JAUES

Journal Of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 14, No. 51, April, 2019, 751-763-

GREEN NANO ARCHITECTURE: A NEW PROSPECTS AND FUTURE VISIONS

Alaa-aldien Alsaied Farid[1]. Ahmed Hamed El-Sayed salama[2] and Rania Said Sayd Mourad [3]

[1]Department of Architecture, Faculty of Engineering, Al-Azhar University
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Al-Azhar University
[3]Development, Research and Studies Department Fund, Ministry of Housing

ABSTRACT

The research study the concept of Nano technology and how integrate it with green practices which begins with the application of the principles green chemistry during the design and manufacture of Nano material to have got green Nano material which it has ability achieve architectural sustainability Adapts to the technological data of this era, and the integration of green Nano material with architecture has led us to green Nano architecture which inspire of solutions and innovative ideas to support architectural sustainability form design to structure. The research also studies many of the factors that represent application of Green nanotechnology (such as construction materials and management its resources for sustainability - energy and sustainability and the use of green and renewable energy - the efficiency of water consumption and Waste Management Waste Management). And how green Nano architecture be a participant in solution a number of environmental issues such as energy consumption, emissions of carbon dioxide, And Recycling of Nano-waste in a sustainable manner.

Key Words ; Green Nano Technology – Green Chemical - Sustainable Chemical - Green Nano Architecture –Green Nano Concert - Nano Granite Waste.

عمارة النانو الخضراء : آفاق جديدة ورؤى مستقبلية

أ.د/ علاء الدين السيد فريد[1] و أحمد حامد السيد سلامة[2] و رانيا سعيد سيد مراد[3]

[1]قسم هندسة العمارة بكلية الهندسة- جامعة الأزهر

[2]قسم الهندسة المدنية - بكلية الهندسة- جامعة الأزهر

[3] صندوق بحوث ودراسات التعمير وزارة الإسكان

ملخص البحث

تناول البحث مفهوم تكنولوجيا النانو وكيفية دمجها بالممارسات الخضراء ، والذى يبدأ بتطبيق مبادىء الكيمياء الخضراء أثناء تصميم وتصنيع مواد النانو، للوصول إلى مواد نانو خضراء لها القدرة على تحقيق إستدامة معمارية تتوائم والمعطيات التكنولوجية لهذا العصر ، فإندماج مواد النانو الخضراء بالعمارة أدى إلى ظهور عمارة نانو خضراء أتاحت العديد من الحلول والأفكار المبتكرة والداعمة للإستدامة بدءاً من التصميم ووصولاً إلى إستخدام المبنى .

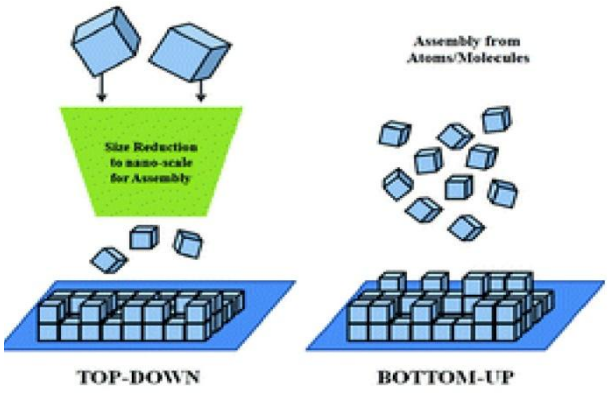
كما تناول البحث العديد من العوامل التى تمثل المجال التطبيقى لعمارة النانو الخضراء مثل **(مواد البناء وآليات إدارة** مواردها من أجل الاستدامة - الطاقة وآليات إستدامتها وإستخدام الطاقة الخضراء والمتجددة - كفاءة إستهلاك المياه – إدارة النفايات) ، وكيفية مساهمة عمارة النانو الخضراء فى حل عدد من القضايا البيئية اليوم مثل استهلاك الطاقة،

وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون ، واستنفاد الموارد ، وإعادة تدوير نفايات النانو بطريقة مستدامة .

الكلمات الدالة
تكنولوجيا النانو الخضراء – الكيمياء الخضراء – الكيمياء المستدامة - عمارة النانو الخضراء – خرسانة النانو الخضراء - نفايات النانو جرانيت.

مقدمة البحث

أثرت تكنولوجيا النانو على العمارة من خلال مواد البناء ومع الإندماج الكامل بالممارسات الخضراء للمبانى ظهرت عمارة النانو الخضراء ، والتى تعتمد على مواد نانو ذات إستدامة بكل مرحلة من مراحل دورة حياتها حتى تكون تطبيقاً عملياً لإندماج تكنولوجيا النانو ومبادىء الإستدامة العمرانية والممارسات الخضراء بالمبانى.



شكل (1) طريقة الوصول الى حجم النانو المرجع : (10)

وأنطلقت الدراسات المعمارية فى هذا الإتجاه للوصول إلى آلية تطبيق عمارة النانو الخضراء ، فظهرت مبانى ومدن كاملة تعتمد على فكرة عمارة النانو الخضراء ، علاوة على التأثير الفعال فى مواد البناء والتصميم الداخلى والحفاظ على الطاقة .
إن إندماج تكنولوجيا النانو الخضراء مع مبادىء الإستدامة العمرانية كفيلاً بتحقيق إستدامة بالعمارة المصرية فضلاً عن مواكبتها للتقنيات الحديثة بالعمارة العالمية من أجل توزانها ورقيها وتطورها.

المشكلة البحثية

تكمن المشكلة البحثية فى كيفية الوصول إلى إستدامة معمارية عن طريق إندماج تكنولوجيا النانو الخضراء بالعمارة للوصول إلى عمارة النانو الخضراء من شأنها الإرتقاء بالعمارة والعمل على إستدامتها بما يتوائم والمعطيات التكنولوجية للعصر الحالى.

الفرضية العلمية

مبادىء الكيمياء الخضراء وإندامجها بطرق تحضير وتضيع مواد النانو هى الداعم الأساسى للوصول إلى عمارة نانو خضراء يمكن من خلالها تحقيق إستدامة تكنولوجية معمارية تتوائم ومعطيات القرن الواحد والعشرون .

هدف البحث

يهدف البحث بشكل رئيسى الى دراسة الأفكار التطبيقية لعمارة النانو الخضراء وآلية تطبيقها للوصول إلى عمارة تكنولوجية مستدامة.

1. مفهوم النانو تكنولوجى :

النانو: هو واحد من البليون من المتر وهو أصغرمائة ألف مرة من قطر شعر الإنسان ، وأصغر ألف مرة من خلايا الدم **وتعرف تكنولوجيا النانو بأنها "البحث والتطور على صعيد الذرات أو الجزئيات ، وباستخدام أبعاد النانو يمكن إنشاء أجهزة وأنظمة لها خصائص ووظائف جديدة بسبب صغر حجمها."** [19]

علوم النانو :- يمكن تعريفها بأنها دراسة الظواهر وتغيير النظم الفيزيائية على نطاق يعرف بإسم النانو ويتم التعامل من 1: 100 نانو متر ، إذ إنه بعد هذا البعد قد يحدث خللاً فى الطبيعة. [16]

2. الوصول الى حجم النانو من المواد:

عند تصنيع المواد بحجم النانو فإن التركيب الفيزيائي والكيميائي للمواد الخام المستخدمة في التصنيع تلعب دوراً مهماً في خصائص مادة النانو الناتجة ، وهذا خلافاً لما يحدث عند تصنيع المواد العادية.

