ENGINEERING RESEARCH JOURNAL (ERJ)

Vol. 1, No. 41 Jul. 2019, pp. 174-186.

Journal Homepage: www.feng.bu.edu.eg

الاداء الحرارى لتكنولوجيا معالجة واجهات المبانى بالغطاء النباتى

م / عطيات حامد مجاهد

مهندسة معمارية فى شركة المقاولون العرب ، الوحدة الهندسية ، ادارة الكبارى والانشاءات التخصصية.

الملخص: في إطار تحديات أزمة الطاقة والتغيرات المناخية بدأ المهندسون في تطوير أساليب جديدة لمعالجة الاداء الحرارى وخفض طلب الطاقة في المباني. ومن أحد هذه الأساليب هى الزراعة الرأسية التي بدأت تأخذ مكانًا هامًا خلال السنوات العشر الماضية ، ولا يعتبر ذلك ابتكارًا جديدًا ، حيث لا يعد تطبيق الغطاء النباتى مفهومًا جديدًا ، ولكن لم تتم الدراسة عليه كوسيلة لتوفير الطاقة للبيئة المبنية. كما يمكن أن توفر الزراعة الرأسية فى المناخات الحارة التحكم فى الاداء الحرارى للمبنى ، حيث توفر إمكانية التبريد على سطح المبنى ، وهو أمر هام خلال فترات الصيف، كما تؤثر على المناخ الداخلي للمبنى من خلال منع تسخين الواجهة.

كما يهدف البحث لدراسة وتحليل الاداء الحرارى لنظم الزراعة الرأسية ولتحقيق ذلك ، وضعت مجموعة من الاهداف الدراسية على النحو التالى :-

1- الحفاظ على الطاقة عن طريق تقليل استخدام التبريد والتدفئة الميكانيكية.
2- تحسين الراحة الحرارية فى الاماكن المغلقة داخل المبنى.
3- تحسين البيئة الخارجية عن طريق الحد من التلوث البيئى من خلال التقليل من الحرارة المنبعثة من مسطح المبانى.

لذلك يقوم البحث على المنهجية النظرية عن طريق فهم نظم الزراعة الرأسية واهم المشاكل البيئية وذكر الاثار البيئية والحرارية لزراعة الغطاء النباتى على واجهات المبانى، كما يتبع المنهجية التطبيقية عن طريق دراسة الحالات والتجارب لبعض امثلة الغطاء النباتى.

وبناء على ذلك يعتبر نظم الغطاء النباتى المصمم بشكل جيد ، اداه مفيدة للتحكم فى الراحة الحرارية وتحسين الاداء الحرارى للمبانى مع توفير الطاقة المترتبة على ذلك ، ويمكن ان يحدث هذا بثلاث طرق غالبا ما تكون مرتبطة بالعزل الحرارى ، والتفاعل مع الاشعاع الشمسى مثل الظل والتبريد ، وعملية التبخر النتحى.

الكلمات المفتاحية : الزراعة الرأسية ، الواجهات الخضراء ، الحوائط الحية ، الاداء الحرارى.

1 مقدمة

يمكن النظر للغطاء النباتى على أنه مادة مضافة لزيادة الوظائف المتعددة و لتحسين الاداء الحرارى للواجهات او المبنى. كما يشار له بالزراعة الرأسية (vertical greening)او " بالحدائق العمودية vertical garden " هو مصطلح وصفى يستخدم للاشارة الى جميع أشكال الأسطح الرأسية المزروعة. كما يمكن النظر للحدائق الرأسية أو الواجهات الخضراء على إنها نظام كسوة حية مضافة أو مرفقة لهيكل المبانى.[1]

كما يمكن تقسيم نظم الزراعة الرأسية الى فئتين رئيسيتين وهما : الواجهات الخضراء والحوائط الحية. حيث إن **الواجهات الخضراء** يتم فيها استخدام تسلق النباتات المتسلقة مثل (اللبلاب الإنجليزي) على حوائط المبانى مباشرة ، حيث تمتاز الجذور الخاصة بتلك النباتات بخاصية الالتصاق التى تمكنها من التعلق مباشرة على الحائط وتغطية اسطح باكملها. او يتم استخدام النوع الاخرمن النباتات التى تعتمد على تدريب النباتات المتسلقة لتغطية الهياكل الداعمة المصممة خصيصا لهذا الغرض.

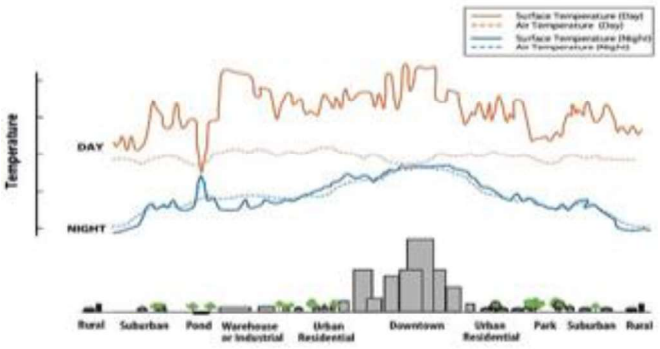
اما أنظمة **الحوائط الحية** هى نوع اخر من الزراعة الرأسية ، حيث تستخدم ركائز اصطناعية لسماح النباتات التى تكون مزروعة مسبقا على شكل لوحات ، أو وحدات رأسية ، أو بساط مزروع بالنمو فى صفوف على حوائط المبانى ، ويتم تثبيتها رأسيا على الحائط الهيكلى او إطار معد خصيصا لهذا الغرض ، ويتم فى هذا النوع من الزراعة الرأسية إستخدام انواع كثيرة من نباتات متباينة الكثافة (مثل : خليط من الحشائش ، والشجيرات المنخفضة ، والزهور المعمرة والنباتات الاخرى) وهى الاكثر ملائمة لاستخدام تكنولوجيا الزراعة المائية. [2]

كما حققت الزراعة الرأسية في العقود الأخيرة عددًا من الفوائد الجمالية والاجتماعية والبيئية ، فتعد مساهمة النباتات في زراعة الواجهات أمرًا ضروريًا لتحسين الاداء الحرارى للبيئة المبنية. كما أن تنفيذها مقبول إيكولوجياً وجمالياً كخاصية معمارية ملائمة تعمل على ترميم وتحسين الواجهات. ويؤدي استغلالها إلى تصميم نهج واعي للطاقة يمنح المناطق الحضرية المكتظة بالسكان الى التحول إلى بيئة طبيعية. [3]

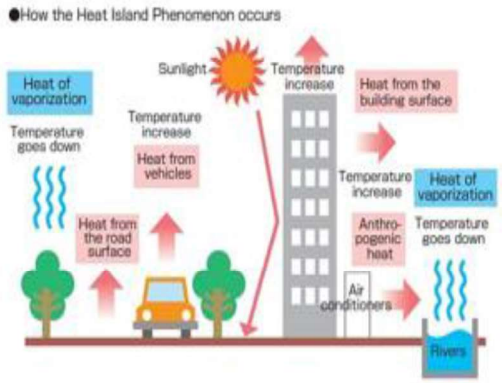
إن استخدام نظم الغطاء النباتى الرأسى واسع النطاق بسبب قله المسطحات الخضراء وكثرة المبانى لا تمثل فقط فوائد كبيرة في التقليل من تأثير ظاهرة الجزيرة الحرارة الحضرية Urban Heat Island (UHI) من خلال عملية التبخر النتحى والتظليل ، بل هى أيضًا طريقة مؤثرة للغاية لتحويل المشهد الحضري الى بيئة طبيعية [4] عبارة عن كسوة اضافية لواجهات المبانى تعمل على تقليل تكاليف الطاقة والتشغيل. بالاضافة الى ذلك فأن الغطاء النباتى ضرورى للتحكم فى التلوث، ولترطيب وتوليد الهواء البارد، وبالتالى تعزيز الصحة البشرية.

2- ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI) والزراعة الرأسية.

