أثر إستخدام تقنية المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري

إحسان علي الجادري * & د. يونس محمود محمد سليم**

تأريخ التسلم: 2009/11/9
تأريخ القبول: 2010/3/11

الخلاصة

أثرت مظاهر التكنولوجيا المتقدمة في العمارة المعاصرة ومنها ما يتعلق بأنظمة التحكم البيئي، والمنظومات الشمسية أحدها، فهي تقع ضمن مجموعة المفاهيم المتعلقة بتكامل المبنى مع البيئة. هذه المفاهيم ظهرت نتيجة فكرة أساسية هي الاستفادة من التكنولوجيا لتطبيقها على الافكار التصميمية بهدف الوصول الى تخفيض إستهلاك الطاقة المستخدمة لتشغيل المبنى وجَعلها تصل الى أقل قدر ممكن.

بالإضافة الى ذلك تستطيع المنظومات الشمسية ان تتكامل مع المبنى كمواد إنهاء تدخل ضمن تصميم القشرة الخارجية له باعتبارها عناصر لها القدرة على الاستجابة والتحفز للمؤثرات البيئية الخارجية.من هنا تمثلت مشكلة البحث: بعدم توفرمعرفة شاملة حول طبيعة المعالجات التي من الممكن أن يتبعها المصمم عند توظيف المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في قشرة المبنى.

يهدف البحث الى التعرف على أساليب التكامل المعماري مع المنظومات الشمسية وكيفية الاستفادة منها في تعزيز القبول الشكلي للنتاج المعماري النهائي، وبفرضية هي: أن المنظومات الشمسية تحمل إمكانات تؤهلها من ان يكون لها تأثير في هيئة المبنى عند توظيفها كمواد إنهاء خارجية، وبهذا اتجه البحث الى دراسة المكونات الاساسية للمنظومات الشمسية وأساليب تكاملها مع النتاج المعماري بإعتبارها وحدات إنهاء خارجية، بالإضافة الى دراسة مواقع تنطيقها في الشكل المعماري ومستوياتها الشكلية للتكامل. تم التوصل الى ضرورة إجراء الموازنة بين تحقيق الجانب الشكلي للمباني وتوفير الطاقة المنتجة من المنظومات، علاوةً على ضرورة تحقيق التوافق الايجابي للأنظمة الذاتية والفعالة في تصميم المبنى.

The Effect of Utilizing Photovoltaic SystemsTechnique as External Finishing Materials in the Architectural Product

Abstract

Forms of advanced technology have influenced contemporary architecture; some of which are related to environmental-climatic control systems, such as Photovoltaic systems which fall under a set of concepts concerned with the integration of building with the environment.

These concepts have emerged as a result of a basic idea, namely, the utilization of technology by applying it to architectural design ideas in order to reduce energy consumption used in operating a building such that it can reach a minimum. In addition, photovoltaic systems can integrate with a building as finishing materials

*كلية الهندسة , جامعة النهرين / بغداد
** قسم الهندسة المعمارية , الجامعة التكنولوجية/ بغداد

https://doi.org/10.30684/etj.28.11.17
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4

which become part of the external crust design, considered as elements having the capability of responding and being evoked by external environmental causes.

Accordingly, the research problem is exemplified by the unavailability of comprehensive knowledge concerning the nature of treatments or procedures that a designer can adopt while employing the Photovoltaic systems as external finishing materials in the crust of the building.

This research aims at getting acquainted with the methods of architectural integration with Photovoltaic systems and the means of utilizing them in promoting the formal acceptance of the final architectural product. This research also puts forward the assumption that the Photovoltaic systems carry the potentials which qualify them to have an effect on the shape of the building when they are employed as finishing external materials.

The end of this research arrived at the conclusion that it is necessary to try to balance two things: achieving the formal aspect of buildings and saving the energy produced by those systems, in addition to the necessity of achieving a positive conformity between passive and active systems in designing a building.

المقدمة

مع تزايد الاهتمام بالطاقات المتجددة عموماً والطاقة الشمسية خصوصاً صارت هناك محاولات لكي توفر تقنيات الطاقة الشمسية كمية من الطاقة بقدر مساوٍ أو مقارب لحجم الطاقة المصروف الآن. ولذلك أصبحت رائجة الاستخدام، فهي تقوم بتحويل المباني من منشأت مستهلكة للطاقة الى مباني منتجة لها معتمدة في ذلك على الشمس بإعتبارها مصدر إقتصادي للطاقة، وقد شاع إستخدامها حتى في المناطق التي لاتتوفر فيها معدلات عالية من الاشعاع الشمسي أو المناطق التي تتميز بقصر ساعات سطوع الشمس.

هدف البحث

يهدف البحث الى توفير قاعدة من المعلومات عن اساليب التكامل المعماري مع المنظومات الشمسية باعتبارها مواد إنهاء خارجية، من الممكن الاستفادة منها في تعزيز التأثير الشكلي للنتاج المعماري.

يحاول المصمم تحقيق هدفين عند توظيف المنظومات الشمسية هما تحقيق التأثير الشكلي وتوفير الطاقة للمبنى، وليستطيع المصمم تحقيق الموازنة بين الهدفين في الناتج النهائي فهو يحتاج الى فهم وإدراك لمكونات المنظومات الشمسية. كما يحتاج ان يكون على دراية ومعرفة بأساليب تكامل المنظومات الشمسية كتقنية فعالة ضمن تصميم المبنى ليستطيع المصمم تقديم مفاضلة بين الأهداف التي يسعى لتحقيقها.

وسيتم في هذا البحث ذكر جانبي التأثير الشكلي وتوفير الطاقة مع التركيز على جانب التأثير الشكلي. بذلك تمثلت منهجية البحث بالآتي:

أ. **بناء قاعدة تعريفية عن المكونات الأساسية للتقنيات الفعالة للمنظومات الشمسية**، وهي الالواح الشمسية والنظام الساند، ومن خلال التعرف عليها يستطيع المصمم فيما بعد إختيار المنظومة التي تتلائم مع إحتياجات التصميم، بحسب لونها وشكلها وحجمها بإعتبارها مواد إنهاء خارجية تؤثر في الشكل النهائي للأسطح.

ب. **عرض لأساليب تكامل المنظومات الشمسية مع النتاج المعماري كوحدات إنهاء خارجية**، وتشمل المحددات التصميمية، ومواقع تنطيق المنظومات الشمسية والمستويات الشكلية للتكامل والمرونة في توظيف الالواح الشمسية كمواد خارجية للإنهاء.

