JAUES

Journal Of Al Azhar University Engineering Sector

Vol. 12, No. 44, July, 2017, 1152-1165

الطرق المفضلة لدمج وتوجية وحدات الخلايا الفوتوفولتية بأسطح المبانى
دراسة تحليلية لمبانى الإسكان الشعبي بمدينة قنا

محمد سعد عطوة و هشام عثمان عبد الرحمن و حسن عبد الونيس محمد العمرى
قسم العمارة ـ كلية الهندسة بالقاهرة ـ جامعة الأزهر
قسم العمارة كلية الهندسة بقنا ـ جامعة الأزهر

ABSTRACT
The global trend began in modern buildings architecture to the development of means that would raise the importance of buildings in terms of suitability for nature and affect it in the long term. The units of photovoltaic is one of these methods that become one the strategic options to meet the future needs of the domestic and global energy but positive returns simple compared to what is produced by traditional methods. Also, it is affected by integration into the buildings to enrich aspects (Environmental- Functional-Electrical) in buildings, especially the formal aspects of the building. As qena city enjoys high rates of solar radiation throughout the year, its buildings are qualification to accept the integration of photovoltaic units.

This paper aims to explore the impact of the integration of modules photovoltaic cells in the roof of buildings in qena and comparison between the fine aspects of the building after the integration of these units on the buildings, as well as the multiple ways in integration of photovoltaic cells and the vocabulary of architectural configuration cells on those buildings, especially with the multiplicity of photovoltaic cells modules , the different forms ,and ways to integrate them into buildings. Also, this paper does analytical comparison between several buildings of the existing buildings in Egypt and applied by the photovoltaic modules systems and study the impacts when adding these modules are on different roofs

---

ملخص البحث:
بدأ الاتجاه العالمي في عمارة المباني الحديثة الى استحداث وسائل من شأنها أن ترفع من قيم المباني من حيث ملائمتها للطبيعة وتؤثر فيه على المدى الطويل، من بين هذه الوسائل ما يسم ى "بالوحدات الفوتوفولتيه"، حيث أصبحت من المجالات الواسعة للدراسة في الآونة الأخيرة، وتعتبر الخلايا الفوتوفولتية إحدى الخيارات الاستراتيجية لتلبية الإحتياجات المستقبلية من الطاقة المحلية والعالمية ولكن بمردود بسيط نسبة الى ما ينتج من وسائل تقليدية، كما أنها أثرت من خلال دمجها في المباني إلى إثراء الجوانب المتعددة (البيئية – الوظيفية - الكهربية) في المباني، وعلى رأسها الجوانب الشكلية للبناء. وحيث تحظى مدينة قنا بنسب مرتفعة من الإشعاع الشمسي على مدار العام، مما يؤهل مبانيها لتقبل دمج الوحدات الفوتوفولتية عليها، ومع تعدد وحدات الخلايا الفوتوفولتية واختلاف أشكالها وطرق دمجها في المباني، يهدف هذا البحث الى استكشاف الحالات المفضلة لدمج وتوجية وحدات الخلايا الفوتوفولتية في أسطح المباني، وكذا الطرق المتعددة للتكامل بالخلايا الفوتوفولتية على الأسقف المتعددة، ثم دراسة تحليلية لمباني الاسكان الشعبي بمدينة قنا، ومعرفة افضل الطرق المناسبة لتوجية الخلايا الفوتوفولتية عليها.

الكلمات المفتاحية: الوحدات الفوتوفولتية، التوجية، مدينة قنا، الإسكان الشعبي.

إشكالية البحث:
يحاول البحث تسليط الضوء على إشكاليه معاصرة ومركبة تقوم على المحور التالي:
ظهر في الآونة الاخيرة ما يسمى بالوحدات الفوتوفولتية، وتعددت طرق استخدامها في المجالات المتعددة وعلى راسها المجال المعماري، وواكب تركيب هذه التقنية الجديدة على المباني الكثير من التحديات والعقبات من حيث صور تركيبها، وأفضليتها في المباني سواء على "الاسقف أو الواجهات" وأيهما افضل من وجهة النظر المعمارية، وتعتمد الإشكالية على

توفر الإشعاع الشمسي الغير مستغل على الصعيد المعماري لمباني الإسكان الشعبي لمدينة قنا وكذلك ارتفاع اسعار الطاقة في الآونة الأخيرة مما يجعل دمج الخلايا في المباني حل بديل عن الطاقة التقليدية.

هدف البحث:

يَهدف البحث في مجملة الى التوصل الى استكشاف الحالات المفضلة لتوجية ودمج وحدات الخلايا الفوتوفولتيه في أسقف المباني، وذلك عن طريق عمل علاقة بين الميول المختلفة لمعرفة الميول المفضلة للوحدات الفوتوفولتية كما يهدف الى التعرف على الخلايا الفوتوفولتية المتكاملة التي يمكن تطبيقها على تلك المباني وإمكانية دمجها، ودراسة الإشعاع الشمسي ودورة في تفعيل تلك التقنية بصورة أوسع، ودراسة المقترحات المناسبة للنموذج السكنى محل الدراسة

منهجية البحث: تم تصنيف بعض المناهج العلمية في هذا البحث مثل:

أولا: المنهج النظري: والذى يعتمد على استقراء المفاهيم الاساسية للوحدات الفوتوفولتية، وكذلك الوحدات المتكاملة في المباني، والطرق المتعددة لدمج الوحدات الفوتوفولتية في المباني، وكذلك الإشعاع الشمسي وطرق الاستفادة منه على أسقف مباني الاسكان الشعبي بمدينة قنا.

ثانياً: المنهج التحليلي: وهو يعتمد بصورة اساسية ومركزه على طرح مثال لمبنى من مباني الاسكان الشعبي لمدينة قنا ودراسة وتحليل المنطقة محل الدارسة مناخيا وتصميميا مع دراسة أفضل المقترحات لتوجية الوحدات الفوتوفولتية على الاسقف وذلك عن طريق العلاقة بين الميول المختلفة للخلايا وزوايا التوجية حسب المنطقة المحددة.

1- المقدمة:

في غضون فترة قصيرة من الزمن، وأنظمة الطاقة الشمسية أصبحت جزءاً لا يتجز أ من المجتمع المحيط بنا، وبالتالي فإن هناك عوامل عديدة وكثيرة لدى المخططين والمصممين لتنفيذ وتطوير هذه الأنظمة في العمارة، وإدخال التقنيات الجديدة عليها بشكل مستمر، ولذا اتجه كثير من المهندسين المعماريين وغيرهم إلى دمج التقنيات المتاحة لهذه الأنظمة في تصميماتهم، وكذلك كل ما ه و جديد وأخذ في التطور، وذلك لتلبية احتياجات المباني، واستدامتها بالشكل الذى يوفر الراحة لمستخدميها حالياً ومستقبلاً، لذا يلجأ المعماريين في التحول التدريجي نحو العمارة الشمسية والتكنولوجية من جانب الخلايا الفوتوفولتيه بشكل وتعبير أدق وأشمل.

على الرغم من كثرة وتنوع أنظمة الخلايا الفوتوفولتية، وتعدد تكنولوجياتها فهي في غالبها لم ُتستغل كما ينبغي في البناء، وتَهدف وكالة الطاقة الدولية الى تعزيز دور الخلايا الفوتوفولتية في الهندسة المعمارية بشكل عام، وكذلك معالجة العقبات المتعلقة بقضايا العمارة من أجل تعزيز دورها بشكل اكبر في المجال المعماري، وزيادة قبول المستخدمين لهذه الخلايا، مما يوسع اختراق هذه الأنظمة للأسواق العالمية، فضلاً عن توفيرها الكثير من الطاقات التقليدية، ولكن بغض النظر عن الأمثلة المتعددة لاستخدام هذه الأنظمة في العمارة فهي بحاجة للمزيد من التطور من ناحية المنتجات والادوات وكذلك المهارات المختلفة لزيادة تفعيلها بشكل اوسع.

2- المدخل النظري:

2-1- الخلايا الفوتوفولتية في العمارة: يُعد إدخال منظومة الخلايا الفوتوفولتية في العمارة المعاصرة هي الشُغل الشاغل لكثير من المعماريين، حيث أثرت مظاهر التكنولوجيا المتقدمة في هذه الخلايا في العمارة الحديثة، فهي ُتعد من المفاهيم الأساسية حالياً المتعلقة بتكامل المباني مع البيئة، وهذه المفاهيم الجديدة غيرت المفهوم العام للعمارة، من كونها عمارة تقليدية تعتمد على الطرق القديمة في إنشاؤها الى عمارة تكنولوجية تعتمد على المنظومات المخصصة في تخفيض استهلاك الطاقة لتشغيل المباني، وجعلها تصل الى أقل قدر ممكن[1].

