دور الحدائق الرأسية والمساهمة في التخفيف من متلازمة المباني المريضة

The role of Vertical Gardens and Contribution in Mitigation of Sick Building Syndrome

م.د/هبة محمد أحمد محمد عبده

مدرس بقسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة – جامعة المنصورة

Dr. Heba Mohamed Ahmed Mohamed Abdou

Lecturer, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Mansoura University

Arch_heba84@mans.edu.eg

ملخص البحث:

تعد المسطحات الخضراء الرئة التي يتنفس من خلالها الإنسان هواءا نقيا، ولكن هذه المسطحات تضاءلت داخل معظم المدن نتيجة للتزاحم العمراني لاستيعاب الاحتياجات السكانية وبالتالي أدي إلي تدهور النظام البيئي وظهور متلازمة المباني المريضة نتيجة لزيادة الحمل الحراري وارتفاع معدلات استهلاك الطاقة والتلوث البيئي داخل المدن، وبالتالي وجود بيئات داخلية غير ملائمة للإنسان والتي يتسبب عنها إصابة الإنسان بالعديد من الأمراض.

لذلك يهدف البحث بالتعرف علي الاعتبارات التصميمية لاستخدام الحدائق الرأسية كحل بيئي في التخفيف من متلازمة المباني المريضة والتخفيف من بيئة المدينة شديدة البناء والغابة الخرسانية الصلبة ، و للحدائق الرأسية الكثير من المزايا التي تمكن من تكامل البيئة الطبيعية مع البيئة العمرانية في الأماكن الخالية من البيئة الطبيعية الخضراء ونظام تكسيه حي للمباني، وتعمل علي تعزيز الاستدامة الحضرية فهي توفر مزايا تجاه البيئة والاقتصاد والجوانب النفسية والاجتماعية وتحسين مظهر المدينة، وبالتالي يصبح المبني قادر علي التعامل بصورة إيجابية مع البيئة المحيطة به، ويصبح عنصر مساعد علي ترشيد استهلاك الطاقة ووقف عمليات التدهور البيئي، وتحقيق بيئة داخلية صحية وإضفاء الحيوية علي الأجواء.

وللوصول إلي هدف البحث اعتمد البحث علي المنهج العلمي التحليلي في الدراسة من خلال دراسة الإطار النظري للمشكلة البحثية اعتمادا علي دراسة مفهوم متلازمة المباني المريضة ثم مفهوم الحدائق الرأسية وفوائدها المتعددة وأنواع وأنظمة تلك الحدائق وكيفية اختيار نوع النبات لامتصاص الملوثات والمركبات العضوية المتطايرة، كذلك دراسة تحليلية مكملة للدراسة النظرية لبعض النماذج التي طبقت أنظمة الحدائق الرأسية والفوائد العائدة علي كل نموذج، وأوصت الدراسة بضرورة نشر وتشجيع استخدام الحدائق الرأسية وتوفير الخبرات اللازمة لتنفيذها لجعل مدننا أكثر استدامة.

الكلمات المفتاحية :

متلازمة المباني المريضة،الحدائق الرأسية، فوائد النباتات، الواجهات الخضراء، الجدران الحية.

Abstract:

The concept of green spaces is considered to be the lungs of the cities, purifying the air while enhancing the quality of life, but according to rapid urban growth and high density, the green areas have been limited in urban spaces which led to harm to the ecosystem and the emergence of sick buildings syndrome as a direct result of increased heat load, higher rates of energy consumption, and environmental pollution within the cities, thus creating a harmful environment resulting in negative effects on the human health.

The research aims to clarify the design considerations of vertical gardens as an environmental solution, mitigating the effect of sick buildings syndrome and the infrastructure. In addition, vertical gardens carry advantages that integrate the green spaces with the built areas such as; promoting urban sustainability due to its environmental, economic, psychological and social benefits. The aesthetics of vertical gardens help enhance the quality of life and positively affect the well-being and a higher life standard.

To achieve the research aims, the research was based on the analytical scientific method. The methodology of the study consists of two parts, the first part is a literature review that studies deteriorated buildings and addressing the vertical gardens concept, advantages, types, systems, and how to choose the type of plant to absorb pollutants and volatile organic compounds. The second part, is an analytical part that reviews applied examples of vertical gardens and analysis their design elements, types, systems, and the impact of these gardens in each application. Finally, the study is conclusive and recommended, which helps illustrates the importance of vertical gardens and the necessity of encouraging this concept of gardens, while supporting expertise in the field to implement them and make our cities more sustainable.

Keywords:

Sick building syndrome, Vertical gardens, Benefits of plants, Green Facades, Living walls.

1. المقدمة:

تعاني معظم المدن المصرية من الاجهاد البيئي والاجتماعي والاقتصادي المتمثل في سوء نوعية الهواء والضوضاء والكثافة العالية والاختناقات المرورية وتزايد عدد السكان وتناقص نسبة المسطحات الخضراء، تشهد مصر نمو اقتصادي سريع سبب تغير في المظهر السطحي لمدنها، فتكتمل الآن أفق المدينة بالمباني الشاهقة والوحدات السكنية المتلاحمة، وتغطية السطح بالطرق الطويلة التي تمتص الحرارة وتحويها وتنبعث منها، وبالتالي فيتولد مشاكل بيئية مثل الجفاف والتلوث وظاهرة الجزر الحرارية الحضرية ومتلازمة المباني المريضة، و نجد أن معظم المناطق تفتقر إلي "الأخضر" حيث الشوارع الضيقة والكثافة العالية للمباني وعدم توفر قطع أراضي فارغة، بالإضافة إلي أن جدران المباني تفتقد للعزل الحراري والصوتي، ومع ارتفاع حجم حركة المرور يؤدي إلي زيادة الضوضاء والتلوث البيئي والحراري. إن الحدائق الرأسية لها دور هام في التخفيف من ذلك عن طريق تقليل الحرارة المتنقلة بين المبني والفراغ الخارجي حيث تعمل الحدائق علي توفير الحماية من أشعة الشمس [20]، حيث البخر وترشيح المياه يعمل علي انخفاض درجة الحرارة لذلك فاستخدام الحدائق الرأسية يعد هيكل تبريد للمبني. بالإضافة أنها تعد أحد الوسائل لتعزيز استدامة المدن نظرا لما لها من فوائد بيئية واجتماعية واقتصادية، وتتفق توجهات الحدائق الرأسية مع معايير منظمة الطاقة والتصميم البيئي (LEED) والتي تهدف إلي إنتاج بيئة مشيدة أكثر خضرة، ومباني ذات أداء اقتصادي أفضل، وعمارة أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة، إضافة إلي الفوائد الجمالية والنفسية والصحية التي يتركها هذا النوع من الجدران.[17]

وعند دراسة الباحثة للأبحاث والدراسات السابقة في هذا المجال وجدت أن كل دراسة تناولت أحد أنواع الحدائق الرأسية ودراسات أخري تناولت دراسة متلازمة المباني المريضة وكيف نتغلب عليها بكذا وسيلة ، وعليه فقامت الباحثة بدراسة شاملة تجمع بين مفهوم متلازمة المباني المريضة وكيفية التغلب عليها من خلال الحدائق الرأسية ودراسة أنواع أنظمة الحدائق الرأسية لإتاحة الفرصة لاختيار النظام المناسب عند تصميم وتنفيذ الحدائق الرأسية بالمباني، وأيضا كيفية اختيار نوع النبات المناسب.

إشكالية البحث: تتمثل الإشكالية البحثية في تضاؤل المسطحات الخضراء داخل معظم المدن نتيجة للتزاحم العمراني لاستيعاب الاحتياجات السكانية وبالتالي أدي إلي تدهور النظام البيئي وظهور متلازمة المباني المريضة نتيجة لزيادة الحمل الحراري وارتفاع معدلات استهلاك الطاقة والتلوث البيئي داخل المدن، وبالتالي وجود بيئات داخلية غير ملائمة للإنسان والتي يتسبب عنها إصابة الإنسان بالعديد من الأمراض.

الهدف من البحث: يهدف البحث إلى التعرف علي الاعتبارات التصميمية لاستخدام الحدائق الرأسية كحل بيئي في التخفيف من متلازمة المباني المريضة والتخفيف من بيئة المدينة شديدة البناء والغابة الخرسانية الصلبة، وتحسين مظهر المدينة، وتحقيق بيئة داخلية صحية وإضفاء الحيوية علي الأجواء.

فرضية البحث: ارتكزت الدراسة علي فرضية ستؤثر بصورة واضحة في تشكيل منهجية البحث التي سيعتمد عليها في تحقيق هدفه وذلك باختبارها للوصول إلي نتائج وتوصيات يخرج بها البحث، وهذه الفرضية تتمثل في "أن الحدائق الراسية تساهم في التخفيف من متلازمة المباني المريضة".

المنهجية البحثية: ومن ثم فقد بني البحث منهجيته من خلال الشق النظري الذي ارتكز علي دراسة مفهوم متلازمة المباني المريضة ثم مفهوم الحدائق الرأسية وفوائدها المتعددة وأنواع وأنظمة تلك الحدائق وكيفية اختيار نوع النبات لامتصاص الملوثات والمركبات العضوية المتطايرة، ثم الشق التحليلي لبعض النماذج التي طبقت أنظمة الحدائق الرأسية والفوائد العائدة علي كل نموذج، وصولا غلي النتائج والتوصيات.

2.مفهوم متلازمة المباني المريضة Sick Building Syndrome.

يقضي الإنسان في المتوسط ٨٠ % من وقته داخل المباني، لذلك فالمخاطر الصحية عند حدوث تلوث للهواء الداخلي يكون أكبر من تلوث الهواء الخارجي، وقد أعدت منظمة الصحة العالمية (World Health Organization WHO، وهي وكالة تابعة للأمم المتحدة متخصصة في مجال الصحة ولها دور قيادي في معالجة المسائل الصحية العالمية [44]) تقريرًا عن مخاطر الصحة العالمية "الوفيات وعبء المرض المنسوب إلى مخاطر رئيسية"، جاء في هذا التقرير أن تلوث الهواء الداخلي مسئول عن ٢,٧٪ من العبء العالمي للأمراض. [3] أهم مصادر تلوث الهواء الداخلي هو احتباس الملوثات داخل المباني التي تعاني أنظمة تهويتها من سوء التصميم، وأسبابه الرئيسية، كما هو موضح بشكل ١، وتتسبب الكميات الكبيرة من هذه المواد في مشاكل صحية لمستخدمي المبني مثل التهابات العين والطفح الجلدي وأعراض حساسية الأنف ويؤثر علي الجهاز العصبي ، إلى جانب أعراض أخري مثل الشعور بالتعب والحساسية للروائح وصعوبة التركيز، وبالتالي تؤثر علي العمل والإنتاجية، ويطلق علي هذه المباني "المباني المريضة".[3]

شكل ١: مخطط يوضح ملوثات الهواء داخل المباني ومصادرها. (الباحثة عن **[16])**

وتتلخص الخصائص الرئيسية للمباني المريضة في الاسراف في استخدام الطاقة واستنزاف الموارد الطبيعية، تلوث البيئة، التأثير السلبي علي صحة الإنسان.

وللتغلب علي هذه المشكله (المباني المريضة) اتجه المعماريون لاستخدام الغطاء النباتي (الحدائق) في الاتجاه الرأسي في محاولة لتقليل التأثيرات السلبية الناتجة عن التلوث البيئي، والمساهمة في التخفيف من متلازمة المباني المريضه [2]، بالإضافة أن النباتات تمنح سكان المدينة احساسا بالتقارب مع الطبيعة الأم، وتخفيف من بيئة المدينة شديدة البناء والغابة الخرسانية الصلبة. [23]

3. الحدائق الرأسية Vertical Gardens.

