلى حدائقهم المنزلية لتعميم هذه التجربة وزرعها في نفوس الطلاب منذ نعومة أظفارهم، لتصبح خير مثال على التربية البيئية التي نطمح إليها في أرجاء الوطن العربي كله، وذلك كي تدلو السواعد اليانعة بدلوها في التخفيف من حدة الانحباس الحراري بزيادة الرقعة الخضراء من دون أي استنزاف للموارد المائية المحدودة، وبالتالي فإنها تسهم في تحسين أحوال البيئة الطبيعية والبيئة الجمالية معاً، فضلاً عن الارتقاء بالبيئة الاجتماعية صوب مرتبة أعلى في سلم أولويات التربية البيئية.



صورة (٧٨) ديدان تنتج فضلات غنية كسماد
Compost يصلح للزراعة

ومن هذه الأمثلة جميعها يمكننا التعلم من الطبيعة الخضراء ضرورة أن تتمتع الأبنية الخضراء بخاصية تدوير فضلات مواد البناء والفضلات الناجمة عن اشغال البناء، كتدوير المياه للاستخدامات المتجددة المستدامة، وتدوير النفايات بفرزها أو تخميرها لإنتاج غاز الميثان بوصفه غازاً يمكن استخدامه لتوليد الطاقة الحرارية أو ربما استخدام الديدان لاستهلاك الفضلات العضوية Compost وخلق تربة غنية صالحة للزراعة، وفي الوقت نفسه تخفيض التلوث الذي قد يطال المياه الجوفية عند التخلص من النفايات العضوية كيفما اتفق.

الفصل التاسع

دائرة الكمالية

نموذجاً

الأبنية الخضراء

٢٥٨

الفصل التاسع

٩- دائرة الكمالية نموذجاً

٩-١ تقديم

تستخدم هذه الدراسة «دائرة الكمالية» نموذجاً لتوفير الطاقة وبناء المشروعات الرفيعة بالبيئة وبخاصة بعد فوزها بالجائزة الذهبية للبيئة المبنية في الشرق الأوسط لعام ٢٠١٠؛ إذ سوف يتم تفكيك المشروع إلى عناصره الأساسية وتوضيح طريقة استخدام وكفاءة كل عنصر على حدة، بدءاً من التصميم المناخي، مروراً بمواد البناء المستخدمة والعزل الحراري، وانتهاءً بإعادة تدوير المياه ومخلفات مشاريع الأبنية وإقامة الحدائق الجافة واستخدامات مصادر الطاقة المتجددة المتنوعة، كالطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الجوفية.



صورة (٧٩) :
دائرة الكمالية - الأردن

كذلك سوف يسعى هذا النموذج إلى تعميم التجربة على الأقطار العربية كافة بوصف الأبنية الخضراء قاعدة للحد من وتيرة تصاعد الحاجة إلى الطاقة، وبالتالي خطوة أولى مهمة صوب تنظيم أوراق استهلاك الطاقة في الوطن العربي ومن ثم العالم، والشروع في التأسيس لتكنولوجيا نظيفة ومستدامة هي السبيل الوحيد صوب استدامة مصادر الطاقة في ضوء توقعات نضوب النفط واليورانيوم خلال عقود قليلة قادمة.

INTERNATIONAL
GREEN APPLE AWARDS
FOR
THE BUILT ENVIRONMENT 2010



MIDDLE EAST : GOLD WINNER
KAMALIYYA RESIDENCE.
ABU-DAYYEH ENGINEERING, JORDAN.

PRESENTED BY THE GREEN ORGANISATION

صورة (٨٠) :

إحدى الجوائز التي حصدها دارة الكمالية

٩-٢ أنموذج للأبنية الخضراء

٩-٢-١ مقدمة :

هذا البحث هو تجربة فريدة في الأردن من حيث تصميم وإنشاء بناء حديث مساحته ٦٤٥ متراً مربعاً يعتمد اعتماداً تاماً على الطاقة الشمسية للتدفئة في فصل الشتاء وعلى الطاقة الحرارية الجوفية للتبريد في فصل الصيف.

وقد دمج التصميم المعماري المناخي بالتصميم الحراري رفيع المستوى مدعماً باستخدام مصادر الطاقة المتجددة،

كالطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الجوفية ليميز البناء
بقدره عالية على توفير الطاقة وجعل البناء مستداماً له آثار
إيجابية على مجالات البيئة الطبيعية والاصطناعية والاقتصادية
والاجتماعية والصحية والجمالية والنفسية.

٩-٢-٢ وصف المشروع:

بناء سكني يتألف من طابقين وجزء من طابق على السطح حيث
المساحة المغطاة لكل طابق تساوي ٣٠٠ متر مربع، ومساحة الروف ٤٥
م^٢. فضلاً عن بناء قديم مجاور تم ترميمه مساحته ٧٥ م^٢.

يقع البناء على قطعة أرض مساحتها ٣٦٠٠ متر مربع في منطقة
الكمالية - غرب عمّان، مشرفة من جهة الغرب على مدينتي السلط
والفحيص وعلى جبال فلسطين، حيث يمكن رؤية أنوار القدس في
ليلة صافية؛ كما يشرف الموقع من جهة الجنوب على القصور الملكية
العامة في الحمر، ومن جهة الشرق على صويلح وإسكان أبو نصير،
ومن جهة الشمال على البقعة وجبال عجلون. وترتفع الأرض في تلك
المنطقة نحو ٩٥٠ متر عن سطح البحر.

كانت أرض المشروع مزروعة بأشجار الزيتون المعمرة يتراوح
عمرها ٥٠ - ٦٠ عاماً، وقد تم إعادة زراعة كافة الأشجار التي
تمت إزالتها بسبب إقامة البناء.

تمت المباشرة بالبناء في مطلع آذار عام ٢٠٠٧، وحصل البناء على إذن أشغال في شهر تشرين ثاني من عام ٢٠٠٩ وتم إشغاله في العام ذاته.

٩- ٢- ٣ أهداف المشروع:

- تطوير تكنولوجيا البناء المحلية وتسخير التصميم المعماري المناخي والطاقة الموجودة في الطبيعة (الطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الجوفية) لجعل البناء أخضر رفيق بالبيئة ينتج الحد الأدنى الممكن من الغازات الدفيئة.
- إعادة تدوير المياه الرمادية واستخدامها للزراعة، وجمع المياه من فوق البناء ومن حوله في ثلاثة خزانات تجميع للمياه لحصد أكبر كمية ممكنة من المياه (أنظر الصورة رقم ١ في ملحق صور الفصل التاسع). ويلاحظ في الصورة أن نافورة المياه تعمل بتدوير مياه البئر التي تقع أسفلها. ولم يتم عمل بركة سباحة أو زراعة النجيل في المشروع باعتبارهما من الأسباب الرئيسة للإسراف في المياه.
- أثبت المشروع خلال شتاء عام ٢٠٠٧ / ٢٠٠٨ وموسم

٢٠٠٨ / ٢٠٠٩ أن تكلفة آبار تجميع المياه قد تم استردادها كاملة ولم يحتاج المشروع خلال فترة التشطيبات إلى أي قطرة ماء إضافية، فاكتمت ذاتياً من مياه الأمطار التي تم حصدها.

- تأمين فائض مائي في آبار التجميع سمح بزراعة ما يزيد عن ١٦٠ شجرة مثمرة في الموقع، وأكثر من مئة شجرة حرجية، فضلاً عن شجيرات العنب والورود والفصائل النباتية البرية المتنوعة.
- تخصيص منطقة في المشروع لنمو النباتات التي تقاوم الجفاف والتي لا تحتاج إلى ري، كما تم تخصيص منطقة للنباتات البرية لتنمو بعلياً لدراسة مدى احتمالها للجفاف في موسم الصيف القادم ٢٠١٠.
- رفع كفاءة البناء في العزل الحراري على نحو غير مسبوق في الأردن لمواجهة برد الشتاء وقيظ الصيف الحار بأقل التكاليف المحتملة، ولجعل البناء مريحاً حرارياً على نحو يجعل العيش فيه لطيفاً صيفاً شتاءً. والاستغناء التام عن استخدام الغلايات (Boilers) وحرق السولار الملوث للبيئة أشد تلويث.

- يرمي المشروع إلى إثبات أن الإجراءات الأخيرة لا تعني بالضرورة تكلفة إضافية على المشروع، بل في حقيقة الأمر هي تكلفة أقل وتحقق استدامة للبناء من حيث انخفاض تكاليف تشغيله وصيانته طوال فترة إشغاله. وقد قام المهندس محمّد الظاهر بعمل رسالة ماجستير في الاقتصاد المقارن من جامعة ريدينغ Reading البريطانية.

- التأسيس لوصلة كهربائية خارج البناء لتوليد الكهرباء بطاقة الرياح في المستقبل.

- تم التأسيس لتمديدات تدفئة الروف بالهواء المدفأ بالطاقة الشمسية والمدفوع بمروحة تعمل على الخلايا الكهروضوئية P.V.Cells بنظام Twin Solar مقدم هدية من شركة الألفية لصناعات الطاقة (أنظر الصورة رقم ٣ في الملحق).

وسوف تتم مراقبة أداء هذا الجهاز المتطور لتعميم نتائجه على الأبنية الأخرى، وربما الانتفاع منه في تدفئة المزارع والبيوت الزراعية البلاستيكية وحمايتها من أضرار الصقيع.

٩- ٣ عناصر الطاقة المتجددة:

يقترح البحث اعتبار التصميم المعماري المناخي والتصميم الحراري للأبنية واستخدام عناصر الطاقة المتجددة من العوامل الأساسية في إقامة الأبنية الخضراء وتحقيق التوازن بين استدامتها والمناحي البيئية والاقتصادية والصحية والتي هي متاحة للإنسان دوماً. وفيما يلي عناصر الطاقة المتجددة المستخدمة في المشروع:

٩- ٣- ١ التصميم المعماري المناخي:

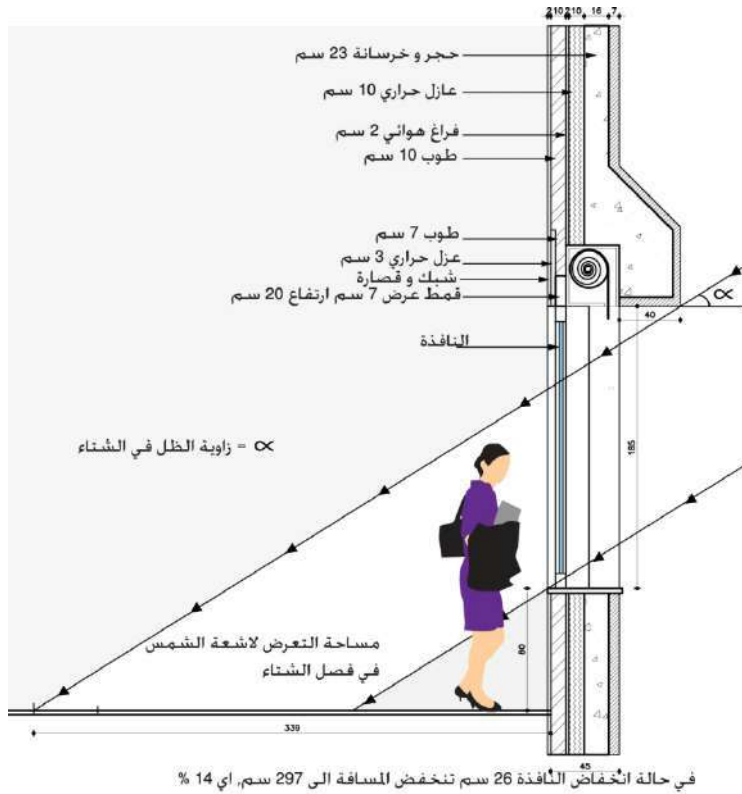
-تمت دراسة الموقع وتوجيه البناء نحو الجنوب للسماح بأشعة الشمس للدخول إلى البناء خلال فصل الشتاء، كذلك تم التصميم لمنعها من الدخول في فصل الصيف بواسطة مظلات. كما تم وضع حواف جانبية ساقطة لمنع شمس الصباح من السقوط على النوافذ مباشرة في فصل الصيف (أنظر الصورة رقم ٤).

-تمت دراسة ارتفاعات الفتحات الخارجية الجنوبية لتسمح بأكبر قدر ممكن من الشمس بالدخول وأيضاً السماح لها بالوصول إلى أبعد نقطة ممكنة داخل الغرف كما يظهر في شكل (١٨)، وبالمقابل جعلنا الارتفاعات في المناطق الأخرى ضمن حدود

مناسبة لتقليل حجم البناء من الداخل ومساحة جدرانه، وبالتالي
ساهمت في خفض كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتدفئته أو تبريده
خلال فصول السنة.