تدخل الخلايا الفوتوفولتية في العمارة الحديثة في كثير من العمليات الخاصة بتصميم الأبنية، بدأ من مظهرها الخارجي وشكلها العام في المبنى، إلى التفصيلات الداخلية للمبنى، وهو الأمر الذى استدعى المعماريين في الوقت الحاضر لدراسة ووعى أكثر لعوامل هذه الخلايا وطرق إستغلالها بشكل فعال في العمارة الحديثة وإدماج مثل هذه الخلايا في المباني[2]. وُتعد الخلايا الفوتوفولتية ذات دوراً محورياً في الوقت الحالي، وذلك للحد من احتياجات الطاقات التقليدية في المباني ولكن ليست بالقدر المطلو ب، لذا فهي من الركائز والدعائم الهامة التي يعتمد عليها المعماريون في الوقت الحالي، وذلك لتحسين صورة وهيئة المباني سواء من الناحية الشكلية او من جانب المدخلات الفنية والتقنية الأخرى على العمارة، كما تختلف صور استخدام الخلايا الفوتوفولتية في المباني وذلك حسب نوع التصميم والغرض المخصص له البناء والذى يحدد هوية استخدام الخلايا بأي طريقة.

2-2- الخلايا الفوتوفولتية على مستوى البناء: تُستخدم الخلايا الفوتوفولتية على مستوى البناء بعدة صور وأشكال متعددة بداية من استخدامها كمولدات للطاقة بدلاً من الطاقة التقليدية، إلى استخدامها في عمليات التشكيل والتكامل مع المباني. وه ى في البناء على عدة أشكال[3]:

2-2-1- الخلايا الفوتوفولتيق في التخطيط العمراني : تعتبر المدن الجديدة بمصر والصحارى الواسعة مناسبة تماماً لإستغلال تلك الخلايا فيها حيث أن بهذه المُدن قصور كبير في إتمام الشبكات المحلية بها ويُمكن الإعتماد على الخلايا في التخطيط في مد المشاريع الكبرى بالطاقة أو استدامة المباني عن طريق توفير الطاقة لها، أو استغلا ل المناطق الفارغة لعمل مزارع فوتوفولتيق.

2-2-2- الأماكن البعيدة عن الشبكة العامة: من وظائف الخلايا الفوتوفولتية ايضاً الأماكن التي لاتصل اليها الشبكة العامة، حيث يُعد الإمداد بالطاقة بها أحد معوقات التنمية، ويُمكن ايضاً استغلالها في إضاءة المنازل الريفية البعيدة، ضخ المياة بواسطة الخلايا أو تشغيل أجهزة الاتصال اللاسلكية البعيدة.

2-2-3- التكامل مع المباني بشكل عام: تُعد قضية التكامل في المباني من الوظائف المهمة للخلايا الفوتوفولتية، والتكامل في المبنى أنواع وأشكالاً متعددة، أما ما ينتج عن التكامل من وظائف فيتمثل في قدرة الخلايا على توفير الطاقة للمباني، أو تشكيل الخلايا في المبنى ومرونتها، أو دمج الخلايا في المباني القديمة.

شكل[1]: يوضح محطات إمداد مدينة "مصدر" بالطاقة عن طريق الخلايا الفوتوفولتية[3].

شكل[2]: يوضح تشغيل المحطات اللاسلكية البعيدة باستخدام الخلايا الفوتوفولتية[4].

2-3- هندسة الألواح الفوتوفولتية معمارياً: تَشهد الخلايا الفوتوفولتية تطوراً ملحوظاً في الآونة الأخيرة على مستوى إدماجها في المباني وأيضاً على مستوى المواد الداخلة في تكوينها، لذا يجب على المهندسين المعماريين دراسة هندسة منظومة الخلايا الفوتوفولتية من جوانب عدة، أهمها من ناحية تركيبها في أجزاء المباني المختلفة، وتحديد فاعليتها، وكذلك حساب الزوايا المناسبة لوضع تلك الألواح على المباني تجاه الشمس، فضلاً عن دراسة وحساب المسافة بين هذه الخلايا وبعضها إن تم وضعها بشكل مُفرد في البناء.

2-3-1-تركيب الألواح الفوتوفولتية في البناء: تحظى الألواح الفوتوفولتية في الآونة الأخيرة بالعديد من التجارب المعمارية المختلفة، ونحن الأن بصدد الحديث عن تركيب الألواح الفوتوفولتية في المباني، وأُجريت العديد من الدارسا ت المتعددة على واجهات وأسقف المباني باستعمال الألواح الفوتوفولتية فيها وتحديد السمات العامة والعوامل المؤثرة فيها، لذا يكون دراسة تركيب الألواح في المباني من الدراسات المهمة للعمل والنتاج المعماري عن طريق دراسة عاملين هما: زوايا الميل المناسبة للألواح في المباني - المسافة بين المصفوفات المختلفة للألواح في المباني[5].

2-3-2- زوايا الميل المناسبة لتركيب الألواح الفوتوفولتية في المباني: تعتمد زوايا الميل والتوجيهات الخاصة بالألواح الفوتوفولتية من أهم الأجزاء التي يتم التركيز عليها عند وضعها في البناء، وذلك لاختلاف ميول الألواح مع دوران الشمس وحِدة سطوعها، وعادة ما تؤثر زوايا الميل وتوجيه الألواح في تحديد هوية البناء والطريقة التي سيوضع بها الألواح داخل البناء سواء داخلياً او خارجياً، ولدراسة الزوايا المناسبة لتوجيه الألواح عليها يتم الدراسة على ثلاث محاور أساسيةِ:

المحور الاول: المصطلحات والتعاريف الهامه للإشعاع: يتأثر اداء الألواح الفوتوفولتية غالبا بزوايا الميل المختلفة، لذا ففهم عمليات التوجيه السليمة تعد عاملا رئيسيا في انجاح هذه المنظومة، ولفهم ذلك لابد من معرفه كيفيه وصول الضوء والاشعاع على الاسطح المختلفة.

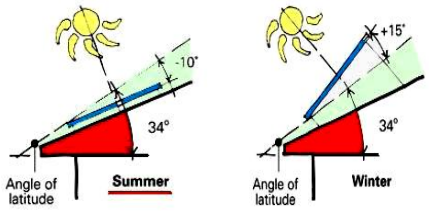
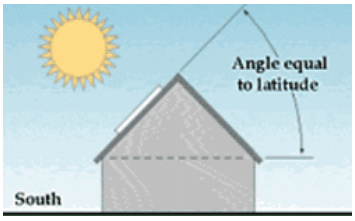
جدول[1]: يوضح المصطلحات والتعاريف الهامة للإشعاع الشمسي[6].

المصطلح	التعريف
الإشعاع	**كميه الضوء الواصلة مباشره من الشمس على سطح ما .**
الإشعاع الشمسي	**هو إجمالي الضوء المباشر والمنتشر على مدى فتره زمنيه محدده.**
زاوية الميل	**هي الزاوية المحصورة بين السطح الأفقي للميول والعمود القائم.**
الإشعاع المباشر	**كميه الضوء الواصلة الى السطح من خلال الغيوم والضباب**
زاوية السقوط	**هي الزاوية المحصورة بين الخط العادي والسطح واشعه الشمس.**
زاوية السمت	**زاويه الميل مع الخط الأفقي مع جسم ونقطه مرجعيه تعود ناحيه الجنوب**

ومن المعروف أن مُعظم المواقع خلال فصل الشتاء تكون مغيمة عكس فصل الصيف الذى يزداد نسبة السطوع فيه، لذا فإن نسبة الإشعاع صباحاً وفى الظهيرة تختلف باختلاف الفصول المتعددة، وعليه فيتم اختيار الزاوية المناسبة حسب الشهر.

المحور الثاني: زوايا الميل المفضلة للألواح: تعد زوايا الميل المناسبة للألواح الفوتوفولتية مجالاً خصبا للعديد من الدراسات المختلفة، من حيث الميول المسطحة او غيرها التي تختلف باختلاف حدة وشكل الإشعاع الساقط على تلك الألواح في مختلف الأماكن.

جدول[2]: يوضح زوايا الميل المفضلة للألواح الفوتوفولتية[7].

الأشعة العادية	حسب المواسم	الزوايا المتساوية
وتكون اسطح الاستقبال فيها مائله بطريقه تصل اشعه الشمس بطريقه عموديه عليها.	تعتمد الزوايا الموسمية إما على الصيف أو الشتاء في الغالب. بحيث تكون أسطح الميول بنسبه من (10-15%) اقل عن درجة خط العرض في الصيف واكثر بنفس الدرجة شتاءاً.	وفيه تكون أسطح الاستقبال بزوايا ميول متساوية مع خطوط العرض في الموقع نفسه.
		

