تطبيقات تكنولوجيا النانو واستخدامها في التصميم البيئي لمحطات المونرال

أ.د. محمد محمود العربي
مدير برنامج العمارة الداخلية
بجامعة الملك سلمان العالمية
mohamed.elaraby@ksiu.edu.eg

أ.د. مها محمد إمام الحلبى
استاذ تصميم المنشآت السياحية
ورئيس قسم التصميم الداخلى
والأثاث الأسبق
Mahaelhalaby@gmail.com

م. سوزان محمد على فرماوى
مدرس مساعد بقسم الديكور
والعمارة الداخلية
المعهد العالي للفنون التطبيقية 6 أكتوبر
suzan.faramawy@appliedarts.edu.eg

المستخلص:

يعد توفير البيئة النظيفة الآمنة من التحديات التي يواجها العالم حاليا ، فنتيجة للأنشطة الإنسانية المختلفة من صناعة وزراعة ومشاريع مختلفة بالإضافة إلي المحروقات الموجودة في المناخ البيئي ساهمت في وجود ضرر كبير بالبيئة وتلوث الهواء والماء والتربة ونتج عنها مخاطر تهدد بحياة البشرية ومن بينها انتشار الأمراض والأوبئة وتغير المناخ، وبالتالي فإن تكنولوجيا النانو لها إمكانيات كبيرة في توفير بيئة داخلية مريحة لمرتادى محطات المونوريل بالإضافة الى المساهمة في الإصحاح البيئي ومعالجة البيئة من التلوث الناجم من الأنشطة الصناعية والعمرانية والزراعية والتكنولوجية وغيرها، ويعد مجال حماية البيئة من أبرز

تاريخ استلام البحث: 8/ 2024/8 تاريخ إجازة البحث: 27/ 2024/8

اهتمامات تطبيقات تكنولوجيا النانو نظراً لإرتباط صحة الإنسان والظروف البيئية التي يعيش فيها بحيث تهدف هذه التكنولوجيا الى استخدام نظيف وغير ملوث للبيئة والمحافظة على صحة الإنسان والمناخ البيئي بحيث تقلل من إنبعاث غاز ثاني اكسيد الكربون الناتج من صناعة مواد البناء ، ولهذا جاءت هذه الدراسة للتعريف بتكنولوجيا النانو ودورها في تصميم محطات المونوريل بمواد ذات جودة عالية المحافظة وصديقة للبيئة فتقنية النانو تلعب دورًا حيويًا في التصميم البيئي لمحطات المونوريل، حيث توفر حلولاً مبتكرة لتعزيز الاستدامة والكفاءة البيئية في هذه المرافق المهمة فانها تمثل فرصة كبيرة لتحقيق التصميم البيئي المستدام لمحطات المونوريل من خلال تحسين الكفاءة الطاقية وجودة البيئة الداخلية وتقليل الآثار البيئية.

الكلمات المفتاحية:

محطات المونوريل؛ تكنولوجيا النانو؛ التصميم البيئي.

تمهيد:

تقنية النانو تلعب دورًا حيويًا في التصميم البيئي، حيث تساهم في تحسين الخصائص الميكانيكية والعزل الحراري للمواد. كما تعزز هذه التقنية كفاءة استهلاك الطاقة وتساعد في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يسهم في حماية النظام البيئي .كما تُستخدم في تطوير مواد بناء خفيفة الوزن وقوية، مما يحقق استدامة أكبر في العمارة .من خلال دمجها مع مبادئ العمارة الخضراء، وسنتناول فى البحث دراسة الآثار الفعالة لتكنولوجيا النانو على تحسين وتطوير تصميم محطات المونوريل، أيضا يتناول التحديات التقنية والتطورات الحديثة في مجال تكنولوجيا النانو، مع التركيز على كيفية تأثير هذه التطورات على عمليات التصميم الداخلي وتحسين الأداء والجمالية داخل المحطات، ويعمل البحث على تسليط الضوء على الفوائد المحتملة لتكنولوجيا النانو في تحسين جودة ووظائف المساحات الداخلية، مع التركيز على الاستدامة والابتكار في التصميم، مع استعراض أحدث التطورات في هذا المجال المتعلق بالتصميم البيئي لمحطات المونوريل ومناطق الخدمة الملحقة بها مثل تطبيقات الطلاءات النانوية المضادة للبكتيريا والفيروسات، والأسطح الذكية التي تتفاعل مع البيئة المحيطة، والأقمشة الذكية ذات الخصائص المتطورة، بالإضافة إلى ذلك يتناول تأثيرات هذه التطورات على عمليات تصميم المحطات داخليا وخارجيا، بما في ذلك العزل الحراري والصوتي، والإضاءة، والتنظيف الذاتي، والأمان والراحة، كما يستعرض البحث التحديات المستقبلية والفرص في هذا المجال، مع توجهات للبحث المستقبلي وتطبيقات الصناعة لاستغلال الإمكانيات الكامنة لتكنولوجيا النانو في تصميم الاماكن العامة ، يقدم البحث تقييماً شاملاً لتأثير تكنولوجيا النانو على تحسين جماليةووظائف المساحات الداخلية لمحطات المونوريل، مما يسهم في فهم أعمق لتطبيقات هذه التقنية المتقدمة في مجال التصميم الداخلي.

هدف البحث:

فهم تأثير تكنولوجيا النانو علي تحسين البيئة الداخلية وتقليل الآثار البيئية داخل محطات المونوريل وتحديد الاستخدامات الفعالة والمستدامة لهذة التقنية في تصميم محطات المونورل رصد تكنولوجيا النانو .

أهمية البحث :

تطبيق تكنولوجيا النانو من خلال استخدام الخامات النانوية في تصميم محطات المونوريل وذلك لتحسين الكفاءة الطاقية وجودة البيئة الداخلية وتقليل الآثار البيئية .

منهج البحث :

المنهج الاستقرائي: وذلك من خلال الدراسات السابقة.

المنهج الوصفى التحليلي: وذلك من خلال الوصفي التحليلي للمواد النانوية المستخدمة في التصميم الداخلي.

مجال البحث:

استخدام تكنولوجيا النانو في التصميم البيئي

الدراسات السابقة:

- **الحقان ،ندى محمد (ديسمبر ،2023)" التحديات والتطورات في تكنولوجيا النانو وتأثيرها علي تصميم المساحات الداخلية" المجلة العلمية بحوث في العلوم والفنون النوعية:** تناول البحث التحديات التقنية والتطورات الحديثة في مجال تكنولوجيا النانو، مع التركيز على كيفية تأثير هذه التطورات على عمليات التصميم الداخلي ، وعمل البحث على تسليط الضوء على الفوائد المحتملة لتكنولوجيا النانو في تحسين جودة ووظائف المساحات الداخلية، مع التركيز على الاستدامة والابتكار في التصميم، مع استعراض أحدث التطورات في هذا المجال المتعلق بتصميم المساحات الداخلية .
- **Hosny, Inas. Nano materials and their applications in interior design. Social American International Journal of Research: (in Humanities Arts and Sciences)** تناول لمحة عامة عن تطبيقات المواد النانوية للأبنية الخضراء ونتائج واعدة لمستقبل أفضل للتصميم الداخلي مع مزيد من الخصوصية والأمن والاستدامة. كما تعرض لاستخدام هذه المواد كطلاءات أو مواد عازلة أو لتنقية الهواء أو في تصنيع المنتجات ومالها من تأثير كبير على كيفية تصميم الأماكن العامة وعلى وجه الخصوص المستشفيات، أو الفنادق، أو المنتجعات، أو المطاعم، أو المكاتب أو دور السينما التي تقدم أداءً غير مسبوق في كفاءة الطاقة والمتانة.

