نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية

Towards Sustainable Architectural Forming by Using Photovoltaic Cells

الباحثة

م. مروة عاطف عبد الهادي

معيده - قسم الهندسة المعمارية

كلية الهندسة – جامعة المنصورة

Harwmm_m@yahoo.com

أ.م.د. شريف أحمد علي شتا

أستاذ مساعد- قسم الهندسة المعمارية- كلية الهندسة – جامعة المنصورة

sheriefsheta@mans.edu.eg

د.م. محمد محمد شوقي أبو ليله

مدرس- قسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة – جامعة المنصورة

mmshlila@mans.edu.eg

Summary of Research

The close connection between the environment and development Resulted in the emergence of development concept of the so-called sustainability, Renewable energy is a means of environmental protection. Several countries are now developing sources of renewable energy and a set of targets to achieve, especially in the field of construction. Solar energy is the largest and most important source of renewable energy with its passive and active applications. Photovoltaics are a non-thermal means through which electricity is directly generated. When integrated with buildings PV cells can cover all its needs in terms of electric power. The basic problem remains in the poor aesthetics and weak architectural added value in terms of form and shape, since they are merely considered as a functional device without architectural sense.

This paper examines the integrated application of photovoltaic cells with special attention given to the aesthetic value added. It attempts to explore the potential of using technological advances with to achieve harmony and consistency within building design, where elements of the building can work together to achieve an integrated language of sustainable architecture. In addition, the study attempts to shed the light on the essential role of the electric power generation from renewable sources – mainly solar energy - which has recently become one of the most considerable advances in sustainable architecture.

ملخص البحث

أدى الارتباط الوثيق بين البيئة والتنمية إلى ظهور مفهوم للتنمية يسمى المستدامة، الأمر الذي يستلزم الاهتمام بحماية البيئة ، وتشكل الطاقة المتجددة أحد وسائل حماية البيئة، لذلك نجد الكثير من الدول الآن تقوم بتطوير هذا المصدر من الطاقة وتضعها هدفا تسعى لتحقيقه وخاصة في مجال البناء. وتعتبر الطاقة الشمسية أكبر وأهم مصدر للطاقات المتجددة بتطبيقاتها السالبة والموجبة، وتعتبر الخلايا الكهروضوئية الوسيلة غير الحرارية التي يتم من خلالها توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية مباشرة عند إضافتها إلي المبني، حيث يمكنه تغطية كافة احتياجات المبني من الطاقة الكهربائية، ولكن تكمن المشكلة الأساسية في الفصل بينها وبين جماليات وعلاقات التشكيل المعماري، واعتبارها أداة لتوليد الطاقة يتم إضافتها للمبنى دون قيمة تشكيلية .

لذلك فقد عني البحث بتطبيق الخلايا الشمسية تبعا للقواعد التشكيلية وتوضيح مدي إمكانية دمجها بالمباني لتحقيق وسائل وعلاقات التشكيل المعماري المختلفة حتى يتم التعامل معها من قبل المعماريين كعنصر تشكيلي يحقق التناغم والتناسق مع باقي العناصر التشكيلية للمبني، بالإضافة إلي الدور الأساسي وهو توليد الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة – الطاقة الشمسية – والذي بتحقيقه يمكن أن يعتبر التشكيل المعماري مستداماً.

١- المقدمة:

مع كثرة المشكلات التي تعرضت لها البيئة منذ عهد الثورة الصناعية، نتيجة لاستخدام الطاقات التقليدية، أصاب الهلع الكثيرين إذا استمرت القضايا البيئية بلا علاج. وارتفعت أصوات الدعوة إلى الطاقات المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية وتقنياتها السالبة والموجبة. ونظرا امتلك مصر نسب اكبر من الإشعاع الشمسي يختص البحث بدراسة الخلايا الكهروضوئية ودورها في إمكانية تحقيق التشكيل المعماري المستدام للمباني . حيث أصبح تحقيق إستراتيجية التنمية المستدامة في التشكيل المعماري أمر حتميا لابد من التوجه إليه وآخذة بعين الاعتبار للحفاظ علي حقوق الأجيال المستقبلية، لذا كان ولابد من تعميم مبادئ الاستدامة علي كل عناصر ومكونات التشكيل المعماري، و محاولة المعماريين التعامل بحساسية مع البيئة بهدف الحفاظ عليها صحية صالحة لحياة الإنسان في الحاضر والمستقبل. لذلك فقد عني البحث بوضع التشكيل المعماري في صورة مستدامة من خلال استخدام الخلايا الكهروضوئية بمعايير وعناصر معمارية للوصل به إلي تشكيل معماري مستدام.

٢- التنمية المستدامة:

٢-١ تعريف التنمية المستدامة:

يتكون اصطلاح التنمية المستدامة من لفظتين، هما: التنمية، والمستدامة. والتنمية في اللغة مصدر من الفعل (نمّى). يقال: أنميت الشيء ونمّيته: جعلته نامي. أما كلمة (المستدامة) فمأخوذة من استدامة الشيء، أي: طلب دوامه[١].

ومن أهم تعريفات التنمية المستدامة تعريف اللجنة العالمية للتنمية المستدامة لعام ١٩٨٧ والذي عرف بتعريف برونتلاند نسبة إلي(رئيس المؤتمر) حيث ينص التعريف علي:

"التنمية هي التي تلبي احتياجات الجيل الحالي دون إن تؤدي بتدمير قدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها الخاصة"

٢-٢ إستراتيجية التنمية المستدامة:

البيئة هي الإطار العام الذي يتأثر بالأنشطة الاقتصادية ويؤثر فيها. كما تتأثر البيئة بسلوكيات أفراد المجتمع وتؤثر في أحوالهم الصحية وأنشطتهم المختلفة. ولذلك فإن أي برنامج ناجح للتنمية المستدامة لا بد له أن يحقق التوافق والانسجام بين هذه العناصر الثلاثة[٢]، وربط الأداء والتصرفات المحلية بالاهتمامات العالمية. وبالتالي تتحرك إستراتيجية التنمية المستدامة في ظل ثلاث أهداف رئيسية هي:[٣]

٢-٢-١ التنمية البيئية:

استخدام الطاقات المتجددة و حماية المجال البيئي : بمعني حماية مكونات النظام البيئي المحلي كأساس للحفاظ علي توازن النظام البيئي العالمي من خلال استخدام الطاقات المتجددة و الحد من الأضرار الايكولوجية مثل التصحر والتغير المناخي، وحماية مكونات المجال الطبيعي ذات القيمة مثل الحياة البرية والمحميات الطبيعية والمناطق التاريخية و الأثاريه.