المنظومات الشمسية كنظام تقني فعال:

تتألف المنظومة الشمسية من مكونين أساسيين يعملان كوحدة واحدة لتوليد الطاقة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الكهربائية وتوصيلها الى الاحمال هما الالواح الشمسية، والنظام الساند الذي يعرف بـ B.O.S أو Balance Of System.[7,P:85]. وبصورة عامة يمكن وصف المكونان الاساسيان للمنظومات الشمسية بالالواح الشمسية والنظام الساند، وكالآتي[6,P:22]:

اولاً: الالواح الشمسية: هي الجزء الظاهر من المنظومة الشمسية والذي يتم تثبيته على سطح المبنى وهو يقوم بتوليد الطاقة الكهربائية. تتكون الالواح الشمسية من المكونات التالية وكما في الشكل(1):

- الخلية الشمسية [cell] التي تـُكَون بتكرارها الوحدة الشمسية [Module]
- الوحدة الشمسية [Module] التي تكون بتكرارها الخطي الصف الشمسي
- الصف الشمسي [String] : مجموع الصفوف الشمسية يشكل الالواح الشمسية [Array]

الخلية الشمسية (PV Cell): هي المكون الاساسي للمنظومة الشمسية وهي اصغر جزء فيه. تستجيب للاشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر محولة طاقة الاشعاع الى طاقة كهربائيه. تستفيد الالواح الشمسية من ضوء الشمس الذي ينشط الالكترونات داخل الخلية لينتج التيار. تعتمد كفاءة عمل الخلية على عاملين: الاول هو كفاءة التحويل داخل الخلية والثاني هو قابلية الخلية الشمسية على إمتصاص الفوتونات[10,P:51].

أ. أشكال الخلايا الشمسية:

تكون الخلايا الشمسية اما بأشكال واضحة الحدود ضمن الوحدة الشمسية الواحدة، إذ من الممكن ان تكون بشكل مربع او مستطيل أو دائري تفصل بينها فواصل بمسافات تختلف حسب تصميم الوحدة الشمسية، او من الممكن ان يكون مظهرها كقطعة واحدة تغطي الوحدة الشمسية بدون فواصل[12,P:24]. تختلف ابعاد الخلايا الشمسية وفقا لنوعها وطريقة صناعتها، وتتراوح ابعاد الخلية الواحدة من 1.0 cm – 15.0 cm في الاتجاهين او تكون بأبعاد 10x10 cm كخلايا قياسية، أقل ما يمكن ان تنتجه الخلية الشمسية من طاقة يتراوح بين 1-2 watt بسبب صغر حجم الخلية الشمسية، ولزيادة الانتاجية الكلية للطاقة يتم تجميعها في صفائح مغلفة مع بعضها لتكون الوحدة الشمسية Module [10,P:55].

تختلف الخلايا الشمسية بعضها عن بعض تبعا لنوع المادة والكفاءة والشكل واللون وطرق التصنيع. المادة الاساسية في تصنيع الخلايا الشمسية هي اشباه الموصلات النقية كالسليكون.

ب. انواع الخلايا الشمسية:

هناك عدة انواع من الخلايا الشمسية، يمكن تصنيفها كالآتي:

1- **الخلايا الشمسية المتبلورة**:

هناك نوعين من السليكون المتبلور بالاعتماد على درجة النقاوة واتجاه التبلور وهما الاحادي التبلور Mono crsystalline والمتعدد لتبلور Poly crystalline، شكل (2). الشكل الذي يغلب عليها هو الشكل المستطيل او المربع. تكون مساحتها عادة ما بين 0.3 m^2 أو m^2 1.5. وهي كالآتي[12,P:30]:

أ- احادية التبلور: تكون بلورات السليكون ذات اتجاه واحد، وبنقاوة اعلى وهي أغلى ثمنا. يعتبر هذا النوع من اكثر البنيات البلورية انتظاما. تكون بلون واحد وتتدرج من الازرق الى الاسود وبالامكان صنع الخلايا بالوان اخرى ولكن ستكون كلفتها اعلى حيث ستقل كفاءة الخلية، فالالوان الاخرى اذا ما تم استخدامها ستعكس جزء من طاقة الاشعاع الشمسي التي ستصلها وبالتالي سيحتاج المصمم الى عدد اكثر من الخلايا الشمسية، فاللون الذهبي او اللون الارجواني سيكون ذو مظهر مميز اذا ما تم استخدامه الا انه سيتسبب بخسارة في الكفاءة تصل الى 20% [8,P:36]. تتراوح كفاءة الخلية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الشمسية mono crystalline من 15-20% [9,P:1003].

ب- متعددة التبلور: تكون بلورات السليكون بأتجاهات مختلفه ولذلك تبدو كقطع متكسرة غير منتظمة تعطي عدة تدرجات من اللون الواحد. عادة ما تكون بتدرجات مختلفة للون الازرق الا انها كسابقتها من الممكن ان تتوفر بالوان اخرى كالرصاصي. ويكون لهذا النوع لمعان خفيف في المظهر الخارجي[8,P:38] . تتراوح كفاءة الخلية الشمسية من 10-14%[9,P:1003] .

2- **الخلايا الرقيقة**:

هي أحد انواع الخلايا التي تجذب اهتماماً واسعاً من قبل المصممين بسبب قابليتها على التشكل، حيث من الممكن ان تتوفر بأشكال صلدة كباقي الانواع او خلايا خفيفة Thin film بهيئة رقائق متعددة الطبقات يتم ترسيبها عند التصنيع بطبقات رفيعة وبسمك لايتجاوز بعض الميكرونات[8,P:38]، شكل (3). من مواصفات الخلايا الشمسية من نوع (Thin Film) انها مرنة وقابلة للطي وخفيفة الوزن ومن الممكن استخدامها على السطوح الافقية والمنحنية بأدائية عالية ولا يتم استخدام الزجاج بها ولاتحتاج الى هياكل للتثبيت[6,P:15]. و من انواعها:

أ. خلايا متعددة الطبقات: هي خلايا شمسية يتم تصنيعها من مادة السليكون. تتوفر بلون بني مائل للاحمر او بلون احمر او باللون الرمادي. يتراوح مجمل الكفاءة النهائي من 7-9% [9,P:1007].

ب. خلايا الكادميوم: يمتاز بامتصاصية عالية للضوء، ومن الممكن ان تمتص طبقة بسمك 1 micrometer 90% من الضوء، كما يمتاز بسهولة التصنيع، الا ان عدم استقرار أدائية الخلية الشمسية لحد الان يعد احد العوائق امام استخدامه، تتراوح كفائته من 7-10%[6,P:23].

ج. خلايا النحاس: امتصاصيته للضوء عالية، فطبقة بسمك 0.5 micrometer تمتص 90% من الضوء، الا ان عملية تصنيعه تكون معقده لذلك تكون كلفته اعلى من باقي الانواع، وهو غير متوفر للأغراض التجارية. تصل كفائته الى 18%[9,P:1053].

د. خلايا الغاليوم: تسمى بالخلية الشمسية ثلاثية الابعاد بسبب قدرتها العالية على اقتناص الفوتونات وهي خلايا عالية الكفاءه ، حيث تم التوصل الى كفاءة مختبرية لهذا النوع بحدود 35.6% . يستخدم هذا النوع لتطبيقات الفضاء.

الوحدة الشمسية (PV Module) : هي الجزء الظاهر من المنظومة الشمسية وتتكون من تجميع عدد من الخلايا الشمسية، تحتوي الوحدة الشمسية النموذجيه على 36 خلية والقدرة القصوى التي تنتجها تساوي 60WP* كما يمكن ان يصل انتاج الطاقة في الوحدات الأكبر الى 300WP،[11,P:2].