هو المصطلح المستخدم للإشارة إلي جميع أشكال الجدران المغطاة بالنباتات، يتم توظيف العناصر النباتية علي اختلاف تنوعها في المستوي الراسي ونقل الطبيعة إلي المستويات الأعلى نتيجة قلة المسطحات الأفقية [17]. لا تعمل علي تحقيق الأهداف الجمالية فقط، ولكن تشمل تحقيق أهداف سيكولوجية وإضفاء الحيوية علي الأجواء، ووظيفية كحماية المبني من التغيرات المناخية المفاجئة ، وتوفير الطاقة المستهلكة داخل المبني والتخفيض من نسبة تلوث الهواء وامتصاص الغازات الساخنة في الهواء، وتوفير بيئة ملائمة للإنسان والمساهمة في اتزانه النفسي وتوفير جودة هواء داخلية أكثر صحة [19]، تطبق علي الجدران الخارجية والداخلية للمباني، ويعد هذا الغطاء النباتي كنظام حي ومتنفس.[22]

4. فوائد الحدائق الرأسية Benefits of Vertical Gardens.

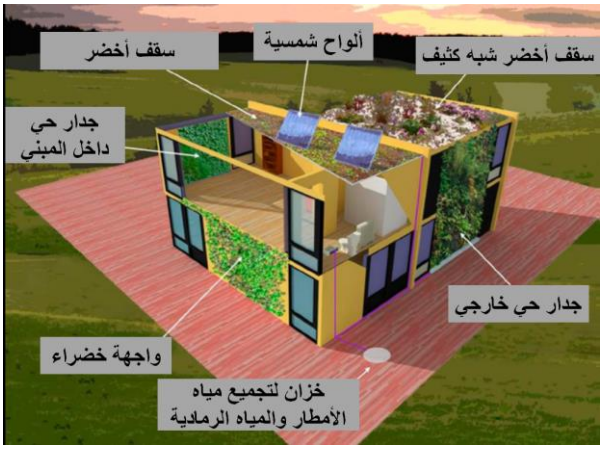
توفر الحدائق الرأسية العديد من الفوائد البيئية وتحسين الأداء البيئي داخل وخارج المبني وتخفيف التدهور البيئي وتحسين الحياة الحضرية وتقليل كمية الملوثات الموجودة بالهواء[27]، وتوفر أيضا الفوائد الاقتصادية بالإضافة إلي القيمة الجمالية، ويحدث تأثير اجتماعي وفسيولوجي إيجابي، وخلق بيئات صحية مستدامة [8]، وفيما يلي جدول ١ يوضح فوائد الحدائق الرأسية.

جدول ١: يوضح فوائد الحدائق الرأسية. (الباحثة)

فوائد الحدائق الرأسية	**الفوائد الجمالية**	تستخدم الجدران الخضراء لتزيد من القيمة الجمالية وتصبح قطعة فنية حية ومتغيرة [7]، ويخفف من بيئة المدينة مزدحمة المباني وإحساس بالتقارب من الطبيعة في الغابة الخرسانية [21]، يعزز المظهر العام للمباني وتحسين الملائمة البصرية والظروف الاجتماعية والاقتصادية للمدينة بشكل كبير، ويزيد من قيمة العقارات عن طريق زيادة ملائمة المباني بشكل كبير.[13] يمكن تغطية الجدران العادية وتغطية أسطح الهياكل المشوهه أو القبيحة بالنباتات وتحسين الصورة الحضرية.[8]
	الفوائد الاقتصادية	ترتبط جميع الفوائد الاقتصادية بالفوائد البيئية للحدائق الرأسية، فيعد توفير الطاقة مساهمة اقتصادية مهمة، تحسين سلامة الهيكل الانشائي عن طريق تقليل تأثير المناخ عليه وتقلل من الضغط المناخي علي واجهات المبني[23]، والحد من تدهور المبني فتحمي غلاف المبني من الأشعة فوق البنفسجية والأمطار الحمضية عن طريق الحد من التشقق والكربنة في غلاف المبني وبالتالي تحسين متانة المباني[19] ، وبالتالي إطالة عمر المبني، كما يمكن أن تزيد الحدائق الرأسية من قيمة العقار.[23]
	مستوي الصوت	تتمتع التربة والنباتات المستخدمة في الحدائق الرأسية بخاصية امتصاص الصوت وبالتالي فهي عازلة للضوضاء بشكل طبيعي [23]، حيث تقلل بشكل كبير من الضوضاء والاهتزازات الخارجية حتي ٤٠ ديسيبل ، وعند استخدام سياج داخل الفراغات يقلل الضوضاء بمقدار ٥ ديسيبل .[19]
	فوائد صحية ونفسية	تعمل الحدائق الرأسية علي خلق أجواء هادئة من خلال جذب الانتباه وتحويل وعي المشاهد عن نفسه وعن الأفكار المقلقة [8]. وبالتالي تساعد علي تخفيف الضغوط الفسيولوجية والنفسية من خلال توفير اتصال روحي وجسدي بالطبيعة، فيمكن أن يجدد أذهاننا ويقلل التعب الجسدي بشكل

		كبير[19] ، تملأ النباتات الفراغ بالأكسجين مما يقلل من أوقات التعافي للمرضى في أماكن الرعاية الصحية [17]، ويساعد أيضا علي التركيز وزيادة إنتاجية العمال بنسبة ١٢% وتقليل الإجهاد، الحد من التوتر والخوف والغضب وضغط الدم وتوتر العضلات،[8] أيضا تعمل علي تعزيز التعلم واتخاذ قرارات أكثر كفاءة بشأن المهام المعقدة ، زيادة استخدام أساليب التفكير المنطقي في حل المشكلات وتقود الأشخاص إلي رؤية الأشياء بشكل مختلف[7]، قد أظهرت النتائج أن هناك تغيرًا إيجابيًا كبيرًا في فسيولوجيا المستخدم في ضغط الدم (تم خفضه بواسطة ٤,٦٢٪ ومعدل ضربات القلب بنسبة ٢,٣٥٪) مما يدل على انخفاض مستويات التوتر، وبالتالي فتأثير الحدائق الرأسية يمكن أن يساهم بشكل إيجابي في الصحة العامة.[30] أيضا الحدائق الرأسية تساعد في امتصاص المركبات العضوية المتطايرة وبالتالي تقليل مخاطر الإصابة بالسرطان والسكتة الدماغية والاكتئاب والقلب وأمراض الجهاز التنفسي. [21] يمنع من الغبار والكائنات الدقيقة الضارة: تسبب النباتات انقراض الكائنات الحية الدقيقة الضارة باستخدام العصارة والعصير في الموقع، وقد ثبت أن تحسين جودة الهواء من النباتات يقلل من السعال بنسبة ٣٠ %، وجفاف الحلق والتهيج بنسبة ٢٤ % أيضا، تحتوي الفراغات التي تحتوي علي نباتات علي نسبة أقل من ٥٠-٦٠ % من البكتريا المحمولة بالهواء مقارنة بالفراغات الخالية من النباتات.[19]
	تحسين الكفاءة الحرارية للمبني	يوفر حماية للمباني عن طريق تقليل تقلبات درجة حرارة غلاف المبني، تقليل التقلبات في درجات الحرارة يعمل علي الحد من التوسع والانكماش في مواد البناء[27]، من الأفضل أن تواجه الجدران الخضراء الواجهة الجنوبية والواجهة الجنوبية الغربية للمبني بسبب تعرضهما لأشعة الشمس علي مدار اليوم[13] ، أيضا تعمل الحدائق الرأسية كحاجز ضد الرياح خلال أشهر الشتاء. [24]
تابع فوائد الحدائق الرأسية	**تحسين جودة الهواء**	تقلل الحدائق الرأسية من مستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو ويزيد من الأكسجين ويحسن جودة الهواء في البيئة الداخلية والخارجية، تشير البيانات (أجري الباحثون في جامعة ولاية ميشيغان دراسة لمدة عامين) أن الجدار الحي يزيل ١١ % في المتوسط من ثاني أكسيد الكربون سنويا بما يعادل ١٨٧,٥ جم/ متر مربع سنويا من الغلاف الجوي [10]، حيث تعمل النباتات كمنقي حيوي (يرشح الغازات والجسيمات الضارة) ويمكن أن تلعب دورا كبيرا في تحسين جودة هواء المدينة من خلال عدد من العمليات الكيميائية الحيوية عن طريق إزالة الملوثات المحمولة جوا من داخل المبني وخارجه وتفكيكها عند دمجها مع عملية التمثيل الضوئي للنبات والتي تنتج هواء نظيف وغني بالأكسجين. [11] ما يقرب من ١ قدم مربع من مساحة الجدار المزروع تعمل علي تصفية الهواء لحوالي ١٠٠ قدم مربع من مساحة الفراغ، بالتالي فإن الهواء الذي نتنفسه أكثر نظافة وصحة.[17] يمكن لحديقة عمودية بمساحة ٦٠ م٢ ترشيح ٤٠ طن من الغازات الضارة و١٥ كجم من المعادة الثقيلة. [8]

تأثير الجزر الحرارية الحضرية	لا يقتصر تأثير الحدائق الرأسية علي المبني فقط بل يعمل علي تخفيض تأثير الجزر الحرارية الحضرية بالبيئة الحضرية، يعزز عمليات التبريد الطبيعي، ويقلل من درجة الحرارة المحيطة في المناطق الحضرية، وتظليل الأسطح. [24] تساهم في خلق تأثير إيجابي علي المناخ الخارجي بشكل عام والحد من التلوث، وتخفيض مستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو وزيادة الأكسجين [14]، أيضا تعمل علي حماية المبني من الأشعة فوق البنفسجية وحموضة المطر ويقلل من كربنة غلاف المبني. [17]
استخدام المبني للطاقة	تقلل الحدائق الرأسية من متطلبات تكييف الهواء واستهلاك الطاقة للمباني فيمكن أن يساعد الغطاء النباتي علي الجدران في تبريد المباني في الصيف وعزلها في الشتاء، تقلل النباتات من فقدان الحرارة بفضل طبقة الهواء الراكد بين طبقة النبات وجدار المبني فتعمل علي تدفئة المبني في الشتاء. [13] اجريت اختبارات بمعهد طوكيو للتكنولوجيا الجدارية وتم اكتشاف أن ألواح الجدار الأخضر تقلل من درجة حرارة الجدار بمقدار ١٠ درجات مئوية، واستنتج أيضا أنها تقلل من الطاقة المستهلكة بحوالي ٢٤ كيلو واط في الساعة /م٢ ، تعتمد حسابات توفير الطاقة بشكل كبير علي الاتجاه الذي يواجه الجدار وزاوية الشمس والعديد من العوامل الأخرى.[19] ، [5] أظهرت الأبحاث أن المناخات الرطبة يمكن أن تحقق فوائد كبيرة لانخفاض درجة الحرارة القصوى بمقدار ٨,٤ درجة مئوية مع أنظمة الخضرة العمودية، ويمكن تقليل الطلب علي التدفئة في الشتاء بنسبة ٢٥ %. كلما كان المناخ حار جاف كلما زاد تأثير الغطاء النباتي علي درجة الحرارة.[24] أظهرت الدراسات أن الجدران الخضراء يمكنها خفض فواتير الكهرباء ٣٠ %. [17] أجريت دراسة أسبانية علي مدي عام علي الواجهات الشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية لمبني في جولميس بأسبانيا والتي كانت مغطاة بالواجهات الخضراء المتسلقة علي نظام دعم شبكي فولاذي وأثبت أن أعلي واجهة تأثرت وعملت علي تبريد المبني بشكل أكبر هي الواجهة الجنوبية الغربية.[27] تم اختبار تأثير التوجيه في تجربة أخري في المناخ القاري المتوسطي الجاف، واختبار قدرة تقليل درجة الحرارة للواجهة الخضراء على اتجاه الشمال الغربي والجنوب الغربي والجنوب الشرقي. أظهرت النتائج أن الواجهة الخضراء قادرة على خفض درجة الحرارة حتى ٥,٥ درجة مئوية أما في الواجهة الجنوبية الغربية تصل إلى ١٥,٢ درجة مئوية. [29] أجريت بحوث أخري في جنوب أستراليا، فكانت درجة الحرارة سطح الجدار الأخضر ٣٧:٣٨ درجة مئوية في حين الجدار المجاور وهو من الطوب فكانت درجة حرارة سطحه ٤٥,٨ درجة مئوية. [10] مبني باديلايد باستراليا كما هو موضح بشكل ٣، واجهته عبارة عن خليط من الواجهة الخضراء والحدائق الحية علي بعد متر من واجهة المبني، قلل من درجة حرارة سطح الواجهة بنحو ٨ درجات مئوية في يوم صيفي شديد الحرارة، وقلل من تدفق الحرارة عبر الواجهة الي المبني

