JAUES

Journal Of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 14, No. 51, April, 2019, 801-816

INTEGRATING OF NANO ARCHITECTURE AND SUSTAINABILITY TOWARDS A BETTER BUILT ENVIRONMENT

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

[1]Department of Architecture, Engineering, Faculty of Engineering, Al-Azhar University University

[2]Department of Civil, Engineering, Faculty of Engineering, Al-Azhar University University

[3]Architect, Development, Research & Studies Department Fund, Ministry of Housing

ABASTRACT

The research study mechanism of achieving sustainable design and its principles which are (Economy of Resources - Sustainable Life Cycle for Buildings- Humane Design) And taking advantage of the latest technological tools such as nanotechnology to achieve the sustainability of the 21st century.

The research also dealt with the applications of nanotechnology at architecture which crystallized by the full integration of architectural thought, its reflected on the methods of architecture design, in addition to the integration with all construction and non-construction materials, as a result of that we have got a new materials more solid, tough compared to conventional materials, as well as the role of nanotechnology at thriftiness Energy and its production.

The integration of nanotechnology with building materials has given us an opportunity to achieve comprehensive sustainability. Several trends have emerged supporting the use of Nano material for promote sustainability, such as biological architecture, ecological architecture and intelligent nanostructures. These trends represent a perfect harmony between sustainable design and nanotechnology؛ Which promises promising future prospects for the construction industry to acquire the sustainability of buildings for a better built environment.

تكامل عمارة النانو والإستدامة نحو بيئة عمرانية أفضل

أ.د/ علاء الدين السيد فريد و أحمد حامد السيد سلامة و رانيا سعيد سيد مراد

قسم هندسة العمارة بكلية الهندسة- جامعة الأزهر

قسم الهندسة المدنية - بكلية الهندسة- جامعة الأزهر

صندوق بحوث ودراسات التعمير وزارة الإسكان

ملخص البحث

تناول البحث آلية تحقيق التصميم المستدام ومبادئه التى تتلخص بـ(تحقيق الكفاءة الاقتصادية لمواد البناء - وتحقيق الإستدامة بدورة حياة المبنى ، والتصميم المعمارى الذى يلبى الإحتياجات الانسانية) ، مع الإستفادة بالأدوات التكنولوجية الحديثة والتى من أهمها تكنولوجيا النانو للوصول إلى إستدامة تتوائم ومعطيات القرن الواحد والعشرون.

كما تناول البحث تطبيقات النانو بالعمارة والتى تبلورت بالإندماج الكامل بالفكر المعمارى مما أنعكس بدوره على أساليب التصميم ، بالاضافة إلى إندمجها مع جميع المواد الانشائية والغير إنشائية ، والحصول على مواد جديدة أكثر متانة وصلابة بالمقارنة بالمواد التقليدية ،وصولاً إلى دور تكنولوجيا النانو فى توفير الطاقة وإنتاجها.

إندماج تكنولوجيا النانو مع مواد البناء أعطت أمامنا فرصة لتحقيق إستدامة شاملة ، وقد ظهرت عدة إتجاهات تؤيد إستخدام مواد النانو من أجل تعزيز فكر الاستدامة كالعمارة البيولوجية والعمارة الايكولوجية وعمارة النانو الذكية وقد مثلت تلك

الاتجاهات التناغم التام بين التصميم المستدام وتقنية النانو بما يبشر بآفاق واعدة فى المستقبل لصناعة البناء للوصول إلى إستدامة المبانى من أجل بيئة عمرانية أفضل .

الكلمات الدالة

الاستدامة ـ مصفوفة الاستدامة – التصميم المستدام – أنابيب النانو كربون- عمارة النانو المستدامة 0

مقدمة البحث

لم يعد تطبيق مبادىء الإستدامة خياراً ، بل أصبحت ضرورة حتمية فى ظل التحديات العالمية من زيادة معدل الطاقة ونفاذ المواراد الطبيعية ، وهوما يدفع المجتمعات الراقية نحو تطبيق الإستدامة الشاملة بفاعلية ، وإدراك مدى منفعتها على المدى الطويل ، والتصميم المستدام هو أهم أركان الإستدامة العمرانية ، لذا فإن المعمارى يجب أن يكون على دراية كاملة حول كيفية تحقيق التصميم المستدام والعمل على الإستفادة من الإمكانيات اللامتناهية للتكنولوجيا ، ومن أهم التطبيقات التكنولوجية تأثيراً بالعمارة تكنولوجيا النانو .

النانو من أهم المجالات الهادفة لرفع كفاءة الإستدامة العمرانية والمعمارية حيث أدت إلى ثورة فكرية ساعدت فى تصميم وتنفيذ مبانى مستدامة ، إضافة إلى التطبيقات العديدة فى جميع مواد البناء (الانشائية – الغير إنشائية - مواد التشطيب) وإنتاج مواد بناء ذات ميزات وخصائص حرارية وكهربائية وفيزيائية وكيمائية وميكانيكية فريدة لتجعلها خفيفة الوزن ، وأكثر قوة ، ومتانة ، ومقاومة للتصدعات والتشققات ، والتأكد من حماية الأسطح والجدران ، والمحافظة على ثبات درجة الحرارة داخل المبنى ، والعزل الحرارى ومقاومة الأشعة الفوق البنفسجية ومقاومة الرطوبة .....ألخ ، مما ينعكس بدوره على تقليل الصيانة والعمل على إطالة عمر المبنى وبالتالى زيادة قيمة المبنى ، بالإضافة إلى الخصائص البيئية لمواد البناء التى ساعدت فى الحفاظ على سلامة البيئة وترشيد الطاقة وإستخدام الطاقات المتجددة وإنتاج مواد صديقة للبيئة ، فتطبيقات النانو ستشكل داعماً رئيسياً نحو تحقيق إستدامة المبانى بما يتلائم ومعطيات العصر الحالى.

المشكلة البحثية

تكمن المشكلة البحثية فى كيفية الوصول إلى إستدامة بالمبانى عن طريق تكنولوجيا النانو وتطابيقاتها بالعمارة للوصول إلى بيئة عمرانية ومعمارية مستدامة وتتوائم مع المعطيات التكنولوجية لهذا العصر.

الفرضية العلمية

تطبيقات النانو بالعمارة داعماً رئيسياً للإستدامة المبانى؛ إذ إن علم النانو ذات مقدرة على التحكم فى البنية الداخلية لمواد البناء وإعادة هيكلتها ، مما يتيح لنا الحصول على مواد ذات خصائص متميزة تعطى الحرية والمرونة لتغيير أساليب التصميم والإبتكار المعمارى فضلا عن تحقيق عمارة نانو مستدامة.

هدف البحث

يهدف البحث إلي دراسة مفهوم التصميم المستدام وتكنولوجيا النانو ، ومعرفة كيفية تحقيق الاندماج بينهما ، وإيضاح الإمكانيات المتعددة لإستخدام تلك التكنولوجيا وتكلفتها على المدى البعيد لكى نصل إلى نتائج ملحوظه فى أساليب التصميم وإبتكار مواد بناء جديدة بما يساعد على توفير الطاقة والحفاظ على البيئة .

1. **مفهوم التنمية المستدامة:**

إدارة وحماية الموارد الطبيعية وتوجيه التغير التقنى والمؤسسى بطريقة تضمن تحقيق وإستمرار إرضاء الحاجات البشرية للإجيال الحالية والمستقبلية [8] ، إن تحقيق مفهوم التنمية هى ما يشغل جميع المجتمعات ، وهى مقومات المدنية والحضارة وتهدف إلى تحسين الطريقة التى نتمكن بها من إدارة البيئة عن طريق مجموعة الوسائل والطرق التى تتوحد من أجل تحسين المستوى الإقتصادى والإجتماعى والثقافى والتكنولوجى للمجتمعات.

2. **مصفوفة الإستدامة للوصول الى بيئة عمرانية مستدامة :**

مصفوفة الإستدامة تتكون من مسارات متعددة الإتجاهات تجمع عدة إستراتيجات لتحقيق الإستدامة المعمارية من أجل بيئة عمرانية أفضل.

تتكون المصفوفة من ثلاث جوانب رئيسية[20] بتصرف الباحث

أولاً: الجانب الاقتصادى والاجتماعى Socio-Economic

يتحقق من خلال ثلاث مسارات:-

- **أ.** الإستراتيجات الإقتصادية والإجتماعية والتى تشمل الحوافز الإجتماعية والإقتصادية والسياسات والوسائل التعليمية والتى من شأنها تشكيل حافزاً للتأثير على سلوك المستخدم وتحمل مسؤليته فى خلق بيئة مستدامة .
- **ب.** الوعى نحو ممارسة المستخدمين فى حياتهم اليومية للإنشطة المستدامة للمساهمة فى بيئة عمرانية مستدامة.
- **ت.** التصميم المستدام والذى من شأنه دعم السلوكيات الإيجابية مما ينعكس بدوره على إستدامة المبانى.

