الجامعـــــــة الإســـلاميـة – غـزة

شئون البحث العلمي والدراسات العليا

كليـــة الهندسة

ماجستير هندسة معمارية

The Islamic University–Gaza

Research and Postgraduate Affairs

Faculty of Engineering

Master of Architecture

الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى وأثرها على التصميم المعماري للمباني العامة

(مباني المدارس في قطاع غزة كحالة دراسية)

Building-integrated Photovoltaic and their Impact on Public Buildings Envelope Design

(School Buildings in the Gaza Strip as a Case Study

إِعدَادُ البَاحِثَة

عبير سليم محمد فليفل

إِشرَافُ

الأستاذ الدُكتُور/ عمر سعيد عصفور

قُدمَ هَذا البحثُ اِستِكمَالاً لِمُتَطلباتِ الحُصولِ عَلى دَرَجَةِ الْمَاجِستِيرِ

فِي الهندسة المعمارية بِكُليةِ الهندسة فِي الْجَامِعَةِ الإِسلامِيةِ بِغَزة

ربيع الآخر/1439هـ، ديسمبر/2017م

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

إقـــــرار

أنا الموقع أدناه مقدم الرسالة التي تحمل العنوان:

الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى وأثرها على التصميم المعماري للمباني العامة

(مباني المدارس في قطاع غزة كحالة دراسية)

Building-integrated Photovoltaic and their Impact on Public Buildings Envelope Design

(School Buildings in the Gaza Strip as a Case Study)

أقر بأن ما اشتملت عليه هذه الرسالة إنما هو نتاج جهدي الخاص، باستثناء ما تمت الإشارة إليه حيثما ورد، وأن هذه الرسالة ككل أو أي جزء منها لم يقدم من قبل الآخرين لنيل درجة أو لقب علمي أو بحثي لدى أي مؤسسة تعليمية أو بحثية أخرى. وأن حقوق النشر محفوظة للجامعة الإسلامية غزة –فلسطين

Declaration

I hereby certify that this submission is the result of my own work, except where otherwise acknowledged, and that this thesis (or any part of it) has not been submitted for a higher degree or quantification to any other university or institution. All copyrights are reserves toIslamic University – Gaza strip paiestine

Student's name:	عبير سليم محمد فليفل	اسم الطالب:
Signature:	عبير سليم محمد فليفل	التوقيع:
Date:	2018/01/10	التاريخ:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

بسم الله الرحمن الرحيم

الجامعة الإسلامية غزة
The Islamic University of Gaza

عمادة البحث العلمي والدراسات العليا هاتف داخلي 1150

الرقم: ج س غ/35/ Ref:

التاريخ: 2017/12/27 Date:

نتيجة الحكم على أطروحة ماجستير

بناءً على عمادة البحث العلمي والدراسات العليا بالجامعة الإسلامية بغزة على تشكيل لجنة الحكم على أطروحة الباحثة/ **عبير سليم محمد فليفل** لنيل درجة الماجستير في **كلية *الهندسة*** **قسم الهندسة المعمارية** وموضوعها:

الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى وأثرها على التصميم المعماري للمباني العامة ـ مباني المدارس في قطاع غزة كحالة دراسية

Building-integrated Photovoltaics and their Impact on Public Buildings Envelope Design (School Buildings in the Gaza Strip as a Case Study)

وبعد المناقشة التي تمت اليوم السبت 09 ربيع الثاني 1439هـ، الموافق 2017/12/30م الساعة العاشرة صباحاً، اجتمعت لجنة الحكم على الأطروحة والمكونة من:

أ.د. عمر سعيد عصفور	مشرفاً و رئيساً	.....
أ.د. محمد علي الكحلوت	مناقشاً داخلياً	.....
د. حسام الدين محمد داود	مناقشاً خارجياً	.....

وبعد المداولة أوصت اللجنة بمنح الباحثة درجة الماجستير في **كلية *الهندسة*/ قسم الهندسة المعمارية.**

واللجنة إذ تمنحها هذه الدرجة فإنها توصيها بتقوى الله ولزوم طاعته وأن تسخر علمها في خدمة دينها ووطنها.

والله ولي التوفيق،،،

عميد البحث العلمي والدراسات العليا

أ.د. مازن اسماعيل هنية

الملخص

أدى التطور التكنولوجي إلي زيادة الوسائل التعليمية المعتمدة على الكهرباء وقطاع غزة بالتحديد يعاني من مشكلة النقص في التيار الكهربائي اللازم لمدارسه حيث تتأثر العملية التعليمية سلبا نتيجة لذلك، لذا فإن استخدام الخلايا الكهروضوئية في هذه المباني يمكن أن يعيد إليها الحيوية والنشاط نظرا لما سيوفره من الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل مرافقها، كما أنه ينسجم مع التوجهات الدولية الخاصة باستخدام مصادر الطاقة المتجددة في المباني بأنواعها المختلفة لخلق مباني خضراء مستدامة، وبذلك تتمثل المشكلة البحثية في البحث عن السبل التي من شأنها أن تزيد من كفاءة المباني العامة خاصة المدارس في استغلال الطاقة الشمسية عن طريق استخدام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى.

لذا تهدف هذه الدراسة إلى الوصول إلى حلول تصميمية يتم من خلالها دمج الخلايا الكهروضوئية مع غلاف المباني العامة لتوليد الكهرباء واستخدامها في تشغيل المبنى المدرسي في قطاع غزة من خلال اتباع المنهج الوصفي التحليلي ولتحقيق ذلك سيتم دراسة الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى، والاحتياجات التصميمية والتخطيطية الخاصة بمباني المدارس المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة، ودراسة واقع الطاقة وأثرها على تشغيل مباني المدارس في قطاع غزة، والتطرق لحالات دراسية عالمية مشابهة للخلايا المتكاملة مع المبنى ومن ثم اقتراح عدة حلول تصميمية لكيفية تكامل الخلايا الكهروضوئية مع تصميم المدارس، واستخدام النمذجة المحوسبة لتقييم عدد من بدائل تصميمية من خلال دراسة الإشعاع الشمسي الساقط على عناصر غلاف المبنى وفق المعطيات المناخية الخاصة بمدينة فلسطينية مشابهة لمناخ قطاع غزة (يافا)، مع مراعاة أشكال وتوجيهات مختلفة للمبنى المدرسي. وقد توصلت الدراسة إلى الدور الفعال للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع عناصر المبنى المدرسي وتفاصيله المعمارية من واجهات، وكاسرات، وتغطيات أسقف في توفير الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المبنى المدرسي مع تحقيق تناغم وتناسق مع التشكيل المعماري للمبنى، وتوصي الدراسة بضرورة تبني الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع المباني خاصة المدارس، والمباني العامة القائمة والجديدة للوصول إلى مبان خضراء مستدامة ذات تشكيل معماري متميز.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Abstract

The technological development has led to the increase of educational means that depends on electricity supply. In the Gaza Strip, there is currently an ongoing electricity supply shortage which negatively affects the operation of schools. Thus, the use of PV cells in these buildings is expected to overcome this problem and enhance the educational process. Furthermore, it is consistent with the international trends related to the use of renewable energy sources in buildings of different types in order to create green sustainable buildings, thus the research problem investigates the ways to increase the efficiency of public buildings, especially schools to increase the efficiency of public buildings in using solar energy by using Building-Integrated photovoltaic .

The study aims to reach design solutions through which photovoltaic are integrated with the envelope of public buildings to generate electricity and use it in the operation of the school building in the Gaza Strip by following the descriptive analytical approach. In this context, the study reviewed the technical aspects of these systems and their planning and design needs in school buildings related to energy. The study also highlighted the reality of energy sector in Gaza and its impact on the operation of school buildings. The study then proposed several design solutions to integrate photovoltaic cells with the design of schools, and used the computerized modeling to examine them. This has been done through studying the incident solar radiation on different elements of the building envelope according to the climatic data of a similar Palestinian city to Gaza (Jaffa). This has been done taking into account different forms and orientations of the school building,. The study concluded that there is an effective role of PV cells integrated with the school building elements including facades, shading devices, and sheds in providing the electrical energy necessary to operate the examined school buildings, BIPV systems in this regard provide the required power in a way that improves the architectural form. The study recommends the need to adopt BIPV systems in existing and new school buildings, in addition to other types of public buildings to promote the concepts of sustainable and green buildings with a distinctive architectural form.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الإهداء

إلى **أمي** بصمت، لأن صمت الكلمات أبلغ أمام فيض فضلها

إلى **أبي** الذي أطعمنا الحنطة واكتوى بنار الحياة وعذاباتها

إلى أختي "**هيا**" ، إلى من أكون معها أنا وبدونها مثل أي شيء

إلى أخواني "**محمد وأسامة وحسين**" ، الشموع التي تنير لي الطريق دوما

إلى عمتي العزيزة "**عايدة**"

إلى أصدقائي ورفقاء دربي

إلى كل من وقف على ناصية حلمه، وقاتل

لهم جميعا أهدي هذا الجهد المتواضع سائلة الله العلي القدير أن ينفعنا به ويمدنا بتوفيقه

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكر وتقدير

أشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لي إنجاز هذا العمل بفضله، فله الحمد أولا وآخرا.

ثم أشكر أولئك الأخيار الذين مدوا لي يد المساعدة خلال هذه الفترة، وفي مقدمتهم أستاذي المشرف على الرسالة الأستاذ الدكتور/**عمر سعيد عصفور** الذي لم يدخر جهدا في مساعدتي، ومتابعته المستمرة، وعلى ما منحني إياه من علم غزير وإرشاد متواصل، حتى خرجت هذه الرسالة بصورتها الحالية.

كما أتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى أساتذتي أعضاء لجنة المناقشة الدكتور/**محمد الكحلوت** والدكتور/**حسام الدين داود** لفضلهما بمناقشة هذه الرسالة، وتقديم الملاحظات والإثراء لتخرج في أبهى صورة.

وأتقدم بالشكر إلى من قدموا لي المساعدات والتسهيلات والمعلومات، وأخص بالذكر موظفي وزارة التربية والتعليم.

كما لا يفوتني أن أشكر كل من ساندني ودعمني على الاستمرار في رسالتي، وإنهاء بحثي.

فلهم مني كل الشكر والتقدير

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

فهرس المحتويات

ملخص الرسالة باللغة العربية.....أ

Abstract.....ب

الإهداء.....ت

شكر وتقدير.....ث

فهرس المحتويات.....ج

فهرس الجداول.....ذ

فهرس الأشكال.....ر

قائمة الاختصارات.....ص

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة.....1

1.1 المقدمة.....2

2.1 المشكلة البحثية.....3

3.1 أهمية الدراسة.....4

4.1 أهداف الدراسة.....5

5.1 مصادر الدراسة.....6

6.1 حدود الدراسة.....6

7.1 منهجية الدراسة.....6

8.1 الدراسات السابقة.....8

9.1 هيكلية الدراسة.....12

الفصل الثاني: الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني.....14

1.2 المقدمة.....15

2.2 الخلايا الكهروضوئية مفهومها ونظمها وأنواعها.....16

1.2.2 مفهوم الخلايا الكهروضوئية.....16

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

2.2.2 نبذة عن تاريخ الخلايا الكهروضوئية 16
3.2.2 مكونات نظام الخلايا الكهروضوئية 18
4.2.2 أنواع الخلايا الكهروضوئية 21
5.2.2 أنواع الأنظمة الكهروضوئية 24
3.2 الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى "BIPV"..... 25
1.3.2 مفهوم الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى..... 25
2.3.2 نبذة عن تاريخ الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى 26
3.3.2 مكونات نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى 26
4.3.2 مميزات استخدام نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى 26
5.3.2 عيوب نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى..... 27
4.2 العوامل المؤثرة على كفاءة نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة في المباني 28
5.2 أساليب تكامل الخلايا الكهروضوئية مع المباني 31
1.5.2 طرق دمج الخلايا الكهروضوئية في المباني 32
2.5.2 أشكال تكامل أنظمة الخلايا الكهروضوئية في المباني 32
6.2 الخلاصة 43
الفصل الثالث: واقع الطاقة في قطاع غزة وأثرها على أداء المباني المدرسية 44
1.3 المقدمة..... 45
2.3 نبذة عن قطاع غزة..... 45
1.2.3 الموقع الجغرافي 46
2.2.3 عدد السكان..... 47
3.3 واقع قطاع التعليم في قطاع غزة 47
1.3.3 نظرة عامة على المدارس في قطاع غزة إحصائيا 48
2.3.3 الأنماط الشكلية السائدة لمباني المدارس الحكومية في قطاع غزة 51

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4.3 الاحتياجات التخطيطية والتصميمية لمباني المدارس في قطاع غزة المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة 57

5.3 واقع الطاقة الكهربائية في قطاع غزة وأثرها على أداء المباني المدرسية 60

1.5.3 الطاقة الكهربائية وأزمتها في قطاع غزة 61

2.5.3 البدائل المطروحة للتخفيف من أزمة الطاقة الكهربائية في قطاع غزة 62

3.5.3 الطاقة الكهربائية وأثرها على العملية التعليمية في مباني المدارس الحكومية في قطاع غزة 65

4.5.3 مشاريع توليد الطاقة الكهربائية من الخلايا الكهروضوئية في مباني المدارس الحكومية في قطاع غزة 66

5.5.3 الحاجة للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي في قطاع غزة 70

6.3 الخلاصة 71

الفصل الرابع: حالات دراسية للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني المدرسية الخضراء 72

1.4 المقدمة 73

2.4 نبذة عن المدارس الخضراء 73

1.2.4 مفهوم المدارس الخضراء 73

2.2.4 مواصفات المدارس الخضراء 75

3.4 حالات دراسية لاستخدام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المدارس الخضراء 77

1.3.4 مدرسة "أنيمو ليدرشب" الثانوية "Ánimo Leadership High School" 78

2.3.4 مدرسة "ويستبوروغ " الابتدائية "Westborough Primary School" 82

3.3.4 حضانة ومدرسة "كاثلين غريم" الابتدائية "The Kathleen Grimm School" .. 86

4.4 الخلاصة 92

الفصل الخامس: تقييم أداء الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي باستخدام التمثيل المحوسب 94

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1.5 المقدمة 5

2.5 التمثيل المحوسب باستخدام برنامج الإيكوتكت "Ecotect" 95

1.2.5 التمثيل المحوسب 96

2.2.5 برنامج الإيكوتكت "Ecotect" 96

3.2.5 التحليل الشبكي "Analysis Grid" 97

3.5 التحليل الكمي لبدائل تصميمية مختلفة للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي 101

1.3.5 تحديد المتغيرات المستقلة والتابعة للدراسة 102

2.3.5 حساب أحمال الكهرباء لنموذج مدرسة ذات فترة دوام واحدة 103

3.3.5 عملية النمذجة باستخدام البرنامج 104

4.5 تقييم أداء الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي للحالات الأربع لكل نموذج 115

5.5 الجدوى الاقتصادية لاستخدام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي 125

6.5 الخلاصة 126

الفصل السادس: النتائج والتوصيات 128

1.6 المقدمة 129

2.6 النتائج 129

3.6 التوصيات 132

المصادر والمراجع 136

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

فهرس الجداول

جدول (3.1): أعداد المدارس والأبنية حسب الجهة المشرفة 48

جدول (3.2): فترات الدوام المختلفة للمدارس حسب الجهة المشرفة 50

جدول (3.3): أعداد الطلبة والعاملين والشعب وحجم المدرسة والكثافة الصفية حسب الجهة المشرفة 51

جدول (3.4): اجمالي استهلاك الكهرباء في مباني قطاع غزة حسب وظيفتها 64

جدول (3.5): مشروع تزويد 14 مدرسة حكومية بالخلايا الكهروضوئية في قطاع غزة 68

جدول (5.1): الأحمال الكهربائية المتوقعة للمدرسة خلال يوم واحد خلال فصلي الصيف والشتاء 104

جدول (5.2): الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في المدرسة على شكل L بتوجيهات مختلفة خلال فصلي الصيف والشتاء 116

جدول (5.3): الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في المدرسة على شكل H بتوجيهات مختلفة خلال فصلي الصيف والشتاء 118

جدول (5.4): مجموع الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية من كل نموذج مدرسة خلال فصلي الصيف والشتاء 120

جدول (5.5): الطاقة الكهربائية الناتجة من مدرسة L من الوحدات المركبة على السقف والوحدات المدمجة مع غلاف المبنى خلال فصلي الصيف والشتاء 123

جدول (5.6): الطاقة الكهربائية الناتجة من مدرسة H من الوحدات المركبة على السقف والوحدات المدمجة مع غلاف المبنى خلال فصلي الصيف والشتاء 123

جدول (5.7): الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات المدمجة مع الكاسرات الرأسية 125

جدول (5.8): تكلفة انشاء نظام كهروضوئي متكامل مع المبنى لتغطية 19.4 كيلوواط.. 126

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

فهرس الأشكال

شكل (1.1): المراحل الثلاث لمنهجية الدراسة 7

شكل (1.2): الفصول الستة في الدراسة 13

شكل (2.1): كيفية انتاج الخلايا الكهروضوئية للتيار الكهربائي..... 18

شكل (2.2): مكونات اللوح الكهروضوئي..... 19

شكل (2.3): مكونات النظام الكهروضوئي 21

شكل (2.4): أشكال بعض الخلايا الكهروضوئية..... 23

شكل (2.5): واجهات من خلايا كهروضوئية شفافة وملونة 24

شكل (2.6): أثر التهوية على فعالية نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى وكفاءتها 30

شكل (2.7): أثر تعرض الخلايا الكهروضوئية للظلال على كفاءة عملها 31

شكل (2.8): الأشكال المختلفة لتكامل أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف 36

شكل (2.9): الأشكال المختلفة لتكامل أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الواجهات 39

شكل (2.10): تأثير درجة شفافية الوحدات الكهروضوئية على كفاءة عملها 40

شكل (2.11): استخدام الزجاج الكهروضوئي بدلا من الزجاج العادي للفتحات في مبنى الموسيقى في استراليا 40

شكل (2.12): استخدام الوحدات الكهروضوئية ككاسرات شمس كما في مركز شايدجر في السويد 41

شكل (2.13): استخدام الوحدات الكهروضوئية كمظلات للتراسات والبلكونات..... 42

شكل (2.14): استخدام الوحدات الكهروضوئية في درابزين التراسات والبلكونات..... 42

شكل (3.1): خريطة فلسطين توضح الموقع الجغرافي لقطاع غزة وأهم مدنه ومعابره 46

شكل (3.2): توزيع المدارس الحكومية في قطاع غزة 49

شكل (3.3): مدرسة حكومية على شكل حرف L..... 53

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل (3.4): مدرسة حكومية على شكل حرف U..... 54

شكل (3.5): بعض النماذج للمدارس الحكومية الحديثة التي تم تصميمها وتنفيذها من عام 2013- 2017 بالتعاون مع البنك الألماني للتنمية 56

شكل (3.6): المصادر المتاحة حاليا للكهرباء في قطاع غزة 62

شكل (3.7): نماذج لبعض الوحدات الكهروضوئية المركبة على أسقف المباني في قطاع غزة 65

شكل (3.8): أول مشروع لتركيب خلايا كهروضوئية على أسطح مدرسة حسن الآغا لتوليد الكهرباء لكافة مرافق المدرسة 67

شكل (3.9): أحد مشاريع الإغاثة الاسلامية، مدرسة سعاد الصباح التي إنشاؤها عام 2017 وتم تزويدها بوحدات كهروضوئية على سطحها..... 69

شكل (4.1): المساقط الأفقية للمدرسة موضحا توجيهها وعناصرها 79

شكل (4.2): كتل المبنى المدرسي واحتضانها للفناء الداخلي 80

شكل (4.3): تكامل التصميم الفعال والسلبي في مبنى المدرسة 80

شكل (4.4): تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الواجهة الجنوبية للمدرسة 81

شكل (4.5): الموقع العام للمدرسة وتم تحديد الجزء الذي تم تجديده 84

شكل (4.6): دمج الخلايا الكهروضوئية في مظلات الممر بين الصفوف 85

شكل (4.7): الخلايا الكهروضوئية الشبه شفافة توفر الظلال للطلبة للتنقل واللعب في الممرات 86

شكل (4.8): الألواح الخرسانية المكونة لحوائط مبنى المدرسة 87

شكل (4.9): فتحات الأسقف وفتحات النوافذ الكبيرة تسمح بتغلغل ضوء النهار إلى فراغات المدرسة الداخلية 88

شكل (4.10): الاعتماد على الآبار الحرارية والوحدات السخان الشمسي للتدفئة، واستغلال الطاقة الشمسية من خلال الوحدات الكهروضوئية المدمجة مع غلاف المبنى 89

شكل (4.11): دمج الخلايا الكهروضوئية مع غلاف المبنى الخارجي في الواجهة الجنوبية والسقف وسقف موقف السيارات 90

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل (4.12): كمية الطاقة الناتجة من كل مجموعة من الألواح الكهروضوئية حسب موقعها في غلاف المبنى 92

شكل (5.1): قائمة Control panels وخيار Analysis grid الذي على شكل شبكة زرقاء 98

شكل (5.2): مجموعة Grid settings والخيارات التي تشملها 99

شكل (5.3): مجموعة Date and scale والخيارات التي تشملها 99

شكل (5.4): مجموعة Slice position..... 100

شكل (5.5): مجموعة Hidden node لإظهار وإخفاء العقد 101

شكل (5.6): مجموعة Calculations لتحديد نوع التحليل المراد اجرائه 101

شكل (5.7): صفحة 3D Editor على يسار البرنامج مع شريط أدوات الرسم التابع لها 107

شكل (5.8): نموذج مدرسة شكل حرف L على اليمين، وشكل H على اليسار بعد انشائهما على البرنامج بالاستعانة بشريط أدوات 3D Editor 107

شكل (5.9): الوحدات الكهروضوئية المركبة والمدمجة مع غلاف المبنى على كل واجهة من مدرسة حرف L..... 108

شكل (5.10): الوحدات الكهروضوئية المركبة والمدمجة مع غلاف المبنى على كل واجهة من مدرسة حرف H..... 109

شكل (5.11): تحديد وضبط اتجاه الشمال للنموذج المنشأ من خلال صفحة Project . 110

شكل (5.12): من طرق تحميل ملف المناخ للنموذج المنشأ في بيئة الإيكوتكت..... 110

شكل (5.13): ضبط اعدادات قائمة Analysis grid 111

شكل (5.14): تناسب حجم شبكة التحليل مع السطح المحدد حسب نوعه من الاستواء والمحورية، الشكل بالأعلى العنصر المحدد مائل المستوى ويستعان ب 3D from fit لتناسب الحجم، أما الشكل السفلي لسطح رأسي فهو ذو محور رأسي ويتناسب الحجم معه من خلال Around ومحور XZ..... 112

شكل (5.15): مجموعة خيارات Calculations للوصول للتحليل الصحيح حسب الدراسة 113

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل (5.16): معدل الإشعاع الشمسي خلال ساعات تواجد الشمس خلال أحد أيام الصيف والشتاء 114

شكل (5.17): قيمة الإشعاع الشمسي لسقف الدرج خلال الأول من يوليو تظهر على أسفل يسار الشاشة 115

شكل (5.18): الطاقة الكهربائية الناتجة من البدائل التصميمية المختلفة للخلايا الكهروضوئية المركبة والمدمجة مع مباني المدارس على شكل L و H في فصلي الصيف والشتاء 122

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قائمة الاختصارات

BIPV	Building-integrated photovoltaic (الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة)
CEFPI	Council of Educational Facility Planners International (مجلس مخططي المرافق التعليمية)
KW	Kilowatt (كيلوواط ، وحدة التعبير عن القدرة)
KWH	Kilowatt hour (كيلوواط ساعة، وحدة التعبير عن الطاقة)
KWP	Kilowatt peak (كيلوواط ذروة، وحدة تعبير عن أكبر قدر من الطاقة المنتجة في ظل ظروف مثالية)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصـل الأول

الإطار العام للدراسة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الأول

الإطار العام للدراسة

1.1 المقدمة

أصبح التوجه العالمي يتبنى مفهوم المباني الخضراء واستخدام الطاقات المتجددة بعد كثرة المشكلات التي تعرضت لها البيئة منذ عصر الثورة الصناعية والزيادة المطردة في حجم المشكلات البيئية أهمها الاحتباس الحراري والتلوث والاضطرابات في النظم البيئية.
وبما أن قطاع المباني يستهلك أكثر من 40٪ من إجمالي الطاقة و24٪ من الانبعاث العالمية من ثاني أكسيد الكربون، فأصبح استخدام الطاقة الشمسية في المباني ذو أهمية حاسمة للتقليل من استهلاك الطاقة المعتمدة على الوقود الأحفوري والحد من آثار الاحتباس الحراري والتكاليف البيئية المرتبطة به (Howe, 2010).
وفي هذا الصدد، هناك حاجة ملحة لاكتساب المهندسين المعماريين الكفاءات في هذا المجال للحد من الآثار الشاملة للبيئة المبنية على صحة الإنسان والبيئة الطبيعية وتحقيق توازن بين المحيط الحيوي وساكني المبنى، حيث يتم تصميم وتنفيذ هذه المباني ضمن المناخ المحلي التي تقام فيه، ويكون استهلاك الموارد خاصة الطاقة فيها أقل بكثير من مثيلاتها من المباني التقليدية، فهذه المباني تتميز بقدرتها على الحفاظ على الطاقة واستغلال الطاقة الشمسية والاعتماد على التهوية والإنارة الطبيعية في تخفيف استهلاك الطاقة وتقليل التلوث البيئي الناتج عنها وبذلك إمكانية تحقيق عمارة مستدامة متكاملة بيئيا وإنشائيا ووظيفيا باستخدام هذه الطاقات المتجددة (Pour, 2010).

لقد أدت العوامل البيئية والاقتصادية والسياسية الصعبة في قطاع غزة إلى تنامي الاهتمام بالاستغلال الأمثل للطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء في مختلف المباني بدلا من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية التي لا تلبي احتياجات القطاع بسبب الحصار بأنواعه من قبل الاحتلال الإسرائيلي فكافّة نواحي الحياة أصبحت تعتمد على الطاقة الكهربائية وبشكل كبير من أجل تشغيلها، بما فيها الحياة التعليمية ومن هنا برزت أهمية هذه الطاقة. وأصدرت وزارة الإعلام الفلسطيني في بداية عام 2016 بالتعاون مع شركة توزيع الكهرباء في القطاع أرقام وحقائق عن أزمة الكهرباء في القطاع، فاحتياجه للكهرباء حوالي 450 ميغاواط حتى يعمل مدة 24 ساعة، والمتوفر186ميغاواط حيث توفر خطوط الاحتلال الإسرائيلي 120 ميغاواط،

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

والخطوط المصرية 20 ميغاواط، ومحطة توليد الكهرباء 46 ميغاواط (وزارة الإعلام الفلسطيني،2016 م).

ويعتبر الإشعاع الشمسي من أهم موارد الطاقة التي يمكن استغلالها عن طريق استخدام الخلايا الكهروضوئية وإدماجها مع المباني، وأدى تطور تقنيات هذه الخلايا إلى وجود مرونة في استخداماتها بحيث يمكن تركيبها في المباني القائمة أو خلال عمليات البناء، ويمكن ان تركب على الأسقف أو ضمن واجهات المبنى من نوافذ أو حوائط وحتى مثل مظلات أو ضمن مواد البناء، حيث تتميز بإمكانية استخدام الطاقة الناتجة عنها في الإنارة بمختلف أنواعها، وفي منظومات الاتصالات اللاسلكية، وضخ المياه، وتغذية شبكات الكهرباء (بلحاج، الشامس، ومحمد، 2003م) و(Basnet, 2012)، والجدير بالذكر أن مناخ منطقة البحر المتوسط في فصل الصيف خاصة حار وجاف يستقبل إشعاع شمسي يمكن تسخيره لإنتاج الطاقة اللازمة لتشغيل المبنى(Salem &Kinab, 2015)، وبما أن قطاع غزة يقع ضمن مناخ البحر الأبيض المتوسط فإمكانية استغلال الإشعاع الشمسي في مبانيها خاصة مباني المدارس تعود بالفائدة.

لذا فإن تصميم أي مبنى وتنفيذه ينبغي أن يستمد من معطيات البيئة الطبيعية ويتكامل معها دون إهدار في مواردها أو إخلال بوظيفة المبنى، وأن يحافظ على صحة وسلامة المستخدمين وفي الوقت نفسه يحافظ على استدامة عناصر البيئة المحيطة مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير المناخ المحلي على المبنى بشكل ايجابي خاصة من ناحية اختيار مواد البناء وتكسية الواجهات وتوجيه الفتحات وفق مصادر الطاقة كالشمس والرياح، حيث إن التكامل الجيد مع البيئة يزيد من مستوى الراحة لشاغريه وعلى وجه الخصوص في مباني المدارس يرفع من مستوى التحصيل العلمي للطالب(Ozmehmet,2005).

2.1 المشكلة البحثية

تكتسب الطاقة الكهربائية دورا هاما في تفاصيل الحياة اليومية واستمرارها وكونها المحرك الرئيسي لكل ما يتفاعل الإنسان معه، ومع أزمة انقطاع التيار الكهربائي والوقود في القطاع طالت هذه الأزمة المسيرة التعليمية وأثرت سلبا على سيرها حيث تعتمد أنشطتها على الكهرباء في ظل التطور التكنولوجي الذي دخل في المناهج التعليمية والتجهيزات الصفية، وبما أن مباني المدارس تمثل بيئة خصبة لتطبيق مفاهيم البناء الأخضر لما تتسم به من بساطة التصميم من ناحية فنية، وللدور التربوي الذي تقوم به، حيث يساهم تطبيق مبادئ العمارة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الخضراء في مباني المدارس في تنمية الوعي لدى الطلبة بأهمية تلك المبادئ، إن المشكلة البحثية تتمثل في البحث في السبل التي من شأنها أن تزيد من كفاءة المباني العامة خاصة المدارس في استغلال الطاقة الشمسية عن طريق استخدام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى سواء في الأسقف أو الواجهات أو أي عنصر معماري خارجي كالمظلات وبذلك تقديم نموذج لمباني خضراء مستدامة تتحدى الظروف الصعبة التي يمر بها قطاع غزة، ويتفرع من المشكلة البحثية عدد من الأسئلة التي تطرحها الدراسة كما يلي:

1- ما هي الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى "BIPV" ومميزاتها وعيوبها؟
2- ما هي العوامل التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار خلال مراحل التصميم المعماري لتحقيق أعلى قيمة ممكنة لنظام "BIPV"؟
3- كيف يمكن أن تتكامل الخلايا الكهروضوئية مع غلاف المبنى "أشكال التكامل"؟
4- ما هو واقع قطاع الطاقة في غزة وما أهميته وتأثيره على قطاع التعليم؟
5- ما هي المباني المدرسية الخضراء وما هي مواصفاتها؟
6- ما هي أفضل التشكيلات المعمارية للمبنى لإضافة الخلايا الكهروضوئية على مكونات غلاف المباني العامة خاصة المدارس في قطاع غزة؟

3.1 أهمية الدراسة

مع تزايد الاهتمام العالمي بالطاقات المتجددة عموما والطاقة الشمسية خصوصا ومحاولة توفير تقنيات لاستغلال الطاقة الشمسية بقدر مساو أو مقارب لحجم الطاقة المستهلكة، فقد أصبح من الشائع تحويل المباني من منشآت مستهلكة للطاقة إلى مبان منتجة لها معتمدة في ذلك على الشمس باعتبارها مصدرا متجددا للطاقة ولاسيما إن كان هناك عوائق سياسية واقتصادية تحد من استخدام طاقات الوقود الأحفوري كما هو في قطاع غزة، ويواجه القطاع من أزمة انقطاع الكهرباء حيث أوضح مطر مدير التربية والتعليم غرب غزة سابقا أن الانقطاع أثر بشكل كبير على المسيرة التعليمية من حيث إنارة الفصول وتوقف بعض الأنشطة المدرسية المعتمدة على الكهرباء مثل حصص المختبرات العلمية، والحاسوب، وانعكاس ذلك على مستوى التحصيل العلمي للطلبة(وكالة معا الإخبارية، 2013م)، لذا تأتي هذه الدراسة البحثية لتسليط الضوء على تطوير مباني خضراء تولد الطاقة اللازمة لتشغيلها بنفسها بواسطة استخدام الخلايا الكهروضوئية كجزء من غلافها وبشكل يثري التصميم المعماري لتلك المدارس، مع إبراز حقيقة الآثار الايجابية من الناحية البيئية والاقتصادية التي يمكن تحقيقها من ذلك بما يحقق على

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المدى البعيد بيئة عمرانية مستدامة وصديقة للبيئة، وهذا قد يساعد الجهات المعنية وأصحاب القرار على اتخاذ الإجراءات المناسبة لتطوير مبان متكاملة البناء مع الخلايا الكهروضوئية ما قد يساعد على حل المشكلة الحالية والمستقبلية، ويساهم في بناء الوعي المجتمعي بأهمية تطبيق مبادئ العمارة الخضراء في المباني.

4.1 أهداف الدراسة

الهدف الرئيسي من الدراسة هو الوصول إلى حلول تصميمية يتم من خلالها دمج الخلايا الكهروضوئية مع غلاف المباني العامة خاصة المدارس لتوليد الكهرباء واستخدامها في تشغيل المبنى، وذلك بالاستفادة من أهم المعطيات البيئية وهي الإشعاع الشمسي.

