مجلة العمارة والتخطيط، م ٣٤ (١)، ص ص ١- ٢٣، الرياض (٢٠٢٢م / ١٤٤٣هـ)
doi:10.33948/JAP-KSU-34-1-1

عمارة النانو واستدامة المباني نحو علاقة تكاملية من أجل بيئة عمرانية أفضل

رانيا سعيد سيد مراد
صندوق بحوث ودراسات التعمير بوزارة الإسكان، مصر
architecture_rania@hotmail.com

على عبد الله المنصوري
أستاذ مساعد، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة الأزهر- استاذ مشارك، قسم العمارة الإسلامية كلية الهندسة والعمارة الإسلامية جامعة ام القرى
aamansoury74@gmail.com

قدم للنشر في ٢٨/ ٢/ ١٤٤٢هـ ؛ وقبل للنشر في ٨/ ٨/ ١٤٤٢هـ

ملخص البحث. ناقش البحث مفهوم وأهمية تكنولوجيا النانو بوصفها إحدى أهم أدوات الاستدامة المعاصرة بيئياً واقتصادياً وعمرانياً، وقد استهدف البحث بشكل رئيس بيان العلاقة التكاملية بين تكنولوجيا النانو واستدامة المباني، عن طريق تطبيقات عمارة النانو الخضراء، والتركيز على نقطة محددة في تلك التطبيقات وهي إدارة نفايات النانو وكيفية الاستفادة منها عن طريق دراسة التجارب التطبيقية للاستفادة من نتائجها؛ للوصول إلى استراتيجية متكاملة لاستدامة المباني عن طريق تطبيقات النانو بالعمارة. وقد ناقش البحث الاتجاهات التي تؤيد استخدام مواد النانو من أجل تعزيز فكر الاستدامة، وقد مثلت تلك الاتجاهات التناغم التام بين التصميم المستدام وتقنية النانو بما يبشر بآفاق واعدة وعلاقة تكاملية بين استدامة المباني وتطبيقات النانو. وقد توصل البحث إلى عدد من النتائج التي تعزز هدف البحث الرئيس من أهمها: أن تطبيقات النانو بالعمارة ستمثل ثورة هائلة بمجال استدامة المباني عن طريق مواد بناء النانو التي تمثل أهم الأدوات المستدامة، بما يتلاءم ومعطيات التكنولوجيا الحديثة بمجال البناء، ومن أهم النتائج أيضاً بيان طرق استغلال النفايات المختلفة من مواد البناء عن طريق النانو تكنولوجي، والمساهمة في إعادة إنتاج مواد بناء جديدة أو كوقود للطاقة المستخدمة بالمباني كإطار متكامل لاستدامة المباني من أجل بيئة عمرانية أفضل في إطار استراتيجية متكاملة ومعاصرة لاستدامة المباني. وقد اعتمد البحث في دراسته على المنهج الوصفي التحليلي ومنهج دراسة الحالة للوقوف على أهم النتائج من تلك الدراسات وإعادة تطبيقها؛ من أجل بيئة عمرانية أفضل.

الكلمات المفتاحية: النانو، عمارة النانو الخضراء، تكنولوجيا النانو الخضراء، نفايات النانو جرانيت ، الخرسانة الخضراء، الكيمياء الخضراء، النفايات الصلبة.

١. المقدمة

تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها أتاحت رؤى جديدة وآفاقاً مستقبلية لتحقيق عمارة مستدامة، فتلك التكنولوجيا أضافت تقنيات متقدمة وخصائص تفوق المواد التقليدية، وهو الأمر الذي بدوره أثر على شكل المبنى وزيادة كفاءته وإضافة أبعاد ورؤى تصميمية أتاحت للمعماري التعبير عن كل أفكاره وتصميماته على أرض الواقع، فما كان مستحيلاً بالأمس هو واقع وحقيقة الآن بفضل المرونة التامة لمواد النانو والكفاءة والقوة والمتانة وتوفير الطاقة جنباً إلى جنب مع مراعاة الاقتصاد المستدام.

إن اندماج تكنولوجيا النانو بالممارسات الخضراء البيئية المستدامة أتاح حلولاً مبتكرة لجميع المشاكل العمرانية، وأدى إلى رفع كفاءة المبنى والطاقة والاكتفاء الذاتي الذي يأتي من الإدارة الفعالة والآمنة لنفايات النانو لخلق بيئة مستدامة داخلياً وخارجياً للوصول إلى عمارة نانو خضراء كفيلة بأن تكون داعمة رئيسة للاستدامة من أجل بيئة عمرانية أفضل.

إن استخدام تطبيقات عمارة النانو الخضراء بالعمارة المصرية هو نهج جديد نحو استدامة شاملة تتواءم ومعطيات القرن الحالي، وهو ما يشكل رؤية عملية وعلمية وآفاقاً ورؤى جديدة نحو استدامة العمارة.

المشكلة البحثية: تكمن المشكلة البحثية في وجود قصور في استخدام تطبيقات النانو بالعمارة العربية، وكيفية دمج الاستدامة بتطبيقات النانو عن طريق الاستفادة من تطبيقات عمارة النانو الخضراء للوصول إلى رؤية عملية جديدة وآفاق مستقبلية نحو مبانٍ مستدامة تتواءم مع المعطيات التكنولوجية لهذا العصر، وأيضاً كيفية الوصول إلى مواد نانو تساهم بحل المشاكل العمرانية والبيئية وتعمل على تحقيق استدامة شاملة بيئياً واقتصادياً وعمرانياً.

الفرضية العلمية: تطبيقات النانو بالعمارة داعم رئيس لاستدامة المباني من خلال مواد النانو التي يمكنها المساهمة بتغيير أساليب التصميم والابتكار المعماري وتحقيق استدامة شاملة بيئاً وعمرانياً، ومن أهم تلك التطبيقات الاستفادة الكاملة من نفايات مواد النانو من خلال استراتيجية كاملة لإدارة النفايات المتعلقة بمواد النانو للوصول إلى استدامة كاملة بدءاً بالتصميم وحتى التخلص من النفايات في إطار تكاملي بين العمارة والاستدامة عن طريق تكنولوجيا النانو.

هدف البحث: يهدف البحث بشكل رئيس إلى بيان العلاقة التكاملية بين تطبيقات النانو واستدامة المباني، وأهمية تلك التطبيقات في كونها إحدى أهم الأدوات المعاصرة لاستدامة المباني، مع التركيز على الحلول المبتكرة التي قدمتها تلك التطبيقات فيما يتعلق بواجهات المباني وأيضاً بإدارة نفايات البناء، وبيان أهمية تلك التطبيقات في تحويل النفايات إلى مواد داعمة لاستدامة البيئة المبنية والطبيعية كأحد الحلول

المعاصرة لاستدامة المباني من أجل بيئة عمرانية أفضل.

منهج البحث: اعتمد البحث في دراسته على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة اندماج تقنيات النانو بالعمارة وقدرتها على تحقيق استدامة معاصرة بالمباني، واعتمد البحث أيضاً على منهج دراسة الحالة التي يرى البحث في تطبيق نتائجها دعماً للعلاقة التبادلية بين العمارة والنانو والاستدامة.

٢. تكنولوجيا النانو

النانو: مصطلح مشتق من اللغة اليونانية القديمة (Nanos) وتعني قصير القامة «قزم»، وهذا يشير إلى حجمها في النظام المتري، لذا فعند مناقشة مصطلح النانو فذلك يعني مناقشة الأحجام، مثلاً: ذرة الهيدروجين وحجمها بالقدم والمتر والنانو متر (Allhoff, F., et al, 2009).

والنانو واحد من البليون من المتر وهو أصغر مائة ألف مرة من قطر شعر الإنسان، وأصغر ألف مرة من خلايا الدم، وتعرف تكنولوجيا النانو بأنها البحث والتطور على صعيد الذرات أو الجزئيات باستخدام أبعاد النانو وهو ما يساعد في إنشاء أجهزة وأنظمة لها خصائص ووظائف جديدة بسبب صغر حجمها (Zhang, W. X. 2003).

النانو تكنولوجي تهتم بالمقام الأول بدراسة المبادئ الأساسية للمركبات والجزيئات والذرات التي لا يتجاوز قياسها الـ ١٠٠ نانو متر، فالنانو هو أدق وحدة قياس مترية معروفة حتى الآن، ويعرَّف النانومتر بأنه جزء من البليون من المتر، وجزء من الألف من المايكرومتر، أي ما يعادل عشرة أضعاف وحدة القياس الذري المعروفة بالأنجستروم، إذ إنها تطبيق علمي يتولى إنتاج الأشياء عبر تجميعها من مكوناتها الأساسية، مثل الذرة والجزيء، وما دامت كل المواد المكونة من ذرات متراصة وفق تركيب معين، فإننا نستطيع أن نأخذ أي ذرة إلى جانب أخرى بطريقة مختلفة عما هي عليه في الأصل، وهكذا فإن النانو تكنولوجي بدأت بثورتها العلمية متكاملة مع الثورة المعلوماتية وهو ما أدى إلى تغير كامل في شتى مجالات الحياة وأنماطها ومعايير القوة بها.

