وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة الافتراضية السورية
برنامج نمذجة معلومات البناء
وإدارتها BIMM

Ministry of Higher Education
and Scientific Research
Syrian Virtual University
Program Master of BIMM

تقييم أثر ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة الأبنية الخدمية
دراسة حالة : باسيليا سيتي

Assessment of the Impact of Connecting a Photovoltaic System on the Sustainability of Service Building
Case Study: Basilia City

بحث مقدم لنيل درجة ماجستير التأهيل والتخصص في إدارة ونمذجة معلومات البناء BIMM

إعداد الطالبة
بلقيس سامر ابو شاهين

اسم الطالب balqees

رقم الطالب ٢٥٥٨٥٤

إشراف

اسم المشرف الرئيس د. علاء قاضي
اسم المشرف المساعد د. حمزة عمران

٢٠٢٤_٢٠٢٥

قرار لجنة الحكم

الجامعة الافتراضية السورية
برنامج ماجستير إدارة ونمذجة معلومات البناء

اسم الطالبة: بلقيس سامر ابو شاهين
الرقم الجامعي: ٢٥٥٨٥٤

عنوان البحث :

تقييم أثر ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة الأبنية الخدمية
دراسة حالة : باسيليا سيتي

أعضاء اللجنة:

١- الدكتور: علاء قاضي
٢- الدكتور: بشار عبد النور
٣- الدكتورة: سونيا أحمد

أجيزت هذه الرسالة بتاريخ :

كلمة الشكر:

الشكر إلى كل من مد لي يد العون في إعداد هذه الرسالة وأخص بالشكر:

الدكتور علاء قاضي على ما بذله من جهود مخلصة وما قدمه من نصح وتوجيه وإرشاد.

الدكتور حمزة عمران على حسن متابعته وتوجيهاته القيمة، وما قدمه من دعم ومساندة في هذا البحث، فقد كان سنداً وعوناً في جميع مراحل العمل .

فلهما كل الاحترام والتقدير.

الدكتورة سونيا أحمد مديرة برنامج ماجستير إدارة ونمذجة معلومات البناء في الجامعة الافتراضية السورية كل الشكر والتقدير لتواجدها الدائم ودعمها ومساعدتها .

كما أتقدم بالشكر إلى الأساتذة أعضاء لجنة المناقشة على ما سيبذلونه من جهود في تقييم هذا البحث ساعين جاهدين للوصول به إلى قمم الكمال والتميز.

الملخص:

مع النمو السريع للمدن الكبرى، أصبحت الاستدامة في البناء جانباً أساسياً من جوانب تطوير المباني الحديثة، وخاصة في المباني الخدمية التي تكتسب أهمية متزايدة في التوسع الحضري. تهدف إلى تقييم تأثير ربط نظام الطاقة الكهروضوئية على استدامة المباني الخدمية واستكشاف ممارسات التخطيط، بما في ذلك استخدام الشبكات المصغرة وأنظمة الطاقة اللامركزية التي ينبغي اتباعها في التخطيط الحضري المرن. تمت دراسة حالة المجمع الخدمي المركزي في باسيليا-سيتي في دمشق- سورية. وقد تم استخدام بيئة BIM في وضع النماذج اللازمة للمخططات الكهربائية والحصول على مساحات الأسطح المتوفرة لإنشاء هذه المنظومة. تمت تغذية المجمع بحالتين: الأولى تغذية من خط كهربائي واحد والثانية تغذية من خطين كهربائيين وتمت المقارنة بينهما. بحالة التغذية من خطين نحتاج لعدد (ألواح ،بطاريات ،محولات ،عواكس) أقل من حالة التغذية بخط واحد وهذا يقلل من التكلفة الاقتصادية بالإضافة إلى توفير المساحة اللازمة لتثبيت الألواح بنسبة 80%. تشير النتائج الرئيسية إلى أن اعتماد معايير الاستدامة في تصميم شبكات الطاقة الكهربائية للمباني الخدمية واستخدام الطاقة المتجددة في التصميم سيكون له تأثير إيجابي على البيئة من خلال تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وبالتالي خفض انبعاثات الغازات الضارة. بالإضافة إلى ذلك، ستكون الشبكة الكهربائية المستدامة أكثر موثوقية وقادرة على تلبية الطلب المتزايد على الطاقة.

الكلمات المفتاحية:

الاستدامة ؛التصميم المستدام؛ الممارسات المستدامة؛ الطاقة المتجددة؛ تخطيط شبكة الطاقة الكهربائية.

Abstract:

With the rapid growth of major cities, sustainability in construction has become a fundamental aspect of modern building development, particularly in service buildings which are increasingly important in urban expansion. It aims to assess the impact of connecting a photovoltaic system on the sustainability of service building and to explore planning practices, including the use of microgrids and decentralized energy systems that should be followed in resilient urban planning. The central service complex in Basilia- City in Damascus, Syria was conducted as a case study. The Building Information Modeling (BIM) environment was utilized to create the necessary electrical plans and determine the available surface areas required for implementing this system. First, the electrical energy requirement of the service complex was calculated, and then the photovoltaic system was designed. The complex was supplied in two cases: the first was supplied from a single electrical line, and the second was supplied from two electrical lines, and a comparison was made between them. In the case of two-line power supply, we need fewer (panels, batteries, transformers, inverters) than in the case of one-line power supply. This reduces the economic cost in addition to saving the space needed to install the panels by 80%. The main findings indicate that adopting sustainability standards in the design of electric power grids for service building and using renewable energies in the design will have a positive impact on the environment by reducing dependence on fossil fuels, thus lowering harmful gas emissions. Additionally, a sustainable power grid will be more reliable and capable of handling the increasing demand for energy.

Keywords:

Sustainability; Sustainable design ;Sustainable practices; Renewable energy; Planning the electric power grid.

فهرس البحث :

جدول المحتويات

كلمة الشكر: i

الملخص: ii

الكلمات المفتاحية: ii

Abstract: iii

Keywords: iii

فهرس البحث : iv

قائمة الأشكال: viii

قائمة الجداول: x

قائمة المصطلحات: x

الفصل الأول : خطة البحث 1

- المقدمة: 2
- المشكلة البحثية: 4
- الأسئلة البحثية: 4
- الأهداف البحثية: 4
- الفرضيات البحثية: 5
- أهمية البحث النظرية والعلمية: 5
- الدراسات السابقة: 6
- التحليل الكمي للدراسات السابقة (Bibliometric Analysis): 9
- التحليل النوعي للدراسات السابقة(Content Analysis): 11
- مجتمع وعينة الدراسة: 12
- منهجية البحث: 12
- حدود البحث: 12

الحدود المكانية: ... 12

الحدود الزمانية: 12

الحدود الموضوعية: 12
• المتغير التابع والمستقل: 12
• المتغيرات المستقلة التي يمكن أن تؤثر بشكل غير مباشر على المتغير التابع: 14
• المتغيرات الوسيطة التي يمكن أن تؤثر بشكل غير مباشر على المتغير التابع: 16
• المتغيرات الفئوية (المعدلة) التي تؤثر على العلاقات بين المتغيرات: 18
الفصل الثاني : الإطار النظري 21
• الطاقات المتجددة وأهميتها: 22
• ميزات الطاقات المتجددة: 24
• عيوب الطاقات المتجددة: 25
• دور الطاقات المتجددة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة: 25
1. الحد من الانبعاثات الكربونية وتخفيف تغير المناخ: 25
2. تحسين الصحة العامة: 26
3. أمن الطاقة: 26
4. التنمية الاجتماعية والاقتصادية: 26
٥. الوصول إلى الطاقة: 27
• الطاقة الكهروضوئية وأهميتها: 27
• تقنيات تحويل الطاقة الكهروضوئية: 29
• أنظمة الطاقة الكهروضوئية: مكوناتها ، أنواعها و أداءها: 30
• مكونات النظام الكهروضوئي: 30
• مكونات الألواح الكهروضوئية: 30
• مقارنة بين تقنية الألواح الكهروضوئية ذات أنصاف الخلايا والألواح الكهروضوئية ذات الخلايا الكاملة: 34
• العوامل البيئية المؤثرة على كفاءة الألواح الكهروضوئية: 35
• أنواع الخلايا الكهروضوئية: 36
• آلية عمل الخلايا الكهروضوئية: 44
٢- منظم الشحن (Charge Controller): 46
3- محول الطاقة أو العاكس (Inverter):: 47
4- بطاريات التخزين (Energy Storage Systems): 50
• أنواع بطاريات الطاقة الكهروضوئية: 51
• أنواع بطاريات الطاقة الكهروضوئية الرصاصية من حيث شكل شرائح الرصاص: 52

53 ..... .:(Cadmium Nickel Cadmium)بطاريات التخزين نيكل ـ كادميوم ٢.
54 ..... :(Lithium-Ion Batteries)بطاريات الليثيوم أيون ٣.
55 ..... :(Mounting Structures)حاملات الألواح الكهروضوئية ٥-
55 ..... :(Monitoring System)نظام التحكم والمراقبة .6-
55 ..... (Wiring and Connector)الكابلات والموصلات 7-
55 ..... (Protection Devices.)وحدات الحماية 8-
55 ..... :(Grid Connection)الشبكة الكهربائية 9-
56 ..... أنواع الأنظمة الكهروضوئية وأداءها:
58 ..... تطبيقات الأنظمة الكهروضوئية:
58 المحطات الكهروضوئية المثبتة على الأرض:-1
59 ٢-المحطات الكهروضوئية المثبتة على أسطح الأبنية:
60 ٣-تحويل زجاج المباني إلى ألواح كهروضوئية:
62 مصفوفات كهروضوئية مناسبة للزراعة تحتها: ٥-
63 ٥-المحطات الكهروضوئية العائمة:
64 ..... :(Net Zero Energy Buildings)المباني صفرية الطاقة
64 تعريف المباني صفرية الطاقة :
64 ..... خصائص المباني صفرية الطاقة:
64 ..... أهمية المباني صفرية الطاقة:
65 ..... الاستدامة :تعريف وأهمية:
65 تعريف الاستدامة:
65 ..... الركائز الأساسية للاستدامة:
65 ..... أهمية الاستدامة:
66 ..... استدامة الطاقة في الأبنية الخدمية :تعريف وأهمية:
66 تعريف استدامة الطاقة:
66 ..... أهمية استدامة الطاقة في الأبنية الخدمية:
67 ..... :BIMمفهوم نمذجة معلومات البناء
68 ..... تعريف نمذجة معلومات البناء:
68 ..... مميزات تطبيق نمذجة معلومات البناء:
70 ..... تطبيق نمذجة معلومات البناء في سورية :
70 ..... نمذجة معلومات البناء والمباني صفرية الطاقة:

72 تعريف نمذجة معلومات البناء من وجهة نظري كمهندسة طاقة كهربائية:•
73 الفصل الثالث : القسم العملي
• 74 المقدمة:
• 75 توصيف المجمع:
• 78 بيانات الإشعاع الشمسي في الموقع:
• 81 توصيف أبنية المجمع:
84 حساب الاحتياج اليومي للطاقة اللازمة لتشغيل الأحمال الأساسية الموجودة في الأبنية:•
• 86 إجمالي احتياج الطاقة للأبنية:
• 87 احتياج الطاقة للمصاعد في المجمع:
• 88 إجمالي احتياج الطاقة للمصاعد:
• 88 احتياج الطاقة لإنارة الشوارع:
• 89 حساب احتياج الطاقة الكهربائية الكلي للمجمع:
• 89 تصميم المنظومة الكهروضوئية:
• 89 حالة التغذية من خط واحد:
• 92 ربط خطوط التغذية:
• 93 إجمالي احتياج الطاقة للإضاءة:
• 93 حساب خطي التغذية:
97 المقارنة في حال التغذية من خط واحد والتغذية من خطين:•
• 98 الدراسة الاقتصادية :
• 100 الفائدة البيئية:
102 الفصل الرابع: النتائج والتوصيات
• 103 الاستنتاجات:
• 105 التوصيات:
• 106 المراجع:
• 110 الملحق ١:
• 140 الملحق ٢:

قائمة الأشكال:

رقم الشكل	عنوان الشكل
الشكل(1)	مصادر الطاقات المتجددة
الشكل(2)	تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من تكنولوجيا الطاقات المتجددة خلال المدة 2011-2023
الشكل(3)	الشكل(3)القدرة السنوية للطاقة الكهربائية المولدة بواسطة الأنظمة الكهروضوئية خلال المدة 2013-2023
الشكل(4)	مكونات اللوح الكهروضوئي
الشكل(5)	مادة التغليف الأكثر استخداماً في صناعة الألواح الكهروضوئية
الشكل(6)	الإطار المعدني للألواح الكهروضوئية
الشكل(7)	علبة توصيل للألواح الكهروضوئية
الشكل(8)	الألواح ذات أنصاف الخلايا وألواح الخلايا الكاملة
الشكل(9)	الخلايا الكهروضوئية السيليكونية
الشكل(10)	الخلايا الكهروضوئية غير المتبلورة
الشكل(11)	الخلايا الكهروضوئية الرقيقة
الشكل(12)	الخلايا الكهروضوئية الصبغية
الشكل(13)	الخلايا الكهروضوئية العضوية
الشكل(14)	الخلايا الكهروضوئية المركبة
الشكل(15)	خلايا الطلاء الكهروضوئي
الشكل(16)	خلايا البروفسكايت
الشكل(17)	آلية عمل الخلية الكهروضوئية
الشكل(18)	طريقة توصيل المحطة الكهروضوئية بالعاكس المركزي
الشكل(19)	طريقة توصيل المحطة الكهروضوئية بالعاكس الموزع/السلسلة
الشكل(20)	طريقة توصيل المحطة الكهروضوئية بالعاكس متعدد السلاسل
الشكل(21)	طريقة توصيل المحطة الكهروضوئية بالعاكس الميكروي
الشكل(22)	بطارية الطاقة الكهروضوئية
الشكل(23)	بطارية رصاص مغمورة
الشكل(24)	بطارية الرصاص غير المغمورة
الشكل(25)	أنواع بطاريات الطاقة الكهروضوئية من حيث شكل شرائح الرصاص
الشكل(26)	بطارية التخزين نيكل-كادميوم
الشكل(27)	بطاريات الليثيوم -أيون

الشكل(28)	مكونات النظام الكهروضوئي
الشكل(29)	مقارنة بين النظام المستقل والنظام المتصل
الشكل(30)	نظام هجين (كهروضوئي-ريحي)
الشكل(31)	النظام الكهروضوئي المعزول
الشكل(32)	محطة Tengger Desert Solar Park
الشكل(33)	نظام كهروضوئي مثبت على سطح بناء
الشكل(34)	نوافذ ذات زجاج مفرد ونوافذ ذات زجاج مزدوج
الشكل(35)	تحويل زجاج المباني إلى ألواح كهروضوئية
الشكل(36)	مصفوفات مناسبة للزراعة تحتها
الشكل(37)	محطة كهروضوئية عائمة
الشكل(38)	نموذج الخلية الكهروضوئية ضمن برنامج Revit
الشكل(39)	موقع سورية على خريطة العالم
الشكل(40)	صورة مأخوذة من موقع google maps توضح موقع باسيليا –سيتي
الشكل(41)	المخطط التنظيمي لباسيليا-سيتي وموقع المجمع فيها
الشكل(42)	المخطط التنظيمي للمجمع الخدمي المركزي في باسيليا-سيتي
الشكل(43)	التصميم العمراني للمجمع الخدمي المركزي في باسيليا-سيتي
الشكل(44)	صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح مسقط الأبنية
الشكل(45)	المعدلات الوسطية للإشعاع الشمسي يوميا لكل شهر
الشكل(46)	توزع الإشعاع الشمسي لكل شهر وفقاً لساعات اليوم
الشكل(47)	توزع الإشعاع الشمسي لكل شهر وفقاً لساعات اليوم
الشكل(48)	الشكل(48)مخطط مسار الشمس للموقع المقترح خلال فصول السنة
الشكل(49)	مسقط الأبنية ضمن الRevit
الشكل(50)	مسقط الأبنية ومساحاتها ضمن الRevit
الشكل(51)	صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح جدول كميات أجهزة الإضاءة
الشكل(52)	عدد الساعات الشمسية حسب أطلس الإشعاع الشمسي
الشكل(53)	صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح توجه وزاوية تموضع الألواح الكهروضوئية

الشكل(54)	صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح توضع الألواح على سطح أحد الأبنية
الشكل(55)	مساهمة القطاعات المختلفة في إنتاج الغازات الدفيئة

قائمة الجداول:

رقم الجدول	عنوان الجدول
الجدول(1)	التحليل الكمي للدراسات السابقة Bibliometric Analysis
الجدول(2)	التحليل النوعي للدراسات السابقة Content Analysis
الجدول(3)	الأبنية الموجودة في المجمع ومساحاتها
الجدول(4)	إجمالي احتياج الطاقة للأبنية
الجدول(5)	إجمالي احتياج الطاقة للمصاعد
الجدول(6)	إجمالي احتياج الطاقة للإضاءة
الجدول(7)	المقارنة في حال التغذية من خط واحد والتغذية من خطين

قائمة المصطلحات:

المصطلح باللغة الإنكليزية	تعريف المصطلح باللغة الانكليزية	تعريف المصطلح باللغة العربية
BIM	Building Information Modiling	نمذجة معلومات البناء
MGs	MicroGrids	الشبكات الميكروية
DER	Distributed Energy Resources	موارد الطاقة الموزعة
PV	Photovoltaic	الطاقة الكهروضوئية
ZNEB	Zero Net Energy Building	مباني صفرية للطاقة
BIPV	Building Integrated Photovoltaic	أنظمة الطاقة الكهروضوئية المدمجة في المباني
NZEB	Net Zero Energy Building	مباني صفرية للطاقة
DC	Direct Current	تيار مستمر
AC	Alternating Current	تيار متردد

مادة الأسيتات فينيل الإيثيل	Ethylene vinyl acetate	EVA
الخلايا الكهروضوئية السيليكونية أحادية البلورة	Monocrystalline silicon cells	Mono-Si
الخلايا الكهروضوئية السيليكونية متعددة البلورات	Polycrystalline silicon cells	Poly-Si
الخلايا السيليكونية غير المتبلورة	Amorphous silicon solar cells	A-Si
الخلايا الكهروضوئية الرقيقة	Thin- Film Solar Cells	TF
الخلايا الكهروضوئية الضوئية	Dye-sensitized Solar Cells	DSSCs
الخلايا الكهروضوئية العضوية	Organic Photovoltaic Cells	OPV
منظمات الشحن بتعديل عرض النبضة	Pulse Width Modulation	PWM
منظمات الشحن بتتبع نقطة الاستطاعة العظمى	Maximum Power Point Tracking	MPPT
بطاريات حمضية ذات ألواح الرصاص المغمورة	Flooded cell Lead Acid	FLA
بطاريات الرصاص غير المغمورة	Valve Regulated Lead Acid	VRLA
الأنظمة المعزولة	Building-Integrated Photovoltaics	BIPV
التكلفة المستوية للطاقة	Levelized cost of energy	LCOE
صناعة التشييد والإعمار	Architecture, engineering and AEC construction	AEC

الفصل الأول : خطة البحث

ملخص الفصل:

يستعرض هذا الفصل الخطوط العريضة لمراحل تنفيذ المشروع، وتعريف مشكلة البحث والدراسة، أهمية المشروع و أهدافه، والدراسات السابقة و محددات إنجاز المشروع المكانية و الزمانية و التقنية و البشرية بالإضافة إلى المتغيرات المتعلقة بموضوع البحث.

مخطط الفصل:

- المقدمة.
- المشكلة البحثية.
- الأسئلة البحثية.
- الأهداف البحثية.
- الفرضيات البحثية.
- أهمية البحث النظرية والعلمية.
- الدراسات السابقة.
- التحليل الكمي للدراسات السابقة(Bibliometric Analysis).
- التحليل النوعي للدراسات السابقة (Content Analysis).
- مجتمع وعينة الدراسة.
- منهجية البحث.
- حدود البحث.
- المتغير التابع والمستقل.
- المتغيرات المستقلة التي يمكن أن تؤثر بشكل غير مباشر على المتغير التابع.
- المتغيرات الوسيطة التي يمكن أن تؤثر بشكل غير مباشر على المتغير التابع.
- المتغيرات الفئوية (المعدلة) التي تؤثر على العلاقات بين المتغيرات.

• المقدمة:

تعد الطاقة من أهم العناصر الأساسية التي يعتمد عليها الإنسان في حياته اليومية فهي القوة المحركة لكل شيء من حولنا حيث عرف الإنسان قديماً مصادر الطاقة غير المتجددة التي تشمل الوقود الأحفوري مثل (النفط والفحم والغاز الطبيعي) وإن هذه المصادر محدودة وتسبب تلوثاً بيئياً عند استخدامها ومع تطور الحضارات ازدادت الحاجة إلى مصادر متنوعة للطاقة لتلبية متطلبات الحياة المتزايدة وقد أدى البحث المستمر عن مصادر جديدة ومستدامة للطاقة مثل (الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة الكهرومائية) والتي تعتبر بدائل نظيفة وصديقة للبيئة مقارنة بالوقود الأحفوري التقليدي**[XVI]**. تعتبر أنظمة الطاقة الكهروضوئية (PV) من أهم التقنيات التي تساهم في تحقيق استدامة الطاقة وتعتمد هذه الأنظمة على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية باستخدام خلايا شمسية (مصنوعة من السيليكون) مما يقلل من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية ويخفض من انبعاثات الكربون**[XVII]**. كذلك في ظل التحديات البيئية والاقتصادية المتزايدة، تبرز الحاجة الماسة لتطوير شبكات الطاقة الكهربائية بما يتماشى مع مبادئ الاستدامة. يعتبر تخطيط ونمذجة شبكة الطاقة الكهربائية المستدامة من الخطوات الأساسية لتحقيق هذا الهدف، حيث يتم الجمع بين التقنيات المتقدمة والممارسات الهندسية الرصينة لإنشاء نظام يضمن توفير الطاقة بكفاءة عالية وتأثير بيئي منخفض.

ومن الضروري دراسة هذه الممارسات وتقييم تأثير ربط هذه الأنظمة على الشبكة الكهربائية لضمان استقرارها وكفاءتها. حيث تساعد هذه الدراسة في تحديد أفضل المواقع والأحجام المناسبة لتركيب الأنظمة الكهروضوئية لتحقيق أقصى استفادة منها .حيث في الآونة الأخيرة هناك اهتمام كبير باستخدام الشبكات الميكروية (MGs) في أنظمة الطاقة لأنها تعتبر شبكة طاقة مرنة وذكية وفعالة وبالإضافة إلى ذلك فهي قادرة على تحسين موثوقية النظام وكفاءته وأمانه و هذا يؤدي إلى تعزيز تكامل مصادر الطاقة المتجددة بحيث تمكنها أن تكون إما متصلة بالشبكة ON-GRID أو تستخدم موارد الطاقة الموزعة (DER) لتغذية الأحمال بدون الشبكة OFF-GRID . كما يُسهل دمج الشبكات المحلية ومصادر الطاقة المتجددة مستقبل الطاقة المستدامة. في بحثنا هذا سيتم دراسة وتقييم تأثير ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية في الأبنية الخدمية وهذا يتطلب دراسة عدة جوانب منها تحسين كفاءة استهلاك الطاقة، وتقليل تكاليف التشغيل، وتعزيز الاستقلالية الطاقية**[XII]** لهذه الأبنية بالإضافة إلى ذلك يمكن أن تسهم هذه الأنظمة في تحسين جودة وتقليل التأثير البيئي العام للمباني. تُعد مدينة باسيليا نموذجاً رائداً في هذا

المجال، حيث تم تطبيق ممارسات نمذجة وتخطيط متقدمة لشبكتها الكهربائية، مما يجعلها مثالًا يحتذى به في الاستدامة الطاقية. يتناول هذا البحث الأساليب والتقنيات المستخدمة في باسيليا، ويستعرض كيف يمكن تطبيق هذه الممارسات في مدن أخرى لتعزيز كفاءة الطاقة والاعتماد على مصادر متجددة، مع الحفاظ على استقرار الشبكة وتلبية الطلب المتزايد على الطاقة. يهدف البحث إلى تقديم رؤية شاملة حول أهمية النمذجة والتخطيط الدقيق لشبكات الطاقة الكهربائية، وكيف يمكن لهذه الممارسات أن تسهم في تحقيق التنمية المستدامة والتقليل من البصمة الكربونية للمدن واستعراض الفوائد البيئية والاقتصادية والاجتماعية لربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية في الأبنية الخدمية وتقديم توصيات لتحسين واستدامة هذه الأنظمة لضمان تحقيق أقصى استفادة منها، مع التركيز على دراسة حالة مدينة باسيليا كمثال عملي وملهم . سيتم دراسة عدة ممارسات هامة في بحث نمذجة وتخطيط شبكة الطاقة الكهربائية المستدامة، والتي تشمل: **١. التخطيط المتكامل للموارد:** يأخذ في الاعتبار كل من توفير مصادر الطاقة ودور كفاءة الطاقة في تقليل الاستهلاك.

٢. استخدام الطاقة المتجددة: التركيز على الطاقة الشمسية كمصدر طاقة مستدامة.

٣. تحسين كفاءة الطاقة: تطبيق تقنيات لزيادة كفاءة استخدام الطاقة وتقليل الفاقد.

٤. النمذجة الوصفية والتحكيمية وتوقعات المستقبل: استخدام نماذج الطاقة لوصف الوضع الحالي، تقييم الخيارات، وتوقع الاتجاهات المستقبلية.

٥. التنظيم والسياسات الحكومية: تطوير سياسات تسعير الكربون، والتخلص التدريجي من إعانات الوقود الأحفوري.

٦. التقليل من انبعاثات الغازات الدفيئة: تطبيق حلول لتقليل الانبعاثات الناتجة عن توليد واستهلاك الطاقة.

هذه الممارسات تساهم في تحقيق نظام طاقة أكثر استدامة ومرونة يمكنه تلبية احتياجات الأجيال الحالية والمستقبلية، مع الحفاظ على البيئة وتعزيز الاقتصاد.

• المشكلة البحثية:

في ظل التحديات البيئية والاقتصادية المتزايدة أصبح من الضروري البحث عن حلول مستدامة لتلبية احتياجات الطاقة المتزايدة وتعتبر أنظمة الطاقة الكهروضوئية واحدة من الحلول الواعدة التي يمكن أن تسهم في تحقيق استدامة الطاقة في الأبنية الخدمية ومع ذلك فإن ربط هذه الأنظمة يتطلب تقييماً دقيقاً لأثرها على استدامة الطاقة وكفاءة الشبكة في الأبنية الخدمية- باسليا سيتي.

• الأسئلة البحثية:

كيف يمكن دراسة وتقييم أثر ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة الأبنية الخدمية ؟وما هي الممارسات التخطيطية في شبكة الطاقة الكهربائية المستدامة التي يجب اتباعها في تخطيط المدن المرنة؟ ومن ثم لدينا مجموعة من الأسئلة الفرعية المحددة بتفصيل السؤال الرئيسي العام:

١. كيف يؤثر تخطيط شبكة الطاقة الكهربائية على استدامة التخطيط العمراني في المدن المستدامة - باسيليا سيتي؟
٢. ماهي تطبيقات مبادئ التصميم المدني الذكي وكيف تستخدم في تخطيط شبكة الطاقة الك الكهربائية في المدن المستدامة؟
٣. كيف بمكن تحقيق التوازن ببن تلبية الطلب الكهربائي للمستخدمين بأقصى كفاءة واقتصادية ممكنة واستخدام مصادر الطاقة النظيفة؟

• الأهداف البحثية:

الهدف الرئيسي لهذا البحث هو تقييم أثر ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة الأبنية الخدمية واستكشاف الممارسات التخطيطية المستدامة بما في ذلك استخدام الشبكات المحلية وأنظمة الطاقة اللامركزية التي يجب اتباعها في تخطيط المدن المرنة- باسيليا سيتي. ويوجد أهداف فرعية مقابلة على الشكل:

١. دراسة وفهم ديناميكيات شبكة الطاقة وتأثيرات الطاقة المتجددة.

٢. دراسة تطبيقات ومبادئ التصميم المدني الذكي وكيف تستخدم في تخطيط شبكة الطاقة الكهربائية في المدن المستدامة-باسيليا سيتي؟

٣. زيادة كفاءة الطاقة وتقليل الفاقد في الشبكة.

٤. تقييم الأثر البيئي والاقتصادي للطاقة المستدامة.

- **الفرضيات البحثية:**

الفرضية الرئيسية لهذا البحث هي وجود الممارسات التخطيطية لشبكة الطاقة الكهربائية المستدامة في مدينة باسيليا سيتي .ويوجد فرضيات فرعية مقابلة على الشكل:

١. استخدام نماذج تخطيط متقدمة سيؤدي إلى تحسين كفاءة شبكة الطاقة الكهربائية.

٢. تطبيق ممارسات النمذجة سيساهم في زيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

٣. الشبكات الكهربائية المستدامة ستكون أكثر موثوقية وقادرة على التعامل مع الطلب المتزايد على الطاقة.

٤. تقليل التكاليف الإجمالية للطاقة من خلال تحسين الكفاءة واستخدام التقنيات المستدامة.

٥. سيكون للشبكة الكهربائية المستدامة تأثير إيجابي على البيئة من خلال خفض الانبعاثات الضارة.

- **أهمية البحث النظرية والعلمية:**

ممارسات نمذجة تخطيط شبكة الطاقة الكهربائية المستدامة لها أهمية كبيرة، خصوصاً لمدينة مثل باسيليا سيتي التي قد تكون مهتمة بتطوير بنية تحتية للطاقة تكون صديقة للبيئة ومستدامة. هذا النوع من البحوث يساعد في:- تحديد أفضل الممارسات لإدارة وتوزيع الطاقة الكهربائية.

- تقليل البصمة الكربونية للمدينة عبر استخدام مصادر الطاقة المتجددة.

- تعزيز الكفاءة الطاقية في المباني والمرافق العامة.

- ضمان الأمان والموثوقية في توفير الطاقة للسكان.

- دعم النمو الاقتصادي المستدام وخلق فرص عمل جديدة في قطاع الطاقة المتجددة.

بشكل عام، يمكن لهذه الممارسات أن تسهم في تحقيق الاستدامة البيئية والازدهار الاقتصادي للمدينة، وتحسين جودة الحياة لسكانها.

• الدراسات السابقة:

في المرجع **[I]** الدراسة التي أجراها Vieira وزملاؤه عام 2015، قام الباحثون بإعداد مراجعة أدبية حول الممارسات المستدامة لإدارة شبكات الطاقة الكهربائية. استعرضت الدراسة مجموعة من استراتيجيات الإدارة الفعّالة التي تهدف إلى تحسين كفاءة الطاقة وتقليل الأثر البيئي لشبكات الطاقة. تتناول المراجعة مجموعة من الممارسات المستدامة، مثل تحسين التخطيط الشبكي، وتكامل مصادر الطاقة المتجددة، وطرق تخزين الطاقة. كما أكدت على أهمية تطبيق تقنيات مثل الشبكات الذكية، التي تتضمن استخدام أنظمة تحكم متقدمة لتحسين إدارة الطلب وإنتاج الطاقة. قدم الباحثون اقتراحات حول كيفية دمج هذه الممارسات في السياسات الحالية لتحسين استدامة الشبكات الكهربائية. وأبرزوا الحاجة إلى تكنولوجيا حديثة وإعادة هيكلة تنظيمية لضمان تكامل فعال بين مصادر الطاقة التقليدية والمتجددة. ختامًا، تسلط الدراسة الضوء على أهمية تطوير استراتيجيات مستدامة للإدارة الشبكية، مما سيعزز من موثوقية وكفاءة الطاقة الكهربائية، ويسهم في الوصول إلى أهداف التنمية المستدامة.

في المرجع **[II]** تناول Karki وزملاؤه عام 2017 مجموعة من المواضيع المتعلقة بتصميم وتحليل أنظمة الطاقة المستدامة بعنوان "أنظمة الطاقة المستدامة: النمذجة والمحاكاة والتحليل". قدموا رؤى شاملة حول نماذج النظم الكهربائية وكيفية محاكاتها لتقييم الأداء والتكامل مع مصادر الطاقة المتجددة. يتضمن المحتوى مجموعة من الفصول التي تغطي مفاهيم أساسية في النمذجة، بالإضافة إلى التطبيقات العملية للتحليل باستخدام تقنيات حديثة. يهدف الكتاب إلى تقديم أدوات وتقنيات مفيدة للمهندسين والباحثين لتحسين كفاءة الطاقة ودعم الانتقال نحو أنظمة طاقة أقل اعتماداً على الوقود الأحفوري. تناول أيضًا أهمية الابتكار التكنولوجي في تطوير حلول جديدة تتعلق بإمدادات الطاقة، مثل الشبكات الذكية وتخزين

الطاقة. أخيراً، يشدد على ضرورة البحث المستمر والتعاون بين مختلف التخصصات لتحقيق أهداف الاستدامة في مجال الطاقة.

قام باحثون في المرجع **[III]** الدراسة التي أجراها Paniyil وزملاؤه عام 2020، تم تناول نظام الطاقة المستدام المستند إلى الخلايا الكهروضوئية (PV) والبطاريات ، حيث تم تحليل كيفية استخدام هذا النظام كمصدر فعال للكهرباء. تقدم الدراسة نموذجاً لربط الطاقة الكهروضوئية مع تخزين البطاريات كوسيلة لتحسين موثوقية وكفاءة توزيع الطاقة الكهربائية. تتطرق الدراسة إلى الفوائد البيئية والاقتصادية لهذه الأنظمة، حيث تسهم في تقليل الانبعاثات وتلبية احتياجات الطاقة المتزايدة. كما أظهرت النتائج القدرة العالية لأنظمة الطاقة المدمجة على تعزيز الوصول إلى الطاقة في ظل التحديات العالمية المرتبطة بالطاقة. يستعرض الباحثون أيضًا التحديات التي تواجه هذه الأنظمة، مثل التكلفة الأولية والتغيرات في الطلب على الطاقة، ويؤكدون على أهمية الابتكار التكنولوجي والسياسات الداعمة لتعزيز اعتماد هذه الأنظمة. في النهاية، تعزز هذه الدراسة أهمية تكامل الخلايا الكهروضوئية مع أنظمة تخزين الطاقة لتحقيق مصادر مستدامة وموثوقة للكهرباء.

في المرجع **[IV]** الذي نشره Soares، Canizes، وVale عام 2021، تمّ تناول إعادة التفكير في تخطيط شبكة توزيع الطاقة وتشغيلها ضمن سياق شبكة ذكية مستدامة تفاعلية مع وسائل النقل الكهربائية. يسلط الباحثون الضوء على التحديات التي تواجه شبكات توزيع الطاقة التقليدية نتيجة لازدياد استخدام المصادر المتجددة والانتقال نحو النقل الكهربائي. يتناول البحث أهمية تحسين تخطيط الشبكات لضمان الكفاءة والقدرة على التعامل مع الزيادة في الطلب على الطاقة الناتجة عن استعمال المركبات الكهربائية. كما يؤكد الباحثان على ضرورة دمج الابتكارات التكنولوجية ومنصات البيانات لتحسين عمليات التخطيط والتحكم، بما يضمن استدامة الشبكة الكهربائية واستجابتها الديناميكية. وتشمل التوصيات التي قدمها الباحثون تحسين التواصل بين الأطراف المعنية، وتطوير استراتيجيات مرنة تسمح بالتكيف مع التغيرات في الطلب والإنتاج، مما يسهم في دعم التكامل الفعال بين شبكات الطاقة ووسائل النقل الكهربائية.

في المرجع **[V]** أُجريت دراسة بواسطة Reha وآخرين في منطقة "مشروع التحول الحضري" التي تقع ضمن نطاق بلدية غازي عثمان باشا في إسطنبول، حيث سيتم هدم 258 مبنى واستبدالها ستة مبانٍ جديدة بالإضافة إلى مرافق اجتماعية وثقافية. تم تطوير نموذج BIM (نمذجة معلومات المباني) باستخدام برنامج أوتوديسك ريفيت، بهدف تعزيز كفاءة الطاقة للمشروع من خلال تقليل استهلاك الطاقة وزيادة إنتاجها عبر مصادر الطاقة الشمسية لتحقيق مفهوم المبنى الصفري للطاقة. تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن كفاءة الطاقة يجب أن تُعتبر معياراً أساسياً، بجانب المعايير التقليدية المعتمدة في دراسات التخطيط الحضري ومشاريع التصميم. كما أن استخدام BIM في المشاريع المعمارية والإنشائية والكهربائية والميكانيكية يحقق العديد من الفوائد، مثل تقليل الأخطاء والتكاليف، تسريع العمليات، زيادة الإنتاجية، تقليل عدم اليقين، إدارة دورة الحياة، وإجراء تحليلات للطاقة خلال مرحلة التصميم.

