

دور التقنيات الذكية (الأغلفة والمواد الذكية) في تحقيق الاستدامة في المباني

The Role of Smart Technologies (Smart Envelopes and Materials) in Achieving Sustainability in buildings

أ.م. د/ اميره مرسال محمود مرسال

أستاذ مساعد -كلية الفنون الجميلة-جامعة المنصورة-مصر

Assist.Prof. Dr/ Amira Mersal Mahmoud

Assistant Professor, faculty of fine arts Mansoura university, Egypt

am.mersal@hotmail.com

ملخص البحث:

تُعَدُّ التقنيات الذكية من العناصر المحورية في تحقيق مبادئ الاستدامة، خاصةً من الناحية الشكلية، والتي تُعد من أبرز الجوانب المتأثرة في تصميم المباني المستدامة. يتجلى تأثير هذه التقنيات بوضوح عندما يتم دمج الشكل المعماري مع الابتكارات التكنولوجية الذكية، سواء كانت في الأغلفة الخارجية للمباني أو في المواد الذكية المستخدمة في إنشائها. هذا التكامل بين التصميم المعماري والتقنيات الذكية يعزز من قدرة المباني على تحقيق الاستدامة من خلال تحسين الأداء الوظيفي والجمالي في الوقت ذاته. يساهم استخدام الأغلفة والمواد الذكية في المباني بشكل فعال في تحسين الراحة الحرارية، من خلال تطبيق تقنيات متعددة الأهداف. تهدف إلى تعزيز التفاعل بين غلاف المبنى وكفاءة الطاقة، مما يساهم في تحقيق الاستدامة. تركز هذه الدراسة على دور الأغلفة الذكية في دعم استدامة المبنى والبيئة، حيث تساهم التكنولوجيا في تطوير أغلفة ذكية بمفاهيم معاصرة مع الحفاظ على الهوية المعمارية للبيئة. وقد أظهرت الدراسات المتعلقة بالأغلفة الذكية والتفاعلية أن "الواجهة الذكية" أصبحت عنصرًا محوريًا في تطوير الشكل المعماري للمبنى، لضمان التحكم البيئي والراحة الداخلية دون التأثير السلبي على البيئة المحيطة.

يهدف البحث إلى تحسين استجابة غلاف المبنى للظروف البيئية المتغيرة من خلال استخدام نظام الأغلفة الذكية، الذي يتضمن مجموعة من التقنيات التي تعزز الأداء الحراري للمبنى. هذا النظام يساهم في توفير الطاقة ويساعد في تطوير مبانٍ مستدامة تتماشى مع البيئة، بالإضافة إلى إمكانية دمجها في استراتيجيات التخطيط العمران للمدن الجديدة المستدامة. تعتمد الدراسة على منهج استقرائي يستعرض مفهوم الأغلفة الذكية وأهدافها والعوامل المؤثرة عليها، ويتضمن مراجعة للدراسات السابقة وتحليل لتجارب عالمية وإقليمية. تمثل هذه الدراسة أهمية في تسليط الضوء على كيفية تحقيق الاستدامة في التصميم المعماري والعمراني لتكون بمثابة نواة للتأثير في المجتمع نحو تنمية العمران والبيئة. كما تقيم الدراسة إمكانية تطبيق هذه المفاهيم في مصر ضمن رؤية 2030 المستدامة.

الكلمات الرئيسية: كفاءة الطاقة، أغلفة المباني الذكية، العمران المستدامة.

Abstract:

Smart technologies play a significant role in achieving sustainability principles, particularly in the form aspect, which is one of the most affected areas in sustainable buildings. This is especially true when the form is integrated with smart technologies in external facades or smart materials. The use of smart envelopes in buildings contributes to improving thermal comfort by

applying multi-target technologies to enhance the interaction between the building envelope and energy efficiency, thereby achieving sustainability.

This study focuses on the role of smart envelopes in maintaining building and environmental sustainability. Technology contributes to the development of smart envelopes with contemporary concepts while preserving identity. Studies have demonstrated proposals related to smart and interactive building envelopes, making the "smart facade" a central element in the development of the building's form to ensure environmental control and internal comfort without negatively impacting the surrounding environment.

The research aims to improve the building envelope's response to changing environmental conditions using a smart envelope system that includes a range of technologies that enhance the building's thermal performance. This leads to energy savings and helps in the creation of sustainable, environmentally compatible buildings that can be integrated into planning and urban strategies for new sustainable cities.

The study employs an inductive approach that presents the concept of smart building envelopes, their objectives, and the influencing factors. It reviews previous studies and conducts an analytical study of global and regional experiences. It was essential to highlight ways to achieve sustainability in architectural and urban design to be a catalyst for influencing society towards urban and environmental development, as well as evaluating the possibility of applying it in Egypt within the framework of the 2030 sustainable vision.

Keywords: Energy efficiency, Smart building envelopes, Sustainable architecture

الهدف من البحث: يهدف البحث إلى:

-توضيح مفهوم الاغلفة الذكية وخصائصها وتأثيراتها الايجابية والسلبية و دورها في تحسين جوده الحياه والاستدامه
-إلقاء الضوء على التجارب الحديثة في الوطن العربي والعالم والاستفادة من إيجابياتها وسلبياتها في التطبيق على المدن المصرية.

-تطوير استراتيجيات لتصميم شبكة من المباني ذات الأغلفة الذكية المستجيبة بهدف تقليل استهلاك الطاقة.

مشكلة البحث

تتلخص مشكلة البحث انه نتيجة للتغيرات المناخية المتسارعة والتي تؤثر بشكل كبير على العمران , فكان مدخل استخدام التكنولوجيا والاغلفة الذكية لتحقيق الاستدامه فى المباني كحل للتقليل من تأثير التغيرات المناخية وذلك , في اطار الرؤية الاستراتيجية للتنمية العمرانية فى مصر والخروج بعناصر يمكن تطبيقها على المجتمع المصرى

اهمية البحث

عرض مفهوم الاغلفة الذكية وخصائصه ووظائفه وانواعه ودوره فى استدامه العمران والتقليل من التلوث والتغيرات المناخية , وذلك لتوجيه الدعم المحلي لها.

منهجية البحث:

اعتمد البحث على المنهج الاستقرائي والتحليلي: من خلال دراسته مفهوم الغلاف الذكي وأهميته ودوره في تحقيق الراحة والاستدامة ودراسة تحليلية لتجارب عالميه واقليميه حيث كان من المهم إلقاء الضوء على سبل تحقيق مبادئ الاستدامة في التصميم المعماري والعمراني لها لتكون نواة التأثير في المجتمع نحو تنمية العمران والبيئة، ومن ثم استخلاص النتائج والتوصيات وتقديم المقترحات

1-المقدمة:

في ظل التطورات التكنولوجية المتسارعة، شهدت العمارة تحولاً جوهرياً، لا سيما في مجالات الأغلفة الذكية والاستدامة البيئية. أصبح من الضروري أن تتكامل العمارة مع التحديات البيئية والمناخية العالمية، بهدف تحسين جودة الحياة وتوفير بيئات مريحة وآمنة لمستخدمي المباني. تشكل التقنيات الذكية اليوم عنصراً أساسياً في تحقيق هذا الهدف، حيث تلعب دوراً محورياً في تعزيز الأداء الوظيفي، والبناء، والتصميم المعماري. ويعتبر الغلاف الخارجي للمباني، أو "الغلاف الذكي"، من أبرز المكونات التي تساهم في تعزيز الاستدامة البيئية. يتميز هذا الغلاف بقدرته على التكيف مع المتغيرات المناخية الخارجية بفضل تقنيات متقدمة تتيح التحكم الديناميكي في الأداء الحراري والبصري. يمثل الغلاف الذكي وسيطاً تفاعلياً بين البيئتين الداخلية والخارجية، ما يضمن تحقيق توازن مثالي بين الراحة الحرارية للمستخدمين، الكفاءة البيئية، والاستدامة الاقتصادية. علاوة على ذلك، يساهم تطبيق هذه التقنيات الذكية في تقليل استهلاك الطاقة وتحسين جودة البيئة الداخلية، مما يعزز من الأداء المستدام للمباني في مواجهة التحديات المناخية الحالية والمستقبلية.

2-مفهوم الغلاف الذكي

يعرف الغلاف الذكي بأنه غلاف نشيط يغير من خواصه استجابة الى الظروف البيئية داخل وخارج المبنى ، ويعرف Compagno Andrea الغلاف الذكي بأنه الغلاف الذي يمتلك القدرة على التكيف الديناميكي مع تغيرات الضوء والأحوال الجوية(1)، مما يساهم في تقليل استهلاك الطاقة وتحسين جودة الحياة. من جهة أخرى ، يرى Bath of University – Skelly Mark ان الغلاف الذكي هو نظام يدمج وسائل متعددة قابلة للتعديل والتحكم ، مما يجعله يعمل كعازل مناخي يقلل من كمية الطاقة المطلوبة لتحقيق بيئة داخلية مريحة ..كما يعرف AD (McCarthy and Battle) الغلاف الذكي بأنه الغلاف القادر على التكيف الذاتي من خلال الاستجابة الحرارية ومتطلبات الشاغلين، إضافة إلى التوجيه ونوع المبنى (شكل 1) ، اما Michael,Wigginton, فيعرف الغلاف الذكي على انه تكوين من مجموعة عناصر البناء التي تعمل على حماية المبنى من الظروف الجوية الخارجية " (1). يهدف الغلاف الذكي إلى تحسين نظام المباني وفقاً لظروف المناخ ، واستهلاك الطاقة، وراحة المستخدمين .باستخدام أتمتة المباني،(الشكل 6) مثل فتحات التهوية، والمظلات الشمسية، والنوافذ القابلة للتشغيل أو مجموعات المواد الذكية.(2)



شكل 1 : الواجهه الذكية المزودة لمركز تيرينس دونيلي في جامعة تورنتو مع تظليل تلقائي متكامل(3)

يقوم الغلاف الذكي بدور المنظم الحراري لفرغات المبنى الداخلية، والتحكم في نسب الأضاءة والتهوية الطبيعية عن طريق تفاعله مع متغيرات البيئة الداخلية والخارجية للمبنى، وتقوم فكرة عمل الغلاف الذكي على ثلاث مراحل هي:

- 1 - الاستشعار: من خلال اجهزة الاستشعار المختلفة Sensors خارجيا وداخليا لمعرفة الظروف البيئية الخارجية والداخليه
- 2 - معالجة وتحليل المعلومات والتفكير الإستراتيجي: من خلال (نظام ادارة المبنى) Management System.
- 3- اتخاذ القرار وتنفيذه: بواسطة المحركات المتصلة بالعناصر الخارجية للمبنى (الأسطح والحوائط والفتحات الخارجية).

الواجهات المستجيبة يصف مصطلح "مستجيب" في أغلفة المباني "التفاعل والاستجابة بين النظام الطبيعي والاصطناعي باستخدام خوارزميات حسابية لضمان قدرة نظام المبنى على التكيف الذاتي والتعلم بمرور الوقت. ونتيجة لذلك، فإن واجهات المباني المستجيبة لا تستوعب آليات استشعار المستخدمين وردود أفعالهم فحسب، بل إنها ملتزمة أيضاً بإرشاد المبنى وسكانه، (الشكل 2,3) (3)، وبناءً على ما سبق نجد أن غلاف المبنى الذكي هو الغلاف الذي يدمج تقنيات الذكاء الاصطناعي، التي تفهم وتجمع المعلومات عن الظروف البيئية المحيطة، ويحللها ليتخذ قرار تعديل الواجهة.