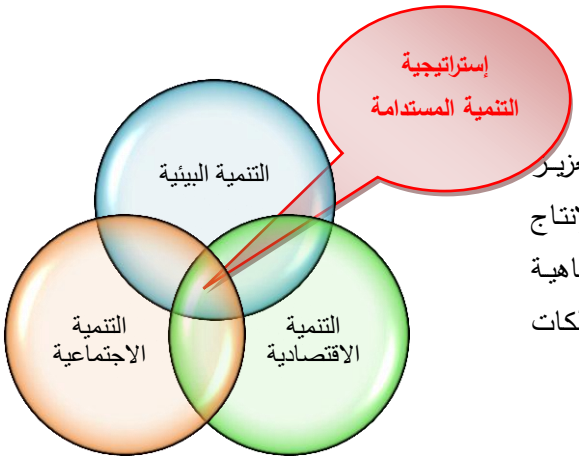
---

[١] محمد عبد القادر ألفقي، **ركائز التنمية المستدامة وحماية البيئة في السنة النبوية** "، الندوة العلمية الثالثة للحديث،٢٠٠٤م. www.nabialrahma.com

[٢] نفس المرجع السابق

[٣] حسام الدين مصطفي النور صالح، **استيعاب الرؤية التشريعية لمنظور الاستدامة دراسة حالة لقوانين وتشريعات البناء في مصر**، مؤتمر التقنية والاستدامة في العمران، كلية العمارة والتخطيط –جامعة الملك سعود ،٢٠١٠ م.

الحفاظ علي الموارد الطبيعية : بمعني توفير الاحتياجات الحالية من الموارد وأخذها من مصادرها الطبيعة ، ولكن بمعدلات تتناسب مع قدرة هذه الموارد علي التجدد والاستمرار ، لذا يفضل العمل علي إيجاد مصادر الطاقة المتجددة واستخدامها ، حتى لا نعرض المجال البيئي للتلوث.



شكل ١ إستراتيجية التنمية المستدامة

٢-٢-٢ التنمية الاقتصادية:

من خلال تحقيق مستوي مستقر لمعدلات النمو الاقتصادي، وتعزيز الفاعلية والقدرة الاقتصادية مما يساهم في توفير فرص العمل وزيادة الإنتاج والخدمات. ويفهم منها أنها هي الحاجة إلى توليد أعلى إنتاج من الرفاهية الاقتصادية مع الحفاظ على مخزون الممتلكات من الموارد بما فيها الممتلكات البيئية.[١]

٢-٢-٣ التنمية الاجتماعية:

من خلال مراعاة أهمية الإبعاد الاجتماعية والثقافية للتنمية ، والتي تشمل كافة النظم الاجتماعية والعقائدية ، حيث إن إغفال هذه الجوانب قد يؤدي إلي فشل العديد من البرامج والمشروعات التنموية .

٣- التشكيل المعماري المستدام:

٣-١ مفهوم التشكيل المعماري:

ويعرف التشكيل المعماري بأنه الهيئة الحسية الخارجية للمواد، والمؤلفة من نظام من الخصائص للعناصر التشكيلية و العلاقات الحسية بينها سواء في المستوى الأفقي أو في التشكيل ألحجمي أو الفراغي.[٢] فالتشكيل المعماري هي عملية يشرع فيها المصمم مستخدماً المفردات البصرية التشكيلية كعناصر أساسية والمبادئ والأسس التصميمية ليحولها إلى كتل وفضاءات بنظام معين. يبدأ التشكيل المعماري بمعرفة الخصائص الحسية للإشكال المنتظمة المختلفة ثم ومنها تستنتج بعض القيم التشكيلية التي تحكم العلاقات بين الكتل والفراغات المعمارية.

٣-٢ التشكيل المعماري وإستراتيجية التنمية المستدامة:

٣-٢-١ التشكيل المعماري والتنمية البيئية:

شكل ٢ مركز التجارة بالبحرين (٢٠٠٨ م)_ المعماري شين كيل.

استخدام مصادر الطاقة المتجددة في التبريد والتدفئة أو الإضاءة وغيرها من الاستخدامات وذلك من خلال استعمال عناصر تشكيلية تحقق راحة الإنسان الحرارية بأسلوب طبيعي مع استخدام أقل قدر من الطاقة.[٣] بالإضافة إلى إمكانية توظيف مصادر الطاقة المتجددة للحصول على الطاقة الكهربائية النظيفة اللازمة لتحسين البيئة المحلية والداخلية، كإدخال النظم التكنولوجيا الجديدة التي تعمل

---

[١] احمد الطنطاوي المعداوي، **الاستدامة البيئية كمدخل لتنمية المجتمعات العمرانية الجديدة في مصر**، رسالة ماجستير، كلية الهندسة_ جامعة المنصورة،٢٠٠٦ م.

[٢] نجيل كمال عبد الرزاق ، سرى فوزي عباس، **تشكيل واجهات المجمعات السكنية وأثره في المشهد الحضري لمدينة بغداد**، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٦ ،العدد٥ ، ٢٠٠٨م.

[٣] محمود عيسى ، "**الطاقات المتجددة والتصميم العمراني المستدام** " ، المؤتمر العلمي الأول قسم العمارة ، كلية الهندسة – هندسة القاهرة ، ٢٠٠٤م.

بالطاقات المتجددة كالشمس والرياح.[1]

التشكيل المعماري والحفاظ على الموارد الطبيعية وذلك من خلال التشكيل المعماري باستخدام مواد بناء صديقة للبيئة يمكن إعادة استخدامها أكثر من مرة وان تنتج من موارد وخامات من البيئة الطبيعية مثل الطين والأخشاب وغيرها، بشرط ألا يضر استهلاكها بالبيئة الطبيعية للأرض، والاستفادة من إيجابيات الأشجار والنباتات المختلفة مثل التظليل وتحسين البيئة المحلية.