المحور الثالث: الطرق المتعددة لتوجيه الخلايا مع المبنى: هُناك العديد من التوجيهات المختلفة بالميول مع المبنى نفسة واتجاهه سواء من الجنوب أو الشمال وحتى في دمج أي من الحالتين والاتجاهيين معاً، فلكل منها مميزاته أو عيوبه حسب المكان المتواجد فيه البناء والشكل المتبع في وضع الألواح على المبنى.

بَعد الدارسات الكثيرة والتوجيهات المختلفة وجد ان الاتجاه الجنوبي لوضع الخلايا يُعد من افضل التوجيهات مع المباني في مصر، ويقلل من نسبة الفاقد بنسبة كبيره، وذلك لايقلل من النواحي الأخرى ولكنه أفضلهم من جوانب ومزايا عد ه كما هو موضح في الاتي.

جدول[3]: يوضح الحالات التوجيهية المقبولة للخلايا مع المبنى[8].

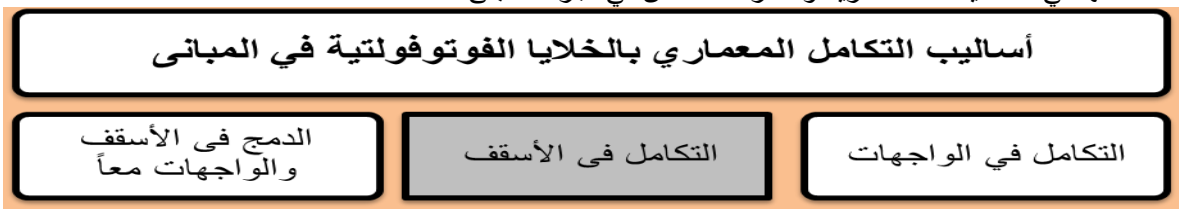
ناحيه الجنوب	الميل والحركة باتجاه الجنوب	الشرق او الغرب
عندما نضع الخلايا باتجاه الجنوب تماما فأنها تأخذ الوضع الامثل حيث تستقبل الحد الاقصى من الاشعاع الشمسي	عندما تكون الألواح موجهة بدوران وتميل باتجاه الجنوب فإنها تستقبل ما يقارب 95% من الاشعاع وقد تفقد ما قد يصل الى 30% من حدتها بنسبة دوران لا تقل عن 20%.	ميل الالواح تجاه الشرق أو الغرب يكون اقل كفاءه ولكنه يكون ايضا بمستوى مقبول ومعقول.

3- الخلايا المتكاملة معمارياً: تظل الاعتبارات المعمارية في استخدام الخلايا المتكاملة في المباني مهمة جداً، حيث يُعتبر التكامل الوظيفي في البناء ومظاهر السطح والملمس من الإضافات الهامة في عملية التكامل المعماري، وتُظل ذات دور محوري في إنجاح وتطوير أنظمة التكامل المعماري في المباني، فالتقنيات الحديثة والمتطورة تسمح بتحول المباني من منظورها التقليدي المُسرف في إستهلاك الطاقة إلى مباني تكنولوجية حديثه تعتمد ذاتياً على نفسها في الطاقة الكهربية، كما تُساعد التصميم المعماري في الخروج بصورة جيدة مع تلك التقنيات الجديدة، وتعمل هذه الوحدات كعازل حرارى او حاجز من الطقس الخارجي أو حتى في انتقال الضوء في بعض الاحيان.

على مر السنين والخلايا الفوتوفولتية تأخذ دوراً محورياً في التحول نحو الأنشطة المتكاملة في البناء وفى المجالات التطبيقية له، وتَهدف في مُجملها إلى الاتي:[9]

- تطوير أجيال جديدة من العناصر الكهروضوئية القادرة على راحة الاستخدام والموثوقية العالمية.
- تزويد المهندسين المعماريين بمجموعة متنوعة من المنتجات الصالحة للإستعمال مع وظائف المبنى المختلفة.
- إقتراح قواعد جديدة للتصميم المعماري للعناصر المختلفة.
- خفض تكاليف العناصر الفوتوفولتية المعمارية، وضمان إختراق تلك المكونات في البيئة العمرانية.

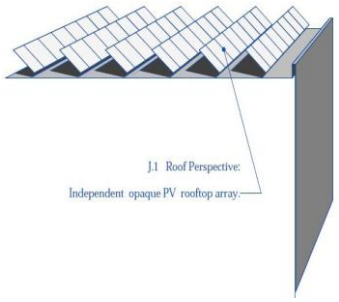
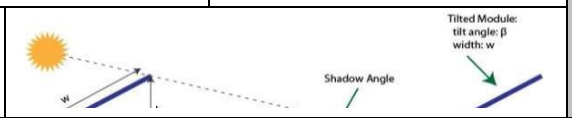
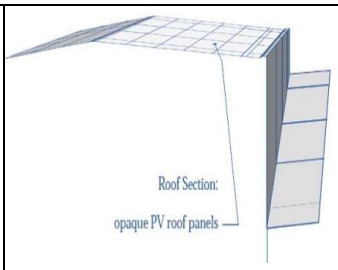
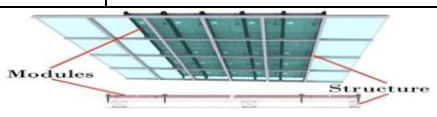
1-3- أساليب التكامل المعماري للخلايا الفوتوفولتية في المباني : هناك الكثير من وسائل الخلايا الفوتوفولتية التي ُيمكن دمجها وإدخالها على أجزاء المبنى المختلفة، وتركب هذه الانظمة على الهيكل الخارجي للمبنى بطرق عدة، فغالبا إما أن ُتثبت على السقف أو على الحوائط الخارجية للمبنى، كذلك ُيمكن تركيبها كجزء أساسي من الغلاف الخارجي للبناء، كما ُيمكن تركيب الوحدات الفوتوفولتية على الواجهات الخارجية للمبنى لتوليد الكهرباء وكمادة تشطيب خارجية، وُيمكن استخدامها في التفصيلات المعمارية وكاسرات للشمس في اجزاء المبنى المختلفة.

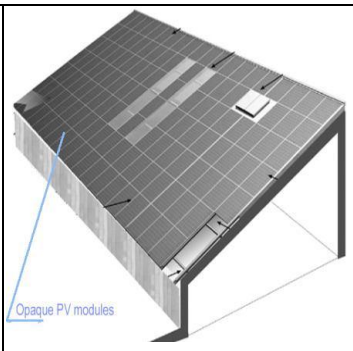
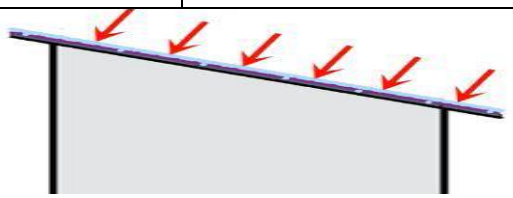
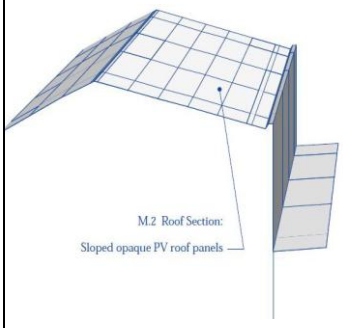
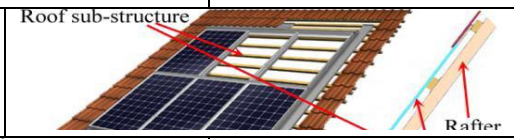
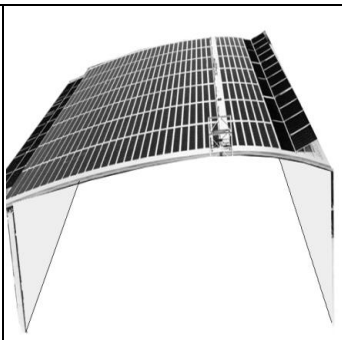
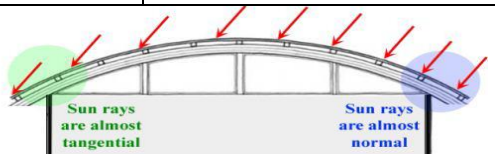


