Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education
Syrian Virtual University
PMTM

الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
الجامعة الافتراضية السورية
ماجستير إدارة تقانة

مشروع تخرج في ماجستير التأهيل و التخصص في إدارة التقانة بعنوان

# تقانة الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى

# Building Intergated Photovoltaics Technology (BIPV)

إشراف :
الدكتور غيث ورقوزق

إعداد :
المهندسة سارا شعيرية
Sara_112998

العام الدراسي

2020-2021

# كلمة شكر :

**أشكر أستاذي القدير الدكتور غيث ورقوزق على صبره و جهده و علمه و توجيهاته و الذي كان لي خير العون و المشرف**

# الفهرس :

**الفصل الأول :**

1- مفاهيم أساسية و تعاريف .....8

**الفصل الثاني :**

2- الدراسة النظرية

2.1 – الطاقة الشمسية طاقة متجددة .....10

2.2- نظم الطاقة الشمسية في المباني .....11

2.3 – أنواع المنظومات الشمسية في المباني .....12

2.4 – مقارنة بين الألواح الشمسية التقليدية والألواح الشمسية المدمجة في البناء .....17

2.5 – مكونات النظام الكهرضوئي المتكامل مع المبنى .....17

2.6 – تصميم نظام الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى .....18

2.7 – الأنواع المتعددة للخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى ..... 19

2.8 – أماكن و أساليب تكامل الألواح الشمسية المدمجة في البناء .....27

2.9 تجارب البلدان المتقدمة و المجاورة في تقانة الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى .....31

**الفصل الثالث :**

3- الدراسة التحليلية للمنطقة المدروسة ( سورية )

3.1 – قطاع الطاقة الكهربائية في سورية .....35

3.2 – مصادر الطاقة في سورية .....35

3.3- آفاق الطاقة في سورية .....36

3.4 – الطاقة الشمسية في سورية .....39

3.5 – دراسة بعض البدائل المناسبة لدمج و توجيه الألواح الشمسية المتكاملة مع المباني السكنية في سورية.....40

**الفصل الرابع :**

4- النقل و التوطين

4.1 – نقل و توطين تقانات الخلايا الشمسية المتكاملة مع المباني في سورية .....46

5– النتائج .....47

6– التوصيات ..... 48

**المراجع .....49**

الملخص :

يعتمد تطور الأمم و المجتمعات أساساً على مدى قدرتها على مواكبة الابتكارات و التطورات التي وصل إليها العلم الحديث . فالتكنولوجيا بمفهومها الشامل ليست ملكاً لشعوب محددة ، فهي حصيلة إنتاج الفكر البشري على امتداد تاريخ الإنسانية ، و التكنولوجيا ليست حكراً على أحد و لكنها يجب أن تتناسب مع بيئة المكان الذي يطبقها .

يتناول البحث جانباً مهماً من جوانب الثورة التكنولوجية ... ألا و هو أنظمة الطاقة المتجددة المعتمدة على مصادر غير ناضبة و أهمها تقانة الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى و التي تقوم بتحويل الطاقة الشمسية التي تسقط عليها مباشرة إلى طاقة كهربائية من خلال آلية التحويل الكهرضوئي .

و كما هو معروف أن سورية من البلدان المنتجة للنفط و لكن حالها كحال جميع البلدان تعاني من نمو الطلب على الطاقة و خاصةً في قطاع المباني السكنية الذي يعتبر من أهم القطاعات المستهلكة للطاقة و يقدر هذا الاستهلاك بنسبة حوالي 40% و يتزايد سنوياً و بالتالي فإن استخدام الطاقات المتجددة يعد أمراً ملحاً و مهماً.

يهدف البحث إلى التعرف على تقانة الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى و دراسة مواقع تركيب الخلايا الشمسية بحسب أنواعها في المباني السكنية و ذلك من أجل تحقيق الموازنة بين الشكل الجمالي و الحضاري للمباني مع توفير الطاقة المطلوبة من الخلايا الشمسية و استخدامها كحل مساعد لمشكلة الطاقة في سورية .

من أجل تحقيق أهداف الدراسة قمت باستخدام المنهج الوصفي التحليلي و ذلك بالاعتماد على تجميع المعلومات حول المشكلة البحثية من خلال ما هو متوفر من معلومات في الكتب و المجلات و دراسات سابقة عن الموضوع و الاستفادة من تجارب البلدان المتقدمة و المجاورة في هذا المجال و من ثم تحليل هذه المعلومات و محاولة إسقاط ما يناسب على واقع الأبنية السكنية في سورية و استخلاص النتائج و بعض التوصيات .

خلص البحث إلى أن تقانة الخلايا الشمسية المدمجة في البناء تعد من أفضل الأساليب و الحلول لحل مشكلة الكهرباء في المباني السكنية لما يتميز به في نواحي عدة ، فمن الناحية الوظيفية يتم توليد الطاقة الكهربائية النظيفة الغير مؤثرة على البيئة و من الناحية الاقتصادية فهي تشكل بديلاً عن مصادر الطاقة المستخدمة حالياً و القابلة للنضوب بالإضافة إلى أن هذه الخلايا تحل مكان مواد البناء التقليدية و في الختام من الناحية الجمالية فهي تعبر عن الحداثة و الرقي من حيث اللون و الملمس و التصميم .

## مقدمة :

بسبب نقص كميات الوقود الأحفوري و المشتقات النفطية و مشاكل تأمينها و ارتفاع أسعارها عالمياً و محلياً بدأ العالم يتحرك بشكل عام للعمل و الاستثمار في مجال الطاقات المتجددة و حسب الأنواع المتوفرة ( شمسية – ريحية ....) في كل مكان باعتبارها أرخص الحلول و أكثر استدامة لتلبية الاحتياجات من الطاقة .

تعد سورية من البلدان المنتجة للنفط و لكن حالها كحال جميع البلدان تعاني من نمو الطلب على الطاقة و خاصةً في قطاع المباني السكنية الذي يعتبر من أهم القطاعات المستهلكة للطاقة و يقدر هذا الاستهلاك بنسبة حوالي 40% و يتزايد سنوياً و بالتالي فإن استخدام الطاقات المتجددة يعد أمراً ملحاً و مهماً .

تعد الطاقة الشمسية من أهم هذه الطاقات خاصة لما تتمتع به سورية من موقع جغرافي مناسب يتيح لها الاستفادة من الطاقة الشمسية حيث يبلغ معدل متوسط الاشعاع الشمسي الوارد إلى المتر المربع الواحد من مساحة القطر حوالي1850 KWh / year

كما أن عدد الأيام الغائمة لا يتجاوز 50 يوماً في السنة ، بالإضافة إلى ميزاتها في خلق بيئة نظيفة و تحويل المباني من منشآت مستهلكة للطاقة إلى مباني منتجة لها .

في هذا البحث تم تركيز الدراسة على أهمية استخدام الطاقات المتجددة و لاسيما الطاقة الشمسية كمصدر اقتصادي للطاقة فهي تمثل حلاً و استقلالاً في الوقت نفسه عن مصادر الشبكة العامة و العمل على الاستثمار الأمثل لها باستخدام تقانة الخلايا الشمسية المتكاملة مع المباني السكنية كحل مساعد لمشكلة الكهرباء التي تتفاقم مع الوقت .

### المشكلة البحثية :

يمر العالم بأزمة في الطاقة و ارتفاع أسعارها و كذلك التلوث البيئي الحاصل من إنتاج هذه الطاقة ، كما تشير الإحصائيات إلى أن المباني تستهلك أكثر من 40 % من الكهرباء في العالم لذا لا بد من البحث عن بدائل أفضل توفر القدر المطلوب من الطاقة البديلة التي لا تنضب و تكون صديقة للبيئة:

ما هي التقانات التي يمكنها أن تحل محل مصادر الطاقة التقليدية في إنتاج الكهرباء المطلوب للمباني السكنية ؟

كيف يمكن توظيف هذه التقانات بالشكل الأمثل لتعزيز الاستفادة منها و رفع كفاءتها التشغيلية و الاقتصادية ؟

كيف يمكن الألواح الشمسية أن تتكامل مع المبنى كمواد أساسية ضمن تصميم الغلاف الخارجي للمبنى باعتبارها عناصر لها القدرة على الاستجابة للمؤثرات البيئية الخارجية و توليد الطاقة الكهربائية و التخلص من المشاكل التي تتعرض لها الألواح الشمسية التقليدية ؟

## أهمية البحث :

تنبع أهمية البحث باعتباره يقدم دراسة حول تقانة جديدة من الممكن أن تقدم حلاً لانتاج الكهرباء في مكان الاستخدام و تقلل الحاجة إلى استجرار الطاقة الكهربائية من الشبكة . كما يسلط البحث الضوء على تجارب البلدان المتقدمة في مجال الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى و محاولة الاستفادة من هذه التجارب و دراسة الواقع و التركيز على الميزات و التحديات التي تعيق هذا المجال و تقديم بعض التوصيات .

## أهداف البحث :

1. التعرف على تقانة الطاقة الشمسية التي من الممكن أن تحل محل مصادر الطاقة التقليدية .
2. نقل تجارب البلدان المتقدمة و المجاورة في مجال الطاقات البديلة التي قامت باستخدام تكنولوجيا الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى بغرض تقليل التكلفة الأولية لمنظومة الطاقة الشمسية و رفع نسبة الاستفادة من الاشعاع الشمسي بشكل أكبر مقارنة مع الخلايا الشمسية غير المتكاملة .
3. دراسة واقع المباني السكنية في سورية كونه من أكثر القطاعات استهلاكاً للطاقة الكهربائية
4. دراسة البدائل المناسبة لدمج و توجيه الألواح الشمسية المتكاملة مع المباني السكنية و اختيار البديل الأفضل

## فرضيات البحث :

يشمل البحث فرضيتين رئيسيتين و هما :

الطاقة الشمسية تعد أهم الحلول المساعدة لمشكلة الكهرباء في قطاع المباني السكنية .

الخلايا الشمسية يمكن استخدامها كعناصر أساسية في تصميم المبنى مع الحفاظ على هدفها الأساسي لإنتاج الكهرباء .

## منهجية البحث :

تم اتباع المنهج الوصفي التحليلي الذي يحاول وصف الظاهرة موضوع الدراسة و تحديد بياناتها و العلاقة بين مكوناتها و من ثم الوصول إلى النتائج و التوصيات

الدراسات المرجعية :

دراسة بعنوان " مساهمة الطاقة الكهرضوئية في تغذية المساكن الريفية المعزولة عن الشبكة العامة و جدواها الاقتصادية 2018" مجلة جامعة طرطوس للبحوث و الدراسات العلمية شجعت على استغلال مصادر الطاقات المتجددة و لا سيما الطاقة الكهرضوئية لما لها من ميزات إيجابية من خلال الدراسة الفنية و الاقتصادية لتغذية حمل سكني معزول مع تحقيق شروط الجودة و الموثوقية لهذا النظام .

دراسة بعنوان " دور الخلايا الشمسية في توفير الطاقة و التشكيل المعماري للمباني السكنية في قطاع غزة 2015 " تعرض البحث إلى قضية استخدام نظام الخلايا الشمسية و كيفية التحويل المباشر الذي يتم خلالها من الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية و كيفية الاستفادة منها و دمجها مع المباني السكنية للمساهمة في التخفيف من استجرار الطاقة الكهربائية من الشبكة في غزة مع إبراز طابع معماري حديث .

دراسة بعنوان " دمج تقنيات الطاقة الشمسية بالمباني التعليمية لترشيد استهلاك الطاقة و حماية البيئة 2019 " مدينة سبها نموذجاً . خلصت الدراسة إلى الوصول لوضع حل حقيقي لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية عن طريق استخدام الطاقة البديلة وفق أسلوب علمي متطور و ذلك بدمج المنظومات الشمسية مع المبنى و بالتالي الوصول إلى تنمية مستدامة و استغلال الموارد المتاحة من البيئة المحيطة .

دراسة بعنوان " State of the art building integrated photovoltaics " 2012

يهدف هذا البحث إلى العمل على تنفيذ مباني صديقة للبيئة بحيث تستفيد المباني من الطاقة المحيطة ، و حيث أن الشمس هي الخيار الأمثل و الأفضل تم استخدام الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى لتقدم تكنولوجيا قوية و حل رائع حيث أن استخدام الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى هي أفضل وسيلة لتحقيق هدفين و هما الجمال و الاقتصاد و ذلك من خلال الاستفادة من الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء النظيفة باستبدال مواد المبنى الخارجية بخلايا شمسية سواء كانت رقائق أو بلاطات أو زجاج . و من نتائج البحث أن هناك مجال واسع في تكنولوجيا الخلايا الشمسية لاستخدامها كمواد مرتبطة مع المبنى بالتوازي مع توفير الطاقة .

دراسة " Building integrated photovoltaics ( BIPV ) in historical Buildings Opportunities and Constraints “ in Italy 2020

في هذا البحث تمت دراسة إمكانية استخدام الخلايا الضوئية المتكاملة بدل مكونات البناء التقليدية في المباني التاريخية لحل مشاكل كفاءة الطاقة في المباني و زيادة نسب إنتاج الطاقة من مصادر متجددة .