وبشكل تفصيلي تسعى الدراسة لتحقيق الأهداف التالية:

- التعرف على مفهوم الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى "BIPV" وعلى العوامل المؤثرة على كفاءة عملها، والمتطلبات الرئيسية الواجب أخذها بالاعتبار لدى تطبيق هذه التكنولوجيا في مختلف المباني العامة.
- دراسة واقع المدارس الحكومية في قطاع غزة واحتياجاتها للطاقة.
- دراسة تحليلية لعدة حالات دراسية للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني المدرسية الخضراء
- الوصول إلى بدائل تصميمية مناسبة للتشكيلات المعمارية في مباني المدارس عن طريق تقييم أدائها لاستغلال التكنولوجيا الحديثة (الخلايا الكهروضوئية) لإدماج البعد البيئي في القرارات التصميمية لمعطيات شاملة لمرحلة التصميم والتنفيذ، وتشغيلها بأساليب وتقنيات متطورة بعد تحليلها عن طريق المحاكاة المحوسبة، وتقديم توصيات تصميمية في هذا الصدد
- توفير مرجع بحثي للجهات المعنية في تصميم الأبنية المدرسية الخضراء ضمن أسس ومعايير عالمية في البناء المدرسي الأخضر وتوفير دليل مرجعي سريع للمهندسين المعماريين والإنشائيين حول تكنولوجيا الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى وخصائصها الرئيسية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5.1 مصادر الدراسة

سيتم الاعتماد على عدد من المراجع العربية والأجنبية، بالإضافة إلى المراجع الالكترونية، بشكل عام تشمل مصادر المعلومات ما يلي:

- المصادر الثانوية: وتشمل تلك البيانات والمعلومات الواردة في الكتب، والمراجع، والدراسات، والأبحاث والرسائل الجامعية والتقارير الرسمية وشبه الرسمية والمواقع الإلكترونية المعتمدة حول الموضوع.
- المصادر الأولية: وتشمل المعلومات والبيانات والنتائج التي سيتم جمعها وإعدادها من خلال المسح الميداني والمشاهدات ونتائج المحاكاة المحوسبة للمباني المتكاملة مع الخلايا الكهروضوئية كجزء من غلافها. وكذلك استطلاعات الآراء من خلال المقابلات الشخصية مع ذوي الاختصاص من صناع القرار والعاملين في مجال تركيب الخلايا الكهروضوئية في المؤسسات بقطاع غزة.

6.1 حدود الدراسة

-الحدود المكانية: مباني المدارس في قطاع غزة.

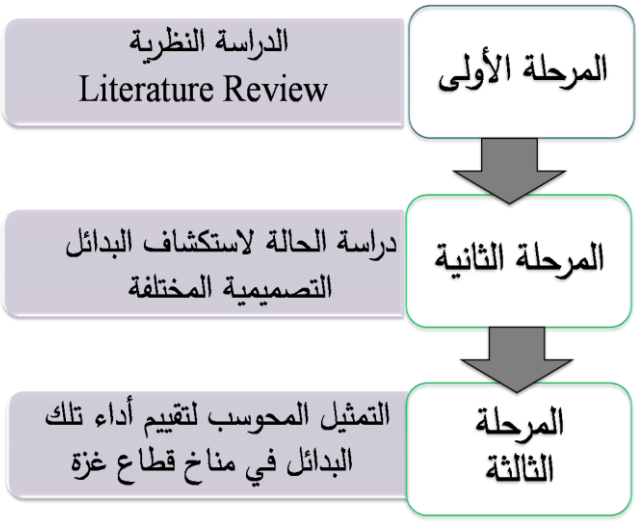
-الحدود الزمانية :المعلومات ذات العلاقة منذ عام 1994 وحتى عام2017 تاريخ إعداد الدراسة.

7.1 منهجية الدراسة

البحث من حيث طبيعته هو بحث تطبيقي يهدف إلى التوصل لحل المشكلة القائمة التي تتعلق بنقص التيار الكهربائي عن طريق دمج الخلايا الكهروضوئية مع غلاف المبنى لتحقيق منفعة بيئية وجمالية.

ستعتمد الدراسة بشكل أساسي على المنهج الوصفي التحليلي من خلال دراسة مشكلة نقص الطاقة في غزة، ومن ثم استخدام المباني كجزء من الحل، وذلك بدراسة الحلول التصميمية الممكنة لاستخدام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى في مباني المدارس، وسيتم في هذا السياق تقييم تلك الحلول باستخدام التحليل الكمي المحوسب، ومن ثم دراسة النتائج وتحليلها ومقارنة البدائل المختلفة، يوضح الشكل التالي (1.1) المراحل المختلفة لمنهجية الدراسة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (1.1): المراحل الثلاث لمنهجية الدراسة

المرحلة الأولى: الدراسة النظرية

سيتم التعرض إلى المفاهيم والأسس والنماذج لما يتعلق بموضوع الدراسة (الخلايا الكهروضوئية، ونظام BIPV، والمدارس الخضراء).

المرحلة الثانية: دراسة الحالة

تشمل توفير قاعدة بيانات لنظام BIPV ودراسة وصفية للمدارس في قطاع غزة من حيث عدد الطلبة والغرف الصفية والتطور التصميمي من حيث الأنماط والتصميم المعماري، بالإضافة إلى المعايير التخطيطية والتصميمية المعتمدة في وزارة التربية والتعليم، والتطرق إلى واقع الطاقة في المدارس وأثرها على العملية التعليمية، وأخيرا التطرق لدراسة عدد من الحالات العالمية لمدارس خضراء وتطبق نظام BIPV .

المرحلة الثالثة: التحليل الكمي المقارن (التمثيل المحوسب Simulation)

يشمل التحليل الكمي لعدد من البدائل التصميمية لمبنى مدرسي باستخدام التمثيل المحوسب كأداة بحثية ومعرفة أفضل البدائل وتأثيرها على المبنى والبيئة والمستخدم من خلال برنامج المحاكاة (Ecotect) بعد مقارنتها. ووضع بعض المقترحات لبعض الأسس والمعايير التصميمية الممكن تطبيقها للوصول لأعلى كفاءة من استغلال الطاقة الشمسية بواسطة الخلايا الكهروضوئية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

8.1 الدراسات السابقة

تعتبر الدراسات السابقة أساسا ينبغي توافره ليكون بمثابة نقطة البداية لأي دراسة سواء كانت نظرية أو تطبيقية وقد تمت الاستفادة من الدراسات والأبحاث المتعلقة بموضوع الدراسة ومن أهمها:

1.8.1 دراسة بعنوان: "أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري" (الجادري، وسليم، 2010م):

يهدف البحث إلى توفير معرفة شاملة حول طبيعة المعالجات التي من الممكن أن يتبعها المصمم عند توظيف المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في قشرة المبنى، والتعرف على أساليب التكامل المعماري مع المنظومات الشمسية، وكيفية الاستفادة منها في تعزيز القبول الشكلي للنتاج المعماري النهائي، وذلك بفرض: أن المنظومات الشمسية تحمل إمكانات تؤهلها من ان يكون لها تأثير في هيئة المبنى عند توظيفها كمواد إنهاء خارجية، وبهذا اتجه البحث الى المنهج التحليلي في دراسة المكونات الأساسية للمنظومات الشمسية وأساليب تكاملها مع النتاج المعماري باعتبارها وحدات إنهاء خارجية، بالإضافة إلى دراسة مواقع تركيبها في الشكل المعماري ومستوياتها الشكلية للتكامل. تم التوصل إلى ضرورة إجراء الموازنة بين الجانب الشكلي للمباني وتوفير الطاقة المنتجة من المنظومات، علاوة على ضرورة تحقيق التوافق الايجابي للأنظمة الذاتية والفعالة في تصميم المبنى، وأن أماكن توقيع المنظومات الشمسية على المبنى يمكن أن تكون السطح الأفقي، السطح المائل، الواجهات العمودية، الواجهات المائلة، التفاصيل المعمارية، وأن استخدام تقنية الألواح الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري يقلص في كمية المواد المستخدمة في المشروع.

يمكن الاستفادة من هذه الدراسة إلى تطوير الإطار النظري حول الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى وأشكال تكاملها مع أجزاء غلاف المبنى المختلفة.

2.8.1 دراسة بعنوان: "تكاملية عمل المبنى كمنظومة موظفة للتكنولوجيا المتقدمة في مواجهة الظروف المناخية الخارجية" (كمونة، ورفو، 2011م):

الهدف من الدراسة توضيح أهمية وكيفية تفاعل المبنى مع بيئته المحيطة لتحقيق أعلى درجات الراحة للبيئة الداخلية وبأعلى أدائية ممكنة وبأقل تكلفة، وإلى إيجاد أبنية تتمتع بالقابلية والكفاءة على مواجهة الظروف المناخية مستفيدة من التقدم التكنولوجي المعاصر.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وعرضت الدراسة عدة تجارب عربية وعالمية لتكاملية المبنى مع المنظومات التكنولوجية للوصول إلى أفكار وتوظيفها في المباني العراقية بما ينسجم مع مناخها وذلك لمواكبة التطور التكنولوجي العالمي وإيجاد مباني كفؤة طاقويا تسهم في الحفاظ على الموارد في العراق، وأوصت الدراسة إلى التأكيد على تحقيق الأسلوب الاستنتاجي في الأبنية العاصرة الذي يولد فيه النظام البنائي طاقته الخاصة به عن طريق الطاقة الشمسية واستخدام طاقة الرياح وبذلك يتمكن كل مبنى من سد حاجاته وتحقيق مبدأ الاكتفاء الذاتي من استهلاك الطاقة الكهربائية.

وجاءت هذه الدراسة للتأكيد على ما تطرقت إليه دراسة كمونة ورفو على أهمية استغلال الطاقة الشمسية وأهمية تكاملية البيئة المناخية مع تكنولوجيا الخلايا الكهروضوئية وبما ينسجم مع المناخي المجلي بغية استخلاص بعض الأفكار لتطبيقها في المباني المدرسية لإيجاد مبني ذات كفاءة استغلال طاقوية عالية.

3.8.1 دراسة بعنوان: "نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية" (عبد الهادي، 2012م):

تهدف الدراسة إلى دراسة تفعيل دور استخدامات الطاقة الشمسية في قطاع المباني عن طريق إدخال استخدام التقنيات المتطورة من أهمها الخلايا الكهروضوئية للوصول إلى تشكيل معماري مستدام للمباني وتشكيل جمالي، بالإضافة إلى دورها الأساسي في إنتاج الطاقة الكهربائية النظيفة، مستفيدا في ذلك من الطفرة الهائلة للثورة المعلوماتية في هذا المجال، وبذلك تحقيق مباني مستدامة توفر الراحة لسكاكينها.

واتبعت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، حيث عنيت الدراسة النظرية بالتعرف على استخدامات الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة في المباني، ثم استدامة التشكيل المعماري من خلال استخدام الطاقة الشمسية، أما الدراسة التحليلية اهتمت بدور الخلايا الكهروضوئية في دعم استراتيجية التنمية المستدامة ودمجها في تشكيل معماري مستدام له أسس تشكيلية وليس مجرد إضافة تقنية لإنتاج الطاقة، وبالنهاية دراسة موقع مصر بالنسبة لدول الحزام الشمسي، والسياسات العامة والتوجيهات لتشجيع التنمية المستدامة باستخدام الطاقة الشمسية في مصر.

وخلصت الدراسة إلى الدور الهام الذي تلعبه الخلايا الكهروضوئية في التشكيل المعماري المستدام محققة تنمية مستدامة وانسجام مع التشكيل المعماري عند إضافتها للمباني، وبذلك ملاءمتها كعنصر تشكيلي مستدام عالميا ومحليا، وإمكانية استخدامها في مصر في المباني القائمة والجديدة، وأوصت الدراسة بعدة توصيات أهمها تفعيل استخدام الخلايا الكهروضوئية في

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

التشكيل المعماري المستدام، واتخاذ القرارات الدولية الحاسمة في نشر ثقافة الاستدامة وتقنيات الطاقة المتجددة باستخدام الخلايا الكهروضوئية، وأخيرا زيادة الوعي لدى المعماريين بالنظم الحديثة وخاصة الخلايا الكهروضوئية وكيفية تطويعها لخدمة العمارة.

تم الاستفادة من هذه الدراسة بالتأكيد على امكانية تكامل الخلايا الكهروضوئية بجميع عناصر غلاف المبني من واجهات أو أسقف وحتى تفاصيل معمارية بشكل يزيد من وظيفة وجمال المبنى ويعزى السبب لتطور قطاع الخلايا الكهروضوئية التي تأتي بأشكال وأحجام وألوان متعددة وذات كفاءة عالية، دراسة عبد الهادي ساعدت في تطبيق نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى من واجهات وأسقف وتفاصيل معمارية على البدائل التصميمية التي تمت دراستها في الفصل الخامس لنماذج عدة لمبنى مدرسي.

4.8.1 دراسة بعنوان: "دراسة تقييمية للمدارس الحكومية الخضراء في الضفة الغربية" (سعادة، 2014م):

تهدف الدراسة بشكل أساسي إلى تقييم المباني المدرسية الحكومية المنفذة وقيد الإنشاء من حيث استدامتها وتطبيقها للمعايير التصميمية للأبنية المدرسية الخضراء، وبذلك تطوير واقع التعليم في فلسطين. ولتحقيق ذلك اتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي من حيث دراسة مواصفات المدارس الخضراء، ومن ثم تحليل ودراسة عينة من الأبنية المدرسية في الضفة الغربية استنادا إلى تلك المواصفات مستعينا ببرنامج الECOTECT، وتوصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها أن وزارة التربية والتعليم تعمل جاهدة من اجل تحسين مستوى المباني المدرسية لتكون صديقة للبيئة ومحققة للشروط الصحية والبيئية، ولكن هذه التحسينات تتطلب مزيدا من التعاون مع الجهات المختصة بالمباني الخضراء كالمجلس الأعلى للبناء الأخضر في فلسطين ومع ذوي الاختصاص في الجامعات الفلسطينية ونقابة المهندسين الفلسطينيين، وأن كفاءة استخدام الطاقة فالمباني المدرسية لا تحقق القيم المطلوبة بحسب الدليل الإرشادي للمباني الخضراء في فلسطين، وأوصت الدراسة إلى استغلال أسطح المدارس الغير مستغلة وظيفيا وذات مساحات كبيرة لوضع خلايا شمسية لتوليد الكهرباء واستخدامها في التدفئة والتبريد والإنارة وغيره، وأوصت كذلك إلى تطبيق التقنيات الحديثة من أجل تحقيق أفضل تصميم وتنفيذ لا يتعارض مع النواحي البيئية ويضمن تقليل استهلاك الموارد.

من خلال دراسة سعادة، تم التوصل إلى الحاجة الماسة لاعتماد مبادئ المدارس الخضراء في مدارس فلسطين، وتم الاستفادة من هذه الدراسة من خلال تطبيق المنهج الوصفي لدراسة مفاهيم المدارس الخضراء وأهميتها في فلسطين وواقع قطاع التعليم فيها وأهم الاحتياجات التخطيطية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

والتصميمة اللازمة لمبانيها للوصول إلى تصور واضح حول أهمية تبني مفهوم المدارس الخضراء ومواصفاتها في فلسطين.

5.8.1 دراسة بعنوان: "دور الخلايا الشمسية في توفير الطاقة والتشكيل المعماري للمباني السكنية في قطاع غزة" (الخطيب، 2015م):

تهدف الدراسة إلى التعرف على أساليب التكامل المعماري مع الخلايا الشمسية، وكيفية الاستفادة منها في تعزيز الجمال في الشكل المعماري النهائي، والتعرض إلى دراسة أماكن وضع الخلايا الشمسية حسب نوعها وعمل موازنة بين تحقيق الجانب الشكلي الجمالي للمباني مع توفير الطاقة اللازمة من الخلايا، وأخيرا دراسة مدى تقبل الناس لفكرة الخلايا الشمسية واستخدامها كحل مساعد لمشكلة الطاقة في قطاع غزة.

ولتحقيق هذه الأهداف اتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي، وتوصل الباحث إلى عدة نتائج منها أن نظام الطاقة الشمسية يعد من أفضل الأساليب والحلول لحل مشكلة الكهرباء في قطاع غزة لما يتميز به في نواحي عدة من الناحية الوظيفية والناحية الاقتصادية وأخيرا الجمالية، حيث تعد الخلايا الشمسية من أحد الأساليب الجديدة في التشكيل المعماري حيث تؤثر على الشكل العام للمبنى والفضاء الخارجي والداخلي وتعبر عن الحداثة والرقي. وأوصت الدراسة إلى أهمية دعم الحكومة من حيث نشر ثقافة الطاقة البديلة ودعم وتفعيل الجمعيات لمساعدة المواطنين على استخدام الخلايا الشمسية، والعمل على الاستفادة من الخلايا الشمسية من ناحية الطاقة ومن ناحية أنها كمواد إنهاء بديلة عن المواد التقليدية وتوظيفها وظائف أخرى مثل العزل الحراري.

تأتي هذه الدراسة استكمالا وتأكيدا على أهمية تبني نظام الخلايا الكهروضوئية في قطاع غزة بشكل أخص حلا لمشكلة الانقطاع المتواصل للتيار الكهربائي، وبذلك فإن نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى ستفتح أفقا أوسع لمواطني القطاع لحل أزمة الكهرباء بشكل يتناسب مع التشكيل المعماري للمبنى.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

6.8.1دراسة بعنوان:

"Analysis of Building-Integrated Photovoltaic Systems: A Case Study of Commercial Buildings under Mediterranean Climate" (Salem &Kinab, 2015)

تتبع أهمية الدراسة من محاولة التغلب على العديد من العوائق الاقتصادية والاجتماعية من خلال دمج الخلايا الكهروضوئية مع غلاف المبنى وأن الخلايا الكهروضوئية مصدر لإنتاج الطاقة وممكن أن تكون كوسائل للتظليل ككاسرات شمس، أو أن تكون كسوة للواجهة كمواد تشطيب أو مادة تسقيف الخ، وبما أن بلدان البحر الأبيض المتوسط في منطقة مشمسة نسبيا تصل كمية الإشعاع الأفقي فيها من 7.5–8 كيلوواط ساعة/متر مربع في الصيف، فيمكن استغلال هذه المناطق للحصول على مستويات عالية من الإشعاعات الشمسية. تم في هذه الدراسة مقارنة سيناريوهات مختلفة لمباني تجارية مستخدمة نظام BIPV في بيروت وروما وبرشلونة والقاهرة وتحليلها وتقييم أداء الطاقة لأنظمة BIPV فيهم من خلال النمذجة والمحاكاة بإتباع نهج مبسطة مع مراعاة معايير مختلفة مثل المناخ، وزاوية الميل، وزاوية السمت، وأنواع مختلفة من الخلايا، وأماكن وقوعها.

وأظهرت النتائج أن القاهرة أفضل المدن المقارنة إنتاجا للطاقة بواسطة الخلايا الكهروضوئية على مدار العام، وأن أفضل زاوية ميل للخلايا بين 20–30 درجة لإنتاج طاقة أكثر من 27 ميغاواط في الساعة سنويا، لذلك تعتبر الأسطح المائلة للخلايا أفضل من الأسطح الرأسية في اكتساب أكبر قدر من الطاقة حيث يبلغ انتاج الطاقة من الأسطح الرأسية 61% مقارنة بالأسطح المائلة بالإضافة إلى ارتفاع تكلفتها. وتوصي الدراسة في النهاية إلى دمج نظم الطاقة الشمسية في التصميم المعماري لخلق مباني ذات كفاءة بيئية وطاقوية.

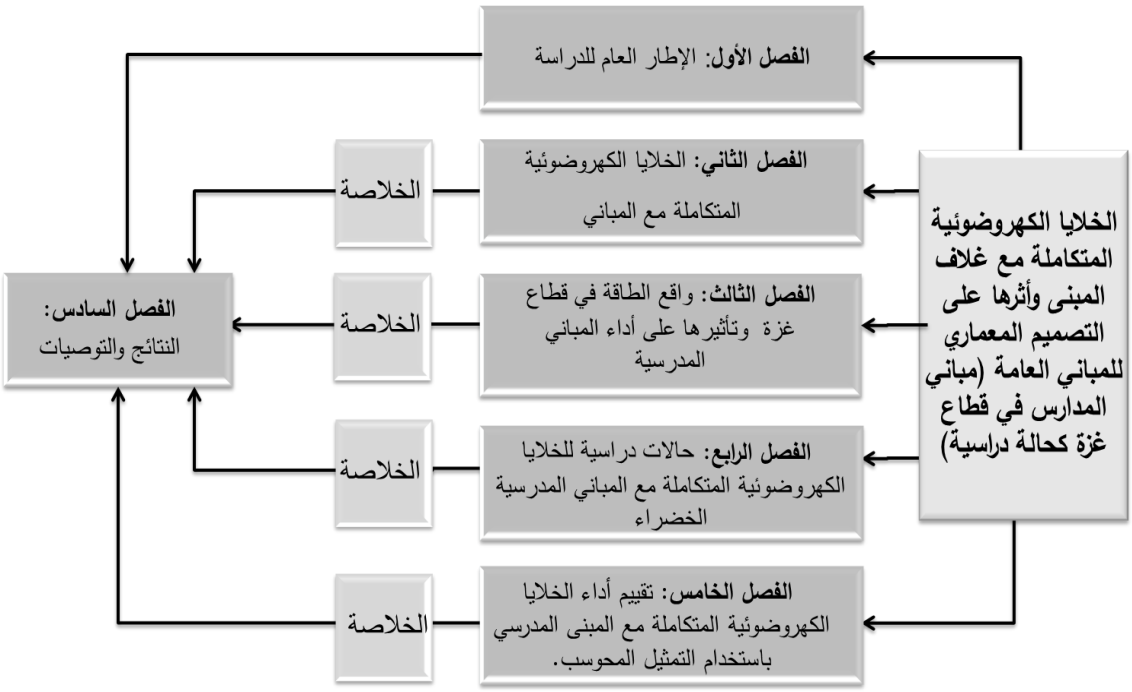
تم الاستفادة من هذه الدراسة أن مناطق الشرق الأوسط لها امكانيات عالية لاستغلال الإشعاع الشمسي من خلال النظام الكهروضوئي لتوليد الكهرباء، فبذلك فإن نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى سيعود بفائدة كبيرة لو طبق في قطاع غزة نظرا لموقعها الجغرافي الجيد.

9.1 هيكلية الدراسة

تنقسم الدراسة إلى ستة فصول تتسلسل كما في الشكل (1.2) وفق التالي:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
- الفصل الثاني: الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني
- الفصل الثالث: واقع الطاقة في قطاع غزة وتأثيرها على أداء المباني المدرسية
- الفصل الرابع: حالات دراسية للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني المدرسية
- الفصل الخامس: تقييم أداء الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي باستخدام التمثيل المحوسب
- الفصل السادس: النتائج والتوصيات.



شكل (1.2): الفصول الستة في الدراسة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصـل الثانـي

الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبانـي

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الثاني

الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني

1.2 المقدمة

يواجه العالم نقصا في مصادر الطاقة الغير المتجددة وهناك العديد من الصراعات حول إمدادات النفط والمخاوف بشأن الانبعاثات الغازية المتزايدة المسببة للانحباس الحراري العالمي (Konea and Buk, 2010). وقد أدى نقص الطاقة إلى تقييد التنمية الاقتصادية على مستوى العالم، حيث يعجز أكثر من 1.3 مليار شخص عن الوصول إلى التيار الكهربائي و95% من هؤلاء هم في بلدان أفريقية وبلدان آسيوية نامية، فكان لابد من التوجه العالمي لاستغلال مصادر الطاقة المتجددة لتحسين قطاع الطاقة والتركيز على التكنولوجيات المعززة لكفاءتها (Eikeland, 2015). الطاقة المتجددة بمقدورها إمداد 3078 ضعف من احتياج العالم الحالي ومن أهم مصادر الطاقة المتجددة هي طاقة الشمس حيث يسمى العصر الحالي بعصر استخدام الطاقة الشمسية (Thomas, Fordham, & Partners, 2001).

بما أن الطاقة الشمسية هي المصدر الأوفر حظا من مصادر الطاقة المتجددة فقد لاقت اهتماما متميزا من قبل المختصين والمسؤولين في الاعتماد عليها كمصدر بديل لمصادر الطاقة التقليدية، باعتبارها رائدة في عدة مجالات مثل التدفئة، والتبريد، وتحلية مياه البحر، وتسخين المياه وضخها، وفي توليد الطاقة الكهربائية عن طريق الخلايا الكهروضوئية والعديد من المجالات (Seai, 2010).

تميزت أنظمة الخلايا الكهروضوئية بتحويلها المباشر للإشعاع الشمسي إلى تيار كهربائي، ولم تعد أنظمة الخلايا الكهروضوئية توضع بشكل عشوائي في واجهات المباني، بل هي الآن جزء لا يتجزأ من مراحل التخطيط والتصميم لمشاريع البناء والتشييد .كان ينظر فيما مضى إلى تركيب الألواح الكهروضوئية على المباني باعتباره كماليات بيئية إضافية وأنها مجرد تكتيك لرفع درجة تقييم المباني الخضراء، ولكن الأمر في الوقت الحاضر لم يعد كذلك. ولقد استطاعت العديد من الشركات المنتجة لألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية في السنوات القليلة الماضية تطوير أنواع وأنظمة الطاقة الكهروضوئية بشكل كبير مما جعل حلول الطاقة الشمسية أكثر جدوى اقتصادية من الماضي بكثير وأكثر كفاءة وأعلي جودة. لذلك سيعرض هذا الفصل مفهوم

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الخلايا الكهروضوئية ونظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى وما هي مزاياها والعوامل المؤثرة على كفاءتها وأشكال تكاملها مع أجزاء غلاف المبنى.

2.2 الخلايا الكهروضوئية مفهومها ونظمها وأنواعها

1.2.2 مفهوم الخلايا الكهروضوئية

هي تقنية لتوليد الطاقة الكهربائية عن طريق تحويل الإشعاع الشمسي إلى كهرباء مباشرة (Pearce, 2002).

تتكون الكهروضوئية (photovoltaic) من كلمتين (photo) وهي كلمة من جذور يونانية بمعني الضوء، و(voltaic) بمعنى الكهرباء، وبذلك تعني الكهروضوئية الكهرباء الناتجة من تعرض الخلايا الكهروضوئية للضوء المباشر فيتولد جهد كهربائي بداخلها يولد تيار كهربائي مستمر يستخدم في العديد من التطبيقات مما يساهم في تقليل استهلاك الوقود الأحفوري وإلى خفض التلوث البيئي. وهي تصنع من أشباه الموصلات المتراصة فوق بعضها كل منها يستطيع امتصاص طيف معين من الضوء الساقط عليها تشمل السيلكون احادي البلورة، السليكون متعدد البلورة، السيلكون غير المتبلور، تلوريد الكادميوم، الانديوم سيلينيد الغاليوم–كبريتيد1، ونظرا للطلب المتزايد على مصادر الطاقة المتجددة فان تصنيع الخلايا الكهروضوئية قد تطور كثيرا في السنوات الأخيرة (عبد الهادي، 2012م).

وتوصف كمية الطاقة المنتجة من الخلايا الكهروضوئية المركبة على المباني بوحدة الكيلوواط.

2.2.2 نبذة عن تاريخ الخلايا الكهروضوئية

يعود اكتشاف الخلايا الكهروضوئية إلى القرن قبل الماضي الميلادي عندما قام العالم الفرنسي بكيرل عام 1839م بدراسة تأثير الضوء على بعض المعادن والمحاليل وخصائص التيار الكهربائي الناتج عنها، واكتشف أن الضوء الساقط على قطب كهربائي منغمس في حلول موصل قد ينتج تيار كهربائي. كما أدخل العالمان أدم و سميث مفهوم الناقلية الكهربائية الضوئية لأول مرة عام 1877م وتم تركيب أول خلية شمسية من مادة السيلينيوم من قبل العالم فريتز عام 1883م حيث توقع لها أن تساهم في إنتاج الكهرباء مستقبلاً، من جهة أخرى فقد ساعد تطوير نظريات ميكانيكا الكم على تفسير الكثير من الظواهر الفيزيائية وخاصة المرتبطة بالكهرباء الضوئية في فترة الثلاثينيات والأربعينيات من القرن الحالي، وذلك عند ما تم تفسير ظاهرة الحساسية الضوئية لمواد مثل السيلكون وأكسيد النحاس وكبريت الرصاص وكبريت

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الثاليوم، وقد سجل عام 1941م تصنيع أول خلية شمسية سيلكونية بكفاءة لا تتجاوز (1-2%)، ثم لحق ذلك إنجاز مختبرات بل الأمريكية في تصنيع البطارية الشمسية في منتصف الخمسينيات بكفاءة بلغت (6%) استخدمت آنذاك في التطبيقات الفضائية. كما تم في نفس الفترة تركيب أول خلية كهروضوئية من كبريت الكاديوم وكبريت النحاس أطلق عليها فيما بعد الخلايا الكهروضوئية ذات الأفلام الرقيقة (Tsakalakos, 2010).

بعد تلك الفترة ازداد تسارع بحوث التطوير في العلوم الفيزيائية والهندسة لأشباه الموصلات وخاصة ما يرتبط بدراسة التبادلات الكهربائية الضوئية مما ساعد على تطور الخلايا الكهروضوئية وتقنياتها باتجاه تحسين كفاءتها وخفض تكلفتها. وقد أدى ذلك إلى ازدياد مستوى إنتاج الخلايا الكهروضوئية بقدرات تتراوح بين الميلي واط إلى الكيلوواط. أما الفترة الهامة للخلايا الكهروضوئية فقد حدثت في عقدي السبعينيات والثمانينات وخاصة بعد تطور علوم التركيب المجهرية الدقيقة لأشباه المواصلات وقد اعتبرت الخلايا الكهروضوئية حينئذ بأنها إحدى الطرق العلمية الطموحة لتوليد الكهرباء في المصادر المتجددة للطاقة (عبد الهادي، 2012م).

نظرا لتزايد الطلب على مصادر الطاقة المتجددة وتصنيع الخلايا الكهروضوئية فقد تطورت كثيرا في السنوات الأخيرة. الطاقة الكهروضوئية تشهد نموا سريعا من قاعدة صغيرة إلى قدرة عالمية تعادل 67400 ميغاواط في نهاية عام 2011، وهو ما يمثل 0.5% من الطلب المتزايد على الكهرباء في جميع أنحاء العالم، والطاقة الناتجة عن قدرة الخلايا الكهروضوئية للتشغيل في العالم تعادل 80 مليار كيلو واط من الكهرباء، وهذا يكفي لتغطية إمدادات الطاقة السنوية لأكثر من 20 مليون منزل في العالم.

قدرة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في العالم تعادل 7.6 غيغاواط في عام 2007، 16 غيغاواط في عام 2008، 23 غيغاواط في عام 2009، 40 غيغاواط في عام 2010. أكثر من 100 دولة تستخدم الخلايا الكهروضوئية.

الخلايا إما أن تثبت على الأرض أو تندمج مع غلاف المبنى (الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى). والتوقعات انه بحلول عام 2030 يمكن توليد ما يقارب 1.8 تريليون واط من الخلايا الكهروضوئية في جميع أنحاء العالم. مع الالتزام الجاد باستخدام مصادر الطاقة المتجددة بكفاءة سوف يتم إنتاج ما يكفي من الطاقة الشمسية لخمسة وعشرين عاما مستقبلا لتلبية احتياجات الكهرباء لحوالي 14% من سكان العالم (Masson, Latour , Rekinger, Theologitis , &Papoutsi , 2016).

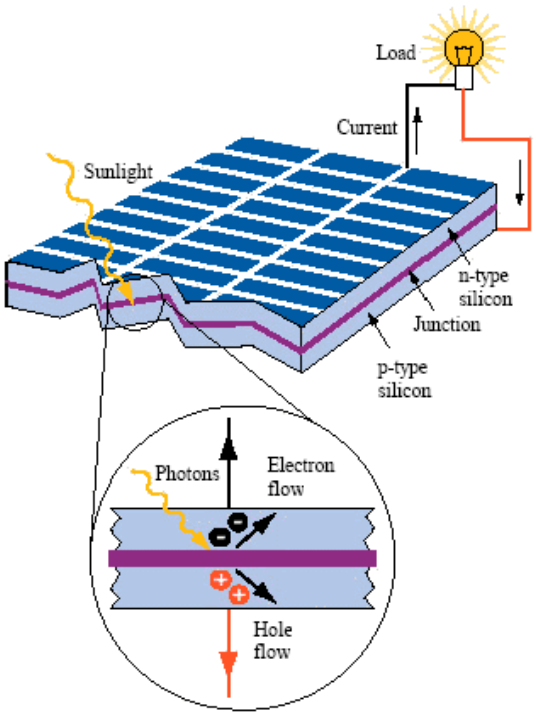
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3.2.2 مكونات نظام الخلايا الكهروضوئية

عندما يسقط الضوء على الخلية الكهروضوئية يكتسب الإلكترون طاقة زائدة ما يدفع الإلكترون إلى التحرك تاركا فراغا موجبا مما يؤدي إلى الإخلال بالتوازن، يتم توصيل الطبقة العلوية السالبة بالطبقة السفلية الموجبة من الخلية وذلك من خلال دارة كهربائية خارجية تسمح بسريان الالكترونات السالبة باتجاه الطبقة الموجبة كما يوضح الشكل(2.1).

