Mansoura Engineering Journal

Volume 47 | Issue 5 Article 13

10-2022

Nanotechnology as Building Materials and its Impact on the Quality of Residential Buildings

Shekha AlRasheed
Department of Architecture and Building Sciences, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,
442203359@student.ksu.edu.sa

Hatem El Shafie
Department of Architecture and Building Sciences, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,
elshafie@ksu.edu.sa

Follow this and additional works at: https://mej.researchcommons.org/home

Part of the Architecture Commons, Engineering Commons, and the Physical Sciences and Mathematics Commons

Recommended Citation

AlRasheed, Shekha and El Shafie, Hatem (2022) "Nanotechnology as Building Materials and its Impact on the Quality of Residential Buildings," *Mansoura Engineering Journal*: Vol. 47 : Iss. 5 , Article 13.
Available at: https://doi.org/10.58491/2735-4202.3027

This Original Study is brought to you for free and open access by Mansoura Engineering Journal. It has been accepted for inclusion in Mansoura Engineering Journal by an authorized editor of Mansoura Engineering Journal. For more information, please contact mej@mans.edu.eg.

Mansoura University
Faculty of Engineering
Mansoura Engineering Journal

Nanotechnology as Building Materials and its Impact on the Quality of Residential Buildings

Shekha AlRasheed* and Hatem El Shafie

KEYWORDS:
Nanotechnology, building materials, sustainable design, sustainable architecture, nanomaterials, quality of residential buildings

***Abstract*— A modern technology called "nanotechnology" has emerged that seeks to environmental design through the use of new technologies and advanced scientific methods in the construction of contemporary architectural edifices. The research problem is the underutilization of nanotechnology in building materials for residential buildings due to the lack of knowledge of the benefits and cost of this technology. The importance of the study lies in the use of building materials based on nanotechnology with new properties and high performance that address the problems in current building materials so as to apply sustainability standards and provide efficiency for residential buildings to suit the local environment. The research aims to benefit from the applications of nanotechnology in the development of residential buildings and the provision of consumed energy. The research follows the descriptive approach in identifying the concepts of sustainable architecture and the mechanism of its use in the field of architecture, linking it to nanotechnology, and collecting data related to nanomaterials that are used in construction and that are suitable for the local environment. Then the analytical approach, by conducting analytical studies of buildings that used nanotechnology in their design and drawing conclusions. Then the extract from the theoretical and analytical study is applied to a local case study of the facades of a residential building and a comparison is made between choosing the finishes of ordinary materials from the local market and modern nanomaterials, then making calculations of the quantities and costs of the materials used in order to improve energy operating costs and achieve the desired goal. Experience has proven that the use of Nano-processed materials has a great economic return, although it is expensive, but with its many advantages, it exceeds its price. It is recommended to educate engineers and consumers about the importance of using this technology because of its benefits, which are self-cleaning, easy cleaning, anti-bacterial, thermal insulation, anti-fog, protection from UV rays, and fire protection.)**

1 المقدمة

يزداد خطر ممارسات الإنسان على الأرض وطبيعة الحياة نتيجة الاستخدام المفرط والسيئ لمصادر الطاقة الغير متجدده كالمواد البترولية ومشتقاتها، والتي تؤثر سلباً على البيئة المحيطة وجودتها لما تسببه من زيادة انبعاث الكربون ومشاكل الاحتباس الحراري المتصاعد، كما أن طبيعة تلك المواد غير المتجددة تفرض علينا الابتعاد رويداً رويداً عنها مع البحث عن بدائل نظيفة ومتجدده ; وهو ما دفع العالم بأسره للسعي وراء الطاقة المتجددة والاستدامة في المباني والتشجيع على إقامة المباني والمدن صفرية الانبعاثات. إن المفهوم البيئي للتصميم يسعى إلى المساهمة في الجهد الإقليمي والدولي للحد من التأثيرات السلبية الناتجة عن استخدام موارد لطاقة التقليدية مثل ارتفاع معدلات انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون والتي تؤدي إلى تدفئة سطح الأرض، هذا بالإضافة

Dr. Hatem El Shafie, Associate Professor, Department of Architecture and Building Sciences, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia (Email: elshafie@ksu.edu.sa).

Received: (18 April, 2022) - Revised: (27 August, 2022) - Accepted: (01 September, 2022)

***Corresponding Author**: Eng. Shekha AlRasheed, MSc. Student, Department of Architecture and Building Sciences, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia, (Email: 442203359@student.ksu.edu.sa).*

(Ser. NO. BFEMU-2204-1257)

إلى التغيرات المناخية والتقلبات الجوية السلبية والخروقات في طبقة الأوزون التي يعاني منها كوكب الأرض (الموسوي، 2010).

أثرت التكنولوجيا على العمارة عامة والمباني السكنية خاصة، فأحدثت تطورا هائلا في التقدم العلمي والتكنولوجي، مما استلزم إعادة النظر في التصميم المعماري والتوجه للأنظمة الذكية. تزامنت هذه التغيرات مع زيادة تطبيقات التكنولوجيا في مجال العمارة مما يزيد من كفاءة البيئة الداخلية للمسكن ويؤدى إلى ترشيد الطاقة وبالتالي تقليل التكلفة المادية بالإضافة الى تحقيق التنمية المستدامة (كمال، 2019).

تعد تقنية النانو من أهم الاتجاهات العملية الحديثة التي تواكب تطور التقنيات في مختلف مجالات الحياة بما في ذلك مجال الهندسة المعمارية، فتحولت النظرة التقليدية لمواد البناء إلى أسلوب تطبيق متقدم يحمل أبعادًا تكنولوجية غيرت خصائص المواد وساهمت في تحسينها مع تقليل آثارها السلبية على الإنسان والبيئة على حدٍ سواء، مما أدى إلى إنشاء مباني اقتصادية جديدة (Ali & Kharofa, 2021). إنها التقنية التي تعطينا القدرة على التحكم المباشر في سلوكيات وخصائص المواد الخام عند مستوى القياس النانومترى لإعادة تركيبها بدقة فائقة، وبالتالي بناء مواد ذات خصائص وقدرات بيئية وجمالية جديدة لتصميم واجهات معمارية ذات قيم تشكيلية وجمالية مبتكرة، متوافقة مع البيئة المحيطة، قادرة على توفير الطاقة، ويمكن إعادة استخدامها في حالة هدم المبنى، كما أنها تساعد على تنظيم الانسجام الجمالي مع الطبيعة لتحقيق مستويات الراحة المطلوبة (عبد الفتاح، 2018). تسعى هذه التقنية الى التصميم البيئي من خلال استخدام التقنيات الجديدة والطرق العلمية المتقدمة في انشاء صروح معمارية معاصره، فأصبحت ترتبط بحياتنا اليومية بداية من أجهزة الحاسوب صغيرة الحجم وفائقة السرعة حتى وصلت الى اختراع الأقمشة المقاومة للبقع والعديد من هذه المنتجات الحديثة. تعتمد هذه المنتجات على الاستغلال الامثل لتقنية النانو مثل الاسطح المقاومة للخدش او التصاق الأتربة. ومن المتوقع أن يشهد العالم تطورا في الايام المقبلة في هذه التكنولوجيا.

1.1 مشكلة، هدف و منهجية البحث

تتلخص المشكلة البحثية في قلة استغلال تقنيات النانو في مواد البناء و الاكتفاء باستخدام المواد الاعتيادية للمباني السكنية لعدة اسباب أهمها قلة المعرفة بفوائد هذه التقنية وارتفاع تكلفتها في السوق المحلي .

يهدف هذا البحث الى القاء الضوء على تقنية النانو وخواصها وموادها. التعرف على ابعاد تقنية النانو وفعاليتها على المباني. الاستفادة من تطبيقات تقنية النانو في تطوير المباني السكنية لتوفير الطاقة بالاعتماد على هذه التقنية.

ينتهج البحث المنهج الوصفي بالتعرف على مفاهيم العمارة الذكية والية استخدامها في مجال العمارة وربطها بتكنولوجيا النانو وجمع البيانات المتعلقة بالمواد النانوية التي تستخدم في البناء والتي تناسب البيئة المحلية. ثم المنهج التحليلي بعمل دراسات تحليليه لمباني محلية وعالميه استخدمت تكنولوجيا النانو في تصميمها واستخلاص النتائج ليتم تطبيقهاعلى حالة دراسية محلية لمبنى سكني محلي بهدف تحسين تكاليف تشغيل الطاقة و تحقيق الهدف المأمول.

1-2 أهمية البحث

تكمن أهمية الدراسة في استخدام مواد بناء تعتمد على تقنية النانو ذات الخصائص الجديدة والأداء العالي التي تعالج المشاكل في مواد البناء الحالية بحيث تطبق معايير الاستدامة وتوفر كفاءه للمباني السكنية بحيث تتناسب مع البيئة المحلية.

1-3 حـــدود البحث

- *الحدود الموضوعية:* تركز الدراسة بالتعرف على استخدام تكنولوجيا النانو في مواد البناء وتأثيرها على جودة المباني السكنية
- *الحدود المكانية:* تقتصر حدود الدراسة على المباني في مدينة الرياض، المملكة العربية السعودية

1-4 الدراسات السابقة

لقد أجريت الكثير من الدراسات السابقة لاستخدام تكنولوجيا النانو في مواد البناء وتوضيح تأثيرها على استدامة المباني، من اهم هذه القضايا التصميمة:

في دراسة اجراها (Khandve, 2014) عن اختلاف إمكانية استخدام المواد النانوية في مجالات كثيرة لتميزها بخصائص فريدة، أشار بأن المنتجات الناتجة عن تقنية النانو لها العديد من الخصائص الفريدة، ويمكنها إصلاح العديد من مشكلات مواد البناء مثل الخرسانة والصلب والزجاج والمواد العازلة وما إلى ذلك. استهدف الباحث تقديم العديد من المنتجات القائمة على تقنية النانو القابلة للتطبيق عمليًا والتي يمكن أن تحسن القدرة التنافسية الشاملة لصناعة البناء. تركز مجالات تطبيق تقنية النانو في البناء بشكل أساسي على التركيبات الهيكلية الأخف وزنا والأقوى، مواد الطلاء منخفضة الصيانة، الخصائص المحسنة للمواد الاسمنتية، تقليل معدل النقل الحراري لمثبطات الحريق والمواد العازلة وغيرها من أجهزة استشعار النانو المتعلقة بالبناء. تمت الاستفادة من هذه البحث بالتعرف على تطبيقات تكنولوجيا النانو وكيفية الاستفادة منها في خفض التلوث وتوفير الطاقة.