وتوجد طريقتين لتصنيع مواد النانو

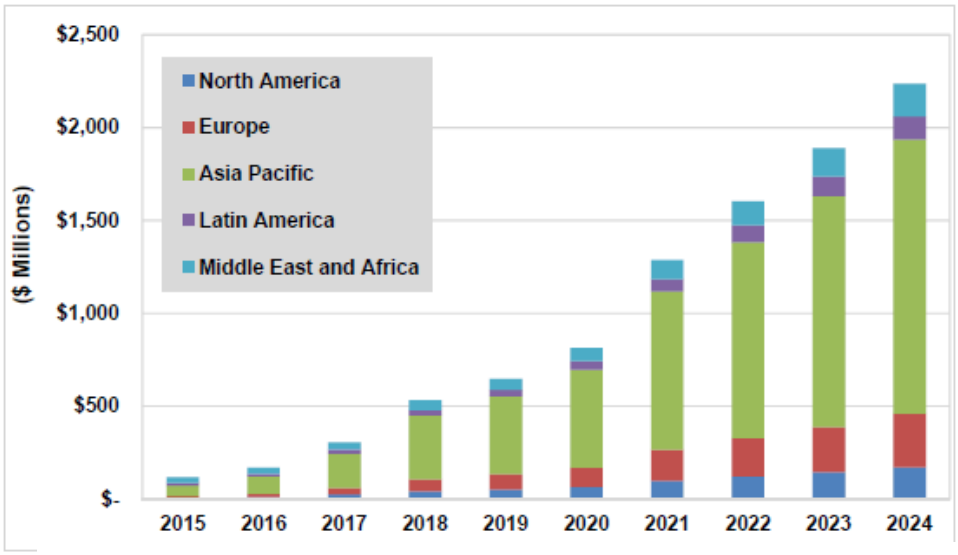
الأولى: من الأعلى للأسفل(down-top) تبدأ هذه الطريقة بحجم محسوس من المادة محل الدراسة وتُصغّر شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى مقياس النانو ، ومن التقنيات المستخدمة في ذلك الحفر الضوئي ، القطع ، الكحت والطحن ، حيث أُستخدمت هذه التقنيات للوصول إلى مركبات إلكترونية مجهرية كشرائح الكمبيوتروغيرها ، وأصغر حجم أمكن الوصول إليه في حدود 100 نانومتر ولازال البحث مستمراً في الحصول على أحجام أصغر من ذلك.

الثانية:من الأسفل للأعلى(bottom-up) تبدأ هذه الطريقة بجزيئات منفردة كأصغر وحدة وتُجمَع في تركيب أكبر، وغالباً ما تكون هذه الطرق كيميائية ، وتتميَز هذه الطريقة بصغر حجم النواتج ، وقلة هدر المادة الأصلية والحصول على قوة ترابط بين جسيمات النانو الناتجة ، ويوضح شكل (1) كيفية الوصول الى حجم النانو من المادة من خلال الطريقتين السابق ذكرهم .

3- التسويق العالمي لمنتجات مواد النانو

بلغ حجم ما تم بيعه في سوق تكنولوجيا النانو العالمية عام 2017 ما يقرب من 2,9 ترليون دولار، وهو ما يعادل 17 % من إنتاج العالم من السلع الضرورية ، ومن المتوقع أن ينمو السوق العالمي لتكنولوجيا النانو بمعدل نمو سنوي يبلغ نحو 18.1 ٪ خلال العقد القادم ليصل إلى حوالي 173.95 مليار دولار بحلول عام 2025م. [20]

ويوضح شكل (2) حجم مبيعات منتجات النانو تكنولوجى الحالية والمستقبلية ما بين (2015م - 2024 م).



شكل (2) حجم القيمة التقديرية العالمية لمبيعات منتجات النانو تكنولوجى على مستوى العالم

نجح العل[illegible] أمر فى غاية الصعوبة بسبب التفاعلات الفيزيائية والكيمائية والبيولوجية المعقدة والتى قد تصبح فاعلة لذا ستبقى الآثار السلبية على البيئة مجهولة بشكل كبير ، وقد أدت المخاوف من تكنولوجيا النانو والآثار السلبية المحتملة الى توخى الحذر من الأضرار الجانبية على الأنسان والبيئة ، لذا كان الإتجاه دائما لجعل تلك التكنولوجيا أكثر تعزيزاً نحو إستدامة شاملة فى كافة المجالات فظهرت مبادرات تكنولوجيا النانو الخضراء Green Nano Technology لجعل جميع مواد النانو مواد صديقة للبيئة [13] ، وقد أرتفع سقف طموح الباحثين لجعل هذه التكنولوجيا مستدامة ؛ لتحقيق أقصى إستفادة منها دون أدنى ضرر على الإنسان او البيئة أوحتى موازين القوى البشرية أو الطبيعية من أجل بيئة متوازنة مستدامة.

4. تكنولوجيا النانو الخضراء:

تكنولوجيا النانو الخضراء تشير إلى إستخدام منتجات تكنولوجيا النانو لتعزيز الإستدامة وقد وصفت تكنولوجيا النانو الخضراء بأنها التكنولوجيا النظيفة " Clean Technology" المستخدمة لتقليل المخاطر البيئية المرتبطة بتصنيع وإستخدام منتجات النانو ، وتشجيع إستبدال المنتجات الحالية بمنتجات نانو جديدة مستدامة بجميع مراحل دورة حياتها ، وتكنولوجيا النانو الخضراء ترتكز على التحديات التى يجب التغلب عليها لضمان وجود مواد نانومستدامة من أجل بئية متوازنة.

تكنولوجيا النانو الخضراء تعني أيضا إستخدام تكنولوجيا النانو لجعل عمليات التصنيع الحالية لمواد النانو أكثر ملاءمة للبيئة ، فمثلاً يمكن أن تساعد أغشية النانو على فصل المنتجات الكيميائية الضارة عن مواد النفايات ، فضلا عن إستخدام نظم الطاقة البديلة ، وهى وسيلة أخرى لعمليات تصنيع التكنولوجيا الخضراء. [25]

5. أهداف تكنولوجيا النانو الخضراء :

لتكنولوجيا النانو الخضراء هدفين:

- **الأول:** إنتاج مواد نانو دون الإضرار بالبيئة أو بصحة الإنسان ، وتوفير حلو لاً للمشاكل البيئية بصفة عامة والعمارة بصفة خاصة ، عن طريق دمج مبادئ الكيمياء الخضراء Green Chemical بمواد النانو المستخدمة بالمبانى ، وجعل منتجاتها مكونات غيرسامة ، بإستخدام طاقة أقل ومدخلات متجددة حيث أمكن ذلك ، وإستخدام التفكيرالمستدام في دورة الحياة بجميع مراحل تصميم مواد النانو ، وجعلها ذات التأثير الأقل على البيئة.
- **الثاني:** يتضمن منتجات تفيد البيئة الطبيعية والمبنية على حد سواء إما بصورة مباشرة أو غير مباشرة ، وتكون لها القدرة على تنظيف مواقع النفايات الخطرة أو تحلية المياه أومعالجة الملوثات أوكشف الملوثات البيئية ورصدها ومعالجتها. [23]

تكنولوجيا النانو الخضراء يمكنها أن تؤثر بشكل إستباقي على تصميم مواد النانو ومنتجاتها عن طريق القضاء على التلوث أو تقليله خلال إنتاج تلك المواد ، مع الأخذ بنهج دورة الحياة مستدامة بمنتجات النانو ، لتقليل الآثار البيئية التي قد تحدث ومعالجتها ، أوإستخدام مواد النانو لمعالجة المشاكل البيئية القائمة.

إن تكنولوجيا النانو الخضراء لا تنشأ من جديد ، بل تعتمد على إندماج مبادئ الكيمياء الخضراء فى تصميم وتصنيع مواد النانو المستدامة حيث يمكن إستغلال تطبيقاتها لإستدامة البيئة والعمارة ، ومضاعفة الإستفادة من فوائد الإستدامة عن طريق تلك التكنولوجيا.

6. **الكيمياء الخضراء والاستدامة** Green chemistry and sustainability **:**

تركيب مواد النانو يعتمد بالمقام الأول على طرق كيمائية وفيزيائية ، لذا حرص العديد من العلماء على وجود الإستدامة بطرق تحضير النانو فظهر مصطلح الكيمياء الخضراء Green Chemical وتسمى أيضا الكيمياء المستدامة "Sustainable Chemical"، وهى منهج فلسفى لجميع البحوث الهندسية والكيمائية من أجل التشجيع على تصميم منتجات تقلل من إستخدام وتوليد المواد الخطرة على صحة الإنسان والبيئة .