٣. التكنولوجيا الخضراء

التكنولوجيا الخضراء هي المستقبل لهذا المجتمع وتهدف إلى إيجاد طرق تكنولوجية تساهم بالاستدامة البيئية بشكل فعَّال بالإضافة إلى عدم استنزاف الموارد الطبيعة.

التكنولوجيا الخضراء تعني المصدر البديل للتكنولوجيا التي تقلل من استخدام الوقود وهي التي تدعم الابتكار الذي يعمل على إعادة تدوير جميع المواد ومكوناتها، وتستخدم التكنولوجيا الخضراء (تكنولوجيا النظيفة) أيضاً لتقليل كمية النفايات والتلوث، وللمعالجة والتجديد في الطرق المصممة لتحسين حالة النظم الإيكولوجية، (Banerjee ,2014) وهو ما يحقق

الاستدامة الشاملة بجميع المجالات، وتعتمد تلك التكنولوجيا بالمقام الأول على مبادئ الكيمياء الخضراء.

٤. الكيمياء الخضراء والاستدامة

إن مبادئ الكيمياء الخضراء تدعم الاستدامة البيئية والاجتماعية عن طريق تعزيز السلامة والصحة المهنية بشكل كامل، ويمكن أن يؤدي هذا التقارب إلى دعم جهود الاستدامة من خلال مبادئ التصميم للكيمياء الخضراء وممارسات البناء الأخضر. وتمثل الكيمياء الخضراء مجموعة المبادئ التي يقصد بها أن تؤدي إلى منتجات كيميائية وعمليات أكثر كفاءة وذات استخدام أقل سمية وإنتاج كميات أقل من النفايات في البيئة، وإذا ما تم تطبيق الكيمياء الخضراء في مجالات الحياة بصفة عامة ومواد النانو المستخدمة بالبناء بصفة خاصة سيؤدي ذلك إلى تحقيق عمارة مستدامة تتلاءم والمعطيات التكنولوجية الحديثة من أجل بيئة عمرانية أفضل.

٥. عمارة النانو والاستدامة

عمارة النانو هي عبارة عن اندماج تكنولوجيا النانو مع العمارة، فتكنولوجيا النانو لها أثرها على خصائص المواد وعلى الطاقة أيضاً، وهو ما أدى بدوره إلى اختلاف ملحوظ في أساليب التفكير والتصميم المعماري (Yousef,2015).

جدول رقم (١). التقاء مبادئ التسلسل الهرمي لضوابط السلامة الصحة المهنية، مع مبادئ الكيمياء الخضراء

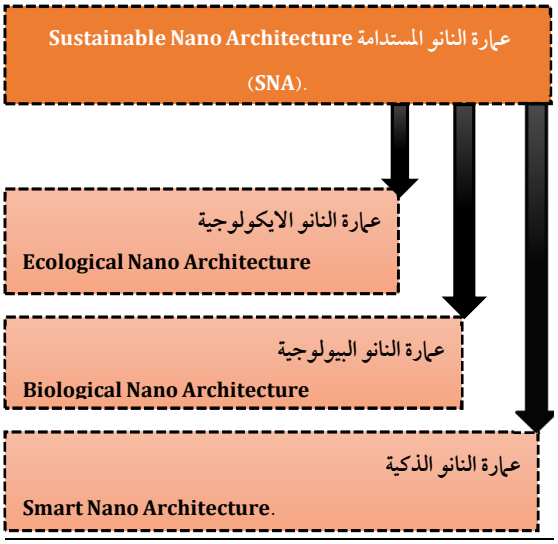
مبادئ الصحة والسلامة المهنية	مبادئ الكيمياء الخضراء
القضاء على الخطورة Elimination	منع النفايات Prevention
	اقتصاد الذرة Atom Economy
استبدال الخطورة بدرجة أقل Substitution	تصنيع كيمائي أقل خطراً Less Hazardous Chemical Syntheses
	تصميم كيماويات أكثر أمناً Designing Safer Chemicals
	مذيبات عضوية أكثر أمناً Safer Solvents and Auxiliaries
الضوابط الهندسية Engineering control	كفاءة الطاقة Design for Energy Efficiency
	استخدام المواد المتجددة Use of Renewable Feedstock
الضوابط الإدارية Administrative control	خفض المشتقات Reduce Derivatives
	التحفيز الكيميائي Catalysis
	تصميم لنهاية آمنة Design for Degradation
السلامة والصحة المهنية personal protective equipment	عامل الوقت لمنع التلوث Real-time analysis for Prevention Pollution
	منع الحوادث Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention

المصدر: (Schulte, et al, 2013) **بتصرف الباحث**

دمج تقنية النانو بالعمارة أدى إلى ظهور أشكال معمارية جديدة كان من الصعب الوصول إلى تحقيقها، ونتيجة فهم المعماريين لطبيعة وخصائص مواد النانو وتركيبها، أمكن تنفيذ العديد من الأشكال المعمارية المرنة والأشكال الديناميكية الذاتية فضلاً عن تنفيذ العديد من التصاميم البيولوجية والتي تحاكي أجهزة جسم الإنسان تارة والطبيعة تارة أخرى. (مراد،

٢٠٢٠م). مواد البناء هي العامل الرئيس في تغيير شكل المبنى ووظيفته للوصول إلى عمارة نانو مستدامة. فتقنية النانو أتاحت تغييراً بالفكر المعماري بكل أشكاله، فأصبح طموح المعماري التكامل ما بين الجوانب الجمالية والكفاءة الوظيفية جنباً إلى جنب مع الاستدامة، مثال على ذلك: مبنى Jubilee Church الشكل رقم (١)، وكيفية تطويع المواد التقليدية كالخرسانة لتنفيذ الشكل المعماري المرن، حيث إن شكل المبنى مستوحى من فكرة الثالوث المقدس من خلال ثلاثة أشرعة بيضاء عملاقة ارتفاعها ٢٧م، والكنيسة واقعة في منطقة عالية التلوث بعوادم السيارات ودخان المصانع، لذا فقد تم إضافة

الشكل رقم (١). مبنى Jubilee Church – المرجع: www.borgenmagazine.com



الشكل رقم (٢). اتجاهات عمارة النانو المستدامة – المرجع: (Farid et al,2019)

نانو ثاني أكسيد التيتانيوم إلى الخليط الخرساني الذي حافظ على نظافة السطوح البيضاء، كما خفف من التلوث البيئي المحيط بالمبنى (www.borgenmagazine.com)

ونتيجة لاستخدام تطبيقات النانو في العمارة تم تنفيذ الفكرة التصميمية بالمرونة الكاملة مع المحافظة على استدامة المبنى وحمايته من التلوث، وهناك عدة اتجاهات تساعد للوصول إلى عمارة نانو مستدامة كما هو موضح بشكل رقم (٢) (يتناول البحث بالتفصيل شرح عمارة النانو الذكية):

عمارة النانو الذكية

تتيح مواد النانو فرصاً واعدة للحصول على مبانٍ ذكية، وسوف يكون هناك أبعاد جديدة في العلاقات بين البيئة الطبيعية والمبنية،

تقنية النانو قدمت العديد من التقنيات فائقة الذكاء التي تزيد من كفاءة واستجابة المباني الذكية، ويكون الاندماج بين تقنية النانو والعمارة الذكية من خلال:

١. تطبيقات مواد البناء النانوية الذكية المستخدمة في عناصر المبنى الإنشائية وغير الإنشائية.

٢. جوانب تكامل هذه المواد والتقنيات الذكية مع منظومة المباني الذكية.

يمكن أن يتحقق التنسيق بين نظم إدارة المبنى الذكي، والخامات المتقدمة المستخدمة بالمبنى كمواد النانو، حيث إن هذا التنسيق يدعم منظومة المبنى الذكي بالكامل سواء في نواحي توفير الطاقة أو رد الفعل التلقائي تجاه مدخلات البيئة، من خلال ما توفره هذه التقنيات من

جدول رقم (٢). يوضح نطاق استخدام المواد النانوية والذكية بالنسبة للمستويات المختلفة لأنظمة المبنى الذكي

مستوى نظم الإدارة Management Level: نظم الإدارة المركزية مثل المواد التي تتأثر بالتيار الكهربائي والمغناطيسي ثم إرسال المعلومات لوحدات التحكم
مستوى الأتمتة Automation Level: مراقبة المبنى والسيطرة على العناصر والوظائف من خلال الاستعانة بمواد النانو التي تمتع بخواص كيميائية وفيزيائية فريدة
مستوى الفراغ Field Level: استخدام مواد النانو التي تندمج مع كابلات التيار الكهربائي وكابلات المعلومات التي تكون متصلة بأجهزة الكمبيوتر بالمبنى

المصدر: (علاء الدين، وآخرون، ٢٠١٥)

إمكانيات متعددة، ومن ثم فإن الإطار العام للمباني الذكية يتحقق من خلال التكامل والتنسيق والدمج بين نظم المعلومات وخامات وعناصر البناء الذكية، ويوضح الجدول رقم (٢) النطاق الذي تستخدم فيه المواد النانوية بالنسبة لنظم ومستويات التشغيل الآلي والإدارة بالمبنى الذكي.