لذلك يتم ربط عدة خلايا مع بعضها البعض وتجمع تحت طبقة عازلة غالبا من الزجاج لتكوين وحدة كهروضوئية والتي تعتبر الجزء الرئيسي في النظام الكهروضوئي.

وفي حالة كان الضوء الساقط على الخلية اكبر فان الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون تتحول إلى حرارة، إما إذا كانت طاقة الضوء غير كافية فان الإلكترون لا يتحرر ولا تم توليد كهرباء. (محيسن، 2006م).



شكل (2.1): كيفية انتاج الخلايا الكهروضوئية للتيار الكهربائي

(**المصدر**: Basnet, 2012)

يعتبر السيلكون من أكثر المواد الشبه موصلة المستخدمة في تصنع هذه الخلايا، ويتوفر السيلكون في الرمال ولا يوجد قيود لاستخدامه أو توفره كمادة خام حيث يمثل السيلكون ثاني أكثر المواد الخام وفرة على سطح الأرض.

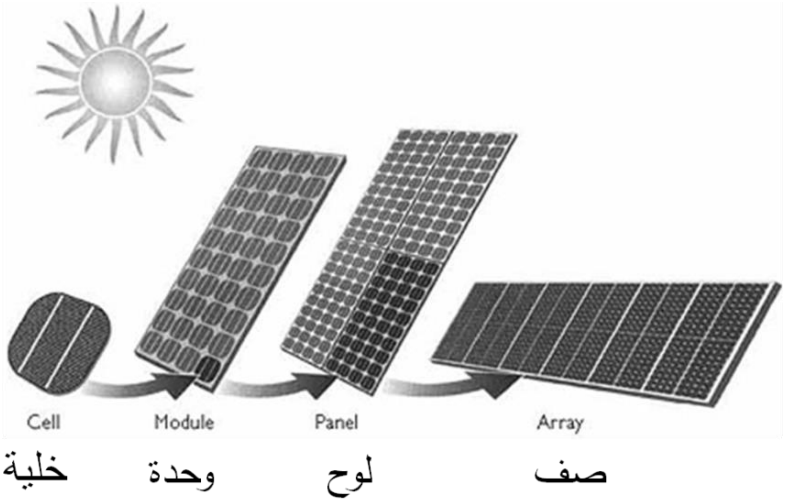
يمكن وصف المكونات الأساسية لنظام الخلايا الكهروضوئية بمكونات أساسيان:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أولا :الألواح الكهروضوئية Photovalics panels

اللوح الكهروضوئي هو الجزء الظاهر من المنظومة الكهروضوئية، والذي يتم تثبيته على سطح المبنى وهو يقوم بتوليد الطاقة الكهربائية .أهم جزء في نظام الكهروضوئية هي الخلية "Cell" ولكن لا يمكن أن تنتج الطاقة بمفردها ولكن تصف الخلايا الشمسية مع بعضها البعض في شكل وحدات "Modules " والتي تجمع بدورها في شكل صفوف "Arrays " ومجموع المصفوفات تشمل ألواحا كهروضوئية "Panels" كما يبين الشكل (2.2)، ولضمان توجيه الخلايا بشكل دائم نحو ضوء الشمس طوال فترة النهار فإنها توضع على أجهزة تتبع (الخياط، 2006م). تكون الخلايا الشمسية إما بأشكال واضحة الحدود ضمن الوحدة الكهروضوئية الواحدة، إذ من الممكن أن تكون بشكل مربع أو مستطيل أو دائري تفصل بينها فواصل بمسافات تختلف حسب تصميم الوحدة الكهروضوئية، أو من الممكن أن يكون مظهرها كقطعة واحدة تغطي الوحدة الكهروضوئية بدون فواصل. تختلف أبعاد الخلايا الكهروضوئية وفقا لنوعها وطريقة صناعتها، وتتراوح أبعاد الخلية الواحدة من 1سم إلى 15سم في الاتجاهين أو تكون بأبعاد 10سم*10سم كخلايا قياسية، أقل ما يمكن أن تنتجه الخلية الكهروضوئية من طاقة يتراوح من 1-2 واط بسبب صغر حجم الخلية، ولزيادة الإنتاجية الكلية للطاقة يتم تجميعها في صفائح مغلفة مع بعضها مشكلة وحدة كهروضوئية.

تعتمد كفاءة عمل الخلية على عاملين :الأول هو كفاءة التحويل داخل الخلية والثاني هو قابلية الخلية الشمسية على امتصاص الفوتونات (الجادري، وسليم، 2010م).



شكل (2.2): مكونات اللوح الكهروضوئي

(**المصدر**: رشدي، 2017م)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ثانيا: النظام الساند "Balance of System" (B.O.S)

يقوم النظام الساند بتوصيل الطاقة من الألواح الكهروضوئية إلى الأحمال من خلال مكوناته كما يتضح في الشكل التالي(2.3)، يتكون من الأجزاء التالية

1- الشاحن

هو جهاز يقوم بتحويل الطاقة من الألواح الكهروضوئية إلى البطارية، يقيس نسبة الطاقة في البطارية، حيث يقوم بإيقاف عملية الشحن عندما تمتلئ البطاريات بالطاقة.

2- خازن الطاقة

عادة في النظم المتصلة بالشبكة الوطنية (Grid Connected) لا يعتمد المبنى كليا على المنظومات الكهروضوئية بل يأخذ حاجته من الشبكة الرئيسية، وفي بعض الحالات تعطي المنظومات طاقتها الفائضة للشبكة الرئيسة، لذلك ليس من الضروري إن يتم تركيب البطاريات لهذا النوع. في حالة استخدام البطاريات سيتم استخدامها لتخزين الطاقة لتوفيرها في الأيام التي تكون فيها نسبة الإشعاع قليلة، حيث تقوم البطاريات بخزن الطاقة المتولدة من الألواح الكهروضوئية خلال الفترة المشمسة من اليوم، وتقوم بعد ذلك بتوصيلها إلى الأحمال الكهربائية. يتوقف شحن البطاريات من الوحدات الكهروضوئية أثناء الفترة الليلية ويضعف في حالة غياب الشمس خلال النهار.

3- المحول الكهربائي

ويعرف بمنظم القدرة وظيفته تغيير مواصفات الطاقة الناتجة من المنظومة الكهروضوئية بحيث تتكيف مع مواصفات الطاقة التي تحتاجها الأحمال حيث يقوم بتحويل القدرة من المنظومة الكهروضوئية أو البطارية إلى الأحمال .إن المحول الكهربائي هو المتحكم بتشغيل المنظومة الكهروضوئية، فعند شروق الشمس يقوم بربط الألواح إلى باقي أجزاء المنظومة وعند غروبها يقوم بفصلها عن باقي الأجزاء.

4- الهيكل الساند للمصفوفة الكهروضوئية (إطارات الثبيت)

يقوم بحمل مجموع الألواح الكهروضوئية في المصفوفة وهو يستخدم لتحديد زاوية ميلان الألواح الكهروضوئية في الصف الكهروضوئي، بعض الهياكل الساندة تكون متحركة وهو ما يعرف بأنظمة التعقب للإشعاع الشمسي Tracking System وهي تتحرك على محور واحد أو اثنين (Prasad& Snow, 2005).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل (2.3): مكونات النظام الكهروضوئي

(**المصدر**: رشدي، 2017م)

4.2.2 أنواع الخلايا الكهروضوئية

تختلف الخلايا الكهروضوئية بعضها عن بعض تبعا لنوع المادة والكفاءة والشكل واللون وطرق التصنيع والتقنية المستخدمة فيها ومدى تعقيدها والذي يعتمد على مقدار كفاءتها .

مدى كفاءة الخلية بقدرتها على تحويل ما يسقط من ضوء إلى كهرباء يختلف نتيجة طرق التصنيع والمواصفات الفيزيائية للخلية نفسها ويؤثر كفاءة الخلية في إنتاج الكهرباء بصلة مباشرة على سعر الخلية.

تصنع الخلايا الكهروضوئية عادة إما من السيلكون البلوري أو من شرائح من سبائك المعادن مثل الزينك، وتفضل المادة التي يصنع منها الخلايا على أساس كفاءة أداء الخلايا في تحويل أشعة الشمس إلى كهرباء.

1- خلايا السيلكون البلوري Crystalline Silicon

توجد ثلاث أنواع من الخلايا السيلكونية حيث تصنع هذه الخلايا من إذابة مادة السيلكون الخام والتي تأخذ اللون الرمادي عند درجة حرارة 1400 درجة مئوية ثم توضع في سبائك بشكل اسطواني بقطر 15سم ثم تقطع بصورة شرائح رقيقة بالنسبة لسيلكون أحادي

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

البلوري، أو يوضع السيلكون المنصهر داخل قوالب مستطيلة وخلال عملية التبريد يتم التشكيل بأحجام ومقاسات مختلفة، وكذلك التحكم باللون في حالة السليكون متعدد البلورة.

أما في حالة السيلكون الغير متبلور فيترسب السيلكون في عملية مستمرة على القاعدة حيث يتم دفعه ثم تغليف الخلية بمادة بوليمر شفاف عازلة مع غطاء زجاجي ثم وضعها داخل الإطار المعدني.

وتتراوح كفاءة خلايا السيلكون ما بين 12-17% وتعتبر هذه التكنولوجيا الأكثر شيوعا في الوقت الحاضر حيث تمثل 90%.

أنواع الخلايا الكهروضوئية السيلكونية المتاحة:

- **أحادي البلورة Mono crystalline**

تأخذ هذه الخلية الشكل المربع أو الدائري وتكون بأبعاد 10-15سم وتتوفر باللون الأسود أو الأزرق وكفاءة توليدها للكهرباء حوالي 14-18%.

- **متعدد البلورة Poly crystalline**

تأخذ هذه الخلية أشكال مختلفة وجذابة و بأبعاد صغيرة وتتميز بتداخل درجات الألوان وبالغالب تأخذ اللون الأزرق وكفاءة توليدها للكهرباء حوالي 11-15%

- **غير متبلور Amorphous silicon**

تتوفر هذه الخلية بأشكال شفافة بنسبة شفافية حوالي 5-75 % وتتوفر بدرجات اللون الرمادي حسب نسبة الشفافية وكفاءة توليدها للكهرباء حوالي 4-10% (Masson, Latour , Rekinger , Theologitis , &Papoutsi , 2016).

2- الشرائح الرقيقة Thin Film

وهي عبارة عن شرائح رقيقة جداً بسمك يتراوح من 1 مايكرومتر إلى 6 مايكرومتر من مواد ضوئية حساسة منخفضة التكلفة وتتم صناعة الوحدات بصورة مستمرة بدون وصلات مرئية وكفاءتها تبلغ 10-13% وتتميز هذه الخلايا بقلة تكلفتها وصغر سمكها ومرونتها مما يسهل عملية تركيبها على مختلف الأسطح ومن الممكن وضعها في المباني التي تقع في الظل حيث تقل كفاءتها قليلا في الظل، كما أنها لا تتأثر كثيرا بارتفاع درجة الحرارة، كما تتسم بالشفافية والنفاذية وشكلها المتجانس وتتميز بألوانها الداكنة كالأسود والبني الأحمر، الشكل أدناه يوضح شكل (2.4) أشكال بعض الخلايا الكهروضوئية . (عبد الهادي، 2012م).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل (2.4): أشكال بعض الخلايا الكهروضوئية

(المصدر: عبد الهادي، 2012م)

3- خلايا النانو Nano Cells

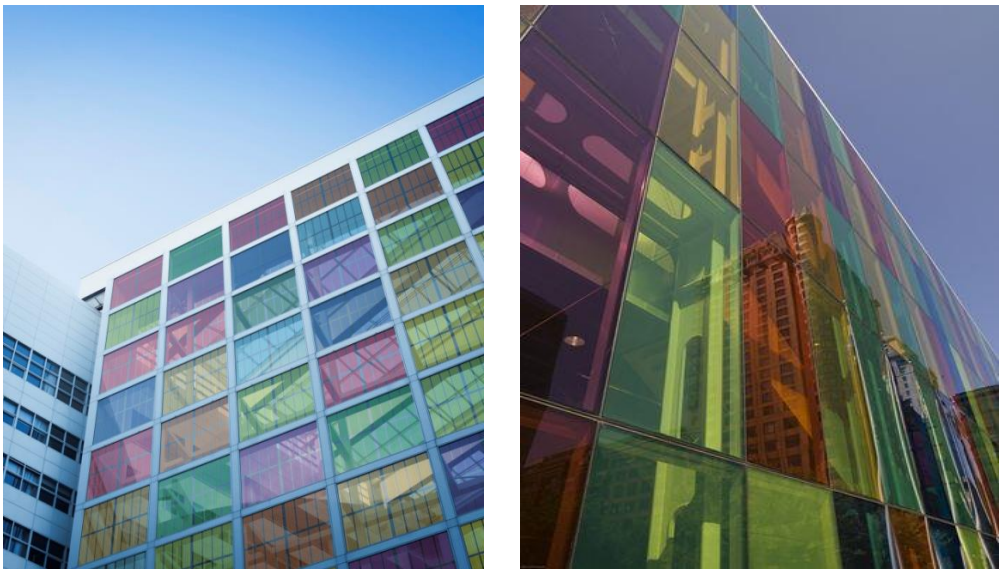
هي خلايا تقنية تتميز بقلة تكلفتها وإمكانية دمجها مع الواجهات الزجاجية بسبب خواصها الشبه شفافة، تم صناعة اول خلية نانو عام 2006، كفاءة توليدها للطاقة حوالي 30%، يعتبر هذا النوع المستقبل الواعد للخلايا الكهروضوئية (Fantechi, 2011).

4- الخلايا الشفافة

وتتم صناعتها عن طريق تسليط أشعة ليزر على طبقة كهروضوئية رقيقة لإزالة أي مواد انتقائية مما يمكن الخلايا من نقل الضوء لتوليد الكهرباء.

وتتوفر هذه الخلايا على شكل زجاج ملون أيضا كما بالشكل (2.5) مما يجعلها مثالية لتركيبها في أي مبنى، كما أنها تقلل من الحرارة المشعة عند دخولها للخلية، وتتميز بقلة اكتسابها للحرارة وتقليل الأشعة البنفسجية مما يقلل من اكتساب المبنى للحرارة الذي يؤدي إلى تقليل أحمال التكييف وبالتالي تقليل تكاليف الكهرباء (محيسن، 2006م).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (2.5): واجهات من خلايا كهروضوئية شفافة وملونة

(المصدر: Pinterest, 2017)

5.2.2 أنواع الأنظمة الكهروضوئية

هناك نوعان من الأنظمة الكهروضوئية (Kaundinya, Balachandra, Ravindranath , 2009)

- **النوع الأول: النظام المتصل بالشبكة Grid-connected PV power system**

يتم توليد الطاقة من الخلايا الكهروضوئية وتكون متصلة بشبكة الكهرباء العامة ويتكون من الخلايا الكهروضوئية والمحولات، حيث يتم ربط الشبكة المحلية للخلايا مع الشبكة العامة، حيث عندما يكون فائض من الطاقة المنتجة من الخلايا يتم نقلها أو تغذيتها للشبكة العامة وليس تخزينها في بطاريات تابعة للشبكة المحلية وفي حين كان هناك عجز في انتاج الطاقة يتم استيراد الكهرباء من الشبكة العامة التي تمثل كبطارية ضخمة للتخزين.

النوع الثاني النظام المنفصل عن الشبكة Stand-alone PV power system

هذا النوع غير متصل بشبكة الكهرباء العامة ويسمى أيضا ب(Remote area power supply) لاستخدامه في المناطق النائية والبعيدة عن الشبكات العامة مثل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

البيوت الريفية والقوارب والبيوت المتنقلة والأماكن العسكرية البعيدة، يتكون هذا النظام من الخلايا الكهروضوئية والشواحن والبطاريات للتخزين، حيث يتم توليد الطاقة الكهربائية خلال النهار وتخزين الزائد منها في البطاريات لاستخدامها ليلا ويمكن استخدام النظام بجانب أجهزة أخرى مولدة للكهرباء؛ مثل مولدات الديزل وتوربينات الرياح لتكوين أنظمة مهجنة.

3.2 الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى "BIPV"

1.3.2 مفهوم الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى

خلايا الطاقة الكهروضوئية المتكاملة المستخدمة في البناء (BIPV) هي عبارة عن مواد كهروضوئية تستخدم لتحل محل مواد البناء التقليدية في بعض أجزاء المبنى الخارجية مثل السقف والمناور والواجهات. فهي تدخل بشكل متزايد في تشييد المباني الجديدة بوصفها المصدر الرئيسي أو الإضافي لتوليد الطاقة الكهربائية، وكذلك قد تم تزويد بعض المباني القديمة بنظام BIPV.

من مزايا وحدات الطاقة الكهروضوئية المتكاملة على عكس الأنظمة الغير متكاملة والتي تعتبر الأكثر شيوعا هو أن التكلفة الأولية يمكن تخفيضها عن طريق تقليل مواد البناء والأيدي العاملة المستخدمة عند بناء جزء من المبنى المستخدم فيه وحدات الكهروضوئية المتكاملة بالإضافة إلى ذلك، فإن الوحدات جزءا لا يتجزأ من التصميم، فتشكل مزيجا أفضل وأكثر جاذبية من الناحية الجمالية من خيارات أخرى مختلفة للطاقة الشمسية. هذه المزايا تجعل من نظام الوحدات الطاقة الكهروضوئية المتكاملة مع المباني واحدة من أسرع القطاعات نموا في الصناعة الكهروضوئية. وقد فتح العقد الماضي الباب أمام عدد لا يحصى من ثورات الأبنية التي تستخدم هذه الوحدات وكذلك المنشآت الأخرى. في كل من المشاريع الجديدة وعمليات التجديد، فان الخلايا الكهروضوئية المتكاملة في المباني تبرهن على أن تكون تكنولوجيا فعالة في الطاقة التي يتم استخدامها في المباني السكنية والتجارية، والصناعية وكذلك هياكل المؤسسات (Strong, 2016).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2.3.2 نبذة عن تاريخ الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى

ظهرت تطبيقات وحدات الطاقة الكهربية في مجال البناء في سبعينيات القرن الماضي. إن وحدات الطاقة الكهروضوئية ذات إطار من الألمنيوم تستخدم في المباني التي عادة ما تكون في مناطق نائية ولا تستطيع الوصول إلى شبكة الطاقة الكهربائية. وفي الثمانينيات، بدأت الوحدة الكهروضوئية المضافة إلي أسطح المباني في الظهور. هذه النظم الكهروضوئية عادة ما تكون مثبتة على الشبكة المتصلة بالمباني في المناطق التي توجد فيها محطات طاقة مركزية. في التسعينيات أصبحت منتجات بناء BIPV والمصممة خصيصا لإدماجها مع غطاء البناء متاحة تجاريا (Eiffert & Thompson, 2000).

3.3.2 مكونات نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى (عبد الحافظ، 2006م)

مكونات نظم الخلايا الكهروضوئية مثل أي مكون نظام كهروضوئي وهي

- الوحدات الكهروضوئية بأي نوع بلورية أو رقيقة أو شفافة أو شبه شفافة أو غير ذلك.
- نظام تخزين الطاقة
- معدات تحويل الطاقة (المحول)
- نظام الدعم أو التعليق المناسب لتثبيت الخلايا مع توصيل الأسلاك وعوازل الأمان

4.3.2 مميزات استخدام نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى

استخدام نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة يؤدي إلي تشييد مباني عصرية جميلة. فمرونة هذه الوحدات من الممكن أن تكون ذخرا لخيال مهندسي المعمار ومن ثم فسوف ينتج عن ذلك مباني أكثر جمالا وفي الوقت ذاته صديقة للبيئة. إن هذا النظام يساعد علي تحسين صورة المبني وكذلك يزيد من قيمته عند إعادة بيعه مرة أخرى.

إن المباني التي تستخدم نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة هي مباني مستدامة وبالتالي هناك عدة مميزات رئيسية تحققها وهي

- زيادة كفاءة استخدام الطاقة، مما يقلل من كمية الطاقة الرئيسية التي يحتاجها المبنى على المدى الطويل.
- واستخدام مواد البناء صديقة للبيئة يمكن إعادة تدويرها، متجددة وغير سامة وبالتالي تقلل من ظاهر الاحتباس الحراري.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- وتتميز الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى بأن قدرتها علي الشفافية يمكن أن تتنوع حسب الرغبة، بحيث يمكن لهذه الوحدات توفير الظل أو أن تكون شبه شفافة (IEA, 2002).
- الكفاءة في استخدام الطاقة وإنتاج الكهرباء لاستخدامها في أمور التدفئة والتبريد وتشغيل أي أحمال أخرى، مما يوفر المال على المدى الطويل، يمكن استخدامها لإنتاج الحرارة مثل عمل السخانات الشمسية وهذا فعال في البلدان الباردة.
- استخدام المواد التي تكون مجدية اقتصاديا للتثبيت والصيانة والاستبدال والإصلاح، على سبيل المثال، يمكن استخدام الحجر المحلي (Local materials) في مبنى جعله أرخص ويقضي على حساب لنقل الحجارة من أماكن بعيدة.
- وحدات نظام BIPV يمكن دمجها مع غلاف المبنى (واجهة ، سقف، كاسرة شمس، مظلة) فتحل محل المواد التقليدية في الأبنية الجديدة وخلق أجواء معتدلة داخلها علي مدار السنة وبذلك توفير تكلفة شراء مواد البناء التقليدية(Strong, 2016).
- تحميهم ضد تقلبات الطقس، وتوفر الظل للحماية من أشعة الشمس وكذلك الحماية من الرياح والأمطار. وبسبب كونها مقاومة كهربائية لذا فيمكنها الحماية من البرق.
- لاختلاف أنواعها وأشكالها فهناك الخلايا الكهروضوئية الشفافة والشبه الشفافة التي تسمح بمرور ضوء الشمس مما توفر إضاءة طبيعية للفراغ الداخلي والمستخدمين.
- تعمل بمثابة عازل صوتي فتحمي من الضوضاء الخارجية، وعازل حراري خلال طبقة الهواء التي تتخلل هذه الوحدات، وخفض تكاليف أحمال التدفئة والتبريد .
- تصميمها مرن مما يزيد من عمر المبنى ويمنع الآثار السلبية التي ينطوي عليها هدم مبنى قديم، وإعادة بناء آخر جديد (Strong, 2016).

5.3.2 عيوب نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى

يمكن تلخيص عيوب نظام BIPV في النقاط التالية: (Santhanam, 2015) و(LOWDER, 2012)

- التكلفة الأولية هي العيب الرئيسي من تركيب نظام الطاقة الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى بشكل عام مقارنة مع الخلايا الكهروضوئية التقليدية بسبب ارتفاع تكلفة تصميمها وتصنيعها وموادها.
- ارتفاع تكلفة العمالة بسبب تقنيات تركيبها.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- من الصعب إعادة ترميم أو تجديد المنازل والمباني القديمة التي تستخدم نظام BIPV نظرا لأن الوحدات الكهروضوئية تكون جزءا من غلاف المبنى.
- إذا تم تركيب الخلايا الكهروضوئية على غلاف المبنى بدون مراعاة وجود فراغ للتهوية بين الوحدات وغلاف المبنى فسيؤدي إلى زيادة درجة الحرارة التي تسبب انحلال اشباه الموصلات للوحدة مما يقل من كفائتها، أكثر انواع نظام BIPV يتم استخدام الشرائح الرقيقة بسبب قلة تأثرها بالحرارة الحرارة مقارنة بالسيليكون ولكن كفاءتها اقل.
- يتأثر إنتاج الطاقة الشمسية بوجود الغيوم أو التلوث الهواء كما ذكر سابقا بسبب تواجدها على عدة أماكن في المبنى وتأثرها بالبيئة المبنية المحيط والأشجار.
- بشكل عام الخلايا الكهروضوئية تنتج طاقة مستمرة يلزم تحويلها إلى تيار متردد بواسطة المحولات مما يسبب فقدان الطاقة من 4-12٪.

4.2 العوامل المؤثرة على كفاءة نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني

كفاءة الخلية الكهروضوئية تتأثر ببعض العوامل الواضحة منها زوايا ميل الخلية بالنسبة للشمس، والاختلافات اليومية والسنوية في الطاقة الشمسية التي تسقط على الخلية. وهناك عوامل أخرى يجب وضعها بعين الاعتبار وهي:

1- الموقع العام

إن للموقع العام تأثير مباشر عند تركيب الخلايا الكهروضوئية في التشكيل المعماري للمبنى القائم أو الجديد، حيث تؤثر المباني المحيطة وكمية الظلال الناتجة عنها على أماكن تركيب الخلايا الكهروضوئية في المباني، وكذلك عناصر اللاندسكيب الموجودة من أشجار. مثلا الواجهة الجنوبية هي أمثل حل لتركيب الخلايا الكهروضوئية إلا أن عناصر اللاندسكيب من أشجار قد تحول دون وصول الأشعة الشمسية. لذلك لابد من دراسة عناصر الموقع العام بالمبنى وإمكانية وصول أكبر قدر من الأشعة الشمسية إلى الخلايا الكهروضوئية لإنتاج أكبر قدر من الطاقة.

2- أماكن التركيب

يتم تحديد أماكن تركيب نظام BIPV لتتعرض لأشعة الشمس بناءا على الطاقة والاحتياجات المعمارية. أنها ليست سوى مواقع مناسبة على المبنى الذي يتم تحديده من

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

التعرض للطاقة الشمسية، والمنطقة المناسبة، وأهداف إنتاج الطاقة، يمثل السطح أكثر مكان مرن لتركيبها ومن ثم على الواجهات. (عبد الهادي، 2012م).

3- زاوية الميل

تعتبر زوايا الميل المثلى من أهم المحددات التي تؤثر بشكل مباشر على التشكيلات المعمارية، وتختلف زوايا الميل المثلى حسب الواجهة المختارة وفصول السنة المختلفة، حيث تؤثر زاوية الميل بشكل كبير على كمية الطاقة الشمسية التي تسقط على الخلايا وبالتالي تؤثر على الطاقة المنتجة.

أكبر قدر من الأشعة الشمسية يمكن الوصول إليه عندما تسقط الأشعة بشكل عامودي على الخلايا. وبالنسبة لأفضل أماكن تحقق زوايا الميل المثلى فتكون الواجهة الجنوبية والأسقف حيث تعطي الواجهة الجنوبية أكبر إشعاع في الشتاء عن الصيف مما ينتج طاقة أكبر للتدفئة في الدول الباردة .أما الدول الحارة مثل دول العالم العربي فيكون العكس والاستهلاك الأكبر صيفا لأحمال التبريد مما يجعل الواجهة الجنوبية مناسبة أيضا.

ونظرا لأن موقع الشمس بالنسبة للأرض يتغير على مدار اليوم كما يتغير بالنسبة لخطوط الطول ودوائر العرض، وكذلك مع تغير فصول السنة الأربعة، لذلك الوضع الثابت للخلايا لا يمكن أن يجمع دائما أكبر قدر من الطاقة، ولكن عند تغير الميل ألياً لمتابعة حركة الشمس مكلفا لدرجة ما ، لذلك في حالة بقاء الخلايا ثابتة فلابد من زيادة مساحة وحدات الخلايا وهذه الطريقة أنسب بكثير وعند تحديد زوايا الميل فمن الأفضل أن يتم الرجوع إلى دوائر العرض للمنطقة الموجود بها المبنى (عبد الهادي، 2012م).

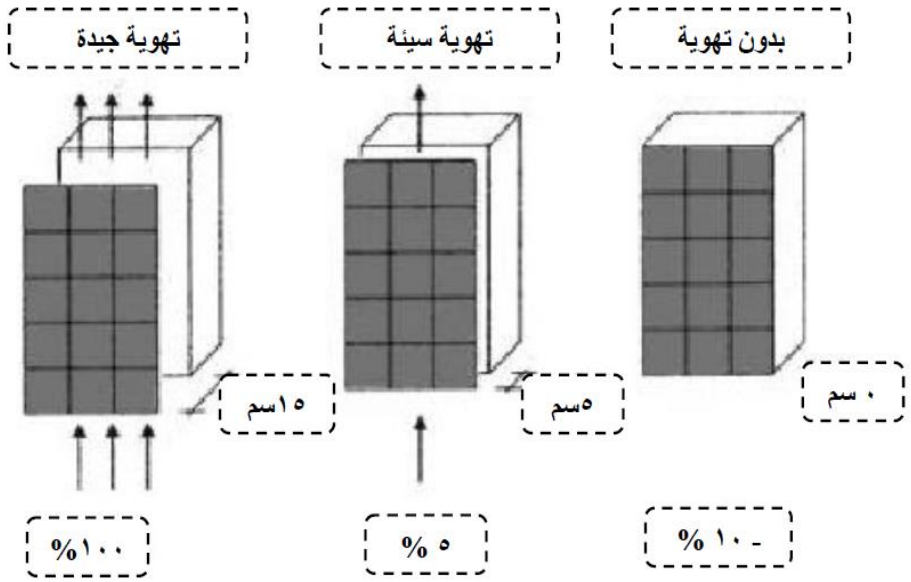
4- الأتربة والغبار:

أثبتت دراسات في سانديبغو بعام 2007 أن الأتربة والغبار من العوامل تقلل من كفاءة النظام الكهروضوئي بنسبة حوالي 7٪ إلى 25٪، قد تساعد الأمطار و التنظيف المستمر على تقليل تراكم الغبار. يمكن أن تتراكم الأتربة والغبار على سطح الوحدة الكهروضوئية وبالتالي الحد من نسبة الأشعة الشمسية الداخلة على النظام. هذان العاملان يرتبطان عادة بالموقع المركب عليهم. ونتيجة لذلك المناطق الصناعية والتجارية والزراعية والحضرية هي أكثر عرضة للتأثير الغبار والأوساخ والثلوج تشكل نفس المشكلة حيث تقلل من كفاءة النظام وتحد من كمية الطاقة الشمسية الممتصة (Gregg et.al, 2003).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5- تهوية النظام

تهوية نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى مهمة في حالة كانت الخلايا مصنعة من السيلكون البلوري، لأن فعالية النظام وكفاءته تتأثر إن كانت درجة الحرارة مرتفعة وغير مهواة كما يوضح الشكل أدناه (2.6)، أما لو كانت الخلايا الكهروضوئية مصنعة من خلايا غير متبلورة أو خلايا ذات شرائح رقيقة فلا يتأثر النظام بارتفاع درجة الحرارة وبالتالي لا تتأثر كفاءة توليد الطاقة. (Xianyou& Xiaodong, 2010)

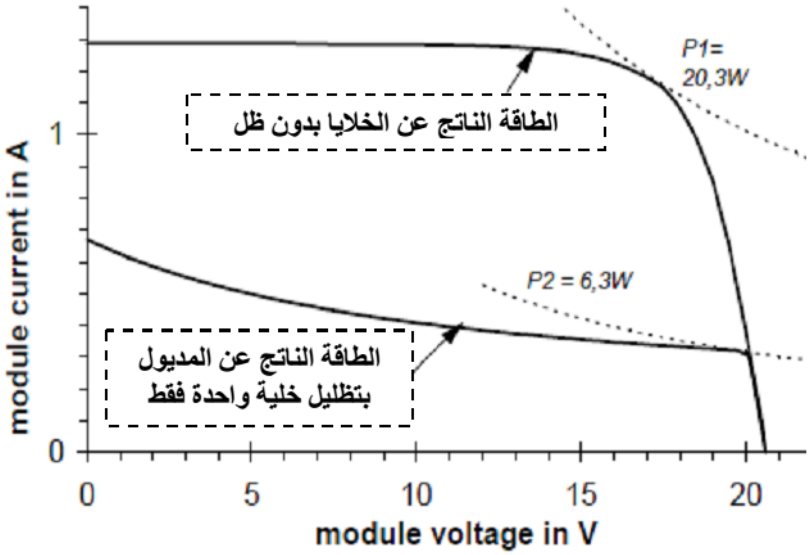


شكل (2.6): أثر التهوية على فعالية نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى وكفاءتها
(**المصدر**: عبد الهادي، 2012م)

6- الظلال

الظلال لها تأثير كبير على أداء النظام الكهروضوئي، ومشكلة الظلال تنجم بكثرة في المباني متعددة الطوابق لأنها تقع أساسا في المناطق الحضرية (المناطق المحاطة بالمباني الشاهقة) أو حولها أشجار ترمي ظلها عليها. ولأن الخلايا الكهروضوئية هي جزء يكمل النظام بتكرارها فإن تظليل طفيف يمكن ان يسبب مشكلة كبيرة. يوضح المثال التالي كيف أن الظل يؤثر على أداء النظام فمثلا وحدة كهروضوئية بها 36 خلية تنتج 40 واط ممكن أن تنتج 10واط إذا ما تعرضت خلية واحدة كاملة للتظليل التام كما يوضح الشكل (2.7) أدناه، ومشكلة الظلال أقل تأثيرا بالنسبة للخلايا ذات الشرائح الرقيقة.(عبد الهادي، 2012م).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (2.7): أثر تعرض الخلايا الكهروضوئية للظلال على كفاءة عملها
(المصدر: عبد الهادي، 2012م)

الشركات المصنعة لهذه النظم خففوا من تأثير التظليل بإضافة صمام التفافي The bypass diode عبر كل خلية، يساعد الصمام الالتفافي على منع التيار من الخلية المظللة. ومع ذلك فإنه ليس من العملي وضع صمام التفافي عبر كل خلية لذلك قامت بتزويد كل وحدة كهروضوئية بواحد أو اثنين من هذا الصمام (Kayal, 2009).