وتختلف تلك الدراسات عن بحثنا هذا في تطبيق تكنوالوجيا النانو في تصميم محطات المونوريل لتحقيق الاستدامة البيئية

مفهوم التصميم البيئي

التصميم البيئي هو نهج متعدد التخصصات يهدف إلى إنشاء منتجات وبيئات مبنية تستجيب للاحتياجات البشرية مع الحفاظ على سلامة البيئة الطبيعية. يشمل هذا النهج النظر في كل مراحل دورة حياة المنتج، من التصميم إلى التصنيع إلى الاستخدام والتخلص النهائي، مع التركيز على الكفاءة في استخدام الموارد وتقليل الآثار البيئية السلبية. يتطلب التصميم البيئي تعاونًا وثيقًا بين المصممين والمهندسين والخبراء البيئيين لتحقيق نتائج مستدامة.(التعريف من وجهة نظر الباحثة وبناءا علي المراجع المذكورة في البحث)

مبادئ التصميم البيئي(Bonda, 2006)

يرتكز التصميم البيئي على مجموعة من المبادئ الأساسية، والتي تشمل:

- تقليل استخدام الموارد
- تقليل الانبعاثات والنفايات
- تصميم منتجات قابلة لإعادة الاستخدام والتدوير
- اختيار مواد صديقة للبيئة
- الحفاظ على التنوع البيولوجي والنظم البيئية
- الاستخدام الكفء للطاقة

تقنية النانو واهميتها في التصميم البيئي

تقنية النانو تلعب دورًا حيويًا في التصميم البيئي، حيث تساهم في تحسين الخصائص الميكانيكية والعزل الحراري للمواد مثل الخرسانة. تعزز هذه التقنية كفاءة استهلاك الطاقة وتساعد في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يسهم في حماية النظام البيئي .كما تُستخدم في تطوير مواد بناء خفيفة الوزن وقوية، مما يحقق استدامة أكبر في العمارة .من خلال دمجها مع مبادئ العمارة الخضراء، تُعزز تقنية النانو فعالية استخدام الموارد وتقلل من التأثير البيئي. (ar.wikipedia.org، 2024)

مصطلح تقنية النانو Nanotechnology

"هو مصطلح اغريقى مركب مكون من كلمتين ، الأولى هى تكنولوجيا او تقنية وهى تعني حرفة او عمل والكلمة الثانية "نانو" مشتق من الاصل اللاتينى نانوسNanos وتعني القزم ، وتستخدم كلمة النانو في العلوم للدلالة على جزء من البليون من شيء معين مثل الكتلة والمسافة ، ومن هنا جاءت تقنية المواد المتناهية فى الصغر او التكنولوجيا المجهرية الدقيقة او تكنولوجيا المنمنمات (Amber&SalamatAli, 2008)

علم النانو Nanoscience

هو العلم الذي يهتم بدراسة وتوصيف وتطبيق مواد النانو Nanomatiral، وتعيين خصائصها الكيمائية والفيزيائية والميكانيكية والحرارية والكهربائية والمغنطيسية ، هذا بالاضافة الى دراسة الظواهر المرتبطة والنائة عن تصغير احجامها وذلك باستخدام احدث الوسائل والاجهزة (الاسكندراني، 2009)

مقياس النانو Nano Scale

هى أدق وحدة قياس مترية معروفة حتى الان ، ويشمل الابعاد التي يبلغ طولها نانو متر واحد الى 100 نانو متر، والنانو هو وحدة قياس تساوى جزء من مليار جزء من وحدة القياس المستخدمة (عيسى، 2016)

تكنولوجيا النانو Nanotechnology

هى التكنولوجيا المتقدمة التى يمكن من خلالها تطبيق النظريات العلمية لعلم النانو باستخدام مجموعة من التقنيات الحديثة التى يمكن من خلالها تصنيع المواد النانوية والتحكم فى بنيتها الداخلية عن طريق اعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزئيات المكونة لها مما يضمن الحصول على منتجات متميزة (Luisa Filipponi, 2010)

مبادىء تكنولوجيا النانو Principles of Nanotechnology

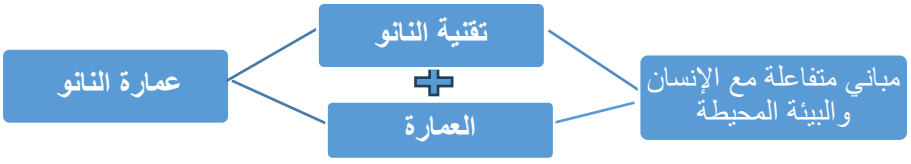
إمكانية التحكم بتحريك الذرات منفردة بدقة وإعادة ترتيبها.

الخصائص الفزيائية والكميائية للمادة عند مقياس النانو تختلف عن خصائص نفس المادة عند مقياسها الطبيعى.

إمكانية التحكم بالذرات فى صنع المواد والآلات وتنقيتها من الشوابب وتخليصها من اي مشاكل (النصر، 2017)

عمارة النانو Nanoarchitecture

هي اندماج تقنية النانو مع العمار ة وتأثيرها على المواد والطرق المعمارية لإنتاج مباني متفاعلة مع الإنسان والبيئة المحيطة. وتقدم تقنية النانو العديد من التطبيقات في مجال العمارة من تغير طريقة تفكير المعماريين في أشكال المباني .



رسم توضيحي 1 يوضح نشأة عمارة النانو (اعداد الباحثة)

العمارة المستدامة في ظل تقنية النانو:

بدأ العالم بربط عمارة النانو بالاستدامة في جميع التصاميم والمشاريع لأهمية تحقيق مبادئ الاستدامة للبشرية والكون. إن تقنية النانو تفتح عالم جديد من المواد المتقدمة أكثر كفاءة وقادر ة على تطوير نفسها وفقا لما يطلبه المصمم مما أعطى إمكانيات جديدة في مجال البناء المستدام، فتعمل على زيادة كفاء ة أداء المبنى وتحسن من البيئة الداخلية والخارجية للمبنى وتوفر استهلاك الطاقة وأيضا ازلة التلوث من البيئة الطبيعية.ويكون الاندماج بين تقنية النانو والعمارةالمستدامة كما موضح في المخطط رقم (1) (حربة، 2017). وقد تم استخدام تقنية النانو في الواجهة الأمامية لمشفى مانويل جيا في المكسيك لتحقيق الاستدامة، حيث أن تم تغليف 2500 متر مربع من واجهات المستشفى بالمادة وظهر أنها تواصل عملها بفعالية في الأيام الممطرة أو الغائمة مستفيدة من نور الشمس غير المباشر شكل (1).