ثانياً: الجانب التصميمي Architectural Design

يتحقق من خلال ستة مسارات :-

أ. تعزيز القيمة الإيكولوجية للمبنى كإندماج البيئة المبنية مع البيئة الطبيعية وغيرها من القيم الإيكولوجية والتى من شأنها خلق مبانى مستدامة وذلك عن طريق الإبتكار بالتصميم .
ب. التصميم الذى يتلائم مع جميع الإحتياجات السيكولوجية والفسيولوجية ويعتبر هذا المسار هاماً لتحقيق إستدامة المبانى.
ت. الإبتكار بالتصميم المعمارى والذى من شأنه العمل على تحقيق التنمية المستدامة بصفة عامة .
ث. التطوير المهنى والمعرفى لدى المصمم المعمارى ومدى إهتمامة بتحقيق تصميم مستدام وأساليب تنفيذه والعمل على وضع حوافز إجتماعية وإقتصادية من أجل تحقيق تصميم مستدام فى كافة أنواع المباني سواء كانت تعليمية أو ثقافية او إجتماعية،.....الخ من أجل الوصول الى بيئة عمرانية متوزانة.
ج. الإهتمام بتطبيق أساليب التقييم البيئى وهذا بدوره يمثل قوة دافعة للمصمم المعمارى نحو تحقيق بيئة عمرانية مستدامة .
ح. الجانب التقنى ودمجه بالتصميم المعمارى ؛ إذ إن إستخدام التكنولوجيا مع وجود الاستدامة كفيلاً بتحقيق إستدامة عمرانية.

ثالثاً: الجانب البيئى Performance Environmental

إن التصميم المعمارى المستدام هو الذى يدعم الإبتكار ويتكامل مع البيئة الطبيعية لتحقيق التنمية المستدامة بصفة عامة والعمرانية بصفة خاصة .
وفيما يلى شكل (1) يوضح الجوانب الثلاث لمصفوفة التنمية المستدامة والتى تحقق من خلال عشرة مسارات من أجل إستدامة معمارية شاملة.

3. **مبادىء التصميم المستدام :**

عملية التصميم عملية تكوين وتجميع العناصر ووضعها فى تكوين معين لإعطائه وظيفة معينة أو مدلول معين ويعتمد على الخبرة الشخصية والفكر الأنسانى ، وهو النقطة التى تبدأ منها عملية التنمية الشاملة المستدامة فى جميع جوانب الحياة ومتى أرتبط التصميم بالإبتكار والاستدامة كان تصميما ناجحا . فممارسات التصميم تتطلب تكاملاً بين الجوانب الإستراتيجية والإدارية للتصميم ، وتتلخص مبادىء التصميم المستدام فى ثلاث نقاط:- [15]

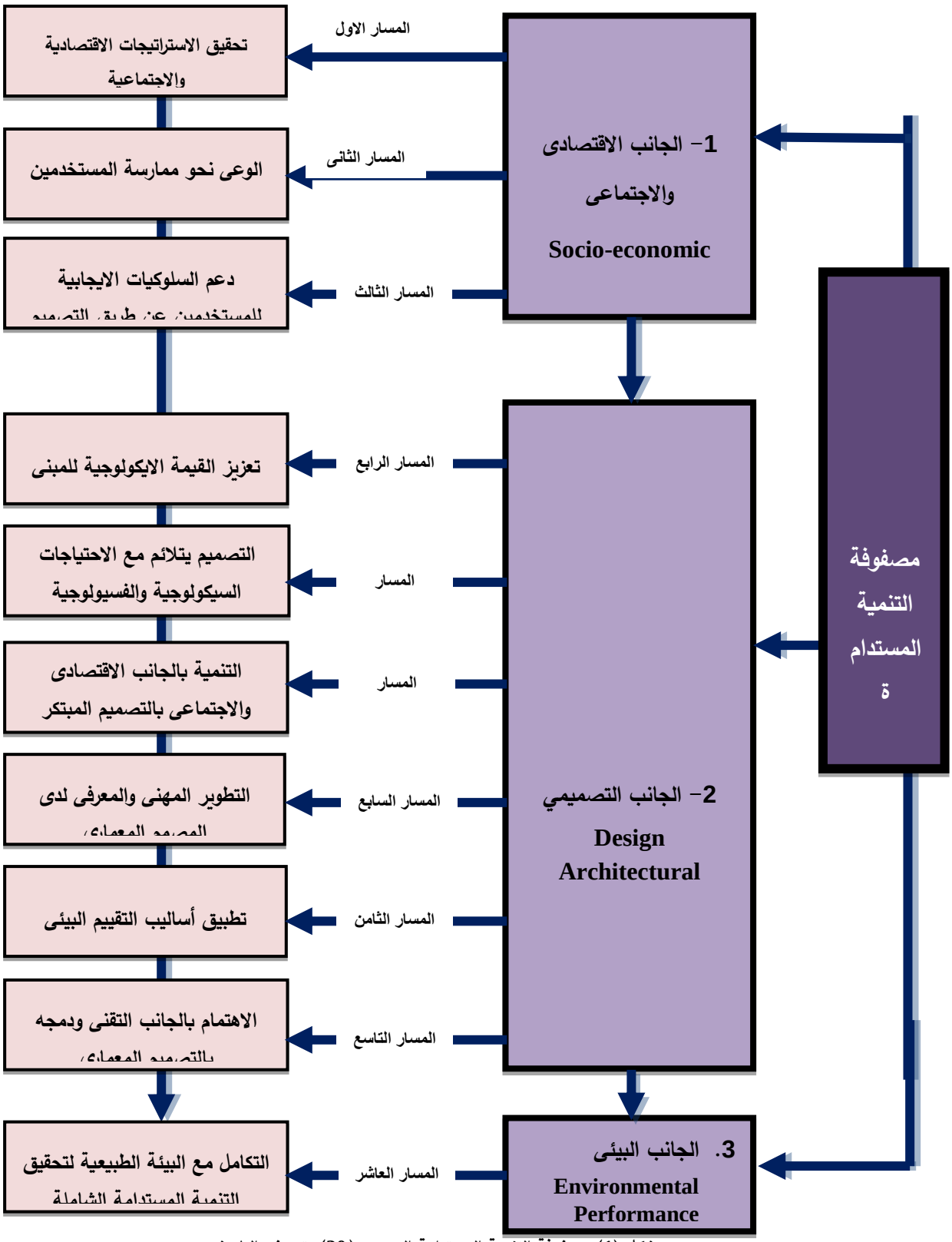
أ. تحقيق الكفاءة الإقتصادية فى الموارد المستخدمة للبناء.
ب. دورة حياة المبنى المستدام.
ت. تصميم يلبى الإحتياجات الانسانية.

وسيتم مناقشة كل مبدء كما يلى:

1-3 المبدء الاول :- تحقيق الكفاءة الاقتصادية فى الموارد المستخدمة للبناء:

تعرف الموارد بأنها الأصول المستخدمة لإنتاج السلع والخدمات التى تلبى الإحتياجات الإنسانية وكيفية إدارة الموارد غير المتجددة والحفاظ عليها . ومن أهم عوامل الإستدامة العمرانية تقليل التكلفة الاقتصادية للمبنى والذى يتبلور فى فهم المعمارى لطبيعية المواد التى يستخدمها فى المبنى وتقليل إستخدامه لمواد البناء الغير متجددة ونتحصر مواد البناء مابين المدخلات (input) والمخرجات (output) وجميعها يجب أن تكون داعمة للبيئة الطبيعية من أجل بيئة عمرانية مستدامة [20] . وللوصول إلى أعلى كفاءة فى إستخدام مواد البناء فإن ذلك يتطلب وجود إستراتيجات رئيسية تتحقق من خلالها وهى ثلاث نقاط رئيسية كالتالى: [15]

- الحفاظ على مصادر الطاقة - الحفاظ على مصادر المياه - الحفاظ على المواد المستخدمة للبناء



شكل (1) مصفوفة التنمية المستدامة المرجع: (20) بتصرف الباحث

1-1-3 الحفاظ على مصادر الطاقة:

الطاقة ومصادرها تلعب دوراً مهما فى تحقيق النمو الإقتصادى والتقدم المجتمعى ، وأصبحت عاملاً رئيسا فى التدخلات السياسية ، وأصبحت الدول التى لا تملك مصادر إستهلاك طاقتها بات عليها أن تقدم الكثير من أجل توفير الطاقة . عندما يقوم المعمارى بالتصميم فيجب عليه مراعاة كيفية تحقيق الكفاءة بإستخدام الطاقة فى كل خطوة من تصميم المبنى . فمثلاً موقع المبنى والمناطق المحيطة به تلعب دوراً رئيسيا فى تنظيم الحرارة والإضاءة وتوفير الظل وكتلة الرياح ، مما يقلل من إستخدام الطاقة من خلال التسخين الشمسى السلبى ويجعل النوافذ موفرة للطاقة ، مع الأخذ بالإعتبار المناسيب وإستخدام المعالجات المعمارية للتقليل من الحاجة إلى الاضاءة الصناعية ، إذ إن إستخدام الإضاءة الطبيعية كفيلاً بزيادة الإنتاج وتجنب الآثار السلبية للإضاءة الصناعية فمراعاة جميع العوامل من شأنها تقليل إستهلاك الطاقة بالمبانى من 25 - 50 % من الطاقة المستهلكة ، فالتصميم المستدام يبدأ من كفاءة الطاقة والحفاظ عليها وتحقيق الإستدامة التصميمية كفيلا بتوفير ما يتراوح بين 40 - 50 % من إستهلاك طاقة المبنى.[29]

3-1-2 الحفاظ على مصادر المياه :

الحد من إستهلاك وحماية المياه هي من الأهداف الرئيسية في البناء المستدام ، حيث ينبغي زيادة إعتماد المرافق على المياه التي يتم تجميعها وإستخدامها وتنقيتها ، وإعادة إستخدامها في الموقع إلى أقصى حد ممكن . ويمكن حماية وحفظ المياه خلال حياة مبنى من خلال تصميم أعمال السباكة المزدوجة التي تعيد تدوير المياه ويمكن أيضا تقليل مخلفات المياه إلى أدنى حد كحل أمثل فى مرحلة التصميم.