شكل 3 : واجهه مبنى GSW الذكية، تتميز بالقدرة على الاستجابة في الوقت المناسب، يجمع بين التحكم الآلي والتحكم من قبل السكان (5)



شكل 2: غلاف ذكي مكون من ظلال صفائحية مغلقة بمادة ETFE تعمل بالطاقة الشمسية تم تطويره لمبنى Media-TIC في برشلونة (4).

3-أنواع الأغلفة الذكية

هناك نوعين من الأغلفة الذكية هي:

- الغلاف الذكي المفرد Single Intelligent Skin .
- الغلاف الذكي المزدوج Double Intelligent Sk

أنواع الأغلفة الذكية
-الغلاف الذكي المفرد Single Intelligent Skin . وهو الغلاف الذي يتعامل مع البيئة الخارجية بطريقة مفردة، حيث تتم عمليات التبادل الحراري والضوئي بصورة مباشرة بغض النظر عن تركيب الطبقة , والمعالجات او الخواص الفيزيائية للغلاف المفرد تعتمد على خواص المادة المكونة له

الغلاف الذكي المزدوج Double Intelligent Sk

الغلاف المزدوج هو نظام يتكون من طبقتين من الزجاج، حيث تهدف الطبقة الخارجية إلى التعامل مع التغيرات في الظروف البيئية المحيطة بالمبنى، بينما تتولى الطبقة الداخلية معالجة البيئة الداخلية للفراغات. يفصل بين هاتين الطبقتين فاصل هوائي مزود بعواكس وستائر متحركة ومراوح لتحريك الهواء (3)، والذي يُستخدم لمعالجة الظروف الخارجية غير الملائمة. بالإضافة إلى ذلك، يعمل هذا الفاصل الهوائي كعازل للحرارة والصوت. يوضح الشكل التالي (شكل 4) تركيب طبقتي الغلاف المزدوج الداخلية والخارجية.



شكل (4): يوضح الطبقتين الداخلية والخارجية للواجهة المزدوجة (6)

أنواع الأغلفة المزدوجة:

- الواجهة الصندوقية Facade Box: في هذا النوع من الواجهات يتم تقسيم الواجهة الى عدة تقسيمات افقية ورأسية على شكل صناديق صغيرة منفصلة عن بعضها البعض كما هو موضح بالشكل التالي. (7)



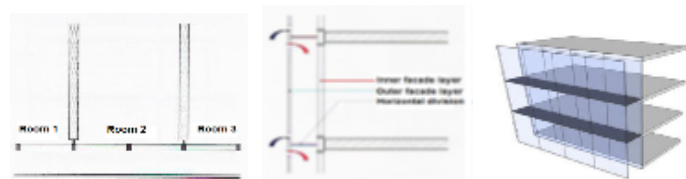
شكل (5): يوضح تقسيم الواجهة الصندوقية، وتدفق الهواء خلالها (8)

- واجهة عمود الهواء والنوافذ الصندوقية Shaft Box Facade: وهذه الواجهة تقوم فكرة عملها على الاستفادة من فروق الضغط، حيث يتحرك الهواء في عمود رأسي يصل عادة عدة ادوار معا تحت ضغط وسرعة مرتفعة نسبيا اضافة الى الفرق في درجات الحرارة ليسحب الهواء من داخل الغرف بنظرية الضغط السالب



شكل (6): يوضح تدفق الهواء في واجهة عمود الهواء والنوافذ الصندوقية (8)

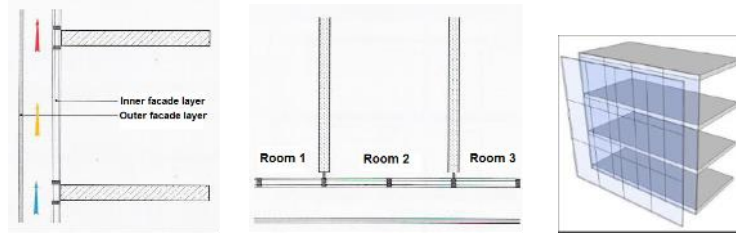
- الواجهة الممر Corridor Facade: في هذا النوع من الواجهات يكون الفراغ المتوسط بين طبقتي الواجهة الخارجية والداخلية مقسم افقيا على مستوى كل دور، كما توضع فتحات دخول الهواء وخروجه في الممرات قطريا لكي يمنع ذلك الهواء المستخدم من احد الأدوار ان يدخل الدور الأعلى منه مباشرة.



شكل 7: يوضح وتدفق الهواء في واجهة ممر الهواء (8)

• الواجهة متعددة الطوابق Multistory Facade:

وتعتمد فكرة هذه الواجهة على وجود فراغ هوائي غير مقسم بين طبقتي الواجهة الخارجية والداخلية، حيث يتم عمل فتحات تهوية كبيرة في اسفل وأعلى الواجهة تسمح للهواء بالدخول والخروج من الفراغ بين طبقتي الواجهة.



شكل 8: يوضح تدفق الهواء في الواجهة متعددة الطوابق (8)

الواجهة ذات شرائح التهوية Louver Facade: تتكون هذه الواجهة من شرائح شفافة تعمل بمحرك Motorized Transparent Rotating Louvers، وعند إغلاق هذه الشرائح تعمل كواجهة مغلقة أما في حالة فتحها فتسمح الشرائح بزيادة التهوية من خلال الغلاف الهوائي بين طبقات الغلاف Air Cavity

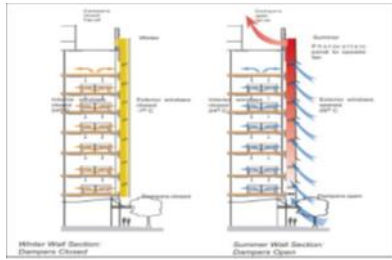


شكل 9: الفراغ الهوائي للواجهة ذات شرائح التهوية المزدوجة لمبنى Glaxo Wellcome House West (9)

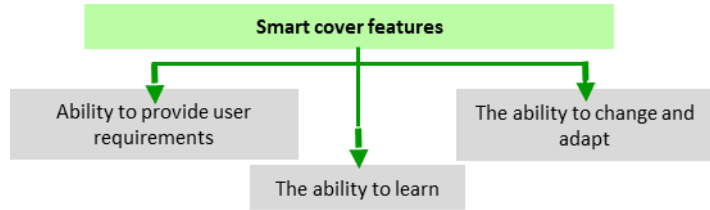
4- خصائص الغلاف الذكي:

تتميز الأغلفة الذكية بعدد من الخصائص التي تتيح لها التكيف والتحكم في الاستجابة للظروف البيئية المختلفة، ومن أهم الخصائص:

1. **التكيف الموسمي:** يتمتع الغلاف الذكي بقدرة على تعديل خصائصه وفقاً للفصول على مدار العام. ففي فصل الصيف، يقوم الغلاف الخارجي بحجب أشعة الشمس وتقليل درجات الحرارة داخل المبنى. أما في الشتاء، فيعمل الغلاف على امتصاص أكبر قدر ممكن من الحرارة لتدفئة المبنى. بذلك، يُسهم الغلاف في تنظيم نفاذية الهواء والضوء بشكل يتلاءم مع الفصول.
2. **التكيف اليومي:** يمتاز الغلاف الذكي بقدرته على التكيف خلال اليوم الواحد بناءً على معطيات المناخ المستمرة. هذا التكيف يتضمن تعديل خصائص الغلاف بما يتناسب مع التغيرات البيئية اليومية.
3. **التحكم في الشفافية:** يتميز الغلاف الذكي بمرونته في تغيير درجات الشفافية وفقاً للحاجة. يُحقق هذا التعديل من خلال التحكم في خصائص المواد المستخدمة، والتي تعرف بالمواد الذكية، لتلبية متطلبات الإضاءة والخصوصية. من خلال استجابته لهذه المتغيرات البيئية، يمكن للغلاف الذكي الاستفادة من مصادر الطاقة الطبيعية، مما يعزز مستويات الراحة الداخلية المتعلقة بالإضاءة، والتدفئة، والتبريد الطبيعي، ويساهم في تقليل استهلاك الطاقة. وتصنف خواص الغلاف الذكي إلى خواص انشائية وخواص فيزيائية، للتعامل مع المتغيرات البيئية

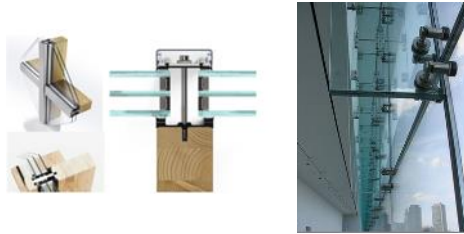


شكل 11: مبنى Hooker Building يوضح مدى اندماج الواجهة مع التغيرات الداخلية والخارجية (10)



شكل 10: خصائص الغلاف الذكي

4-1 الخصائص الإنشائية للغلاف الذكي: هي التي تحدد الطريقة الإنشائية التي تربط المواد المكونة للغلاف الذكي بالنظام الإنشائي للمبنى.. في هذا السياق، يُعتبر الزجاج المادة الأساسية التي تغطي الجزء الأكبر من الغلاف الخارجي للمبنى الذكي. يُستخدم الحديد أو الألمنيوم كمكونات داعمة، حيث تُستخدم القطاعات المعدنية لتثبيت الزجاج بالعناصر الإنشائية للواجهة كما في (شكل 12)



شكل 12: يوضح هيكل ومواد الغلاف الذكي (10)

الخصائص الإنشائية للغلاف المفرد: يتألف الغلاف المفرد من طبقة واحدة ، حيث تعتمد وظيفته على قدرة مادته على التغيير. ومع ذلك، من أبرز عيوبه أنه عند فتح الواجهة، يؤدي ذلك إلى فقدان التكيف الحراري الداخلي، مما يستلزم بقاء الغلاف مغلقاً .

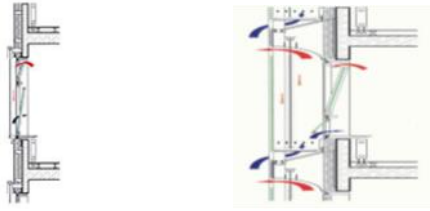
الخصائص الإنشائية للغلاف المزدوج: يعتمد الغلاف المزدوج على وجود منطقة عازلة من الهواء بين طبقتين. تتكون الواجهة الأمامية من سطح قابل للتغيير للتكيف مع المتغيرات البيئية من خلال الحركة أو توجيه الهواء إلى الفراغ الفاصل. أما الطبقة الداخلية، فهي واجهة زجاجية قابلة للفتح والإغلاق، مما يسمح بتهوية فعالة من خلال المساحة الفاصلة. يتميز الغلاف المزدوج بقدرته العالية على التكيف مع الظروف البيئية الخارجية، وتقليل تأثيرها السلبي كما في (شكل 13) يتألف الغلاف المزدوج من:

- **الواجهة الأمامية:** تحتوي على سطح قابل للتعديل للتكيف مع الظروف البيئية المتغيرة، مثل حركة الهواء وتوجيهه، مما يساعد في تنظيم تدفق الهواء إلى الفراغ الفاصل بين الطبقتين.
- **الطبقة الداخلية:** تتكون من واجهة زجاجية قابلة للفتح والإغلاق، مما يسمح بالتحكم في التهوية عبر المساحة الفاصلة بين الطبقتين، ويعزز جودة البيئة الداخلية.

المميزات الإنشائية للغلاف المزدوج تشمل:

- **القدرة على التكيف:** يتميز بقدرته على التكيف مع التغيرات البيئية من خلال تعديل السطح الخارجي، مما يعزز الاستدامة ويعالج الظروف المناخية المتغيرة.
- **العزل الحراري والصوتي:** يوفر الفراغ الهوائي بين الطبقتين عزلاً فعالاً يقلل من تأثير الظروف الخارجية على المساحات الداخلية، مما يحسن الراحة الحرارية ويقلل الضوضاء.
- **تحسين التهوية:** تتيح الطبقة الزجاجية الداخلية التحكم في التهوية، مما يعزز من كفاءة النظام ويقلل من استهلاك الطاقة.