يمكن أن تؤثر الجزر الحرارية بالمناطق الحارة بسبب التحضر السريع على المجتمعات عن طريق زيادة الطلب على الطاقة في فصل الصيف ، وتكاليف تكييف الهواء ، وتلوث الهواء ، وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري ، والأمراض ذات الصلة بالحرارة ، ونوعية المياه. وذلك عن طريق ارتفاع درجة حرارة الهواء بدرجة كبيرة في بيئة كثيفة البناء مقارنة بدرجات الحرارة في المناطق الريفية كما مبين فى الشكل (1). [5]



شكل 1. يوضح مقطع عرضي عام من (جزيرة الحرارة الحضرية) التي هي أكثر دفئا بكثير من المناطق الريفية المحيطة بها وخاصة في وقت متأخر بعد الظهر والليل.[5]



شكل2. يوضح اهم العوامل التى تميل إلى التأثير على شدة جزيرة الحرارة الحضرية.[5]

كما تؤثر الاسطح العاكسة مثل الواجهات والشوارع على المناخ المحلي المحيط بالمدينة ، وتزيد من درجات الحرارة حول المباني ، وبالتالي تؤثر في الشعور بعدم الراحة وتزيد من كمية الطاقة المستخدمة. ومن الحلول الممكنة لهذه المشكلة استخدام الأسطح النباتية للواجهات ، والتي تعمل على تقليل الطاقة المستهلكة بواسطة عملية التبخر النتحى. (شكل2)

بالإضافة إلى ذلك ، يساهم الغطاء النباتى والمساحات الخضراء في الخلط الرأسي للهواء حيث يرتفع الهواء الدافئ فوق الأسطح الصلبة ويتم استبداله بالهواء النقي والحد من تأثير الجزيرة الحرارية ، ويعمل الغطاء النباتى على تحسين نوعية الهواء المحلي عن طريق الحد من "الضباب الدخاني" وإنتاج الأوكسجين ، ويتم تقليل "الضباب الدخاني" مع انخفاض الجسيمات المعلقة في الهواء وتقليل درجة الحرارة. ونظراً لعدم توافر الفراغات في المدن ، فإن زرع الأشجار والشجيرات غالباً ما يكون خياراً غير قابل للتطبيق، لذلك يتم زراعة الواجهات النباتية كخيار مثير للاهتمام يستخدم مساحة تم تجاهلها بشكل تقليدي.[6]

3-الاثر البيئى لزراعة الغطاء النباتى على واجهات المبانى.

فى السنوات الاخيره تم دراسة عدد من المزايا والعيوب المرتبطة بزراعة الغطاء النباتى على المبانى ، وقد تم دراسة هذه الجوانب واختبارها حسب إمكانية البلدان التى تم دراسة البيانات فيها ، والوقت اللازم للتجارب ... الخ.

كما أن النظر في استخدام استراتيجية زراعة الغطاء النباتى في المناطق الحضرية فيما يتعلق بالبيئة والمبنى ، يعتبر أن المبنى له دور حاسم لدعم النباتات كجزء من علاقته الأساسية مع البيئة. كما يجب النظر بعناية في دراسة الواجهات ، أي للهيكل الخارجى للمبنى لدعم نماذج مختلفة من النباتات الحضرية.

يمكن للغطاء النباتى أن يلعب دوراً هاماً في مناخ المدن والمناخ المحلي للمباني، وقد اجريت التجارب حول بعض التأثيرات المناخية للنباتات مع المباني عن طريق الجمع بين الغطاء النباتى على الحوائط والأسقف والمساحات المفتوحة في محيط المباني ، وقد أثبتت العديد من الأبحاث أن الغطاء النباتي على واجهة المبنى يمكن أن يكون فعالاً على مستوى الأداء البيئي للمبانى.[7]

4- الاثار الحرارية لزراعة الغطاء النباتى على واجهات المبانى.

4-1 اعتدال درجة الحرارة الداخلية للمبنى عن طريق التظليل الخارجى

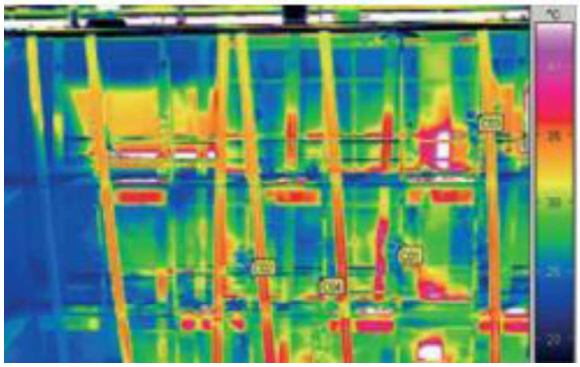
هناك عوامل تحدد قدرة الغطاء النباتى كأداة لتوفيرالظل وبالتالى درجة نفاذ الاشعاع الموجى الطويل والقصير، كذلك فإن سمك طبقات التربة فى نظم الزراعة الرأسية وكثافتها ومحتوى الرطوبة بها, هى التى تحدد الانتشار الحرارى بالمبنى[8]، هذه العوامل تساهم بشكل كبير فى تاثير النباتات على التنظيم الحرارى الداخلى للمبنى ومن اهم العوامل هى ما يلى :-

4-1-1 التبريد التبخيرى (عملية التبخير النتحى).

عملية التبخير النتحى تدل على كمية المياه المتبخرة من التربة والمنتوحة من النباتات. و التبخر- النتح لفظ مؤلف من كلمتين, الأولى (التبخر) Evaportion ، وهي تشير إلى ما يتبخر من سطح التربة ، والثانية (النتح Transpiration) وهي تشير هنا إلى الماء المطروح من النبات إلى الجو بشكل غازي بعد تبخره. لذا يمكن القول إلى أن التبخر النتحى يشير إلى كامل الماء الذي يدخل الجو بشكل غازي من سطح الأرض وما عليها.

ان التبريد التبخيرى من اهم الفوائد البيئية للاسطح والواجهات فى المناطق الحضرية. فهو يؤثر في الحد من درجة حرارة السطح وتحسين إدارة مياه الأمطار. كما ان عملية التبخرالتى تنتجها النباتات تخلق ما يسمى " التبريد التبخيرى" , يؤثر التبريد التبخيرى على الطقس , كما ان الرياح تزيد من زيادة التبخر. [2]

شكل 3. يوضح الواجهات الخضراء فى معهد الفيزياء، جامعة همبولت



شكل4. يوضح صورة تحت الاشعة الحمراء مع درجات الحرارة فى منتصف الصيف (احمر= دافى ، ازرق = المناطق الاكثر برودة فى الواجهة). [2]

كما اجريت دراسة فى معهد الفيزياء فى جامعة هومبولت ببرلين , تدورحول الجمع بين ادارة مياة الامطار وتوفير الطاقة مع التكييف الطبيعى من خلال الجدران النباتية (شكل3 ، شكل 4), فكلا من الظل الذى تولدة النباتات كأثر التبريد يؤثر على استهلاك الطاقة للمبنى , ليصبح نظام تكيف الهواء السلبى طبيعى.

ومن رصد الاشعاع الشمسى لسطح نباتى خلال اشهر الصيف , تظهر قياسات درجة الحرارة ان 58 ٪ من سطح النبات يتعرض للتبخر, مما يسهم فى تبريد البيئة بالمقارنة مع الاسقف التقليدية. وفي الصيف تكون النباتات حاجز للحرارة نحو الداخل بنسبة 60٪ من السقف التقليدي، وذلك بسبب مساهمة الغطاء النباتي من خلال عملية التبخر، وبهذا المعنى فان الغطاء النباتى للواجهات لا يزال لة تاثير كبير على توازن الطاقة فى المبانى. [9]

لذلك يخلق الغطاء النباتى مناخ محدد وخاص به, يختلف تماما عن الظروف المحيطة به, وبسبب هذا المناخ المحدد حول الغطاء النباتى عند تطبيقة من خلال نظم الزراعة الرأسية على المبانى, سوف يتأثر الفراغ الداخلى للمبنى اعتمادا على الارتفاع، والتوجه وموقع المباني المحيطة بها. حيث تتعرض الواجهة لدرجات حرارة شديدة متقلبة (ساخنة خلال النهار وباردة في الليل) , وتختلف انواع النباتات حسب إختلاف المناخ من اخر.[2]

كما ان آلية الزراعة الرأسية تقوم على أساس المسافة بين واجهة البناء وطبقة الزراعة الرأسية (نظم الزراعة المباشرة وغير المباشرة), فنظام الزراعة الغير مباشرة يحتوي على طبقة الهواء الراكدة التي لها تأثير العزل , لذلك يمكن للزراعة الرأسية أن تعمل بكفاءة "كعازل إضافي" لواجهة المبنى.

ويتم حظر أشعة الشمس المباشرة على الواجهة بواسطة طبقة الغطاء النباتى، مما يضمن أن تكون درجة الحرارة أقل ارتفاعا داخل المبنى . كما أن في فصل الشتاء يعمل النظام الأخضرالرأسى بعزل الإشعاع الحراري للجدران الداخلية بواسطة الطبقة الخضراء.