3-1-3 الحفاظ على المواد المستخدمة للبناء:

بينما يستمر عدد سكان العالم بالنمو إلى أكثر من 9 مليارات نسمة بحلول عام 2050م ، وسوف يستمر إستخدام الموارد الطبيعية بشكل متزايد لذا من الأهمية بمكان تحقيق الإستخدام المتكامل والمستدام ، والمحافظة على أصول موارد الطبيعة [22] ، والمواد المستخدمة بالبناء المستدام تستطيع تقليل الآثار البيئية لدورة الحياة مثل ظاهرة الإحتباس الحراري ، واستنزاف الموارد ، عن طريق إستخدام أحدث تقنيات البناء من أجل الوصول بمواد البناء إلى استدامة متكاملة.

إن مواد البناء تتكون من خصائص فيزيائية وكيم يائية ، وتكنولوجيا النانو هى التقنية الأمثل للوصول الى مواد أكثر إستدامة بفضل دورها بالتحكم بالصفات الفيزيائية والكيمائية للمواد والوصول الى خصائص تفوق المواد التقليدية ، ليس هذا فحسب بل والقدرة على جعل مواد بناء مواد مولدة للطاقة ، فتكنولوجيا النانو أحدثت طفرة هائلة بمواد البناء وبما أنعكس بدوره على إيجاد مبانى أكثر إستدامة .

3-2 المبدء الثانى تحقيق دورة حياة المبنى المستدام :

دورة حياة المبنى المستدام Sustainable Life Cycle for Buildings(SLCB) هى بمثابة منهج لتصميم شامل للإستدامة كفيلاً بتقليل العبء الإجتماعى والبيئى على كامل دورة حياة المبنى محققاً للتوازان الإقتصادى والبيئى .

شكل (2) يوضح نموذج تقسيم دورة حياة المبنى المستدام إلى ثلاث مراحل:-

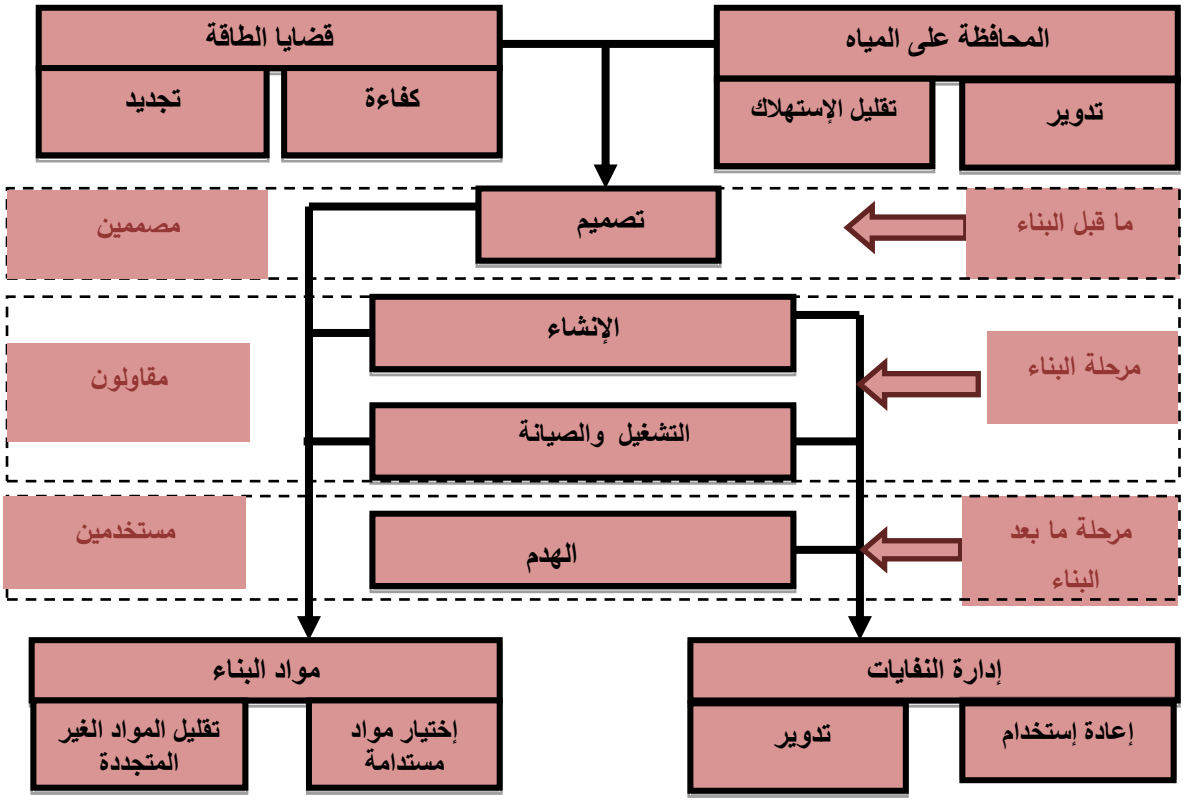
(**مرحلة ما قبل البناء ، مرحلة البناء ، مرحلة ما بعد البناء**) مع ربطها بأربعة قضايا رئيسية لهذه المراحل الثلاث ، **وشمل هذا النموذج كل الاطراف المعنية بعمليات البناء**:-

أ. **قضايا الطاقة** (كفاءة الطاقة – أن تكون قابلة للتجديد).

ب. **المحافظة على المياه** (تقليل الاستهلاك – إعادة التدوير).

ت. **مواد البناء** (خفض الموارد غير المتجددة – إستخدام المواد المستدامة).

ث. **إدارة مخلفات البناء** (إعادة التدوير – إعادة الإستخدام).



شكل (2) نموذج لدورة حياة المبنى المرجع:19 بتصرف الباحث

3-3 المبدء الثالث تصميم يلبى الإحتياجات الإنسانية:

يتحقق هذا المبدء من خلال مراعاة التصميم لعدة نقاط أهمها :-

- **الحفاظ على الظروف الطبيعية، والمناطق الحضرية** (إحترام الطبواغرفيا - الحفاظ على المياه الجوفية -الحفاظ على النباتات والحياة البرية).
- **تصميم وتخطيط الموقع بمنهجية إستدامة شاملة** (قرب الموقع من وسائل النقل – ممرات المشاه بالموقع العام- تناغم المبنى مع البيئة الطبيعية - دراسة الظروف المناخية-مطابقة الموقع واختياره بما يتناسب مع وظيفته - تصميم مرن يسمح بالتوسعات المستقبلية - ملائمة عناصر تنسيق الموقع مع المبنى).
- **حماية الصحة والموارد البشرية**(الراحة الحرارية والصوتية - الاستفادة من ضوء النهار-التهوية الطبيعية - المبنى مناسب للوظيفة التى أُنشا من اجلها).
- **المحافظة على الناحية الفسيولوجية والسيكولوجية** (حماية المبنى من الحريق - حماية المبنى من الكوراث الطبيعية - تصميم يحث على منع الجريمة وتحقيق أعلى درجات الامان).

شكل (3) يوضح ملخص لمبادىء وإستراتيجات وأساليب التصميم المستدام ، إن تحقيق التصميم المستدام فى ظل تحديات القرن الواحد والعشرون أصبح غير كافيا للطموح المعماري اللامتناهى ، بل أصبحت الإستفادة من الإمكانيات التكنولوجية وتطبيقاتها الغير محدودة لتحقيق الإستدامة فى مجال العمارة هى الهدف الأساسى لمعمارى القرن الواحد والعشرون للوصول إلى أقصى إستدامة معمارية ، ومن أهم الأدوات التكنولوجية تكنولوجيا النانو Nanotechnology وآلياتها وتطبيقاتها فى مجال العمارة ، إذ إن معطيات تكنولوجيا النانومن شأنها تقديم حلول مبتكرة من أجل دعم الأستدامة للوصول إلى بيئة عمرانية مستدامة.

4- تكنولوجيا النانو:

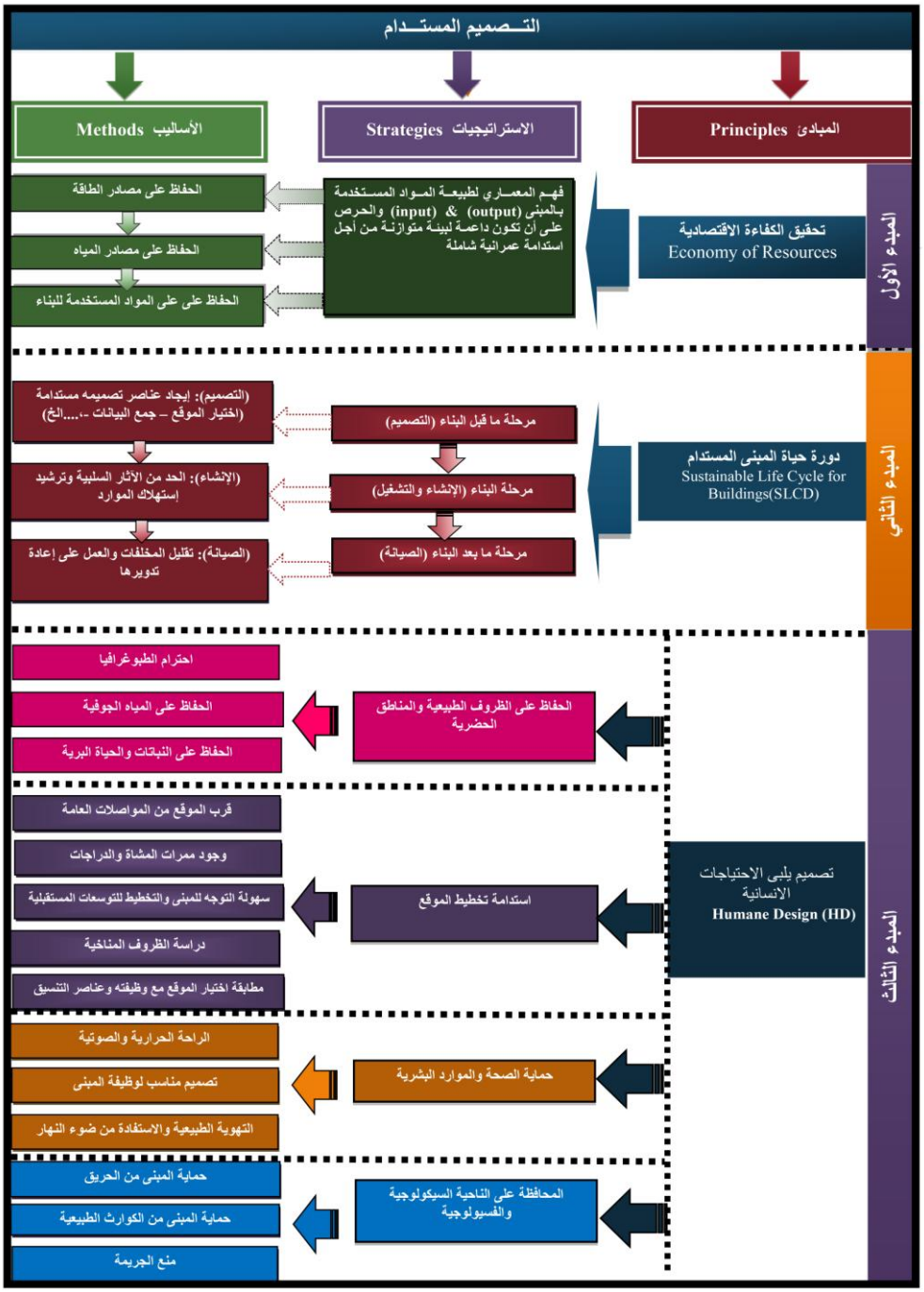
الجيل الخامس للتطور التكنولوجى (النانوتكنولوجى) ، والذى أصبح يحظى بإهتمام العديد من دول العالم المتقدمة والنامية على حد سواء ، إذ تمثل تلك التكنولوجيا ثورة علمية فى شتى مجالات الحياة بداءً من أستخدام الحاسوب وصولاً إلى التطبيقات المستخدمة فى العمارة للوصول إلى بيئة متوازنة ، تلك التكنولوجيا قادرة على تغيير مظاهر الحياة تغييراً شاملا ليس هذا فحسب بل تغيير معايير القوى الموجودة ، فكل الدول تتسابق لإمتلاكها تلك التكنولوجيا للتقدم فى شتى المجالات وإمتلاك زمام القوى.

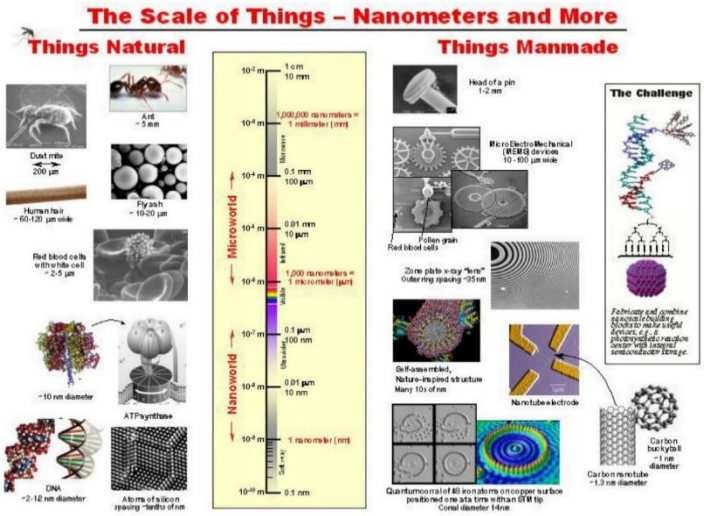
كلمة نانو : مصطلح مشتق من اللغة اليونانية القديمة (Nanos) وتعنى قصير القامة "قزم" ، وهذا يشير إلى المواد بحجم

النانو فى النظام المترى ، ويستخدم النانو فى وحدات علمية للدلالة على واحد من المليار لذا فعند مناقشة مصطلح النانو فذلك يعنى مناقشة الاحجام - مثلاً ذرة الهيدروجين وحجمها بالقدم والمتر والنانو متر كما يلى $H_2=2\ 7.874 \times 10^{-10}$.

0.24 nm & 2.4×10^{-10} meters & feet [16]

وقد عرفت (**NNI**) National Nanotechnology Initiative بالولايات المتحدة الامريكية تكنولوجيا النانوبأنها العلم والتكنولوجيا التي أجريت على مقياس النانو، ويمث ل $١٠^{-٩}$ m ، وهو دراسة وتطبيق الأشياء الصغيرة للغاية ويمكن إستخدامها في جميع مجالات العلوم الأخرى ، مثل الكيمياء ، والبيولوجيا،الفيزياء ، وعلوم المواد ، والهندسة ، ومن الصعب تخيل كم هى صغر مقياس النانو فمثلاً ورقة واحدة تساوى 100000 نانومتر ، وحجم النانو هو تقريباً نسبة كرة الجولف إلى كرة الارض. [13] يوضح شكل (4) حجم الكائنات المختلفة لحجم النانو.





شكل (4) مقياس الكائنات المختلفة المرجع(22)

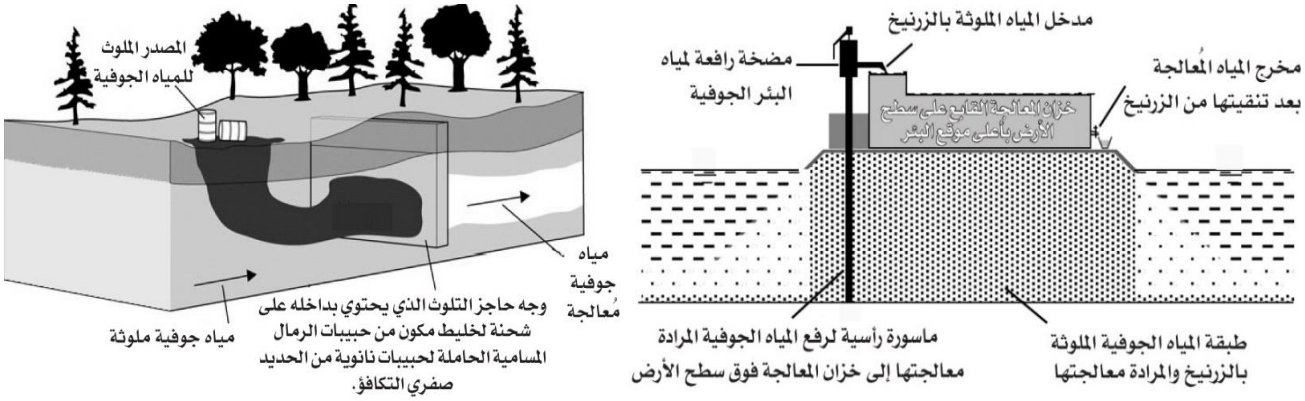
5. تطبيقات تكنولوجيا النانو للمحافظة على الاستدامة البيئة:

المحافظة على البيئة الطبيعية ينعكس بدوره على البيئه المبنيه ، وتكنولوجيا النانو وحدها بما تمتلكه من مقومات لها القدرة على المحافظة على توزان البيئة الطبيعية يوضح البحث ذلك من خلال ثلاث نقاط (تنقية المياه الجوفية – تنقية الهواء – معالجة الكوراث الطبيعية) .

5-1 تنقية المياه الجوفية

مشكلة تلوث المياه الجوفية لا تقتصر على البلدان النامية فحسب بل على العالم أجمع أن محاولة تنقية المياه بالطرق التقليدية تعد عملية مُعَقدة باهظة التكاليف ، إضافة إلى الوقت التى تستغرقه.

تتلخص عملية التنقية في ضخ مكون من مسحوق حبيبيات الحديد نانوية الأقطار يتم خلطها بحبيبات مسامية من الرمال لتقوم بدور الوسط الحامل لها وضخ هذا المخلوط فى بئر رأسية تصل إلى طبقة صخر القاع Bed Rock تحت السطح السلى للبئر ويشترط ان تكون البئر مشحونة بالحبيبات وتنفذ على هيئة متوازى مستطيلات بحيث تعترض أحد أوجهها الممتدة على عرض طبقة المياه الجوفية مسار سريان تلك الطبقة كما هو موضح بشكل (5)



شكل (5) آلية تنقية المياه الجوية عن طريق تكنولوجيا النانو المرجع (7)

5-2 تنقية الهواء

إستخدام أجهزة استشعار مبتكرة من مجسات نانوية يمكن إستخدامها لمراقبة تلوث المنطقة بالمواد الكيميائية وتعمل هذه المجسات على رصد أي غازات غير عادية وترسلها كبيانات تحليلية في نفس اللحظة مع تحديد المكان الجغرافي. [5]

المشاكل المتعلقة بالتلوث البيئى هى أبرز مشاكل الدول النامية والمتقدمة على حد سواء ، وبإستخدام تقنية النانو يمكن حل لهذه المشكلة وذلك إذا ما أُنتجَت حبيبات من مساحيق ثاني أوكسيد التاتينوم Tio_2 لا تزيد أبعاد أقطارها على 50 نانومتر

فتعمل بقدرة فائقة على حجب الاشعة الفوق بنفسجية وتعمل كمحفزات ضوئية Photo catalyst تعمل على حجب الأشعة الفوق بنفسجية ، ومن ثم فهي تكافح الوجود البكتيري وغيرها من المركبات العضوية مثل التراب والعفن الفطري والبكتريا ، وتستخدم للتخلص من أكاسيد النيتروجين السامة NOx وإزالتها من الهواء الجوي، وذلك عن طريق تكسيرها وإختزالها إلى مركبات صديقة للبئية.[7]

مما سبق فإن تكنولوجيا النانو لها القدرة على حل مشكلة التلوث البيئى والتخلص من الغازات السامة بالهواء كخطوة نحو إستدامة البيئة الطبيعة وحمايتها ، وهو ما ينعكس إيجاباً على البيئة المبنية.