		بحوالي ٢,٤ واط/ م٢، قلل من فقد الحرارة من المبني في فصل الشتاء بحوالي ٣,٦ واط / م٢. [10] متوسط استهلاك الطاقة للمبني من خمسة طوابق بدون الحديقة العمودية بعد قياسه ٣٩٥,٠٠٠ كيلو واط /ساعة، وبعد تركيب الحديقة العمودية لنفس المبني أصبح متوسط استهلاك الطاقة ٣٧٨,٠٠٠ كيلو واط/ساعة [11] **شكل 2: يوضح واجهة مبني باديلايد باستراليا.[10]**
تابع فوائد الحدائق الرأسية	**تعزيز الاستدامة للمبني**	تساهم الجدران الخضراء بشكل مباشر عند استخدامها مع عناصر البناء المستدامة الأخرى في تحقيق اعتمادات LEED. [24]، حيث أن لها دور حاسم في تحقيق الاستدامة البيئية وتقديم حلول للمشاكل البيئية [5] وتعتبر منتجا صديقا للبيئة يوفر بيئة جيدة ودعما مرئيا قويا.[7] وفيما يلي شكل ٢ تصور لمبني أخضر مستدام متكامل، يشمل الأسطح الخضراء والجدران الخضراء الداخلية والخارجية وتجميع مياه الأمطار ومحطات لمعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة تدوير المياه الرمادية وإعادة استخدامها للري. وهنا نضمن جودة الهواء الداخلي من خلال تأثير الترشيح البيولوجي للجدران الخضراء. وبالتالي نجد أن للحدائق الرأسية دور كبير في تعزيز الاستدامة للمبني. [12]  **شكل 3: مثال لمبني أخضر مستدام.** [12]
	إدارة الحدائق الرأسية للمياه	وهي من أكبر فوائد الحدائق العمودية فعملية الري فعالة للغاية لأنه يتم باستخدام نظام الري بالتنقيط أو نظام الزراعة المائية، يتم جمع أي مياه زائدة في قاع الحديقة في إناء خاص حيث يتم تصريفها بعيدا أو يمكن إعادة تدويرها وإعادة وضعها في الحديقة وبالتالي تعمل علي ترشيد

		استهلاك المياه [5]، أيضا يمكن جمع مياه الأمطار واستخدامها في ري النباتات في نظام الزراعة المائية، وبالتالي إدارة مياه الأمطار بكفاءة. [8]
	عرضة الحدائق الرأسية للآفات والأمراض	النباتات بالحدائق الرأسية أقل عرضة للآفات والأمراض، فمع نموها عموديا لا تستطيع العديد من الآفات للوصول إلي النباتات، وبالتالي فلدينا مشاكل قليلة جدا مع الآفات التي يمكن أن تهاجم النبات، لذلك لا نحتاج إلي استخدام المبيدات الحشرية مما يوفر استخدام الموارد الكيميائية.[17] خطر العفن أو الفطريات أو المرض في النباتات في الحدائق الرأسية أقل بكثير، بسبب دوران الهواء جيدا علي الحدائق الرأسية وعدم حصولها علي الكثير من أشعة الشمس.[19]

5. أنظمة الحدائق الرأسية Vertical Garden Systems.

تنقسم أنظمة الحدائق الرأسية إلي نوعين أساسيين وهما:

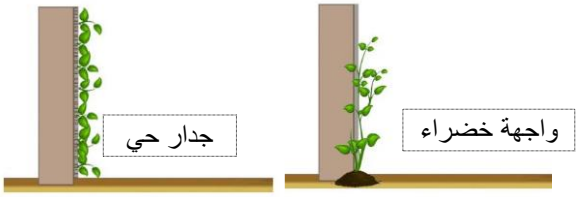
1- الواجهات الخضراء Green Facades

2- أنظمة الجدران الحية Living Wall Systems [22]

وفيما يلي جدول ٢، وشكل ٤ يوضحان الفرق بين الواجهات الخضراء والجدار الحي:

جدول 2: يوضح الفرق بين الواجهات الخضراء والجدران الحية. (الباحثة)

	الواجهات الخضراء	الجدران الحية
وسط النمو (التربة)	الواجهات الخضراء تكون تربتها في المنطقة السفلية فقط من الحائط الرأسي (إما في الأرض مباشرة أو في حاوية للتربة) وتكون النباتات الخضراء من النوع المتسلق لخلق الحائط الأخضر وتكون مدعمة عن طريق الكابلات أو التعريشة، وتتنوع خامة الكابلات من الصلب والحديد المجلفن والصلب الغير قابل للصدأ والبلاستيك (البولي بروبيلين) والألمونيوم.	الجدران الحية لها وسيط للنمو (تربة) مثبت بشكل رأسي علي حائط المبني أو قائم بذاته وقد يكون الجدار الحي خارجي علي واجهة المبني أو داخلي بالحيزات الداخلية. وتنمو الحوائط بنظام الألواح النموذجية التي تمتلئ كل منها بالتربة الطبيعية أو أحد وسائط النمو الأخرى مثل الفوم أو اللباد أو الصخور الزجاجية أو الصوف المعدني، علي حسب أسلوب نمو النبات.[29]
التطبيقات التصميمية	التطبيقات التصميمية محدودة في الواجهات الخضراء.	توفر الجدران الحية تطبيقات تصميمية لا حصر لها وتتباين ما بين التصاميم الداخلية والخارجية.
الارتفاع	تستخدم علي واجهات المباني منخفضة الارتفاع.	النظام الوحيد المصمم للمباني متعددة الطوابق التي يزيد ارتفاعها عن ٦ طوابق. [10]

التكلفة	تكلفة اقتصادية أقل.	تكلفة أعلي من الواجهات الخضراء ولكن كفاءتها أعلي.
الحماية	تحتاج لحماية أقل.[29]	تحتاج إلي حماية أكثر من الواجهات الخضراء بسبب تنوعها وكثافة الغطاء النباتي. [19]
الشكل		

شكل 4: شكل توضيحي يوضح الفرق بين الواجهات الخضراء والجدار الحي. [29]

5, 1. الواجهات الخضراء Green Facades.

هي نوع من أنظمة الجدران الرأسية، فيها تنمو نباتات التسلق علي المباني كوسيلة لنمو النباتات، توضع التربة في قاع الجدار في الأرض، أو في بعض الأحيان في الأعلى [14]. قد تستغرق هذه الطريقة من ٣-٥ سنوات حتى تنمو النباتات بالكامل وتغطي الواجهة بالكامل. يمكن تثبيتها علي الجدران القائمة، أو إقامتها في صورة هياكل قائمة مصممة خصيصا ما يسمح بتركيب مساحات خضراء، غير مكلفة ولكن تستخدم علي واجهات المباني منخفضة الارتفاع.[1]

5, 1, 1. اعتبارات تركيب الواجهات الخضراء.

- لا تحتاج الواجهات الخضراء لمعالجة العزل المائي، ولكن مهم جدا اختيار أنواع النباتات ذو نمو لا يضر نسيج حائط المبني (مثل اللبلاب The English Lvy ، وهو من نباتات التسلق الشائع استخدامها في هذا النظام [1]، تمتاز جذوره بخاصية الامتصاص التي تمكنهم من التعلق مباشرة علي الحائط ، ولكن من عيوبه أن جذره يمكن أن يعمل علي إتلاف الهيكل ويصبح من الصعب إزالته من الواجهة بعد ذلك لذا فهو يتصف بالعدوانية) [25]، أيضا يجب حسن اختيار النباتات بما يتناسب مع الظروف البيئية، يجب دراسة دورة حياة النباتات المستخدمة إلي أن يكتمل نموه، ويجب تخطيط خطة لصيانة النباتات علي المدى الطويل. [21]

- يجب تأمين هيكل المبني من النظام الأخضر الرأسي المستخدم، أو أن يكون النظام الأخضر قائما بذاته (نظام دعم مثبت بشكل منفصل عن المبني)، في حالة أنه من الممكن أن تعمل علي تلف هيكل المبني أو ضرر سطحي يتسبب فقط في تغييرات جمالية للواجهة، عادة علي فترات زمنية طويلة، فيستخدم النظام القائم بذلك لتفادي ذلك الضرر.

- قد تكون أنظمة الدعم للواجهات الخضراء مصنوعة من البلاستيك أو الخشب أو المعدن أو الكابلات المصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ، كما هو موضح بشكل ٥، ويتم تصميم نظام الدعم مع الأخذ في الاعتبار العمر الافتراضي للواجهة وعادات النمو لأنواع النباتات، ولكن التعريشات الخشبية تكون عرضة للتلف بسبب عوامل الجو ونمو النباتات، كما أن العديد من المواد البلاستيكية تصبح هشة بمرور الوقت مع التعرض المستمر للأشعة فوق البنفسجية والحرارة والبرودة، أما الأنظمة المعدنية والكابلات والتعريشات المصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ تتمتع بعمر أطول وتتطلب صيانة أقل، وتوفر أكبر قدر من المرونة لتناسب مجموعة متنوعة من أنواع النباتات وأحمال الرياح.

- بالنسبة للأنظمة المعبأة في حاويات، يعد اختيار أنواع النباتات والتباعد بين الحاويات وحجمها أمر بالغ الأهمية لإنشاء تغطية فعالة للواجهة. [27]

يمكن استخدام شبكة الكابلات وتثبيتها علي حائط المبني.

نظام شبكي في حاويات يمكن استخدامه في الادوار المختلفة للمبني.

نظام شبكي مستقل عن المبني يوفر مظهر جمالي.

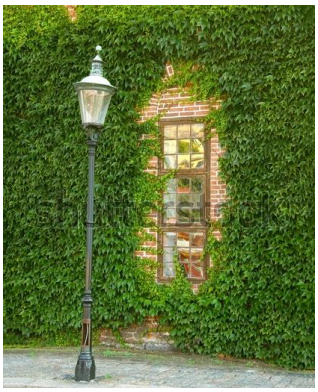
كابلات فردية توفر الفحص الدقيق للنباتات.

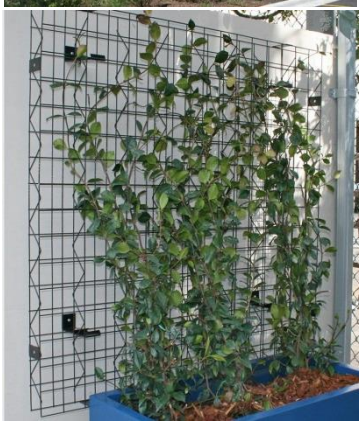
شكل 5: يوضح أشكال هياكل الدعم للواجهات الخضراء. [27]

5, 1, 2. وسائط نمو الحدائق بأنظمة الواجهات الخضراء.

فيما يلي جدول ٣ يوضح وسائط نمو الحدائق بأنظمة الواجهات الخضراء وتقنيات تثبيت النباتات.