شكل (١٨) :

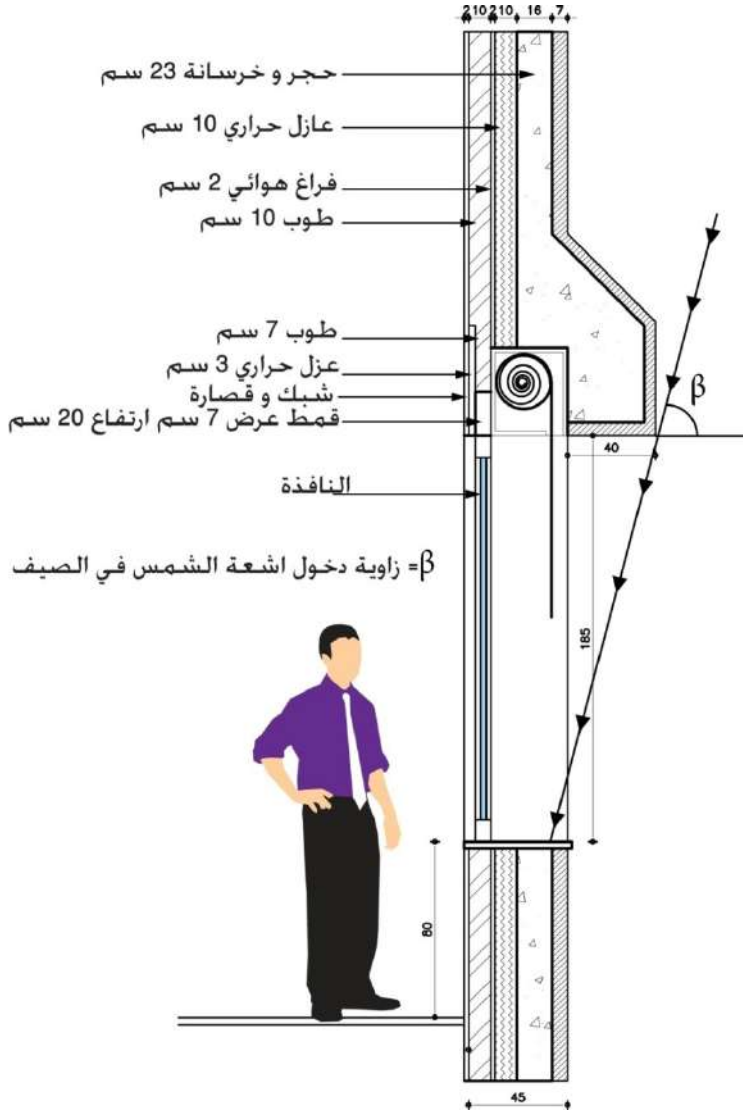
الدخول الإيجابي لأشعة الشمس خلال فصل الشتاء



لاحظ في شكل ١٨ كيف تغطي أشعة الشمس في فصل الشتاء
مساحة واسعة من بلاط الأرضية.

شكل (١٩) :

حجم أشعة الشمس على الفتحات الخارجية صيفاً



أما في فصل الصيف فيلاحظ في شكل ١٩ كيف حُجبت المظلة الخارجية أشعة الشمس تماماً ولم تعد تصل إلى زجاج النافذة أبداً.

- المحافظة على مساحة نوافذ الواجهة الخلفية الشمالية ضمن الحد الأدنى والبالغة ١٠٪ للاستفادة من الضوء فقط.
- إلغاء كافة فتحات الواجهة الغربية لتقليل الهواء داخل البناء وتخفيض سرعة ارتحال الهواء وهروبه إلى الخارج بخفض ضغط الهواء داخل البناء.
- جعلنا مدخل البناء الجنوبي زجاجياً بالكامل كم منطقة بيت زجاجي لرفع درجة الحرارة في فصل الشتاء، مع مراعاة تغطية المنطقة بمظلة عالية وممتدة لحجب أشعة الشمس في فصل الصيف (أنظر الصورة رقم ٥).
- إلغاء طريقة صناديق الأباجورات التقليدية التي تسرب الكثير من الهواء والأغبرة إلى داخل الأبنية والتي تساهم في فقدان نسبة مرتفعة من طاقة البناء الحرارية، وتصميم طريقة بديلة تسمح بإحكام إغلاق الفتحات الخارجية (أنظر الصورة رقم ٦).

٩-٣-٢ التصميم الحراري

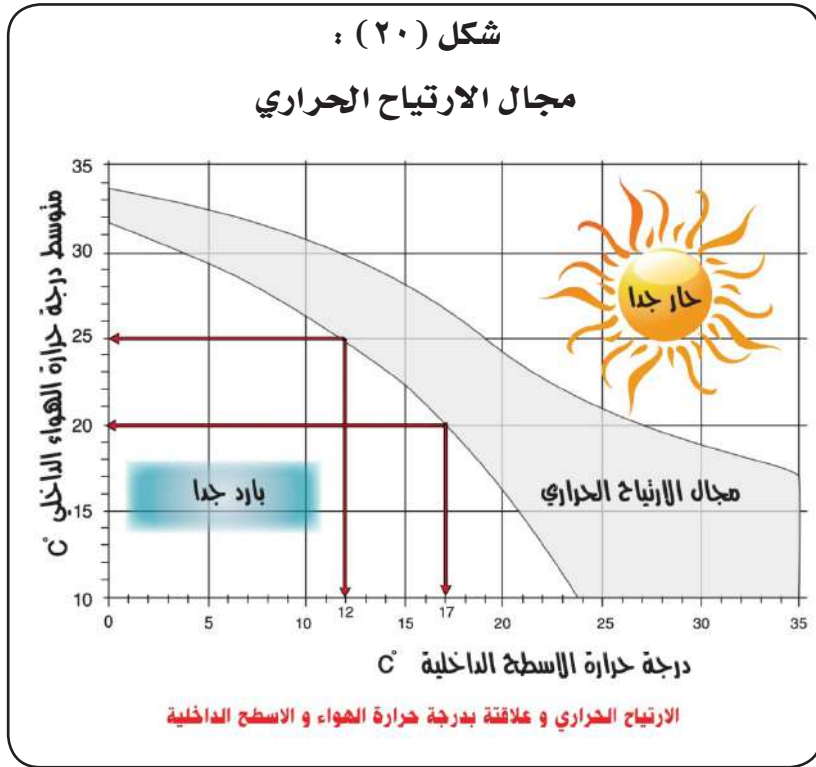
نقصد بالتصميم الحراري زيادة مقاومة عناصر البناء في مقاومة نفاذ الحرارة وتأخير زمن وصول الموجة الحرارية Heat Wave Time Lag وجعل البناء مريحاً حرارياً Thermally Comfortable لأطول فترة ممكنة خلال الليل باستخدام مفهوم الكتلة الحرارية Thermal Mass.

ويمكن ملاحظة مجال الارتياح الحراري في شكل (٢٠) وكل حالة تقع خارجة إلى جهة اليمين تكون غير مريحة حرارياً لأنها شديدة الحرارة، وكل ما يقع إلى يسار المجال الحراري المريح يكون بارداً.

ومن اللافت أن عدم توفر عازل حراري في الأبنية يجعل من تحقيق الراحة الحرارية صعباً ومكلفاً معاً، حيث ينبغي رفع درجة حرارة الهواء الداخلي كثيراً لتحقيق ذلك؛ وفي ذلك استهلاك عظيم للوقود.

فإذا أخذنا بيتاً غير معزول تكون درجة حرارة الأسطح الداخلية نحو ١٢ درجة مئوية، ولتحقيق الراحة الحرارية يجب رفع متوسط درجة حرارة الهواء الداخلي إلى ٢٥ درجة للوصول

إلى بداية مجال الارتياح الحراري (أنظر شكل ٢٠)؛ أما إذا كان البناء معزلاً فإن درجة حرارة الأسطح الداخلية ترتفع إلى ١٧ درجة وبذلك لن نحتاج إلى رفع درجة حرارة الهواء الداخلي سوى إلى ٢٠ درجة لتحقيق الارتياح الحراري.



٩-٣-٢-١ الجدوى الاقتصادية للعزل الحراري

لنأخذ هنا في صدد حساب مردود الاستثمار في العزل الحراري Feasability study إنما لإثبات أن تكلفة المباني إذا تم عزلها حرارياً هي أقل مقارنة بالمباني التي لا تعزل حرارياً، نسوق المثال الآتي:

لنأخذ شقة مساحتها ٢٠٠ م^٢، ولنفترض أن تكلفة إنشائها تساوي ٤٠,٠٠٠ دينار تقريباً، ذلك إذا كانت غير معزولة الجدران.

لنفترض أيضاً أن الشقة تقع في الطوابق السفلية، وليست في آخر طابق، كي يمكننا الحديث عن عزل حراري للجدران فقط (وإن كان ذلك غير ممكن أحياناً في مواصفات البناء لأسباب كثيرة).

فإذا افترضنا أيضاً أن هناك جداراً من الطوب في الجدران الخارجية من جهة الداخل قد استخدم كطوبار عند صب خرسانة التصفيح خلف الحجر، كما هي طريقة البناء المألوفة عندنا، فإن ما يتبقى علينا حساب تكلفته الإضافية هو العازل الحراري.

فلنفترض أننا سوف نضع عازلاً حرارياً في الجدران بسماكة خمسة سنتيمترات وكثافة ٢٥ كلغم/م^٣، وهذا تقريباً يطابق مواصفات الانتقالية الحرارية في الجدران الأردنية التي تم

تحديثها مؤخراً (مع مراعاة أن نسبة مساحة الفتحات الخارجية لا تزيد عن ٢٠٪ في حال استعمال نوافذ الومنيوم تقليدية من زجاج مفرد).

وبناء عليه، فإننا نكون بحاجة إلى نحو ١٢٠ متراً مربعاً فقط من ألواح العزل الحراري لوجود الفتحات الخارجية، ولما كان سعر العازل الحراري يعادل نحو ٥ دنانير/م^٢ لأفضل نوع، أي أن تكلفة العازل الحراري بمجملها تساوي ٦٠٠ دينار للشقة المزمع إنشاؤها.

بالمقابل، إذا افترضنا أن التوفير في مجمل الطاقة المفقودة من الشقة في فصل الشتاء سيكون نحو ٣٠٪ من الطاقة الكلية المفقودة عبر جدران البناء وسقفه وأرضيته (الطابقان أسفل الشقة وأعلاها مشغولان بالسكان)، على افتراض ما يلي:

الطاقة المفقودة من الأسقف والأرضية محدودة جداً (١٥٪) الطاقة المفقودة عبر الجدران نحو ٧٠٪ والباقي مخصص لتسرب الهواء. إذن، إن مجمل التوفير هو نسبة الانتقالية الحرارية للجدران قبل العزل الحراري وبعده: $1,002,50 \times 70\%$ وتساوي نحو ٣٠٪ من مجمل فاتورة الطاقة.

هذا يعني أنه بإمكاننا أن نختصر ثلث المشعات الحرارية في الشقة، وكذلك ثلث قدرة البويلر أو أقل قليلاً، والأمر ينسحب على تخفيض قدرة المضخات الكهربائية وأقطار الأنابيب. فضلاً عن تخفيض أجرة تركيب هذه التمديدات والتقليل من الصيانة المترتبة عليها في المستقبل، ناهيك عن تخفيض كمية الطاقة المستخدمة للتدفئة أو التبريد صيفاً شتاءً بالنسبة نفسها تقريباً.

وعليه، فإن مجمل هذا التوفير في التكلفة الأساسية للشقة لا يقل عن ٢٢٠٠ دينار أردني، أو ما يعادل ٣١٠٠ دولار أميركي.

وإذا خصمنا تكلفة العازل الحراري البالغة ٦٠٠ دينار، فإن الوفرة في تكلفة الإنشاء هو ١٦٠٠ دينار؛ ويشكل هذا المبلغ نسبة ٤٪ من التكلفة الكلية للشقة.

وبذلك نستطيع القول إن تكلفة شقة مساحتها ٢٠٠ متر مربع ومهيأة بوسائل التدفئة الحديثة تنخفض تكلفتها المبدئية بنسبة ٤٪ إذا قمنا بعزلها عزلاً حرارياً ممتازاً، كما أن كمية استهلاك الطاقة سوف تنخفض بنسبة ٣٠٪ سنوياً، سواء كان ذلك لأغراض التدفئة شتاءً أو لأغراض التبريد صيفاً.

ألا يستحق ذلك منا التفكير والشروع في التخطيط لعزل الأبنية حرارياً عزلاً ممتازاً، والنظر في رفع كفاءة النوافذ والأبواب

الحرارية لتحسين مجمل كفاءة البناء وكذلك منع تسرب الهواء من خلال الفتحات الخارجية بما في ذلك صناديق الأباجورات؟

ألا يستحق قاطنو الأبنية أن يتنعموا بالراحة الحرارية في داخل أماكن سكنهم وأن يستغلوا المصروفات الإضافية الناجمة عن الهدر في الطاقة لأغراض تحسين أحوالهم المعيشية في عالم غدت فيه الأوضاع الاقتصادية والنفسية أكثر صعوبة؟

٩-٣-٢ تصميم الجدران والأرضيات حرارياً

تم تصميم الجدران حرارياً كي يلائم نمط البناء التقليدي في الأردن، فبعد صب الجدران الحجرية المصفحة بالخرسانة وفك الطوبار وضعنا طبقتين من العزل الحراري خلف الجدران من الصوف الصخري كثافة ٦٠ كغم/م^٣ وبلغت سماكة كل طبقة ٥ سم، فيما كانت الطبقة الداخلية مغلفة بالقصدير اللامع، وتركنا فراغاً هوائياً بينها وبين الطوب للسماح لهذه الطبقة بالعمل في الفراغ أيضاً بعكس الأشعة الحرارية النافذة عبر الجدران (أنظر الصورة رقم ٧).

وقد غلفنا الجدران من الداخل بطبقة من الطوب الخرساني المفرغ سماكة ١٠ سم، وبذلك تلافينا الجسور الحرارية عند الأعمدة باستخدام طبقتين من الصوف الصخري، كما يبدو في الصورة (٧) نفسها.