في المرجع **[VI]** أثبت الباحثIshchenko وزملاؤه من جامعة زابوريليجيا الوطنية في أوكرانيا أن دمج تقنية BIM المتوافقة مع خدمات المباني الخضراء في برنامج Revit يمكّن من إجراء تحليل الطاقة لأي مشروع، مما يسهل تحقيق مفهوم المبنى الصفري للطاقة (ZNEB). تتيح هذه العملية تصوراً واضحاً للمصممين لتحليل متطلبات الطاقة على أي مستوى من المشروع. يُعتبر استخدام تقنيات BIM نهجاً فعّالاً يمكّن من تحقيق المباني الصفرية للطاقة بصورة أكثر سهولة وبساطة على مدار عمر المبنى. تشمل القرارات الذكية المتخذة مبكراً في مرحلة التصميم، مثل اختيار المواد والأنظمة ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة، عنصراً أساسياً ليس فقط في تقليل الطاقة المضمنة في المبنى، بل أيضاً في تعزيز استدامته بشكل عام.

في المرجع **[VII]** أجرى الباحث Jelle وزملاؤه دراسة حول الاتجاهات والفرص البحثية المرتبطة بأنظمة الخلايا الكهروضوئية المدمجة في المباني (BIPV) في المستقبل. تناولت الدراسة التطورات الأخيرة في تكنولوجيا الخلايا الكهروضوئية (PV) وأثرها على أنظمة BIPV، وناقشت بالتفصيل المواد والحلول الجديدة المستخدمة في هذه الأنظمة بالإضافة إلى متانتها على المدى الطويل. اعتُبرت التكلفة المنخفضة للإنتاج، وتأثيرات بيئية محدودة، وكفاءة عالية من العوامل الرئيسية التي تؤثر على أنظمة BIPV في المستقبل. كما أشار الباحثون إلى أهمية السهولة النسبية في تعديل وتركيب أنظمة BIPV، نظراً للعدد الكبير من المباني القائمة. أكدت الدراسة أيضاً على دور الإعانات الحكومية كعامل

رئيسي لجذب اهتمام الصناعة، خصوصاً أن النوافذ الشمسية تقدم فرصاً هائلة، حيث تجمع بين توفير الظل، ونقل الضوء الطبيعي، وإنتاج الكهرباء.

في المرجع **[VIII]** قامت الباحثة أميمة محمد عبد المجيد وزملاؤها بدراسة مشروع بسماية، وهو مشروع سكني يقع في بغداد، العراق، صُمم لاستيعاب حوالي 100,000 وحدة سكنية. استخدمت الدراسة نمذجة معلومات البناء (BIM) كأداة لتقييم تصميم المباني في مشروع بسماية. يستخدم المشروع نظام متكامل يجمع بين الطاقة الضوئية والحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية سنوياً وتوفير الطاقة الحرارية خلال فصل الشتاء. كان الهدف من هذه الدراسة هو تحقيق مفهوم المبنى ذو الطاقة الصافية (NZEB) من خلال تحسين تصميم المباني القائمة. أظهرت النتائج أن مصادر الطاقة المتجددة تُسهم في تقليل الأثر البيئي بشكل أكبر مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية، حيث إن التأثير السلبي لمصادر الطاقة التقليدية يتجاوز التأثير السلبي لمصادر الطاقة المتجددة بمعدل سبعة أضعاف. كما أنتج المبنى المتكامل الذي استخدم نظام الطاقة الضوئية والحرارية حوالي 37% من الطاقة المطلوبة، مما يمثل نسبة جيدة من توفير الطاقة للمشروع بأكمله. يمكن زيادة نسبة توفير الطاقة من خلال زيادة عدد الألواح الشمسية المثبتة. في الختام، ستسهم زيادة الطلب على مصادر الطاقة المتجددة في المباني في تحسين الأثر البيئي من خلال تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يؤدي إلى تحقيق بنايات ذات كفاءة ذاتية تتماشى مع مفهوم NZEB.

- **التحليل الكمي للدراسات السابقة(Bibliometric Analysis):**

NO.	Cites	Authors	Title	Year	Source	Publishers
I	-	Vieira, G. G.,Viveiros, A., Varela, M. L. R., & Machado, J.	SUSTAINABLE PRACTICES FOR ELECTRICAL ENERGY NETWORK MANAGEMENT	2015	Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mecatronics	Ebscohost

II	16	Nava Raj Karki, Rajesh Karki, Ajit Kumar Verma, Jaeseok Choi	Sustainable Power Systems: Modelling, Simulation and Analysis	2017	-	Springer
III	7	Paniyil, P., Powar, V., Singh, R., Hennigan, B., Lule, P., Allison, M., ... & Pumputis, D.	Photovoltaics-and battery-based power network as sustainable source of electric power	2020	mdpi	Energies
IV	3	Soares, J., Canizes, B., & Vale, Z.	Rethinking the distribution power network planning and operation for a sustainable smart grid and smooth interaction with electrified transportation	2021	mdpi	Energies
V	1	Muberra Doldur , Reha Metin Alkan	PROPOSING A BIM-BASED MODEL FOR BUILDING ENERGY OPTIMIZATION	2021	International Symposium on Applied Geoinformatics (ISAG2021)	Researchgate
VI	3	Khassan, A., Donenko, V., & Ishchenko, O.	The use of BIM to achieve zero energy building	2021	Metallurgy and heat treatment of metals	DSpace
VII	72	Jelle, B. P., & Breivik, C.	The Path to the Building Integrated Photovoltaics of Tomorrow	2012	Energy Procedia	Elsevier
VIII	2	Mutaz, Tamara and Jadallah, Abdullateef A. and Bilal, Ghassan A. and	Virtual Performance Evaluation of Net-Zero	2022	*Muthanna International Conference on Engineering*	IEEE

		Abdulmajeed, Omayma M.	Energy Building (NZEB) Using BIM Analysis		*Science and Technology (MICEST)*	

الجدول(1): التحليل الكمي للدراسات السابقة Bibliometric Analysis

- **التحليل النوعي للدراسات السابقة (Content Analysis):**

الممارسات المستدامة	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	التكرار
التخطيط الشبكي	√			√					2
أنظمة تخزين الطاقة	√	√	√						3
الطاقة الكهروضوئية	√		√		√		√		4
الشبكات الذكية	√	√		√					3
وسائل النقل الكهربائية				√					1
أنظمة استهلاك منخفض						√			1
النوافذ الشمسية							√		1
طاقة ضوئية وحرارية								√	1
تقنيات بيم					√	√	√	√	4

الجدول(2): التحليل النوعي للدراسات السابقة Content Analysis

• مجتمع وعينة الدراسة:

تمت الدراسة في سورية على مجمع خدمي في باسيليا سيتي في دمشق.

• منهجية البحث:

يعتمد هذا البحث على :

١- **منهج وصفي تحليلي:** من خلال دراسة نظرية للمفاهيم الأساسية للطاقات المتجددة ودورها الكبير في مستقبل البلاد وجمع بيانات عنها.

٢- **منهج تجريبي:** من خلال التجريب والتحليل في بيئة افتراضية (النمذجة والمحاكاة على الحاسب الشخصي).

• حدود البحث:

- **الحدود المكانية:** تمت الدراسة في الجمهورية العربية السورية محافظة دمشق –باسيليا سيتي.
- **الحدود الزمانية:** المدة الزمنية المستغرقة في إنجاز هذه الدراسة بدأت في شهر أيلول عام 2024 وحتى شهر كانون ثاني عام2025 .
- **الحدود الموضوعية:** تركز هذه الدراسة على أهمية استخدام الطاقة الكهروضوئية لتغذية المباني في المدن المستدامة.

• المتغير التابع والمستقل:

١. **المتغير المستقل: أنظمة الطاقة الكهروضوئية:** كونها متغيرًا مستقلاً، فإن تركيب أنظمة الطاقة الكهروضوئية يمكن أن يؤثر على عدة جوانب من استدامة الأبنية الخدمية. تلعب هذه الأنظمة دوراً رئيسياً في تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المنشآت، مما يؤدي إلى:

- **توليد الطاقة النظيفة:** يوفر النظام الكهروضوئي مصدراً متجدداً للطاقة، مما يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري ويساعد في تقليل انبعاثات الكربون.

- **خفض تكاليف التشغيل:** يمكن أن تقلل أنظمة الطاقة الشمسية من التكاليف الشهرية للفواتير من خلال تقليل استهلاك الطاقة من الشبكة.

- **تعزيز المرونة الطاقية:** تتيح أنظمة الطاقة الكهروضوئية للمباني القدرة على مواجهة انقطاع التيار الكهربائي أو الزيادة في الطلب على الطاقة.

٢. المتغير التابع: استدامة الأبنية الخدمية: استدامة الأبنية الخدمية هي المتغير التابع، أي أنها تتأثر بشكل مباشر بتركيب وتشغيل أنظمة الطاقة الكهروضوئية. يمكن تلخيص تأثيرات هذه الأنظمة على استدامة الأبنية الخدمية بالنقاط التالية:

- **تحسين الكفاءة الطاقية:** يؤدي استخدام الطاقة الشمسية إلى تحسين الكفاءة العامة لقدرة بناء الطاقة على تلبية احتياجاتها، حيث يتم تقليل استهلاك الطاقة التقليدية.

- **توفير الموارد الطبيعية:** يقلل الاستخدام الذكي للطاقة المتجددة من الضغوط المفروضة على الموارد الطبيعية، مما يسهم في الحفاظ على البيئة.

- **زيادة قيمة المباني:** يمكن أن يؤدي تركيب أنظمة الطاقة الكهروضوئية إلى زيادة القيمة السوقية للمباني، حيث يُعتبر الاستثمار في الطاقة الشمسية سمة إيجابية من الناحية البيئية والاقتصادية.

- **تعزيز الصحة والرفاهية:** يوفر استخدام الطاقة المتجددة بيئات أفضل وصحية للمستخدمين عبر تقليل التلوث البيئي.

٣. التفاعل بين المتغيرين: يمكن أن تُعزَّز العلاقة بين أنظمة الطاقة الكهروضوئية واستدامة الأبنية الخدمية من خلال:

- **دور السياسات والتشريعات:** تلعب السياسات المحلية والدولية دورًا في تعزيز استخدام أنظمة الطاقة الشمسية، مما يساهم في اعتماد ممارسات بناء مستدامة.

- **التقنيات الجديدة:** الابتكارات في تكنولوجيا الطاقة الشمسية تعزز من الأداء الكلي لنظام البناء، مما يؤدي إلى استدامة أفضل.

- **النمو الاقتصادي والمجتمعي:** مع زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة، يمكن أن تتطور المجتمعات وتحقق التنمية المستدامة، مما يؤثر إيجابًا على استدامة المباني.

تعتبر أنظمة الطاقة الكهروضوئية متغيرًا مستقلاً يؤثر بشكل كبير على استدامة الأبنية الخدمية كمتغير تابع. من خلال تعزيز الكفاءة الطاقية، تقليل التكاليف، وتحسين الأثر البيئي، تلعب هذه الأنظمة دورًا حيويًا في المستقبل المستدام للعمارة والتخطيط الحضري.

- **المتغيرات المستقلة التي يمكن أن تؤثر بشكل غير مباشر على المتغير التابع:**

عند تقييم أثر ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة الأبنية الخدمية، هناك مجموعة من المتغيرات المستقلة التي يمكن أن تؤثر بشكل غير مباشر على المتغير التابع (أي استدامة الأبنية). إليك بعض هذه المتغيرات:

١. التكنولوجيا والابتكار:

- **كفاءة الألواح الشمسية:** تحسين كفاءة الخلايا الشمسية يمكن أن يزيد من كمية الطاقة المولدة، مما يعزز الاستدامة.

-**تقنيات التخزين:** توفر بطاريات فعالة لتخزين الطاقة يمكن أن تساعد في إدارة الطاقة بشكل أفضل وتقليل الاعتماد على الشبكة.

٢. الممارسات التصميمية:

- **تصميم المباني:** التصميم الذي يكثف استخدام الضوء الطبيعي ويزيد من كفاءة الطاقة يمكن أن يساهم في تقليل استهلاك الطاقة.

- **التوجهات المعمارية:** تبني أساليب تجديدية مثل التصميم البيئي يخفض الطلب على الطاقة ويعزز استدامة المباني.

٣. السياسات والتشريعات:

- **الدعم الحكومي:** الحوافز المالية والتشريعات المهتمة بالطاقة المتجددة يمكن أن تعزز من الاستثمار في أنظمة الطاقة الكهروضوئية.

- **معايير الاستدامة:** المعايير المطلوبة من قبل الجهات المعنية في البناء والتخطيط يمكن أن تؤثر على استخدام نظم الطاقة الكهروضوئية.

٤. العوامل الاقتصادية:

- **تكلفة التركيب:** تكلفة شراء وتركيب أنظمة الطاقة الشمسية، والتي تحدد بموجب السوق والابتكارات التكنولوجية.

- **أسعار الطاقة:** التغير في أسعار مصادر الطاقة التقليدية يمكن أن يؤثر على الجدوى الاقتصادية للاستثمار في الأنظمة الكهروضوئية.

٥. التوعية والقبول الاجتماعي:

- **التثقيف حول الطاقة المتجددة:** زيادة المعرفة والفهم بفوائد الطاقة الشمسية يمكن أن تشجع المزيد من الأشخاص على تركيب أنظمة الطاقة الكهروضوئية.

- **القبول المجتمعي:** تأثير الثقافة المحلية والمجتمعية على كيفية تبني التكنولوجيا الجديدة، سواء كان ذلك إيجابياً أو سلبياً.

٦. الظروف البيئية:

- **المناخ:** الظروف المناخية، مثل كمية إشعاع الشمس، تؤثر على كفاءة نظام الطاقة الكهروضوئية.

- **الاستدامة البيئية:** توجه المجتمعات نحو الحفاظ على البيئة يمكن أن يزيد من الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة.

٧. البنية التحتية:

- **توافر الشبكة الكهربائية:** مدى قدرة الشبكة على استيعاب الطاقة المولدة من الأنظمة الكهروضوئية يمكن أن يؤثر على فاعليتها.

- **الكفاءة في توزيع الطاقة:** تحسين أنظمة توزيع الكهرباء يمكن أن يعزز من استدامة المباني من خلال التأكد من قدرتها على استقبال وتوزيع الطاقة بشكل مثالي.

٨. العوامل الاجتماعية والسياسية:

- **الدعم السياسي:** تبني السياسات الحكومية التي تدعم الطاقة المتجددة يمكن أن يؤدي إلى زيادة الاستثمارات في الأنظمة الكهروضوئية.

- **التوجهات الاجتماعية:** الاتجاهات نحو الاستدامة يمكن أن تحفز الأفراد والشركات على الاستثمار في الأنظمة الكهروضوئية.

تتفاعل هذه المتغيرات المستقلة بشكل معقّد لتؤثر على استدامة الأبنية الخدمية من خلال ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية. كل متغير يمكن أن يلعب دورًا مهمًا في تعزيز أو تقييد الفوائد المحتملة لتطبيق هذه الأنظمة، مما يؤكد الحاجة إلى دراسة شاملة عند تقييم تأثير الطاقة الشمسية في هذا السياق.

• المتغيرات الوسيطة التي يمكن أن تؤثر بشكل غير مباشر على المتغير التابع:

عند تقييم أثر ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة الأبنية الخدمية، هناك مجموعة من المتغيرات الوسيطة التي يمكن أن تؤثر بشكل غير مباشر على المتغير التابع (استدامة الأبنية). تعمل هذه المتغيرات كعوامل تسهم في تعزيز أو تقليل الأثر الناتج عن استخدام أنظمة الطاقة الكهروضوئية. إليك بعض هذه المتغيرات:

١. أداء النظام الكهروضوئي:

- **كفاءة الطاقة:** مدى كفاءة نظام الطاقة الشمسية في تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية يؤثر على إجمالي الطاقة المولدة.

- **مدة حياة النظام:** كلما زادت مدة حياة أنظمة الطاقة الكهروضوئية، زادت فوائدها الاقتصادية والبيئية.

٢. تكامل أنظمة إدارة الطاقة:

- **أنظمة التحكم الذكي:** استخدام تكنولوجيا التحكم المتقدمة لإدارة استهلاك الطاقة يمكن أن يعزز من كفاءة النظام.

- **مراقبة الأداء:** وجود أنظمة لمراقبة أداء الألواح وتحسين استجابة النظام يمكن أن يزيد من فعالية استخدام الطاقة.

٣. تحسينات التصميم المعماري:

- **العزل الحراري:** تحسين العزل الحراري للمبنى يمكن أن يقلل من استهلاك الطاقة، مما يزيد من قدرة النظام الكهروضوئي على تلبية احتياجات الطاقة.

- **توجيه المبنى:** توجيه المبنى بشكل يجعله يستفيد من أقصى كمية من الضوء الطبيعي يساعد في تقليل الاعتماد على الطاقة الكهربائية.

٤. العوامل الاقتصادية :

- **عائد الاستثمار:** مدى ربحية مشروع تركيب الطاقة الكهروضوئية يمكن أن يؤثر على قرار الاستثمار في تقنيات الاستدامة.

- **التكلفة الكلية للصيانة:** تشمل تكاليف الصيانة الدورية يمكن أن تؤثر بشكل كبير على الفترة الزمنية للعائد على الاستثمار.

٥. تحسينات النظافة والبيئة:

- **تقليل الانبعاثات:** التأثير المباشر على البيئة من تقليل انبعاثات الكربون الناتجة عن الاعتماد على الطاقة الشمسية.

- **الصحة العامة:** تحسين جودة الهواء من خلال تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري يمكن أن يؤدي إلى تحسن في الصحة العامة.

٦. التوجهات الاجتماعية وتقنيات استخدام الطاقة:

- **زيادة الوعي:** زيادة الوعي بين المستخدمين حول فوائد الطاقة المتجددة يمكن أن يؤثر على كيفية استخدامهم لأنظمة الطاقة.

- التبني الثقافي: تأثير الثقافة المحلية وكيفية تقبل المجتمع للتقنيات الجديدة يعزز من فاعلية النظام.

٧. السياسات والدعم الحكومي:

- **الحوافز والضرائب:** السياسات الحكومية التي تقدم حوافز ضريبية أو برامج دعم يمكن أن تشجع على تركيب الأنظمة الكهروضوئية.

- **تشريعات الطاقة المتجددة:** وجود قوانين تشجع الاعتماد على الطاقة المتجددة يعزز من فرص استخدام الأنظمة الكهروضوئية.

٨. تحسينات الشبكة الكهربائية:

- **توافر الشبكة:** تحسينات في الشبكة الكهربائية المحلية يمكن أن تزيد من القدرة على استيعاب الطاقة المولدة من الأنظمة الكهروضوئية.

- **تقنيات توزيع الطاقة:** استخدام تقنيات حديثة لتحسين توزيع الطاقة يمكن أن يعزز من كفاءة النظام.

تتداخل هذه المتغيرات الوسيطة لتشكيل شبكة معقدة من العوامل التي تقود إلى تعزيز أو تقليص أثر أنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة الأبنية الخدمية. من المهم تقييم هذه المتغيرات عند دراسة الأثر الشامل للطاقة الشمسية لضمان الاستفادة القصوى من هذه الأنظمة.

- **المتغيرات الفئوية (المعدلة) التي تؤثر على العلاقات بين المتغيرات:**

عند تقييم أثر ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة الأبنية الخدمية، يمكن تحديد مجموعة من المتغيرات الفئوية (المعدلة) التي تؤثر على العلاقات بين المتغيرات الأخرى في هذا السياق. تعمل هذه المتغيرات كعوامل تعديل تساعد في تحليل كيفية تأثير العوامل المستقلة والوسيطة على المتغير التابع. إليك بعض هذه المتغيرات:

١. الظروف الاقتصادية:

- **الوضع الاقتصادي للمجتمع:** يمكن أن يؤثر المستوى الاقتصادي للسكان والمجتمعات على مدى القدرة على الاستثمار في أنظمة الطاقة الكهروضوئية.

- **الأسعار العالمية للطاقة:** تقلبات الأسعار يمكن أن تؤثر في قرارات الاستثمار في تقنيات الطاقة المتجددة.

٢. البيئة التشريعية:

- **القوانين المحلية والدولية:** الأطر القانونية والتنظيمية التي تحكم استخدام الطاقة المتجددة يمكن أن تُعدل التأثير بين اعتماد الأنظمة الكهروضوئية واستدامة المباني.

-**الحوافز الحكومية:** برامج الدعم والحوافز يمكن أن تعزز أو تثبط من رغبة الأفراد والشركات في اعتماد هذه الأنظمة.

٣. العوامل الثقافية والاجتماعية:

- **التوجهات الثقافية نحو البيئة:** كيف ينظر المجتمع بشكل عام إلى قضايا البيئة والطاقة يمكن أن يُعدل من العلاقة بين استخدام الطاقة الكهروضوئية والاستدامة.

- **المشاركة المجتمعية:** درجة انخراط المجتمع في قضايا الطاقة المتجددة يمكن أن تؤثر على مدى الفائدة المرجوة من الأنظمة الكهروضوئية.

٤. التقنيات المتاحة:

- **تقدم التكنولوجيا:** مدى تطور تكنولوجيا الألواح الشمسية وتقنيات التخزين يمكن أن يُعدل من التأثير المحتمل لأنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة المباني.

- **البنية التحتية التكنولوجية:** توفر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات يمكن أن يؤثر على كيفية إدارة الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها.

٥. العوامل المناخية والبيئية:

- **الظروف المناخية المحلية:** تنوع الظروف المناخية في مناطق مختلفة يمكن أن يعدل من فعالية أنظمة الطاقة الشمسية.

-**التغير المناخي:** تأثير التغيرات المناخية يمكن أن يؤثر على الجدوى الاقتصادية والبيئية للاعتماد على الطاقة الكهروضوئية.

٦. التغيرات السكانية:

- **الكثافة السكانية:** الكثافة السكانية وتأثيرها على الطلب على الطاقة يمكن أن يعدل من القرارات المتعلقة بأنظمة الطاقة الكهروضوئية.

- **التركيبة السكانية:** الخصائص الديموغرافية، مثل العمر والتعليم، يمكن أن تؤثر على مدى ثقة الأفراد في تقنيات الطاقة المتجددة.

٧. الشراكات والتعاون:

- **الشراكات بين القطاعين العام والخاص:** التعاون بين الحكومات والشركات الخاصة يمكن أن يسهم في تعزيز استخدام أنظمة الطاقة المتجددة.

- **المبادرات المجتمعية:** وجود مبادرات محلية تعزز من استخدام الطاقة المتجددة يمكن أن يُعدل من العلاقة بين الاستثمار والطاقة الكهروضوئية والاستدامة.

تؤثر هذه المتغيرات الفئوية (المعدلة) على ديناميكيات العلاقات بين المتغيرات الأخرى في عملية تقييم أثر ربط أنظمة الطاقة الكهروضوئية على استدامة الأبنية الخدمية. من المهم أخذ هذه المتغيرات في الاعتبار لتحليل شامل ودقيق يعكس التحديات والفرص المرتبطة بإدخال أنظمة الطاقة المتجددة.

الفصل الثاني : الإطار النظري

ملخص الفصل:

يستعرض هذا الفصل شرحاً عن أهمية الطاقات المتجددة وميزاتها وعيوبها وأهم أنواعها ،دورها في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، والطاقة الكهروضوئية و أهميتها ، مكونات الأنظمة الكهروضوئية وتطبيقاتها ، تقييم استدامة الطاقة في الأبنية الخدمية وخاصة عند ربطها بمنظومة كهروضوئية.

مخطط الفصل:

- الطاقات المتجددة وأهميتها.
- دور الطاقات المتجددة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.
- الطاقة الكهروضوئية وأهميتها.
- تقنيات تحويل الطاقة الكهروضوئية.
- أنظمة الطاقة الكهروضوئية: مكوناتها ،أنواعها و أداءها.
- تطبيقات الأنظمة الكهروضوئية.
- المباني صفرية الطاقة.
- الاستدامة: تعريف وأهمية.
- استدامة الطاقة في الأبنية الخدمية :تعريف وأهمية.
- مفهوم نمذجة معلومات البناء BIM .
- تعريف نمذجة معلومات البناء.
- مميزات تطبيق نمذجة معلومات البناء.
- تطبيق نمذجة معلومات البناء في سورية.
- نمذجة معلومات البناء والمباني صفرية الطاقة.
- تعريف نمذجة معلومات البناء من وجهة نظري كمهندسة طاقة كهربائية.

• الطاقات المتجددة وأهميتها:

تعَدّ الطاقات المتجددة أحد المحاور الرئيسية لتحقيق التنمية المستدامة ومواجهة التحديات البيئية**[IX]**، خصوصاً تلك المتعلقة بتغير المناخ ،وهي طاقة ناتجة عن مصادر طبيعية تتجدد بمعدل يفوق ما يتم استهلاكه وتعرف أيضاً باسم الطاقة النظيفة أو الخضراء، إن مصادر الطاقة المتجددة لا تنفذ، ويمكن استخدامها مراراً وتكراراً وتكون موجودة في كل مكان حولنا وتشير إلى الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية القابلة للتجديد، والتي تتمتع باستدامة كبيرة، على عكس الوقود الأحفوري، الذي يكون محدوداً ويشكل مسبباً رئيسياً لانبعاثات الغازات الدفيئة حيث أن الوقود الأحفوري (الفحم والنفط والغاز) من الموارد غير المتجددة التي يستغرق تشكيلها مئات الملايين من السنين ولهذا يعد التحول من الوقود الأحفوري إلى الطاقة المتجددة أمراً أساسياً لمعالجة أزمة المناخ. الاستثمار في الطاقات المتجددة يمثل خطوة استراتيجية نحو مستقبل أكثر استدامة وازدهاراً، ليس فقط على مستوى البيئة بل أيضاً على المستوى الاقتصادي والاجتماعي ، فإن للطاقات المتجددة دور حاسم في دعم الاقتصاد والمجتمع حيث أن تطوير مشاريع الطاقات المتجددة يساهم في خلق فرص عمل جديدة**[XII]** في عدة مجالات مثل (الهندسة، البحث والتطوير، والتركيب والصيانة) فهي حاليا أقل تكلفة في معظم تقليل تكاليف الطاقة حيث تكون المصادر الطبيعية مثل الشمس والرياح مجانية بعد البنية التحتية بالإضافة إلى أن التقليل من الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد يعزز الاستقلالية الاقتصادية والأمان الطاقي ، لذلك تُعتبر مصادر الطاقة المتجددة ضرورية لمستقبل أكثر استدامة، مما يجعلها خياراً مثالياً للتقليل من التلوث وتحسين الظروف البيئية والاقتصادية، وتعمل التقدمات التكنولوجية في هذا المجال على جعل الطاقة المتجددة أكثر كفاءة وتوفراً، مما يساهم في بناء عالم أكثر خضرة وآمنة للأجيال القادمة. تتعدد مصادر الطاقة المتجددة ومن أهم هذه المصادر**[XI]**:

-**الطاقة الشمسية:** تُستخرج من ضوء الشمس باستخدام تقنيات مثل الألواح الشمسية. يعتبر التحول إلى الطاقة الشمسية أكثر الطرق شيوعًا واستخدامًا في العالم.

-**طاقة الرياح:** تُستخدم لتوليد الكهرباء من خلال تدوير توربينات الرياح التي تتواجد غالباً في مناطق الرياح القوية مثل السواحل.

-**الطاقة الكهرومائية:** تستفيد من قوة الماء المتدفق لتوليد الكهرباء، وعادة ما تتطلب بناء السدود لتجميع المياه.

-**الطاقة الحيوية:** تأتي من المواد العضوية، مثل النفايات الزراعية والغابات، وتستخدم لإنتاج الوقود والحرارة.

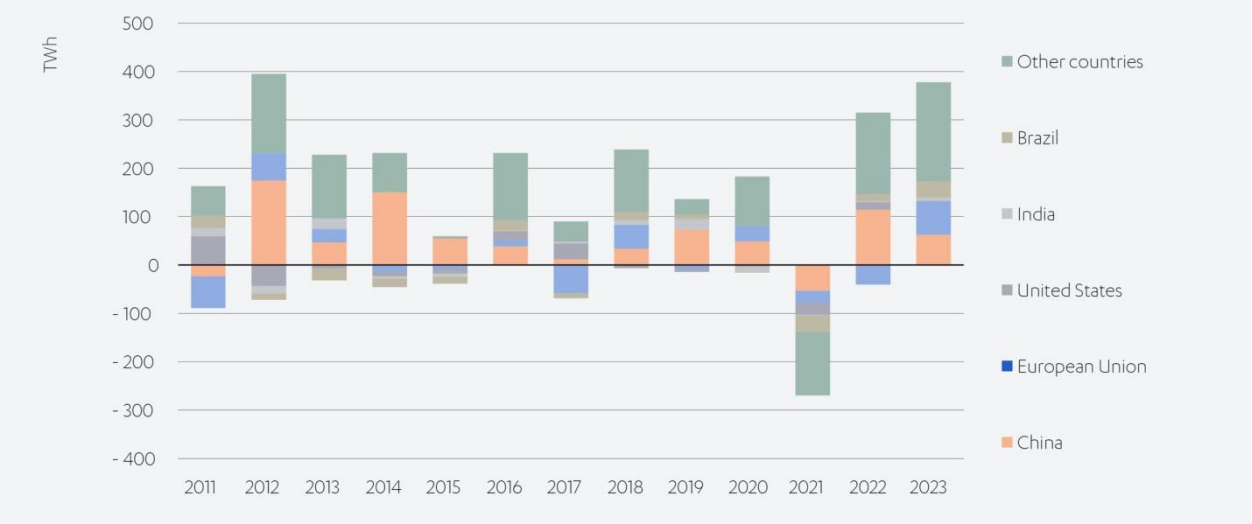
-**الطاقة الجيوحرارية:** تستغل الحرارة الموجودة باطن الأرض لتوليد الطاقة، وقد تكون هذه الطريقة فعالة في المناطق ذات النشاط الجيوحراري المرتفع.

- يبين الشكل(1) مصادر الطاقات المتجددة الخمسة:

الشكل(1): مصادر الطاقات المتجددة.

في عام 2020 ، بلغ الإنتاج العالمي للطاقة الكهربائية المولدة من الطاقات المتجددة حوالي 29.2 تيراوات ، وهو يمثل حوالي 29.2% من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة في العالم وهذا يشير إلى تزايد الاعتماد على الطاقات المتجددة كمصدر للطاقة الكهربائية**[X]**.

يبين الشكل(2) تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من تكنولوجيا الطاقات المتجددة خلال المدة -2011 2023 .



الشكل(2:)تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من تكنولوجيا الطاقات المتجددة خلال المدة -2011 2023 .

- **ميزات الطاقات المتجددة:**

١- **المصدر المستدام :** تعتمد الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح على مصادر لا تنفد، مما يقلل من المخاوف المتعلقة بنفاد الموارد.

٢- **تقليل انبعاثات الكربون** :لا تطلق الطاقة المتجددة انبعاثات غازات الدفيئة بنفس القدر الذي تطلقه مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والنفط، مما يساهم في تقليل تغير المناخ.

٣- **التكلفة الاقتصادية:** أسعار الطاقة المتجددة غالبًا ما تكون ثابتة وأقل من مصادر الطاقة الأحفورية، مما يجعلها أكثر جاذبية من حيث التكلفة في الأجل الطويل.

٤- **فرص العمل:** تساهم الصناعات المرتبطة بالطاقة المتجددة في خلق العديد من فرص العمل، مما يساعد في تعزيز الاقتصاد المحلي .

٥- **قلة التلوث:** تساعد في الحفاظ على بيئة نظيفة وصحية عن طريق تقليل الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري**[XIV][XV]**.

- **عيوب الطاقات المتجددة:**

١- **تقلبات الإنتاج:** تعتمد الطاقة المتجددة بشدة على الظروف الجوية، ما يعني أنها قد ترتفع أو تنخفض بشكل متقلب، مثل الطاقة الشمسية التي لا تنتج طاقة في الليل أو خلال الطقس الغائم.

٢- **ارتفاع التكلفة الابتدائية:** يتطلب إنشاء بنية تحتية فعالة للطاقة المتجددة استثمارات أولية مرتفعة، مثل تكاليف تركيب الألواح الشمسية أو توربينات الرياح.

٣- **المساحات الكبيرة المطلوبة:** تحتاج بعض مصادر الطاقة المتجددة، مثل مزارع الرياح والألواح الشمسية، إلى مساحات شاسعة من الأرض، مما قد يكون من الصعب توفيره في المناطق الحضرية المكتظة بالسكان.

٤- **تحديات التخزين:** تخزين الطاقة المتجددة لا يزال يمثل تحديًا كبيرًا، حيث إن الأنظمة الحالية لا تقدم حلاً فعالًا لتخزين كميات كبيرة من الطاقة لفترات طويلة.

٥- **التأثير على البيئة:** بالرغم من كون الطاقة المتجددة أقل تلويثًا، إلا أن بعض مشاريعها، مثل السدود الكهرومائية، قد تؤثر سلبًا على النظام البيئي المحلي**[XIV][XV]**.

• دور الطاقات المتجددة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة:

الطاقات المتجددة هي قوة دافعة أساسية لها دور حيوي في تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال تأثيرها على التنمية البشرية والإنتاجية الاقتصادية فإنه من خلال توفير مصادر طاقة نظيفة ومتجددة يمكننا الحد من الانبعاثات الكربونية و تخفيف تغير المناخ ، تحسين الصحة العامة بالإضافة إلى أنها تعتبر فرصاً في أمن الطاقة ، التنمية الاجتماعية والاقتصادية والوصول إلى الطاقة**[XII]**.

١. الحد من الانبعاثات الكربونية وتخفيف تغير المناخ:

الطاقات المتجددة تلعب دوراً محوريا في تقليل الانبعاثات الكربونية ومكافحة تغير المناخ من خلال استبدال الوقود الأحفوري بمصادر طاقة نظيفة مثل (الطاقة الكهروضوئية، طاقة الرياح، الطاقة المائية) نستطيع الحد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري ،بالإضافة إلى أن هذه الطاقات تسهم في الاستدامة البيئية على المدى الطويل من خلال تقليل الاعتماد على الموارد الطبيعية القابلة للنفاذ وبالتالي تأمين بيئة أنظف وأكثر استدامة للأجيال القادمة**[XIII]**.

٢. تحسين الصحة العامة:

الانتقال إلى الطاقات المتجددة ليس فقط استثماراً في المستقبل البيئي، ولكنه أيضاً خطوة حاسمة نحو صحة عامة أفضل فهي تدعم خلق بيئات أكثر نظافة وأماناً، سواء في المناطق الحضرية أو الريفية وبالتالي تقليل التلوث الهوائي ، الحد من الأمراض المزمنة ،توفير بيئة صحية وتحسين جودة الحياة وهذا يعزز رفاهية المجتمعات بشكل عام**[XIII]**.

٣. أمن الطاقة:

الاستثمار في الطاقات المتجددة ليس فقط من أجل البيئة، ولكن أيضاً لتعزيز أمن واستدامة نظام الطاقة وهذا يعتمد على فكرة أن هناك إمداداً مستمراً للطاقة وهو أمر بالغ الأهمية لإدارة الاقتصاد ، كما أن الوصول إلى إمدادات طاقة مستقرة أمر مهم أيضاً للعالم السياسي وتحدي تقني ومالي لكل من البلدان المتقدمة والنامية، الأنظمة المتجددة يمكنها أن تكون موزعة وقريبة من مراكز الاستهلاك مما يجعلها أكثر قدرة على التكيف مع الكوارث الطبيعية والانقطاعات الطارئة ، كذلك تساهم في استقرار أسعار الطاقة على المدى الطويل حيث أن تكاليف التشغيل والصيانة تكون أقل وثابتة مقارنة بالوقود الأحفوري الذي تتذبذب أسعاره ، كما أن الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري مما يجعل نظام الطاقة أكثر تنوعاً و أماناً بالإضافة إلى التقليل من استيراد الوقود الأحفوري وهذا يعزز الاستقلالية الطاقية للدول مما يقلل من تأثير التقلبات الجيوسياسية على إمدادات الطاقة**[XIII]** .

٤. التنمية الاجتماعية والاقتصادية:

تسهم الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة وتعزيز الازدهار الاقتصادي والاجتماعي في المجتمعات فهي تلعب دوراً محورياً في دفع عجلة التنمية من خلال خلق فرص عمل حيث أنها تفتح مجالات واسعة للوظائف في عدة مجالات (الإنشاءات، الصيانة ،والهندسة) ،تحسن من مستوى المعيشة في المناطق النائية حيث يمكن للناس الوصول إلى خدمات أساسية مثل التعليم والرعاية الصحية بفضل الكهرباء المستدامة بالتالي تحسين نوعية الحياة ، كما أنها تدعم الاقتصاد المحلي حيث أن الاستثمارات في الطاقات المتجددة تعزز الاقتصادات المحلية من خلال بناء البنية التحتية وتطوير المشاريع المجتمعية، وتعمل على تقليل الفقر حيث أن توفير الطاقة بأسعار معقولة ومستدامة يمكن أن يقلل من تكاليف الحياة اليومية للمواطنين مما يساهم في تقليل الفقر وتعزيز

الاستقرار الاقتصادي ، بالإضافة إلى أنها تدفع عجلة الابتكار مما يؤدي إلى تطوير تقنيات جديدة تحسن من كفاءة الإنتاج وتوفير الحلول المستدامة[XIII].