شكل (1) واجهات مستشفى مانويل- جيا غونزالس في مدينة مكسيكو

رسم توضيحي 2 الاندماج بين تقنية النانو والعمارة المستدامة

العمارة الذكية في ظل تقنية النانو:

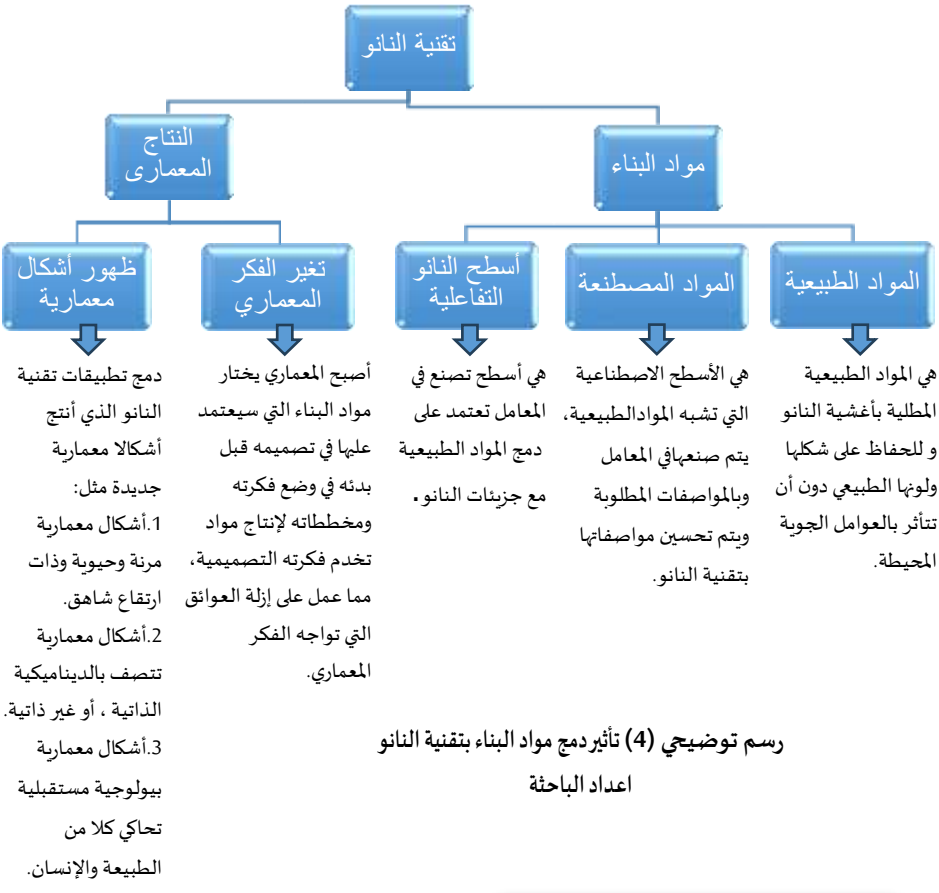
إن تقنية النانو قدمت العديد من التقنيات فائقة الذكاء التي تزيد من كفاءة واستجابة المباني الذكية،فالتنسيق بين تقنيات النانو في العناصر الإنشائية المتقدمة وخامات البناء الذكية وعناصر المبنى المحسنة بتقنية النانو وبين تقنيات المعلومات في نظم وحدة التحكم المركزي الحاسوبيةالمستخدمة في إدار ة عناصر ووظائف وخدمات المبنى تعمل على زيادة كفاءة الأداء الذكي ويحسن من البيئة الداخلية للمبنى ويحسن كذلك من الأداء الفعال للمبنى تجاه البيئة الطبيعية.ويكون الاندماج بين تقنية النانو والعمارة الذكية كما موضح في المخطط رقم (2) (حربة، 2017).وتم استخدام تقنية النانو بالكامل في مركز كريشنا سينغ في فيلادلفيا لتحيق مبنى فائق الذكاء ، حيث يتميز بتوفير الاجواء الملائمة لزيادة إنتاجية العمل، وكفاءة منظومة توليد الطاقة من الشمس وخفض استهلاك الطاقة شكل (2).

رسم توضيحي 3 يوضح الاندماج بين تفنيه النانو والعمارة الذكية

شكل(2) مركز كريشنا سينغ فيلادلفيا.

أهمية تكنولوجيا النانو في تحسين خواص مواد البناء واستدامتها.

ادى دمج مواد البناء بتقنية النانو أدى إلى تحسين خواصها وإكسابها إمكانيات أكثر من مادة في نفس الوقت وسيتم تناول كل مادة من حيث الإضافات النانوية وتأثيرها على المادة وأهم فوائدها كما موضح في الرسم التوضيحى (2).



رسم توضيحي (4) تأثير دمج مواد البناء بتقنية النانو

اعداد الباحثة

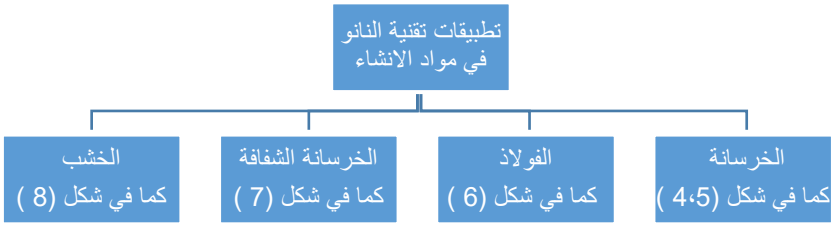
أثر تطبيقات تقنية النانو على العمارة:

مرت العمارة في بداية القرن الحادي والعشرين بفترة مثيرة من التجارب والتغيرات في الأشكال والتوجهات المعمارية أدى الى إدارج مواد النانو وتكنولوجيا النانو في عمليات التصميم والبناء الى تطوير التفكير المعماري ومقاومة التحديات المعاصرة.

شكل (3) تقنيات النانو تكنولوجيا في المباني

1. **أثر تطبيقات تقنية النانو في مواد الإنشاء:**

أدى دمج مواد البناء بتقنية النانو أدى إلى تحسين خواصها وإكسابها إمكانيات أكثر من مادة في نفس الوقت، فأصبح المصممون لا يهتمون كيف سيتم البناء لكن يهتمون بالتصميم. وسيتم تناول كل مادة من حيث الإضافات النانوية وتأثيرها على المادة وأهم فوائدها



رسم توضيحي (5) يوضح تطبيقات تقنية النانو في مواد الإنشاء

تطبيقات تقنية النانو في الخرسانة

إضافة ثاني أكسيد التيتانيوم النانوى الى الخليط الخرساني الذي حافظ على نظافة السطوح البيضاء، كما خفف من التلوث البيئي المحيط بالمبنى وساعد فى بإنشاء مباني ديناميكية انسيابية مرنة.

شكل (4) كنيسة اليوبيل في *ايطاليا - 2003 م*

تطبيقات تقنية النانو في الخرسانة

إضافة الميكروسليكا والنانوسليكا إلى الخرسانة لاستخدامها في المباني شاهقة الارتفاع مما أعطى قدرة على زيادة ارتفاع البرج بشكل كبير

شكل (5) برج خليفة – دبى

استخدم **فولاذ النانو** المرن القابل للتشكيل والمقاوم للتآكل والحرارة في استاد أستانا في كازخستان بكامل هيكل المبنى ذوالمجارات الكبيرة وعلى أربعة أقسام هي (سقف ثابت، سقف قابل للطي، الشرفة العليا،الجدران الجانبية)، مما أعطى شكلا ديناميكيا للملعب مع فراغ داخلي خال من العناصرالإنشائية بالإضافة لتفاعله مع البيئة عن طريق السقف الفولاذي القابل للطي.شكل (6)

شكل (6)استاد أستانا في كازخستان – 2009

استخدمت **الخرسانة الشفافة** فى معهد أبحاث النسيج في ألمانيا ، بشكل جزئي في المبنى وذلك في الواجهة الرئيسية فقط، مما عمل على تغير الشكل الخارجي لها قبل غروب الشمس بساعة حيث يبدأ ظهور تأثير الخرسانة الشفافة وفي ساعات الليل يتم تشكيل واجهات جديدة تتمتع بالحيوية كل فترة، وعلى مدار الليل الى شروق الشمس وذلك بفضل مصابيح RGB الباعثة لضوء متعدد الألوان اوالقادرة على تبديل لونها. كما تعمل الخرسانة الشفافة على تقليل استهلاك الطاقة للإنارة.شكل (7)