جدول ٣: يوضح وسائط نمو الحدائق بأنظمة الواجهات الخضراء وتقنيات تثبيت النباتات. (الباحثة)

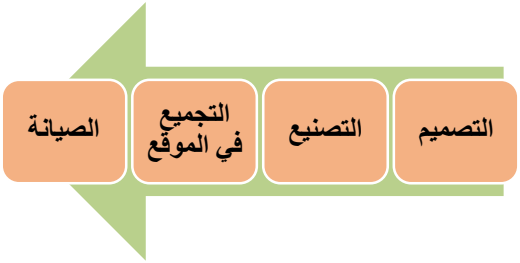
وسائط نمو الحدائق بأنظمة الواجهات الخضراء	نظم التعريشة (نباتات التسلق Climbing plants)	هو نظام عبارة عن سلسلة من الكابلات والأسلاك يتم تثبيتها علي هيكل مخصص له، فيسمح للنباتات بالتسلق ليكون جدارا من النباتات، هذه الهياكل يمكن تثبيتها بجدران المبني ويمكن أن تكون قائمة بذاتها. تتميز نباتات التسلق بالسيقان الرفيعة وسرعة النمو، وتتسلق النباتات بطرق معينة كالتالي: - النباتات المتشابكة، بلف نفسها حول دعامة. - نباتات التسلق، عن طريق ربط نفسها بالأرض بمساعدة جزء لولبي من النبات مثل شجرة العنب، كما هو موضح بشكل ٦. - يدعم النبات المتسلق نفسه بمساعدة الجذور أو سطح مجاور للأرض مثل اللبلاب. - مد النباتات عن طريق إمالة سيقانها علي الاشياء الموضوعة تحتها أو علي دعامات بمساعدة الجزء اللولبي من النبات مثل تسلق الزهور، كما هو موضح بشكل ٧. - يجب تثبيت العناصر الداعمة علي مسافة من جدران المبني حتى يسمح للنباتات المتسلقة التجول بحرية، يمكن زراعة نباتات التسلق في أواني الزهور أو غيرها من الحاويات أو في تربة الأرض، والنباتات المزروعة في الأرض تكون أكثر سمكا وجذورها أقل تعرض للبرودة والتلف. [13]	 **شكل 6: نباتات التسلق (عنب بري) علي حائط من الطوب، تعطي منظر جذاب.[41]** **شكل 7: يوضح تسلق الزهور. [33]**

	نظم لوحات التعريشة القياسية	هو نظام ينتج من تركيب التعريشات المعيارية علي طول السطح، تحتوي تلك التعريشات علي أوعية لتجذير النباتات وهيكل الدعم لتوجيه تطوير النباتات [14]، كما هو موضح بشكل ٨. التعريشات المعيارية عبارة عن لوحات قياسية صلبة، خفيفة الوزن، ثلاثية الأبعاد، مصنوعة من أسلاك الفولاذ المجلفن الملحوم والمقاوم للصدأ [19]، يمكن ربطها لتغطية مساحات كبيرة أو تشكيلها لإنشاء وأشكال ومنحنيات. [19] هذا النظام مصمم لنمو الواجهة الخضراء مواجهة لسطح المبني، بعيدا عن سطح جدار المبني بحيث لا يلتصق النبات بالمبني، وبالتالي يتم المحافظة علي سلامة جدران وهيكل المبني [25]، يمكن تطبيق هذا النظام علي أي سطح وفي أي مناخ، فهي مقاومة للرياح والأمطار الشديدة.[13] نظام الري محوسب ومزود بأجهزة استشعار لدرجة الحرارة والرطوبة. [13]	  **شكل 8: يوضح نظام لوحات التعريشة القياسية. [43]**
تابع وسائط نمو الحدائق بأنظمة الواجهات الخضراء	نظم شبكات الكابلات والأسلاك	في هذا النظام تستخدم الكابلات أو الأسلاك أو الاثنين معا. نظام شبكات الكابلات: يدعم نباتات التسلق السريعة النمو ذات الأوراق الأكثر كثافة. في نظام شبكات الأسلاك: تستخدم لدعم نمو النباتات البطيئة النمو التي تحتاج إلي دعم إضافي خلال فترات زمنية متقاربة نظرا لنموها البطئ.[19] في كلا النظامين يستخدم كابلات صلب عالية الشدة (فولاذية) ومثبتات ومعدات تكميلية، كما هو موضح بشكل ٩،١٠.[5] شبكات الأسلاك تمتاز بالمرونة وتوفير أفق أوسع للتطبيقات التصميمية عن نظام الكابلات. [19]	 **شكل9 : يوضح نظام شبكات الكابلات.[34]** **شكل 10: يوضح طريقة تثبيت شبكة الكابلات بحائط المبني.[42]**
	أنظمة الواجهات الخضراء بأواني الزهور	هو نظام مثبت في جدار المبني، يتم تثبيت أواني الزهور بواسطة قضبان، كما هو موضح بشكل ١١، يصنع هذا النظام من الفولاذ المقاوم للصدأ، ويمكن أن يكون علي مسافة صغيرة أو كبيرة من المبني باستخدام برنامج تقني لغرض التحكم في نمو النبات والحفاظ عليه. يستخدم نظام الري التلقائي وينقل الماء إلي أواني الزهور عبر أنابيب صغيرة مصنوعة من البلاستيك. يتم تجهيز كابلات تدفئة إضافية بأجهزة استشعار تحافظ علي درجة الحرارة التي يحتاجها النبات.[13]	 **شكل ١١: واجهة خضراء بنظام أواني الزهور.[40]**

2 ,5. أنظمة الجدران الحية Living Wall Systems .

هي "تقنية أكثر تقدما يمكن أن تنمو فيها جذور النباتات" [13]، فيمكن زرع النباتات الأرضية بشكل عمودي علي جدران المبني، تتكون من هياكل وحدات زرع أو مزروع، يمكن أن تكون تلك الوحدات من البلاستيك من مادة البولي بروبيلين أو المعدن أو مواد أخري متصلة رأسيا بإطار هيكلي. [19]

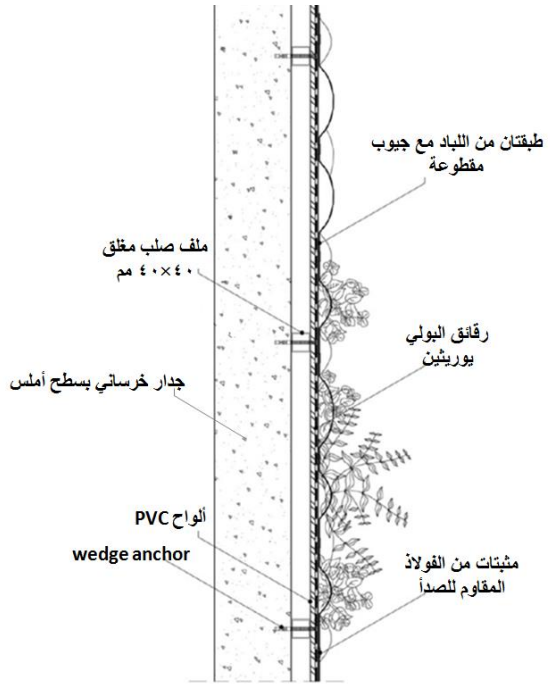
يختلف نظام الجدران الحية حسب التصميم والوظائف، وتعمل بشكل جيد في مختلف البيئات المناخية، لكنه يحتاج إلي صيانة أكثر من أي نظام آخر فهو يدعم مجموعة كبيرة من النباتات.[1] يجب عند تصميم الجدار الحي معرفة الهدف منه (الناحية الجمالية أو البيئية أو ....) حتى يتثنى معرفة نوع النظام المستخدم ونوع النبات.



شكل 12: يوضح دورة حياة أنظمة الجدران الحية. (الباحثة عن**[22])**

يجب أن تدعم الجدران الحية أنواع كثيرة من النباتات المتباينة الكثافة مثل: خليط من الحشائش والسراخس والشجيرات المنخفضة والزهور المعمرة والنباتات الأخرى، يجب عند اختيار نوع النبات يجب معرفة مدي تحمل الجفاف، الهواء الرياح، شكل النمو، التعرض للشمس والظل، والظروف المناخية المختلفة [27] ، تعد دورة حياة أنظمة الجدران الحية كما هو موضح بشكل ١٢.

ترجع الجدران الحية للعالم Patrick Blanc "عالم نبات فرنسي" حيث قدم أول تقرير له عام ١٩٩٤ [14]، وهو حل تكنولوجي لـ Patrick Blanc،كما هو موضح بشكل ١٣، وهو حل بسيط حصل علي براءة اختراع بعنوان " Design for growing plants without soil on a vertical surface"، قدم فيه هيكل يتكون من سطح عمودي مغطي باللباد وهو بديل للتربة (بدون تربة أقل عرضة لآفات) ويحتفظ بالماء (القماش قادر علي توزيع المياه بالتساوي والمغذيات في كامل سطحه)[13] ، يتكون الهيكل بأكمله من إطار من لوح PVC عمودي مغطي برقائق البولي بروبيلين لتعزيز المتانة، وطبقتين من اللباد تعلق بمساعدة مشابك أو أي مثبت من الفولاذ المقاوم للصدأ.[17]



شكل ١٣: يوضح الحل تكنولوجي لـ Patrick Blanc.[13]

تتطلب النباتات الوصول إلي الضوء وثاني أكسيد الكربون والمياه الغنية بالمعادن، يمتلك النظام آليا لترطيب المياه للنبات ينظمه مقياس الرطوبة.

تتفاعل الكائنات الحية الدقيقة مع جذور النبات فيمكن أن تحول المركبات العضوية المتطايرة وغيرها أقل ضررا، كما أن هذا الجدار الحي يستخدم كعازل من البرد في الشتاء ومن الحرارة في الصيف، كما يمكن استخدامه في المباني القديمة وتجديدها مما يحسن من الصورة الجمالية للمبني بالإضافة لجودة الهواء الداخلي. [13]

5, 2, 1. أنواع أنظمة الجدران الحية من حيث الوزن.

أنظمة مستمرة تعتمد علي استخدام أقمشة خفيفة الوزن وقابلة للاختراق يتم فيها إدخال البيانات بشكل فردي، مبني من ألواح معيارية وتستند إلي عناصر ذات أبعاد محددة وتشمل الوسائط المتنامية حيث يمكن أن تنمو النباتات، ومنها:

- أنظمة خفيفة الوزن: نظام الجدار الحي مشبع بالماء بوزن أقل من ٨٠ كجم/ م٢ ، سمك الركيزة أقل من ١٥ سم.
- أنظمة ثقيلة: نظام الجدار الحي مشبع بالماء بوزن أكبر من ٨٠ كجم/ م٢ ، سمك الركيزة أكبر من ١٥ سم.[22]

5, 2, 2. أنواع أنظمة الجدران الحية من حيث الهيكل والتكوينات.

أ- الأنظمة المائية Hydroponics Green wall Systems

في هذا النظام يستخدم حاويات معيارية أو ألواح كبيرة، يتم تثبيتها علي هيكل قائم بذاته خارج جدار المبني لإنشاء فجوة هوائية بين الجدار واللوح الداعم لنظام الجدار الحي، كما هو موضح بشكل ١٤،١٥.

يتم توفير وسط نمو خامل ترتكز عليه النباتات جسديا مثل الفوم الزراعي أو الألياف المعدنية أو حصيرة اللباد، يمكن أن تعمل هذه المواد كإسفنجه لاحتباس الماء والاحتفاظ بالماء، تنمو جذور النبات مع الوقت وتتشعب عبر النظام بأكمله لإنشاء شبكة قوية جدا.

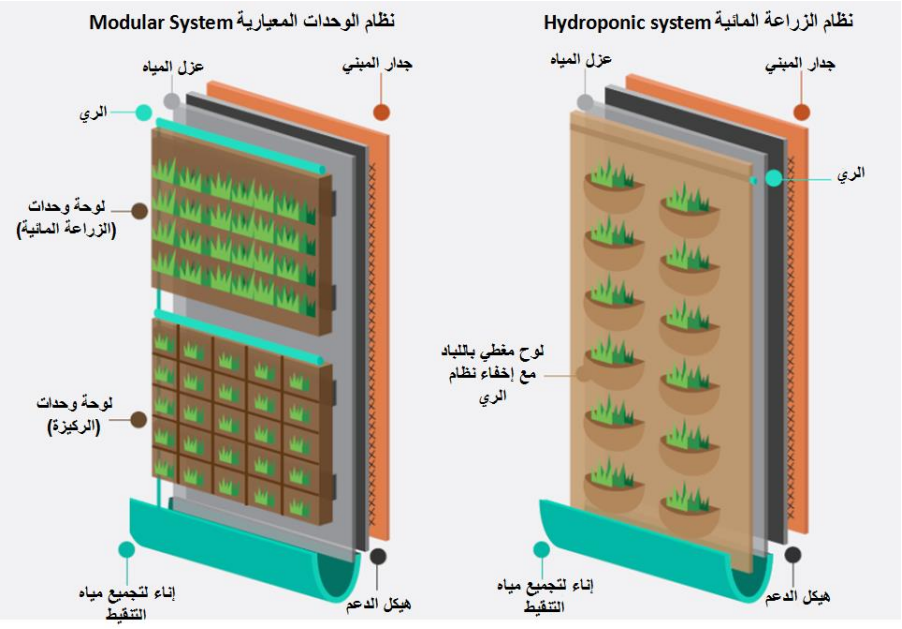
علي الرغم من أن النظام المائي ثقيل نسبيا إلا أنه يتميز بصلاحيته لمدة طويلة بدون التعرض للتلف، ولا يتراكم به أملاح الأسمدة.