وعليه تكون كفاءة الجدران في العزل الحراري كما يلي:

المقاومة الحرارية للجدران الخارجية:

مقاومة الأسطح الداخلية والخارجية = ٠,٢١

مقاومة الجدار الحجري = d = ٠,٠٥ = ٠,٠٣٣

k = ١,٥٣

مقاومة الجدار الخرساني = d = ٠,٢٧ = ٠,١٤٦

k = ١,٨٥

مقاومة الصوف الصخري = d = ٠,١٠ = ٣,٣٣٣

k = ٠,٠٣

العاكس الحراري (Aluminum Foil) = ٠,٦٠

طوب خرساني مفرغ = d = ٠,١٠ = ٠,١٠

k = ١,٠٠

مجموع المقاومات (مع إهمال القصارة الداخلية) = ٤,٤٢٢

وبناء عليه تصبح الانتقالية الحرارية:

U-value = ١ = ٠,٢٣ واط/م^٢. كلفن

علماً بأن الكودة الأردنية المحدثه للعزل الحراري لعام ٢٠٠٩

تستلزم قيمة لا تزيد عن ٠,٥٧ واط/م^٢. كلفن للجدران المصمتة.

٩-٣-٢-٣ تصاميم حرارية للفتحات الخارجية

- لقد صممت صناديق الأباجورات بحيث تفتح من الخارج لمنع نفاذ الهواء من صناديق الأباجورات، وتم عزل الجدار (القمط) بالبولسترين لمنع تكاثف الماء على سطحه عند منطقة الجسر الحراري Thermal Bridge، كما يبدو في الصورة رقم ٨.
- كذلك تم وضع عازل حراري من الخرسانة الرغوية Foam Concrete حول محيط البناء بالكامل لمنع هروب الحرارة إلى الخارج في فصل الشتاء عبر نقطة اتصال الجدران الخارجية مع الأرضية، بما في ذلك منطقة الأبواب. عرض الطبقة ٥٠ سم وسماكتها ١٢ سم (أنظر الصورة رقم ٩ التي توضح موقع العزل الحراري من مادة الفوم عند الأبواب الخارجية).
- كذلك تم تحصين الأرضية وظهر الجدران بطبقة من عازل مائي سماكة ٣ ملم لمنع وصول الرطوبة على شكل بخار ماء إلى الداخل ولتخفيض كمية غاز الرادوم النافذ إلى داخل الأبنية، وبخاصة المناطق الواقعة تحت منسوب الأرض (أنظر الصورة رقم ١٠).

- أما النوافذ، فقد تم إغلاق معظمها تماماً، بطبقتي زجاج مع فراغ ٦ ملم وتم عزل مقاطع الألمنيوم من الداخل بالصوف الصخري والبولي يوريثين أيضاً. كما أخذت بعين الاعتبار قيمة انتقالية وانعكاسية سطح الزجاج عند اختيار الزجاج.

ولغايات تسهيل تنظيف الزجاج من الخارج صممت بعض النوافذ كي تفتح أفقياً منزلفة على سكة، فيما تم تصميم بعضها الآخر كي يفتح عمودياً لتقليل تسريب الهواء.

أما نوافذ الحمامات فتم عمل إطارين تفصلهما مسافة ٣٠ سم لزيادة الكفاءة في العزل الحراري والعزل الصوتي معاً.

- كافة السدائل Shutters من اللون اللامع ذي معامل ابتعاثية منخفض لتخفيض الفاقد الحراري في فصل الشتاء، فضلاً عن معامل انعكاسية مرتفع لعكس أشعة الشمس في فصل الصيف.

كما تم استخدام مقاطع أباجور معبأة برغوة بولي يوريثين عالية الكفاءة في العزل الحراري.

كذلك أحكم إغلاق صناديق السدائل بفراشي سميكة لمنع تسلل الهواء والأغبرة إليها وأحكم إغلاق الشقوق الواقعة بين الصندوق وعناصر الجدار بمعجونة مرنة هي بولي سلفايد Polysulphide القابلة للتمدد والتقلص.

٩-٣-٢-٤ تصميم السقف حرارياً

- أما السقف الأخير فكان تصميمه الحراري مميزاً، إذ وضع ربس من البولستيرين بدلاً من الربس الخرساني (أنظر الصورة رقم ١١)، وبعد صب العقدة الخرسانية عزلت العقدة مائياً بطبقة من ألواح القطران (أنظر الصورة رقم ١٢)، ثم عملت مدة ميلان من الخرسانة الرغوية الخفيفة بسماكة تتفاوت من ١٠ سم إلى ٢٤ سم، وضعت فوقها طبقة من القصارة (أنظر الصورة رقم ١٣)، ثم غطي السطح بالبلاط مع وضع فتحات تهوية لتحرير بخار الماء المخزون في الداخل.

وبذلك أصبحت كفاءة السقف حرارياً تكافئ $0.13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ، كما هو آت:

المقاومة الحرارية للسطح

مقاومات الأسطح الداخلية والخارجية = ٠,٢١

بلاط موزايكو ٣ سم = $d = ٠,٠٣$ = $k = ٠,٩٩$

مونة اسمنتية ٣ سم = $d = ٠,٠٣$ = $k = ٠,٧٢$

عدسية ١٠ سم = $d = ٠,٠١$ = $k = ١,٤$

خرسانة رغوية ١٧ سم = $d = ٠,١٧$ = $k = ٠,٢$

خرسانة مسلحة ٥ سم = $d = ٠,٠٥$ = $k = ١,٨٥$

ربس بولسترين ٢٥ سم = $d = ٠,٢٥$ = $k = ٠,٠٤$

قسارة وشبك ٣ سم = $d = ٠,٠٣$ = $k = ٠,٧٢$

مجموع المقاومات = ٧,٥٢٢

الانتقالية الحرارية = $R = ١$ = ٠,١٣ واط / م^٢ كلفن

علماً بأن الكودة الأردنية المحدثّة في العزل الحراري لعام ٢٠٠٩ تسمح بقيمة قصوى مقدارها ٠,٥٥ واط/م^٢ لكل درجة كلفن للأسقف المكشوفة.

٩-٣-٣ الطاقة الشمسية

اعتبارات التصميم الشمسي:

معدل الإشعاع الشمسي = ٣,٩٥ كيلوواط. ساعة/يوم. م^٢
(تشرين ثاني - نيسان).

طاقة المياه الساخنة = ١٧,٤ كيلوواط. ساعة / اليوم.

طاقة التدفئة المطلوبة = ٣٠,٦١ كيلوواط. ساعة / اليوم.

حرارة الهواء الداخلي = ٢٢ درجة مئوية.

حرارة الهواء الخارجي = ٠,٦ درجة مئوية.

معدل نسبة الفتحات الخارجية = ١٥٪.

تم تصميم البناء حرارياً ليتغذى مباشرة من مياه ساخنة تزودها ١٢ مجموعة من السخانات الدائرية المفرغة يتألف كل منها من ١٨ ماسورة (أنظر الصورة رقم ١٤).

يتم تجميع هذه المياه بدورة مضغوطة في سلندر معزول عزلاً جيداً سعة ٧٥٠ لتر من المياه، في داخلها سخان صغير موصول بمقاومة تعمل على الكهرباء سعته ٣٠٠ لتر. ففي حال الحاجة لرفع درجة حرارة مياه الاستحمام في الأيام الغائمة تماماً يتم تشغيلها عبر جهاز تحكم بدرجة الحرارة حسب الرغبة (وهذا السخان الكهربائي لم يتم تشغيله إطلاقاً).

طورت زوايا السخانات خلال السنوات الماضية بحيث رفعنا الزاوية التقليدية التي يستخدمها الجميع وهي ٤٥ درجة، وجعلناها ٦٠ درجة، وذلك بناءً على تجارب تم عملها سابقاً وأثبتت كفاءة أكبر في فصل الشتاء. كما قمنا بتغيير اتجاه بعض السخانات لتواجه الشمس عند شروقها للاستفادة من شدتها في فترة مبكرة، لاستخلاص النتائج والعبر منها.

وقمنا بتوزيع المياه الحارة على أربعة أجهزة Fan Coil Units تعمل على دفع الهواء الدافئ بالمروحة إلى نقاط توزيع على الغرف، مع وضع أجهزة تحكم بدرجة الحرارة بحيث يتم تشغيل كل جهاز حسب الحاجة.

٩-٣-٤ الطاقة الحرارية الجوفية

قمنا بتصميم شبكتين أرضيتين للانتفاع من الطاقة الحرارية الجوفية، الأولى مطمورة على عمق الأساسات، نحو ١,٥ - ٢ متر تحت أرضية البناء، قطر ٣٢ مم، وتمتد نحو ٨٠٠ متر أفقياً مردومة بمواد ذات موصلية مرتفعة (أنظر الصورة رقم ١٥).

أما الشبكة الثانية فطولها نحو ٢٠٠ متر وتمتد حول أرضية بئر ماء يتسع لمئة متر مكعب على الأقل. وهاتان الشبكتان مرتبطتان بأجهزة التحكم بالمياه الساخنة نفسها بحيث يتم تحويلها إلى خدمة التبريد في فصل الصيف، إذ إن درجة حرارة الأرض تتراوح بين ١٤ - ١٦ درجة مئوية خلال السنة، بينما تتراوح درجة حرارة مياه البئر حول ١٨ درجة مئوية خلال فصل الصيف كمعدل عام.

وبذلك فإن الحرارة المكتسبة في مياه البئر تتسرب إلى الأرض المحيطة، علماً بأن عمق البئر نحو ثلاثة أمتار تحت سطح الأرض وهو معزول حرارياً من أعلاه، أي فوق سقفه، بطبقة من الخرسانة الرغوية سماكة ٢٥ سنتماً فوقها بلاط من الحجر فوق طبقة من العدسية سماكة ١٠ سنتمات.

٩-٤ عناصر الاستدامة البيئية

٩-٤-١ إدارة فضلات مواد البناء

تم ردم الأكياس الورقية الناجمة عن الأعمال الانشائية، مثل أكياس الاسمنت الفارغة، في التربة الزراعية وذلك كي تتحلل مع الوقت في التربة لتصبح سماداً للتربة.

إعادة استخدام أكياس النايلون بأنواعها من ناتج الورشة لعمل طبقة عازلة للرطوبة تحت الممرات الخارجية، وأيضاً استخدمت القطع الصغيرة من النايلون في الزراعة بتحويل المنطقة المحيطة بسيقان الأشجار لمنع تبخر الماء من التربة (أنظر الصورة رقم ١٦).

كذلك استخدمت الحجارة الفائضة عن حاجة المشروع في عمل ممرات وأسيجة. أما فائض الرمل فخلط بالتربة، فيما استخدم فائض الحصى وكسر الخرسانة لعمل فلتر في قنوات تصريف المياه الرمادية المستخدمة للري الزراعي حول البناء (أنظر الصورة رقم ١٧).

وقد جمعت كافة عبوات البلاستيك التي أنجبتها الورشة لعمل ري بالتنقيط للأشجار الحديثة الزراعة. إما بوضع

الزجاجة كما تظهر في الصورة رقم ١٨ أو بردمها في الأرض وثقب قاعدتها.

٩-٤-٢ زراعة النباتات والأشجار

- أعيدت زراعة الأشجار المعمرة بنسبة نجاح ٩٠٪ (أنظر الصورة رقم ١٩).
- زراعة حديقة جافة من نباتات لا تحتاج إلى مياه وتكتفي بمياه المطر (أنظر الصورة رقم ٢٠).
- تخصيص منطقة طبيعية لنمو النباتات البرية لدراستها في المواسم القادمة ومراقبة تطورها الطبيعي دون ري اصطناعي ولمعرفة أنواع البذور المتواجدة فيها تاريخياً.

٩-٤-٣ المحافظة على المباني التراثية

- تم ترميم البيت القديم المتواجد في الموقع منذ ثمانين عاماً وتوسعته (أنظر الصورة رقم ٢١).

٩-٤-٤ الحصاد المائي

- الوصول إلى شبه اكتفاء ذاتي في المياه بفعل خزانات

تجميع المياه، أحدهما يجمع مياه الأسطح لاستخدام المنزل والثاني يجمع المياه من الساحات الخارجية المبلطة لاستخدامات خارجية وتنظيف وغسيل سيارات، أما الخزان الثالث فمخصص لإعادة استخدام المياه الرمادية الناجمة عن الاستحمام والغسيل في الري.

٩-٤-٥ الأعمال الكهربائية

- تركيب وحدات إنارة موفرة للطاقة LED للمشروع كله.
- تركيب ألواح كهروضوئية لتوليد الكهرباء.

٩-٤-٦ الصيانة ونفقات الطاقة

- الغاء الحاجة إلى أي نوع من الوقود الأحفوري (الديزل) للتدفئة أو التبريد والتخلص من عبء الصيانة الميكانيكية.

٩-٥ خلاصة ونتائج عامة:

يمكننا تلخيص نتائج هذا البحث التطبيقي عن استخدامات الطاقة المتجددة فيما يلي:-

- توفير الطاقة في الأبنية باستخدام الأشعة الشمسية المتجددة والطاقة الحرارية الجوفية المتجددة والتصميم المعماري المناخي والتصميم الحراري رفيع المستوى.
- انتفاء انبعاثات احتراق الوقود الملوثة للبيئة والتي تساهم في تلويث الجو وفي ظاهرة الانحباس الحراري بعامة.
- عزل صوتي وعزل حراري بكفاءة عالية توفر الراحة النفسية والحرارية والصحية لقاطني البناء.
- خفض استهلاك الطاقة الكهربائية إلى الحد الأدنى وتقليل كلفة تشغيل البناء وصيانته صيفاً وشتاءً.
- اكتفاء شبه ذاتي من الماء بتجميع مياه المطر وإعادة استخدام المياه الرمادية للزراعة.
- زراعة منتجة تزيد عن حاجة البناء، وزراعة جمالية لا تحتاج إلا إلى النذر اليسير من المياه.
- زيادة الرقعة الخضراء وتلطيف الجو وتنقيته من الأغبرة.