شكل(7) معهد أبحاث النسيج في ألمانيا_ 2012

استخدم **الخشب النانوى** فى مظلة متروبول الشمسية الملونة في اشبيلية والتى تعتبر أكبر هيكل خشبي في العالم حيث يصل ارتفاعها 2مترا تغطي مساحة أكثر من 11000 مترمربع . الخشب المستخدم في الهيكل مصنوع من تقشير جذوع شجرة التنوب بسماكة 3 ملم ومعالجتها بالإضافات النانويةمن البولي يوريثين مما جعلها مقاومة لأحول الطقس من حرارة الشمس والرطوبة وطاردة للمياه والأوساخ ومانعة لتشكل العفن. وأيضا إضافات نانوية أخرى لإنتاج بنية متجانسة قوية غير قابلة للانحناء ومقاومة للحرائق تتمتع بالمرونة ومقاومة عالية للشد والضغط ممايجعله أفضل من الخشب العادي لإنتاج المقاطع الضخمة المستخدمة في الهيكل.شكل (8)

شكل 8 مظلة متروبول الشمسية الملونة في اسبانيا.

2. **أثر تطبيقات تقنية النانو في مواد التشطيب :**

أحدثت تقنية النانو تغيرا كبيرا في عالم الهندسة المعمارية بدءا من المراحل الابتدائية في التفكير الى وضع اللمسات النهائية لمواد الإكساء، خاصة في الاختيار الصحيح للمواد التي لا تنعكس فقط على التصميم، بل أنها تؤثر بشكل كبير على منهجية التفكير المعماري وفقا للعروض الجديدة والكثيرة التي توفرها تقنية النانو في مجال مواد التشطيب.

رسم توضيحي 6 يوضح تطبيقات تقنية النانو في مواد التشطيب

استخدمت **الخرسانة المسلحة** بالألياف الزجاجية المرتكزة على الهيكل الفولاذي فى مركز حيدر علييف في أذربيجان ، حيث أعطت مرونة تشكيل ألواح الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية للشكل المعماري انسيابية عالية، واستطاعت الوصول الى الفكرة التعبيرية المستمدة من شكل موجة البحر.كما أعطت اتساع كبيرفي المساحات الداخلية وساعد على ذلك لون الخرسانة الأبيض،وعملت أيضا في الحفاظ على بيئة داخلية مريحة بسبب عكسها للحرارة. (Lyons، 2010) شكل (9)

شكل (9)مركز حيدر علييف في أذربيجان 2013 -م.

استخدمت **مادة ETFE** فى مشروع عدن Eden Project فى انجلترا حيث ان المبنى مكون بالكامل من غلاف ETFE الذي يتألف من مئات الوسائد المحمولة بإطار من الفولاذ التي تأخذ أشكالا سداسية وخماسية مكو نة بطانة حرارية للمشروع.استخدام غلاف ETFE يعد مثالا على الكفاءة من حيث المساحة والمواد، فالفراغات الداخلية خالية من العناصر الإنشائية وحرة التشكيل

وذات بيئة داخلية مريحة ومناسبة لنمو النباتات، كما يعطي الشكل العضوي المرتبط بالطبيعة الذي يكون جزءا منها واثرت المادة علي الشكل حيث ظهرت الواجهات شفافة بتشكيلات حرة، بالإضافة إلى الديناميكية من خلال دمجها مع أضواء LED ، وتحول الواجهات لوسائل إعلامية ديناميكية متغير ة في الليل (Elvin، 2007)شكل (10).

شكل (10)مشروع عدن Eden Project فى انجلترا _2001

استخدمت تقنية النانو في معالجة **السيراميك** لتصميم جناح الصين في معرض اكسبوفي إيطاليا عن طريق الإضافات النانوية وطلاءات النانو الشفافة للحصول على تغطية المبنى بشكل كلي ماعدا مدخل المبنى بغلاف من السيراميك الأرجواني المزجج 60 بشكل متلاحق ، مما خلق واحدة من أكثر العناصر ابتكارا ومذهلة للجناح بتحويل المبنى الى قطعة فنية ذات قشرة خارجية مفعمة بالحياة والحيوية. و تم استخدام طلاء الزجاج المعدني النانوي على السيراميك لإعطاء تأثير قزحي للألوان لجعل الكتلة تبدو أكثر ديناميكية ونابضة بالحياة (www.archdaily.com، 2015)شكل (11).

شكل (11) جناح الصين في معرض اكسبوفي إيطاليا ٢٠٠٨

خامة الزجـــاج

هناك العديد من تطبيقات النانو في مجال خامة الزجاج، وذلك بهدف مشاركة هذه الخامة في التحكم فى البيئة الداخلية للمبنى، وبالتالي تحقيق الراحة الحرارية، وتحقيق الكفاءة في الطاقة. والتقليل من تكاليف معدات التحكم في المناخ وأجهزة التكييف. وفيما يلي نستعرض أشهر هذه التطبيقات ومميزاتها. (Samy، 2015)

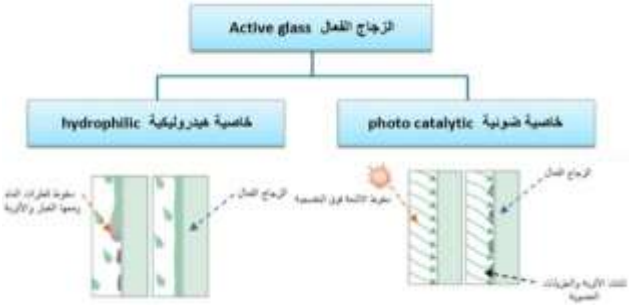
- **زجاج النانو الفعال Active glass**

هو عبارة عن ألواح زجاجية مغطاه بطبقة رقيقة شفافة من حبيبات المحفزات الضوئية، حيث تحافظ تلك المحفزات على نظافة سطح الزجاج بصورة دائمة وتحول دون رسب أي عوالق أوملوثات عليها لذا فهي تضمن ما يعرف الآن بمصطلح التنظيف الذاتي، كما يوضح شكل (12) وتم تطبيقه فى المبنى الرئيسي لشركة Tower Socar شكل (14).

شكل (12) شرح مراحل التنظيف الذاتى للزجاج المعالجة بTiO2

وللزجاج الفعال خاصيتين أساسيتين إحداهما ضوئية وتعمل عندما تسقط الاشعة فوق البنفسجية على سطح الزجاج, فتصبح الجزيئات النانو نشطة وتبدأ في كسر وتفتيت الجزيئات العضوية والأتربة من على الزجاج, أما الخاصية الأخرى فهي هيدروليكية تعتمد على إنتشار مياء الأمطار عند سقوطها على الزجاج لتنظفه بسهولة وتسقط, كما يوضح شكل (13) خواص الزجاج الفعال.