تكون الوحدة الشمسية النموذجية بأبعاد 0.5m * 1.0 و 0.33 m * 1.33 و 0.7 * 1.2 ومن الممكن ايضا تصميمها بالأبعاد التي يتطلبها المشروع التصميمي[11,P:15]. ان أغلب الاشكال المتعارف عليها للوحدات الشمسية تكون بهيئة مستطيل او مربع، ومن الممكن ان تكون مؤطرة (عادة ما يكون الاطار من الالمنيوم) أو غير مؤطرة بحسب متطلبات التصميم. تختلف الوحدات فيما بينها في الالوان ويكون الاختلاف في اللون بحسب نوع الخلية الشمسية وقد يختلف اللون ايضا بحسب لون الصفيحة الخلفية التي تحملها، حيث يتم الاعتناء بالمظهر السفلي للوحدة الشمسية عندما يتطلب نوع الاندماج مع المبنى ان تكون الوحدات مواجهة للفضاءات او ممرات الحركة الداخلية[12,P:3].

* **W**att **P**eak في ظروف مختبرية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- **تغليف الألواح الشمسية**:
يُغَلف اللوح الشمسي بطبقة من مادة الزجاج يليها طبقة شفافة خفيفة من البلاستك المعالج لمضاعفة الحماية للخلية الشمسية تليها طبقة من الخلايا الشمسية. تثبت الالواح الشمسية على قاعدة وتختلف الماده المصنعة لها من نوع الى آخر، حيث تصنع اما من مادة الزجاج او الفولاذ المقاوم للصدأ او من مادة بلاستيكية[12,P:5]، شكل(4). عند أستخدام الوحدات الشمسية نصف الشفافة ذات الخلايا الشمسية الدائرية يتم إستخدام نوع من الزجاج يكون مشتت للضوء لتلطيف دخوله عند الحافات الدائرية، ولتقليل الكلف الناتجة عن هذه المتطلبات التصميمية يلجأ المصممون عادة لأختيار وحدات شمسية قياسية من الشركات المصنعة بحيث تتفق مع التصاميم المعدة من قبلهم[9,P:1043].

- **خاصية الشفافية والتعتيم في الوحدات الشمسية**: الوحدات الشمسية تكون اما معتمة Opaque Cells لاتسمح بنفاذ الضوء من خلالها او تكون شفافة Transparent. وتمتلك الوحدات الشمسية الشفافة وظيفتي توليد الطاقة الكهربائية وامكانية النظر خلالها بسيطرة شمسية عالية فهي تمتلك خواص الوحدة الشمسية والنافذة مفتوحة المنظر التي تسمح للضوء الطبيعي بالنفاذ للداخل. وهي ملائمة للنوافذ والاضاءات السقفية. تشبه الوحدات الشمسية نصف الشفافة بمظهرها الزجاج الملون بألوان رمادية أو زرقاء او سوداء او بلون بني[9,P:103].

- **الوحدات الشمسية كمواد انهاء**:
يتم توظيف الوحدات الشمسية إما كمادة انهاء اساسية أو بهيئة وحدات انهاء مدمجه من ضمن مادة الانهاء التقليدية وفي هذه الحالة ستكون المساحة المنتجة للطاقة أقل، كمثال على ذلك منتج بهيئة قطع خفيفة من الكونكريت بأبعاد كلية تساوي 40.0 * 72.0 cm اي بمساحة تقارب 0.3 m²، تدمج مع هذه القطعة وحدة شمسية بأبعاد 28.0 cm * 40.0 أي بمساحة 0.12 m² ، شكل(5). كما ان هذه القطع تكون اما متراكبة مع بعضها أو ان يكون هناك مسافة فاصلة بينها لا تقل عن 5mm،[11,P:15].

الصف الشمسي (String): يتكون من تجميع عدد من الوحدات الشمسية وتكون من النوع نفسهِ، الا انهُ يمكن ربط صف شمسي من نوع معين مع صف شمسي من نوع آخر مختلف عنه لتكوين المنظومة الشمسية[8,P:28].

ثانياً: النظام الساند Balance of System (B.O.S): يقوم النظام الساند بتوصيل الطاقة من الالواح الشمسية الى الاحمال من خلال مكوناته، و يتكون من الاجزاء التالية[8,P:24] شكل(6):

أ. **الشاحن**:
هو جهاز يقوم بتحويل الطاقة من الالواح الشمسية الى البطارية، يقيس نسبة الطاقة في البطارية، حيث يقوم بإيقاف عملية الشحن عندما تمتلئ البطاريات بالطاقة.

ب. **خازن الطاقة**:
عادةً في النظم المتصلة بالشبكة (الوطنية) Grid Connected لا يعتمد المبنى كليا على المنظومات الشمسية بل يأخذ حاجته من الشبكة الرئيسة وفي بعض الحالات تعطي المنظومات طاقتها الفائضة للشبكة الرئيسة، لذلك ليس من الضروري ان يتم تركيب البطاريات لهذا النوع.

في حالة إستخدام البطاريات Stand Alone System سيتم استخدامها لخزن الطاقة لتوفيرها في الايام التي تكون فيها نسبة الاشعاع قليله، حيث تقوم البطاريات بخزن الطاقة المتولدة من الالواح الشمسية خلال الفترة المشمسة من اليوم، وتقوم بعد ذلك بتوصيلها الى الاحمال الكهربائية. يتوقف شحن البطاريات من الوحدات الشمسية اثناء الفترة الليلية ويضعف في حالة غياب الشمس خلال النهار.

ج. **العاكس الكهربائي**:
يعرف ايضا بإسم منظم القدرة وظيفته تغيير مواصفات الطاقة الناتجة من

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المنظومة الشمسية بحيث تتكيف مع مواصفات الطاقة التي تحتاجها الاحمال حيث يقوم بتحويل القدرة من المنظومة الشمسية أو البطارية الى الاحمال. إن العاكس الكهربائي هو المتحكم بتشغيل المنظومة الشمسية، فعند شروق الشمس يقوم بربط الالواح الى باقي اجزاء المنظومة وعند غروبها يقوم بفصلها عن باقي الأجزاء[8,P:100].

د. **الهيكل الساند للمصفوفه الشمسية**

يقوم بحمل مجموع الالواح الشمسية في المصفوفه وهو يستخدم لتحديد زاوية ميلان الالواح الشمسية في الصف الشمسي، بعض الهياكل الساندة تكون متحركة وهو ما يعرف بأنظمة التعقب للأشعاع الشمسي Tracking System وهي تتحرك على محور واحد او محورين[7,P:87].

ه. **أسلاك التوصيل**

من الامورالتي يجب الانتباه لها عند تصميم المنظومة هي مسألة اخفاء أسلاك التوصيل. هناك عدة اساليب للتعامل مع اسلاك التوصيل من قبل المصممين هي[8,P:105]:

1. اخفاء الأسلاك في المسافات الفاصلة بين الوحدات الشمسية
2. اخفاء الأسلاك في الهيكل الساند شكل(7).
3. أظهار الأسلاك بطرق تصميمية مبتكرة.