مبادىء الكيمياء المستدامة تنطبق على المنتجات التى تدخل فى تركيبها الكيمياء العضوية وغير العضوية ، والكيمياء الحيوية ، والكيمياء التحليلية ، وحتى الكيمياء الفيزيائية. [9]

تهدف عمليات التصنيع بإستخدام مبادىء الكيمياء الخضراء إلى تنسيق أسلوب التركيب الكيميائى ليتسق مع أهداف الاستدامة للحصول على مواد قادرة على خلق إستدامة بيئية ومعمارية ، وقد عرف البعض الكيمياء الخضراء بأنها تخليق مواد النانو بإستخدام مبادىء الكيماء الخضراء.[17]

6 - العلاقة بين مبادىء الإستدامة ومبادىء الكيمياء الخضراء :

مبادىء الإستدامة تدعو إلى تبنى السياسات والإستراتيجيات التي من شأنها تلبية إحتياجات المجتمعات الحالية دون التأثير على قدرة الأجيال المقبلة ، ومبادىء الكيمياء الخضراء الهدف منها تصنيع منتجات كيميائية عن طريق عمليات أكثر كفاءة ، وإستخدام أقل سمية بمراحل التصنيع ، وإنتاج كميات أقل من النفايات في البيئة .

وإذا ما تم تطبيق مبادىء الكيمياء الخضراء فى شتى مجالات الحياة بصفة عامة ومواد النانو المستخدمة بالبناء بصفة خاصة ، فإن ذلك يؤدى إلى تحقيق إستدامة معمارية تتلائم والمعطيات التكنولوجية الحديثة من أجل بيئة عمرانية أفضل.

"بدأت هذه الممارسة في الولايات المتحدة بإعتماد قانون منع التلوث لعام 1990 الذي وضع سياسة وطنية لمنع التلوث أو الحد منه عند مصدره كلما أمكن ذلك ومنذ ذلك الحين ، قامت وكالة حماية البيئة بعلاقات تعاون مع الأوساط الأكاديمية والصناعة والوكالات الحكومية الأخرى والمنظمات غير الحكومية والشركاء الدوليين لتعزيز الوقاية من التلوث من خلال مبادىء الكيمياء الخضراء ، تلا ذلك تقرير عن تكنولوجيا النانو الخضراء التى تتيح الفرصة للتخلص من الآثار السلبية قبل وقوعها". [11]

يوضح شكل (3) كيفية إستخدام مبادىء الكيمياء الخضراء والتى تتكون من 12مبدء تم الرمز اليها من (P1.....P12) ، ومراحل تصميم مواد النانو التى تتكون من 6 مراحل تم الرمز إليها من (A1.....A6) ومراحل التصنيع لمواد النانو الخضراء ، وبيان كيفية دمج مبادىء الكيمياء الخضراء بمرحلتى التصميم والتصنيع للوصول إلى مواد نانو خضراء يمكن من خلالها تحقيق إستدامة تتوافق وطموح الباحثين والمعمارين بالعصر الحالى ومعطياته التكنولوجية.

7. **عمارة النانو الخضراء**

عمارة النانو الخضراء هى عباره عن إندماج تكنولوجيا النانو الخضراء مع العماره أو يمكن ان ننظر لها من وجه اخر وهو إندماج مواد النانو الخضراء مع العمارة [14] ؛ فعمارة النانو الخضراء ضمان للإستفادة من تكنولوجيا النانو وتجنب أثارها الجانبية على الأنسان والبيئة.

مواد النانو أظهرت الأداء المتفوق في العديد من التطبيقات ، بما في ذلك الطب والطاقة ، والتصنيع المتقدم ، ويمكن لعمارة النانو الخضراء أن تكون بداية مجتمع مستدام بيئياً ومعمارياً بالقرن الحادي والعشرين.

8. **منهجية تطبيق عمارة النانو الخضراء:**

هناك العديد من العوامل تمثل المجال التطبيقى لعمارة النانو الخضراء

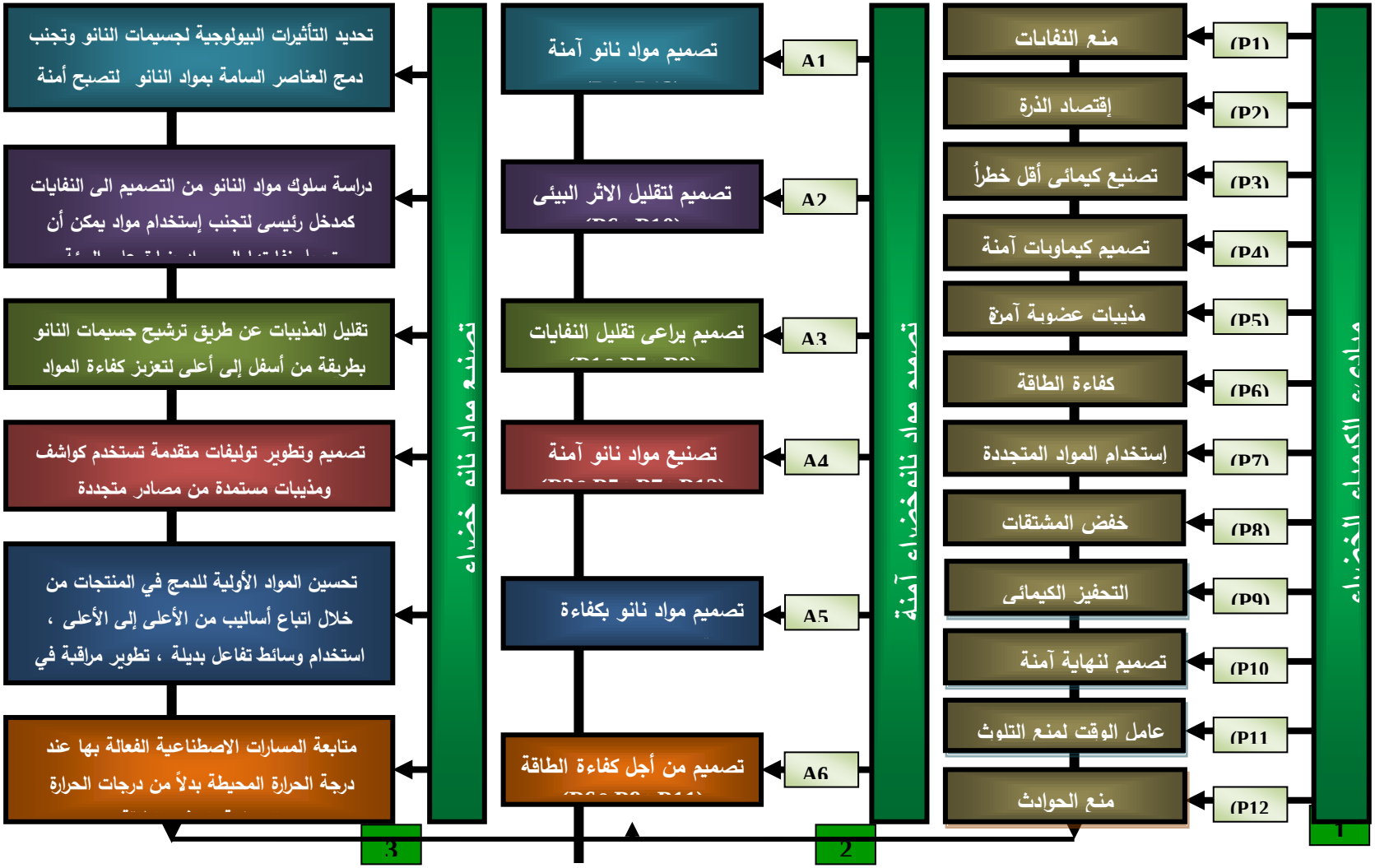
1) مواد البناء وآليات إدارة مواردها من أجل الاستدامة.

2) الطاقة وآليات إستدامتها وإستخدام الطاقة الخضراء والمتجددة.

3) كفاءة إستهلاك المياه.

4) إدارة النفايات Waste Management .