وفيما يلي أهم التطبيقات الذكية لمواد النانو بالعمارة:

تقنية تنقية الهواء

تعمل مواد النانو على محاصرة الهواء الملوث، ويتم فلترته وإعادة إطلاقه نظيفاً وخالياً من أي ملوثات، وهو الأمر الذي يلقي بظلاله على البيئة ويعمل على استدامة المباني والبيئة الطبيعية بشكل أفضل، ومن المباني التي تم تطبيق تلك التقنية بها مبنى (Sapphire) للمعماري دانيال ليبسكيند ببرلين – روسيا حيث تبلغ مساحته ١٠٧٠٠٠ قدم مربع، والتي تبلغ ارتفاعها ثمانية طوابق، لتستوعب ما يصل إلى ٧٣ شقة، كل منها به غرفة واحدة إلى أربع غرف نوم. بالإضافة إلى ذلك، مجمع تجاري بالدور الأرضي (J. Wiegmann,.2014).

المبنى مجمع سكني وتم طلاء الواجهة بثاني أكسيد التيتانيوم ذي حبيبات النانو، فعند تعرض الواجهة للشمس يتم التفاعل وتكون قادرة على تنقية الهواء فضلاً عن كونها ذاتية التنظيف (Technology, K. A,2002).

الشكل رقم (٣). واجهات مبنى Sapphire التي تمتع بخاصية تنقية الهواء والتنظيف الذاتي –المرجع: (J. Wiegmann,2014)

الشكل رقم (٤). أحد الشقق السكنية بمبنى Sapphire» والاتصال بالطبيعة وتوفير التهوية والإضاءة الطبيعية – المرجع: (Smith,2017)

ويحتوى المبنى على العديد من المعالجات التصميمية من شأنها العمل على توفير الإضاءة الطبيعية وتقليل استهلاك الطاقة عن طريق الاتصال بالطبيعة من خلال نوافذ تتصل بالبيئة المحيطة بالمبنى لتتكامل الجوانب الجمالية والوظيفية للمبنى من أجل تكامل الاستدامة، ويوضح الشكل رقم (٤،٣) مبنى Sapphire.

تمتلك مواد النانو وتطبيقاتها بالعمارة مقومات الاستدامة ومن خلال الدراسة السابقة ساعدت تطبيقات النانو بالعمارة على إنشاء مبانٍ مستدامة عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء وتطبيقاتها بالعمارة وصولاً إلى إدارة نفايات النانو عن طريق عمارة النانو الخضراء من أجل بيئة عمرانية ومعمارية أفضل.

٦. عمـــارة النـانو الخضـراء

عـــمارة النانـــو الخـضـراء هـــي عبـــارة عـــن اندمـــاج تكنولوجيـــا النانـــو الخـضـراء مـــع العـــمارة؛ مـــن أجـــل توخـــي الحـــذر مـــن الأضرار الجانبيـــة عـــلى الإنســـان والبيئـــة، ولذلـــك كان الاتجـــاه نحـــو وجـــود الاســـتدامة باســـتخدام تكنولوجيـــا النانـــو في مجـــال العـــمارة لضـــمان الاســـتفادة منهـــا وتجنـــب آثارهـــا الجانبيـــة عـــلى الإنســـان والبيئـــة (Hemeida, F. 2010). عـــمارة النانـــو الخـضـراء مزيـــج مـــن تكنولوجيـــا النانـــو ومبـــادئ وممارســـات الكيميـــاء الخـضـراء ولهـــا القـــدرة عـــلى خلـــق مجتمـــع مســـتدام بيئيـــاً في القـــرن الحـــادي والعشريـــن.

٧. المجالات التطبيقية لعمارة النانو الخضراء

هنـــاك العديـــد مـــن العوامـــل المشـــتركة والتـــي تمثـــل المجـــال التطبيقـــي لعـــمارة النانـــو الخـضـراء، مـــن أهمهـــا:

١. مـــواد البنـــاء وآليـــات إدارة مواردهـــا مـــن أجـــل الاستدامة.

٢. الطاقـــة وآليـــات اســـتدامتها واســـتخدام الطاقـــة الخـضـراء والمتجـــددة.

٣. كفاءة استهلاك المياه.

٤. إدارة النفايات waste management.

تلـــك العوامـــل المشـــتركة هـــي المجـــالات التطبيقيـــة لعـــمارة النانـــو الخـضـراء واســـتدامة المبـــاني مـــن أجـــل بيئـــة معماريـــة وعمرانيـــة أفضـــل.

٨. إدارة نفايات النانو:

فيـــما يـــلي دراســـة تفصيليـــة لكيفيـــة إدارة نفايـــات النانـــو مـــن أجـــل علاقـــة تكامليـــة بـــين عـــمارة النانـــو الخـضـراء والاســـتدامة، وتتـــم بطريقتـــين:

الأولى: التخلـــص الآمـــن للفاقـــد الناتـــج مـــن مـــواد النانـــو المســـتخدمة بالبنـــاء.

الثانيـــة: الاســـتفادة مـــن فاقـــد المـــواد التقليديـــة بإضافـــة بعـــض مـــواد النانـــو وإعـــادة اســـتخدمها للبنـــاء.

٨,١ التخلـــص الآمـــن للفاقـــد الناتـــج مـــن مـــواد النانـــو المســـتخدمة بالبنـــاء: يشـــير مصطلـــح Nano waste إلى المـــواد التـــي تحتـــوي في مكوناتهـــا عـــلى بعـــد نانـــو مـــن ١:١٠٠ نانـــو مـــتر، وتمثـــل إدارة نفايـــات النانـــو في كيفيـــة التخلـــص الآمـــن لنفايـــات النانـــو، وهـــو مـــا يمثـــل تحديـــاً جديـــداً نحـــو تكامـــل وإتمـــام عمليـــة اســـتدامة المبـــاني وهـــو مـــا يدعـــو إلى الاســـتمرار والحاجـــة إلى رصـــد ســـلوك مـــواد النانـــو (Farid et al,2019).

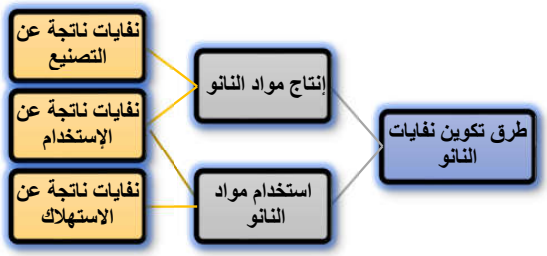
ومـــن تحديـــات مـــواد النانـــو آليـــة التخلـــص الآمـــن لنفايتهـــا ودراســـة إدارتهـــا والأخـــذ بالاعتبـــار النقـــاط التاليـــة:

- الآثـــار المترتبـــة عـــلى زيـــادة إنتـــاج مـــواد النانـــو بالبيئـــة. (Mrowiec,2016).
- تشـــكيل أنظمـــة وآليـــات لإدارة نفايـــات النانـــو تقنيـــاً وتشريعيـــاً.

- دراسة خصائص كل مادة من مواد النانو لعمل نموذج إدارة نفايات خاص بكل مادة.
- الخطوات الاستباقية طويلة الأجل لتعزيز الإدارة الفعالة لنفايات النانو (Musee,2011).

تُستخدم مواد النانو الهندسية (ENMs) Engineered nanomaterials المُصنَّعة اليوم في نطاق واسع، وتستخدم بشتى مجالات الحياة بصفة عامة وبالبيئة المعمارية والعمرانية بصفة خاصة، ومنذ عام ٢٠٠٥م زاد إنتاج مواد النانو بنحو ٢٥٠ منتجاً جديداً سنوياً.

استخدام مواد النانو سيؤدي حتماً إلى توليد كميات متزايدة من النفايات المحتوية على مواد نانو، فضلاً عن النفايات الناتجة من عمليات الإنتاج نفسها، وعلى الرغم من حقيقة أن معظم مواد النانو يمكن أن ينتهي الحال بها إلى مجاري النفايات العادية كجزء من نظام إدارة النفايات الصلبة المحلية، ولكن نظراً للتنوع الكبير في منتجات النانو واحتمالية السمية لمواد النانو، يتم تحديد مصير تلك النفايات من خلال خواص مواد النانو أو المنتجات التي تحتوي عليها، أثناء



الشكل رقم (٥). طرق تكوين نفايات النانو المصدر: الباحث

التحضير أو بعد الاستخدام حرصاً على استدامة البيئة (Setyowati,2014) الشكل رقم (٥) يوضح طرق تكوين نفايات مواد النانو.