٥. الوصول إلى الطاقة:

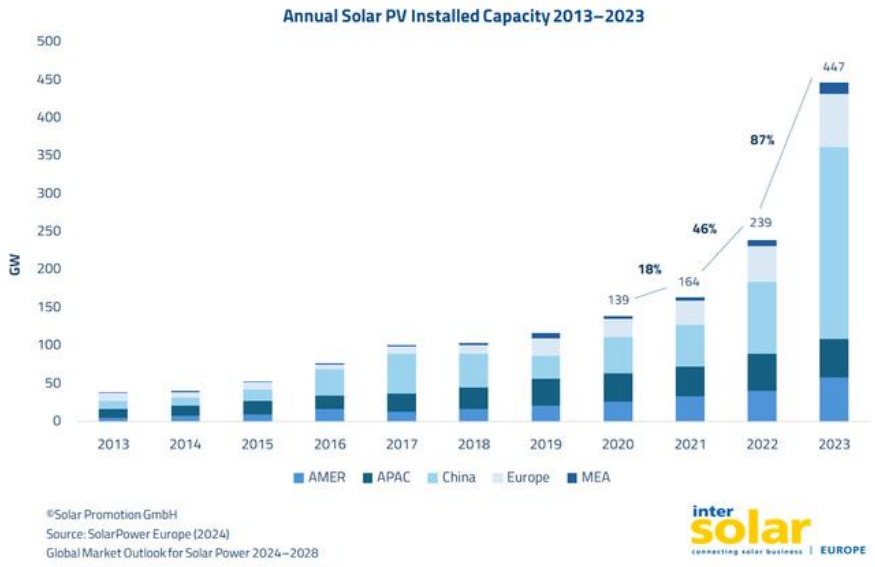
الطاقات المتجددة تلعب دوراً في تحسين الوصول إلى الطاقة، خاصة في المناطق النائية والمجتمعات ذات الموارد المحدودة ، فإنه بفضل مصادر الطاقة مثل الشمس والرياح يمكن توفير الكهرباء في مناطق غير متصلة بالشبكة التقليدية.

هذه الطاقات تعزز من الاستقلالية الطاقية ، وتوفر حلولاً مستدامة وغير ملوثة مما يقلل من التكلفة الاقتصادية والبيئية على المدى الطويل وبالتالي فإنها تسهم في تعزيز العدالة الطاقية وضمان أن يكون الحصول على الطاقة النظيفة والمستدامة حقاً للجميع[XIII].

• الطاقة الكهروضوئية وأهميتها:

الطاقة الكهروضوئية هي المورد المتجدد الأكثر وفرة على كوكبنا وهي واحدة من أهم مصادر الطاقة المستدامة المتجددة، وتعتبر واحدة من الحلول الأكثر استدامة لتلبية احتياجات الطاقة العالمية بطرق نظيفة وصديقة للبيئة وتمثل مستقبلاً واعداً للطاقة الخضراء، فتتميز بكونها طاقة نظيفة لا تتسبب بانبعاثات الغازات الدفيئة مثل الطاقة الناتجة عن الوقود الأحفوري، ولها عدة ميزات تجعلها متفوقة في بعض النواحي مقارنة بباقي مصادر الطاقات المتجددة فإنها تتميز بالأمان فالطاقة الكهروضوئية لا تشكل مخاطر بيئية كبيرة مثل تسرب الوقود الحيوي، كما أن الألواح الكهروضوئية تعمل بصمت تام على عكس التوربينات الريحية التي قد تصدر ضوضاء ، وتمتاز بمرونة التركيب فيمكن تركيب الألواح الكهروضوئية على أسطح المباني والمساحات الصغيرة بينما تحتاج التوربينات الريحية والمحطات المائية مساحات واسعة، ولا تؤثر على البيئة فالألواح الكهروضوئية لا تحتاج إلى تعديل في البيئة الطبيعية مثلما يحدث مع بناء السدود لتوليد الطاقة المائية، إضافة إلى انخفاض في تكاليف صيانة هذه الألواح مقارنة بالطاقة المائية والتوربينات الريحية[XVIII]. منذ اكتشافها شهدت الطاقة الكهروضوئية تطوراً كبيراً مما جعلها مصدراً مهماً للطاقة النظيفة ، ظهرت فكرة استخدام التأثير الكهروضوئي منذ القرن التاسع عشر، وتحديداً في عام 1839 عندما اكتشف الفيزيائي الفرنسي ألكسندر إدموند بيكريل إمكانية توليد الطاقة الكهربائية من الضوء، منذ ذلك الحين، تطورت التكنولوجيا المستخدمة، وأصبحت الخلايا الكهروضوئية تستخدم على نطاق واسع بدءاً من تشغيل الأقمار الصناعية إلى إمداد المنازل

والشركات بالطاقة الكهربائية بالإضافة إلى استخدامها في المحطات الكهروضوئية الكبيرة التي تغذي شبكات الكهرباء. الطاقة الكهروضوئية (PV) هي تقنية تقوم بتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء باستخدام خلايا ضوئية تسمى الخلايا الفوتوفولتيك وتصنع هذه الخلايا غالباً من مواد نصف ناقلة مثل السيليكون ، وعادةً ما يتم ذلك عبر الألواح الكهروضوئية الناتجة عن تجميع عدة خلايا كهروضوئية معاً، يعمل نظام الطاقة الكهروضوئية على إنتاج تيار كهربائي مباشر (DC) يتم تحويله إلى تيار متردد (AC) بواسطة العاكس أو المحول**[XIX]**. وتتألف عادةً المنظومات (المحطات) الكهروضوئية من مجموعة من الألواح الكهروضوئية تدعى سلاسل يتم ربطها معاً للحصول على الاستطاعة المطلوبة، وبالرغم من أن التكاليف اللازمة لإنشاء المنظومات الكهروضوئية لا تزال مرتفعة، إلى أن الجهود البحثية تسعى بشكل دائم لخفض هذه التكاليف من خلال تحسين كفاءة تحويل الخلايا الكهروضوئية**[XX]**. تتأثر تكلفة الطاقة الشمسية الكهروضوئية بعدة عوامل رئيسية، بما في ذلك تكلفة بناء المحطة الشمسية، والعمر التشغيلي المتوقع للمحطة، وتكاليف التشغيل والصيانة، وتكاليف تخزين الطاقة الكهربائية المولدة، والاستطاعة الناتجة، ونوع الألواح الكهروضوئية المستخدمة، ومبادئ التصميم المعتمدة للمحطة، بالإضافة إلى ذلك، تؤثر معدلات الإشعاع الشمسي المتاحة في المنطقة، والظروف البيئية المحيطة، وعائد رأس المال المستثمر على تكلفة الطاقة الكهروضوئية مع تقدم تقنيات الطاقة الكهروضوئية، من المتوقع أن تنخفض تكاليف توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الكهروضوئية إلى حد يسمح بالاستفادة منها بشكل اقتصادي ومستدام. يبين الشكل(3) القدرة السنوية للطاقة الكهربائية المولدة بواسطة الأنظمة الكهروضوئية خلال المدة 2013-2023.



الشكل(3) :القدرة السنوية للطاقة الكهربائية المولدة بواسطة الأنظمة الكهروضوئية خلال المدة 2013-2023.

- **تقنيات تحويل الطاقة الكهروضوئية:**

يمكن تحويل الطاقة الكهروضوئية الواصلة إلى الأرض إلى طاقة كهربائية، حيث يمكن ذلك بشكل مباشر عن طريق الخلايا الكهروضوئية أو غير مباشر عن طريق تحويل الطاقة الحرارية الموجودة فيها إلى طاقة كهربائية باستخدام الخلايا الكهرو حرارية:

- **التحويل الكهروضوئي :** حيث يتم تحويل الضوء مباشر إلى طاقة كهرباء باستخدام خلايا كهروضوئية مصنوعة من أنواع مختلفة، فمثلاً تعتبر الخلايا المصنوعة من بلورات السيليكون الأكثر انتشاراً إضافة لوجود أنواع أخرى للخلايا، كالخلايا الكهروضوئية ذات الأغشية الرقيقة، والخلايا العضوية، والطلاء الشمسي، وبحسب وزارة الطاقة الأمريكية، فإن أكثر من 95% من الألواح الكهروضوئية تستخدم الخلايا الكهروضوئية المصنوعة من السيليكون، وذلك نظراً لميزاته[XXV].
- **التحويل الكهرو حراري :**حيث يتم فيه تحويل الطاقة الحرارية الموجودة في الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية باستخدام خلايا كهر وحرارية.

• أنظمة الطاقة الكهروضوئية: مكوناتها ، أنواعها و أداءها:

• مكونات النظام الكهروضوئي:

يتكون النظام الكهروضوئي من عدة مكونات رئيسية تعمل معاً لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية**[XLVII]**. إليك المكونات الأساسية للنظام الكهروضوئي:

١- الألواح الكهروضوئية(Photovoltaic Panels) .

٢- منظم الشحن(Charge Controller).

٣- محول الطاقة أو العاكس (Inverter).

٤- بطاريات التخزين (Energy Storage Systems).

٥- حاملات الألواح الكهروضوئية (Mounting Structures)

٦- نظام التحكم والمراقبة (Monitoring System).

٧- الكابلات والموصلات (Wiring and Connectors).

٨- وحدات الحماية (Protection Devices).

٩- الشبكة الكهربائية (Grid Connection).

وفيما يلي شرح تفصيلي لمكونات النظام الكهروضوئي:

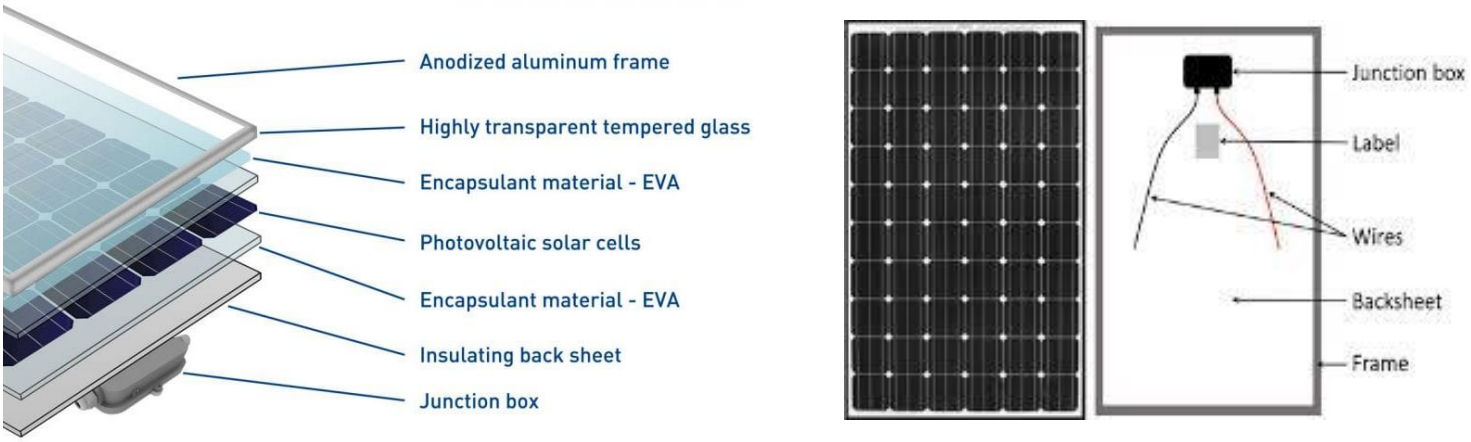
١- **الألواح الكهروضوئية (Photovoltaic Panels) :**تتكون من خلايا ضوئية ،تحول ضوء الشمس إلى تيار كهربائي مستمر(DC) ، مصنوعة من مواد شبه موصلة مثل السيليكون ، حيث يتم توصيل العديد من الخلايا الشمسية بخطوط توصيل معدنية لتشكل مصفوفة من الخلايا تعرف باللوح الشمسي.

• مكونات الألواح الكهروضوئية:

يتكون اللوح الكهروضوئي من عدد من الخلايا الكهروضوئية (PV Cells)المتصلة مع بعضها كهربائياً والتي يتم تغليفها في وحدة واحدة ، الهدف الرئيسي من تغليف الخلايا الكهروضوئية هو حمايتها وحماية الأسلاك التي تربطها معاً كهربائياً من الظروف والعوامل الجوية الخارجية في المواقع التي يتم تركيب

الألواح فيها. على سبيل المثال ،الخلايا الكهروضوئية ونظراً لأنها رقيقة نسبياً قد تكون عرضة للتلف الميكانيكي مالم تكن محمية ،بالإضافة إلى ذلك قد تتعرض الأسلاك التي تربط معاً للتآكل والصدأ بسبب تعرضها للهواء والماء أو بخار الماء.

تتكون الغالبية العظمى من الألواح الموجودة في الأسواق من سطح علوي شفاف من الزجاج ،ومن ثم طبقة تغليف ومن ثم طبقة من الخلايا الكهروضوئية ، ومن ثم طبقة أخرى من التغليف وأخيراً طبقة خلفية (Backsheet) بالإضافة إلى الإطار المعدني**[XXI]**.

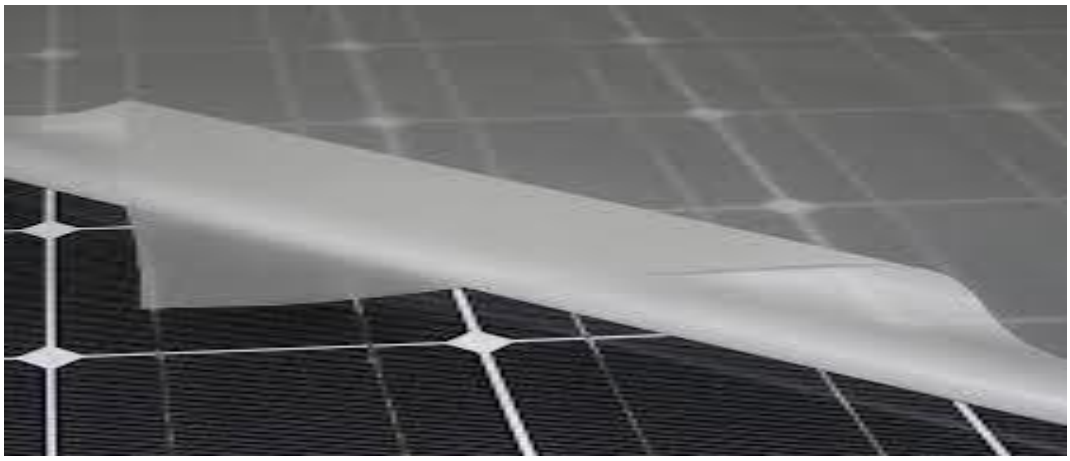


الشكل (4): مكونات اللوح الكهروضوئي.

١- **الزجاج (السطح الأمامي للألواح):** يجب أن تكون المادة المستخدمة كسطح أمامي للألواح الكهروضوئية تتمتع بنفاذية عالية لمرور الأطوال الموجية التي يمكن استخدامها في الخلايا الكهروضوئية. بالنسبة للخلايا الكهروضوئية المصنوعة من مادة السيليكون، يجب أن يتميز السطح العلوي بنفاذية عالية لمرور الأطوال الموجية ضمن المجال(350-1200)نانومتر ،بالإضافة إلى ذلك يجب أن يكون الانعكاس من السطح الأمامي منخفضاً. بالإضافة إلى خصائص النفاذية العالية و العاكسية المنخفضة ،يجب أن تكون مادة السطح العلوي غير منفذة للماء ،ويجب أن تكون مستقرة تحت التعرض للأشعة فوق البنفسجية لفترات طويلة وذات مقاومة حرارية منخفضة ،قد يؤدي دخول الماء أو بخار الماء إلى

اللوح الكهروضوئي إلى تآكل وصدأ الأسلاك المعدنية الواصلة ما بين الخلايا وبالتالي سوف تقلل بشكل كبير من العمر الافتراضي المتوقع للألواح. هناك العديد من المواد التي يمكن استخدامها في السطح العلوي للألواح ، ولكن يشيع استخدام الزجاج المقوى منخفض المحتوى من الحديد ،لأنه منخفض التكلفة وقوي ومستقر وشفاف للغاية وغير منفذ للماء والغازات وله خصائص تنظيف ذاتي جيدة. الزجاج الأمامي يعتبر أثقل جزء في الألواح الكهروضوئية وله وظيفة حماية وضمان متانة الألواح الكهروضوئية بأكملها**[XXI]**.

٢- **مادة التغليف(Encapsulant):** يتم استخدام مواد التغليف لضمان التصاق الخلايا الكهروضوئية بالسطح العلوي والسطح الخلفي للألواح ،ويجب أن تتميز مادة التغليف المستخدمة بالثبات عند درجات الحرارة المرتفعة والتعرض المستمر للأشعة فوق البنفسجية ،ويجب أن تكون أيضاً ذات نفاذية عالية وتتمتع بمقاومة حرارية منخفضة . مادة الأسيتات فينيل الإيثيل (EVA-Ethylene vinyl acetate) هي المادة الأكثر استخداماً كمادة تغليف في صناعة الألواح الكهروضوئية ، وتأتي طبقة ال EVA كصفائح رقيقة يتم إدخالها بين الخلايا الكهروضوئية والسطح العلوي و ما بين الخلايا الكهروضوئية والسطح السفلي ،ومن ثم يتم تسخين هذه الطبقة إلى درجة حرارة تصل إلى 150درجة لبلمرة مادة ال EVA وربط مواد اللوح الكهروضوئي معاً **[XXI]**.



الشكل (5): مادة التغليف الأكثر استخداماً في صناعة الألواح الكهروضوئية.

٣- **الخلايا الكهروضوئية (PV Cells):** الخلايا الكهروضوئية تقوم بتحويل الإشعاع الشمسي الساقط عليها إلى تيار ثابت (DC) ،يتم توصيل هذه الخلايا كهربائياً معاً داخل الألواح الكهروضوئية ،ومن ثم يتم إيصال النقاط الكهربائية مع علبة التوصيل (Junction Box) والذي يكون مثبتاً على الوجه الخلفي للألواح**[XXI]**.

٤- **الطبقة الخلفية (Backsheet):** يجب أن تتميز المواد المستخدمة في صناعة الطبقة الخلفية (Backsheet)للألواح بمقاومة حرارية منخفضة ،ويجب أن تمنع دخول الماء أو بخار الماء إلى داخل الألواح الكهروضوئية ،وكما يجب أن توفر العزل الكهربائي اللازم للألواح الكهروضوئية. تصنع هذه الطبقة من مجموعة متنوعة من مواد البوليمر (Polymer) ، وعادة ماتكون هذه الطبقة بيضاء اللون في الألواح الكهروضوئية ذات الوجه الواحد وشفافة في الألواح ثنائية الأوجه(Bifacial PV modules)**[XXI]**.

٥- **الإطار المعدني:** الإطار المعدني يعتبر أحد الأجزاء الأخيرة التي يتم تجميعا تجميها أثناء عملية تصنيع الألواح الكهروضوئية ،و تصنع عادة من مادة الألمنيوم ، ويعتبر دور الإطار المعدني ضمان متانة الألواح الكهروضوئية ميكانيكياً. وهناك تطبيقات خاصة من الألواح الكهروضوئية تأتي بدون إطار (framless PV modules) أو بإطارات بلاستيكية بدل المعدنية**[XXI]**.

الشكل (6): الإطار المعدني للألواح الكهروضوئية.

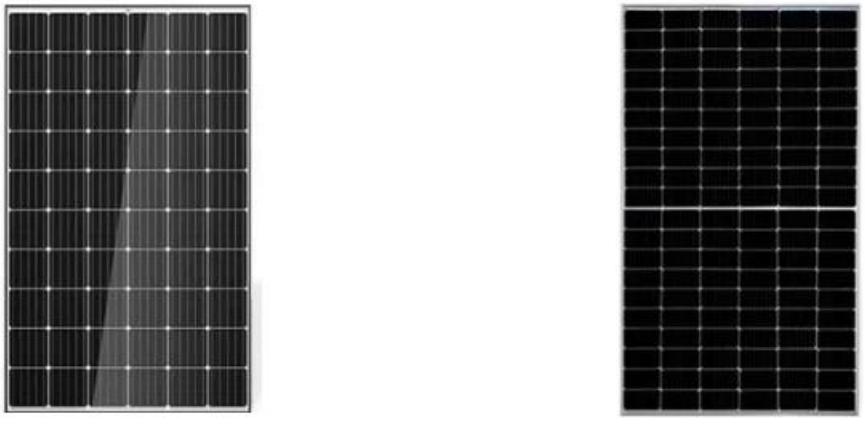
٦- **علبة التوصيل(Junction Box):** يعتبر دور علب التوصيل في الألواح الكهروضوئية إيصال التوصيلات الكهربائية داخل الألواح إلى الخارج ،وتحوي علب التوصيل على صمامات ثنائية (By-pass Diodes) وظيفتها بشكل أساسي منع نشوء النقاط الساخنة (Hot-Spots) التي من الممكن أن تلحق الضرر بالخلايا الكهروضوئية**[XXI]**.

الشكل (7): علبة توصيل للألواح الكهروضوئية.

- **مقارنة بين تقنية الألواح الكهروضوئية ذات أنصاف الخلايا والألواح الكهروضوئية ذات الخلايا الكاملة:**

تعتبر تقنية الألواح الشمسية ذات أنصاف الخلايا تطوراً للألواح التجارية التقليدية، وتهدف هذه التقنية إلى التغلب على المشكلات المرتبطة بتلك الألواح، وبالتالي تحسين أدائها. في هذه التقنية، يتم تقسيم الخلايا الشمسية إلى جزأين باستخدام الليزر، مما يساعد في تقليل فقد الطاقة الإجمالية وتعزيز الكفاءة. يحتوي اللوح الشمسي ذي أنصاف الخلايا على عدد مضاعف من الخلايا مقارنة بالألواح ذات الخلايا الكاملة، لكن التيار الذي تحمله كل قضيب ناقل في كل خلية يكون نصف مقدار التيار في الخلايا الشمسية القياسية، مما يقلل بشكل كبير من فقد الطاقة. كما تنخفض المقاومة في هذه الألواح بشكل ملحوظ مقارنة بالألواح التقليدية. بذلك، على الرغم من أن الألواح ذات أنصاف الخلايا تتطلب ضعف عدد الخلايا لتكوين اللوح، إلا أنها تستطيع توفير نفس مقدار التيار مثل الخلايا القياسية ولكن بمقاومة أقل، مما يؤدي إلى

تقليل فقد الطاقة. الفقد الناتج عن التظليل في الخلايا نصف المقطوعة يكون ضئيلاً، بفضل الاختلاف في التيار بين النصفين. إذا تعرض أحد النصفين للتظليل، فإن الجزء الآخر من الخلية يظل قيد التشغيل. لذلك، تُعتبر الخلايا نصف المقطوعة خيارًا مفضلًا على الخلايا القياسية لتقليل فقد التظليل. تكون درجة الحرارة الناتجة عن وجود بقعة ساخنة أقل نسبيًا في الألواح ذات أنصاف الخلايا، حيث يتم توصيل السلاسل على التوازي، مما يقلل من التدهور في مثل هذه الحالات. وفي الظروف التي تشهد تظليلًا جزئيًا، يمكن لهذه الألواح أن توفر ما يصل إلى 50% من الطاقة. تتميز الألواح الشمسية ذات أنصاف الخلايا بكفاءة أعلى مقارنة بالألواح ذات الخلايا الكاملة، وذلك يعود جزئيًا إلى خفض خسائر التوصيل الخلوي، حيث يمكن تقليل الفاقد بنسبة تصل إلى 75%، مما يعزز من كفاءة هذه الألواح بشكل ملحوظ**[XXII]**.



a. لوح أنصاف الخلايا b. لوح الخلايا الكاملة

الشكل(8): الألواح ذات أنصاف الخلايا وألواح الخلايا الكاملة.

- **العوامل البيئية المؤثرة على كفاءة الألواح الكهروضوئية:**

تؤثر مجموعة من العوامل البيئية على كفاءة الألواح الكهروضوئية. إليك بعض هذه العوامل مع شرح مختصر لكل منها:

١- **الإشعاع الشمسي:** شدة الإشعاع: كلما كانت شدة الإشعاع الشمسي أعلى، زادت كمية الطاقة المنتجة. تحتاج الألواح إلى توجيه مناسب نحو الشمس لتحقيق أقصى استفادة**[XXIV]**.

زاوية السقوط: الزاوية التي تسقط بها أشعة الشمس على الألواح تؤثر على كفاءتها. الألواح الموجهة مباشرة نحو الشمس تعمل بكفاءة أكبر**[XXIII]**.

٢- **درجة الحرارة:** تؤثر درجات الحرارة العالية على كفاءة الألواح. عادةً ما تؤدي الزيادة الكبيرة في درجة الحرارة إلى انخفاض كفاءة الطاقة الناتجة، لذا من المهم أن تكون الألواح مصممة لتحمل درجات الحرارة المرتفعة**[XXVII].**

٣- **الظلال:** تُعتبر الظلال الناتجة عن الأشجار أو المباني أو أي عقبات أخرى من العوامل التي تقلل كمية الضوء التي تصل إلى الألواح، مما يقلل من كفاءتها. حتى الظلال الجزئية يمكن أن تؤثر على الأداء**[XXVIII]**.

٤- **الترسبات والأوساخ:** تتراكم الأوساخ والغبار على سطح الألواح، مما يمنع الضوء من الوصول إلى الخلايا الشمسية ويقلل بشكل كبير من الكفاءة. من المهم تنظيف الألواح بشكل دوري**[XXIX]**.

٥- **الرطوبة والطقس:** في الظروف الرطبة أو الممطرة، يمكن أن تؤثر الضباب أو الأمطار على كمية الضوء الساقط. لكن الرطوبة يمكن أن يكون لها تأثير إيجابي أيضًا في بعض الحالات، حيث تساعد في تنظيف الألواح من الأوساخ**[XXX]**.

٦- **التغيرات المناخية:** العواصف، وتساقط الثلوج، والأحوال الجوية القاسية يمكن أن تؤثر على النظام الشمسي بشكل عام، وليس فقط على الألواح نفسها**[XXX].**

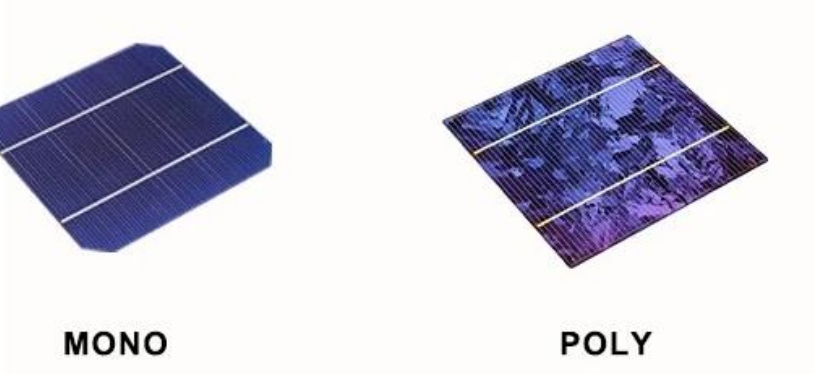
- **أنواع الخلايا الكهروضوئية:**

يوجد عدة أنواع من الخلايا الكهروضوئية، وهي تتفاوت في التصميم والتكنولوجيا والأداء من أنواع هذه الخلايا :

١- **الخلايا السيليكونية(Silicon Cells):** تعتبر الخلايا السيليكونية من أكثر أنواع الخلايا الكهروضوئية شيوعاً واستخداماً وتنقسم إلى نوعين رئيسيين:

a. **الخلايا الكهروضوئية السيليكونية أحادية البلورة (Monocrystallin Silicon Cells):** تصنع من بلورة واحدة كبيرة من السيليكون بواسطة عملية تسمى Czochralski ، أثناء عملية التصنيع يتم تقطيع بلورات السيليكون من سبائك كبيرة الحجم و تتطلب هذه المنتجات البلورية المفردة الكبيرة معالجة دقيقة، لأن عملية إعادة بلورة الخلية تكون أكثر تكلفة ومتعددة العمليات ،وتصنف ضمن الجيل الأول للخلايا الكهروضوئية. عادة لونها أسود ولها حواف مستديرة وتتميز بكفاءة عالية عادة بين (15-22%) نظراً للنقاء العالي للسيليكون وعمر طويل وأداء جيد في ظروف الإضاءة المنخفضة وتستخدم مساحة أقل ، لكنها مكلفة نسبيا نظراً لتعقيد عملية التصنيع **[XXXI]**.

b. **الخلايا الكهروضوئية السيليكونية متعددة البلورات (Polycrystalline Silicon Cells):** تصنع من قطع صغيرة متعددة من السيليكون المنصهر ،تعد معالجة الخلايا الكهروضوئية متعددة البلورات السيليكونية أكثر اقتصاداً ،ًوالتي يتم إنتاجها عن طريق كشط بلورات سليكون أسطوانية ثم تتم المعالجة كيميائياً في أفران لزيادة خواصها الكهربائية وبعد ذلك تغطي أسطح الخلايا بمضاد الانعكاس لكي تمتص الخلايا أشعة الشمس بكفاءة عالية ،وتصنف ضمن الجيل الأول للخلايا الكهروضوئية. لونها أزرق بلوري ولها حواف مربعة، أقل كفاءة من الخلايا السيليكونية الأحادية وتتراوح بين (15-17%) لكنه أكثر اقتصادية بسبب عملية التصنيع الأبسط**[XXXII]**.

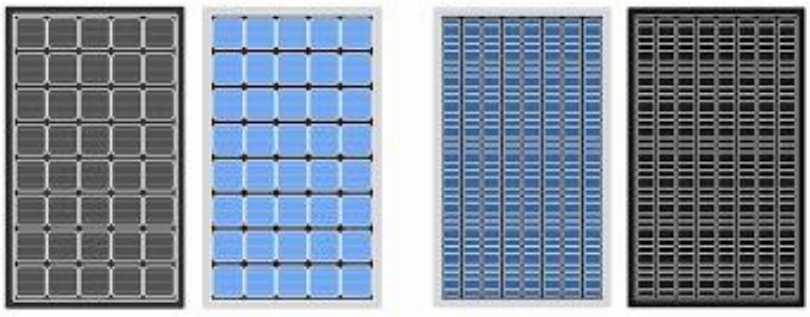


b.Polycrystalline a.Monocrystalline

الشكل(9): الخلايا الكهروضوئية السيليكونية.

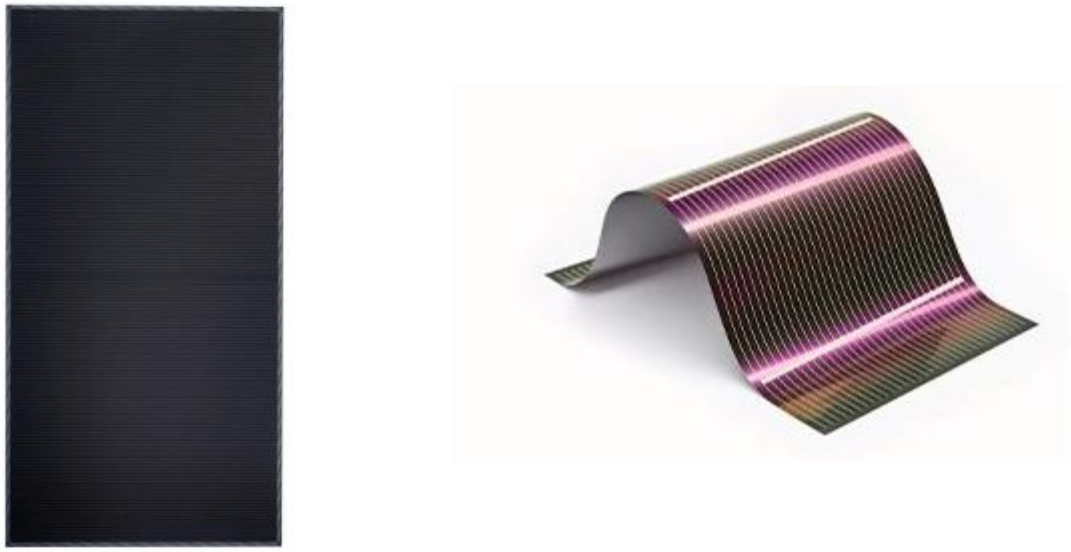
٢- الخلايا السيليكونية غيرالمتبلورة(Amorphous Silicon Solar Cells,A-Si):

هي نوع من الخلايا الكهروضوئية التي تستخدم السيليكون غير المتبلور ،وهو شكل غير متبلور من السيليكون كمواد فعالة لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء ، يتم ترسيب مادة السيليكون على شكل طبقات رقيقة على سطح زجاجي أو بلاستيكي مما يجعلها مرنة ومثالية للتطبيقات المحمولة ذات قدرة تصل إلى 40 وات مثل الأجهزة المحمولة وحسابات الطاقة المنخفضة ، وتصنف ضمن الجيل الثاني للخلايا الكهروضوئية . تتميز هذه الخلايا بسهولة تصنيعها وهي أقل تكلفة مقارنة بالخلايا البلورية ، خفيفة الوزن نتيجة لعدم استخدام طبقات سميكة من السيليكون، لكن كفاءتها أقل من كفاءة الخلايا البلورية وتتراوح عادة بين(6-10%)**[XXXIII]**.



الشكل(10): الخلايا الكهروضوئية غير المتبلورة.

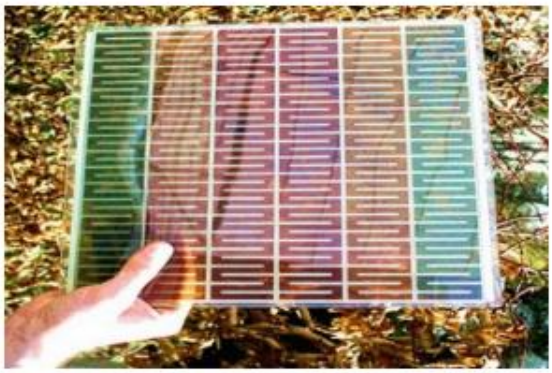
٣- **الخلايا الكهروضوئية الرقيقة (Thin- Film Solar Cells ,TF):** مصنوعة من مواد رقيقة جداً (مثل تيلورايد الكادميوم CdTe أو سيلينيد النحاس الإنديوم الغاليوم CIGS أو السيليكون غير المتبلور ،وتصنف ضمن الجيل الثاني للخلايا الكهروضوئية. تتميز الخلايا الرقيقة بأنها رخيصة وصديقة للبيئة لأنها لا تستخدم أي معادن ثقيلة سامة ،خفيفة الوزن ومرنة، مما يجعلها مناسبة لتطبيقات معينة مثل الألواح القابلة للطي ،ولكن بكفاءة أقل مقارنة بالخلايا البلورية وتتراوح بين (10-12%)**[XXXIV]**.



الشكل(11): الخلايا الكهروضوئية الرقيقة.

٤- **الخلايا الكهروضوئية الصبغية (Dye-sensitized Solar Cells ,DSSCs):** تعتمد هذه التقنية على استخدام صبغات قادرة على امتصاص طيف واسع من الأشعة الشمسية، تتكون من طبقة مسامية من ثاني أكسيد التيتانيوم تعزز امتصاص الضوء يتم غمس حبيبات نانونية شفافة(غير معتمة)عالية المسامية من ثانى أكسيد التيتانيوم بمركب مادة عضوية وغالبا ما تكون لمركب عضوي من مركبات عنصر الروثنيوم Ruthenium) (فتترسب جزيئات الطلاء العضوي على الأسطح الخارجية لحبيبات أكسيد التيتانيوم التي

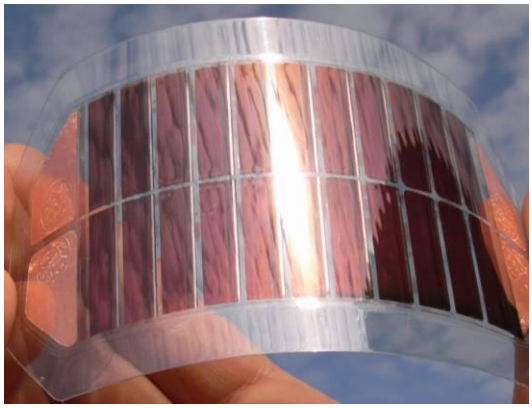
تغمر داخل محلول الكتروليتى يوضع بالخلية ،تعتبر هذه الخلايا أكثر كفاءة في الاستفادة من طيف الضوء مما يجعلها خياراً واعداً في تكنولوجيا الطاقة المتجددة، تصنف ضمن الجيل الثالث للخلايا الكهروضوئية. تُعتبر الخلايا الشمسية الصبغية خيارًا منخفض التكلفة مقارنة بالأنواع الأخرى من الخلايا الشمسية ،تتميز بكفاءة تحويل تتراوح عادة بين 7% إلى 11% في الظروف المثالية، ولكن هناك أبحاث مستمرة تهدف إلى تحسين هذه الكفاءة. على الرغم من أن كفاءتها أقل مقارنةً بالخلايا التقليدية مثل الخلايا السيليكونية، إلا أن الخلايا الصبغية تُعتبر خياراً منخفض التكلفة ومرونة في التصميم، مما يجعلها مناسبة لتطبيقات معينة[XXXV].