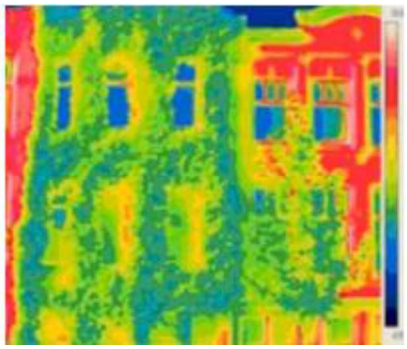
بالإضافة إلى ذلك، فإن نظم الزراعة الرأسية تعمل على تبريد درجة حرارة الهواء المحلية و تحسين خصائص اعتدال درجة الحرارة الداخلية للمبانى [10] من خلال ما يلى :-

1- تمتص جدران المبانى التى تقع خلف الأسطح الخضراء طاقة حرارة أقل من الشمس (سطوح الواجهة التقليدية سوف تسخن الهواء من حولهم). ويظهر هذا التأثير بوضوح في الشكل (6)، حيث يتم تسخين الأجزاء المغطاة من الواجهة الموضحه (اللون الأحمر) والأجزاء المغطاة بأوراق أقل بكثير الموضحه (اللون الأزرق والأخضر).

2- تعمل الزراعة الرأسية على تبريد درجات الحرارة من خلال تبخر الماء , من عملية التبخرالنتحى.

كما تقلل الرياح من كفاءة استخدام الطاقة داخل المبنى بنسبة 50٪ فى الشتاء، لأن طبقة النبات تعمل بمثابة عازل وتحافظ على حركة الرياح على طول سطح المبنى

شكل5. يوضح زراعة نبات اللبلابivy Bosto مباشرعلى الواجهة في الصيف.[10]



شكل6. ويوضح صورة لنفس الواجهة مع تسليط كاميرا الأشعة تحت الحمراء (FLIR) لتحديد الاماكن الباردة والاماكن الحارة بها.

واخيرا ، فان الاسطح والواجهات النباتية للمبنى توفر نتائج هامة من خلال عملية التبخر وتؤدى إلى زيادة ازدهار العزل الخارجي للأسطح الرأسية وهو ما يمثل امكانية عالية لخفض درجات الحرارة لأسطح المبانى وتحسين البيئة داخل المبنى وحولة.

2-4 الغطاء النباتى كمانع للاشعه الشمسية

استخدام الواجهة ذات الغطاء النباتى كمانع للأشعة الشمسية فعال على عكس العناصر التقليدية مثل الألومنيوم, والبلاستيك أو المعادن , هذه المواد تشع الحرارة مرة أخرى في محيط المبنى، في حين أن الغطاء النباتى لا يشع الحرارة مرة أخرى ، فإن حجم هذا التأثير يعتمد بشكل حاسم على كثافة أوراق الشجر. [2]

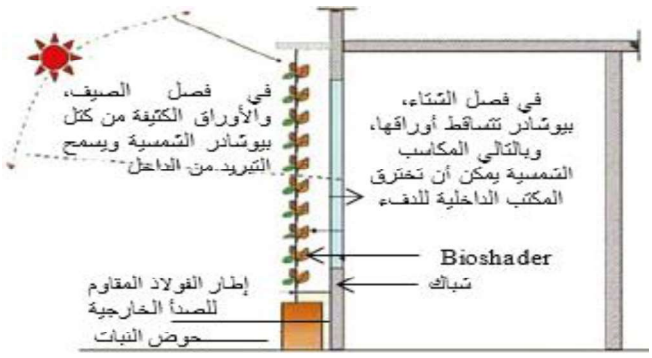
أن إستخدام النباتات لتوفير الظل للمبانى هى طريقة فعالة للسيطرة على الاشعاع الشمسى , وقد تم قياس الاشعاع الشمسى فى منطقة مظلله للاشجار (100 واط /م2) اقل بكثير من المساحة دون الظل (600 واط /م2) كما موضح فى الشكل (7).

شكل7. يوضح موقع ادوات قياس الاشعاع الشمسى فى المنطقة المظللة والغير مظللة بالواجهة. [2]

شكل8. يوضح تجربة بيوشادر (Bioshaders). [10]

في تجربة " بيوشادرBioshader " [11] التي أجريت في جامعة " برايتون Brighton ", ببريطانيا، تمت مقارنة بين وحدات لنوافذ غير مغطاه بالنبات وأخرى مغطاة بالنبات (شكل8)، فكانت النتيجة كالاتى :-

- الحجرة ذات الوحدات المغطاه بالنبات ، إنخفضت درجة الحرارة بها الى 3.5 درجة مئوية بينما الحجرة الاخرى والغير مغطاه بالنبات ارتفعت درجة الحرارة بها الى 5.6 درجة مئوية.
- كما ان قياس درجة نفاذ الاشعه الشمسية لاوراق الشجر ذات الطبقة الواحدة تصل الى (0.3) والاوراق ذات الخمس طبقات تصل الى (0.14).
- كما أن انخفاض الطاقة الحرارية الناتجة من نفاذ الاشعة الشمسية لطبقة واحدة تصل الى 37 % ومع الخمس طبقات من الاوراق تصل الى 86 %.



شكل9. يوضح قطاع عرضى لتجربة بيوشادر (Bioshaders). [10]

وأخيرا، نتيجة الظل الطبيعي للغطاء النباتي ومن خلال العملية الفيزيولوجية التي تحدث في النباتات يعمل كل منهم على اعتدال درجات الحرارة الخارجية و الداخلية, وبالتالى فإنه يساهم في توفير الطاقة في المباني , وهذا يؤدي إلى ان الغطاء النباتي يمكن أن يكون أسلوبا فعالا لمنع الإشعاع الشمسي.

3-4 توفير الطاقة بإستخدام الغطاء النباتى

تستهلك عملية البناء 36٪ من إجمالي استخدام الطاقة و 65٪ من إجمالي استهلاك الكهرباء. وبهذا المعنى، يمكن أن يؤثر تنفيذ الغطاء النباتى تأثيرا كبيرا على توفير الطاقة. وفي الغالب، يشتمل المبنى على سطح واجهة أكبر من سطح المبنى نفسة، وبالتالي يبدو أن زراعة الواجهات من شأنها أن تؤدي إلى تأثير كبير على وفورات في الطاقة مقارنة مع زراعة نباتات على الاسطح[2], كما يعتمد توفير الطاقة على التاثيرات التالية :

1-2-4 تاثير التبريد.

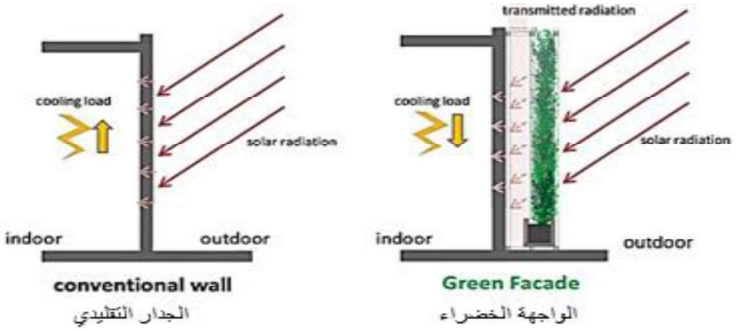
تركز الدراسات التجريبية على الجدران والواجهات الخضراء على التظليل (والتبريد) التى توفرها الواجهة الخضراء. على الرغم من وجود مجموعة من العوامل التى تؤثر على مدى تظليل الواجهة الخضراء (بما فى ذلك جودة ونوع هيكل الدعم, وتوجية الواجهة وما اذا كان المتسلق متساقط او دائم الخضرة) وقد وصلت الانخفاضات الشائعة فى درجة حرارة سطح الجدار بين 5 الى 10 درجة مئوية كما موضح فى الجدول (1). [10]

الجدول1. يوضح تاثير الواجهة الخضراء على الاداء الحرارى

مقياس الحرارة	نتيجة	تاثير الواجهة
الفرق في درجات الحرارة فى فصل الصيف والشتاء أمام الواجهة وخلفها.	- 1.4 درجة مئوية ابرد في فصل الصيف. - 3.8 درجة مئوية ادفئ في فصل الشتاء.	- امتصاص الطاقة الحرارية بواسطة أوراق الشجر ، كما يحافظ على درجة حرارة أقل فى المسافة بين حائط المبنى والغطاء النباتى بالواجهات ذات الزراعة الرأسية.
الفرق في درجة حرارة السطح بين الجدار العاري والجدار النباتي (الصيف).	- متوسط درجة حرارة الجدران العارية 5.5 درجة مئوية اعلى. - اقصى درجة حرارة 15.2 درجة مئوية.	- يوفر الغطاء النباتى الكامل تظليل فعال ويمنع كسب الحرارة من قبل المبنى .