اما في دراسة اجراها (فاروق و أخرون، 2017) عن "تطبيقات تكنولوجيا النانو لتحقيق كفاءة إدارة الطاقة بالمباني" تم التحدث عن تطبيقات تكنولوجيا النانو التي ساعدت على تطور مجال العمارة بتقديم حلول للعديد من المشكلات المعمارية من خلال تحسين خواص المواد الهيكلية (خرسانة – حديد- خشب) وتوفير مواد هيكلية جديدة ذات متانة وقوه عالية، بالإضافة الى تطوير المواد الغير هيكلية (لزجاج – الطلاءات – مواد العزل ... وغيرها). ساهمت هذه التكنولوجيا في تحقيق كفاءة إدارة الطاقة من خلال الاستخدام الفعال للطاقة بتقديم حلول جديدة في مجالات ترشيد، تخزين، وإنتاج الطاقة للحفاظ عليها والاعتماد بشكل أكبر علي مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة. تلقي الورقة البحثية الضوء على تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال إدارة الطاقة في المباني من خلال دراسة تحليلية لعدد من حالات الدراسة التي استُخدمت فيها تطبيقات النانو المتطورة للمساهمة في تحقيق الراحة الحرارية للمستخدمين عن طريق استخدام مواد عزل ذات خواص مميزة ساعدت على عزل المبني بشكل جيد لتحقيق بيئة داخلية مريحة للمستخدمين وتحقيق إمكانية ترشيد الطاقة في المباني، بالإضافة تطبيقات تخزين الطاقات لاستخدامها فيما بعد في حين الاحتياج اليها.

أما (عطوة و أخرون، 2018) أشارو الى أثر استخدام مواد وتقنيات النانو في الغلاف الخارجي على جودة البيئة الداخلية في المباني وظهور مفهوم عمارة النانو ثم مواد النانو التي تحتوي على سلوكيات تفاعلية تحت ظروف معينة كنتيجة لتكنولوجيا النانو. تستخدم مواد وتقنيات النانو في العمارة، التصميم الداخلي، الخارجي والاثاث. تمت الاستفادة من هذا البحث بالتعرف على الإمكانيات الهائلة لمواد وتقنيات النانو التي يمكن استخدامها وتسخيرها في العديد من التطبيقات التي ترتبط مباشرة بجودة حياة الإنسان. وبذلك يتم توفير بيئة داخلية جيدة داخل المباني من خلال الاعتماد على المصادر الطبيعية مثل تحسين جودة الهواء الداخل للمبنى، والاضاءة الطبيعية، وحماية المبنى من العوامل الخارجية، دون الحاجة لاستهلاك الطاقة، مع الاهتمام بتطبيق استراتيجيات التهوية الطبيعية في المباني.

وفي بحث (عامر و أخرون،2018) الذي يتحدث عن "تطبيقات تقنية النانو في تشطيبات الواجهات وتأثيرها على التشكيل" حيث اشار لأهم تطبيقات النانو التي احدثت ثوره في مجال مواد تشطيب الواجهات وتشكيل المباني فأصبحت أحد الادوات المهمة للمعماري في مبانيه لتحقيق أفكاره في الاداء الوظيفي على أن تكون مناسبة للبيئة المحلية ووسيلة لتحقيق تشكيل معماري متميز للمبنى فمواد التشطيب لم تعد مجرد تكسيه لها دور ثانوي مما لها الاثر على الصورة البصرية للمدينة. تمت الاستفادة من هذا البحث بالتعرف على دور تقنية النانو في تحقيق اهداف الاتجاهات الفكرية المختلفة للتعامل مع وحدة الشكل المعماري والوصول الى قائمة للتحقق من توازن تكاليف المواد النانوية مع امكانياتها وفوائدها المعمارية .

أما في دراسة (عبدالفتاح، 2018) التي تختص بـ "التأثير التقني والجمالي لتطبيقات النانو تكنولوجي وتأثيره على تصميم الواجهات المعمارية". حيث تتحكم هذه التقنية بشكل مباشر في سلوكيات وخصائص المواد الخام بالمقياس النانومترى ليتم إعادة تركيبها بدقة فائقة، وبالتالي بناء مواد ذات خصائص وقدرات بيئية وجمالية جديده لتصميم واجهات معمارية مبتكرة قادرة على توفير الطاقة. يهدف البحث الى التعرف على تقنية النانو تكنولوجي، وما هي إمكانيات استخدامها لتطوير الواجهات معمارية، إمكانية استخدامها كمكون أساسي معاصر في تصميم وإنشاء وتطوير الواجهات المعمارية، دراسة المواد الجديدة وخصائصها التي أثرت على التشكيل المعماري والمظهر الجمالي للواجهات بالإضافة الى زيادة الوعي لدى المصمم المزخرف والمعماري بضرورة الاهتمام بإمكانيات تطبيق مواد النانو في الفن والعمارة في محاولة للارتقاء بالتشكيل الجمالي والتصميم للواجهات المعمارية. تمت الاستفادة من هذا البحث بمعرفة أن تطبيق تقنية النانو أدى إلى ظهور عمارة ذكيه في تصميم وأداء ووظيفة وطريقة تشغيل وصيانة أجزائها المختلفة وأسلوب تفاعلها مع المستخدم والبيئة المحيطة فأنتجت مواد كثيره جدا تعددت خصائصها

ووظائفها وألوانها وبالتالي ساعدت المصمم المزخرف والمعماري على ابتكار تشكيلات ذات قيم جمالية ووظيفية مبتكرة لتصميم واجهات معمارية متناسقة ومتفاعلة مع الوسط المحيط وتنفيذ فراغات داخليه تحقق مستويات الراحة الجمالية والوظيفية المختلفة.

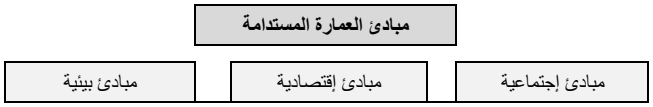
2 الإطار النظري

يعرف الباحثون العمارة المستدامة Sustainable architecture بأنها مصطلح عام يصف تقنيات التصميم الواعي بيئيا في مجال الهندسة المعمارية. هي عملية تصميم المباني بأسلوب يحترم البيئة مع الاخذ في الاعتبار تقليل استهلاك الطاقة والمواد والموارد مع تقليل تأثيرات الإنشاء والاستعمال على البيئة مع تنظيم الانسجام مع الطبيعة (سماحه واخرون، 2015).

أما (الموسوي، 2010) عرفها بانها العمارة التي صممت بطريقة صديقة للبيئة، تلبي احتياجات الجيل الحالي دون تقليل فرص الأجيال المستقبلية لتلبية ذات الحاجات. تهدف الى انشاء مباني ناجحة جماليا ووظيفيا وتسهم في تحسين أسلوب الحياة وثقافة الناس.

2-1 المبادئ الأساسية للعمارة المستدامة

تتلخص استدامة العمارة بثلاثة مبادئ أساسية، تتمثل في شكل (1)



شكل 1 – مبادئ العمارة المستدامة، المصدر .. بتصرف من الباحثان

يؤدي تطبيق هذه المبادئ الى تقليل التأثير السلبي على البيئة الطبيعية والمشيدة من حيث المباني ومحيطها المباشر، فالمبنى المستدام انطلاقا من هذه المبادئ يعرف بأنه ممارسات البناء التي تسعى إلى الجودة المتكاملة بطريق واضحة ، فالاستخدام المنطقي للموارد الطبيعية والإدارة الملائمة للمباني يسهم في إنقاذ الموارد النادرة وتقليل استهلاك الطاقة وتحسين البيئة مع الأخذ في الاعتبار دورة حياة المبنى كاملة (التصميم، الإنشاء، الإشغال، التشغيل، الصيانة، الهدم وإعادة الاستخدام وكذلك الجودة البيئية، الوظيفية، الجمالية والقيم المستقبلية).

2-2 أهداف العمارة المستدامة

ذكر (ابراهيم، 2004م) خمسة أهداف رئيسية للعمارة المستدامة:

1. فاعلية الموارد
2. فاعلية الطاقة
3. الوقاية من التلوث
4. التوافق مع البيئة
5. الأعمال النظامية والمتكاملة

يرتكز البحث على الوثاية من التلوث والتوافق مع البيئة حيث يمكن تطبيق هذه الاهداف وتوقع النتائج على المبادئ الثلاثة للعمارة المستدامة.

2-3 تقنية النانو في العمارة المستدامة

تعرف تقنية النانو بأنها تتعامل مع قياسات ما بين 10 الى 100 نانومتر أي تتعامل مع تجمعات ذرية تتراوح بين خمس ذرات الى ألف ذرة وهي تكنولوجيا تهتم بخواص المواد. تتلخص فكرة استخدام تقنيات النانو في اعادة ترتيب ذرات المواد لتغيير خصائصها. فتمكن العلماء من تلافى بعض الخصائص الغير مرغوب فيها في بعض المواد او اضافة مواد اخرى تضاعف من كفاءة اداء تلك المواد. (تكنولوجيا النانو الخضراء، 2019).