- إعادة استخدام وتدوير نواتج المشروع وفضلاته من مواد ملوثة للبيئة.
- يعتبر البناء أنموذجاً أخضر للأبنية يقتدى به من دون تكلفة إضافية.
- فتح آفاق دراسات مستقبلية في مجال الأبنية الخضراء من حيث تركيب أجهزة مراقبة لمتابعة كفاءة البناء وكفاءة الأجهزة المستخدمة في تسخير مصادر الطاقة المتجددة لخدمة البناء.
- المحافظة على الأبنية التراثية القديمة والانتفاع منها كخدمات للمبنى الرئيسي.
- تقوية دعائم مجال البيئة الجمالية والطبيعية وإرساء قواعد التنمية المستدامة.

ملحق صور الفصل التاسع

دائرة الكمالية نموذجاً

الأبنية الخضراء

٢٩٠



دارة الكمالية الخضراء



(١) بئر تجميع مياه أمطار ونافورة



(٢) حديقة جافة- عام ٢٠١٠



(٣) جهاز تسخين الهواء بالطاقة الشمسية



(٤) مظلات لحماية النوافذ من أشعة الشمس في الصيف



(٥) مظلة تسمح بدخول أشعة الشمس شتاء وتحجبها صيفا



(٦) صناديق السدائل (أباجورات) إلى الخارج



(٧) عزل حراري على طبقتين من الداخل



(٨) عزل صناديق السدائل (أباجورات) من الداخل



(٩) عزل حراري عند فتحات الأبواب الخارجية



(١٠) عزل مائي تحت مدة الأرضية المسلحة



(١١) استخدام الربس من البولسترين في السقف



(١٢) صب مدة ميلان من خرسانة رغوية خفيفة عازلة للحرارة



(١٣) قصارة أسمنتية لسطح مدة الميلان الخفيفة



(١٤) سخانات مياه شمسية من الأنابيب المفرغة



(١٥) تمديد أنابيب نظام الطاقة الحرارية الجوفية



(١٦) استخدام فضلات البلاستيك لمنع تبخر مياه التربة



(١٧) خندق تصريف المياه الرمادية



(١٨) ري بالتنقيط بواسطة عبوات بلاستيكية مستعملة



(١٩) إعادة زراعة الأشجار المعمرة التي أزيلت من موقع البناء



(٢٠) حديقة جافة نمت على مياه الأمطار فقط - عام ٢٠١١



(٢١) بيت تراثي تم ترميمه في الموقع



(٢٢) حديقة جافة نمت على مياه الأمطار فقط - عام ٢٠١٢



(٢٣) حديقة جافة نمت على مياه الأمطار فقط - عام ٢٠١٣



(٢٤) بيت الكمالية مفتوح لزيارة الطلبة



(٢٤) بيت الكمالية مفتوح لزيارة الوفود العربية

الخاتمة

٣٠٥

الأبنية الخضراء

الأبنية الخضراء

٣٠٦

خاتمة

نزعم أننا وضعنا تعريفاً للأبنية الخضراء في هذا الكتاب ولكننا تركناه أيضاً مفتوحاً على إضافات جديدة للمباني التي تحقق معايير الأبنية الخضراء، وذلك لأن إدارة مواقع الأبنية الخضراء مسألة متشعبة ومرتبطة بالمناخ والبنية التحتية للخدمات العامة ووجود مصادر إشعاعات خطيرة أو براكين أو صدوع زلزالية مدمرة وما إلى ذلك؛ بل إن مكونات البيئة، من ماء وهواء وتراب وموائل ومشروعات وتجمعات بشرية وحيوانية وتنوع حيوي، جميعها تسهم في تحديد شروط إدارة مواقع الأبنية الخضراء.

وقد اتضحت كذلك أهمية اختيار مواد البناء في الأبنية الخضراء بحيث تكون محلية أو رفيقة للبيئة ومستدامة وتطلق أقل كمية من الملوثات في أثناء إنتاجها وتستهلك أقل كمية ممكنة من الطاقة خلال تصنيعها مع الاهتمام بالطاقة المستنفذة في مراحل الشحن أيضاً، كذلك ينبغي أن يستهدف الاختيار مراحل صناعة مواد البناء من حيث معيار توظيف أكبر عدد ممكن من

السكان المحليين وخلق فرص عمل مستدامة لهم، وهي جهود ما زالت في طور الحضانة في عالمنا العربي وفي الكثير من دول العالم النامي، إذ ينبغي الشروع فوراً في إعداد دراسات وافية لمواد البناء المتوافرة في العالم العربي وتلك المستوردة من شتى أركان المعمورة لإقامة المفاضلة بينها على قاعدة البيئة النظيفة والمنظور الاقتصادي والتنموي المستدام.

أما التصميم المناخي للأبنية الخضراء فما زال يترنح في بلادنا بين دعوة إلى الحداثة وأخرى إلى التراث أو إلى خليط منهما؛ ونعتقد أن هذا الكتاب قد سعى إلى بيان أهمية الافادة من التصميم التراثي للمناطق الجغرافية والمناخية المختلفة لأنها خبرة متراكمة عبر ألاف السنين لا يمكن الاستغناء عنها، ولكن في الوقت نفسه نعتقد أنه من الخطأ النسخ والتقليد الأعمى، لذلك دعونا إلى استلهاام التصاميم من التراث، كالتظليل وحركة الهواء واستخدام المواد المحلية ومفهوم الكتلة الحرارية لتحقيق الراحة الحرارية، ولكن بشرط ألا نهمل التكنولوجيا المعاصرة والمواد المتطورة التي استحدثها العالم المعاصر لتؤدي الأغراض نفسها بكفاءة أعظم، كموااد العزل الحراري المعاصرة وأنواع النوافذ والزجاج المتوافر اليوم بالتنوع الهائل الذي يتم تصنيعه

للتحكم في موجات أشعة الشمس الكهرومغناطيسية على اختلاف أطوالها.

ولما كان تحقيق التوازن بين استدامة الأبنية والمتطلبات البيئية والاجتماعية والاقتصادية والصحية والثقافية مرتبطة ارتباطاً عضوياً فقد خصص الكتاب فصلاً للعزل الحراري والراحة الحرارية والحصاد المائي وتدوير المياه المستخدمة في الأبنية لمواجهة شح المياه العذبة في المنطقة العربية بصورة عامة وتزايد الطلب على مصادر الطاقة، فضلاً عن التلوث المستمر للهواء بفعل استخدام الوقود الأحفوري وتلوث المياه السطحية والجوفية والضح الجائر الذي جعل الكثير من الآبار مالحة غير صالحة للشرب.

والحديث عن الحصاد المائي وترشيد استهلاك المياه وإعادة تدوير ما أمكن من ناتج استهلاك البناء سوف يبقى حديثاً ناقصاً طالما أنماط الزراعة والري بقيت غائبة، لذلك خصصنا الفصل الثامن لمعالجة بعض هذه الجوانب باختصار كي تكون فاتحة لأبحاث أخرى تتسع لمزيد من الدراسات الأكثر دقة وحصرية لتغطية الأبعاد الهائلة لهذا الموضوع الراهن في عصر تغير مناخي متسارع وارتفاع في درجات الحرارة وتفاوتات

في شدة مياه الأمطار واستدامتها وعدم انتظامها في الكثير من رقع العالم الرطبة والجافة سواء بسواء؛ ناهيك بمشكلات التصحر والجفاف وتملح التربة وتلوث المياه وإنجراف التربة في دول العالم الفقيرة بعامة.

ونأمل أن تكون «دائرة الكمالية» بوصفها أنموذجاً للأبنية الخضراء قد حققت غرضها المنشود في الفصل الأخير من هذا الكتاب كي تربط بين فصوله كافة كمثال حي منذ عام ٢٠٠٧ حصد أكثر من جائزة عالمية، وكي تلقي الضوء على مصادر الطاقة المتجددة النظيفة التي تم تسخيرها لخدمة المشروع وتزويده بالطاقة الحرارية لتدفئة المياه في فصل الشتاء ولتدفئة الفراغات الداخلية كافة أيضاً من دون أي مساعدة أخرى تعتمد على مصادر طاقة أحفورية خلال فصل الشتاء؛ فيما سمحت أرضية البناء وآبار المياه بالتبادل الحراري كي يظل الجو بارداً نسبياً ولطيفاً في فصل الصيف الحار.

ختاماً نقول إن أي مشروع بناء أخضر لا يمكن أن يكتمل، كحال العلم الذي يتطور ويتنامى بصورة دؤوبة ويبني إبداعاته الجديدة على أكتاف العمالقة من قبله، كما صرح إسحق نيوتن بتواضع كبير؛ ولكن المهم في هذه التجربة هو اتباع المنهج العلمي

في البحث والتصميم؛ فإذا لم نحقق الشروط الأولية الأساسية والضرورية للبناء الأخضر فإننا لن نستطيع استثمار الطاقة المتجددة النظيفة اقتصادياً على النحو الذي نرغب به عندما ينتهي البناء. بمعنى أنه من الضروري منهجياً استكمال شروط إدارة موقع البناء الأخضر أولاً، ثم الشروع في اختيار مواد البناء المناسبة وفقاً لتصميم مناخي إبداعي يأخذ الطبيعة والتضاريس والمناخ والثقافة السائدة والبراعة المعمارية بعين الاعتبار لجعل الموائل منسجمة مع بيئتها ومريحة حرارياً وتحقق الوظيفة المنشودة بأقصر الطرق الاقتصادية كفاءةً والبيئية نظافةً، وفي الوقت نفسه تجعلها من الكفاءة الحرارية، سواء على مستوى العزل الحراري أو التصميم المناخي أو الإنارة الطبيعية أو غير ذلك، بحيث تستثمر في طاقة الشمس وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الجوفية وتدوير ما يمكن تدويره على نحو يجعل البناء مستداماً لأطول مدة ممكنة عبر استهلاك أقل كمية ممكنة من الطاقة والمياه فيما ينتج عنه أقل كمية ممكنة من الفضلات والتلوث للبيئة.

لقد احتضنتنا «أما الأرض» منذ فجر التاريخ، فماذا قدمنا لها في القرنين الماضيين سوى التلوث المفرط والتشويه المتعمد

للطبيعة الذي بات يزعزع التوازن الموجود في الطبيعة ويهدد بتغير مناخي حاد خلال النصف الأول من هذه الألفية الثالثة على نحو ربما يهدد بانقراض أغلب الفصائل الحية الموجودة على الأرض.

ولما كانت الموائل البشرية تنتج نحو ثلث التلوث البيئي في العالم أو يزيد، فإننا نأمل إذا بدأنا في تحسين أداء بيوتنا التي نعيش فيها، كنقطة انطلاق لنشاط إيجابي أوسع نطاقاً على صعيد الصناعة والزراعة والنقل، فربما نستطيع تجنب الكارثة ونجح في تهيئة بيئة ملائمة لأحفادنا كي يتمتعوا بما تبقى من موارد طبيعية على سطح هذه البسيطة؛ وهذه ليست هبة منا إنما هي حق لهم تضمنها اتفاقيات الأمم المتحدة وحقوق الإنسان، وقد آن الأوان أن نلتزم بها جميعاً!