١, ٨ الاستفادة من فاقد مواد النانو والمخلفات الزراعية والبلاستيكية وإعادة استخدمها بالبناء والطاقة: تكنولوجيا النانو الخضراء والاستدامة وجهان لعملة واحدة، وهي الوصول إلى بيئة متوازنة معمارياً وعمرانياً متواءمة مع متطلبات وحضارة وتكنولوجيا القرن الحادي والعشرون، ولا شك أنه بتطبيق واستخدام مواد النانو بالعمارة فإن ذلك سيشكل نهجاً ورؤى جديدة نحو استدامة شاملة بيئياً واقتصادياً وعمرانياً واجتماعياً.

وطموح الدراسة لا يتوقف عند كيفية تحقيق الاستدامة باستخدام مواد النانو بالبناء، بل بالاستغلال الأمثل لجميع الموارد غير المستغلة ودمجها عن طريق تقنية النانو الخضراء؛ للوصول إلى عمارة نانو خضراء مستدامة من أجل بيئة عمرانية أفضل، وقد تم تحديد ثلاثة عوامل من قِبل البحث وهي:

- استغلال مخلفات قصب السكر لإنتاج خرسانة نانو خضراء.
- استغلال مخلفات النانوجرانيت لإنتاج خرسانة نانو خضراء.
- استغلال المخلفات البلاستيكية عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء لإنتاج الطاقة.

أولاً: استغلال مخلفات قصب السكر لإنتاج خرسانة نانو خضراء: وحدها تقنية النانو الخضراء يكمن عندها الحل الآمن لإعادة تدوير نفايات قصب السكر وإنتاج خرسانة خضراء عن طريق تكنولوجيا النانو، إذ إن عالم الإنشاءات يساهم بشكل مباشر أو غير مباشر في التدهور البيئي المتمثل في الاحتباس الحراري وتغير المناخ، وأحد الأمثلة على ذلك استخدام الأسمنت الذي يعد المصدر الثاني لانبعاثات CO_2، والتي هي في حدود حوالي ٩٣٠،٠٠٠،٠٠٠ طن / سنة أو ما يقرب من ٧٪ من إجمالي الانبعاثات. وتطبيق مفهوم التنمية المستدامة أو البناء الأخضر تم عن طريق الخرسانة بتعديل المواد المكونة والبحث عن المواد الخضراء التي حتماً ستواجه تحديات الجوانب الاقتصادية والبيئية، وتم إجراء تلك التجربة بإندونيسيا، وسيتم تحليلها تفصيلياً للوقوف على مخرجتها ونتائجها وقابليتها للتطبيق من أجل عمارة مستدامة ومتوازنة.

المواد الرئيسة:

نفايات الستايروفوم: (يستخدم فوم البولسترين EPS على نطاق واسع، والمعروف باسم الستايروفوم، وهي مادة خفيفة الوزن ولها استخدامات متعددة في تغليف الأجهزة الإلكترونية والمواد)، حيث إن إضافة الستايروفوم بالخرسانة تتناسب طردياً مع الانخفاض في وزن الخرسانة.

نفايات قصب السكر: الذي يتم طحنه

الشكل رقم (٦). يوضح شكل نفايات قصب السكر بعد طحنها جيداً- المرجع: (Setyowati,2014).

عدة مرات. الشكل رقم (٦) يوضح الصورة النهائية لمخلفات قصب السكر بعد الطحن عدة مرات من أجل دمجها بالخرسانة.

طريقة الخلط

١. استخدم الستايروفوم كبديل للركام الخشن، في حين أن الركام الناعم المستخدم هو الرماد المتطاير من (نفايات قصب السكر) بنسبة ١٥٪ وبقيمة ١٦ ,٣ ميجا باسكال وقوة ضغط عند ٢٨ يوم للوصول لقوة الضغط ٨٦ ,٤ ميجا باسكال، وقد تم الحصول على كثافة ملموسة تصل إلى ١١٦٥ كجم/ م^3

٢. خلط الأسمنت والرمل والستايروفوم ونفايات قصب السكر.

٣. قياس وزن كل مادة وتحديد قيمة نسبة الماء إلى الأسمنت على أساس تصميم خلط الخرسانة.

٤. إدخال المكونات بالترتيب التالي: الماء،

والأسمنت تليه نفايات قصب السكر ثم الرمل والستايروفوم.

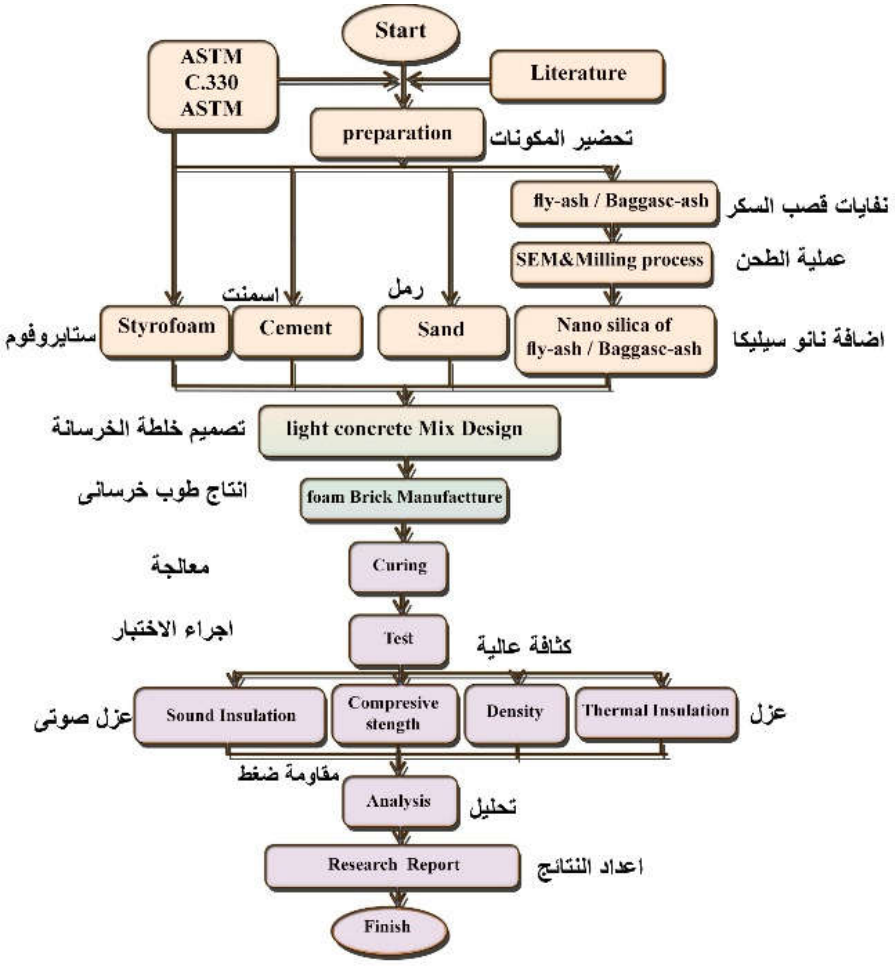
٥. تجهيز مكعب الخرسانة مع رشه بالنفط.

٦. نضع العجينة في القالب مع ملء الخرسانة بثلاث طبقات، كل طبقة تبلغ حوالي ١/ ٣ حجم، مع وخز كل طبقة بقدر ٢٥ مرة.

٧. تتم المعالجة لمدة ٢٤ ساعة. الشكل رقم (٧) يوضح مراحل تحضير خرسانة خفيفة الوزن باستخدام الستايرفوم وقصب السكر.

مما سبق تبين أن استخدام الستايروفوم ونفايات قصب السكر ضمن مكونات الخرسانة خفيفة الوزن يعد تجربة ناجحة للوصول إلى مواد بناء صديقة للبيئة ذات فوائد متعددة:

١. سيؤدي استخدام مواد النفايات إلى تقليل تكلفة التصنيع وتحسين قيمة النفايات الصناعية.



الشكل رقم (٧). تحضير خرسانة صديقة للبيئة من المخلفات المحلية – المرجع: (Setyowati,2014).

٢. تقليل المسام بالخرسانة نتيجة إضافة الستايروفوم والذي يعمل كمصدر اهتزاز وامتصاص ضوضاء، وعازل للحرارة والرطوبة بما يوفر الراحة الحرارية والمعمارية ويحقق جودة للبيئة الداخلية.

والجدير بالذكر أن الطوب الخرساني يستخدم بقطاعات واسعة بالعمارة ويمكن الاستفادة من تلك التجربة بخلق استدامة داخلية للمبنى عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء التي تضمن إنتاج خرسانة بيئية مع الاستفادة المثالية، سواء بمخلفات القصب أو الستاريوفوم، وتحقيق الاستدامة بيئياً وعمرانياً، الشكل رقم (٨) يوضح شكل المنتج النهائي.