الشكل(12):الخلايا الكهروضوئية الصبغية.

٥- **الخلايا الكهروضوئية العضوية (Organic Photovoltaic Cells ,OPV):** هذه التقنية تستند إلى مركبات كيميائية تحتوي على الكربون والهيدروجين تستخدم مواد عضوية لتحويل الطاقة الكهروضوئية إلى كهرباء ، تتألف من جزيئات أو بوليمرات عضوية، وهي المواد التي تتميز بخواص شبه موصلة ، عادةً ما تتكون من طبقتين، هي الطبقة المانحة (donor) والطبقة المتقبلة (acceptor)، حيث تتفاعل لتحقيق نقل الشحنات، وتصنف ضمن الجيل الثالث للخلايا الكهروضوئية. تتمتع الخلايا العضوية بوزن خفيف مما يجعلها سهلة التركيب واستخدامها في التطبيقات المتنوعة ، يمكن تصنيعها لتكون مرنة، مما يتيح استخدامها في أسطح غير مستوية أو منحنية ، عملية

التصنيع منخفضة التكلفة حيث يمكن تصنيعها بطريقة طباعة رخيصة مقارنة بالخلايا التقليدية بالإضافة إلى لقدرة على الإنتاج على نطاق واسع لكنها لاتزال في مرحلة التطوير ، تستخدم في التطبيقات الكهروضوئية الصغيرة، مثل (الأجهزة الذكية، أجهزة استشعار الطاقة الشمسية، والمنتجات القابلة للارتداء) ،ويمكن استخدامها كأغطية حرارية أو طلاءات للأسطح والتي ترغب في التقاط الطاقة الشمسية. كفاءتها ما تزال منخفضة مقارنة بالخلايا الكهروضوئية السيليكونية تتراوح عادة بين(3-10%) ، عمرها الافتراضي أقل مقارنةً بالخلايا التقليدية، حيث تتأثر بالتعرض للعوامل البيئية مثل الرطوبة والأكسجين[XXXV] .

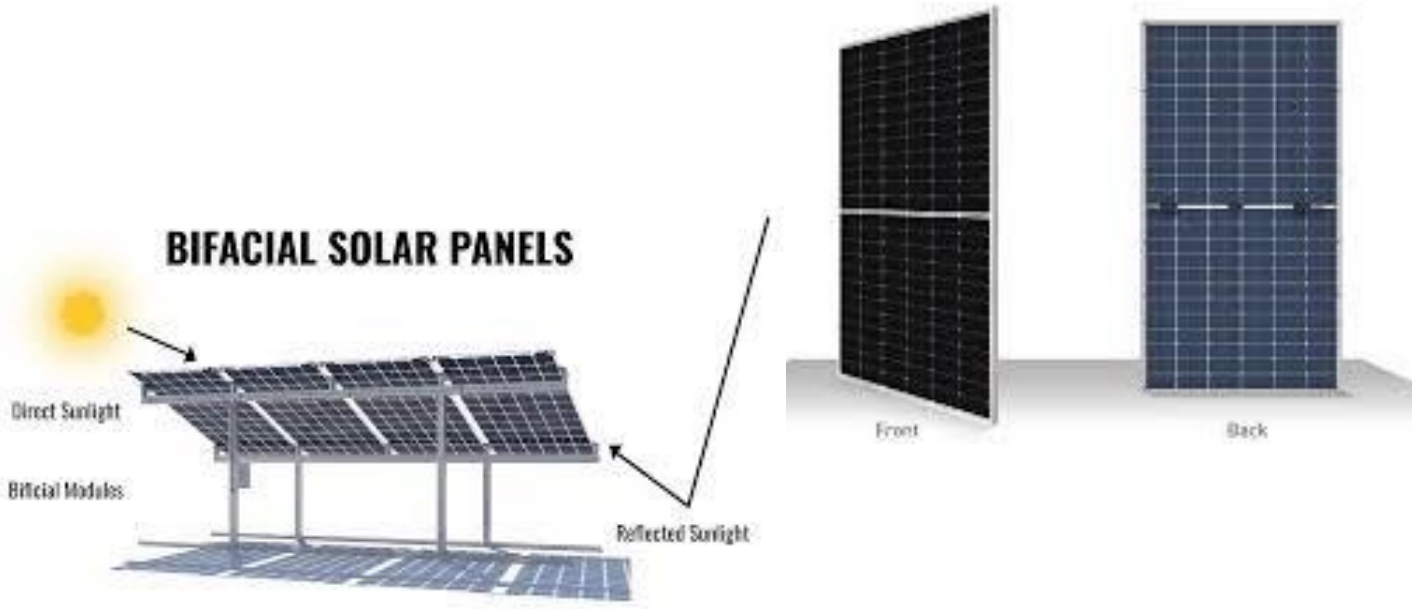


الشكل(13) : الخلايا الكهروضوئية العضوية.

٦- **الخلايا الكهروضوئية المركبة(Bifacial Solar Cells) :** هي نوع من الخلايا الكهروضوئية التي تستطيع جمع الطاقة الكهروضوئية من كلا الجانبين، مما يعزز من كفاءتها في تحويل الضوء إلى كهرباء ، تكون الخلايا المكفوفة من طبقة شفافة على الجانبين، مما يتيح لها التقاط الضوء الوارد من السطح الأمامي والخلفي ، غالبًا ما تُصنع من السيليكون الأحادي أو المتعدد البلورات، ويمكن أيضًا استخدام تكنولوجيا الخلايا الرقيقة ،تعد خياراً مناسباً في المناطق التي تتوفر فيها أشعة شمس قوية ومباشرة وتستخدم عادة في المشاريع الكبرى ومحطات الطاقة الكهروضوئية ،تصنف ضمن الجيل الثالث للخلايا الكهروضوئية. نظراً لقدرتها على التقاط الضوء من كلا الجانبين، تتيح الخلايا المكفوفة كفاءة أعلى مقارنةً بالخلايا التقليدية، حيث يمكن أن تزيد الكفاءة الإجمالية

بين(10% إلى 20%) أو أكثر ، تمتلك عمومًا عمرًا أطول مقارنةً بالخلايا التقليدية بسبب الأكاسيد العاكسة وبنية الخلايا التي تقلل من الضرر الناتج عن الحرارة ، لكن يتطلب تصميم الأنظمة بشكل دقيق للاستفادة من كفاءة الخلايا بشكل كامل ، قد تكون تكاليف التصنيع والتركيب أعلى قليلًا مقارنةً بالخلايا التقليدية، على الرغم من أن العوائد قد تعوض ذلك على المدى الطويل**[XXXVI]** .

-٧



الشكل(14): الخلايا الكهروضوئية المركبة.

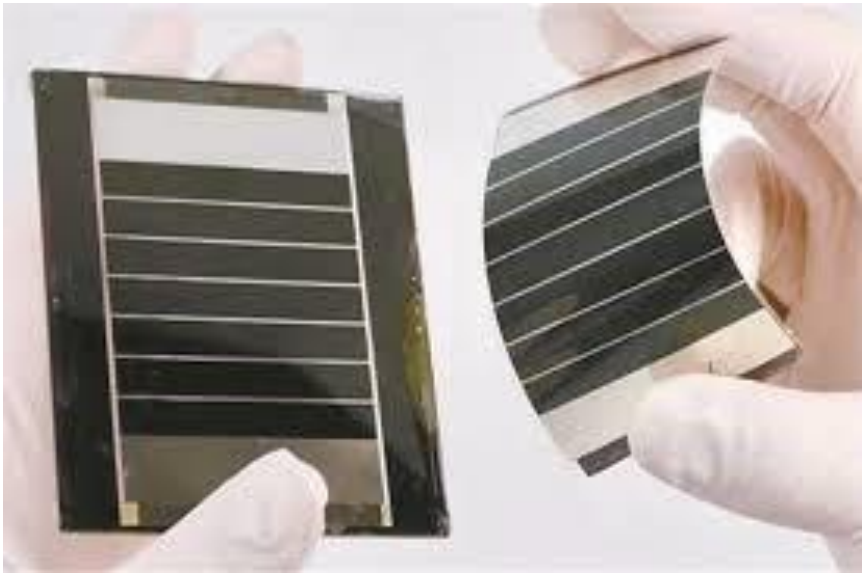
٨- **خلايا الطلاء الكهروضوئي (Photovoltaic Coatings) :** هي تقنية حديثة تستخدم لتحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء من خلال تطبيق مواد كهروضوئية كطلاء على الأسطح المختلفة. هذه التقنية تجمع بين خصائص الخلايا الكهروضوئية التقليدية ومرونة الطلاءات، مواد الطلاء تشمل مركبات (المواد العضوية، السيليكون، أو مواد النانو) التي تسهل تحويل الضوء إلى كهرباء ، يمكن تطبيق هذه المواد على مجموعة متنوعة

من الأسطح، بما في ذلك الزجاج، المعدن، أو حتى الأسطح المرنة مثل الأقمشة، لكنها لا تزال في مراحل البحث والتطوير، مما يعني أنها تحتاج إلى المزيد من التحسينات قبل أن تصبح شائعة الاستخدام ، تصنف ضمن الجيل الرابع للخلايا الكهروضوئية. تتميز بإمكانية دمج خلايا الطلاء مع تصميم المباني والواجهات، مما يوفر حلاً جذابًا لتوليد الطاقة ، لا تحتاج إلى مساحات كبيرة مثل الألواح الشمسية التقليدية، حيث يمكن تطبيقها على أسطح موجودة بالفعل ، القدرة على تطبيقها على أسطح غير مستوية أو متنقلة ،لكن غالباً ما تكون كفاءة خلايا الطلاء أقل مقارنةً بالخلايا الكهروضوئية التقليدية، مما يتطلب تصميماً دقيقاً لضمان الانتاج الكهربائي الفعال ، لعمر الافتراضي أو المتانة يمكن أن يكون أقل، مع تعرضها للعوامل البيئية مثل الرطوبة أو الأذى الميكانيكي**[XXXVII]**.

الشكل(15): خلايا الطلاء الكهروضوئي.

٩- **الخلايا البروفسكايت (Provskite Solar Cells):** وهي تقنية جديدة تمثل واحدة من أحدث التطورات في تكنولوجيا الطاقة الكهروضوئية، تعتمد هذه الخلايا على مركبات كيميائية ذات بنية بلورية تعرف بالبروفسكايت ،والتي تمتاز بقدرتها العالية على

امتصاص الضوء وتحويله إلى كهرباء، يمكن إنتاجها باستخدام تقنيات الطباعة ، تصنف ضمن الجيل الرابع للخلايا الكهروضوئية. خلايا البيروفسكايت الكهروضوئية تقدم كفاءة أعلى من التقنيات التقليدية ، تكلفة إنتاج هذه الخلايا أقل مما يجعلها خيارًا جذابًا ، لكنها تحتاج إلى تحسين الحماية ضد الرطوبة والعوامل البيئية الأخرى لضمان عمر أطول**[XXXVIII]** .



الشكل(16):خلايا البروفسكايت.

- **آلية عمل الخلايا الكهروضوئية:**

آلية عمل الخلايا الكهروضوئية تعتمد على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية من خلال الظاهرة المعروفة باسم التأثير الكهروضوئي**[XXXIX]** و الخطوات الرئيسية هذه الخلايا:

١- **امتصاص الضوء:** عندما تصل أشعة الشمس إلى الخلايا الكهروضوئية، يتم امتصاص الفوتونات (الضوء) بواسطة مادة نصف الناقل، والتي غالبًا ما تكون السيليكون في معظم الخلايا الشمسية.

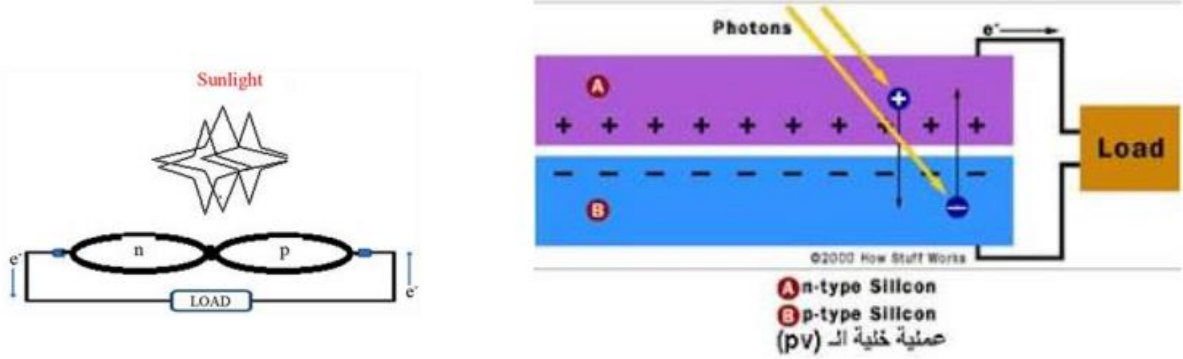
٢- **إثارة الإلكترونات:** عندما تمتص الفوتونات، يتم إعطاء إلكترونات من ذرات السيليكون طاقة كافية للتغلب على روابطها. نتيجةً لذلك، تتحرر الإلكترونات من الذرات، مما يخلق "ثقوبًا" في البنية البلورية.

٣- **إنشاء الثغرات:** تشكل الإلكترونات المحررة وثغرات (فجوات) تساعد في توليد مجالات كهربائية داخل الخلية. هذا يحدث في منطقة الوصل بين النوعين المختلفين من السيليكون: النوع النقي (N-type) الذي يحتوي على إلكترونات زائدة، والنوع الموجب (P-type)الذي يحتوي على ثقوب.

٤- **تدفق التيار:** يسبب وجود هذا المجال الكهربائي الناتج من الفرق بين P وN ، تبدأ الإلكترونات في الانجراف نحو الطرف السالب، بينما تتحرك الثقوب نحو الطرف الموجب. يتم توليد تيار كهربائي نتيجة لهذا التدفق.

٥- **جمع التيار:** يتم توصيل الأسلاك الكهربائية إلى الطرفين المتصلين بالخلايا، مما يسمح بجمع التيار الكهربائي الناتج.

٦- **تحويل التيار:** عادةً ما يكون التيار الناتج من الخلايا الشمسية تيار مباشر(DC) ، والذي قد يتم تحويله إلى تيار متناوب (AC) باستخدام محول للطاقة، ليستخدم في الشبكة الكهربائية أو لتغذية الأجهزة المنزلية.



الشكل(17): آلية عمل الخلية الكهروضوئية.

٢- **منظم الشحن(Charge Controller):** هو جهاز يستخدم في أنظمة الطاقة الكهروضوئية لإدارة عملية شحن البطاريات حيث أن الطاقة المنتجة من الألواح الكهروضوئية تختلف باختلاف كمية ضوء الشمس الساقط عليها خلال النهار، تصل الطاقة المنتجة إلى مستوى الذروة ثم تنخفض إلى الصفر من الصباح حتى المساء ويتطلب هذا الاختلاف منظم يتحكم في شحن البطاريات ،يقوم هذا الجهاز بتنظيم الجهد والتيار المتجهين إلى البطاريات، مما يضمن عدم شحنها بشكل زائد أو تفريغها بشكل مفرط، مما قد يؤدي إلى تلف البطاريات وتقليل عمرها الافتراضي ، الهدف الأساسي من أجهزة التحكم في النظام الكهروضوئي هو تنظيم تدفق طاقة التيار المستمر بما يتناسب مع احتياجات البطارية، كما تعمل هذه الأجهزة على ضمان عدم عودة التيار الكهربائي إلى الألواح الكهروضوئية، حيث يُمكن أن يؤدي فصل الحمل وعدم وجود المنظم إلى اعتبار الألواح الكهروضوئية كحمولة تسحب التيار من البطارية بشكل عكسي، مما قد يتسبب في إتلاف الألواح**[XL]**. يعمل المنظم الشمسي أيضاً على حماية الألواح من التلف، إذ يحتوي على قاطع داخلي يُستخدم في حال تلامس أطرافه معاً، حيث يقوم بفصل الطاقة لمنع الأضرار الكبيرة التي قد تلحق بالألواح الشمسية، كما أنه يساعد في تحسين كفاءة النظام الكهروضوئي من خلال إدارة عملية الشحن بشكل فعال ،العديد من المنظمات الحديثة تأتي مع شاشات عرض توضح حالة الشحن، الجهد، والتيار .يمكن تقسيم منظمات الشحن الأكثر استخداماً في منظومات الطاقة الكهروضوئية إلى مجموعتين رئيسيتين وذلك اعتماداً على الية العمل :

١- **منظمات الشحن بتعديل عرض النبضة PWM (Pulse Width Modulation):** منظمات الشحن PWM تعتمد على تقنية تعديل عرض النبضة للتحكم في الجهد والتيار الموجهين إلى البطاريات ، يتم تشغيل وإيقاف التيار بشكل متكرر (نبضات) في فترات زمنية محددة، ويقوم بتعديل عرض هذه النبضات بناءً على قيمة التيار الكهربائي المرسل للبطاريات**[XLI]**، مما ينظم متوسط الجهد المطبق على البطارية ، تتيح هذه المنظمات شحن البطارية بالكامل مع تقليل الضغط عليها مما يسهم في إطالة عمر البطاريات ،تمنع التفريغ العميق للبطاريات مما يحميها من التلف ، تساعد في تحسين كفاءة النظام الكهروضوئي من خلال إدارة

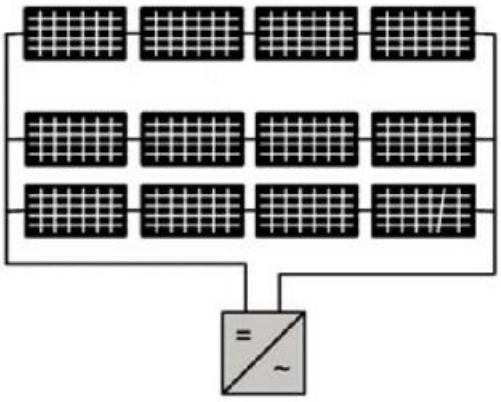
عملية الشحن بشكل فعال. تعمل تقنية PWM على تحسين كفاءة الشحن من خلال تقليل الفقد في الطاقة بسبب الحرارة ،وتعتبر منظمات PWM بسيطة وسهلة التركيب، مما يجعلها شائعة الاستخدام في الأنظمة الصغيرة ،ومع ذلك فإن كفاءتها تعتبر أقل مقارنةً بوحدات التحكم MPPT **[XLII]**.

٢- **منظمات الشحن بتتبع نقطة الاستطاعة العظمى MPPT (Maximum Power Point Tracking):**تقنيةMPPT هي نظام يستخدم في أنظمة الطاقة الكهروضوئية لتحسين كفاءة تحويل الطاقة من الألواح الكهروضوئية إلى بطاريات أو أحمال كهربائية، تعمل هذه التقنية على تتبع النقطة التي تنتج فيها الألواح الكهروضوئية أقصى قدر من الطاقة وذلك من خلال التحكم في الجهد والتيار. يقوم نظام MPPT بمراقبة الجهد والتيار الناتجين عن الألواح الكهروضوئية بشكل مستمر ، يتم قياس هذه القيم لتحديد القدرة الناتجة ، بناءً على القياسات يقوم النظام بتحديد النقطة التي تنتج فيها الألواح أقصى طاقة و تختلف هذه النقطة حسب ظروف الإضاءة ودرجة الحرارة ، يقوم النظام بتعديل الجهد المطبق على الألواح الكهروضوئية لتحقيق أقصى قدرة ، فإذا كانت الألواح تنتج طاقة أقل من الحد الأقصى يقوم النظام بتغيير الجهد لزيادة التيار والعكس صحيح ، يتم تحويل الطاقة من الألواح الكهروضوئية إلى البطاريات أو الأحمال الكهربائية بكفاءة عالية، مما يزيد من إجمالي الطاقة المستخرجة من النظام. يمكن أن تزيد تقنية MPPT من كفاءة النظام بنسبة تصل إلى 30% مقارنةً بالأنظمة التقليدية ، تعمل MPPT على تحسين الأداء حتى في ظل ظروف الإضاءة غير المثالية ، وتساعد في استغلال أقصى قدر من الطاقة المتاحة من الألواح الكهروضوئية **[XLII].**

٣- **محول الطاقة أو العاكس (Inverter):** إن التيار الناتج عن الخلايا الكهروضوئية هو تيار مستمر، ولكنه غير ثابت بمرور الوقت. ونظراً للتغير الكبير في كمية الطاقة الناتجة من الأنظمة الكهروضوئية، فإن استخدام الطاقة الناتجة بشكل مباشر يعد صعباً لذلك من

الضروري استخدام جهاز يقوم بتحويل التيار المستمر (DC) الناتج من الألواح الشمسية إلى تيار متناوب (AC) يمكن استخدامه في المنازل أو تصديره إلى الشبكة وهو ما يدعى بالعاكس. تعتبر كفاءة العاكس جيدة عندما لا يكون هناك فرق كبير بين الطاقة المدخلة والطاقة الخارجة. ومع ذلك، فإن فقدان الطاقة أمر لا مفر منه، ولا يمكن لأي محول تحقيق كفاءة 100% في عملية تحويل التيار المستمر إلى التيار المتناوب. مما يعني أن الطاقة الخارجة (AC) لن تكون بنفس مستوى الطاقة المدخلة (DC). عادةً ما تتراوح كفاءة العاكس بين 95 إلى 98%، وقد تختلف هذه الكفاءة بناءً على مقدار الطاقة المدخلة والجهد**[XLIII]**. تتوفر أنواع مختلفة من العاكس الكهروضوئي المستخدم في أنظمة الطاقة الشمسية وهي كالتالي:

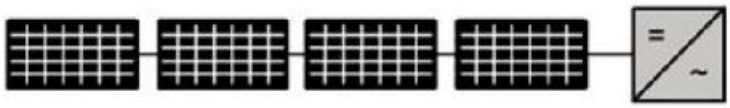
١- **العاكس المركزي (Central Inverter):** يستخدم عادة في أنظمة الطاقة الكهروضوئية الكبيرة ، يتم استخدام محولات مركزية تتراوح من بضع مئات من الكيلو واط إلى بضعة ميجا واط، تم توصيل العديد من الوحدات الشمسية إلى عاكس واحد كبير ،يتميز بكفاءة عالية وسهولة الصيانة، لكنه قد يكون أقل مرونة في حالة وجود عطل.



الشكل(18): طريقة توصيل المحطة الكهروضوئية بالعاكس المركزي.

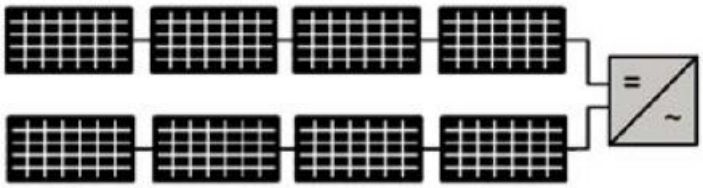
٢- **العاكس الموزع أو عاكس السلسلة (String Inverter):** يعتبر أكثر شيوعاً في التطبيقات السكنية والتجارية الصغيرة، يتكون من مجموعة من العواكس الصغيرة المتصلة بسلسلة من الألواح الكهروضوئية ، يتراوح نطاق الجهد لهذه السلسلة

الكهروضوئية بين 150 و450 فولت ، يتيح مرونة أكبر في التصميم ويمكن أن يكون أكثر كفاءة في حالة الظلال أو اختلافات الأداء بين الألواح.



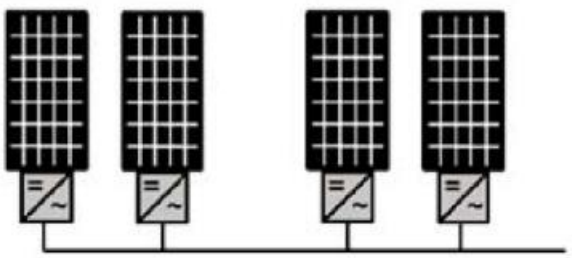
الشكل(19): طريقة توصيل المحطة الكهروضوئية بالعاكس الموزع/السلسلة.

٣- **العاكس متعدد السلاسل (inverter string Multi):** يستخدم عادة في الأنظمة الكهروضوئية التجارية والسكنية الكبيرة، حيث تتطلب الأداء الفعال تحت ظروف الإضاءة المتغيرة ، يتميز بقدرته على معالجة الطاقة من عدة سلاسل من الألواح الشمسية بشكل مستقل، يتميز نظام العاكس متعدد السلاسل بمزايا كل من العاكس الموزع والعاكس المركزي**[XLIV]**.



الشكل(20): طريقة توصيل المحطة الكهروضوئية بالعاكس متعدد السلاسل.

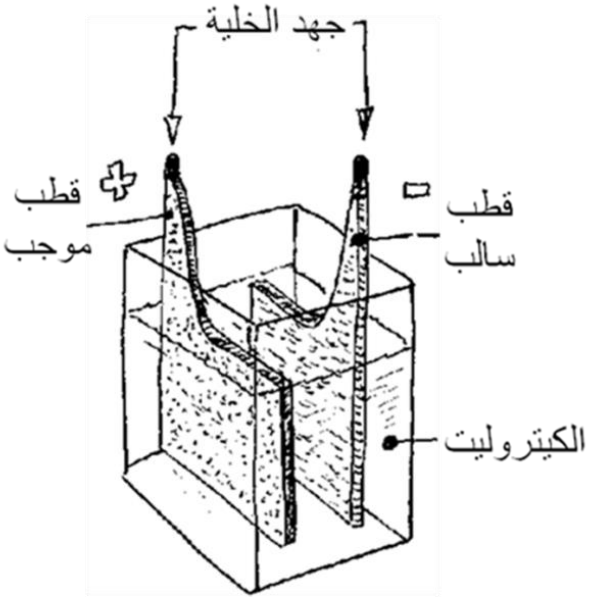
٤- **العاكس الميكروي (Microinverter):** وهو عاكس صغير الحجم مصمم لوحدة الطاقة الكهروضوئية الفردية بدلاً من مجموعة الوحدات الكهروضوئية ويتميز هذا النوع بأنه يؤمن استقلال الوحدة الكهروضوئية وتقليل تأثير خسائر التظليل، وتدهور الوحدة، وخسائر التلويث، لأنه يحمي الألواح بشكل كامل من أن تؤثر على بعضها البعض في حال وجود تظليل أو عطل في أحد الألواح مما يساعد في زيادة الإنتاجية الإجمالية ، يعتبر فعالًا لكنه قد يكلف أكثر من العاكسات التقليدية**[XLV]**.



الشكل(21): طريقة توصيل المحطة الكهروضوئية بالعاكس الميكروي.

٤- بطاريات التخزين (Energy Storage Systems):

هي الوحدة المسؤولة عن تخزين الطاقة الزائدة المنتجة من الألواح الكهروضوئية أثناء سطوع الشمس في ساعات النهار لاستخدامها في الأوقات التي لا تتوفر فيها الشمس ، تستخدم بطاريات الطاقة الشمسية في المنازل أو المنشآت المغذاة بالنظام المستقل " أي النظام غير المتصل بشبكة الكهرباء العامة ". تتكون البطارية من قطبين من مادتين مختلفتين وموصلتين للكهرباء ومغمورتين في محلول للكهرباء (إلكتروليت)ويصبح أحد الأقطاب موجبا والآخر سالبا، وذلك حسب الشحنة التي يحملها كل منهما **[XLVI]**.



الشكل (22) :بطارية الطاقة الكهروضوئية.

يعتمد فرق الجهد (الفولت) بين القطبين على نوع المادتين المصنوع منهما الأقطاب وكذلك نوع محلول الإليكتروليت ، غالبية البطاريات المستخدمة تكون بحدود12 أو 24 فولت ،يتم توصيل البطاريات بنفس طريقة توصيل الخلايا الكهروضوئية للحصول على قيم مختلفة للجهد والتيار.

- **أنواع بطاريات الطاقة الكهروضوئية:**

١. بطاريات الرصاص الحمضية Lead Acid:

- **بطاريات حمضية ذات ألواح الرصاص المغمورة Flooded cell Lead Acid (FLA) :** هذا النوع من البطاريات هو الأكثر استخداما لأنظمة الطاقة الكهروضوئية ،تكون ألواح الرصاص مغمورة تماماً بسائل قابل للتأين الكهربائي ، و يستلزم إضافة الماء بشكل دوري إلى البطارية ،مع مراعاة أن هذا النوع يقوم أثناء عمله بإطلاق غاز الهيدروجين القابل للانفجار ، ولذا يتم اتخاذ الحذر الكافي بحيث لا يتواجد بجانبها أي نوع من اللهب أو الشرارة أثناء عملها**[XLVI].**

الشكل(23): بطارية رصاص مغمورة.

- **بطاريات الرصاص غير المغمورة Valve Regulated Lead Acid (VRLA):** في هذا النوع تستخدم تكنولوجيا تجعل الحمض مجمد في صورة جيل أو على شكل هلامي ، وهو خليط من الماء وحمض الكبريتيك وجسيمات السليكات ، والخليط هو سائل يجمد بعد فترة وجيزة ، بعد ملء البطارية بالجيل لا يبقى بداخلها فراغ ، لذلك يتعذر على البطارية إعادة تركيب الأكسجين ، يحدث أثناء الشحن طرد كمية من الماء بتأثير التحليل الكهربائي ، يصحب أثناء طرد الماء تصدعاً في هيكل الجيل ، فتنخلق شبكة مفتوحة من التشققات وتصبح البطارية قادرة على إعادة تركيب الأكسجين ، تواجه هذه البطاريات مشاكل أقل مقارنة بالبطاريات المغمورة ويتميز هذه النوع من البطاريات بسهولة النقل ومتطلبات الصيانة القليلة التي يحتاجها وهذا يجعله مناسب للتطبيقات البعيدة إضافةً افة المياه لكنها تحتاج إلى نظام شحن جيد جداً مع مراعاة الجهد (الفولتية) ودرجة الحرارة **[XLVI]**.

الشكل(24): بطارية الرصاص غير المغمورة.

- **أنواع بطاريات الطاقة الكهروضوئية الرصاصية من حيث شكل شرائح الرصاص:**

١) **شرائح مسطحة(Flat Plates):** تكون ألواح الرصاص على شكل شرائح متراصة وعمرها الافتراضي ما بين 10 إلى 12سنة.

٢) **ألواح أسطوانية الشكل(Tubular Plate):** تكون ألواح الرصاص علي شكل اسطوانات متداخلة وعمرها الافتراضي ما بين 20 إلى 25 سنة. يمكن التمييز بين النوعين بمجرد النظر حيث نجد البطاريات ذات الألواح الأسطوانية أطول من بطاريات الألواح المسطحة بشكل ملحوظ**[XLVI]** .

الشكل(25): أنواع بطاريات الطاقة الكهروضوئية من حيث شكل شرائح الرصاص .

٢. **بطاريات التخزين نيكل ـ كادميوم (Cadmium Nickel Cadmium):** تعمل بنفس الأسس العامة كبطاريات (الرصاص-الحمض) ولكن تستعمل فيها مواد كيميائية مختلفة، يصنع القطب السالب في بطارية (النيكل ـ الكادميوم) من الكادميوم، كما أن القطب الموجب يتكون من أكسيد النيكل، ويستعمل محلول هيدروكسيد البوتاسيوم كإلكتروليت ،يصمم التكوين الكيميائي لبطارية (النيكل ـكادميوم) بحيث يكون الإناء المحتوي على مكونات البطارية محكماً ضد الهواء، مما يمنع الإليكتروليت ذو الطبيعة التآكلية من التسرب إلى الخارج[XLVI].

الشكل(26): بطارية التخزين النيكل –كادميوم.

٣. **بطاريات الليثيوم أيون (Lithium-Ion Batteries):** هي واحدة من أكثر أنواع البطاريات شيوعًا في أنظمة تخزين الطاقة، خاصة في تطبيقات الطاقة الكهروضوئية ،تعتمد بطاريات الليثيوم أيون على تفاعل كيميائي بين الليثيوم والمكونات الكهربائية الأخرى لتخزين الطاقة وتحريرها ، تتميز بكثافة طاقة عالية، مما يعني أنها تستطيع تخزين كمية كبيرة من الطاقة في حجم صغير ووزن خفيف ،ت وفر كفاءة شحن وتفريغ عالية تصل إلى 90-95% مما يعني أن نسبة كبيرة من الطاقة المخزنة يمكن استخدامها عند الحاجة ،ي مكن أن تمتد فترة استخدام بطاريات الليثيوم أيون من 8 إلى 15 سنة، اعتمادًا على نوع الاستخدام وظروف التشغيل ، تحتاج إلى صيانة أقل مقارنة بأنواع البطاريات الأخرى مثل الرصاص الحمضية ،تمتع بقدرة على الشحن السريع، مما يقلل من وقت الانتظار لتخزين الطاقة ، يمكن أن تعمل بشكل جيد في نطاق واسع من درجات الحرارة على الرغم من أنها قد تتأثر بالسخونة المفرطة ،لكن إذا لم يتم تصنيعها أو استخدامها بشكل صحيح يمكن أن تتعرض لخطر الانفجار أو الحريق خاصة في حالة وجود عيوب في التصنيع أو التعرض لدرجات حرارة عالية و قد تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى خفض عمر البطارية وأدائها ،إضافة إلى أنها تعتبر أغلى مقارنة بالبطاريات التقليدية مثل الرصاص الحمضية، مما قد يكون عائقًا أمام بعض المستخدمين**[XLVI]**.

الشكل(27): بطاريات الليثيوم –أيون.

٥- **حاملات الألواح الكهروضوئية (Mounting Structures):** تمثل الهياكل التي تدعم الألواح الشمسية وتساعد في تثبيتها في الوضع الصحيح للوصول إلى أقصى تعرض للشمس ،إما تكون ثابتة تُثبت في زاوية ثابتة ، أو متحركة Tracking Systems تتبع حركة الشمس لزيادة كفاءة الإنتاج.

٦- **نظام التحكم والمراقبة (Monitoring System):** يوفر معلومات عن أداء النظام، مثل إنتاج الطاقة واستهلاكها ،يساعد المستخدم في مراقبة النظام لتحديد أي مشاكل أو تحسينات ممكنة.

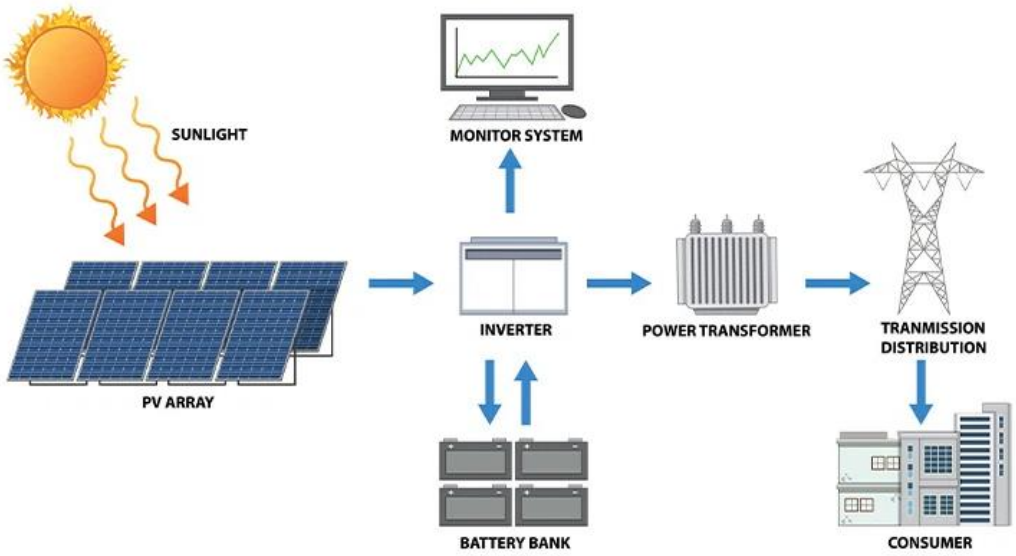
٧- **الكابلات والموصلات (Wiring and Connectors):** تربط المكونات المختلفة للنظام لنقل الكهرباء بينها ،تستخدم أسلاك خاصة تتناسب مع تيار الجهد العالي والتيار المستمر ،يجب أن تكون مصممة لتحمل الظروف البيئية المختلفة.

٨- **وحدات الحماية (Protection Devices):** تتضمن قواطع التيار والصمامات لحماية النظام من الأحمال الزائدة أو التغيرات المفاجئة ،تحمي المكونات الإلكترونية من الأضرار الناجمة عن ظروف غير طبيعية.

٩- **الشبكة الكهربائية (Grid Connection):** في الأنظمة المتصلة بالشبكة، تكون هذه التركيبات تربط النظام بالشبكة الكهربائية العامة ،تسمح بتصدير الطاقة الزائدة واستيراد الطاقة عند الحاجة.