دور الخاصية الضوئية في التخلص من الأتربة & الاستفادة من المياه الأمطار بالزجاج الفعال

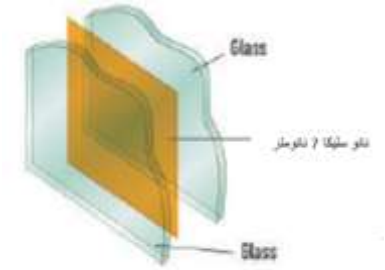


شكل (13) خواص الزجاج الفعال

شكل (14) استخدم الزجاج الفعال بالمبنى الرئيسي لشركةTower Socar

الزجاج المقاوم للحريقFire proof glass

يعتمد هذا النوع من الزجاج على مادة ثاني اكسيد السيليكا SiO2 التي تستخدم كطقية طلاء بين طبقات الزجاج، حيث تعمل على الحماية من الحرارة وتعطي الزجاج قدرة على مقاومة الحريق لمدة تزيد عن 120 دقيقة من التعرض لدرجة حرارة 10000، ويوضح الشكل (15) طبقات زجاج النانو المقاوم للحريق.من أمثلة المباني التي استخدمت زجاج النانو المقاوم للحريق المبنى الإداري لشركة Deutsche post بالمانيا، حيث تم تطبيقه على سقف الفراغ الداخلي للمبنى، كما يوضح شكل (16)



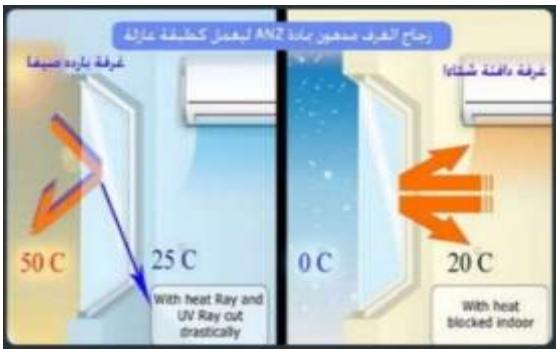
شكل (15) طبقات الزجاج المقاوم للحريق

شكل (16) استخدام الزجاج Fire proof بمبنىDeutsche post headquarters المانيا

الزجاج الحرارى Temperature regulation glass

هو زجاج معالج بمادةANZ السيراميك التى تعمل كطبقة عازلة في التقليل من درجة الحرارة يساهم دهان السيراميك فى تحقيق التصميم الداخلى المستدام لتميزه بانخفاض % 10من استهلاك الطاقة الكهربائية كما في شكل رقم (17) واستخدامه بمبنى دار المسنينSur Falveng housing شكل (18) كما يوضح شكل (19) كيفية العمل داخل المبنى

(onlinelibrary.wiley.com, n.d.) تعمل الاسطح الزجاجية كطبقة عازلة للحرارة عند دهانها بدهان السيراميكANZ فيعمل على خفض درجة حرارة الفراغ الداخلى مما يقلل من استهلاك الطاقة يتم تشتيت أكثر من 80 % من أشعة الشمس فوق الحمراء



شكل (17) زجاج معالج بمادةANZ

- زجاج الوقاية من أشعة الشمسSolar protection glass

شكل (18) استخدام الزجاج الحراري بمبنى دار المسنينSur Falveng housing (تحقيق الراحة الحرارية)

شكل (19) فكرة عمل الزجاج الحراري بمبنى دار المسنين Sur Falveng" housing

هو أحد تطبيقات تكنولوجيا النانو التي ساعدت على توفير وسيلة فعالة من حيث الطاقة للحماية الشمسية من خلال التحكم فى تغيرات شدة الاضاءة وهو مناسب للأسطح المعرضة لأشعة الشمس حيث تجمع بين السيطرة على الضوء والحرارة والخصوصية .. ويعتبر وسيلة جديدة لدمج الزجاج الكهربي في المباني، والفارق الأساسي بينه وبين المنتج السابق هو أن التيار الكهربائي المستمر لم يعد ضروريا، فضغطة واحدة على الزر هو كل ما تحتاجه لتعبير درجة انتقال الضوء من حالة إلى أخرى، ليتحول الزجاج من شفاف إلى غامق والثانية ليعود مرة أخرى للشفاف. كل ذلك بالحد الأدنى من إستهلاك الطاقة الكهربائية حيث تستغرق عملية التحول بضع دقائق، أي أن الزجاج اللوني هو حل آخر لتظليل الألواح الزجاجية، ليصبح ضوء الشمس نفسه سببا لتغميق تلقائي للزجاج الخارجي دون التبديل. ويمكن أن يقترن أيضا بوظائف زجاجية أخرى (www.guardianglass.com، 2024). كما يوضح شكل(20)وقد تم العمل بهذه التقنية في بهو متحف العلوم، بوسطن شكل (21) ويوضح شكل (22) فكرة عمل هذه التقنية داخل المتحف.

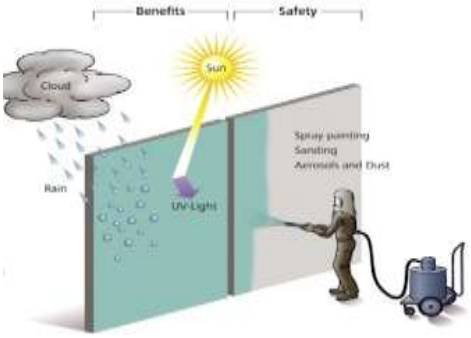
دهانات النانو Nano Coating

شكل (20) التحكم فى شدة الالضاءة وتغيير شفافية الزجاج باستخدام زجاج النانو

شكل (21) استخدام الزجاج النانو للتحكم بالضوء في بهو متحف العلوم، بوسطن(الاستفادة من الطاقات الطبيعية في الاضاءة)

شكل (22) فكرة عمل الزجاج النانو للتحكم بالضوء في بهو متحف العلوم، بوسطن

نال مجال الدهانات جزءاً كبيراً من البحث فى تكنولوجيا النانو، حيث تشمل فكرة تطبيق تكنولوجيا النانو فى الدهانات تكثيف الأبخرة الكيميائية، من أجل إنتاج طبقة مرتبطة بالمادة الأساسية؛ لإنتاج سطح يحتوى على الحماية المطلوبة أوالخواص الوظيفية المحددة .وبالتالي تحقيق اقصى استفادة من الدهانات وهي الوقاية والجمال. والشكل (24) يوضح الخصائص التى تضيفها دهانات النانو للمواد. (www.archdiwanya.com, 2022)



شكل (23) دهانات النانو

الدهانات الذكية

هي من أهم دهانات النانو المستخدمه بالمباني، التي يكفى دهان طبقة رقيقة منها على السطح لتأمين الحماية والجمال له، ويصبح الدهان ذكياً وصاحب مهمة ووظيفية ديناميكية عندما يمتلك قدرات الاستشعار والتحسس والكشف.

الخواص الحرارية: مثل العزل الحراري ومقاومة الحرارة والحماية من الأشعة فوق البنفسجية ومقاومة التآكل والصدأ .	**الخواص الميكانيكية:** مثل مقاومة الأسطح للخدش	**الخواص البصرية:** مثل مضادات الأنعكاس والتي تدخل في صناعة (الخلايا الشمسية)	**الخواص البيولوجية:** مثل مقاومة البكتيريا والملوثات، وحماية الأسطح من البلل والإلتصاق (التنظيف الذاتي)والحماية من الغبار.

رسم توضيحي(7)الخصائص التى تضيفها دهانات النانو للمواد اعداد الباحثة

1.**تطبيقات دهانات النانو**

تطبق دهانات النانو على العديد من الخامات الداخلية والخارجيه للمباني، من أشهرها خامة الخشب وخامة الحجر

1-1 دهان الحماية لخامة الخشب Paint Protection Systems PPs

يعتمد تركيب هذا النوع من الدهان على تكنولوجيا النانو الكيميائية ويتميز: القدرة على التحمل والبقاء ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية ومقاومة البكتيريا والفيروسات، كما أنه طارد للمياه ومقاوم للنمل الأبيض ومقاوم للخدوش والإحتكاكات ومقاوم للتآكل، بالاضافة إلى مقاومته الفعاله لكافة العوامل البيئية .وتوجد أنواع منه مخصصة لمقاومة الحريق .يتميز بأنه مناسب لجميع الأسطح الخشبية سواء كانت خارجيه أوداخليه، ومن أهم مميزات هذا النوع من الدهانات أنه يصبح جزءاً لا يتجزأ من الخشب وليس مجرد طبقة خارجية ملتصقة به .يحتاج الدهان لساعتين بعد تطبيقه على الأسطح ليجف وقد يختلف زمن الجفاف تبعاً لدرجات الحرارة ومعدل الرطوبة فى الجو.