أساليب تكامل المنظومات الشمسية مع المبنى:

يتناول هذا الجزء العلاقة الرابطة بين الالواح الشمسية كنظام تقني مع قشرة المبنى بإعتبارها مواد إنهاء خارجية تتكامل معهُ، حيث أن التصميم التكاملي للمبنى يبدأ عند التفكير في تصميم المبنى ككل – المبنى كنظام متكامل – إذ من الضروري عدم التعامل مع تصميم العناصر المختلفة ومنها مواد الانهاء الخارجية بصورة منفصلة عن بعض، وتحوي المباني على أنظمة متعددة ومتنوعة ترتبط مع بعضها في علاقات تختلف في مستويات تداخلها وقابليتها في الانسجام والتوافق إستنادا الى نوع النظام وموقعه ضمن المبنى.

تتأثر العلاقة التكاملية بين المنظومات الشمسية والشكل المعماري بكل مما يأتي:

- مواقع تنطيق المنظومات الشمسية.
- المستويات الشكلية للتكامل بين المنظومات الشمسية والنتاج المعماري.
- التعدد الوظيفي للمنظومات الشمسية كمواد انهاء خارجية في الشكل المعماري.

- مواقع تنطيق المنظومات الشمسية:

يعتمد موقع ومساحة المنظومات الشمسية المستخدمة في الابنية على شكل وتوجيه غلاف المبنى ويفضل أن لا تكون هذه السطوح مظللة. بصورة عامة هناك خمس مواقع رئيسة في المبنى من الممكن أن تتكامل معها المنظومات الشمسية وهي[8,P:45]:

- الاسطح الافقية
- الاسطح المائلة
- الأسطح المنحنية
- واجهات المباني
- التفاصيل المعمارية

الاسطح الافقيه: تتعرض السطوح الأفقية في المباني لتأثير الإشعاع الشمسي في فصل الصيف بنسبة أكبر من الجدران العمودية للمبنى[3,P:43]. معظم الاحيان تكون الالواح الشمسية المتكاملة مع الاسطح الافقيه غير ظاهرة في الشكل الخارجي ولكن يمكن أن يظهر تأثيرها في الفضاءات الداخليه عند استخدام النصف الشفافة منها في تسقيف الفضاءات أو في الاسطح المسننة. تستطيع الاسطح الافقيه أن تقدم امكانيه جيدة لتوفير المساحه المطلوبه لتركيب المنظومات الشمسية[1,P:3].

هناك عدة طرق مختلفة لتكامل الألواح الشمسية مع الاسطح الافقية:

أ- **الوحدات الشمسية المائلة المصممة للأسطح الافقية**: هي عبارة عن ألواح مائلة بزاوية ثابتة، تثبت على هياكل

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

حاملة وتثبت الهياكل بدورها على الاسطح شكل (8).

ب- **الوحدات الشمسية العازلة للحرارة ذات الوضع الافقي**: تمتاز بعض انواع الالواح الشمسية بإحتوائها على مواد خاصة للعزل الحراري تكون من ضمن الوحدة الشمسية فهي تساعد على زيادة العزل الحراري للمبنى بسبب المادة العازله التي تحويها. يستخدم هذا النوع غالباً في الاسطح الأفقية ومن الممكن أن يُستَخدَم في الأسطح المائلة ايضا كما انه يستخدم في أعادة تأهيل الاسطح القديمه لأنه لا يحتاج الى طرق تثبيت ميكانيكيه معقدة، شكل (9).

ج- **وحدات شمسية تستعمل كأضاءة سقفية طبيعية Skylight**: تستخدم لتغطية الفضاءات الكبيرة بالاسطح الافقية أو الاسطح المسننة. عند إستخدام الاسطح المسننة يتم وضع الالواح الشمسية بالتوجه الذي يستقبل اكبر كمية ممكنة من الطاقة الشمسية وهو غالبا ما يكون التوجه الجنوبي بينما تفتح الجهة الشمالية لإستقبال الإضاءة الطبيعية، ولذلك يتم توجيه السقوف المنحدرة ذات المساحة السطحية الاكبر باتجاه الجنوب والسقوف المنحدرة الاصغر توجه نحو الشمال. أما عند استخدام السطوح الافقيه فيتم استخدام الالواح الشمسية الشفافة أو النصف شفافة للسماح بدخول الإضاءة النهاريه. في هذه الحالة يظهر تأثير هذا النوع في التصميم الداخلي، وبشكل خاص في الافنية الوسطيه والبهو الرئيس (Atriums) عند استخدام الزجاج المزدوج الطبقات في تكوينها. شكل (10)[1,P:32].

د- **الوحدات الشمسية المصممة لحدائق الاسطح**: وهي وحدات ذات هياكل مائلة ثابته مقاومة للصدأ، يصمم الهيكل بحيث يرتفع عن الارض بمسافة 40 cm للسماح بنمو الأعشاب ويتم وضع لوح معدني يدفن تحت طبقة خفيفة من التربة لتثبت هياكل الالواح الشمسية عليه فيكون الهيكل الحامل مع الوحدة الشمسية هو ما يظهر فقط فوق سطح الارض، شكل(11)[9,P:1013].

الاسطح المائلة: يلائم هذا النوع الاسطح المتجهة نحو الجنوب أو الجنوب الغربي، وهذا لا يعني عدم امكانية وضع الوحدات الشمسية على التوجهات الأخرى، إلا أن القرار التصميمي الأمثل يكون بأحد هذين التوجهين لأنهما الاكفأ في استلام الاشعاع الشمسي المباشر الذي تعتمد عليه الوحدات الشمسية في توليد الطاقة. يمتاز هذا النوع بأمكانية تثبيت الوحدات الشمسية من دون الحاجة الى استخدام الهياكل المائلة المستخدمة في الاسطح الافقية، كما أن الاسطح المائلة تسهل عملية تنظيف الوحدات وتمنع تجمع المياه عليها ويفضل أن لايكون هناك مسافات فاصلة بين الصفوف الشمسية لمنع تجمع الأتربة أو أوراق الاشجار أو الثلوج.

هناك عدة طرق مختلفة لتكامل الوحدات الشمسية مع الاسطح المائلة هي:

أ- **تضاف الوحدات الشمسية الى السطح المائل بهيئة وحدات تعوض عن مواد الإنهاء الاصليه للاسطح**: الوحدات الشمسية المستخدمة في هذا النوع لها صفات مواد الإنهاء الاعتياديه من تحمل للظروف الجوية والعزل الصوتي ومقاومة المياه بالإضافة الى توليده للطاقة وتكون الجهة الخلفية للوحدات الشمسية هي سقف الفضاء الداخلي، لذلك يتم الاعتناء بمظهر القطع الواقعة على جهة الفضاءات الداخلية. تكون هذه الألواح خفيفة الوزن، ومن الممكن أن تكون من النوع نصف الشفاف Transparent Cells لتسمح بدخول الإضاءة الطبيعية للفضاء، أو أن تكون معتمة Opaque Cells[5,P:4]. وتحتاج الوحدات الشمسية احيانا الى عملية تهوية الاسطح الداخليه لها لتقليل درجة الحرارة المحيطة بها، لذلك تستند بعض طرق التكامل مع المنظومات الشمسية على آليات الاستفادة من هذه الحرارة في الفترات الباردة. قبل اضافة الوحدات تتم اضافة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مقاطع من الحديد أو الالمنيوم لتشكل الشبكة التي سيتم تثبيتها عليها، أما التوصيلات الكهربائيه فتكون مخفية ضمن المقاطع الهيكليه الحاملة للوحدات الشمسية. تنقسم السقوف المائلة الحاملة للوحدات الشمسية الى نوعين تبعا لطريقة البناء، فالسقف اما يتم تشييده في الموقع ثم تثبت عليه الوحدات الشمسية أو أن يكون السقف مع الوحدات الشمسية مسبق الصنع[7,P:23]. إن إستخدام المنظومات الشمسية كوحدات للإنهاء خارجية سيعوض عن المواد البنائيه المستخدمة للسطوح وهذا يتماشى مع استراتيجيات تقليل الكلف للمباني الكفوءة للطاقة[6,P:34].