تساهم هذه الخصائص في تحسين الأداء البيئي للمباني، مما يعزز راحة المستخدمين ويزيد من كفاءة استخدام الطاقة.



غلاف مفرد

غلاف مزدوج

شكل 13 : يوضح اختلاف طريقة تعامل الهيكل الإنشائي لكل من الغلاف المفرد والمزدوج مع البيئة الخارجية (10)

2-4 الخصائص الفيزيائية للغلاف الذكي:

- الخصائص الفيزيائية للغلاف المفرد:

الخصائص الفيزيائية للغلاف المفرد تعتمد على خواص مادة الزجاج باعتبارها المادة الأساسية المكونة للغلاف، وهذه الخصائص هي التي تحدد استجابة الغلاف للتغيرات البيئية الحرارية والضوئية والصوتية.

-**الخصائص الحرارية:** يعتمد التحكم في الأحمال الحرارية والانتقال الحراري داخل الفراغات الداخلية على استخدام أنواع متقدمة من الألواح الزجاجية. يمكن تقسيم هذه الألواح إلى زجاج معالج وزجاج متعدد الطبقات. يعمل الزجاج المعالج على تعديل انتقال الحرارة وفقاً للتغيرات في درجة الحرارة الخارجية، حيث يزداد قدرته على تقليل انتقال الحرارة مع ارتفاع درجة الحرارة الخارجية ويقلل من فقدان الحرارة عند انخفاضها. أما الزجاج متعدد الطبقات، فيعتمد على وجود طبقات داخلية أو مساحة فاصلة بين الطبقات لتحقيق تحكم أفضل في انتقال الحرارة. بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم كاسرات الشمس، سواء كانت ثابتة أو متحركة، كأداة مساعدة في تقليل التأثير الحراري لأشعة الشمس المباشرة على الفراغات الداخلية كما في (شكل 14).



شكل 14: برج البحر - واجهة متحركة يظهر الكاسرات الشمسية المتحركة القابلة للدوران والضبط - العمل بالأنظمة الميكانيكية (11)

-**خصائص التهوية:** يعتمد الغلاف المفرد على تشكيله لتوفير التهوية الطبيعية داخل المبنى، حيث يحتوي الجزء السفلي من الغلاف على فتحات قابلة للحركة يتم التحكم بها أوتوماتيكياً من خلال مركز التحكم في المبنى الذكي. يتم ضبط نسب الفتحات السفلية والعلوية بشكل متوازن للتحكم في معدل التهوية الطبيعية داخل الفراغات، مما يساهم في خفض درجات الحرارة.

الخواص الضوئية: يعتمد الغلاف على القدرة على التحكم الذاتي في نسب الإضاءة الطبيعية الداخلة إلى الفراغات، بهدف تحقيق إضاءة طبيعية مناسبة ومنع حدوث الإبهار، مما يعزز من كفاءة استخدام الإضاءة الطبيعية. كما في (شكل 15)

-الخواص الصوتية: تعتمد كفاءة الغلاف المفرد في العزل الصوتي على خواص المواد المستخدمة في تكوين الغلاف الخارجي ، و طريقة تثبيت تلك الألواح بالهيكل الأنشائي بواسطة وصلات مطاطية او بالستيكية لتقليل انتقال الصوت الى داخل الفراغات



شكل 15: مبنى Cartier Foundation for Contemporary Art, Paris, France يوضح الحائط الزجاجي الصوتي العازل والعاكس للصوت لزيادة الخواص الصوتية للغلاف الخارجي (12)

- الخصائص الفيزيائية للغلاف المزدوج: يتميز الغلاف المزدوج بخصائص فيزيائية متقدمة ناتجة عن وجود طبقتين مزدوجتين على واجهاته، مما يعزز فعالية المعالجات الحرارية والضوئية. يلعب الفراغ الهوائي العازل بين الطبقتين دوراً رئيسياً في الاستدماه .

الخصائص الحرارية والتهوية: يقوم الغلاف المزدوج بتنظيم الحرارة والتهوية بفعالية من خلال استخدام معالجات مثل كاسرات الشمس الثابتة والمتحركة، التي غالباً ما تكون موجودة في الفراغ الفاصل بين الطبقات. يمكن التحكم في هذه المعالجات يدوياً أو آلياً .

الخصائص الضوئية: يعتمد الغلاف المزدوج على تقليل التأثيرات السلبية للإضاءة الشمسية المباشرة والاستفادة من الإضاءة الطبيعية لتقليل الاعتماد على الإضاءة الصناعية. يُستخدم في ذلك ستائر الألمنيوم وكاسرات الشمس لتقليل انتقال الحرارة وتأثيرات الإضاءة الشمسية. تشير الدراسات إلى أن الغلاف المزدوج يقلل من نفاذية الضوء الطبيعي مقارنة بالغلاف المفرد بسبب وجود طبقتين وفراغ فاصل بينهما، مما يؤدي إلى زيادة عمق الغرفة. كما أن وجود القطع المعدنية والموصلات بين الطبقات يسهم في تقليل نفاذية الضوء .

-الخصائص الصوتية: يتميز الغلاف المزدوج بقدرة على العزل الصوتي مقارنةً بالغلاف المفرد، مع الحفاظ على نفس نسبة التهوية في كلا النظامين. تعمل الطبقة الخارجية للغلاف المزدوج كعازل وعاكس للصوت، بينما يسهم الفراغ الوسطي بين الطبقتين، في تعزيز فعالية العزل الصوتي. وتقليل انتقال الضوضاء من غرفة إلى أخرى . على سبيل المثال، الغلاف المزدوج المصمم بنوافذ مكعبة يتميز بفصل الفراغ الوسطي عن الفراغات الداخلية، مما يؤدي إلى تفوق الغلاف المفرد في العزل الصوتي الداخلي، لعدم وجود فراغ وسطي قد يسهم في انتقال الصوت إلى الفراغات الداخلية كما في (شكل 16)



شكل 16: استخدام النوافذ المكعبة لفصل الفراغ الوسطي بين طبقات الغلاف المزدوج لتحسين منع الضوضاء الداخلية (13)

5-وظائف الغلاف الذكي: الغلاف الذكي هو العنصر الحاجز بين العوامل البيئية واحتياجات المستخدمين ,و يتمثل دور الغلاف الذكي في التحكم الفعّال في عدة جوانب، منها: (13)

• توفير الطاقة:

- الطريقة المباشرة :تستفيد الأغلفة الذكية من مصادر الطاقة المتجددة مثل الشمس والرياح لتوليد الطاقة. وهذا يشمل استخدام الألواح الشمسية أو مولدات الرياح التي يمكن دمجها في تصميم الغلاف الذكي.
- الطريقة غير المباشرة :تساهم الأغلفة الذكية في تقليل استهلاك الطاقة من خلال تحسين استخدام المصادر الطبيعية للإضاءة والتهوية، مما يقلل الحاجة للإضاءة الصناعية وتكييف الهواء.

• التحكم في نفاذية الصوت:

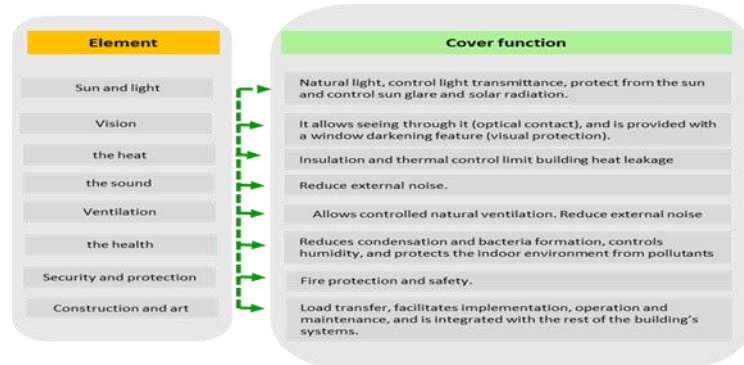
- عزل الصوت :يعمل الغلاف الذكي على تحسين العزل الصوتي من خلال تقليل انتقال الضوضاء من البيئة الخارجية إلى الداخل، مما يعزز من جودة البيئة الصوتية الداخلية ويزيد من الراحة.

• تحقيق متطلبات الراحة:

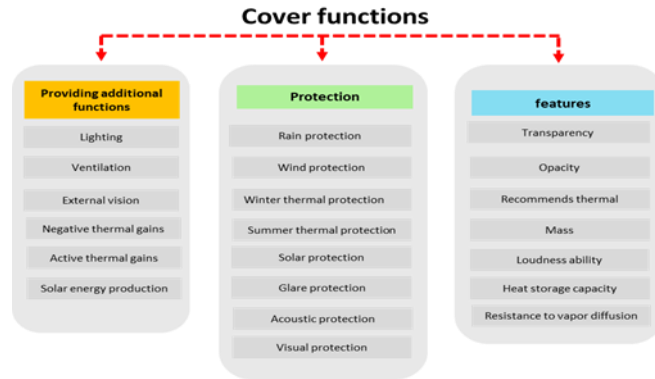
- تحسين الرؤية :توفر رؤية واضحة تتيح التواصل مع البيئة الخارجية، مع التحكم في وهج الشمس لتحقيق الراحة
- الراحة النفسية والمادية :تعزز الأغلفة الذكية الراحة النفسية من خلال تقديم بيئة مريحة ،
- تحكم في الضوء الطبيعي :تسمح الأغلفة الذكية بدخول ضوء النهار مع التحكم في نفاذ الأشعة الشمسية، مما يقلل من الأحمال الناتجة عن التبريد.
- التهوية الطبيعية :توفر تهوية طبيعية مع إمكانية تصفية الهواء غير المرغوب فيه، مما يحسن جودة الهواء الداخلي.

- التفاعل والتكامل:تساهم الأغلفة الذكية في تحقيق تفاعل وتكامل فعّال بين عناصر الغلاف ونظم المبنى، مما يعزز الأداء العام للمبنى ويوفر بيئة داخلية أكثر كفاءة واستدامة.

تتيح هذه الوظائف المتكاملة للغلاف الذكي تحقيق توازن مثالي بين الراحة الحرارية والبصرية والسمعية، مما يعزز من الأداء العام للمبنى ويقلل من الاعتماد على الأنظمة الاصطناعية للطاقة والتحكم البيئي.



شكل 17: يوضح اهم وظائف غلاف المبنى الذكي



شكل 18: وظائف الغلاف التي تعمل على تنظيم العلاقة بين عوامه التأثير الخارجية والداخلية.