المحتوى



الأبنية الخضراء

فهرس الصور الأخرى

الرقم	الاسم	الصفحة
١	رسومات على الجدران في غرفة الطعام توحى بانفتاح الصالة على حديقة غناء	٢٦
٢	مدينة أثرية بالقرب من الحميمة- جنوب الأردن	٢٧
٣	قرية السماكية القديمة الواقعة بالقرب من مدينة الكرك - الأردن	٢٨
٤	أحواض زراعية تحت نوافذ الأبنية البيئية لأغراض جمالية وحرارية	٣٠
٥	قبة مبنى ساساني من إيران يشاهد فيها فتحات التهوية في القبة	٣٢
٦	جذور أشجار الحور تتجه صوب تربة أساسات المبنى	٣٣
٧	شجرة نمت داخل صخرة ضخمة في المغرب	٣٦

- ٨ شجرة استوطنت مدينة البتراء ٣٨
- ٩ شجيرات سريعة النمو تسهم في تظليل بناءً بالكامل ٣٩
- ١٠ بناء أخضر يلتصق بصخرتين من جهتين متقابلتين ٤٢
- ١١ بناء أخضر استخدم مواد بناء من بيئته الطبيعية ٤٣
- ١٢ أشجار تغيرت ألوان حلقاتها نتيجة كارثة تشرنوبل ٥٦
- ١٣ من أضخم الأشجار في العالم Redwood ٦٠
- ١٤ غسل خلاطات الإسمنت بالقرب من الأشجار يقتلها ٦٣
- ١٥ منع تعري التربة السطحية حول جذور الأشجار ٦٤
- ١٦ منزل بيئي كندي تظهر خلفه القبة البيولوجية في مونتريال ٦٧
- ١٧ جذور سطحية لأشجار معمرة تمنع انجراف التربة السطحية ٦٨
- ١٨ بداية النفق الذي شقه الأنباط بالقرب من مدخل سيق البتراء لإدارة مياه الفيضان ٧٠

١٩	معالم مدينة جرش الأثرية في الأردن	٧٢
٢٠	بخار ماء يخرج من الأرض في آيسلندا	٨٠
٢١	بيوت بلاستيكية يتم تدفأتها بمياه جوفية حارة	٨٢
٢٢	مناطق الكسارات شديدة التلوث للبيئة	٨٨
٢٣	بناء الأرصفة الخارجية من الحجر رقيق بالبيئة	٨٩
٢٤	بناء جدران خارجية من القش مباشرة مع استخدام قشرة من طبقة الإسمنت للتعيم والاستدامة	٩٤
٢٥	عبوات بلاستيكية فارغة مستخدمة كأعشاش للطيور	٩٥
٢٦	جدران بناء من زجاجات فارغة	٩٦
٢٧	جدار من الإطارات المستعملة	٩٧
٢٨	تظليل نوافذ مباني قاعات التدريس في جامعة تشرين - اللاذقية	١١٠
٢٩	مبنى قديم تظهر فيه فتحات تهوية ومدخله الرئيسي	١١١
٣٠	تظليل المداخل الزجاجية للأبنية في فصل الصيف	١١٦
٣١	تدخل الشمس في فصل الشتاء عبر الزجاج	١١٧
٣٢	أبنية عتيقة في قرية السماكية بالكرك - الأردن	١٢١
٣٣	نوافذ ثابتة في جدران بناء أخضر	١٢٢

٣٤	أبواب في واجهات خارجية تمنع تسرب الهواء	١٢٤
٣٥	نوافذ ينظر إليها من الداخل لمبنى كنيسة الرسل	١٢٦
	في مادبا	
٣٦	بيت جليدي «أخضر» في القطب الشمالي	١٢٩
٣٧	بيت صغير للاسكيمولا تستطيع دخوله	١٣١
	الدبية القطبية	
٣٨	مستعمرة من بيوت الاسكيمو رسمت عام ١٨٦٥	١٣٥
٣٩	بولي يوريثين على سطح جدار خرساني مسلح	١٤٣
٤٠	عزل حراري (بولي يوريثين) داخل جدار ثلاثة	١٤٤
٤١	صوف صخري يعزل المباني الخضراء	١٤٥
٤٢	بناء الطوب الخرساني المفرغ على	١٤٦
	ألواح البولستيرين	
٤٣	بناء يستخدم التجاويف الصخرية للحصول	١٥٦
	على الراحة الحرارية	
٤٤	أبنية مستقرة حرارياً في تجاويف صخرية	١٥٩
	طبيعية	
٤٥	أبنية محفورة في الصخر بمدينة البترا	١٦٠
٤٦	أبنية من مدينة مهتار الإيرانية	١٦٣
٤٧	بناء قديم في قرية السماكية - الكرك	١٦٦

٤٨	مقطع سقف بناء متداع في قرية ماعين / جنوب الأردن	١٦٧
٤٩	عزل مائي للأساسات لحماية الأبنية من رطوبة التربة ومياهها	١٦٨
٥٠	صورة لمنزل أيوب البديوي أبودية الفحيص - الأردن	١٧٠
٥١	خزانة مصنوعة من الطين والقش	١٧٤
٥٢	مخازن للحبوب والطحين مصنوعة من الطين والقش	١٧٥
٥٣	مروحة رياح تنتج مياهها نقية للشرب من بخار الماء المتوافر كرطوبة في هواء الصحراء	١٨٢
٥٤	بئر حديث لحصاد مياه الأمطار	١٨٤
٥٥	حفر في طبقات صخرية لتهيئة بئر ماء	١٨٥
٥٦	حوض قديم لتجميع مياه المطر في الصحراء	١٨٨
٥٧	بركة قلعة القطرانة (صورة جوية تظهر القلعة إلى اليسار)	١٩٠
٥٨	هبوط الجدران الاستنادية	١٩٦

٥٩	سقوط مركبة في خندق مكشوف بفعل تميع التربة بالمياه	١٩٧
٦٠	آثار تجمع المياه خلف الجدارن الاستنادية	١٩٨
٦١	يزيد تملح التربة من ارتفاع الرطوبة في الجدران	٢٠٠
٦٢	جدار استنادي وسلسال حجري للتخلص من مياه الأمطار	٢٠٢
٦٣	أحواض لترسيب العوالق في مجري مياه البتراء	٢١٥
٦٤	خزان تجمع المياه الرمادية مغلق تماماً	٢٢٤
٦٥	جزء من محطة إعادة استخدام المياه الرمادية: التجربة الأردنية الثانية	٢٢٥
٦٦	منهل بئر المياه الرمادية	٢٢٧
٦٧	خندق مخصص للمياه الرمادية لري الحديقة	٢٢٩
٦٨	حديقة جافة في دارة الكمالية-عمّان لا تروى إلا طبيعياً بماء المطر في فصل الشتاء	٢٤١
٦٩	نبات حصلبان في جوار حديقة الكمالية الجافة / ربيع ٢٠١٣	٢٤٢

٢٤٣	٧٠	حديقة الكمالية الجافة / ربيع ٢٠١٣
		ويظهر نبات اللفندر في أرضية الصورة
٢٤٤	٧١	نبته برية من الأراضي الأردنية
٢٤٦	٧٢	تغطية سطح التربة بالحجارة الصغيرة والحصى
٢٤٧	٧٣	صورة لنبات الكتيلة البري
٢٤٨	٧٤	ري النجيل في ساحات عمّان
٢٥١	٧٥	نبته «المجنونة» ذات الألوان الخلافة (استراحة أم قيس)
٢٥٢	٧٦	جذور الأشجار تحت الممرات الأرضية
٢٥٣	٧٧	أعشاش للطيور مصنوعة من فضلات منزلية
٢٥٤	٧٨	ديدان تتج فضلات غنية Compost تصلح للزراعة
٢٦٠	٧٩	دائرة الكمالية - الأردن
٢٦١	٨٠	صورة إحدى الجوائز التي حصدها دائرة الكمالية

ملاحظة: الصور جميعها من مجموعة المؤلف باستثناء ما يشار إليه بمرجع تحت كل صورة.

فهرس الجداول

الرقم	الاسم	الصفحة
١	ارتفاع أنواع مختلفة من الأشجار	٣٥
٢	فعالية بعض الغازات في ظاهرة الانحباس الحراري	٩٩
٣	الابتعاثية الحرارية للمواد المختلفة عند درجة حرارة (٣٥) و (٥٠٠) م°	١٢٨
٤	قيم الموصلية الحرارية والكثافة لبعض المواد الإنشائية	١٤٨
٥	قدرة غازات متنوعة على امتصاص الموجة الحرارية	١٧٣
٦	توزيع المياه المستهلكة في المنازل	٢١١
٧	مواصفات المياه الرمادية واستعمالاتها	٢١٧
٨	تابع - مواصفات المياه الرمادية واستعمالاتها	٢١٨
٩	مقادير التوفير في استهلاك المياه للبيت الصحراوي في أريزونا وفقا للكودات الأمريكية المختلفة	٢٢١

فهرس الأشكال

الرقم	الاسم	الصفحة
١	حركة الهواء المؤثرة بين الأبنية	٤٥
٢	تباطؤ حركة الهواء حول الأشجار	٤٦
	الواقعة بين الأبنية	
٣	أنماط تظليل الأبنية بالأشجار	٥٣
٤	كيف يتسلل غاز الرادون المشع إلى داخل الأبنية؟	٥٧
٥	كيفية التخلص من غاز الرادون المشع	٥٨
٦	التواء البناء بفعل قوة الزلزال	٧٥
٧	تطور إنتاج صناعة الإسمنت عالمياً (٢٠٠٠ - ٢٠٠٩)	٩٠
٨	مساهمة صناعة الإسمنت في التلوث العالمي	٩١
٩	حاجة المواد الإنشائية المختلفة إلى الطاقة خلال إنتاج الكيلوغرام الواحد منها	١٠١
١٠	مسطح بناء يظهر موقع قبة وخزانات مياه موزعة على السطح	١١٣

- ١١ مسطح بناء يظهر مكرر الدرج وخزانات ١١٥
- مياه على السطح واتجاه الظل
- ١٢ جهاز لقياس ثاني أكسيد الكربون والرطوبة ١١٩
- النسبية ودرجة الحرارة
- ١٣ مدخل البيت ونافذته وفتحة التهوية في سقفه ١٣٣
- ١٤ قيم الانتقالية الحرارية لمناطق متنوعة من البناء (كودة ٢٠٠٩) ١٥٣
- ١٥ دراسة تظهر علاقة درجة الحرارة بصحة الإنسان ١٥٥
- ١٦ تذبذب درجات الحرارة في العالم منذ ٢٦٠٠ عام ١٦٢
- ١٧ تفاصيل تصريف المياه الرمادية تحت الأرض ٢٣١
- ١٨ الدخول الإيجابي لأشعة الشمس خلال فصل الشتاء ٢٦٧
- ١٩ حجم أشعة الشمس على الفتحات الخارجية صيفاً ٢٦٨
- ٢٠ مجال الارتفاع الحراري ٢٧١

ملاحظة: الأشكال جميعها من رسم المؤلف باستثناء ما يشار إليه
بمرجع تحته.

شكروعرفان

لا يمكن أن يرى أي مشروع من هذا القبيل النور إلا بمشاركة كبيرة من خبرات في مختلف المجالات، أبدأ من ذكرى المرحوم والدي الذي وهبني الأرض التي أقمت المشروع عليها، ثم أخص بالذكر منها مساهمة الشركة الألفية لصناعات الطاقة في تقديم المشورة والدعم المادي المتمثل في التبرع بجهاز تسخين الهواء بالطاقة الشمسية مدعماً بمروحة تعمل على الخلايا الكهروضوئية، منوهاً لمتابعات المهندس هشام الميخي مدير الشركة والأستاذ الدكتور أيمن المعاينة عميد كلية الهندسة في جامعة مؤتة. كما يستحق المهندس سامي حداد الشكر لاقتراح فكرة نظام التبريد باستخدام بئر الماء العميق وهو جزء من نظام الطاقة الحرارية الجوفية المستخدم في المشروع. ويستحق الشكر والثناء أيضاً متعهد التمديدات الميكانيكية السيد خالد مصطفى محمود وأخيه جميل اللذان تحلوا بالصبر خلال التعديلات المستمرة على الشبكات وشاركا في إبداء الرأي وفي إنجاح التصميم على أرض الواقع.

الهوامش

(١) لمزيد من التفاصيل أنظر الكتب التالية للمؤلف نفسه:
علم البيئة وفلسفتها، ظاهرة الانحباس الحراري، البيئة
في متي سؤال، نهاية العالم على مذبح التغير المناخي.

(٢) أيّوب أبو ديّة، عيوب الأبنية، ط ٢، عمّان: لا دار نشر،
٢٠٠١، الفصل الثاني ص ٦١ - ١٠٨.

(٣) م.ن، ص ٤٩.

(4) Brian Fagan. The Great Warming. 1st edition. New
York Berlin. London: Bloomsbury press. 2006.

Brian Fagan. The Little Ice Age. New York: Basic
Books. 2000.

(٥) أنظر: أيّوب أبو ديّة، الرطوبة والعفن في الأبنية، ط ٢،
عمّان، ٢٠٠٩.

أيّوب أبو ديّة، حوارات حول الرطوبة والعفن، عمّان: دار ورد
للنشر والتوزيع، ٢٠٠٥.

(٦) استطلاع برامج اليونسكو عن أخلاقيات البيئة عبر
الإنترنت.

- (7) Alexey V. YABLOKOV, Vassily B. NESTERENKO, Alexey V. NESTERENKO, Consulting editor Janette d. Sherman-Nevinger. Chernobyl: Consequences of the Catastrophe for People and the Environment. ANNALS of the New York Academy of sciences. 2009.
- (8) R. Ravisankar, K. Vanasundari, A. Chandrasekaran, A. Rajalakshmi, M. Suganya, P. Vijayagopal, V. Meenakshisundaram. Measurement of natural radioactivity in building materials of Namakkal, Tamil Nadu, India using gamma-ray spectrometry. Applied Radiation and Isotopes. Volume 70, Issue 4, April 2012. Pages 699-704.
- (9) Edwards, K. (1996). Methods of Estimating Usage Unmeasured Households. Minimizing Leakage in Water Supply and Distribution Systems Conference. London. 10 - 11 December.
- (10) Feachem R.G. (1980). "Appropriate technology for water supply and sanitation. Health aspects of Excreta and Sludge Management". A state of Art review. World Bank. December.
- (11) Gleick, Peter. (1996). Basic water Requirements

for Human Activities: meeting Basic Needs. Water International. 21 PP 83-92.

(١٢) تشمل استعمالات المياه الرمادية في المناطق الحضرية Urban ري الحدائق سطحياً، غسيل السيارات وتنظيف المراحيض.

- (13) Smethurst. George. Basic Water Treatment. chapter 6: Theory and Principles of Sedimentation. page 619 and Chapter 9: Filtration. page 111.
- (14) Surendran. S. and Wheatley. A. D.. (1998). Grey water Reclamation for Non-potable Reuse. Water and Environmental Management. The Journal of the Chartered Institute of Water and Environmental Management. 12. (6).
- (15) Gunther. Folke. (1998). Innovative Technology. Kimberley. Hifab International Ab. Swedeplan-Swedesurvey. Inregia. Report. April 6.
- (16) Karpisak. M., Brittain. R. & Foster. K.. (1994). Desert House. Water Resources Bulletin. Vol. 30. No 2. April.
- (17) Environment Agency. (1999). A study of domestic

Greywater recycling. National water Demand Management Center. U.K.