2-4 أهداف تقنية النانو و استخداماتها

ذكر (حربه ومرهج، 2017) عدة أهداف لهذه التقنية من أبرزها:

- تحقيق جودة الهواء الداخلي عن طريق خاصية التنظيف الذاتي للأسطح Self-cleaning عن طريق عمل نتوءات بمقياس النانو على السطح والتي تعمل على حمل قطرات الماء المتساقطة وتمررها في مجاري على السطح مما يعمل على تنظيفه. يتم تطبيق هذه التقنية على الاسطح الزجاجية، الخشبية، الجلدية والقماشية.
- تحسين جودة الهواء الداخلي عن طريق التقليل من استخدام المنظفات الصناعية والمبيدات وذلك بتوفير خاصية سهولة تنظيف الخامة Easy to clean وتستعمل بها تقنية الاسطح الطاردة والاسطح الجاذبة للماء.
- تحسين جودة الهواء الداخلي وتنقية الهواء من الملوثات والاتربة باستخدام تقنية تنقية الهواء باستخدام Air Purifying تكنولوجيا المحفز الضوئي فتعمل على تنقية الهواء من الاتربة والميكروبات وامتصاص الروائح عن طريق توليد الاكسجين النشط من الهواء.
- تكثف بخار الماء على الاسطح المعمارية الزجاجية باستخدام التقنية الضد ضبابية Anti-Fogging فتعمل على وضوح مشاكل الرؤية في الاسطح اثناء الضباب. تستخدم في أنواع من زجاج الواجهات وزجاج السيارات في البلدان شديدة البرودة.
- حماية الفراغ الداخلي من اشعة الشمس الضارة عن طريق استخدام تقنية الحماية من الاشعة الفوق بنفسجية UV Protection فتعمل على توفير الحماية والشفافية العالية وتستخدم في بعض مواد البناء وخاصة في الاسطح الزجاجية
- ترشيد استهلاك الطاقة عن طريق استخدام تقنية العزل الحراري بأقل سمك ممكن Thermal insulation وهي تقنية تعتمد على استخدام بانوهات عزل مفرغة من الهواء Vacuum Insulation Panels وتستخدم في الحوائط الخارجية للمباني

3 دراسة وتصنيف المعايير التصميمة للمباني المستدامة

يشير مصطلح المباني المستدامة Sustainable buildings إلى المباني التي تصمم وتنفذ وتشغل ويتم صيانتها والتخلص منها بعد انتهاء عمرها بأساليب تحترم البيئة مع الأخذ في الاعتبار تقليل استهلاك الطاقة والمواد والموارد بالإضافة إلى تقليل تأثيرات الإنشاء والاستعمال على البيئة مع تعظيم الانسجام مع الطبيعة. (المباني المستدامة، 2010).

3-1 مبادئ تصميم المباني المستدامة

أشار (عقبة، 2004) الى عدة مبادئ أساسية يرتكز عليها تصميم المسكن المستدام:

- كفاءة التعامل مع الطاقة
- كفاءة استخدام الموارد والمواد
- التعامل الأمثل مع الظروف المناخية والجغرافية والاجتماعية السائدة.
- التصميم الإقليمي للتوافق مع الظروف المحيطة
- الكفاءة الوظيفية من حيث الاستجابة للاحتياجات البشرية المادية والاجتماعية مع الحفاظ على حقوق واحتياجات الأجيال القادمة
- الكفاءة البيئية

تطبيق هذه المبادئ يقلل التأثير السلبي على البيئة الطبيعية والمشيدة من حيث المباني ومحيطها المباشر والإقليمي فالمبنى المستدام انطلاقا من هذه المبادئ يعرف بأنه ممارسات البناء التي تسعى إلى الجودة المتكاملة (الاقتصادية – الاجتماعية – البيئية) بطريق واضحة ، فالاستخدام المنطقي للموارد الطبيعية والإدارة الملائمة للمباني يسهم في إنقاذ الموارد النادرة وتقليل استهلاك الطاقة وتحسين البيئة مع الأخذ في الاعتبار دورة حياة المبنى كاملة (التصميم، الإنشاء، الإشغال، التشغيل، الصيانة، الهدم وإعادة الاستخدام وكذلك الجودة البيئية ، والوظيفية ، والجمالية والقيم المستقبلية) (المباني المستدامة، 2010).

3-2 أهداف تصميم المباني المستدامة

تحقيق التوافق بين الإنسان ومجتمعه وبيئته من خلال الربط بين ثلاثة عناصر أساسية وهي:

- كفاءة استخدام الموارد والمواد
- التعامل الأمثل مع الظروف المناخية والجغرافية والاجتماعية السائدة.
- الاستجابة للاحتياجات البشرية المادية والاجتماعية مع الحفاظ على حقوق واحتياجات الأجيال القادمة

3-3 المعايير الأساسية لتصميم المباني المستدامة

1. تحسين اداء المباني بيئيا من خلال تنقية الهواء من الملوثات.
2. المحافظة على دائمية الخامات المستخدمة في الواجهات عن طريق التقليل من الترسبات و التكلسات والحد من تراكم والتصاق الغبار و الملوثات.
3. حماية الفراغ الداخلي من اشعة الشمس الضارة و المقاومة للأشعة الفوق بنفسجية.
4. ترشيد استهلاك الطاقة.
5. الاقتصادية في التكلفة.

3-4 أنظمة تقييم استدامة المباني

أدى الاتجاه العالمي نحو الاستدامة الى ظهور عدة أنظمة لتقييم استدامة المباني ابرزها:

1. نظام مؤسسة أبحاث المباني (BREEAM) وهي طريقة التقييم البيئي للمباني في المملكة المتحدة والتي وضعت في العام 1990.
2. نظام البرنامج العالمي (LEED) الذي تم تطويره من قبل مجلس الولايات المتحدة للمباني الخضراء.

3-5 مستقبل المباني المستدامة في ظل تكنولوجيا النانو

يحاول مراكز الابحاث المتقدمة تطوير تكنولوجيا النانو للحصول على مايسمى بـ "المساكن النانوية". تصنف هذه المساكن بانها مساكن مريحة، لا تحتاج الى جهد كبير في العناية بها وصيانتها، مستدامة وصديقة للبيئة، ذات استهلاك ماه و كهرباء منخفض. يعرف العلماء هذا النوع من المنازل بانه نتاج لتعاون مصممين استراليين، عملو معا من اجل تصميم بناء ذو قدرة فائقة على تحقيق كفاءة استهلاك الطاقة Ultra –energy efficient و ذلك عن طريق تطبيق احدث تقنيات النانو في مجال الخامات والتي تستطيع ان توفر حلولا لكافة المشكلات التي تعاني منها المنازل في وقتنا الحالي.

3-6 اتجاهات تحقيق الاستدامة باستخدام تقنية النانو

تسعى تقنية النانو الى تحقيق الاستدامة من خلال اتجاهين متمثلة في شكل (2).

تحقيق الاستدامة باستخدام تقنية النانو

تحسين أداء المباني القائمة
تطوير خواص الخامات التي تستخدم في تنفيذ العمارة والتصميم الداخلي المستدام

شكل 2- اتجاهات تحقيق الاستدامة باستخدام تقنية النانو، المصدر الباحثان

3-6-1 تحسين اداء المباني السكنية القائمة

يعتبر استخدام النانو لتحسين اداء المباني القائمة من الانجازات الهامة للنانو، فمنتجات النانو العازلة تعتبر من اهم المنتجات التجارية للمواد النانوية فهي تحل مشكلة عزل المباني القائمة تتم عن طريق الطلاءات او رش المادة النانوية وهي عبارة عن طبقة رقيقة جدا غير مرئية وغير سامة. مع زيادة الطلب على زيادة كفاءة المباني زادت اهمية العزل بالنانو تكنولوجي فهو يقلل من الاشعاعات الكربونية الصادرة من المبنى ويوفر بيئة نظيفة ومريحة داخليا وهي اعلى كفاءة من المواد العازلة التقليدية مثل الفايبرجلاس والسيليولوز.

مثال: بدأت احدى الشركات المحلية في عرضها لمنتجات معالجه بتقنيات النانو التي يمكن استخدامها في البناء فأنتجت مجموعة دهانات مائية بمقاومة فائقة للظروف الجوية القاسية وذات قدرة على تخفيض درجات الحرارة الداخلية مما يوفر الطاقة الكهربائية، وتمتاز أيضاً بالتغطية الممتازة للتشققات العنكبوتية وعيوب السطح والمتانة العالية مما يضمن للمستخدم حماية طويلة الأمد.

شكل 3- استخدام طلاء خارجي ذو خصائص فريدة لواجهة مبنى سكني، المصدر (AEC,2022)

تتميز هذه الطلاءات بخواص فريدة، تعمل على عكس اشعة الشمس، مقاومة الكربنة، مقاومة للغبار والأوساخ وظروف الطقس، محتوى منخفض جدا من المواد العضوية المتطايرة، ورائحة شبه معدومة بالإضافة الى ان تركيبتها خالية من الفورمالدهيد والأمونيا. يتوقع للدهانات المطورة بتقنية النانو أن تكون أكثر تحملاً للظروف البيئية والمناخية في المملكة العربية السعودية من ارتفاع في درجات الحرارة وكذلك الرطوبة العالية في المناطق الساحلية.

3-6-2 تطوير خواص الخامات التي تستخدم في تنفيذ العمارة والتصميم الداخلي المستدام

من اهم خصائص تكنولوجيا النانو هي انه بواسطتها يمكن تصميم خامات متعددة الوظائف ولها خواص مختلفة، أي ان خامة نانو واحدة يمكن ان تؤدى عمل عدة خامات تقليدية. فعلى سبيل المثال خامة ثاني اكسيد التيتانيوم التي تستخدم على هيئة جزيئات نانومتريه حينما يتم طلاءها على الواجهات فتجعل الواجهة ذاتية التنظيف وتتخلص بسهولة من الملوثات. كما ان مواد النانو يمكن بسهولة ان تكون مقاومة للحريق وموصلة للكهرباء وفى نفس الوقت قوية جداً. مع القدرة على انتاج خامات متعددة الوظائف مما يساهم في ترشيد استهلاك الطاقة وتقليل تكلفة انشاء المباني.

يعتبر استخدام الطلاءات المعالجة بتقنية النانو للواجهات المعمارية ابرز الامثلة على ذلك، وهي عبارة عن طلاءات ذكية توفر أعلى حماية ضد الأضرار الناجمة عن المياه والأوساخ والحرارة بأقل تكلفة. تُدخل تقنية النانو تغييرات في الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمواد البناء وتوفر خصائص مقاومة للماء والزيوت.