العوامل السابقة هى المجالات التطبيقية لعمارة النانو الخضراء من أجل بيئة عمرانية أفضل ، وفيما يلى دراسة تفصيلية لكيفية تطبيق تكنولوجيا النانو الخضراء بتلك العوامل من أجل تحقيق إستدامة تكنولوجية تتوائم ومعطيات القرن الواحد والعشرون.



شكل (3) يوضح شكل (3) كيفية إستخدام مبادىء الكيمياء الخضراء والتى تتكون من 12مبدء تم الرمز اليها من (P1.....P12) ، ومراحل تصميم مواد النانو التى تتكون من 6 مراحل تم الرمز إليها من (A1....A6) ومراحل التصنيع لمواد النانو الخضراء والتى تتكون أيضاً من 6 مراحل ، وبيان كيفية دمج مبادىء الكيمياء الخضراء بمرحلتى التصميم والتصنيع للوصول إلى مواد نانو خضراء

1-8 مواد البناء وآليات إدارة مواردها من أجل الاستدامة:

علوم النانو تتلخص فى دراسة وإنتاج مواد يتروح أبعادها ما بين 1 : 100 نانو متر فى البعد الواحد ويتم دمج تلك المواد مع مواد البناء التقليدية لتحسين خواصها الفيزيائية والكيمائية والحصول على مواد ذات خصائص جديدة تفوق خصائص المواد التقليدية قوة ومتانة وصلابة وزيادة بالعمر الافتراضى وغير ذلك من الخصائص ، وفى الوقت الحاضر يشهد البحث العلمى بالدول المتقدمة طفرة علمية بمجال النانو ، فلم يعد طموح الباحثين هو دمج تقنية النانو بالعمارة بل بكيفية دمج النانو مع الممارسات الخضراء والمستدامة من أجل الحصول بيئة متوزنة ومستدامة أفضل ، ويوضح جدول (1) المواد المعالجة بتقنية النانو الخضراء ومدى تحقيقها للإستدامة بالمبنى .

مواد النانو	تطبيقات مواد النانو بالمبانى	نتائج إندماج النانو بالمبانى
أنابيب الكربون النانوية Carbon nanotubes	• الخرسانة والحديد لزيادة القوة الميكانيكية بالمبانى . • المواد اللاصقة عالية المقاومة . • زيادة الحماية المضادة للتاكل بالهياكل . • تحسين الموصلات وأشباه الموصلات .	• زيادة المتانة والصلابة. • طول العمر الافتراضى للمبنى. • الكفاءة فى إستخدام الطاقة.
الفلورين Fullerene	• التعزيز الهيكلى فى العناصر الميكانيكية . • الخلايا الضوئية بالاشتراك مع البوليمرات.	• زيادة المتانة والصلابة. • الكفاءة فى إستخدام الطاقة.
النقاط الكمومية quantum dots	• الخلايا الضوئية. • أشباه الموصلات الذكية. • شاشات الكمبيوتر واللوحات الضوئية.	• الكفاءة فى إستخدام الطاقة. •
الأسلاك النانوية Nanowires	• أكسيد الزنك بالاشتراك مع الجرافين لانتاج خلايا شمسية جديدة واجهزة استشعار نانوية . • أكاسيد السيليكا لتخزين الطاقة ببطاريات عالية الكفاءة. • بوليمرات نانوية تستخدم بالاجهزة المتصلة بالطاقة.	• الكفاءة فى إستخدام الطاقة.
مواد الكربون Carbon nanomaterials	• البطاريات والاجهزة المتصلة بالطاقة.	• الكفاءة فى إستخدام الطاقة.
نانو سيليكا Nano---silica	• توحيد جزئيات الخرسانة وغيرها من المواد المركبة. • تستخدم مع الزجاج للحماية الشمسية والاشعاع الشمسى. • تستخدم مع الطلاء ويكون ذاتى التنظيف وطارد للرطوبة. • تستخدم فى الخلايا الضوئية الجديدة.	• زيادة المتانة. • طول العمر الافتراضى للمبنى. • الكفاءة فى إستخدام الطاقة.
جسيمات النانو(الفرايت) Ferrite nanoparticles	• حماية حديد التسليح من التاكل وغير ذلك من عوامل التدهور. • الحد من الازهار فى الخرسانة عند ربط خرسانة جديدة بالقديمة.	• زيادة المتانة والصلابة. • تقليل الصيانة.
Nano---metric cavitation	• معالجة مياه الصرف.	• الكفاءة فى استخدام المياه.
الالومنيوم Nano--alumina	• تستخدم بمرشحات المياه.	• كفاءة .جودة المياه.

جدول(1) المواد المعالجة بتقنية النانو الخضراء ومدى تحقيقها للاستدامة بالمبنى

المرجع:الباحث إعتماداً على المراجع (4،6،18)

مواد النانو	تطبيقات مواد النانو بالمبانى	نتائج إندماج النانو بالمبانى
أغشية ذات تركيب نانو متر Nanostructured membranes	• عزل وترسيب ثانى أكسيد الكربون – للمساعدة بمعالجة مياه الصرف من خلال اغشية الجرافين . • كفاءة الاداء والمتانة بالخلايا الشمسية . • الحماية ضد الرطوبة . • طارد للغبار بالنسبة للشرائح الالكترونية. • أجهزة تنقية الهواء بالمبانى. • مكافحة تكثف المياه بواجهات المبانى. • حماية من الاشعة فوق البنفسجية (بطلاء الزجاج بأغشية من ثاني أكسيد التيتانيوم والزنك أكسيد وأكسيد السيريوم).	• زيادة المتانة والصلابة. • طول العمر الافتراضى للمبنى. • الكفاءة فى إستخدام الطاقة. • الكفاءة فى إستخدام المياه. • جودة البيئة الداخلية. • جودة الهواء.
رقائق النانو Nanostructured thin films	• الخلايا الضوئية. • مكافحة الكتابة على الجدران. • عازل حرارى وصوتى.	• الكفاءة فى إستخدام الطاقة. • جودة البيئة الداخلية.
رغوة مغناطيسية Nanostructured magnetic foam	• لمعالجة التربة والمياه الملوثة من النفط والمنتجات الثانوية.	• المحافظة على البيئة الطبيعية
الهلامات الهوائية Nano---gel and aerogel	• العزل. • معالجة وإصلاح البيئة الطبيعية.	• المحافظة على البيئة الطبيعية. • كفاءة استهلاك الطاقة.
جسيمات النانو(اكسيد التتانيوم) Titanium oxides nanoparticles	• تحسين القوة الميكانيكية والعزل لجميع المواد كالخرسانة. • التنظيف الذاتى عن طريق تأثير التحفيز الضوئى. • الاندماج مع الزجاج لمنع تكثيف المياه. • الالواح الشمسية.	• زيادة المتانة والصلابة للعناصر الانشائية بالمبنى . • الكفاءة فى إستخدام الطاقة.
الياف نانو سيراميك Fiber of nanostructured ceramic	• عند دمجه بمواد البناء يجعلها مقاومة لانثناء وقوة التقلص • التنظيف الذاتى عن طريق تأثير التحفيز الضوئى.	• زيادة المتانة والصلابة للعناصر الانشائية بالمبنى •

2-8 الطاقة وآليات إستدامتها وإستخدام الطاقة الخضراء والمتجددة:

دور تقنية النانو الخضراء بإنتاج الطاقة: [22]

- إنخفاض تكاليف إنتاج الطاقة مثل الطاقة الكهروضوئية بمقدار عشر أضعاف الطرق التقليدية.
- تحسين كفاءة وسعة تخزين البطاريات والمكثفات للمعدات الميكانيكية مما يقلل إستهلاك الطاقة داخل المبانى.
- تطوير كابلات الطاقة الموصلات الفائقة ، وإمكانية نقل الطاقة لمسافات عن طريق إستبدال أسلاك النحاس والألومنيوم بأخرى معالجة بتقنية النانو الخضراء.
- إستخدام مواد خفيفية بالوزن لإنشاء المبانى عن طريق مركبات النانو وإستخدامها بالتطبيقات المختلفة كالسيارات والطائرات وسفن الفضاء الامر الذى ينعكس بدوره على كفاءة وإستهلاك الطاقة.
- تطوير مواد الطلاء والدهانات وجعلها مصدر مشارك لتوليد الطاقة بالمبانى