كما أن درجة حرارة سطح الواجهة الخضراء من 37 الى 38 درجة مئوية , فى حين كان جدار الطوب 45.8 درجة مئوية, لذلك يؤدى الواجهة الخضراء الى انخفاض فى استهلاك الطاقة نسبيا بالمقارنه مع الجدار التقليدى.

لذا تعتبرالواجهة الخضراء بمثابة ظلال الدرع الخارجى لواجهة المبنى وتجنب الاشعاع المفرط الغير مرغوب فية والحد من انتقال تدفق الحرارة من خلال السطح الخارجى. (شكل 10)



شكل10. يوضح تقنية التبريد فى توفيربيئة حرارية داخلية وبالتالى توفيرالطاقة.[10]

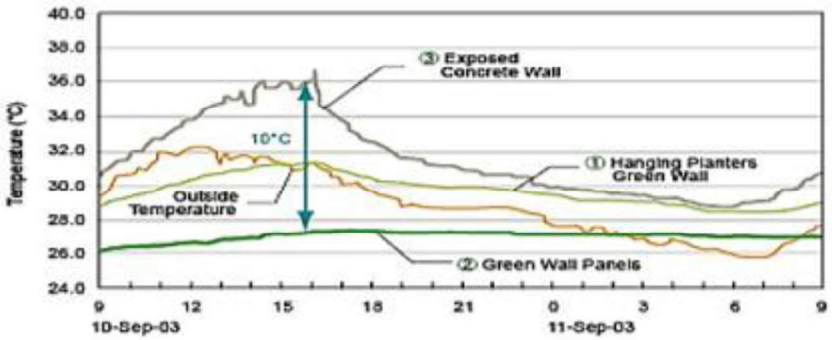
2-2-4 تاثير الغطاء النباتى على العزل الحرارى للمبنى.

يؤثر الغطاء النباتى للواجهات على التدرج الحرارى داخل وخارج المبانى ، فهى تساهم فى العزل الحرارى للمبانى. حيث تعمل النباتات على تحسين قدرة العزل الحرارى من خلال تنظيم درجة الحرارة الخارجية. ويعتمد مدى العزل على عوامل مختلفة مثل : المناخ , وبعد المسافة من الغطاء النباتى , ونوع الغلاف, وكثافة اغطية النباتات.[12]

شكل11. تجربة لمعرفة أختلاف درجات الحرارة عبر الواجهات بالنباتات وبالخرسانة. [2]

كما ان عملية التبخر تلعب دورا هاما فى الحالة الحرارية من النباتات , ولها ايضا تأثير ثانوى على تدفق الحرارة من خلال السقف او من خلال الواجهة ، ويشكل وجود الغطاء النباتى حاجزا يحد من الاشعاع الحرارى المنبعث على سطح الواجهة كما مبين فى (شكل11، شكل12) وينتج ما يلى :-

- نسبة تدفق ونفاذ الحرارة على الواجهة غير المظللة تزداد من مرتين الى اربع مرات عن نفاذ الحرارة من الواجهة المظللة.
- نقل الطاقة الحرارية من خلال جدار خرسانى اكثر بكثير عن اذا كانت الواجهة مغلفة خارجيا بطبقة من الغطاء النباتى.



شكل12. يوضح اختلاف نفاذ درجات الحرارة عبر الواجهات الخضراء والمبانى الخرسانية. [2]

وفقا للدراسات، ان الطلب على استهلاك الكهرباء بمقدار 5% الى 10% يستخدم لتبريد المباني فقط لتعويض 0.5 درجة مئوية الى 3 درجات مئوية لزيادة درجة الحرارة. لذلك كل انخفاض في درجة حرارة المبنى الداخلية بـ (0.5 درجة مئوية) قد يقلل من استخدام الكهرباء بنسبة حوالى 8% لتكييف الهواء فى فترات الصيف. [13]

كما إن زراعة المناطق الحضرية بالأشجار، والأسقف الخضراء والواجهة الخضراء يمكن أن تقلل من استهلاك الطاقة لتكييف الهواء بنسبه 20٪ في استخدام الطاقة. كما أظهرت الدراسات أن زيادة الزراعة الرأسية بنسبة 10٪ في المدينة تميل إلى خفض الطاقة الإجمالية للتدفئة والتبريد بنسبة (5% الى 10%).

5-قيود أنظمة الزراعة الرأسية.

على الرغم من الفوائد العديدة في زراعة النباتات على حوائط الواجهات بالمبانى ، لكن يوجد بعض المشاكل التقنية والعيوب المتعلقة بإدماج أنظمة الزراعة الرأسية التى تواجهها أثناء التنفيذ وبعدها [14] , وأهمها :-

1- امكانية الحاق الضرر بالواجهة في حالة الزراعة المباشرة على الحوائط بحيث ان يكون هيكل الواجهة الخضراء متصل مباشرة على الحائط.
2- القضايا المتعلقة بصيانة أنظمة الزراعة الرأسية، وخاصة نظام الجدار الحي مثل تكاليف الصيانة والخبرة الفنية المطلوبة.
3- نظم الري.
4- الحفاظ على الزراعة الرأسية من الحشرات والافات.

5-1 أضرار الواجهة في حالة الزراعة المباشرة على الحائط.

يمكن أن تتأثر معظم الحوائط من زراعة النباتات المتسلقة الذاتية مثل (Hedera Helix) اللبلاب ، ويمكن تقسيم المشكلة إلى مجموعتين [15] :

1- الجذور التي تخترق العناصر الانشائية للمبنى.
2- تاثير الهيكل اللاصق من نمو النباتات مباشرة على الحائط.

تنمو النباتات بسهولة إلى الثقوب والشقوق المتواجدة فى الحوائط بسبب طابع الجذور اللاصقة وسيقان النباتات الرفيعة كما مبين فى الشكل (13) ، وفى حالة إخراج النباتات من الحائط تبقى الجذور لاصقة على الحائط ، والذي يصعب إزالتها. (شكل 14)

يمكن إزالة بعض طبقات هيكل الجدار عند ازالة النباتات ايضا, مما يتسبب الجهد في الحائط الذي يشكل الضرر الرئيسي.

شكل13. يوضح الهياكل الجذرية اللاصقة على الحائط.

شكل 14. يوضح بقاء هيكل الجذراللاصق بعد إزالة النباتات من الجدار.[14]

2-5 صيانة أنظمة الزراعة الرأسية.

يتطلب كل نظام زراعة رأسي درجة من الصيانة لأنها انظمة حية ، لذا يجب أن تكون خطة الصيانة وميزانيتها جزءا من عملية التصميم وليس مرحلة ما بعد التفكير بمجرد اكتمال المشروع , كما ان معدل الصيانة التي يرغب المستخدم في تقديمها هي عامل تصميم مهم ايضا, قد يؤثرعلى اختيار نوع النظام والأنواع النباتية المثبتة [12] في كل نظام على النحو التالي :-

1-2-5 صيانة الواجهات الخضراء.

تستخدم الواجهة الخضراء عموما انواع النباتات المتسلقة المختلفة مثل الهيدرا Hedera أو اللبلاب منها Lablab او Dolinchos التي قد تنمو من التربة الأرضية أو من صناديق الزارع، وسيكون لكل موقع متطلبات ري ومغذيات مختلفة. قد يتطلب ظروف ومكان الموقع ان يتم استخدام انواع خاصة من النباتات المتسلقة القوية والغير معتمدة على الرى المستمر والمغذيات, وبعض النباتات تكون متساقطة وبعضها يوفر الفواكة او الزهور بكثرة التى قد تتطلب المزيد من الرعاية والصيانة.

ومن أهم عناصر الصيانه هى إجراء عملية التقليم (الصيانة طويلة الأجل) والاستجابة للرعاية بشكل عام. وفي حالة الزراعة الرأسية الغير مباشرة إلى الجدار، قد تتطلب أنظمة الكبل والاسلاك فحصا دوريا لحالة الكابلات لضمان وجود العناصر في مكانها الصحيح عندما تنمو النباتات.