- (18) Hammond and T. Tyson. mhtml: //D: New Briefcase / Septic Tank Designed Construction. Mht.
- (19) [http://www.who.int/water_sanitation_health / publications/fluoride_drinking_water_full.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/fluoride_drinking_water_full.pdf) .
- (20) Qaisi K. and Abu- Dayyeh A. (2000). "On-Site Domestic Gray Water Recycling system". proceedings of 2000. American Water Works Association. San Antonio. Texas. January 30 - February 2.

(٢١) أيوب أبودية، «إعادة استخدام المياه الرمادية Grey Water في المناطق الصحراوية»، ندوة «التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية» وزارة الأشغال العامة في الرياض بالمملكة العربية السعودية عام ٢٠٠٢، ص ٢٣ - ٣٣.

(٢٢) راجع موقع CSBE لمزيد من التفاصيل عن النباتات في الأردن.

<http://www.csbe.org/>

الأبنية الخضراء



المصادر والمراجع العربية

- ١- أدهم سبع العيش، دليل مواد العزل الحراري للمباني، ط١، عمّان: الجمعية العلمية الملكية، ١٩٩٠، ص ٧.
- ٢- أيّوب أبو دية، ظاهرة الانحباس الحراري، ط١، عمّان: أمانة عمّان الكبرى، ٢٠١٠.
- ٣- أيّوب أبو دية، البيئة في منّي سؤال، ط١، بيروت: دار الفارابي، ٢٠١٠.
- ٤- أيّوب أبو دية، علم البيئة وفلسفتها، ط١، عمّان: دار ورد، ٢٠٠٨.
- ٥- أيّوب أبو دية، دليل الأسرة في ترشيد الطاقة، ط١، عمّان: وزارة الثقافة، ٢٠٠٨.
- ٦- أيّوب أبو دية، حروب الفرنج ... حروب لا صليبية، ط٢، بيروت: دار الفارابي، ٢٠٠٨.
- ٧- أيّوب أبو دية، حوارات حول الرطوبة والعفن، ط١، عمّان: دار ورد، ٢٠٠٥.

- ٨- أيّوب أبو دية، تنمية التخلف العربي، ط١، بيروت: دار الفارابي، ٢٠٠٤.
- ٩- أيّوب أبو دية، إعادة استخدام المياه الرمادية Grey Water في المناطق الصحراوية، في ندوة: التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها، السعودية: الرياض، ٢٧ - ٢٩ شعبان ١٤٢٣هـ، ج٣.
- ١٠- أيّوب أبو دية، الرطوبة والعفن في الأبنية، ط٢، عمّان: لا دار نشر، ٢٠٠١.
- ١١- بسام الصناع وآخرون، الطاقة الحرارية الجوفية، محاضرات متنوعة لجمعية حفظ الطاقة واستدامة البيئة، عمّان - الأردن.
- ١٢- بلال حجاوي، مجلة / May / ٢٠٠٨، Jordan venture. The Business Intelligence Monthly، ص ٥٧ - ٦٢.
- ١٣- بول كندي، الاستعداد للقرن الحادي والعشرين؛ ترجمة محمّد عبد القادر وغازي مسعود، ط١، عمّان: دار الشروق، ١٩٩٣.
- ١٤- تقرير جمعية البيئة الأردنية عن استعمال مادة MTBE في البنزين، ٢٠٠٨.

١٥- رشيد الحمد ومحمّد سعيد صباريني، البيئة ومشكلاتها،

ط١، الكويت: عالم المعرفة، عدد ٢٢، ١٩٧٩.

١٦- زاهر أحمد محمّد، طرق وأساليب توليد الطاقة وانعكاسها

على ظاهرة الانحباس الحراري، في ندوة الاحتباس

الحراري، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية وجامعة

الشارقة، ٢ - ٤ آذار ٢٠٠٩.

١٧- سفيان التل، قناة البحرين: بين الاعتبارات الفنية

والاعتبارات السياسية، ط١، عمّان: لا دار نشر، ٢٠٠٤.

١٨- عصام الحناوي، قضايا البيئة في مئة سؤال وجواب، ط١،

بيروت: مجلة البيئة والتنمية، ٢٠٠٤.

١٩- قانون حماية البيئة رقم ٥٢ لسنة ٢٠٠٦، المملكة الأردنية

الهاشمية.

٢٠- مايكل زيمرمان، الفلسفة البيئية: من حقوق الحيوان إلى

الإيكولوجيا الجذرية: ترجمة معين رومية، ط١، الكويت:

عالم المعرفة، ٢٠٠٦، (جزءان).

٢١- مجموعة مؤلفين، العلوم البيئية والصحية، ط١، عمّان:

الجامعة العربية المفتوحة، ٢٠٠٤.

٢٢- مجموعة مؤلفين، أساسيات علم البيئة؛ تحرير عبد القادر عابد وغازي سفاريني، ط٢، عمّان: وائل للطباعة والنشر، ٢٠٠٤، ص ٢٩٧ - ٢٩٨.

٢٣- مجموعة مؤلفين، الطاقة في الاقتصاد الأردني؛ تحرير وتقديم طاهر كنعان، ط١، عمّان: المركز الأردني لأبحاث وحوار السياسات، ٢٠٠٦.

٢٤- محمود عبد القوي زهران، الغطاء النباتي الفطري، عالم البيئة، جائزة زايد الدولية للبيئة، ٢٠٠٤.

٢٥- المركز العالمي لزراعة الغابات ICRAFK، أنظر الموقع الإلكتروني: www.unep.org/billiontreecampaign.

٢٦- مصطفى كمال، إنقاذ كوكبنا: التحديات والآمال، ط٢، بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية، ١٩٩٥.

٢٧- منال جريسات، -Prevalence of asthma and asthma like symptoms among schoolchildren in Balqa governorate in Jordan، بإشراف سعد الخرابشة وعبد الرحمن عناني، ٢٠٠١.

- ٢٨- موقع وزارة الطاقة والثروة المعدنية - الأردن.
- ٢٩- نزار أبو جابر، الأردن والتحدى البيئي، عمّان: دار الشروق، ٢٠١٠.
- ٣٠- نظام تقييم الأثر البيئي رقم ٣٧ لسنة ٢٠٠٥، المملكة الأردنية الهاشمية.
- ٣١- هشام الخطيب، الطاقة والتنمية المستدامة في الدول العربية، عالم البيئة، جائزة زايد الدولية للبيئة، ٢٠٠٤.
- ٣٢- وزارة البيئة الأردنية، الأولويات الوطنية في مجال تنمية القدرات لتطبيق الاتفاقيات الدولية للتنوع الحيوي ومكافحة التصحر والتغير المناخي، عمّان - الأردن، ٢٠٠٦.

المصادر والمراجع الأجنبية

- 1- Attfield. Robin. Environmental Ethics. 5th edition. Cambridge: Polity Press. 2010.
- 2- BP Statistical Review of World Energy. June 2000

- and Population Reference Bureau 2000 (World Population Data Sheet).
- 3- Botzler, Richard & Armstrong, Susan. Environmental Ethics. Second edition. Mc Graw Hill. 1999.
 - 4- Cambridge. Conference Correspondence. Net. 1998 (visited 6/2/2011).
 - 5- Challen, Colin. Too Little Too Late: The politics of climate change. U. K. Picnic publishing. 2009. P. 145. 150.
 - 6- Chen, M. A. "The Ethics and Attitudes towards Ecotourism in the Philippines". in Asian Bioethics in the 21st century. Eubios Ethics Institute 2003. PP. 313 ñ 319.
 - 7- Demirbasm, Ayhan. "Recent Development in Biodiesel Fuel". IJGE. vol.4 No.1. PP. 15ñ26. 2007.
 - 8- Diesendorf, Mark. Can nuclear energy reduce CO2 emission?. Australian Science. July 2005. PP. 39 ñ 40.
 - 9- Douglas, P., Hassan, S., and Croiset, E., "Techno-Economic study of Co2Ö.", PP 197-220.

International Journal of Green Energy, volume 4
Number 2, 2007.

- 10- Enger, E., & Smith, B., Environmental Science, 8th edition, NY: Mc Graw Hill, 2002.
- 11- Fagan, Brian, The Great Warming, 1st edition, New York Berlin, London: Bloomsbury press, 2006.
- 12- Fagan, Brian, The Little Ice Age, New York: Basic Books, 2000.
- 13- Global Environment facility: Investing in our Planet; Adaptation to Climate Change: Least Development Countries Fund.
- 14- Handi, Moshrik and others, "Climate change in Jordan: A comprehensive Examination Approach, American Journal of Environmental Science, 5(1): 58-68, 2009.
- 15- IRSN report; DSU report number 215: Lesson Learnt from events notices between 2005 and 2008. P. 10/51.
- 16- Jackson, David, "Is Nuclear Power Environmentally Sustainable", PP.161 ñ 172, International Journal of

Green Energy, vol 4, No2, 2007, P.169.

- 17- Jackson, D., "Is Nuclear Power Environmentally Sustainable?", International Journal of Green Energy, 2007, Volume 4, PP 161 ñ 172, P.163.
- 18- Kalogirou, S., "Wind Energy", in Arab Water World, September, 2007, Pp 14 - 16.
- 19- Kaltschmitt, Martin and Hartmann, Hans, Eds. (2001). "Energie aus Biomasse". Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin Heidelberg, Springer.
- 20- Kanaly, A., and others, Energy Flow, Environment and Ethical Implications for Meat Production, UNESCO, Yokohama, Japan, 2007.
- 21- Katul, Gabriel, and others, A stomatal optimization theory to describe the effects of CO₂ on leaf photosynthesis and transpiration, e-file, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2826246/> (visited 27/10/2012).
- 22- Keller, David (Editor), Environmental Ethics, Wiley ñ Blackwell, 1st edition, 2010.

- 23- Macer. Darryl. Bioethics is love of life. 1997 edition. Eubios Ethics Institute. P.19.78.
- 24- Macer. Darryl. A cross-cultural Introduction to Bioethics. UNESCO: Eubios Ethics Institute. 2006.
- 25- Maslin. Mark. Global Warming. Revised edition. Scotland: Colin Baxter photography Ltd.. 2007.
- 26- McConnell. John. 77 thesis on the environment <http://www.earthsite.org/77.htm> (visited 27 / 10 / 2012).
- 27- Mc Neill. J.. An Environmental History of the Twentieth-Century World.1st Edition. New York: WWW. Norton & Company Inc.. 2001.
- 28- Mcleman. R. & Smit. B.. Migration as an Adaptation to climate change. in Climate change. 76: pp 31 ñ 53. 2006.
- 29- Mudd and Diesendorf. "Sustainability Aspects of Uranium; Towards Accurate Accounting?. 2nd International conference on Sustainability. Engineering and Science. Auckland. New Zealand. 20 ñ 23 February 2007. P. 4.

- 30- Myres. N.. Environmental Refugees. Philosophical Transactions of the Royal Society London: Biological sciences: series B 357 (1420), pp 609 ñ 613. 2002.
- 31- New York City. Department of City Planning. vision 2020: NYC comprehensive waterfront plan; www.nyc.gov (visited 21 / 1 / 2011).
- 32- Noble. Brian F.. Introduction to Environmental Impact Assessment. 1st edition. Canada: Oxford University. press. 2006.
- 33- Peccei. Aurelio and Ikeda. Daisaku. Before it is Too Late. I.B.Tauris. 2009.
- 34- Ransom.W.H. Building Failures: Diagnosis and Avoidance. E. & F. N. Spon. New York. 1981.
- 35- Ravisankar. R.. Vanasundari. K.. Chandrasekaran. A.. A. Rajalakshmi. M. Suganya. P. Vijayagopal. V. Meenakshisundaram. Measurement of natural radioactivityinbuildingmaterialsofNamakkal. Tamil Nadu. Indiausinggamma-rayspectrometry. Applied Radiation and Isotopes. Volume 70. Issue 4. April 2012. Pages 699-704.
- 36- Renewable Energy World.Com.

- 37- Russell. Bertrand. History of Western Philosophy. 1961 edition. Unwin Ltd., Kent ñ England.
- 38- Repetto. Robert and Easton. Robert. "Climate Change and Damage From Extreme Weather Events". Environment Magazine. March ñ April. 2010.
- 39- Rothlisberger. F.. 10000 Jahre Gletschergeschichte der Erde. Sanerlander. Aarau.
- 40- Schlamadinger. B.. I. Jurgens. Bioenergy and the Clean Development Mechanism. 2nd World Conference on Biomass for Energy. 10 ñ 14 May 2004. Rome. Italy.
- 41- Schlesinger. W.. Nicolas School of the Environment and Earth Sciences. Duke University. Durham ñ North Carolina. 2008 update.
- 42- Schwartz. Maurice L.. Encyclopedia of Coastal Science. e-books:
<http://tocs.ulb.tu-darmstadt.de/130289183.pdf>
(visited 27 / 10 / 2012).
- 43- See article in: "New Scientist". P. 17. Edition of 10th

July 2004.

- 44- Sharma. R. N.. "Ethosphere and Cosmosphere". in Asian Bioethics in the 21st century. Eubios Ethics Institute 2003. PP. 331 ñ 334.
- 45- Smith. R.. Ecology and Field Biology. 5th Edition. USA: Harper Collins College Publishers. 1996.
- 46- Smithers. John & Smit. Barry. "Human adaptation to climatic variability and change". in Global Environmental Change. vol.7. No.2. pp 129 ñ 149. 1997.
- 47- Stern Report: The key points. The Guardian. 30 oct. 2006.
- 48- Taylor. Charles. The Ethics of Authenticity. 11th edition. Harvard University press. Massachusetts ñ London. 2003.
- 49- The World Bank. The cost of Environmental Degradation. editors: Lelia Croit and Maria Sarrat. washington. 2010. Page 47.
- 50- Have. Henk ten (Editor). Environmental Ethics and International Policy. UNESCO. 2006.