# الفصل الأول :

## 1. مفاهيم أساسية و تعاريف

### 1.1 الطاقة Energy:

تعد الطاقة عصب الحياة الحديثة ، و المحرك الرئيسي للتقدم الاقتصادي ، و هذا بالنظر إلى دورها المهم في الحياة ، إذ تعتمد الاقتصاديات الحديثة بين الدول على الطاقة بمصادرها المختلفة لتحويل الموارد الاقتصادية من شكلها الأولي إلى شكلها النهائي ، القادر على إشباع الحاجات و الرغبات المتعددة و المتنوعة ، كما أنها تعتبر أيضاً عاملاً مهماً في تحقيق الرفاهية الاقتصادية و الاجتماعية للإنسان . [3]

### 1.2 الطاقة المتجددة Renewable Energy:

هي تلك المصادر الطبيعية المتاحة لتوليد الطاقة و تتسم بالاستمرارية و لا تتعرض للنضوب ، حيث إن أهم سماتها التجدد و محدودية الآثار السلبية الناجمة عنها على البيئة . [11]

وحسب تعريف وكالة الطاقة العالمية IEA :

تتشكل الطاقة المتجددة من مصادر الطاقة الناتجة عن مسارات الطبيعة التلقائية كأشعة الشمس و الرياح و التي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها . [9]

### 1.3 الطاقة الشمسية Solar Power :

تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي لكل من مصادر الطاقة الموجودة في الطبيعة، تستخدم الطاقة الشمسية مباشرة في العديد من التطبيقات أهمها : التدفئة ، الإنارة ، تسخين المياه ، إنتاج البخار ، تحلية مياه البحر و توليد الكهرباء حرارياً ، و تتوقع الجهات الدولية أنه بحلول عام 2025 سوف تسهم النظم الشمسية بحوالي 130 جيجاوات .

تستخدم أيضاً الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء مباشرة عن طريق الخلايا الفوتوفولتية . [15]

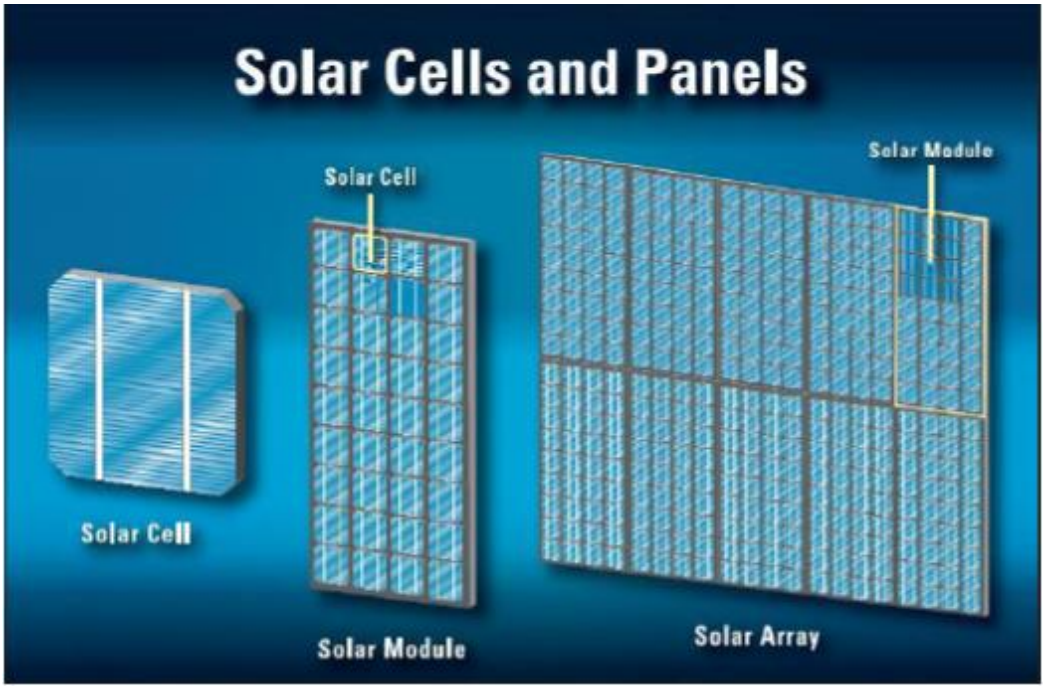
### 1.4 الألواح الشمسية :

هي الجزء الظاهر من المنظومة الشمسية و الذي يتم تثبيته على سطح المبنى و هو يقوم بتوليد الطاقة الكهربائية . تتكون الألواح الشمسية من المكونات التالية و كما في الشكل (1)

-الخلية الشمسية ( cell ) التي تكون بتكرارها الوحدة الشمسية [ Module] .

-اللوح الشمسي [Module] الذي يكون بتكراره الخطي الصف الشمسي .

-الصف الشمسي [String] : مجموع الصفوف يشكل الألواح الشمسية [ Array].




الشكل (1 ) يبين مكونات الألواح الشمسية في النظام الشمسي [16]

## 1.5 الخلية الشمسية PV Cell

هي المكون الأساسي للمنظومة الشمسية و هي أصغر جزء فيه . تستجيب للإشعاع الشمسي المباشر و غير المباشر محولة طاقة الإشعاع إلى طاقة كهربائية . تستفيد الألواح الشمسية من ضوء الشمس الذي ينشط الالكترونات داخل الخلية لينتج التيار . تعتمد كفاءة عمل الخلية على عاملين : الأول هو كفاءة التحويل داخل الخلية و الثاني هو قابلية الخلية الشمسية على امتصاص الفوتونات . [16]

## 1.6 تكنولوجيا الألواح الشمسية المدمجة في البناء BIPV :

خلايا الطاقة الشمسية المتكاملة المستخدمة في البناء هي عبارة عن مواد كهرضوئية تستخدم لتحل محل مواد البناء التقليدية في بعض أجزاء المبنى الخارجية مثل السقف ، المناور أو الواجهات . فهي تدخل بشكل متزايد في تشييد المبني الجديدة بوصفها المصدر الرئيسي أو الإضافي لتوليد الطاقة الكهربائية [10]

الفصل الثاني :

## 2. الدراسة النظرية :

### 2.1 الطاقة الشمسية طاقة متجددة [ 1,15]

تبذل دول العالم جهوداً ضخمة في مجال الإستفادة من الطاقة المتجددة باعتبارها البديل النموذجي للوقود الأحفوري ( الفحم ، البترول و الغاز ) المتوقع نضوبه بحلول عام 2030 . و من أهم مصادر الطاقة المتجددة : الطاقة الشمسية ، طاقة الرياح ، طاقة الكتلة الحيوية ، الطاقة المائية ، طاقة حرارة باطن الأرض ، طاقة الأمواج و المد و الجزر، و الطاقات المتجددة هي طاقات مولدة طبيعياً و مميزاتها تفوق بكثرة عيوبها و من هذه المميزات توافرها بأكثر مناطق العالم ، و استمرارية تواجدها و مجانيتها فهي لا تكلف سوى المعدات الأساسية اللازمة لتوليد هذه الطاقة . أما بالنسبة للعيوب فتتمثل في تكاليف إنتاجها أكثر تكلفة من الطاقات التقليدية كما تستلزم مسطحات ضخمة سواء من الأراضي أو المياه و الشكل ( 2 ) يوضح بعض مصادر الطاقة المتجددة .

طاقة الرياح — الطاقة المائية

طاقة حرارة باطن الارض — محطة تجريبية لطاقة الامواج

الشكل (2) يبين بعض مصادر الطاقة المتجددة

و لذلك ارتبط الاهتمام العالمي الحالي بالتوجه نحو الطاقة المتجددة بأهداف استراتيجية ، هي :

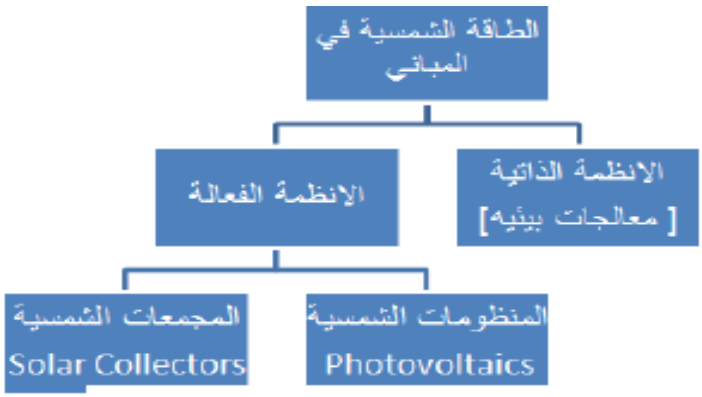
- توفير الطاقة الآمنة بصورة اقتصادية .
- تحقيق استقرار المناخ و الحد من التلوث .
- خفض استهلاك الوقود التقليدي ( الفحم ، البترول و الغاز ) و الحفاظ عليه كمور استراتيجي لمدة أطول .

فعلى سبيل المثال أصبحت الرؤية التنموية لمدينة Moreland ( استراليا ) البالغ عدد سكانها 135 ألف نسمة عام 2007 مدينة خالية من الكربون بحلول عام 2020 Zero Carbon Moreland . و أيضاً تبنت إدارة التنمية بمدينة Daegu ( كوريا الجنوبية ) الذي قدر عدد سكانها عام 2009 بنحو 2.5 مليون نسمة رؤية تنموية بعيدة المدى بأن تصبح المدينة معتمدة على الطاقة الشمسية بحلول عام 2050 " The Solar City" بهدف تخفيض معدل انبعاثات الكربون إلى المسموح بها عالمياً .

## 2.2 نظم الطاقة الشمسية في المباني : [1]

نظم الطاقة الشمسية يمكن أن تستخدم لكسب الحرارة و التبريد التهوية و الإضاءة الطبيعية للمبنى . من أجل حفظ الطاقة ( حرارية ، كهربائية ) و خلق مناخ داخلي مريح إذ يمثل حمل التدفئة و التبريد و الإضاءة ثقل كبير على المبنى ، إلى جانب استخدام الكهرباء بشكل أوسع من استخدام الطاقة الحرارية أما نظم الإضاءة الطبيعية فهي مرتبطة مباشرة بنظام الطاقة الشمسية و هذا يعطي مؤشر لضرورة النظر بمدى أوسع إلى تقنيات الطاقة الشمسية ( Solar Technology) و صنع بناء شمسي جيد ( Solar Building) الذي يتطلب معرفة أنواع نظم و تقنيات الأنظمة الشمسية المختلفة و اختيار أفضلها .

تتضمن مهام نظم الطاقة الشمسية تدفئة و تبريد المبنى كوظيفتين أساسيتين في العمارة الشمسية ضمن النظم الذاتية و الفعالة أما نظم الإضاءة الطبيعية فهي مرتبطة مباشرة بنظام الطاقة الشمسية الذاتية بالإضافة إلى الأنظمة الفعالة للطاقة الشمسية الذي يشمل منظومات الخلايا الشمسية المختلفة لتوليد الطاقة الكهربائية .




الشكل(3 ) يبين تطبيقات الطاقة الشمسية

## 2.3 أنواع المنظومات الشمسية في المباني :

2.3.1 - الخلايا الشمسية التقليدية (الألواح الضوئية PV )

2.3.2 - الخلايا الشمسية المدمجة في البناء ( ألواح شمسية BIPV )

### 2.3.1 - الخلية الشمسية (PV cell) [8,6]

هي أنظمة تقنية تحول الإشعاع الشمسي مباشرة إلى كهرباء ، و تسمى أيضاً بالخلايا الفوتولتية (Photovoltaic cells ) أو الخلايا الشمسية (Solar cells ) . و يعتمد تصميم مثل هذا النظام على الخلايا الكهرضوئية التي تشترك في تكوين مجموعة من الوحدات module . تنتج هذه الأنظمة تيار مستمر DC الذي من الضروري أن يتحول إلى تيار متردد AC -230 ذو تردد 50 هرتز ليمكن استخدامه في تغذية أجهزة المباني القياسية بمساعدة محول تيار مستمر إلى متردد . و النظم الشمسية المنتجة للكهرباء عادة ما تعمل كشبكة مزدوجة ، تتصل فيها الأنظمة بالشبكة الذي تزود المبنى بالكهرباء ، و الفائض من الكهرباء يتم تخزينه في بطاريات قابلة للشحن .