2-2-5 صيانة أنظمة الحائط الحى

نظرا لتنوع وكثافة الحياة النباتية، تتطلب عادة نظم الجدار الحى صيانة أكثر كثافة (مثل الاهتمام بالتسميد وهو إمدادات المغذيات لتسميد النباتات) من الواجهات الخضراء. قد تتأثر درجة الصيانة أيضا من توقعات المستخدم من الصفات الجمالية لتركيب نظام الجدار الحي وعلى أي مستوى النباتات مزهرة واحتياج الحفاظ عليها[2] ،وفيما يلى وصف لعدد قليل من متطلبات الصيانة :

- الغطاء النباتي ذو المتطلبات الغذائية العالية يتطلب عموما درجة أكبر من الرعاية.
- يحتاج نظام الجدار الحي إلى صيانة منتظمة (الصيانة على المدى الطويل) ودرجة الصيانة المطلوبة ستكون معتمدة على نوع نظام الجدارالحي والنباتات المستخدمة.
- استبدال الأنواع النباتية عند موتها، والعناية بالأنواع النباتية الصحيحة.

شكل 15. يوضح أجزاء عارية لنظام طبقة اللباد felt مع نباتات ميتة , وجيوب ممزقة وتدهور لوحتها. [2]

كما يجب استبدال وحدات النظم على حسب حالة تدهورها. فعلى سبيل المثال ، فمن الضروري تغيير طبقات اللباد felt عندما تكون طبقاتها ممزقة أو تالفة. (شكل15)

3-2-5 تكاليف الصيانة.

يستلزم إنشاء الحوائط الخضراء بالمبانى بتكاليف مرتبطة بالانشطة التالية [14] :

- نظام إدارة الري.
- استخدام مصاعد الرفع خلال مرحلة التقليم واستبدال النباتات.
- استبدال الوحدات.
- تكاليف العنصر البشري.
- جمع الأوراق الساقطة والتخلص منها.

3-5 نظم الرى.

الهدف الرئيسي من الري هو ضمان الحفاظ على المقننات المثالية داخل المنطقة الجذرية من الأنواع النباتية. والمشكلة العملية التي يجب أن تواجهها جميع استراتيجيات جدولة الري هي تحديد مقدار الماء والمغذيات التي ينبغي إضافتها إلى التربة, ولذلك فإن التقييم او الصيانه المستمر لما يتطلبه النبات هو أمر أساسي في تنفيذ أي نظام فعال لإدارة المياه.

وضع مستويات مناسبة من الري ومن المغذيات هي من الجوانب الهامة التي يجب أن تعمل بشكل مستمر, وألا يمكن أن تسبب مشاكل من خلال نسيان الخدمة والتشغيل , كما يجب الاخذ فى الاعتبار ان نظم الري مستهلكة للطاقة, وبالاخص التي تتعامل مع تقنية الرصد المستمر لنظام الرطوبة داخل منطقة الجذر [16] .

4-5 الحفاظ على الزراعة الرأسية من الحشرات والآفات.

تتعرض الزراعة الرأسية إلى ظهور عدد كبير من الآفات تزيد أو تقل لأسباب عديدة منها : عنايتنا بالنبات، ومعرفتنا لاحتياجاته، وتأمين الجو المناسب له. وقد تكون هذه الآفات من الحشرات مثل المن أو الفيروسات أو البكتيريا أو الفطريات مثل البياض الدقيقي أو من بعض الحيوانات مثل الحلزون , لذلك يستحسن أن تقاوم الحشرات طبيعياً [17] , كما ان الوقاية هى اسهل طريقة لمنع الحشرات فى الزراعة الرأسية. ومن الطرق الطبيعية المكافحة للحشرات ما يلي :-

1-4-5 التنوع البيولوجى للنباتات.

إن زراعة نوع واحد فقط من النبات يزيد من فرصة الإصابة بالآفات لأن الآفات التي تنمو فى هذا النبات قد تغزو الحديقة في مجموعة وتدمر الزراعة الرأسية. كما إن الزراعة الرأسية الغنية بمجموعة متنوعة من النباتات تتميز بتنوعها من مستويات المغذيات تزيد من احتمال عدم نموالحشرة وعدم ازدهارها [18] . لذلك في حالة وجود أنواع متعددة من النباتات، يتم تقليل المخاطر بشكل كبير.

2-4-5 استخدام النباتات الطاردة للحشرات.

يوجد بعض النباتات لديها في الواقع خصائص طاردة للآفات كما مبين فى الجدول (2) , وإن زراعة مثل هذه النباتات في الزراعة الرأسية هي واحدة من أسهل الطرق لمنع مشاكل الآفات. كما ان هناك عدد من النباتات التي تقع ضمن هذه الفئة، لكن النباتات الأربعة التالية تعمل على طرد الحشرات، وتقدم فوائد صحية.

جدول2. يوضح النباتات الطاردة للحشرات ، والتى تقدم فوائد صحية.

اسم النبات	الشكل	خصائصة	اسم النبات	الشكل	خصائصة
Catnip النعناع البرى		يمنع المن ، والخنافس ، واليرقات ودرع الحشرات.	Mint نعناع		يمنع حشرات المن ، الخنافس ، اليرقات ، حشرة الدرع والذباب الأبيض
Dill شبت		يمنع المن ، اليرقات ، البق الدرع و سوس العنكبوت.	Nasturtium زهرة السلبوت		يمنع المن ، والخنافس ، واليرقات ودرع الحشرات.

3-4-5 حشرات المفترسة لآفات الزراعة.

جذب الحشرات المفترسة لقتل آفات الحديقة الرأسية انها الاكثر اثارة للاهتمام. على سبيل المثال , جذب حشرة البق جيدة للزراعة الرأسية لمكافحة الافات الطبيعية كما مبين فى الشكل (16), كما ان الطريقة الاكثر شيوعا لجذب الحشرات الجيدة هى زراعة النباتات الحشرية, او نباتات حبوب اللقاح والرحيق. كما ان زراعة الزهور ستؤدى الى الخدعة لجذب الحشرات, ولكن الاعشاب المزهرة تعمل ايضا فى جذبها , وتستقطب النباتات التالية مفترسات الآفات والملحقات [18] :-

- الكزبرة (Cilantro)
- كوزموس (Cosmos)
- القطيفة (Marigold)
- اكليل الجبل (Rosemary)
- لسان الثور (Borage)
- الشبت (Dill)
- النعناع (Mint)
- زعتر (Thyme)

شكل16. يوضح جذب البق يعمل على مكافحة الآفات الطبيعية.

6-دراسة بعض المبانى المكسوة بالغطاء النباتى.

أصبحت ممارسة دمج الغطاء النباتى في المباني شائعة في الأيام الأخيرة ، والهدف الرئيسي لهذا هو جعل المباني حيوية بيولوجيا ، وفقًا للأساليب المستخدمة لتبريد البيئة الداخلية وتحديثها والمساعدة في تقليل اكتساب الحرارة من الخارج ، وبالتالي تقليل استخدام أنظمة التكييف الميكانيكية وتقليل استخدام الطاقة. وسيتم النظر في الحالات التالية لدراسة أنواع الممارسات الحديثة وفقًا لوجهات نظرهم ومفاهيمهم للزراعة الخارجية.

1-6 مبنى اتحادات شيلي (Chilean Consortia Building) ، سانتياغو ، تشيلي.

المصممين : Henry Browne - Borja Huidobro

الموقع : Las Condes. Santiago, Chile Santiago, Chile

المالك : National Trust Insurance – Life

شكل17. يوضح شكل مبنى Chilean Consortia فى المواسم المختلفة.[19]

يحتوي مبنى اتحادات شيلى على العديد من الميزات الصديقة للبيئة التي جعلت منه ميزة مستدامة، إحدى هذه الميزات هي الغطاء النباتي للألواح الحرارية الداخلية والخارجية التي تمتص حرارة الشمس ، وهى ميزة خضراء والتى تتحول إلى حديقة نباتية تبلغ مساحتها حوالي 3000 مترمربع كما مبين فى الشكل (17). [19]

تم تطوير الواجهات بعناية وخاصا الواجهة الغربيه للمبنى من خلال بناء الواجهة ذات الغطاء النباتي المزدوج الذي يسمح للنباتات بالنمو على نظام منفصل عن المبنى. حيث يخلق من الداخل حاجزا خصبا ، يظلل سكانه من اشعه الشمس الشديدة التى تنتج مشاكل حرارية خلال فصل الصيف ، ويخلق داخليا جوا اشبة بالعيش داخل حديقة خاصة والتى تقلل من امتصاص الطاقة الشمسية وبالتالى من الطاقة المستخدمة لتحسين الراحة الحرارية داخليا.