ثانياً: استغلال مخلفات النانوجرانيت لإنتاج خرسانة نانو خضراء: دراسة حالة استخدام جسيمات نفايات نانو جرانيت النانوية كبديل للأسمنت (Musee,2011). وفي دراسة أُجريت بتايلاند وتم نشرها بالمجلة الهندسية Faculty of Engineering, Thailand Chulalongkorn University قام البحث بالدراسة التطبيقية لكيفية استخدام فاقد مواد النانو وإضافته إلى المواد التقليدية لإنتاج مواد نانو جديدة يمكن إعادة استخدمها بإنشاء المباني مرة أخرى.

تتيح طريقة التجربة ومنهجيتها مجالات ودراسات لتجارب عديدة مماثلة للوصول إلى مواد نانو ذات صفات وخصائص جديدة، وقد استخدمت الدراسة نفايات النانو جرانيت لإنتاج خرسانة نانو خضراء عن طريق تصميم نسب معينة من نفايات نانو جرانيت، حيث تم استبدال الأسمنت بنسبة ٥٪ والرمل بنسبة ١٠٪، وزيادة نفايات جرانيت النانو في مزيج المونة الأسمنتية أدت إلى زيادة قوة الضغط للمونة الأسمنتية الناتجة بنسبة ٤١٪ (عززت هذه النتيجة مجهر المسح SEM حيث أظهر خليط المونة الجديدة أقصى كثافة والحد الأدنى من الشقوق الدقيقة وعدد المسام، وقد أجريت

الشكل رقم (٨). صورة المنتج النهائي لاستخدام الستايروفوم وقصب السكر بالخرسانة – المرجع (Setyowati,2014).

دراسة مقارنة بين مونة الأسمنت الأخضر والمونة التقليدية، وأظهرت الخصائص لمونة الأسمنت الخضراء، استدامة بيئية واجتماعية بتوفير ١٠٪ في هذا المجال من استهلاك الموارد، في حين وصل توفير استهلاك الطاقة وانبعاثات CO٢ إلى ٥٪، مع استدامة اقتصادية بتوفير ٦,٥٪ (Bakhoum,2017)

تعد تلك النتائج واعدة في تعزيز صناعة البناء المستدام عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء، من أجل مبانٍ وبيئة مستدامة ومتوازنة ومتوائمة مع معطيات العصر الحالي من التكنولوجيا، وفيما يلي الدراسة التفصيلية والعملية لتلك التجربة.

المواد والعينات:

١. عينات من مواد الاسمنت البوتلاندى العادي.

٢. استخدام الرمل الطبيعي بأقصى حجم ٤,٧٥ ملم.

٣. تم تجفيف نفايات الجرانيت عن طريق إبقائها في الفرن عند درجة حرارة ٢٠٠ درجة مئوية لمدة ٦ ساعات.

٤. تم وزن مسحوق الجرانيت قبل التجفيف وبعده ويجب أن يكون الفرق في الوزن أقل من ١٠٪ لضمان الحد الأدنى من محتوى المياه.

٥. تم الحفاظ على درجة الحرارة بين ٢٠-٣٠ درجة مئوية كانت تستخدم لإنتاج الخلطات الخرسانية.

٦. تم إضافة مسحوق جرانيت النانو الناعم مع الخلطة السابقة لإنتاج خليط الخرسانة الخضراء. تم استخدام عينات من الخلطة السابقة في قوالب ٥٠ × ٥٠ × ٥٠ ملم. وحفظ لمدة ٢٤ ساعة، ثم معالجة العينات في أحواض المعالجة لمدة ٢٨ يوماً (Bakhoum,2017)

٧. تصميم الخلطات: تم إعداد مزيج من تصميم الخلطات لمونة الأسمنت عن طريق استبدال الأسمنت أو الرمل جزئياً أو كلاهما مع نسب مختلفة من نفايات النانو جرانيت.

المزيج الأول: الذي تم إعداده كان مزيج تحكم بنسبة ٠٪ استبدال نفايات الجرانيت.

المزيج الثاني: هو استبدال الأسمنت بنسبة ٥٪ من نفايات الجرانيت.

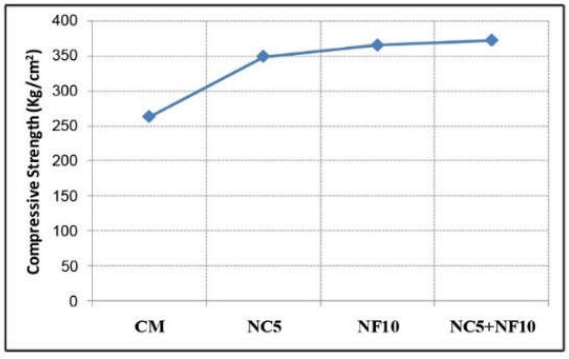
المزيج الثالث: كان مزيج الرمال استبدال ١٠٪ من نفايات الجرانيت.

المزيج الرابع: باستبدال ٥٪ أسمنت واستبدال الرمال ١٠٪ معاً. تم استخدام W / C ثابت قدره ٠,٥ water–cement.

اختبار قوة الضغط: باستخدام ٥٪ من نفايات نانو جرانيت كبديل للأسمنت (NC5) تزداد قوة الانضغاط بنسبة ٣٣٪ مقارنة بمزيج

التحكم، وتزداد قوة الضغط بنسبة ٣٩٪ مقارنة بمزيج التحكم عند استخدام ١٠٪ من نفايات نانو جرانيت كبديل للرمل(NF10). ويؤدي استبدال الأسمنت والرمل بنسبة ٥٪ و١٠٪ على التوالي بنفايات نانو جرانيت(NC5 + NF10) إلى زيادة قوة الانضغاط بنسبة ٤١٪ مقارنة بمزيج التحكم. واستمرت التجربة مدة ٢٨ يوماً، ومما سبق يتبين أن قوة الانضغاط زادت بإضافة مخلفات نانو الجرانيت والمكونة من المركبات الرئيسة التالية: SiO2،Al2O3، و Fe2 O3 وهو ما زاد من قوة مونة الأسمنت الأخضر عند استخدامه في مقياس النانو، حيث ملأت جزيئات نانو السيليكا الفراغات بين حبيبات الاسمنت وتعزيز عملية الترطيب من الأسمنت. كما أنها تفاعلت مع هيدروكسيد الكالسيوم الذي يتكون من الكالسيوم سيليكات (C–S–H)، وهو عنصر الترابط الرئيس المسؤول عن القوة في الخرسانة.

مسح المجهر الإلكتروني:



الشكل رقم (٩). اختبار الضغط لنسب استبدال نفايات الجرانيت بالرمل والأسمنت على التوالي – مرجع:(Bakhoum,2017)

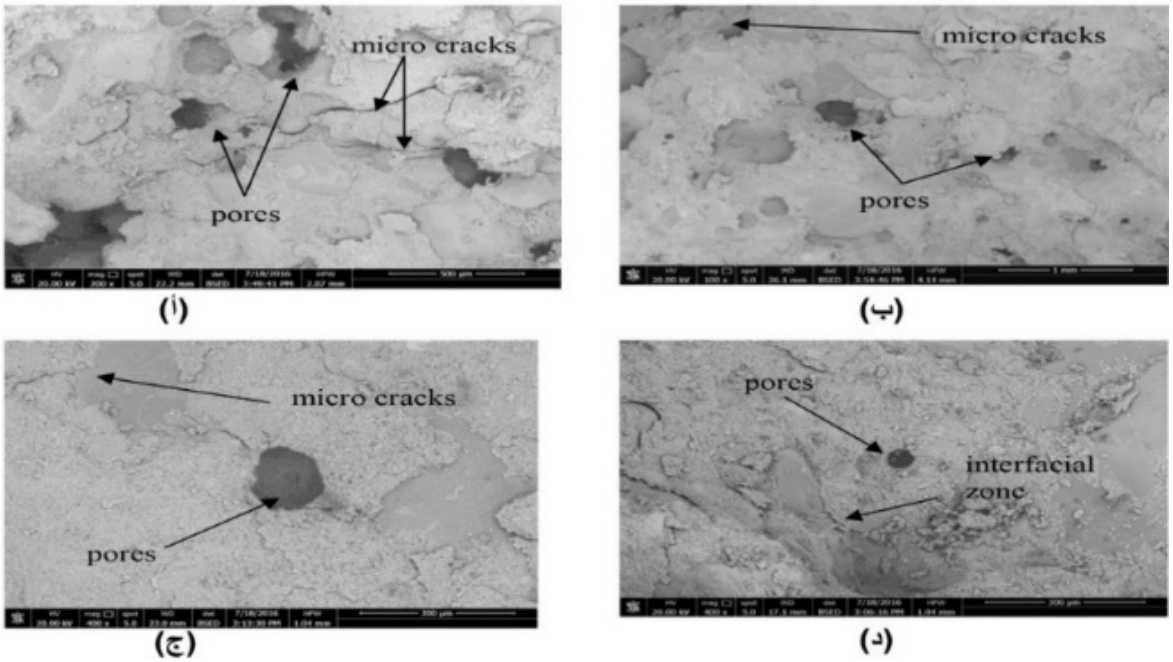
تم أخذ عينة من نسب الخلطات الأربع وظهر الشكل رقم (١٠) تحت المجهر كما يلي:

الشكل رقم (أ) يوضح كمية المسام والشقوق الصغيرة بالمنطقة البينية التي يمكن رؤيتها بوضوح عبر الفراغات موضحاً نقاط الضعف.