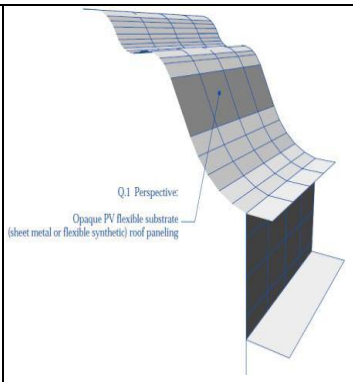
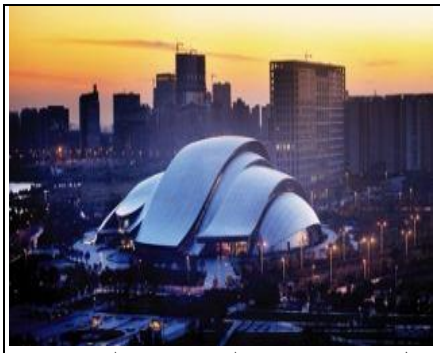
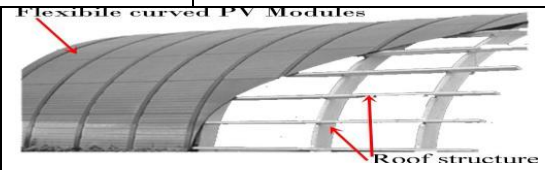
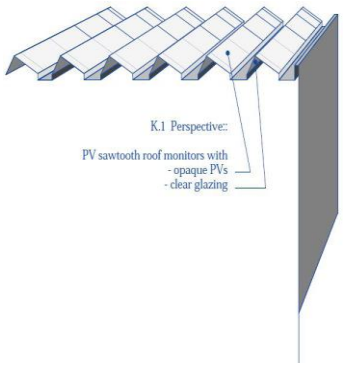
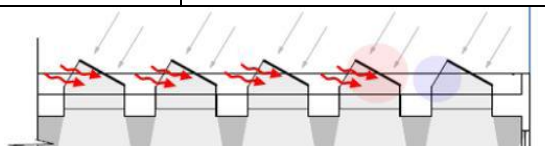
شكل[3]: تصنيفات أنظمة التكامل المعماري بالخلايا الفوتو فولتية في المباني [10].

سوف يركز البحث على انظمة الخلايا المتكاملة والتي تستخدم في الاسقف، والتي تقدم أفضل فرص جاذبة لتركيب خلايا الطاقة الفوتوفولتية المستخدمة في البناء، وذلك لأن الاسقف عادة ما يحتل اكبر مساحة وصولا للشمس عليها، وعدم وجود ما يظلل عليها وما يعيق وصول الإشعاع الشمسي الية بخلاف الواجهات وفيما يلى يتم شرح أنظمة الخلايا الفوتوفولتية المتكاملة في الاسقف مع الميول المضلة لكل حالة من الحالات.

جدول[4]: يوضح أنظمة الخلايا الفوتوفولتية المختلفة في المباني.

	شكل توضيحى	الوصف	مثال
الأسقف الأفقية بزاوية ميل على السقف(نظام 1)		**تمثل الأسقف المسطحة أقل درجة من الصعوبة بالنسبة لهندسة خلايا الطاقة الشمسية المتكاملة المستخدمة في البناء. والسقف المسطح هو عبارة سقف مع انحدار بدرجة أقل من 11 درجة وهي عبارة عن خلايا طاقة شمسية معتمة يمكنها أن تحل محل الطبقة الخارجية للسقف (التكسية)، أو يمكن تثبيتهم على الهيكل المثبت على السقف كما أنها تُقلل الحرارة وذلك بتوفير الظل لسطح المبنى [11].**	 شكل[4]:مبنى البرلمان الألمانى واستخدام الخلايا الفوتوفولتية بزاوية ميل على الأسقف المستوية.
		**وضعية الميل تقدم أفضل كفاءة نتيجة لوجود زاوية ميل مناسبة وتقدم ظل لسقف المبنى [12].**	
الأسقف السماوية بأكثر من اتجاة(نظام 2)		**تقدم هذه الأنظمة وظيفة ثنائية حيث تولد الكهرباء وتستبدل مادة السقف التقليدي بالكامل كما يجب أن يتم تهويتها من الخلف بشكل جيد لكي لا تقل كفاءتها نتيجة لارتفاع درجة الحرارة ويمكن استخدام خلايا الطاقة الشمسية التي ليس لها إطارات وذلك لتقدم مظهراً جمالياً [13].**	 شكل[5]:سقف سماوي بتشكيل مستدير بكافتيريا (empenty)- المانيا [14].
		**خلايا الطاقة الشمسية المعتمة تعمل كسقف نموذجي مشترك مع هيكل السقف ويجب أن تكون أحجام خلايا الطاقة الشمسية وهيكل السقف مدمجة [15].**	

الأسقف الأفقية المائلة(نظام 3)		يمكن تطبيق خلايا الطاقة الشمسية على سطح المبنى أو تستبدل بغطاء المبنى. وعادةً ما تختار شركات التركيب المنهج الأول الأقل تعقيداً أما المنهج الثاني بشكل عام يعتبر أكثر قبولاً للمهندسين المعماريين حيث تمثل خلايا الطاقة الشمسية الطبقة الخارجية للسقف[16].	 شكل[6]:مركز (BIntercultural) واشنطن[17].
		تعمل الأسقف المائلة أفضل من الأسقف المسطحة حيث تكون كمية الإشعاع الشمسي على الأسطح المائلة أكبر منها على الأسطح المسطحة[12].	
الأسقف الأفقية المنحدرة(نظام 4)		تعتبر الأسطح المنحدرة مرئية لعامة الناس وبذلك يجب أن تكون بشكل جمالي، وهذا يحفز السوق على تقديم ألواح خلايا طاقة شمسية تناسب منتجات السقف العامة مثل ألواح طاقة شمسية على شكل بلاطات وألواح خشبية وبالتالي يجب دمج ألواح خلايا الطاقة الشمسية في هيكل السقف. كما يجب أن تكون ألواح خلايا الطاقة الشمسية مقاومة للأمطار بين الوحدات وعند الحواف، كما يجب ضمان تحقيق تهوية كافية خلف الوحدات[12].	 شكل[7]: منطقة (Schlierberg)، المانيا [13].
		كما تُقدم الوحدات التي بدون إطارات منظراً جمالياً بدرجة أكبر من الألواح ذات الإطارات وتعتبر أكثر ملائمة للتنظيف وتصريف المياه[21].	
الأسقف المنحنية على السطح(نظام 5)		يقدم التصميم الممتد للأنظمة المنحنية احتمالات أكبر من خلال وجود مرونة في مجال تركيب ألواح الطاقة الشمسية، كما أنه يمكن استخدام الوحدات الصلبة وتركيبها صفاً بصف بعد منحنى السقف مثل بلاطات السقف التقليدية. وعادةً ما يتم تطبيق معظم التركيبات على السقف المعدني "من الألومنيوم والحديد المقاوم للصدأ"ومثل أنظمة التكسية الأخرى، تُضيف ألواح الطاقة الشمسية عزل وحماية لمنطقة السقف التي تغطيها[21].	 شكل[8]:مركز آدم جوزيف لويس، أوبرلين كلية،أوهايو، الولايات المتحدةالأمريكية[11].
		خصائص السقف المنحني: يقدم أداء أقل نتيجة لعدم وحدة كثافة ضوء الشمس على سطح ألواح الطاقة الشمسية ويتم تثبيت ألواح الطاقة الشمسية المعتمة على السقف باستخدام هيكل معدني فرعي. ويتم تركيبهم على حواجز مع عناصر تثبيت محددة حسب النظام[21].	

الأسقف المرنة على السطح(نظام 6)		**ألواح الطاقة الشمسية المرنة المعتمة المثبتة على السقف تعمل كغطاء للمبنى مدمج مع نظام هيكل السقف.** **عند تركيب نظام ألواح الطاقة الشمسية على هذه الأسقف الم رنة، عادةً ما تُخصص الشركات المُصنعة وحدات ألواح الطاقة الشمسية "ألواح يتم تفصيلها" لتناسب شكل السقف وهندسته وأبعاده يجب أن يتم وضع ألواح الطاقة الشمسية وجمعها سوياً بعناية حيث تخضع الوحدات لظروف مختلفة "الميل والاتجاه"[14].**	 شكل[9]: مسرح هيفى الكبير- انهوى الصين [15].
		**تقدم ألواح الطاقة الشمسية الم رنة لتصميم السقف المرونة والوزن الخفيف ويمكن دمجها بشكل سلسل على هيكل السقف[15].**	
الأسقف الأفقية المسننة (نظام 7)		**هياكل أسنان المنشار تعتبر واحدة من الأماكن الشيقة لتركيب ألواح الطاقة الشمسية وتدمج هذه الهياكل ميزة الانتشار الخفيف في المبنى أثناء تقديم سطح غير مسدود لتركيب ألواح الطاقة الشمسية ، يمكن لألواح الطاقة الشمسية إما أن تُركب على غطاء السقف أو أن تستبدل الجانب المائل من أسنان المنشار المتجهة نحو الجنوب. ويجب تعديل زاوية ميل أسنان المنشار لتلقي أشعة الشمس الطبيعية كلما أمكن للحصول على أفضل طاقة. وبجانب ذلك، يجب أخذ نقطة تصريف المياه في عين الاعتبار[21].**	 شكل[10]: قاعة الالعاب الرياضية-جامعة جلاوسترشير- المملكة المتحدة [16].
		**تركيب ألواح زجاجية ناحية الشمال تقدم تعرض لضوء النهار وتدعم التهوية الخلفية لألواح الطاقة الشمسية وذلك للحفاظ على الكفاءة بأفضل شكل ممكن.**	