### 2.3.1.1 - أنواع الخلايا الشمسية :

تم تصنيع خلايا شمسية من مواد مختلفة إلا أن أغلب هذه المواد قليلة الوجود بالطبيعة أو لها خواص ملوثة للبيئة أو معقدة التصنيع و باهظة التكاليف ، و بعضها لا يزال تحت الدراسة و البحث ، و عليه فقد تركز الاهتمام على تصنيع الخلايا الشمسية السيلكونية و ذلك لتوفر عنصر السيليكون في الطبيعة علاوة على أن العلماء تمكنوا من دراسة هذا العنصر دراسة مستفيضة و تعرفوا على خواصه المختلفة و ملائمته لصناعة الخلايا الشمسية المختلفة ذلك كما يلي :

I. الخلايا الشمسية المتبلورة :

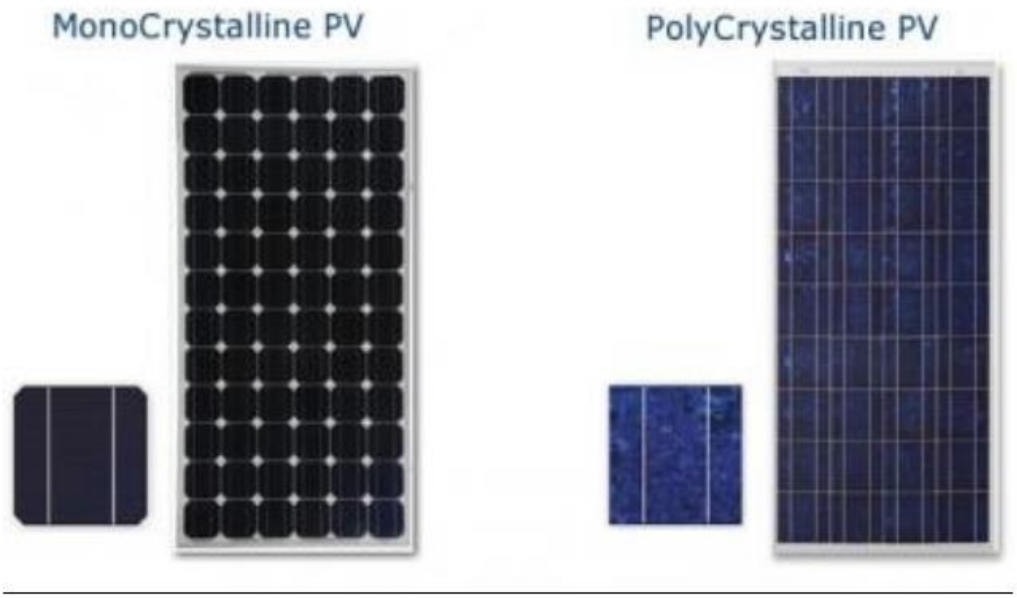
هناك نوعين من السيلكون المتبلور بالاعتماد على درجة النقاوة و اتجاه التبلور و هما الأحادي التبلور و المتعدد التبلور Poly crystalline ، الشكل الذي يغلب عليها هو الشكل المستطيل أو المربع . وتكون مساحة اللوح الشمسي عادةً ما بين 0.3 م$^2$ إلى 1.5 م$^2$

**أحادية التبلور Mono crsystalline :**

تكون بلورات السيلكون ذات اتجاه واحد ، و بنقاوة أعلى و هي أغلى ثمناً . يعتبر هذا النوع من أكثر البنيات البلورية انتظاماً تكون بلون واحد و تتدرج من الأزرق إلى الأسود و بالإمكان صنع الخلايا بألوان أخرى ستكون كلفتها أعلى حيث ستقل كفاءة الخلية ، فالألوان الأخرى إذا ما تم استخدامها ستعكس جزء من طاقة الإشعاع الشمسي التي ستصلها و بالتالي سيحتاج المصمم إلى عدد أكثر من الخلايا الشمسية ، فاللون الذهبي أو اللون الأرجواني سيكون ذو مظهر مميز إذا ما تم استخدامه إلا أنه سيتسبب بخسارة في الكفاءة تصل إلى 20 % ، و تتراوح كفاءة الخلية الشمسية أحادية التبلور من 15 – 20 % .

**متعددة التبلور Poly crystalline :**

تكون بلورات السيليكون باتجاهات مختلفة و لذلك تبدو كقطع متكسرة غير منتظمة تعطي عدة تدرجات من اللون الواحد ، عادة ما تكون بتدرجات مختلفة للون الأزرق إلا أنها كسابقتها من اممكن أن تتوفر بألوان أخرى كالرصاصي ، و يكون لهذا النوع لمعان خفيف في المظهر الخارجي ، و تتراوح كفاءة الخلية الشمسية من 10 – 14% .




الشكل (4 ) يوضح الخلايا أحادية التبلور و متعدد التبلور

## II. الخلايا الرقيقة :[5,12 ]

هي أحد أنواع الخلايا التي تجذب اهتماماً واسعاً من قبل المصممين بسبب قابليتها على الانحناء و تغيير شكلها بما يتناسب مع السطح ، بسمك من ( 1 – 6 ) ميكرومترات من مواد كهرضوئية حساسة ذات تكلفة منخفضة و يتم تصنيع الوحدات في صورة مستمرة بدون وصلات مرئية ، مثل الزجاج أو البلاستيك . و تبلغ كفاءتها عادة من 10 -13 % .

تتميز هذه الخلايا :

1. أقل تكلفة ، و أكثر استفادة لضوء الشمس .
2. بسبب صغر سمكها و مرونتها يتم تركيبها على مختلف الأسطح .
3. إمكانية دمجها في المباني التي تقع في الظل حيث أن كفاءتها تقل شيئاً يسيراً تحت الظلال .
4. لا تتأثر كثيراً بارتفاع درجة الحرارة و بالتالي فلا تحتاج إلى نظم تبريد و تهوية معقدة .
5. الوصول إلى تحقيق الشفافية و النفاذية و الشكل المتجانس .
6. و تتسم بالألوان الداكنة و البني المحمر .

الشكل (5 ) يوضح أشكال الخلايا الرقيقة

و من أنواعها :

**خلايا متعددة الطبقات :** هي خلايا شمسية يتم تصنيعها من مادة السيلكون . تتوافر بلون بني مائل للأحمر أو بلون أحمر أو باللون الرمادي ، و يتراوح مجمل الكفاءة النهائي من 7-9 %

**خلايا الكادميوم** : يمتاز بامتصاصية عالية للضوء ، و من الممكن أن تمتص طبقة بسمك 1 ميكرون 90% من الضوء ، كما يمتاز بسهولة التصنيع ، إلا أن عدم استقرار أدائية الخلية الشمسية لحد الآن يعد أحد العوائق أمام استخدامه ، و تتراوح كفاءته من 7-10% .

**خلايا النحاس :** امتصاصيته للضوء عالية ، فطبقة بسمك 0.5 ميكرون تمتص 90% من الضوء ، إلا أن عملية تصنيعه تكون معقدة لذلك تكون كلفته أعلى من باقي الأنواع ،و هو غير متوفر للأغراض التجارية . تصل كفاءته إلى 18% .

**خلايا الغاليوم :** تسمى بالخلية الشمسية ثلاثية الأبعاد بسبب قدرتها العالية على اقتناص الفوتونات و هي خلايا عالية الكفاءة ، حيث تم التوصل إلى كفاءة مختبرية لهذا النوع بحدود 35.6% يستخدم هذا النوع لتطبيقات الفضاء .

## 2.3.2- خلايا الطاقة الشمسية المتكاملة المستخدمة في البناء (ألواح ال BIPV )

هي إدخال و دمج الخلايا الكهرضوئية ( PV ) في المبنى ، حيث تقوم النظم الكهرضوئية بوظيفة مزدوجة أولهما كمادة بناء تحل محل مواد البناء التقليدية في بعض أجزاء المبنى الخارجية مثل السقف ، المناور أو الواجهات . ، و ثانيهما أنها تعمل كمولد كهربائي . وهي تدخل بشكل متزايد في تشييد المباني الجديدة بوصفها المصدر الرئيسي لتوليد الطاقة الكهربائية .[ 10]

### 2.3.2.1 - تاريخ نشأتها :

ظهرت تطبيقات وحدات الطاقة الكهربائية في مجال البناء في سبعينات القرن الماضي ، و في الثمانينات بدأت الوحدة الكهرضوئية المضافة إلى أسطح المباني في الظهور . و في التسعينات أصبحت منتجات بناء BIPV و المصممة خصيصاً لإدماجها مع البناء متاحة تجارياً .

### 2.3.2.2 مزايا استخدام تقنية الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى : [1,6 ]

1. إمكانية تخفيض التكلفة الأولية عند التركيب في المباني مقارنة بالخلايا الشمسية غير المتكاملة عن طريق تقليل مواد البناء و الأيدي العاملة المستخدمة عند بناء المبنى المستخدم فيه وحدات BIPV .
2. اكساب المبنى جاذبية من الناحية الجمالية حيث أنها متوفرة بألوان زاهية تأسر الأنظار بالإضافة إلى الوظيفة الأساسية في توليد الطاقة الكهربائية .
3. باختيار التصميم الصحيح للخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى نتمكن من زيادة كفاءتها في توليد الطاقة الكهربائية و معالجة المشاكل التي تتعرض لها مقارنةً مع الخلايا الشمسية غير المتكاملة و منها : الصواعق ، الرطوبة ، اتساخ سطح الألواح و مشكلة ارتفاع حرارة الألواح .
4. تتميز خلايا BIPV بأن قدرتها على الشفافية يمكن أن تتنوع حسب الرغبة ، بحيث يمكن لهذه الوحدات توفير الظل أو أن تكون شبه شفافة .
5. الحفاظ على درجة الحرارة داخل البناء في الدرجة العادية فعندما يكون الطقس بارداً ( أو حاراً ) ، فإن الوحدات التي لا تخضع للتهوية تعمل بمثابة عزل حراري .
6. تقلل من استخدام الوقود و الانبعاثات المضرة بطبقة الأوزون .
7. في النهاية نجد أن نموذج ال ( BIPV ) يزيد من قيمة المبنى .

## 2.4 - مقارنة بين الألواح الشمسية التقليدية PV و ألواح ال Bipv :

| | تقنيات PV | تقنيات BIPV |
|---|---|---|
| **مكان التركيب** | تركب فوق أسطح المباني بشكل مستقل عنها | تتكامل مع المبنى و تحل محل مواد البناء التقليدية |
| **الوظيفة** | تعمل هذه الألواح على توليد الطاقة الكهربائية فقط | تقوم بتوليد الطاقة الكهربائية و تحل مكان مواد البناء التقليدية و تكسب المبنى طابع حديث و جمالي |
| **توافرها في سورية** | تتوافر في سورية وجميع البلدان بشكل كبير | تقانة حديثة و غير متوفرة حالياً في سورية و لكن يوجد بعض التجارب العالمية عنها على نطاق ضيق |
| **التكلفة** | متوسطة | التكلفة عالية و لكن تنهض بقيمة المبنى ككل |
| المشاكل | تتعرض لمشاكل عديدة كالرطوبة و الصواعق | لا تتعرض لمثل هذه المشاكل |

## 2.5 - مكونات النظام الكهرضوئي المتكامل مع المبنى : [12]

يشتمل النظام الكهرضوئي المتكامل مع المبنى على :

- ( الألواح الكهرضوئية ) و التي يمكن أن تكون بلورية رقيقة أو شفافة أو غير ذلك .
- منظم الشحن لتنظيم الطاقة اللازمة للتحزين في البطاريات.
- نظام تخزين الطاقة ، و هو يتكون بصفة عامة من شبكة للنظام التفاعلي في المبنى أو عدد من البطاريات في النظام المستقل عن الشبكة .
- مبدلات التيار المستمر إلى متناوب .
- برنامج دعم و تعليق مناسب مع توصيل الأسلاك و عوازل الأمان .

## 2.6 - تصميم نظام الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى Building Intergrated Photovoltaics ( BIPV): [1]

لابد من التوصل إلى نظم الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى بحيث ننتقل إلى تقنيات التصميم الواعي يتم استخدامها مع المعدات و النظم التي يتم اختيارها و تحديدها لملائمتها مع المبنى ، و يجب متابعة التكاليف على طول دورة الحياة الخاصة بالخلايا و ذلك لمعرفة التكلفة الكلية التي يمكن تقليلها بتجنب تكاليف خاصة بمواد البناء و العمالة التي يمكن استبدالها بالأقل .

يجب مراعاة عدد من الاعتبارات التصميمية عند تصميم الخلايا و تضم :

**أولاً : الاعتبارات الشمسية** و تضم :

زيادة أداء التجمعات الشمسية في تطبيقات جدران البناء بأعلى المبنى من أجل استيعاب التوجيهات المثالية للشمس .

كما أن التجمعات الشمسية المائلة المثبتة كفتحات شبابيك أو كمحيط لفتحات الإضاءة العلوية سوف تظلل الفراغات الداخلية من ضوء الشمس المباشر مع تجميع الطاقة في الوقت نفسه من ضوء الشمس و يمكن أيضاً أن تقلل أو تلغي الحاجة إلى الإضاءة الكهربائية في النهار بتوفير ضوء نهاري غير مباشر .

**ثانياً : الاعتبارات التصميمية :**

و تضم ( الإظهار و العرض ، الجماليات ، الاقتصاديات ، النواحي الهندسية)

**ثالثاً : اعتبارات الموقع :**

إن المباني عالية الارتفاع والموجودة في بيئة عمرانية كثيفة و ما ينشأ عنها من ظلال تقلل من كفاءة التجمعات الشمسية بعكس المباني التي تزيد المساحات بينها و تكون أقل ارتفاعاً حيث يمكن استغلالها بأكملها بالخلايا الشمسية المتكاملة معها .

**رابعاً : الاعتبارات المناخية :**

الموقع ، المناخ ، المياه ، حمولات الرياح و الجليد و الزلازل ، كل مبنى حسب مناخ البيئة التي سوف يبنى بها .

**خامساً : الاعتبارات الميكانيكية و الكهربائية :**

تهوية محيط المبنى ، الأحمال الميكانيكية و الكهربائية .

**سادساً : الاعتبارات الخاصة بالصيانة :**

و تشمل التنظيف و الصيانة و استبدال المكونات المعطوبة .

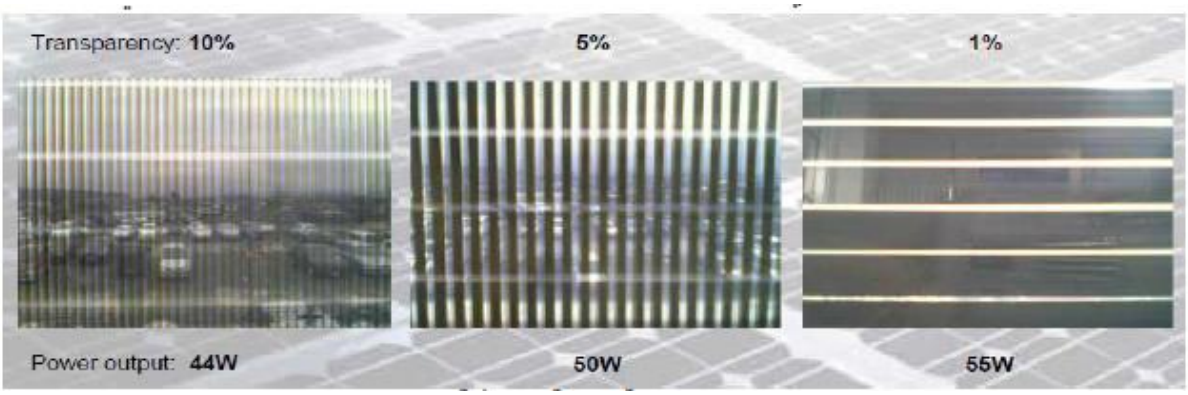
**سابعاً : الاعتبارات البيئية :**

إن تقييم الاستفادة من الخلايا الشمسية على البيئة لا ينحصر على مدى تخفيضها للكهرباء التقليدية فقط بل هناك نتائج أخرى و تشمل اعتبارات إعادة الاستخدام و كذلك مخاطر التلوث .