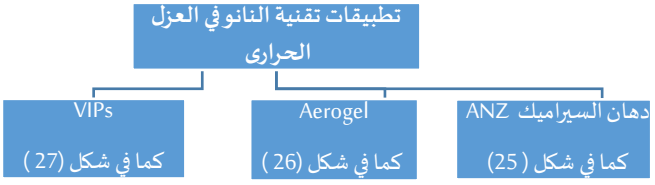
2-1 دهانات النانو حجر Nanostone

تعتبر الأحجار من الخامات الطبيعية التى تحتاج إلى معالجات خاصة للحفاظ عليها من العوامل الجوية وقد أتاحت تكنولوجيا النانو أساليب حماية للأحجار تعطى خواصاً جديدة منها دهانات النانو حجر يعمل هذا النوع من الدهانات على حماية الأحجار التى تكسو الواجهة من البقع والأملاح والإصابة بأملاح الكبريتات، كما يحمى الحجر من التفتت نتيجة ذوبان الجليد المتراكم عليه، ويجعله مقاوم للامطار والدهون وغيرها من العيوب التى تدمر الحجر يضيف طلاء النانو للحجر خصائص إضافية مثل المقاومه للأشعة فوق البنفسجية والمُقاومه للتغيرات فى درجات الحرارة والمُقاومه للرطوبة العالية وللخدوش والكيماويات والمُقاومه للمركبات العضوية ,كما يوضح شكل(24). ومن الجدير بالذكر أن لكل نوع من الاحجار الطلاء المناسب له. (www.archdiwanya.com, 2022)

شكل (24) أثر دهان النانو على الحجر بالواجهات (على اليمين الحجر بدون معالجة و على اليسار الحجر المعالج)

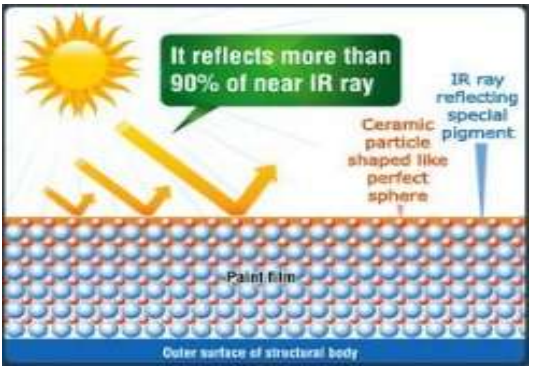
دور دهان النانو في العزل الحراري

دهانات النانو تتكون من جسيمات متناهية الصغر جدا لها خصائص لامثيل لها مثل المرونة على الاسطح والالتصاق السهل وله تقنية عالية بالتنظيف الذاتي بمجرد تعرضه للشمس، حيث تشمل فكرة تطبيق النانو تكنولوجي في الطلاء على تكثيف الابخرة الكيميائية من اجل انتاج طبقة تكون مرتبطة بالمادة الاساسية من اجل انتاج سطح يحتوى على الحماية المطلوبة أو الخواص الوظيفية المحددة.



رسم توضيحي 8 تطبيقات تقنية النانو في العزل الحرارى

1. **دهان السيراميك ANZ**ولقد تم ابتكار نوع من الدهان يتكون من مزيج من مركبات حبيبات السيراميك الكروية الدقيقة الجوفاء والتي تعمل عمل العازل الحرارى، وهذا الدهان يستخدم على الجدران الداخلية والخارجية على حد سواء ولكنه أكثر فاعلية على الاسطح الخارجية حيث انه يعكس اشعة الشمس ويشتتها شكل (25)، كما انها تحتفظ بحرارة الفراغ الداخلى في ذات الوقت عند طلاء الاسطح الداخلية بها السريع (اسماعيل، 2012)



شكل (25) دهان السيراميك ANZ يعمل على تشتيت الاشعة الشمسية

مادة النانو Aerogel

وتتميز Aerogelبأنها من مواد النانو الصلبة التي لا يسهل إختراقها كما أنها خفيفة الوزن جداً لأن الهواء يمثل ٩٥% منها، مما يجعلها مادة عازلة ذات فعالية أكبر من المواد العازلة التقليدية بحوالي ٢٣ ضعف تقريباً، كما أنها تتميز بنسبة شفافية ٧٥% مما يسهل إستخدامها في عزل الجدران الشفافة والنوافذ، وقد استخدم عزل النانو الحراري Aerogel في غلاف مبنى صالة الرياضات بفرنسا شكل (26).(www.archdiwanya.com, 2022)

شكل (26) العزل Aerogel لمركز hall sports الرياضي بفرنسا

2. مادة Vacuum insulation panels (VIPs)

وهي مادة عازلة مناسبة بشكل كبير لتوفير عزل حراري جيد مع سمك عزل أرق بكثير من المعتاد بالمقارنة مع مواد العزل التقليدية مثل البوليسترين، ويميز هذه المادة المعتمدة على تكنولوجيا النانو أمكانية تحقيق أقصى قدر من المقاومة الحرارية مع الحد الأدنى من سمك العزل، وقد استخدم العزل الحراري VIPs في مجمع Sonnenschiff، هو مجمع تجاري سكني مختلط يحقق كفاءة عالية للطاقة من خلال إستخدام الطاقات المتجددة بالأضافة إلى المعالجات السالبة التي

من أهمها العزل الحراري بإستخدام VIPs حيث تم إستخدام هذه تقنيات النانو في عزل الجدران الخارجية والنوافذ وكذلك لوحات التهوية على الواجهة الرئيسية شكل (27). (www.archdiwanya.com, 2022)

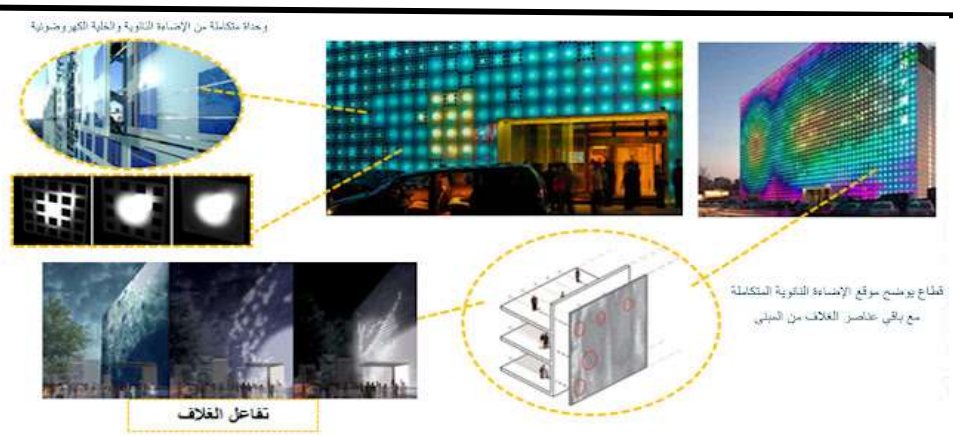
شكل (27) العزل Sonnenschift لمركز VIPs الذي ينتج طاقة 4 أضعاف استهلاكه

الإضاءة النانويةNanotechnology in Lighting :

تعتبر الإضاءة التقليدية إحدي أكبر المصادر المستهلكة للطاقة بالمباني، كما أنها تبعث الحرارة مما يزيد من الطاقة المستخدمة لتبريد المبنى. ولكن مع ظهور تكنولوجيا النانو تم تقديم حلول لهذه المشكلات بإستخدام إضاءات النانوLED ، .OLED ويوضح الجدول رقم (1) الفرق بين الإضاءتين.