شكل ٣ مشروع فيلا العلايلي –الإسكندرية (١٩٩٥ م)- م. جمال سمعان.

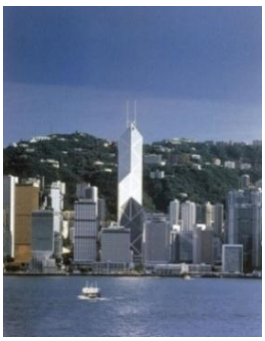
٣-٢-٢ التشكيل المعماري والتنمية الاقتصادية:

فعل سبيل المثال تشكيل مركز التعمير وهو أحد التجمعات التجارية المهمة في مدينة الرياض.[2]وقد رغبت الشركة في الاقتصاد في استهلاك الكهرباء وترشيد استخدامها، وتم دراسة كافة التقنية التشكيلية لتحقيق هذا الغرض وذلك عن طريق التشكيل بعدة وسائل منها: البراجيل، تظليل الممرات والتشجير، نفورات المياه، حوائط خزانات الحرارة.

شكل٤ سوق التعمير- الرياض - المعماري عبد الحليم إبراهيم.

٣-٢-٣ التشكيل المعماري والتنمية الاجتماعية:

ملائمة التشكيل المعماري للبيئة المحلية من حيث الموقع الجغرافي والظروف المناخية المختلفة حتى يمكن تقليل الحاجة إلى الطاقة لتحقيق البيئة الحرارية المحلية المناسبة لراحة الإنسان الحرارية، كما يجب إن يحقق انسجاما مع الموقع ومحيطه سواء كان طبيعيا أو من إنتاج الإنسان. إن كفاءة التشكيل المعماري تكمن في تحقق متطلبات مستخدميه واحتياجاتهم الاجتماعية والدينية وكذلك القيم والمبادئ الروحية التي يجب دراستها حتى يصبح التشكيل ملائما لمتطلبات قاطنيه[3].



شكل ٥ برج بنك الصين (١٩٩٠ م)- المعماري أي. أم. بأي.

[1] نهلة عبد الوهاب محمد مصطفي، **دراسة تأثير أنظمة الطاقة المتجددة علي تصميم الغلاف الخارجي للمبني**، رسالة ماجستير، كلية الهندسة – جامعة القاهرة، ٢٠٠٨ م.

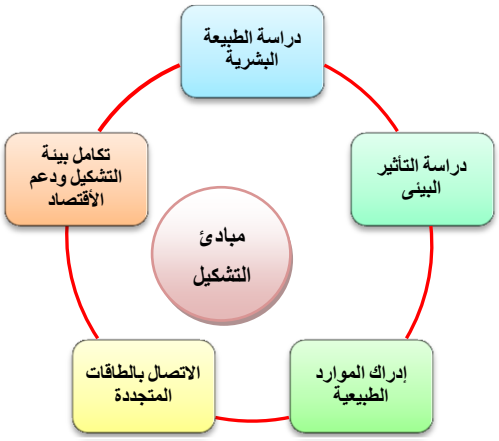
[2] نوبي محمد حسن عبد الرحيم، **مقرر النظريات المعاصرة والعمارة** ، قسم العمارة وعلوم البناء – كلية العمارة والتخطيط جامعة الملك سعود،٢٠١٠م .

[3] محمود عيسى "**الطاقات المتجددة والتصميم العمراني المستدام** " المؤتمر العلمي الأول العمارة والعمران في إطار التنمية قسم العمارة – هندسة القاهرة ٢٠٠٤م .

٣-٣ مفهوم التشكيل المعماري المستدام:

ويمكن **تعريف التشكيل المعماري المستدام** بأنة التشكيل مع البيئة حيث يكون صديقاً لها يستهلك من مصادرها بالقدر الذي يحقق بيئة داخلية صحية لمستخدمي المبني ويوفر لهم الراحة بدون الخلل بحق الأجيال المستقبلية في تلبية احتياجاتهم من مصادر الطبيعة.

٣-٤ مبادئ التشكيل المعماري المستدام طبقا لإستراتيجية التنمية المستدامة[١]:



شكل ٦مبادئ التشكيل المعماري المستدام طبقا لاستراتيجية التنمية المستدامة.

دراسة التأثير البيئي: التشكيل المستدام يسعى إلى إدراك التأثير البيئي للمبني. بتقييم الموقع ، الطاقة، المواد والحفاظ على البيئة الطبيعية.

الاتصال بالطاقات المتجددة: بداية أي تشكيل مستدام دراسة الطاقات المتجددة البيئة المحيطة ومعرفه النظم الحديثة التي تستغل هذه الطاقات و محاولة توافقها بينها وبين تشكيل المبني.

إدراك الموارد الطبيعية: فالحياة الطبيعية تكاملية ب عمليات المشاركة التي تتجدد ولا تستنزف الموارد .

تكامل بيئة التشكيل ودعم الاقتصاد: يجب تعاون جميع التخصصات المشاركة في العملية التصميمية مع تضمين المباني المستدامة في المراحل الأولية لاتخاذ القرارات التصميمية والاهتمام بمشاركة المستخدمين والمجتمعات المحلية والمناطق المجاورة .

دراسة الطبيعة البشرية: يجب أن يهتم التشكيل المستدام بدراسة طبيعية المستخدمين وخصائص البيئة المشيدة وإدراك متطلباتهم و الخلفية الثقافية والتقاليد.[٢]

٣-٥ استخدام الطاقة الشمسية في التشكيل المعماري المستدام:

الطاقة الشمسية افصل اختيار عند التشكيل المعماري المستدام يمكن الاستفادة من أشعة الشمس بشكل مباشر إيجابياً أو سلبياً في التشكيل المعماري[٣]، أو استخدامه بالطريقتين معا الايجابية والسلبية للوصول إلي التشكيل المعماري المستدام. حيث للوصول إلي التكامل مع البيئة المحيطة بالمبني وكذلك الوصول إلي الراحة الحرارية لمستخدمين المبني مع محاول الاقتصاد للوصول إلي التشكيل المعماري المستدام.