ويوضح شكل (4) آليات إستخدام تكنولوجيا النانو الخضراء بقطاع الطاقة بالمبانى كما يوضح شكل (5) أحد الأمثلة التطبيقية لتكنولوجيا النانو الخضراء من خلال خلايا شمسية ذات صبغة حساسة بمعرض ميلان بألمانيا

شكل (4) تكنولوجيا النانوالخضراء وإمثلة لتطبيقاتها الحالية والمستقبلية بقطاع الطاقة للمبانى

المرجع : (22) بتصرف الباحث

شكل (5) مثال لتطبيق تكنولوجيا النانو خضراء بالطاقة يمين الصورة مظلة من الخلايا الشمسية بمعرض ميلان ،يسار الصورة أكبر خلية شمسية ذات الصبغة الحساسة بالمانيا

المرجع : (22)

3-8 كفاءة إستهلاك المياه:

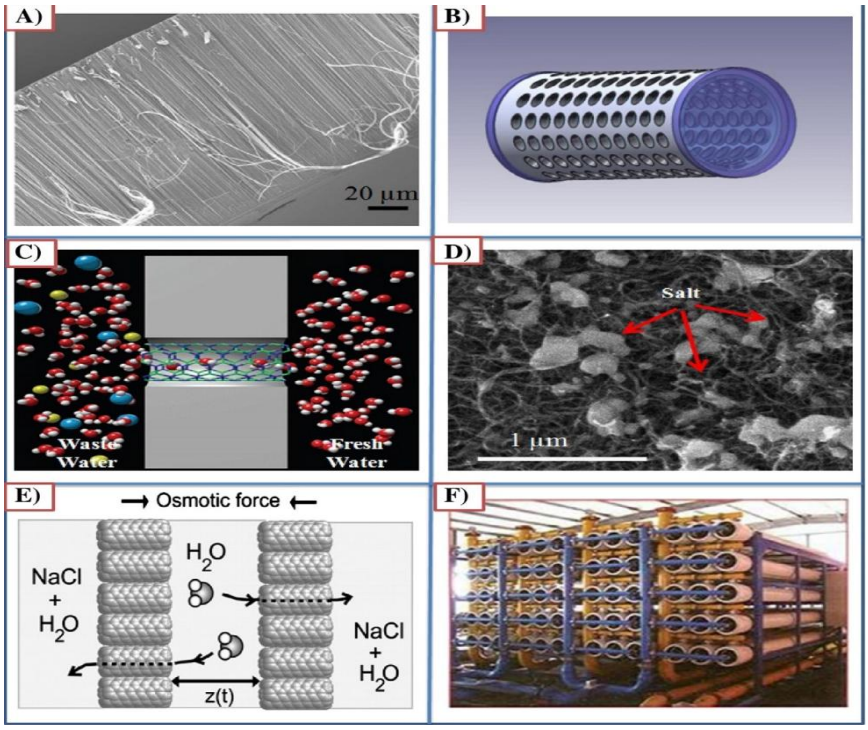
في صناعة تكنولوجيا البيئة ستوفر تكنولوجيا النانو الخضراء شتى الوسائل من أجل إستدامة شاملة ، وتشير الإحصائيات إلى أن نحو عُشر سكان العالم لا يجدون مياه نظيفة للإستخدام اليومى ، ويحصد الماء الملوث بالبكتيريا والفيروسات والزرنيخ الملايين من الأرواح فى شتى انحاء العالم ، لاسيما البلدان النامية.[26]

وتقدم تقنية النانو الخضراء العديد من الحلول لكفاءة وجودة المياه (مياه الشرب – مياه الصرف الصحى) كالاتى :

1-3-8 تنقية مياه الشرب بإستخدام مرشح أنابيب النانو كربون CNT Membranes

لاقت أنابيب النانو كربون منذ إكتشاف تطبيقاتها إهتماماً كبيرا نظراً لإمكانياتها الفريدة وخصائصها الميكانيكية والبصرية والكهربائية . ومن أهم تطبيقاتها عملها كغشاء مثالى بأجهزة الاستشعار والفلاتر والمحركات ..الخ وبإعتبارها مفيدة لتصنيع الأقطاب الكهربائية للإستخدام فى تحلية الماء وإزالة الأملاح دون التأثير على معدل تدفق جزئيات المياه ، وتتكون أنابيب النانو الكربون من صفائح الجرافيت وشكلها كسياج من شعيرات دقيقة ، وأنابيب النانوالكربون المستخدمة للتنقية هى أنابيب أحادية الجدار (SWCNTs)لها شكل أسطواني يتكون من غلاف واحد من الجرافين. (2)

أغشية CNT لها إنجازات ملحوظة من حيث نفاذية المياه ، قدرة التحلية ، وتوفير في الطاقة المستخدمة لتنقية وتحلية المياه ويمكن أن تكون بمثابة ثروة الجيل القادم من حيث القدرة على تنقية المياه العالمية.كما أن استخدام أغشية CNT تمكنها من تمزق الخلية البكتيرية من خلال إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية ، وتعطيل التمثيل الغذائي والاجهاد التأكسدي للبكتريا ، وهو ما يمثل ثورة جديدة في تكنولوجيا الأغشية مع قوة التنظيف الذاتي والحماية من البكتريا(9) ، ويوضح شكل (6) الأغشية والجوانب الأساسية للـ CNTs



شكل (6) يوضح أغشية CNTأظهرت (A) صورة المجهر الإلكتروني SEMلغشاء CNT؛(B) المنتج الاسطوانى للـCNT (C) حركة جزيئات الماء عبر قناة CNT؛(D) صورة SEM من البلورات النانوية NaCl المتناثرة على سطح غشاء.CNT؛(E) حركة الماء النقي جزيئات من خلال غشاء CNT ؛(F)شكل أغشية CNT في المنشآت الصناعية لتقنية المياه المرجع (8)

2-3-8

معالجة مياه الصرف الصحى

في العصر الحالي وفى ظل ندرة الموارد المائية ، تعتبر المعالجة الفعالة لمياه الصرف الصحي شرطًا أساسيًا للنمو الاقتصادي والمعمارى المستدام ، لذا يجب تطوير وتنفيذ تقنيات متقدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي بكفاءة عالية ومن بين المعالجات المختلفة ، إستخدام مواد نانو لها القدرة على توفير حلول عملية وإقتصادية مستدامة بهذا المجال ويتضمن هذا أربع **فئات رئيسية:** [8]

أولاً : إستخدام بعض مواد النانو مثل الكربون المنشط والأنابيب النانوية الكربونية ، وأكسيد الماغنيسيوم، وأكسيد الزنك،وأكسيد التيتانيوم ، وأكاسيد الحديديك التي يتم تطبيقها عادة لإزالة المعادن الثقيلة من مياه الصرف الصحي.

ثانياً إستخدام محفزات النانو مثل التحفيز الضوئى ، ومؤكسد كيميائي لإمكانية إزالة كل من الملوثات العضوية وغير العضوية.
ثالثًا : إستخدام أغشية النانو لإزالة الأصباغ والمعادن الثقيلة عن طريق أغشية أنابيب النانو كربون ، وألياف النانو الكهربية وأغشية النانو الهجينة.
رابعاً: تكامل تكنولوجيا النانو مع العمليات البيولوجية مثل وجود مفاعل حيوي للأغشية وخلية الوقود الميكروبية للوصول إلى أحدث إمكانات تنقية مياه الصرف الصحي.
وقد طور فريق من العمل تابع لمركز تكنولوجيا النانو للعلوم البيئية والبيولوجية التابع لجامعة رايس الأمريكية مرشحات الأغشية ، عن طريق تصنيع مرشحات مصنوعة من مواد سيراميكية من أكسيد الحديدIron Oxide Ceramic Membrane (عبارة حبيبات نانو) ، وتُعرف هذه الأغشية بالأغشية التفاعيلية Reactive Membranes [17] لقدرتها الفائقة في إزالة وتحليل الملوثات والنفايات العضوية من الماء وتطهيرها من أجل كفاءة وإعادة تدوير المياه بطريقة مستدامة عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء من أجل بيئة أفضل.