6-مكونات غلاف المبنى

- السقف: وهو احد مكونات الغلاف الذكي للمبنى ,وحيث ان اساس مكون هذه الأسقف هي الخلايا الكهروضوئية فإن هذه الخلايا يمكن ان تُدمج مع واجهات المبنى وكاسرات الشمس ووسائل التظليل المختلفة لزيادة توليد الطاقة الكهربائية وخاصة كاسرات لشمس المتحركة والمتعرضه للشمس طوال النهار لتزيد من توليد الطاقة الكهربائية. كما في (شكل 19)



شكل 19: يوضح استخدام الأسطح الكهروضوئية في الأغلفة الخارجية لمبنى Rhine Elbe Science Building (14)

- الجدران الخارجية: وهي العنصر القائم من الغلاف الخارجي للمبنى والذي يعمل مع باقي عناصر الغلاف لحماية المبنى من العوامل الخارجية. وهناك انواع مختلفة لجدران الغلاف الذكي ومنها الحوائط الكهروضوئية والتي تعمل بنفس فكرة الأسقف الكهروضوئية حيث ان الواجهة المثالية غالبا ما تكون موجهة جنوبا لتعرضها الشعاع الشمس اكثر من غيرها الكهروضوئية الرأسية تنتج كمية من الطاقة الكهربائية اقل اذا ما قورنت باللوح المائلة نحو الشمس وكما تعمل هذه الواجهة على الحماية من اشعة الشمس المباشرة كما في (شكل 20)



شكل 20: مبنى Seattle public library, Washington يوضح تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الزجاج بحيث تسمح بالرؤية (15)

7-الواجهة الذكية: يمكن تقسيم الأجهزة المستخدمة في الواجهة الذكية إلى فئتين رئيسيتين:

أولاً: العناصر الوظيفية

- **فتحات التهوية: (Vent Openings)** تشمل هذه الفتحة النوافذ الذكية، التي تتحكم في انتقال الضوء من خلال تعديل شفافية الزجاج. فعندما تكون كثافة وشدة أشعة الشمس قوية، تصبح النافذة غير شفافة، مما يحجب الأشعة

المباشرة ويمنع دخولها إلى الفراغات الداخلية للمبنى. وعندما ينخفض الضوء الساقط على الزجاج، تصبح النافذة شفافة، مما يتيح دخول الضوء الطبيعي. بالإضافة إلى ذلك، تقوم النوافذ الذكية بالتحكم في انتقال الحرارة .

• وسائل التظليل: (Blinds/Louvers)

- وسائل التظليل الخارجية: تُدمج أدوات التظليل الخارجية في الواجهة لتقليل الحرارة المكتسبة من الإشعاع الشمسي المباشر. تعمل هذه الوسائل على اعتراض الأشعة الشمسية قبل وصولها إلى المبنى.
- وسائل التظليل الداخلية: من الأمثلة الشائعة على هذه الوسائل الستائر الأفقية أو العمودية الملتصقة بالنافذة من الخلف، كما هو موضح في الشكل (19). يتميز هذا النوع من التظليل بزيادة الراحة الحرارية داخل الفراغ وسهولة الصيانة والتركيب، نظرًا لأنه محمي من العناصر البيئية الخارجية.
- وسائل التظليل المدمجة بين طبقتي الواجهة: في حالة استخدام واجهة مزدوجة، يتم دمج وسائل التظليل بين الطبقتين في الفراغ الهوائي بينهما، كما هو موضح في الشكل (21).
- عواكس الضوء: (Light Reflection) تُستخدم هذه التقنية لتوجيه أو عكس الضوء داخل الواجهة لتحسين توزيع الإضاءة الطبيعية وتقليل الحاجة للإضاءة الاصطناعية.



شكل 21: يوضح كاسرات الشمس الخارجية المتحركة التي تتبع مسار الشمس لمنع الوهج والأكسبات الحراري مع السماح بنفاذ الضوء

تصميم أغلفة المباني منخفضة الطاقة: عند إنشاء الغلاف أو تجديده بفضل دراسته الغلاف بالكامل يجب مراعاة عمليه الأنشاء للكشف عن الفرص المتاحة لتحسين كفاءه استخدام الطاقه, ان صميم مفهوم الأغلفه منخفضه الطاقه او الاغلفه صفريه الطاقه هي فكره ان الأغلفه قادره على تلبية جميع متطلبات الطاقه لديها بتكلفه منخفضه, عن طريق موارد متوفره محليا وغير ملوثة للبيئه, وبمصادر الطاقه المتجدده

8-المواد الذكية وتطبيقاتها في مجال البناء: تُعرف المواد الذكية بأنها مواد ديناميكية تتميز بقدرتها على تغيير خصائصها الفيزيائية مثل الشكل واللون استجابةً لمحفزات بيئية طبيعية أو مصطنعة. تسهم هذه المواد في تحسين الأداء وتقليل استهلاك الطاقة، مما يجعلها محورية في تحقيق الاستدامة العمرانية والبيئية. وفقًا لتعريف Addington و Schodek، تعتبر المواد الذكية أنظمة متقدمة تكنولوجيًا تستجيب للتغيرات البيئية المحيطة بها. تتمتع بقدرات مثل الإصلاح الذاتي وترميم الأجزاء التالفة، بالإضافة إلى سهولة الاستبدال. من الأمثلة على ذلك الخرسانة النفاذة، التي تدمج خصائص الخرسانة مع تقنية صرف مبتكرة، مما يحسن نظام تصريف مياه الأمطار ويقلل تكاليف الصيانة.

8-1 خصائص المواد الذكية:

تم تحديد الخصائص الرئيسية للمواد الذكية كما يلي:

القدرة على تغيير الخصائص، القدرة على تبادل الطاقة، الحجم / الموقع المنفصل، و قابلية الانعكاس. يمكن الاستفادة من هذه الخصائص من خلال تحسين خصائص المواد أو السلوك لمطابقة أفضل الظروف المحيطة في البيئة.

بناءً على هذه الخصائص، يمكن للمواد الذكية أن تلعب دورًا هامًا في الأغلفة الذكية المستجيبة والمتكيفة. وذلك من خلال الاستجابة الفورية: (Immediacy) القدرة على الاستجابة بشكل سريع، الاستجابة المتغيرة: (Transiency) القدرة على الاستجابة وفقًا للحالة البيئية المتغيرة، التحريك الذاتي: (Self-actuation) القدرة على العمل بناءً على الذكاء الداخلي للمواد، الانتقائية: (Selectivity) القدرة على الاستجابة بطريقة منفصلة وقابلة للتنبؤ، المباشرة: (Directness) الاستجابة فقط عند تفعيل الأحداث.

كما وصف Addington و Schodek المواد الذكية بأنها أنظمة تتمتع بوظائف تقنية مدمجة توفر استجابات بيئية متخصصة، إما من خلال التغيير الداخلي في الخصائص المادية أو من خلال تبادل الطاقة الخارجية. وبفضل خصائصها المتكاملة، يمكن للمواد الذكية أن تساهم بشكل كبير في تحسين فعالية الأغلفة المستجيبة، كما هو موضح في الشكل 22. إحدى الميزات الرئيسية لهذه المواد هي قدرتها على تحويل خصائصها المادية أو شكلها أو تبادل الطاقة دون الحاجة إلى مصدر طاقة خارجي. (16)

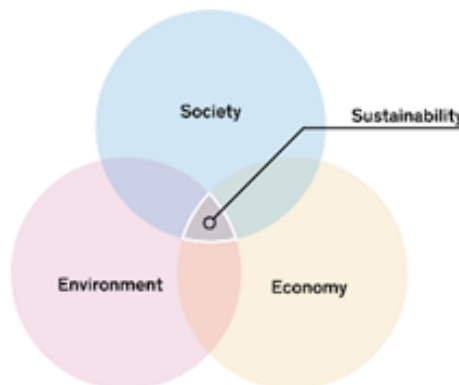


شكل 22: خصائص المواد الذكية

9- الاستدامة:

يُهدف مفهوم الاستدامة إلى الحفاظ على البيئة وتعزيز الحياة، تتمحور فكرة الاستدامة حول ضرورة تقليل استهلاك الطاقة، واستخدام مواد قابلة للتدوير والتجديد، مع جمعها بطريقة لا تلحق الضرر بالبيئة أو تستنزف مواردها. (18)

محاور الاستدامة: تركز الاستدامة على ثلاثة محاور رئيسية تُعد الدعام الأساسية لها؛ وهي البيئة، والاقتصاد، والمجتمع. ويؤدي اختلال أحد هذه المحاور إلى تأثير سلبي على تحقيق الأهداف الرئيسية للاستدامة. شكل (23)



شكل 23: محاور الاستدامة. المصدر: الباحث.

يُعد اختيار المواد المستدامة من أولى الأولويات. يسعى المهنيون إلى العثور على وتحليل مواد ليست صديقة للبيئة فحسب، بل توفر أيضاً كفاءة عالية في استخدام الطاقة. في هذا السياق، برزت الأخشاب الرقائقية المتقاطعة (CLT) كبديل محتمل للمواد التقليدية مثل الألومنيوم والصلب والخرسانة. يتميز CLT بكونه منتجاً خشبياً هندسياً يتكون من طبقات متعددة من الألواح الخشبية المكسدة في اتجاهات متناوبة ومثبتة بمادة لاصقة هيكليّة. أظهرت العديد من الدراسات أن CLT يوفر استقراراً وقوة هيكليّة ممتازة، مما يجعله مناسباً للاستخدام في العناصر الحاملة للأحمال مثل الجدران وإطارات الأرضيات والأسقف. وبالإضافة إلى ذلك، يُعتبر CLT منتجاً مُصنَّعاً مسبقاً يتم إنتاجه في ظل ظروف خاضعة للرقابة، مما يساهم في تسريع جداول المشروع وخفض التكاليف المحتملة.

المبنى المستدام هو المبنى الذي يتضمن التركيز على الاعتبارات البيئية في كل مرحلة من مراحل التشييد بمعنى آخر هو المبنى الذي تم تصميمه أو بناؤه أو تشغيله أو صيانته أو إعادة استخدامه بهدف حماية صحة قاطنيه وتحسين إنتاجية، مواد البناء المستدامة الذكية : هي مواد متقدمة تكنو لوجيا لها تأثير ايجابي على البيئة تساهم في ايجاد مباني مستدامة وتساهم في المحافظة على ديمومة المنشأ و انخفاض تكاليف صيانتها (19)

9-1 العمارة المستدامة والتكنولوجيا الذكية

ان للتكنولوجيا علاقه كبيره في انتاج عماره مستدامه , حيث ان التوافق بين اعتبارات التصميم التي تعكس توجهات العمارة منهجه, والتكنولوجيا من جهه اخرى , يمثل مرتكزا اساسيا من مرتكزات الاستدامه في العماره والنسبة للتكنولوجيا (Technology) (فقد أصبحت في عصرنا الحالي تعني: " استخدام المعرفة العلمية في التطبيق العملي وهي تساهم في منح المجتمع خصوصياته الثقافية التي يتميز بها , وتعمل على توجيه عملياته التنموية، مما ينعكس بشكل مباشر في العمارة, كذلك فان استمرار الحياه بمستوى مناسب يتطلب ربط الحلول التكنولوجيه بالحاجات البشرية دون إهمال الاعتبارات الأخرى المرتبطة بصيغ الاستدامة كالغطاء الأخضر والنواحي الأيكولوجية , ومن تلك الحلول التكنولوجية ما يتصل بالتقنيات الذكية، فقد بدأ المعماريون في إعادة تعريف كلمة العمارة المستدامة لأقناع المستخدمين بمزاياها وقدرتها على الوفاء بالحاجات الوظيفية للمنشآت، لكن كانت المشكلة في تركيز العمارة المستدامة دائما على ترشيد استهلاك الطاقة وتحقيق الراحة للمستخدمين، في حين العمارة الذكية تهدف إلى تقليل استهلاك الطاقات الطبيعية في البناء، يمكن تحقيق معايير الاستدامة باستخدام التقنيات الذكية ,حيث أن اندماج أساليب التصميم المستدام والتقنيات الذكية لا تعمل فقط على خفض استهلاك الطاقة وتقليل الأثر البيئي فحسب ولكن أيضا يقلل من تكاليف الإنشاء والصيانة ويخلق بيئة عمل مريحة .