---

[١] نفس المرجع السابق

[٢] محسن محمد إبراهيم ، **العمارة المستدامة** ، المؤتمر العلمي الأول العمارة والعمران في إطار التنمية ، قسم العمارة – هندسة القاهرة ٢٠٠٤م.

[٣] شيماء السيد أمين صبور، **العمارة الشمسية الموجبة وأساليب تكامل الخلايا الضوئية مع المباني** ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة جامعة القاهرة ،٢٠١٠م.

٤- التشكيل الشمسي بالخلايا الكهروضوئية:

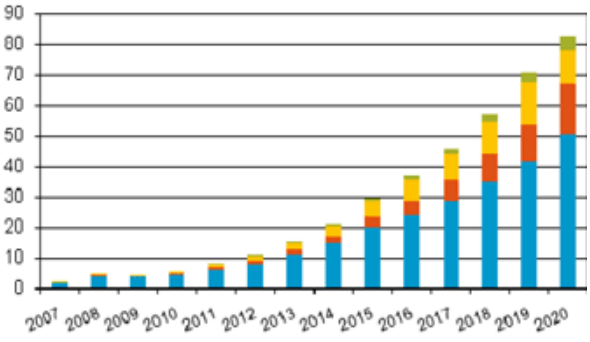
٤-١ ما هي الخلايا الكهروضوئية:

الكهروضوئية photovoltaic تتكون من كلمتين (photo) وهي كلمة من جذور يونانية بمعني الضوء ، و(voltaic) الفولت وهي وحدة تستخدم لقياس الطاقة الكهربية[١]. لذا فأن الكهروضوئية تعني الكهرباء المولدة من ضوء الشمس والتي تحولها الخلايا إلي تيار كهربي مستمر. وتقوم هذه الخلايا بإنتاج الكهرباء في المباني بطريقة نظيفة غير ملوثة للبيئة وغير مزعجة وبدون إشغال حيز داخل المبني .

٤-٢ نظرة عامة علي الأنواع المتاحة من تكنولوجيا الخلايا الكهروضوئية وكفاءتها :

٤-٢-١ تكنولوجيا الشرائح الرقيقة:

تصنع وحدات الشرائح الرقيقة عن طريق إيداع طبقات رقيقة جدا بسمك من (١-٦) ميكرومترات من مواد ضوئية حساسة ذات تكلفة منخفضة وتبلغ كفاءتها حوالي ١٤٪.[٢] وبحلول ٢٠٢٠ يتوقع تكنولوجيا الاقلام الرقيقة لتمثل حوالي ثلث إجمالي السوق الكهروضوئية.

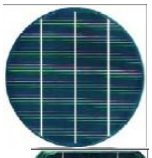
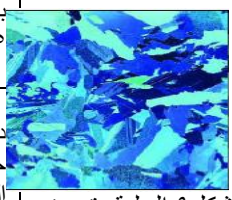
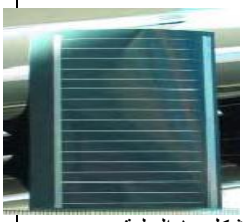
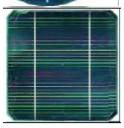


شكل ٧ تطور استخدام أنواع تكنولوجيا خلايا الأقلام الرقيقة حتى٢٠٢٠م

٤-٢-٢ تكنولوجيا السليكون البلوري:

تصنع خلايا السليكون البلوري من إذابة مادة السليكون الخام والتي تأخذ اللون الرمادي عند درجة حرارة ١٤٠٠درجة مئوية ويوجد ثلاث أنواع رئيسية للخلايا السليكونية[٣] وهي:

جدول١ انواع الخلايا السليكونية المتاحة:

	أحادي البلورة mono crystalline		ب - متعدد البلورة poly crystalline		ت- غير متبلورة amorphous silicon	
وصف الخلية	تأخذ الشكل المربع أو الدائري وتكون بأبعاد ١٠-١٥ سم		تأخذ إشكالا مختلفا وأبعادا صغيرة.		تتوفر بأشكال شفافة بنسبة شفافية حوالي ٥: ٧٥٪.	
لون الخلية	عادة تتوفر باللون الأسود والأزرق .		تتميز بتداخل الألوان، و تأخذ اللون الأزرق .		درجات الرمادي حسب نسبة الشفافية.	
كفاءة الخلية	كفاءة ١٤: ١٨ ٪ .		كفاءة ١١: ١٥٪.		كفاءة ٤ ٪ : ١٠٪	

شكل ٨ أشكال الخلية أحادي البلورة.

شكل٩ الخلية متعددة البلورة.

شكل١٠ الخلية غير متبلورة.

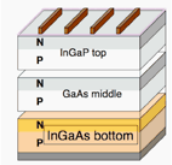
١ EPIA, **Photovoltaic energy electricity from the sun** , European Photovoltaic Industry Association,2010 . www.epia.org

٢ المؤتمر الدولي للأفلام الرقيقة EPIA ، في ميونيخ ، ٢٠٠٩م . متاح علي موقع www.thinfilmconference.org

3 The German Energy Society "**Planning &installing photovoltaic, guide for installers, Architects, and Engineers**" Second edition. (London: Earthscan, sterling,VA,2008).

٤-٢-٢ تكنولوجيا السليكون البلوري:

حيث مازال البحث لتطوير الخلايا الكهروضوئية مستمر للوصل بها إلي تلبية المتطلبات الوظيفية والجمالية وكذلك التكلفة المناسبة وتحت الظروف المناخية المناسبة[1] ، والتي منها:

النوع	وصف الخلية	شكل الخلية
الكهرضوئية المركزة	تقوم الفكرة الرئيسية لهذا النوع من الخلايا علي أساس استخدام مواد كهروضوئية شبة موصلة بأقل قدر من التكاليف وأقصي قدر ممكن من تجميع أشعة الشمس وتركزيها علي الخلايا باستخدام عدسات تجميع متراكبة تكون موديول كامل. كفاءة توليد الكهرباء حوالي ٢٠ ٪ : ٣٠ ٪.	شكل١١ الخلية المركزة.
خلايا النانو	تم الإعلان عن أول خلية متاحة للاستخدام عام ٢٠٠٦م وهي ذات طبيعية تقنية جديدة تتميز بقلة تكلفتها وإمكانية دمجها في الواجهات الزجاجية لطبيعتها الشبة شفافة . كفاءة توليد الطاقة حوالي ٣٠ ٪	شكل ١٢خلية النانو تكنولوجي .
الخلايا المرنة	هذا النوع من الخلايا يفتح المجال واسع لمزيد من التطبيقات وخاصة في مجال التشكيل المعماري (الأسقف ، الحوائط ،.....). كفاءة توليد الطاقة حوالي ١١ ٪ :١٨ ٪.	شكل ١٣ الخلايا المرنة.
الخلايا المركبة	عبارة عن طبقتين أو أكثر من العناصر مثل الإنديوم والغاليوم. نظرا لكفاءتها العالية ، وتستخدم الخلايا الشمسية المركبة أساسا على الأقمار الفضائية منذ عام ٢٠٠٠م ، بكفاءة من ٣١.٥ ٪ إلى ٣٥.٨ ٪ متاح علي www.semi.org/en/node.	 شكل ١٤ الخلايا المركبة.
الخلايا الكهروضوئية الشفافة	تعتبر عملية تصنيع الزجاج الكهروضوئي الشفاف عملية تصنيع مثيرة جدا للاهتمام وفريدة من نوعها. حيث يتم وضع طبقة رقيقة الكهروضوئية تحت أشعة ليزر يستخدم لإزالة أي مواد انتقائي لتمكين الخلايا من نقل الضوء في حين يمكنها توليد الكهرباء متاح علي موقع: www.neutralexistence.com/blog/see-through-photovoltaic-glass.	شكل ١٥ الخلايا الشفافة.

٤-٣ استخدام الخلايا في التشكيل المعماري:

التشكيل المعماري المستدام يسمح لانواع كثيرة من تطبيقات الخلايا الكهروضوئية ان تكون ناجحة كذلك فأن هناك الكثير من وسائل الخلايا الكهروضوئية التي يمكن دمجها وادخالها عند تشكيل جميع اجزاء المبني، كالتالي:

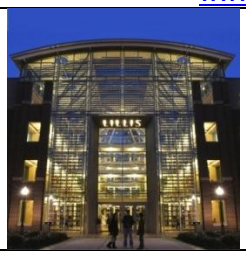
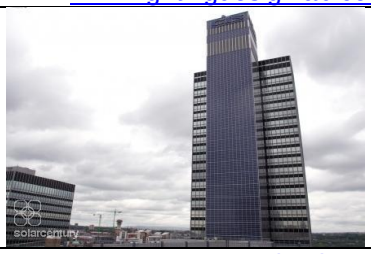
1 EPIA, Photovoltaic energy electricity from the sun , European Photovoltaic Industry Association www.epia.org

جدول ٣ استخدام الخلايا الكهروضوئية في التشكيل المعماري المستدام.

٤-٣-١ الخلايا الكهروضوئية كعنصر تشكيلي مستدام:				
التشكيل المستقيم للخلايا الكهروضوئية	وضع الخلايا الكهروضوئية في التشكيل المستقيم من السمات الأساسية في التشكيل المعماري و بتغير طوله تتأكد شدة الدلالة علي الاتجاه وبتحدد طوله تتحدد سمته بدقة. المعاني الإيحائية للتشكيل المستقيم : يوحي التشكيل المستقيم من خلال الخلايا الكهروضوئية بالقوة والاستقامة، كما يوحي لنا رأسياً كان أم أفقيا بالاتزان والاستقرار.	شكل ١٦	مبني مكاتب إدارية	
		الموقع	ألمانيا، ٢٠٠٤	www.pvdatabase.org/projects_view
التشكيل المنكسر للخلايا الكهروضوئية	يعتبر أكثر مشقة في قراءته ، ويعتمد التشكيل المنكسر بالخلايا الكهروضوئية علي زاوية ميل الخلايا لاستقبال أشعة الشمس . المعاني الإيحائية للتشكيل المنكسر : يوحي التشكيل المنكسر بالحدة ويختلف التأثير باختلاف زاوية، وتوحي الزاوية القائمة بالثبات[1].	شكل ١٧	كافتيريا " Solarcaf é"	
		الموقع	ألمانيا، ١٩٩٩م .	www.pvdatabase.org/projects_view
التشكيل المنحني للخلايا الكهروضوئية	عند التشكيل المنحني بالخلايا نجد الليونة مع الاستمرارية وكذلك الغني في التشكيل . المعاني الإيحائية للتشكيل المنحني : بانحناء تشكيل الخلايا يتغير التأثير الناتج عن الصلابة فتجد ليونة وسلاسة .	شكل ١٨	مركز الابحاث الشمسية	
		الموقع	المملكة المتحدة، ٢٠٠٤م	www.technium.co.uk

٤-٣-٢ تحقيق الخلايا لوسائل التشكيل المعماري المستدام:				
تحقيق الشكل والفضاء	تملك الخلايا الكهروضوئية قدرة عل تحقيق التشكيلي العضوي مع المبني بحيث تصبح جزاء لا يتجزءا منه ، ولكن كي يحدث هذا لابد وان يتم التعامل مع الخلايا الكهروضوئية عند إدخالها في التشكيل المعماري كعنصر تشكيلي يمكنها تحقيق الشكل الجمالي بجانب دوره الوظيفي في إنتاج الطاقة الكهربائية ..	شكل ١٩	مركز Eden التعليمي	
		الموقع	المملكة المتحدة، ٢٠٠٥م	www.solarcentury.com
تحقيق القيمة الضوئي	منذ تصنيع الخلايا الكهروضوئية كان الاهتمام الأكبر هو كيفية أنتاج الطاقة من الشمس، وبالتالي كان يقتصر استخدام الخلايا وتأثيرها علي المبني في النهار عند وجود ضوء الشمس . أما الآن ومع التطور المستمر فقد أصبح الاهتمام بتأثير الخلايا علي تشكيل المبني ليلا و نهارا.	شكل ٢٠	مبني Schott Iberica	
		الموقع	إسبانيا، ٢٠٠٦م .	www.pvdatabase.org/projects_view
تحقيق للملمس والنسيج	عند التشكيل بالخلايا الكهروضوئية يجب إن يكون ملامس الخلايا منسجم ومتناغم مع باقي عناصر التشكيل المعماري الاخري للمبني ، حيث تمتاز وحدات الخلايا بنسيج خاص ناتج من ترتيب الخلايا بجوار بعضها البعض داخل الوحدات الكهروضوئية مما يجعلها لافتة للنظر، كذلك يسهل التعرف عليها عن باقي عناصر تشكيل المبني.	شكل ٢١	William Rankin التعليمي	
		الموقع	المملكة المتحدة، ٢٠٠٦م	www.solarcentury.com

[1] يحيى حمودة، " **التشكيل المعماري**" ، دار المعارف، القاهرة، ١٩٧٢م.