ب-نظام التربة Substrate- based Systems (نظام الوحدات المعيارية Modular System)

في نظام التربة يستخدم حاويات مصنوعة من المعدن أو البلاستيك أو أكياس من الألياف الصناعية وتكون تلك الحاويات منفذة للماء، يتم تعبئتها بالتربة مباشرة، ترتبط الحاويات ببعضها البعض وترتكز علي حائط المبني مباشرة أو علي حامل أو إطار معدني مستقل آمن من الناحية الهيكلية، كما هو موضح بشكل ١٤.

يمكن إزالة حاويات النمو الفردية للصيانة أو إعادة الزراعة، يتم تصميم معظم الأنظمة القائمة علي الركيزة للري التلقائي الآلي تماما مثل الأنظمة المائية، الوسيط المتنامي هنا يوفر هيكلا لدعم النبات وتسهيل الوصول للماء والهواء والمغذيات.

عيوب هذا النظام أنه مع الوقت يتم استنفاد احتياطي العناصر الغذائية، ويمكن تراكم الأملاح في وسط النمو.[27]



شكل ١٤: أنواع تكوينات الجدران الحية. [27]

إناء تجميع مياه التنقيط المستخدمة في النظامين Drip tray :

يستخدم إناء لالتقاط مياه الري الزائدة من وسط النمو و قطرات المياه التي تقطر من أوراق النبات لتجنب العفن [2]، ويجب أن يكون حجم الإناء كافي لاستيعاب الري بالكامل، كما هو موضح بشكل ١٤، يمكن ضخ المياه التي يتم التقاطها في إناء التنقيط أو الخزان عند قاعدة نظام الزراعة إلي أعلي الجدار لإعادة استخدامها مرة أخري بشرط معالجتها لمنع تراكم العناصر الغذائية. يمكن الاستغناء عن ذلك الإناء إذا كان الجريان السطحي يهدف إلي ري الغطاء النباتي أسفل الجدار الأخضر، مع التأكد من أن الجريان السطحي لا يتسبب في مخاطر الانزلاق أو يتلف هيكل المبني أو يسبب رطوبة زائدة.

العزل المائي Water proofing:

يتحقق العزل المائي عند إنشاء فجوة هوائية بين الجزء الخلفي من نظام الزراعة وحائط المبني، فالفجوة الهوائية تحمي حائط المبني من الرطوبة ونمو العفن والتأثر بالأملاح الذائبة في الأسمدة.

في حالة إنشاء الجدار الحي بدون فجوة هوائية يمكن استخدام أغشية العزل المائي لحماية حائط المبني من الرطوبة والعفن.[27]

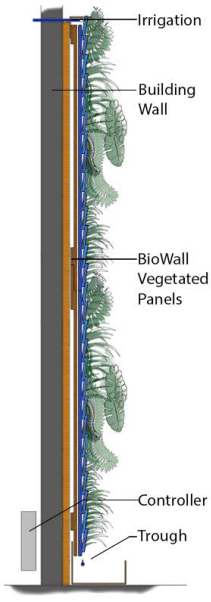
شكل 15: يوضح حائط تم تنفيذه قبل وبعد تركيب الجدار الحي بالنظام المائي. [28]

5, 2, 3. وسائط نمو الحدائق بأنظمة الجدران الحية.

فيما يلي جدول ٤ يوضح وسائط نمو الحدائق بأنظمة الجدران الحية وتقنيات تثبيت النباتات.

جدول 4: يوضح وسائط نمو الحدائق بأنظمة الجدران الحية وتقنيات تثبيت النباتات. (الباحثة**)**

الأنظمة المعيارية	يتم دعم النباتات في هذا النظام بوحدات معيارية متعددة الأشكال مربعة ومستطيلة الشكل، كل وحدة تتكون من وسط نمو يحتوي علي تركيبة مختلفة من التربة والمغذيات، تصنع تلك الوحدات من مواد خفيفة الوزن مثل البلاستيك (مثل البولي بروبلين أو البولي إيثيلين) أو الصفائح المعدنية (مثل الألمونيوم والصلب المجلفن أو الفولاذ المقاوم للصدأ). [14] الوحدات المعيارية عادة ما تكون مسبقة النمو، فمن الممكن توفير تأثير أخضر فوري عند الانتهاء من التثبيت، مع استخدام مادة عازلة للماء تعزل النظام عن جدار المبني من أجل منع مشاكل الترطيب.[15]	 **شكل 16: يوضح شكل الجدار الحي بنظام الوحدات المعيارية. [38]**

		عادة ما يتم وضع الري لهذا النظام أعلي الوحدات لتوزيع المياه من خلال الوسائط المتنامية باستخدام شد الجاذبية.[1] يتميز هذا النظام بسهولة الصيانة والاستبدال، فيمكن تفكيك أي وحدة بشكل فردي أو تتضمن غطاء أمامي قابل للإزالة لصيانة الجدار الحي أو استبدال الغطاء النباتي [14]، كما هو موضح بشكل ١٦.	
	نظام الحصيرة النباتية	يتم دعم النباتات في هذا النظام بطبقتين من القماش (النسيج) الصناعي مع جيوب تدعم النباتات والوسائط المتنامية وهو نفس نظام Patrick Blanc. يتم توصيل هذه الطبقات القماشية لاحقا بإطار أكبر موجود أعلي سطح الجدار بطبقة من غشاء مقاوم للماء لمنع أي ضرر للجدار الحالي بسبب محتواه العالي من الرطوبة. يتم نظام الري مثل الأنظمة المعيارية. [19] وشكل ١٧ يوضح شكل الجدار الحي بنظام الحصيرة النباتية، ويتميز هذا النظام أيضا بسهولة الصيانة والاستبدال، فيمكن تفكيك أي وحدة بشكل فردي أو تتضمن غطاء أمامي قابل للإزالة لصيانة الجدار الحي أو استبدال الغطاء النباتي [14]، كما هو موضح بشكل ١٨.	 **شكل ١٧: يوضح شكل الجدار الحي بنظام الحصيرة النباتية.** [5] **شكل ١٨: يوضح شكل طبقات نظام الحصيرة النباتية. [32]**
	نظام الترشيح الحيوي(البيولوجي)	في هذا النظام يصمم الجدار الحي ليتكامل مع بنية المبني، كما هو موضح بشكل ١٩، فهو مصمم بغرض تنقية الهواء في الأماكن المغلقة، التنظيم الحراري للفراغ الداخلي، تصفية الهواء الملوث خارج المبني باستخدام المروحة كآلية للمولد، ويمكن الحصول علي تخفيضات في استهلاك الطاقة تصل إلي ٣٠%. [15] نظام الري بتقنية الزراعة المائية حيث يتم إعادة تدوير المياه من خزان محلول المغذيات الموجود أعلي نظام الجدار لدعم جذور النبات والميكروبات حيث يتم وضعهم بين طبقتين من الأقمشة الصناعية فوق المزراب الذي يروي محلول المغذيات، كما هو موضح بشكل ٢٠، وظيفة الميكروبات في النسيج الصناعي هي طرد المركبات العضوية المتطايرة المحمولة جوا VOC والتي تؤثر علي صحة الإنسان داخل المبني. [1] **شكل ١٩: يوضح شكل الجدار الحي بنظام الترشيح الحيوي.** [35]	 **شكل 20: يوضح طبقات نظام الترشيح الحيوي. [35]**

6. النباتات المستخدمة بالحدائق الرأسية Plants used in Vertical Gardens.

يجب اختيار النباتات بالحدائق الرأسية طبقا للموارد المتاحة والعوامل المناخية [15]، وطبقا للمنطقة الجغرافية والتعرض للرياح والضوء وصلابة المبني. [23] يجب اختيار البيئة المناسبة لنمو النبات وضمان استدامته وتوفير احتياجاته.[15]

يتم تقسيم قاعدة البيانات الزراعية إلي:

1- البيانات النباتية (اسم نوع النبات – مجموعة وعائلة النبات – الطول – النوع – العادة – الأوراق – نظام الجذر).

2- البيانات البيئية (ظروف النمو – الري - الإضاءة – الصيانة).

3- البيانات الصحية الحرارية وبيانات الراحة (متطلبات الراحة من خلال التراكب علي مخطط بيولوجي مناخي لاحتياجات النبات علي مخطط بيولوجي مناخي لاحتياجات الإنسان).

من خلال ذلك يمكن تقييم فعالية استخدام النباتات مع الظروف الداخلية وعلاقتها بمنطقة الراحة البشرية، يتم تنفيذه من خلال اعتماد مخطط Olgay فيما يتعلق بمجموعة من المتغيرات المناخية حيث يحدد هذا المخطط للمناخ الحيوي مناطق مختلفة في مجموعات مختلفة من الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة الجافة.[22]

أنواع النباتات المستخدمة بالحدائق الرأسية:

عند اختيار نوع النبات فيجب دراسة حياة هذا النبات ونموه وطريقة تكيفه مع البيئة والمناخ، فاختيار النبات المناسب يؤثر علي أداء أنظمة الحدائق الرأسية وتحسين كفاءة الأنظمة. [29]

يوجد العديد من النباتات التي تستخدم بالواجهات الخضراء فيوجد حوالي ١٥٠٠٠ نبات يتم تصنيفهم كالتالي:

1- نباتات متسلقة ذاتية التشبث (Self- Clinging Climbers): لا تحتاج إلي دعم .

2- نباتات متسلقة (Twining Climbers): الدعم مطلوب بأسلاك فولاذية رفيعة أو خطوط بلاستيك خشنة أو عوارض خشبية تعمل عموديا، ويحتاج البعض إلي أسلاك أو تعريشات.

3- شجيرات متسلقة (Rambling Shrubs): علي هياكل شبكية عريضة أو عن طريق ربطها بالجدار. [19]

ويمكن تصنيف النباتات أيضا طبقا لنوع النظام إما واجهات خضراء أو جدران حية، وأيضا إما حائط داخل الفراغ أم حائط خارجي معرض للشمس أم غير معرض للشمس، فيجب دراسة نوع الحائط المراد عمل الحديقة الرأسية عليه جيدا واختيار النبات المناسب له .[21]

بعض أنواع النباتات الصحية والتي تعمل علي تحسين جودة الهواء وتنقيته:

يعد تلوث الهواء تهديد بيئي مهم لصحة الانسان مما يؤدي الي "متلازمة المباني المريضة" ولكن وجد ان بعض النباتات تعمل علي ازالة المركبات العضوية المتطايرة الضارة المتواجدة في الهواء مما يشير انه مع استخدام النبات المناسب يمكن ان يصبح الهواء الداخلي أنظف وأكثر امانا، من هذه النباتات:

- دراسينا Dracaena مناسب زراعته داخل وخارج المبني ويعمل علي إزالة المركبات العضوية المتطايرة بنسبة ٩٤%.
- بروميلياد Bromeliad ويعمل علي إزالة المركبات العضوية المتطايرة بنسبة ٨٠ % [4]
- ثبت أن كل من الكلوروفايتم القزمي Chlorophytum و بوتس Epipremnum ، لديهما القدرة على إزالة ملوثات الهواء بخلاف ثاني أكسيد الكربون. ثبت أن الكلوروفيتوم قادر على إزالة المركبات العضوية المتطايرة بما في ذلك البنزين والبنتان والتولوين والفورمالديهايد والزيلين.