## 2.7 - الأنواع المتعددة للخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى :

### 2.7.1 - الزجاج الكهرضوئي : [12]

يتم استخدام الزجاج الكهرضوئي في زجاج النوافذ بدل الزجاج العادي و الذي يعطي نفس الخصائص الفيزيائية حيث يسمح بنفاذ الضوء باستخدام الأنواع الشفافة بالإضافة إلى توفر الأنواع شبه شفافة أو غير نافذة للضوء حسب الرغبة و قد تتأثر استطاعة الخلايا كلما زادت درجة الشفافية كما في الشكل التالي :




الشكل (7 ) يبين تأثير استطاعة الخلايا الكهرضوئية بدرجة الشفافية

يتميز الزجاج الكهرضوئي بأنه عالي الأداء حيث يمكنه توليد الطاقة النظيفة التي لا حصر لها ، و كذلك يؤدي وظائف الزجاج العادي من الوقاية من الأشعة الشمسية المباشرة ، و منع زيادة درجات الحرارة داخل المبنى ، و منع الأشعة الفوق بنفسجية بنسبة تصل 99.9% .

**مميزات الزجاج الكهرضوئي :**

1. تقانة جديدة في البناء و تعمل على تقليل التكاليف الإنشائية .
2. يوفر الحماية من حدة أشعة الشمس المباشرة .
3. يولد طاقة كهربائية نظيفة بمتوسط من 45 إلى 60 وات / م$^2$ .
4. يساعد على تحقيق الشفافية بدرجات مختلفة و تحقيق جماليات تشكيلية .

5. يخفض من الاكتساب الحراري و الأشعة الفوق البنفسجية بنسبة 99.9 %
6. مواد تصنيع الزجاج الكهرضوئي آمنة و يمكن إعادة استخدامها .
7. يتوفر بأبعاد و مقاسات مختلفة .

الشكل رقم ( 8 ) يبين استخدام الزجاج الكهرضوئي في القاعات الدراسية بجامعة ويسكونسن في الولايات المتحدة الأمريكية

في هذا المبنى تم استبدال الغلاف الخارجي للمبنى المكون من الزجاج المزدوج المعزول التقليدي بالزجاج الكهرضوئي المصنع من الخلايا الرقيقة شبه الشفافة ليقوم بثلاث وظائف أساسية في المبنى :

1. الاستفادة من الضوء الطبيعي نهاراً
2. تأمين الطاقة اللازمة للإضاءة الصناعية ليلاً
3. مادة بناء تغطي المبنى .

### 2.7.2 - الجدران الستائرية : [12, 5]

هي الواجهات المتكاملة مع الوحدات الشمسية و عادةً تكون معرضة للتهوية، و تكون من نوع Mono crystalline slicon و من الممكن تضمينها بأنواع مختلفة من الألواح مثل الوحدات الشمسية المزججة و يمكن أن تكون شفافة أو معتمة وتستخدم هذه الخلايا الكهرضوئية بدلاً عن الزجاج لما تتمتع به من خصائص و مرونة تشكيلية و ميزات اقتصادية .

**مميزات الجدران الستائرية الكهرضوئية :**

1. تتميز بجمال من نوع خاص يعبر عن التطور التقني في العمارة .

2. أكثر مقاومة للعوامل الجوية و غير قابلة للصدأ .
3. يمكن أن تكون مغلقة أو مفتوحة حتى يسهل التحكم في الهواء الداخلي .
4. اقتصادية عند التركيب و التنفيذ .

الشكل رقم ( 9 ) يبين الحائط الكهرضوئي بمبنى مركز Lillis في جامعة ولاية أوريغون في الولايات المتحدة الأمريكية .

تم تشغيل الخلايا في المبنى عام 2004 .

يتميز هذا النوع بإمكانية و سهولة و سرعة الإنشاء و عدم التأثير بشكل كبير على الهيكل الإنشائي و تحقيق الاتصال بالبيئة المحيطة .

الشكل رقم ( 10 ) يبين الحائط الكهرضوئي المائل بمبنى في ألمانيا ، منتزه Ferienhaus Bartholoma

تم تشغيل الخلايا عام 2004 .

استطاعة النظام 24 كيلووات .

يعتبر من أكثر الأنواع تفاعل مع الخلايا الكهرضوئية حيث يسهل على الخلايا استقبال أكبر قدر من أشعة الشمس من خلال زاوية الميل .

### 2.7.3 - الوحدات الشمسية العازلة للحرارة : [ 5,4]

تمتاز هذه الألواح باحتوائها على مواد خاصة للعزل الحراري تكون من ضمن الوحدة الشمسية فهي تساعد على زيادة العزل الحراري للمبنى بسبب المادة العازلة و يراعى فها استخدام مواد مانعة لتسرب المياه لمنع حدوث التكثف ، و تستخدم فيها أنواع من الخلايا الشمسية التي تتحمل محيط بدرجة حرارة عالية مثل ال Amorphous و ال Poly Crystalline Silicon .

الشكل رقم ( 11) يبين الخلايا الشمسية فوق مواد الإنهاء التقليدية لزيادة العزل الحراري للسقف .

### 2.7.4- الكاسرات الكهرضوئية : [12]

تعتبر الكاسرات الكهرضوئية من أكثر العناصر المستخدمة في تظليل الواجهات حيث يمكنها حجب الشمس عن الفتحات و الواجهة و في نفس الوقت تنتج الكهرباء ، و توفر أيضاً تشكيل جمالي للمبنى . و تتوفر الكاسرات بعدة أشكال تتوقف على زاوية الميل المستخدمة في استقبل الكاسرة الكهرضوئية للشمس .

**مبدأ عملها :**

تعمل الكاسرات الكهرضوئية على التقاط أشعة الشمس لحجبها عن المبنى و توليد الكهرباء و تخفيض أحمال التبريد غير المرغوب فيها . فهناك ترابط منطقي بين تظليل المباني في الصيف و إنتاج الطاقة حيث تعمل المانعات الشمسية على منع دخول أشعة الشمس المباشرة للفراغات كما أنها تعمل على تزويد الطاقة للمبنى لذلك هي تعمل كنظام ذاتي و نظام فعال في الوقت نفسه و بوظيفتين متوافقتين في الاتجاه و الهدف . و بما أن الكاسرات ستكون ظاهرة على الواجهات لذلك من المهم أن تكون بلون متوافق معها .

الشكل رقم (12 ) يبين الكاسرات الكهرضوئية بزاوية ميل في مركز البحوث جامعة نيويورك .

الشكل رقم (13 ) يبين ادماج الكاسرات الكهرضوئية بفندق monte malaga بإسبانيا .

تم تشغيل الخلايا عام 2005

استطاعة النظام54 كيلووات .

تم دمج الوحدات الكهرضوئية كعناصر تظليل للحماية من أشعة الشمس في جميع الغرف مع توليد الطاقة الكهربائية . و قد اهتم المصممون بالأسلاك التي تتكامل مع هيكل المبنى و لا يمكن رؤيتها من الخارج . و قد حصل المبنى على جائزة Contrumat 2007 ببرشلونة .

### 2.7.5- المظلة الكهرضوئية :[ 12]

يتم الحصول على المظلة الكهرضوئية بدمج مجموعة من الكاسرات الكهرضوئية الأفقية و ذلك للحماية من أشعة الشمس و توليد الطاقة الكهربائية ، تستخدم غالباً في الحدائق .

### 2.7.6- الخلايا الكهرضوئية مع القرميد :[5,12]

تتوفر خلايا كهرضوئية تشبه القرميد بالإضافة إلى الخصائص الحرارية و عدم نفاذ المياه ، حيث يتم وضع الخلايا في هيكل من البلاستيك للحفاظ عليها . كذلك تأخذ الخلايا لون يشبه لون القرميد مما يحدث تجانس بين الخلايا و سقف القرميد التقليدي . تستخدم هذه الأسقف في المباني القديمة للحفاظ على الطابع و التراث مع مواكبة التطور التقني .

الشكل رقم (14) يبين إدخال الخلايا في الأسقف القرميدية بمدرسة تعليم أساسي في المملكة المتحدة حيث تقدر استطاعة النظام 64 كيلووات .

تأخذ الخلايا الكهرضوئية شكل القرميد الطيني في الأسقف حيث يسهل تثبيتها و دمجها مع قطع القرميد .

### 2.7.7- الخلايا الكهرضوئية السماوية : [12]

يجمع هذا النوع من الخلايا بين ميزة إمكانية نشر الضوء داخل المبنى و كذلك نظم تغطية و سطح ملائم يمكن تثبيت الخلايا عليه بسهولة على الدعامات الهيكلية ، حيث يمكن إمداد المبنى بضوء النهار و بالكهرباء اللازمة .

الشكل رقم (15 ) يبين سقف سماوي في كافيتيريا Ambiente في ألمانيا باستطاعة 9 كيلووات

تم تشييد البناء عام 1929 م ، و في عام 1997 م تم توسيع و تجديد المبنى و كانت الفرصة مناسبة لإثبات و تشجيع استخدام الطاقات المتجددة داخل مدينة بريمن ، لذلك تم إضافة الخلايا الكهرضوئية المتكاملة مع المبنى .

تم استخدام الخلايا الشفافة بمعدل نفاذية 45% لإدخال الإضاءة الطبيعية .

### 2.7.8 - الخلايا الشمسية الرقيقة ( Thin film ) : [5]

يتصف هذا النوع من الخلايا بمرونته و قابليته للطي كما من الممكن أن يحل محل مواد الإنهاء الخارجية التقليدية و هو خفيف الوزن ، عازل جيد للماء و لذلك يفضل استخدامه في الدول ذات المناخ الممطر . يتوفر بهيئة وحدات بأبعاد محددة أو بهيئة لفائف مدورة من الممكن أن يصل عرضها إلى 1.5 m و بطول m12

يكون بلون أزرق غامق . بعض الأنواع يكون لها ميزة عكس ألوان الطيف الشمسي بصزرة خفيفة عند سقوط أشعة اشمس المباشرة عليه .

الشكل رقم (16) يبين الخلايا الشمسية الرقيقة و المرنة و استخدامها في الأسطح المنحنية .

### 2.7.9- الوحدات الشمسية كوحدات للإنهاء الخارجية : [4 , 5]

إن استخدام المنظومات الشمسية كوحدات للإنهاء الخارجية سيعوض عن المواد البنائية المستخدمة للسطوح و هذا يتماشى مع استراتيجيات تقليل الكلف للمباني الكفوءة للطاقة .

الوحدات الشمسية المستخدمة في هذا النوع لها صفات مواد الإنهاء الاعتيادية من تحمل للظروف الجوية و العزل الصوتي و مقاومة المياه بالإضافة إلى توليده للطاقة و تكون الجهة الخلفية للوحدات الشمسية هي سقف الفضاء الداخلي ، لذلك يتم الاعتناء بمظهر القطع الواقعة على جهة الفضاءات الداخلية . تكون هذه الألواح خفيفة الوزن ، و من الممكن أن تكون من النوع نصف الشفاف ( Transparent Cells) لتسمح بدخول الإضاءة الطبيعية للفضاء ، أو أن تكون معتمة ( Opaque Cells ) .

الشكل رقم (17 ) يبين الخلايا الشمسية بديل عن مواد الإنهاء التقليدية .

## 2.8 - أماكن و أساليب تكامل الألواح الشمسية BIPV مع المبنى : [4]

يعتمد موقع و مساحة المنظومات الشمسية المستخدمة في الأبنية على شكل و توجيه غلاف المبنى و يفضل ألا تكون هذه السطوح مظللة . بصورة عامة هناك أربع مواقع رئيسية في المبنى من الممكن أن تتكامل معها المنظومات الشمسية و هي :

- ✓ الأسطح الأفقية
- ✓ الأسطح المائلة
- ✓ واجهات المباني
- ✓ التفاصيل المعمارية

### 2.8.1 - التكامل في الأسطح الأفقية : [5]

تتعرض السطوح الأفقية في المباني لتأثير الإشعاع الشمسي في فصل الصيف بنسبة أكبر من الجدران العمودية للمبنى ، معظم الأحيان تكون الألواح الشمسية المتكاملة مع الأسطح الأفقية غير ظاهرة في الشكل الخارجي و لكن يمكن أن يظهر تأثيرها في الفضاءات الداخلية عند استخدام النصف شفافة منها في تسقيف الفضاءات . حيث يتم وضع الألواح الشمسية بالتوجه الذي يستقبل أكبر كمية ممكنة من الطاقة الشمسية و هو غالباً ما يكون التوجه الجنوبي بينما تفتح الجهة الشمالية لاستقبال الإضاءة الطبيعية ، و لذلك يتم توجيه السقوف المنحدرة ذات المساحة السطحية الأكبر باتجاه الجنوب و السقوف المنحدرة الأصغر توجه نحو الشمال . تستطيع الأسطح الأفقية أن تقدم إمكانية جيدة لتركيب المنظومات الشمسية .