ب- **تضاف الوحدات الشمسية للأسطح المائلة فوق مواد الإنهاء الخارجية**: يتم تثبيت الوحدات الشمسية المعتمة على مواد الإنهاء التي هي سقف للفضاء الداخلي وبهذا تكون الاساس الذي ستستند عليه الوحدات. وهناك طريقتين للتكامل فالوحدات الشمسية إما أن تثبت مباشرة على ألواح بنائيه أو يتم ترك مسافة بين ألواح السقف والوحدات الشمسية عن طريق مد مقاطع من الالمنيوم أو الحديد بشكل عمودي عليها لتوضع فوقها وتوفر الطريقة الثانية التهوية للوحدات الشمسية من الاسفل، فالخلايا الشمسية احادية التبلور تؤدي عملها بشكل أكفأ عند توفر التهويه ولذلك يكون من الافضل فصلها عن السطح لتحسين مستوى أدائها. وهذا يزيد من العزل الحراري للسقف[8,P:33].

ج- **تضاف الوحدات الشمسية ضمن مواد الإنهاء التقليدية للسطح**: تعتبر احد الحقول المهمه للنظام التكاملي BIPV وهي عبارة عن قطع صغيرة الحجم PV Shingles، تكون على نوعين: إما وحدات شمسية صغيره يتم تثبيتها مع مواد الإنهاء الخارجية أو تكون مصنعة من ضمن الوحدة الواحدة اي مع مادة الإنهاء التقليدية. إن العديد من التطورات الجديدة تم طرحها للاسواق العالميه من هذا النوع، وأحد الامور المهمه هو مظهرها الجمالي وسهولة التصميم وخفة الوزن في الوقت نفسه. وهي تتنوع بين الوحدات صغيرة الحجم، والوحدات متعددة الصفائح Laminated PVs، أو وحدات مُقـوّات Reinforced Fiber Plates،[11,P:23].

الاسطح المنحنية : توفر الوحدات الشمسية امكانية التصميم للاسطح المطوية (Fold Away) بإستخدام تقنية الوحدات الشمسية الرقيقة(Thin film)، والاسطح المنحنية (Curved Surfaces) وتكون بنوعين:

أ- **تطبيقات الوحدات الشمسية الرفيعة Thin Film PVs**: هو نوع من الوحدات الشمسية يتصف بمرونته و قابليته على الطي كما في الشكل(12)، من الممكن أن يحل محل مواد الإنهاء الخارجية التقليدية وهو خفيف الوزن، عازل جيد للماء ولذلك يفضل استخدامه في الدول ذات المناخ الممطر، له أيضا تطبيقات على السطوح المائلة والأفقيه. يتوفر بهيئة وحدات بأبعاد محدده أو بهيئة لفائف مدورة من الممكن أن يصل عرضها الى 1.5m وبطول 12 m. يكون بلون ازرق غامق. بعض الأنواع يكون لها ميزة عكس ألوان الطيف الشمسي بصورة خفيفة عند سقوط أشعة الشمس المباشرة عليه[11,P:4].

ب- **الأسطح المقوسة**: من الممكن أن يتم تصميم الأسطح المقوسة باستخدام الوحدات الشمسية التقليدية بترتيبها بشكل مقوس[8,P:10].

الواجهات: تكون الألواح الشمسية المتكاملة مع واجهات المباني واضحة بصورة اكبر من أنواع التكامل الأخرى، يمكن إستغلال مساحات كبيرة من هذه الواجهات لإستثمارها في توليد الطاقة عندما تكون ضمن التوجه الصحيح. الواجهات تكون معرضة في بعض الأحيان للتظليل لفترات أطول مما تتعرض له الأسطح الأخرى لذلك فأن تقييم الاستفادة من توظيف المنظومات يعتمد على مقدار ما يتوفر من مساحة سطحية على التوجهات المختلفة لواجهات

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المبنى ومقدار ما تستلمه من إشعاع شمسي ضمن مناخ الإقليم[2,P:43].

تستطيع الوحدات الشمسية أن تحل محل مواد الانهاء الخارجية المستخدمة في الواجهات وتتكامل معها لذا فان من المواصفات المهمة للوحدات الشمسية المستخدمة في الواجهات هو المظهر العام الذي يجب أن يكون مقبول معماريا. كما ينبغي أن تكون الوحدات المستخدمة في الواجهات مقاومة للحرائق وصلبه وذات متانة عاليه لحمايتها من التخريب وفي الوحدات المؤطرة يُفضل استخدام مواد خفيفة الوزن ذات اطر مصنوعة من مواد متينة. تتكامل الوحدات الشمسية مع واجهات المباني بأي عدد من الوحدات في الصف الواحد ومن الممكن أن يكون هناك أي عدد من الصفوف، وفي المباني العالية ذات المساحات السطحية الكبيرة يفضل أن يكون هناك مسافة فاصلة بين كل 16 وحدة شمسية في الصف الواحد Raw وأن يكون هناك مسافة فاصلة بين كل 8 وحدات شمسية في الوضع العمودي Column وهذا في حالة استعمال وحدات كبيرة الحجم التي قد تصل أبعادها الى 3.20 m * 2.00 m.

بالنسبة لمباني المكاتب متعددة الطوابق الفخمة والتي عادة ما يتم استخدام تغليف غالي الثمن لها فان استخدام تغليف يعتمد على الألواح الشمسية غالبا لايكون مكلف أكثر من استخدام المواد غالية الثمن والمشاع استخدامها مثل مواد الحجر الطبيعي أو قطع من المرمر أو انواع معينة من الزجاج.

هناك عدة طرق لتكامل الوحدات الشمسية مع الواجهات هي :

أ- **الجدران الستائرية**: هي الواجهات المتكاملة مع الوحدات الشمسية وعادة تكون معرضة للتهوية. تكون مناسبة للحلول التصميمية المتكاملة مع الوحدات الشمسية من نوع (Mono crystalline Silicon). من الممكن أن يتم بناء هياكل بإستخدام أنظمة تغليف عالية التطوير ومن الممكن تضمينها بأنواع مختلفة من الالواح مثل استخدام الوحدات الشمسية المزججة أو المؤطرة أو غير المؤطرة ويتم استخدام مواد ربط (حشوات) ما بين الفراغات لاغلاق الفجوات.