تعتبر طلاء النانو من أكثر المواد الواعدة عالية الأداء لتطبيقات البناء. بفضل تأثير التجميع الذاتي، فإنها تمثل خصائص رائعة ضد العوامل البيئية مقارنة بمواد الطلاء التقليدية في صناعة البناء والتشييد. كما أنها تظهر أداءً عاليًا في تناقض كفاءة الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتحسين جودة الهواء. في هذه الدراسة، يتم تقديم مراجعة للطلاء النانوي على آليات التفاعل الأساسية والمواد، بشكل عام، ولتطبيق البناء، على وجه الخصوص.(Boostani & Modirrousta, 2016)

مثال: أنتجت شركة نانوشيلد العالمية مجموعة من الطلاءات الذكية لتوفير أعلى حماية ضد الأضرار الناجمة عن المياه والأوساخ والحرارة بأقل تكلفة. يلخص الجدول ادناه الأنواع الخاصة بالطلاءات:

جدول 1
تصنيف الطلاءات الذكية المنتجة من قبل شركة نانوشيلد، المصدر(Nanoshield,2022) بتصرف من الباحثان

النوع	الخصائص	أماكن الاستخدام المتاحة	معدل الاستهلاك
طلاء للأسطح الزجاجية Glassshield	تمنع التسرب تشكل طبقة واقية من الماء والزيوت والأوساخ على الأسطح الزجاجية المعدنية وتعمل ضد التلوث. تطول فترات التنظيف، وتصبح عملية التنظيف أقل استهلاكا للوقت، كما تقل كمية عوامل التنظيف اللازمة لإزالة الأوساخ بشكل كبير بفضل الخصائص سهلة التنظيف. سهولة تطبيقها على الاسطح الزجاجية	شبابيك حدائق شتوية محطات الطاقة الشمسية الأسطح الزجاجية داخلية الأسطح الزجاجية الخارجية	4 – 10 مل / م2
طلاء الاسطح الحجرية Stoneshield	توفر الحماية للأسطح الحجرية من الماء والزيوت والعوامل الخارجية تمنع ترسب الأوساخ ونمو العفن والطحالب والملوثات العضوية. تظل الأسطح المعالجة أنظف لفترة أطول وتصبح عملية التنظيف نفسها أقل استهلاكا للوقت وأقل تكلفة لأن عوامل التنظيف في الغالب عفا عليها الزمن. تبقي خامة الحجر كما هي وتكون المادة غير مرئية. تبقى الأسطح قابلة للتنفس. مقاومة ضد معظم المواد الكيميائية والمواد الحمضية.	تستخدم المادة على الاسطح المصنعة من الخامات التالية: الطوب الحجر الطين الحصى الاسمنت	30–200 مل / م^2
طلاء الاسطح المعدنية Alumshield	الحماية ضد التآكل المقاومة ضد معظم المواد الكيميائية والمواد الحمضية. مضاد لالتصاق الزيوت والعوامل البيئية. سهولة التنظيف. الحماية من أضرار الأشعة فوق البنفسجية	يستخدم لطلاء الكسوة المصنعة من الالمنيوم الخاصة بـ: المباني المكتبية او الإدارية مباني المطارات المستشفيات مباني البيع بالتجزئة	10 – 13 م^2 / ل
طلاء حماية الخشب Woodshield	يؤدي الطلاء إلى انخفاض كبير في تلوث الركيزة وامتصاص الماء. مضاد لالتصاق الزيوت والعوامل البيئية. يساعد في انخفاض تكوين الطحالب والعفن غير مرئي ولا يؤثر على مظهر السطح مقاومة لعوامل الطقس لفترة طويلة. لا يؤثر على امتصاص أو نفاذية بخار الماء	أثاث الحدائق حمامات البخار الخشبية الأرضيات الخشبية مواد الفلين	70– 300 مل / م^2

3-7 استخدام مواد التشطيبات الاعتيادية و المواد المعالجة بتقنيات النانو الحديثة

نظرا لما تملكه تكنولوجيا النانو من فوائد يمثل الجدول التالي مقارنة بين استخدام المواد التشطيبات الاعتيادية و المواد المعالجة بتقنيات النانو الحديثة.

جدول2
مقارنة بين استخدام المواد التشطيبات الاعتيادية و المواد المعالجة بتقنيات النانو الحديثة، المصدر الباحثان

المعايير	المواد الاعتيادية	المواد المعالجة بتكنولوجيا النانو
التوافر Availability	متوفرة بكثرة في السوق المحلي	متوفرة و لكن بشكل اقل من المواد الاعتيادية
التطبيق Insulation	سهلة التطبيق و متوفرة الايدي العاملة بكثرة	سهلة التطبيق و لكن تفتقر للعمالة المدربة
الدائمية Durability	أقل دائمية و يحتاج الى صيانة دورية	أعلى دائمية و يدوم اكثر
التأثير البيئي Environmental Impact	1. غير عازلة للحرارة 2. قابليتها الى تغير الشكل او اللون بسبب عوامل الطقس المتغيرة 3. تكاليف صيانة عالية 4. لها تأثير سلبي على البيئة	1. المقاومة للاشعة الفوق بنفسجية 2. المقاومة ضد الاوساخ 3. خفض درجة الحرارة الداخلية، يصل الى 20 درجة مئوية 4. تكاليف صيانة منخفضة 5. عضوية و قليلة الانبعاثات
التكاليف Cost	متوسطة	مرتفعة

4 تحليل أمثلة لحالات دراسية مشابهة

تهدف الى دراسة وتحليل عدد من المباني النانوية المستدامة للتعرف على خواص المواد النانوية المستخدمة في المباني بالإضافة الى الافكار والحلول المبتكرة في التصميم والتنفيذ لتحقيق الاستدامة في المباني.

4-1 مبنى الجناح الإيطالي – أكسبو شنغهاي

(Italy Pavilion for Shanghai Expo 2010)

الموقع : شنغهاي – الصين
المصمم: Prof. Arch. Giampaolo Imbrighi
الفكرة التصميمية : عبارة عن كتلة مربعة ضخمه 60 60 x م بارتفاع 18 م مقسمه لاثني عشر قسم غير منتظم متصلة ببعضها.

المواد النانوية المستخدمة:

يعتمد المبنى في بناءه على أحدث مواد النانو الباعثة للضوء وهي:

- الخرسانة الشفافة حيث تتراوح شفافيتها بين 20 – 80% وتغطي حوالي 40% من الهيكل المعماري (تعرف الخرسانة الشفافة بأنها يتم فيها دمج الألياف الضوئية إلى الخرسانة لإستخدامها فى أغراض إنشائية أو جمالية فى الفراغ حيث تخلق واجهات شفافة وديناميكية).
- الجدار الفولاذي المقاوم للصدأ (إضافة بعض المواد النانونية مثل جزيئات النحاس والماغنسيوم والكالسيوم تعمل على زيادة مقاومة الحديد للتآكل والحرارة مما يقلل من كمية التسليح المستخدمة فى الخرسانة والوصول إلى فراغات بمساحات واسعة دون وجود أعمدة).
- الواح زجاجية منخفضة الانبعاث، الموفرة للطاقة وذاتية التنظيف. عن طريق تطوير طبقات طلاء رقيقة ذات حساسية طيفية تطبق على سطح الزجاج، وهذه الطبقات لديها القدرة على ترشيح ترددات الأشعة تحت الحمراء غير المرغوب فيها من الضوء للحد من إكتساب الحرارة فى المبانى.

شكل 4- شكل المبنى ليلا، المرجع (expo-shangai, n.d.,2022)

شكل 5- مدخل الجناح، المرجع (expo-shangai, n.d.,2022)

مواصفات المبنى:

1) الديناميكية والحيوية العالية في تكنولوجيا الغلاف الخارجي للمبنى ذاتية التأثير طوال اليوم، شكل (6).

شكل 6- الهيكل الكلي للمبنى، المرجع (expo-shangai, n.d.,2022)

2) الراحة البصرية والتناغم بمواد الإكساء تبعا لوظيفة الفراغات الداخلية
3) البساطة في الكتلة
4) التأثير على أداء المبنى البيئي من حيث:

- تحقيق التحكم في المناخ الداخلي حيث يعتمد تكنولوجيا الطاقة الشمسية وتدفق الهواء في الصيف من خلال نظام التنظيم التلقائي
- استخدام أحدث المواد النانوية المبتكرة مثل: الخرسانة الشفافة التي لها القدرة على إدراك درجة الحرارة الداخلية والخارجية والرطوبة، استخدام الزجاج الشفاف الذي يتملك أكثر من تقنية كالانبعاث المنخفض والتقنية الموفرة للطاقة. أيضا استخدام الخرسانة النشطة في الجدران وبلاط السيراميك فيعمل على تقليل الضباب الدخاني وتنقية الهواء من الملوثات المختلفة.
- تعتمد الخرسانة الشفافة على خاصية بصريات النانو Nano-Optics. يرجع انتقال الضوء أو شفافيتها بشكل أساسي إلى التوزيع المنتظم للألياف البصرية البلاستيكية ذات الفتحة الرقمية العالية POF ، ومن ثم تُعرف أيضًا باسم LiTraCon أو الخرسانة التي تنقل الضوء، ويتم إنتاجها عن طريق إضافة حوالي ٤٪ إلى ٥٪ من الألياف الضوئية من الحجم في خلطة الخرسانة. تم ذكرها لأول مرة في براءة اختراع كندية في عام ١٩٣٥. حيث تم تطوير الألياف الضوئية القائمة على البوليمر والألياف الزجاجية الضوئية، مما أدى إلى زيادة معدل الاختراع والابتكار في هذا المجال.

شكل 6- صورة ليلية توضح تقنية الخرسانة الشفافة، المرجع (expo-shangai, n.d.,2022)

2-4 مستشفى مانويل جيا جونز اليس

(Manuel Gonzalez Hospital)

الموقع: المكسيك

الفكرة التصميمية : تمت إعادة تصميم واجهات المبنى عام 2013م بحيث تكون جزء من حل مشكلة تلوث الهواء عن طريق تقنية النانو ليصبح المبنى مركز لتنقية هواء المدينة.