الشكلان رقم (ب) (ج) يوضحان أن البنية المجهرية لهذه الخلطات أكثر كثافة ومتجانسة مع شقوق أقل من تلك المبينة في المزيج السابق وهذا يعكس التحسين الموجود في القيم الانضغاطية (NC5) و(NF10)

الشكل رقم (د) يوضح الحد الأدنى من الشقوق والكثافة القصوى بين جميع المزيج ومن ثم يحتوي على أعلى قيمة لقوة الانضغاط. يمكن الإشارة إلى أن هذا يحتوي على بنية جسيمات نانو الجرانيت الحالية وهيدروكسيد الكالسيوم CSH الذي يعتبر المسؤول الرئيس عن القوة في منتجات الخرسانة، وفيما يلي مقارنة بين مونة الأسمنت التقليدي ومونة الأسمنت الأخضر (عينة٤).

التجربة السابقة تفتح لنا آفاقاً مختلفة المجال لإجراء المزيد منها عن طريق استبدال نفايات نانو جرانيت بنفايات مواد النانو الأخرى المستخدمة بالبناء؛ وهو ما يساعد على تشكيل العديد من مواد البناء والتي تفوق خصائص المواد التقليدية، بالإضافة إلى أنها ذات صناعة مستدامة بكل مرحلة من دورة حياتها بدءاً بمرحلة تصميمها وصناعتها واستخدامها



الشكل رقم (١٠). صورة العينات الأربع تحت المجهر – المرجع: (Bakhoum,Garas, Allam& Ezz ,2017)

بالمباني وصولاً إلى إعادة تدويرها، للوصول إلى استدامة شاملة عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء ودمجها بالمباني.

فاستخدام تلك التطبيقات سيشكل نهجاً جديداً لاستدامة شاملة تتوافق مع الرؤية المصرية والعربية ٢٠٣٠ نحو استراتيجية متكاملة للاستدامة الشاملة بيئياً واقتصادياً وعمرانياً ومعمارياً، وهذا يتطلب التكامل المعرفي من المعماريين بالمجالات المختلفة؛ إذ إن العصر الحالي والقادم لن تتوقف معرفة المعماري حول ما يختص العمارة فقط بل بالتكامل المعرفي مع التخصصات الأخرى كالفيزياء والكيمياء وعلم المواد؛ للوصول إلى رؤى عملية وعلمية من شأنها تحقيق استدامة تتواءم ومعطيات العصر الحالي.

ثالثاً: استغلال المخلفات البلاستيكية عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء: عمارة النانو الخضراء منظومة كاملة للاستدامة بدءاً بالتصميم، مروراً باستخدام مواد النانو ذات استدامة بيئية، وصولاً إلى التخلص الآمن لنفايات البناء والاستفادة من المخلفات المحلية للمساهمة بإنتاج مواد نانو خضراء لتحقيق استراتيجية تكاملية بين عمارة النانو الخضراء والاستدامة استجابة للمعطيات التكنولوجية للقرن الحالي.

ومن أهم المشاكل المحلية المعاصرة المخلفات البلاستيكية وإيجاد الحلول نحو استغلال تكنولوجيا النانو الخضراء بإعادة تدويرها وإنتاج طاقة نظيفة منها، وهو أمل جديد يبدو بالأُفق نحو خلق استدامة بيئية

وعمرانية عن طريق تكنولوجيا النانو الخضراء من أجل بيئة عمرانية أفضل.

استغلال النفايات (المخلفات الغذائية – النفايات الصلبة – البلاستيك) (Nizami, et al,2017)، يزداد مفهوم توليد الطاقة من النفايات في الوقت الحاضر في جميع أنحاء العالم، لكونها قادرة على إنتاج متعدد الوقود والمنتجات ذات القيمة المضافة من أجزاء مختلفة كالنفايات الصلبة municipal solid waste (MSW). هذا المفهوم ذو أهمية كبيرة للتنفيذ في دول مثل المملكة العربية السعودية ومصر، التي ترغب في تخفيض اعتمادها على النفط، بما يتوافق مع «رؤية ٢٠٣٠ للاستدامة» والآمال التي تتجه نحو إنتاج الطاقة من مصادر النفايات المحلية، والمصادر المتجددة كالرياح والشمس.

ركزت هذه الدراسة على نوعين من النفايات لتوليد الطاقة، وهما بقايا المخلفات الغذائية والتي تمثل ٤٠٪ من النفايات الصلبة (MSW) والبلاستيك (٢٠٪ من النفايات الصلبة (MSW).

وتشير النتائج الأولية إلى إمكانية توليد الطاقة من 1409.63: 5619.80 J من معالجة النفايات الغذائية والبلاستيكية كما تم بمنطقة المدينة المنورة، وبما يحقق استدامة اقتصادية تصل من ٥٣,٤٥ إلى ٦٣,٥١ مليون دولار أمريكي، سنوياً، وتحقيق استدامة شاملة عن طريق تطوير الطاقة المتجددة، وحل مشاكل MSW، وخلق فرص العمل، وتحسين الصحة البيئية والعامة والمحافظة على حق الأجيال القادمة بالثروات الطبيعية.

حجم النفايات يصل إلى ما يقرب من ١٥ مليون طن من النفايات الصلبة في العام بالمملكة العربية السعودية، وسيصل إلى ٣٠ مليون طن بحلول عام ٢٠٣٣م، إضافة إلى النفايات المتولدة بسبب الملايين من زوار الحج والعمرة كل عام بالمدينة المنورة، ويتم التخلص من معظم النفايات الصلبة المولدة في مدافن النفايات أو مقالب النفايات دون استردادها أو تحويلها لطاقة وهو ما يؤدي إلى مشاكل بيئية خطيرة بما في ذلك الهواء والماء، وتلوث التربة جنباً إلى جنب مع قضايا الصحة العامة.

التجربة السعودية ركزت على توليد الوقود والطاقة من النفايات بما يتماشى مع رؤية ٢٠٣٠م حول إمكانية تحويل نوعين من أكبر النفايات MSW المواد الغذائية (٤٠٪) والبلاستيك (٢٠٪) لإنتاج أنواع الوقود والطاقة، ويمكن الاستفادة من تلك التجربة بمصر للوصول إلى استدامة بيئية وعمرانية ومعمارية تتوافق ومعطيات العصر الحالي.

مما سبق تبين أن تكنولوجيا النانو الخضراء أتاحت حلولاً مبتكرة للاستدامة العمرانية، تمثل ذلك في مواد البناء والتي أتاحت وظائف أخرى للمبنى وواجهاته والعمل على إيجاد بيئة صحية حتى بالرغم من التلوث المحيط بالمبنى (كما ذكر بمبنى jubilee church) فأصبح المبنى يؤدي دوراً

وظيفياً وجمالياً وصحياً، إضافة إلى المرونة التي تتميز به المواد، وهو ما سيتيح تغيراً بأسلوب وأفكار التصميم المعماري؛ فما كان خيالاً بالأمس سيصبح اليوم بفضل تطبيقات النانو حقيقة وواقعاً مع تحقيق الاستدامة، بدءاً باستخدام مواد النانو بالبناء ووصولاً إلى الإدارة الفعالة والآمنة لنفايات النانو لخلق بيئة مستدامة داخلياً وخارجياً؛ للوصول إلى عمارة نانو خضراء كفيلة بأن تكون داعماً رئيساً للاستدامة من أجل بيئة عمرانية أفضل.