3-5 تطبيقات تقنية النانو معالجة الكوراث الطبيعية:

- **إستخدام الأقمشة الإسمنتية في بناء الملاجئ:** نظراً لوجود حروب فى المنطقة ووجود لاجئين يمكن الإستفادة من التقنية الحديثة ، عن طريق أقمشة إسمنتية يمكن تركيبها في صورة خيمة إسمنتية مدعمة بكافة وسائل الحماية والسلامة والوقاية من الأمراض ، خلال 41 دقيقة ولا يتطلب مواد بناء إلا الماء والهواء لتحويل القماش إلى مادة صلبة في خلال 12 ساعة.[3]
- **إستخدام أدوات قوية للحفر** : بإستخدام مواد نانو كـ(حبيبات كربيد التيتانيوم النانوية وحبيبات كربيد التنجستن النانوية) في صناعة أدوات حفر والقطع فائقة الصلابة ، قادرة على الحفر في الصخور العالية الصلادة بسرعة تفوق مواد الحفر المصنعة من الماس ، بهذه الأدوات يمكن الوصول إلى أي شخص تحت الأنقاض وإنقاذ حياته.[5]
- **الحلول البديلة فى حالة إنقطاع مصادر الطاقة** : ألواح الخلايا الشمسية المطلية بمواد نانو قادرة على توفير طاقة بمقدار 220 Watt، وهي قيمة أعلى ثلاث مرات من القيمة التي نحصل عليها من الخلايا الشمسية التقليدية ، تعرف هذه الخلايا باسم Nano solar وهو إسم الشركة التي تنتج هذه الألواح.[4]

الإهتمام بالبيئة المحيطة من سمات التصميم المستدام حيث الاهتمام بتحسين جودة الحياة للمستخدمين عن طريق حماية الموراد الطبيعية (كتنقية المياه الجوفية – تنقية الهواء) فضلا عن توفير الحلول المعمارية المبتكرة فى حالة الازمات والكوارث ، فالتصميم المستدام يعنى بإستدامة البيئة الداخلية والخارجية عن طريق الادوات التكنولوجية المتاحة كالنانو ؛ للوصول إلى بيئة عمرانية أفضل .

6- عمارة النانو

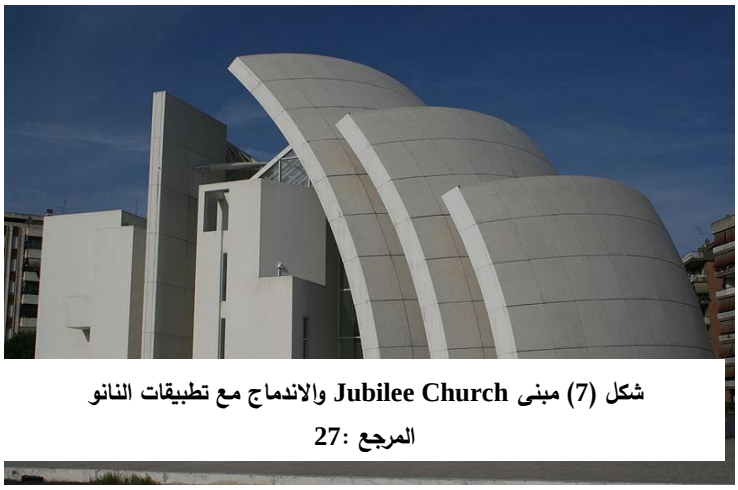
عمارة النانو هى عباره عن إندماج تكنولوجيا النانو مع العماره ، فتكنولوجيا النانو لها أثرها على خصائص المواد وأيضا على الطاقة والذى أدى بدوره إلى أختلاف ملحوظ فى اساليب التفكير والتصميم المعمارى ، وسوف تعطي تكنولوجيا النانو قوة غير مسبوقة للمعماريين لتشكيل عالمنا بطريقة مبتكرة ، فضلا عن علاقة أكثر إستدامة بين البيئة الطبيعية والعمرانية.

شكل (6) تطبيقات عمارة النانو

المرجع : (10) بتصرف الباحث

1-6 تغيير طريقة التفكير التصميمى (الشكل الخارجى للمبنى) :-

دمج تقنية النانو بالعمارة أدى إلى ظهور أشكال معمارية جديدة New Architectural Form كان من الصعب تنفيذها ، ونتيجة التطلع المعرفى للمعماريين بعلم المواد وتركيب جزئياته وكيفية إعادة ترتيبها أمكن الوصول إلى مواد جديدة لها القدرة والمرونة على تنفيذ العديد من الأشكال المعمارية المرنة والاشكال الديناميكية فضلا عن إماكنية تنفيذ العديد من التصاميم البيولوجية والتى تحاكى أجهزة جسم الانسان تارة والطبيعة تارة أخرى ، ومواد البناء كانت العامل الرئيسى فى تغيير شكل ووظيفة المبنى.



شكل (7) مبنى Jubilee Church والاندماج مع تطبيقات النانو

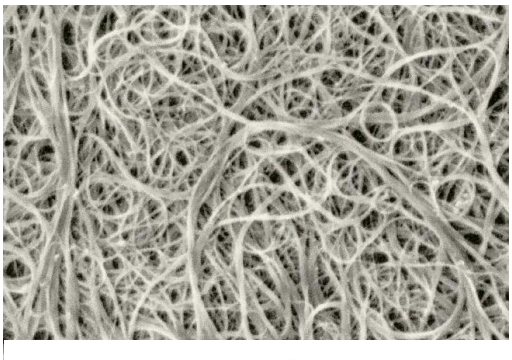
المرجع :27

شكل(7) يوضح مبنى Jubilee Church وكيفية تطويع المواد التقليدية كالخرسانة لتنفيذ الشكل الخارجى للمبنى والذى يتميز بالمرونة .

شكل المبنى مستوحى من فكرة الثالوث المقدس من خلال ثلاثة أشرعة بيضاء عملاقة ارتفاعها 27م ، والكنيسة واقعة في منطقة عالية التلوث بعوادم السيارات ودخان المصانع. لذا فقد تم إضافة نانو ثاني أكسيد التيتانيوم الى الخليط الخرساني الذي حافظ على نظافة السطوح البيضاء ، كما خفف من التلوث البيئي المحيط بالمبنى[1] ، فإندماج تطبيقات النانو بالعمارة أتاح تنفيذ الفكرة التصميمة بالمرونة الكاملة مع المحافظة على إستدامة المبنى وحمايته من التلوث.

2-6 تنفيذ تكنولوجيا النانو بالمبانى (المواد الإنشائية الحديثة)

يمكن إنتاج سلالة جديدة من المواد الهيكلية أخف وزنا وأقوى وأكثر مقاومة للتآكل ، والطفيليات والمواد الكيميائية ، يمكن أن يكون بديلا جيدا للمواد التقليدية ، مثل الأنابيب النانوية Nanotubes ، ألياف النانو Nanofibers ونانوشيتس من الكربون Nano sheets of carbon والمواد المماثلة similar materials تشكل في نهاية المطاف الهياكل العظمية الهيكلية للمباني الجديدة.