4- الدراسة التحليلية لمنطقة الدراسة: منطقة الاسكان الشعبي بمدينة قنا " مساكن عثمان"

4-1- التشخيص المناخي لمنطقة الدراسة: أظهرت الدراسات البيو مناخي ة أن مناخ الإقليم من شهر مايو حتى شهر سبتمبر يعتبر مناخ حار جاف، كما أن شهور يونيو ويوليو وأغسطس من أصعب الشهور الحارة في إقليم قنا. وهذا ناتج من عدة أسباب أهمها[22]:

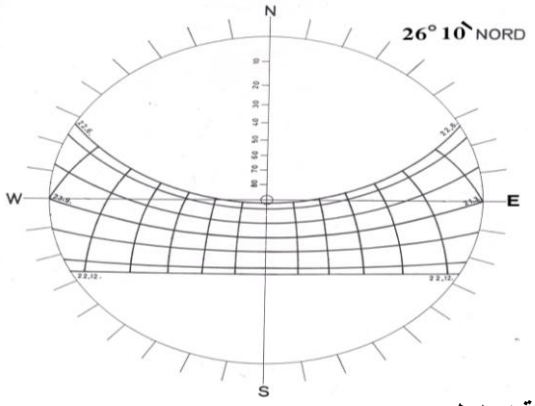
- وقوع مدينة قنا بالقرب من خط عرض 26˚ شمالاً، وخط طول 51. 32˚ شرقاً، حيث أن زاوية ارتفاع الشمس يبلغ 88.4˚، وهي أقصى قيمة لها ممثلة لفصل الصيف، وأن زاوية ارتفاع أشعة الشمس يبلغ 40.6˚، وهي أقل قيمة لها ممثلة لفصل الشتاء.
- يتعرض الإقليم إلي فيض شمسي عالي جداً، حيث يتميز إقليم قنا بزيادة المسطح طوال العام، إذ تكون معدلات الإشعاع الشمسي أقل ما يمكن في شهر ديسمبر (حوالي 1400 كالوري/سم^2/دقيقة)، وتصل إلى أكبر قيمة لها في شهر يونيو (حوالي 3000 كالوري/سم^2/دقيقة)، ويوضح الجدول التالي المعدلات الشهرية للإشعاع الشمسي لمنطقة قنا (كالوري/سم^2/يوم).
- درجات الحرارة تزيد عن 40˚م خلال أشهر الصيف مع وجود مدى حراري عالي يزيد عن 15˚م، وهذا المدى الكبير يمكن الاستفادة منه.
- خلق طابع بيئي معماري معاصر بتكنولوجيا خاصة، كعنصر تصميمي جديد يعكس تأثيره على تكوين وتوجيه المبنى وعلاقاته بما حوله وفي تخطيط التجمعات العمرانية الجديدة.

- بساطة الإنشاء ونمطية التركيب ومرونة الشكل والامتداد، ويمكن الاستغناء عن أعمال الصيانة بخلاف التنظيف العادي، وهي بذلك تكون مستقلة عن المؤثرات البشرية والقصور البشري.

2-4- ساعات سطوع الشمس على الواجهات المختلفة لمدينة قنا: (الباحث)

إن توجيه المبنى في منطقة قنا يخضع لاعتبارات الشمس أكثر من اعتبارات الرياح، وذلك لضمان توفير أكبر قدر من الظلال والبعد عن الهواء الجاف الساخن الذي تتميز به. وبهذا يكون التوجيه الأمثل للفتحات هو الشمال، ثم التوجيه إلى الجنوب حيث تكون عملية التظليل سهلة ومن خلال دراسة لسطح رأسي، تم استنتاج عدد ساعات سطوع الشمس على السطح على مدار السنة، وهو يختلف بحسب زاوية التوجيه ومن ذلك يتضح الاتي:

أن **الاتجاه الشمالي، الاتجاه الشمالي الشرقي 30 درجة، الاتجاه الشمالي الغربي330 درجة**، هم أقل الاتجاهات تعرضاً للشمس في فصل الصيف، لذلك لن نحصل على أشعة شمس مباشرة في هذه الاتجاهات، وهذه الإتجاهات لا تسبب انعكاس للشمس من على الأسطح، هذا وبعكس الاتجاهات **الجنوبية 180درجة، الجنوبية الشرقية 150 ْ، الجنوبية الغربية 210درجة** ، فإنها تتعرض لأكبر اشعاع شمسي في فصل الشتاء، وهذا هو المطلوب، لذا تعتبر هذه التوجيهات هي الأمثل والأفضل على مدار العام.



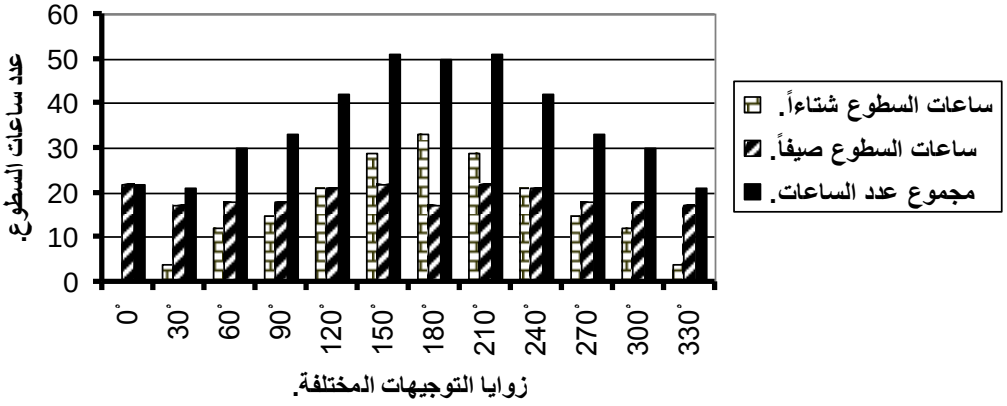
شكل[10]: خريطة المسار الشمسي لمدينة قنا(الباحث).

ويمكن معالجة التوجيهات المختلفة بالوحدات الفوتوفولتية كما يلي:(الباحث).

1- الواجهة الجنوبية: يتم تظليل هذه الواجهات باستخدام وحدات فوتوفولتية بارزة تقلل من التعرض المباشر لأشعة الشمس للحوائط للمبنى، مع توفير إمكانية نفاذية أشعة الشمس ذات زاوية الارتفاع الصغيرة إلى داخل الفراغات في فصل الشتاء حتى يكون الوضع مثالياً ومحبباً.

2- الواجهة الشمالية: وهي الواجهات الأقل تعرضاً لأشعة الشمس المباشرة، حيث ساعات النهار المبكرة والمتأخرة ذات الحرارة والارتفاع المخفض، وتعتبر الواجهة الشمالية مثالية التوجيه.

3- الواجهات الشرقية والغربية: تتعرض الواجهات الشرقية لأشعة الشمس منذ الشروق حتى الظهيرة، والواجهات الغربية من الظهيرة حتى الغروب، وتفقد الواجهتان حرارتهما بحلول المساء، وتعالجان بعناصر معمارية محدثة للتظليل عليهما كالشرفات والمظلات والممرات المفتوحة الجوانب أو الشرفات المسقوفة أو كاسرات الشمس الفوتوفولتية.



شكل[10]: عدد ساعات سطوع الشمس على الواجهات لمبنى بمدينة قنا(الباحث).

3-4- االوضع الراهن لمنطقة الدراسة: (منطقة امتدادات عمرانية جديدة) اسكان شعبي.(الباحث).