تحقيق اللون	يغلب اللون الأزرق واللون الرمادي والأسود عند استخدامنا للخلايا الكهروضوئية ، ولكن من التطور المذهل لاستخدام الخلايا الكهروضوئية في التشكيل المعماري للمباني ، فقد توفر ألان العديد من الألوان . وذلك من خلال الخلايا السليكونية متعددة البلورة و التي يمكن إضافة اللون إليها عند تصنيعها. ونجد وجد تأثيرات مختلفة متنوعة عند استخدام الألوان المختلفة منها حيث يؤثر تغير اللون علي الانعكاس ودرجة الشفافية.	شكل ٢٢	مساكن الطاقة الشمسية	
		الموقع	ألمانيا ٢٠٠١م	
				www.pvdatabase.org/projects_view
٤-٣-٣ تحقيق علاقات التشكيل المعماري المستدام				
تحقيق التكرار	من أكثر العناصر التشكيلية إلي يمكن استخدامها لتحقيق التكرار في التشكيل المعماري هي الوحدات الكهروضوئية ، حيث تتكون الوحدات الكهروضوئية في الأصل من تكرار مجموعة من الخلايا داخل إطار.	شكل ٢٣	مقر البعثة الأمريكية لدى الأمم المتحدة	
		الموقع	سويسرا	
				www.state.gov
تحقيق الإيقاع	يستخدم الإيقاع للوصول إلي مؤثرات بصرية قوية و بالنسبة للخلايا الكهروضوئية فمن السهل تحقيق الإيقاع في التشكيل المعماري للمباني وذلك عن طريق استخدام الوحدات المكونة للنظام الكهروضوئي وتكراره علي مسافات معينة لتحقيق أشكال جمالية والوصول إلي أفضل الإيقاعات	شكل ٢٤	مركز ابحاث CRF Fiat	
		الموقع	ايطاليا ٢٠٠٣م	
				www.solarcentury.com
تحقيق التماثل	يمكن تحقيق التماثل بأشكال مختلفة والوصول إلي الانسجام والسياق من خلال التنوع الكبير الموجود حاليا في الخلايا الكهروضوئية من حيث الأبعاد والألوان والإشكال المختلفة ، وأيضا ما تملكه الخلايا من مرونة في تحريكها في أماكن مختلفة تناسب وتحقق ما يريده المعماري.. .	شكل ٢٥	مركز Lillis في جامعة ولاية أوريغون	
		الموقع	الولايات المتحدة الأمريكية	
				www.lightingdesignlab.com/locations/or_lillis
تحقيق وحدة الأساس	هناك مرونة كبيرة في استخدام الخلايا الكهروضوئية كوحدة أساس للتشكيل وذلك بالنسبة للمباني الجديدة والقائمة علي حد سواء فالبنسبة للمباني القائمة يتم مراعاة إبعاد الخلايا منذ بداية التشكيل والإنشاء، وكذلك المباني القائمة فعند إضافة الخلايا يتم أخذ الموديولي الإنشائي والتشكيلي في الاعتبار واختيار الخلايا بالمقاسات المناسبة. ..	شكل ٢٦	مبني برج مانشستير	
		الموقع	المملكة المتحدة. ٢٠٠٦	
				www.pvdatabase.org/projects_view

٥ – مثال تطبيقي لمباني عالمي قائم:

تم اختيار مبني باليس – فرنسا وهو مركز للخدمات السياحية، متاح علي موقع:www.pvdatabase.org/projects_view

٥-١ الدراسة الوصفية:

شكل ٢٧ من جوجل ارث الموقع العام لمبني اليس السياحي.

يقع المبني بمدينة اليس – فرنسا، تم تجديده عام ٢٠٠١م. والمبني القديم عبارة عن كنيسة تم تحويلها إلي مكتب سياحي وذلك من خلال استخدام الخلايا الكهروضوئية والحفاظ علي البيئة المحيطة باستخدام الطاقة الشمسية المتجددة والابتعاد عن تلوث البيئة من خلال الطاقات التقليدية . وقد استخدمت لذلك واجهة المبني الجنوبية.

يقع المبني بين عند خط عرض ٤٤شمالا خط طول ٤ غربا. وشدة الإشعاع الشمس١٣٠٠ك و س/م٢.

شكل ٢٨ الفتحات وتوفر الإضاءة الطبيعية.

كما إن المبني متصل من ناحية الشمال ويحيط به مجموعة من الأشجار من الناحية الغربية ولكن الواجهة الجنوبية خالية من الأشجار ومن إي مباني ، وبذلك عدم إسقاط الظلال علي الخلايا.

٥-٢ الدراسة التشكيلية للمبني:

٥-٢-١ التشكيل الشمسي السالب:

استخدم الأسلوب المركب والذي يجمع بين استخدام الأسلوب المباشر في الإضاءة والتهوية من خلال استخدام النوافذ المزدوجة القابلة للفتح. بالإضافة إلي الخلايا الكهروضوئية .

٥-٢-٢ التشكيل باستخدام الخلايا:

استخدمت الخلايا أحادية البلورة النصف شفافة باللون الأزرق في تشكيل الواجهات بزاوية ميل صفر. علي شكل حوائط ستائرية متداخلة مع الحيازات الثلاثة المفرغة الموجودة في المبني القديم . وقد استخدم التشكيل بالمستويات المستوية والمائلة بزاوية . كذلك استخدم التشكيل المنحني والمتناغم أيضا مع العقود الموجودة في المبني القديم.