تقنيات الغلاف الذكي ودورها في الاستدامة

معايير الذكاء في المباني :تشمل المعايير الأساسية لتصنيف المبنى كـ "ذكي:"

- شبكة البيانات :تتضمن أنظمة الاتصال بالإنترنت، ونظم توزيع الفيديو، والمراقبة بالفيديو، مما يوفر تحكماً فعالاً في المبنى.
- أنظمة التحكم :تشمل أنظمة التحكم في الدخول، وإدارة الطاقة، والتكييف، وإدارة المرافق، مما يعزز الأداء العام للمبنى.
- البنية التحتية :تتضمن الأنظمة اللاسلكية التي تدعم التواصل بين مكونات المبنى المختلفة.
- نظام الإدخال :استقبال المعلومات من أجهزة الاستشعار.
- معالجة المعلومات :تحليل البيانات لتحديد الاستجابات المناسبة.

- نظام الإخراج: تنفيذ الاستجابات بناءً على المعلومات المدخلة.
 - الاستجابة في الوقت المناسب: ضمان استجابة النظام في الوقت المناسب.
 - القدرة على التعلم: تحسين أداء النظام من خلال التعلم من البيانات المتراكمة.
- الاستدامة في المباني الذكية: تهدف المباني الذكية إلى تحقيق الاستدامة من خلال جوانب متعددة تشمل:
- المواقع المستدامة: اختيار مواقع بعيدة عن المناطق الحساسة بيئيًا.
 - كفاءة استخدام الماء: تطبيق حلول لترشيد استهلاك الماء.
 - الطاقة والغلاف الجوي: تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل الانبعاثات.
 - المواد والموارد: استخدام مواد بناء قابلة لإعادة التدوير وصديقة للبيئة.
 - جودة الهواء الداخلي: ضمان تهوية جيدة وجودة هواء لتحسين راحة شاغلي المبنى.
 - التصميم والابتكار: تنفيذ تصاميم مبتكرة تعزز من الاستدامة والكفاءة.
- العناصر المشتركة بين التقنيات الذكية والاستدامة: تتضمن العناصر المشتركة بين تقنيات الغلاف الذكي والاستدامة:
- تحسين أداء الطاقة: استخدام تقنيات لزيادة كفاءة استهلاك الطاقة.
 - قياس التكلفة الإضافية: تقييم التكاليف المرتبطة بتطبيق التقنيات الذكية.
 - مراقبة نسبة ثاني أكسيد الكربون: تتبع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والتحكم فيها.
 - إمكانية التحكم في الأنظمة: تزويد المبنى بنظم للتحكم الذكي في جميع الأنظمة.
 - نظم المراقبة الدائمة: تنفيذ أنظمة لمراقبة أداء المبنى بشكل مستمر.
 - الابتكار في التصميم: دمج حلول تصميم مبتكرة لزيادة الاستدامة.
- دمج التقنيات الذكية في الغلاف: تساهم التقنيات الذكية في تحسين كفاءة الغلاف من خلال حلول متطورة مثل:
1. النوافذ الذكية: تغيير خصائص الزجاج استجابةً للبيئة الخارجية، مما يقلل من استهلاك الطاقة للتدفئة والتبريد.
 2. العزل الحراري الذكي: ضبط خصائص العزل بناءً على الظروف الجوية، مما يعزز كفاءة التدفئة والتبريد.
 3. أنظمة التهوية الذكية: مزودة بأجهزة استشعار لمراقبة وضبط جودة الهواء، مما يقلل من استهلاك الطاقة.
 4. نظام أتمتة المبنى: نظام مركزي يتحكم في التدفئة والتبريد والإضاءة والتهوية استجابةً لتغيرات الطقس واستخدامات المبنى.
 5. نظام التظليل الشمسي: جهاز استشعار يضبط كمية الضوء الطبيعي الداخل إلى المبنى.

تعزيز كفاءة الطاقة من خلال الأغلفة المستجيبة من مستوى المباني إلى مستوى المدن: تُعد الأغلفة المستجيبة على مستوى المباني أدوات فعالة لزيادة كفاءة الطاقة من خلال تقليل الاستهلاك الكلي للطاقة واستخدام الطاقة المتجددة. تساهم هذه الأغلفة في تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء أو تخزينها كطاقة حرارية داخل المبنى. استخدام المواد الزجاجية ذات الخصائص القابلة للتحكم يؤدي إلى تقليص كبير في الطلب على الطاقة مقارنةً بالواجهات التقليدية. تعميم هذا التصميم على مستوى المدن يمكن أن يحقق نتائج فعالة مماثلة. (20)

تخطيط المجتمعات المستدامة ودور الشبكات الذكية: في إطار تخطيط المجتمعات المستدامة، من الضروري تصميم شبكة من المباني المستجيبة والذكية التي تعمل بتكامل على مستوى المنطقة. يتطلب هذا النهج دراسة كيفية تفاعل مجموعات المباني الصغيرة بشكل مستقل وكيفية تنسيقها ضمن الأحياء أو المناطق أو المدن. الهدف هو تصميم "عقدة متصلة" من المباني التي تتبادل الموارد مثل بيانات المناخ وتدفق الطاقة الحرارية والكهربائية، وترتبط بشبكة مركزية عبر نظام إدارة

الطاقة أو مركز العمليات الذكية (IOC) الذي يتحكم في التفاعلات وفقاً لأهداف واستراتيجيات محددة، ويعرف بـ "استجابات التعلم". (21)

إنشاء شبكة ثانوية وتبادل الموارد: يمكن تشكيل شبكة ثانوية من خلال تجمع المباني التي تتبادل الموارد بطرق متعددة. على سبيل المثال، يمكن تبادل الطاقة الحرارية مباشرة بين المباني دون الحاجة إلى تخزين مؤقت. يسهم هذا التكوين الموزع في تطوير شبكات معلومات إدارية ثانوية على مستوى المنطقة، تتطلب تبادل فعال للموارد يشمل جداول زمنية مباشرة، وملفات تعريف استخدام الطاقة المتوقعة، وأسعار الطاقة، وبيانات الطقس. مما يتيح تنظيم استهلاك الطاقة بفعالية في الوقت الفعلي

10-دراسة وتحليل الأغلفة الذكية في النماذج المعمارية

تم دراسة النماذج المعمارية الذكية على المستويين الإقليمي والعالمي، مع التركيز على كيفية توظيف الأغلفة الذكية لتحقيق التكيف مع الظروف البيئية المحيطة. سيتم استعراض نماذج تبرز دمج تقنيات الذكاء والأغلفة الذكية لتعزيز الاستدامة وتحسين الأداء البيئي.

معايير اختيار الأغلفة الذكية

تتضمن معايير اختيار الأغلفة التكيفية لتحديد الأنظمة الأكثر فعالية وملاءمة لمتطلبات التصميم البيئي ما يلي:

جدول 2: معايير اختيار الأغلفة الذكية في المباني

المعيار	الوصف
كفاءة الطاقة	تحسين العزل والتظليل لتقليل استهلاك الطاقة.
التفاعل مع البيئة	الاستجابة للتغيرات في درجة الحرارة والإضاءة والرطوبة.
تحسين جودة الهواء الداخلي	تحسين التهوية وضمان جودة الهواء الداخلي.
الاستدامة	استخدام مواد قابلة لإعادة التدوير وتعزيز الاستدامة البيئية.
الراحة الداخلية	تحسين راحة الشاغلين من خلال التحكم في الضوء والحرارة.
الابتكار التكنولوجي	دمج تقنيات حديثة مثل الاستشعار والتحكم الذكي.
التكلفة والجودة الاقتصادية	مقارنة التكلفة الأولية بفوائد توفير الطاقة والصيانة.
التوافق مع المعايير البيئية	الالتزام بالمعايير البيئية المحلية والدولية.

-استاد لوسيل – قطر (2021)

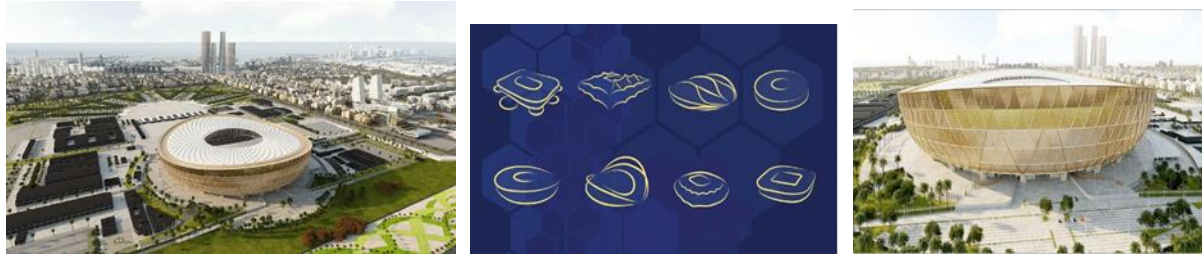
موقع المشروع والتفاصيل العامة: استاد لوسيل، الذي يقع على بُعد مسافة قصيرة شمال مدينة الدوحة، يمثل إحدى المنشآت الرائدة في كأس العالم قطر 2022. تم تصميم الاستاد ليكون نموذجاً في الابتكار والاستدامة. تصميم السقف المتقدم: يمثل تصميم سقف استاد لوسيل مثلاً بارزاً لاستخدام أحدث المواد والتقنيات الهندسية. تم اختيار المواد بعناية لتحقيق التوازن الأمثل بين دخول الضوء الطبيعي إلى الملعب ونمو العشب بشكل مثالي، مما يقلل الحاجة إلى

التكثيف الصناعي. يساهم التصميم في الحفاظ على درجة حرارة مناسبة داخل الاستاد، مما يعزز كفاءة استخدام الطاقة ويقلل من الأثر البيئي للمنشأة.

دور الغلاف الذكي في الاستدامة: يُعتبر الغلاف الذكي في استاد لوسيل جزءاً أساسياً من استراتيجيته للاستدامة. يتضمن الغلاف الذكي استخدام مواد متقدمة وتقنيات للتحكم في تدفق الضوء والحرارة، مما يساهم في تقليل استهلاك الطاقة. يتيح هذا الغلاف ضبط الضوء الداخل بشكل ديناميكي، مما يعزز من فعالية نظام الإضاءة الطبيعي ويقلل من الاعتماد على الإضاءة الصناعية.

استدامة الموارد وإعادة التدوير: أولت إدارة استاد لوسيل اهتماماً بالغاً باستدامة الموارد خلال جميع مراحل البناء وبعده. يشمل ذلك إعادة تدوير النفايات والمياه والموارد الطبيعية الأخرى، مما يجعله نموذجاً عالمياً يحتذى به في تصميم المنشآت الرياضية المستدامة.

يعتبر استاد لوسيل نموذجاً متقدماً في دمج الابتكار الهندسي والاعلاف الذكيه مع الاستدامة البيئية، حيث يبرز دوره في تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتقليل الأثر البيئي من خلال تصميم سقف ذكي وإدارة مستدامة للموارد كما في (شكل 24).



شكل 24: واجهة مبنى استاد لوسيه (2021) (22)

متحف وبستان الصافية: مشروع ثقافي وتروحي في المدينة المنورة

موقع المشروع والتفاصيل العامة: يعد متحف وبستان الصافية مشروعاً ثقافياً وترويحياً يمتد على مساحة إجمالية قدرها 20,000 متر مربع، ويقع في المدينة المنورة، المملكة العربية السعودية، بالقرب من المسجد النبوي الشريف.

التاريخ والموقع: يقع المشروع في منطقة "بلاد الصافية" جنوب المسجد النبوي، وهي منطقة تاريخية كانت تُعرف ببستانها الغني بأشجار النخيل، التي كانت توفر ظلاً وافراً يساهم في تلطيف المناخ القاسي والجاف. كانت المنطقة تحتوي أيضاً على بئر ماء لتلبية احتياجات سقي البستان. تعكس الأرض تاريخ المدينة المنورة وهويتها الطبيعية.