- وقد ثبت أيضًا أن Epipremnum قادر على إزالة مجموعة من المركبات العضوية المتطايرة. يبدو أن معظم عمليات إزالة المركبات العضوية المتطايرة تحدث من خلال عملية التمثيل الغذائي لبكتيريا الركيزة ، والتي تستخدم المركبات العضوية المتطايرة كمصادر للكربون ، مما يؤدي إلى إطلاق ثاني أكسيد الكربون. يعرض هذا إمكانية إطلاق ثاني أكسيد الكربون أثناء عملية إزالة المركبات العضوية المتطايرة. [6]

- نباتات العنكبوت Chlorophytum ، قادرة على امتصاص وتحلل و إزالة السموم من الملوثات المختلفة في الهواء وتناول الجسيمات الدقيقة ، وهي واحدة من أكثر الملوثات ضررًا للإنسان.[9]

أفضل عشر نباتات معتمدة من وكالة ناسا لتحسين جودة الهواء وتنقيته :

تقوم النباتات بترشيح بعض المركبات الضارة في الهواء مثل الفورمالدهيد والبنزين وتجعل التنفس أكثر صحة من خلال توفير الأكسجين ويوضح جدول ٦ أفضل عشر نباتات معتمدة من وكالة ناسا لتحسين جودة الهواء وتنقيته، مع توضيح نوع المركبات الضارة التي يمتصها كل نبات.[31]

جدول ٥ : يوضح أفضل النباتات التي حددتها وكالة ناسا مع توضيح نوع المركبات الضارة التي يمتصها كل نبات. (الباحثة عن [26] ,[31] **)**

<table>
<tr><td colspan="2">نبات الصبار"ألوفيرا" Aloe Vera</td><td colspan="2">اللبلاب English Ivy</td></tr>
<tr><td>يعد نبات رائع لتحسين جودة الهواء، يساعد في الحفاظ علي الفراغ خالي من البنزين الذي يوجد عادة في الدهانات وبعض المنظفات الكيميائية.</td><td>
شكل ٢١ : نبات الصبار</td><td>يمتص هذا النبات الفورمالدهيد ويمتص كميات ضئيلة من البنزين ، كما أنه يمنح تركيز أفضل عند استخدامه داخل فراغ تعليمي .</td><td>
شكل ٢٢ : نبات اللبلاب</td></tr>
<tr><td colspan="2">زنبق السلام Peace Lily</td><td colspan="2">بوسطن أو نبات سراخسBoston Fern</td></tr>
<tr><td>هو نبات جميل يمكنه تحسين جودة الهواء الداخلي بنسبة تصل إلي ٦٠ %، يساعد علي تقليل مستويات جراثيم العفن التي تنمو في الفراغ عن طريق امتصاص تلك الجراثيم من خلال الأوراق وتعميمها علي جذور النبات حيث يستخدم كغذاء، يمكن للنبات أيضا أن يمتص الأبخرة الضارة من الكحول والأسيتون. يستخدم خارج المبني.</td><td>
شكل ٢٣ : نبات زنبق السلام</td><td>يعمل هذا النبات كمرطب فيمكن استعادة الرطوبة في الهواء، يساعد في التخلص من آثار الفورمالدهيد، يجب إبقاؤه في ضوء الشمس المباشر ورش الأوراق بالماء بانتظام.</td><td>
شكل ٢٤ : نبات سراخس</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">نبات العنكبوت "Spider Plant "Chlorophytum</td><td colspan="2">البوتس أو السكانديس Heart Leaf Philodendron</td></tr>
<tr><td>هو نبات سهل النمو في غضون يومين، يمكن لهذا النبات إزالة ما يصل إلي ٩٠ % من الغازات والمواد الضارة بالهواء مثل العفن والمواد المسببة للحساسية، كما أنه يساعد علي امتصاص آثار صغيرة من الفورمالدهيد واول أكسيد الكربون.
يمكن استخدامه داخل وخارج المبني.</td><td>
شكل ٢٥: نبات العنكبوت</td><td>يجب استخدامه بعيد عن الحيوانات والأطفال لانه نبات سام، وهو نبات ممتاز في إزالة الفورمالدهيد.
يمكن استخدامه داخل وخارج المبني.</td><td>
شكل ٢٦: نبات بوتس</td></tr>
<tr><td colspan="2">البنفسج الأفريقي African Violets</td><td colspan="2">الكافور Eucalyptus</td></tr>
<tr><td>يمكن أن يساعد التحديق في النبات علي تحفيز إفراز الأدرينالين ويمكن أن يزيد من تدفق الاكسجين إلي الدماغ مما يساعد علي الاسترخاء، تفضل أشعة الشمس الغير مباشرة وتنمو جيدا أيضا في الضوء الصناعي.</td><td>
شكل ٢٧: البنفسج الأفريقي</td><td>هو نبات صحي يستخدم لعلاج الأمراض فمجرد استنشاق رائحته يمكن أن يساعد في تخفيف نزلات البرد.</td><td>
شكل ٢٨: نبات الكافور</td></tr>
<tr><td colspan="2">اقحوانChrysanthemum</td><td colspan="2">الاجلونيما Chinese Evergreen</td></tr>
<tr><td>تساعد علي تصفية البنزين والتي توجد في العديد من المنظفات والدهانات والبلاستيك وبعض منتجات الصمغ.
يفضل أشعة الشمس المباشرة.</td><td>
شكل ٢٩: نبات اقحوان</td><td>يساعد في إزالة السموم من الهواء.
يستخدم خارج المبني.</td><td>
شكل ٣٠: نبات الاجلونيما</td></tr>
</table>

7. الأبعاد الاقتصادية لأنظمة الحدائق الرأسية.

يختلف كل جدار حي أو واجهة خضراء من حيث التكلفة بناءا علي طبيعة الموقع والنظام المثبت ومواد البناء المستخدمة، وتختلف تكاليف البناء وفقا لبعض الأمور التالية:

- نوع الهيكل، والقدرة علي التحمل.
- موقع المشروع وحجمه والوصول إليه.
- تخزين المواد في الموقع أو خارجه.
- الوصول للرافعات المتحركة.
- ارتفاع الحائط وأبعاده والتصميم.
- تكاليف الصيانة والفحص الدوري للموقع.

إن أنظمة الواجهات الخضراء يعد حل أكثر اقتصادي من أنظمة الجدران الحية[27]، نظرا لتكلفتها عند التركيب أقل من الجدران الحية بالإضافة لاحتياجها لصيانة منخفضة [5]، لكن علي الرغم من أن تكلفة أنظمة الجدران الحية أعلي إلا أن العديد من الدراسات دعمت الجدوى الاقتصادية لها عند النظر إلي فوائد تلك الحدائق السابق خاصة التأثير البيئي أعلي من التأثير البيئي للواجهات الخضراء.[12]

8. المشاكل والمعوقات التي يمكن حدوثها عند تنفيذ أنظمة الحدائق الرأسية.

1- حالة المبني، فتعتبر حالة المبني من حيث متانة الهيكل الإنشائي للمبني ومدي تحملها لأحمال زائدة (سواء تحميل النباتات مباشرة علي حوائط المبني أو تحميل هيكل داعم للنباتات علي حوائط المبني) من المعوقات الأساسية لتنفيذ أنظمة الحدائق الرأسية علي المباني القائمة، ويمكن حل هذه المشكله بعمل هيكل قائم بذاته أمام حائط المبني وترك فجوة هوائية بعرض ٣-١٠ سم بينه وبين حائط المبني وتعمل هذه الفجوة أيضا كعازل، وفي حالة التخطيط لتنفيذ انظمة الحدائق الرأسية في مرحلة تصميم المبني، فيجب أن يؤخذ حمل تلك الحدائق في الاعتبار عند التصميم الإنشائي.[12]

2- الانهيار المفاجئ للجدار الأخضر نتيجة لعدم تثبيت النظام الأخضر بالشكل المطلوب، وعدم توافر الخبرات الفنية لتنفيذ تلك الأنظمة بشكل سليم.

3- الصيانة الدورية لأنظمة الحدائق الرأسية، وهي من الأمور الهامة للحفاظ عليها بحالة جيدة، وأيضا للحفاظ علي الهيكل الإنشائي للمبني من التلف والرطوبة.

4- اختيار النباتات، فيجب اختيار النباتات خفيفة الوزن حتى علي المدي البعيد، وأن تكون النباتات مناسبة للبيئة.

5- مشاكل الرطوبة، في حالة تسلق النباتات علي الواجهة مباشرة فبالتالي لا تجف الرطوبة بسرعة لعدم تغلغل الهواء بين الواجهة والنبات، فيجب حل مثل تلك المشاكل.

6- لا تزال التوعية والمعرفة بالحدائق الرأسية محدودة لدي معظم الناس.[27]

9. نماذج تطبيقية لبعض المباني المستخدمة أنظمة الحدائق الرأسية.

فيما يلي تحليل لبعض المباني التي طبقت أنظمة الحدائق الرأسية والهدف منها توضيح الفوائد المتعددة العائدة علي كل نموذج، والاستفادة منها في تصميم الحدائق الرأسية.

تم اختيار مثالين عالميين بنظامين مختلفين للاستفادة منهما، المثال الأول يستخدم نظام الجدار الحي (مبني سكني بأستراليا) ، والمثال الثاني يستخدم نظام الواجهة الخضراء (مبنى الاتحاد التشيلي ، سانتياغو)، ومثال محلي بمصر لدراسة الفوائد العائدة عليه ودراسة مدي إمكانية تطبيق الحدائق الرأسية في مصر.

9, 1. مبني سكني بأستراليا (8-10 Kavanagh Street, Southbank, Victorian, Melbourne, Australia)

التعريف بالمبني: هو مبني سكني فاخر في منطقة ساوث بانك الثقافية في مدينة ملبورن بأستراليا، تم اكتماله عام ٢٠٠٩، بتكلفة ٣٥٠ الف دولار، علي مساحة ٢٠٦ متر مربع علي مبني جديد.

نوع الجدار الأخضر المستخدم: استخدام نظام الجدار الأخضر المائي (نظام الجدار الحي)، علي الواجهة الخارجية الجنوبية الشرقية للمبني، فوق مدخل المبني، كما هو موضح بشكل ٣١.[18]

أثبت الجدار الأخضر أنه فعال من حيث استخدام المياه والتأثير البصري وساعد في بيع الشقق السكنية، يوفر الجدار الأخضر مصدر إلهام للجميع للتساؤل عن التكنولوجيا وقيمة الممتلكات وتأثير الغطاء النباتي على الأسطح المبنية. [37]

شكل 31: يوضح الجدار الأخضر بالمبني السكني بملبورن في أستراليا.[18] ، [39]

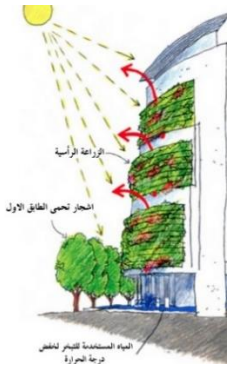
الغرض من إنشاء الجدار الأخضر الحي:

- حجب المنظر الخارجي لمنطقة وقوف السيارات متعددة المستويات.
- حل طويل الأجل ومستدام وقابل للتكيف.
- استخدام أوراق الشجر لخفض الصوت داخل المبني وتقليل وهج الإضاءة بالبيئة المبنية الداخلية.
- التنوع في استخدام النباتات مع الاستفادة من مياه الأمطار حيث يتم تجميعها، وإعادة استخدامها في الري.