شكل ٢٩ الخلايا بتشكيل الحوائط الستائرية في الواجهة ووحدات

٥-٣ الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا طبقا لقواعد التشكيل:

استطاع المعماري إدخال الخلايا طبقا لقواعد التشكيل المعماري من حيث:

٥-٣-١ تحقيق وسائل التشكيل:

شكل ٣٠ تحقيق التماثل والتكرار في التشكيل باستخدام الخلايا

تحقيق الشكل والفراغ: في خلق فراغات داخلية عند إدخال الخلايا داخل حيازات المبني القديم.

تحقيق القيمة الضوئية: باستخدام الخلايا النصف شفافة بما يسمح بدخول الإضاءة الطبيعية نهارا بالإضافة إلي توفير الطاقة الكهربية اللازمة للإضاءة الصناعية ليلا.

تحقيق اللون والنسيج والملمس: من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق والملمس الأملس

بجانب الأحجار المستخدمة في المبني القديم باللون البني مما يحدث تناغم في التشكيل.

٥-٣-٢ تحقيق علاقات التشكيل:

تحقيق التكرار المنتظم: للخلايا داخل الحيازات. **وتحقيق التماثل:** في وضع الخلايا بشكل متماثل في الاتجاه الراسي والأفقي إلي جانب ذلك. **تحقيق وحدة القياس:** من اختيار إبعاد وحدات الخلايا التي تحقق الوحدة النسبية أفقيا وراسيا.

٥-٤ دراسة إنتاج الخلايا للطاقة:

جدول ٤ قدرة الخلايا الكهروضوئية المستخدمة وإجمالي الطاقة المنتجة:

المكان	الواجهة	الإجمالي
القدرة	٣.٢ كيلووات	٩.٦ كيلووات
عدد الخلايا	٧٠	٢١٠ خلية
الاستخدام	للإضاءة	للتسخين والإضاءة

٦- مثال تطبيقي لمباني محلي قائم:

٦-١ الدراسة الوصفية:

تم اختيار مبني مركز التدريب المهني – مصر (زيارة ميدانية للباحثة)

يقع المبني بمدينة القاهرة – مصر، تم إنشاءه عام ١٩٧٧م. وإضافة الخلايا إليه عام ١٩٩٠م. من خلال سفر مجموعة من المعماريين إلي ألمانيا وجلب الخلايا إلي المركز كمحاولة للحفاظ علي البيئة المحيطة باستخدام الطاقة الشمسية المتجددة والابتعاد عن تلوث البيئة. وقد تم إضافة الخلايا إلي واجهة المبني الجنوبية، وكذلك مجموعه من أعمدة الإنارة التي تعمل بالخلايا في الموقع العام للمبني.

شكل ٣١ الواجهة الجنوبية للمبني المضاف اليها الخلايا الكهروضوئية.

يقع المبني بين عند خط عرض ٣١شمالا، وخط طول ٣٠ شرقا. وشدة الإشعاع الشمس٢٢٠٠ك و س/م٢.

كما إن المبني متصل من ناحية الشمال بمباني الورش ولكن الواجهة الجنوبية خالية من الأشجار ومن إي مباني ، وبذلك عدم إسقاط الظلال علي الخلايا.

٦-٢ الدراسة التشكيلية للمبني:

٦-٢-١ التشكيل الشمسي السالب:

استخدم الأسلوب المركب والذي يجمع بين استخدام الأسلوب المباشر في الإضاءة والتهوية من خلال استخدام النوافذ القابلة للفتح والأسقف المسننة، وكذلك استخدام المراوح والمكيفات كعامل مساعد. بالإضافة إلي الخلايا الكهروضوئية.

شكل ٣٢ استخدام الخلايا الكهروضوئية أحادية البلورة باللون الأسود، ومتعددة البلورة بالون الأزرق.

٦-٢-٢ التشكيل باستخدام الخلايا:

استخدمت الخلايا أحادية البلورة ومتعددة البلورة باللون الأزرق والأسود في تشكيل الواجهات بزاوية ميل صفر. علي شكل مصفوفات علي جلسات النوافذ الموجودة في المبني القديم. وقد استخدم التشكيل بالمستويات الأفقية المستوية.

٦-٣ الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا طبقا لقواعد التشكيل:

حاول المعماري إدخال الخلايا طبقا لقواعد التشكيل المعماري من حيث:

٦-٣-١ تحقيق وسائل التشكيل:

تحقيق الشكل والفراغ: في خلق فراغات داخلية باستخدام الخلايا وطرقة توزيعها علي الواجهة بين البلوكات الإنشائية الموجودة والمقسمة للمبني القائم.

شكل ٣٣ التشكيل بالخلايا طبقا لتشكيل المبني القائم.

تحقيق القيمة الضوئية: توفير الطاقة الكهربية اللازمة للإضاءة الصناعية نهارا وليلا حيث يوجد بالمبني مجموعة من لمبات الإضاءة الخاصة التي تضاء بالخلايا ومنفصلة عن الشبكة الداخلية. كذلك أعمدة الإنارة خارج المبني.

شكل ٣٤ استخدام وحدات خلايا تعمل بالخلايا داخل وخارج المبني.

تحقيق اللون والنسيج والملمس: من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق غي جلسات النوافذ واستخدام الخلايا باللون الأسود لتميز المدخل. بالإضافة إلي التضاد بين لون الخلايا والمبني وكذلك الملمس بينهم مما يحدث تناغم في التشكيل.

٦-٣-٢ تحقيق وسائل التشكيل:

تحقيق التكرار المنتظم: للخلايا بشكل أفقي تحت جلسات الشبابيك. **وتحقيق التماثل:** في الاتجاه الأفقي وضع الخلايا بشكل متماثل في الاتجاه الراسي عند المدخل و إلي جانب ذلك. **تحقيق وحدة القياس:** من اختيار إبعاد وحدات الخلايا التي تحقق الوحدة النسبية المتناسقة مع إبعاد ووحدات إنشاء المبني أفقيا وراسيا.

شكل ٣٥ تحقيق التماثل والتكرار في تشكيل الخلايا والتناغم مع النظام الانشائي.