5.2 أساليب تكامل الخلايا الكهروضوئية مع المباني

ترتبط الوحدات الكهروضوئية مع المباني إما مع المبنى نفسه أو مركبة في مكان قريب على الأرض. ويتم وضعها في المباني إما على السقف أو على الجدران ويمكن أن تكون هذه الوحدات من الخلايا الكهروضوئية مفصولة عن المبنى أو مرتبطة مع المبنى عن طريق أسلاك لتوفير الطاقة للمبنى. تدمج الخلايا الكهروضوئية بشكل متزايد في مختلف أنواع المباني كمصدر رئيسي للكهرباء ويتم دمجها بشكل متكامل في سقف أو جدران المبنى. وقد ظهرت دراسة لعام 2011 باستخدام التصوير الحراري أن الألواح الكهروضوئية التي تحتوي على فجوة تمكن من انتقال الهواء خلالها ممكن أن تؤدي إلى تبريد المباني خلال النهار وكذلك الحفاظ على درجات الحرارة في أثناء الليل.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1.5.2 طرق دمج الخلايا الكهروضوئية في المباني (Fuentes, 2007)

ويمكن دمج أنظمة الطاقة الكهروضوئية في المباني إما عن طريق التراكب – حيث يركب النظام على غلاف المبنى الحالي، أو التكامل – حيث يشكل النظام جزءا من غلاف المبنى.

أولا: التراكب "Superimposed"

طريقة مناسبة في حالة المباني القائمة، يتم تركيب الوحدات الكهروضوئية على الهيكل مثل: سقف أو غلاف المبنى أو كليهما . ولا يوجد توفير في استخدام مواد البناء في هذه الحالة، لأن المواد الموجودة ستكون أسفل الوحدات ولا يتم استبدالها . ولا يزال بالإمكان مع طريقة التراكب تحقيق التكامل المعماري كما يمكن أن تكون المباني جذابة وهذا ما يسمى بالتكامل المعماري " Architectural Integration ".

ثانيا: التكامل "Integration Method"

في هذه الطريقة تكون الوحدات الكهروضوئية كعنصر معماري فضلا عن وسيلة لتوليد الطاقة. وهذه الطريقة مناسبة للمباني الجديدة. حيث يتم استبدال العناصر البناء التقليدية بالوحدات الكهروضوئية. ويمكن تخفيض تكلفة مواد البناء التقليدية التي تحل محلها كبلاط السقف أو الطوب أو الزجاج. وبذلك يجب أن تتكامل الخلايا مع المبنى في المراحل الأولي للتصميم وإضافتها بشكل يحقق الجمال والوظيفة وهذا ما يسمى ببناء متكامل " Building Integration"، هذا النوع من التكامل يفتح الباب واسعا أمام المعماريين لحرية الإبداع في التشكيل مع المبنى.

2.5.2 أماكن تكامل أنظمة الخلايا الكهروضوئية في المباني

يمكن دمج الأنظمة الكهروضوئية في جميع مكونات المبني من أسقف وواجهات وحتى التفاصيل المعمارية بطرق عدة مشكلة جزء من غلاف المبنى الخارجي لتولد الكهرباء وبنفس الوقت مادة إنهاء خارجية .

هناك ثلاثة أشكال أساسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية في المباني:

- الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع الأسقف.
- الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع الواجهات.
- الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع العناصر المعمارية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أولا: الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع الأسقف.

يمكن دمج نظام الكهروضوئية في الأسقف بطريقتين إما أن يكون النظام المتكامل جزءا من غلاف المبنى الخارجي أو أن يتم تركيب النظام على المواد العازلة في الأسقف، الطريقة الأخيرة محببة للمباني القائمة ذات أسطح بمساحات كبيرة. إن استخدام الوحدات الكهروضوئية كغطاء للسقف يقلل من كمية مواد البناء اللازمة، وهو أمر هام جدا لبناء مستدام ويمكن أن يساعد على خفض التكاليف.

تشكل الأسقف عامل جذب لمثل هذه الأنظمة لعدة أسباب:

1- غالبا ما تكون مناطق معرضة لأشعة الشمس وخالية من التظليل.

2- إمكانية الحصول على أداء عالي للنظام بسبب سهولة التحكم بزاويا ميل الأسقف لتناسب موقع الشمس (السقف مائل).

3- سهولة تركيب هذه الأنظمة وبعيدة عن الاعتداء والتخريب لبعدها.

4- قد يكون من الأسهل دمج الخلايا الكهروضوئية في الأسقف من الحوائط لتحقيق الجمال والوظيفة.

5- تركيب النظام على الأسقف لا يشكل وزن إضافي على المبنى باعتباره من مكونات السقف.(Best Practice Guide, 2010) و(محيسن،2006م)

تتكامل أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف بعدة أشكال كالتالي:

أ. أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف المستوية

تمتلك الأسقف المستوية ميزة استقبال أكبر قدر من أشعة الشمس فإن فعالية النظام من حيث توليد الطاقة تكون عالية مع توجيه الخلايا نحو الاتجاه المناسب للشمس ويتم التحكم في زاوية الميل لتشكيل الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف المستوية في حالتين

- بدون زاوية ميل فينتج سقف كهروضوئي أفقي، في هذه الحالة الأسقف لا تلعب دور ايجابي في تعزيز الشكل الجمالي للمبنى لعدم مرئيتها وأيضا من ناحية توليد الكهرباء تقل فعاليتها لعدم ميلها.
- بزاوية ميل على شكل مصفوفات متتالية مع مراعاة عدم سقوط الظل على الخلايا (كاسرات مائلة). في هذه الحالة خيارات التكامل تكون مناسبة وتعزز التكامل المعماري مع المبنى وتحقق الجمال والوظيفة (عبد الهادي، 2012م).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

في كلا الحالتين يجب دراسة اتجاه الرياح وشدتها ودراسة الحمل الناتج من هذه الأنظمة ليتوافق مع النظام الإنشائي للأسقف.

وبما أن نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى عن طريق وضعها على الأسقف المستوية عادة ما تكون غير ظاهرة في الشكل الخارجي للمبنى ولكن تظهر في الفراغات الداخلية فالاهتمام بالجزء الجمالي بالنسبة للخارج يكون أقل (Basnet, 2012)، يوضح شكل (2.8) أشكال تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الأسقف الستوية.

ب. أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف المائلة

تعتبر الأسقف المائلة مكانا نموذجيا لتركيب الخلايا الكهروضوئية لو كانت الأسقف باتجاه الجنوب أو الجنوب الغربي لكفاءتها بتوليد الكهرباء لتعرضها لأشعة الشمس طوال اليوم أكثر من الواجهات الأخرى وهذا يثبت مرونة الوحدات في تكاملها مع غلاف المبنى (Solstice energy ,2012)، انظر شكل (2.8).

وتركب الوحدات على الأسقف المائلة بسهولة دون الحاجة إلى استخدام الهياكل المائلة المستخدمة في الأسقف الأفقية، كما أن الأسقف المائلة تسهل عملية تنظيف الوحدات وتمنع تجمع المياه والثلوج عليها ويفضل أن لا يكون هناك مسافات فاصلة بين الوحدات لمنع تجمع الأتربة أو أي معيق يحول دون التعرض لأشعة الشمس (خطيب، 2015م).

الوحدات الكهروضوئية تتكامل بطريقتين مع الأسقف المائلة

1- إضافتها كمواد بدل مواد الإنهاء الخارجية للسقف

2- إضافتها فوق مواد الإنهاء الخارجية

ج. أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف المسننة

إن الأسقف المسننة تمثل جزء هام من تصميم السقف فيتم وضع الوحدات بالاتجاه الجنوبي الذي يستقبل أكبر كمية ممكنة من الطاقة الشمسية بينما الأسقف بالاتجاه الشمالي تفتح أو تكون عبارة عن زجاج يسمح بمرور الإضاءة الطبيعية خلال النهار وتحمي من أشعة الشمس المباشرة، وبالتالي تقلل من أحمال (Basnet, 2012)، كما يوضح شكل (2.8).

وتتميز الأسقف المسننة بثلاث أبعاد أساسية لنجاح التكامل الكهروضوئي مع المبنى

1- تركب وتثبت بسهولة وبأقل التكاليف

2- تعزيز الراحة الداخلية للفراغات من خلال استغلال الفتحات الشمالية لدخول الهواء أو الإضاءة أو الاثنان معا.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3- كفاءة استخدام الطاقة الشمسية (عبد الحافظ، 2012م).

د. أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع أسقف القرميد

لزيادة توليد الطاقة الكهربائية تتوفر خلايا كهروضوئية من وحدات نمطية بأشكال وألوان وتفاصيل جمالية تشبه القرميد بالإضافة إلى الخصائص الإنشائية والحرارية من عدم نفاذيتها للمياه، مما يحدث تجانس بين الحديث المتمثل في الوحدات والقديم المتمثل بالسقف القرميدي التقليدي. تنتشر هذه الأسقف غاليا في المباني القديمة للحفاظ على الطابع والتراث مع مواكبة التطور التقني وتحقيق أهداف التنمية المستدامة (Horizon Renewables, 2010)، انظر شكل (2.8).

هـ. أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف السماوية

أدى التطور التقني في صناعة الخلايا الكهروضوئية إلى إمكانية استخدامها في تغطية الفراغات المفتوحة للسماء (الأفنية)، مما فتح آفاق واسعة لفكر المعماري لكيفية توظيفها بحيث تجمع هذه الأسقف بين ميزة إمكانية إمداد إضاءة طبيعية للداخل وكذلك تغطية الفراغ وتوليدها للطاقة الكهربائية. يتم تثبيت الوحدات بسهولة على دعامات هيكلية. (Masson, Latour , Rekinger , Theologitis , &Papoutsi , 2016).

وتستخدم الوحدات الكهروضوئية الشفافة كمواد تسقيف كعازل للمياه وعازل للحرارة خاصا في الصيف لتجنب ارتفاع درجة الحرارة المسببة عدم ارتياح حراري وتحول ضوء النهار لكهرباء أيضا. الخلايا الكهروضوئية تمتص 70-80٪ من أشعة الشمس. فالفضاء بين الخلايا ينقل ضوءا كافيا منتشرا بما فيه الكفاية لتحقيق مستوى إضاءة لطيف في المنطقة من خلال السقف المزدوج المزجج (Basnet, 2012).

و. أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف المنحنية

مرونة الوحدات الكهروضوئية أمكنها أن تكون تركب على الأسقف المنحنية والمقوسة بتركيبها بشكل مقوس وهذا يسمح بحرية إضافية في التصميم المتكامل، انظر شكل (2.8) الخلايا الكهروضوئية الرقيقة "Thin film" تعتبر الأنسب في إمكانية استخدامها على الأسطح المنحنية لمرونتها وخفتها وقابليتها للطي وبإمكانها أن تحل محل مواد الإنهاء الخارجية وتعتبر عازل جيد للماء وتتوفر كوحدات بأبعاد معينة أو لفائف يصل عرضها إلى 1.5م وبطول 12م بلون أزرق وهناك أنواع لها ميزة عكس ألوان الطيف بشكل خفيف عند سقوط أشعة الشمس عليها(خطيب، 2015م).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف المستوية بزاوية ميل

أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف المائلة لأحد المنازل في بريطانيا

أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف المسننة

أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع أسقف القرميد

أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف السماوية في مبنى في كندا

أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف المنحنية لمبنى في بريطانيا

شكل (2.8): الأشكال المختلفة لتكامل أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الأسقف

(**المصدر**: Pinterest, 2017)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ثانيا: الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع الواجهات.

تتكامل الوحدات الكهروضوئية مع المباني بصورة أكبر من أنواع التكامل الأخرى، وبسبب كبر مساحتها أمكن استغلالها لتوليد الطاقة الكهربائية مع دراسة التوجيه الأنسب لاستقبال أشعة الشمس ودراسة البيئة المحيطة بسبب الظلال الناجمة عنها .

تعتبر الواجهات أكثر العناصر المعمارية الخارجية المعرضة لأشعة الشمس كما أنها تتميز بمرئيتها (محيسن،2006م).

زاوية الميل بالنسبة لوحدات الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع واجهات مبنى تتراوح بين 75-105 درجة(عبد الحافظ، 2006م)

بسبب التطور التقني في تصنيع الخلايا الكهروضوئية وتوافرها بأحجام وتشكيلات وألوان متعددة أمكنها أن تتكامل مع الشكل المعماري للمبنى كجزء لا يتجزأ منه وتعزز قيمته الجمالية والبيئة، بالإضافة إلى أنها لا تؤثر على النظام الإنشائي للمبنى، وممكن الاستعاضة عنها بدل مواد الإنهاء الخارجية بجانب إنتاجها للطاقة ومقاومتها للعوامل الجوية الخارجية، ويمكن أن تكون مفتوحة أو مغلقة كي يسهل التحكم بالهواء الداخلي، وتعتبر سهلة التركيب والتنفيذ وبذلك تعتبر هذه الوحدات المتكاملة مع الواجهات متعددة الوظائف (Wolter, 2003).

ينبغي أن تكون الوحدات المستخدمة في الواجهات مقاومة للحرائق وصلبة وذات متانة عالية لحمايتها من التخريب، وفي الوحدات المؤطرة يفضل استخدام مواد خفيفة الوزن ذات أطر مصنوعة من مواد متينة. وهناك انواع مختلفة من الوحدات مثل الوحدات الكهروضوئية المزججة أو المؤطرة أو غير المؤطرة ويتم استخدام مواد ربط (حشوات) ما بين الفراغات لإغلاق الفجوات. ويمكن أن تكون شفافة أو معتمة الشكل (خطيب، 2015م)

أ. الحوائط الرأسية

تغطي الوحدات الكهروضوئية واجهة المبنى بأكمله أو جزء منه وأحيانا تكون طبقة ثانية على طبقة أولى داخلية تحتوي على مواد عازلة ومانعة لتسرب المياه أو تكثفه ، وينبغي أن تكون هذه الطبقة محكمة السد، والفراغات الهوائية فيها تكون مغلقة، كما أن الواجهات غير المعرضة للتهوية تعتمد على أنواع الخلايا التي تتحمل درجات الحرارة العالية مثل Poly Crystalline Silicon، ومن طرق تركيب الوحدات على واجهات المباني بأن توضع مقاطع من الألمنيوم على الواجهة لتستند عليها الوحدات أو أن تكون المقاطع مثبتة مسبقا على الوحدات الكهروضوئية وفي هذه الحالة تكون الوحدات معرضة للتهوية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تتميز الوحدات الكهروضوئية المتكاملة مع الحوائط الرأسية بسهولة تركيبها وعدم تأثيرها على الهيكل الإنشائي بشكل كبير (خطيب، 2015م).

ب. الحوائط المتدرجة(المسننة)

تتميز الوحدات الكهروضوئية المتكاملة مع الحوائط المتدرجة أو المسننة بأداء الشمسي الجيد في التوجيه ناحية الأشعة الشمسية، كذلك إيجاد مجموعة من الأركان ممكن استخدامها كنوافذ يمكن فتحها (عبد الهادي، 2012م).

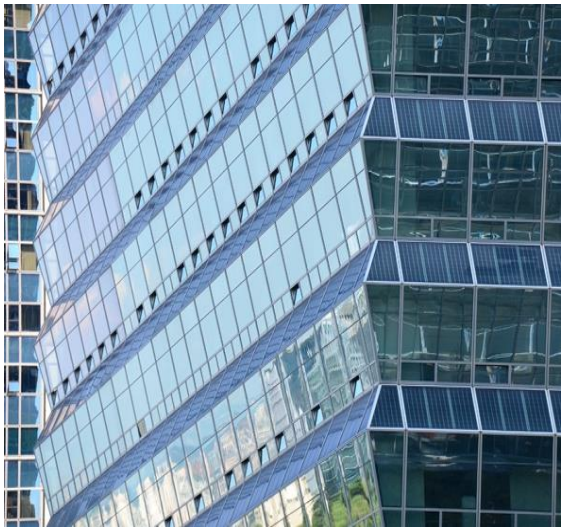
ج. الحوائط المائلة

الحوائط المائلة بالاتجاه المناسب للشمس هي الأنسب لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع المبنى لسببين لاستقبال أكبر كمية من الإشعاع الشمسي بالإضافة إلى شكلها الجذاب الذي يعطي للمبنى أناقة ورونق، تركب الخلايا على الحوائط المائلة أو تركب بشكل مائل لو كان الحائط رأسي (Basnet, 2012).

د. الحوائط المنحنية

الوحدات الكهروضوئية المتكاملة مع الحوائط المنحنية يثبت مدى التطور التقني والقدرة على مرونة تشكيلها وبذلك عدم تقيد المعماري بأشكال جامدة. شكل (2.9) يوضح أشكال تكامل الوحدات الكهروضوئية مع الواجهات

أنظمة الوحدات الكهروضوئية في الحوائط الرأسية لأحد المنازل في ألمانيا



أنظمة الوحدات الكهروضوئية في الحوائط المتدرجة في مبنى اتحاد الصناعات الكورية في كوريا الجنوبية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أنظمة الوحدات الكهروضوئية في الحوائط المائلة كما في مركز المهني في أستراليا

أنظمة الوحدات الكهروضوئية في الحوائط المنحنية في مركز أوبتيك في بريطانيا

شكل (2.9): الأشكال المختلفة لتكامل أنظمة الوحدات الكهروضوئية مع الواجهات
(المصدر: Pinterest, 2017)

ثالثا: الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع العناصر المعمارية الأخرى

تكامل الوحدات الكهروضوئية لا يقتصر على الواجهات أو الأسقف والمسطحات الكبيرة بل يمكن أن تدخل في التفاصيل المعمارية مثل النوافذ وكاسرات الشمس والمظلات وفي درابزين الحماية .

أ. الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع الفتحات

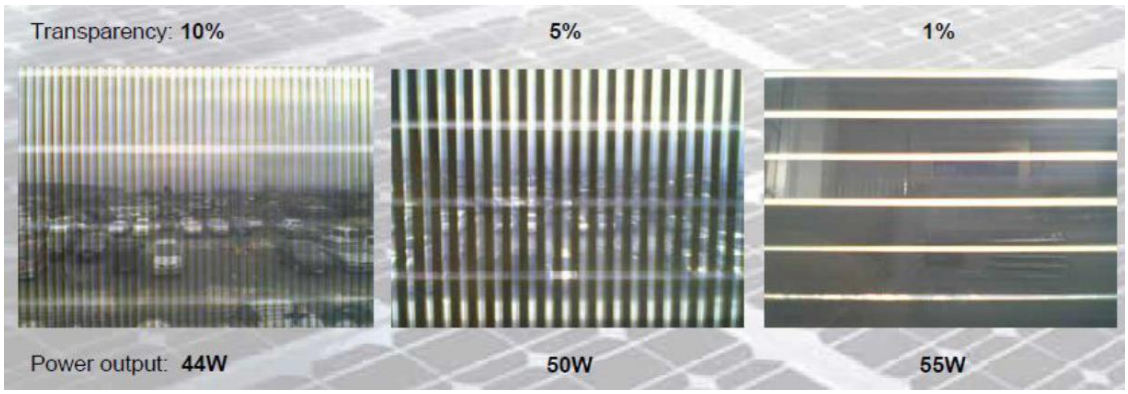
يتم استخدام الزجاج التقليدي للفتحات وتم تطوير خواصه لتتناسب مع الظروف المناخية المحيطة بالمبنى، ولكنه مكلف. يمكن استخدام تقنية الزجاج الكهروضوئي بدل الزجاج التقليدي الذي يعطي نفس الخواص الفيزيائية، حيث يسمح بنفاذ الضوء باستخدام الأنواع الشفافة بالإضافة إلى توفر أنواع شبه شفافة منه أو غير شفافة (غير نافذة للضوء) حسب رغبة المعماري ولكن تتأثر كفاءة الخلايا كلما زادت درجة شفافيتها، كما يبين الشكل أدناه (2.10).

يمكن تلخيص مميزات الزجاج الكهروضوئي كالتالي

- مادة بناء حديثة تعمل على تقليل التكاليف الإنشائية وآمنة ويمكن إعادة استخدامها
- يوفر الحماية من حدة أشعة الشمس المباشرة

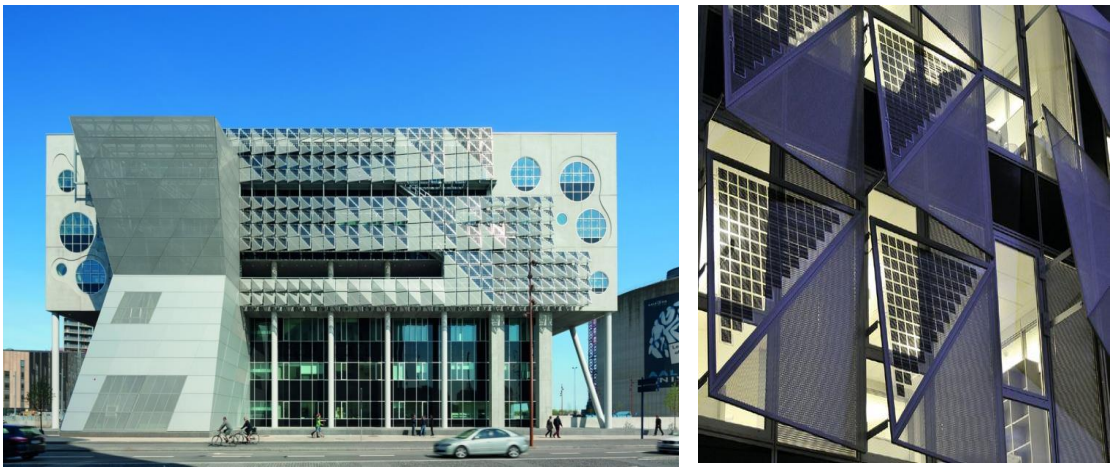
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- يولد طاقة كهربائية بمقدار 45–60 واط/م^2
- يخفض من الاكتساب الحراري والأشعة فوق البنفسجية
- يتوفر بتشكيلات ومقاسات وألوان مختلفة (عبد الهادي، 2012م)



شكل (2.10): تأثير درجة شفافية الوحدات الكهروضوئية على كفاءة عملها

(**المصدر**: عبد الهادي، 2012م)



شكل (2.11): استخدام الزجاج الكهروضوئي بدلا من الزجاج العادي للفتحات في مبنى الموسيقى في استراليا

(**المصدر**: عبد الهادي، 2012م)

يعرض شكل (2.11) لنماذج تطبيق الأنظمة الكهروضوئية مع الفتحات وفيها يتم تركيب النوافذ بدل الزجاج التقليدي في شبابيك الألمونيوم وتكون شفافة وبألوان جميلة ومختلفة وتعطي ظلال وإضاءة مميزة داخل الفراغ الداخلي (خطيب، 2015م).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ب. الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع كاسرات الشمس

الاتجاه الجديد في تصميم فتحات كبيرة أدى إلى زيادة الاهتمام بتصميم الكاسرات، وتعتبر الكاسرات أكثر العناصر المستدامة لاستخدامها في تظليل المبنى وإعطاء شكل جمالي وغير أنها لا تشكل وزن إضافي على النظام الإنشائي. وتكون الكاسرات الكهروضوئية بهيئة وحدات كهروضوئية ذات شرائح طولية، وتركب بالاتجاهين الرأسي والأفقي، الرأسي لصد الإشعاع منخفض الزاوية، والأفقي لصد الإشعاع عالي الزاوية .

نركب الوحدات علة الكاسرات المبنية من المواد التقليدية أو تحل مواد البناء فتوفر من تكلفة شرائها، وتعمل على التقاط أشعة الشمس لحجبها عن المبنى وتوليد الكهرباء وتخفيض أحمال التبريد غير المرغوب بها (خطيب، 2015م).

وبذلك تعمل هذه الوحدات دور مزوج في توليد الطاقة للمبنى والحماية من دخول أشعة الشمس الغير مرغوب فيها كما هو مبين في شكل (2.12).

شكل (2.12): استخدام الوحدات الكهروضوئية ككاسرات شمس كما في مركز شايدجر في السويد

(المصدر: Pinterest, 2017)

ج. الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع التراسات والبلكونات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تركب الوحدات الكهروضوئية على أطر معدنية لتشكل مظلات للتراسات أو البلكونات وتركب أيضا كدرابزين وممكن أن تحل محل مواد البناء وبذلك إعطاء منظر حديث وجمالي (خطيب، 2015م)، انظر إلى الشكل (2.13) والشكل (2.14).

شكل (2.13): استخدام الوحدات الكهروضوئية كمظلات للتراسات والبلكونات

(**المصدر**: Pinterest, 2017)

شكل (2.14): استخدام الوحدات الكهروضوئية في درابزين التراسات والبلكونات

(**المصدر**: Pinterest, 2017)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

6.2 الخلاصة

الاعتماد على الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة الكهربائية هو الحل الأمثل للحصول على طاقة مجانية وصديقة للبيئة، لذلك فإن تم تزويد أسطح المباني بمختلف استخداماتها بمجموعة من الخلايا الكهروضوئية يمكن الحصول على طاقة كهربائية بشكل مجاني وكافي لمتطلبات الحياة اليومية.

وقد استعرض هذا الفصل نظام الخلايا الكهروضوئية المتكامل مع المبنى وتوصل إلى أن هذا النظام يجب أن يكون جزءا من نهج شامل بالنسبة للمهندسين المعماريين، حيث إن أنظمة BIPV في المباني يمكن أن توفر جزءا كبيرا من احتياجات المبنى من الطاقة إذا تم تصميم المبنى بالطريقة الصحيحة من خلال نهج شامل، ودمج هذه النظم لا يعني فقط استبدال مواد البناء التقليدية، ولكن أيضا دمجها جماليا في التصميم وهذا ما يسمى بالتكامل المعماري. هذه الخلايا تتكامل مع المبنى كعناصر تكسية (في الواجهات) أو دمجها في السقف أو بأي عنصر من مكونات البناء (التفاصيل المعمارية) مثل المظلات وكاسرات الشمس والنوافذ وغير ذلك، وستعرض الدراسة في الفصل التالي إلى واقع الطاقة الكهربائية في قطاع غزة وأثرها على أداء مبانيها خاصة مباني المدارس، والتطرق إلى تطبيق الخلايا الكهروضوئية في مبانيها لحل أزمة انقطاع التيار الكهربائي المتواصل.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصـل الثالث

الطاقة في قطاع غزة وتأثيرها على أداء المباني المدرسية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الثالث

واقع الطاقة في قطاع غزة وتأثيرها على أداء المباني المدرسية

1.3 المقدمة

تعد المباني المدرسية من أهم المرافق العامة في الحياة اليومية لأي مجتمع، كونها تشكل مصدرا أساسيا في تعليم الإنسان وثقافته وتقدمه وحضارته. وقد أكدت عدة دراسات على تأثير مبنى المدرسة على العملية التعليمية، وجودة التعليم، وأهمية الارتقاء بنوعية المباني المدرسية لتأثيرها المباشر في تعليم الطلاب وتربيتهم. ويرى الباحثون أن المؤسسات التعليمية التي تهتم بمباني مدارسها من حيث تخطيطها وتصميمها وتنفيذها وتجهيزها بما يواكب احتياجات العصر ستنتج مدارس أكثر نجاحا وتخرج أجيالا أكثر كفاءة. وإن تزايد المشكلات الاقتصادية والاجتماعية عزز بناء مباني مدرسية ملائمة بيئية ومجهزة بكافة وسائل الراحة (Nair,2006) و(الشلبي، 2012م).

ستتعرض الدراسة في هذا الفصل إلى واقع التعليم في قطاع غزة والتركيز على المدارس الحكومية حيث يتم عرض احصائيات حول عددها وعدد طلابها وملكيتها وفترات الدوام، والتطرق للأنماط الشكلية لمباني المدارس الحكومية، ومن ثم الانتقال إلى عرض أهم الاحتياجات التخطيطية والتصميمية للمدارس الحكومية المتعلقة باستخدام الطاقة، ومناقشة التحديات التي يواجهها برنامج التربية والتعليم بسبب أزمة توفر الطاقة ومن ثم دراسة واقع الطاقة القطاع وفي المباني المدرسية للوصول فيما بعد عن كيفية توفير الطاقة الكهربائية تبعا لواقع قطاع غزة واستغلال الطاقة الشمسية من خلال تطبيق نظام الخلايا الكهربائية المتكاملة مع المباني المدرسية.

2.3 نبذة عن قطاع غزة

قطاع غزة جزء من فلسطين التاريخية، تم احتلال جزء كبير من الأراضي الفلسطينية عام 1948 ثم احتل الاحتلال الإسرائيلي ما تبقى من تلك الأرض عام 1967، وتم عزل قطعة الأرض الصغيرة (قطاع غزة) التي لم تكن تفصلها حدود وأسيجة عن مدن النقب، فأصبحت محاصرة بين البحر والأراضي المحتلة من قبل الاحتلال الإسرائيلي عام 1948.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1.2.3 الموقع الجغرافي

يقع قطاع غزة في المنطقة الجنوبية من ساحل فلسطين التاريخية على البحر المتوسط، د القطاع عبارة عن شريط ساحلي ضيق يقع شمال شرق شبه جزيرة سيناء ويشكل تقريبا 1.33% من مساحة فلسطين التاريخية الممتدة من النهر إلى البحر، حيث يمتد من الشمال على الجنوب لمسافة 454كم، وأقصى اتساع له يتراوح بين 6-12 كم، وتبلغ مساحته 360كم²، أما حدود القطاع فيحده البحر الأبيض المتوسط من الغرب، ومصر من الجنوب، أما الحد الشمالي والشمال الشرقي والشرق والجنوب الشرقي الذي يعرف بالخط الأخضر تكون أراضي 48 (صالحة، 1997م).

يتصل القطاع مع العالم الخارجي عن طريق مجموعة من المعابر البرية التي تقع بين حدود قطاع غزة وبين اراضي 1948 المحتلة، وهي حسب موقعها من الشمال إلى الجنوب معبر بيت حانون أو ما يسمى بمعبر إيرز، ومعبر الشجاعية، ومعبر المنطار (يسمى ايضا بمعبر كارني)، ومعبر القرارة، ومعبر صوفا، و معبر كرم أبوسالم، وأخيرا معبر رفح الذي يصله مع مصر. غزة هي كبرى مدن قطاع غزة وثاني أكبر مدينة فلسطينية بعد القدس، وتقع في الشمال، وقطاع غزة اكتسب هذه التسمية من مدينة غزة. ويقسم القطاع إداريا على خمس محافظات كما يبين شكل (3.1) وهي محافظة غزة، ومحافظة الوسطى، ومحافظة خانيونس، ومحافظة رفح، ومحافظة الشمال (عويضة، 2010م).

شكل (3.1): خريطة فلسطين توضح الموقع الجغرافي لقطاع غزة وأهم مدنه ومعابره

(المصدر: ويكيبيديا، 2010، تعديل الباحثة)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2.2.3 عدد السكان

يبلغ عدد سكان قطاع غزة في جميع محافظاتها 2 مليون وخمسة عشر ألفا وست وأربعون نسمة بنسبة 50.66% ذكور، و49.34% إناث (وزارة الداخلية والأمن الوطني، 2017م)، وبكثافة سكانية 5154 نسمة لكل كيلو متر مربع، أغلب عدد سكان القطاع هم من لاجيء حرب 1948م ومتواجدين في مخيمات القطاع من شماله لجنوبه وهي مخيم جباليا، ومخيم الشاطيء، ومخيم البريج، ومخيم، ومخيم المغازي، ومخيم النصيرات، ومخيم دير البلح، ومخيم خانيونس، ومخيم رفح (جهاز الاحصاء المركزي الفلسطيني، 2017م).

وأظهرت إحصائية الأحوال المدنية أن قطاع غزة يشهد شهريا حوالي 5آلاف مولودا جديدا، فيما يشهد القطاع سنوياً تسجيل أكثر من 53 ألف مولود جديد. وأن 82 % من سكان قطاع غزة أقل من 40 عاما (هم من فئة الأطفال والشباب) حيث أكثر من 945 ألف نسمة من سكان القطاع غزة أعمارهم من يوم إلى 18 عاما (وزارة الداخلية والأمن الوطني، 2017م) مما يتطلب اهتماما متزايدا بالتعليم المدرسي.

3.3 واقع قطاع التعليم في قطاع غزة

يعد قطاع التعليم العام أحد أهم القطاعات في المجتمع الفلسطيني، فالتعليم يمثل أحد اللبنات الاساسية لبناء المجتمع، فكلما كان هذا الأساس قويا انعكس ايجابا على تقدم وتحضر ورفاهية المجتمع (عبد الكريم، 2010م).