- 51- The German Wind Energy Association (BWE). 2008.
- 52- UNEP. Environment Alert Bulletin. Impacts of Summer 2003 Heat wave in Europe.
- 53- UNESCO. Human Rights. UNESCO Asia & Pacific Regional Bureau for Education. Thailand. 2003.
- 54- UNESO. Climate Change and ARCTIC Sustainable Development. Paris. 2009.
- 55- USGS. World Petroleum Assessment 2000.
- 56- Wilson. E. O.. The future of life. 2002 edition.
- 57- World Energy Assessment (WEA). 2004 Update.
- 58- World Population Data Sheet 2000. Population Reference Bureau. Washington. D.C.. USA.

مسرد المصطلحات اللغوية

ملاحظة: إنّ المصطلح العربي المذكور أولاً مقابل اللفظة الإنجليزية هو الذي استعمل في النصّ. أمّا المصطلحات التي جاءت ضمن قوسين بعد المصطلح الأول فهي مرادفات للمصطلح الأول لم تستعمل في النص مباشرة، وإن كان استعمالها ممكناً.

A

Adobe	خليط الطين والقش
Aggregate	رُكام (ناعمة وعدسية وفولية وجوزية)
Aluminum Foil	رقيقة معدنيّة من الألومنيوم
Ashphalt - Asphalt	إسفلت (قطران)
Asymmetrical	غير متناظرة
Attraction	تجاذب

B

Barrier	حاجز
Bidets	الشطافات

Bitumen	قار (زفت)
BOD	مستوى الأكسجين الذائب في الماء
Braced	مُطَوَّق (مُكْتَف)
Brick	طوب نارِيّ
Built Environment	البيئة المبنية

C

Calcium Carbonate CaCO_3	كربونات الكالسيوم
Calcium Hydroxide Ca (OH)_2	هيدروكسيد الكالسيوم
Capillary Attraction	التجاذب الشعري
Capillary Porosity	المسامية الشعرية
Carbon Concrete	خرسانة كربون
Carbon Dioxide CO_2	غاز ثاني أكسيد الكربون
CFCs	كلوروفلوروكربون
Coarse Aggregate	ركام (حصى خشنة)
Cold Bridges	الجسور الحرارية الباردة
Coliforms	عصيّات
Colloids	العوالق
Compost	فضلات عضوية (سماد)
Concrete	الخرسانة

Condensation	تكاثف
Conduction	توصيل
Convection	حمل
Concrete Curing	إيناع الخرسانة

D

Dew Point	نقطة الندى
Diffusion	انتشار
Dimension	بُعد (امتداد)
Durability	تحمل

E

Emissivity	إبعاشية
Emulsion Paints	دهانات مستحلبة
Equilibrium Water Content	محتوى الرطوبة التعادلي
Exhaust	تصريف (مخرج تهوية)
Expanded Polystyrene	بولستيرين ممدّد

F

Land Fill	طمم أو ردم ترابي
Filtration	فلتر
Fine Aggregate	ركام أو حصى ناعم

Fire Places	مواقد الحطب
Foam Concrete	خرسانة رغوية
Formwork	طوبار
Frequency	تردد
Fungus	عفن

G

Glass Wool	صوف زجاجي
Granite	غرانيت
Gravel	حصى (بَحَص)
Grey Water	المياه الرمادية

H

Heat Wave	موجة حرارية
HCFC	هيدروكلوروفلوروكربون
HFC	هيدروفلوروكربون
Hollow Concrete Blocks	طوب (طابوق) خرساني مفرغ
Humidity	رطوبة
Hydroxide	هيدروكسيد
Hygrometer	مقياس الرطوبة النسبية (المرطاب)

I

Ionized Gases	الغازات المؤينة
Indoor Sickness Syndrome	أعراض مرض داخل الأبنية
Insulation	عزل
Intensity	شدة (حدة)
IPCC	لجنة الأمم المتحدة حول التغير المناخي

L

Lateral Displacement	حركة أفقية
Lawns	العشب الأخضر - نجيل
Light Emitting Diode (LED)	مصابيح موفرة للطاقة
Limestone	الحجر الجيري
Lintel	قمت
(Soil Liquifaction)	تميع (التربة)
Liquified Petroleum Gas	غاز النفط السائل

M

Mandatory	إجباري (إلزامي)
Manholes	مناهل تفتيش
Moments	عزوم
Mudstone	حجر طيني

P

Pad Footings	أساسات منفردة
Passive Design	التصميم المناخي
Pebbles	حصى ناعم السطح
Perlite	بيرليت - (حجر بركاني زجاجي حامضي)
Permeability	نفاذية
PFCs	فسفوروفلوروكربون
Plastering	قسارة إسمنتية (توريقَة أو ملاط)
Polyethylene – Polythene	بوليثين (ضرب من البلاستيك)
Polystyrene	بولستيرين
Polysulphide	معجون بولي سلفايد
Polyurethane	رغوة بولي يوريثين
Pores	مسامات
Porosity	مسامية
Potable Water	مياه عذبة
P. V. Cells	خلايا كهروضوئية

R

Radiation	إشعاع
Rain Harvesting	الحصاد المائي

Reflectivity	انعكاسية
Relative Humidity	الرطوبة النسبية
Resistance	مقاومة
Resistivity	مقاومية
Ribbed Slabs	العقدات المضلعة
Rock Wool	صوف صخري
Roofs	سقف وجمعها سقوف أو أسقف

S

Sandstone	الحجر الرملي
Shear Forces	قوى القص
Shutters	سدائل (غطاء متحرك، أباجور)
Sill	برطاش (عتبة)
Slab	بلاطة
Solid Slabs	بلاطات عادية من الخرسانة (بلاطوب مفرغ)
Spores	غبيرات
Surface	سطح وجمعها أسطح
Surface tension	التوتر السطحي

T

Thermal Comfort	الراحة الحرارية
-----------------------	-----------------

Thermal Conductivity	الموصلية الحرارية
Thermal Design	التصميم الحراري
Thermal Insulation	عزل حراري
Thermal Mass	الكتلة الحرارية
Thermal Resistivity	المقاومة الحرارية
Thermo Plastic	بلاستيك حراري
Time Lag (Heat wave)	زمن تأخر (الموجة الحرارية)
Torsional Moments	عزوم لي
Tsunami	موجات بحرية ناجمة عن الزلازل
Turbidity	عكورة

V

Vapour Barrier	حاجز صاد للبخر
Vapour Permeance	منافذة بخار الماء
Vapour Resistance	المقاومة البخارية
Vertical Displacement	حركة رأسية

W

Water Vapour Permeability	نفاذية بخار الماء
Weathering	تفكك بفعل العوامل الجوية (التجوية)
Window Sill	برطاش النافذة (عتبة النافذة)

Wool صوف

٣٥٣

الأبنية الخضراء

المؤلف في سطور

الدكتور أيوب عيسى أبو دية

- مهندس مدني خريج جامعة مانشستر للعلوم والتكنولوجيا UMTIST - بريطانيا عام ١٩٧٧ وحامل دكتوراه في الفلسفة.
- رئيس جمعية حفظ الطاقة واستدامة البيئة - الأردن.
- رئيس مكتب هندسي استشاري، ومستشار (مهندس رأي) في دراسات الطاقة والأبنية الخضراء.
- محاضر جامعي غير متفرغ لمادة البيئة، وكاتب في شؤون البيئة المحلية والعالمية ومشارك في اجتماعات اليونسكو حول التغير المناخي.
- عضو لجنة الحوار الفلسفي العربي الآسيوي - اليونسكو.
- حاصل على جائزة الدولة التشجيعية في العلوم الهندسية لعام ١٩٩٢ عن كتابه "الرطوبة والعفن في الأبنية".

- صاحب براءة اختراع مشتركة في العزل الحراري والمائي.
- حاصل بالاشتراك على إحدى جوائز أفضل البحوث المقدمة لندوة "التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية" من وزارة الأشغال العامة في الرياض بالمملكة العربية السعودية لعام ٢٠٠٢.
- تم اختيار كتابين من مؤلفاته لمكتبة الأسرة الأردنية (دليل الأسرة في توفير الطاقة، والطاقة المتجددة في حياتنا).
- حاصل على الجائزة الذهبية البريطانية للبيئة المبنية عن الشرق الأوسط، ٢٠١٠.
- حاصل على جائزة البطل الأخضر لمجمل أعماله البيئية في مجلس العموم البريطاني، نوفمبر ٢٠١٠.

العنوان البريدي:

ص.ب ٨٣٠٣٠٥ عمان ١١١٨٣ المملكة الأردنية الهاشمية

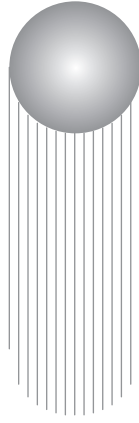
العنوان الإلكتروني: Ayoub101@hotmail.com

Facebook: Nuclear Free Jordan

كتب علمية أخرى للمؤلف:

- × سقوط الحجاب عن الطاقة النووية (مخطوط).
- × الانحطاط النووي بعد فوكوشيما (مؤلف مشارك، ٢٠١٢).
- × نهاية العالم على مذبج التغير المناخي (دار الفارابي، بيروت، ٢٠١٢).
- × البيئة من منظور الناشئة (عمّان، ٢٠١٢).
- × الطاقة النووية... ما بعد فوكوشيما (عمّان، ٢٠١٢).
- × علماء النهضة الأوروبية (دار الفارابي، بيروت، ٢٠١١).
- × ظاهرة الانحباس الحراري (أمانة عمّان الكبرى، ٢٠١٠).
- × الطاقة المتجددة في حياتنا (مكتبة الأسرة الأردنية، وزارة الثقافة، ٢٠١٠).
- × رحلة في تاريخ العلم (دار الفارابي، بيروت، ٢٠١٠).
- × البيئة في مئتي سؤال (دار الفارابي، بيروت، ٢٠١٠).
- × العلم والفلسفة الأوروبية الحديثة: من كوبرنيك إلى هيوم

- (دار الفارابي، بيروت، ٢٠٠٩).
- × مخاطر اليورانيوم المشع (مترجم، ٢٠٠٨).
- × علم البيئة وفلسفتها (دار ورد، عمّان، ٢٠٠٨).
- × دليل الأسرة في توفير الطاقة، (مكتبة الأسرة الأردنية، وزارة الثقافة الأردنية، ٢٠٠٨).
- × حوارات حول الرطوبة في الأبنية (عمّان، ٢٠٠٥).
- × الرطوبة والعفن في المباني (عمّان، ١٩٩٢ / ٢٠٠١).
- × عيوب الأبنية (عمّان، ١٩٨٦، ٢٠٠٢).



المحتويات

الأبنية الخضراء

٣٦٠

المكتوبيات

تقديم مؤسسة زايد الدولية للبيئة	٥
تقديم السلسلة	٩
المقدمة	١١
تقديم: حمى الأبنية الخضراء	١٧
الفصل الأول:	٢٥
١- ما هي الأبنية الخضراء	٢٥
١-١ محاولة لتعريف الأبنية الخضراء	٢٥
٢-١ البناء الأخضر وعلاقته بالأشجار	٢٩
٣-١ الطبيعة والأبنية الخضراء	٤٢
الفصل الثاني:	
٢- إدارة مواقع الأبنية الخضراء	٥١
١-٢ البنية التحتية والمناخ	٥١
٢-٢ العناصر والغازات المشعة	٥٥
٣-٢ استدامة الثروة الغابية	٥٩
٤-٢ إدارة مياه الفيضانات والزلازل	٦٩

المحتويات

٥-٢ الطاقة الحرارية الجوفية	٧٧
الفصل الثالث:	
٣- مواد البناء للأبنية الخضراء	٨٧
١-٣ الخرسانة Concrete ومكوناتها	٨٧
٢-٣ مواد بناء أخرى	٩٣
٣-٣ تدوير المواد المستهلكة	٩٥
٤-٣ مواد التشطيبات	٩٨
الفصل الرابع:	
٤- التصميم المناخي للأبنية الخضراء	١٠٩
١-٤ تعريفات	١٠٩
٢-٤ تظليل الأبنية الخضراء	١١٣
٣-٤ حركة الهواء داخل الأبنية	١١٨
٤-٤ ألوان مواد البناء	١٢٦
الفصل الخامس:	
٥- العزل الحراري والراحة الحرارية	١٣٩
١-٥ تقديم	١٣٩
٢-٥ العزل الحراري	١٤٢

المحتويات

١٥٢	٣-٥ كودة العزل الحراري ٢٠٠٩
١٥٥	٤-٥ الراحة الحرارية
١٦١	٥-٥ البتراء نموذجاً حرارياً لليونسكو
١٦٥	٦-٥ الأبنية التراثية حرارياً
١٧٣	٧-٥ مفهوم الكتلة الحرارية
	الفصل السادس:
١٧٩	٦- الحصاد المائي
١٧٩	١-٦ مقدمة
١٨٣	٢-٦ المردود الاقتصادي للآبار
١٨٧	٣-٦ تجارب في الحصاد المائي
١٩٢	٤-٦ بئر ماء أم أكثر؟
١٩٥	٥-٦ آبار المياه وسلامة الأبنية
	الفصل السابع:
٢٠٩	٧- تدوير المياه الرمادية
٢٠٩	١-٧ تقديم
٢١٠	٢-٧ ماهية المياه الرمادية ومصادرها؟
٢١٢	٣-٧ لماذا نعيد استخدام المياه الرمادية؟