٩. آلية الاستفادة من تطبيقات النانو بالعمارة العربية:

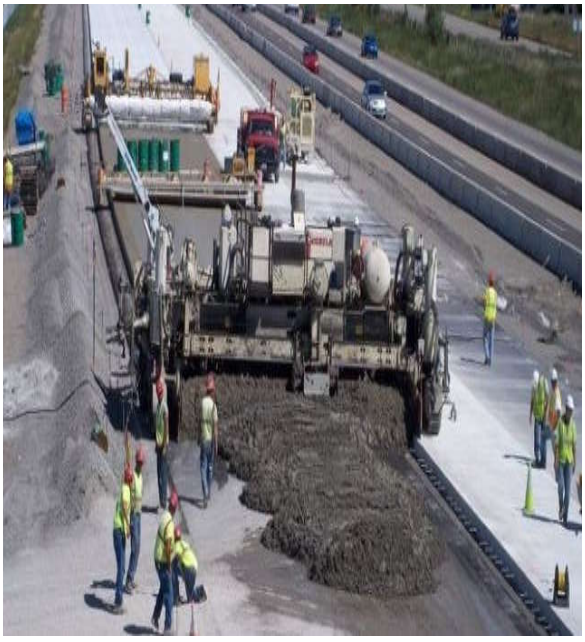
تناول البحث بالدراسة تطبيقات النانو ودعمها للاستدامة عن طريق مادة نانو ثاني أكسيد التيتانيوم، وهي مادة شفافة أظهرت فاعلية فائقة للقضاء على البكتريا وتخفيف التلوث المحيط بالمباني وخلق بيئة صحية.

٩, ١ كيفية استخدام مادة نانو ثاني أكسيد التيتانيوم بالعمارة العربية من أجل بيئة عمرانية أفضل:

١. يمكن استخدامها بالخلطات الخرسانية حيث أظهرت الدراسات أن ثاني أكسيد التيتانيوم يساعد في إنتاج الخرسانة التي يمكنها تنظيف نفسها والهواء المحيط بها عن طريق خاصية التحفيز الضوئي التي تماثل التحفيز الضوئي للنباتات، وأن الخرسانة المصبوبة بالنانو والجزئي نانو ثاني أكسيد التيتانيوم يمكن أن تزيل العضوية الملوثات التي تتفاعل مع سطح الخرسانة (Nizami, et al,2017).

٢. والتحفيز الضوئي هو تفاعل يتم باستخدام الضوء به لتنشيط المادة التي تعدّل معدل التفاعل الكيميائي. (مراد،٢٠٢٠م)، فعند تعرض الأسطح الخرسانية للشمس يتم إزالة جميع الملوثات عن طريق التحفيز الضوئي، ومن أهم التطبيقات التي يمكن استغلاله بها أماكن ممرات المشاة بالأماكن المفتوحة وهو ما يساعد على تنقية الهواء والمحافظة على الصحة والموارد البشرية والعمل على تحقيق استدامة شاملة نحو بيئة عمرانية أفضل.

الشكل رقم (١١). يوضح عناصر تنسيق الموقع العام والتي من أهمها البلاطات الخرسانية المطبوعة وممرات الدراجات والمقترح استعمال أسمنت بإضافات نانو ثاني أكسيد التيتانيوم، حيث تتفاعل مع أشعة الشمس ويتم مكافحة التلوث البكتيري نحو بيئة عمرانية أفضل المصدر: الباحث



الشكل رقم (١٢). أحد الطرق التي يتم استخدام فيها الرصف الأسمنتي، ويقترح البحث إضافة مادة نانو ثاني أكسيد التيتانيوم نحو بنية تحتية مستدامة المصدر: الباحث

٣. يمكن استخدام مادة نانو ثاني أكسيد التيتانيوم في الطرق المستخدم بها الرصف الإسمنتي وهو ما يساعد في بيئة صحية وخالية من التلوث.

٤. يتم استخدام مادة نانو ثاني أكسيد التيتانيوم في الطلاء المستخدم بالواجهات وخاصة بالأماكن شديدة التلوث، كما تم استخدامه بمبنى (jubilee church) وأيضاً في طلاء الواجهات الزجاجية وهو ما يساهم في أن يكون الزجاج ذاتي التنظيف.

مما سبق تبين أن استخدام أحد تطبيقات النانو بالعمارة (مادة نانو ثاني أكسيد التيتانيوم) أتاح لنا بيئة مبنية وطبيعية خالية من التلوث من أجل بيئة عمرانية أفضل.

تتيح تكنولوجيا النانو الخضراء المئات من التطبيقات لإنتاج مواد نانو أكثر كفاءة، وتحقق الاستدامة البيئية، وتقلل من استهلاك الطاقة، وهو الأمر الذي يؤدي بدوره إلى الاستدامة الاقتصادية للوصول إلى استدامة شاملة من شأنها تحقيق بيئة عمرانية أفضل.

٩,٢ استخدام تطبيقات النانو في استغلال النفايات بالمجتمع العربي:

نفايات الستايروفوم (يستخدم فوم البوليسترين EPS على نطاق واسع، والمعروف باسم الستايروفوم، وهي مادة خفيفة الوزن ولها استخدامات متعددة في تغليف الأجهزة الإلكترونية والمواد): استغلال النفايات (والتي هي إحدى أهم المشاكل البيئة المصرية) كنفايات ناتجة من تغليف المواد الإلكترونية (الستايروفوم) مع النفايات الزراعية كمخلفات قصب السكر لإنتاج خرسانة أقل تكلفة من الخرسانة العادية، ونظراً لوجود مسام بالخرسانة نتيجة الستايروفوم والذي يعمل كمصدر اهتزاز وامتصاص للضوضاء وعازل للحرارة والرطوبة بما يوفر الراحة الحرارية والمعمارية ويحقق جودة للبيئة الداخلية، وتفتح تلك الفكرة مئات التطبيقات التي تتيح إنتاج خرسانة نانو خضراء بمنهجية استغلال النفايات المحلية وتحويلها عن طريق النانو إلى مواد تزيد من صلابة ومتانة مواد البناء التقليدية.

استخدام نفايات مواد النانو للبناء مثلاً كنفايات نانو جرانيت للوصول إلى منتج أكثر استدامة وقوة ومتانة، ويصل عمره الافتراضي إلى أكثر من خمس مرات من الأسمنت التقليدية، بالإضافة إلى قوة العزل للحرارة والرطوبة وهو الأمر الذي ينعكس بدوره على المبنى من حيث تحسين الراحة الحرارية وجودة البيئة الداخلية.

وقد ركز البحث في دراسة استراتيجية معاصرة للاستدامة عن طريق الاستفادة من نفايات مواد بناء النانو والتي تمثلت في النقاط التالية:

- التخلص الآمن للفاقد الناتج من مواد النانو المستخدمة بالبناء.
- الاستفادة من فاقد مواد النانو والمخلفات الزراعية والبلاستكية وإعادة استخدامها بالبناء والطاقة.
- استغلال مخلفات قصب السكر لإنتاج خرسانة نانو خضراء.
- استغلال مخلفات النانو جرانيت لإنتاج الخرسانة الخضراء.
- تحويل نفايات الطعام إلى وقود طاقة.
- تحويل النفايات البلاستيكية إلى وقود طاقة.

إن تطبيق تلك النتائج والتجارب الخاصة بإدارة نفايات النانو يمثل علاقة تكاملية بين البيئة المبنية والطبيعية، ويحقق استدامة شاملة في مجالات الحياة كافة، ويمثل أحد الحلول المبتكرة والفعّالة في استغلال النفايات وتحويلها إلى مواد بناء أو أساس في إنتاج الطاقة، وهو ما يتفق مع الرؤية المصرية والعربية نحو رؤية الاستدامة ٢٠٣٠م، من أجل بيئة أفضل.

١٠. النتائج

١. تطبيقات تكنولوجيا النانو بالعمارة من شأنها تقديم حلول مبتكرة من أجل دعم الاستدامة للوصول إلى بيئة عمرانية أفضل.

٢. القدرة على إنتاج مواد بناء صديقة للبيئة وهو ما يؤدي إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 والحد من الاحتباس الحراري المسؤول عن ارتفاع درجة حرارة الأرض.

٣. مواد النانو أثرت بشكل ملحوظ في أساليب التفكير والتصميم المعماري وأعطت المرونة الكاملة في الشكل الخارجي للمبنى، حيث أنتجت أشكالاً معمارية؛ فما كان بالأمس مستحيلاً أصبح الآن واقعاً وحقيقة، وهو ما ينعكس إيجاباً على التشكيل الداخلي للفراغات المعمارية ومن ثم العلاقات الوظيفية للفراغات.

٤. عمارة النانو المستدامة أتاحت العديد من الرؤى والاتجاهات كعمارة النانو الأيكولوجية والبيولوجية والذكية، جميعها ساهم في خلق تصميم مستدام تكنولوجياً ساعد على صياغة استراتيجيات جديدة لمستقبل معماري مستدام.

٥. تطبيقات عمارة النانو المستدامة أتاحت

خلق وظيفة جديدة للواجهات كتقنية الهواء داخلياً وخارجياً عن طريق مواد النانو التي تستطيع التفاعل مع الظروف المناخية المختلفة.

٦. الكيمياء الخضراء منهج لجميع البحوث الهندسية والكيميائية من أجل التشجيع على تصميم منتجات مستدامة تقلل من استخدام وتوليد المواد الخطرة على صحة الإنسان والبيئة.