إن وزارة التربية والتعليم تنفق ما يقارب عشرين مليون دولار سنويا على إنشاء مباني مدارس جديدة وترميم وصيانة القائم منها، ومع ذلك المجتمع الفلسطيني والطلاب غير راضيين عن أداء مدارسهم لعدم تحقيقها رغباتهم ولا تواكب تطور المنهاج التعليم والعصر التكنولوجي (سعادة، 2014م).عانى قطاع التربية والتعليم من الممارسات الإسرائيلية القمعية، لدوره المؤثر الذي يلعبه هذا القطاع في تاريخ الشعب الفلسطيني لما له من حضور موصول في تاريخ القضية الفلسطينية منذ ظهرت وحتى اليوم، و لما له من دور في مستقبل الشعب الفلسطيني وطموحاته الوطنية في الاستقلال، وإقامة دولته، ووضع أسس بناء الدولة المنشودة (وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية، 2010م).

وتشرف وزارة التربية والتعليم العالي في فلسطين على التعليم العام في المدارس الحكومية، والمدارس التابعة لوكالة غوث اللاجئين والمدارس الخاصة، وكذلك تشرف الوزارة على التعليم العالي في الكليات والجامعات الفلسطينية (وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية، 2017 م).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1.3.3 نظرة عامة على المدارس في قطاع غزة إحصائيا

تم إنشاء العديد من المباني المدرسية في قطاع غزة في السنوات الأخيرة، والتي تبدو هذه المباني للوهلة الأولى أنها تفي بجميع المتطلبات الوظيفية والتربوية الحديثة، لكن في الحقيقة أن المصممين المعماريين الذين قاموا بإعداد تلك المخططات سواء كانوا من داخل القطاع أو من خارجه بتمويل من الدول المانحة قد أولو الأهمية أثناء التصميم لعامل الاقتصاد (النمرة، 2004م).

منذ عام 2001-2013 ازدادت عدد المباني المدرسية بوتيرة غير متناسقة وذلك ابتداء من انتفاضة الأقصى عام 2000 مرورا بالحصار على القطاع عام 2006، ومن ثم حرب عام 2008-2009، وبعدها حرب 2012م، وحرب 2014م. كل ذلك أدى إلى نقص في عدد أبنية المدارس نتيجة لتدميرها، أو تأخر في بناء المدارس الجديدة نتيجة لمنع دخول مواد البناء الأساسية لمدة ثلاث سنوات متتالية.

وتشير الإحصائيات من بيانات المسح السنوي التي تقوم بها وزارة التربية والتعليم سنويا والتي آخرها في عام 2017/2016 أن هناك 497 مبنى مدرسي في قطاع غزة موزعين على النحو الآتي (وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية، 2017):

- 271 مبنى مدرسي تابع لوزارة التربية والتعليم العالي بنسبة بلغت 54.53%
- 171 مبنى مدرسي تابع لوكالة الغوث بنسبة بلغت 34.40%
- 55 مبنى مدرسي تابع للقطاع الخاص بنسبة بلغت 11.07%.

أما عدد المدارس فكانت 714مدرسة موزعين على النحو الآتي(انظر إلى جدول(3.1)):

- 392 مدرسة تشرف عليها وزارة التربية والتعليم العالي بنسبة بلغت 54.53%
- 267 مدرسة تشرف عليها وكالة الغوث بنسبة بلغت 34.40%
- 55 مدرسة يشرف عليها القطاع الخاص بنسبة بلغت 11.07%

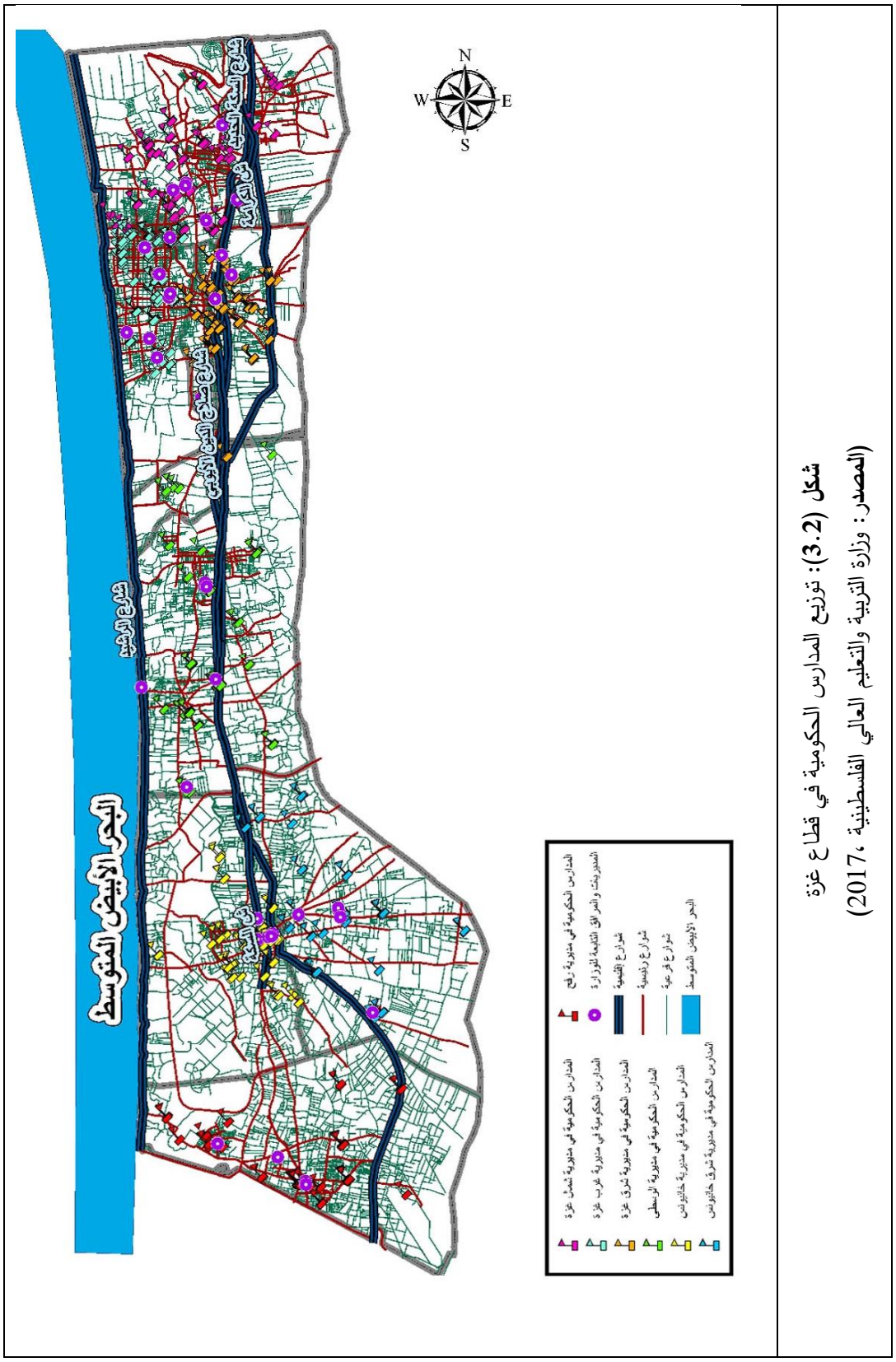
جدول (3.1):أعداد المدارس والأبنية حسب الجهة المشرفة

الجهة المشرفة	عدد الأبنية	عدد المدارس
حكومة	271	392
وكالة	171	267
خاصة	55	55
المجموع	497	714

(**المصدر**: وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية ،2017)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ويوضح شكل(3.2) التالي توزيع المدارس الحكومية في قطاع غزة



شكل (3.2): توزيع المدارس الحكومية في قطاع غزة

(المصدر: وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية، 2017)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وقد بلغ عدد المدارس في قطاع غزة 714 مدرسة كما ذكر سابقا وبخصوص فترة الدوام فهي متفاوتة كما موضح في الجدول (3.2)، فالمدارس موزعة على النحو الآتي:

- المدارس التابعة لوزارة التربية والتعليم العالي بواقع 392 مدرسة
- المدارس التابعة لوكالة الغوث الدولية بواقع 267 مدرسة بفترات دوام مختلفة
- المدارس التابعة للقطاع الخاص تعمل بنظام الفترة الواحدة

جدول (3.2): فترات الدوام المختلفة للمدارس حسب الجهة المشرفة

فترة دوام المدرسة	حكومة	وكالة	خاصة
	عدد المدارس	عدد المدارس	عدد المدارس
فترة واحدة	150	79	55
صباحي دائم	32	0	
مسائي دائم	32	3	
صباحي	89	79	
مسائي	89	79	
ثلاث فترات بثلاث إدارات– صباحي		2	
ثلاث فترات بثلاث إدارات– مسائي		2	
ثلاث فترات بثلاث إدارات– وسط		2	
فترة واحدة بإدارتين– صباحي		10	
فترتين بأربعة إدارات– صباحي		4	
فترتين بأربعة إدارات– مسائي		4	
فترتين بثلاث إدارات– صباحي		2	
فترتين بثلاث إدارات– مسائي		1	
المجموع	392	267	55

(**المصدر**: وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية، 2017)

بلغ عدد طلبة المدارس في قطاع غزة 523800 طالب وطالبة، ووصل عدد الشعب المدرسية في قطاع غزة 13846 شعبة منها 6401 شعبة حكومية بمعدل 38.09 طالب /شعبة، وفي مدارس الوكالة 6653 شعبة بمعدل 39.33 طالب /شعبة ،بينما المدارس الخاصة كانت 792 شعبة بمعدل 23.21 طالب /شعبة.

نصيب الطالب في المدارس الحكومية من مساحة الشعبة هو 1.19م^2/ طالب وهو أقل من المعايير الدولية لتصميم المدارس بحيث المفروض أن لا يقل عن 1.5م^2/طالب.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أما بخصوص مساحات المدارس في القطاع فكانت مدارس الحكومة بما يقارب بمساحة 622 متر مربع ، ومدارس الوكالة بمساحة 979 متر مربع ، والمدارس الخاصة 334 متر مربع.
يوضح الجدول (3.3) أعداد المدارس و عدد الطلبة والعاملين حسب الجهة المشرفة خلال عام 2016.

جدول (3.3): أعداد الطلبة والعاملين و الشعب و حجم المدرسة والكثافة الصفية حسب الجهة المشرفة

الجهة المشرفة	عدد الطلبة			عدد العاملين	عدد الشعب	حجم المدرسة	الكثافة الصفية
	ذكور	إناث	المجموع				
حكومة	116380	127458	243838	13368	6401	622.036	38.09
وكالة	155052	126605	261657	9618	6653	979.989	39.33
خاصة	11542	6843	18385	1438	792	334.273	23.21
المجموع	262974	260906	523880	24424	13846	733.725	3.84

(المصدر: وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية ،2017)

من خلال الإحصاءات السابقة يتضح أن أغلبية المدارس في قطاع غزة هي تابعة للحكومة وأن نسبة أعدادها وأعداد طلابها والعاملين بها أكبر أو مساوية مقارنة مع المدارس التابعة للوكالة والمدارس الخاصة، وبشكل عام المدارس في القطاع تتبع نظام الفترات أي أن المبنى المدرسي لا يتم تشغيله فقط صباحا بل يعمل على مدار النهار وبذلك يجب أن يولى لها أهمية بالغة من ناحية تخطيطها وتصميمها وتشغيل فراغاتها لتحقيق أهداف العملية التعليمية.

2.3.3 الأنماط الشكلية السائدة لمباني المدارس الحكومية في قطاع غزة

المدارس الحكومية هي مؤسسات تعليمية تديرها وزارة التربية والتعليم وتشرف الوزارة على تصميم وإدارة و تنفيذ المدارس في الأراضي الفلسطينية.

تطور تصميم المدارس الحكومية عما سبق، فقبل عام 1994 وقعت المدارس تحت حكم الاحتلال الاسرائيلي، وتميزت تلك الفترة ببناء المدارس بطرق عشوائية، وعدم التوجيه الصحيح للمبنى، وفتحات النوافذ غير كافية للإضاءة، عدم وجود مختبرات علمية ومعامل حاسوب، و عدم توافر ملاعب. في عام 1994 مع قدوم السلطة الوطنية الفلسطينية، كان هناك تحسينات على تصاميم المدارس والمنهاج نفسه بالتعاون مع البنك الدولي والبنك الألماني للتنمية وشملت هذه التحسينات:

- تطوير المنهاج الفلسطيني
- بناء مدارس جديدة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- توسيع المدارس القائمة
- ادخال تطويرات على متطلبات التصميم وتحسين الوضع للمدارس القائمة

وفي عام 1998م تم انشاء الدليل المعماري لتصميم المدارس بالتعاون بين وزارة التربية والتعليم ووكالة الغوث وقامت الادارة العامة للمباني في الوزارة بإنشاء المدارس الحكومية تبعا للدليل.
بشكل عام اعتمدت الوزارة في المدارس الحكومية على شكل غرف صفية متلاصقة بشكل خطي تشرف على ممر يكون مفتوحا على الخارج، وابتعدت عن نظام الممرات المغلقة من كلا الجانبين من الصفوف لأسباب وظيفية وبيئية وأخلاقية.

ايجابيات وسلبيات هذا النمط من المدارس

الايجابيات:

1- من السهل توجيه الصفوف للجهة الأمثل وهي الشمال
2- بساطة التصميم وتؤدي الغرض المطلوب منها بكفاءة عالية 3
3- كفاءة الفراغات المتصلة أفقيا و عموديا بشكل مريح للهيئة التدريسية
4- سهولة الرقابة على الطلبة بالأخص وقت الحصص الدراسة بسبب ممراتها المفتوحة

السلبيات:

1- عدم القدرة على توفير بيئة حرارية مريحة عند الخروج من الشعب الصفية وعدم وجود مساحات مغلقة ضمن المبنى.
2- المقصف عادة يكون مبنى مستقل عن كتلة المبنى و بدون مظلات خارجية لحماية الطلبة.
3- سرعة اتساخ المدرسة (النظافة المدرسية) بسبب الممرات المفتوحة فالمدرسة عرضة لمياه الأمطار و الى الغبار.

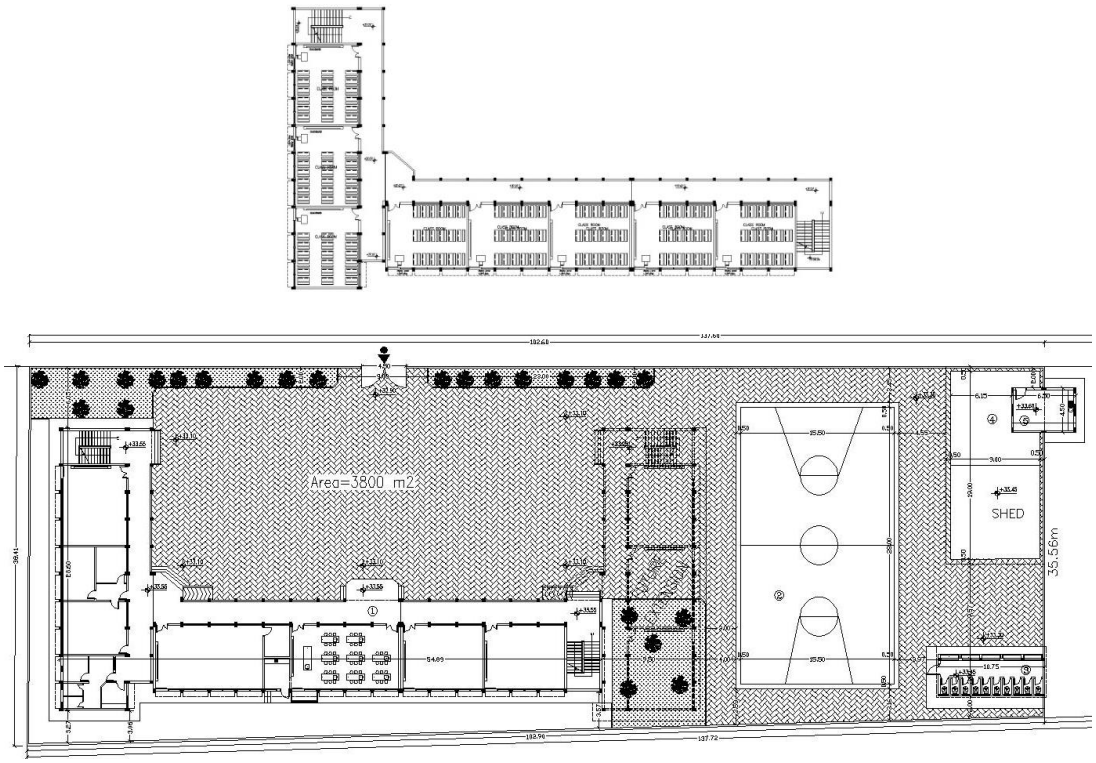
أكثر الأنماط الشكلية لمباني المدارس الحكومية في قطاع غزة التي تم انشاؤها منذ حكم الاحتلال حتى عام 2013 اتخذت شكلي حرف L وU نابعا من فكرة الوزارة بضرورة احتضان المبنى المدرسي لساحة مفتوحة لغرض الطابور المدرسي والرقابة الاشراف من قبل الادارة على الطلبة (شادي عبد العزيز، مقابلة شخصية،23 يوليو،2017). وفي السنوات الأخيرة بدأت تظهر مدارس جديدة بأشكال حديثة من ضمنها شكل H و F لتلبي متطلبات التصميم والمنهاج.

هنا عرض لأكثر الأنماط الشكلية شيوعا قديما وحديثا في القطاع:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أولا: مدارس على شكل حرف L

أحد الأشكال النمطية لمدارس القطاع، صممت هذه المدارس على شكل حرف L، حيث ترتب الغرف الصفية والتخصصية بجانب بعضها مع ممر خارجي على طول الضلعي ويمثل محور الحركة الأفقي كما في الشكل (3.3) مثل مدرسة القاهرة الابتدائية- غزة، مدرسة فلسطين، ومدرسة بلقيس اليمن.

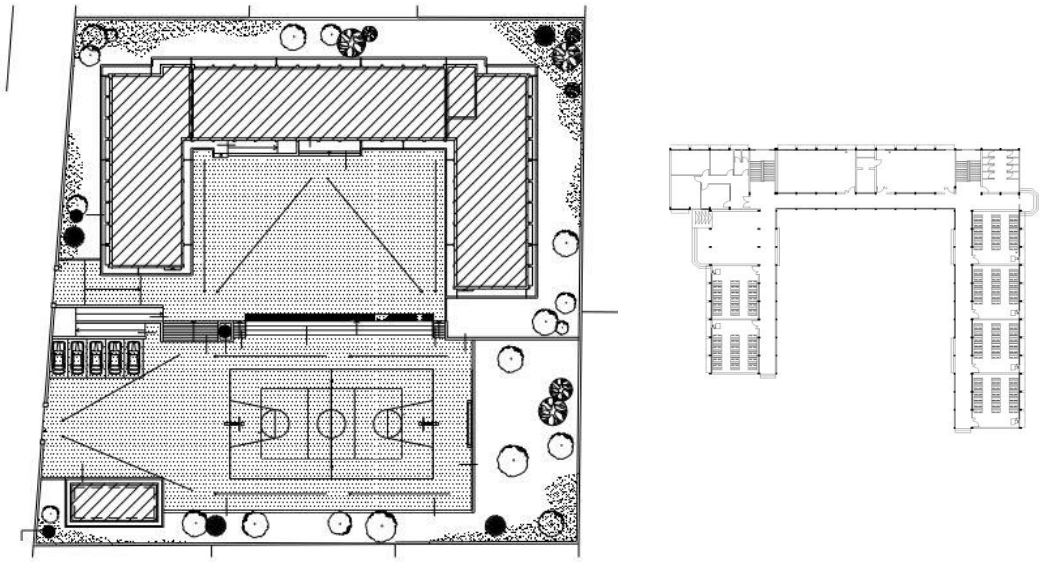


شكل (3.3): مدرسة حكومية على شكل حرف L

ثانيا: مدارس على شكل حرف U

شكل نمطي بمدارس ذات ثلاث أضلع من الغرف الصفية مع ممر مفتوح على هذه الأضلع الثلاثة، طول هذه الأضلع يختلف حسب الموقع العام للأرض وعدد الشعب كما في الشكل (3.4)، من الأمثلة على هذا النوع مدرسة ابراهيم المقادمة و بشير الريس الثانوية للبنات –غزة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (3.4): مدرسة حكومية على شكل حرف U

ثالثا: المدارس الحديثة ذات الأشكال المختلفة بتمويل البنك الألماني للتنمية KFW

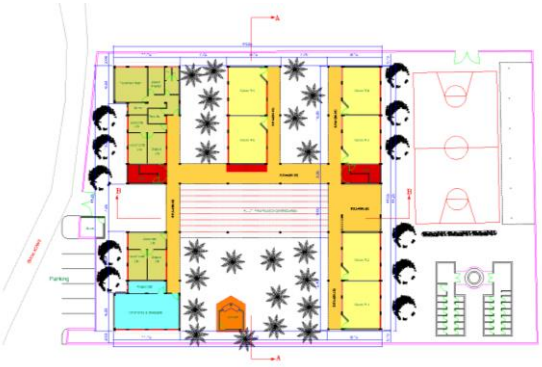
لمناقشة هذه القضية تم إجراء مقابلة شخصية مع تيسير غربية (2017م)، ففي عام 2007م تم توقيع اتفاقية بين وزارة التربية والتعليم والحكومة الألمانية من خلال البنك الألماني للتنمية بأن يتم تصميم مدارس الحكومة وتنفيذها واشرافها من قبل البنك الإنمائي من خلال مكاتب هندسية في غزة تم اختيارها لزيارة ألمانيا ودراسة المباني المدرسية الحديثة فيها وتطبيقها فيما يوافق البيئة المحلية لقطاع غزة. منذ عام2007 تم تصميم العديد من المدارس على الطراز الألماني، ولكن لم يبدأ تنفيذها إلا قبل عامين من الآن بسبب الظروف السياسية والحروب السابقة على القطاع.

اعتمد في تصميم المدارس التأكيد على:

- دراسة الموقع ومحيطه، ودراسة توجيه الأمثل بالنسبة للرياح والإضاءة لاكتساب أكبر قدر من التهوية وإضاءة طبيعية مريحة بصرية.
- بناء مدارس بأشكال جديدة، فكل مدرسة لها تصميم يختلف حسب ظروف قطعة الأرض فمنها من أخذ شكل A وشكل مربع غلق مع فناء، وشكل E وH و F وأشكال أخرى تبعا لشكل الأرض، وليس التقيد بالأشكال النمطية للمدارس السابقة الحكومية ذات حرف L وU.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

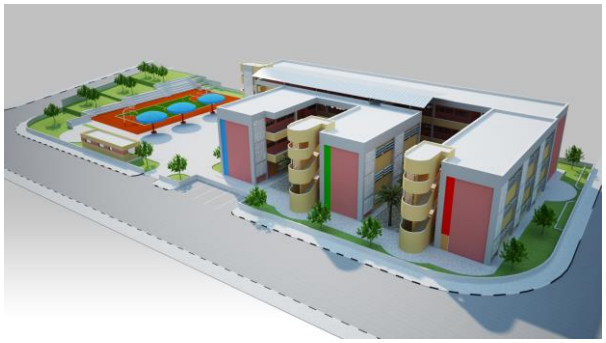
- الاهتمام بالمناطق المفتوحة: تم تنسيق الموقع من حيث زيادة عدد الفراغات المفتوحة من مناطق خضراء وملاعب وساحات ومواقف سيارات.
- المداخل: تم التأكيد على المدخل الرئيسي للمدرسة من خلال كتل واضحة.
- مسارات الحركة: تم تأهيل مسارات حركة للطلاب ذوي الاحتياجات الخاصة ووضع غرفة صفية واحدة على الأقل في المسقط الأرضي لسهولة الوصول إليها، وتميزت الممرات الرأسية بتوفير عامل الأمن والسلامة، الأدراج لا تزيد المسافة بين درجين أكثر من 30م.وفي الممرات الأفقية تم استخدام حاجز خشبي بعرض 25سم بشكل مائل للداخل لحماية الطلبة.
- تم توجيه الصفوف المدرسية أقرب ما يكون الى الشمال ووضع الغرف المتخصصة مثل غرف الحاسوب والمختبرات العلمية والمكتبة باتجاه المقابل.
- تحقيق الراحة النفسية في الصفوف من خلال اعتماد الوان هادئة لكل صف ومختلفة عن الآخر وتحقيق الراحة البصرية بتركيب كاسرات شمس تمنع دخول أشعة الشمس المباشرة المؤذية للنظر والتي تعكس على السبورة.
- استخدام ألوان جديدة: انعكست درجات ألوان العلم الألماني على ألوان التشطيب الخارجي المدارس، فكانت الألوان أقرب إلى (اللون الأحمر الطوبي، والرمادي، والبني الفاتح)، ويعرض شكل(3.5) بعض النماذج للمدارس الحكومية الحديثة بالتعاون مع البنك الألماني للتنمية (مقابلة شخصية،16 نوفمبر،2017م).



مدرسة النمساوي "مدرسة الإسراء الثانوية للبنيين

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مدرسة عبسان " مدرسة طيبة الثانوية للبنات



مدرسة جيزان نشوان

مدرسة سعاد الصباح

شكل (3.5): بعض النماذج للمدارس الحكومية الحديثة التي تم تصميمها وتنفيذها من عام 2013– 2017 بالتعاون مع البنك الألماني للتنمية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

بالرغم من ايجابيات هذه المدارس ومراعاتها للبيئة ومستلزمات المنهاج الجديد ولكن يتم استخدام مواد عازلة للحرارة أو الرطوبة في التشطيبات الداخلية والخارجية لتوفير الراحة الحرارية بسبب كلفتها العالية وزيادة كساحتها.

تركيب الخلايا الشمسية كان مطروحا ولكن بسبب التكلفة لم يتم تركيبها ولا حتى تهيئة أسطح مناسبة لتركيبها، وكان أمر تركيبها يقتصر على مصادر تمويل من مشاريع أخرى إن توفرت لتركب حسب التمويل بشكل يسد حاجة المدرسة للكهرباء بشكل كلي أو جزئي.

4.3 الاحتياجات التخطيطية والتصميمية لمباني المدارس في قطاع غزة المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة

لا بد من دراسة ومعرفة الاحتياجات التخطيطية والتصميمية للمدارس لتحقق المدرسة الغرض الذي أنشئت من أجله وتوفر الراحة والحماية لشاغليها، فالناحية التخطيطية تتمثل بالموقع العام، والتوجيه العام للمبنى، أما من الناحية التصميمية فتتمثل بالفراغات الوظيفية، ومراعاة المساحات والقياسات، والتهوية، والإضاءة، والتحكم الصوتي، والتجهيزات الداخلية، والتشطيبات الداخلية).

سيتم التركيز هنا على أهم الاحتياجات التخطيطية و التصميمية المرتبطة باستخدام الطاقة الكهربائية لتحقيق الوظائف المرجوة منها.

1- اختيار الموقع العام والتوجيه الأمثل للمبنى المدرسي تحقيقا للراحة الحرارية.

- **اختيار الموقع العام**

تقييم واختيار موقع المدرسة وتوجيه المبنى لهما دور أساسي في تحصيل الإضاءة والتهوية الطبيعية في الفراغات الداخلية، وتوزيع الفراغات في المسقط المعماري بعد دراسة أي الغرف تحتاج إضاءة أعلى من غيرها، فمثلا الغرف الصفية وغرف المعلمين تحتاج إضاءة أعلى من الغرف التخصصية مثل غرفة الحاسوب والمختبرات العلمية والمكاتب (Ministry of Education and Training – Ontario, 2010).

- **التوجيه الأمثل للمبنى**

توجيه المبنى لتحقيق أفضل استفادة من المناخ الحالي من الشمس والرياح، مباني المدارس ذات المحور الطولي قليل العرض تمكن من التحكم في تأثير الشمس بسهولة عندما تواجه النوافذ للجهة الجنوبية من خلال أجهزة التحكم في أشعة الشمس مثل الكاسرات والرفوف

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

العاكسة للضوء، والتظليل على النوافذ الجنوبية وتحسين تغلغل ضوء النهار مع السماح لأشعة الشمس في الدخول إلى داخل المباني شتاء وحجبها صيفا (Ministry of Education and Training – Ontario, 2010).

ونظرا لظروف الأحوال الجوية في قطاع غزة وسيطرة المجال المعتدل في أغلب ساعات الدوام المدرسي، فتوجيه الغرف الصفية يكون قدر المستطاع نحو الشمال أو الشمال الشرقي للحصول على إضاءة طبيعية منتظمة مع تفادي دخول الوهج، و الحصول على التهوية الطبيعية، وأشعة شمس مباشرة خلال فصل الشتاء.

النسبة المئوية المثالية للفتحات لتحقيق أقصى قدر من تغلغل ضوء النهار حسب الدراسات خلال فصل الشتاء هي 40% من الجدار يوصى بها للجهة الجنوبية والشرقية والغربية، ونسبة 55% يوصى بها للجهة الشمالية وأن يكون صافي ارتفاع الغرفة الصفية 3م لتعظيم دخول الإضاءة النهارية (النمرة، 2004م).

عدم التوجيه الأمثل أو قدر المستطاع إلى الاتجاه الأمثل بالنسبة للشمس والرياح سيسبب عدم راحة حرارية للفراغات الداخلية مما يزيد عبء الاعتماد على الإضاءة والتهوية الصناعية المعتمدتان على الطاقة الكهربائية.

2- الغلاف الخارجي للمبنى

تحسين كفاءة الغلاف الخارجي للمبنى يعتمد على:

- عزل الرطوبة: عن طريق استخدام مواد خاصة عازلة لتسرب المياه والرطوبة من وإلى المبنى، أهم العناصر التي يجب مراعاة عزل الرطوبة بها في الفراغات الداخلية هي الحمامات، أما الفراغات الخارجية هي عناصر المبنى من أسقف وجدران خارجية وشرفات مثل الممرات المفتوحة.
- عزل الحرارة: من خلال استخدام مواد خاصة تمنع انتقال الحرارة من الداخل إلى الخارج و العكس بوسائل الانتقال الحراري المختلفة من توصيل و حمل و اشعاع.
- الجسور الحرارية: وهي نقاط الاتصال بين الداخل والخارج وتعمل على تسرب الحرارة من الداخل للخارج كما في النوافذ والأبواب فيجب تفاديها أو عزلها.
- استغلال الطاقة المتجددة: من خلال تصميم أنظمة الطاقة الشمسية لأغراض التدفئة والتبريد وتسخين المياه، واستخدام الخلايا الكهروضوئية لتوليد الطاقة الكهربائية بما يتناسب مع المظهر العام للمبنى

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الأداء الحراري لغلاف المبنى له تأثير مباشر على كمية الطاقة المطلوبة للحفاظ على الراحة الحرارية، فيجب أن يولى أهمية خاصة عند تصميم غلاف المبنى لتخفيض الآثار البيئية حتى لا يكون ذو تأثير سلبي كأن يجمع الحرارة صيفا ولا يفقدها، وتأثره بالهواء البارد شتاء (Ministry of Education and Training – Ontario, 2010).

3- الإضاءة

الإضاءة من الشروط الأساسية التصميمية لسير العملية التعليمية بنجاح وتعزز أداء الطلبة في الدراسة، فهي تساعد الطلبة على الرؤية والتعرف على الأشياء و تهيئة ذهنه للتفاعل مع الأحداث، فتخلق شعورا بالراحة البدنية والنفسية، ولا بد من تحقيق معايير الإضاءة من الناحية الكمية (شدة الاضاءة داخل الصف 120-150 لوكس) والناحية النوعية (التشطيب الداخلي بألوان فاتحة تحسن جودة الإضاءة، وتجنب وجود أسطح عاكسة في الفراغات الداخلية)، أنواع الإضاءة في المدارس بشكل أساسي(النمرة، 2004م).

أولا: إضاءة طبيعية

يتم تحصيل الإضاءة الطبيعية الملائمة وذات توزيع متظلم بالنسبة لقطاع غزة للغرف الصفية من خلال توجيه الفتحات نحو الشمال الشرقي أو الشمال.

ثانيا: إضاءة صناعية

مدارس قطاع غزة تعتمد بشكل كبير على الإضاءة الصناعية لأسباب عدة منها عدم التوجيه المناسب للغرف الصفية ، وجود فترات دوام عدة وليس فترة دوام صباحية فقط، وسوء الأحوال الجوية بالشتاء (النمرة، 2004م).

يفضل عند استخدام الإضاءة الصناعية الاعتماد على مصابيح فلورسنت ذات كفاءة عالية مع ضابط للتحكم ومجس لإغلاقها في حالة عدم وجود أشغال بالغرفة، لتقليل تكاليف الكهرباء أو اضاءة LED وهي إضاءة صديقة للبيئة انتشرت مؤخرا وذات امكانية عالية لتوفير التكلفة التشغيلية مع إنارة عالية وعمر زمني طويل يتجاوز 15 عاما (سعادة، 2014م).

لتقليل التكلفة الناتجة وتوفير الطاقة الكهربائية المعتمدة عليها الاضاءة الصناعية يتم من خلال تعظيم استخدام الإضاءة الطبيعية النهارية عن طريق:

- تكامل عمليات التصميم في المراحل المبكرة
- استخدام رفوف الانارة العاكسة والتشطيبات الداخلية لتحسين تغلغل وتوزيع الضوء بشكل ملائم

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

استخدام أنابيب الطاقة الشمسية، والتي تعمل على تجميع ضوء النهار من السطح الخارجي المعرض للإضاءة ونقله إلى الفراغ الداخلي من خلال منشور يوزع الإضاءة، هذه الأنابيب ذو فائدة لأنها تعتمد على الإضاءة النهارية وحتى بالأيام الغائمة وليست أشعة الشمس (Ministry of Education and Training – Ontario, 2010) .