]

الشكل رقم ( 18) استخدام الخلايا الشمسية كأسطح شفافة .

### 2.8.2 - التكامل في الأسطح المائلة :[16,5]

في مثل هذه الأسطح من الأفضل توجيه الوحدات الشمسية نحو الجنوب أو الجنوب الغربي ، تمتاز الخلايا الشمسية المتكاملة على سطح مائل بسهولة عملية تنظيفها و منع تجمع المياه عليها و يفضل ألا يكون هناك مسافات بين الصفوف الشمسية لمنع تجمع الأتربة أو أوراق الأشجار أو الثلوج .

الشكل رقم ( 19) وحدات صغيرة للأسطح المائلة كبديل عن المواد التقليدية

### 2.8.3- التكامل في واجهات المباني : [16,5]

تكون الألواح الشمسية المتكاملة مع واجهات المباني واضحة بصورة أكبر من أنواع التكامل الأخرى ، يمكن استغلال مساحات كبيرة من هذه الواجهات لاستثمارها في توليد الطاقة عندما تكون ضمن التوجيه الصحيح .

تستطيع الوحدات الشمسية أن تحل محل مواد الإنهاء الخارجية المستخدمة في الواجهات إما كجدار ستائري أو أن تثبت الوحدات الشمسية كإكساء خارجي على الجدران العمودية و المائلة لذا من المواصفات المهمة للوحدات الشمسية المستخدمة في الواجهات هو المظهر العام الذي يجب أن يكون مقبول معمارياً .

كما ينبغي أن تكون الوحدات الشمسية المستخدمة في الواجهات مقاومة للحرائق و صلبة و ذات متانة عالية لحمايتها من التخريب .

تتكامل الواجهات غير المعرضة للتهوية مع أنواع خلايا شمسية تتحمل محيط بدرجة حرارة عالية مثل ال

Amorphous و ال Poly Crystalline Silicon و هي أحد طرق كساء الواجهات بأن توضع مقاطع من الألمينوم على الواجهة لتستند عليها الوحدات الشمسية و في هذه الحالة تكون الوحدات الشمسية معرضة للتهوية .

الشكل رقم ( 20) جدران عمودية كطبقة فوق الطبقة الداخلية .

### 2.8.4 - التكامل في التفاصيل المعمارية المختلفة : [5]

تتكامل الألواح الشمسية مع المباني حيث يتم تركيبها شبابيك بدل الزجاج التقليدي و تكون شفافة و بألوان جميلة و تعطي ظلال و إضاءات مميزة داخل الفراغ الداخلي .

و من الممكن أن يتم تركيب الخلايا الشمسية كبديل عن مواد الدربزين التقليدية فتعطي شكل جديد و حديث .

الشكل رقم (21 ) شبابيك الخلايا الشمسية في مبنى Schott Iberica في اسبانيا

الشكل رقم ( 22) خلايا شمسية كدربزين البلكونات و التراسات .

## 2.9- تجارب البلدان المتقدمة و المجاورة في تقانة الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى :

### 2.9.1 - ريبوتان ... أضخم بناء للطاقة الشمسية في العالم :[8]

يقع أكبر بناء في العالم يستمد طاقته من الشمس في مقاطعة شاندونغ بمدينة دتشو . يحمل البناء اسم " ريبوتان " أي ( منصة الشمس و القمر )، و اسم ويباي ( الانبعاثات لغاية القليل ) ، و كلا الاسمين يرمز إلى الزيادة السريعة لاستخدام الطاقة الشمسية في الصين . شكل المبنى نصف دائري بزاوية ميل باتجاه الشمس مع سقف أبيض شفاف . تجاوزت تكلفة البناية البيضاء شبه الدائرية مائة مليون يوان ( يوان صيني = 0.15$ أمريكي ) ، تبلغ المساحة الإنشائية لبناء ويباي 75 ألف متر مربع ، حيث تستخدم طاقة الشمس في تسخين المياه و التدفئة و التبريد و توليد الكهرباء ، و بذلك يوفر ما يعادل 88% من الطاقة التي تستخدم في بناء تقليدي مماثل . يقدم البناء نموذجاً كاملاً لاستخدام تكنولوجيا الطاقة الشمسية .لا يجذب " ريبويتان " الأنظار نهاراً فحسب بفضل روعة تصميمه ، و إنما يثير الانتباه أيضاً في الليل بفضل إضاءة جدرانه بمصابيح LED .

و الملفت للنظر أن الطاقة المستخدمة لإنارة تلك المصابيح يولدها البناء ذاتياً .

**التقانات الكهرضوئية المستخدمة في ريبوتان :**

سقف البناء مشيد بالزجاج الكهرضوئي ، على السقف الزجاجي 180 لوح شمسي BIPV ، حيث يمكن رؤية السماء من داخله و يمكن استغلال الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء اللازمة لإنارة مصابيحه ليلاً .

كما تم دمج الخلايا الشمسية على الجدار النصف دائري المائل بزاوية للحصول على أكبر إشعاع شمسي .

**الفائدة لتي تم الحصول عليها :**

من خلال استخدام التقنيات الشمسية المتكاملة مع المبنى تم توفير 30ألف كيلووات ساعي من الكهرباء سنوياً أي توفير ما يعادل 88% من الطاقة التي يستخدمها مبنى اعتيادي يعتمد على المصادر غير المتجددة .

الشكل رقم (23 ) مبنى ريبوتان في الصين

### 2.9.2- بنك الاتحاد الوطني المصري : [2]

New United National Bank Headquarters Architecture and Planning Group ( APG)

يعتبر خامس المباني صديقة البيئة في مصر . تم إنشاؤه عام 2017 .

**التقانات الكهرضوئية المستخدمة في المبنى :**

تتكون الواجهة من الزجاج الكهرضوئي

تغطي الخلايا الكهرضوئية سطح المبنى .

يحتوي المبنى إجمالياً على 439 متر مربع من الخلايا الكهرضوئية مقسمة على الوجهات و الأسطح لتوفير 61 ألف كيلو واط في الساعة سنويا من الطاقة .

تم استخدام زجاج السيليكون الأزرق غير المتبلور من حجمين مختلفين للواجهات الرئيسية و الجانبية ، حيث يتميز بدرجة شبه شفافة لاستغلال ضوء النهار الطبيعي لإنارة الفراغات الداخلية .

**الفوائد التي تم الحصول عليها :**

تم توليد طاقة من الأشعة الشمسية ما يكفي لتشغيل 3482 مصباحاً و منع إطلاق 41 طناً من ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي

الشكل رقم ( 26 ) يبين واجهة مبنى بنك الاتحاد الوطني المصري المغطى بالزجاج الكهرضوئي

### 2.9.3- الأبراج البلورية في أبو ظبي : [8]

انضمت أكبر شركات الهندسة المعمارية في العالم لتصميم أبراج المقر الرئيسي لمجلس أبو ظبي للاستثمار .المقر هو عبارة عن برجين توأمين مزودين ببلور كريستال على شكل خلية النحل وظيفة هذا البلور حماية المباني من أشعة الشمس.

**التقانات الكهرضوئية المستخدمة في الأبراج:**

أعلى كل برج تم استخدام السقوف المنحدرة و المثبت عليها أنظمة من الخلايا الشمسية المدمجة( BIPV ) .

أما واجهات المبنى الأكثر تعرضاً للشمس فقد صممت على شكل ديناميكية المشربية التي تفتح و تغلق رداً على مسار الشمس للتحكم باكتساب حرارة الشمس. و بذلك تعمل على تخفيض كبير في الحصول على حرارة الشمس و توفير بيئة أكثر راحة في داخل المبنى .

إضافة إلى القطع البلورية التي تعمل كمظلات كهرضوئية في المبنى .

**الفائدة التي تم الحصول عليها :**

تقوم المنظومة الشمسية في هذا المبنى بتوفير ما نسبته 25% من حمل الطاقة على أنظمة التبريد و توليد 5% من حاجة المبنى للطاقة .

الشكل رقم ( 24) مشروع الأبراج البلورية في أبو ظبي .

### 2.9.4- مبنى بحوث الطاقة و البيئة في العراق :[8]

تعتبر إحدى أكبر الأبنية في العالم و التي تعتمد في تكييفها على الطاقة الشمسية ، إذ تبلغ مساحتها الكلية 6361 م موزعة على 7 طوابق و بشكل مقطعه مثلث قائم الزاوية يميل وتره 45 درجة مئوية ، بمساحة أرضية كلية تبلغ 3300م متجهاً نحو الجنوب – الجنوب الشرقي بزاوية 22 درجة مئوية .

**التقانات الكهرضوئية المستخدمة في المبنى :**

تم استخدام الجدار المائل بزاوية 45 و المغطى بالكامل بالخلايا الشمسية المدمجة في البناء بعدد 1017 لوح شمسي و ذلك على واجهة الجزء الأمامي و 560 لوح شمسي بزاوية 17 عل المساحة المقابلة .

**الفائدة التي تم الحصول عليها**

تم الاعتماد على الطاقة الكهربائية المولدة ذاتياً من المبنى في أغراض التكييف و التبريد .

الشكل رقم (25 ) مبنى أبحاث الطاقة و البيئة في العراق

## الفصل الثالث :

# 3. الدراسة التحليلية للمنطقة المدروسة ( سورية ) :

## 3.1- قطاع الطاقة الكهربائية في سورية : [7]

يحتل قطاع الكهرباء أهمية كبيرة في الاقتصاد السوري فهو أساس التنمية الاقتصادية و الاجتماعية و تطوره ينعكس إيجاباً على حياة المواطن السوري ، و مستوى رفاهيته ، و ذلك بتأمين كافة الاحتياجات المنزلية التي يتزايد اعتمادها على الكهرباء مع التطور و التقدم التقني ، بالإضافة إلى تشغيل الآلات في المصانع بالتالي فإن أي تراجع في أداء هذا القطاع سيرافقه تدني في مستوى التنمية الاقتصادية و الاجتماعية .

تعاني سورية من أزمة في قطاع الطاقة بسبب تنامي الطلب عليها ، و ارتفاع أسعارها ، مع محدودية المصادر التقليدية المتاحة ، فالاعتماد على النفط و الغاز لا يكفي لتلبية متطلبات التنمية المستدامة و احتياجات السكان من الطاقة .

تعد سورية من البلدان المنتجة للنفط ، و مع ذلك فإن نمو الطلب على الطاقة تبعاً للتزايد السكاني ينذر بمؤشرات الأزمة الطاقية المستقبلية . و بالتالي إن استخدام الطاقات المتجددة يعد بالنسبة إلى القطر أمراً مهماً و ملحاً . لذلك لا بد من العمل على زيادة مشاركة الطاقات المتجددة في تغطية الطلب الكلي على الطاقة الكهربائية .

## 3.2 - مصادر الطاقة في سورية : [14]

من أهم مصادر الطاقة المستخدمة في الانتاج المحلي في سورية إلا أنها غير كافية لتلبية الطلب المتزايد من الطاقة الكهربائية .

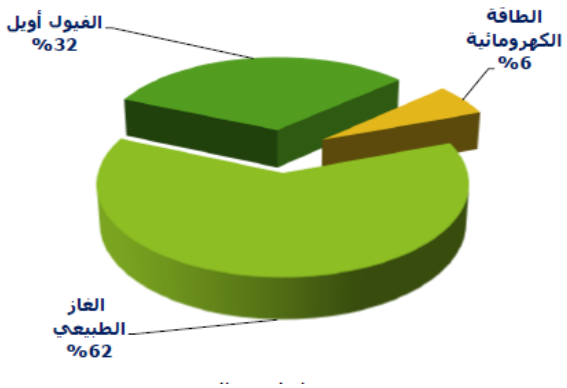
النفط الخام

الغاز الطبيعي

الطاقة الكهرومائية

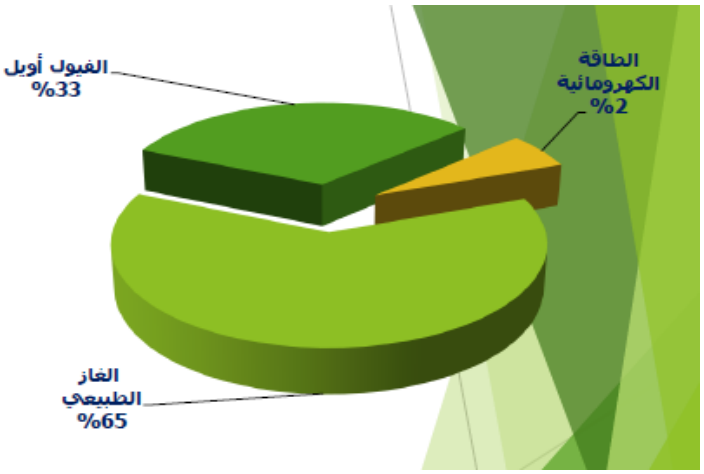
### 3.2.1 - توزع إنتاج الطاقة الكهربائية في المنظومة الكهربائية حسب نوع الوقود وفق بيانات 2011

( حوالي 50 مليار ك. و ساعي )