جدول (1) أنواع الإضاءة النانوية

	إضاءة النانوLED (Light-Emitting Diodes)	إضاءة النانوOLED (Organic Light-Emitting Diodes)
فكرة الإضاءة	الإنبعاث الثنائى الصمام للضوء تعتمد فكرتها علي مصدر ضوئي مصنوع من مواد نانوية تبعث الضوء حينما يمر خلاله تيار كهربائي، ويصل مقياسها إلى 5مم.	الانبعاث العضوى الثنائى الصمام للضوء تصنع OLED على هيئة طبقات من أفلام من المركبات العضوية الباعثة للضوء على مقياس النانو.
مثال	غلاف مبنىGreen Pix	مبنىUrban Tiles,
تحليل المبنى	يتميز بأكبر شاشة ليد ملونة في العالم، والمدعوم بنظام إضاءة النانوLED المتكامل مع الحوائط الستائرية الزجاجية، والتي تمثل 2000 م2 من الغلاف التفاعليInteractive Skin ، والتي يعمل بنظام إكتفاء ذاتي من خلال تخزين الطاقة الشمسية طول اليوم, hإستخدامها في إلقاء الضوء على الشاشة ليلاً, كما يوضح الشكل(28).	حيث يعمل المبنى بإستخدام تقنية جديدة تعتمد في الأصل على تكنولوجيا النانو وهي تقنيةMarzan's Tiles ، وهي عبارة عن بلاطات ذات جانبين الأول منها يعمل كلوحة ضوئية تجمع الطاقة الشمسية خلال النهار، والثاني ضوء OLED الذي يستخدم الطاقة الشمسية المخزنة نهاراً لإلقاء الضوء على المبنى ليلاً كما يوضح شكل (29) ،(30).



شكل (28) استخدام تقنية LED بمبنى GreenPix Zero Energy Media Wall لتحقيق الكفاءة في الطاقة

شكل (29) استخدام تقنية النانو OLED فى واجهات المبانى

شكل (30) استخدام تقنية النانو OLED بمبنى UrbanTiles

تأثيرات تكنولوجيا النانو على وظائف محطات المونوريل(نتائج البحث)

تعمل تقنية النانو على تحقيق التصميم البيئى من خلال تحسين كفاءة اداء المباني وتطوير وتحسين خواص الخامات التي تستخدم في تنفيذ التصميم الداخلي لمحطات المونوريل.

ويوضح الجدول التالي بعض النتائج التي توصل لها البحث حيث ان عمارة النانو عززت مفهوم التفاعل مع المستويات المختلفة من الذكاء فتحول غلاف المباني الثابت الى غلاف متفاعل ونظام ديناميكي، يتكيف مع احتياجات البناء والمستخدم.كما ساهمت تقنية النانو في تحسين أداء العديد من مواد البناء والتشطيب ورفعت من كفاءتها البيئية والتشكيلية. وتوصلت الباحثة علي ضرورة التركيز على تطوير مواد نانوية صديقة للبيئة ومستدامة للاستخدام في تصميم وتحسين وظائف المساحات الداخلية لمحطات المونوريل.وذلك من خلال استخدام بعض التقنيات داخل المحطات المذكورة في الجدول التالي :

جدول (2) يوضح نتائج البحث وتطبيقها على محطات المونوريل

تطبيقات تك النانو	الاستخدام الامثل في محطات المونوريل	تحقيق جودة التصميم	تحقيق جودة البيئة	تهيئة المكان بيئيا
الخرسانة الشفافة	استخدام الواح الخرسانة الشفافة كمادة بناء رئيسية	إنتاج تصاميم شفافة ديناميكية وحيوية عالية.	تقليل استهلاك الطاقة للإنارة.	
الخرسانة الشفافة مع أضواء LED	استخدامها في الواجهات	استخدامها كوسيلة إعلامية بخلق واجهات شفافة . حيوية وديناميكية متغيرة بالنسبة للزمن وفراغ داخلي حيوي مضاء من الخارج.	توفير أكبر قدر من الإضاءة الطبيعية.	تهيئة ضوئية
دهان النانو	طلاء الجدران الداخلية والخارجية. الاسقف الاثاث الارضيات		يعكس اشعة الشمس ويشتتها. خفض درجة حرارة السطح المدهون 20درجة. يعمل كعازل للحرارة والرطوبة والاملاح. حماية الاسطح من الخدش والتاكل تنقية الهواء من الملوثات	تهيئة حرارية
الأيروجيل	الجدران،النوافذ الفتحات،الجدران الشفافة والنوافذ		كفاءة العزل الصوتى	تهيئة صوتية
بلاط السيراميك	تشكيل غلاف المبنى	إمكانيات جمالية عالية للاستخدام بشكل مفرط في الواجهات وبألوان وتشكيلات مختلفة جذابة انسيابية معقدة أو منتظمة أو غير منتظمة. وأعطاء ديناميكية غير ساكنة للواجهات حسب زاوية النظر وسقوط أشعة الشمس وأعطائها إحساس بالوحدة والتناسق والتناغم.	زيادة المتانة والقوة ومقاومة الخدش وقابلية التشكيل المرنة وسهولة التنظيف ذاتي التنظيف وطارد للمياه والأوساخ ومضاد للبكتيريا.	

تطبيقات تك النانو	الاستخدام الامثل في محطات المونوريل	تحقيق جودة التصميم	تحقيق جودة البيئة	تهيئة المكان بيئيا
الزجاج	استخدامه في الواجهات والنوافذ وبعض المسطحات الداخلية	راحة بصرية من خلال التناغم مع مواد التشطيب واجهات معمارية ذات شفافية عالية. واجهات شفافة ذات تناسق وترابط ضمن أسلوب واحد وإيقاع موحد متناغم ومتلاحم بالإضافة الى البساطة والوضوح في تصميم الشكل الخارجي. إعطاء الشكل الخارجي ديناميكية متغيرة تلقائيا أو يدويا. الحفاظ على الارتباط البصري ودمج الخارج مع الداخل في قطعة موسيقية واحدة.	التنظيف الذاتى للاسطح والنوافذ. مقاومة الحريق. العزل الحراري اللازم. التحكم في شدة اضاءة المكان. السيطرة علي الضوء والحرارة . جهاز تدفئة. عاكس لاشعة الشمس الضارة فوق بنفسجية. التقليل من استخدام الطاقة الكهربائية. تحويل الطاقة الشمسية الي طاقة كهربائية.	تهيئة حرارية تهيئة ضوئية
مجال الطاقة الخلايا الشمسية الواح شمسية ضوئية رقيقة طلاء الطاقة	دمجها في النوافذ والاسطح تطبيقها على الواجهات والأسقف بدلاً من الواجهات الزجاجية الصلبة الطاقة المتولدة من طاقة الرياح والطاقة الحرارية الارضية	تحقيق الكفاءة في الطاقة مع إعطاء المظهر المطلوب للمبنى	انتاج طاقة نظيفة الاعتماد علي مصادر بديلة وغير ضارة بالبيئة توليد الكهرباء بشكل فعال تحويل الطاقة الضوئية الي كهربائية	تهيئة ضوئية تهيئة حرارية
المواد العازلة	العزل الصوتى للمواد		تحسين الصوت تقليل انتقال الضوضاء	تهيئة صوتية
اضاءة النانو			دعم الترشيد في استهلاك الطاقة والمرونة في التصميم. الاداء العالى مع تكلفة منخفضة وخلق تأثيرات إضاءة مثيرة وتعزيز	تهيئة ضوئية تهيئة حرارية