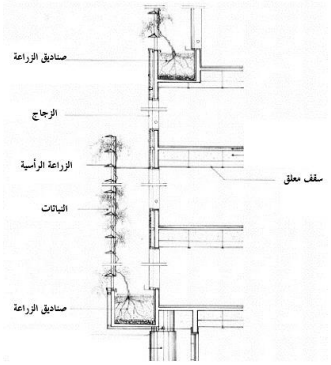
مكونات وتصميم الجدار الأخضر الحي:

- يحتوي الجدار الحي علي ٣٦٢ لوح زراعي بمقاس ١٠٠× ٥٠٠× ١٥ سم، بالإضافة إلي ٤٤ لوح غرس بمقاس ٧٥× ٥٠× ١٥ سم، مصمم لتحميل وزن ٨٠ كجم/م٢، ، تمت زراعة عينات حاوية ١٤٠ مم في دفيئة خارج الموقع لمدة ٨-١٢ أسبوعًا قبل التثبيت، فائدة استخدام نباتات كاملة النمو هو التأثير البصري الفوري عند تركيبها.
- تم استخدام رغوة البولي يوريثان مع التفاف اللباد كوسيط للنمو، تم وضع وحدات الرغوة في قفص فولاذي مثبت علي الحائط باستخدام أقواس فولاذية.، مع وجود حاجز هواء بين الجدار والنظام المعياري يسمح بتعرض الجذور للهواء مما يؤدي إلي تجفيفها ومنع نموها أكثر، مع استخدام مادة مانعة لتسرب المياه بالرش.
- تم اختيار الأنواع النباتية التي تستجيب جيدًا لبعضها البعض، وتكون شديدة التحمل وقليلة الصيانة وتتحمل الظل، تم اختيار جميع الأنواع يمكنها المكافحة التراكمية للآفات وانتشار الأمراض، تم اختيار أنواع مختلفة من النباتات المزروعة خصيصا للتحكم في حركة الرياح والضوء والرطوبة وإدارة التنافس بين الأنواع كما يمكنها التغلب علي الأعشاب الضارة، كما تم اختيار أنماط نمو النباتات على المدى الطويل المستمر طول العام، وتتميز العديد من الأنواع النباتية بأوراق الشجر الملونة مما يسهم في المظهر الجمالي.
- يتم استخدام نظام الري بالتنقيط المتحكم فيه ويعمل على كل وحدة منفصلة، يتم استخدام مياه الأمطار المجمعة ويمكن تكملة الري من المياه الرئيسية حسب الحاجة. توجه الواجهة المصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ المحيطة بكل لوحة أي رطوبة زائدة إلى صينية التقطير الفولاذية عند قاعدة الجدار الأخضر. تحتوي معدات الري على: جهاز تحكم لدورات الري الموقوتة، نظام تسميد للتحكم في جرعات الأسمدة من خلال نظام الري، عداد مياه، مقياس الضغط، خط الري، وخزانات المياه والمرشحات والمضخات.[37],[18]

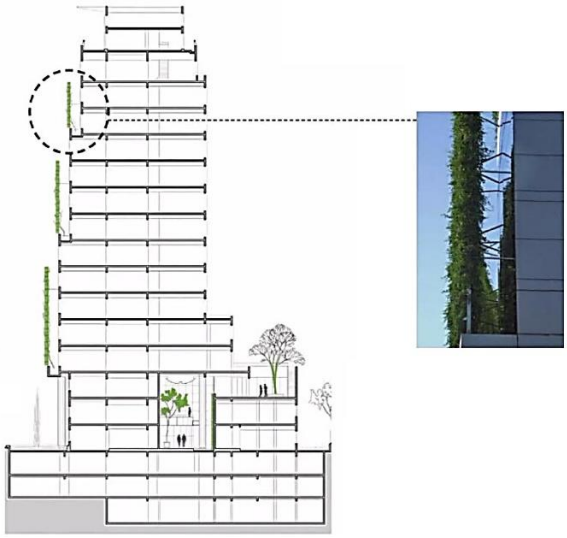
9, 2. مبنى الاتحاد التشيلي ، سانتياغو ، شيلي (Chilean Consortia Building, Santiago, Chile)



شكل 32: يوضح شكل مبنى CHILEAN CONSORTIA فى المواسم المختلفة.[23]



شكل 33: يوضح التفاصيل في الواجهة الخضراء وشكل صندوق الزراعة.[23]



شكل 34: قطاع يوضح الواجهة الخضراء وأماكن تنفيذها علي واجهة المبني.[26]

التعريف بالمبنى: مبني الاتحاد التشيلي يقع في حي لاس كونديس في سانتياغو، شيلي.مبني إداري، صممه المهندسان المعماريان Henry Browne، Borja Huidobro

ملك لـNational Trust Insurance.

تم الانتهاء منه عام ١٩٩٣م، تبلغ مساحتها حوالي ٢٢٩٣م٢ تقريبا، كما هو موضح بشكل ٣٢.

نوع الجدار الأخضر المستخدم: نظام الواجهة الخضراء مستخدما نظام الكابلات، كما هو موضح بشكل ٣٣.

الغرض من إنشاء الواجهة الخضراء:

يحتوي المبني على العديد من الميزات الصديقة للبيئة التي جعلت منه مبني مستدام، إحدى هذه الميزات هي الغطاء النباتي للألواح الحرارية الداخلية والخارجية التي تمتص حرارة الشمس، وهى ميزة خضراء والتى تتحول إلى حديقة نباتية رأسية.

وفى فصل الشتاء عندما تكون اوراق الشجر قليلة ، فإنه بذلك يسمح بنفاذ أشعه الشمس الى داخل المبنى، ويعتبر مبنى Chilean Consortia اكثر كفاءة بنسبة ٣٥ % من المبانى التقليدية. تحتوي صناديق الزراعة علي مسارات لتسمح بالمشي لعمال الصيانة ورعاية النباتات.[23]

عملت الواجهة الخضراء علي خفض الاشعاع الشمسي واكتساب الحرارة بنسبة ٦٠ %.، وأدي إلي توفير كبير في استهلاك الطاقة.

تصميم الواجهة الخضراء:

تنمو النباتات المتسلقة على نظام منفصل عن المبنى مستخدما نظام الكابلات علي بعد ١,٤ متر من جدار المبني، كما هو موضح بشكل ٣٣، ٣٤، حيث يخلق من الداخل حاجزا خصبا، يحمي فراغات المبني الداخلية من أشعه الشمس الشديدة التى تنتج مشاكل حرارية خلال فصل الصيف.

استخدام أربعة أنواع نباتات فاتنة خضراء اللون ويتحولون الي الوان حمراء وصفراء زاهية في الخريف، كما هو موضح بشكل ٣٢، يستخدم نظار ري مبرمج لإدارة نظام المياه.[26]

9, 3. تاج سلطان بالقاهرة، مصر.

التعريف بالمبني: تاج سلطان بالقاهرة هو المرحلة الأولى من رؤية تيجان للتنمية، يضم وحدات سكنية وتجارية وحمامات سباحة وملاعب ومركز طبي ونادي موزعة علي ٣٠٠ الف متر مربع. يقع تاج سلطان علي امتداد شارع الثورة المطل علي طريق القاهرة الدائري، ملك لمدينة نصر للإسكان والتعمير (MNHD)، بدأ البناء في عام ٢٠١٣، وتم تسليم المرحلة الأولي من تاج سلطان عام ٢٠١٥.

نوع الجدار الأخضر المستخدم: استخدام نظام الجدار الأخضر الحي.

الغرض من إنشاء الجدار الأخضر الحي:

تتمتع تاج سلطان بوجود حديقة عامة واسعة ذات مناظر طبيعية خلابة، بغرض اتباع أسلوب حياة صحي للسكان، لكن بسبب الاحتياجات الكهربائية تم وضع إحدى عشر غرفة للمولدات في مساحات كانت مخصصة في الأصل للمساحات الخضراء وأعاقت منظر المناظر الطبيعية، لذلك تم اللجوء لتغطية جميع تلك الغرف بجدران خضراء حية بمساحة ٢٤٠٠ متر مربع، وتم تغطيتها بالجدران الحية ذات النباتات الملونة عام ٢٠١٨ استغرقت خمسة أشهر من قبل شركة Schaduf، وكان الهدف منها الجانب الجمالي كما هو موضح بشكل ٣٥، بالإضافة للجانب الوظيفي بهدف الحد من التلوث الصوتي ومزج المباني مع المناظر الطبيعية وتحسين نوعية الحياة من خلال التصميم والطبيعة لجميع السكان وخفض درجة الحرارة داخل غرف المولدات مما يقلل من معدلات فشل المكونات الكهربائية المختلفة.

شكل 35: يوضح الحديقة العامة وبها غرف المولدات التي تم تغطيتها بالجدران الحية. [36]

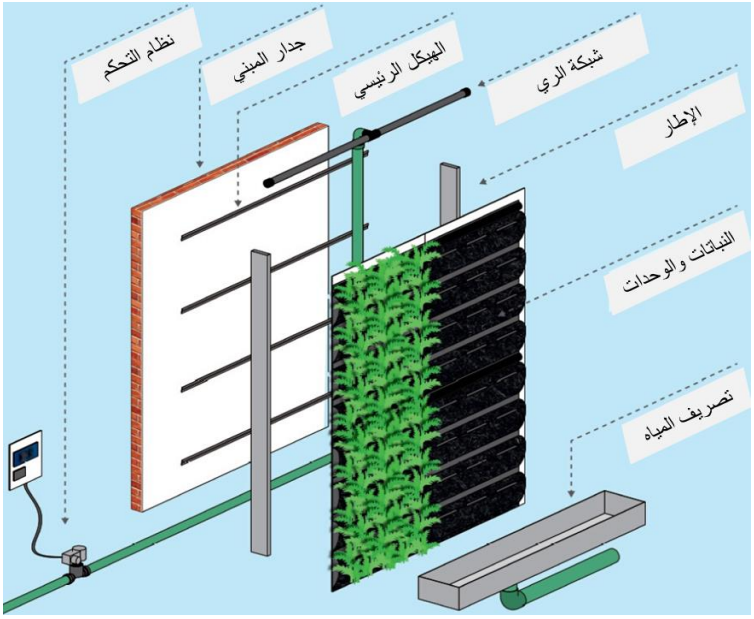
مكونات وتصميم الجدار الأخضر الحي، وكما هو موضح بشكل ٣٦.

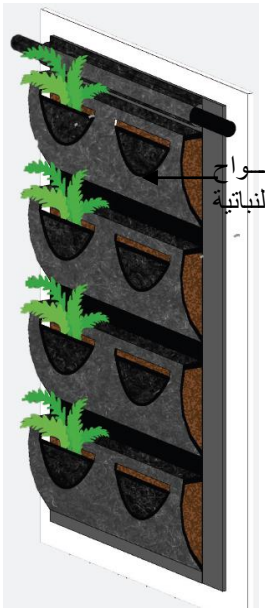
استخدام نظام الجدار الأخضر المائي المقاوم للماء تماما. تم تثبيت الجدار الأخضر علي إطار منفصل عن جدار المبني ومثبت به والإطار مصنوع من الألومنيوم عالي الجودة، حتى لا يلحق أي ضرر للمبني، ويتم تثبيت الوحدات أو الألواح النباتية المقاومة للماء علي هذا الإطار لتوفير الدعم الهيكلي، هذه الألواح من اللباد كوسيط لنمو النباتات بجودة عالية تحافظ علي النباتات وتضمن تغذيتها وتهويتها بشكل صحيح.

استخدام نظام الري الآلي، شبكة الري والصرف مدمجة في الوحدات لضمان وصول المياه إلي كل محطة بشكل كاف. يتم استخدام نظام التحكم في الري والاستشعار التلقائي.

الوحدات أو الألواح النباتية وهي لوحة مركبة متعددة الطبقات تتكون من منسوجات تقنية ويتم تصميمها بعناية مع مراعاة صحة النبات. صممت علي ثلاث طبقات، الطبقة الأولي مصنوعة من مسامير فولاذية لتشكيل القاعدة وتبيت الألواح، الطبقة الثانية عبارة عن طبقة عازلة تتكون من خليط من الصخور والصوف المعدني الصخري الماص للماء، يقوم هذا الخليط بدور التربة المثالية للجدران الخضراء حيث تتمتع بدرجة حرارة ثابتة تحافظ علي منطقة الجذر محمية من تقلبات الحرارة، الطبقة الثالثة والنهائية عبارة عن قماش غير منسوج يسمح بمرور الهواء النقي بالانتشار في منطقة الجذور مما يحافظ علي جذور النباتات صحية ومليئة بالأكسجين،يتم معالجة الطبقة الداخلية من الداخل بالحرارة لتقليل تبخر الماء والتقطير.