فكرة التصميم: تستند فكرة تصميم مشروع متحف وبستان الصافية إلى دراسة شاملة لتاريخ المدينة المنورة وهويتها الطبيعية. في الماضي، كانت المنطقة محاطة بسور وتتميز بأشجار النخيل، وتهدف فكرة التصميم الحالية إلى استعادة هذه الهوية التاريخية والبيئية. يتضمن التصميم دمج عناصر التراث مع البيئة الحضرية المعاصرة، مما يحقق توازناً بين الماضي والحاضر. يسعى المشروع إلى الحفاظ على التراث الثقافي وتعزيزه ضمن إطار تصميم حديث، مما يثري تجربة الزوار ويعزز الفهم العميق للهوية التاريخية للمدينة.

الغلاف الذكي ودوره في الاستدامة:

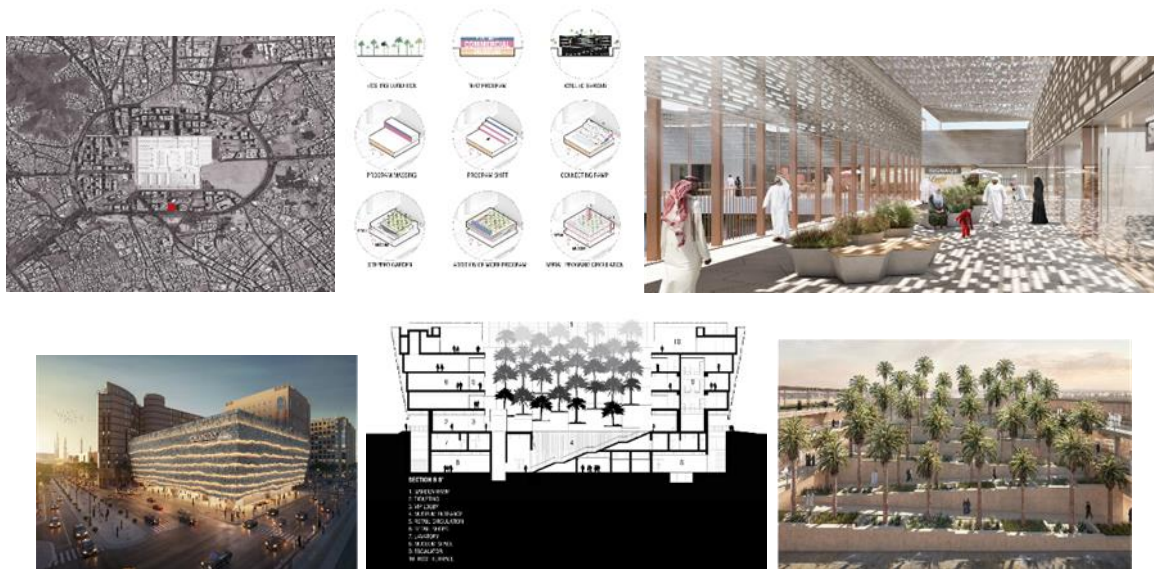
الغلاف الذكي: يتميز متحف وبستان الصافية بتطبيق مفهوم "الغلاف الذكي" الذي يساهم في تحقيق أهداف الاستدامة. يتمثل هذا المفهوم في استخدام تقنيات متقدمة في تصميم وتطوير الغلاف الخارجي للمبنى لضمان كفاءة استخدام الموارد والحفاظ على البيئة

- **تحسين الأداء البيئي:** يعمل الغلاف الذكي على تحسين الأداء البيئي للمبنى من خلال تحكم دقيق في تدفق الضوء والتهوية، مما يقلل الحاجة إلى التكييف الصناعي والإضاءة الاصطناعية. يتضمن ذلك استخدام مواد زجاجية عالية الأداء توفر العزل الحراري وتسمح بمرور الضوء الطبيعي بكفاءة، مما يساهم في تقليل استهلاك الطاقة.

- **استدامة الموارد:** يساهم الغلاف الذكي في استدامة الموارد من خلال تقنيات إعادة تدوير المياه والنفائات، واستخدام المواد القابلة لإعادة التدوير في البناء. يساعد ذلك على تقليل الأثر البيئي ويعزز من كفاءة استخدام الموارد الطبيعية كما في (شكل 25)

- **تفاعل التصميم مع البيئة المحيطة:** يأخذ التصميم في اعتباره التفاعل بين الغلاف الذكي والبيئة المحيطة، مما يساهم في تحقيق توازن بين التكيف البيئي والمحافظة على التراث التاريخي. من خلال دمج عناصر التصميم التقليدي مع تقنيات البناء الحديثة، يعزز المشروع من تكامل البيئة الطبيعية مع متطلبات الاستدامة العصرية.

- **تحسين تجربة الزوار:** يؤدي استخدام الغلاف الذكي إلى تحسين تجربة الزوار من خلال توفير بيئة مريحة وصحية. يساهم ذلك في تعزيز الجاذبية الثقافية والترفيهية للمشروع، يعتبر مشروع متحف وبستان الصافية مبنى مستدامًا التزامًا عميقًا بالاستدامة من خلال دمج تقنيات الغلاف الذكي مع العناصر التاريخية والثقافية، مما يجعله نموذجًا متقدمًا في تصميم المشاريع المعمارية الحديثة (23)



شكل 25 : استخدام اغلفه ذكيه فى متحف وبستان الصافيه بالمدينه المنوره لتحقيق تصميم مستدام ومبتكر (23)

معرض إكسبو 2020 دبي Pavilion UAE for Expo 2020 Dubai

الوصف العام:

معرض إكسبو 2020 دبي، الذي حصل على شهادة LEED ، يعكس استدامه المبنى والتوافق مع معايير المباني الخضراء في دبي (DGBR). يتسم تصميمه بالابتكار في الجوانب البيئية والوظيفية، حيث يجمع بين الجمالية والكفاءة في استخدام الموارد.

التصميم والوظائف:

- **سقف الأجنحة المتحركة:** تم تصميم السقف على شكل أجنحة تحاكي تدفق الحركة الطبيعية. يتألف السقف من 28 جناحًا مصنوعة من ألياف الكربون، والتي تدور حول نقطة محورية لتقديم حركة ديناميكية. يتم تحريك هذه الأجنحة بواسطة محركات هيدروليكية متطورة.
- **آلية الفتح التلقائي:** يمكن فتح السقف بالكامل في ثلاث دقائق من خلال فتح الأجنحة. هذا التوقيت السريع يتيح تعديل بيئة الداخل بسرعة وفقًا للظروف الجوية.
- **دمج الألواح الكهروضوئية:** يشمل الهيكل أيضًا ألواحًا كهروضوئية لامتصاص ضوء الشمس عندما تكون الأجنحة مفتوحة. توفر هذه الألواح طاقة نظيفة للمبنى، بينما يحمي الهيكل هذه الألواح من الظروف الجوية مثل المطر والعواصف الرملية.
- **الإضاءة الطبيعية:** يساهم التصميم في توفير الضوء الطبيعي، مما يقلل من الإضاءة الاصطناعية ويعزز من الاستدامة.
- **استجابة للطوارئ:** في حالات الطوارئ مثل الحريق، تم تصميم الهيكل بحيث تفتح الشواريح المحيطة بشكل آلي للمساعدة في التهوية والتقليل من التأثيرات السلبية.
- **الاستدامة:** يعكس تصميم معرض إكسبو 2020 التزامًا راسخًا بالممارسات المستدامة، حيث يجمع بين التكنولوجيات الحديثة والابتكارات في البناء لضمان تقليل الأثر البيئي وتعزيز الراحة والفعالية التشغيلية.



شكل 26: واجهة استاد لوسيه (2021) (24)

-نموذج لمبنى بيئي ذكي: منزل لومن هاوس (LumenHAUS)

فريق العمل: تُعد جامعة فرجينيا، بالولايات المتحدة الأمريكية، موطنًا لفريق العمل الذي يتكون من طلبة وأساتذة، وقد تم تصميم وبناء منزل لومن هاوس كجزء من برنامج الأبحاث الذي بدأ في عام 2002.

وصف المبنى: منزل لومن هاوس هو النموذج الثالث من المنازل الشمسية الذي تم تطويره في جامعة فرجينيا، ويمثل دمجًا مبتكرًا بين العمارة والتكنولوجيا. وقد حصل هذا التصميم على جائزة "أفضل مبنى بيئي في أوروبا" خلال مسابقة مدريد، إسبانيا، في عام 2010.

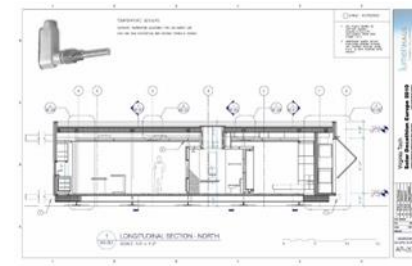
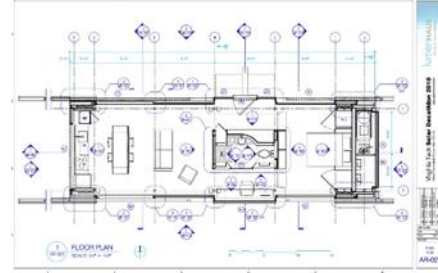
السمات الرئيسية للمبنى:

- **الطاقة الصفرية:** يتميز المنزل بكونه "صفر الطاقة"، حيث يعتمد بالكامل على الطاقة الشمسية لتلبية احتياجاته من الطاقة.
- **المواد القابلة للتدوير:** تم استخدام مواد بناء قابلة للتدوير في تصميم المنزل، مما يعزز من استدامة المبنى و تقليل النفايات.

• **التفاعل التلقائي مع البيئة:** يتميز المبنى بقدرته على الاستجابة التلقائية للتغيرات البيئية. يتضمن ذلك تكنولوجيا متقدمة لتحقيق توازن بين الكفاءة في استخدام الطاقة وراحة المستخدم، مما يضمن توفير بيئة داخلية مريحة ومستدامة.

الابتكار والتكنولوجيا: يعد منزل لومن هاوس مثالاً بارزاً على كيفية دمج التكنولوجيا الحديثة مع التصميم المعماري لتلبية احتياجات الطاقة المستدامة. يُظهر المشروع التزاماً قوياً بالابتكار البيئي ويسهم في تحقيق الأهداف العالمية للحد من تأثير المباني على البيئة.

الاستدامة والراحة: بفضل التصميم المدروس والمواد المستخدمة، يوفر المنزل بيئة داخلية مريحة ويعزز من الكفاءة في استخدام الطاقة. يعكس المشروع التوجهات المستقبلية في بناء المنازل الذكية والمستدامة



شكل 27: منزل لومن هاوس L (26)

غلاف المبنى في منزل لومن هاوس: (LumenHAUS)

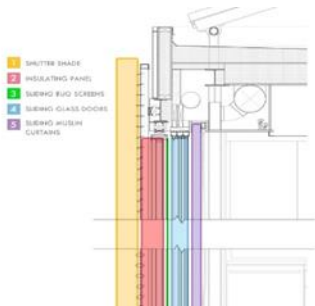
الهيكل الخارجي:

• **الزجاج الكهربائي:** يتكون غلاف المنزل الخارجي من مسطحات زجاجية كهربائية، والتي تساهم في تقليل الأحمال الحرارية المرتبطة بالتدفئة والتبريد. يعمل هذا النوع من الزجاج على تحسين جودة الضوء الداخل إلى المبنى من خلال تعديل تلوين الزجاج وفقاً لشدة أشعة الشمس. وهذا يساهم في تقليل التوهج وتحسين الراحة البصرية داخل المساحات الداخلية (30)

• **نظام التظليل: Eclipsis** يعتمد المنزل على نظام تظليل متقدم يُعرف باسم Eclipsis ، الذي يتضمن مجموعة من الحوائط المتحركة المتصلة بنظام إدارة المبنى (BMS). يتيح هذا النظام تعديل الحوائط بناءً على التغيرات في حالة المناخ الخارجي ومتطلبات الاتصال المباشر بالبيئة المحيطة. تساهم الحوائط المتحركة في ضبط كمية أشعة الشمس الواصلة إلى الفراغات الداخلية، مما يعزز من توفير الإضاءة والتهوية الطبيعية.