4- التهوية

التهوية من المتطلبات الأساسية والصحية في تصميم المباني المدرسية ويجب دراستها في مراحل التصميم الأولى لخلق مناخ صحي وحراري مناسب للدراسة.

مدارس قطاع غزة تعتمد بشكل أساسي على التهوية الطبيعية من فتحات النوافذ من خلال التوجيه المناسب، ومساحة مدروسة بحيث لا تقل عن 20% من مسطح الصف الدراسي، أما الاعتماد على التهوية الصناعية يكون من خلال المراوح الهوائية تركب بالأغلب في الغرف الصفية والمتخصصة والادارة بسبب ارتفاع الحرارة والرطوبة صيفا، ونادرا يتم تركيب أنظمة التبريد والتكييف في الغرف الإدارية و الغرف المتخصصة (النمرة، 2004م).

5- التجهيزات الداخلية

يقصد بالتجهيزات الداخلية الأثاث المدرسي والوسائل التعليمية اللازمة لسير العملية التعليمية بنجاح ويسر، وتشمل الكراسي والطاولات والأجهزة الكهربائية والالكترونية، هنا سيتم التحدث عن الوسائل التعليمية المعتمدة على الكهرباء.

تتواجد الوسائل التعليمية المعتمدة على الكهرباء في الغرف المتخصصة مثل غرف المختبرات العلمية وغرف الحاسوب من أجهزة وسبورات ذكية كلها لازمة لتطوير مهارات وقدرات الطالب ومواكبته للحديث والتكنولوجيا (النمرة، 2004م).

5.3 واقع الطاقة الكهربائية في قطاع غزة وأثرها على أداء المباني المدرسية

الطاقة من الموضوعات الهامة في حياة الفرد والأمم لتلبيتها الاحتياجات الاجتماعية والبيئية والاقتصادية، ونظرا لأهميتها فقد استرعت اهتمام العلماء والباحثين في مختلف المجالات العلمية وتصنف حسب مصدرها إلى قسمين :

أولا: مصادر الطاقة غير المتجددة: يعد الوقود الأحفوري المصدر الرئيس للطاقة التي يستخدمها الإنسان، ولكن المخزون من الطاقة في تناقص مستمر ويتوقع العلماء أن تنفذ هذه المصادر خلال عدة عقود مقبلة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

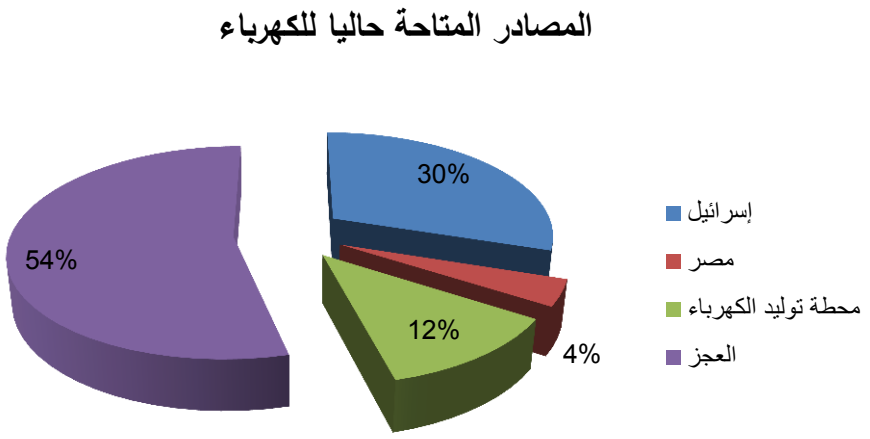
ثانيا: مصادر الطاقة المتجددة: تكون مصادر الطاقة المتجددة من مصادر الطاقة التي تستبدل بسهولة وبسرعة بحيث تشكل مصدرا لا ينفذ للطاقة. وسيتم التركيز بالدراسة على الطاقة الناتجة من الشمس.

1.5.3 الطاقة الكهربائية وأزمتها في قطاع غزة

تعتبر الطاقة الكهربائية المحرك الرئيسي لهذه الحياة، فكافة تفاصيلها اليومية تعتمد عليها، ويعتمد قطاع غزة على الطاقة الكهربائية المتولدة من الوقود والغاز الطبيعي بشكل أساسي لتلبية احتياجاته، ولكن يعاني القطاع من أزمة توافر الكهرباء بحسب سلطة الطاقة بسبب محدودية مصادر الطاقة الكهربائية عن تغطية العجز في الطلب المتزايد عليها، عدم توفر مصادر ثابتة لتزويد المحطة بالوقود بسبب عراقيل الاحتلال الإسرائيلي، وكذلك المواقف السياسية من مختلف الأطراف وإغلاق المعابر، وعدم القدرة على توفير ثمن الوقود اللازم لتشغيل المحطة بالكامل بسبب غلاء أسعار الوقود مع الضريبة الباهظة المفروضة عليه، وتزايد استهلاك الكهرباء والأحمال بشكل سنوي بنسبة 7% (أبو الروس، 2015م).

كما ذكر سابقا فالأزمة مرتبطة بالمشاكل السياسية وليست الفنية فقط، فيتم استيراد الكهرباء من الاحتلال الإسرائيلي ومصر، فخطوط الاحتلال الإسرائيلي تغذي القطاع ب 120 ميجاواط وهو يمثل 30% من احتياج القطاع، بينما الخطوط المصرية تغذي بقيمة 20 ميجاواط أي بنسبة 4% من الاحتياج و تولد محطة توليد الكهرباء بنسبة 12% من الاحتياج أي ما يقارب 46 ميجاواط، ففي حين أن احتياجات القطاع ارتفعت من عام 2005 إلى عام 2016 من 214 ميجاواط إلى 450 ميجا واط، ومن المتوقع أن تصل لـ 830 ميجاواط عام 2020، مصادر الكهرباء مجتمعة في القطاع من الاحتلال ومصر والمحطة لا تزيد عن 186 ميجاواط بأفضل الأحوال، وهذا يعني هناك عجز ثابت للكهرباء يصل لـ 54% حتى مع عمل المحطة بكامل طاقتها وفي حال الاطفاء يتوفر فقط 147 ميجاواط. كما يوضح شكل (3.6)، حاليا تقطع الكهرباء عن القطاع ما يزيد عن 12 ساعة مع 4 أو 6 ساعات وصل وسط تحذيرات من وقوع أزمة إنسانية (وزارة الإعلام الفلسطيني، 2016م).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل(3.6): المصادر المتاحة حاليا للكهرباء في قطاع غزة

يزداد العجز في توافر الكهرباء بسبب تعطل التوليد أو تعطيل أحد خطوط الاحتلال الإسرائيلي أو المصرية، أو مع تغير الأحوال الجوية، وعلى مدار السنوات السابقة سعت سلطة الطاقة مع الحكومة الفلسطينية إلى تنفيذ مشاريع زيادة الكهرباء لغزة، وتوفرت الموافقات الدولية والتغطيات المالية لهذه المشاريع، إلا أنها صدت من خلال العقبات والتعطيلات السياسية الخالية من أي اعتبارات فنية أو مالية أو حتى إنسانية. ومن هذه المشاريع:

1- الربط الإقليمي العربي بقدرة 300 ميجاواط على مرحلتين

2- خط الاحتلال الإسرائيلي الإضافي لغزة بقدرة 100 ميجاواط

3- خط الغاز المصري لمحطة توليد غزة (سلطة الطاقة والموارد الطبيعية الفلسطينية، 2014م).

2.5.3 البدائل المطروحة للتخفيف من أزمة الطاقة الكهربائية في قطاع غزة

طرحت سلطة الطاقة عدة بدائل، يمكن تلخيصها بالنقاط التالية:(سلطة الطاقة والموارد الطبيعية الفلسطينية، 2014م)

1- إعفاء كامل لوقود محطة التوليد من الضرائب، وهذا من شأنه المساعدة على تشغيلِ عدد ساعات أكبر وقدرة أكبر.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2- تخصيص جزء من المنحة القطرية والمنح الأخرى لقطاع الطاقة، وتمويل الوقود بدون ضرائب، بما يضمن استمرارية التيار الكهربائي بشكل أفضل مما سبق.

3- البحث عن مصادر أخرى للطاقة، مثل الربط مع شبكة الاحتلال الإسرائيلي، أو إمداد محطة التوليد بخط غاز، وتوسعة المحطة.

4- توجيه جزء من مشاريع إعادة الإعمار لتطوير قطاع التوليد والنقل التي تم إهمالها وتدميرها في الفترات السابقة.

5- توفير مشروع الربط من جانب الاحتلال على جهد 161 كيلو فولت، وذلك بهدف زيادة كمية الكهرباء الموردة من شركة الاحتلال الإسرائيلي بـ100 ميجاواط إضافية.

6- على المدى البعيد، ترى سلطة الطاقة أن مشروع الربط مع الجانب المصري، سيزود القطاع بـ 600 ميجاواط على مرحلتين، مشيرة أنه تم إعداد الدراسة اللازمة والحصول على التمويل اللازم من البنك الإسلامي.

7- طالبت السلطة بمشروع خط الغاز من الاحتلال الإسرائيلي أو مصر لتشغيل محطة التوليد بكفاءة أكبر وتكاليف أقل.

8- التوجه إلى مشاريع الطاقة البديلة والتي تساعد على إنتاج الطاقة الكهربائية والعمل على توفير التمويل لها، وشجعت الأفراد إلى هذا التوجه من خلال عدم فرض ضريبة على تركيب الخلايا الكهروضوئية.

وترى الباحثة أن أغلبية البدائل المطروحة سابقة تتطلب تدخل وموافقة سياسية سواء من الاحتلال الإسرائيلي أو مصر، لذلك لا بد من ايجاد حل بديل للطاقة بدلا من الطاقة التقليدية للتخفيف من عجز الكهرباء و الحصار المفروض على القطاع.

استغلال الطاقة الشمسية في المباني لتوفير الطاقة الكهربائية سيقلل من النفقات اللازمة لتوليدها من المصادر التقليدية، حيث يمكن تركيبها أو تكاملها بالتصميم المعماري مع الواجهات والأسقف (الأسطح) للمباني أو مواقف السيارات أو أي مسطح معرض للشمس، والتفاصيل المعمارية من فتحات النوافذ والكاسرات والبلكونات،

هنا يأتي دور السلطة في سن قوانين وأنظمة لتوجيه وارشاد ودعم الأفراد لاستغلال الطاقة الشمسية، وتطبيق نظام الطاقة الشمسية في مشروعات الاسكان وفي المباني الجديدة وامكانية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

استغلال الطاقة الشمسية في انارة مؤسسات الدولة والتى تستهلك ما يقارب 30% من الطاقة على المؤسسات الحكومية والمدارس والمستشفيات.

يوضح جدول (3.4) يوضح ÷جمال استهلاك الكهرباء في قطاع غزة في مختلف المباني (سكني، صحي، تجاري، صناعي،...)، حيث يظهر أن مباني المؤسسات التعليمية من مدارس وجامعات تستهلك ما نسبته 0.8%، ويمكن توفير هذه النسبة بكفاءة نظرا إلى أن تحصيل الكهرباء من استخدام الخلايا الكهربائية في المؤسسات التعليمية والدولية والمالية سيكون اكثر كفاءة من تحصيلها في المباني السكنية والمستشفيات بسبب تشغيل المدارس في فترات تواجد الشمس، على عكس المباني السكنية والمستشفيات التي يلزمها كهرباء لتشغيلها على مدار اليوم.

جدول(3.4): إجمالي استهلاك الكهرباء في مباني قطاع غزة حسب وظيفتها

نوع الاستخدام	عدد المشتركين	اجمالي الاستهلاك KWH	نسبة الاستهلاك %
منزلي	169250	56866580	%71.1
تجاري	12089	5239956	%6.6
زراعي	3362	1560475	%1.9
صناعي	3134	3146296	%3.9
مرافق البلدية	775	10628782	%13.27
اتصالات	746	592896	%0.7
مؤسسات تعليمية (مدارس، جامعات)	497	598484	%0.8
أبراج/عمارات سكنية	430	331411	%0.41
جمعيات	410	314636	%0.42
مؤسسات دولية	265	453458	%0.57
سياحي	196	127853	%0.16
مؤسسات مالية ومصرفية	70	139253	%0.17
المجموع	191215	80027081	%100

المصدر: (شركة توزيع الكهرباء، محافظة غزة ،2017م)

وخلال التسع السنوات السابقة بدأ سكان قطاع غزة بالبحث عن حلول وبدائل لأزمة انقطاع الكهرباء من خلال اللجوء إلى الوحدات الكهروضوئية لتوليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية لاستخدامها في التخفيف من أزمة انقطاع الكهرباء المتفاقمة، والتقليص من الاعتماد

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

على المولدات الكهربائية عالية التكلفة وذات أصوات مزعجة وذات مخاطر قد تسبب الاحتراق فحسب مصادر طبية مسؤولة، توفي اكثر من 24 فلسطينيا غالبيتهم اطفال بسبب انقطاع الكهرباء اما نتيجة حروق سببها الشموع أو انفجار مولد الكهرباء ("استخدام الطاقة الشمسية"، 2016م).

أدى ما سبق إلى تنافس شركات تجارية في قطاع غزة، على جذب الأفراد ومؤسسات رسمية وأهلية لتزويدهم بأنظمة الطاقة الشمسية كبديل في ظل أزمة الكهرباء المستمرة منذ 10 سنوات. وتقدم تلك الشركات جودة عالية وأسعار مخفضة، ومقسطة، فيما يقدر عدد الشركات التي تبيع تلك الأنظمة في قطاع غزة بنحو 40 شركة (رمانة، 2017م).

تم تركيب الوحدات الكهروضوئية فوق أسطح المنازل والمستشفيات والجامعات وأعمدة الانارة والمرافق العامة. فلم تكن جزءا مخططا في تصميم المبنى بل حل لمشكلة، وبالرغم من بناء ابنية جديدة من مدارس و ابراج ومشافي تم اضافة الوحدات الكهروضوئية على الأسطح دون دراسة دمجها مع التصميم المعماري وجدوتها لتحصيل طاقة أكبر من مجرد تركيبها على الأسقف، مثل تكاملها مع الواجهات الجنوبية بتشكيل ملائم وظيفي وجمالي انظر شكل (3.7)

شكل(3.7): نماذج لبعض الوحدات الكهروضوئية المركبة على أسقف المباني في قطاع غزة

3.5.3 الطاقة الكهربائية وأثرها على العملية التعليمية في مباني المدارس الحكومية في قطاع غزة

أثر انقطاع الكهرباء لساعات متواصلة على مختلف مناحي الحياة في قطاع غزة المحاصر منذ أكثر من عقد من الزمن، ذاك التأثير شمل مختلف المباني من المنازل،

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

والمستشفيات، والمراكز الصحية، والمياه، والصرف الصحي وكل المصالح الحيوية، وذات تأثير على أغلب شرائح المجتمع .

ينعكس هذا الانقطاع سلبا على قطاع التعليم ورسالته التنموية، بما يؤثر على القدرات التعليمية والتدريسية للطلبة والمعلمين وبالتالي سير العملية التربوية بالشكل السليم والأمثل داخل المدارس وفي مؤسسات التعليم العالي (المركز الفلسطيني للديمقراطية وحل النزاعات، 2012م).

ولفتت وزارة التربية والتعليم إلى ما ناوله انقطاع الكهرباء ووصل من 4-6 ساعات على استكمال المسيرة التعليمية بالمدارس بشكل طبيعي كالتالي: (وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية، 2017م)

- توافر إنارة الغرف الصفية في النهار وخاصة في الفترة المسائية في فصل الشتاء التي تحتاج إلى كهرباء خاصة في المناطق المزدحمة سكانيا.
- تأثر عمل مختبرات الحاسوب والعلوم والتكنولوجيا وبعض المشاريع التعليمية والتدريب وطباعة أوراق العمل.
- عملية التواصل بين المدارس والمديريات والوزارة خاصة في البرامج المحوسبة مثل النشرات والتعليمات، وإعداد وطباعة الامتحانات.
- افتقاد إمكانية استخدام الطرق الحديثة في التعليم.
- تشغيل مبنى الوزارة والمديريات وإذاعة صوت التعليم.
- تشغيل المدارس المهنية والورش الخاصة بها.
- تشغيل محطات تحلية المياه التي تغذي ما يقارب من نصف مليون طالب في المدارس بالمياه الصالحة للشرب.
- احتياج لكميات من الوقود والمحروقات لتشغيل مولدات الكهرباء في مبنى الوزارة وجميع المرافق التعليمية وهو عبء على الوزارة خاصة في ظل عدم توفر موازنات تشغيلية.

4.5.3 مشاريع توليد الطاقة الكهربائية من الخلايا الكهروضوئية في مباني المدارس الحكومية في قطاع غزة

خلال السنوات السابقة سعت وزارة التربية والتعليم خلال ساعات الفترة الدراسية إلى تخفيف حدة تأثير انقطاع الكهرباء على الطلبة والمعلمين، فقامت بتزويد بعض المدارس بالمولدات الكهربائية، والتي سببت الازعاج وغير التكلفة العالية التي تتحملها، إضافة إلى كونها

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ملوثة للبيئة، وحاليا هناك توجه عام نحو استخدام الخلايا الكهروضوئية في المدارس، في عام 2013 دشنت وزارة التربية والتعليم العالي في غزة بالتعاون مع الإغاثة الإسلامية أول مشروع لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في مدارسها في مدرسة إحسان الأغا الثانوية بنات– شرق خان يونس، للتغلب على مشكلة النقص الكهرباء اللازمة لمدارسها انظر شكل (3.8)، حيث توفر الخلايا الكهرباء اللازمة لعمل جميع مرافق المدرسة المختلفة بحيث تنتج ما يقارب من 20 كيلو واط من الطاقة الكهربائية، وهي كمية تكفي حاجة المدرسة بكافة مرافقها بما فيها الإذاعة المدرسية مختبر الحاسوب والمختبر العلمي، وإنارة الغرف الصفية خاصة في فصل الشتاء التي طالما اشتكى الطلبة والمعلمون من قلة الانارة، وباقي مرافق المدرسة، ويستغل الفائض في إنارة بعض الشوارع المحيطة بها وتشغيل عدد من مرافق مستشفى غزة الأوروبي (وكالة فلسطين الاخبارية، 2013م).

شكل(3.8): أول مشروع لتركيب خلايا كهروضوئية على أسطح مدرسة حسن الآغا لتوليد الكهرباء لكافة مرافق المدرسة

(**المصدر**: وكالة فلسطين الاخبارية، 2013م)

وفي ديسمبر في العام نفسه وقعت وزارة التربية والتعليم العالي اتفاقية تعاون مع مؤسسة قطر الخيرية لتنفيذ مشروع تزويد مدارس بالوحدات الكهروضوئية، لعدد من مدارس الحكومة ومدارس وكالة الغوث بما لا يقل عن10 كيلو واط/ ساعة حسب التصميم لكل مدرسة بمبلغ مليون وأربعمائة وأربعة عشر ألف دولار أمريكي (وكالة صفا الفلسطينية، 2013).

وتم البدء بتنفيذ هذا المشروع في ديسمبر 2016م و الانتهاء في سبتمبر 2017 على مدارس الحكومة التي بلغ عددها 14 مدرسة، جدول (3.5) يوضح أسماء المدارس وأماكن تواجدها وكمية الطاقة المتولدة منها بالكيلو واط بالساعة، الوحدات الكهروضوئية تولد الكهرباء لأهم

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفراغات الوظيفية وليست جميع مرافق المدرسة، حيث تبلغ قدرة الوحدة الكهربائية الواحدة على توليد 320 واط وبلغت تكاليف الوحدات مع ملزوماتها بحوالي 70–75 ألف دولار لكل مدرسة (هند ياسين، مقابلة شخصية، 15 نوفمبر، 2017).

جدول (3.5): مشروع تزويد 14 مدرسة حكومية بالخلايا الكهروضوئية في قطاع غزة

الرقم	اسم المدرسة	المكان	كمية الطاقة المتولدة من الخلايا الكهروضوئية KW	عدد الوحدات الكهروضوئية المركبة
1	مدرسة خليل الرحمن الثانوية للبنين	بيت لاهيا	24	75
2	مدرسة الكويت الثانوية للبنات	بيت لاهيا	22	69
3	مدرسة الشجاعية للبنات (ابتدائية وثانوية)	الشجاعية	24	75
4	مدرسة يافا الثانوية للبنين	غزة– شارع يافا	24	75
5	مدرسة فلسطين الثانوية للبنين	غزة– الرمال	22	69
6	مدرسة الكرمل الثانوية للبنين	غزة– النصر	22	69
7	مدرسة بلقيس اليمن الثانوية للبنات	غزة– تل الهوا	22	69
8	مدرسة الرياض الثانوية للبنات	النصيرات	33.3	104
9	مدرسة خولة بنت الزور الثانوية للبنات	دير البلح	22	69
10	مدرسة محمود المبحوح الابتدائية للبنين	خانيونس	22	69
11	مدرسة طيبة الثانوية للبنات	خانيونس	24	75
12	مدرسة مريم فرحات الثانوية للبنات	رفح	27.8	87

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

13	مدرسة محمد يوسف النجار الثانوية للبنين	رفح	22	69
14	مدرسة التقوى الثانوية للبنين	غزة– النصر	33.3	104

في أكتوبر م2016 إلى أغسطس 2017م بدأت الإغاثة الاسلامية – فلسطين بتنفيذ مشروع انشاء وتشطيب مدرسة سعاد محمد الصباح ومدرسة لولوه عبد الوهاب القطامي بتمويل من الصندوق الكويتي للتنمية العربية الاقتصادية وبإدارة البنك الاسلامي للتنمية بجدة وذلك ضمن مشروع انشاء وتشطيب خمس مدارس حكومية بقطاع غزة مع تزويد المدارس بالأثاث الفصلي والاداري والحواسيب والاجهزة المخبرية، ونظام حقن مياه الامطار بالإضافة على تركيب وحدات كهروضوئية بقدرة 10كيلوواط انظر شكل (3.9).

وتحتوي كل المدرسة على 39 غرفة صفية وغرف الإدارة ومختبر العلوم ومختبر التكنولوجيا، والمكتبة والمقصف والملعب والمظلة والأسوار والبوابات والدورات الخارجية والحدائق لراحة الطلبة (الإغاثة الإسلامية– فلسطين، 2016م).

شكل(3.9): أحد مشاريع الإغاثة الاسلامية، مدرسة سعاد الصباح التي إنشاؤها عام 2017 وتم تزويدها بوحدات كهروضوئية على سطحها

بعد ادخال نظام الخلايا الكهروضوئية بات بالمقدور انارة الفصول، واستخدام المختبرات طيلة وقت الدوام المدرسي، فضلا عن اتاحة فرصة استخدام شاشات العرض (LCD) لتقديم عروض الفيديو، وكذلك تشغيل مختبرات الحاسوب.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وبعد نجاح هذه المشاريع بتخفيف أزمة انقطاع الكهرباء، تسعى وزارة التربية والتعليم إلى تركيب الخلايا الكهروضوئية على أكبر قدر من المدارس، ولكن هذا القرار مرتبط بالتمويل الخارجي لعجزها المالي، فالتمويل الخارجي والمنح تكون أحيانا تمويلا كليا لتركيب الخلايا الكهروضوئية لتتحمل كافة العبء، وأحيانا جزئيا لتوليد الطاقة فقط لأهم الفراغات المحتاجة اليها مثل مختبر الحاسوب والمختبر العلمي وإنارة الفصول الدراسية.

ركبت جميع الخلايا الكهروضوئية في المدارس التي تم اختيارها للتمويل على الأسطح. وتم تخصيص غرفة لوضع جميع المعدات من بطاريات ومحولات تابعة لنظام الخلايا.

5.5.3 الحاجة للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي في قطاع غزة

بعد استعراض الجهود التي تم بذلها في سياق تزويد مدارس قطاع غزة بالخلايا الكهروضوئية، نلاحظ أن هناك حاجة لتبني أنظمة الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى بالإضافة إلى تلك الموجودة على السطح، وذلك للمبررات التالية:

- الوحدات الكهروضوئية المركبة على المدارس غير مرئية ولا تدعم التشكيل المعماري للمبنى، وفي كثير من الأحيان تكون مرئية وغير جذابة إن ركبت فوق بعضها.
- مساحة الأسقف ليست دائما كافية لتغطيتها بالألواح الكهروضوئية بسبب صغر بعض المدارس واختلاف شكلها وتوجيهها، فضلا أن 40% من مساحة السقف مستغلة بواسطة من وحدة الدرج، وبراميل المياه، ووحدات السخان الشمسي.
- التوجه العام مستقبلا لمدارس قطاع غزة يجب أن يتبنى مفاهيم المدارس الخضراء من استغلال الطاقة ومواردها، وترشيد المياه والحفاظ على البيئة وغير ذلك، ومن أحد المعايير التي يتبعها (LEED) في تقييم مبانيه لتسمى بمباني خضراء توافر حدائق الأسطح، فيحب التفكير قبل انشاء هذه الوحدات الكهروضوئية على الأسقف على ابقاء مساحة محددة لزراعتها واستغلالها كحديقة سقف تعليمية للطلاب، فبذلك تعطي الخلايا الكهروضوئية المتكاملة فرصة لتوفير هذه الحديقة لكبر الواجهات الجنوبية للمدارس.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

6.3 الخلاصة

تناول هذا الفصل نبذة عن قطاع غزة من حيث موقعه، وتاريخه، وعدد سكانه ومن ثم الحديث عن واقع قطاع التعليم في القطاع احصائيا، والتركيز على واقع المدارس الحكومية، والتطرق إلى الأنماط الشكلية السائدة للمدارس الحكومية، والمعايير التخطيطية والتصميمية للمدارس المرتبطة باستخدام الطاقة الكهربائية بسبب أزمة انقطاع الكهرباء بشكل متواصل عنها، حيث تم توضيح واقع قطاع الطاقة في القطاع وأزمته وعجزه، وأثره السلبي على سير المسيرة التعليمية بسلاسة، وتم ذكر بعض الحلول للتخفيف عنها، حيث يتوجه الأفراد والمؤسسات مؤخرا إلى الاعتماد على استغلال الطاقة الشمسية عن طريق الخلايا الكهروضوئية لتوليد الكهرباء، واخيرا تم استعراض لأهم مشاريع تطبيق الخلايا الكهروضوئية في المدارس الحكومية، وتوصل الفصل إلى أن العراقيل السياسية تلعب دورا أساسيا في عدم توافر الكهرباء، وبما أن المواطنين يتوجهون لشراء الخلايا الكهروضوئية لحل هذه الأزمة إلا أن إغلاق المعابر بشكل مستمر والتحكم بعملية استيراد هذه الخلايا مكوناتها تأثر سلبا على توافر أنظمة الوحدات الكهروضوئية.

الاهتمام المتزايد بتطبيق هذه المشاريع لاستغلال الطاقة الشمسية هو أحد مبادئ المدارس المستدامة الخضراء حيث تشكل نمطا جديدا من أنماط المحافظة على البيئة باعتبار أن المؤسسات التعليمية من أهم المرافق الصديقة للبيئة، يمثل هذا الفصل تمهيدا للتطرق لمفهوم المدارس الخضراء ومواصفاتها كحل بيئي مستدام يوفر من استهلاك والاعتماد على مصادر الطاقة البديلة لإمكانية تطبيقها قدر المستطاع على مدارس القطاع بما يتوافق مع ظروفه الاقتصادية والمناخية بدون التعارض مع المظهر الجمالي.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصـل الرابع

حالات دراسية للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني المدرسية الخضراء

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الرابع

حالات دراسية للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني المدرسية الخضراء

1.4 المقدمة

مع تصاعد الاهتمام العالمي بقضايا البيئة وتنامي المطالب بضرورة التصدي بفعالية للمشكلات البيئية الملحة وعلى رأسها مشكلة التغيرات المناخية والاحتباس الحراري المرتبطة بالتلوث، والحاجة إلى استغلال مصادر الطاقة المتجددة وعلى رأسها الطاقة الشمسية، ظهر مفهوم المدارس الخضراء، بهدف تطوير المؤسسات التربوية بيئيا، فالإنسان هو هدف الاستدامة والتعليم أداة من أدوات تحقيق الاستدامة، ومن أهم ما يميز هذه المدارس الخضراء استخدام الخلايا الكهروضوئية لتوليد الكهرباء اللازمة لتشغيل المبنى المدرسي.

سيتم في هذا الفصل استعراض حالات دراسية لمدارس خضراء تتضمن استخداما للخلايا الكهروضوئية لتوليد الكهرباء، مع إعطاء مقدمة عن المدارس الخضراء من حيث مفهومها ومواصفاتها كمقدمة لذلك.

2.4 نبذة عن المدارس الخضراء

1.2.4 مفهوم المدارس الخضراء

بدأت العديد من دول العالم في الاهتمام بإنشاء المدارس الخضراء، وبصفة خاصة الدول الأوروبية، استجابة لدعوة مؤتمر الأرض الذي أقيم سنة 1992 في ريو دي جانيرو وكان إعلانه بشأن البيئة والتنمية يعتمد جدول أعمال القرن 21 من خلال تحديد حقوق ومسؤوليات الدول فيما يتعلق بهذه القضايا، من مبادئه:

- أن البشر في صميم الاهتمامات المتعلقة بالتنمية المستدامة، ويحق لهم أن يحيوا حياة صحية ومنتجة في وئام مع الطبيعة.
- أن يكون للدول الحق السيادي في استغلال مواردها الخاصة ولكن لا تسبب ضررا لبيئة الدول الأخرى.
- القضاء على الفقر وتقليل التفاوت في مستويات المعيشة في جميع أنحاء العالم
- المشاركة الكاملة للمرأة أمر ضروري لتحقيق التنمية المستدامة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

– أن تعترف البلدان المتقدمة بالمسؤولية التي تتحملها في السعي الدولي لتحقيق التنمية المستدامة في ضوء الضغوط التي تلقيها مجتمعاتها على كاهل البيئة العالمية والتكنولوجيات والموارد المالية التي تحت تصرفها (UN, 1997).

ويستنتج فيما سبق أن مؤتمر الأرض الذي ركز حول كيفية تأثير الإنسان على البيئة والمجتمع، وكذلك توصيات صندوق البيئة الأوربي، ومن منطلق التأكيد على أهمية تطوير مفهوم التنمية المُستدامة باعتبارها نقطة التقاء احتياجات البيئة والاقتصاد والمجتمع، وهي ذات النُقطة التي يدور في فلكها نظام التربية والتعليم، ومن ثم يجب أن يكون هذا النظام قطاعا رائدا في الاتجاه العالمي لزيادة الوعي البيئي والتنمية المستدامة، التي من أبرز أسسها التأكيد على أهمية طول المدى للعملية التربوية، والأثر الإيجابي الذي يمكن أن تحققه في الارتقاء بالوعي البيئي، فتم تعميم خطة المدارس الخضراء، بهدف تقييم المدارس وفقا للمعايير البيئية فيما يتعلق بالعملية التعليمية والتربوية والإدارة والمنشآت وسبل التعامل مع الموارد الطبيعية (Sharma & Pandya, 2015).

هناك العديد من التعاريف للمدارس الخضراء منها (Ministry of Education and Training-Ontario, 2010):

1- تعريف مجلس مخططي المرافق التعليمية المدرسة الخضراء (CEFPI): هي مدرسة صحية صديقة للبيئة موفرة للطاقة وتهتم بصحة ورفاهية مستخدميها.
2- تعريف دائرة شؤون الأطفال والمدارس والأسر في المملكة المتحدة: هي مدرسة مستدامة تعد الشباب لحياة مستدامة من خلال أساليب التدريس وبناء المجتمع والممارسات اليومية، ويجب إعطاء الأهمية لثلاثة عناصر وهي أنفسنا من خلال صحتنا ورفاهيتنا، الآخرين عبر تبادل الثقافات ، والبيئة محليا وعالميا.
3- وأخيرا يعرف "Gordon" (2010): بأنها نتيجة فعلية لعملية توافق الآراء في التخطيط والتصميم والبناء التي تأخذ بعين الاعتبار أداء المبنى خلال دورة حياته التي تقدر بين 50 و60 عاما، قادرة على توفير الهواء النقي النظيف، ومعدل درجات حرارة مريح (ارتياح حراري)، والاضاءة الوفيرة، وموقعها بعيد عن أي ضوضاء غير مرغوب، وكفاءة استغلال الموارد، وتقليل التلوث البيئي، وتعليم الطلاب أهمية الابتكار في البيئة المبنية.

من احد الأنظمة لتقييم اداء المدارس الخضراء نظام الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة أو اختصارا (Leadership in Energy and Environmental Design أو LEED) هو

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

نظام دولي كمقياس تصميم وإنشاء وتشغيل مبان مراعية للبيئة وعالية الأداء. حيث يقيم نظام التصنيف ويقيس أثر أي منشأة وأدائها، والتي تأخذ بعين الاعتبار عدة نقاط منها هي جودة الهواء في الأماكن المغلقة، والراحة الحرارية والصوتية للشاغلين، توفر الإضاءة الطبيعية، توفر الألواح الكهروضوئية، وزراعة الأسقف، وكفاءة استخدام المياه والطاقة والإضاءة الموفرة للطاقة، والتدوير و استخدام المواد منخفضة الانبعاثات وغيرهم.