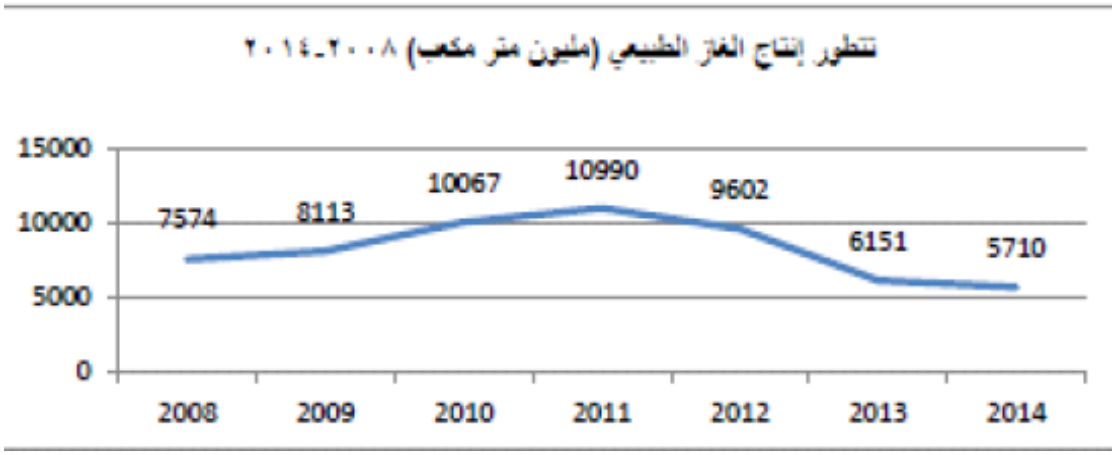

### 3.2.2 - توزع إنتاج الطاقة الكهربائية في المنظومة الكهربائية حسب نوع الوقود وفق بيانات 2015

( حوالي 20 مليار ك. و ساعي )



## 3.3آفاق الطاقة في سورية : [7]

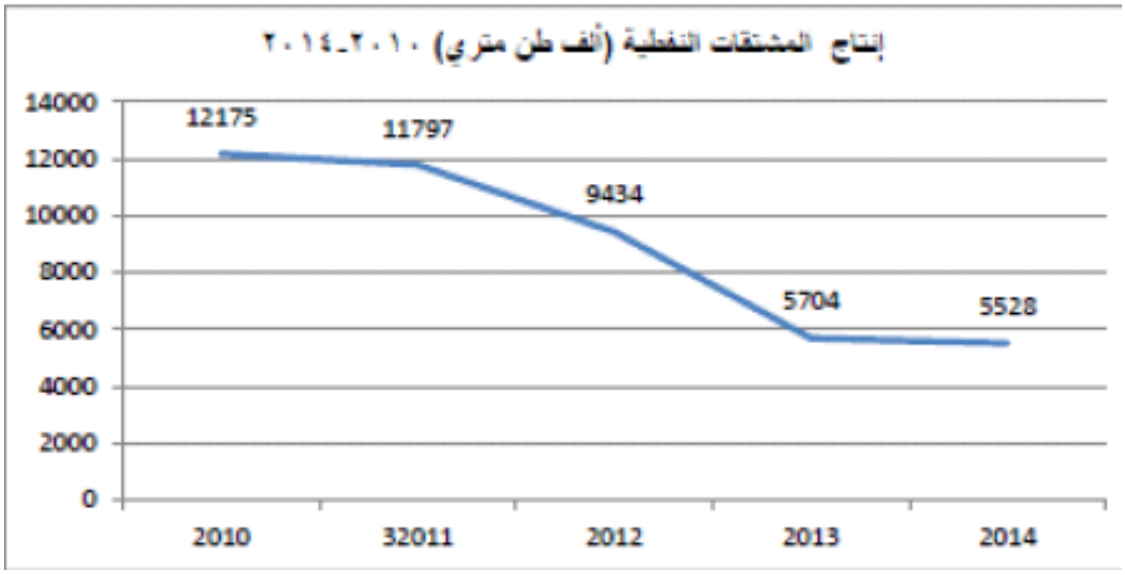
### I. تطور إنتاج قطاع الغاز الطبيعي :




الشكل رقم (26 ) يظهر تطور إنتاج الغاز الطبيعي ما بين 2008 و 2014

يوضح الشكل (26) تطور إنتاج الغاز منذ عام 2008 و هو العام الذي شهد بدء التوجه نحو الاعتماد في توليد الكهرباء على الغاز الطبيعي ،و لكن مع مرور السنوات و تحديداً منذ النصف الثاني لعام 2011 بدأ إنتاج الغاز الطبيعي بالانخفاض .

### II. تطور قطاع النفط في سورية :

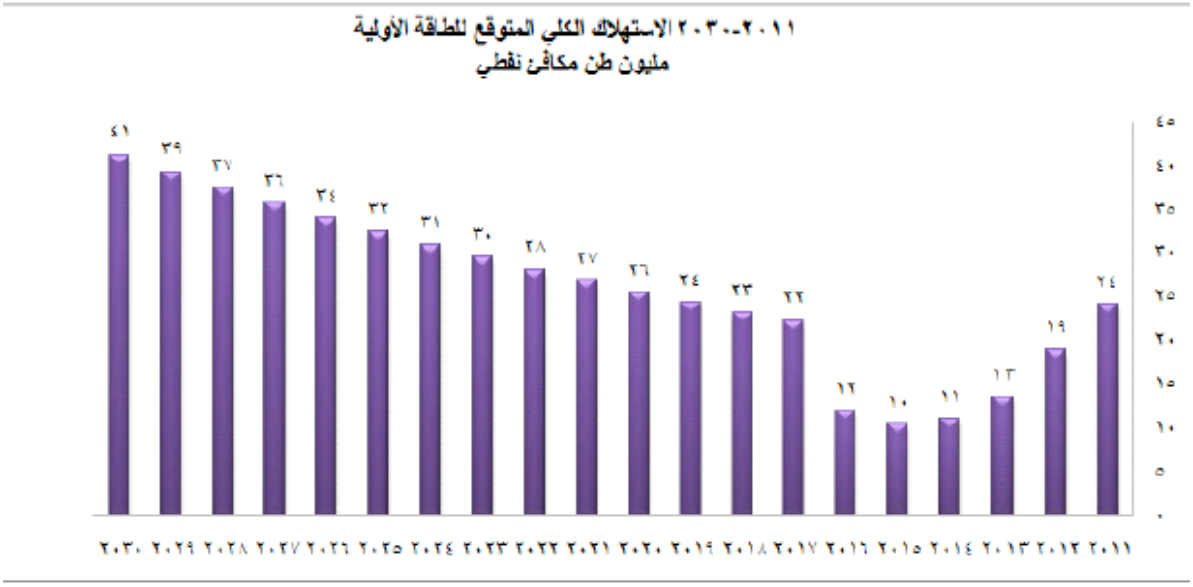



الشكل رقم (28 ) يظهر تطور إنتاج النفط ما بين عامي 2010 – 2014

نلاحظ من الشكل السابق أن النمو الاقتصادي و السكاني الذي شهدته سورية في عام 2011 إلى ارتفاع في إنتاج النفط المستخدم في توليد الطاقة الكهربائية . لينخفض بعد ذلك الإنتاج النفطي بشكل كبير .[14].

## III. تلبية الطلب على الطاقة في مرحلة إعادة إعمار سورية :

تم دراسة الطلب المتوقع على الطاقة حتى عام 2030 بحيث اعتبر عام 2011 سنة الأساس ، و بفرض تزايد الاستهلاك في مرحلة إعادة الإعمار بمقدار 5% حتى عام 2030 ، و قد تم فرض زيادة أكبر من المعدل الوسطي لنمو الاستهلاك و الذي كان فقط 3.5 % منذ عام 2000 حتى عام 2011 ، و ذلك لتلبية متطلبات مرحلة إعادة الإعمار ، بذلك سيصل الطلب على الطاقة حتى 41 مليون طن مكافئ نفطي و هذا ما يوضحه الشكل البياني التالي :




الشكل رقم (29 ) توقع الاستهلاك الأولي للطاقة ( ألف ط .م .ن ) حتى عام 2030

أما المتاح من مصادر الطاقة التقليدية هو 25 مليون ط.م.ن فقط ، فكيف سيتم سد هذه الفجوة الطاقية التي تبلغ ( 41.3 – 25 = 16.3 مليون ط .م .ن ) لذلك يجب الاعتماد على اتباع الخطوات التالية :

أولاً : ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية .

ثانياً : التوجه نحو الاستثمار في الطاقات المتجددة المتوافرة في البلاد

## IV. التوزيع القطاعي لاستهلاك الطاقة الكهربائية في سورية :

| السنة | القطاع | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | الصناعي | المواصلات | المنزلي | التجاري و الخدمات العامة | الزراعي و الغابات | استخدامات أخرى |
| 2005 | %44 | % 0 | % 56 | %0 | %0 | %0 |
| 2011 | %34 | 0% | %46 | %10 | 0 | %10 |
| 2016 | %33 | 0% | %45 | %11 | %0 | %11 |

مما تقدم نلاحظ أن سورية حالها حال جميع بلدان العالم تعاني من مشكلة في تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية بسبب زيادة عدد السكان و اعتمادها على المصادر التقليدية في انتاج الطاقة الكهربائية لذلك لابد من التوجه إلى تأمين الطاقة الكهربائية من مصار متجددة و بما أن قطاع الأبنية السكنية يشكل جزء كبير من مشكلة استهلاك الطاقة الكهربائية على مر السنين فسيكون الحل الأنسب هو البدء بمعالجة المشكلة في هذا القطاع بنقل و توطين تقانات الطاقة الشمسية المدمجة في البناء إلى سورية حيث تتوافر في بلادنا مقومات عديدة لاستثمار هذه التقانات الحديثة .

### 3.4- الطاقة الشمسية في سورية [ 10]

تقع الجمهورية العربية السورية على الساحل الشرقي للبحر الأبيض المتوسط ، تتجاور مع تركيا من الشمال ، و العراق من الشرق ، و فلسطين و الأردن من الجنوب ، و لبنان و البحر المتوسط من الغرب . فهي تتمتع بموقع جغرافي مناسب ضمن المنطقة المعتدلة الدافئة ضمن مناخ البحر المتوسط ، الذي يتصف بأنه حار جاف مشمس صيفاً و معتدل بارد شتاء و يعد هذا الموقع الفلكي مهماً بدرجة كبيرة يتيح لها الاستفادة بشكل كبير من الطاقة الشمسية . فحسب الإحصائيات ، تبلغ المساحة العامة لسورية حوالي 185 ألف كم$^2$ و يبلغ معدل متوسط الإشعاع الشمسي الوارد إلى المتر المربع الواحد من مساحة القطر حوالي (KWh/ Year )1850

و فيما يلي جدول يبين المعطيات لمناخية لبعض المدن السورية و التي تحدد مدى إمكانية انتاج الكيلواط الساعي خلال يوم واحد ، و الذي يمكن الاستفادة منه في الحصول على الطاقة الكهربائية في تغذية الكثير من الأحمال .

| المدينة | كانون2 | شباط | آذار | نيسان | أيار | حزيران | تموز | آب | أيلول | تشرين 1 | تشرين2 | كانون 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| دمشق | 2.27 | 2.84 | 3.99 | 5.56 | 6.61 | 7.49 | 7.51 | 6.79 | 5.57 | 3.98 | 2.74 | 2.12 |
| حمص | 2.37 | 3.01 | 4.25 | 5.67 | 6.63 | 7.46 | 7.39 | 6.71 | 5.64 | 4.09 | 2.77 | 2.16 |
| حماة | 2.77 | 2.96 | 4.20 | 5.61 | 6.51 | 7.41 | 7.38 | 6.62 | 5.55 | 3.95 | 2.65 | 2.02 |
| اللاذقية | 2.71 | 3.51 | 4.88 | 6.45 | 7.3 | 8.16 | 8.08 | 7.44 | 6.29 | 4.55 | 3.10 | 2.42 |
| حلب | 2.21 | 2.87 | 4.16 | 5.42 | 6.18 | 7.35 | 7.44 | 6.63 | 5.45 | 3.7 | 2.5 | 1.96 |

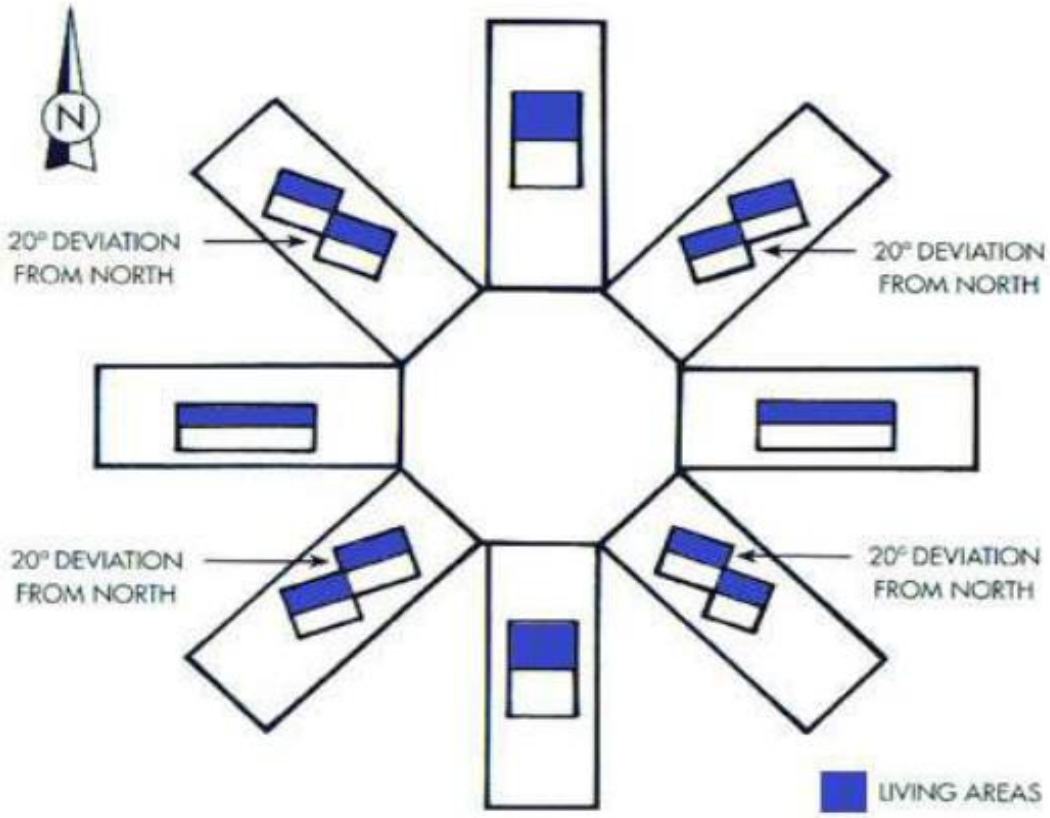
انتاج الكيلو واط ساعي مقاساً ب $KWh/ m^2/ day$

من الجدول السابق نلاحظ أنه يمكن الحصول على الطاقة الكهربائية خلال أشهر الشتاء التي تعد ذات إشعاع شمسي ضعيف ، لذا يتوجب استغلال هذا الإشعاع من أجل الحصول على الطاقة الكهربائية و التغلب على الظروف المحيطة .