شكل (8) صورة مجهرية باستخدام مجهر المسح النفقي لحزم الأنابيب النانوية الكربونية

أنابيب النانو كربون ليست سوى بضعة نانومتر في القطر (تساوى تقريبا 50،000 مرة أصغر من شعر الإنسان) وهي أخف وزنا وأقوى 100 مرة ، وأكثر مرونة (خمس مرات) من الفولاذ ، حتى في درجات الحرارةالمنخفضة ، وفقاً لبحث تم نشره بمجلة توصيف المعادن والمواد الهندسية ، هذه الجزيئات أكثر قدرة كهربائية ، مع خمسة أضعاف التوصيل الكهربائي ، و15 ضعف التوصيل الحراري ، و 1000 أضعاف القدرة الحالية للنحاس ، هذه القوة والموصلية الكهربائية تتحد لجعلها مادة حلم لمجموعة من التطبيقات.[12]

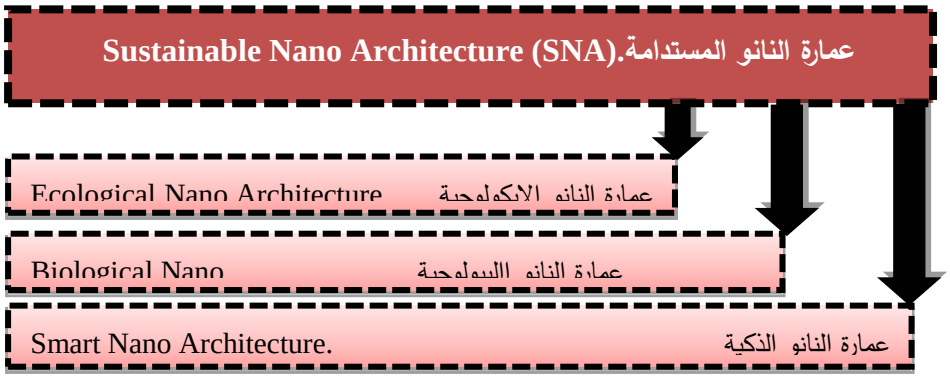
3-6 لأنابيب النانوية الكربونية العديد من المزايا القيمة لتسخدم كمادة انشائية، ومن الإستخدامات المحتملة[14] [17]:

- **الخرسانات**: حيث يتم في الخرسانات زيادة قوة الشد وإيقاف إنتشار الكسر.
- **الجسور**: يمكن للأنابيب النانوية الكربونية أن تستخدم بدلاً من الفولاذ في الجسور المعلّقة.
- **بولي إيثيلين**: وجد الباحثون أن إضافة الأنابيب النانوية الكربونية إلى البولي إيثيلين يزيد من معامل اللدونة للبوليمر بمقدار 30 % (إضافة البوليمر الى الخرسانة يؤدي الى زيادة قوة الربط بين عناصر الخرسانة فضلا عن مقاومة التجمد وزيادة مقاومة الانحناء للخرسانة.....الخ).
- **المنسوجات**: بتصنيع أقمشة مقاومة للتمزق والمياه .
- **سترات حماية:** يتم العمل في معهد ماساتشوستس للتقنية على تصنيع دروع واقية باستخدام الأنابيب النانوية الكربونية كألياف فائقة القوة يمكنها التصدي للرصاص .

4-6 أنابيب النانو كربون وعمارة الفضاء

تتمثل الفكرة في إرسال كابل يبلغ طوله 000 62 ميل في الفضاء من أجل إطلاق السواتل(الساتل هو جهاز

يدور في الفضاء الخارجي حول الأرض أو حول كوكب آخر ، ويقوم بأعمال عديدة مثل الاتصالات والفحص والكشف) والمركبات الفضائية في المستقبل من شأنه أن يقلل كثيراً من التكلفة والطاقة اللازمة لوضع السواتل في المدار ، في ذلك الإرتفاع ، ونظام الكابل لابد له من البقاء عاليا دون أي قوة دفع من خلال الجاذبية ، وكثيرا ما توصف أنابيب النانو الكربونية باعتبارها الحل الأمثل لتحقيق ذلك.[13]



شكل (9) عمارة المستدامة بتصرف

اتجاهات النانو المرجع :9 الباحث

النانو أثرت تكنولوجيا على خصائص المواد وتغيير سلوكياتها من أجل المزيد من الحلول المتاحة لمواجهة تحديات العصر الحالى مع إندماجها الكامل بالفكر الإبداعى المعمارى مما أنتج العديد من أشكال المبانى كان يعد تنفيذها درباً من دروب الخيال ، بالاضافة إلى إندماجها مع جميع المواد الإنشائية والغير إنشائية مما أدى إلى تغيير خصائص المواد التقليدية المعروفة والحصول على مواد جديدة أكثر متانة وصلابة بالمقارنة بالمواد التقليدية ، فضلاًعن دور تكنولوجيا النانو فى توفير الطاقة وإنتاجها والعمل على إنتاج الكهرباء من خلال مواد النانو، فإندماج تكنولوجيا النانو مع مواد البناء أعطت أمامنا فرصة لتحقيق إستدامة شاملة بشكل مثالى من أجل بيئة عمرانية أفضل .

7. **عمارة النانو المستدامة Sustainable Nano Architecture (SNA).**

صناعة البناء تشترك بشكل كبير في التنمية الإقتصادية وتستهلك قدراً كبيراً من الموارد والطاقة ، لذا فإن تأثيرها على البيئة كبيراً ، ولذلك من الضروري جعل الإستدامة هدفاً فى عملية تصميم وتشييد المبانى ، ويلزم بذل المزيد من الجهود البحثية والعملية لتوفير الطاقة ، والحد من إستهلاك الموارد ، وتجنب الآثار على البيئة الطبيعية والمبنية وتقليل تكاليف دورة الحياة للمبنى ، وهو مانطمح لتحقيقه من خلال تكنولوجيا النانو للوصول إلى عمارة النانو المستدامة Sustainable Nano Architecture (SNA). والوصول بالاستدامة العمرانية الى أقصى إستفادة من أجل بيئة عمرانية متوازنة.

من أهم الإتجاهات الموبدة لعمارة النانو المستدامة عمارة النانو البيولوجية Biological Nano Architecture نوضح ذلك تفصيلياً كما يلى :

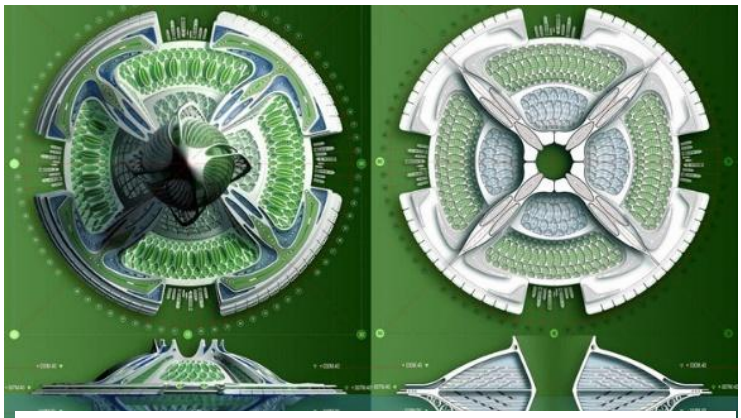
8- عمارة النانو االبيولوجية Biological Nano Architecture :

المحاكاة البيولوجية Biological simulation تعتبر فرع من فروع التصميم والذي يمثل حلولاً مستدامة لمشكلات التصميم من خلال محاكاة أنماط ومبادئ الطبيعة وتحويلها الى مبانى قائمة ، ويتضمن مجال المحاكاة الحيوية المزيد من التعاون المشترك بين مجالات العلوم المختلفة كالكيميائيين والمهندسين وعلماء المواد [2] ، كما هو الحال فى صناعة مواد النانو التى تجمع فى مراحل تصميمها وتصنيعها ما بين الكيميائيين والمهندسين وعلماء المواد.

عمارة النانو البيولوجية واحدة من أهم الفرص التى تيتح تحقيق تصميم مستدام عن طريق فهم المواد وطريقة تكوينها وكيفية تطويعها لعمل المحاكاة الطبيعية من أجل الوصول إلى إستدامة عمرانية من شأنها خلق بيئة عمرانية متوازنة ، وهى تهدف إلى خلق التكامل بين النظم البيولوجية والبيئة المحيطة وتعتمد فكرتها على تصميم وتنفيذ مبانى تحاكى النظم البيولوجية للإنسان والطبيعة .

إن تحقيق الاندماج الكامل بين التكنولوجيا الحيوية وتكنولوجيا النانو يقودنا حتماً إلى نتائج عملية يمكن للمعماريين بها تغيير طريقة التصميم والبناء ، ويمكن تحقيق هذا التغيير من خلال الإعتماد على مواد النانو والتى يمكن عن طريقها محاكاة الطبيعة بالطريقة التي بُنيت بها ، وهذا يتطلب أن ننظر إلى الطبيعة كمصدر للتعلم والإلهام وليس مصدرا للموارد والطاقة فقط [11] ومن أمثلة عمارة النانوالبيولوجية مبنى الهيدروجينHYDROGENASE

9- مبنى الهيدروجين HYDROGENASE :



شكل (9) الموقع العام لمبنى HYDROGENASE المرجع: (27)

الوظيفة:سكنى ترفيهى – مزراع للطحاب – الشحن الجوى – منطاد من الهيدروجين.
الموقع : الصين ، شنغهاى، بحر الصين الجنوبى
الشحن : 200 طن
السرعة : 175 كم/الساعة
الارتفاع : 480 م
مجال العمل : 5 - 100000 كم
القطر : 180 م
المساحة السطحية : 350.000 م 2
عدد الطوابق : 67 طابق
الحقول المزروعة من الطحالب : 8 حقول
توربينات الرياح: 20 توربين
معامل استخراج الهيدروجين : 32 معمل

شكل (10) مبنى HYDROGENASE المرجع(23)

– الفكرة التصميمية :