يتم تصنيف المباني التي تنال هذه شهادة ال LEED إلى ثلاث مراتب حسب تطبيقها للمعايير المطلوبة، وهي: المرتبة البلاتينية والذهبية والفضية (Boeing, Church,Hubbard, Mickens, & Rudis, 2014).

يمكن تلخيص المدرسة الخضراء بأنها بناء مستدام بيئيا وماليا واجتماعيا، وتحافظ على البيئة المحيطة وتعزز البيئة التعليمية وذو تكلفة تشغيلية قليلة على مدى عمر المبنى و وتقلل من مصروفات الطاقة وتحولها إلى عناصر مفيدة للبيئة للمبنى وشاغريه.

وبذلك إن المدارس الخضراء هي أبنية كأي مبنى شيد لأغراض تعليمية، لكن الفرق يكون في التزام المبنى الأخضر في مراحله كافة، التي تشمل اختيار الموقع والتصميم والتخطيط والإنشاء والإدارة والتشغيل، فالمدرسة المستدامة ليست فقط تشمل مفهوم الاستدامة من تلبية احتياجات الجيل الحالي دون المساس بقدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها الخاصة (United Nations General Assembly, 1987) ولكنها في حد ذاتها أداة تعليمية للاستدامة.

2.2.4 مواصفات المدارس الخضراء

تشمل مواصفات المدارس الخضراء ما يلي(Ministry of Education and Training-Ontario, 2010):

أولا: استدامة موقع المدرسة

يشمل استدامة الموقع عدة أمور يجب أخذها بعين الاعتبار ويمكن تصنيف منها اختيار الموقع بشكل مناسب بحيث لا يكون مثلا أرضا زراعية أو محمية طبيعية، مع ضرورة الحفاظ على المناطق الطبيعية الموجودة في الموقع واستعادة المناطق المتضررة لتوفير وتعزيز التنوع البيولوجي، وأن يكون قريبا من خط نقل عام للمواصلات، وتوفير مرافق آمنة للدراجات والسيارات، وتوفير طرق آمنة للمشاة، مع ضرورة اختيار التوجيه الأمثل للمبنى لخلق بيئة حرارية أكثر اعتدالا.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ثانيا: كفاءة استخدام المياه

خفض استهلاك المياه بنسبة 20% كحد أدنى عن طريق تجميع مياه الأمطار، وكفاءة الري، واستخدام المياه الرمادية وإعادة تدويرها.

ثالثا: المواد والموارد

من خلال اعتماد مبدأ التخفيض وإعادة الاستخدام والتدوير في مراحل بناء المبنى وتشغيله، وتحديد تقنيات البناء ذات الطاقة المنخفضة، واستخدام المواد المعاد تدويرها، والمواد المحلية التي تتطلب الحد الأدنى من المعالجة، وتصميم المبنى لعمر زمني طويل (ديمومة المبنى) من خلال مرونته لتلبية الاحتياجات المستقبلية، واستخدام مواد ذات ديمومة وقدرة عالية على مقاومة الظروف الطبيعية وتحملها لأشعة الشمس واختلاف الرطوبة ومقامتها للكائنات الحية مثل الفطريات والحشرات.

رابعا: البيئة التعليمية الداخلية

في جميع مراحل تصميم البناء وتشغيله يتم النظر في نوعية البيئة التعليمية المطلوبة من خلال تحديد أنواع المركبات العضوية منخفضة الانبعاث، واستخدام أساليب البناء الايجابي، وأنظمة تهوية فاعلة، وأيضا الحصول على أفضل الإطلالات والإنارة الطبيعية للغرف الدراسية وكذلك التهوية الطبيعية الأفضل وجود صوتية بدون أي ضوضاء وتحقيق راحة حرارية لشاغلي المبنى.

خامسا: كفاءة استخدام الطاقة

تستخدم المدارس الخضراء طاقة أقل بنسبة 33٪ مقارنة مع المدارس بسبب التحسينات في أنظمة الاضاءة ذات الكفاءة العالية وقليلة استهلاك للطاقة أداء، واستخدام أجهزة الاستشعار، وأنظمة التدفئة والتبريد ذات الفعالية، وعزل غلاف المباني، وتحقيق تصميم متكامل للمبنى المدرسي ذو استهلاك طاقة أقل من خلال استخدام برامج الطاقة النمذجة للطاقة قبل عملية الانشاء، وهناك تدابير منخفضة التكاليف لزيادة كفاءة استخدام الطاقة وهي:

- تحسين العلاف الخارجي للمبنى:

يشمل تحسين كفاءة غلاف المبنى عدة جوانب وهي عزل الرطوبة من خلال منع تسرب المياه من وإلى البناء، والعزل الحراري بحيث يتم استخدام مواد خاصة تمنع انتقال وتسرب الحرارة من الداخل إلى الخارج أو العكس بوسائل الانتقال الحراري المختلفة،

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

فالأداء الحراري لغلاف المبنى له تأثير مباشر على كمية الطاقة المطلوبة للحفاظ على مبنى مريح.

- الإضاءة:

من خلال استخدام مصابيح فلوريسنت ذات كفاءة عالية مع ضوابط للتحكم والمجسات في حال عدم وجود أشغال في الغرفة، وبالتالي تقليل تكاليف الكهرباء، وللحصول على أفضل توفير للطاقة يتم ذلك من خلال تعظيم استخدام ضوء النهار من خلال تكامل عمليات التصميم من المراحل المبكرة، واستخدام رفوف الإنارة العاكسة والأسقف العالية واختيار التشطيبات الداخلية المناسبة لتحسين تغلغل ضوء النهار، واستخدام أنابيب الطاقة الشمسية أو أنابيب الإضاءة Light Tube.

- التوجيه الأمثل للمبنى:

لاستغلال الشمس والرياح بصور ايجابية في المبنى والسيطرة عليهما عندما يشكلان مصدرا سلبيا. تأثير الشمس يمكن التحكم به بسهولة في المباني قليلة العرض ذات محور طولي بحيث تكون ضمن 15درجة شرق/غرب بحيث تواجه النوافذ الجنوبية مع وجود أجهزة التحكم في دخول الشمس مثل الرفوف العاكسة للضوء والتظليل على النوافذ الجنوبية وتحسين تغلغل ضوء النهار وأيضا السماح للطاقة الشمسية في الدخول إلى داخل المبنى شتاءا وحجبها في فصل الصيف.

- أخيرا استغلال الطاقة الشمسية:

من خلال أنظمة الطاقة الشمسية لأغراض التدفئة والتكييف وتسخين المياه وبالإضافة لتوليد الطاقة الكهربائية وذلك لتخفيض الآثار البيئية والاقتصادية الناتجة عن مصادرها التقليدية، وهذا ما سيتم استعراضه في الحالات الدراسية التالية.

3.4 حالات دراسية لاستخدام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المدارس الخضراء

لا بد من استعراض بعض الحالات الدراسية العالمية في هذا المجال بغية استخلاص الأفكار وتوظيفها في المباني المدرسية في قطاع غزة وبما ينسجم مع مناخها الحالي، وذلك لمواكبة التطور التكنولوجي العالمي وإيجاد مباني كفوءة طاقويا من جهة، وتخفيف أزمة انقطاع الكهرباء المتواصل وتخفيف الاعتماد على الوقود لتشغيلها من جهة أخرى.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

سيتم عرض بعض النماذج لمدارس طبقت نظامBIPV، بحيث تكاملت الوحدات الكهروضوئية مع العناصر المعمارية المختلفة من واجهات، وأسقف، ومناور، وتراسات.

1.3.4 مدرسة "أنيمو ليدرشب" الثانوية "Ánimo Leadership High School"

تعتبر مدرسة "أنيمو ليدرشب" أحد النماذج المميزة للمدارس الخضراء، والتي استخدمت الخلايا الكهروضوئية كجزء من تصميم المدرسة بشكل ملفت، حيث أثرت بفوائدها على الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

أولا: وصف المشروع (Green Dot Animo, 2013)

تصميم: مكتب "Brooks + Scarpa Architects"

الموقع: مدينة لوس أنجلوس، ولاية كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية

مساحة الأرض: 4970.3 م^2

سنة الانشاء: 2012م

عدد الطوابق: 3طوابق

عدد الطلبة: 525 طالب وطالبة

الكثافة الصفية: 28 طالب وطالبة

مستويات الدراسة: من الصف التاسع إلى الثانوية العامة

التكلفة: 14.3 مليون دولار

ثانيا: الفكرة التصميمية

صممت المدرسة على استراتيجيات المدرسة الخضراء الموفرة للطاقة، وتسمح بتوفير الاضاءة والتهوية الطبيعية دون استخدام أي تهوية أو تكييف صناعي، والحد من الاضاءة الصناعية والتكيف مع المناخ الجنوبي.

سمح التخطيط والتصميم المعماري للمدرسة على وفرة دخول الضوء الطبيعي، وتظليل نفسها من خلال تشكيل الكتل، وتحفيز تدفق مسارات الهواء المرغوب بها، وتم توجيه المبنى على محور شرق- غرب كما هو موضح في شكل (4.1) وموضحا أيضا عناصر المدرسة، سبب التوجيه لاكتساب أقصى قدر من الاشعاع الشمسي من جهة الجنوب، وذلك للإضاءة النهارية وتسخين المياه من النظام الحراري الشمسي وتوليد طاقة كهربائية لمرافق المدرسة من خلال الوحدات الكهروضوئية التي تم تركيبها.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل(4.1): المساقط الأفقية للمدرسة موضحا توجيهها وعناصرها

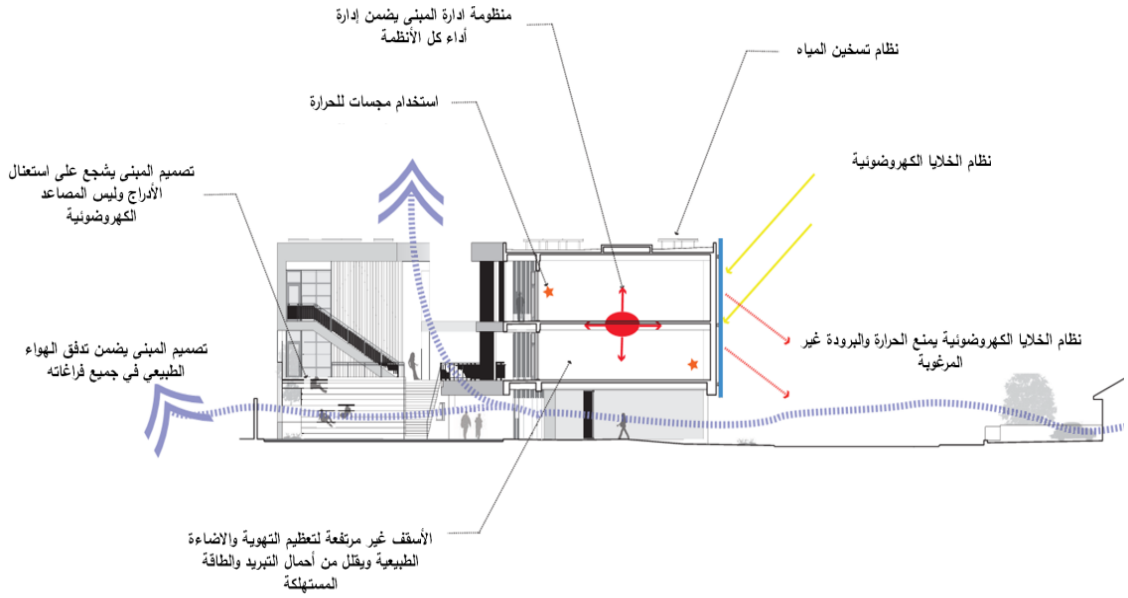
(**المصدر**: Green Dot Animo, 2013)

بالمختصر المدرسة صممت على مبادئ الطاقة الشمسية السلبية (passive solar principles)، فبدلا من انشاء كتلة مبنى ضخمة تم انشاء المبنى حول فناء داخلي كبير للاستفادة من مناخ كاليفورنيا، وتعزيز ادماج المبنى مع الطبيعة، وبدوره تحسين كمية الضوء والتهوية الطبيعيين مما يحد من الاضاءة الداخلية الاضافية وتكييف الهواء، شكل (4.2) يوضح احتضان المبنى للفناء، وشكل (4.3) يظهر تكامل المبنى مع المحيط البيئي وتحقيق التصميم السلبي والفعال فتم تركيب وحدات كهروضوئية على واجهته الجنوبية للاستفادة من اشعة الشمس وتظليل الفصول وتم تقليل الفتحات الزجاجية في الواجهة الغربية، وتركيب كاسرات شمس رأسية و كاسرات شمس أفقية لفتحات الواجهة الشرقية، هذه الاجراءات قللت بحوالي 75% من احمال التدفئة والتبريد للمدرسة (Borgobello, 2013).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل(4.2): كتل المبنى المدرسي واحتضانها للفناء الداخلي

(**المصدر**: Green Dot Animo, 2013)



شكل(4.3): تكامل التصميم الفعال والسلبي في مبنى المدرسة

(**المصدر**: Green Dot Animo, 2013)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ثالثا: تطبيق نظام BIPV في المدرسة

شكل التكامل: السقف و الواجهة جنوبية

وصف النظام: تم تركيب وحدات الكهروضوئية على سقف المدرسة باتجاه الجنوب، وعلى الواجهة الجنوبية، بواقع 200 لوحة كهروضوئية على السقف و650 لوحة كهروضوئية على الواجهة الجنوبية لغرضين اكتساب اكبر قدر ن أشعة الشمس، وتنظيم الحرارة والبرودة والاضاءة (تظليل للفصول) انظر شكل (4.4).

تولد الوحدات الكهروضوئية 100% من الطاقة اللازمة لتشغيل جميع فراغات المبنى، وتنتج 126 كيلو واط ساعة، الوحدات على السطح تولد 25% والواجهة الجنوبية 75%(Green dot charter, 2013)..

هذه الاعتبارات التخطيطية والتصميمية يتوقع أن تقلل من انبعاثات الكربون ب 1.36 مليون كيلوغرام، أي ما يعادل الانبعاثات السنوية من أكثر من 1000 سيارة (Borgobello, 2013).

شكل(4.4): تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الواجهة الجنوبية للمدرسة

(**المصدر**: Green Dot Animo, 2013)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

رابعا: تقييم المشروع والنتائج المستخلصة

– يشبه مناخ الجزء الأكبر من الولاية مناخ البحر الأبيض المتوسط حيث فصل الشتاء بارد ممطر والصيف جاف، وهذا متشابه بمناخ قطاع غزة.

– تعتبر مدرسة " أنيمو ليدرشب" نموذج مميز للتصميم المستدام والمدارس الخضراء الصديقة للبيئة.

– المدرسة حققت الاستدامة في التصميم المعماري لمبانيها وفي التصميم البيئي لموقعها الخاص، وطوعت الوحدات الكهروضوئية بالمبنى بشكل عصري يتناسب مع التصميم ويزيد من جماله وأصالته وبذلك حققت نظام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى.

– الاستفادة القصوى من الاضاءة النهارية و تيارات الهواء المرغوب بها للفراغات الداخلية

– استغلال الطاقة الشمسية من خلال النظام الحراري بتسخين المياه المغذية لدورات المياه والمطابخ و المختبرات

– استغلال الطاقة الشمسية من خلال الوحدات الكهروضوئية وفر من استخدام مصادر الطاقة البديلة بشكل تام وتم توليد الكهرباء بشكل صديق للبيئة بدون أي انبعاثات مضرة لها.

– الوحدات الكهروضوئية تكاملت مع التصميم المعماري ولم تكن مجرد تقنية أضيف فيما بعد لحل مشكلة، بل جزء من وظيفة وجمال المبنى ككل.

– استخدام أجهزة استشعار عن بعد ومجسات لإطفاء وتشغيل الانارة الصناعية حسب وجود شاغري بالفراغ واستخدام أجهزة وأنواع اضاءة قليلة استهلاك الكهرباء، يعتبر جزء هام في تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية

–نظرا لكبر أسطح المدارس و واجهاتها فإن استغلال غلاف المبنى ليكون جزء من النظام الكهروضوئي سيولد طاقة كهربائية تسد حاجة المدرسة لأي مصادر طاقة أخرى، يمكن تطبيقها في مدارس قطاع غزة القائمة و المراد انشاؤها لتوليد الكهرباء بشكل يتكامل مع التصميم.

2.3.4 مدرسة "ويستبوروغ" الابتدائية "Westborough Primary School "

المدارس تنتج حوالي 15٪ من انبعاثات الكربون في المملكة المتحدة، ومن منطلق أن المدارس تتحمل مسئولية بيئية ومجتمعية للحد من آثار الكربون، كان لابد من وجود برامج بناء وتجديد المدارس بطريقة مستدامة وبأسعار معقولة ومنخفضة الكربون.

تم انشاء مدرسة "ويستبوروغ" عام1915 من الطوب الأحمر ومرت منذ انشاؤها بالعديد من الاضافات والتغييرات على هيكلها العام لاستيعاب المتطلبات الأكاديمية الجديدة، أخر عملية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

للمدرسة في عام 2012 وهي بحد ذاتها فرصة تعليمية لتعزيز المجتمع و مفهوم المدرسة الخضراء المستدامة (Westborough Primary School, 2011) .

أولا: وصف المشروع

تصميم: مكتب "Cottrell & Vermeulen "

الموقع: ضاحية ويستكليف، المملكة المتحدة البريطانية

مساحة المبنى : 2328 م^2

سنة اكتمال الانشاء: 1915م وتم تجديد جزء منها عام 2012

عدد الطوابق: طابقين

عدد الطلبة: 638 طالب وطالبة

الكثافة الصفية: 32 طالب وطالبة

مستويات الدراسة: المرحلة التحضيرية إلى الصف السادس

تكلفة تجديد المدرسة: 1.6 مليون دولار

ثانيا: الفكرة التصميمية

تسعى المدرسة للوصول على بناء مستدام لا ينتج أي انبعاثات كربونية (zero carbon school)، لذلك كان لابد من وضع نهج بيئية لتجديدها، وكانت بعض الأفكار مستوحاة من الطلبة للوصول لمبنى مستدام بيئيا مستقبلا. واستند النهج المتبع في تجديد المدرسة هو خفض الطلب على الطاقة من خلال تحسين عزل غلاف المبنى من أسقف وجدران وفتحات، وتفادي تيارات الهواء غير المرغوبة، وتحسين كفاءة الإضاءة الطبيعة والصناعية وتزويد المدرسة بالكهرباء اللازمة لفراغاتها بمعداتها عن طريق نظم الطاقة المتجددة من تركيب خلايا كهروضوئية، وخلايا شمسية للتدفئة، واستخدام نظام الكتلة الحيوية (Biomass system) كمصدر أساسي للحرارة من خلال حرق قطع الخشب، ويظهر الشكل التالي الموقع العام للمدرسة والجزء الذي تم تجديده باللون الأحمر (4.5).

ولتوفير استهلاك الطاقة الكهربائية تم استخدام ضوابط للإنارة وأي نظم كهربائية أخرى .(Westborough Primary School, 2011)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

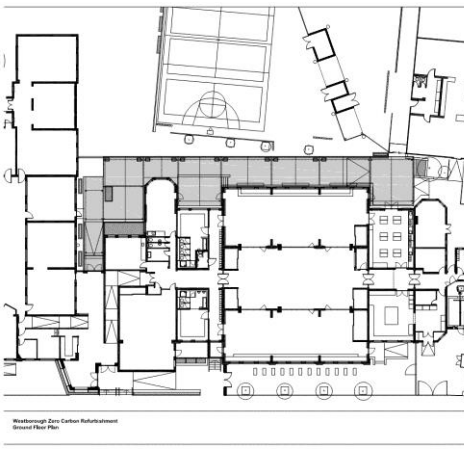
شكل(4.5): الموقع العام للمدرسة وتم تحديد الجزء الذي تم تجديده

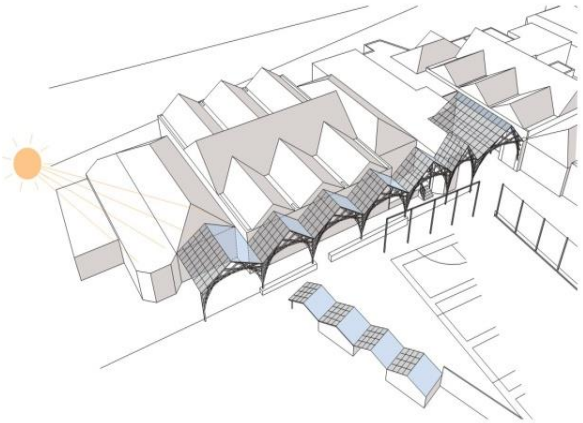
(**المصدر**: Westborough Primary School, 2011)

ثالثا: تطبيق نظام BIPV في المدرسة

شكل التكامل: مع مظلات الممرات

وصف النظام: تم دمج 400 م2 لوحة من الخلايا الكهروضوئية في تصميم مظلة الممر يستخدمه الطلبة للتنقل بين الغرف الصفية، فشكلت جزء من هيكل بناء المظلة، وليس تركيبها فوقها فحسب بعد انشاؤها وبذلك توفير مواد البناء، وتم وضعها لتواجه الجهة الجنوبية كما يبين شكل (4.6)، وتولد حوالي 100 كيلوواط ساعة بالمتر المربع الواحد. المظلات الكهروضوئية وفرت 70% من الكهرباء اللازمة لتشغيل المبنى، وإلى خفض انبعاث الكربون بمقدر بكمية 17 ألف كغم سنوي (Holden,2015).





المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل(4.6): دمج الخلايا الكهروضوئية في مظلات الممر بين الصفوف

(**المصدر**: Westborough Primary School, 2011)

رابعا: تقييم المشروع والنتائج المستخلصة

– من المعروف أن مشاريع التجديد أكثر تعقيدا وتكلفة مقارنة ببناء مشروع جديدة ولكن بسبب أن مشاريع المنشآت البناء الجديدة يمكن أن تنبعث منها أكثر من أربعة أضعاف كمية ثاني أكسيد الكربون من عمليات التجديد الشاملة، لذلك اتبع منهج تجديد المدرسة بدلا من هدمها وانشائها مجددا نظرا للتأثيرات البيئية الناجمة.

– عزل جميع عنصر غلاف المبنى من أرضيات وأسقف وجدران وفتحات وعزل أي تسرب هوائي من الفتحات، له دور كبير في حفظ الطاقة لأمور التدفئة والتبريد في كلا الفصلين الشتاء والصيف وبالتالي خفض استهلاك الطاقة الكهربائية.

– عزل أنابيب المياه الساخنة وأنابيب التدفئة حد من الخسائر الحرارية وحسين السيطرة على تسخين الفراغات

– الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، مثل الكتلة الحيوية هي وسيلة لتلبية مطالب التدفئة للمدرسة، والطاقة الشمسية لتسخين المياه و توليد الكهرباء.

– لتوفير كمية الطاقة الكهربائية المنتجة من الوحدات الكهروضوئية تم استخدام أجهزة ومعدات ذات كفاءة عالية وقليلة الاستهلاك للطاقة مثل استخدام أضواء الفلورسنت T5، واستخدام أجهزة الاستشعار لضوء النهار المستخدمة للسيطرة على الإضاءة في الفصول الدراسية.

– استخدام الخلايا الكهروضوئية في الاجزاء الخارجية للمبنى لتحل محل مواد البناء التقليدية وتم تسقيف الممرات بالوحدات الكهروضوئي لتحل محل ألواح الخشب.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

– حقق تكامل الخلايا الكهروضوئية مع تصميم المظلات فائدة اقتصادية لنظام استخدام الطاقة الشمسية بالإضافة الي الحصول علي معلم مثير في تصميمه.

– تميزت الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع أسقف ممرات المدرسة بقدرتها على توفير الظل بحيث كانت شبه شفافة وتحمي من الأمطار وتقلبات الطقس فيمكن التنقل بين الفراغات الصفية بأريحية، انظر إلى الشكل (4.7).

– أشكال الخلايا وأنواعها وألوانها ودرجة شفافيتها تلعب دور في تعزيز التكامل مع التصميم المعماري للمبنى واعطائه لمسة فنية وتقنية خاصة.

شكل(4.7): الخلايا الكهروضوئية الشبه شفافة توفر الظلال للطلبة للتنقل واللعب في الممرات

(**المصدر**: Westborough Primary School, 2011)

3.3.4 حضانة ومدرسة "كاثلين غريم" الابتدائية " The Kathleen Grimm School "

(The Kathleen Grimm School, 2016).

تعد مدرسة "كاثلين غريم" الابتدائية في نيويورك أفضل وأول الأمثلة عن المباني التعليمية ليس من ناحية توفير بيئة صحية مناسبة للطلبة فحسب بل أيضا بتقديمها حلولا جذرية وبكونها مثالا رائعا عن الأبنية الخدماتية عديمة الاستهلاك للطاقة (Net zero energy school)، بحيث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يحصد المبنى الكثير من الطاقة من المصادر المتجددة في الموقع دون الاعتماد على مصادر الطاقة من الوقود الأحفوري .

أولا: وصف المشروع

تصميم: مؤسسة " The SOM"

الموقع: جزيرة ستاتن في ولاية نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية

مساحة المبنى : 6317 م^2

سنة اكتمال الانشاء:2015م

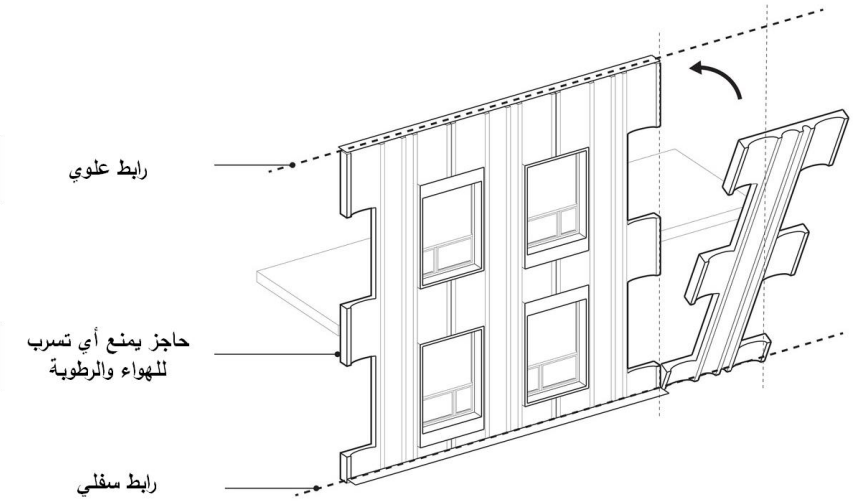
عدد الطوابق: طابق أرضي فقط

عدد الطلبة: 444 طالب وطالبة

مستويات الدراسة: من المرحلة التحضيرية للصف الرابع

ثانيا: الفكرة التصميمية

تم تصميم المدرسة وكأنها تطفو فوق الملعب العشبي، النظام الإنشائي كان من وحدات خرسانية مسبقة الصنع تم تركيبها بالموقع، وظللت من الجهة الشمالية الشرقية كما غطيت الواجهة الغربية بكاسرات من الألواح الخرسانية، كل لوح يرتفع نحو 9.1م ويثبت من الأعلى والأسفل لتشكيل غلاف ذو شقوق ضيقة لتقليل كميات الهواء والرطوبة الداخلة غير المرغوب بها انظر شكل (4.8).



شكل(4.8): الألواح الخرسانية المكونة لحوائط مبنى المدرسة

(**المصدر**:The Kathleen Grimm School, 2016)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تقطع الواجهة نوافذ ذات ثلاث طبقات من الزجاج، محددة ضمن إطارات زاهية الألوان.
النوافذ الواسعة و الفناء والفراغات الداخلية والفتحات السماوية توصل كمية واسعة من الضوء إلى الصفوف المدرسية، فتؤمن بذلك 90% من كلي الاحتياج الضوئي اللازم، يوضح شكل(4.9) وصول الاضاءة الطبيعية خلال النهار إلى أغلب الفراغات الداخلية من خلال الفتحات بفضل التوجيه الصحيح للمبنى. يحفز تأثير هذه الإضاءة الطبيعية عن طريق استخدام الجدران البيضاء أو فاتحة اللون والأرضيات الفينيلية "Vinyle Tile " وبدراسة أنواع وخصائص ألواح السيراميك المثبتة على الجدران والأسقف المستعارة.

شكل(4.9): فتحات الأسقف وفتحات النوافذ الكبيرة تسمح بتغلغل ضوء النهار إلى فراغات المدرسة الداخلية
(المصدر:The Kathleen Grimm School, 2016)

ويضخ الهواء إلى داخل المدرسة عبر نظام تهوية يعتمد على الهواء الخارجي، كما يتميز هذا النظام بكونه مجدد للطاقة وحيازته على نظام للتحكم بالرطوبة. حفر أسفل الملعب الرياضي

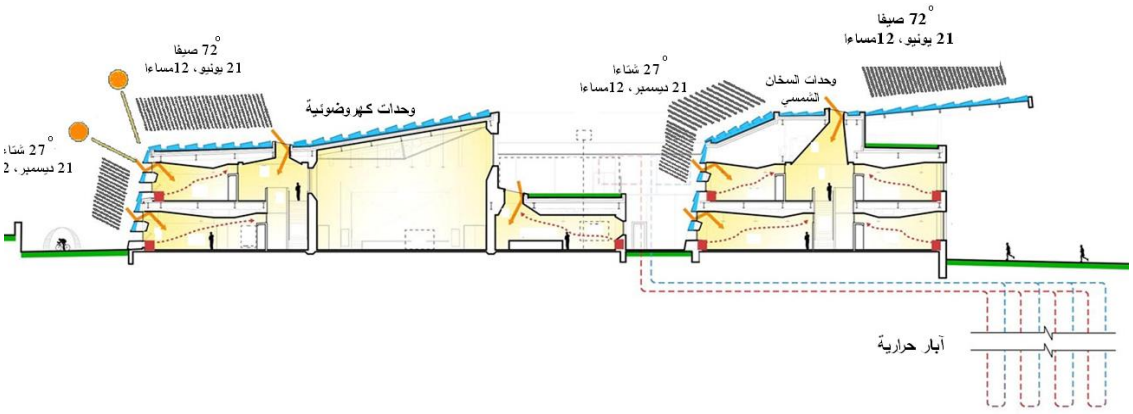
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

80 بئرا حراريا للاعتماد عليها كمصادر أساسية للتدفئة، وتحتوي المدرسة على فناء داخلي للاستفادة من أشعة الشمس من حيث ضوء النهار، واستغلال الاشعة من خلال الوحدات الكهروضوئية لتوليد الكهرباء على للواجهات الجنوبية والاسطح و تركيب نظام حراري شمسي للمياه الساخنة ولأمور لتدفئة على الاسطح كما في الشكل (4.10).

تشمل المدرسة أغلب سمات المدارس الخضراء من حيث استغلال الطاقة الشمسية بكفاءة، وحصاد مياه المطار وكما تم تركيب توربينات هوائية والاستفادة من آبار حرارية أرضية "Geothermal wells " لأمور التدفئة، ومصادر أخرى للطاقة النظيفة كما ذكر سابقا.

كما تم تثبيت أجهزة تحكم في كامل المدرسة بهدف قياس الطاقة الحقيقية المنتجة والمصروفة.

تحتوي المدرسة بالإضافة الى الفراغات الواجب توافرها بكل مدرسة إلى كافيتريا، وصالة رياضية، ومكتبة عامة يمكن الوصول إليها من مجتمع ساندي غروند، وحديقة خضراء في الفناء ، تخلق المدرسة فرصة لتشارك أفرد المجتمع لمحلي مع الخدمات التي تقدمها المدرسة والمشاركة بأي فعاليات خاصة بالمدرسة أو المجتمع من خلال فراغاتها.



شكل(4.10): الاعتماد على الآبار الحرارية والوحدات السخان الشمسي للتدفئة ، واستغلال الطاقة الشمسية من خلال الوحدات الكهروضوئية المدمجة مع غلاف المبنى

(المصدر: The Kathleen Grimm School, 2016)

ثالثا: تطبيق نظام BIPV في المدرسة

شكل التكامل: السقف و الواجهة جنوبية

وصف النظام: تم تصميم المدرسة لتنتج على مدار العام طاقة تغطي مقدار صرفها السنوي من خلال استغلال الطاقة الشمسية بتركيب وحدات كهروضوئية بمساحة 6300 م^2 على

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الواجهة الجنوبية وتمتد على سقفها وتغطي جزء من الملعب، بالإضافة إلى 400 لوح كهروضوئية كمظلة لموقف السيارات، وتولد ما يقارب662 ميغاواط. ساعة من الكهرباء.

المدرسة تستهلك طاقة أقل تقدر بنصف الطاقة المطلوبة لتشغيل المدارس وذلك حسب الأسس والنظم الضابطة لتصميم وإدارة المدارس في مدينة نيويورك.