تعمل جميع هذه المكونات معاً لتشكيل نظام طاقة كهروضوئية فعال ومستدام، يساهم في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية يمكن استخدامها بشكل عملي.

يبين الشكل(28) مكونات النظام الكهروضوئي**[XLVII]**:



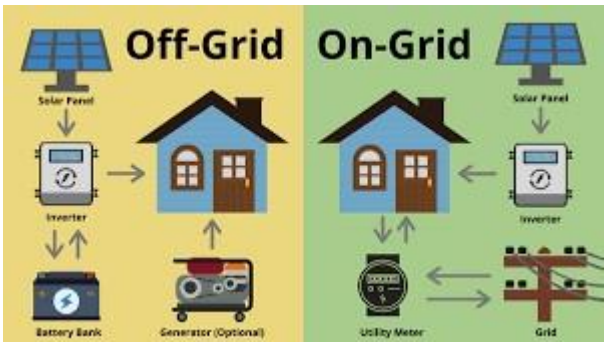
الشكل(28): مكونات النظام الكهروضوئي.

- **أنواع الأنظمة الكهروضوئية وأداءها:**

أنظمة الطاقة الكهروضوئية تتنوع بناءً على تصميمها وتطبيقاتها ومن أبرز هذه الأنواع:

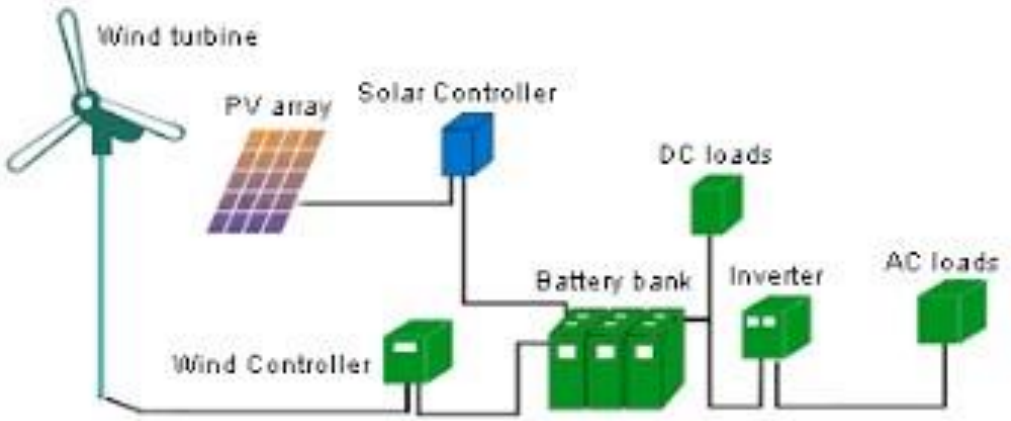
١- **الأنظمة المستقلة (Off-Grid Systems):** تستخدم في المناطق النائية والمعزولة حيث لا تتوفر شبكة الكهرباء، تشتمل على (ألواح كهروضوئية ،بطاريات لتخزين الطاقة ، منظم شحن ،ومحول كهرباء) ،توفر استقلالية عن شبكة الكهرباء ، لكن تكاليفها أعلى وتعتمد على كفاءة البطاريات وقدرتها التخزينية **[XLVIII]**.

٢- **الأنظمة المتصلة بالشبكة (Grid-Tied Systems):** تعمل هذه الأنظمة بالتوازي مع شبكة الكهرباء العامة ،تكمل استهلاك الطاقة من الشبكة وتتيح إمكانية بيع الفائض إلى الشبكة مما يقلل من فواتير الكهرباء ،تشتمل على(ألواح كهروضوئية ،محول كهرباء ، وحدات تحكم تتوافق مع الشبكة) ،تكاليف تركيبها أقل نسبياً وتوفر خيارات الخصم من الفواتير الكهربائية ، لكنها لا تعمل في حال انقطاع الكهرباء**[XLVIII]**.



الشكل(29): مقارنة بين النظام المستقل والنظام المتصل.

٣- **الأنظمة الهجينة (Hybrid Systems):** تجمع بين الطاقة الكهروضوئية ومصدر طاقة آخر، مثل مولد يعمل بالوقود أو طاقة الرياح ،يجمع بين مميزات النظامين المستقل والمتصل بالشبكة مما يضمن توفير طاقة مستمرة حتى في حال انقطاع الكهرباء ،تشتمل على (ألواح كهروضوئية ، بطاريات ، محول كهرباء ، ومنظم شحن) تتميز بالمرونة عالية وإمكانية الاعتماد عليها في الظروف الجوية السيئة ،ولكن تكاليفها أعلى نتيجة تعقيد النظام**[XLIX]**.



الشكل(30): نظام هجين (كهروضوئي-ريحي).

٤- **الأنظمة المعزولة (BIPV – Building-Integrated Photovoltaics):** تُدمج الألواح الشمسية في الأسطح أو الجدران أو النوافذ ،تساعد في توفير المساحة وتكون

جزءاً من التصميم المعماري ،تتميز بأنها ذات تصميم جذاب وحلول توفير للمساحة ،لكنها ذات تكلفة أعلى مقارنة بالألواح التقليدية[L].

الشكل(31): النظام الكهروضوئي المعزول.

- **تطبيقات الأنظمة الكهروضوئية:**

يوجد العديد من التطبيقات للأنظمة الكهروضوئية ومنها:

١- **المحطات الكهروضوئية المثبتة على الأرض:** الأنظمة الكهروضوئية المثبتة على الأرض هي أنظمة واسعة النطاق تستخدم الطاقة الكهروضوئية لتوليد الكهرباء ، تكون الألواح الكهروضوئية مثبتة على هياكل معدنية مرفوعة عن الأرض ذات أبعاد مناسبة ومثبتة من خلال أعمدة فولاذية وذلك بزاوية ميل معينة لتحسين استقبال أشعة الشمس، يتميز هذا النوع بإمكانية تزويده بنظام تتبع يزيد من ضوء الشمس المباشر الذي تتلقاه الخلايا الكهروضوئية، كما يعد أكثر أماناً في التركيب وصيانته أسهل[LI]. تؤثر الوحدات الكهروضوئية المائلة سلباً على كفاءتها بسبب وجود تظليل متبادل بين المصفوفات المتوازية. في حين أن زيادة المسافة بين الوحدات المتوازية تعزز كفاءتها، فإن هذه المسافات الأكبر تتطلب مساحة أكبر

من الأرض عند تركيب المحطات الكهروضوئية على الأرض. تعتبر المسافة المثلى في هذه الحالة 1.5 متر[LII]. من أشهر محطات الطاقة الكهروضوئية المثبتة على الأرض محطة تيبّي (Tengger Desert Solar Park) تقع في الصين، وتعتبر واحدة من أكبر محطات الطاقة الشمسية في العالم، حيث تغطي مساحة تصل إلى43 كيلومتراً مربعاً وتنتج حوالي1547 ميغاوات[LIII].

الشكل(32): محطة Tengger Desert Solar Park.

٢- **المحطات الكهروضوئية المثبتة على أسطح الأبنية:** الأنظمة الكهروضوئية المثبتة على الأسطح من أكثر الأنواع انتشاراً واستدامةً وموثوقيةً ،وهي أنظمة تستخدم الطاقة الكهروضوئية لتوليد الكهرباء عبر تركيب الألواح الكهروضوئية على أسطح المباني ، تعد الأنظمة المثبتة على الأسطح صغيرة مقارنة بمحطات الطاقة الكهروضوئية المثبتة على الأرض بسعات في نطاق ميجاواط (MW) ،يتميز هذا النوع باستغلاله للمساحات غير المستخدمة فالأسطح توفر مساحة مثالية لتركيب الألواح الكهروضوئية[LII]. تعتبر عمليات نشر الطاقة الشمسية على الأسطح مصدراً ممتازاً، حيث ازدادت شعبيتها بين أصحاب المنازل بشكل ملحوظ على مر السنين. إلا أن الوحدات الكهروضوئية المائلة تتسبب في تظليل متبادل بين المصفوفات المتوازية، مما يؤثر سلباً على كفاءتها. إن زيادة المسافة بين الوحدات تعزز كفاءة هذه الأنظمة، ولكنها تعرض المزيد من سطح السقف لأشعة الشمس. تم تحديد مسافة مثلى تبلغ2.5متر لتقليل التكلفة المستوية للطاقة (LCoE)

levelized cost of energy وزيادة إنتاجية الطاقة في نظم الكهروضوئية المثبتة على الأسطح. تتميز أنظمة المحطات الكهروضوئية المثبتة على الأسطح بالعديد من الفوائد، حيث توفر تظليلاً جزئياً للسقف، مما يقلل من احتياجات الطاقة في التبريد للمباني الواقعة في المناطق الحارة، وهي ميزة تفتقر لها الأنظمة المثبتة على الأرض. لذلك، فإن صافي الطاقة الناتجة من الأنظمة الكهروضوئية على الأسطح يفوق صافي الطاقة من الأنظمة المثبتة على الأرض. أما بالنسبة لفترة استرداد التكلفة، فهي الفترة الزمنية بالسنوات اللازمة لاسترداد الاستثمار الأولي للنظام عن طريق الوفورات في فواتير الكهرباء أو ببيع الكهرباء إلى الشبكة. وتكون فترة استرداد النظام المثبت على السطح أقصر من تلك الخاصة بالنظام الكهروضوئي المثبت على الأرض، حيث يتم احتساب تكلفة الأرض في الأخير. وبالتالي، تُعتبر أنظمة الطاقة الكهروضوئية المثبتة على الأسطح أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية، بفضل ميزة التظليل وكونها لا تحتاج إلى أرض إضافية**[LIV]**.

الشكل(33): نظام كهروضوئي مثبت على سطح بناء.

٣- **تحويل زجاج المباني إلى ألواح كهروضوئية:** تحويل زجاج المباني إلى ألواح كهروضوئية هو تقنية مبتكرة تهدف إلى دمج الطاقة الكهروضوئية في تصميم المباني الحديثة، يمكن تحقيق ذلك من خلال استخدام زجاج خاص يحتوي على خلايا كهروضوئية، مما يسمح للزجاج بتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء دون الحاجة إلى تركيب ألواح كهروضوئية تقليدية ،يمكن استخدام زجاج المباني كأداة لتوليد الطاقة، مما يقلل الحاجة إلى المساحات

الخارجية المخصصة للألواح الكهروضوئية ، الزجاج الكهروضوئي يمكن أن يسهم في تحسين كفاءة الطاقة للمباني من خلال توليد الكهرباء أثناء النهار . يتيح دمج الطاقة الكهروضوئية في الزجاج الحفاظ على التصميم العصري للمباني، مما يعزز من جاذبيتها الجمالية ، يمكن استخدام الزجاج الكهروضوئي في ناطحات السحاب والمباني التجارية الكبيرة وفي تصميم المنازل الحديثة و في محطات النقل والمرافق العامة الأخرى. قد تكون تكاليف تصنيع وتركيب الزجاج الكهروضوئي أعلى من الزجاج التقليدي ،و قد تكون كفاءة تحويل الطاقة في الزجاج الكهروضوئي أقل مقارنة بالألواح الكهروضوئية التقليدية ، لكن بالمقارنة مع النوافذ التقليدية، يمكن للنوافذ الكهروضوئية أن تخفف من اختراق الإشعاع الشمسي للغرف، وبالتالي تقليل استهلاك الطاقة لأنظمة تكييف الهواء، وفي الوقت نفسه، قد تخفف النوافذ الكهروضوئية من وهج الضوء الذي يدخل من النوافذ ، توفر هذه النوافذ مزايا النوافذ التقليدية إضافةً إلى توليد الكهرباء والعزل الحراري و يتم تصنيفها إلى نوافذ كهروضوئية ذات زجاج مفرد، ونوافذ كهروضوئية ذات زجاج مزدوج مع / بدون تهوية ، ومع ذلك لا تزال التكنولوجيا في مراحل التطوير، مما يعني أن هناك حاجة لمزيد من الأبحاث لتحسين الأداء**[LV]**.

الشكل(34): تحويل زجاج المباني إلى ألواح كهروضوئية.

٤- **مصفوفات كهروضوئية مناسبة للزراعة تحتها:** هي تقنية مبتكرة تجمع بين توليد الطاقة الكهروضوئية والزراعة. يتم تركيب الألواح الكهروضوئية على هياكل عائمة فوق المسطحات المائية، مما يتيح استخدام المساحة تحت الألواح للزراعة ،كما يمكن تركيب ألواح كهروضوئية على الجزء العلوي من السطح في البيوت البلاستيكية وذلك بغرض التظليل و المساهمة بتوفير كمية من الطاقة المطلوبة للإضاءة و التدفئة. يجب أن تكون الألواح الكهروضوئية مصممة بطريقة تسمح بمرور الضوء الكافي إلى النباتات تحتها و يمكن استخدام الألواح ذات الزوايا القابلة للتعديل لتحقيق ذلك، يجب أن تكون المواد المستخدمة في تصنيع الألواح مقاومة للرطوبة، وخالية من الرصاص، ومحمية من تأثيرات نفاثات الماء. هذا يضمن أن الألواح تدوم لفترة طويلة دون التأثير على البيئة المحيطة ،يمكن أن تكون كفاءة الألواح الكهروضوئية العائمة أعلى بسبب التبريد الطبيعي الناتج عن الماء، مما يساعد على تحسين أداء الألواح ويزيد من إنتاج الطاقة ،يمكن زراعة أنواع مختلفة من النباتات تحت الألواح الشمسية، مثل الخضروات والأعشاب، مما يعزز من استخدام الأرض والمياه بشكل فعال ،تساعد المزارع الكهروضوئية العائمة في تقليل تبخر المياه من المسطحات المائية، مما يسهم في تحسين إدارة الموارد المائية ،ويمكن أن تسهم هذه التقنية في تحسين التنوع البيولوجي من خلال توفير موائل جديدة للنباتات والحيوانات**[LVI]**.

الشكل(36): مصفوفات كهروضوئية مناسبة للزراعة تحتها.

٥- **المحطات الكهروضوئية العائمة:** تمثل المحطات الكهروضوئية العائمة تقنية مبتكرة تستخدم المسطحات المائية لتوليد الطاقة الكهروضوئية، تشبه المحطات الأرضية في الكثير من أجزاءها فالخلايا الكهروضوئية متماثلة ويتم تثبيتها فوق سطوح عائمة مثبتة على أسطح هذه المياه حتى لا تنجرف مع تيارات المياه والرياح . تعمل هذه الأنظمة على زيادة الكفاءة من خلال تبريد الألواح عبر الإبقاء عليها فوق الماء، مما يقلل من تكاليف الأرض ويعزز استخدام الموارد المائية بشكل فعال. تعد هذه التقنية حلاً واعدًا لتوسيع نطاق استخدام الطاقة المتجددة في المستقبل. يمكن للمحطات الكهروضوئية العائمة توفير 145 ميجاواط من الطاقة، مما يمكّنها من تلبية احتياجات الطاقة بشكل فعال ،تحتاج الألواح الكهروضوئية للماء إلى مواد مقاومة للرطوبة والظروف البيئية البحرية للحفاظ على العمر الافتراضي ،تمثل هذه التقنية وسيلة لزيادة موارد الطاقة المتجددة في المناطق التي تفتقر إلى الأراضي المناسبة لتثبيت الألواح الكهروضوئية ،تسهم المحطات العائمة في تقليل التبخر من المسطحات المائية، مما يحسن من إدارة الموارد المائية. تستثمر هذه المحطات المسطحات المائية غير المستغلة ،لكن إنشاءها يأتي بتكلفة أعلى مقارنة بمزارع الطاقة الكهروضوئية الأرضية وذلك بسبب الهياكل العائمة وأنظمة التثبيت اللازمة لإبقاء الألواح طافية وآمنة على الماء وتشير التقديرات إلى أن تكلفة العوامات وحدها يمكن أن تمثل ما يقارب من نصف إجمالي تكلفة المشروع ،ويتوقع الخبراء أن هذا الفرق سيتناقص تدريجياً مع التقدم في التكنولوجيا والمكونات وانخفاض أسعارها مما قد يجعل الطاقة الكهروضوئية العائمة خياراً أكثر فعالية من حيث التكلفة**[LVII]**.

الشكل(37): محطة كهروضوئية عائمة.

- **المباني صفرية الطاقة (Net Zero Energy Buildings):**

- **تعريف المباني صفرية الطاقة :**هي تصميمات معمارية تهدف إلى تحقيق توازن بين الطاقة المستهلكة والطاقة المنتجة على مدار سنة كاملة. بمعنى آخر، هذه المباني تنتج قدرًا من الطاقة يعادل أو يفوق ما تستهلكه من الطاقة خلال السنة.
- **خصائص المباني صفرية الطاقة:**

١- **كفاءة الطاقة العالية:** تُصمم المباني صفرية الطاقة لتكون فعالة في استخدام الطاقة، مع التركيز على تقليل استهلاك الطاقة من خلال العزل الجيد، والنوافذ ذات الكفاءة، والأنظمة المستخدمة في التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC).

٢- **استخدام مصادر الطاقة المتجددة:** تعتمد هذه المباني على مصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية أو الرياح، لإنتاج الطاقة اللازمة. عادةً ما تُركب الألواح الشمسية على الأسطح لتحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية.

٣- **تصميم ذكي:** تتضمن هذه المباني تصميمات معمارية ذكاء، مثل توجيه المبنى واستغلال الضوء الطبيعي، مما يقلل الحاجة إلى الإضاءة الاصطناعية.

٤- **تكنولوجيا التحكم:** تُطبق تقنيات متقدمة للتحكم في الاستخدام الطاقي، مثل أنظمة إدارة المباني الذكية التي تراقب استهلاك الطاقة وتعمل على تحسينها.

٥- **التخزين الفعال للطاقة:** يمكن أن تتضمن المباني صفرية الطاقة أنظمة تخزين للطاقة مثل بطاريات لتخزين الطاقة الزائدة التي تُنتج خلال فترات الذروة.

- **أهمية المباني صفرية الطاقة:**

١- **تقليل انبعاثات الكربون:** تساهم هذه المباني في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، مما يقلل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

٢- **توفير تكاليف الطاقة:** عن طريق الحد من استهلاك الطاقة وضمان إنتاجها محليًا، تُقلل المباني صفرية الطاقة من فواتير الطاقة على المدى الطويل.

٣- **تعزيز الراحة والتنوع:** يقدم التصميم الجيد لمباني الصفرية الطاقة بيئات مريحة وصحية، مما يؤثر إيجابًا على جودة حياة الشاغلين.

٤- **الامتثال للمعايير البيئية:** تساهم هذه المباني في تحقيق أهداف الاستدامة العالمية، وتساعد المجتمعات على إبرام التعهدات المتعلقة بتغير المناخ.

٥- **إلهام الابتكار:** تسلط هذه المباني الضوء على الابتكار في التصميم التكنولوجي والهندسي، مما يعزز من تطوير معايير جديدة للصناعة.

المباني صفرية الطاقة تمثل حلاً مستداماً يستجيب لتحديات تغير المناخ وندرة الموارد. من خلال الدمج الفعال لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، يمكن تحقيق مستقبل أكثر استدامة[LVIII].

• الاستدامة :تعريف وأهمية:

- **تعريف الاستدامة:** هي مفهوم يشير إلى القدرة على تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها. يتضمن هذا المفهوم عناصر متعددة، منها البيئة والاقتصاد والمجتمع. تشير الاستدامة إلى تحقيق التوازن بين هذه العناصر لضمان استمرار الحياة والموارد للأجيال المستقبلية.
- **الركائز الأساسية للاستدامة:**

١- **الاستدامة البيئية:** تركز على حماية البيئة والموارد الطبيعية، وتقليل التدهور البيئي، والحفاظ على التنوع البيولوجي.

٢- **الاستدامة الاقتصادية:** ترتبط بتعزيز النمو الاقتصادي المستدام الذي يوفر الفرص والازدهار، مع التركيز على الكفاءة في استخدام الموارد.

٣- **الاستدامة الاجتماعية:** تعنى بتحقيق العدالة الاجتماعية، وتحسين نوعية الحياة، وضمان حقوق الإنسان والمشاركة المجتمعية.

- **أهمية الاستدامة:**

١- **حماية البيئة:** تساعد الاستدامة في حماية البيئة من التدهور والتلوث، مما يساهم في الحفاظ على الموارد الطبيعية مثل الماء والهواء والتربة.

٢- **ضمان الموارد للأجيال القادمة:** تضمن الاستدامة الحفاظ على الموارد الطبيعية والاقتصادية للأجيال المقبلة، مما يمكنها من تحقيق تطلعاتها واحتياجاتها.

٣- **تعزيز التنمية الاجتماعية:** تساهم الاستدامة في تحسين ظروف الحياة للناس من خلال تقليل الفقر، وتعزيز التعليم، وتحسين الرعاية الصحية.

٤- **التكيف مع التغيرات المناخية:** تساعد الممارسات المستدامة في التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف مع تحدياته، مما يضمن مرونة المجتمعات والأنظمة البيئية.

٥- **تحفيز الابتكار والاقتصاد الدائري:** تشجع الاستدامة على الابتكار والتطورات التكنولوجية التي تساهم في استخدام الموارد بطريقة أكثر كفاءة، وبالتالي تعزيز الاقتصاد الدائري الذي يقلل الفاقد ويعيد استخدام الموارد.

٦- **تعزيز العلاقات المجتمعية:** تساهم المبادئ المستدامة في بناء مجتمعات قوية متماسكة، حيث يتم إشراك الأفراد في عمليات صنع القرار وتحسين ظروف حياتهم.

من خلال اعتماد أساليب الاستدامة، يمكن للمجتمعات تحقيق توازن يلبي احتياجات جميع الأفراد ويعزز من صحة كوكب الأرض**[LIX]**.

• استدامة الطاقة في الأبنية الخدمية :تعريف وأهمية:

- **تعريف استدامة الطاقة:** تشير إلى استخدام مصادر الطاقة بطريقة تضمن تلبية احتياجات الحاضر دون التقليل من قدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها الخاصة. في سياق الأبنية الخدمية، يتعلق الأمر بتصميم وبناء المنشآت بحيث تكون فعالة في استهلاك الطاقة، وتستخدم تقنيات ومواد صديقة للبيئة، وتعتمد على مصادر طاقة متجددة عندما يكون ذلك ممكناً.
- **أهمية استدامة الطاقة في الأبنية الخدمية:**

١- **توفير التكاليف:** تساعد مباني الخدمة المستدامة في تقليل تكاليف الطاقة على المدى الطويل من خلال تحسين كفاءة استهلاك الطاقة واستخدام مصادر طاقة متجددة.

٢- **تقليل البصمة الكربونية:** تساهم في تقليل انبعاثات الكربون من خلال استخدام الطاقة بطرق أكثر كفاءة والاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة.

٣- **تحسين صحة وراحة السكان:** تركز تصميمات الأبنية المستدامة على توفير بيئة داخلية صحية، مثل تحسين جودة الهواء الطبيعي، والإضاءة الطبيعية، ودرجات الحرارة المناسبة، مما يزيد من إنتاجية السكان وراحتهم.

٤- **تعزيز رضا العملاء والمستخدمين:** أصبحت الاستدامة معياراً متزايد الأهمية في اختيارات المستأجرين والمستخدمين، مما يعزز من جذب المزيد من العملاء.

٥- **الامتثال للوائح البيئية:** تشجع العديد من الحكومات والهيئات المحلية على الاستثمار في الأبنية المستدامة من خلال تقديم إعفاءات ضريبية أو توفير حوافز مالية، مما يعزز الالتزام بالمعايير البيئية.

٦- **زيادة قيمة الأصول العقارية:** تميل المباني المستدامة إلى الحصول على قيمة سوقية أعلى نظراً لمزاياها البيئية وكفاءتها الطاقية، مما يجعلها استثمارًا جيدًا.

٧- **التكيف مع التغير المناخي:** تصميم الأبنية بطريقة مستدامة يساعدها على مقاومة التغيرات المناخية مثل ارتفاع درجات الحرارة وتقلبات الطقس، مما يقلل من تكاليف الترميم والصيانة على المدى الطويل.

استدامة الطاقة في الأبنية الخدمية ليست مجرد خيار، بل هي ضرورة لتحقيق التنمية المستدامة. من خلال تحسين كفاءة استهلاك الطاقة واعتماد ممارسات صديقة للبيئة، يمكن للأبنية الخدمية أن تلعب دورًا رئيسيًا في تعزيز الاستدامة البيئية والاقتصادية**[LX]**.

• مفهوم نمذجة معلومات البناء BIM:

مفهوم نمذجة معلومات البناء (BIM) ليس بمفهوم حديث العهد؛ بل يعود تاريخ ظهوره إلى عام1962 عندما اقترحه المهندس الأمريكي دوغلاس أنجلبرت. في ذلك الوقت، تم تقديم فكرة دمج المعلومات في هيكل موحد، وهو مبدأ تجاوبت معه العديد من التخصصات العلمية ليس فقط في مجال البناء. في سبعينيات القرن الماضي، تم إعادة تناول هذا المفهوم في مقال علمي نشره فان نيدرفين وآخرون**[LXI]**. ومنذ ذلك الحين، عمل العديد من الباحثين على تطويره، من بينهم هيربيرت سايمون ونيكولاس نيكروبونت. يعتبر تشارلز إيستمان واحداً من أبرز العلماء الذين ناقشوا نظرية BIM، وخصوصاً في كتابه "BIM Handbook" ومقاله " The Use of Computers in Building Design

Instead of Drawing " الذي نُشر عام 1975. في هذا المقال، تناول إيستمان مواصفات البناء والشروط اللازمة لتوليد أشكال ثنائية الأبعاد انطلاقاً من نماذج ثلاثية الأبعاد، كما أشار إلى كيف سيؤثر هذا النظام على عمليات حصر الكميات، محذراً من مشكلة عزل كل مخطط عن الآخر. تم توثيق مصطلح "نمذجة معلومات البناء" (BIM) على يد فان نيدرفين وتولمان بفاعلية في كتابهم " Modeling multiple views on buildings " الذي نُشر عام1992 **[LXI]**.

- **تعريف نمذجة معلومات البناء:**

نمذجة معلومات البناء (BIM) تُعتبر من أبرز التطورات في مجالات العمارة والهندسة والبناء (AEC). تعتمد هذه التقنية على إنشاء نماذج افتراضية رقمية للمباني، مما يُعزز من عمليات التصميم خلال مختلف مراحل المشروع ويسمح بتحليل وإدارة أكثر فعالية مقارنةً بالطرق اليدوية. تحتوي هذه النماذج التي يتم إنشاؤها بواسطة الحاسوب على تفاصيل هندسية دقيقة ومعلومات ضرورية تدعم مختلف أنشطة البناء والتصنيع والمشتريات، مما يُسهّل عملية إنجاز المبنى. يتضمن نظام BIM العديد من الوظائف الضرورية لتغطية دورة حياة المبنى، مما يقدم أسساً للابتكارات في التصميم والتشييد، ويُسهم في تحسين التعاون والتواصل بين أعضاء الفريق. إذا تم تنفيذ BIM بشكل جيد، فإنه يُسفر عن مشاريع ذات جودة أعلى، مع تكاليف وأوقات تنفيذ أقل**[LXII]**.

- **مميزات تطبيق نمذجة معلومات البناء:**

تمثل نمذجة معلومات البناء تجسيداً لتعاون مجموعة من المهندسين من تخصصات متنوعة، حيث توفر هذه التقنية إمكانية تبادل المعلومات بين فرق التصميم، المقاولين الرئيسيين والثانويين، ومالك المشروع. وذلك يساهم في تسهيل الحصول على المعلومات، مما يساعد في تجنب المشكلات وتقليل التكاليف وتقديم حلول مبكرة لأي تعارضات. كما تقدم نموذجاً داعماً لعملية اتخاذ القرار التي تُعد ضرورية لمهندسي المشاريع ومديريها. فيما يلي بعض المميزات الرئيسية لتقنية نمذجة معلومات البناء**[LXI]**:

١- نموذج دقيق وغني بالمعلومات: يتيح إنشاء نموذج تفصيلي يتضمن معلومات دقيقة عن المبنى.

٢- توفير الوقت وحل المشكلات مبكرًا: يُساعد على معالجة المشكلات قبل حدوثها، مما يسهم في تحسين سير العمل.

٣- عرض المشروع بشكل واقعي: يُتيح للعميل استكشاف المشروع والتجول فيه قبل توقيع العقد، مما ينشط التفاعل مع التصاميم.

٤- ربط التصميم بالتنفيذ: يعزز التعاون بين جميع التخصصات لإدارة المنشأة وحل أي تعارضات قد تظهر.

٥- تحسين نتائج المشروع: يُدعم تحسين جودة الإخراج النهائي للمشروع.

٦- تكامل وتنسيق المعلومات: يسمح بالتحديث التلقائي لأي تعديلات على العناصر، مما يسهل إدارة المناظر والقطاعات والجداول.

٧- توحيد المخططات: يُجمع مخطط التصميم مع مخطط الرسومات التفصيلية ومخطط التنفيذ دون الحاجة لتعديلات كبيرة.

٨- سهولة التعديل والتحديث: يُسهّل إجراء التعديلات اللازمة على النموذج وتحديثه عند الحاجة.

٩- حصر دقيق لجميع أجزاء المشروع: يُمكن من إجراء عملية حصر دقيقة خلال المراحل المبكرة من المشروع.

١٠- تسهيل عمليات الصيانة: يساهم في تحسين إدارة وصيانة المنشآت بعد إتمام المشروع.

١١- مرونة في البناء: يُعتبر وسيلة حديثة توفر مرونة أثناء عملية البناء، مما يحسن الجودة ويقلل التكاليف.

١٢- تصور واقعي للعمليات الإنشائية: يُقدم رؤية واضحة وعملية حول كيفية سير الأعمال الإنشائية بشكل عام.

باستخدام نمذجة معلومات البناء، يمكن تحقيق نتائج أفضل وعمليات أكثر كفاءة في مجال البناء والتشييد.

- **تطبيق نمذجة معلومات البناء في سورية :**

في الآونة الأخيرة، حقق مفهوم نمذجة معلومات البناء (BIM) انتشاراً واسعاً في سورية، وذلك نتيجة لأهميته والفوائد العديدة التي يوفرها للمهندسين والمقاولين وأصحاب المصلحة في المشاريع. بناءً على ذلك، بدأت الشركات تدرك قيمة الأدوات التكنولوجية المرتبطة بنمذجة معلومات البناء وتطبيقها في المشاريع الهندسية، مما يُعزّز إدارة مشاريع التشييد عبر دورة حياة المشروع. ومع ذلك، يُظهر المستوى الحالي من معرفة الشركات بتقنية BIM في قطاع البناء والهندسة في سورية أنه منخفض للغاية. ومع ذلك، يُتوقع أن يتم الاعتماد بالكامل على نماذج BIM في سورية خلال السنوات الخمس المقبلة. وقد أشار العديد من الباحثين إلى أن تقنية BIM تُعتبر الأنسب لمرحلة التصميم، لكن يمكن استخدامها أيضًا في مرحلة البناء، حيث أظهرت الدراسات أن هذا النظام يمكن أن يحل ما بين50% إلى75% من المشكلات الحالية في صناعة التشييد، مما يُعزز أداء القطاع وكفاءته**[LXIII]**.من جهة أخرى، كشفت الأبحاث عن مجموعة من الحواجز والتحديات التي تعيق تطبيق تقنية BIM في سورية، بما في ذلك التحديات الاقتصادية والتقنية والتنظيمية والقانونية والبشرية، بالإضافة إلى المخاطر المتعلقة باستخدام تكنولوجيا جديدة. يتطلب النجاح في تنفيذ تقنية BIM في سورية تقييم الوضع الحالي للمنظمات من عدة جوانب، من بينها مؤهلات وقدرات الموظفين واستعدادهم للانتقال إلى هذا النظام الجديد. أيضًا، فإن رغبة الإدارة في اعتماد هذه التقنية واستعدادها لزيادة الميزانية لتحسين واقع المنظمة تعتبر عوامل حاسمة للتقدم في قطاع الصناعة والتشييد للاستفادة من تقنية BIM. لكي تُطبق تقنية BIM بشكل فعال في سورية، من الضروري اتباع منهجية مبتكرة تدعم مرحلة إعادة الإعمار بمشاركة المهندسين والإداريين، وبالتالي الالتزام بالتطور في المجال الهندسي وصناعة التشييد. يتطلب تطبيق نظام BIM بشكل شامل على مدار مراحل التصميم والتنفيذ وحتى الصيانة إعادة النظر في نظام صناعة الإنشاء ككل، من جميع جوانبه.

- **نمذجة معلومات البناء والمباني صفرية الطاقة:**

تواجه صناعة البناء عالميًا تحديات هائلة في تحقيق أهداف كفاءة الطاقة، لاسيما فيما يتعلق بالمباني الخالية من الانبعاثات (NZEB). وفي الوقت نفسه، تمر الصناعة بثورة رقمية بفضل انتشار نمذجة

معلومات البناء (BIM). تعمل هذه التقنية على دعم القطاع من خلال التعليم والتدريب بهدف تحسين المهارات في مجالات الابتكار التكنولوجي والرقمنة. يجب أن يتمحور التدريب في مجال الرقمنة حول كونه ضروريًا لتقدم دمج تكنولوجيا نمذجة معلومات البناء مع أساليب التصميم المستخدمة في المباني الخالية من الانبعاثات، وذلك لتحقيق اقتصاد منخفض الكربون. يتطلب تصميم المباني الخالية من الانبعاثات تحسينات مستمرة في عمليات التصميم والتحليل، من أجل اتخاذ قرارات مبنية على المعرفة تساهم في تحقيق أهداف كفاءة الطاقة والحفاظ عليها. يبرز استخدام نمذجة معلومات المباني الخضراء أهمية التكامل بين نمذجة معلومات البناء وبرامج تحليل أداء المباني، بهدف تحقيق تصميم مثالي وتحليل شامل للمبنى يعزز من الكفاءة البيئية والاستدامة**[LXIV]**. على الرغم من وجود عدد قليل من الأوراق البحثية التي تناولت التصميم المتكامل للمباني الخالية من الانبعاثات باستخدام نمذجة معلومات البناء، إلا أن جميعها تتفق على أهمية استخدام BIM كأداة أساسية منذ بداية عملية التصميم، وكوسيلة لدعم اتخاذ القرار في المراحل الأولى من المشروع. يتم إنشاء نموذج BIM للمنشأة باستخدام إحدى البرمجيات الداعمة لهذه التقنية، مثل برنامج Revit Autodesk، الذي يوفر إمكانية نمذجة المبنى بجميع التخصصات الهندسية. من خلال هذا النموذج المتطور، يمكن للمهندسين والمعماريين إجراء محاكاة متعددة دون إهدار الكثير من الوقت في إدخال البيانات، مثل تحليل الأحمال الكهربائية ومحاكاة استهلاك الطاقة في Revit. أثناء تصميم نظام الطاقة الكهروضوئية، هناك حاجة ماسة لتوافر البيانات البيئية، بما في ذلك الإشعاع الشمسي المتساقط على واجهة المبنى في كل ساعة، بهدف محاكاة النظام الشمسي في Revit. يمكن الحصول على هذه البيانات البيئية من خلال استخدام مجموعة من الصيغ لبناء نموذج حركة الشمس الذي يتضمن زوايا الانحراف والسمت الشمسي، وحساب إجمالي الإشعاع الشمسي على الألواح. كما يمكن استيراد البيانات البيئية وقراءتها مباشرة في Revit كطريقة أخرى. فيما يتعلق بتجهيزات الطاقة الكهروضوئية، تدعم معظم برامج BIM، بما في ذلك برنامج Revit، مكتبات تحتوي على الألواح الكهروضوئية والعواكس والواجهات الزجاجية وغيرها من المعدات**[VI]**. لتوفير الدعم اللازم في تصميم نظام الطاقة الكهروضوئية باستخدام تقنية BIM، تحتوي الوحدات الكهروضوئية على جميع المعلومات الهندسية الضرورية. من خلال استخدام Revit، يمكن إدخال خصائص الألواح الكهروضوئية مثل نوع السيليكون، كفاءة التحويل، تيار القصر، والجهد الأقصى، وغيرها من التفاصيل الفنية. كما هو موضح في الشكل.

Parameters	Value
Electrical features	
NOCT	45±2℃
components efficency (%)	15.290000
TK Isc	+0.049%/℃
Isc	8.66 A
maximum power current	8.24 A
maximum power voltage	30.35 V
TK Pmax	-0.43%/℃
maximum power	0.00 W
maximum fuse rated curent	15.00 A
TK Voc	-0.34%/℃
Voc	37.88 V
working temperature	-40~+85℃
power tolerance	0~+5W
Common	
components weight	18.5kg
components size(lenght*width	1650x992x30
battery specification	single crystal

الشكل(38): نموذج الخلية الكهروضوئية ضمن برنامج Revit.