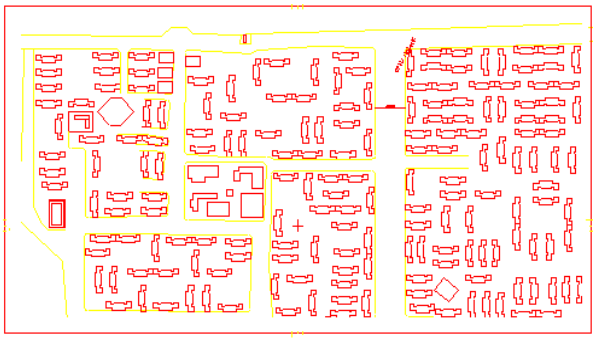
منطقة الاسكان الشعبي (مساكن عثمان) تعتبر من الإمتدادات العمرانية الجديدة المخططة من قبل المحليات بالمحافظة، والتي غزت بها مدينة قنا الصحراء الشرقية المتاخمة لها، وهي تقع في الجزء الشرقي لمدينة قنا، وتعتبر هذه المنطقة أحد الحدود العمرانية للمدينة، حيث تتعانق هذه المنطقة بعد ذلك مع امتداد الصحراء الشرقية. حيث شيدت لحل مشكلة الاسكان وزيادة عدد السكان في الآونة الأخيرة، وهي عبارة عن منطقة ذات تخطيط نمطي مكون من مجموعة من البلوكات السكنية المتشابهة في الواجهات والارتفاعات المرصوصة بطريقة عشوائية، كل مجموعة تحيط بفراغ مفتوح

غير موجه وغير ملائم لطبيعة الصحراء ومناخها، شكل(11)، ومنطقة التأمين يحدها من الشمال جامعة جنوب الوادي ومن الجنوب منطقة ممهدة للتوسع المستقبلي لمدينة قنا الجديدة، وحدودها من الغرب بعض المناطق السكنية لمدينة قنا القديمة مثل الكنوز والشئون، ومن الشرق المعهد العالي للخدمة الاجتماعية وبعض المباني التعليمية. وتتدرج اتساعات الشوارع في منطقة التأمين من 10 متر حتي 48,5 متر (شارع التأمين)

4-4- الدراسة التحليلية العمرانية لمنطقة الدراسة: (الباحث)

4-4-1- التكوين العمراني:

- **النسيج العمرانى:** عبارة عن بلوكات سكنية منفردة ومتناثرة، كل مجموعة تحيط بفراغ عمراني.
- **توجيه التكوين العمراني:** جميع البلوكات السكنية موجهه للخارج وغير محمية من العوامل المناخية القاسية التي تتميز بها الصحراء.
- **عروض الشوارع وتوجيهها:** شوارع واسعة جداً، حيث تتدرج إتساعاتها من 10 متر حتي 48,5 متر، وهي شوارع لا تتوافق مع الظروف المحيطة القاسية. ويوضح شكل (12)، شارع التأمين والذي يبلغ عرضه 48,5 متر، واتجاهه شمال جنوب، وجميع الشوارع الأخرى متعامدة معه وجميع الشوارع الرئيسية والفرعية التي تتخلل البلوكات السكنية لا توجد بها أي مظلات أو تغطيات للحماية من أشعة الشمس المباشرة، والتي تساعد في حركة الهواء.
- **الفراغات العمرانية وتوجيهها:** توجد الفراغات العمرانية داخل مجموعات البلوكات السكنية، وهي ذات توجيهات مختلفة ونسب كبيرة، منها المربع والمستطيل. وتفتح على جميع الشوارع المحيطة.
- **عناصر تنسيق المواقع.(مياه، أشجار):** على الرغم من توافر الفراغات العمرانية المفتوحة وإتساع الشوارع بها والميادين، فإن هذه المنطقة لا تتوافر بها عناصر تنسيق المواقع من مياه وأشجار و..).



شكل[11]: يوضح المخطط التفصيلي لمنطقة الإسكان الشعبى كمنطقة امتداد عمراني جديدة بمدينة قنا(الباحث).

شكل[12]: شارع التأمين والذي يبلغ عرضه 48,5 متر، واتجاهه شمال جنوب(الباحث).

4-4-2- التصميم المعماري:

- **شكل المباني وكتلتها من حيث الارتفاعات**: المباني في المنطقة عبارة عن بلوكات مستطيلة الشكل منفردة ومتناثرة، حيث أن جميع الواجهات بها معرضة لعوامل المناخ القاسي الذي تتميز به المنطقة، ويبلغ ارتفاع المباني خمسة أدوار، وكل مجموعة من البلوكات تحيط بفراغ أو ساحة عمرانية مستطيلة أو مربعة الشكل.
- **توجيه المباني:** تأخذ البلوكات السكنية اتجاهين فقط طبقاً لمحور المبنى الأكبر وهما اتجاه شمال- جنوب مع الميل عنه بزاوية خفيفة، وهو غير مفضل في المناطق الصحراوية، والاتجاه الأخر شرق- غرب مع الميل عنه بزاوية خفيفة، بحيث تكون الواجهة الأكبر ناحية الجنوب والشمال وهذا الاتجاه مفضل في المناطق الصحراوية صيفاً وشتاءاً.
- **الحوائط:** الحوائط في المنطقة عبارة عن سواتر وليست حوائط حاملة وهي ذات سمك 12 سم، سواء الحوائط الداخلية أو الحوائط الخارجية لها نفس السمك. وتطلى الحوائط الخارجية بالبلوكات السكنية باللون الرمادي الغامق أو لون الأسمنت الأسود، مما يساعد على امتصاص الحرارة. وزيادة استهلاك الطاقة الميكانيكية والكهربية في التبريد.
- **الأسقف:** الأسقف في منطقة التأمين من الخرسانة المسلحة، وهي عبارة عن بلاطات مستوية بكامل مسطح البلوكات السكنية. أو بنظام الكمرة والعمود، والشكل التالي يوضح الأسقف الخرسانية ذات البلاطات المستوية المستخدمة.
- **الفتحات:** تتميز الفتحات بالبلوكات السكنية بالتشابه في الشكل وفي الأبعاد، حيث تستخدم في حمايتها ضلف الشيش من الخارج وضلف الزجاج من الداخل.
- **<u>النظام الإنشائي:</u>** لنظام المستخدم هو أسلوب البناء الهيكلي. من الخرسانة المسلحة. والطوب الإسمنتي.
- **<u>مواد البناء:</u>** مواد البناء لا تختلف كثيراً عن مناطق الامتدادات العمرانية الجديدة على مستوى الجمهورية، حيث تنحصر مواد البناء المستخدمة في تشييد البلوكات السكنية بين الخرسانة المسلحة ومونة الأسمنت والرمل والطوب الأسمنتي المصنع في الموقع بأبعاد 25x12x 6سم، والتي استخدمت في تشييد الحوائط الداخلية والخارجية سواء.

4-5- العلاقة التبادلية بين الميول المختلفة وانظمة الخلايا الفوتوفولتية في الأسقف:

يتم تسليط الضوء على العلاقة المتبادلة بين الميول المختلفة للخلايا الفوتوفولتية في الاسقف والأنظمة المختلفة لها وذلك عن طريق عمل جدول مقارنة بين الميول المختلفة على مدار العام مع الأشهر والمواسم المختلفة طوال العام، وذلك لمعرفة الحالات التوجيهية المحببة والمفضلة لدمج الخلايا على اسقف النموذج المختار للدراسة.

وتساعد هذه المقارنة الكثير من المهندسين المعماريين، أو حتى المختصين بمجال الخلايا الفوتوفولتية لمعرفة الميول المفضلة لدمج الوحدات على أسقف المباني المختلفة، مع الأخذ في الإعتبار نوعية البناء والظروف البيئية المحيطة

جدول[5]: العلاقة بين الميول المختلفة وأنظمة الخلايا الفوتوفولتية للأسقف[23].

						الخلايا المتكاملة للأسقف													
						نظام السقف 1													
علاقة ☐ لا علاقة								نظام السقف 2		نظام السقف 3		نظام السقف 4		نظام السقف 5		نظام السقف 6		نظام السقف 7	
المواد الفوتوفولتية						عامل الميول	التوجيه	ع م.	ت	ع م.	ت	ع م.	ت	ع م.	ت	ع م.	ت	ع م.	ت
عامل الميول والتوجية للخلايا	الميـــــول	زوايا الميل للخلايا الفوتوفولتية	موقع خط العرض	إمالة ناحية خط العرض															
				زاوية سقوط الشمس															
				عمودى على أشعة الشمس															
			زوايا الميل المائلة للخلايا	أفقى (صفر)															
				(10°)															
				(20°)															
				(30°)															
				(40°)															
				(50°)															
				(60°)															
				(70°)															
				(80°)															
				عمودي															
		الموسم المطلوب/الشهر	الموسم	الصيف															
				الشتاء															
				الربيع/الخريف															
			شهور التشميش	مبلغ العزل المباشر															
				كمية العزل المنتشر															
				متوسط العزل اليومى															
				متوسط شهور التسرب															
	التوجيـــة	زاوية السمت	الجنوب	جنوب بزاوية (0)															
			الإمالة ناحية الجنوب	ناحية الجنوب ±20°															
				ناحية الجنوب ±30°															
				±30° ±75°															
				±75° ±90°															
			شرق/غرب	شرق /غرب ±90°															
			شمال	شمال شرقى وشمال غربى (توجيهات غير مفضلة)															

5- البدائل المفضلة لدمج وتوجية الألواح الفوتو فولتية على النموذج السكنى:

من خلال الجدول السابق تم التوصل الى عدة بدائل لدمج وحدات الخلايا الفوتوفولتية على أسقف النموذج المحدد وهى تمثل أفضل البدائل على أساس الميول المختلفة الزوايا المتعددة وأشهر السنة في المنطقة قيد البحث:

5-1- البديل الأول: توزيع الخلايا على السقف بأسلوب تجميع مفتوح وتوجيه ثابت بالميل المثالي.