ب- **الجدران العمودية ذات الأكساء الخارجي**: تغطي الألواح الشمسية واجهة المبنى بأكملها أو جزء منها واحيانا تكّون طبقة ثانية على طبقة أولى داخلية تحتوي على مواد عازلة ويراعى فيها استخدام مواد مانعة لتسرب المياه لمنع حدوث التكثف، وينبغي أن تكون هذه الطبقة محكمة السد والفراغات الهوائيه فيها تكون مغلقة. إن الواجهات غير المعرضة للتهوية تعتمد على انواع الخلايا التي تتحمل محيط بدرجة حرارة عالية مثل الـAmorphous والـPoly Crystalline Silicon. احد طرق اكساء الواجهات هي أن توضع مقاطع من الألمنيوم على الواجهة لتستند عليها الوحدات الشمسية أو أن تكون المقاطع مثبتة مسبقا على الوحدات وفي هذه الحالة تكون الوحدات الشمسية معرضة للتهوية.

ج- **واجهات بجدران مائلة**: اما أن يكون الجدار المائل هو جدار ستائري مضاف، أو أن يكون جدار المبنى نفسه مائلا وتثبت عليه الوحدات الشمسية كإساء خارجي. يعتبر هذا النوع من اكثر الحلول العملية لإستحصال اكبر مساحة سطحية ممكنه وهي تؤثر في أشكال الفضاءات الداخلية.

د- **الجدران ذات الاشكال المنحنية**: من الممكن توظيف الوحدات الشمسية لتشكيل واجهات ذات اشكال منحنية، شكل(13).

تكامل الوحدات الشمسية ضمن التفاصيل المعمارية: احدى الطرق الفعالة في تكامل الوحدات الشمسية مع الشكل هي أن تحل محل عناصر التظليل. هناك عدة طرق لتكامل الألواح الشمسية مع أدوات التظليل هي:

أ- **المانعات الشمسية الثابتة والمتحركة**: هي عناصر معمارية بهيئة ألواح أو شرائح

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

طولية مدمجة تثبت خارج النوافذ وتكون باتجاهين أفقي لصد الإشعاع عالي الزاوية وعمودي لصد الإشعاع واطئ الزاوية[4,P:12]، ومن الممكن أن تثبت الوحدات الشمسية عليها أو أن تحل محلها، هناك ترابط منطقي بين تظليل المباني في الصيف وإنتاج الطاقة[12,P:16]. تعمل المانعات الشمسية على منع دخول أشعة الشمس المباشرة للفضاءات كما أنها تعمل على تزويد الطاقة للمبنى لذلك هي تعمل كنظام ذاتي Passive System ونظام فعال Active System في الوقت نفسه وبوظيفتين متوافقتين في الاتجاه والهدف الاساس، توضع الهياكل الحامله امام الواجهات الزجاجيه للمباني فتكون ظاهرة على الواجهات ولذلك من المهم أن تكون بلون متوافق معها.

ب- **تفاصيل تظليل المسقفات**: هي مظلات معتمة أو نصف شفافة تسقف مواقف السيارات أو مداخل المباني تظلل ممرات الحركة حيث تتم الاستفادة من هياكل المسقفات لإضافة الوحدات الشمسية كألواح للتسقيف بدل من مواد التسقيف التقليدية[8,P:23].

ج- **تفاصيل عموديه في الواجهات Facades- Vertical fixtures**: وهي اما تكون ستائر تحيط بالأسطح الافقيه للمباني أو تكون بهيئة شرفات على الواجهات العمودية أو يتم تثبيتها على افريز المبنى الخارجي أو أن تثبت بشكل عمودي بوضعها ضمن الستائر ذات الارتفاع العالي في المباني أو على اي نوع من انواع السطوح العمودية[8,P:25].

المستويات الشكلية للتكامل بين المنظومات الشمسية و النتاج المعماري:

يعتمد إنجاح عملية التكامل بين المنظومات الشمسية وتصميم المبنى على مدى التفاعل بينهما وبهدف تحقيق الزيادة في مستويات التكامل معماريا، تقاس عملية التكامل الشكلي بخمسة مستويات بناءً على مدى اتساع وتنامي الإندماج بينهما[8,P:54]:

1. **تضاف المنظومات الشمسية بشكل غير مرئي**: يتحقق هذا المستوى عندما يوظف المصمم الألواح الشمسية في المبنى بشكل غير منظور أو غير مرئي محاولا الاستفادة من وظيفتها التقنية فقط والابتعاد قدر الإمكان عن أن يكون التوظيف ذو طابع معماري مميز. يعود السبب في ذلك الى رغبة المصمم في عدم تغيير الطابع المعماري الظاهر اصلا للمبنى وغالبا ما يحدث هذا في ألابنية التي تتميز بملامح معمارية تاريخيه.

2. **تضاف الى تصميم المبنى**: تتم اضافة المنظومات الشمسية للمباني المشيده مسبقا أو المباني قيد الانشاء عندما يحصل نقص في الاداء الوظيفي لبعض الفضاءات بسبب تغيرات وظيفيه داخل المبنى أو أن يكون هناك حاجه ماسه لتحسين مستويات الراحه داخل فضاءات معينه وفي الوقت نفسه عندما يكون هناك حاجه لزيادة الطاقة الداخله للمبنى، وهنا تضاف المنظومات الشمسية كأدوات للتظليل لتبدو كجزء من المبنى في حالة رغبة المصمم التحكم بالإضاءة الطبيعية وتقليل تأثير الأشعة الشمسية المباشرة في المبنى أو أن تتم اضافتها بدل من الزجاج كعناصر تتسم بالشفافيه لها القابليه على تزويد المبنى بالطاقة في الوقت نفسه.

3. **تضيف الى التعبير المعماري**: هو أن توظف الوحدات الشمسية لتضيف طابع معاصر للمبنى. أي أن تستخدم التقنية لتقدم تغييرات للصورة المعمارية للمبنى لكن من دون أن تؤثر أو تهيمن على الوجود البصري للكتل الرئيسة في التصميم. هذا المستوى من التكامل يمكن أن يوظف في مباني مشيدة مسبقا فقدت طابع التجدد بمرور الوقت وعن طريق اضافة الوحدات الشمسية سيكون ممكنا اظهارها بطابع معاصر من جديد، وعادة ما تستخدم بمساحات كبيرة لتزيد من القيمة المادية للمبنى.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4. **تحدد الصورة المعمارية**: توظف الألواح الشمسية لتكون كجزء رئيس مهيمن على المظهر العام في شكل المبنى ولذلك هي تحدد شخصية العمل المعماري.

5. **تؤثر في الفكرة التصميمية**: في هذا المستوى تكون فكرة التكامل مع المنظومات الشمسية مؤثرة في مجمل الافكار المعمارية للمصمم لتحقيق كل ما تم ذكره في المستويات السابقه بالإضافة الى تطبيق المفاهيم التصميمة للمعالجات البيئية الذاتية. يمثل هذا المستوى من الناحيه المعمارية خَيَاراً متاحاً في التصاميم المعمارية يقوم على أساس الاستفادة من إمكانيات التنوع المتاحة في التقنية.