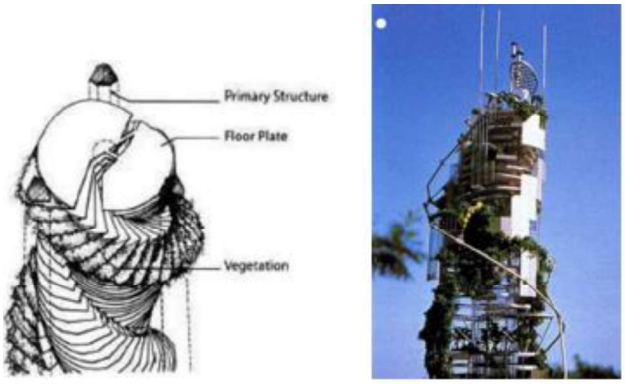
وفى فصل الشتاء عندما تكون اوراق الشجر قليلة ، فإنه يسمح بنفاذ أشعه الشمس الى داخل المبنى ، ويعتبر مبنى Chilean Consortia اكثر كفاءة بنسبة 35 % من المبانى التقليدية.

استخدامت الكابلات من نظام صناديق الزراعة على مستوى الواجهة بالكامل ، ويوجد ثلاث مستويات ومسارات مختلفة لنظم الزراعة الرأسية على الواجهة الجنوبية ، ويحتوى كل مسار على مساحة المشى لعمال الصيانة ولرعاية النباتات كما مبين فى الشكل (18).

شكل18. يوضح التفاصيل فى قطاع الزراعة الرأسية و شكل صندوق الزراعة.[20]

2-6 برج طوكيو (Tokyo Nara Tower) ، طوكيو.

صمم هذا المشروع المهندس المعمارى كين يانج للمعرض العالمى للعمارة فى عام 1994 و يعرض العديد من الفوائد لدمج المناطق الخضراء فى ناطحات السحاب.



شكل19. يوضح برج طوكيو Nara مع النباتات . [19]

ويمكن تلخيص تصميم برج Nara كمثال " للعمارة الحلزونية العمودية الدوارة المجوفة باستخدام نظام لتغيير شرفات المناظر الطبيعية الرأسية كما مبين فى الشكل (19). ويطبق برج Nara مفاهيم الزراعة الرأسية الممزوجة بالتصميم الايكولوجى الذى يحمي المبنى عن طريق التظليل في الصيف ، بواسطة التمثيل الضوئي للنباتات ، ويخلق مناخًا صحيًا أفضل في الواجهة. لذلك يتميز بكفاءة فى استخدام الطاقة وتوفيرعزل صوتى بيئى وترشيح وتنظيف الهواء وتحسين التهوية الداخلية الى جانب مظهره المبتكر.[19]

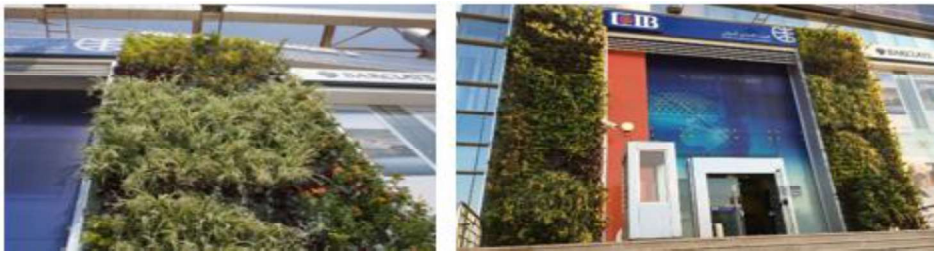
كما يعمل البرج المتصاعد على توفير مساحات كبيره من الزراعة المستخدمة كنظام تبريد للمبنى ، حيث إن نسبة كتلة الزراعة بالنسبة إلى البنية المبنية قابلة للمقارنة بشكل إيجابي ، وبالتالي ضمان أن تكون مكونات النظام الحيوي متوازنة وتعمل بشكل منتظم مع هياكل النظم الميكانيكية والكهربائية كنظام بيئي اصطناعي.

3-6 البنك التجارى الدولى CIB ، فرع القاهره الجديدة .

تم تصميم وتوجية الواجهة الخضراء لبنك CIB على الواجهة الغربية على جانبى المدخل ، لتأكيد صورة بنك CIB الخضراء بما يتماشى مع مبادرة Going Green للبنك ، لتصل ارتفاعها الى 16م. [22]

استخدام نظام الجدارالحى فى تصميم الواجهه الخضراء ببنك CIB القائم على نظام زراعة الحاويات ، واستخدام نظام رى اتوماتيكى مزود بتوقيت إلكترونى لرى النباتات.

تم تصميم الحوائط الحية بواجهة البنك التجارى الدولى لمحاولة استغلال و توفير مسطح اخضر بلمسة جمالية فى موقع البنك كما موضح فى الشكل (20) ، ومحاولة تقليل الحمل الحرارى لواجهة المبنى و لتقليل إستخدام التكييف



شكل20. يوضح الواجهة الخضراء لبنك CIB .

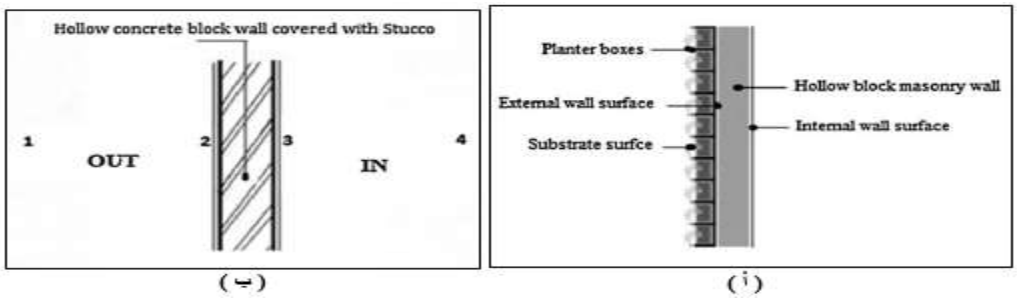
4-6 تجربة مدرسة ليو الدولية ، ابو ظبى ، الامارات العربية المتحدة.

تم اجراء التجربة فى مدرسة ليوا (Liwa) الدولية (LIS) الواقعة في مدينة العين (شكل 21) وتتميز المدينة بمناخ حار جدا وجاف مع درجات الحرارة النهارية تتراوح بين 35 درجة مئوية إلى 50 درجة مئوية ودرجات الحرارة في فصل الشتاء تتراوح بين 25 درجة مئوية إلى 35 درجة مئوية. [21]

شكل 21. يوضح الزراعة الرأسية على واجهات مدرسة ليوا الدولية. [21]

تم اختيارغرفتين منفصلتين (العرض : 5 ×7 ×3.5 م) مع نفس النوافذ الزجاجية وأطار الألومنيوم و إحداهما بدون الغطاء النباتى والآخرى مكسوة بالغطاء النباتى، وكلاهما يوجة اتجاه الشرق.

أستخدمت فى هذه التجربة نظام الزراعة الرأسى القائم على صناديق الزراعة البلاستيكية (30 سم × 30 سم × 25 سم) التي تم تركيبها على أعمدة الواجهة كما مبين فى الشكل (شكل 22 أ) . ولأجراء هذه التجربة تم استخدام أجهزة تسجيل البيانات أوميغا Omega في أربعة مواقع. (شكل 22 ب)

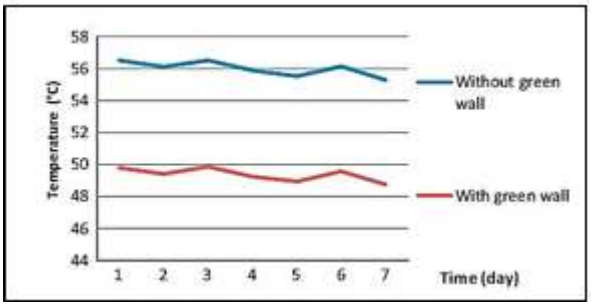


شكل 22. يوضح أ نظام الجدارالحى باستخدام صناديق الزراعة ، ويوضح **ب** مواقع قياس درجة الحرارة على الجدار بدون الغطاء النباتى حيث (1) يظهر في الهواء الطلق وتبعد 1م عن الجدار الخارجي, اما كل من (3-2) هى درجة حرارة سطح الحائط من الخارج والداخل ، اما (4) درجة حرارة السطح الداخلي وتبعد 1 متر في الفضاء من الداخل.