يتم في هذه الحالة التوزيع على المساحة المقترحة كمصفوفات ثابتة، وتبلغ أبعاد اللوح المقترح للتطبيق 1.50م x 0.80 م، مع توجيه بالميل المثالي والذي يساوي خط عرض المدينة (26 درجة)، ليصل أقصي عدد ألواح يمكن استخدامها 140 لوح موزعة كما بالشكل(17)، وذلك بأسلوب التوزيع المفتوح بعد ترك مسافات بينية اللازمة، والتي

تحسب وفقاً لنسبة المسافة البينية بين الخلايا وطول الخلية الواحدة ، والتي تقدر في مدينة قنا (خط عرض 26 درجة) بحوالي 1.7، وعلي ذلك فإن:

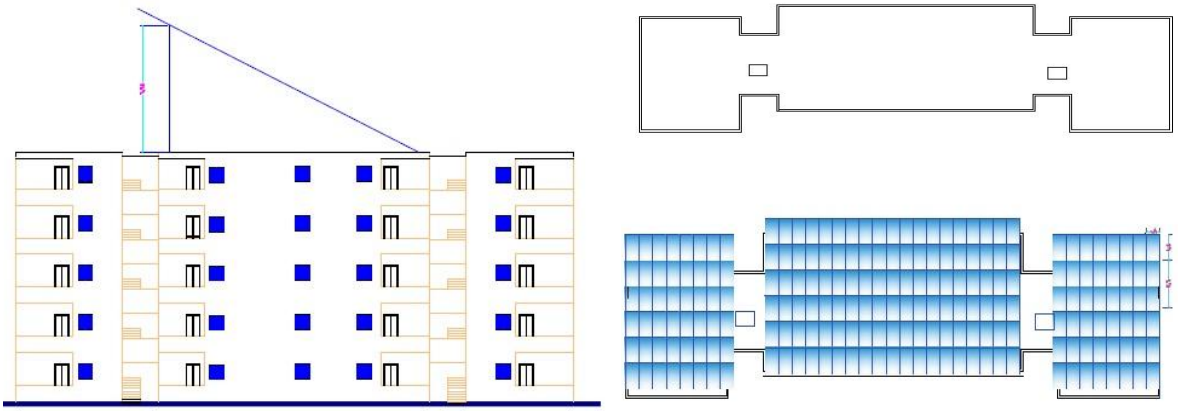
المسافة البينية بين المصفوفات = النسبة (1.7) x طول المصفوفة (1.5) **= 2.60 م**

شكل[17]:يوضح توزيع الخلايا الفوتوفولتية على سقف النموذج بأسلوب تجميع مفتوح بميل ثابت (الباحث).

ولهذه الحالة من التوزيع عدة مميزات أهمها وصول أشعة الشمس إلى أرضية السطح أغلب ساعات النهار، مما يسهل عملية استغلال السطح بشكل طبيعي، فضلاً عن أفقية السطح المطلوب للتثبيت، والذي يقلل تكلفة الهياكل الحاملة للمصفوفات ومكونات السقف الزائف.

5-2- البديل الثاني: توزيع الخلايا على السقف بأسلوب تجميع مغلق وتوجيه ثابت بالميل المثالي

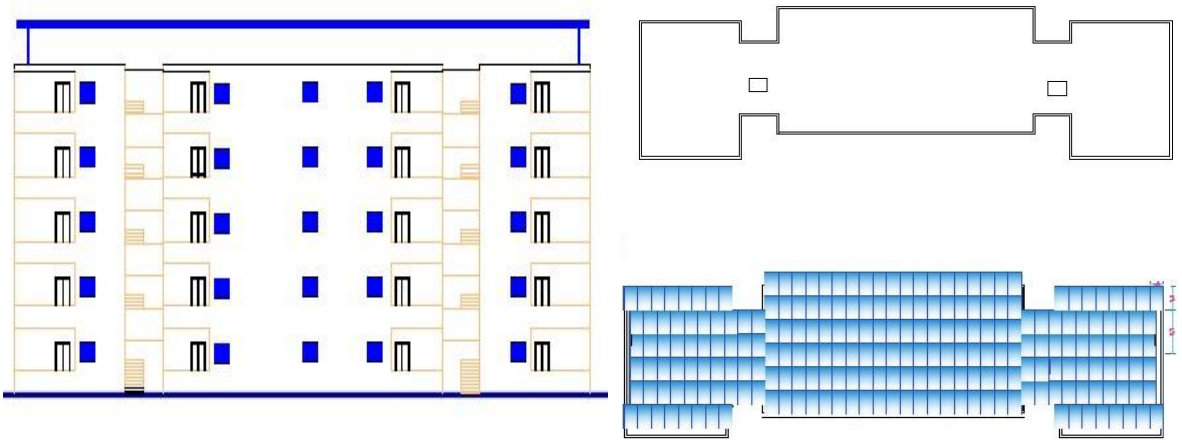
يتم في هذه الحالة التوزيع على المساحة المقترحة كمصفوفات ثابتة كما سبق، ولكن بأسلوب التجميع المغلق، أي يتم تجميع المصفوفات على سقف زائف ميله (26 درجة)، وهو الميل المثالي، ليصل أقصي عدد ألواح يمكن استخدامها 242 لوح موزعة كما بالشكل (18)، ولكن لهذا التجميع عدة عيوب أهمها تكلفة إنشاء السقف الزائف نفسه، حيث يصل السقف في هذه الحالة الى 7 م أعلى الدروة، وهو الأمر الذي يضاعف تكلفة تطبيق هذه الحالة.



شكل[18]: يوضح توزيع الخلايا الفوتوفولتية على سقف النموذج بأسلوب تجميع مغلق وتوجية ثابت(الباحث).

5-3- البديل الثالث: توزيع الخلايا على السقف بأسلوب توجيه ثابت بميل أفقي

يتم في هذه الحالة التوزيع على المساحة المقترحة كمصفوفات ثابتة كما سبق، ولكن بدون الميل المثالي، أي يتم توزيعها أفقيا أعلى كتلة السلم، حيث يصل أقصي عدد ألواح يمكن استخدامها 226 لوح موزعة كما بالشكل (19).



شكل[19]: يوضح توزيع الخلايا الفوتوفولتية على سقف النموذج بأسلوب توجية ثابت بميل أفقى (الباحث).

5-4- مقارنة بين كميات الطاقة الناتجة عن البدائل المختلفة للنموذج السكنى: (الباحث)

مقدار الطاقة الكهربية الناتجة من النظام سنويا (ك.و.س) (رياضياً)

= المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي العمودي على السطح (ك.و.س./م 2/يوم) x مساحة سطح اللوح الواحد (م 2) x عدد الألواح x عدد الأيام في السنة x كفاءة التحويل (%) x كفاءة باقي مكونات النظام (%) x كفاءة التتبع (%)[24].

البدائل المختلفة	مقار الطاقة الناتجة	
البديل الأول	(1) x (0.76) x (0.174) x (365) x (140) x (1.18) x (6.39) =	50.952 م.و.س
البديل الثاني	(1) x (0.76) x (0.174) x (365) x (242) x (1.18) x (6.39) =	88.075 م.و.س
البديل الثالث	(1) x (0.76) x (0.174) x (365) x (226) x (1.18) x (6.01) =	77.360 م.و.س

تحسب باقى مكونات النظام كالاتى:

كفاءة باقي مكونات النظام (%) = كفاءة توصيل المصفوفات x كفاءة الأسلاك x كفاءة المحول x كفاءة توافق مكونات النظام x كفاءة سريان التيار داخل الخلايا = (0.9) x (0.97) x (0.92) x (0.98) x (0.97) = (0.76).

وبمقارنة نواتج الحالات المختلفة نلاحظ أن أكبر مقدار يمكن إنتاجه من الطاقة يتم بتطبيق الحالة 2، رغم صعوبة الإنشاء كما سبق ذكره، يليها الحالة 3، رغم عدم استخدام الميل المثالي في هذه الحالة بالمقارنة بالحالة 1، إلا أن الوضع الأفقي للمصفوفات في حالة 2 أسفر عن عدد أكبر من الألواح في نفس المساحة بالمقارنة بالحالة 1، وبالتالي مقدار طاقة أكبر في نفس المساحة، ويعتبر أيضاً الوضع الأفقي من أقل الأوضاع في تكلفة التثبيت على الإطلاق.