اختيار النباتات بالجدران الخضراء تم حسب اتجاه الشمس وكمية الضوء الطبيعي خلال النهار والمناخ ومجموعة الألوان واحتياجات المياه، نظرا لأن المناخ حار ومشمس فتم اختيار مثل الصبار الإسباني وشيفليرا التي يمكنهما الاحتفاظ بالمياه وتحمل أشعة الشمس.[36] , [28]





شكل 36: يوضح طبقات الجدران الخضراء المستخدمة في تاج سلطان. [28]

10. النتائج

توصل البحث لمجموعة من النتائج والتي أثبتت فرضية البحث "الحدائق الراسية تساهم في التخفيف من متلازمة المباني المريضة" من أهمها ما يلي:

- تشكل ملوثات الهواء داخل المباني التي تعاني أنظمة تهويتها من سوء التصميم، مخاطر صحية خطيرة علي الإنسان.
- تساهم الحدائق الرأسية في تكامل البيئة الطبيعية مع البيئة العمرانية في الأماكن الخالية من البيئة الطبيعية الخضراء وتصبح نظام تكسيه حي للمباني، وتعمل علي تعزيز الاستدامة الحضرية وتحسين مظهر المدينة، و يصبح المبني قادر علي التعامل بصورة إيجابية مع البيئة المحيطة به.
- تساهم أنظمة الحدائق الرأسية بشكل كبير في تقليل تلوث الهواء وتحسين جودة الهواء حول المبني وداخله، وبالتالي تساهم في التخفيف من متلازمة المباني المريضة، وحماية الإنسان من أمراض تلوث الهواء، كما تقوم بتقليل استهلاك الطاقة وتحسين الكفاءة الحرارية للمبني.
- تساهم الحدائق الرأسية في إعطاء شكل جمالي للمبني مما يوفر راحة نفسية للأفراد، كما يزيد من قيمة المبني وإطالة عمره وتحسين الصورة الحضرية.
- علي المصمم دراسة المبني جيدا وتحليل الظروف المناخية والاعتبارات البيئية واعتبارات التكلفة قبل تنفيذ أحد أنظمة الحدائق الرأسية وتحديد الغرض منها، لتحديد نوع النظام الأخضر الأكثر ملائمة للاستخدام والمناسب للغرض من تنفيذ الحديقة الرأسية، ونوع النبات ونظام الري والصيانه.
- تساهم بعض أنواع النباتات في تحسين جودة الهواء وتنقيته، فبعض النباتات تعمل علي ازالة المركبات العضوية المتطايرة الضارة المتواجدة في الهواء.
- يتم تحديد موقع النباتات وتحديد واجهة المبني التي سيتم التنفيذ عليها وفقا لتلقي ضوء الشمس.
- لضمان سلامة المبني يفضل استخدام أنظمة الحدائق الرأسية علي هيكل منفصل عن جدار المبني، مع ترك فجوة هوائية بينه وبين حائط المبني
- إن أنظمة الواجهات الخضراء يعد حل أكثر اقتصادي من أنظمة الجدران الحية، نظرا لتكلفتها عند التركيب أقل من الجدران الحية بالإضافة لاحتياجها لصيانة منخفضة.
- بالرغم من أن أنظمة الحدائق الرأسية تكلفتها عالية إلا أن فوائدها ستؤتي ثمارها علي صحة الأفراد. وبالرغم من أن تكلفة أنظمة الجدران الحية أعلي من أنظمة الواجهات الخضراء إلا أن التأثير البيئي للجدران الحية أعلي من الواجهات الخضراء.

11. التوصيات.

- العمل علي تطبيق الحدائق الرأسية علي نطاق واسع وبعناية علي واجهات المباني بالمناطق العمرانية المزدحمة والتي تفتقر للمسطحات الخضراء، وبالتالي العودة للتواصل مع الطبيعة، والتي تساهم بشكل كبير علي صحة الإنسان وإنتاجيته، كما تساهم الحدائق الرأسية في تحقيق الاستدامة البيئية.
- العمل علي تشجيع استخدام الحدائق الرأسية لحل المشكلات البيئية بدلا من الاتجاه في الإسراف في الطاقة.
- التوجه نحو استخدام نظام إعادة تدوير مياه المطر والمياه الرمادية وتوظيفه لري الحدائق الرأسية لترشيد استخدام المياه.
- تشجيع العديد من مصممي المباني الخضراء علي دمج الحدائق الرأسية كجزء من إستراتيجية تصميم المبني المستدام.
- مراعاة اختيار أنواع النباتات الصحية والتي تعمل علي تحسين جودة الهواء وتنقيته، وقدرتها علي التكيف مع البيئة.

- تحفيز الحكومات علي دعم أنظمة الحدائق الرأسية ودعم انتشارها في مصر، وزيادة الوعي باستخدامها بين المصممين.
- يوصي البحث بإجراء العديد من الدراسات في أنظمة الحدائق الرأسية والبحث عن حلول أقل تكلفة.

قائمة المراجع.

1. Ahmad Ridzwan Othman and Norshamira Sahidin, "Vertical Greening Façade as Passive Approach in Sustainable Design", Social and Behavioral Science 222, Science Direct, Elsevier Ltd, 2016.
2. Alexandra Tamási and Gergely Dobszay, "Requirements for Designing Living Wall Systems – Analysing System Studies on Hungarian Projects", Periodica Polytechnica Architecture, 46(2), January 2016.
3. A. Norhidayah, Lee Chia-Kuang, M.K. Azhar and S. Nurulwahida, " Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome in Three Selected Buildings", Malaysian Technical Universities Conference on Engineering & Technology 2012, Procedia Engineering 53, Science Direct, Elsevier Ltd, 2013.
4. American Chemical Society (2016), https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2016/august/selecting-the-right-house-plant-could-improve-indoor-air-animation.html, (January 2021).
5. Ebtesam M. Elgizawy, "The Effect of Green Facades in Landscape Ecology", Elsevier B.V., Science Direct, Procedia Environmental Sciences 34 (2016) 119 – 130.
6. FR Torpy, MZavattaro and PJ Irga, " Green wall technology for the phytoremediation of indoor air: a system for the reduction of high CO2 concentrations", Springer Science, Air Qual Atmos Health, Vol. 10, 2017.
7. Green Plants for Green Buildings, "Living Walls: Communicating the aesthetic, environmental, productivity and health benefits of plants in the built environment ", U.S. , 2014, greenplantsforgreenbuildings.org,
8. Gulcinay Basdogan Deniz and Arzu Cig, "Ecological-Social-Economical Impacts of Vertical Gardens in the Sustainable City Model", YYÜ TAR BİL DERG, January 2016 26(3).
9. Helena Gawrońska and Beata Bakera, " Phytoremediation of particulate matter from indoor air by Chlorophytum comosum L.plants", Springer, Air Qual Atmos Health, 2014.
10. Hopkins G, Goodwin C, Milutinovic M, Andrew M (2012) Post-construction monitoring report: Living wall system for multi-storey buildings in the Adelaide climate. Prepared for the Government of South Australia, Elmich Australia Pty Ltd. https://documents.pub/reader/full/green-wall-final-report-october-2012
11. Kevin Shiah and JeongWoo Kim (2011), "An Investigation into the Application of Vertical Garden at the New SUB Atrium", University of British Columbia, APSC 261, November 24, 2011.
12. Luis Perez-Urrestarazu, Rafael Fernandez-Canero , Antonio Franco-Salas, and Gregorio Egea, "Vertical Greening Systems and Sustainable Cities", Taylor& Francis Group, The Society of Urban Technology, Vol. 22, No. 4, 65–85, 2016.
13. Maria Kmieć, "Green Wall Technology", Technical Transactions, Czasopismo Techniczne, Cracow University of Technology,10-A, 2014.

14. Maria Manso and João Castro-Gomes, " Green wall systems: A review of their characteristics", Renewable and Sustainable Energy Reviews 41, Science Direct, Elsevier Ltd, 2014.
15. Mehdi Rakhshandehroo, Mohd Johari Mohd Yusof and Roozbeh Arabi, " Living wall (vertical greening): Benefits and Threats", Applied Mechanics and Materials, Trans Tech Publication, Switzerland, Vol. 747, March 2015.
16. Milica Gomzi and Jasminka Bobic, "Sick building syndrome: Do we live and work in unhealthy environment?", Coden Pdbiad, Periodicum Biologorum, Vol 111, No 1, 2009.
17. Nerantzia Tzortzi, Joanna Sophocleous, " The Green Wall as Sustainable Tool in Mediterranean Cities: The Case Study of Limassol, Cyprus", WSEAS Transactions on Environment and Development, Volume 14, 2018
18. Nettleton Tribe,TRIPTYCH LIVING, "Location · Sustainability · Inspired", 8 Kavanagh Street, Southbank, Melbourne, http://www.greenmoves.com.au/media/5c5a5f8e50d0e3adab2330cc580a07d5/Triptych-brochure.pdf
19. Özgür Burhan Timur and Elif Karaca, "Vertical Gardens", INTECH, Advances in Landscape Architecture, 2013, http://dx.doi.org/10.5772/55763
20. Pasinee Sunakorn and Chanikarn Yimprayoon, "Thermal performance of biofacade with natural ventilation in the tropical climate", 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities, Elsevier Ltd, Procedia Engineering, Vol. 21, 2011, pp.34-41.
21. Ritu Jain and T. Janakiram, "Vertical Gardening: A New Concept of Modern Era", Commercial Horticulture, New India Publishing Agency, New Delhi, India, 2016.
22. Roberto Giordano, Elena Montacchini, Silvia Tedesco and Alessandra Perone, "Living Wall Systems: a technical standard proposal", 8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-16, 11-13 September 2016, Turin, ITALY, Energy Procedia 111, Elsevier Ltd, 2017.
23. Samar Sheweka and Nourhan Magdy, " The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment", Elsevier Ltd, Science Direct, Energy Procedia 6 (2011) 592–599.
24. Samar Mohamed Sheweka and Nourhan Magdy Mohamed, "Green Facades as a New Sustainable Approach Towards Climate Change", Science Direct, Elsevier Ltd, Energy Procedia 18 (2012) 507 – 520.
25. Sam C. M. Hui, "Benefits and potential of vertical greening systems", 2011, Department of Mechanical Engineering, The University of Hong Kong.
26. Samira Khazraie, "An Analytical Approach to Vertical Green Systems in High Rise Buildings", Master Thesis, Eastern Mediterranean University, 2017.
27. Sidonie Carpenter, "Growing Green Guide: A Guide to Green Roofs, Walls and Facades", National Library of Australia, Melbourne and Victoria, Australia, February 2014, http://www.growinggreenguide.org/
28. Schaduf Company, Green Scape, Egypt, WWW.SCHADUF.COM (The researcher's correspondence with the company)
29. Tabassom Safikhani, Aminatuzuhariah Megat Abdullah, Dilshan Remaz Ossen and Mohammad Baharvand, "A Review of Energy Characteristic of vertical Greenery Systems" Elsevier Ltd, Renewable and Sustainable Energy, Vol. 40, 2014.

30. Yomna A. Lotfi, Mohammed Refaat, Mohammed El Attar and Aassem Abdel Salam, "Vertical gardens as a restorative tool in urban spaces of New Cairo", Ain Shams Engineering Journal, Elsevier, 2019.
31. https://www.diyncrafts.com/4457/home/top-10-nasa-approved-houseplants-improving-indoor-air-quality (January 2021).
32. https://eco-roofs.com/our-products/ (March 2021)
33. https://www.fassadengruen.de/en/wisteria.html (March 2021)
34. https://www.fassadengruen.de/en/wire-rope-systems.html (March 2021)
35. https://furbishco.com/biowall-vegetated-wall/ (March 2021)
36. https://www.greenroofs.com/projects/tag-sultan-generator-room-green-walls/ (January 2021).
37. https://www.growinggreenguide.org/victorian-case-studies/the-triptych-green-wall/
38. http://www.jetsongreen.com/2010/08/edible-living-wall-los-angeles.html (March 2021)
39. https://www.propertyvalue.com.au/property/1506/8-10-kavanagh-street-southbank-vic-3006/17253793
40. https://www.reddit.com/r/CozyPlaces/comments/bxjdbn/patio_in_c%C3%B3rdoba_spain/ (March 2021)
41. https://www.shutterstock.com/image-photo/liana-wild-grapes-on-brick-wall-1344204749 (January 2021).
42. https://www.tecni.uk/steel-cable-wire-rope/TECNI-Stainless-Cable-Trellis/pro-trellis (March 2021)
43. https://www.tournesol.com/products/product/vertigreen-3d-modular-trellis-panels (January 2021)
44. https://www.euro.who.int/en/about-us (April 2021)