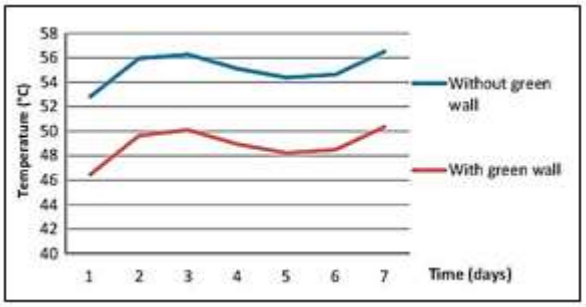
1-4-6 أثر إختلاف درجات الحرارة مع الجدار بالغطاء النباتى و بدون الغطاء النباتى.

تم إجراء هذه التجربة للحد من زيادة درجات الحرارة بالفراغات الداخلية كاستراتيجية لخفض الطلب على أجهزة التبريد , وبالتالى على الطاقة ، ومعرفة اذا كانت هناك اى اختلافات فى درجات الحرارة فى كلا الغرفتين فى المبنى.

ولتحديد تأثير تنظيم درجة الحرارة للجدار الأخضر الناتج عن التظليل، تم قياس وتسجيل درجات الحرارة عند ثلاث نقاط ، أي درجة حرارة السطح الخارجي، ودرجة حرارة السطح الداخلي، ودرجة الحرارة المحيطة الداخلية لمدة سبعة أيام متتالية.



شكل23. يوضح درجة حرارة السطح الخارجى للجدار مع و بدون الغطاء النباتى لمدة سبعة أيام من القياسات



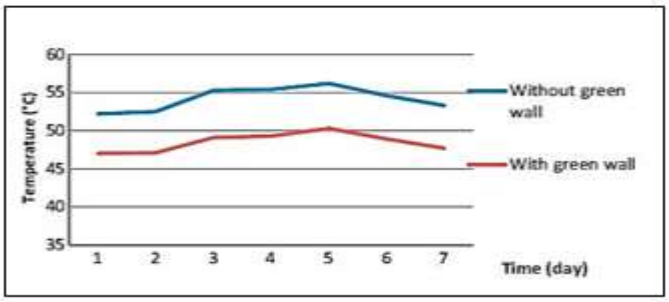
شكل24. يوضح درجة حرارة السطح الداخلى للجدار مع وبدون الغطاء النباتى لمدة سبعة أيام من القياسات

ومن التجربة يظهر أن درجة الحرارة للسطح الخارجى على الجدار دون الغطاء النباتى حوالي (56 ± 0.5) درجة مئوية في حين ظلت درجة الحرارة على السطح الخارجى ذات الغطاء النباتى حوالى (50 ± 0.5) درجة مئوية وبالتالى تعمل على تنظيم درجة الحرارة حوالى 6 درجة مئوية على السطح الخارجي كما موضح فى الشكل (23).

كما ان درجة حرارة السطح الداخلي على الجدار بدون الغطاء النباتى يكون حوالى (55 ± 0.5) درجة مئوية في حين أن درجة الحرارة للسطح الداخلى للجدارذات الغطاء النباتى بقيت عند (49 ± 5) مما يدل على اتجاه مماثل وحجم تنظيم درجة الحرارة كما فى الجدار الخارجي. (شكل 24)

كما ان هذا الانخفاض في درجة حرارة السطح الداخلي يؤدي إلى انخفاض في درجة الحرارة الهواء في الأماكن المغلقة مع الجدار الأخضر مقارنة مع الجدار دون الغطاء النباتى.

كما ان درجات الحرارة في الأماكن المغلقة التي تحققت من خلال هذه التكنولوجيا هى (45 الى 47) درجة مئوية كما موضح فى الشكل (25) ولا تزال بعيدة عن درجة حرارة الراحة (26- 28) درجة مئوية الذي يدل على أنه على الرغم من أن الجدار الأخضر خفض تحميل التبريد بمقدار معين، ولكن لا تزال هناك حاجة للتبريد الميكانيكي بجانب هذا التخفيض. ولكن الفائدة تأتي من انخفاض استهلاك الطاقة من نظام التكييف الذي يقلل بشكل مستمر من حجم نظام التبريد الميكانيكي مما أدى إلى انخفاض رأس المال وتكاليف التشغيل لنظام التبريد.



شكل 25. يوضح درجة حرارة الهواء الداخلية فى وقت الذروة للجدار مع و بدون الغطاء النباتى لمدة سبعة أيام من القياسات.

2-4-6 تأثير العزل الحراري للجدار الأخضر.

أظهرت التجارب أن فارق درجة الحرارة النهارية بين الجدار الأخضر ودون الغطاء النباتى هو أعلى باستمرار بحوالى 5 درجات مئوية، ليصل إلى 13 درجة مئوية عند ذروته.

أن الفرق في درجة الحرارة بين الجدار دون الغطاء النباتى والجدار الأخضر هو إيجابي خلال النهار مما يقلل من حمولة التبريد للمبنى, ولكن في وقت الليل الفرق في درجة الحرارة هو سلبي مما يعني في غياب الجدار الأخضر السطح الخارجي يبرد بسرعة أكبر من الجدار الأخضر.

كما أن الحوائط الداخلية للجدارالأخضر تكون دائما أكثر برودة من سطح الجدار دون الغطاء النباتى ، مع فارق ثابت في درجة الحرارة أعلى بحوالى 4 درجات مئوية وتصل إلى 6 درجات مئوية في أوقات الذروة من اليوم ويصل فوق (1) درجة مئوية إلى (2.5) درجة مئوية خلال الانخفاض الأضعف في الليل.

ويظهر الاتجاه الايجابي الدائم في درجات الحرارة من خلال الجدار الاخضر على الاسطح الداخلية ليلا ونهارا وتحافظ على درجة حرارة أقل من الجدار دون الغطاء النباتى وتوفر الطاقة, على الرغم من أن الجدار دون الغطاء النباتى يميل للتبريد ليلا أسرع من الجدار الأخضر.

7-استراتيجة تطبيق استخدام الواجهات الخضراء فى البيئة المصرية.

يوجد أسس وضوابط لتصميم وتطبيق الواجهات الخضراء والتى يجب اخذها فى الاعتبارعند تطبيقها على المبانى فى البيئة المصرية وهى كالتالى :-

1-7 توجيه نظم الغطاء النباتى عند التطبيق.

يجب مراعاة ظروف كل إقليم مناخى والتأثير الحرارى له ، وأفضل توجيه لتطبيق أنظمة الواجهات الخضراء على المبنى فى حالة الإقليم الحار هو التطبيق على الواجهة الغربية والواجهة الجنوبية الغربية.

2-7 نوع النظام الإنشائى.

يتوقف إختيار نوع النظام الإنشائى للزراعة الرأسية على حالة المبنى ، ويوجد حالتين للمبنى وهما ما يلى :-

- فى حالة التطبيق على مبنى قائم : يجب إختيار نظام النباتات التى تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف نظام هوائى مع مراعاة العزل الجيد للواجهة.
- فى حالة التطبيق على مبنى فى مرحلة التصميم : يمكن تطبيق كلا من النظامين نباتات تنمو مباشرة على الواجهة أو نباتات تنموعلى نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف نظام هوائى.

3-7 نوع النباتات.

يتوقف إختيار النباتات [22]على ما يلى :-

- إستخدام العناصرالنباتية الأصلية على المستوى الإقليمى والطبيعة المناخية (فى حالة الإقليم المناخى لجمهورية مصر العربية يفضل إستخدام نباتات المدادات واللبلاب ذات ومتوسط مؤشر مساحة الورقة LAI = 0.002 : 0.0065).
- نوع النظام الإنشائى (سواء كان النباتات جذورها تنمو مباشرة على الواجهة أو تنمو فى حاويات تحتوى على منطقة جذر وهى مساحة التربة المحيطة بجذور النباتات).

4-7 أنظمة العزل.

يتوقف إختيار أنظمة العزل على حالة المبنى :

- فى حالة التطبيق على مبنى قائم : يجب إختيار النظم المتكاملة فى العزل لضمان عدم إمتداد جذور النباتات داخل حوائط المبنى والفتحات الموجودة.
- فى حالة التطبيق على مبنى فى مرحلة التصميم : يوجد حرية الإختيار لنظام العزل المستخدم وفقا لطبيعة تصميم المبنى والفكرة التصميمية.

5-7 الحمل الإنشائى.