4-8 إدارة نفايات مواد النانو Waste Management

إدارة النفايات محط إهتمام للمجتمعات الراقية والداعمة للإستدامة ونفايات البناء هى المواد الغير مرغوب بها والناتجة عن أعمال الإنشاء بشكل مباشر أو غير مباشر ، ولابد من التخلص الآمن لها أو إعادة تدويرها. ومواد النانو لها سلوك وخصائص فريدة فى مكوناتها أو خصائصها ، لذا يتم إدارة نفاياتها بطريقتين:
الأولى: التخلص الآمن للفاقد الناتج من مواد النانو المستخدمة بالبناء.
الثانية: الإستفادة من فاقد مواد النانو بإضافته إلى بعض المواد التقليدية وإعادة إستخدامها للبناء.

8-4-1 التخلص الآمن للفاقد الناتج من مواد النانو المستخدمة بالبناء

تمثل إدارة نفايات مواد النانو وكيفية التخلص الآمن تحدى جديد نحو تكامل إستخدام تكنولوجيا النانو بإستدامة المبانى ، مما يدعو إلى الإستمرار والحاجة إلى الرصد مستمر لسلوك منتجات النانو ، وقد وصل إنتاج مواد النانو إلى الآف الاطنان فى عام 2011م ، ومن بين التحديات لمواد النانو آلية التخلص الآمن لنفايتها ودراسة إدراتها مع الأخذ بالإعتبار النقاط التالية : [13]

- الآثار المترتبة على زيادة انتاج مواد النانو بالبيئة.
- تشكيل أنظمة وآليات لإدارة نفايات النانو تقنيا وتشريعياً .
- دراسة خصائص كل مادة من مواد النانو لعمل نموذج ادارة نفايات خاص بكل مادة.
- الخطوات الإستباقية طويلة الاجل لتعزيز الإدارة الفعالة لنفايات النانو.

إن التركيز نحو تقييم التعرض البيئي المرتبط بنفايات النانو Nano waste ، يتطلب معرفة آلية المعالجة وكيفية التخلص منها ، فضلا عن دراسة الإنبعاثات من تلك المواد ، وهو ما يتطلب الدراسة الفيزيائية والكيمائية لكل جزئيات مواد النانو لمعرفة مراحل (Nano wasteالتعامل - العلاج - التخلص الآمن لها) .
من أجل معالجة هذه التفاعلات المعقدة بشكل منهجي يجب أن يكون هناك إطار للتخلص من نفايات مواد النانو ، كما هو مبين بشكل (7)

8-4-2 الإستفادة من فاقد مواد النانو بإضافته إلى بعض المواد التقليدية وإعادة إستخدمها للبناء.

وفى دراسة أُجريت بتايلاند وتم نشرها بالمجلة الهندسية Faculty of Engineering, Thailand, Chulalongkorn University قام البحث بالدراسة التطبيقية لكيفية إستخدام فاقد مواد النانو وإضافته إلى المواد التقليدية لإنتاج مواد نانو جديدة يمكن إعادة إستخدمها بإنشاء المبانى مره أخرى .
طريقة التجربة ومنهجيتها تتيح مجالات ودراسات لتجارب عديدة مماثلة للوصول إلى مواد نانو ذات صفات وخصائص جديدة ، وقد إستخدمت الدراسة نفايات النانو جرانيت لانتاج خرسانة نانو خضراء عن طريق تصميم نسب معينة من نفايات نانو جرانيت حيث تم إستبدال الأسمنت بنسبة 5 ٪ والرمل 10 ٪ وزيادة نفايات جرانيت النانو في مزيج المونة الاسمنتية ادت إلى زيادة قوة الضغط للمونة الاسمنتية الناتجة بنسبة 41 ٪ (عززت هذه النتيجة مجهر المسح SEM حيث أظهر خليط المونة الجديدة أقصى

كثافة والحد الأدنى من الشقوق الدقيقة وعدد المسام ، وقد أجريت دراسة مقارنة بين المونة الاسمنتية الأخضر والمونة التقليدية ، أظهرت الخصائص لمونة الأسمنت الخضراء ، إستدامة بيئية وإجتماعية بتوفير 10 ٪ في هذا المجال من استهلاك الموارد، في حين وصل توفير إستهلاك الطاقة وإنبعاثات CO_2 إلى 5 ٪ ، مع إستدامة إقتصادية بتوفير 6.5٪ .
تعد تلك النتائج واعدة في تعزيز صناعة البناء المستدام عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء من أجل مباني وبيئة مستدامة ومتوزانة ومتوائمة مع معطيات العصر الحالى من التكنولوجيا وفيما يلى الدراسة التفصيلية والعملية لتلك التجربة .

المواد والعينات (3)"بتصرف الباحث"

1 - تم إستخدام الأسمنت البورتلاندي له جاذبية محددة تبلغ 3.15 ، نقاء 9٪ تمر من الغربال 170 ، الإعداد الاول 2 ساعة والإعداد النهائي 3 ساعات و 12 دقيقة.
2 - تم استخدام الرمل الطبيعي بأقصى حجم 4.75 ملم.
3 - تم تجفيف نفايات الجرانيت عن طريق إبقائها في الفرن عند درجة حرارة 200 درجة مئوية لمدة 6 ساعات.
4 - تم وزن مسحوق الجرانيت قبل وبعد التجفيف يجب أن يكون الفرق في الوزن أقل من 10٪ لضمان الحد الأدنى من محتوى المياه.
5 - تم الحفاظ على درجة الحرارة بين 20-30 درجة مئوية،كانت تستخدم لإنتاج الخلطات الخرسانية
6 - تم إضافة مسحوق جرانيت النانو الناعم مع الخلطة السابقة لإنتاج خليط الخرسانة الخضراء. تم استخدام عينات من الخلطة السابقة فى قوالب 50 × 50 × 50 ملم. وحفظ لمدة 24 ساعة ، ثم معالجة العينات في أحواض المعالجة لمدة 28 يومًا.

تصميم الخلطات

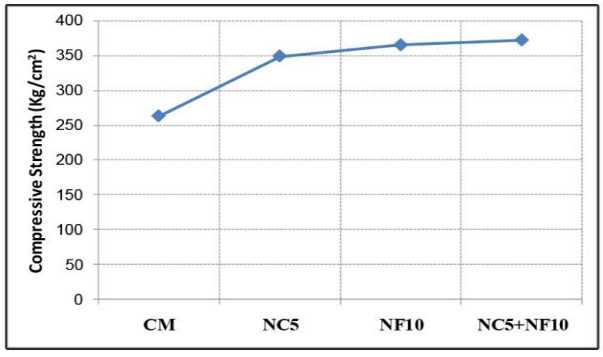
تم إعداد مزيج من تصميم الخلطات لمونة الأسمنت عن طريق استبدال الأسمنت أو الرمل جزئيا أو كلاهما مع نسب مختلفة من حيث الوزن من بنفايات الجرانيت النانوية.
المزيج الأول الذي تم إعداده كان مزيج يحتوى على نفايات الجرانيت بنسبة 0٪ ، **المزيج الثاني** هو إستبدال الأسمنت بنسبة 5 ٪ من نفايات الجرانيت ، **الثالث** كان مزيج الرمال إستبدال 10 ٪ من نفايات الجرانيت ، **الرابع** بإستبدال 5٪ أسمنت وإستبدال الرمال 10 ٪ معا ، تم إستخدام W / C ثابت قدره 0.5 water–cement . جدول (3) يوضح نسب وتصميم الخلطات الاربعة

Design Mix			Components Quantity (gm)				W/C Ratio	Slump Test Results (Cm)
No	Name	Description	Cement	Fine Agg.	Granite waste	Water		
1	CM	نفايات نانو جرانيت 0%	281.3	843.8	0.0	140.6	0.5	7.8
2	NC5	نفايات نانو جرانيت 5% بإستبدال الاسمنت	267.2	843.8	14.1	133.6	0.5	6.9
3	NF10	نفايات نانو جرانيت 10% بإستبدال الرمال	281.3	759.4	84.4	140.6	0.5	5.7
4	NC5+NF10	استبدال5%أسمنت 10%رمل بالجرانيت نانو	267.2	759.4	98.4	133.6	0.5	5.4