## 3.5- دراسة بعض البدائل المناسبة لدمج و توجيه الألواح الشمسية المتكاملة مع المباني السكنية في سورية

**الخطوة الأولى :** ليس كل سطح منزل له الاتجاه الصحيح و الزاوية المطلوبة لأفضل استغلال لأشعة الشمس . كما أن هناك اختلاف لأفضل زاوية و أفضل توجيه للخلايا الشمسية بين فترتي الصباح و المساء و كذلك بين فصلي الشتاء و الصيف لتستطيع استغلال أكبر قدر من أشعة الشمس طوال العام . كما أنه لا يجب أن يعترض سطح الخلايا الشمسية أي نوع من الظلال الناتجة عن المباني المجاورة أو الأشجار أو خلافه .

**الخطوة الثانية :** بعد تحديد أفضل توجيه للخلايا الشمسية يبقى حساب مساحة الخلايا الشمسية المطلوبة لتوليد الطاقة الكهربائية للمبنى ، مع العلم بأن الطاقة الكهربائية المنتجة ستعتمد بشكل كبير على المناخ و الذي لا يمكن التنبؤ به ، و لكن سنقوم بالاستعانة على البيانات المتوفرة لدى الأرصاد الجوية ، و من هذه البيانات يتم اتخاذ أسوأ الحالات و حساب مقدار الطاقة الكهربائية اللازمة للمنزل من خلال تقدير استهلاك الأجهزة الكهربائية التي تعمل عادةً في نفس الوقت و بذلك نستطيع حساب عدد الخلايا الشمسية المطلوبة لتغذية المبنى ذاتياً من الطاقة الكهربائية . و فيما يلي الشكل رقم (30 ) و الذي يبين وضع المباني المثالي لاستقطاب الطاقة الشمسية صيفاً و شتاءً .

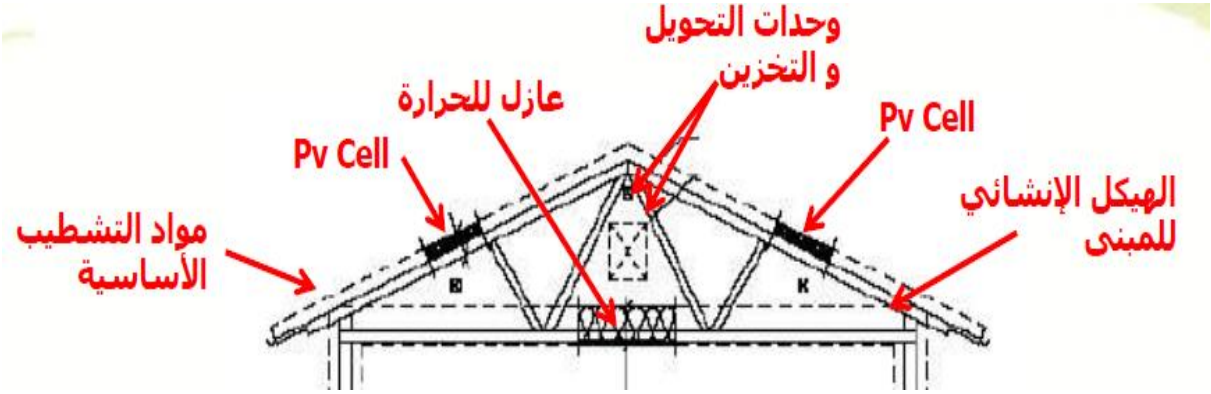



الشكل رقم ( 30) يوضح وضع المباني المثالي لاستقطاب الطاقة الشمسية صيفاً و شتاء [13]

### 3.5.1- دراسة الحالات المختلفة لدمج الخلايا الشمسية المتكاملة في المباني السكنية:

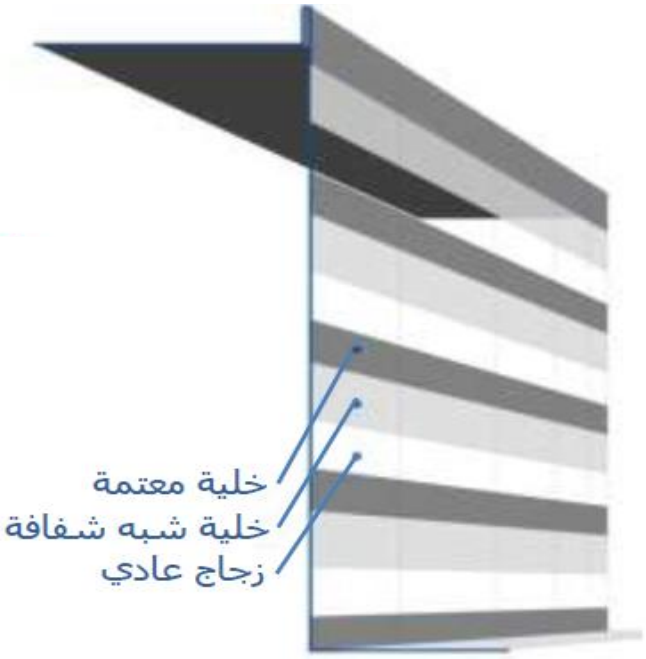
#### الحالة الأولى : حالة المباني السكنية ذات الأسقف المائلة :

في هذه الحالة يكون البديل الأفضل لدمج الخلايا الشمسية على الأسقف المائلة كمواد إنهاء خارجية بدلاً من السقف التقليدي و وضعها بالاتجاه الجنوبي أو الجنوب الشرقي كونها الجهة المناسبة و التي تستقبل أكبر إشعاع شمسي بالنسبة لسورية بالإضافة إلى ذلك فإن السقف المائل قادر على استقبال أكبر كمية من الإشعاع الشمسي . و الشكل التالي يوضح دمج الخلايا الشمسية ضمن مواد التشطيب للأسطح المائلة . [6]



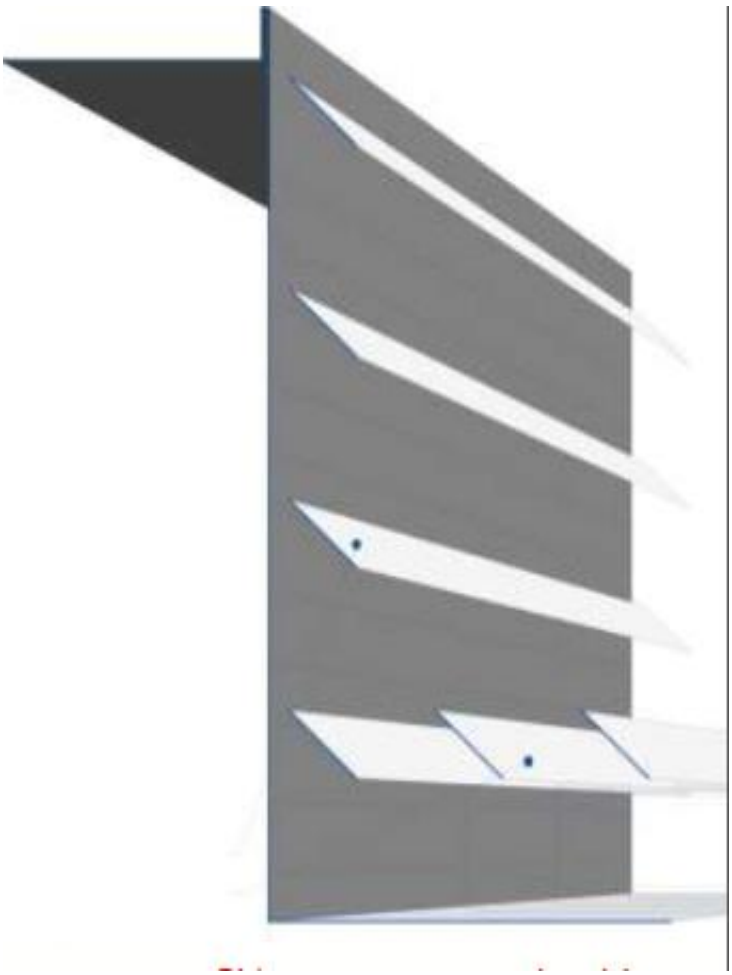

الحالة الثانية : المباني السكنية ذات الأسقف الأفقية مع واجهة جنوبية :

في هذه الحالة يكون البديل الأفضل لدمج الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى هو استخدام تقانة الجدران الستائرية في الواجهة الجنوبية للمبنى . [1]



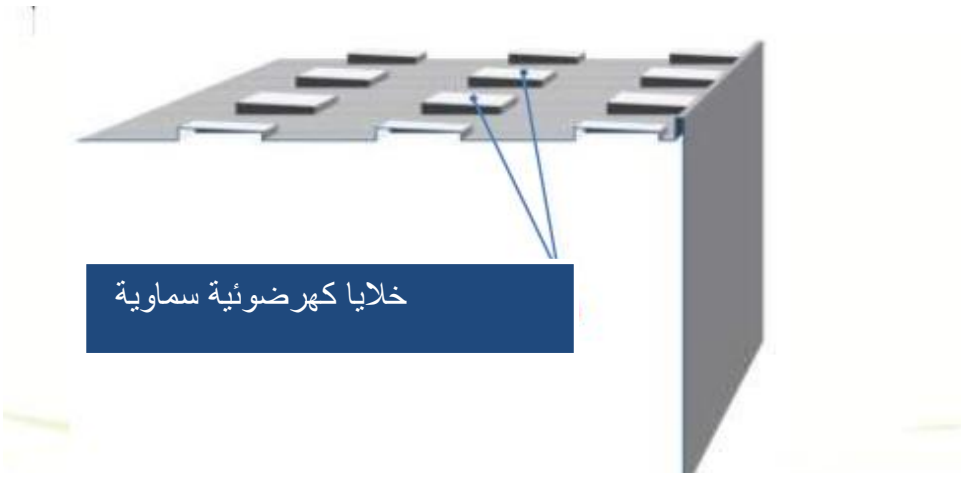

الحالة الثالثة : المباني السكنية ذات الأسطح الأفقية مع واجهة جنوبية شرقية أو جنوبية غربية :

في هذه الحالة البديل الأفضل هو استخدام الكاسرات الكهرضوئية المتحركة في الواجهات بزاوية ميل موازية لمسار الشمس بمقدار 60 درجة مئوية فهي تقوم بتوليد الكهرباء تعمل على تظليل المبنى و حمايته من أشعة الشمس المباشرة . [1]



الحالة الثالثة : المباني السكنية ذات الأسطح الأفقية مع واجهة شمالية :

في هذه الحالة البديل الأفضل لدمج الخلايا الشمسية في المبنى هو استخدام تقانة الخلايا الكهرضوئية السماوية و التي تسمح بالاستفادة من الإضاءة الطبيعية في النهار و تقوم بتوليد الطاقة الكهربائية الصناعية ليلاً بالإضافة إلى المظهر الجمالي للمبنى . [6]



### 3.5.2 - حساب عدد الألوح الشمسية اللازمة لانتاج الطاقة الكهربائية ذاتياً في المبنى السكني : [10]

**حساب الأحمال الكهربائية للمسكن :**

يبين الجدول التالي الأحمال التي من الممكن توافرها في البناء السكني و التي تختلف من مسكن آخر و من مستهلك لآخر تبعاً لنوعية التجهيزات و مواصفاتها الفنية و كذلك الحالة الاجتماعية و الاقتصادية للأسرة القاطنة ، بالإضافة إلى الوعي و طرق تطبيق قواعد الترشيد .

| الحمل | الاستطاعة Watt | زمن التشغيل h | القدرة اليومية W/h |
|---|---|---|---|
| انارة المطبخ | 20 | 5 | 100 |
| انارة غرفة العشاء | 25 | 2 | 50 |
| انارة غرفة الجلوس | 30 | 8 | 240 |
| انارة غرفة النوم | 15 | 6 | 90 |
| انارة متفرقة | 10 | 5 | 50 |
| مراوح | 24 | 6 | 144 |
| براد | 100 | 12 | 1200 |
| غسالة | 1000 | 2 | 2000 |
| تلفاز | 100 | 8 | 800 |
| مكواة | 1000 | 0.15 | 150 |
| مضخة مياه | 36 | 1 | 36 |
| حاسب مع ملحقاته | 100 | 6 | 600 |
| متفرقات | 20 | 1 | 20 |
| المجموع | | | 5480 |

بعد حساب الحمل الكهربائي للمنزل ، و تحديد القدرة الكهربائية اليومية المستهلكة من قبل التجهيزات الكهربائية المتوفرة في المبنى ، سيتم افتراض أن شدة الإشعاع الشمسي في أسوأ الحالات يومياً هي 4 ساعات يومياً و التشغيل لمدة يوم كامل ( 24 ساعة ) .