مواصفات المبنى:

1. تخدم الواجهة الجانب الوظيفي والجمالي للمبنى بالاعتماد على تقنية النانو.
2. اعتمد التصميم على غلاف مكون من طبقتين :
   - الطبقة الداخلية عبارة عن حائط من الزجاج الذكي وتمثل الغلاف الداخلي للمبنى.
   - الطبقة الخارجية التي تغطي الواجهة الجنوبية فقط وهي عبارة عن وحدات تظليليه (Prosolve370eskin) وهي عبارة عن وحدات موديولية ثلاثية الأبعاد مصنوعة من بلاط السيراميك مع طلاء ثاني أوكسيد التيتانيوم مثبته على فولاذ مقاوم للصدأ.
3. التأثير على شكل وأداء المبنى:
   - حيوية التصميم: استخدم المعماري هذا النوع من الغلاف لإعطاء الواجهة شكلا مميزا بحيث تكون متناغمة بالأشكال الزخرفية ثلاثية الابعاد الموديولية بحيث تكون مفعمة بالحيوية، كما يعمل الزجاج على كسر الجمود في الواجهات التقليدية وإضفاء طابع متميز.
   - توفير الطاقة الحرارية والضوئية: يعمل الغلاف على ترشيح للضوء الطبيعي يقلل من الاحمال الحرارية الناتجة عن الاشعاع الشمسي المباشر.
   - الشكل الثلاثي الابعاد للوحدات تعمل على خلق اضطراب في حركة الهواء وجعله يتدفق بشكل بطيء حول المبنى ويعمل على انتشار الاشعة الفوق بنفسجية .
   - التقليل من التلوث وتحقيق التهوية الطبيعية:
   - تتحقق عن طريق تقنية الغلاف الخارجي حيث يعمل عن طريق التحفيز الضوئي حيث تتفاعل الاشعة فوق البنفسجية مع طلاء النانو وثاني أوكسيد التيتانيوم فيعمل على :
     1. تحليل ملوثات الهواء المحيط من الضباب الدخاني الى مواد كيميائية غير ضارة.
     2. مقاومة البكتيريا والفطريات والأوساخ.
     3. توفير الهواء النقي للمبنى بتحليل ملوثات الهواء الداخلي.
     4. توفير التهوية الطبيعية للفراغات الداخليةوذلك بالاعتماد على وحدات الغلاف الموديولية.

المواد النانوية المستخدمة:

بلاط السيراميك مع طلاء ثاني اكسيد التيتانيوم في الوحدات الموديولية ثلاثية الأبعاد مثبته على فولاذ مقاوم للصدأ.

شكل 7- شكل المبنى من الخارج، المرجع- (local.mx, 2019)

شكل 8- التشكيل الزخرفي للواجهة، المرجع- (local.mx, 2019)

شكل 9- تثبيت القطع في الواجهة، المرجع- (local.mx, 2019)

3-4 متحف آرا باسيس (Ara Paces Museum)

الموقع: روما، إيطاليا

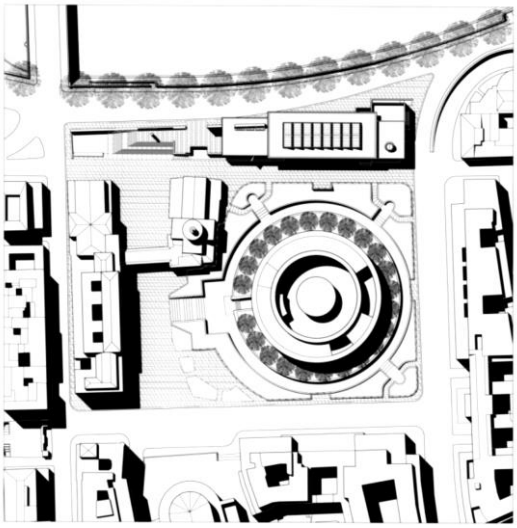
المعماري: Richard Meier & Partners, New York, NY, USA

مواصفات المبنى:

المبنى استخدم فيه طلاء باللون الأبيض كطابع المدينة حيث ان المدينة عالية التلوث. تم إنشاء مجمع المباني الثلاثة على ضفاف نهر التيبر في مركز روما التاريخي والذي يربط العصور القديمة في الحديثة. المبنى الرئيسي مع المعارض وقاعات المؤتمرات ومطعم ومجالات اخرى ومساحة للمعارض المؤقتة ومكتبة ومكاتب. يتميز الجزء المتبقي من المبنى القديم كتل كبيرة من الحجر الجيري ومغطى بأسطح بيضاء وتم طلاءه بطلاء التنظيف الذاتي

المواد النانوية المستخدمة:

طلاء التنظيف الذاتي (طلاء مصنع بتقنية النانو STO ليقوم بالتنظيف الذاتي – تقنية اللوتس) في الجزء الجديد من المبنى الذي يجعل فرصة البقاء للدهان الأبيض يستمر لفترة طويلة.



شكل 10- الموقع العام للمتحف، المصدر (Hisor, 2019)

شكل 11- شكل المبنى من الخارج، المصدر- (Hisor, 2019)

4-4 مبنى برج انديجو (Indigo tower)

الموقع : تشنجداو، الصين

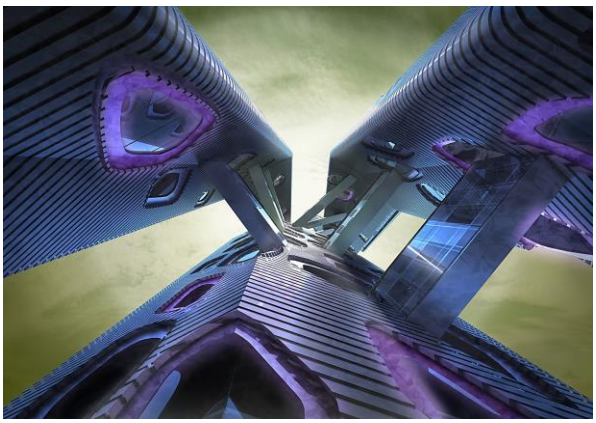
المعماري: Ted Gevins, Benny Chow

وصف المبنى: يعتبر مبنى برج إنديجو نموذج تدريبي بحثي ضمن سلسلة من المشاريع البحثية التي تهدف إلى تحسين جودة البيئة المبنية، حيث يعالج مشكلة التلوث الحضري، فهو عبارة عن تجربة تهدف إلى الإستفادة الكاملة من تقنية الطاقة الشمسية السالبة التي يتم دمجها بعناية مع فوائد غلاف المبنى المطلى والمستوحى من الملمس الخلوى لجزيء ثاني أكسيد التيتانيوم(TiO2)

المواد النانوية المستخدمة :

عن طريق إستخدام طلاء نانو من ثاني أكسيد التيتانيوم على الغلاف الخارجي للمبنى يكافح مشكلة الهواء الملوث بهدف المساعدة في تنقية الهواء ومقاومة الأوساخ والأتربة .

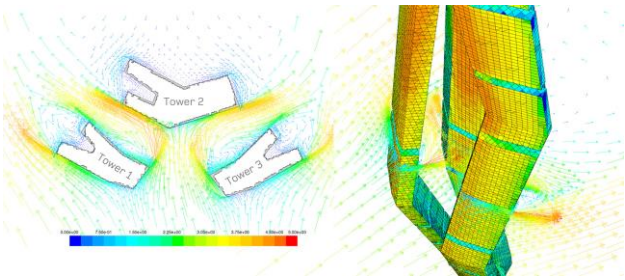
بالإضافة أيضا إلى إستخدام نوافذ التنظيف الذاتي وطلاء بلاط الفراغات الداخلية وخاصة الحمامات والخدمات بمادة طلاء ذكية تعمل على إزالة الأوساخ والبكتيريا فيمكنها أن تحافظ على نظافة الأسطح، كما يمكن إستخدام المادة الثانوية في الممرات الداخلية وغرف القمامة والمصاعد لإزالة أو تقليل العوامل البكتيرية.



شكل 12- شكل المبنى من الخارج، المصدر- (Archello, 2019)

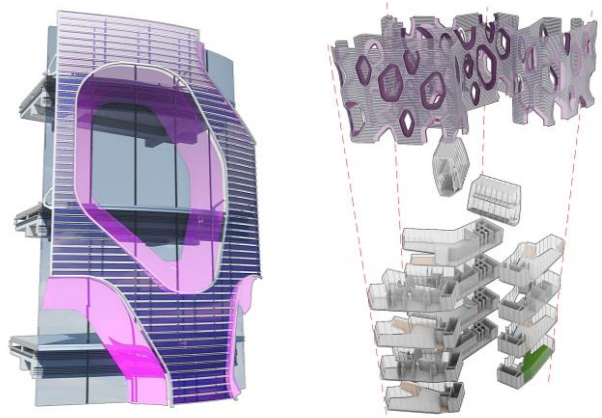
تأثير مفردات التشكيل على الاداء البيني:

- يميل المبنى نحو الجنوب لتوفير التظليل الطبيعي في الواجهات الجنوبية وإستغلال الواجهة الشمالية لتعظيم ضوء النهار إستناداً لأفكار الإتجاهات الشمسية السالبة، ويستخدم الغلاف الخارجي لحجز الأشعة فوق البنفسجية الضاره.



شكل 13- تجربة المحاكاة للمبنى، المصدر (Archello, 2019)

- تقع سلسلة من الحدائق على مسافات منتظمة على طول إرتفاع البرج، تصبح أماكن مجمعات عامة بالإضافة إلى إستخدامها لجمع المياه الناتجة من التفاعلات الكيميائية للغلاف ولتصفية ومعالجة المياه الرمادية من الأبراج، وتحول النباتات ايضا ثاني أكسيد الكربون إلى أكسجين.
- يغطى المبنى بسلسلة من الفتحات تشبه الخلايا العضوية وهي مدينة لجمع مياه الأمطار بشكل طبيعي الضارة، ، كالخصائص الناتونية .



شكل 14- طريقة تشكيل واجهة المبنى، المصدر (Archello, 2019)

- إتباع جميع المباني في المناطق المركزية تكنولوجيا المبنى الذيلي أدى إلى إنخفاض التلوث الجوى بشكل كبير يمكن أن يصل إلى نسبة 80 بالمائة، فمجرد الحيادية لا يكفي حيث يجب أن تعمل المباني الجديدة منا على تحسين جودة البيئة المادية.

5 الجانب التطبيقي

تم اجراء دراسة حالة تصميمية لمبنى سكني تحت الانشاء قام بها الباحثين بتطبيق استخدام المواد النانوية في تشطيب الواجهات و مقارنتها بالمواد الاعتيادية من حيث التكلفة و التوافر في السوق المحلي و استهلاك الطاقة الكهربائية للمبنى.