يمكن إجراء تقييم أداء الطاقة للمبنى باستخدام برامج محاكاة الطاقة مثل EnergyPlus أو Ecotect التابع لشركة Autodesk. حيث تقوم هذه البرامج بتحليل اكتساب الإشعاع الشمسي والحرارة داخل الأماكن المغلقة وظروف البيئة الداخلية بالتفصيل، مع الأخذ في الاعتبار خصائص المواد ومعاملات نقل الحرارة لعناصر المبنى مثل الجدران والنوافذ والأبواب، كما تحسب احتياجات التدفئة والتبريد والإضاءة وأحمال الطاقة الأخرى ذات الصلة. ولتحقيق تحليل أكثر دقة، يتم احتساب عدد الأشخاص المتواجدين في المبنى خلال فترات محددة، بالإضافة إلى الطاقة الحرارية المنبعثة من المعدات والإضاءة المستخدمة، مما يساهم في دعم تحليل استهلاك الطاقة.

• تعريف نمذجة معلومات البناء من وجهة نظري كمهندسة طاقة كهربائية:

هو مفهوم مهم جداً، يمثل تحولاً فكرياً ومنهجياً يعزز الابتكار حيث أنه من وجهة نظري فهو فكر هندسي يعبر عن تغيير جذري في طريقة تصميم وتنفيذ وإدارة المشاريع الهندسية فيتجاوز كونه مجرد أداة رقمية ليصبح إطاراً منهجياً شاملاً يشمل فلسفة جديدة مبنية على التكامل والتعاون والتنسيق بين جميع المشاركين في المشروع ويجب على جميع المعنيين تبني هذا الفكر .

الفصل الثالث : القسم العملي

ملخص الفصل:

يستعرض هذا الفصل معلومات عن المجمع الذي تمت الدراسة عليه ،كما يتم في هذا الفصل حساب الاحتياج اليومي للطاقة اللازمة لتشغيل أحمال المجمع ، تصميم المنظومة الكهروضوئية ومقارنة حالة التغذية بخط كهربائي مع التغذية بخطين كهربائيين بالإضافة للدراسة الاقتصادية والفائدة البيئية.

مخطط الفصل:

- المقدمة.
- توصيف المجمع.
- بيانات الإشعاع الشمسي في الموقع.
- توصيف أبنية المجمع.
- حساب الاحتياج اليومي للطاقة اللازمة لتشغيل الأحمال الأساسية الموجودة في الأبنية.
- حساب احتياج الطاقة الكهربائية الكلي للمجمع
- تصميم المنظومة الكهروضوئية.
- ربط خطوط التغذية.
- الدراسة الاقتصادية.
- الفائدة البيئية.

• المقدمة:

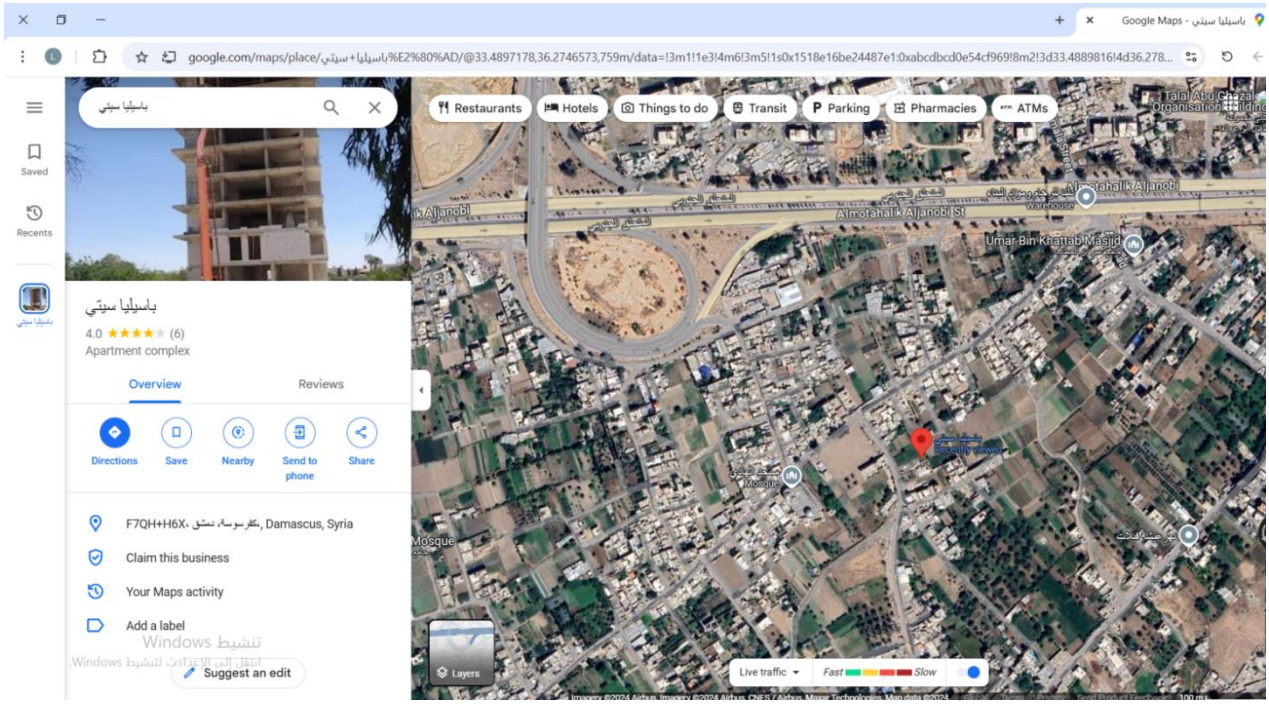
تقع سورية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، غرب اسيا بموقع جغرافي متميز يتوسط القارات الثلاث (اسيا ،اوروبا ،افريقيا)، تقع بين خطي عرض (32-37.5) درجة شمال خط الاستواء، و خطي طول (35.5-42) شرقي غرينتش، بمساحة تقدر بkm^2 185180. يبين الشكل(39) موقع سورية على خريطة العالم في نصف الكرة الشمالي.

الشكل(39): موقع سورية على خريطة العالم.

ويتميز موقعها هذا بإشعاع شمسي مناسب خلال مختلف أيام العام وذلك بحسب الأطلس الشمسي**[LXV]**. عانت سورية منذ عدة أعوام من مشكلة انقطاع التيار الكهربائي لساعات طويلة ، وذلك لسببين أساسيين، أولهما الضرر الذي لحق بمحطات توليد الطاقة الكهربائية، إضافة إلى النقص في مادتي الفيول والغاز الأساسيتين لتوليد الطاقة الكهربائية. لذلك كان لا بد من البحث عن مصادر أخرى مساعدة لإنتاج الطاقة الكهربائية وتعتبر مصادر الطاقات المتجددة هي الحل الأفضل والأنسب وخاصة الطاقة الكهروضوئية التي تعتبر من أفضل الأنواع للاستثمار في سورية باستفادة تقدر ب 10ساعات من الإشعاع الشمسي المفيد خلال الصيف و5 ساعات خلال الشتاء ويعود ذلك لموقعها الجغرافي المتميز. و تعتبر مدينة دمشق ذات المناخ الصحراوي (صيف حار و جاف- شتاء معتدل ورطب) مناسبة لإنشاء مشاريع للطاقة الكهروضوئية، لذلك تم اختيارها لإجراء الدراسة، حيث تم اختيار المجمع الخدمي المركزي في باسيليا-سيتي في مدينة دمشق وذلك لتصميم منظومة كهروضوئية لتغذية المجمع.

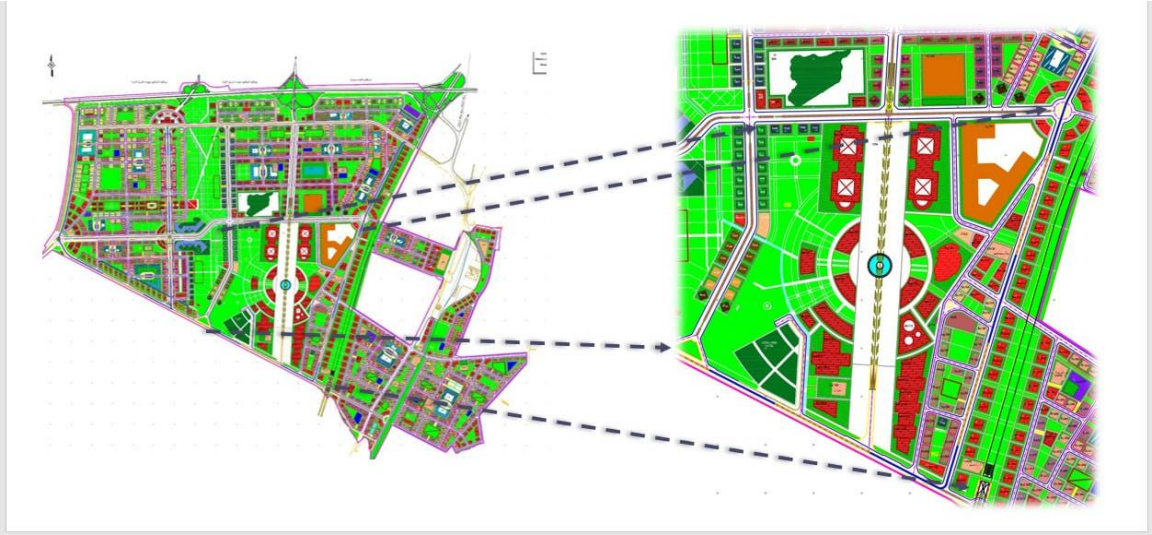
- **توصيف المجمع:**

الحالة المدروسة هو المجمع الخدمي المركزي في باسيليا-سيتي في محافظة دمشق ، يتضمن المجمع عدة أنواع من المقاسم مثل السكنية، السكنية التجارية المختلطة، والاستثمارية. المساحة الإجمالية للمجمع 1270500 متر مربع ،عدد المقاسم: 17مقسم ،المساحة المخصصة للمقاسم 230000 متر مربع ،عدد الطوابق 5 طوابق ،عامل استثمار الأرض (FAR) ≈ 0.787 ،تم تخصيص أحد المقاسم كمدرسة تخدم المنطقة أما باقي المقاسم مخصصة للاستثمارات المختلفة ولم يتم تحديد وظائف محددة لها بعد، مما يفتح المجال لمجموعة متنوعة من الأنشطة التجارية والخدمية. يبين الشكل(40) صورة مأخوذة من موقع google maps توضح موقع باسيليا –سيتي.



الشكل(40): صورة مأخوذة من موقع google maps توضح موقع باسيليا –سيتي.

يبين الشكل(41) المخطط التنظيمي لباسيليا-سيتي وموقع المجمع فيها.



الشكل(41): المخطط التنظيمي لباسيليا-سيتي وموقع المجمع فيها.

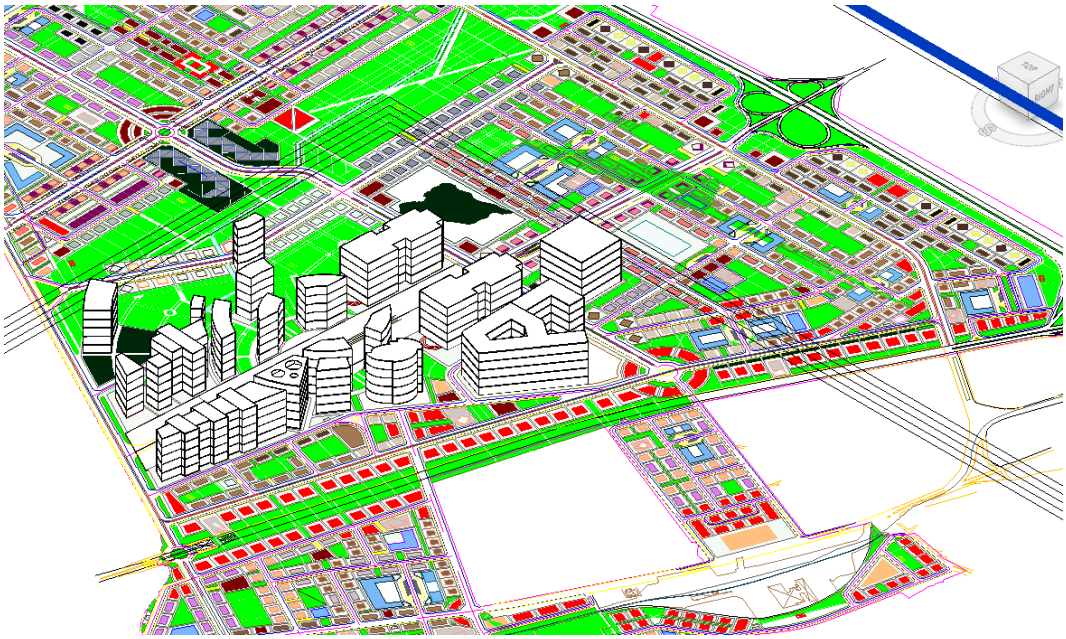
يبين الشكل(42) المخطط التنظيمي للمجمع الخدمي المركزي في باسيليا-سيتي.

الشكل(42): المخطط التنظيمي للمجمع الخدمي المركزي في باسيليا-سيتي.

يبين الشكل (43) التصميم العمراني للمجمع الخدمي المركزي في باسيليا-سيتي.

الشكل (43): التصميم العمراني للمجمع الخدمي المركزي في باسيليا-سيتي.

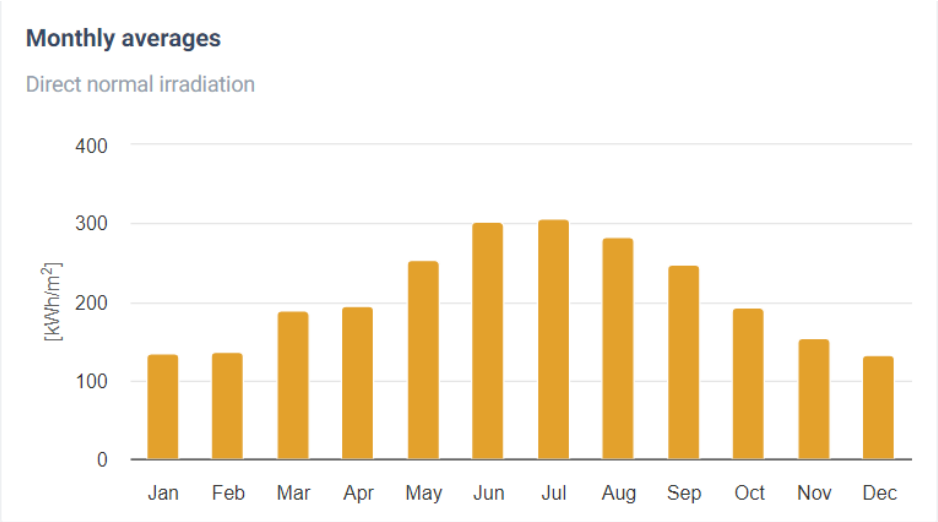
يبين الشكل(44)صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح مسقط الأبنية.



الشكل(44): صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح مسقط الأبنية.

- **بيانات الإشعاع الشمسي في الموقع:**

تحدد بيانات الإشعاع الشمسي في منطقة معينة مدى كفاءة تركيب الألواح الكهروضوئية في هذه المنطقة والجدوى الاقتصادية من إنشاء محطة كهروضوئية في هذا الموقع ،ووفقاً ل atlas solar global فإن منطقة باسيليا-سيتي الواقعة عند إحداثيات جغرافية (33.4833°N, 36.2833°E)، يبلغ الإشعاع الشمسي المباشر فيها direct normal irradiation حوالي 2553.9 kWh/m^2 سنوياً ،أما كمية الإشعاع الشمسي المنتشرة الواصلة بشكل غير مباشر من الشمس تبلغ 532.9 kWh/m^2 ووفقاً لنفس المصدر كانت المعدلات الوسطية الشهرية للإشعاع الشمسي لكل شهر من أشهر السنة كما هو مبين في المخطط التالي**[LXVI]**:



الشكل (45): المعدلات الوسطية للإشعاع الشمسي يوميا لكل شهر.

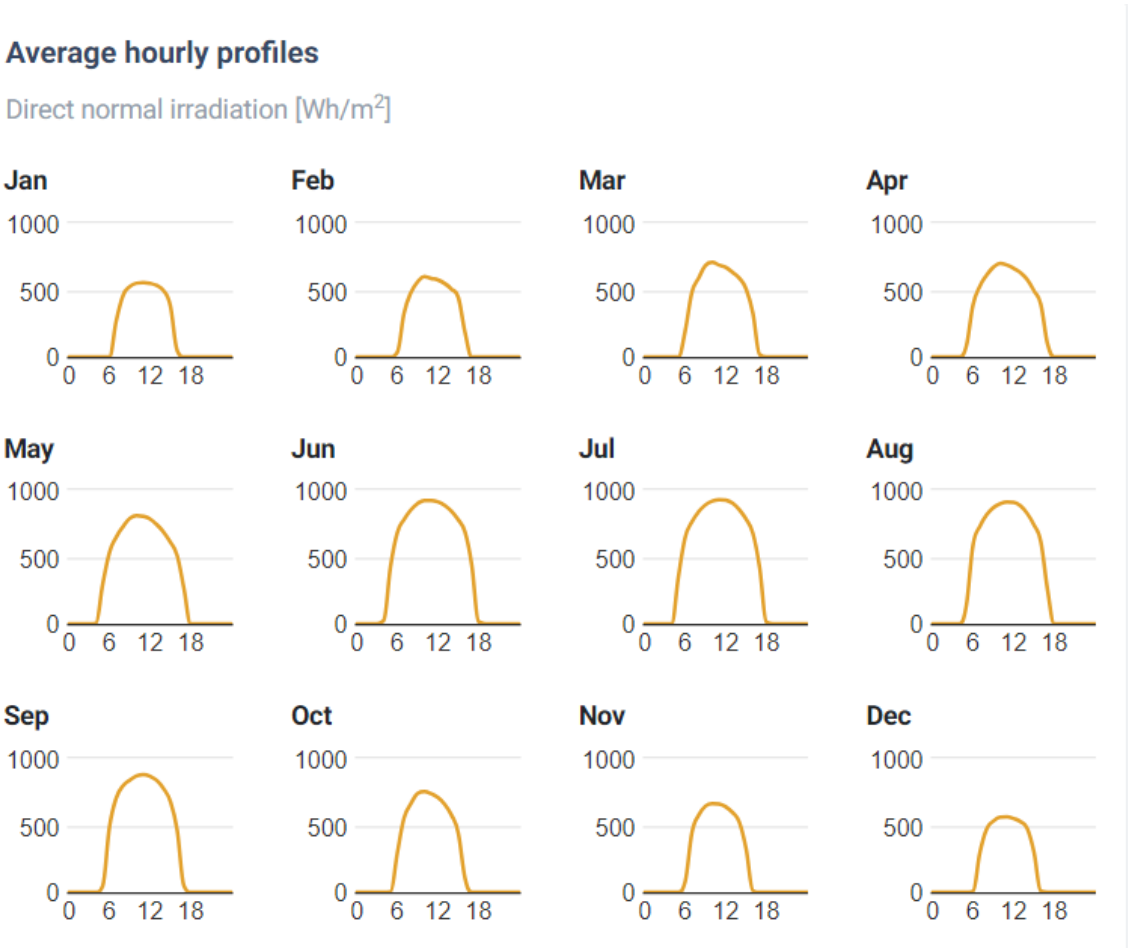
ويتوزع هذا الإشعاع في اليوم وفقا للجدول التالي:

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

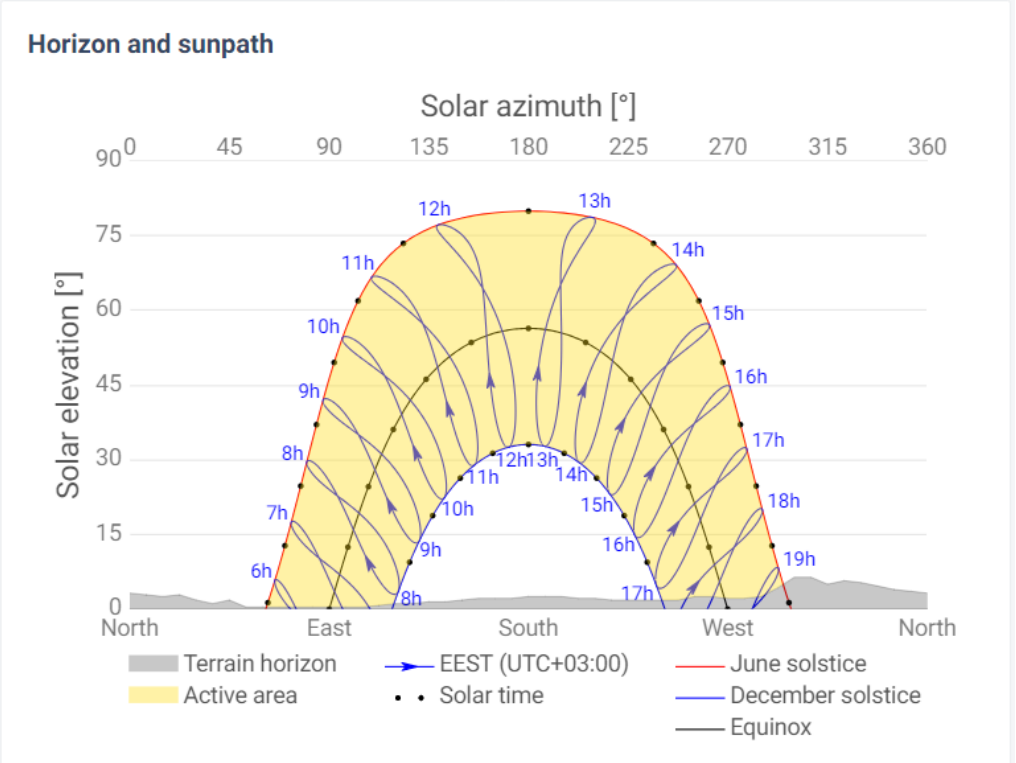
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5					4	26	1					
5 - 6				78	292	428	350	134	46	3		
6 - 7	1	34	193	389	532	680	645	589	485	292	78	8
7 - 8	268	327	483	528	647	780	762	727	703	555	445	294
8 - 9	457	480	589	610	725	851	838	814	793	659	576	472
9 - 10	525	561	684	671	787	899	889	867	837	738	644	531
10 - 11	551	600	706	698	809	922	916	896	868	751	663	560
11 - 12	555	586	686	686	803	922	927	909	879	736	659	562
12 - 13	549	574	670	662	783	912	923	907	867	707	638	550
13 - 14	533	548	632	629	741	885	900	881	835	657	596	527
14 - 15	495	507	587	578	686	842	852	824	773	576	523	475
15 - 16	380	445	508	493	609	778	781	738	678	442	323	297
16 - 17	48	183	326	393	510	686	676	614	465	105	11	8
17 - 18			16	97	264	437	418	254	48			
18 - 19						16	12					
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	4,362	4,845	6,081	6,511	8,192	10,063	9,892	9,154	8,277	6,222	5,157	4,285

الشكل(46): توزع الإشعاع الشمسي لكل شهر وفقاً لساعات اليوم.



الشكل(47): توزع الإشعاع الشمسي لكل شهر وفقاً لساعات اليوم.

ومن خلال الجدول والشكلين السابقين نستنتج أن أعلى معدلات للإشعاع الشمسي تترافق مع أشهر الصيف حزيران وتموز أما أقل معدلات للإشعاع الشمسي فتحصل في أشهر كانون الأول وكانون الثاني وشباط وتكون فترة الظهيرة هي الأعلى خلال اليوم .أما مخطط مسار الشمس للموقع المقترح خلال فصول السنة فهو كما يلي **[LXVI] :**



الشكل(48): مخطط مسار الشمس للموقع المقترح خلال فصول السنة.

من البيانات والجداول السابقة وجدنا ان المنطقة المقترحة فيها معدلات سنوية جيدة جدا من الإشعاع الشمسي ويمكن أن تكون المحطة الكهروضوئية في المنطقة ذات جدوى اقتصادية جيدة.

- **توصيف أبنية المجمع:**

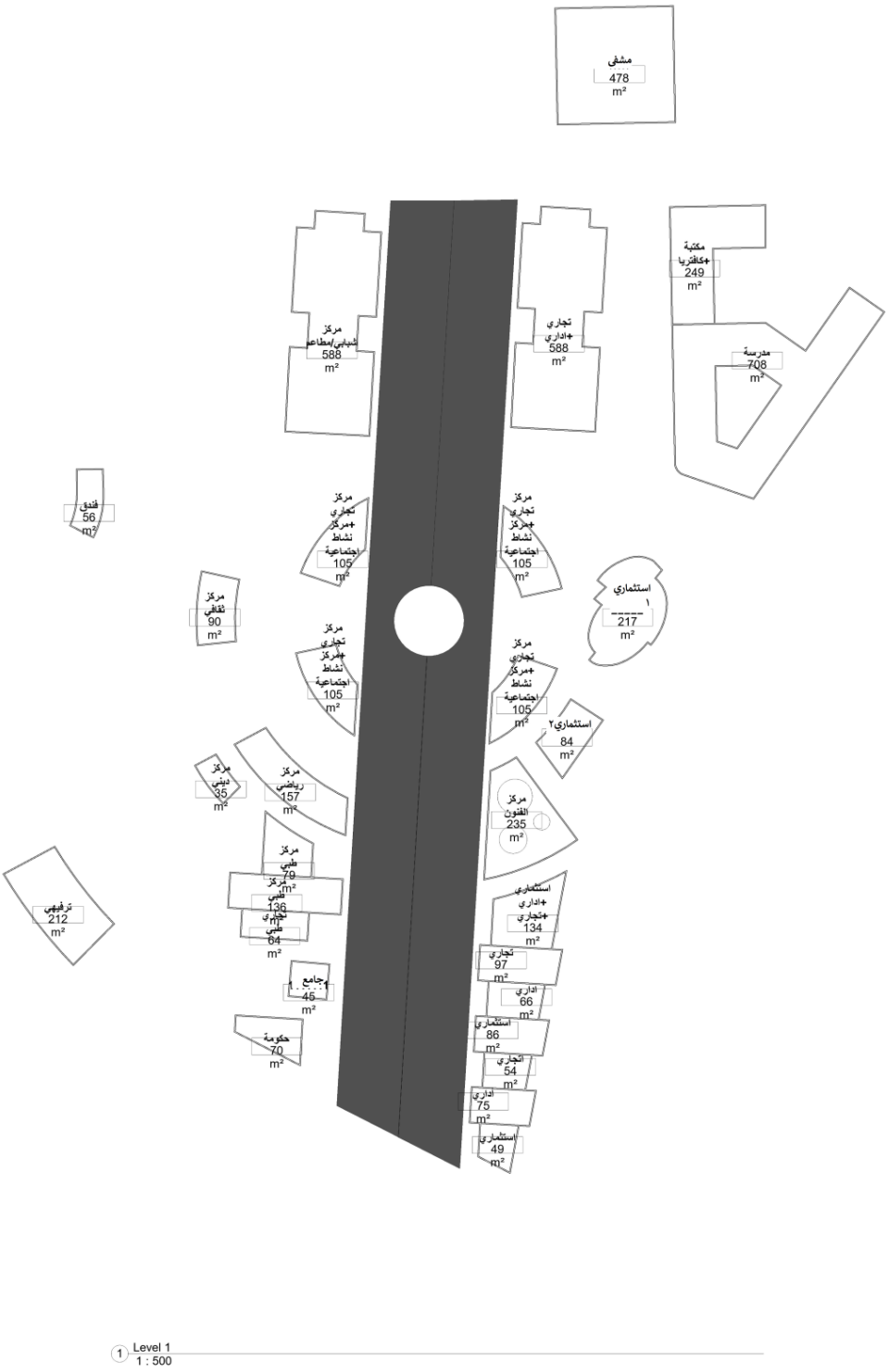
إن المجمع يتكون من عدد من الأبنية ولكل بناء وظيفة معينة وتحدد الأحمال الكهربائية تبعاً لوظيفة البناء ويبين الجدول التالي الأبنية الموجودة في المجمع ومساحاتها حيث تم تحديد المساحات بالاعتماد على برنامج ال Revit:

وظيفة البناء	مساحة البناء(متر مربع)
مشفى	478
مدرسة	708
مركز ثقافي	90
مركز طبي	279

كنيسة ومكتبة	35
مكتبة و كافتيريا	249
مركز فنون	235
مركز حكومي	70
مركز شبابي ومطاعم	588
مركز ترفيهي	212
4مركز شبابي و نشاطات مجتمعية*	105*4
مركز رياضي	157
فندق	56
بناء تجاري و إداري	588
بناء استثماري/تجاري/إداري	561
1بناء استثماري	217
مركز ديني(جامع)	45
2بناء استثماري	84

الجدول(3)الأبنية الموجودة في المجمع ومساحاتها.

الشكل(49): مسقط الأبنية ضمن الRevit.



الشكل(50): مسقط الأبنية ومساحاتها ضمن الRevit.

- **حساب الاحتياج اليومي للطاقة اللازمة لتشغيل الأحمال الأساسية الموجودة في الأبنية:**

تم تحديد الاحتياج اليومي للطاقة بالاعتماد على برنامج ال Revit وذلك بعد تحديد مساحة كل بناء و وظيفته. يبين الشكل(51) صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح جدول كميات أجهزة الإضاءة.

< Lighting Fixture Schedules>

A	B	C	D
Area	Space:Name	Power/m2	Power
478	Hospital	10	23.9
708	school	10	35.4
90	Cultural center	15	6.75
279	Medical center	10	13.95
35	church	20	3.5
249	Library and cafeteria	15	18.675
235	Arts Centre	20	23.5
70	Government center	15	5.25
588	Youth center and restaurants	20	58.8
212	Entertainment center	15	15.9
105*4	Youth center and community 4* activities	15	7.875
157	Sports center	20	15.7
56	hotel	15	4.2
588	Commercial and administrative building	20	58.8
561	Investment/commercial/administrative building	20	56.1
217	Investment building1	20	21.7
45	mosque	20	4.5
84	Investment building2	20	8.4

الشكل(51:)صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح جدول كميات أجهزة الإضاءة.

وبالمثل تم تحديد كميات باقي التجهيزات الكهربائية للأبنية في المجمع الخدمي وبناء عليه تمت الحسابات التالية :

- **المشفى:**

لحساب الأحمال الكهربائية واحتياج الطاقة اليومية لمستشفى مكون من 5 طوابق بمساحة 478 متر مربع لكل طابق، نحتاج إلى معرفة نوع وعدد الأجهزة الطبية وغير الطبية المستخدمة، بالإضافة إلى تفاصيل تشغيلها:

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 10 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2 كيلوواط لكل 50 متر مربع.

٣. **الأجهزة الطبية:** افتراض أجهزة بقدرة 5 كيلوواط لكل غرفة.

٤. **الأجهزة غير الطبية:** كالحاسوب والتجهيزات المكتبية بقدرة 500 واط لكل 20 متر مربع.

-الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 478 متر مربع
- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 478 متر مربع × 10 واط/متر مربع = 4780 واط = 4.78 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 4.78 كيلوواط = 23.9 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 478متر مربع ÷ 50 متر مربع/وحدة = 9.56 وحدة ≈ 10 وحدات
- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 10 وحدات × 2 كيلوواط/وحدة = 20 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 20 كيلوواط = 100 كيلوواط

٣- الأجهزة الطبية:

- نفترض أن كل طابق يحتوي على 10 غرف بمساحة 4.78متر مربع لكل غرفة.
- الطاقة المستخدمة للأجهزة الطبية لكل غرفة = 5 كيلوواط
- الطاقة المستخدمة للأجهزة الطبية لكل طابق = 10 غرف × 5 كيلوواط/غرفة = 50 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للأجهزة الطبية = 5طوابق × 50 كيلوواط = 250 كيلوواط

٤- الأجهزة غير الطبية:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة غير الطبية لكل طابق = 478 متر مربع ÷ 20 متر مربع/500 واط = 11.95 كيلوواط ≈ 12 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة غير الطبية = 5 طوابق × 12 كيلوواط = 60 كيلوواط

- **الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:**

- **الإضاءة:** 23.9 كيلوواط

- **التكييف:** 100 كيلوواط

- **الأجهزة الطبية:** 250 كيلوواط

- **الأجهزة غير الطبية:** 60 كيلوواط

- **الطاقة الكلية اليومية:**

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 24 ساعة يومياً، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (23.9 + 100 + 250 + 60) كيلوواط × 24 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 433.9 كيلوواط × 24 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 10413.6 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمستشفى مكون من 5 طوابق بمساحة 478 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة على مدار الساعة، يقدر بحوالي 10413.6 كيلوواط-ساعة.

وبالمثل تم حساب احتياج الطاقة لباقي الأبنية حيث أن الحسابات موضحة بالملحق ١.

- **إجمالي احتياج الطاقة للأبنية:**

البناء	احتياج الطاقة(كيلو واط ساعة)
المشفى	10413.6
المدرسة	1623.2
مركز ثقافي	1041
مركز طبي	4487.4
كنيسة	447
مكتبة وكافتيريا	4605.3

مركز فنون	4296.6
مركز حكومي	1083
مركز شبابي ومطاعم	11678.4
مركز ترفيهي	2772.8
4مركز شبابي ونشاطات مجتمعية*	8178
مركز رياضي	1970.4
فندق	2140.8
بناء تجاري /اداري	2913.6
استثماري/تجاري/اداري	2779.2
استثماري١	1082.4
جامع	489
استثماري٢	478.8
المجموع	62480.5

الجدول(4) إجمالي احتياج الطاقة للأبنية.

- **احتياج الطاقة للمصاعد في المجمع:**

- **المشفى:** يحتاج إلى :١- مصاعد للمرضى والزوار (2 إلى 3 مصاعد).

٢- مصاعد للموظفين والمعدات (مصعد واحد).

٣- مصاعد للطوارئ (مصعد واحد) وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من 3إلى 5مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 24ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية =5كيلوواط × 24ساعة=120كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=120×5=600كيلوواط ساعة يومياً

وبالمثل تم حساب احتياج الطاقة للمصاعد لباقي الأبنية حيث أن الحسابات موضحة بالملحق٢.

- **إجمالي احتياج الطاقة للمصاعد:**

مكان المصاعد	احتياج الطاقة(كيلو واط ساعة)
المشفى	600
المدرسة	120
مركز ثقافي	120
مركز طبي	240
كنيسة	120
مكتبة وكافتيريا	180
مركز فنون	180
مركز حكومي	120
مركز شبابي ومطاعم	240
مركز ترفيهي	180
مركز شبابي ونشاطات مجتمعية*٤	480
مركز رياضي	120
فندق	240
بناء تجاري /اداري	240
استثماري/تجاري/اداري	240
استثماري١	180
جامع	120
استثماري٢	120
المجموع	3840

الجدول(5) إجمالي احتياج الطاقة للمصاعد.

- **احتياج الطاقة لإنارة الشوارع:**

لحساب احتياجات الطاقة لإنارة الشوارع نقوم بتحديد :

١- **عدد أعمدة الإنارة :**بفرض وجود 100 عمود إنارة.

٢- **قدرة كل مصباح :** بفرض كل مصباح يستهلك 150 واط.

٣- **عدد ساعات التشغيل اليومية :**بفرض أن الأضواء تعمل لمدة 10ساعات يومياً.

-احتساب استهلاك الطاقة اليومية =القدرة المقدرة× عدد الأعمدة× عدد ساعات التشغيل اليومية

=150واط × 100عمود × 10ساعات=150000واط ساعة = 150كيلوواط ساعة يومياً

• حساب احتياج الطاقة الكهربائية الكلي للمجمع:

لحساب احتياج الطاقة الكلي للأبنية نقوم بجمع احتياج الطاقة لكل الأبنية بالإضافة لاحتياج الطاقة للمصاعد واحتياج الطاقة لإنارة الشوارع.

=62480.5+3840+150=66470.5 كيلو واط ساعة يومياً

• تصميم المنظومة الكهروضوئية:

- **حالة التغذية من خط واحد:**

١- تحديد الحمل اليومي:

الحمل اليومي= 66470.5 كيلو واط ساعة يومياً .

٢- احتساب قدرة النظام المطلوبة:

القدرة اليومية المطلوبة للألواح تحسب بالعلاقة :

$$P=E / PSH$$

حيث:

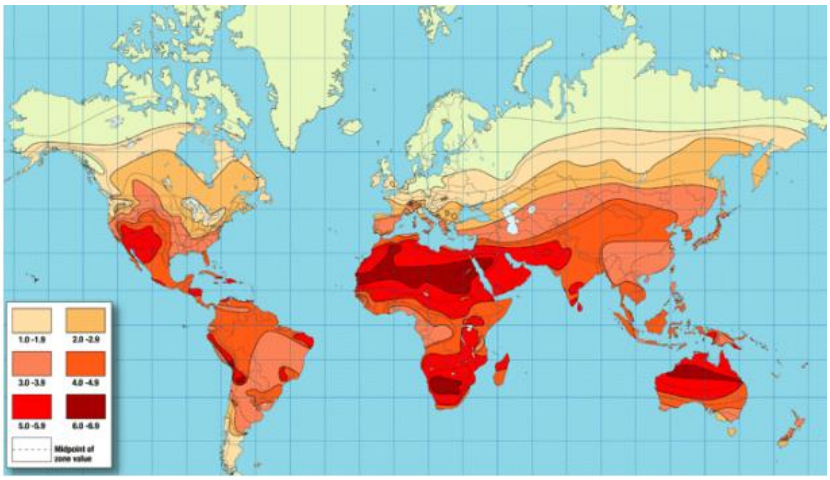
P : قدرة الألواح الكلية .