جدول(3) نسب وتصميم الاربعة خلطات لانتاج خرسانة النانوالخضراء

ـ إختبار قوة الضغط

باستخدام 5 ٪ من نفايات نانو جرانيت كبديل للأسمنت(NC5) حيث تزداد قوة الانضغاط بنسبة 33 ٪ مقارنة بمزيج التحكم.
تزداد قوة الضغط بنسبة 39٪ مقارنة بمزيج التحكم عند استخدام 10٪ من نفايات نانو جرانيت كبديل للرمل .(NF10)ويؤدي استبدال الأسمنت والرمل بنسبة 5٪ و10٪ على التوالي بنفايات نانو جرانيت (NC5 + NF10)إلى زيادة قوة الانضغاط بنسبة 41٪ مقارنة بمزيج التحكم – استمرت التجربة مدة 28 يوم شكل (8) يوضح نتيجة إختبار الضغط لنسب الخلطات الأربعة ، نتائج هذه التجربة كانت لها أثراً على الإستدامة البيئية والمجتمعية والإقتصادية وهو ما ينعكس إيجاباً على الإستدامة المعمارية ، ويوضح جدول (4) مقارنة بين مونة الإسمنت التقليدى ومونة أسمنت النانو الأخضر.



عناصر الاستدامة	لكل 1م3 من مونة الاسمنت	
الأستدامة البيئية والمجتمعية	عينات الموارد	الرمل-الاسمنت
	إستهلاك الطاقة	صناعة الاسمنت
	ملوثات الهواء	

شكل (8) اختبار الضغط لنسب ابتدال نفايات الجرانيت بالرمل والاسمنت

	فاقد المواد	نفايات الجرانيت	لا يوجد	إستخدام 193كجم من نفايات الجرانيت	
	إعادة التدوير		لا يوجد	إستخدام محتوى معاد تدويره بما يعادل 15%	
الاستدامة الأقتصادية	التكلفة	بحسب تصميم الخلطة	(المزيد من الاسمنت ، المزيد من الرمال، لا نفايات من الجرانيت) 498 جنيه	(أقل الأسمنت ، أقل الرمل ، نفايات الجرانيت دون أي تكلفة) بما يعادل 465 جنيه	توفير 6.5%
	الانتاج المحلى	مواد	استخدام المواد المحلية (الاسمنت ، الرمال)	استخدام المواد المحلية (الاسمنت ، الرمال ، نفايات الجرانيت)	

جدول (4) مقارنة بين مونة الاسمنت التقليدى والأخضر بإستخدام نفايات نانو الجرانيت المرجع : الباحث إعتماداً على مرجع (3)

التجر
بة السابقة هى بمثابة تجربة تطبيقية تفتح لنا المجال لإجراء المزيد منها عن طريق إستبدال نفايات نانو جرانيت بنفايات مواد النانو الاخرى المستخدمة بالبناء ؛ مما سيشكل لدينا سلسلة جديدة من مواد البناء تفوق خصائص المواد التقليدية ، بالإضافة إلى إنها ذات صناعة مستدامة بكل مرحلة من دورة حياتها بدءاً من مرحلة تصميمها وصناعتها وإستخدمها بالمبانى وصولاً إلى إعادة تدويرها ، للوصول إلى إستدامة شاملة عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء ودمجها بالمبانى .

9. عمارة النانو الخضراء والعمارة المصرية آفاق ورؤى جديدة:

تكنولوجيا النانو الخضراء إرتبط ظهورها بإرساء مبادىء الكيمياء الخضراء الأمر الذى ألقى بظلاله على العمارة ، فظهرت عمارة النانو الخضراء التى هى ضمانا للإستفادة من النانو وتطبيقاته مقرونة تلك التطبيقات بالممارسات الخضراء المستدامة لتحقيق بيئة عمرانية أفضل ، وهى النظرية التى يقدمها البحث للوصول الى عمارة مصرية مستدامة عن طريق تطبيقات عمارة النانو الخضراء وبما يتوافق مع رؤية مصر للتنمية 2030م حتى تكون رؤية مستدامة إجتماعياً وإقتصادياً وبيئياً ومعمارياً.

عمارة النانو الخضراء الطريق للوصول إلى عمارة مصرية رائدة عالمياً ومتوزنة بيئيا ، فهى نقطة البداية والانطلاق القوى نحو تحقيق عمارة مستدامة متوافقة نحو رؤية مصر للإستدامة فيما يخص محور التنمية العمرانية بحلول عام 2030م ، ونأمل أن تكون العمارة المصرية فى صدارة هذا المضمار، وفيما يلى بعض النقاط العملية للإستفادة من تطبيقات عمارة النانو الخضراء بالعمارة المصرية :

أولاً مواد البناء:

عمارة النانو الخضراء لها أثرها على خصائص المواد الذى أدى بدوره الى أختلاف ملحوظ فى اساليب التفكير والتصميم المعمارى وقد ناقش البحث نتائج دمج المواد المعالجة بتقنية النانو الخضراء بالمبانى (جدول 1) ومدى تحقيقها لاستدامة المبانى وزيادة الكفاءة والجودة بالبيئة الداخلية والخارجية للمبنى .

ومن أكثر المواد ا إستخداماً بمصر الاسمنت ، وهناك العديد من مبادرات تكنولوجيا النانو الاخضر لإنتاج أسمنت النانو الذى يمتاز بأنه أكثر كثافة ومتانة من الأسمنت العادى ويوجد منهجان لإنتاج اسمنت النانو الاول: عن طريق إضافة مواد النانو الى الاسمنت كأنابيب النانو كربون ، والنانو سيليكا وجسيمات النانو (جدول 1) لتعطى زيادة بالمتانة والصلابة للعناصر الانشائية بالمبنى وطول العمر الافتراضى للمبنى.

الثانى : الاستفادة من نفايات مواد النانو وإضافتها إلى الاسمنت لإنتاج مادة أسمنتية أكثر إستدامة وقوة ومتانة وأظهرت النتائج التى أُجريت تحقيق المادة الجديدة إستدامة بيئية ومجتمعية وإقتصادية كما ذكر البحث بجدول (4)

الامر الذى ينعكس بدوره على العمارة المصرية عند إستخدام مواد مستدامة بدءاً من طرق تصنيعها وصولاً إلى إستخدامها .

ثانياً قطاع الطاقة:

تطبيقات عمارة النانو الخضراء بالطاقة لها أثراً إيجابياً بكفاءة وتوليد وإستهلاك الطاقة ، حيث يمكن أُستخدمها بالخلايا الشمسية

ومواد الدهانات وجعلها مصدر مشارك لتوليد الطاقة بالمبنى ، كما ذكر البحث بشكل (4).

ثالثاً كفاءة إستهلاك المياه :

قدمت تكنولوجيا النانو الخضراء العديد من الحلول لكفاءة المياه وناقش البحث جزء من هذه الحلول (مياه الشرب –إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى) الامر الذى ينعكس بدوره نحو إكتمال رؤية الاستدامة بالعمارة المصرية وتحقيق إستدامة شاملة بدءاً من مواد البناء وصولاً إلى إعادة تدوير المياه المستخدمة بالمبانى وتحقيق الجودة والكفاءة بها.

رابعا إدارة نفايات النانو:

الإستفادة من فاقد مواد النانو بإضافته إلى بعض المواد التقليدية وإعادة إستخدمها للبناء ، مما أنتج مواد مستدامة ذات خصائص فريدة تفوق خصائص المواد التقليدية وتعطى نتائج واعدة فى صناعة البناء المستدام ، ما يفتح المجال للإبتكار وانتاج المواد العديدة التى يمكنها المساهمة فى صناعة عمارة مصرية مستدامة متوافقة ورؤية مصرللإستدامة 2030م.