5-1 معلومات المبنى

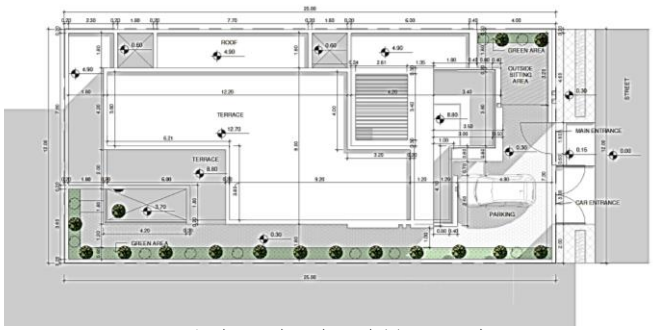
هو عبارة عن منزل سكني خاص يقع بحي قرطبه في منطقة الرياض، المملكة العربية السعودية بمساحة 300 متر مربع (12م*25م)، على شارع 20. يتصف المبنى بانه ذو واجهة جنوبية و يتكون من طابقين ارضي و أول و ملحق علوي بالاضافة الى قبو. صممت الفيلا بشكل يتصف بالمرونة بين الفراغات مع امكانية تحويل بعض الفراغات الى استخدامات اخرى بما يخدم العائلة. تم تحقيق عامل الخصوصية بفصل منطقة الضيافة عن منطقة العائلة لتحقيق عامل الخصوصية. تتميز الفيلا بالشبابيك الواسعة للإستفادة من الاضاءة الطبيعية.

5-2 الحلول التصميمية

تناولت الدراسة مواد البناء المستخدمة بالواجهات الخارجية للمبنى و مدى تأثيرها على البيئة الداخلية فتشمل مقارنة بين استخدام المواد الاعتيادية المتوفرة بكثرة في السوق المحلي واستخدام المواد الحديثة المعالجة بتكنولوجيا النانو مثل دهانات الانز "ANZ" Thermal Reflective Liquid Paint التي تعمل على تكوين طبقة ذات مواصفات مصممة و مطورة بتكنولوجيا النانو تتكون من بلورات وجزيئات بالغة في الدقة كروية الشكل بدون فراغات مرتبة بشكل هندسي دقيق تعمل على تشتيت و انعكاس أشعة الشمس وحرارتها عن السطح المدهون. وبالتالي تنخفض درجة الحرارة الداخلية للسطح المدهون عن الدرجة الطبيعية بفارق يزيد عن 20 درجة مئوية. أيضا يتم تشتيت أكثر من 80% من أشعة الشمس فوق الحمراء قريبة المدى NIR - Near Infrared Rays .

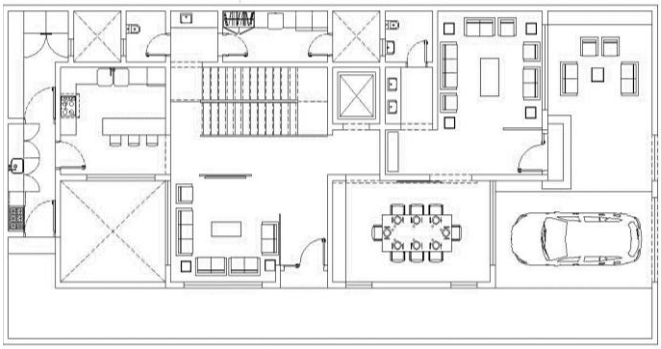
شكل 15- صورة ثلاثية الابعاد للخامات المستخدمة للمبنى السكني، المصدر الباحثان

5-3 تصميم المساقط الأفقية



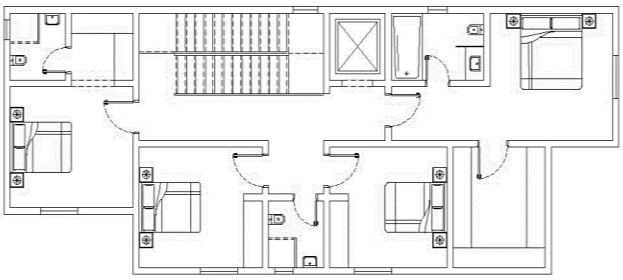
شكل 17- مخطط الموقع العام، المصدر الباحثان

تم تصميم الدور الارضي بمرونة و بمسارات انسيابية بمسطح بناء 174 م^2 مع مراعاة الخصوصية التامة في التصميم بفصل منطقة الضيوف عن منطقة العائلة. تحتوي منطقة الضيوف على مجلس، غرفة طعام، مغاسل و دورة مياه. أما منطقة العائلة فتحتوي على صالة، مطبخ داخلي ، مغاسل و دورة مياه. بالاضافة الى منطقة الخدمات التي تحتوي على المطبخ خارجي، غرفة غسيل، مخزن، أنظر شكل (18).



شكل 16- مخطط الدور الارضي، المصدر الباحثان

يضم الدور الاول غرف المنزل العائلية حيث الهدوء والراحة والانتقال من عالم الضجيج إلى عالم الاسترخاء بمسطح بناء 144.50 م2 حيث تم استغلال المساحات في هذا الدور بشكل مثالي ليساهم في انسيابية الحركة ويحتوي هذا الدور على جناح النوم الرئيسي والتي تتمتع بإطلالة على المنطقة الامامية للفيلا ويحتوي كذلك على ثلاث غرف نوم واسعة إحداها تضم غرفة ملابس ودورة المياه الخاصة بها .هنا يمكن استبدال احد غرف النوم بصالة معيشة و ركن قهوة سريعة حسب حاجة العائلة، أنظر شكل (19).



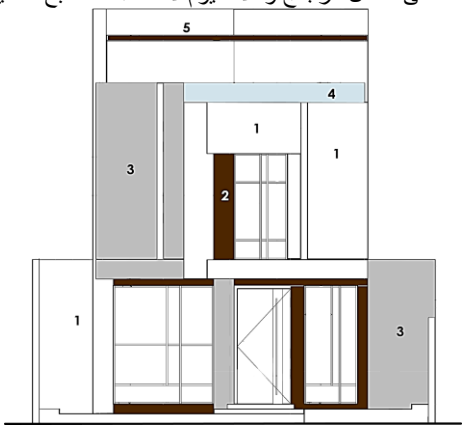
شكل 19 - مخطط الدور الاول، المصدر الباحثان

يضم الملحق العلوي جزء خدمي وجزء عائلي. يحتوي الجزء الخدمي على مخزن وغرفة العاملات مع دورة المياه الخاصه بها. أما الجزء العائلي يحتوي على صاله مع منطقة تحضير قهوة، دورة مياه وجلسة خارجية تظللها مظلة بتشكيل من الفتحات تنساب بينها أشعة الشمس بحيث تضفي على الجلسة الدفء والراحة ويمكن إستغلال الجلسة في حفلات الشواء العائلية وغيرها بحسب مايراه ساكن المنزل .

أما منطقة القبو فتحتوي على منطقة ترفيه للعائلة و منطقة جلوس و منطقة تناول طعام بالاضافة الى منطقة خدمة صغيرة و جلسة خارجية مفتوحة من الاعلى للحصول على ضوء طبيعي و تهوية للمنطقة.

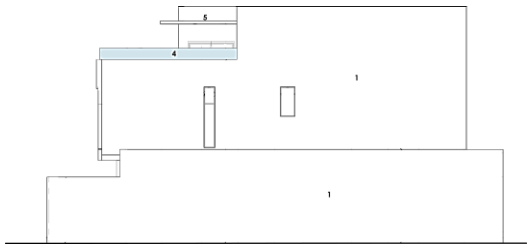
4-5 تصميم الواجهات

تتميز واجهة الفيلا بتصميم يعطي طابع الحداثة، فتم المزج بين استخدام الحجر و الدهان بالاضافة الى ادخال الزجاج و الالمنيوم لاعطاءها الطابع الحديث.



شكل 17 الواجهة الجنوبية، المصدر الباحثان

- الواجهة الغربية، المصدر الباحثان18شكل



شكل 22- الواجهة الشرقية، المصدر الباحثان

5-5 حساب كميات و متوسط التكاليف للمواد الخاصة بالواجهات

تقوم التجربة على المقارنة بين اسعار استخدام المواد الاعتيادية المتوفرة في السوق المحلي و استخدام المواد الحديثة المعالجة بتكنولوجيا النانو للوصول الى الهدف المبتغى من الورقة البحثية.

اولا: تم حساب كميات المواد المطلوبة للواجهات بالمتر المربع.

ثانيا: تم حساب التكلفة باستخدام المواد الاعتيادية المتوفرة في السوق المحلي والذي يفضلها المقاولين عن طريق حساب متوسط سعر السوق كما تم تمثيله في جدول (3).

ثالثا: تمت اعادة حساب التكلفة باستخدام المواد الحديثة المعالجة بتكنولوجيا النانو عن طريق حساب متوسط سعر السوق كما تم تمثيله في جدول (4).

جدول 3

حساب الكميات و متوسط التكلفة للواجهات باستخدام المواد الاعتيادية، المصدر الباحثان

جدول كميات الواجهات باستخدام المواد الاعتيادية					
	التكسية	المساحة	السعر	الكمية	الاجمالي / ريال
1	*دهان ابيض مطفي ناعم وجهين*	450 متر مربع	178 ريال / جالون - 20 لتر	8.0	1424.0
2	*دهان بني غامق*	20 متر مربع	يغطي 120 متر مربع	1	178
3	*اساس طبقة واحدة*	450 متر مربع	145 ريال / جالون - 200 متر مربع	3	435
4	*حجر الرياض مقاس 30*60 لون رمادي*	40 متر مربع	150 ريال / متر مربع	-	6000
5	*اعمال الزجاج*	20 متر مربع	400 ريال / متر مربع	-	8000
6	*أعمال الالمنيوم*	15 متر مربع	700 ريال / متر مربع	-	10500
المجموع					**26537.0**

جدول4
حساب الكميات و متوسط التكلفة للواجهات باستخدام المواد الحديثة المعالجة بتقنية النانو
المصدر الباحثان

جدول كميات الواجهات باستخدام المواد الحديثة					
	التكسية	المساحة	السعر	الكمية	الاجمالي / ريال
1	*دهان ابيض مطفي ناعم وجهين معالج ضد عوامل الطقس*	450 متر مربع	345 ريال / جالون - 20 لتر يغطي	8.0	2760.0
2	*دهان بني غامق وجهين معالج*	20 متر مربع	120 متر مربع	1	345
3	*اساس طبقة واحدة*	450 متر مربع	145 ريال / جالون - 200 متر مربع	3	435
3	*حجر الرياض مقاس 30*60 لون رمادي مطلي بطبقتين من الحماية بتقنية النانو*	40 متر مربع	200 ريال / متر مربع	-	8000
4	*اعمال زجاجية - مطلية بطبقة من الحماية بتقنية النانو*	20 متر مربع	440 ريال / متر مربع	-	8800
5	*أعمال الالمنيوم - مطلية بطبقتين من الحماية بتقنية النانو*	15 متر مربع	750 ريال / متر مربع	-	11250
	المجموع				**31590.0**

رابعا: تمت المقارنة من ناحية التكلفة الاجمالية بين استخدام الخامات الاعتيادية والخامات المعالجة بتكنولوجيا النانو فتبين ان التكلفة في الخامات العادية كانت 26537 ريال بينما الأخرى كانت 31590 ريال و هذا يعني ان استخدام الخامات المعالجة افضل من الاعتيادية رغم الفرق بالتكلفة لكن قدرة المبنى على التكيف مع الظروف المناخية المتغيرة مما يطيل من عمر المباني و الاسطح بالاضافة الى دورها في ترشيد استهلاك الطاقة.