المعمارى البليجكى Vincent Callebaut أبدع بتصميم هذا المبنى والذى يعد من المبانى العائمة وقد تخيل المعمارى. Vincent Callebaut هذه السفن الطويلة 400 م وظيفتها ليس فقط نقل الركاب ، ولكن أيضا كمباني عائمة متعددة الإستخدامات (ترفيهية ، وثقافية ، وتعليمية ،..ألخ)
المبنى سيحدث نقلة نوعية فى تصميم المطارات وإستخدامها وتصميمها "نظرا لإختفاء مدرج الطائرات بالتصميم الجديد" ، وإستخدام تقنية السفر المستدامة التى يمكن من خلالها إنتقال المسافرين بالطاقة النظيفة ودون أدنى تأثير على البيئة المحيطة .
المبنى عبارة عن مزرعة عائمة مكونة من 4 أجنحة رئيسية متعددة الإستخدامات بالإضافة إلى منصة إطلاق الطائرات ، يمتد المنطاد حول العمود الذي يتغير بشكل حيوي على إرتفاع أكثر من 400 م و 180 م من القطر ، مشكلا زهرة كبيرة على إستعداد للفتح.
شكل (10) يوضح شكل المبنى الخارجى حيث تم تقسيم المساحات إلى 4 قطاعات مأهولة بالسكان بين 4 فقاعات كبيرة ضخمة مع الهيدروجين الحيوي، الذى يتيح إنتاج طاقة متجددة. هذه الفقاعات مصنوعة في سبيكة خفيفة على شكل حلقات مع الحزم الطولية الملتوية والمرتبطة معا من قبل حلقات جيبية واسعة ، يتم الإنتهاء من كل نهاية بواسطة مخروط ، بالجزء السفلي. [26]

– مبنى الهيدروجين والثورة جوية :

يسعى صانعى الطائرات بحلول عام 2020 خفض بنسبة 80 ٪ من أكاسيد النيتروجين الناتج عن استخدام وقود الطائرات ، وتخفيض 20 ٪ من كمية الوقود المستهلكة بالطائرات .
وبعد آخر طائرة XWB - A350من طراز إيرباص و "787-10" من طراز بوينغ ، وبعد هذا التصميم لن يكون هناك تصميم لطائرات دون مراعاة لمفاهيم التنمية المستدامة واحترام البيئة ، إذ إن النقل يجب أن يكون مستداما ويحافظ على الطاقات المتجددة ويقدم بياناً عن إنبعاثات الكربون يساوي الصفر.
مشروع HYDROGENASE يمثل جيل جديد من وسائل النقل يجمع بين المنطاد والطائرات ، وهي مكرسة للبعثات الإنسانية ، وعمليات الإنقاذ ومنصات للدراسات العلمية ، وبطبيعة الحال يمكن إستخدامها فى مجال الشحن الجوي ، وبالنسبة لأخصائيي النقل اللوجيستي الذين يواجهون غيابا طويل الأمد للبنيات الأساسية المخصصة للطرق أوالمطارات في أجزاء كثيرة من العالم من المتوقع جدا أن يربط هذا الجيل الجديد مواقع الإنتاج واستخدام المواقع ، ويمكن أيضا إستكشاف ومساعدة المناطق المحرومة في العالم الثالث من خلال توصيل المواد الخام من التغذية للذين يعانون من الجوع في الأماكن

النائية .
مبنى HYDROGENASE لا يقتصر دوره فقط على ما سبق بل هناك أنشطة تكميلية أخرى كالترفيه والسياحة البيئية والفنادق ، والتغطية الإعلامية الجوية ، ومراقبة المياه الإقليمية ، كل هذا فى إطار كامل متكامل بين الإستدامة والعمارة وتكنولوجيا النانو. (25)

- **إنتاج الطاقة :**

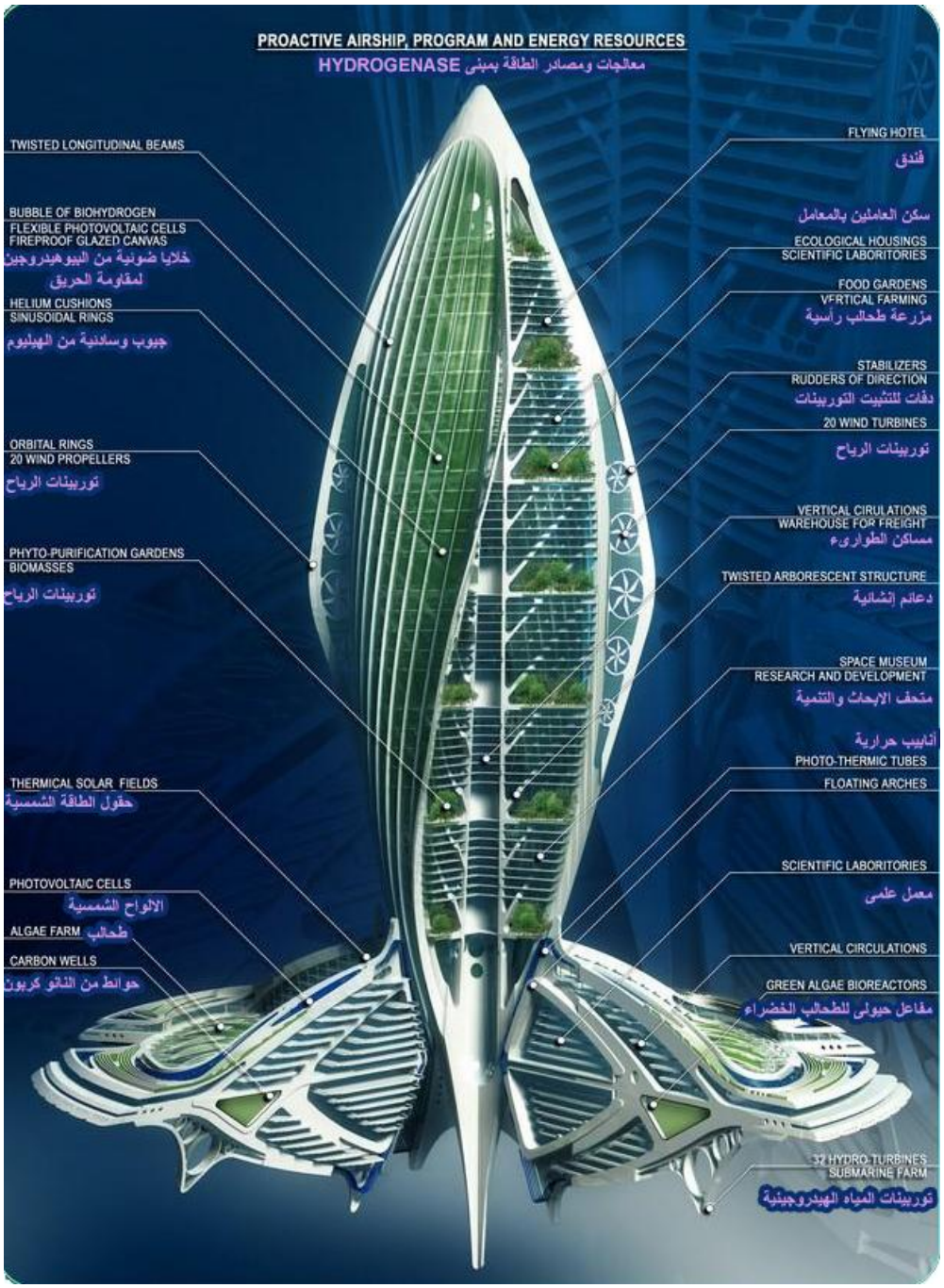
الهدف من المشروع بحلول عام 2030 يمكن أن تكون هناك مزارع في المحيط تنتج الوقود الحيوي من الطحالب البحرية وتعمل كمراكز للطائرات ، وحديثا بدأ التفكير فى إستخدام الطحالب فى إنتاج الوقود وهو يعتمد على عمل إستزراع للطحالب بصورة مبسطة ثم يتم تجميعها وعصرها لانتاج الزيوت النباتية التى تمثل 50 % من وزنها ويتبقى الكتلة السليلوزية المتبقي ، حيث وجد أن سليلوز الطحالب أقوى من إى سليلوز آخر بمقدار 100 ضعف ، **ويبدأ إدخال السليلوز الطحلبى مع تكنولوجيا النانو لانتاج العديد من المنتجات والصناعات التكنولوجية .**

المبنى يعمل على إعادة تدوير مخلفات السفن عن طريق تفاعل الطحالب مع الطاقة الشمسية لا نتاج طاقة نظيفة محققة اكتفاء المبنى ذاتيا ؛ إذ إن الطحالب البحرية هى عبارة عن محطة طاقة بيوكيمائية مصغرة قادرة على إمتصاص ثانى اكسيد الكربون كمغذيات رئيسية عن طريق التمثيل الضوئى وإنتاج الهيدروجين عن طريق التمثيل الضوئى ، وبالتالى أمكن إعادة تدوير النفايات البحرية بنسبة تصل إلى 80 %من الغازات الكربونية وأكاسيد النتيروجين المسببة للإحتباس الحرارى. (27)

- **إنتاج الكهرباء**

بين الهندسة وعلم الأحياء ، مبنى HYDROGENASE واحداً من المشاريع الأولى التى تم بها إنتاج الكهرباء بطريقة نظيفة مستدامة من خلال معامل المبنى ، حيث تم توصيل خلايا الطحالب لإنتاج تيار كهربائى من خلال عملية التمثيل الضوئى ، **وهى خطوة هامة فى خلق كفاءة عالية من الكهرباء الحيوية إذ تم تطوير أقطاباً نانو مصنوعة من الذهب ومصممة خصيصاً لتغزو وتقتحم الجدار الخلوى** بحيث تتوغل داخل خلايا الطحالب وتجميع الالكترونيات التى تستمد طاقتها من الضوء من خلال التمثيل الضوئى وعلى المستوى الخلوى تقوم كل خلية فى الطحالب بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيمائية وهذه العملية تتم فى البلاستيدات الخضراء حيث يتم تحليل أو كسر جزىء الماء بعنصريه الاكسجين والهيدروجين ويخترق ضوء الشمس البلاستدات الخضراء وتنطلق الالكترونات إلى مستوى الطاقة فكل فوتون ضوئى ممتص يفرج عن إلكترون واحد من الكهرباء (4) ، فإنتاج الكهرباء من خلال الطحالب البحرية سيكون هدفاً لتقليل إنبعاثات ثانى اكسيد الكربون وبالتالى تقليل الإحتباس الحرارى **وإنتاج طاقة من مصادر نظيفة وهى خطوة هامة نحو إستدامة شاملة عن طريق النانو تكنولوجى.**