من الجدول السابق نجد أن الطاقة الكلية المستهلكة في اليوم 5480 وات في الساعة أي 5.48 كيلوواط في الساعة .

و بطبيعة الحال عند تركيب أي منظومة كهربائية هناك ضياعات قد تصل إلى 5 – 10 % من الاستطاعة الإجمالية بسبب التوصيل و جودة الأسلاك و مقاومة البطاريات المستخدمة و كفاءة الألواح الشمسية ، و عليه يجب إضافة هذه الضياعات إلى الطاقة المستهلكة في اليوم و ذلك بتطبيق المعادلة التالية :

الطاقة الكلية المستهلك في اليوم = الطاقة المستهلكة في اليوم * 1.1

و في مثالنا تصبح الطاقة الكلية المستهلكة في اليوم = 5480 * 1.1 = 6028 واط ساعة

إذن طاقة الألواح اللازمة = الطاقة الكلية المستهلكة في اليوم \ معدل الاشعاع الشمسي في اليوم في المنطقة

طاقة الألواح الشمسية = 6028 \ 4 =1507 واط

عدد الألواح = طاقة الألواح اللازمة \ استطاعة اللوح

بفرض استطاعة اللوح الواحد المراد شراؤه 300 واط

عندها يكون عدد الألواح الشمسية المطلوبة = 1507 \ 300 = 5.02 أي تقريباً نحتاج إلى 5 لوح شمسي باستطاعة 300 واط لكل لوح .

الفصل الرابع :

## 4- النقل و التوطين :

### 4.1 - نقل و توطين تقانات الخلايا الشمسية المتكاملة مع المباني في سورية :

في مثل هذه التجربة سيكون التحدي الأكبر أمام الشركات الهندسية لتجهيزات الطاقة الشمسية في سورية التي ستقوم بنقل هذه التقانات إلى سورية و من ثم توطينها في البلاد و تدريب اليد الخبيرة و الماهرة على تركيبها و دمجها مع المباني السكنية الحديثة .

#### 4.1.1 - الفوائد المرتقبة من نقل و توطين تقانات الخلايا الشمسية المتكاملة مع المباني في سورية :

إن تطبيق نظام الخلايا الكهرضوئية المتكاملة مع المبنى في مرحلة إعادة الإعمار في سورية له العديد من الفوائد و المميزات التي يمكن تلخيصها في النقاط التالية :

- رفع قيمة العقار ، ففي حال تم اتخاذ قرار البيع أو تأجير العقار الخاص فمن المرجح أن يحقق سعراً أعلى في السوق إذا كان مزوداً بتقنية الخلايا الشمسية .
- الحد من فاتورة الكهرباء ، فعلى الرغم من أن تركيب نظام للطاقة الشمسية الكهرضوئية يستلزم استثمارات أولية ، إلا أن إنتاج الكهرباء محلياً يقلل من تكاليف فواتير الكهرباء المترتبة طوال دورة حياة النظام ( 25 عاماً و أكثر بالنسبة للأنظمة التي يتم صيانتها باستمرار ) .
- استخدام تقنيات الخلايا الشمسية المدمجة في البناء سوف يحد من البصمة الكربونية للبناء أو يمحوها تماما و هي كمية ثاني أوكسيد الكربون التي تتسبب في إطلاقها في البيئة .
- دعم اقتصاد سورية و تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري .
- ✓ لهذه التقانات الشمسية فوائد معمارية عديدة سواء كانت تشكيلية أو إنشائية أو على نطاق التحديث و التجديد في الأفكار و الابتكارات المعمارية .
- ✓ على المدى البعيد تقلل من تكاليف إنتاج الكهرباء ، بالإضافة إلى تقليل التكاليف الخاصة بمواد البناء التي يمكن الاستغناء عنها . و هذا له أثر إيجابي على الناحية الاقتصادية .
- ✓ عند زيادة كمية الطاقة الكهربائية المنتجة يمكن إرجاعها للشبكة ، في حال الربط مع الشبكة العامة .

### 4.1.2 - الميزات لتطبيق هذه التقانات في سورية :

1. الموقع الجغرافي المتميز لسورية حيث يستقبل المتر المربع الواحد سنوياً ما يزيد عن 1800 كيلو واط ساعي سنوياً ، أي ما يزيد عن 5 ك.و س يومياً و هي قيمة عالية مقارنة بالدول الأخرى ، حيث تبلغ في ألمانيا نصف هذه القيمة فقط [7]
2. وجود توجه حقيقي و خطط معتمدة في مجال الاستفادة من مصادر الطاقات المتجددة .
3. وجود بيئة تشريعية و قانونية محفزة و مشجعة على الاستثمار في الطاقات المتجددة .

### 4.1.3 - التحديات لتطبيق هذه التقانات في سورية :

1. ارتفاع التكلفة الأولية لتقنيات الطاقة الشمسية المتكاملة مع المبنى .
2. يعتبر تطبيق النظم الكهرضوئية المدمجة في البناء على مباني أثناء مرحلة تصميمها أكثر سهولة من التطبيق على مباني قائمة فعلياً ، بسبب تحكم عدة محددات في التطبيق و صعوبة تعديل ذلك فعلياً .
3. سيكون نقل التقانة أمر سهلاً أمام توطين هذه التقانات الحديثة في البلاد و تدريب اليد العاملة على تركيبها و دمجها بطريقة صحيحة في المباني للاستفادة القصوى من أشعة الشمس .

## 5 - النتائج :

من خلال استعراض الأمثلة السابقة توصل البحث إلى مجموعة من الأفكار التي يمكن توظيفها بما ينسجم مع الواقع المحلي في سورية و مواكبة التطور العالمي بنفس الوقت و هي كالآتي :

1. انطلاقاً من إمكانية الخلايا الكهرضوئية المدمجة في البناء في تحويل المباني التقليدية إلى مباني منتجة للطاقة الكهربائية إضافة إلى القيمة الجمالية للتصاميم المعمارية ،و استخدامها كبديل لمواد البناء التقليدية ، كل ذلك يضعها في قمة سلم الأولويات عند البدء بتصميم الأبنية خلال فترة إعادة الإعمار في سورية .
2. لتوجيه المبنى و لتوجيه الألواح الكهرضوئية دور هام في زيادة مردود الطاقة الكهربائية الناتجة عنها .
3. مرونة التقانات الكهرضوئية من خلال استخداماتها المتعددة سواء على مستوى تصميم المبنى أو على مستوى الموقع العام من خلال اعتماد التالي بما يناسب المباني السكنية في سورية :

- يفضل إكساء الواجهات الجنوبية التي لا تضم فتحات و الأسطح المائلة بألواح الطاقة الشمسية المولدة للكهرباء

- يفضل استخدام الكاسرات الشمسية بزاوية ميل موازية لمسار الشمس بمقدار 60 درجة مئوية في الواجهات الجنوبية الشرقية أو الجنوبية الغربية للبناء
- يفضل استخدام الخلايا الكهرضوئية السماوية في الأسطح الأفقية .

4. باختلاف الأحمال الكهربائية للمبنى السكني يختلف عدد الألواح الشمسية اللازمة لتغذية لمبنى السكني ذاتياً بالطاقة الكهربائية .
5. إن عملية التصميم التكاملي الطاقي للمبنى يجب أن تبدأ عند تصميم المبنى ككل ، إذ أنه من الهام جداً أن نأخذ بعين الاعتبار العناصر التقنية المضافة لقشرة المبنى ( الألواح ) أثناء عملية التصميم و ليس بعد انتهائها .
6. سهولة تطبيق تقانة الخلايا الشمسية المدمجة في الأبنية السكنية فهي لا تتطلب توصيلات معقدة و لا إنشاء بنى تحتية جديدة .

## 6 - التوصيات :

1. العمل على نشر ثقافة الطاقة البديلة و خاصة نظام الخلايا الشمسية و توضيح أهميتها و دورها و الفوائد التي تعود على المواطنين منها .
2. القيام بإنشاء بنك معلومات لشدة الإشعاع الشمسي و درجات الحرارة و غيرها من المعلومات الضرورية لاستخدام الطاقة الكهرضوئية .
3. عمل تسهيلات للشركات الهندسية المتخصصة في مجال تقنيات الطاقة الشمسية لاستيراد مكونات نظام الخلايا الشمسية حتى تصبح أقل تكلفة حتى يتسنى لجميع المواطنين تركيبها و عدم التفكير في تكاليفها العالية الثمن .
4. الترويج لبحوث و تقانات الطاقة الشمسية و الدراسات المتعلقة بها ، و الإطلاع على أحدث ما توصل إليه العالم في هذا المجال .
5. العمل على الاستفادة ليس فقط من نواحي الطاقة و الجمال و لكن من النواحي المادية عن طريق الاستفادة منها كمواد إنهاء بديلة عن المواد التقليدية و كذلك توظيفها وظائف أخرى مثل العزل الحراري و استخدامها كمظلات أو كواسر شمس للمداخل و الفتحات .
6. على مستوى التخطيط ضرورة وضع التخطيط البيئي من أولويات التخطيط بحيث تبنى المخططات على أساس الحفاظ على البيئة مع تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية لما لها من تأثير سلبي على البيئة .
7. فرض ضريبة بيئية على المشاريع المضرة بالبيئة ، مما يشجع على التوجه نحو مشاريع الطاقة المتجددة .

8. تمكين المستهلك من الحصول على تقنيات الخلايا الشمسية من خلال قروض خاصة بتقنيات الطاقة المتجددة و بفوائد مخفضة .

## المراجع :


1. ابراهيم ، ثائر . (2019 ) . "تحسين كفاءة استثمار الألواح الكهرضوئية و آفاق دمجها في التصميم المعماري للمباني في مرحلة إعادة الإعمار "، جامعة البعث ، سورية
2. أحمد ، وفاء ، فجال ، سليم . (2019 ) . "دراسة لقائمة الموارد التي تسهم في استخدام المواد الذكية لتحقيق الاستدامة في العمارة"، **Journal of Advanced Engineering Trends** ، Vol , 38 , NO 2
3. إسمهان ، بوعشة . ( 2019 ) . "جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة و إمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية ( دراسة حالة الجزائر ) "، رسالة دكتوراة ، كلية العلوم الاقتصادية و التجارية و علوم التسيير ، جامعة محمد خيضر بسكرة .
4. الجادري ، إحسان ، سليم ، يونس . ( 2010 ) ."أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري "، **مجلة الهندسة و التكنولوجيا** ، المجلد 28 ، العدد 11
5. الخطيب ، محمد . ( 2015 ) . " دور الخلايا الشمسية في توفير الطاقة و التشكيل المعماري للمباني السكنية في قطاع غزة "، رسالة ماجستير ، الجامعة الإسلامية – غزة .
6. الشواخ ، رياض ، فريوان ، وليد . ( 2019 ) ، " دمج تقنيات الطاقة الشمسية بالمباني التعليمية لترشيد استهلاك الطاقة و حماية البيئة ( مدينة سبها نموذجا ) " .
7. الكفري ، مصطفى . ( 2017) ." دور الطاقة المتجددة في تحقيق الأمن الطاقوي في سورية في مرحلة إعادة إعمار سورية "، **مجلة جامعة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية** ، المجلد 39 ، العدد 6
8. حسين ، فوزية . ( 2011) . "تكنولوجيا الطاقة الشمسية و تأثيرها في التكوين الرسمي للمباني"،كلية الهندسة ، جامعة بغداد
9. حلام ، زواوية . ( 2013 ) . "دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة في الدول المغاربية "، رسالة ماجستير ، جامعة فرحات عباس ، الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
10. ربيع ، سامر ، خضور ، علي . ( 2018 ) "مساهمة الطاقة الكهرضوئية في تغذية المساكن الريفية المعزولة عن الشبكة العامة و جدواها الاقتصادية "، **مجلة جامعة طرطوس للبحوث و الدراسات العلمية** ، المجلد 2 ، العدد 1 .

11.سيد أحمد ، مها . ( 2013 ) . "الطاقة الجديدة و المتجددة و دورها في التنمية المستدامة للمناطق الريفية "، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة .

12.عبد الهادي ، مروة ، ( 2012 ) . "نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهرضوئية "، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة المنصورة .

13.عطوة ، محمد . (2017 ) . "الطرق المفضلة لدمج و توجيه وحدات الخلايا الفوتوفولتية بأسطح المباني "، **مجلة جامعة الأزهر** ، المجلد 12 ، العدد 44

14.علي ، يونس . ( 2017) ." الترابط بين المياه و الطاقة في سورية "، ورشة عمل إقليمية لبناء القدرات حول الترابط بين المياه و الطاقة ، بيروت

15.محمود ، مصطفى ، ( 2013 ) . "آليات تفعيل تطبيقات استخدام الطاقة الشمسية في إيجاد تنمية حضرية مستدامة "، كلية التخطيط الاقليمي و العمراني ، جامعة القاهرة .

16.يسر الله ، دلال . (2019 ) استخدام الطاقة الشمسية في التصميم الداخلي المعاصر ، مجلة الفنون و العلوم التطبيقية ، جامعة دمياط .

17. Jell , Bjorn , Breivik , Chrster . (2012) . "State of the art building integrated photovoltaics" , **Energy Procedia**

18.Peng , changhai . ( 2011 ) ." Building integrated photovoltaics ( BIPV ) in historical Buildings Opportunities and Constraints" , **journal energy and building** , No . 43