التعدد الوظيفي للمنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في الشكل المعماري:

تتميز الألواح الشمسية اليوم بشكلها الذي يعطي انطباعا بالهدوء والبساطة التي تتسم بها مؤثرات التكنولوجيا المتطورة إضافة الى أنها تستطيع أن تقدم فكرة المعاصره والتعايش مع روح العصر من خلال ما تمتلكه من إمكانيات للتفاعل مع العمارة، مع هذا يرى كل من Deo Prasad"[8,P:46] و "Mark Snow مؤلفا كتاب (Design With solar power): "إن للالواح الشمسية قدرات على التعبير المعماري لم تظهر جميعها بعد فهي تحتاج من المعماريين نوعا من الشجاعة أو الجرأة أن صح التعبير لبدأ التعامل معها واكتشاف تأثيرها في الشكل المعماري".

من الممكن أن تواجه المعماري مشكلة في تحقيق التناسق والتماسك في المظهر الخارجي للمساحات المعرضة للإشعاع الشمسي، والتي يجب أن يكون لها نفس المظهر، شكل(15). فبعض الأجزاء من السطوح قد تحتاج الى عناصر صغيرة والتي لا يمكن أن تعمل بشكل اقتصادي كألواح شمسية بسبب موقعها المظلل. الحل في هذه الحالة يكون بأستخدام عناصر تعرف بالـ dummies)، dummy Cells) أو الخلايا الوهمية وهي عناصر غير فعالة تكون بنفس مظهر الالواح الشمسية تُستخدم لتحقيق التناسق المعماري للمساحات المختلفة والتي ستحتاجها اجزاء معينة من القشرة الخارجية. وهناك طريقة أخرى للحصول على سطوح متناسقة هي بأضافة ألواح شمسية مع مواد انهاء خارجية مشابهة لها[5,P:23]، شكل(16).كما يساهم شكل المبنى في تحديد العلاقة بين عناصر المناخ الخارجية وطبيعة الظروف الداخلية، ان شكل المبنى ومايحويه من العناصر الافقية والعمودية، الشفافة منها والمعتمة، جميعها يشير الى ضرورة الاهتمام بأدائية المبنى[4,P:22].

ان إمكانيات المنظومات الشمسية اصبحت تتجاوز وظيفتها في تحويل المباني من مباني تقليديه الى مباني كفوءة في استهلاك الطاقة ذلك من خلال قدرة المصمم في جعلها متكامله كعناصر معمارية لها تأثيرها في تصميم المبنى، فالقيمة الجمالية أو القبول الذي يحتاج ان يحققه الشكل هو مسألة في غاية الاهمية، والتقنية اليوم تحاول توفير ما يتطلبه التصميم المعماري من امكانات لتحقيق ذلك، إلا أن هذا يعتمد على كيفية استخدام المصمم لهذه التقنيات لتضفي على المبنى الطابع الجمالي الذي كان قد هيأ المصمم له مسبقا كصورة ذهنيه لما يريد لهيئة المبنى أن تبدو عليه.

إن إختيار المصمم للطريقة التي يرغب بتوظيف المنظومات الشمسية بها، ستعتمد بالدرجة الاساس على مواصفات المنظومة الشمسية، أدواته في ذلك هو ما تقدمه التقنية من إمكانيات من خلال التنوع في الشكل والهيئة والحجم واللون وما يضفيه من تأثير بصري على واجهة المبنى، وهي أمور مهمة للمعماري بما لها من تأثير في قبول الشكل النهائي للتصميم.

الاستنتاجات:

1- ان تصميم مبنى كفوء للطاقة يحتاج الى شمولية في التفكير، فالأفكار المطروحة يجب أن تكون ملمة لمجمل الإعتبارات التصميمية من خلال إيجاد التنسيق العام.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2- تصنف أماكن توقيع المنظومات الشمسية على المبنى كمايلي:
- السطح الأفقي
- السطح المائل
- الواجهات العمودية
- الواجهات المائلة
- التفاصيل المعمارية

ان استخدام تقنية الالواح الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري يرتبط بأحد الأفكار الرئيسة للتكامل، وهي:

§ملائمة الوحدات الشمسية للتعويض عن مواد الانهاء الخارجية. أي بدلاً من إستخدام الوحدات الشمسية ومواد الإنهاء التقليدية، يتم استخدام الوحدات الشمسية فقط بعد ان يتم تصميمها كمواد إنهاء خارجية للتقليص في كمية المواد المستخدمة في المشروع.

§ملائمة الوحدات الشمسية لتندمج مع مواد الانهاء من خلال تضمينها للخلايا الشمسية عند عملية التصنيع.

بالإضافة الى إمكانية تكامل الوحدات الشمسية مع الأسطح الخارجية أو التفاصيل المعمارية سواء كانت هذه الوحدات شفافة أو معتمة. أو سواء كانت الأسطح مستوية ام منحنية.

3- هناك عدة مستويات شكلية للتكامل بين المنظومات الشمسية والنتاج المعماري ومن الممكن أن يلجأ المعماري لتحقيق أكثر من مستوى في آن واحد. كما أن هذه الطرق تم تصنيفها بناءً على مدى إتساع وتنامي التكامل ما بين المنظومات الشمسية والتصميم المعماري، إلا ان هذا لايعني أن إضافة المنظومات للمبنى بشكل وظيفي فقط سيقلل من أهمية التوظيف. ففي مشاريع الاحياء للأبنية ذات الطابع التأريخي والتي تعتمد عند إعادة إحيائها على الطاقة المتجددة، لايشترط أن يكون للوحدات الشمسية تأثير في التعبير المعماري، ولذا لا يكون إظهار الالواح الشمسية مناسباً دائماً خاصة في المباني المتميزة بملامح معمارية تاريخية.

4- يجب أن تؤدي الالواح الشمسية - كعنصر متكامل جديد - وظيفتها في انتاج الطاقة اللازمة لتشغيل المبنى وهذا مايحاول المصمم الحصول عليه عند البحث عن التوجه الامثل، إلا أن عملية التصميم هي عملية تتصف بالمرونة والتي تعتمد بدورها على قدرة تقدير المصمم ومن الممكن وكحل بديل في بعض الأحيان تقبل القليل من الخسارة في كمية الطاقة المنتجة إذا ما أثر ذلك إيجاباً في تحسين عملية التكامل بزيادة القيمة الجمالية والاقتصادية للمبنى من خلال الهيئة الجديدة لقشرتها الخارجية أي أن التعدد الوظيفي للألواح سيساعد في التعويض عن إنخفاض الكفاءة.

5- ان توظيف المنظومات الشمسية يختلف في درجة تلائمه مع المعالجات البيئية بحسب الاقاليم المستخدم فيها، وان تحقيق تلائمه معها يعتمد بشكل أساس على دراسة الافكار التصميمية المطروحة دراسة جيدة لتكون التصاميم النهائية معززة بالتوافق الإيجابي للأنظمة الذاتية والفعالة معاً.