إن إستخدام تطبيقات عمارة النانو الخضراء بالعمارة المصرية هو نهج جديد نحو إستدامة شاملة تتوائم ومعطيات القرن الحالى ، الامر الذى بدوره يتطلب تكاملاً معرفيا من قِبل المعماريين بجميع المجالات المختلفة كالفيزياء والكيمياء وعلوم المواد للوصول إلى رؤى عملية وعلمية من شأنها تحقيق وآفاق جديدة نحوإستدامة العمارة المصرية.

10. النتائج

1. تطبيقات النانو بالعمارة أتاحت عالما جديدا من مواد البناء المتقدمة والأكثر كفاءة على تطوير نفسها وفقا لمعطيات التصميم وظروف البيئة مما أعطى آفاق مستقبلية فى مجال التصميم والبناء المستدام.
2. مبادىء الكيمياء الخضراء ، هى المفتاح نحو مجتمع مستدام بيئيا في القرن الحادي والعشرين إذ إنها منهج لجميع البحوث الهندسية والكيمائية من أجل التشجيع على تصميم منتجات مستدامة تقلل من إستخدام وتوليد المواد الخطرة على صحة الإنسان والبيئية.
3. المواد المعالجة بتقنية النانو الخضراء تشترك جميعها بخصائص فريدة أهمها الكفاءة فى إستخدام الطاقة وطول العمر الافتراضى وزيادة بالمتانة والصلابة فضلاًعن تحقيقها لمبادىء التصميم المستدام.
4. تكنولوجيا النانوالخضراء أحدثت طفرة كبيرة بمجال الطاقة كالخلايا الشمسية وغيرها من التطبيقات الخاصة بالطاقات المتجددة.
5. عمارة النانو الخضراء عاملاً رئيسياً للأستفادة من تكنولوجيا النانو وتجنب آثارها الجانبية على الأنسان والبيئة للوصول إلى إطار متكامل للإستدامة بدءاً من التصميم مروراً بإستخدام تلك المواد بالبناء وصولاً إلى التخلص الآمن لنفايات النانو، إذ إنها تعتمد على الإستدامة بكل مرحلة من مراحل دورة حياتها.
6. هناك مجالات تطبيقية واعدة لعمارة النانو الخضراء أهمها (مواد البناء - الطاقة – المياه- إداراة النفايات) للوصول إلى إستدامة معمارية متكاملة.
7. نفايات مواد النانو يمكن عن طريقها إعادة إنتاج العديد من مواد بناء الجديدة بطريقة مستدامة عن طريق الإستفادة من فاقد مواد النانو وإضافته إلى المواد التقليدية.
8. تكامل المعرفة المعمارية مع المجالات الفيزيائية والكيمائية وعلم المواد سيفتح أمامنا رؤى عملية وعلمية جديدة من شأنها تحقيق إستدامة شاملة.

11. التوصيات

1. يوصى البحث بالعمل على إستبدال مواد البناء القائمة بأخرى تعتمد على تكنولوجيا النانو الخضراء عن طريق الاستعانة بالمتخصصين بهذا المجال ، ووضع البروتوكلات للتعاون مع الدول المتقدمة بذات الشأن.
2. زيادة ميزانية الإنفاق الخاصة بالبحث العلمى وإنشاء برامج متعددة المجالات تتناول جميع فروع العلوم لبناء القدرة والكفاءة فى مجال تكنولوجيا النانو الخضراء فى ظل إطار كامل للتنمية المستدامة .
3. دفع حركة البحث العلمى بمجال تكنولوجيا النانوالخضراء عن طريق تشجيع إجراء الإختبارات بالمعامل العالمية المتطورة فى ذات السياق
4. إجراء أبحاث مشتركة مع باحثين عالميين والإستفادة بتطابيقاتها بالعمارة المصرية وتشجيع القطاع الخاص بإستخدام تلك التطبيقات كخطوة أولى نحو إستدامة تكنولوجية معمارية تتوائم ورؤية مصر للإستدامة2030م.

المراجع

أولاً :المراجع العربية

1) الاسكندرانى، شريف (2010). تكنولوجيا النانو من أجل غدأفضل. ط1.المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب. الكويت ، ص230.

ثانياً: المراجع الأجنبية

2) Rizzuto, C., Pugliese, G., Bahattab, M. A., Aljlil, S. A., Drioli, E., & Tocci, E. (2018). **"**Multiwalled carbon nanotube membranes for water purification". Separation and Purification Technology, 193, 378-385.
3) Bakhoum, E. S., Garas, G. L. K., Allam, M. E., & Ezz, H. (2017)." The Role of Nano-Technology in Sustainable Construction: A Case Study of Using Nano Granite Waste Particles in Cement Mortar". Engineering Journal, 21(4), 217-227.
4) Hernández-Moreno, S., & de la Torre, S. S. (2017). "Nano-technological products in architecture and construction". HOLOS, 2, 35-51.
5) Anjum, M., Miandad, R., Waqas, M., Gehany, F., & Barakat, M. A. (2016)." Remediation of wastewater using various nano-materials". Arabian Journal of Chemistry.
6) Paper, C. (2015). "Green Nano-materials with Examples of Applications Green Nano-materials with Examples of Applications", (April), 0–9.
7) Boldrin, A., Hansen, S. F., Baun, A., Hartmann, N. I. B., & Astrup, T. F. (2014). "Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste". Journal of Nanoparticle Research, 16(6), 2394.
8) Das, R., Ali, M. E., Hamid, S. B. A., Ramakrishna, S., & Chowdhury, Z. Z. (2014). "Carbon nanotube membranes for water purification: a bright future in water desalination. Desalination", 336, 97-109.
9) Ba Banerjee, S., & Akuli, R. K. (2014). "Advantages of green technology". Social Issue and Environment Problems, 3(9), 97–100.
10) Science, N., & Technology, N. (2013). "Nano Science and Nano Technology", 5(11), 478–488.
11) Schulte, P. A., McKernan, L. T., Heidel, D. S., Okun, A. H., Dotson, G. S., Lentz, T. J., … Branche, C. M. (2013). "Occupational safety and health, green chemistry, and sustainability: a review of areas of convergence". Environmental Health, 12(1), 31.
12) Smith, G. B. (2011,september)." Green nanotechnology". In, Nanostructured Thin Films IV, (Vol 8104,p 810402).International Society for optics and photonics.
13) Musee, N. (2011)." Nanowastes and the environment: Potential new waste management paradigm". Environment International, 37(1), 112–128
14) Hemeida, F.A.E.A.O.(2010). "Green nanoarchitecture".M.Thesis, Unversity of Alexsandria,Arch.Dpt. p79.
15) Roco, M. C., Mirkin, C. A., & Hersam, M. C. (2010). "Nanotechnology research directions for societal needs in 2020" :summary of international study
16) Sattari, A. (2009). Nanotechnology and Sustainability :A Critical Review of Current Trends and Future Development. KTH School of Industrial Engineering and Management Amir, Stockholm
17) woodrow wilson international center. (2009)."Green Nano Technology its Easier than you think".
18) Eckelman, M. J., Zimmerman, J. B., & Anastas, P. T. (2008). "Toward green nano: E-factor analysis of several nanomaterial syntheses". Journal of Industrial Ecology, 12(3), 316–328.
19) Morris,J.,&Willis,J.(2007). "US Environmental Protection Agency Nanotechnology white paper". US Environmental Protection Agency,Washington,Dc. P. 136.

ثالثاً : مواقع شبكة المعلومات الدولية

20) (2017). "Global Nanotechnology Market To Reach $48.9 Billion In 2017." https://www.bccresearch.com/pressroom/nan/global-nanotechnology-market-reach-$48.9-billion-2017.
21) https://nanoscience.conferenceseries.com/2017/
22) W. Luther, **"**Application of Nano- technologies in the Energy Sector," https://*Www.Hessen-Nanotech*..
23) **Green nanotechnology."** : https://Www.en.wikipedia.org/wiki/Green_nanotechnology#cite_note-4.
24) "Environment and Green Nano - Nanotechnology Project." http://www.nanotechproject.org/topics/green/.
25) What is Green Nanotechnology?" http://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=330
26) "Water pollution." http://www/en.wikipedia.org/wiki/Water_pollution