الواجهة المتحركة: تتكون الواجهة المتحركة من خمس طبقات تنتقل بشكل مستقل على طول الحائط لتوفير أنواع مختلفة من الإضاءة والتهوية. تشمل هذه الطبقات:

- **الطبقة المخرمة:** توفر تظليلاً جزئياً وتسمح بمرور الضوء مع الحفاظ على الخصوصية.
 - **الطبقة المعتمة:** تتحكم في كمية الضوء الواصلة إلى الداخل وتساهم في حماية من أشعة الشمس المباشرة.
 - **سلك الحشرات:** يقي الداخل من دخول الحشرات مع السماح بمرور الهواء.
 - **الألواح الزجاجية:** تعمل على تحسين دخول الضوء الطبيعي والحفاظ على العزل الحراري.
 - **ستائر القماش المتحركة:** توفر مزيداً من التحكم في الإضاءة وتساعد في تعديل التهوية بناءً على الاحتياجات.
- تعمل هذه الطبقات المتعددة بشكل متكامل لضمان توفير أفضل الظروف البيئية داخل المنزل، مع تعزيز الأداء البيئي والكفاءة الطاقية



شكل 29: يظهر طبقات الواجهة المتحركة الخارجية (28)

شكل 28: يوضح جدران التظليل الخارجية المتحركة لمنزل لومن هاوس (27)

الطبقة المخرمة في الغلاف الذكي: تُعتبر الطبقة المخرمة الخارجية من العناصر الأساسية في تصميم الغلاف الذكي، حيث تلعب دوراً محورياً في تحقيق التوازن بين الخصوصية وكفاءة التظليل.

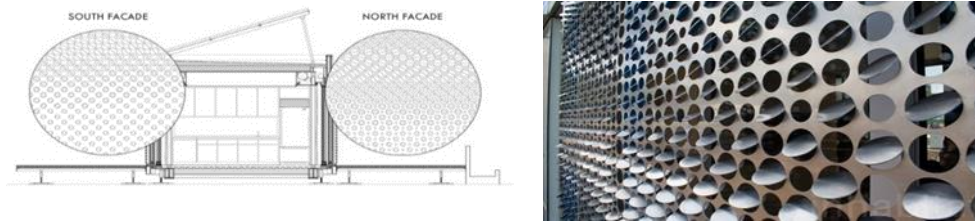
- **تصميم الطبقة المخرمة:** تتكون الطبقة المخرمة من فتحات دائرية مزودة بشرائح من الفولاذ المقاوم للصدأ. هذه الفتحات مصممة لتوفير الخصوصية وتوزيع ضوء الشمس بشكل متوازن حسب الحاجة.
- **اختلاف الأحجام والتوجيه:**

○ **الواجهة الجنوبية:** تتميز المخمرات في الواجهة الجنوبية بحجم أصغر مقارنة بالواجهة الشمالية. هذا التصميم يهدف إلى زيادة نسبة التظليل داخل الفراغات الداخلية، مما يقلل من تأثير أشعة الشمس ويحسن الراحة البيئية.

○ **الواجهة الشمالية:** تكون المخمرات في الواجهة الشمالية أكبر حجماً، مما يسمح بزيادة نسبة الأشعة الشمسية غير المباشرة إلى الداخل. مما يعزز من استفادة المبنى من الضوء الطبيعي دون التأثير السلبي على الحرارة الداخلية.

الفوائد العملية:

- تحسين الخصوصية: توفر المخزومات الحماية اللازمة للخصوصية من الخارج، دون التضحية بالإضاءة الطبيعية.
- تحكم في التظليل: تساعد الفتحات في التحكم بفعالية في كمية الضوء الشمسية المباشرة التي تصل إلى الداخل، مما يساهم في تحسين الراحة البصرية وتقليل الأحمال الحرارية.
- التكيف مع الاتجاهات الشمسية: يعكس الاختلاف في حجم المخزومات تصميماً ذكياً يتناسب مع الاتجاهات الشمسية المختلفة.



شكل 30: طبقة المخزومات لمنزل لومن هاوس (29)

استراتيجيات التشغيل والمواد المستخدمة في مبنى لومن هاوس: (LumenHAUS)

استراتيجيات التشغيل الموسمية:

1. في فصل الصيف:

- إغلاق الطبقة المخزومة: تُغلق الطبقة المخزومة الخارجية لتقليل التظليل والحماية من أشعة الشمس المباشرة.
- فتح الألواح الزجاجية: يُفتح سطح الألواح الزجاجية للسماح بدخول الهواء الطبيعي والإضاءة الطبيعية الخافتة.
- تشغيل التكييف: في حالة زيادة درجات الحرارة، يُغلق الألواح الزجاجية تلقائياً ويتم تشغيل نظام التكييف الداخلي.

2. في فصل الشتاء:

- فتح الطبقة المخزومة: تُفتح الطبقة المخزومة الخارجية لتوفير أقصى استفادة من التدفئة الطبيعية عبر أشعة الشمس.
- غلق الألواح الزجاجية: تُغلق الألواح الزجاجية للحفاظ على الحرارة داخل المبنى وزيادة فعالية التدفئة.
- تشغيل التدفئة: في حال انخفاض درجات الحرارة، يتم تشغيل نظام التدفئة الكهربائية تلقائياً استناداً إلى قياسات نظام إدارة المبنى. (BMS)

المواد المستخدمة في المبنى:

- الطلاء البيئي: يتم استخدام طلاء بيئي ذو جودة عالية يحتوي على مركبات عضوية متطايرة بمستويات منخفضة، مما يقلل من التأثير السلبي على نوعية الهواء ويعزز من الصحة البيئية.
- الألواح العازلة الهيكلية: (SIPs) تستخدم الألواح العازلة الهيكلية - (Structural Insulated Panels) لتوفير عزل جيد، مما يساهم في تحسين كفاءة الطاقة داخل المبنى.

- مادة الأيروجيل: (Aerogel) تُستخدم مادة الأيروجيل لتعبئة ألواح البولي كربونات، حيث توفر قيمة عزل عالية مع السماح بمرور الضوء، مما يعزز من كفاءة العزل ويقلل من الاحتياجات الطاقة (30)
- الألواح الشمسية: (Photovoltaic Panels) يتم تثبيت ألواح شمسية ذات وجهين على المبنى لتوليد الطاقة الكهربائية النظيفة اللازمة لتشغيل المبنى بالكامل. هذه الألواح تساهم في تحقيق الأهداف الطاقة للمبنى وتعزز من استدامته البيئية.

تساهم هذه الاستراتيجيات والمواد في تحسين الأداء البيئي للمبنى ، مما يجعله نموذجًا متميزًا للعمارة المستدامة والذكية (30)



شكل 31: مصفوفة الخلايا الشمسية الموجودة على سطح منزل لومن هاوس (31)

اختيار المواد وتطبيقات الطاقة في مبنى لومن هاوس: (LumenHAUS)

اختيار المواد: تم اختيار مواد بناء تتوافق مع معايير العمارة المستدامة. تشمل أهداف اختيار المواد ما يلي:

- تقليل الملوثات الداخلية: تهدف القرارات التصميمية إلى الحد من وجود الملوثات في الأماكن المغلقة، مما يحسن الهواء.
- تقليل الاحتباس الحراري: تساهم المواد المستخدمة في تقليل تأثير المبنى على الاحتباس الحراري، وبالتالي الأثر البيئي .
- تقليل النفايات: جميع المواد المستخدمة في البناء قابلة لإعادة التدوير، مما يقلل من النفايات ويعزز من الاستدامة

تطبيقات الطاقة:

- استخدام حرارة باطن الأرض: في فصل الشتاء، يتم الاستفادة من حرارة باطن الأرض لتدفئة الأرضيات الداخلية للمنزل. يشمل النظام أنابيب حرارية تمر عبر طبقة الخرسانة في أرضية المنزل، حيث تتدفق المياه الساخنة في هذه الأنابيب. هذا النظام يعزز من فعالية التدفئة الداخلية ويقلل من الاعتماد على أنظمة التدفئة الاصطناعية.
- استخدام الأرض كمبرد: في فصل الصيف، يُستخدم النظام الأرضي كمبرد للمياه المضخة في الأنابيب. تمر المياه عبر الأنابيب المدفونة في الأرض، مما يساعد على تبريدها قبل ضخها إلى داخل المبنى. هذا التبريد الطبيعي يساعد في تقليل حرارة الجو داخل الفراغات الداخلية للمنزل، مما يعزز الراحة البيئية ويقلل من الحاجة إلى التبريد الاصطناعي.

الاستدامة والطاقة: تساهم هذه الأنظمة في تحسين كفاءة الطاقة وتقليل استهلاك الطاقة ، مما يجعل المنزل نموذجًا بارزًا للعمارة المستدامة. من خلال دمج المواد القابلة لإعادة التدوير واستخدام تقنيات الطاقة الطبيعية.

جدول 2 :تحليل مقارن للامثلة المختار وما يحققه نظامه الانشائي الذكي من الاستدامة.

	ما يحققه تطبيق منظومه الانشاء				
	التحكم	مواد البناء	الغلاف	الأنظمة	معلومات عامه
Umbrella façade at Madrid pavilion	التحكم بواسطة الضبط الذاتي	غلاف من مواد ذكية يساعد على مرور الضوء و ضبط الحرارة اللازمه	الغلاف به مواد ذكية تتكيف مع الوسط المحيط	الغلاف موفر للطاقة	ستاد لوسيه مبنى قائم - قطر - قطاع عام
Land of Al Safia",	التحكم بواسطة الضبط الذاتي	غلاف من مواد ذكية يساعد على مرور الضوء و ضبط الحرارة اللازمه	الغلاف به مواد ذكية تتكيف مع الوسط المحيط	الغلاف موفر للطاقة	يقع المشروع جنوب المسجد النبوي - عام
UAE Pavilion for the Expo 2020 Dubai	التحكم بواسطه المستخدمين	غلاف مصنوع من اللوحات الكهرو وئية التي تمتص ضوء الشمس	الغلاف يعمل تدريجي و يساعد على تنظيم كمية دخول الضوء والحراره وانتاج الطاقه	الغلاف موفر للطاقة	المكان برشلونه - مبنى قائم - قطاع عام
LumenHAUS	-التحكم الآلي واليدوي وعن بعد في مكونات وانظمة المبنى.	غلاف من خرسانة HTC ، ألواح عزل هيكلية SIPS، خشب القيقب النقية، زجاج كهربائي، مادة الأيروجيل لتعبية ألواح البولي كربونايت، ألواح شمسية، ستائر قماش، فولاذ مقاوم للصدى، طلاء بيئي.	عبارة عن حوائط مكونة من 5 طبقات الغلاف يعمل تدريجي و يساعد على تنظيم كمية دخول الضوء والحراره وانتاج الطاقه	نظام إدارة المبنى BMS ، الاتصالات والتحكم الذاتي، الجيل تحكم الشاغلين،	النموذج الثالث من المنازل الشمسية الذي تم تطويره في جامعة فرجينيا التكنولوجية

تطبيق المباني الذكية في البلدان العربية

من خلال البحث نجد إمكانيه كبيرة تطبيق خصائص المباني الذكية في البلدان العربية، حتى مع استخدام مواد البناء التقليدية. تقنيات العمارة الذكية تسهم في تحسين أداء المباني من خلال:

- راحة الشاغلين: تعزيز الراحة عبر تحسين التهوية والإضاءة الطبيعية.
- سهولة الاستخدام: تبسيط العمليات التشغيلية من خلال الأنظمة الذكية.
- توفير الوقت: تسريع عمليات التحكم وإدارة المباني.
- الأمن والسلامة: رفع مستوى الأمان باستخدام أنظمة مراقبة متقدمة.