تعطي هذه التجربة دافع للتوعية بفوائد مساكن النانو Nano Homes حيث تتميز بانها مساكن مستدامة مريحة لساكنيها فتتطلب جهد اقل لتنظيفها و صيانتها ، و ذات فاعلية عالية فى خفض استهلاك الطاقة كما ان لها القدرة على صيانة نفسها و اصلاح الاعطال التى تحدث لها بشكل تلقائى و مباشر . مما تعطيها القدرة على توفير حلولاً لكافة المشكلات التى تعانى منها المنازل الآن.

5-6تقويم الحلول

يتم تقويم الحلول وإجراء الجمع المباشر للمعلومات من خلال المقابلات المسحية للخبراء المختصين كأداة بحث.

5-7تصميم استمارة مقابلات الخبراء

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير استخدام تكنولوجيا النانو في مواد البناء وتأثيرها على جودة المباني السكنية في مدينة الرياض. يتضمين تصميم المباني المستدامة خمسة عناصر تتمثل في:

- تنقية الهواء من الملوثات لتحسين اداء المباني بيئيا.
- المحافظة على دائمية الخامات المستخدمة في الواجهات عن طريق التقليل من الترسبات و التكلسات والحد من تراكم والتصاق الغبار و الملوثات.
- حماية الفراغ الداخلي من اشعة الشمس الضارة ومقاومة الأشعة الفوق بنفسجية و التحت الحمراء.
- ترشيد استهلاك الطاقة عن طريق استعمال مصادر طاقة متجددة و حماية المصادر الطبيعية.
- الاقتصادية في التكلفة و وفرة المواد في السوق المحلي.

و لتحقيق هذه الأهداف تم الإعتماد على الأسلوب التحليلي الوصفي باجراء دراسة مسحية من خلال إستخدام المقابلة المباشرة كأداة لتقويم الحلول المقترحة للدراسة للحصول على المعلومات و الآراء وفق هذه الأهداف.

5-8عينة الخبراء

يتكون مجتمع البحث من الخبراء الممارسين في مجال التصميم من المكاتب الهندسية الاستشارية في المملكة العربية السعودية، إلى جانب بعض المقاولين المتخصصين في مجال البناء بالاضافة الى الجانب الاكاديمي لتدعيم الورقة البحثية.

تمت دعوة ستة متخصصين من الممارسين المحليين، لتقويم الحلول المقترحة من الباحثين لاستخدام تكنولوجيا النانو في مواد البناء، و إستطلاع أرائهم للتحقق من جودة الحلول بالتركيز على معايير التصميم الخمسة السابقة التي بنيت عليها أسئلة المقابلة.

5-9خصائص عينة الخبراء

القسم الأول: يتعلق بتوجيه أسئلة شخصية و عامة عن الخبراء و المختصين بتحديد التخصص، الدرجة العلمية و قطاع العمل، بالإضافة الى عدد سنوات الخبرة العملية.

تشمل عينة البحث درجتي البكالوريوس و الماجستير، يعمل النصف في المجال الاكاديمي و النصف الاخر في المكاتب الاستشارية وقطاع المقاولات. بالنسبة لسنوات الخبرة فتماثلت نسبة الخبراء ذوي الخبرة من خمس الى عشر سنوات الى النصف ، أما النصف الاخر من الخبراء ذوي خبرة لاكثر من 10 سنوات.

القسم الثاني: يتحدث عن الأهمية النسبية لمعاييرالاستدامة في مواد البناء للمبانى السكنية و اوجه المقارنة بين فاعلية استخدام مواد التشطيب الاعتيادية المتداولة في السوق المحلي و المواد المعالجة بتكنولوجيا النانو على واجهات مبنى سكني التي تم الحصول عليها من وجهة نظر الباحثين .

بخصوص راي الخبراء حول معايير استخدام مواد تشطيبات الواجهات الاعتيادية المتداولة في السوق المحلي للمباني السكنية، وجد أن المواد متوفرة بنسبة كبيرة في السوق المحلي و تعتبر سهلة في التطبيق، أما بخصوص الدائمية فيرى نصف الخبراء انها غير دائمة و تحتاج الى صيانة كل فترة. أما بخصوص التأثير السلبي على البيئة اختلفت الاراء بين مؤيد ومعارض بنسبة متساوية. وبخصوص التكاليف اجتمع الاغلبية بانها متوسطة التكلفة. أما بخصوص معاييراستخدام مواد تشطيبات الواجهات المعالجة بتكنولوجيا النانو، أيد أكثر من نصف الخبراء توافر هذه المواد في السوق المحلي ، بينما اجمعوا ان تطبيقها ليس بتلك السهولة بالاضافة الا ان هذه المواد تحتاج الى ايدي عاملة مدربة لتكون متمكنة من تطبيقها. اما بالنسبة لدائمية هذه المواد بلغ تأييدها النصف، واجتمع الاغلبية بتأييد عدم تأثيرها سلبا على البيئة بالاضافة الى انها قد تكون عامل مساعد لتنقية الهواء من الملوثات.أما بالنسبة للتكلفة فأيد الاغلبية غلاء اسعارها مقارنة بالمواد الاعتيادية.

6 النتائـــج

مع تطور التقنيات التي تم طرحها من خلال الادبيات واستكتشافها لهذا البحث و بناء على الوضع الراهن نستنتج أن:

1. تم تطبيق تجربة تطبيقية على واجهات مبنى سكني وعمل مقارنة بين اختيار تشطيبات مواد اعتيادية من السوق المحلي و مواد نانوية حديثة ثم عمل حسابات كميات و تكاليف المواد المستخدمة، فاثبتت التجربة ان استخدام المواد المعالجة نانويا لها مردود اقتصادي رغم انها مرتفعة الثمن إلا انها بتعدد مزاياها فاقت ثمنها، حيث أن العمر الافتراضي للمبنى اكبر، و توفر في صيانة المبنى، وهي صديقة للبيئة تعمل على تقليل الانبعاثات الضارة و توفر في الطاقة الكهربائية.
2. يمكن استخدام المواد النانوية في مواد البناء للمباني السكنية و معالجة المباني القائمة لما لها من فوائد، تتلخص في التنظيف الذاتي وسهولة التنظيف، ومضادة للبكتيريا، وتحسين العزل الحراري، ومضادة للضبابية، والحماية من اشعة الشمس البنفسجية والحريق.
3. يمكن ان يساعد استخدام مواد البناء النانوية في إنتاج مساكن عالية الكفاءة والاستدامة و تقليل استخدام المواد الخام ورفع كفاءة المياه والطاقة و تخفيض استهلاك الكهرباء بالاضافة الى تحسين جودة البيئة الداخلية.
4. يمكن أن يؤدي تطوير تقنية النانو من خلال تقنيات البناء ومواد تشطيب المباني إلى ظهور شكل ومعالجات معمارية جديدة، مصممة خصيصًا لمتطلبات المستخدم واستدامة المبنى.

7 التوصيات والرؤى المستقبلية

من منطلق رؤية 2030 للمملكة العربية السعودية في الاستدامة ومن خلال ماتمت مناقشته توصي هذه الدراسة التي تطرقت حول استخدام تكنولوجيا النانو في مواد البناء وتأثيرها على جودة المباني السكنية بما يلي :

1. التوعية بتقنية النانو من خلال المناهج الدراسية و الندوات و ورش العمل والمؤتمرات المتخصصة بالنانو في القطاعات المختلفة الحكومية و الخاصة و التعليمية في جميع مستوياتها و بصفة دورية.
2. عمل دليل للمهندسين للجانب التوعوي للتوعية بتطبيقات تكنولوجيا النانو في المباني للإستفادة منها لتحسين أداء المباني و لتحقيق الإدارة الفعالة للطاقة داخل المباني المختلفة من خلال التشجيع علي عقد المؤتمرات و الندوات وذلك لتميز تقنية النانو بأنها ذات مردود اقتصادي على المدى البعيد لقابليتها لاعادة التدوير و اطالة العمر الافتراضي للمباني بالتالي تبقى المنشأه لفترة اطول فتقل عمليات البناء الى حد كبير، وبناء على ذلك يفضل اصدار دليل للمستهلك من قبل وزارة الاسكان.
3. ضرورة ادخال وزارة الاسكان في المملكة نماذج مبانى مطبقة لتقنية النانو ضمن مشاريعها السكنية وتحت رعاية مؤسسات الدولة، بالمفهوم الصحيح والمتطور لها ليحتذى بها .
4. ضرورة التعليم المستمر من المهندسين المعماريين بخصوص تطوير مواد النانو الجديدة المتعلقة بالجوانب المعمارية والهيكلية، لدعم الاستدامة المتوافقة مع البيئة.
5. يوصي البحث باستبدال الخامات التقليدية المستخدمة في التصميم المعماري بخامات النانو الخضراء لما تتمتع به من خواص فريدة تعمل على تحقيق الاستدامة في افضل صورها، ووضع استراتيجيات متخصصة بكيفية استخدام تكنولوجيا النانو في مجالي العمارة والتخطيط، و وضعها من ضمن اللوائح الخاصة بالبناء للكود السعودي.