٧. تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء على طرق التصنيع ومواد بناء النانو، واستخدام مقاييس الكيمياء الخضراء لتقييم استدامة تلك المواد، واتخاذ نهج أكثر استباقية للاستدامة عند تصميم مواد جديدة تعتمد على النانو، هي بعض الحلول الموصي بها للتأكد من أن المواد المدمجة بتقنية النانو داعم رئيس من أجل بيئة مستدامة ومتوازنة.

٨. مبادئ وممارسات الكيمياء الخضراء، واندماجها بمراحل تصميم وتصنيع مواد البناء من الأدوات المبتكرة نحو استدامة المباني.

٩. عمارة النانو الخضراء منظومة كاملة للاستدامة بدءاً بالتصميم ومروراً باستخدام مواد النانو ذات استدامة بيئية ولها دورها الفعّال في التخلص الآمن لنفايات البناء.

١٠. عمارة النانو الخضراء ضمان للاستفادة من تكنولوجيا النانو وتجنب آثارها الجانبية على الإنسان والبيئة للوصول إلى إطار متكامل للاستدامة.

١١. عمارة النانو الخضراء تعتمد على مواد نانو ذات استدامة في كل مرحلة من مراحل دورة حياتها، ويكتمل هذا الإطار بالإدارة الناجحة والفعالة لنفايات مواد النانو عن طريق التخلص الآمن أو الاستفادة من فاقد مواد التقليدية، بإضافة مواد نانو أو استغلال المخلفات البلاستيكية لتحويلها لوقود آمن للطاقة.

١١. التوصيات

١. يوصي البحث صُناع القرار بضرورة وضع إطار عام لتحقيق استدامة شاملة عن طريق أدوات تكنولوجية حديثة كالنانو تكنولوجي والعمل على توسع تطبيقاتها بشتى المجالات المختلفة.

٢. العمل على الاهتمام بصناعة الإنشاء واستبدال المنتجات القائمة بأخرى تعتمد على تكنولوجيا النانو الخضراء والاستعانة بالمتخصصين بهذا المجال ووضع البروتكولات للتعاون مع الدول المتقدمة بذات الشأن.

٣. تشجيع الأبحاث العلمية الخاصة بتطبيقات تكنولوجيا النانو الخضراء بجميع المجالات بهدف نشر ثقافة البحث العلمي وإعداد وتأهيل الخبرات المحلية للاستفادة منها بهذا المجال.

٤. يوصي البحث بضرورة تركيز الأبحاث المستقبلية على إجراء التجارب البحثية والعلمية لتحقيق استدامة معمارية بأدوات تكنولوجية عن طريق مواد البناء وكيفية دمجها مع تكنولوجيا

النانـو الخـضراء، ويقـترح البحـث الاهتـمام بالمجـالات الآتيـة عـن طريـق الأبحـاث التطبيقيـة:

- الاكتفـاء الـذاتي للطاقـة بالمبنـى عـن طريـق تكنولوجيـا النانـو الخـضراء.
- الطـرق الاقتصاديـة للعـزل عـن طريـق تكنولوجيـا النانـو الخـضراء.
- دراسـة التغـير المناخـي الحـالي وحمايـة المبـاني عـن طريـق تكنولوجيـا النانـو الخـضراء.

١٢. المراجع

المراجع العربية

فريـد، ع. أبـو غزالـة، أ. الشـامي، ع. مـواد البنـاء الذكيـة والنانوية مدخـل لزيادة كفـاءة وتكامـل المبـاني الذكيـة. السـعودية. بحـث مقـدم لمجلـة جامعـة جـازان العـدد (٤)، (٢٠١٥).

مـراد، ر. عـمارة النانـو الخـضراء واسـتدامة المبـاني مـن أجـل بيئـة عمرانيـة أفضـل. القاهـرة. رسـالة دكتـوراة: جامعـة الازهـر، مـصر، (٢٠٢٠).

Arabic References

A. Abou Ghazala, A. Fared, A. Alshami, A. Building materials and smart nanoparticles-Entrance to increase the efficiency and integration of Smart Buildings. Journal of Jazan University. (2015).

Mourad, R. Green Nano Architecture and Sustainable Building Towards Best Built Environment. PHD Thesis. University of Al-Azhar. Architecture dep., (2020).

English References

Allhoff, F., Lin, P., & Moore, D. What is nanotechnology and why does it matter? from science to ethics" John Wiley & Sons, (2009).

Bakhoum, E. Garas, G. Allam, M. Ezz, H. 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, (2017).

Banerjee, S., & Akuli, K. Advantages of green technology. Recent Research in Science and Technology, 6 (1), (2014).

Elia, H. Ghosh, A. Akhnoukh, A. Nima, Z. Using nano-and micro-titanium dioxide (TiO2) in concrete to reduce air pollution. J Nano med Nanotechnology, 9 (3), 2018).

Ellis, C. R. Who pays for green? The economics of sustainable buildings. EMEA Research, 19, (2009).

E. Smith. Angular Air-Purifying Buildings," 2017 https://www.trendhunter.com.

Fared, A. Mourad, R. Green Nano Architecture a New Prospects and Future Visions. Journal of Al-Azhar University Engineering sector, 14 (51), (2019).

Fared, A. Mourad, R. Integrating of Nano Architecture and Sustainability Towards a Better Built Environment. Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, 14 (51), (2019).

Hemeida, F. Green Nano architecture. M. Thesis, University of Alexandria, Arch. Dpt. p79, (2010).

J. Wiegmann. Berlin's New Angular Building is Sleek and Metallic, (2014). https://mymodernmet.com https://www.borgenmagazine.com

Lentz, T. J., & Branche, C. M. Occupational safety and health, green chemistry, and sustainability" a review of areas of convergence. Environmental Health, 12 (1), 31 (2013).

Mrowiec, B. Risk of Nano wastes. University of Bielsko-Biala, institute of Engineering and Protection of Environment, (Vol. 19), (2016).

Musee, N. Nano wastes and the environment: Potential new waste management paradigm" Environment international, 37 (1), 112-128. (2011).

Nizami, A.-S., Rehan, M., Naqvi, M., Ouda, O., Shahzad, K., Syamsiro, M., Mohammad Ismail, I. Energy, Economic and Environmental Savings by Waste Recycling: A Case Study of Madinah City. Energy Procedia, 142, 910-915, (2017).

Setyowati, E. Eco-building material of styrofoam waste and sugar industry fly-ash based on nano-technology. Procedia Environmental Sciences, 20, 245-253, (2014).

Schulte, P. A., McKernan, L. T., Heidel, D. S., Okun, A. H., Dotson, G. S., Zhang, W. X. Nanoscale iron particles for environmental remediation: an overview". Journal of nanoparticle Research, 5 (3-4), 323-332. (2003).

Yousef Mohamed, A. S. Nano-innovation in construction, a new era of sustainability. In International Conference on Environment and Civil Engineering. (ICEACE'2015). April (pp. 24-25), (2015).

doi: 10.33948/JAP-KSU-34-1-1

Nano Architecture and Building Sustainability: Towards an Integrative Relationship for A Better Urban Environment

Rania Said Sayd Mourad

Architect, Development, Research & Studies, Department Fund, Ministry of Housing, Egypt

architecture_rania@hotmail.com

Aly Abd Alla Elmansoury

Architectural Department, College of Engineering, Al-Azhar University, Egypt
Islamic Architecture Department, College of Islamic Architecture and Engineering, Um Al-Qura University, KSA

aamansoury74@gmail.com

Received 15/10/2020; accepted for publication 21/3/2021

Abstract. The research discussed the concept and importance of nanotechnology as one of the most important tools of contemporary environmental, economic and urban sustainability. The research mainly aimed to demonstrate the integrative relationship between nanotechnology and building sustainability through applications of green Nano architecture and focus on a specific point in those applications which is the management of Nano waste and how to use it by studying applied experiments to benefit from its results to reach an integrated strategy for building sustainability through nanotechnology applications in architecture. The research discussed trends that support the use of nanomaterials to enhance the thought of sustainability. These trends represented a complete harmony between sustainable design and nanotechnology, which heralds promising prospects and an integrative relationship between building sustainability and nanotechnology applications. The research has reached a number of results that reinforce the main goal of the research, the most important of which is that the applications of nanotechnology in architecture will represent a tremendous revolution in the field of building sustainability through Nano building materials, which represent the most important sustainable tools in line with the data on modern technology in the field of construction. Different building materials using nanotechnology and contributing to the reproduction of new building materials or energy fuels used in buildings as an integrated framework for building sustainability for a better urban environment within the framework of an integrated and contemporary strategy for building sustainability. The research study was based on the descriptive analytical approach and the case study approach to arrive to the most important findings from those studies and their re-application for a better urban environment.

Key words: Nano, green nano architecture, green Nano technology, granite nano waste, green concert, green chemistry municipal solid waste (MS).