٦-٤ دراسة إنتاج الخلايا للطاقة:

جدول ٥ قدرة الخلايا الكهروضوئة المستخدمة وإجمالي الطاقة المنتجة:

المكان	الواجهة	الواجهة	الإجمالي
القدرة	٠,٨٨ كيلووات	٨,٨ كيلووات	٩.٦٨ كيلووات
عدد الخلايا	١٦	١٦٠	١٧٦ خلية
الاستخدام	للإضاءة	للإضاءة	لإضاءة

٧- الخلاصة:

أوضحت الدراسة الدور الذي تلعبه الخلايا الكهروضوئية في دعم التشكيل المعماري المستدام. من خلال قدرتها علي تحقيق قواعده ومبادئه وكذلك علي الانسجام مع عناصر التشكيل الاخري عند إضافتها للمباني القائمة. وبذلك تتضح ملائمة الخلايا للتطبيق كعنصر تشكيلي مستدام عالميا ومحليا، وإمكانية استخدامها في مصر لتحقيق التشكيل المستدام في المباني القائمة والجديدة علي حد سواء.

٨- النتائج:

استخدام الخلايا في التشكيل المعماري تساعد في تحقيق إستراتيجية التنمية المستدامة وجعل التشكيل المعماري مستدام.

توفر العديد من الأنواع الجديدة والمستقبلية للخلايا الكهروضوئية بالإضافة إلي تطوير الأنواع السليكونية المعروفة وزيادة كفاءتها التشكيلية والوظيفية.

إمكانية استخدام الخلايا الكهروضوئية كعنصر تشكيل بشكل مستقيم أو منكسر أو منحي مع الحفاظ عل المعاني الإيحائية والسمات المميزة لهذه الإشكال.

قدر الخلايا الكهروضوئية علي تحقيق وسائل التشكيل المعماري (الشكل والفضاء- اللون –الضوء- الملمس)، وكذلك تحقيق علاقات التشكيل المعماري (التكرار- التماثل- الإيقاع- وحدة القياس) بإضافة إلي وظيفتها الأساسية في إنتاج الطاقة.

استخدام التشكيل المعماري بالخلايا الكهروضوئية بشكل واسع ومنتشر في الدول العالمية رغم عدم توفر الأشعة الشمسية المرتفعة والمتوفرة لدي البلاد العربية.

محاولات إدخال الخلايا في التشكيل المعماري في مصر مازالت علي استحياء نتيجة قلة الخبرة لدي المعماريين وكذلك ضعف الناحية الاقتصادية.

٩- التوصيات:

يمكن تلخيص توصيات البحث في النقاط التالية:

لابد من تفعيل استخدام الخلايا الكهروضوئية في التشكيل المعماري لجعله مستدام.

اتخاذ القرارات الدولية الحاسمة في نشر ثقافة الاستدامة وتقنيات الطاقة المتجددة باستخدام الخلايا الكهروضوئية.

زيادة الوعي لدي المعماريين بالنظم الحديثة وخاصة الخلايا الكهروضوئية وكيفية تطويعها لخدمة العمارة.

تفعيل استخدام الخلايا الكهروضوئية للوصول إلي التشكيل المعماري المستدام في المباني القائمة والجديدة.

محاولة الاستفادة من التجارب العالمية لاستخدام الخلايا في تشكيل المباني حتى نبدأ مما انتهي عنده الآخرون، لسرعة الاستفادة والتطبيق محليا.

المراجع:

1) احمد الطنطاوي المعداوي، الاستدامة البيئية كمدخل لتنمية المجتمعات العمرانية الجديدة في مصر ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة_ جامعة المنصورة،٢٠٠٦ م.
2) المؤتمر الدولي للأفلام الرقيقة، في ميونيخ، ٢٠٠٩م . متاح علي موقع www.thinfilmconference.org

3) حسام الدين مصطفي النور صالح، استيعاب الرؤية التشريعية لمنظور الاستدامة دراسة حالة لقوانين وتشريعات البناء في مصر، مؤتمر التقنية والاستدامة في العمران، كلية العمارة والتخطيط –جامعة الملك سعود، ٢٠١٠ م.
4) شيماء السيد أمين صبور، العمارة الشمسية الموجبة وأساليب تكامل الخلايا الضوئية مع المباني، رسالة ماجستير، كلية الهندسة جامعة القاهرة ، ٢٠١٠م.
5) عمرو ممدوح علي يوسف ، دور النظم الفوتوفولتية في دعم التنمية المستدامة في مصر، مؤتمر التقنية والاستدامة في العمران ، جامعه الملك سعود ، الرياض ، ٢٠١٠م.
6) محمد عبد القادر الفقي، ركائز التنمية المستدامة وحماية البيئة في السنة النبوية "، الندوة العلمية الثالثة للحديث، ٢٠٠٤م.متاح علي موقع: www.nabialrahma.com
7) محمود عيسى، "الطاقات المتجددة والتصميم العمراني المستدام "، المؤتمر العلمي الأول قسم العمارة ، كلية الهندسة – جامعة القاهرة، ٢٠٠٤م.
8) محسن محمد إبراهيم ، العمارة المستدامة ، المؤتمر العلمي الأول العمارة والعمران في إطار التنمية ، قسم العمارة – هندسة القاهرة ٢٠٠٤م.
9) نجيل كمال عبد الرزاق، سرى فوزي عباس، تشكيل واجهات المجمعات السكنية وأثره في المشهد الحضري لمدينة بغداد، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٦، ٢٠٠٨م.
10) نهلة عبد الوهاب محمد مصطفي، دراسة تأثير أنظمة الطاقة المتجددة علي تصميم الغلاف الخارجي للمبني ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة – جامعة القاهرة ، ٢٠٠٨م.
11) يحيى حمودة، " التشكيل المعماري" ، دار المعارف، القاهرة،١٩٩٨ م.
12) The German Energy Society, “Planning &installing photovoltaic guide for installers Architects and Engineers” Second edition. (London: Earth scan, sterling, A), 200813).
13)Moamen ElSoudany, Solar Energy Applications in Urban Development, Master in Architecture, Faculty of engineering Mansoura University, 2009.
14) EPIA, Photovoltaic energy electricity from the sun, European Photovoltaic Industry Association, 2010. www.epia.org
15) www.lightingdesignlab.com
16) www.pvdatabase.org
17) www.technium.co.uk
18) www.neutralexistence.com/blog/see-through-photovoltaic-glass
19) www.semi.org
20) www.state.gov
21) www.solarcentury.com