استغلال التكنولوجيا لتحقيق بيئة داخلية مريحة: النماذج المعمارية الذكية تبرهن أن التكنولوجيا المتقدمة تساهم في خلق بيئة داخلية صحية. كما تأخذ المباني الذكية في الاعتبار تحقيق شروط الاستدامة البيئية والاقتصادية، باستخدام تقنيات لتقليل التأثير البيئي.

استراتيجيات لتنفيذ المباني المستجيبة في المدن الجديدة: تعتبر المباني جزءاً أساسياً من نظام الطاقة العالمي ولها دور مهم في التحول نحو اقتصاد ذكي ومستدام خالٍ من الكربون. لتحقيق هذا التحول، يجب اتباع استراتيجيات تشمل:

- زيادة الاستثمارات في تجديد المباني: لتحسين كفاءة استخدام الطاقة وتعزيز الأداء.
- استغلال المباني كمراكز طاقة: لتمكين المباني من استهلاك وتوليد وتخزين وتوفير الطاقة بكفاءة.
- دعم التوازن طويل الأجل لنظام الطاقة: من خلال تخزين الطاقة والاستجابة للطلب بما يتوافق مع احتياجات النظام.
- تقييم الجاهزية الفنية: التحقق من قدرة المبنى على التفاعل بفعالية مع البيئة ونظام الطاقة.
- مؤشرات الأداء: تطوير مؤشرات لقياس كفاءة المبنى في استخدام الطاقة والتفاعل مع الشبكة.

استراتيجيات التفاعل: وضع استراتيجيات لتحسين الكفاءة وتعزيز الاستدامة. تساهم هذه الاستراتيجيات في تعزيز كفاءة المباني المستجيبة، مما يدعم تحقيق أهداف الاستدامة والطاقة الذكية في المدن الجديدة.

النتائج والتوصيات

النتائج:

1. تحقيق فعالية استهلاك الطاقة باستخدام المواد الذكية والأغلفة الديناميكية: أظهرت الدراسة أن تكامل المواد الذكية والأغلفة الديناميكية يساهم بشكل ملحوظ في تقليل استهلاك الطاقة في المباني. هذه المواد تتيح التكيف الفعال مع التغيرات البيئية، مما يعزز القدرة على تقليل استهلاك الطاقة. كما تساهم في تحويل المباني إلى منشآت منخفضة الاستهلاك للطاقة بفضل قدرتها على جمع الطاقة وتحسين الكفاءة الطاقية.
2. أهمية تكامل الأنظمة الذكية لتحقيق الأداء الأمثل للمباني الذكية: تشير النتائج إلى أن تحقيق الأداء الأمثل للمباني الذكية لا يعتمد فقط على وجود أنظمة ذكية بشكل منفصل، بل يتطلب تنسيقاً متكاملاً بين جميع الأنظمة الذكية

بحيث تعمل ككل واحد. التكامل الفعال بين الأنظمة الذكية والمكونات البيئية للمبنى يعزز من تحقيق الأداء الأمثل والتفاعل الفعال مع المستخدمين.

3. دور المباني الذكية في تعزيز الاستدامة البيئية والاقتصادية: بينت الدراسة أن تطبيق خصائص المباني الذكية يدعم الاستدامة البيئية والاقتصادية. تساعد هذه المباني على تقليل استهلاك الطاقة، وتخفض تكاليف التشغيل، وتزيد من فعالية الاستثمار في المباني. كما أن التحويل من المباني التقليدية إلى مباني ذكية يمكن أن يساهم في تحسين الطاقة وتقليل التكاليف التشغيلية.
4. استراتيجيات المباني المستجيبة في المدن الجديدة: أكدت الدراسة على أهمية المباني كمراكز طاقة فعالة في نظام الطاقة العالمي، والتي تساهم في الانتقال إلى اقتصاد ذكي ومستدام خالٍ من الكربون. المباني المستجيبة تلعب دوراً محورياً في تحسين كفاءة النظام من خلال استهلاك وتوليد وتخزين وتوفير الطاقة بفعالية. كما أن هناك حاجة ماسة لزيادة الاستثمارات في تجديد المباني لتعزيز أدائها واستدامتها.
5. الأغلفة المستجيبة لها دوراً في تحسين استخدام الطاقة، مما يدعم تطوير بيئات حضرية مستدامة ومتكاملة. من الضروري دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في تصميم الأغلفة المستجيبة لتعزيز أدائها وتلبية احتياجات المدن المستقبلية.

التوصيات:

1. تعزيز الوعي المجتمعي حول المباني الذكية: يُوصى بزيادة توعية المستثمرين والمستخدمين بالمفاهيم والتقنيات المرتبطة بالمباني الذكية. يساعد هذا الوعي في دعم تنفيذ وتشغيل الأنظمة الذكية بفعالية، مما يعزز من فوائد المباني الذكية.
2. إنشاء هيئة وطنية لتنظيم وتقييم تطبيقات الغلاف الذكي
3. تطوير دليل استرشادي شامل لأنظمة وتقنيات المباني الذكية: يُوصى بإعداد دليل استرشادي متكامل يتناول جميع الأنظمة والتقنيات المستخدمة في المباني الذكية، وتحويل هذا الدليل إلى برنامج حاسوبي يسهل استخدامه. سيساهم هذا الدليل في توفير معلومات محدثة للمختصين والباحثين في مجال المباني الذكية.
4. تعزيز التعاون بين الجهات المعنية: يجب تعزيز التنسيق والتعاون بين النقابات الهندسية، كليات الهندسة، والشركات والمؤسسات الهندسية لضمان نجاح توجهات العمارة الذكية وتطويرها بشكل فعال.
5. إنشاء هيئة متخصصة في المباني الذكية: يُوصى بإنشاء هيئة متخصصة في تصميم وتنفيذ ومراقبة أعمال المباني الذكية. لضمان تحقيق أفضل الممارسات في هذا المجال.
6. تحديث المناهج الدراسية في كليات الهندسة: ينبغي تعديل المناهج الدراسية في كليات الهندسة لتشمل مفاهيم وتقنيات المباني الذكية. سيساعد ذلك في إعداد جيل جديد من المهندسين المعماريين والمهندسين المؤهلين في هذا المجال.
7. إنشاء قسم متخصص في تكنولوجيا البناء: يُوصى بإنشاء قسم تخصصي في تكنولوجيا البناء يركز على إعداد المهندسين المتخصصين في تصميم وتنفيذ أنظمة المباني الذكية.

1. استكشاف تفاعل الأغلفة الذكية مع الجوانب الاجتماعية: من الضروري دراسة كيفية تكامل الأغلفة الذكية مع الجوانب الاجتماعية لتحقيق التوازن بين التكيف البيئي والتفاعل مع المجتمع بشكل عام، بدلاً من التركيز فقط على التكيف مع المناخ.
2. دراسته الجدوى الاقتصادية اثناء تنفيذ الاغلفة الذكية بانواعها وبعد التشغيل

المراجع:

- 1- Wigginton, Michael, et al. (2002). Intelligent skins, First Edition, Reed Educational and Professional Publishing Ltd, USA.
- 2- Baum, Robert, and Salvator-John Liotta. (2011) "Culturally Inspired Patterns for Photovoltaics. " Proceedings of the 2nd Asian Conference on Arts and Humanities, Osaka, Japan.
- 3- G. Thun, K. V. (2013). Responsive Building Envelopes: Characteristics and Evolving Paradigm, <https://oaa.on.ca/whats-on/bloaag/bloaag-detail/terrence-donnely-centre-for-cellular-and-biomolecular-research>
- 4- Hadeer Samir, M. S. (2019). Adaptive building envelopes of multistory buildings as an example of high-performance building skins. Classification of Adaptive Building Envelope systems., 345–352
- 5- <https://en.wikiarquitectura.com/building/gsw-headquarters>.
- 6- <http://www.arch.ttu.edu/courses/2013/fall/5334/Students/Martino/10/Default>
- 7- أسماء عياد سليمان مالىو 2013، (العمارة الذكية الصديقة للبيئة)، رسالة ماجستير في العلوم الهندسية، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الأسكندرية، مصر
- 8- <http://www.arch.ttu.edu/courses/2013/fall/5334/Students/Martino/10/Default>
- 9- <https://rmjm.com/portfolio/glaxo-wellcome-hq-england>
- 10- http://www.academia.edu/3437847/The_Tectonics_of_the_Double_Skin
- 11- <https://www.archdiwanya.com/2022/04/Active-systems.html>
- 12- <http://www.jeannouvel.com/en/projects/fondation-cartier-2/>
- 13- Frighi, Valentina. (2021). Smart Architecture-a Sustainable Approach for Transparent Building Components Design. Springer Nature,
- 14- <https://www.alamy.com/the-rhine-elbe-science-park-a-sustainable-building-with-solar-panels-image8024217.html>
- 15- <https://www.historylink.org/file/4303>
- 16- MARKOPOULOU, A. (2018). design behavior Programming the material world for Responsive Architecture. Barcelona: Universidad Politècnica de Catalunya (UPC).
- 17- Dewidar, K. (2013). Living Skins: A New Concept of Self Active Building Envelope Regulating Systems. Conference: SB 13 Dubahi. Dubahi.
- 18- أحمد عبدالمنعم القطان. 2015 (نحو مفهوم معاصر لاستدامة البيئية في العمارة الإسلامية) قسم العمارة، جامعة الأزهر

- 19- (USGBC. 2014), History. US Green Building Council, Accessed August, 2014
<http://www.usgbc.org/about/history>
- 20- Ellika Taveres-Cachata, b. S. (2019). Responsive building envelope concepts in zero emission neighborhoods and smart cities - A roadmap to implementation. Building and Environment, 446-457
- 21- L. Yang, Z. N. (2015). Reinforcement learning for optimal control of low exergy buildings. Applied Energy, 577-586
- 22-<https://www.qatar2022.qa/ar/lusail-stadium/sustainability>.
- 23-<https://www.skyscrapercity.com/threads/madinah-l-u-c-l-as-safiyyah-museum-park.2138888/>
- 24-<https://www.globalmediainsight.com/blog/uae-pavilion-expo-2020-dubai/>
The Sustainability Pavilion (Image: Suneesh Sudhakaran/Expo 2020 Dubai)
- 25- <http://inhabitat.com/lumenhaus-virginia-techs-smart-solar-house/lumenhaus-5/>
- 26- http://www.solaripedia.com/13/259/5884/lumenhaus_shutter_shade.html
- 27- <http://inhabitat.com/virginia-techs-lumenhaus-wins-the-2010-europe-solar-decathlon/>
- 28- http://www.solaripedia.com/13/259/5882/lumenhaus_shutter_shade.html
- 29- http://www.solaripedia.com/13/259/5881/lumenhaus_shade_diagram.html
- 30-http://www.solaripedia.com/13/259/5883/lumenhaus_shade_diagram.html
- 31-
https://en.wikipedia.org/wiki/Virginia_Tech_College_of_Architecture_and_Urban_Studies