المصادر:

[1]القصراوي، سماح مصطفى محمد "دور التكنولوجيا المتقدمة في تشكيل العمارة المعاصرة" كلية الدراسات العليا، الجامعة الاردنية، (2005)

[2]الدراجي، رنا مجيد ياسين "ستراتيجيات العمارة الشمسية ضمن البنية الثابتة والديناميكية لها " رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة بغداد ، (2006).

[3]البنائية الثابتة في السيطرة على الإشعاع الشمسي وتقليل الحمل الحراري النافذ للأبنية"، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية،(2004)

[4]محمد سليم، يونس محمود، " اثر قرارات التصميم المناخي الخاصة بالسيطرة على اشعة الشمس في ضوابط بناء المساكن لمدينة بغداد"، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية،(1997).

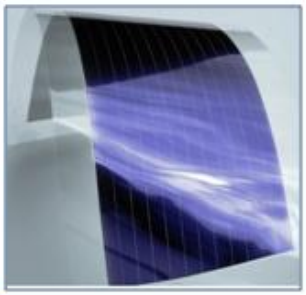
[5]Ken، Ichi Kimura " Solar Architecture For The Happiness

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

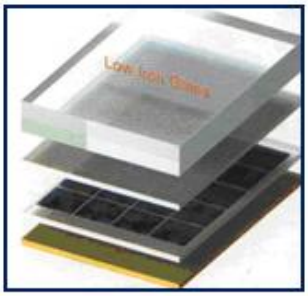
of Mankind" Solar Energy، Vol. 67، Nos. 4–6، (2000)
[6]Thomas، Randall" Photovoltaics and Architecture "، London GBR: Routledge، (2001)
[7]Norbert ،lechner "heating، cooling lighting، design Methods for architect"، Wiley، john; and sons، Newyork، Inc.، second edition، (2001)
[8]Deo Prasad, Mark snow, "Designing with solar power", Images publishing, (2005).
[9]Luque, Antonio & Steven Hegedus, "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley & Sons Ltd, (2003)
[10]Andrea Compagno , " Intelligent Glass Facades", Birkhauser Boston, (2002).
[11]Task7.org ,"Integrated solar photovoltaics for buildings ", http://www.task7.org/Public/lausanne/part3proda.pdf
[12]Maria Cristina Munari Probst *, Christian Roecker "Towards an improved architectural quality of building integrated / solar thermal systems "(2007).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

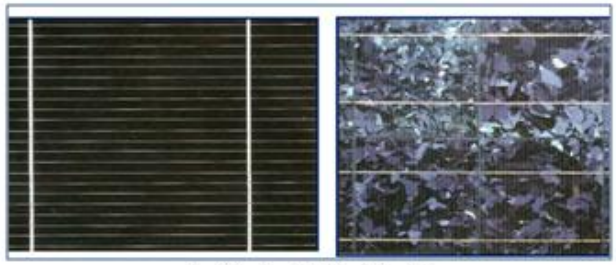
شكل (1) الخلية الشمسية والالواح الشمسية [7,P:23] .



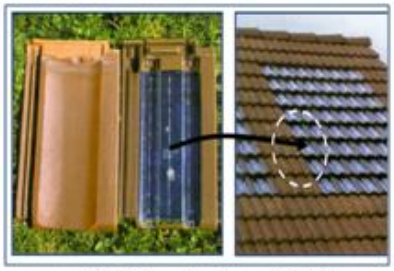
شكل (3) الواح شمسية قابلة للطي [11,P:6] .



شكل (4) طبقات الخلايا الشمسية [8,P:44] .

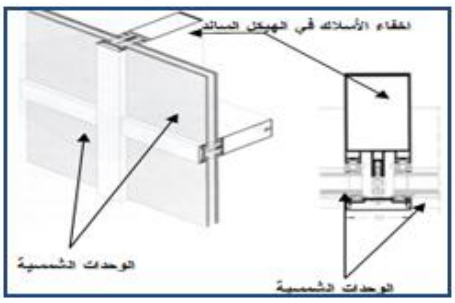


شكل (2) خلايا شمسية متبلورة [8,P:20] .

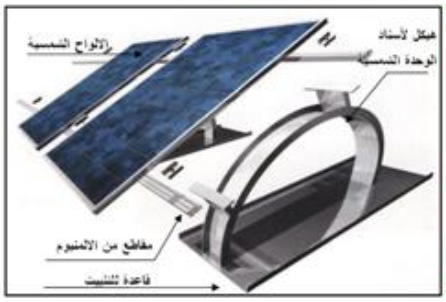


شكل (5) وحدات شمسية متكاملة مع مواد الانهاء [10,P:100].

شكل (5) مكونات النظام السائد [10,P:100].



شكل (7) الهياكل السائدة في الالواح الشمسية [6,P:15] .



شكل (8) وحدات شمسية بهياكل مائلة للسطوح الافقية [8,P:100].

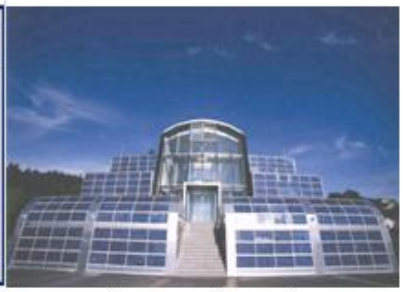
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شكل (9) الواح شمسية عازلة
للحرارة [8,P:20].

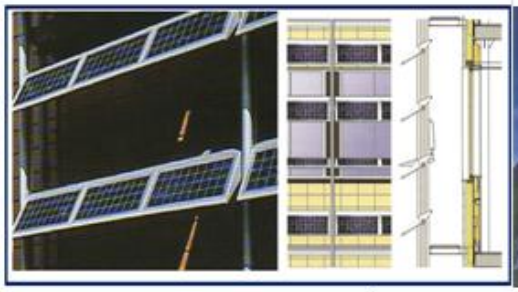
شكل (10) الواح شمسية تستعمل
كإضاءة سقفية [8,P:20].

شكل (11) مساند الالواح
الشمسية [11,P:9]

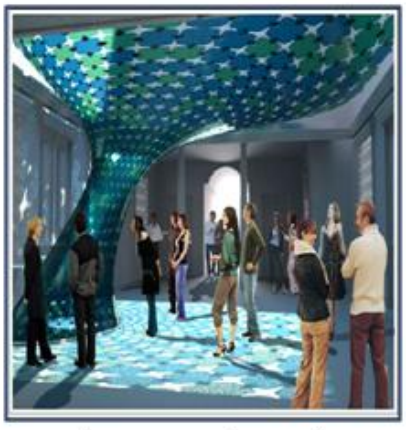
شكل (12) الواح شمسية قابلة للطي
في مدرسة – اليابان [8,P:78].



شكل (13) الواح شمسية على
الجدران المقوسة [6,P:20].



شكل (14) واجهة مبنى مؤسسة الابحاث
والطاقة – هولندا [8,P:200].



شكل (15) "الثريا" تصميم من قبل
Christoph Klemm [8,P:67].

شكل (16) توظيف المنظومات الشمسية في مشروع
Zero Energy Media Wall [9,P:25].

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com