النتائج:

1- تحظى الألواح الفوتوفولتية في الآونة الأخيرة بالعديد من التجارب المعمارية المختلفة مما يؤهلها لتكون ضمن النتاج المعماري.

2- تتنوع النظم الفوتوفولتية المتاحة للتطبيق في النوع والشكل والكفاءة عالمياً ، حيث ظهرت عدة أنواع من الخلايا الفوتوفولتية تفي بأغلب الاحتياجات وتستخدم حسب طبيعة المبني علي المستوي العالمي ، أما محلياً فتنتشر الخلايا السليكونية فقط ومازالت الكفاءة الحالية لها ضعيفة نسبياً ، أما النظام الفوتوفولتي فيتكون من عدة مكونات ، بعضها رئيسي وبعضها ثانوي.

3- تتأثر الوحدات الخاصة بالنظم الفوتوفولتية بتوجية تلك الوحدات وزوايا الميل المختلفة، وهو الأمر الذي يحتم علي المصمم أخذ هذه العوامل في الاعتبار أثناء تصميم النظام ، فضلا عن عدة اعتبارات تخص كلا من المصمم المعماري والمخطط العمراني والمهندس التقني.

4- يعتبر تطبيق النظم الفوتوفولتية علي مباني أثناء مرحلة تصميمها معمارياً أكثر سهولة من التطبيق علي مباني قائمة فعلياً، حيث إمكانية وسهولة التطبيق، بسبب تحكم عدة محددات في التطبيق وصعوبة تعديل ذلك فعلياً.

5- تعتبر النماذج النمطية للمنازل السكنية بيئة مناسبة لتوطين النظم الفوتوفولتية، وذلك بسبب الطبيعة التكرارية التي تسمح بالربط بالشبكة الرئيسية للطاقة الكهربية، ومن ثم إيجاد مسطحات أكبر لتوطين ال وحدات، فضلاً عن إجراء الدراسات الأولية لنموذج واحد فقط.

6- تعتبر مدينة قنا من المدن المناسبة لتطبق الخلايا الفوتو فولتية فيها، لما تتمتع من مقومات جغرافية ومناخية تساعد بشكل كبير في تطبيق هذة الأنظمة.

التوصيات:

1- يجب علي الهيئات البحثية في مصر مثل هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وشركات التوزيع المحلية - محاولة تقليل الفجوة التقنية للنظم الفوتوفولتية بين مصر والدول الأوروبية، وكذلك محاولة حل التكلفة الأولية المرتفعة لهذه النظم

2- توصي الدراسة المصمم المعماري باستخدام أساليب دمج النظم الفوتوفولتية في أسقف المباني وكذلك استخدام المعالجات المناخية التقليدية بجانب استخدام النظم الفوتو فولتية، كذلك الأخذ في الاعتبار كيفية توطين النظم الفوتوفولتية في المدينة.

3- توصي الدراسة المصمم المعماري باستخدام أساليب دمج النظم الفوتوفولتية في الأسقف، وكذلك استخدام المعالجات المناخية التقليدية بجانب استخدام النظم الفوتوفولتية، كذلك الأخذ في الاعتبار كيفية توطين النظم الفوتوفولتية في المدينة.

4- توصي الدراسة المصمم المعماري والمهندس التقني بإتباع مجموعة من الخطوات عند تصميم النظام الفوتوفولتي المناسب لمبني قائم، وذلك للوصول إلي أنسب تصميم للنظام معمارياً وتقنياً.

5- توصي الدراسة بتطبيق النظم الفوتوفولتية علي نماذج منطقة الإسكان الشعبي بمدينة قنا في المستقبل، وذلك بعد تقليل تكلفتها لتخليق جدوى اقتصادية مناسبة للتطبيق ، ورفع كفاءتها مع استخدام المصفوفات الثابتة بتجميع مغلق وبميل مثالي أو أفقي، وذلك لكونها أعلى الأساليب التقنية إنتاجاً للطاقة الكهربية علي النماذج.

6- ضرورة سن القوانين والتشريعات من قبل أجهزة المدن الجديدة لتحفيز السكان علي استخدام النظم الفوتوفولتية في النماذج النمطية المناسبة في المستقبل.

أولاً: المراجع العربية والأجنبية:

[1] Klaudia FARKAS، "architectural integration of photovoltaic cells overview of material and products fromarctiectural"-ScienceandHumanitiesBridgingCulture-p1.

[2] Munari Probst, M.-C. and Roecker, "Towards an improved architectural quality of building integrated solar thermal systems" (BIST). Solar Energy- p. 1104-2007

[3] مروة عاطف عبد الهادى،""نحو تشكيل معمارى مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية" رساله ماجيستير، كليه الهندسة، جامعة المنصورة، صـ91، 2012م.

[4] نشوي يوسف عبد الحافظ، "العلاقة التكاملية بين المباني والخلايا الفوتوفولتية" ، رسالة ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر، 2006م.

[5] Master'sThesis in Sustainable Architecture"،architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings" 2012 Norwegian University of Science and Technology- Department of Architectural Design- p-20

[6] Roberts, S. andGuariento, N. "Building Integrated Photovoltaics - A Handbook.Berlin"، BirkhauserVerlag AG,2009.

[7] Foster, R. Solar Energy: "renewable Energy and the Environment"، U.S.A.: Taylor and Francis Group, LLC, 2010

[8] Eiffert, P. Kiss, G. "Building-Integrated Photovoltaics for Commercial and Institutional Structures", aSourcebook for Architects. NREL/BK- 520-25272, 2000.

[9] Bakos, G. C. – Soursos, M. – Tsagas, N. F., "Technoeconomic assessment of a building-integrated PV system for electrical energy saving in residential sector", Energy and Buildings, Volume 35, Issue 8 September 2003.

[10] عمرو ممدوح، محمد عبد السميع، حازم عبد العظيم، " دراسة تحليلية لتقنيات الطاقة الشمسية النشطة الملائمة لمدينة أسيوط الجديدة "، المؤتمر المعماري الدولي الثامن (العمارة والعمران)، قسم الهندسة المعمارية، كلية هندسة،جامعة أسيوط، مصر، 2010م.

[11] Prasad, D., Et Al. SOLARCH: "The Centre for a Sustainable Built Environment". Best Practice Guidelines for Solar Power Building Projects. Australia: Australian Greenhouse Office, 2005.

[12] The German Energy Society (Deutsche Gesellshaft fur Sonnenenergie "DGS"). Planning and Installing Photovoltaic Systems; A guide for installers, architects and engineers. London: Earthscan, Sterling, VA., 2008.

[13] Edelman, M., et al. Solar Energy Systems in Architecture: Integration Criteria and Guidelines (Report T.41.A.2 IEA SHC Task 41-Solar energy & Architecture). Paris: International Energy Agency, Solar Heating and Cooling Program, 2012

[14] Farrington, R. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, National Renewable Energy Laboratory (NERL). Building-Integrated Photovoltaics (NREL/TP-472-7851). New York: NREL publications, 1999

[15] Sustainable Energy Authority of Ireland (SEAI). Best Practice Guide – Photovoltaics (PV). Ireland: Renewable Energy Information Office,2010
[16] Tominaga, M. Opportunities for thin film photovoltaics inBuilding Integrated Photovoltaics (BIPV)with a focus on Australia. MSc thesis, Murdoch University, 2009
[17] Architectural Energy Corporation, Boulder, CO. Energy Design Resources: Design Brief for Building Integrated Photovoltaics. USA: California Public Utilities Commission, 2000
[18] Pagliaro, M., et al. BIPV: merging the photovoltaic with the construction industry. In the proceedings of the 2010 progress in Photovoltaics Research and Applications. USA: John Wiley & Sons. Pp. 61–72, 2010.
[19] Celik, B. The application possibilities of PV modules in architecture: a case study for eskisehir. MSc thesis, Anadolu University, 2002.
[20] Foster, R. Solar Energy: renewable Energy and the Environment. U.S.A.: Taylor and Francis Group, LLC, 2010
[21] Roberts, S. andGuariento, N. Building Integrated Photovoltaics - A Handbook. Berlin: BirkhauserVerlag AG,2009.
[22] الهيئة العامة للأرصاد الجوية، محطة أرصاد قنا.
[23] Ahmed A. Waseef . "TILT AND ORIENTATION: A PREFERENCE FACTOR AMONG PHOTOVOLTAIC ROOF SYSTEMS"، International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology،egypt- March 2014
[24]Gevorkian, peter, "Solar power in building design", the McGraw-Hill Companies , USA., 2008، P91-94.