المحتويات

٢١٤	٧-٤ خواصّ المياه الرمادية من المصادر المختلفة
٢١٩	٧-٥ التجارب العالمية
٢١٩	٧-٥-١ التجربة السويدية في كمبرلي Kimberley
٢٢٠	٧-٥-٢ التجربة الأميركية في أريزونا
٢٢٢	٧-٥-٣ التجربة الإنجليزية
٢٢٣	٧-٥-٤ التجربة الأردنية لإعادة استخدام المياه الرمادية
٢٢٣	٧-٥-١-٤ التجربة الأولى (١٩٩٩-٢٠٠٠)
٢٢٥	٧-٥-٢-٤ التجربة الثانية (٢٠٠١-٢٠٠٠)
٢٢٧	٧-٥-٣-٤ التجربة الثالثة (٢٠٠٩-٢٠١٠)
٢٢٩	٧-٦ إشكاليات بحاجة إلى تطوير
٢٢٩	٧-٦-١ الفلترة (Filtration) والمعالجة
	(Disinfection) لتحسين نوعية المياه الرمادية
٢٣١	٧-٦-٢ المخاطر على الصحة
	الفصل الثامن:
٢٣٩	٨- الحدائق البيئية الخضراء
٢٣٩	٨-١ تقديم
٢٤١	٨-٢ حدائق بيئية جافة

المكتوبيات

٢-٨ النجيل في الحدائق	٢٤٧
٤-٨ جذور الأشجار المعمرة	٢٥١
٥-٨ تدوير النفايات في الحدائق	٢٥٣
الفصل التاسع:	
٩- دارة الكمالية نموذجاً	٢٥٩
٩-١ تقديم	٢٥٩
٩-٢ أنموذج للأبنية الخضراء	٢٦١
٩-٢-١ مقدمة	٢٦١
٩-٢-٢ وصف المشروع	٢٦٢
٩-٢-٣ أهداف المشروع	٢٦٣
٩-٣ عناصر الطاقة المتجددة	٢٦٦
٩-٣-١ التصميم المعماري المناخي	٢٦٦
٩-٣-٢ التصميم الحراري	٢٧٠
٩-٣-٢-١ الجدوى الاقتصادية للعزل الحراري	٢٧٢
٩-٣-٢-٢ تصميم الجدران والأرضيات حرارياً	٢٧٥
٩-٣-٢-٣ تصاميم حرارية الفتحات الخارجية	٢٧٧
٩-٣-٢-٤ تصميم السقف حرارياً	٢٧٩

المحتويات

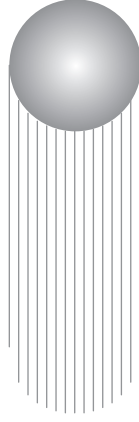
٢٨١	٩-٣-٣ الطاقة الشمسية
٢٨٣	٤-٤-٤ الطاقة الحرارية الجوفية
٢٨٤	٩-٤-٤ عناصر الاستدامة البيئية
٢٨٤	٩-٤-١ إدارة فضلات مواد البناء
٢٨٥	٩-٤-٢ زراعة النباتات والأشجار
٢٨٥	٩-٤-٣ المحافظة على المباني التراثية
٢٨٥	٩-٤-٤ الحصاد المائي
٢٨٦	٩-٤-٥ الأعمال الكهربائية
٢٨٦	٩-٤-٦ الصيانة ونفقات الطاقة
٢٨٦	٩-٥ خلاصة ونتائج عامة
٢٨٩	ملحق صور الفصل التاسع: دارة الكمالية نموذجاً
٣٠٧	الخاتمة
٣١٥	فهرس الصور الأخرى
٣٢٢	فهرس الجداول
٣٢٣	فهرس الأشكال
٣٢٥	شكر وعرفان

المحتويات

الهوامش	٣٢٦
المصادر والمراجع العربية	٣٣١
المصادر والمراجع الأجنبية	٣٣٥
مسرد المصطلحات اللغوية	٣٤٥
المؤلف في سطور	٣٥٥
كتب أخرى للمؤلف	٣٥٧
المحتويات	٣٥٩

الأبنية الخضراء

٣٦٨



قواعد النشر

الأبنية الخضراء

٣٧٠

قواعد النشر

- ترحب سلسلة عالم البيئة باقتراحات التأليف أو الترجمة في المجالات المحددة أدناه وفقاً للشروط التالية :
- ١ - تكون الأولوية للقضايا الملحة بالمنطقة العربية، والأفكار القابلة للتطبيق.
 - ٢ - أن يكون الحجم في حدود ٢٠٠ - ٣٠٠ صفحة من القطع المتوسط.
 - ٣ - أن لا يكون قد تم نشر الكتاب كاملاً أو في أجزاء من قبل.
 - ٤ - أن لا يكون هناك نسخ لنصوص من كتاب أو بحث آخر باستثناء ما يشار إليه كإقتباس مع تسجيل كل المراجع التي استخدمت في التأليف.
 - ٥ - في حالة الترجمة يُشار إلى صفحات الكتاب الأصلي، المقابلة للنص المترجم، وترفق نسخة باللغة الأصلية للكتاب المترجم وموافقة المؤلف.
 - ٦ - الهيئة الاستشارية غير ملزمة بقبول كل الاقتراحات التي تقدم لها.
 - ٧ - يكون نشر الكتاب المقترح حسب الأولويات التي تحددها الهيئة الاستشارية وهيئة التحرير.
 - ٨ - لا تُرد المسودات والكتب الأجنبية في حالة الاعتذار عن نشرها.

٩ - أن ترسل أولاً مذكّرة بالفكرة العامة للكتاب وموضوعاته وأهميته على الإستثمار المرفقة لإقتراح كتاب للنشر مصحوبة بالسيرّة الذاتية للمؤلف.

١٠ - يرسل الكتاب إلى محكمين متخصصين في موضوعه لإبداء الرأي حول صلاحيته للنشر.

١١ - في حالة إجازته من المحكمين والموافقة عليه من هيئة التحرير، يستحق المؤلف مبلغ ١٥,٠٠٠ درهم إماراتي، أو ما يعادلها يتم تحويلها للمؤلف بعد إكمال كل التعديلات المطلوبة، وتقديم نسخة إلكترونية ليُطبع الكتاب.

١٢ - في حالة قبول الترجمة والتعاقد يستحق المترجم مبلغ ١٠,٠٠٠ درهم إماراتي أو ما يعادلها، يتم تحويلها بعد إكمال كل التعديلات المطلوبة وتقديم نسخة إلكترونية ليُطبع الكتاب.

١٣ - المترجم مسؤول عن حق الملكية الفكرية بالنسبة للمؤلف.

١٤ - مؤسسة زايد الدولية للبيئة غير مسؤولة عن محتويات الكتاب والفكرة المنشورة تعبر عن رأي الكاتب.

١٥ - لا يحق للمؤلف أو المترجم إعادة الطبع، إلا بموافقة خطية من «مؤسسة زايد الدولية للبيئة»، التي تحتفظ بحقوق النشر.

مجالات السلسلة :

تدور مجالات السلسلة في فلك الإطار الشامل، لصون البيئة والموارد الطبيعية، وفقاً لأسس التنمية المستدامة التي تحقق التوازن بين التنمية الاقتصادية والتنمية الاجتماعية، وحماية البيئة، وتشمل المجالات الآتية:

- ١ - التنمية المستدامة وما يتعلق بتحقيقها من آليات اقتصادية واجتماعية وبيئية.
- ٢ - إدارة النظم الايكولوجية.
- ٣ - المياه العذبة .
- ٤ - صون التنوع الحيوي وحماية الحياة الفطرية وتنميتها .
- ٥ - البيئة البحرية والإدارة البيئية المتكاملة للمناطق الساحلية .
- ٦ - التنمية المستدامة للمناطق الزراعية ومناطق الرحل .
- ٧ - مكافحة التلوث.
- ٨ - التقنيات السليمة بيئياً وإدخالها في عمليات الإنتاج وإدارة الموارد .

٩ - صحة البيئة.

١٠ - نشر وتعزيز الوعي البيئي والمشاركة الشعبية.

١١ - التربية البيئية، والإعلام البيئي.

١٢ - التشريع البيئي وآليات تطبيق القوانين واللوائح.

١٣ - تعزيز دور المرأة والبيئة والتنمية.

١٤ - الأمن البيئي .



استمارة « اقتراح كتاب للنشر »

تهدي «مؤسسة زايد الدولية للبيئة» تحياتها لكل العلماء والخبراء والباحثين العرب في مجالات البيئة والتنمية المختلفة وتدعوهم للمشاركة في هذه السلسلة بالتأليف والترجمة مساهمة منهم في توجيه التنمية في بلادنا العربية نحو الإستدامة وحفظ حقوق الأجيال القادمة في بيئة سليمة معافاة.

ولمن يرغب في المشاركة، الرجاء الإطلاع على قواعد النشر أعلاه، وملاً الاستمارة أدناه، وإرسالها بالفاكس، أو البريد، أو البريد الإلكتروني إلى «هيئة تحرير سلسلة عالم البيئة»:

«مؤسسة جائزة زايد الدولية للبيئة»

رقم ٥٠٤ - برج العلي - شارع الشيخ زايد

ص. ب : ٢٨٣٩٩ دبي

الإمارات العربية المتحدة

هاتف : ٣٢٢٦٦٦٦ - ٠٤ (+٩٧١)

فاكس : ٣٢٢٦٧٧٧ - ٠٤ (+٩٧١)

بريد إلكتروني : zayedprz@emirates.net.ae

cta@zayedprize.org.ae

الاسم : _____

الدرجة العلمية : _____

الوظيفة : _____

العنوان : _____

الهاتف : _____ الفاكس : _____

البريد الإلكتروني : _____

عنوان الكتاب المقترح : _____

انظر خلفه



نبذة مختصرة عن أهمية الكتاب ومحتواه



إقرار

أقر أنا الموقع أدناه بأني قد اطلعت على قواعد النشر في سلسلة «عالم البيئة»، وأوافق على حفظ حقوق النشر وإعادة الطبع لمؤسسة «مؤسسة زايد الدولية للبيئة»، حسب الشروط الموضحة في آخر كل كتاب من السلسلة.

التوقيع : _____

التاريخ : _____



الرجاء التكرم بإرفاق السيرة الذاتية للمؤلف ومختصر قائمة المحتويات..



قسمة اشتراك في سلسلة «عالم البيئة»

الاسم : _____
المهنة : _____
العنوان البريدي : _____
الهاتف : _____ الفاكس : _____
البريد الإلكتروني: _____

اشترك لمدة: ☐ سنة (٦٠ درهم) ☐ سنتين (١٠٠ درهم)

☐ نقداً ☐ مرفق شيك مصدق ☐ بطاقة إئتمان

نوع البطاقة : ☐ Visa ☐ Master Card ☐ Am Express

رقم البطاقة : _____ المبلغ : _____

تاريخ انتهاء البطاقة : _____

التاريخ : _____ التوقيع : _____



قسمة شراء سلسلة «عالم البيئة»

الاسم : _____

المهنة : _____

العنوان البريدي : _____

الهاتف : _____ الفاكس : _____

البريد الإلكتروني : _____

شراء عدد : _____ من الكتاب رقم : _____ (١٥ درهماً للنسخة)

☐ الرجاء إرسالها إلى العنوان أعلاه.

☐ الرجاء إرسالها كهدية إلى :

الاسم : _____

المهنة : _____

العنوان البريدي : _____

الهاتف : _____ الفاكس : _____

البريد الإلكتروني : _____

☐ نقداً ☐ مرفق شيك مصدق ☐ بطاقة إئتمان

نوع البطاقة : ☐ Visa ☐ Master Card ☐ Am Express

رقم البطاقة : _____ المبلغ : _____

تاريخ انتهاء البطاقة : _____

التاريخ : _____ التوقيع : _____

٣٧٩

الأبنية الخضراء

العنوان : الأبنية الخضراء

المؤلف : الدكتور أيوب أبو دية

الموضوع : بيئي

الرقم الدولي للسلسلة : 0 - 154 - 20 - 9948 - 978 ISBN

الرقم الموضوعي : 154/0

الصف والتصويري : مطبعة بن دسمال

التنفيذ الطباعي : مطبعة بن دسمال

التجليد الفني : مطبعة بن دسمال

عدد الصفحات : 380 صفحة

قياس الصفحة : 15 سم × 21 سم

عدد النسخ : 2000 نسخة

الطبعة الأولى

1434 هـ - 2013 م

(ط) 2013 م

جميع الحقوق محفوظة

يمنع نسخ هذا الإصدار أو أجزاءه بكل الطرق، كالطبع، والتصوير،

والنقل، والترجمة، والتسجيل المرئي والمسموع والإلكتروني، إلا

بإذن خطي من : «مؤسسة زايد الدولية للبيئة».

رقم (504) - برج العلي - شارع الشيخ زايد

ص. ب : 28399 دبي - الإمارات العربية المتحدة

هاتف : 971 4 3326666 +

فاكس : 971 4 3326777 +

البريد الإلكتروني : zayedprz@emirates.net.ae

الموقع الإلكتروني : www.zayedprize.org.ae