- فى حالة التطبيق على مبنى قائم : يجب حساب أحمال النباتات فى نظام النباتات المتسلقة مباشرة على الواجهة أو النظام المعدنى المثبت مضاف إليه النباتات فى نظام النباتات المعلقة بأنظمة إنشائية مثبتة على الواجهة لضمان مدى تحمل المبنى.
- فى حالة التطبيق على مبنى فى مرحلة التصميم : يجب حساب الأحمال الحية والميتة عند حساب أحمال المبنى لضمان سلامة المبنى.

6-7 مساحة تغطية الواجهة.

- فى حال كانت الفكرة التصميمية لأنظمة الواجهات الخضراء تشمل100% من واجهة المبنى فإنه ينصح بإستخدام انظمة الكابلات.
- فى حالة كانت الفكرة التصميمية لأنظمة الواجهات الخضراء تشمل 40 – 60% من واجهة المبنى فإنه ينصح بإستخدام الوحدات المديولية مع إمكانية إستخدام أنظمة الكابلات والأسلاك.

7-7 نظام الرى.

فى حالة التطبيق على مبنى قائم أو مبنى فى مرحلة التصميم : يجب دمج شبكات الصرف الخاص بالواجهات الخضراء ضمن صرف البناء مع وضع إستراتيجية لإدارة المياه ومراعاة تصميم إستخدام المياه الرمادية فى التصميم.

8-7 الصيانة.

- صيانة مرتين سنويا لضمان سلامة العزل.
- صيانة 4 مرات سنويا للنباتات مع التقليم لضمان عدم إختراقها لواجهات المبنى والفتحات لضمان الحفاظ على الإضاءة الطبيعية وأيضا لتزويد التربة بالمغذيات اللازمة للنباتات.
- صيانة مرة سنويا للنظام الإنشائى لضمان سلامته.
- محاولة عمل تعاقد مع السكان لمدة خمس سنوات بعد تسليم المنشأ خاص بصيانة الواجهات المزروعة, ويتم من خلالها توعية السكان وإكتمال نمو النباتات وبدأها فى تأدية الغرض الوظيفى منها.

8- الخلاصه

يعتبرالغطاء النباتى عنصرا مضافا للمبنى " بنية نباتية " حيث يعتبر الزراعة الرأسية بمثابة مساهمة كبيره فى تحسين الهواء حول المبنى وداخله ، وتقليل تاثير الجزيرة الحرارية الحضرية ، بالاضافه الى خلق الراحة البصرية ... الخ. كما ان من خلال عملية التظليل وفقدان المياه من الغطاء النباتى خلال عملية التبخرينتج تقليل فى درجة الحرارة الخارجية والداخلية للمبنى ، مما يؤدى الى تقليل استخدام الطاقة.

ووفقا لدراسة الواجهة التقليدية المغطاة باللبلاب تم قياس انظمة الاشعة تحت الحمراء لمعرفة مدى التغيرات فى درجات الحرارة, واظهرت القياسات ان درجة الحرارة تصل إلى اقل من 5 درجات نتيجة لتأثيرعزل النباتات ، ويكون هذا التاثير فى فصل الشتاء والصيف على حد سواء.

كما تتعرض الزراعة الرأسية الى عدد كبير من الأفات والحشرات لاسباب عدة ، ومن الطرق الطبيعية لمكافحة الحشرات ما يلى :-

- التنوع البيولوجى للنباتات.
- استخدام النباتات الطاردة للحشرات.
- جذب الحشرات المفترسة لأفات الزراعة.

نتيجة التجربة التى تمت فى دولة الامارات المتحده فى مدرسة ليو الدولية ، تم اعتماد استخدام الجدران الخضراء بنجاح فى إمارة أبوظبى ، وذلك نتيجة التاثير الايجابى الى حد ما على الراحة الحرارية الداخلية وتحسين درجة حرارة الهواء مقارنة بالجدران بدون الغطاء النباتى ، حيث عمل على الحد من الطلب على الطاقة بنسبة تصل الى 20% ، وذلك نتيجة مايلى :-

- انخفاض الكسب الحراري الناجم عن الجدار الأخضر بسبب حظر الاشعاع الشمسى من قبل أوراق النبات، كتلة التربة، والصناديق التي تحمل النباتات والتبريد التبخيري الناجم عن مياه الري إلى النباتات.
- مقاومة الحرارة بسبب الموصلية الحرارية المنخفضة من النباتات التي تعمل على عزل الحرارة إلى مكاسب الحرارة المحيطة بالجدار.

كما يوجد أسس وضوابط يجب اخذها فى الاعتبار عند تطبيق استخدام استراتيجية الواجهات الخضراء فى البيئة المصرية ومن اهمها : توجية النظام ، ونوع النظام الانشائى ، ونوع النباتات ، وانظمة العزل، ونظم الرى والصيانة.

المراجع .

- **قائمة المراجع باللغه الانجليزية :-**

[1]. S, W, Peck, & C, Callaghan , *Greenbacks from green roofs:forging a new industry in Canada, Status report on benefits ,barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion*, Environmental adaptation research group report, Canada, 1999, PP.15-16.

[2]. N, M, Mohamed .*The effectiveness of vertical greening systems upon indoor thermal comfort in buildings* , Master's thesis submitted to the faculty of engineering , Cairo university , Giza, Egypt, 2012, PP.41-65.

[3]. P , Krushe and M ,Krushe and D, Althaus, Gabriel I. *Okologisches Bauen Herausgegeben vom Umweltbundesamt*. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag; 1982.

[4]. J , Newton and D, Gedge and P , Early , Wilson S. *Building greener guidance on the use of green roofs, green walls and complementary features on buildings*. London, UK: CIRIA; 2007.

[5]. Al-musaed A 2007a Heat island effects upon the human life on the city of Basrah, building low energy cooling and advanced ventilation technologies the 21st century. In: PALENC 2007, the 28th AIVC Conference, Crete island, Greece

[6]. S, Sheweka and N, Magdy. *Green Facades as a New Sustainable Approach Towards Climate Change*. ScienceDirect , Energy Procedia 6 ,2011, pp 592–599.

[7]. Verne, (i.e.) quoted in Lambertini and Leenhardt, 2007:9), (Dunnett, N. & Kingsbury, N. (2008). Planting Green Roofs and Living Walls .London: Timber Press.

[8]. E, P, D, Barrio,. *Analysis of the green roofs cooling potential in buildings*. Energy and buildings, volume 27 , Issue 2,1998.

[9]. G, Papadakis, & T, Kyritsis,. *An Experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings*. Energy and buildings , 2001.

[10]. R, M, R, Taher .*Vertical and horizontal vegetation as a tool to increase eco_ skyscrapers environmental efficiency*, Master's thesis submitted to the faculty of engineering, Cairo university, 2015.

[11]. A , Miller, et.al. *Vegetation on building facades "Bioshder".* Case study Report, 2007.

[12]. A , Mir .*Green facades and building structures*, Master's thesis submitted to the faculty of Engineering ,Section Materials and environment, Delft university of technology, the Netherlands, 2011.

[13]. H , Akbari & M , pomerantz .*Cool surfaces and shade trees to reduce energy use improve air quality in urban areas*. solar enegy, ScienceDirect, 2001.

[14]. M, Ottle ., et.al. *Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems*. *The 20th International System of Ecology and safety* , 2011.

[15]. M, Hermy .*Green Facades as A tool for The Urbanized 21st Century*. *Landscape and Urban Planning*, 2005.

[16]. K,Perini & M, Ottele. *Greeening the building Envelope, FAÇADE Greening and Living Wall systems*. *Accepted open Journal of Ecology (OJE),* 2011.

[17]. Available at : www.nabataty.com, accessed : 2-8-2018.

[18]. available at: http://www.towergarden.com/blog. accessed : 2-8-2018.

[19]. S, Sheweka and N, Magdy. *The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment*. ScienceDirect , Energy Procedia 6 , 2011,pp 592–599.

[20]. Available at : https://sefaira.com/resources/sefaira-customer-insights-sustainability-in-chile/ , accessed : 10-3-2019.

[21]. M , Haggag & A, Hassan & S, Elmasry. *Experimental study on reduced heat gain through green facades in a high heat load climate* .Department of Architectural Engineering, United Arab Emirates University , Emirates of Abu Dhabi, 2014.

- **قائمة المراجع باللغه العربية :-**

[22]. مروة هشام سالم الزقلة ، *الواجهات الخضراء وتاثيرها على كفاءة استهلاك الطاقة فى المبانى* ، رساله ماجستير ، جامعة القاهرة، 2017.