المراجع

[1] فاتن فارس فؤاد. (2012). عمارة النانو و الإستدامه. جامعة اللإسكندرية.

[2] محمد سعد عطوه. (2018). اثر استخدام مواد وتقنيات النانو فى الغلاف الخارجى على جودة البيئة الداخلية فى المبانى. جامعة الأزهر.

[3] منى صبح عبدالفتاح. (2018). التأثير التقنى والجمالى لتطبيقات النانو تكنولوجى على تصميم الواجهات المعمارية . مجلة العمارة و الفنون.

[4] منى عجور، و الفت سليمان. (2010). المواد الذكية - نحو هندسة معمارية جديدة. المؤتمر الأول للإستدامة و المتسقبل.

[5] نعمه حسن عمر. (2017). النانو تكنولوجى فى العمارة بين النظرية والتطبيق. كمية الهندسة جامعة القاهرة.

[6] برافين كاندف. (2014). تكنولوجيا النانو في مواد البناء. المجلة الدولية للبحوث الأساسية والتطبيقية.

[7] احمد رضا، اشرف رشدي البكري، و محمد عطيه محمد. (2017). تطبيقات تقنية النانو في تشطيبات الواجهات و تاثيرها على التشكيل – دراسة حالة الابراج الإدارية في مصر. مجلة عين شمس.

[8] احمد محمد عامر. (2018). تطبيقات تقنية النانو في تشطيبات الواجهات و تاثيرها على التشكيل – دراسة حالة الابراج الإدارية في مصر. جامعة الازهر.

[9] إسماعيل أحمد عامر، و احمد علي جابر. (2018). تطبيقات تقنية النانو في التشطيبات الواجهات و تأثيرها على التشكيل. مجلة قطاع الهندسة بجامعة الأزهر.

[10] عماد علي حسني، مايسة أحمد الفار، و غادة محمد شطا. (2019). آثر التقدم التكنولوجي علي تطوير الشكل الجمالي للواجهات المعمارية. مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية.

[11] إسماعيل عبدالرحمن أبو سخيله. (2015). أثر التقنيات الحديثة على تصميم الغلاف الخارجي وتحسين البيئة الداخلية للمباني. الجامعة الاسلامية في غزه.

[12] ريهام مسعد شلبي. (2021). فاعلية تقنية النانو في تطوير فن الجداريات و الواجهات المعمارية. المجلة العلمية لجمعية إمسيا التربية عن طريق الفن.

[13] علا عمر حربه، و لؤي مرهج. (2017). العمارة في ظل تقنية النانو. مجلة البعث.

[14] محمد سعد عطوة، إسماعيل محي الدين، و منى محمود الحجر. (2018). اثر استخدام مواد وتقنيات النانو فى الغلاف الخارجى على جودة البيئة الداخلية للمباني. المجلة العلمية الدولية فى العمارة، الهندسة والتكنولوجيا.

[15] منى صبح عبدالفتاح. (2018). التأثير التقنى والجمالى لتطبيقات النانو تكنولوجى على تصميم الواجهات المعمارية. مجلة العمارة و الفنون ، العدد 11 ، الجزء الثاني.

[16] عبدالله أحمد عبدالله حسب الله. (2017). تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمبانى، جامعة القاهرة.

[17] إيهاب محمود عقبة. (2004). المبادئ التصميمية المحققة للمسكن المستدام. كلية الهندسة بالفيوم، جامعة القاهرة.

[18] محسن محمد ابراهيم. (2004). العمارة المستدامة. كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

[19] Khandve, P. V. (2014). Nanotechnology for Building Material. International Journal of Basic and Applied Research.

[20] Abdin, A. R., El Bakery, A. R., & Mohamed, M. A. (2018). The role of nanotechnology in improving the efficiency of energy use with a special reference to glass treated with nanotechnology in office buildings. Ain Shams Engineering Journal.

[21] Hemeida, F. A. (2014). GREEN NANOARCHITECTURE. University of Alexandria.

[22] Mona Mohammed Aggour، و Olfat Abd Elghany Soliman. (2010). SMART MATERIALS – TOWARD A NEW ARCHITECTURE. First international conferance on Sustainability and the future.

[23] Perilli, S., Palumbo, D., Sfarra, S., & Galietti, U. (2021). Advanced Insulation Materials for Facades: Analyzing Detachments. MDPI.

[24] أنتربيلد تودي. "تكنولوجيا النانو الخضراء." أنتربيلد تودي, 31 July 2019, ibtoday.expertsudan.com/2019/07/31/nano-technology-3/. Accessed 6 Mar. 2022.

[25] "العمارة المستدامة أو العمارة الخضراء." العمارة المستدامة أو العمارة 101PAGE, الخضراء, 2019, the page 101.blogspot.com/2019/03/blog-post.html. Accessed 4 Mar. 2022.

[26] Admin 11 Dec. 2019, "الخلايا الشمسية المكونات، والأنواع، و نصائح الشراء." فولتيات, www.voltiat.com/solar-cells/. Accessed 5 Mar. 2022.

[27] Aljazirah paints. "الجزيرة مكسيم مت | تسوق الان." Jazeerapaints.com, 2022, jazeerapaints.com/saudi-ar/products/maxim-matt-ddvvcdnbpt0?color=5158. Accessed 5 Mar. 2022.

[28] Berger, Michael. "Nanotechnology and the Future of Advanced Materials." Nanowerk, 29 Apr. 2010, www.nanowerk.com/spotlight/spotid=16047.php.

[29] Nano, Understanding. "Nanotechnology in Building Materials." Www.understandingnano.com, 2022, www.understandingnano.com/nanotechnology-building-materials.html. Accessed 27 Feb. 2022.

[30] superadmin. "Nano Composite in the Facade of the Building - Premium Bond." Premiumbond, 17 May 2020, premiumbond-co.com/en/nano-composite-in-the-facade-of-the-building/. Accessed 27 Feb. 2022.

[31] أنتربيلد تودي. "تكنولوجيا النانو الخضراء." تكنولوجيا النانو, 31 July 2019, ibtoday.expertsudan.com/2019/07/31/nano-technology-3./

AUTHORS CONTRIBUTION

	Shekha AlRasheed	Hatem El Shafie
Conception or design of the work	50%	50%
Data collection and tools	100%	
Data analysis and interpretation	50%	50%
Funding acquisition	50%	50%
Investigation	50%	50%
Methodology	50%	50%
Project administration	50%	50%
Resources	100%	
Software	100%	
Supervision	50%	50%
Drafting the article	50%	50%
Critical revision of the article	50%	50%
Final approval of the version to be published	Approved	Approved

FUNDING STATEMENT:

No financial support was received

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS STATEMENT:

The author declared that there are no potential conflicts of interest with respect to the research authorship or publication of this article.

[32] ABARBANEL-GROSSMAN, ALEX. “Smart Buildings Take Hold: 8 Ways Smart Tech Is Transforming Commercial Buildings | Building Design + Construction.” Www.bdcnetwork.com, 21 Feb. 2019,
[33] KSU ”. الأخطار المحتملة في التعامل مع تقنية النانو | معهد الملك عبدالله لتقنية النانو. Nano.ksu.edu.sa, 2022, nano.ksu.edu.sa/ar/nanotech-dangers. Accessed 23 Feb. 2022.
[34] Souza, Eduardo. “Smart Facades: Buildings That Adapt to the Climate through Their Skin.” ArchDaily, 26 Sept. 2019,
[35] Technology, Planet. “7 Incredible Examples of Smart Buildings (and What Makes Them Smart).” Planet Technology USA, 22 July 2019, planetechusa.com/7-incredible-examples-of-smart-buildings-and-what-makes-them-smart/

TITLE ARABIC:

استخدام تكنولوجيا النانو في مواد البناء وتأثيرها على جودة المباني السكنية

ARABIC ABSTRACT

ظهرت تكنولوجيا حديثه تسمى بـ"تكنولوجيا النانو" التي تسعى الى التصميم البيئي من خلال استخدام التقنيات الجديدة والطرق العلمية المتقدمة لانشاء عمارة معاصره. تتلخص مشكلة البحث بقلة استغلال تقنيات النانو في مواد البناء للمباني السكنية بسبب قلة المعرفة بفوائد وتكلفة هذه التقنية. تكمن أهمية الدراسة في استخدام مواد بناء تعتمد على تقنية النانو ذات الأداء العالي لتعالج مشاكل مواد البناء الحالية بحيث تكون مستدامة وتوفر كفاءه للمباني السكنية لتتناسب مع البيئة المحلية. يهدف البحث الى الاستفادة من تطبيقات النانو في تطوير المباني السكنية و توفير الطاقة المستهلكة. ينتهج البحث المنهج الوصفي في التعرف على مفاهيم العمارة المستدامة وتطبيقاتها وربطها بتكنولوجيا النانو وجمع البيانات المتعلقة بالمواد النانوية التي تستخدم في البناء والتي تناسب البيئة المحلية. ثم المنهج التحليلي، بعمل دراسات تحليليه لمباني استخدمت تكنولوجيا النانو في تصميمها واستخلاص النتائج. ثم يتم تطبيق المستخلص من الدراسة النظرية والتحليلية على حالة دراسية محلية لواجهات مبنى سكني وعمل مقارنة بين اختيار تشطيبات مواد اعتيادية من السوق المحلي و مواد نانوية حديثة ثم عمل حسابات كميات و تكاليف المواد المستخدمة بهدف تحسين تكاليف تشغيل الطاقة و تحقيق الهدف المأمول. اظهرت النتائج بان استخدام المواد النانويه له مردود اقتصادي رغم انها مرتفعة الثمن إلا انها بتعدد مزاياها فاقت ثمنها، حيث أن العمر الافتراضي للمبنى اصبح اكبر، و توفر في صيانة المبنى، وهي صديقة للبيئة تعمل على تقليل الانبعاثات الضارة و توفر في استهلاك الطاقة. ويوصى البحث بتوعية المهندسين والمستهلكين باهمية استخدام المواد القائمة على هذه التقنية لما لها من فوائد، تتلخص في سهولة و ذاتية التنظيف، ومضادة للبكتيريا والضبابية، وتحسين العزل الحراري، والحماية من اشعة الشمس البنفسجية.