PSH : عدد ساعات الإشعاع الشمسي المفيد في اليوم.

ومن أجل تعويض الضياعات الناتجة عن مكونات النظام الكهروضوئي، يجب إضافة الفاقد إلى إجمالي الطاقة الكهربائية المطلوبة في اليوم وذلك بالضرب بمعامل أمان 1.25:

$$E= 66470.5 \times 1.25=83088.125 \text{ kWh}$$

وبحسب أطلس الإشعاع الشمسي فإن عدد الساعات الشمسية في سورية هو 5 ساعات.



الشكل(52):عدد الساعات الشمسية حسب أطلس الإشعاع الشمسي.

وبالتالي تصبح القدرة اليومية المطلوبة:

$$P= 83088.125 / 5=16617.625\ KW$$

٣- **حساب عدد الألواح الكهروضوئية:** بفرض اختيار لوح باستطاعة (550W=0.55KW)

عدد الألواح المطلوبة(N_{panel})= القدرة اليومية المطلوبة /قدرة اللوح الواحد

$$N_{panel}= 16617.625 / 0.55 = 30213.8=30214\ panel$$

٤- **تحديد المساحة المطلوبة:** عادة ما تكون أبعاد اللوح الشمسي بقدرة 550 حوالي 2 متر مربع لكل لوح وبالتالي:

المساحة الكلية المطلوبة(A) =عدد الألواح x مساحة اللوح الواحد

$$A=N_{panel} \times A_{panel}$$

$$= 30214 \times 2 =60428\ m^2$$

٥- **نظام تخزين الطاقة(البطاريات):** لضمان توافر الطاقة خلال الليل أو الأوقات الغائمة، نحتاج إلى نظام تخزين بطارية مناسب، بفرض اختيار بطاريات تخزن 10كيلوواط ساعة:

عدد البطاريات($N_{batteries}$) = استهلاك الطاقة اليومي / سعة البطارية الواحدة

$$N_{batteries}= 83088.125 / 10 = 8308.8125=8309 \text{ batteries}$$

٦- **العواكس(الانفيرتر):** بفرض استخدام عواكس بقدرة 100 كيلوواط.

- **تحديد عدد العواكس($N_{inverter}$):** لحساب عدد العواكس نأخذ بعين الاعتبار نسبة التحميل التي تتراوح بين (80-90)% ولكن لاعتبارات اقتصادية تعتبر 95% فيكون:

$$N_{inverter}= P/(0.95* VA_{inv})$$

$$= 16617.625 /(0.95*100)=174.9=175 \text{ inverter}$$

حيث:

VA_{inv}: سعة العاكس بوحدة الفولت أمبير.

٧- **المحولات:** بفرض استخدام محولات بقدرة 500kVA فيكون:

عدد المحولات(N_{trans}) = القدرة الكلية(كيلو فولط أمبير) / قدرة المحول الواحد(كيلو فولط أمبير)

- **نحسب القدرة الكلية بالكيلو فولط أمبير :**

$$P (kVA)= P(KW) \times 1.25=16617.625 \times 1.25=20772.03 \text{ kVA}$$

- **نحسب عدد المحولات:**

$$N_{trans} = P (kVA)/ P_{trans}$$

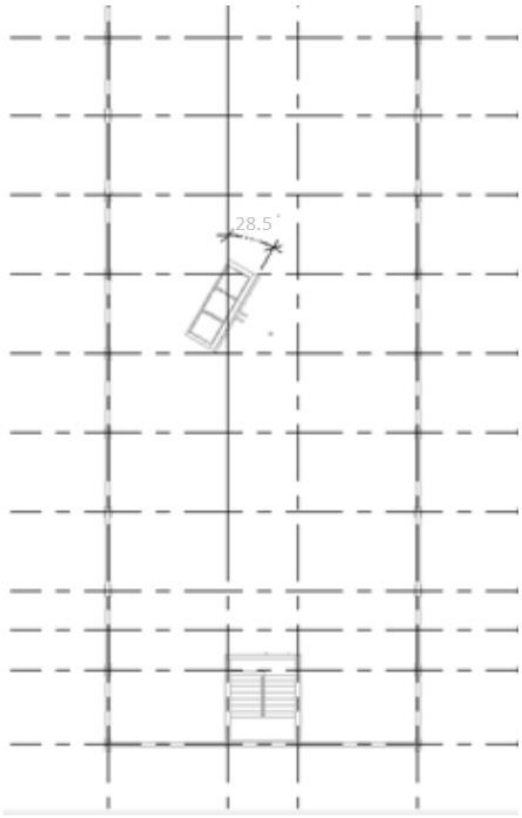
$$= 20772.03 / 500= 41.5 =42 \text{ trans}$$

٨- **تحديد الزاوية المثلى لميلان الألواح:** نقوم بتحديد اتجاه وميل الموديولات وفقاً لخط العرض في الموقع ومسار الشمس خلال فصول السنة فسنقوم بتوجيه الموديولات باتجاه

الجنوب بزاوية ميل عن الشاقول بمقدار 28.5 درجة وفقا ل global solar atlas وهذه الزاوية يمكن حسابها من العلاقة التالية:

α =(L*0.76)+3.1=(33.4833*0.76)+3.1=28.5 degree

- يبين الشكل(53) صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح توجه وزاوية تموضع الألواح الكهروضوئية .



الشكل(53):صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح توجه وزاوية تموضع الألواح الكهروضوئية.

- **ربط خطوط التغذية:**

سنقوم بتغذية المجمع من خطين (خط لتغذية الإضاءة والمصاعد والشوارع)و(خط لتغذية باقي الأحمال) ومقارنتها مع حالة التغذية بخط واحد. لذلك سنقوم بحساب إجمالي الطاقة للإنارة والمصاعد والشوارع.

- **إجمالي احتياج الطاقة للإضاءة:**

الأبنية	احتياج الطاقة(كيلو واط ساعة)
المشفى	23.9
المدرسة	35.4
مركز ثقافي	6.75
مركز طبي	13.95
كنيسة	3.5
مكتبة وكافتيريا	18.675
مركز فنون	23.5
مركز حكومي	5.25
مركز شبابي ومطاعم	58.8
مركز ترفيهي	15.9
4مركز شبابي ونشاطات مجتمعية*	7.875
مركز رياضي	15.7
فندق	4.2
بناء تجاري /اداري	58.8
استثماري/تجاري/اداري	56.1
1استثماري	21.7
جامع	4.5
2استثماري	8.4
المجموع	382.9

الجدول(6) إجمالي احتياج الطاقة للإضاءة.

- **حساب خطي التغذية:**

١- **تحديد الحمل لكل خط:** نحدد أحمال كل خط من خلال تحديد إجمالي احتياج الطاقة للأحمال.

- **الخط1:**

إجمالي احتياج الطاقة للخط 1 = احتياج الطاقة للإضاءة+ احتياج الطاقة للمصاعد+ احتياج الطاقة للشوارع

= 382.9+3840+150= 4372.9 كيلوواط ساعة يومياً.

- **الخط 2:**

إجمالي احتياج الطاقة للخط 2 = إجمالي احتياج الطاقة للأبنية - احتياج الطاقة للخط 1

= 62480.5 - 382.9= 62097.6 كيلوواط ساعة يومياً.

٢- تحديد القدرة الطلوبة لكل خط:

إن عدد الساعات الشمسية في سورية هو 5 ساعات وبالتالي:

P=E / PSH

- **الخط 1:**

P=4372.9 / 5=874.58 KW

- **الخط 2 :**

P=62097.6 / 5=12419.52 KW

وبالتالي إجمالي القدرة اليومية=874.58+12419.52=13293.58 كيلوواط.

٣- حساب عدد الألواح الكهروضوئية:

بفرض اختيار لوح باستطاعة (550W=0.55KW)

عدد الألواح المطلوبة($N_{panel\ 1}$)= القدرة اليومية المطلوبة /قدرة اللوح الواحد

- **الخط 1 :**

$N_{panel\ 1}$= 874.58 / 0.55 = 30213.8= 1590.14=1590 panel

- **الخط 2 :**

$$N_{panel\ 2}= 12419.52 / 0.55 = 30213.8=22580.9=22581\ panel$$

وبالتالي عدد الألواح الكلي = 1590 + 22581 = 24171 لوح.

٤- **تحديد المساحة المطلوبة:** عادة ما تكون أبعاد اللوح الشمسي بقدرة 550 حوالي 2 متر مربع لكل لوح وبالتالي:

المساحة الكلية المطلوبة(A) =عدد الألواح x مساحة اللوح الواحد

$$A=N_{panel} \times A_{panel}$$

$$= 24171 \times 2 = 48342\ m^2$$

٥- **نظام تخزين الطاقة(البطاريات):** لضمان توافر الطاقة خلال الليل أو الأوقات الغائمة، نحتاج إلى نظام تخزين بطارية مناسب، بفرض اختيار بطاريات تخزن 10كيلوواط ساعة:

عدد البطاريات(Nbatteries) = استهلاك الطاقة اليومي / سعة البطارية الواحدة

- **الخط 1:**

$$N_{batteries\ 1}= 4372.9 / 10 = 437.29=437\ batteries$$

- **الخط 2:**

$$N_{batteries\ 2}= 62097.6 / 10 = 6209.76 =6210\ \ batteries$$

وبالتالي عدد البطاريات الكلي=437+6210=6647 بطارية.

٦- **تحديد عدد العواكس لكل خط:** بفرض أن العواكس بقدرة 100كيلوواط.

- **الخط 1 :**

$$N_{inverter}= P/(0.95* VA_{inv})$$

=874.58 / (0.95*100)=46.03=9.2=9 inverter

- **الخط 2 :**

$$N_{inverter}= P/(0.95* VA_{inv})$$

= 12419.52 / (0.95*100)=130.7=131 inverter

وبالتالي عدد العواكس الكلي=9+131=140 عاكس.

٧- **تحديد عدد المحولات لكل خط:** بفرض أن المحولات بقدرة 500 كيلو فولط أمبير.

$$N_{trans} = P (kVA)/ P_{trans}$$

حيث:

P (kVA)= P(KW) x 1.25

Ntrans = P (kVA)/ Ptrans

- **الخط 1 :**

Ntrans = (874.58*1.25)/ 500= 2.19=2 trans

- **الخط 2:**

Ntrans = (12419.52*1.25)/ 500=31.05=31 trans

وبالتالي عدد المحولات الكلي=2+31=33 محولة .

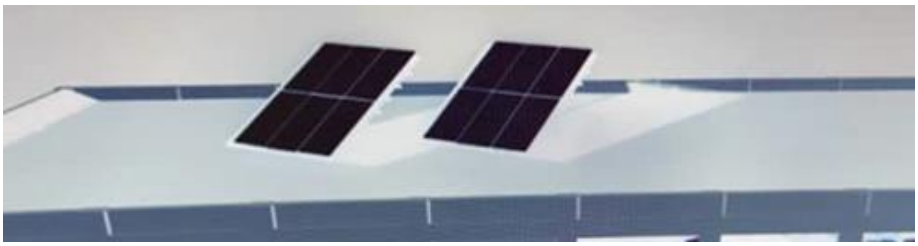
- **المقارنة في حال التغذية من خط واحد والتغذية من خطين:**

يبين الجدول(7) المقارنة في حال التغذية من خط واحد والتغذية من خطين:

	التغذية بخط	التغذية بخطين
عدد الألواح	30214	24171
المساحة اللازمة لتثبيت الألواح(متر مربع)	60428	48342
عدد البطاريات	8309	6647
عدد العواكس	175	140
عدد المحولات	42	33

الجدول(7) المقارنة في حال التغذية من خط واحد والتغذية من خطين.

من الجدول السابق نستنتج أنه بحالة التغذية من خطين نحتاج لعدد (ألواح ،بطاريات ،محولات ،عواكس) أقل من حالة التغذية بخط واحد وهذا يقلل من التكلفة الاقتصادية بالإضافة إلى توفير المساحة اللازمة لتثبيت الألواح بنسبة 80%.



الشكل(54)صورة مأخوذة من برنامج Revit توضح توضع الألواح على سطح أحد الأبنية.

٨- تقدير الطاقة المنتجة سنوياً:

لتقدير الطاقة التي ينتجها النظام يجب أن يؤخذ موقع وجود الخلايا بالحسبان مع ملاحظة أن عوامل الضياع الإفرادية تخفض من كمية الضياع النظرية المتوقعة.

$$E_{year}=P^*\mu_{Inverter}^* PSH *365= 13293.58 \text{ x } 0.978 \text{ x5 x } 365$$
$$=23727046.26 \text{ kwh/year}$$

- **الدراسة الاقتصادية :**

إن الهدف الأساسي من الحسابات الاقتصادية لأي نوع من محطات التوليد الكهربائي هو ايجاد كلفة وحدة الطاقة($/kwh) ولإيجاد هذه الكلفة ينبغي معرفة تكاليف الإنشاء(capital costs) وتكاليف التشغيل (operation costs) وتكاليف الصيانة (maintenance costs) وتكاليف التخلص من المحطة بعد انتهاء عمرها (disposal costs).

١- **تكاليف الإنشاء (capital costs) :** وهي التكاليف التأسيسية وتتراوح بين1.5و 3 دولارات للواط للمساحة المشغولة وبالتالي تكون:

تكلفة الإنشاء(A_0)= 13293.58 كيلو واط *1000* 1.5 دولار = 19940370 دولار

٢- **تكاليف الصيانة (maintenance costs):** إن هذا النظام لا يحتاج إلى وقود إضافة إلى أن عمر كامل عناصر النظام ضمن مجال عمر النظام فلا يوجد هناك عمليات تبديل كبيرة ولكنه يحتاج إلى صيانة دورية نعتبرها أنها تتراوح بين0.01 و 0.03 دولار للواط سنوياً.

تكاليف الصيانة سنوياً= 13293.58 كيلو واط* 1000* 0.02 دولار = 265871.6 دولار سنويا

٣- **تكاليف التشغيل (operation cocts):** تتراوح بين 0.005 و 0.015 دولار للواط سنوياً.

تكاليف التشغيل سنوياً = 13293.58 كيلو واط*1000 * 0.01 دولار = 132935.8 دولار سنوياً

وبالتالي تكون:

المدفوعات لكل سنة تشغيل(A_i)= تكاليف الصيانة سنوياً+ تكاليف التشغيل سنوياً

=265871.6+132935.8=398807.4 دولار سنوياً

٤- **تكاليف التخلص(disposal costs):** مهملة.

وبالتالي تكون التكاليف الكلية:

$$C_0=A_0+(A_i/\alpha)$$

حيث:

$$\alpha=[(1+i_r)-1](1+i_r)^n/(1+i_r)^n-1$$

$$=[(1+0.06)-1](1+0.06)^{20}/(1+0.06)^{20}-1=0.0871$$

α: عامل الدخل السنوي.

C_0:تكاليف الاستثمار المعجلة لسنة الإنشاء.

A_0:تكاليف الإنشاء للنظام.

A_i: المدفوعات لكل سنة تشغيل.

n : عمر النظام وهو 20 سنة.

i_r : معدل الفائدة السنوي ويساوي 6% .

وبالتالي تكون :

$$C_0=19940370+(398807.4/0.0871)=24519100.195=24.5\ \text{Million \$}$$

وتكون الكلفة السنوية الوسطية:

$$C_{year}=C_0 / n= 24.5 / 20= 1.225 \text{ Million } \$$$

وبالتالي تكون كلفة وحدة الطاقة:

$$C_E = C_{year}/ E_{year}= 1225000 / 23727046.26 = 0.051 \$/kwh$$

٥- **التوفير السنوي في تكاليف الكهرباء**: بفرض أن تكلفة الكهرباء التقليدية هي 0.10 دولار لكل كيلو واط ساعة فيكون:

التوفير السنوي =13293.58 كيلو واط *365 يوم* 0.10 دولار/ كيلو واط ساعة= 485215.67 دولار

٦- **حساب فترة الاسترجاع(Recovery Period):** من المعروف أن السعر العالمي لوحدة الطاقة هو0.10 دولار لكل كيلو واط ساعة وبالتالي تكون المبيعات خلال عام واحد:

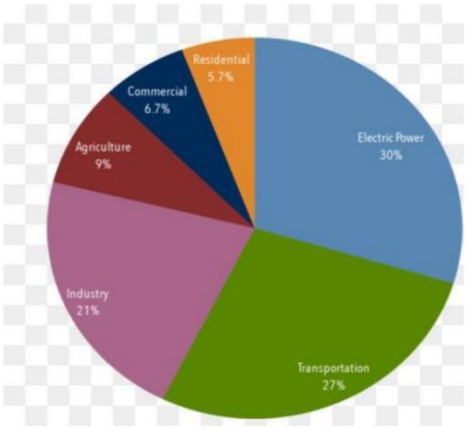
$$V_{year}=0.10*E_{year}=0.10 *23727046.26=2372704.626=2.4 \text{ Million } \$/Year$$

فتكون فترة الاسترجاع:

$$N_{Recovery}= C0 / V_{year} = 24.5/2.4=10.2 \text{ year}$$

- **الفائدة البيئية:**

كما هو معروف فإن انتاج الكهرباء بالوسائل التقليدية يعد من أكبر أسباب التلوث البيئي وتغير المناخ ووفقا للإحصائيات فان قطاع توليد الكهرباء مسؤول عن 30%من انبعاثات الغازات الدفيئة كما هو مبين في الشكل التالي:



الشكل(55): مساهمة القطاعات المختلفة في إنتاج الغازات الدفيئة.

ووفقا للدراسات فإن إنتاج 1 kwh من الكهرباء من الوسائل التقليدية ينتج 0.429 kg من ثاني اوكسيد الكربون(CO_2) وعليه فإن المحطة الكهروضوئية سوف توفر:

$$23727046.26 * 0.429 = 10178902.734\ kgCO_2$$

وبالتالي فإنها سوف توفر على مدار عمر المحطة البالغ 20 عام:

$$10178902.734 * 20 = 203578057.68 = 203578\ tonCO_2$$

العائد الاقتصادي للأثر البيئي: تم تحديد سعر عالمي لتوفير الانبعاثات وذلك تشجيعا للدول على الالتزام باتفاقيات المؤتمر وفي أخر مؤشر عالمي لأسعار تجارة الكربون فإن سعر كل 1 طن من co_2وصل الى 23 دولار وعليه فان العائد الاقتصادي من تجارة الكربون لمحطتنا المقترحة على مدار عمرها :

$$203578 * 23 = 4682294 = 4.7\ Million\ \$$$

وهذا يشكل عائداً اقتصادياً مهماً للمشروع.

الفصل الرابع: النتائج والتوصيات

ملخص الفصل:

يستعرض هذا الفصل النتائج التي تم التوصل إليها بعد الانتهاء من البحث، بالإضافة إلى تقديم بعض التوصيات.

مخطط الفصل:

- الاستنتاجات .
- التوصيات.

- **الاستنتاجات:**

١- تعد هذه المشاريع تقنية استراتيجية تساهم في تحقيق أهداف سياسة الطاقة المتمثلة ب: أمن الطاقة، مواجهة التغير المناخي وتقليل التأثيرات البيئية.

٢- إن تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية في سوريا دفع بوجوب البحث عن مصادر طاقة رديفة لتلك التقليدية الموجودة حالياً.

٣- تعتبر سوريا من الدول الجاذبة لإقامة مشاريع الطاقات متجددة حيث تتوفر في سوريا عدة مناطق مؤهلة لمثل هذه المشاريع وذات جدوى عالية.

٤- وجدنا من الدراسة الاقتصادية أن المشروع مجدي اقتصادياً حيث إن كلفة وحدة الطاقة الكهربائية المنتجة تقارب الأرقام العالمية في هذا المجال، وفترة استرداد رأس المال هي فترة تعتبر منطقية.

٥- إن الطاقة التي نحصل عليها هي طاقة نظيفة بيئياً وتساعد في التقليل من انبعاثات غازات الدفيئة والتوفير في استهلاك الوقود.

٦- انخفاض عدد (ألواح ،بطاريات ،محولات ،عواكس) المطلوبة للمنظومة عند التغذية بخطين مقارنة بالتغذية بخط واحد بنسبة 80% .

٧- انخفاض تكاليف التجهيزات الكهربائية بنسبة 80% عند التغذية بخطين كهربائيين مقارنة بالتغذية بخط واحد.

٨- انخفاض مساحة السطح اللازمة لتثبيت الألواح بنسبة 80% .

٩- ساعد استخدام النمذجة في بيئة البيم للمجمع في تسهيل الحسابات للأحمال الكهربائية المختلفة .

١٠- وفرت النمذجة في بيئة البيم إمكانية التوضع الدقيق والتوجيه الصحيح للألواح الكهروضوئية.

والنقطة الأهم هي :

١١- استخدام نظام التغذية من خطين كهربائيين يمكن أن يعزز بشكل كبير استدامة الأبنية وذلك من خلال:

١- **زيادة الموثوقية والاستمرارية** من خلال: **أ. تقليل الانقطاعات:** التغذية من خطين تقلل من احتمال انقطاع الخدمة، مما يحسن استمرارية تشغيل الأنظمة الحيوية داخل المباني، مثل أنظمة التدفئة والتبريد والإضاءة.

ب. تحسين الكفاءة التشغيلية: توزيع الحمل بين الخطين يمكن أن يساعد في تقليل الضغط على كل خط، مما يؤدي إلى تحسين كفاءة النظام الكهربائي العام وتقليل الفاقد الكهربائي.

٢- **تعزيز المرونة التشغيلية** من خلال: **أ. إدارة الطوارئ:** في حالة حدوث عطل في أحد الخطين، يمكن للخط الآخر أن يوفر الكهرباء للمبنى، مما يزيد من مرونة واستعداد المبنى لمواجهة الطوارئ.

ب. دعم التوسع المستقبلي: استخدام نظام التغذية من خطين يوفر إمكانيات أفضل لتوسيع القدرة الكهربائية للمبنى دون الحاجة إلى إعادة تهيئة النظام بالكامل.

٣- **تحسين الراحة والصحة داخل المباني** من خلال: **أ. الحفاظ على بيئة مريحة:** التغذية المستمرة للطاقة تضمن الحفاظ على درجة حرارة مناسبة وإضاءة جيدة داخل المباني، مما يعزز الراحة وصحة السكان.

ب. تقليل الضوضاء والانبعاثات: استخدام نظم أكثر كفاءة وأقل اعتمادية على الوقود الأحفوري يمكن أن يقلل من الضوضاء والانبعاثات الضارة، مما يحسن جودة الهواء داخل المباني وحولها.

حيث أن النتائج أوضحت أن الهدف من البحث قد تحقق من خلال استخدام نظام التغذية من خطين كهربائيين.

- **التوصيات:**

١- العمل على نشر ثقافة الاستدامة في الطاقة من خلال التأكيد على استخدام مصادر الطاقات البديلة المتجددة وخاصة الطاقة الكهروضوئية وتطبيقاتها وتوضيح أهميتها ودورها والفوائد التي تعود على المواطنين منها وعلى البيئة.

٢- تشجيع وتكثيف البحث العلمي في مجال الطاقات المتجددة في سورية.

٣- تدريب وتطوير الكوادر الشابة الوطنية ونشر ثقافة الطاقة المتجددة بين أبناء الجيل الجديد في المدارس والجامعات.

٤- التشجيع على القيام بمشاريع كبيرة على مستوى القطر للاستفادة منها كمصدر آخر للطاقة خاصة في الظروف الراهنة وأزمات الطاقة العالمية.

٥- ضرورة توسيع دائرة استخدام الطاقة المتجددة وعدم حصرها في انتاج الكهرباء.

٦- تقديم تسهيلات من الدولة للصناعيين وذلك لتشجيع القطاع الخاص على الاستثمار في الطاقة المتجددة وتوفير المتطلبات الأولية اللازمة لها.

٧- التأكيد على ضرورة تطوير أساليب البناء وذلك من أجل تسهيل دمج منظومات الطاقة بالمباني وذلك من أجل الوصول إلى جيل جديد من المباني تكون فيه الخلايا الكهروضوئية متكاملة مع البناء.

٨- إجراء تحليل الطاقة في المباني باستخدام برامج النمذجة الكهربائية خلال مرحلة التصميم للحصول على معلومات أكثر دقة.

٩- تطبيق دراسة مماثلة على المجمعات الخدمية الواقعة في المناطق الأخرى من البلاد و التي تكون بعيدة عن الشبكة الكهربائية.

١٠- قيام الدولة باتخاذ اجراءات صارمة ووضع إطار تشريعي للقيام بمشاريع الطاقة المتجددة.

• المراجع:

[I] Vieira, G. G., Viveiros, A., Varela, M. L. R., & Machado, J. (2015). Sustainable practices for electrical energy network management: A literature review and proposal.

[II] Karki, N. R., Karki, R., Verma, A. K., & Choi, J. (Eds.). (2017). *Sustainable Power Systems: Modelling, Simulation and Analysis*. Springer.

[III] Paniyil, P., Powar, V., Singh, R., Hennigan, B., Lule, P., Allison, M., ... & Pumputis, D. (2020). Photovoltaics-and battery-based power network as sustainable source of electric power. Energies, 13(19), 5048.

[IV] Soares, J., Canizes, B., & Vale, Z. (2021). Rethinking the distribution power network planning and operation for a sustainable smart grid and smooth interaction with electrified transportation. Energies, 14(23), 7931.

[V] D. Muberra and M. A. Reha, 'Proposing A BIM-Based Model for Buıldıng Energy Optimization', p. 4, 2021.

[VI] O. L. Ishchenko, V. I. Donenko and A. Khassan, 'The Use of BIM Achieve Zero Net Energy Building', p. 65, 2021.

[VII] B. P. Jelle and C. Breivik, 'The path to the building integrated photovoltaics of tomorrow', Energy Procedia, vol. 20, pp. 78–87, 2012.

[VIII] M. A. Omayma, M. Tamara, A. J. Abdullateef and A. B. Bhassan, 'Virtual Performance Evaluation of Net-Zero Energy Building (NZEB) Using BIM Analysis', p. 173, 2022.

[IX] بن قلوش. (٢٠١٨). الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة دراسة حالة الجزائر. *مجلة الباحث الاكاديمي في العلوم القانونية والسياسية*, (1), 01-15.

[X] نورا محمد. (٢٠٢٢). الاتجاهات الحديثة في دراسات جغرافية الطاقة المتجددة خلال المدة (٢٠١١–٢٠٢١م). *المجلة العربية للدراسات الجغرافية*, *5*(14), 1-44. & عرفات, ن. م.,

[XI] Ang, T. Z., Salem, M., Kamarol, M., Das, H. S., Nazari, M. A., & Prabaharan, N. (2022). A comprehensive study of renewable energy sources: Classifications, challenges and suggestions. *Energy Strategy Reviews*, *43*, 100939.

[XII] Asumadu-Sarkodie, S., & Owusu, P. A. (2016). A review of Ghana's energy sector national energy statistics and policy framework. *Cogent Engineering*, *3*(1), 1155274.

[XII] Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, *3*(1), 1167990.

[XIV] Nelson, V. C. (2011). *Introduction to renewable energy*. CRC press.

[XV] Maradin, D. (2021). Advantages and disadvantages of renewable energy sources utilization. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *11*(3), 176-183.

[XVI]اسماعيل. (٢٠٢١). أهمية الاستثمار في الطاقة المتجددة لتحقيق ثنائية حماية البيئة وتعويض نضوب مصادر الطاقة & ,معاش, فتحي, فرديه التقليدية.

[XVII] Herzog, A. V., Lipman, T. E., & Kammen, D. M. (2001). Renewable energy sources. *Encyclopedia of life support systems (EOLSS). Forerunner Volume-'Perspectives and overview of life support systems and sustainable development*, *76*.

[XVIII] Mohtasham, J. (2015). Renewable energies. *Energy Procedia*, *74*, 1289-1297.

[XIX] El Chaar, L., & El Zein, N. (2011). Review of photovoltaic technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, *15*(5), 2165-2175.

[XX] Awasthi, A., Shukla, A. K., SR, M. M., Dondariya, C., Shukla, K. N., Porwal, D., & Richhariya, G. (2020). Review on sun tracking technology in solar PV system. *Energy Reports*, *6*, 392-405.

[XXI] https://thesolarest.com-pv-modu

[XXII] Joshi, A., Khan, A., & Afra, S. P. (2019, March). Comparison of half cut solar cells with standard solar cells. In 2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET) (pp. 1-3). IEEE.

[XXIII] Mehrtash, M., Quesada, G., Dutil, Y., & Rousse, D. (2012). Performance evaluation of sun tracking photovoltaic systems in Canada.

[XXIV] Salim, M. S., Najim, J. M., & Salih, S. M. (2013). Practical evaluation of solar irradiance effect on PV performance. Energy Science and Technology, 6(2), 36-40.

[XXV] https://www.solareng.net/solar-power/transform-solar-energy-into-electrical-energy

[XXVI] Moharram, K. A., Abd-Elhady, M. S., Kandil, H. A., & El-Sherif, H. (2013). Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling. Ain Shams Engineering Journal, 4(4), 869-877.

[XXVII] Moharram, K. A., Abd-Elhady, M. S., Kandil, H. A., & El-Sherif, H. (2013). Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling. Ain Shams Engineering Journal, 4(4), 869-877.

[XXVIII] Quaschning, V., & Hanitsch, R. (1996). Numerical simulation of current-voltage characteristics of photovoltaic systems with shaded solar cells. Solar energy, 56(6), 513-520.

[XXIX] Zaihidee, F. M., Mekhilef, S., Seyedmahmoudian, M., & Horan, B. (2016). Dust as an unalterable deteriorative factor affecting PV panel's efficiency: Why and how. Renewable and sustainable energy reviews, 65, 1267-1278.

[XXX] https://www.mssolarpanel.com/blog/factors-affecting-the-efficiency-of-solar-panels

[XXXI] Sharma, S., Jain, K. K., & Sharma, A. (2015). Solar cells: in research and applications—a review. Materials Sciences and Applications, 6(12), 1145-1155.

[XXXII] Saga, T. (2010). Advances in crystalline silicon solar cell technology for industrial mass production. npg asia materials, 2(3), 96-102.

[XXXIII] Sharma, S., Jain, K. K., & Sharma, A. (2015). Solar cells: in research and applications—a review. Materials Sciences and Applications, 6(12), 1145-1155.

[XXXIV] Nayan, M. F., Ullah, S. S., & Saif, S. N. (2016, September). Comparative analysis of PV module efficiency for different types of silicon materials considering the effects of environmental parameters. In 2016 3rd International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT) (pp. 1-6). IEEE.

[XXXV] Tonui, P., Oseni, S. O., Sharma, G., Yan, Q., & Mola, G. T. (2018). Perovskites photovoltaic solar cells: An overview of current status. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91, 1025-1044.

[XXXVI] https://cleanpowerstore.com/blog/bifacial-solar-panels-generate-up-to-30-more-power/

[XXXVII] N. Karsten. [2021] ‘Solar paint: Is it possible’.

[XXXVIII] Yin, W. J., Yang, J. H., Kang, J., Yan, Y., & Wei, S. H. (2015). Halide perovskite materials for solar cells: a theoretical review. Journal of Materials Chemistry A, 3(17), 8926-8942.

[XXXIX] Abdelhady, S., Abd-Elhady, M. S., & Fouad, M. M. (2017). An understanding of the operation of silicon photovoltaic panels. Energy Procedia, 113, 466-475.

[XL] Acharya, P. S., & Aithal, P. S. (2020, December). A Comparative Study of MPPT and PWM Solar Charge Controllers and their Integrated System. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1712, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.

[XLI] Majaw, T., Deka, R., Roy, S., & Goswami, B. (2018). Solar charge controllers using MPPT and PWM: A review. ADBU Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE), 2(1), 1-4.

[XLII] Hamid, M. R., Rahimi, J., Chowdhury, S., & Sunny, T. M. (2016). Design and Development of a Maximum Power Point Tracking (MPPT) charge controller for Photo-Voltaic (PV) power generation system. American journal of engineering research (AJER), 5(5), 15-22.

[XLIII] Park, C. Y., Hong, S. H., Lim, S. C., Song, B. S., Park, S. W., Huh, J. H., & Kim, J. C. (2020). Inverter efficiency analysis model based on solar power estimation using solar radiation. Processes, 8(10), 1225.

[XLIV] Kolantla, D., Mikkili, S., Pendem, S. R., & Desai, A. A. (2020). Critical review on various inverter topologies for PV system architectures. IET Renewable Power Generation, 14(17), 3418-3438.

[XLV] Sivaraman, P., & Sharmeela, C. (2020). Solar micro-inverter. In Handbook of research on recent developments in electrical and mechanical engineering (pp. 283-303). IGI Global.

[XLVI] Manimekalai, P., Harikumar, R., & Raghavan, S. (2013). An overview of batteries for photovoltaic (PV) systems. International Journal of Computer Applications, 82(12).

[XLVII] https://ar.pv-feeo.com/news/solar-photovoltaic-power-generation-unveiling-71516902.html

[XLVIII] https://www.paradisesolarenergy.com/blog/grid-tied-solar-vs-off-grid-solar-systems

[XLIX] https://www.mahaurja.com/meda/en/off_grid_power/small_wind_solar_hybrid

[L] https://solarfunda.com/building-integrated-photovoltaics/

[LI] Salvo, F., Ciuna, M., De Ruggiero, M., & Marchianò, S. (2017). Economic valuation of ground mounted photovoltaic systems. Buildings, 7(2), 54.

[LII] Awan, A. B., Alghassab, M., Zubair, M., Bhatti, A. R., Uzair, M., & Abbas, G. (2020). Comparative analysis of ground-mounted vs. rooftop photovoltaic systems optimized for interrow distance between parallel arrays. Energies, 13(14), 3639.

[LIII] https://www.exaputra.com/2023/04/tengger-desert-solar-park-overview.html

[LIV] Shinde, K. D., & Mane, P. B. (2019). Augmenting rooftop solar energy penetration ratio with secondary distribution network using smart inverter for maximum power transfer capacity for subordinate grid-A review. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 41(6), 713-733.

[LV] Zheng, Z., Nakajima, A., & Masukawa, S. (2020, September). AC distribution system with small photovoltaic cells for the windows of buildings. In 2020 9th International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA) (pp. 55-60). IEEE.

[LVI] Marrou, H., Wéry, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. European Journal of Agronomy, 44, 54-66.

[LVII] https://teqnoverse.com/others/flaoting-solar-panels/

[LVIII] Ahmed, A., Ge, T., Peng, J., Yan, W. C., Tee, B. T., & You, S. (2022). Assessment of the renewable energy generation towards net-zero energy buildings: A review. Energy and Buildings, 256, 111755.

[LIX] https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainability

[LX] https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_energy

[LXI] S. Omar, A. Sonia, 'Way To BIM', Syrian International Academy, p.151, 2018.

[LXII] E. Chuck, T. Paul, S. Rafael, L. Kathleen, (2011), BIM Handbook, Second Edition, New Jersey. United States.

[LXIII] A. Sonia, S. Omar, D. Petr, E. Ashraf, 'BIM Performance Improvement Framework for Syrian AEC companies', BIM arabia, vol.1, p.441, 2018.

[LXIV] Elinwa, U. K., Radmehr, M., & Ogbeba, J. E. (2017). Alternative energy solutions using BIPV in apartment buildings of developing countries: A case study of North Cyprus. Sustainability, 9(8), 1414.

[LXV] Alnaser, W. E., Eliagoubi, B., Al-Kalak, A., Trabelsi, H., Al-Maalej, M., El-Sayed, H. M., & Alloush, M. (2004). First solar radiation atlas for the Arab world. Renewable energy, 29(7), 1085-1107.

[LXVI] https://globalsolaratlas.info

• الملحق ١:

- **المدرسة:**

لحساب الأحمال الكهربائية واحتياج الطاقة اليومية لمبنى مدرسي مكون من 5 طوابق بمساحة 708 متر مربع لكل طابق، نحتاج إلى معرفة التفاصيل الدقيقة للأجهزة الكهربائية المستخدمة وعددها وتردد استخدامها.

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 10 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 1.5 كيلوواط لكل 50 متر مربع.

٣. **أجهزة الحاسوب:** بواقع جهاز لكل 20 متر مربع، بقدرة 300 واط لكل جهاز.