تطبيقات تك النانو	الاستخدام الامثل في محطات المونوريل	تحقيق جودة التصميم	تحقيق جودة البيئة	تهيئة المكان بيئيا
			جمالية المساحات الداخلية.	
حساسات ومستشعرات النانو	دمجها داخل خامات المبنى	يصبح المبنى مكوناً من شبكات من المكونات الذكية التفاعلية والتى تجمع بيانات عن درجات الحرارة والرطوبة ومستوى الإجهاد والعديد من العوامل والمؤثرات التى يمكن قياسها.	تحسين ومراقبة اداء المبنى لوظائفه ترشيد استهلاك الطاقة داخل المبنى	
حساسات رصد ملوثات الهواء	ربطها بالاجهزة اللاسلكية		رصد واكتشاف الملوثات والغازات الضارة في الهواء	

النتائج:

1. يعتبر استخدام منتجات النانو العازلة من أهم الحلول التي تعمل على تحسين كفاءة المباني القائمة بالفعل فهي عبارة عن طبقة رقيقة جداً غير مرئية و غير سامة يمكن رشها على أى خامة فتوفر مستوى عالي من العزل الحراري أو العزل المائي كما تعمل على توفير بيئة داخلية مريحة.
2. التركيز على تطوير مواد نانوية صديقة للبيئة ومستدامة للاستخدام في تصميم الاماكن العامة كمحطات المونوريل.
3. من المرجح أن يشهد المستقبل استمرار تطور تقنيات النانو وتوسع استخداماتها في مجال تصميم المساحات الداخلية.
4. استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير مواد أكثر تفاعلية وذكاء لتحسين وظائف المساحات الداخلية لمحطات المونوريل.

التوصيات:

1. استبدال الخامات التقليدية المستخدمة في التصميم الداخلى بخامات النانو لما تتمتع به من خواص فريدة تعمل على تحقيق التصميم البيئى داخل محطات المونوريل.
2. استكشاف الأمثلة العملية لتطبيق تكنولوجيا النانو في تصميم محطات المونوريل، وكيفية تحسين تجربة المستخدم وجودة الحياة.

3. تشكيل إطار قانوني وتنظيمي مناسب للتعامل مع التحديات التنظيمية والقانونية لتطور تكنولوجيا النانو.

المراجع

أولا المراجع العربية

1. أحمد محمد سيف النصر. (2017). **دور تطبيقات النانو في تحقيق العمارة المستدامة.**
2. شريف عبد العاطى سليمان عبد العاطى عيسى. (2016). **دراسة وتقييم استخدام جزئيات النانو الغير عضوية في علاج وصيانة الزخارف الجصية الاثرية.** القاهرة: كلية الالثار ،جامعة القاهرة.
3. علا عمر حربة. (2017). العمارة في ظل تقنية النانو. **مجلة البعث - المجلد 39 -العدد 18.**
4. علا محمد سمير اسماعيل. (2012). **استخدام تكنولوجيا النانو الخضراء فى تحقيق التصميم الداخلى المستدام**. كلية الفنون التطبيقية.
5. محمد شريف الاسكندراني. (2009). **الثقافة النانوية لدفع قاطرة التنمية**. مؤسسة الكويت للتقدم العلمى، 66.
6. ندى محمد الحقان. (2023). التحديات والتطورات في تكنولوجيا النانو وتأثيرها علي تصميم. **المجلة العلمية بحوث في العلوم والفنون النوعية، ع20، مج1.**

ثانيا: المراجع الأجنبية

1. Amber&SalamatAli, S. (2008). **Why Nanoscience and Nanotechnology.** Faculity of Engineering&Technology, university Lahore.

2. Bonda, P. (2006). **Sustainalle Commercial Interiors.** In J. W. Sons. USA.

3. Elvin, D. (2007). **Nanotechnology for Green Building**. Green Technology Forum.

4. Luisa Filipponi, D. S. (2010**). Introduction to nano science and nanotechnologies**, denmark: interdisciplinary nano science center.

5. Lyons, A. (2010). **Materials for Architects and Builders**.: Elsevier Ltd. USA.

6. Mohamed, A. (2015). **Nano-Innovation in Construction, A New Era of Sustainability**. International Conference on Environment and Civil Engineering, (pp. P 95–114).

7. Samy, A. (2015). **Nano-Innovation in Construction, A New Era of Sustainability**. International Conference on Environment and Civil Engineering, (pp. P 95–114). Pattaya (Thailand).

ثالثًا المواقع الالكترونية

1. ar.wikipedia.org. (2024). Retrieved from ar.wikipedia.org: https://ar.wikipedia.org/wiki

2. johnmjohansen.com/Nanoarchitecture. (2200). Retrieved from johnmjohansen.com/Nanoarchitecture: http://johnmjohansen.com/Nanoarchitecture.html

3. **onlinelibrary.wiley.com. (n.d.). Retrieved from: wiley.com** http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ad.853/pdf

4. www.archdaily.com. (2015). Retrieved from www.archdaily.com: https://www.archdaily.com/627994/vanke-pavilion-milan-expo-2015-daniel-libeskind

5. www.archdiwanya.com. (2022). Retrieved from nanomaterials: https://www.archdiwanya.com/2022/03/nanomaterials.html

6. www.guardianglass.com.(2024). Retrieved from https://www.guardianglass.com/eu/en/our-glass/glass-types/solar-control-glass

Applications of nanotechnology and its use in the environmental design of monaural stations

Prof.Dr. Mohamed Mahmoud Elaraby

Interior architecture program director, king Salman International University
mohamed.elaraby@ksiu.edu.eg
Prof. Dr. Maha Mohammad Imam Al-Halabi
Professor of Tourism facilities design Head of the Interior Design Department& furniture
Mahaelhalaby@gmail.com
Sozan Mohamed Ali Faramawy
Teaching assistant, Department of Interior decoration and architecture.
The Higher Institute of Applied Arts - 6 October City
suzan.faramawy@appliedarts.edu.eg

Abstract:

Providing a clean and safe environment is one of the challenges that the world is currently facing. As a result of various human activities, including industry, agriculture, and various projects, in addition to the fuels present in the environmental climate, they have contributed to significant damage to the environment and pollution of air, water, and soil, resulting in risks that threaten human life, including the spread of diseases, epidemics, and climate change. Therefore, nanotechnology has great potential in providing a comfortable indoor environment for visitors of monorail stations, in addition to contributing to environmental sanitation and treating the environment from pollution resulting from industrial, urban, agricultural, technological, and other activities. The field of environmental protection is one of the most prominent concerns in the applications of nanotechnology due to the connection between human health and the environmental conditions in which he lives. This technology aims to use a clean, non-polluting environment and preserve human health and the environmental climate to reduce the emission of carbon dioxide gas resulting from the manufacture of building materials, and for this reason This study aims to introduce nanotechnology and its role in designing monorail stations using high-quality, environmentally friendly materials. Nanotechnology plays a vital role in the environmental design of monorail stations. As it provides innovative solutions to enhance sustainability and environmental efficiency in these important facilities, it represents a great opportunity to achieve sustainable environmental design for monorail

stations by improving energy efficiency, indoor environmental quality, and reducing environmental impacts.

Keywords: Monorail stations; nanotechnology; environmental design.