وفيما يلى شكل (11) يوضح مصادر الطاقة وعناصر مبنى الHYDROGENASE



شكل (11) يوضح يوضح مصادر الطاقة وعناصر مبنى الـ HYDROGENASE المرجع: (26)

عمارة النانو هى إندماج لتقنية النانو بالتطبيقات الخاصة بالبيئة العمرانية بدءاً من التصميم مروراً بمواد البناء وصولاً إلى إنشاء وصيانة المبنى ؛ لإنتاج مباني متناغمة مع الإنسان والبيئة المحيطة محققة الإستدامة المعمارية المرجو الوصول الى قمتها فى العصر الحالى والقادم ، فنحن فى عصر أصبح المعمارى ليس قادرا فقط على إختيار المواد بل والمشاركة بمواصفتها مع علماء المواد إذ إن دمج هذه التقنية مع مواد البناء الانشائية وغير الانشائية أدى الى ثورة وظيفية وجمالية وإقتصادية تتلائم ومعطيات القرن الحالى والقادم وستكون هناك المزيد من التطبيقات الواعدة بمجال العمارة بالمستقبل مع زيادة البحث العلمى بمجال تقنية النانو والذى أتاح عالماً جديدا من المواد المتقدمة والاكثر كفاءة على تطوير نفسها وفقا لمعطيات التصميم وظروف البيئة المحيطة مما أعطى إمكانيات جديدة وآفاق مستقبلية فى مجال التصميم والبناء المستدام ، فضلاً عن ظهور العديد من الإتجاهات التى تدمج الاستدامة بالنانو وبالتالى إلى عمارة نانو مستدامة من أجل بيئة عمرانية

أفضل.

10- النتائج

1. المبانى المستدامة وسيلة مشتركة للتفاعل الإقتصادى والإجتماعى فى المسار نحو تحقيق بيئة متوازنة للوصول إلى تنمية مستدامة بشكل عام ومعمارية بشكل خاص .
2. التصميم المستدام هو النقطة التى من خلالها تتحقق الاستدامة فى شتى مجالات الحياة ويتحقق من خلال ثلاث مبادىء(الكفاءة الاقتصادية - دورة حياة مبنى مستدام - تصميم يلبى الإحتياجات الإنسانية)تتحقق من خلال إستراتيجات معينة وبأساليب تتضمن توزان البيئة معمارياً وعمرانياً .
3. تكنولوجيا النانو وتطابيقاتها بالعمارة من أهم الأدوات التكنولوجية بالعصر الحالى للوصول إلى إستدامة تتوائم ومعطيات القرن الحالى .
4. تطبيقات النانو بالعمارة داعماً رئيسياً للإستدامة المبانى، عن طريق مواد البناء ، مما أتاح الحرية الكاملة لتغيير أساليب التصميم والإبتكار المعمارى فضلا عن تحقيق عمارة نانو مستدامة.
5. عمارة النانو المستدامة أتاحت العديد من الرؤى والإتجاهات كعمارة النانو الايكولوجية،والبيولوجية،والذكية ، جميعها ساهمت جميعها بخلق تصميم مستدام تكنولوجياً ساعد على صياغة إستراتيجات لمستقبل معمارى مستدام.

9. التوصيات

1. يوصى البحث بضرورة تشجيع الأبحاث العلمية الخاصة بتطبيقات تكنولوجيا النانو بجميع المجالات بهدف نشر ثقافة البحث العلمى .
2. إعداد وتأهيل الخبرات المحلية للإستفادة منها بمجال تكنولوجيا النانو مع إنشاء مختبرات كاملة ومجهزة لخدمة الباحثين والمهتمين بتلك التكنولوجيا.
3. تشجيع القطاع الخاص على الإستثمار القائم على تطبيقات تكنولوجيا النانو وخاصة بمجال العمارة .
4. التنسيق الكامل بين الهيئات التشريعية والمراكز البحثية للجامعات والمهتمة بتطبيق تكنولوجيا النانو بالعمارة ؛ حتى تكون العمارة المصرية على قدم المساواة مع العمارة العالمية مع المحافظة على الثوابت والثقافات المحلية.

المراجع العربية

1) حربة علا،مرهج لؤى. (2017). "العمارة في ظل تقنية النانو". مجلة جامعة البعث، 39، 11.
2) سعودى ، أميرة محمد. (2015)."المحاكاة البيولوجية وتطبيقاتها في الشكل المعماري والعمارة الداخلية"، رسالة ماجستير،كلية الفنون الجميلة ، جامعة الاسكندرية، مصر،ص2.
3) صلاح ، محمد ياسر.(2013) "تكنولوجيا النانو وتأثيرها على العمارة من حيث أساليب البناء والتشطيب"،رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ،جامعة القاهرة، مصر، ص 152.
4) على ، محمد على .(2012). النانو تكنولوجى بين الامل والخوف.ط1. الدار العربية للكتاب .القاهرة.مصر. ص77.
5) المطيري ، طارق بن طلق.(2012) ."دور تقنية النانو في الحد من الكوارث"،جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية،ص18.
6) الاسكندرانى، شريف (2010). تكنولوجيا النانو من أجل غدأفضل. ط1.المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب. الكويت ،ص227.
7) سلامة ، صفات.(2009) .النانوتكنولوجي عالم صغير ومستقبل كبير(مقدمة فى فهم علم النانوتكنولوجى). ط1. الدار العربية . بيروت. لبنان. ص182.
8) دوناتو رومانو. (2003). الاقتصاد البيئى والتنمية المستدامة. المركز الوطنى للسياسيات الزراعية. سوريا.ص3

REFERENCES

9) Mohamed, A. (2015)." Nano-Innovation in Construction, A New Era of Sustainability". In International Conference on Environment and Civil Engineering (Vol. April, pp. 97-100–108). Pattaya- Thailand.
10) Sev, A., & Ezel, M. (2014). "Nanotechnology innovations for the sustainable buildings of the future". World Acad Sci Eng Technol Int J Civil Environ Struct Constr Architectural Eng, 8(8), 886-896.
11) Elsamny, M. (2013). "Biological Nano Architecture: Architecture in the Age of Biomaterials". In Advanced Materials Research (Vol. 671, pp. 2174-2179). Trans Tech Publications.
12) Sasmal, S., Bhuvaneshwari, B., & Iyer, N. R. (2013). "Can Carbon Nanotubes Make Wonders in Civil. Structural Engineering", vol. 2, pp. 117–129.
13) Lu, L. Y., Lin, B. J., Liu, J. S., & Yu, C. Y. (2012). "Ethics in nanotechnology: What's being done? What's missing"? Journal of business ethics, 109(4), pp. 583-598.
14) Nasibulin, A. G., Shandakov, S. D., Nasibulina, L. I., Cwirzen, A., Mudimela, P. R., Habermehl-Cwirzen, K., ... & Tian, Y. (2009). "A novel cement-based hybrid material." New Journal of Physics, 11(2), 023013.

15) Kim, J. J., & Haghighat, F. (Eds.). (2009). "Sustainable Built Environment". Volume I. United Kingdom. Eolss Publishers.
16) Allhoff, F., Lin, P., & Moore, D. (2009). What is nanotechnology and why does it matter?: from science to ethics. John Wiley & Sons.
17) Zhao, Z., & Gou, J. (2009). Improved fire retardancy of thermoset composites modified with carbon nanofibers. Science and technology of advanced materials, 10(1), 015005.
18) Morris, J., & Willis, J. (2007). US Environmental Protection Agency "nanotechnology white paper". p. 136,US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
19) Lányi, E. (2007). The basic principles of sustainable architecture. Periodica Polytechnica Architecture, 38(2), 79-81.
20) Cam, C. N., & Ong, B. L. (2005, September). Building environmental assessment tools and the multidimensional pathways towards sustainable architecture. In Proceedings of the 2005 world sustainable building conference (SB05Tokyo) (pp. 27-29).
21) Huhtala, M., Kuronen, A., & Kaski, K. (2002). Carbon nanotube structures: molecular dynamics simulation at realistic limit. Computer Physics Communications, 146(1), 30-37.

Websites

22) **WBDG Whole Building Design Guide."(2016) "Sustainable"** | http://www.wbdg.org/design-objectives/sustainable
23) **"تطبيقات تقنية النانو" , 2016** http://www.wikipedia.org/wiki/
24) M. Ball,(**2015**) **"Carbon Nanotube Applications: Ready for a Space Elevator?"** https://www.autodesk.com/redshift/carbon-nanotube-applications/.
25) **"Vincent Callebaut Architectures - Project - HYDROGENASE," 2014**. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://archello.com/en/project/hydrogenase&num=1&dcr=0&strip=1&vwsrc=0.
26) **"Biological architecture" 2011** http://createyourcosmos.blogspot.com.eg/2011/09/biological-architecture.html.
27) "**HYDROGENASE proj Vincent Callebaut."** http://vincent.callebaut.org/object/100505_hydrogenase/hydrogenase/projects/user.
28) **"jubilee-church"** http://www.arcvision.org
29) **"Energy Consumption World Wide."** https://www.confusedaboutenergy.co.uk/index.php/climate-and-the-environment/56-energy-consumption-world-wide.