٤. **أجهزة أخرى:** كالمراوح والأجهزة الكهربائية الأخرى بتقدير 2 كيلوواط لكل طابق.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 708 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 708 متر مربع × 10 واط/متر مربع = 7080 واط = 7.08 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 7.08 كيلوواط = 35.4 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 708 متر مربع ÷ 50 متر مربع/وحدة = 14.16 وحدة ≈ 14 وحدة

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 14 وحدة × 1.5 كيلوواط/وحدة = 21كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 21 كيلوواط = 105كيلوواط

٣- أجهزة الحاسوب:

- عدد الأجهزة لكل طابق = 708 متر مربع ÷ 20 متر مربع/جهاز = 35.4جهاز ≈ 35 جهاز

- الطاقة المستخدمة لأجهزة الحاسوب لكل طابق = 35 جهاز × 300 واط/جهاز = 10.5 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية لأجهزة الحاسوب = 5 طوابق × 10.5كيلوواط = 52.5كيلوواط

٤- الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 2 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5 طوابق × 2 كيلوواط = 10 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 35.4كيلوواط

- **التكييف:** 105 كيلوواط
- **أجهزة الحاسوب:** 52.5 كيلوواط
- **الأجهزة الأخرى:** 10 كيلوواط
- **الطاقة الكلية اليومية:**

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 8 ساعات يومياً، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (35.4 + 105 + 52.5 + 10) كيلوواط × 8 ساعات]

[الطاقة الكلية اليومية = 202.9 كيلوواط × 8 ساعات]

[الطاقة الكلية اليومية = 1623.2 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمبنى مدرسي مكون من 5 طوابق بمساحة 708 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 8ساعات يومياً، يقدر بحوالي 1623.2 كيلوواط-ساعة.

- **مركز ثقافي:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 15 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

٣. **الأجهزة المكتبية والترفيهية:** مثل الحواسيب، الأجهزة الصوتية، وأجهزة العرض بقدرة 2 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

- **الحسابات التقديرية:**

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 90 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 90 متر مربع × 15 واط/متر مربع = 1350 واط = 1.35 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 1.35 كيلوواط = 6.75 كيلوواط

٢-التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 90 متر مربع ÷ 20 متر مربع/وحدة = 4.5 وحدة ≈ 5 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 5 وحدات × 2 كيلوواط/وحدة = 10 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 8 كيلوواط = 50 كيلوواط

٣-الأجهزة المكتبية والترفيهية:

- مساحة الأجهزة = 30 متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة المكتبية والترفيهية لكل طابق = 90 متر مربع ÷ 30 متر مربع/2 كيلوواط = 3 وحدات × 2 كيلوواط ≈ 6كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة المكتبية والترفيهية = 5 طوابق × 6 كيلوواط = 30 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- الإضاءة: 6.75 كيلوواط

- التكييف: 50 كيلوواط

- الأجهزة المكتبية والترفيهية: 30 كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يومياً، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (6.75 + 50 + 30) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 86.75 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 1041 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمركز ثقافي مكون من 5 طوابق بمساحة 90 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 1041 كيلوواط-ساعة.

- **مركز طبي:**

١. الإضاءة: استخدام مصابيح LED بتقدير 10 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2.5 كيلوواط لكل 50 متر مربع.

٣. **الأجهزة الطبية:** افتراض أجهزة بقدرة 5 كيلوواط لكل غرفة.

٤. **الأجهزة المكتبية:** مثل الحواسيب والطابعات بقدرة 500 واط لكل 20 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 279 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 279 متر مربع × 10 واط/متر مربع = 2790 واط = 2.79 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 2.79 كيلوواط = 13.95 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 279 متر مربع ÷ 50 متر مربع/وحدة = 5.58 وحدة ≈ 6 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 6 وحدات × 2.5 كيلوواط/وحدة = 15 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق ×15 كيلوواط = 75 كيلوواط

٣- الأجهزة الطبية:

- نفترض أن كل طابق يحتوي على 10 غرف بمساحة 27.9 متر مربع لكل غرفة.

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الطبية لكل غرفة = 5 كيلوواط

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الطبية لكل طابق = 10 غرف × 5 كيلوواط/غرفة = 50 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الطبية = 5 طوابق × 50 كيلوواط = 250 كيلوواط

٤- الأجهزة المكتبية:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة المكتبية لكل طابق = 279 متر مربع ÷ 20 متر مربع/500 واط = 13.95 × 0.5 كيلوواط = 6.975 كيلوواط ≈ 7 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة المكتبية = 5 طوابق × 7 كيلوواط = 35 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 13.95 كيلوواط
- **التكييف:** 75كيلوواط
- **الأجهزة الطبية:** 250 كيلوواط
- **الأجهزة المكتبية:** 35 كيلوواط

-الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يومياً، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (13.95 + 75 + 250 + 35) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 373.95 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 4487.4 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمركز طبي مكون من 5 طوابق بمساحة 279 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة على مدار الساعة، يقدر بحوالي 4487.4 كيلوواط-ساعة.

- **كنيسة ومكتبة:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 20 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 1.5 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

٣. **الأجهزة الصوتية:** مثل مكبرات الصوت، نظام الصوتيات بقدرة 2 كيلوواط لكل طابق.

٤. **الأجهزة الأخرى:** كالمكاتب والأجهزة المكتبية بقدرة 500 واط لكل 10 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 35 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 35 متر مربع × 20 واط/متر مربع = 700 واط = 0.7 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 0.7 كيلوواط = 3.5 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 35 متر مربع ÷ 20 متر مربع/وحدة = 1.75 وحدة ≈ 2 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 2 وحدات × 1.5 كيلوواط/وحدة = 3 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 3 كيلوواط = 15 كيلوواط

٣- الأجهزة الصوتية:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الصوتية لكل طابق = 2 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الصوتية = 5 طوابق × 2 كيلوواط = 10 كيلوواط

٤- الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 35 متر مربع ÷ 10 متر مربع/500 واط = 3.5 × 0.5 كيلوواط = 1.75 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5 طوابق × 1.75 كيلوواط = 8.75 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة**: 3.5 كيلوواط

- **التكييف:** 15 كيلوواط

- **الأجهزة الصوتية:** 10 كيلوواط

- **الأجهزة الأخرى:** 8.75كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يومياً، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (3.5 + 15 + 10 + 8.75) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 37.25 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 447كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمركز ديني(كنيسة) مكون من 5 طوابق بمساحة 35 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 447 كيلوواط-ساعة.

- **مكتبة و كافتيريا:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 15 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2.5 كيلوواط لكل 40 متر مربع.

٣. **الأجهزة المكتبية:** مثل الحواسيب والطابعات بقدرة ١ كيلوواط لكل 15 متر مربع.

٤. **الأجهزة الكهربائية في الكافتيريا:** مثل الأفران، الثلاجات، وأجهزة الطهي بقدرة 5كيلوواط لكل 50 متر مربع.

٥. **الأجهزة الترفيهية**: مثل الشاشات، المعدات الصوتية، وأجهزة العرض بقدرة 2 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 249 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 249 متر مربع × 15 واط/متر مربع = 3735 واط = 3.735 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 3.735 كيلوواط = 18.675 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 249 متر مربع ÷ 40 متر مربع/وحدة = 6.225 وحدة ≈ 6 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 6 وحدات × 2.5 كيلوواط/وحدة = 15 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 15 كيلوواط = 75 كيلوواط

٣- الأجهزة المكتبية:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة المكتبية لكل طابق = 249 متر مربع ÷ 15 متر مربع/1 كيلوواط = 16.6 وحدة × 1 كيلوواط ≈ 16.6 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة المكتبية = 5 طوابق × 16.6 كيلوواط = 83 كيلوواط

٤- الأجهزة الكهربائية في الكافتيريا:

- مساحة الأجهزة الكهربائية في الكافتيريا = 50 متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الكهربائية في الكافتيريا لكل طابق = 249 متر مربع ÷ 50 متر مربع/5 كيلوواط = 4.98 وحدة × 5كيلوواط ≈ 24.9كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الكهربائية في الكافتيريا = 5 طوابق × 24.9 كيلوواط = 124.5 كيلوواط

٥- الأجهزة الترفيهية:

- مساحة الأجهزة الترفيهية = 30متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الترفيهية لكل طابق = 249 متر مربع ÷ 30 متر مربع/2 كيلوواط = 8.3وحدة × 2 كيلوواط ≈ 16.6 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الترفيهية = 5 طوابق × 16.6كيلوواط = 83 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 18.675 كيلوواط

- **التكييف:** 75كيلوواط

- **الأجهزة المكتبية:** 83 كيلوواط

- **الأجهزة الكهربائية في الكافتيريا:** 124.5 كيلوواط

- **الأجهزة الترفيهية:** 83 كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يوميًا، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (18.675 + 75 + 83+ 124.5 + 83) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 384.175كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 4605.3كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمبنى يتكون من مكتبة وكافتيريا مكون من 5 طوابق بمساحة 249 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 4605.3 كيلوواط-ساعة.

- **مركز فنون:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 20 واط لكل متر مربع.
٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2 كيلوواط لكل 30 متر مربع.
٣. **الأجهزة المكتبية:** مثل الحواسيب والطابعات بقدرة 1 كيلوواط لكل 20 متر مربع.
٤. **الأجهزة الفنية:** مثل أجهزة الصوت والإضاءة المسرحية بقدرة 5 كيلوواط لكل 50 متر مربع.
٥. **الأجهزة الترفيهية:** مثل الشاشات، المعدات الصوتية، وأجهزة العرض بقدرة 2 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 235 متر مربع
- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 235 متر مربع × 20 واط/متر مربع = 4700 واط = 4.7كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق ×4.7 كيلوواط = 23.5 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 235 متر مربع ÷ 30متر مربع/وحدة = 7.83وحدة ≈ 8 وحدات
- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = ٨ وحدات × ٢ كيلوواط/وحدة = 16 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 16 كيلوواط = 80كيلوواط

٣- الأجهزة المكتبية:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة المكتبية لكل طابق = 235 متر مربع ÷ 20 متر مربع/1 كيلوواط = 11.75 وحدة × 1 كيلوواط ≈ 11.75 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة المكتبية = 5 طوابق × 11.75 كيلوواط = 58.75 كيلوواط

٤- الأجهزة الفنية:

- مساحة الأجهزة الفنية = 50 متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الفنية لكل طابق = 235 متر مربع ÷ 50 متر مربع/5 كيلوواط = 4.7 وحدة × 5 كيلوواط ≈ 23.5 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الفنية =5 طوابق × 23.5 كيلوواط = 117.5 كيلوواط

٥- الأجهزة الترفيهية:

- مساحة الأجهزة الترفيهية = 30متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الترفيهية لكل طابق = 235 متر مربع ÷ 30 متر مربع/2 كيلوواط = 7.83 وحدة × 2 كيلوواط ≈ 15.66 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الترفيهية = 5 طوابق × 15.66 كيلوواط = 78.3 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 23.5 كيلوواط

- **التكييف:** 90 كيلوواط

- **الأجهزة المكتبية:** 58.75 كيلوواط

- **الأجهزة الفنية:** 117.5 كيلوواط

- **الأجهزة الترفيهية:** 78.3 كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يوميًا، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (23.5 + 80 + 58.75 + 117.5 + 78.3) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 358.05 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 4296.6 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمركز فنون مكون من 5 طوابق بمساحة 235 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 4296.6 كيلوواط-ساعة.

- **مركز حكومي:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 15 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

٣. **الأجهزة المكتبية**: مثل الحواسيب، الطابعات، وأجهزة الشحن بقدرة 1 كيلوواط لكل 10 متر مربع.

٤. **الأجهزة الأخرى:** كالأجهزة الصوتية والمرافق العامة بقدرة 2 كيلوواط لكل طابق.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 70 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 70 متر مربع × 15 واط/متر مربع = 1050 واط = 1.05 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 1.05 كيلوواط = 5.25 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 70 متر مربع ÷ 20 متر مربع/وحدة = 3.5وحدة ≈ 4 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 4 وحدات × 2 كيلوواط/وحدة = 8 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 8 كيلوواط = 40 كيلوواط

٣-الأجهزة المكتبية:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة المكتبية لكل طابق = 70 متر مربع ÷ 10 متر مربع/1 كيلوواط = 7 وحدات × 1 كيلوواط = 7 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة المكتبية = 5 طوابق × 7 كيلوواط = 35 كيلوواط

٤- الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 2 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5 طوابق × 2 كيلوواط = 10 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 5.25 كيلوواط
- **التكييف:** 40 كيلوواط
- **الأجهزة المكتبية:** 35 كيلوواط
- **الأجهزة الأخرى:** 10 كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يوميًا، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (5.25 + 40 + 35 + 10) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 90.25 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 1083 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمركز حكومي مكون من 5 طوابق بمساحة 70 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 1083 كيلوواط-ساعة.

- **مركز شبابي ومطاعم:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 20 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2.5 كيلوواط لكل 50 متر مربع.

٣. **الأجهزة الكهربائية في المطاعم:** مثل الأفران، الثلاجات، وأجهزة الطهي بقدرة 8 كيلوواط لكل 50 متر مربع.

٤. **الأجهزة الترفيهية:** مثل الحواسيب، الشاشات، والمعدات الصوتية بقدرة 3 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

-الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 588 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 588 متر مربع × 20 واط/متر مربع = 11760 واط = 11.76 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 11.76 كيلوواط = 58.8كيلوواط

٢-التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 588 متر مربع ÷ 50 متر مربع/وحدة = 11.76 وحدة ≈ 12 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 12 وحدات × 2.5 كيلوواط/وحدة = 30 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 30 كيلوواط = 150 كيلوواط

٣- الأجهزة الكهربائية في المطاعم:

- مساحة الأجهزة الكهربائية في المطاعم = 50 متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الكهربائية في المطاعم لكل طابق = 588 متر مربع ÷ 50 متر مربع/8كيلوواط = 11.76 وحدة × 8كيلوواط ≈ 94.08 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الكهربائية في المطاعم = 5 طوابق × 94.08 كيلوواط = 470.4 كيلوواط

٤- الأجهزة الترفيهية:

- مساحة الأجهزة الترفيهية = 30متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الترفيهية لكل طابق = 588 متر مربع ÷ 30 متر مربع/3 كيلوواط = 19.6 وحدة × 3 كيلوواط ≈ 58.8 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الترفيهية = 5 طوابق × 58.8 كيلوواط = 294 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 58.8 كيلوواط

- **التكييف:** 150 كيلوواط

- **الأجهزة الكهربائية في المطاعم:** 470.4 كيلوواط
- **الأجهزة الترفيهية:** 294 كيلوواط
- **الطاقة الكلية اليومية:**

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يومياً، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (58.8 + 150 + 470.4 + 294) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 973.2 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 11678.4 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمركز شبابي ومطاعم مكون من 5 طوابق بمساحة 588 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 11678.4 كيلوواط-ساعة.

- **مركز ترفيهي:**

لحساب الأحمال الكهربائية واحتياج الطاقة اليومية لمبنى ترفيهي مكون من 5 طوابق بمساحة 212 متر مربع لكل طابق، مثل قاعات السينما، الصالات الرياضية، المطاعم، والمناطق المشتركة.

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 15 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2 كيلوواط لكل 40 متر مربع.

٣. **الأجهزة الترفيهية:** مثل أجهزة السينما، معدات الألعاب، والشاشات الكبيرة بقدرة 5 كيلوواط لكل 50متر مربع.

٤. **الأجهزة الأخرى:** كأجهزة الحاسوب والأجهزة المكتبية بقدرة 1 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

- **الحسابات التقديرية:**

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 212 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 212 متر مربع × 15 واط/متر مربع = 3180 واط = 3.18 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 3.18كيلوواط = 15.9 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 212 متر مربع ÷ 40 متر مربع/وحدة = 5.3وحدة ≈ 5 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 5 وحدات × 2 كيلوواط/وحدة = 10 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 10 كيلوواط = 50 كيلوواط

٣- الأجهزة الترفيهية:

- مساحة الأجهزة الترفيهية = 50 متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الترفيهية لكل طابق = 212 متر مربع ÷ 50 متر مربع/5 كيلوواط = 4.24 وحدة × 5 كيلوواط ≈ 21.2 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الترفيهية = 5 طوابق × 21.2 كيلوواط = 106كيلوواط

٤- الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 212 متر مربع ÷ 20 متر مربع/1 كيلوواط = 10.6 كيلوواط ≈ 11 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5 طوابق × 11 كيلوواط = 55 كيلوواط

-الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 15.9 كيلوواط

- **التكييف:** 50كيلوواط

- **الأجهزة الترفيهية:** 106 كيلوواط

- **الأجهزة الأخرى:** 55 كيلوواط

- **الطاقة الكلية اليومية:**

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يوميًا، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (15.9 + 50 + 106 + 55) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 226.9 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 2722.8 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمبنى ترفيهي مكون من 5 طوابق بمساحة 212 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يوميًا، يقدر بحوالي 2722.8 كيلوواط-ساعة.

- **مركز شبابي و نشاطات مجتمعية*4:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 15 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

٣. **الأجهزة المكتبية:** مثل الحواسيب والطابعات بقدرة 1 كيلوواط لكل15 متر مربع.

٤. **الأجهزة الكهربائية في المرافق التجارية:** مثل الأفران، الثلاجات، وأجهزة الطهي بقدرة 5 كيلوواط لكل 50 متر مربع.

٥. **الأجهزة الترفيهية:** مثل الشاشات، المعدات الصوتية، وأجهزة العرض بقدرة 2 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 105 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 105 متر مربع × 15 واط/متر مربع = 1575 واط = 1.575 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 1.575 كيلوواط = 7.875 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 105متر مربع ÷ 30 متر مربع/وحدة = 3.5 وحدة ≈ 4 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 4 وحدات × 2 كيلوواط/وحدة = 8 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 8 كيلوواط = 40 كيلوواط

٣- الأجهزة المكتبية:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة المكتبية لكل طابق = 105 متر مربع ÷ 15 متر مربع/1 كيلوواط = 7 وحدات × 1 كيلوواط = 7 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة المكتبية = 5 طوابق × 7 كيلوواط = 35 كيلوواط

٤- الأجهزة الكهربائية في المرافق التجارية:

- مساحة الأجهزة الكهربائية في المرافق التجارية = 50 متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الكهربائية في المرافق التجارية لكل طابق = 105 متر مربع ÷ 50 متر مربع/5 كيلوواط = 2.1 وحدة × 5 كيلوواط ≈ 10.5 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الكهربائية في المرافق التجارية = 5 طوابق × 10.5 كيلوواط = 52.5 كيلوواط

٥- الأجهزة الترفيهية:

- مساحة الأجهزة الترفيهية = 30 متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الترفيهية لكل طابق = 105 متر مربع ÷ 30 متر مربع/2 كيلوواط = 3.5 وحدة × 2 كيلوواط ≈7 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الترفيهية = 5 طوابق × 7 كيلوواط = 35 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 7.875كيلوواط

- **التكييف:**40كيلوواط

- **الأجهزة المكتبية:** 35 كيلوواط

- **الأجهزة الكهربائية في المرافق التجارية:** 52.5 كيلوواط

- **الأجهزة الترفيهية:** 35كيلوواط

- **الطاقة الكلية اليومية:**

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يومياً، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (7.875+ 40 + 35+ 52.5 +35) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 170.375 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 2044.5 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمركز شبابي ومطاعم مكون من 5 طوابق بمساحة 105 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 2044.5 كيلوواط-ساعة.

ولدينا ٤ مراكز شبابية وبالتالي الاحتياج اليومي للطاقة للمراكز الأربعة يقدر بحوالي

[2044.5 × 4 = 8178 كيلوواط-ساعة]

- **مركز رياضي:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 20 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 2 كيلوواط لكل 50 متر مربع.

٣. **الأجهزة الرياضية:** أجهزة مثل المطاحن والدراجات الثابتة بقدرة 3 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

٤. **الأجهزة الأخرى:** كالحواسيب والمكاتب بقدرة 1 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 157 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 157 متر مربع × 20 واط/متر مربع = 3140 واط = 3.14 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 3.14 كيلوواط =15.7 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 157 متر مربع ÷ 50 متر مربع/وحدة = 3.14 وحدة ≈ 3 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 3 وحدات × 2 كيلوواط/وحدة = 6 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 6كيلوواط = 30 كيلوواط

٣- الأجهزة الرياضية:

- مساحة الأجهزة الرياضية = 30 متر مربع لكل وحدة

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الرياضية لكل طابق = 157 متر مربع ÷ 30 متر مربع/3 كيلوواط = 5.23وحدة × 3 كيلوواط ≈ 15.7 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الرياضية = 5 طوابق × 15.7 كيلوواط = 78.5 كيلوواط

٤-الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 157 متر مربع ÷ 20 متر مربع/1 كيلوواط = 7.85 كيلوواط ≈ 8كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5 طوابق × 8 كيلوواط = 40 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 15.7 كيلوواط

- **التكييف:** 30 كيلوواط

- **الأجهزة الرياضية:** 78.5كيلوواط

- الأجهزة الأخرى: 40 كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يوميًا، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (15.7 + 30+ ٧٨,٥ + 40) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 164.2 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 1970.4 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمركز رياضي مكون من 5 طوابق بمساحة 157 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 1970.4 كيلوواط-ساعة.

- **فندق:**

١. الإضاءة: استخدام مصابيح LED بتقدير 15 واط لكل متر مربع.

٢. التكييف: استخدام وحدات تكييف بقدرة 2 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

٣. الأجهزة الكهربائية في الغرف: مثل أجهزة التلفاز، الثلاجات، وأجهزة الشحن بقدرة 2 كيلوواط لكل غرفة.

٤. المرافق الأخرى: مثل المكاتب، المطبخ، والمرافق العامة بقدرة 3 كيلوواط لكل طابق.

-الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 56 متر مربع
- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 56 متر مربع × 15 واط/متر مربع = 840 واط = 0.84 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 0.84 كيلوواط = 4.2 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 56 متر مربع ÷ 20 متر مربع/وحدة = 2.8 وحدة ≈ 3 وحدات
- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 3 وحدات × 2كيلوواط/وحدة = 6 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 6 كيلوواط = 30كيلوواط

٣- الأجهزة الكهربائية في الغرف:

- نفترض أن كل طابق يحتوي على 4 غرف بمساحة 14 متر مربع لكل غرفة.
- الطاقة المستخدمة للأجهزة الكهربائية لكل غرفة = 2 كيلوواط

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الكهربائية لكل طابق = 4 غرف × 2 كيلوواط/غرفة = 8كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الكهربائية في الغرف = 5 طوابق × 8 كيلوواط = 40 كيلوواط

٤- المرافق الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للمرافق الأخرى لكل طابق = 3 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للمرافق الأخرى = 5 طوابق × 3 كيلوواط = 15 كيلوواط

- **الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:**

- **الإضاءة:** 4.2 كيلوواط

- **التكييف:** 30 كيلوواط

- **الأجهزة الكهربائية في الغرف**: 40 كيلوواط

- **المرافق الأخرى:** 15 كيلوواط

- **الطاقة الكلية اليومية:**

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 24 ساعة يوميًا، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (4.2 + 30 + 40 + 15) كيلوواط × 24 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 89.2كيلوواط × 24 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 2140.8 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لفندق مكون من 5 طوابق بمساحة 56 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة ٢٤ ساعة يومياً، يقدر بحوالي 2140.8كيلوواط-ساعة.

- **بناء تجاري و إداري:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 20 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 1.5 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

٣. **الأجهزة المكتبية:** أجهزة مثل الحواسيب والطابعات بواقع جهاز لكل 20 متر مربع، بقدرة 200 واط لكل جهاز.

٤. الأجهزة الأخرى: مثل أجهزة العرض والشاشات بقدرة 1 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 588متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 588 متر مربع × 20 واط/متر مربع = 11760 واط = 11.76 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 11.76 كيلوواط = 58.8 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 588 متر مربع ÷ 30 متر مربع/وحدة = 19.6 وحدة ≈ 20 وحدة

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 20 وحدة × 1.5 كيلوواط/وحدة = 30 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 30 كيلوواط = 150كيلوواط

٣- الأجهزة المكتبية:

- عدد الأجهزة لكل طابق = 588متر مربع ÷ 20 متر مربع/جهاز = 29.4 جهاز ≈ 29 جهاز

- الطاقة المستخدمة لأجهزة الحاسوب لكل طابق = 29 جهاز × 200 واط/جهاز = 5.8 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية لأجهزة الحاسوب = 5 طوابق × 5.8 كيلوواط = 29 كيلوواط

٤- الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 1 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5 طوابق × 1 كيلوواط = 5 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 58.8 كيلوواط

- **التكييف:** 150 كيلوواط

- **الأجهزة المكتبية:** 29 كيلوواط

- **الأجهزة الأخرى:** 5 كيلوواط

- **الطاقة الكلية اليومية:**

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يوميًا، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (58.8 + 150 + 29 + 5) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 242.8 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 2913.6 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لبناء تجاري وإداري مكون من 5 طوابق بمساحة 588 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 2913.6 كيلوواط-ساعة.

- **بناء استثماري/تجاري/إداري:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 20 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 1.5 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

٣. **الأجهزة المكتبية:** أجهزة مثل الحواسيب والطابعات بواقع جهاز لكل 20 متر مربع، بقدرة 200 واط لكل جهاز.

٤. **الأجهزة الأخرى:** مثل أجهزة العرض والشاشات بقدرة 1 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

- **الحسابات التقديرية:**

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = متر 561مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 561 متر مربع × 20 واط/متر مربع = 11220 واط = 11.22 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 11.22 كيلوواط = 56.1 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 561 متر مربع ÷ 30 متر مربع/وحدة = 18.7 وحدة ≈ 19 وحدة

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 19 وحدة × 1.5 كيلوواط/وحدة = 28.5كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 28.5كيلوواط = 142.5كيلوواط

٣- الأجهزة المكتبية:

- عدد الأجهزة لكل طابق = 561متر مربع ÷ 20 متر مربع/جهاز = 28.05 جهاز ≈ 28 جهاز

- الطاقة المستخدمة لأجهزة الحاسوب لكل طابق = 28 جهاز × 200 واط/جهاز = 5.6 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية لأجهزة الحاسوب = 5 طوابق × 5.6 كيلوواط = 28 كيلوواط

٤- الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 1 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5 طوابق × 1 كيلوواط = 5 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 56.1 كيلوواط

- **التكييف:** 142.5 كيلوواط

- **الأجهزة المكتبية:** 28 كيلوواط

- **الأجهزة الأخرى:** 5 كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل ١٢ ساعة يومياً، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (56.1 + 142.5 + 28 + 5) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 231.6 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 2779.2 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لبناء استثماري/تجاري/إداري مكون من 5 طوابق بمساحة 561 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 2779.2 كيلوواط-ساعة.

- **بناء استثماري1:**

١. الإضاءة: استخدام مصابيح LED بتقدير 20 واط لكل متر مربع.

٢. التكييف: استخدام وحدات تكييف بقدرة 1.5 كيلوواط لكل 30 متر مربع.

٣. الأجهزة المكتبية: أجهزة مثل الحواسيب والطابعات بواقع جهاز لكل 20 متر مربع، بقدرة 200 واط لكل جهاز.

٤. الأجهزة الأخرى: مثل أجهزة العرض والشاشات بقدرة 1 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 217 متر مربع
- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 217 متر مربع × 20 واط/متر مربع =4340واط = 4.34 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 4.34 كيلوواط = 21.7كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 217 متر مربع ÷ 30 متر مربع/وحدة = 7.2وحدة ≈ 7 وحدة
- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 7 وحدة × 1.5 كيلوواط/وحدة = 10.5كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 10.5كيلوواط = 52.5كيلوواط

٣- الأجهزة المكتبية:

- عدد الأجهزة لكل طابق = 217متر مربع ÷ 20 متر مربع/جهاز = 10.85 جهاز ≈ 11 جهاز

- الطاقة المستخدمة لأجهزة الحاسوب لكل طابق = 11 جهاز × 200 واط/جهاز = 2.2 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية لأجهزة الحاسوب = 5 طوابق × 2.2 كيلوواط =11 كيلوواط

٤- الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 1 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5 طوابق × 1 كيلوواط = 5 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 21.7 كيلوواط

- **التكييف:** 52.5 كيلوواط

- **الأجهزة المكتبية:** 11 كيلوواط

- **الأجهزة الأخرى:** 5 كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يوميًا، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (21.7+ 52.5 + 11 +5) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 90.2كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 1082.4 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لبناء استثماري مكون من 5 طوابق بمساحة 217 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 1082.4 كيلوواط-ساعة.

- **مركز ديني(جامع):**

١. **الإضاءة**: استخدام مصابيح LED بتقدير 20 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 1.5 كيلوواط لكل 20 متر مربع.

٣. الأجهزة الصوتية: مثل مكبرات الصوت، نظام الصوتيات بقدرة 2 كيلوواط لكل طابق.

٤. الأجهزة الأخرى: كالمكاتب والأجهزة المكتبية بقدرة 500 واط لكل 10 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 45 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 45 متر مربع × 20 واط/متر مربع = 900واط = 0.9 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 0.9 كيلوواط = 4.5 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 45 متر مربع ÷ 20 متر مربع/وحدة = 2.25 وحدة ≈ 2 وحدات

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 2 وحدات × 1.5 كيلوواط/وحدة = 3 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5 طوابق × 3 كيلوواط = 15 كيلوواط

٣- الأجهزة الصوتية:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الصوتية لكل طابق = 2 كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الصوتية = 5 طوابق × 2 كيلوواط = 10 كيلوواط

٤- الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 45 متر مربع ÷ 10 متر مربع/500 واط = 4.5 × 0.5 كيلوواط = 2.25كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5 طوابق × 2.25 كيلوواط = 11.25 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- الإضاءة: 4.5 كيلوواط

- التكييف: 15 كيلوواط

- الأجهزة الصوتية: 10 كيلوواط

- الأجهزة الأخرى: 11.25كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يومياً، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (4.5 + 15 + 10 + 11.25) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 40.75 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 489 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لمركز ديني(جامع) مكون من 5 طوابق بمساحة 45 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 489 كيلوواط-ساعة.

- **بناء استثماري2:**

١. **الإضاءة:** استخدام مصابيح LED بتقدير 20 واط لكل متر مربع.

٢. **التكييف:** استخدام وحدات تكييف بقدرة 1.5 كيلوواط لكل 30متر مربع.

٣. **الأجهزة المكتبية:** أجهزة مثل الحواسيب والطابعات بواقع جهاز لكل 20 متر مربع، بقدرة 200 واط لكل جهاز.

٤. **الأجهزة الأخرى:** مثل أجهزة العرض والشاشات بقدرة 1 كيلوواط لكل20 متر مربع.

- الحسابات التقديرية:

١- الإضاءة:

- مساحة الطابق الواحد = 84 متر مربع

- الطاقة المستخدمة للإضاءة = 84متر مربع × 20 واط/متر مربع = 1680 واط = 1.68كيلوواط

- الطاقة الإجمالية للإضاءة = 5 طوابق × 1.68 كيلوواط = 8.4 كيلوواط

٢- التكييف:

- عدد وحدات التكييف لكل طابق = 84 متر مربع ÷ 30 متر مربع/وحدة = 2.8وحدة ≈ 3 وحدة

- الطاقة المستخدمة للتكييف لكل طابق = 3 وحدة × 1.5 كيلوواط/وحدة = 4.5 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للتكييف = 5طوابق × 4.5 كيلوواط = 22.5كيلوواط

٣- الأجهزة المكتبية:

- عدد الأجهزة لكل طابق = 84متر مربع ÷ 20 متر مربع/جهاز = 4.2 جهاز ≈ 4 جهاز
- الطاقة المستخدمة لأجهزة الحاسوب لكل طابق = 4 جهاز × 200 واط/جهاز = 0.8 كيلوواط
- الطاقة الإجمالية لأجهزة الحاسوب = 5 طوابق × 0.8 كيلوواط = 4 كيلوواط

٤- الأجهزة الأخرى:

- الطاقة المستخدمة للأجهزة الأخرى لكل طابق = 1كيلوواط
- الطاقة الإجمالية للأجهزة الأخرى = 5طوابق × 1 كيلوواط = 5 كيلوواط

- الاحتياج الكلي للطاقة يومياً:

- **الإضاءة:** 8.4كيلوواط
- **التكييف:** 22.5كيلوواط
- **الأجهزة المكتبية:** 4 كيلوواط
- **الأجهزة الأخرى:** 5كيلوواط

- الطاقة الكلية اليومية:

- الطاقة الكلية في اليوم الواحد = مجموع الطاقات × ساعات التشغيل اليومية

إذا افترضنا أن جميع الأجهزة تعمل بمعدل 12 ساعة يوميًا، فإن:

[الطاقة الكلية اليومية = (8.4+ 22.5 + 4 + 5) كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 39.9 كيلوواط × 12 ساعة]

[الطاقة الكلية اليومية = 478.8 كيلوواط-ساعة]

إذن، الاحتياج اليومي للطاقة لبناء استثماري مكون من 5 طوابق بمساحة 84 متر مربع لكل طابق، بافتراض تشغيل الأجهزة لمدة 12 ساعة يومياً، يقدر بحوالي 478.8 كيلوواط-ساعة.

• الملحق ٢:

- **المدرسة:** تحتاج إلى :١- مصاعد للطلاب والمعلمين(2 مصاعد).

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد لنقل المعدات أو الطوارئ).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من 2إلى 3مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 8ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 8ساعة=40كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=40×3=120كيلوواط ساعة يومياً

- **مركز ثقافي:** يحتاج إلى :١- مصعد رئيسي للزوار .

٢- مصعد للخدمات .

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من 2مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×2=120كيلوواط ساعة يومياً

- **مركز طبي:** يحتاج إلى :١- مصاعد للمرضى والزوار (2مصاعد).

٢- مصاعد للموظفين والمعدات (مصعد واحد),

٣- مصاعد للطوارئ (مصعد واحد) وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من4مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×4=240كيلوواط ساعة يومياً

- **كنيسة ومكتبة**: يحتاج إلى :١- مصعد رئيسي للزوار .

٢- مصعد للخدمات. وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد 2مصعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×2=120كيلوواط ساعة يومياً

- **مكتبه وكافتيريا:** يحتاج إلى :١- مصاعد للزوار (1 إلى 2 مصاعد).

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد),

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من 2إلى 3 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية:12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×3=180كيلوواط ساعة يومياً

- **مركز فنون:** يحتاج إلى :١- مصاعد رئيسي للزوار (1 إلى 2 مصاعد).

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد),

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من 2إلى 3 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .
- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .
- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط ×12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×3=180كيلوواط ساعة يومياً

- **مركز حكومي :** يحتاج إلى :١- مصعد رئيسي للزوار والموظفين.

٢- مصعد للخدمات .

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من2 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .
- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .
- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×2=120كيلوواط ساعة يومياً

- **مركز شبابي ومطاعم:** يحتاج إلى :١- مصاعد رئيسية للزوار (2 إلى 3 مصاعد).

٢- مصاعد للخدمات(مصعد واحد),

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من 3إلى4 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×4=240كيلوواط ساعة يومياً

- **مركز ترفيهي:** يحتاج إلى :١- مصاعد رئيسي للزوار (1 إلى 2 مصاعد).

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من 2إلى 3 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×3=180كيلوواط ساعة يومياً

- **مركز شبابي ونشاطات مجتمعية*4 :** يحتاج إلى :١- مصعد رئيسي للزوار .

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من 2مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×2=120كيلوواط ساعة يومياً

ولدينا ٤ مراكز وبالتالي إجمالي استهلاك الطاقة للمراكز الأربعة =120 × 4= 480كيلوواط ساعة يومياً

- **مركز رياضي:** يحتاج إلى :١- مصاعد رئيسي للزوار والرياضيين .

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من2 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×2=120كيلوواط ساعة يومياً

- **فندق:** يحتاج إلى :١- مصعد رئيسي للنزلاء .

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد 2 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 24ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 24ساعة=120كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=120×2=240كيلوواط ساعة يومياً

- **بناء تجاري وإداري:** يحتاج إلى :١- مصاعد رئيسية للزوار والموظفين(من2إلى 3مصاعد).

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد من 3إلى 4مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×4=240كيلوواط ساعة يومياً

- **استثماري/تجاري/اداري:** يحتاج إلى :١- مصاعد رئيسي للمستخدمين(من 2إلى3مصعد) .

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد (من 3إلى 4 مصاعد).

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×4=240كيلوواط ساعة يومياً

- **استثماري1:** يحتاج إلى :١- مصاعد رئيسية للمستخدمين(من1إلى 2مصعد) .

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد 3 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×3=180كيلوواط ساعة يومياً

- **مركز ديني(جامع):** يحتاج إلى :١- مصعد رئيسي للمصلين .

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد 2 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية

=5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×2=120كيلوواط ساعة يومياً

- **استثماري2:** يحتاج إلى :١- مصعد رئيسي للمستخدمين .

٢- مصاعد للخدمات (مصعد واحد).

وبالتالي الاحتياجات الاجمالية للمصاعد 2 مصاعد.

- قدرة المصعد: 5كيلو واط .

- مدة التشغيل اليومية: 12ساعة .

- حساب استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد =قدرة المصعد × مدة التشغيل اليومية =5كيلوواط × 12ساعة=60كيلوواط ساعة

- إجمالي استهلاك الطاقة اليومية للمصاعد =استهلاك الطاقة اليومي للمصعد الواحد× عدد المصاعد

=60×2=120كيلوواط ساعة يومياً.