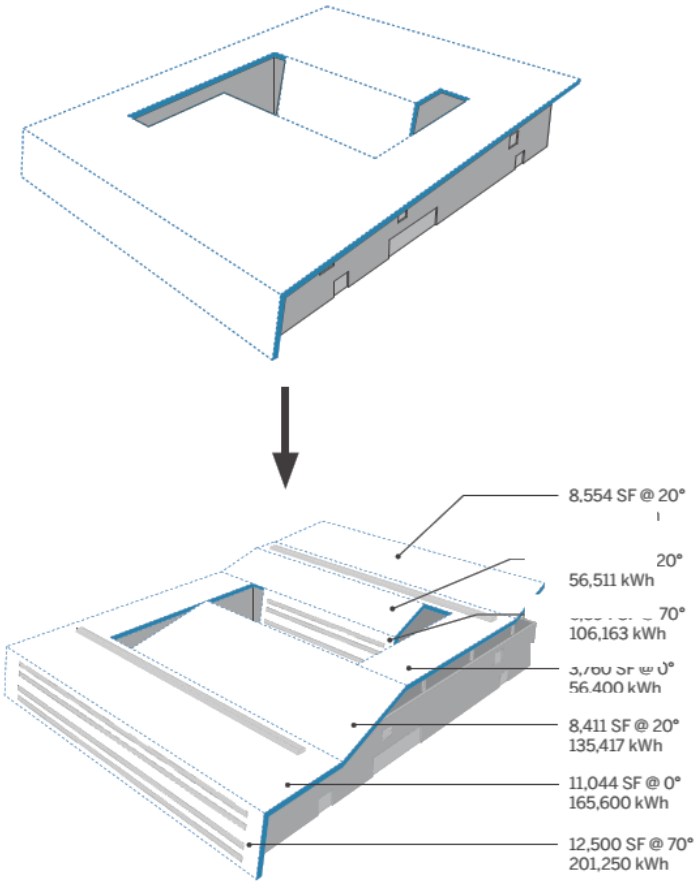
وبدلا من فصل اللوحات، تم التعامل معها على هيئة لوحة واحدة متلاصقة بإحكام وتميل بزاوية واحدة معا، فالأسطح الرأسية والأفقية الكهروضوئية تكمل بعضها البعض لتزويد الطاقة اللازمة في جميع أنحاء المدرسة.

وقبل تنفيذ المشروع تم الانتهاء من النمذجة المحوسبة لضمان أن الطاقة الصادرة من النظام الكهروضوئي ستنتج سنويا ما يقارب 685 ميغاواط ساعة سنويا وأن مقدار الطاقة المنتجة اكثر من مقدار الطاقة المستهلكة انظر شكل (4.11) و شكل (4.12)

شكل(4.11): دمج الخلايا الكهروضوئية في غلاف المبنى الخارجي في الواجهة الجنوبية والسقف وسقف موقف السيارات

(المصدر: The Kathleen Grimm School, 2016)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل(4.12): كمية الطاقة الناتجة من كل مجموعة من الألواح الكهروضوئية حسب موقعها في غلاف المبنى
(المصدر: The Kathleen Grimm School, 2016)

رابعا: تقييم المشروع والنتائج المستخلصة

– توجيه الفصول الدراسية كان على محور شرق– غرب، بحيث كانت الفصول الدراسية تواجه يا جهة الجنوب أو الشمال لخلق ظروف مثلى لتوفير أقصى قدر من الوصول إلى الضوء والهواء.

– مدرسة تعتبر مدرسة كاسبة للطاقة أي أنها تنتج طاقة أكثر من التي تستهلك وهذا نتيجة استغلال مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة التقنيات المستخدمة وأساليب التصميم المعماري البيئي في تشييد مبنى المدرسة.

– ركز مشروع المدرسة بشكل كامل على فكرة الاستدامة ليس فقط من ناحية تصميمه المعماري والبيئة الصحية الملائمة للتعليم التي يخلقها بل أيضا من خلال المناهج الدراسية العلمية المقدمة للأطفال، فالفكر المستدام فكر شامل يقوم على عدد كبير من المفاهيم التي يتوجب

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

علينا سوي العمل بها وإدراجها في روتين الحياة اليومية وتطبيقها ما أمكن في جميع المشاريع المستقبل.

– الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع مبنى المدرسة ومظلة موقف السيارات كانت جزءا لا يتجزأ من التصميم، فشكلت مزيجا أفضل وأكثر جاذبية من الناحية الجمالية من خيارات أخرى مختلفة للطاقة الشمسية.

– الوحدات الكهروضوئية المتكاملة شكلت عباءة لتغطية مبنى المدرسة وموقف السيارات وجزء من الملعب ضد تقلبات الطقس، وتوفير الظل للحماية من أشعة الشمس وكذلك الحماية من الرياح والأمطار، وبسبب كونها مقاومة كهربائية لذا فيمكنها الحماية من البرق.

– عندما يكون الطقس باردا أو حارا فان الوحدات المتراصة معا تعمل بمثابة عازل حراري من خلال طبقة الهواء التي تتخلل هذه الوحدات، وكذا من خلال امتصاص الأشعة التي يقوم بها السليكون البلوري وطبقة رقيقة الخلايا الشمسية، وهذا يعني أن مقدار قليل من الطاقة تهدر من فقدان الحرارة من الداخل، وبذلك خفض تكاليف التدفئة والحفاظ على درجة الحرارة في الداخل في الدرجة العادية.

– الوحدات الكهروضوئية أدت إلى تشييد مبنى مدرسي عصري جميل، فمرونة هذه الوحدات من الممكن ان تكون ذخرا لخيال مهندسي المعمار ومن ثم فسوف ينتج عن ذلك مباني أكثر جمالا وفي الوقت ذاته صديقة للبيئة.

– كل ما سبق يوضح سبب كون المشروع مثالا يحتذى به في بناء المدارس وسبب اعتباره أول مختبر حي للاستدامة في مدينة نيويورك.

4.4 الخلاصة

يتضح مما سبق أن تصميم المدرسة الخضراء هو تطوير مرفق صديق بيئيا وصحيا ويقلل من استهلاك الطاقة ويعزز العملية التعليمية، وهي مفهوم جديد يضم العديد من الميزات المختلفة التي تشمل:

- كفاءة استخدام الطاقة وهي عدة حلول تخص الطاقة التي يحتاج إليها المبنى وتوفير الاستهلاك، كاستخدام بعض منظمات الطاقة الحديثة، والاستفادة من الطاقة البديلة كالرياح والطاقة الشمسية.
- الحفاظ على المياه والموارد الطبيعية
- مبادئ سليمة لإدارة النفايات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- تحقيق بيئة داخلية صحية نظيفة
- الإضاءة الطبيعية والتهوية الطبيعية
- كفاءة الصيانة والتشغيل
- تعزيز المشاركة الجماعية فهي مبادر شاملة للمدرسة بأكلها من طلبة ومعلمين وأولياء أمور، وتعمل على ربطهم بالمجتمع، من خلال شبكة واسعة لتعزيز جهود الاستدامة البيئية.

فالمدارس في المستقبل، لابد أن تتحول إلى مصانع الابتكار والإبداع، وأن تكون بكل مرافقها وأجهزتها وكوادرها، تستند على البناء الأخضر.

ركزت الدراسة على كفاءة استخدام الطاقة الشمسية وكيفية استغلالها لتوليد الطاقة الكهروضوئية للمبنى المدرسي وامكانية دمجها بالتصميم المعماري بالمراحل الأولى بدون الشعور كأنها دخيل على كتله بدون أي فائدة جمالية، بحيث يمكن أن تمثل تشكيل وترتيب الوحدات الكهروضوئية فكرة تصميمة تحقق الوظيفة والجمال والأصالة بشكل عصري حديث.

حيث بينت الحالات الدراسية أنه يمكن تركيب الأنظمة الكهروضوئية في المباني بطرق مختلفة وتعود بمنافع طاقوية كبيرة في البلدان ذات المناخ البارد وبذلك فإمكانية تطبيقها في بلدان الشرق الأوسط بشكل عام وفي قطاع غزة بشكل خاص الذي يعاني من أزمة الكهرباء ستعود بنتائج مرضية نظرا للتعرض لساعات الإشعاع الشمسي الجيد على مدار السنة، حيث يمكن تثبيت هذه الأنظمة ودمجها على السقف أو على الحوائط الخارجية للمبنى، هذا بالإضافة لإمكانية استخدامها كمادة تشطيب خارجية أو كمظلة للمطر أو ككاسرات لأشعة الشمس، وهناك العيد من الأمثلة الناجحة في الوطن العربي لمشاريع تجارية وإدارية وسكنية تتبع هذه الأنظمة وتم توظيفيها وفق البيئة المناخية المحلية للحفاظ على الطاقة مع مواكبة التطور التكنولوجي. إمكانيات تكامل الخلايا الكهروضوئية مع المباني بمختلف عناصر المبنى سيتم دراستها في الفصل القادم باستخدام النمذجة على عدة بدائل تصميمية لمدارس ذات أشكال وتوجيهات مختلفة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصـل الخامس

تقييم أداء الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي باستخدام التمثيل المحوسب

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الخامس

تقييم أداء الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي باستخدام التمثيل المحوسب

1.5 المقدمة

المشاكل الحاصلة في أدائية المباني بشكل عام لا يتم اكتشافها عادة إلا بعد تشغيل المبنى، لذلك يتم الاستعانة ببرامج المحاكاة الحاسوبية أو ما تسمى بالتمثيل المحوسب خلال مرحلة التصميم كونها تعمل بصورة متزامنة مع عملية التصميم مما يتيح الفرصة لإيجاد حلول و وبدائل للمشاكل المتوقعة قبل حدوثها.

يتناول هذا الفصل دراسة مفهوم التمثيل المحوسب، والتطرق إلى أحد أهم البرامج الخاصة بالتمثيل وهو الإيكوتكت "Ecotect" والتعرف على أهم عمليات المحاكاة التي يقدمها وبالأخص عملية تحليل الاشعاع الشمسي لتوليد الطاقة الكهربائية في المباني المدرسية من خلال الاستعانة بالأنظمة الكهروضوئية، ومن ثم يتناول الفصل التحليل الكمي لبدائل تصميمية مختلفة للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي من خلال خطوات اتبعت بالدراسة للوصول إلى النتائج النهائية بواسطة برنامج الإيكوتكت وفي نهاية الفصل تم تقييم أداء الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي.

2.5 التمثيل المحوسب باستخدام برنامج الإيكوتكت "Ecotect"

نظرا لصعوبة استعمال المعادلات الرياضية في تضمين جميع جوانب أدائية المبنى وتطور تكنولوجيا المعلومات وصناعة الحواسيب ظهرت تقنية حاسوبية تسمى بالتمثيل المحوسب تتيح امكانية تمثيل العالم الحقيقي من قبل برنامج حاسوبي، واجراء الاختبارات والتحاليل عليه.

وحققت هذه التقنية رواجا عاليا بسبب دقة نتائجها وثبوت مصداقيتها من خلال سلسلة اختبارات خضعت لها، واستعملت هذه التقنية في تقويم مبان مشيدة فعليا وقورنت نتائجها مع قراءات ميدانية، ووجد أنها متقاربة لحد كبير أو متطابقة (حسين ومحمود، 2010م).

سيتم التطرق لمفهوم التمثيل المحوسب وبرنامج الإيكوتكت والتعرف على أهم عملياته في تحليل أدائية المبنى من ناحية الطاقة الشمسية (الاشعاع الشمسي).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1.2.5 التمثيل المحوسب

التمثيل المحوسب أو النمذجة المحوسبة "Computer Simulation" يعرف بأنه برنامج حاسوبي أو شبكة من أجهزة الكمبيوتر، تحاول عمل محاكاة نموذج مجرد من النظام المعين (أي محاكاة نظرية بالحاسوب).

ويعرف أيضا بأنه تقنية تعليمية تدخل في مجالات عديدة مثل الصناعة، والعلوم، والتعليم وغيرها، وتقدم الوقائع الحقيقية والمعالجات في ظروف اختبارية (Smith, 1998).

يستعمل التمثيل المحوسب في دراسة السلوك الديناميكي للأشياء أو الأنظمة استجابة للظروف التي لا يمكن تطبيقها بسهولة وبشكل آمن في الحياة الحقيقية، مما يمكن من القياس والتنبوء بالوظيفة التشغيلية لنظام بأكمله والتي تتأثر بعدة أجزاء منفصلة ضمن النظام. بذلك فالتمثيل المحوسب هو محرك يقود التكنولوجيا إلى تكوين نموذج افتراضي وتنفيذه واختبار أدائه وتحليل نتائجه. ولا يمكن اهمال اغفال كون العمارة أحد أهم الحقول الهندسية المتأثرة بالحاسوب والنمذجة الحاسوبية .(حسين ومحمود، 2010م)

وتعتمد دقة النتائج المستخرجة من هذه البرامج على دقة المدخلات، اذ يتم جمع ادخال جميع البيانات المتعلقة بالمبنى واختيار نوع التحليل وما يترتب عليه من متطلبات لتعبئتها، ويقوم البرنامج بتحليل سلوك المبنى وفق الجوانب المطلوبة خلال فترة زمنية يحددها مستخدم البرنامج وفي أي وقت من السنة، وبتعبير آخر تحاكي هذه البرامج المبنى كما لو كان موجودا على أرض الواقع ولكن بصورة افتراضية داخل الحاسوب (Fishwick, 1995).

وقد ظهرت في الآونة الأخيرة العديد من برامج التمثيل المحوسب ومنها برنامج الإيكوتكت "ECOTECT" الذي سيتم الاستعانة به في هذه الدراسة لأداء تحليل كفاءة أماكن الوحدات الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى.

2.2.5 برنامج الإيكوتكت "ECOTECT"

يعرف برنامج الإيكوتكت "ECOTECT" المملوك من قبل شركة أوتوديسك بأنه أداة تحليلية بيئية متكاملة تسمح للمصممين بمحاكاة أداء المباني من المراحل الأولى في الفكرة التصميمية ويقدم البرنامج مختلف التحاليل والاختبارات من حيث تحليل الطاقة، والتحليل الحراري، وتحليل الإضاءة و الظلال وتحليل الصوتيات.

- يشمل تحليل الطاقة و التحليل الحراري عدة عناصر وهي:
  - إدارة الموارد Resource management

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- أحمال التدفئة والتبريد Heating and cooling loads
- التهوية وتدفق الهواء Ventilation and airflow

- أما تحليل الإضاءة والظلال يشمل التالي:
- تحليل الإشعاع الشمسي Solar analysis
- تحليل الإضاءة الطبيعية Lighting analysis
- تحليل الظلال والانعكاسات Shadows and reflections analysis
- تقييم الإضاءة النهارية Daylighting assessment

والعديد من وسائل التحليل المختلفة من صوتيات وحساب التكلفة، والتي تمنح المعماري فرصة اتخاذ قرارات تصميمية صحيحة قبل البدء الفعلي في نمذجة المبنى (Azhar, Brown &Farooqui, 2009).

واجهة البرنامج تجعل عملية إدخال المعلومات أسهل من البرامج الأخرى ويحوي البرنامج على أدوات تحليلية خاصة به، وتعطي النتائج بهيئة صور ومخططات وجداول يمكن تخزينها في أي لحظة من عمل البرنامج (حسين ومحمود، 2010م).

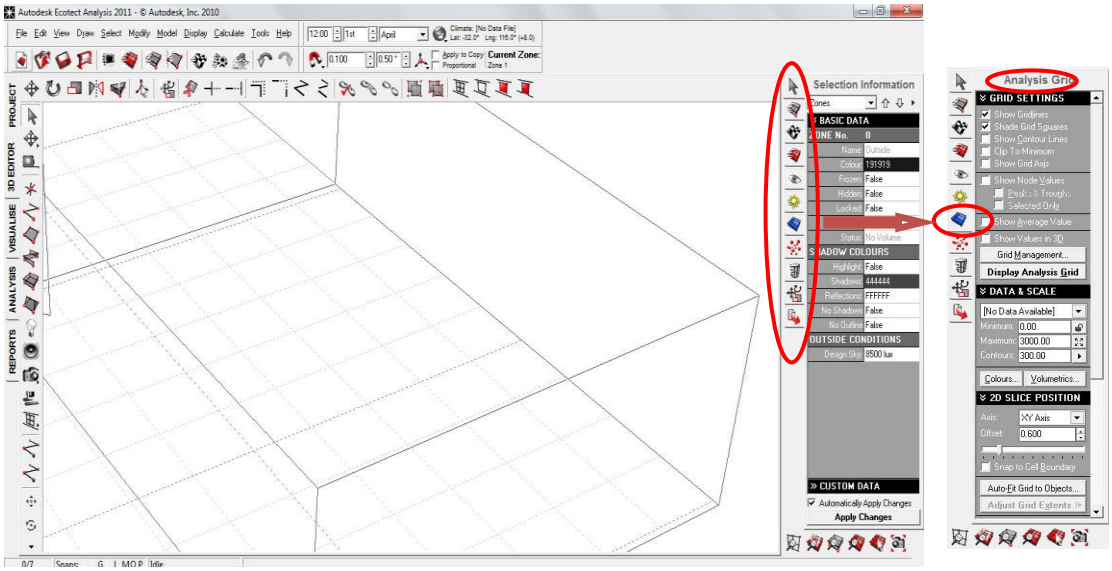
ولغرض استخدام البرنامج في اختبار أدائية المبنى ولمختلف الجوانب فإن ذلك يتطلب بعض الاعدادات المسبقة التي على المستخدم القيام بها قبل اجراء الاختبارات، كما يتطلب معرفة الافتراضات الأساسية التي يضعها البرنامج للجانب قيد الاختبار (الاشعاع الشمسي) سيتم التطرق إليها في الفقرات التالية.

3.2.5 التحليل الشبكي "**Analysis Grid**" (Autodesk, 2011)

بما أن الدراسة تهتم بدراسة وتحليل الطاقة الكهربائية الناتجة من الاشعاع الشمسي بالاستعانة ببرنامج الإيكوتكت فلا بد التطرق الى لوحة تحكم Analysis Grid التي ستساهم في تقدير الطاقة الكهربائية المتولدة على أسطح غلاف المبنى.

شبكة التحليل "Analysis Grid" هي أحد لوحات التحكم في واجهة برنامج ECOTECT التي تظهر على يمين واجهة البرنامج كما في الشكل (5.1)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (5.1): قائمة Control panels وخيار Analysis grid الذي على شكل شبكة زرقاء

تعرف شبكة التحليل "Analysis Grid" بأنها شبكة متعامدة من النقاط داخل النموذج المراد تحليله من حيث قيم الإضاءة "Light"، والإشعاع الشمسي "Solar Insolation"، والراحة الحرارية "Thermal Comfort"، والعديد من القيم الأخرى المراد حسابها وعرضها.

شبكة التحليل ممكن أن تكون إما مستوى مسطح ثنائي الأبعاد 2D من النقاط، أو شبكة ثلاثية الأبعاد 3D. يتم عرض البيانات على شكل شريحة مسطحة مقسمة الى مستطيلات مشكلة شبكة تم تحديد ازاحتها بالنسبة للمحاور الرئيسية XYZ.

في حين يتم توجيه الشبكة دائما على طول محورين XY أوYZ أوXZ، ولكن ليس بالضرورة أن يكون سطح الشبكة مستطيل ومنتظم بحيث يمكن اجراء التحليل على أسطح غير منتظم من خلال خيار Fit to Selected Objects.

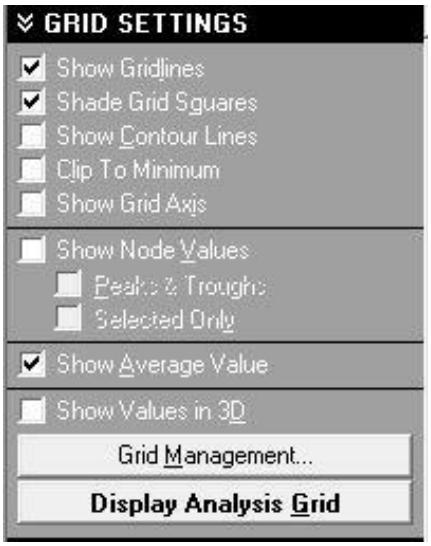
تضم لوحة تحكم "Analysis Grid" عددا من الخيارات، تقابل تقريبا الخطوات التي يجب أن تمر بها لإنشاء الشبكة، هذه الخيارات بمثابة عناصر التحكم في الشبكة المعروضة. إذا تم عرض الشبكة، ومن ثم تغيير أي من هذه الخيارات فسوف يتولد رسم تلقائي جديد للشبكة بنتائج مختلفة.

هنا عرض لمجموعات "Analysis Grid" التي ستساهم في عرض النتائج المرغوبة الخاصة بالدراسة:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1- مجموعة Grid settings

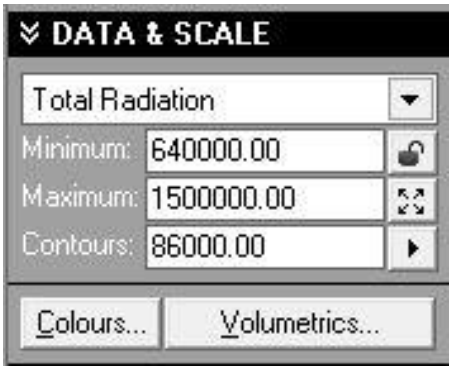
تستخدم عناصر التحكم الموجودة في هذه المجموعة لضبط خيارات الإظهار الخاصة بالشبكة انظر شكل(5.2). فأي تغيير من هذه الخيارات سوف يولد تلقائيا رسم مختلف للشبكة.



شكل (5.2): مجموعة Grid settings و الخيارات التي تشملها

2- مجموعة Date and scale

تتيح هذه المجموعة التحكم في مجموعة البيانات المعروضة في الشبكة وكذلك نطاق وعدد الخطوط الوهمية "Contour". ويحتوي مربع الاختيار العلوي على المعلمات الموجودة حاليا داخل الشبكة، و بالإضافة لعرض قيم الحد الأدنى والأقصى للعنصر المحدد فمثلا عند اختيار Total Radiationتظهر القيمة الأدنى والأقصى للتحليل كما يبين في شكل (5.3)



شكل (5.3): مجموعة Date and scale والخيارات التي تشملها

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2D Slice position -3

هذه المجموعة تعمل على ضبط موقع ومساحة وازاحة الشبكة تحوي المجموعة عدة خيارات سنتطرق الي ما تم استخدامه للدراسة:

- Axis

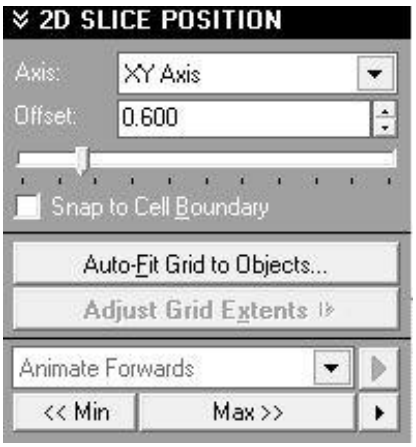
يتيح اختيار مستوى شبكة التحليل للعنصر المراد اجراء الدراسة عليه في من المستويات الثلاث (XY, XZ, YZ).

- Offset

قيمة الازاحة (Offset) خاصة بتعيين موقع شبكة التحليل الخاصة.

- Fit to Selected Objects

هذه الخاصية هامة لتحديد موقع ومساحة شبكة التحليل بالنسبة للعنصر المراد تحليله في النموذج، فيتم تحديد مساحة شبكة التحليل لتتناسب مع مساحة العنصر المراد تحليله وتغطي كافة مساحته. انظر إلى الشكل (5.4).

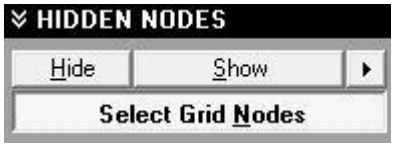


شكل (5.4): مجموعة Slice position

Grid nodes -4

هذه المجموعة من الضوابط تسمح يدويا بإظهار وإخفاء العقد أو النقاط المتقاطعة بين خلايا الشبكة. امر إلى شكل (5.5) من خلال النقر على خيار Select Grid Nodes فتتحول الشبكة إلى خطوط زرقاء مع عقد وعند النقر على أي عقدة يظهر مربع أحمر يمكن إخفاؤه عند النقر على Hide، أي عقد يتم اخفاؤها لا تدخل في عمليات الحسابات أو أي تحليل والعكس صحيح عند النقر على Show لإظهار العقد المخفية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (5.5): مجموعة Hidden nodes لإظهار وإخفاء العقد

5- Calculations

تحتوي هذه المجموعة على العمليات الحسابية التي يمكن إجراؤها باستخدام تحليل الشبكة انظر إلى الشكل (5.6)، وسيتم عرض الأكثر استخداما هي كالتالي :

- Lighting Levels

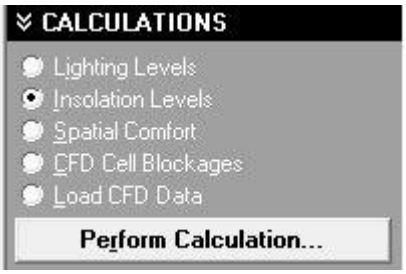
عرض وتحليل الاضاءة وحساب مستويات الإضاءة الطبيعية والاصطناعية على شبكة التحليل.

- Solar Insolation

عرض وتحليل الطاقة الشمسية لحساب كمية الإشعاع الشمسي الواقع على الشبكة خلال فترة زمنية محددة وهذا التحليل الذي تم اختياره لإجراء الدراسة.

- Thermal Comfort

يتم إجراء تحليل حراري للنموذج في تاريخ معين لتحديد درجة حرارة الهواء لكل منطقة، وتحديد درجات الحرارة السطحية لكل عنصر.



شكل (5.6): مجموعة Calculations لتحديد نوع التحليل المراد اجرائه

3.5 التحليل الكمي لبدائل تصميمية مختلفة للخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي

اتبعت بالدراسة مجموعة من الخطوات المتسلسلة للوصول للتحليل النهائي بواسطة برنامج الإيكوتكت، وهي بالترتيب كالتالي:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1.3.5 تحديد المتغيرات المستقلة والتابعة للدراسة

تعرف المتغيرات بأنها أي شيء يمكن أن تكون له قيمة، إذ يمكن أن يكون عدد لعدد من المتغيرات قيم مختلفة في نفس الوقت مثل درجات الحرارة (النجار والزغبي، 2013).
تقسم المتغيرات حسب طبيعة المعلومات المراد قياسها، أنواع المتغيرات بهذه الدراسة نوعان:

أولا: المتغيرات التابعة "Dependent variables"

هي المتغيرات التي تقدم نفسها كقضية قابلة للدراسة (النجار والزغبي، 2013م)، فمثلا عند دراسة أثر توجيه وشكل المبنى على كمية الاشعاع الشمسي "Insolation" المتعرضة للمبنى فإن الاشعاع الشمسي هو المتغير التابع القابل للدراسة.

ويعرف الإشعاع الشمسي بأنه هو مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على مساحة معينة والقادرة على توليد طاقة كهربائية. لا يصيب الأرض إلا حوالي جزء من ألفي مليون جزء من أشعة الشمس التي تقدر بنحو 130 ميجاواط لكل متر مربع من سطح الشمس، وهذا القدر الضئيل هو المسئول عن كل الطاقة الحرارية لسطح الأرض وغلافها الجوي (شرف، 1983م).
تقع فلسطين ضمن ما يعرف بالحزام الشمسي (المنطقة المحصورة بين خطي عرض 40 درجة شمالا و40 درجة جنوبا) فيما يزيد عن 300 يوم مشمس في السنة بمتوسط ساعات سطوع يومي حوالي 8 ساعات، تزداد صيفا و تقل شتاء، حيث أن متوسط الإشعاع الشمسي في اليوم يصل إلى ما يقارب 5.46 كيلوواط شمسي على المتر المربع يوميا وهذا يعادل إنتاج سنوي 1950 كيلوواط ساعة من الطاقة (سلطة الطاقة والموارد الطبيعية الفلسطينية، 2013م)
وتعتمد قوة الاشعة على زاوية سقوط الاشعة التي هي بدورها تعتمد على الموقع الفلكي. في قطاع غزة تركب الوحدات الكهروضوئية بزاوية 30 درجة مواجها للجنوب لاكتساب أكبر قدر من أشعة الشمس.

ثانيا: المتغيرات المستقلة "Independent variables"

هي المتغيرات التي تملك تأثيرا إيجابيا أو سلبيا على المتغير التابع (النجار والزغبي، 2013)، ويلاحظ التغير في المتغير التابع يفسر من قبل التغير في المتغير المستقل، ويكون بذلك توجيه المبنى حسب الاتجاهات الأربعة وشكله متغيرات مستقلة.

- توجيه المبنى "Orientation"

أحد المتغيرات المستقلة في الدراسة بحيث سيتم توجيه المبنى المدرسي إلى الجهات الأربعة الرئيسية (الشمال، والجنوب، والشرق، والغرب) ليتم فيما بعد دراسة أثر توجيه المبنى

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

لأحد المحاور عن غيرها في كمية الاشعاع الشمسي الساقطة على المبنى لتوليد الكهرباء منها فيما بعد من خلال الوحدات الكهروضوئية.

- **شكل المبنى "Form"**

كما ذكر سابقا فشكل المبنى متغير مستقل وفق هذه الدراسة، وتم اعتماد شكلين شائعين لمباني المدارس لتحليلهما وهما على حرفي L وH وتم اختيارهما بناء على دراسة الأشكال المتكررة في قطاع غزة بناءا على دراسة الفصل الثالث، فجزء كبير من المدارس القديمة ذات حرفL، والمدارس ذات الأنماط الحديثة ذات حرف H. لذلك تم تبني هذان الشكلان ليمثلا المدارس القديمة والحديثة المراد تركيب الوحدات الكهروضوئية عليها أو دمجها في غلاف المبنى أثناء انشاؤها.

للوصول إلى نتائج موضوعية تم توحيد مساحة أشكال المدارس، كل مدرسة بمساحة 1000 متر مربع وذات ثلاث طوابق، ومكان وحدة الدرج في الشكل الواحد، كذلك توحيد مساحة الوحدات الكهروضوئية في كل مدرسة بحيث شكلت 365 متر مربع تم تحديدها بعد عدة حسابات توضح بالجزئية التالية.

2.3.5 حساب أحمال الكهرباء لنموذج مدرسة ذات فترة دوام واحدة

لتقدير كمية الوحدات الكهروضوئية اللازمة لتشغيل مبنى مدرسي مساحته 1000م^2 ذو ثلاث طوابق بفترة دوام واحدة وتتوافر بها محطة تحلية للمياه لابد من تقدير الأحمال المتوقعة لمعرفة مساحة الوحدات الكهروضوئية لإنتاج الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المبنى بشكل تام خلال فترة الدوام.

التحليل التالي يغطي حاجة المدرسة بمرافقها ومعداتها خلال فترة الدوام من اضاءة وأجهزة كهربائية في المختبرات ومضخة المياه وأباريز حية لكافة مرافق المدرسة من الفصول الدراسية والإدارة والمطبخ والمقصف، يجدر بالذكر أن المدرسة تحوي ثلاث مختبرات (حاسوب، فيزياء، كيمياء)، هذه الأحمال المحسوبة لوحدات إضاءة موفرة للطاقة ليد وأجهزة المختبرات من الحواسيب الحديثة ذات استغلالية للطاقة الكهربائية بشكل أقل، الجدول (5.1) يوضح الطاقة الكهربائية المتوقعة لتشغيل المدرسة خلال يوم واحد في فصلي الصيف والشتاء، وتم تقدير الأحمال بالاستعانة مع مهندس كهربائي متخصص بالوحدات الكهروضوئية في المباني المدرسية (إسماعيل كردية، مقابلة شخصية، 5 ديسمبر، 2017).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

جدول (5.1): الأحمال الكهربائية المتوقعة للمدرسة خلال يوم واحد خلال فصلي الصيف والشتاء

البند	فصل الصيف			فصل الشتاء			كلا الفصلين
	القوة بالوات (KW)	ساعات التشغيل	القوة KW	القوة بالوات (KW)	ساعات التشغيل	القوة KWH	الطاقة KWH
الاضاءة	7	5	35	7	5	35	35
قسم الإدارة (أجهزة واضاءة ومعدات)	5	5	25	5	5	25	25
المختبرات	7.8	5	39	7.8	5	39	39
مضخة مياه	2.3	4	9.2	2.3	4	9.2	9.2
وحدات تحلية مياه	2.3	4	9.2	7	5	35	35
مراوح	5	5	25	–	–	–	12.5
أباريز حية	3	5	15				15
المجموع			121.1			96.1	108.6
أحمال أخرى (10% من المجموع)			12.1			9.61	10.86
المجموع (KWH/ day)			133.2			105.7	119.46
المجموع (KWP/ day)			**173.2**			**137.4**	**155.3**

يوضح الجدول الاحمال اللازمة خلال اليوم الواحد ب KWH/day وتم حساب الأحمال KWP/ day والمقصود بها الطاقة القصوى المطلوب توفيرها من النظام الكهروضوئي تحت الشروط المثلى من توافر الشمس وغياب الرطوبة والظلال والغبار وأي عائق.

وتم حسابها وفق وعامل فقدان كفاءة النظام الكهروضوئي "The System Losses Facto"، وعادة المفقود من الطاقة هو (20–30)٪ في النظام المركب (Zemanta, 2013)، والفاقد قد ينجم بسبب تراكم الأتربة في دون أي تنظيف، أو بسبب كثافة البيئة العمرانية المحيطة، او سرعة الرياح و مقياس لذلك يتم تركيب خلايا أكثر للتعويض عن الخسائر المفقودة (Virkar, 2017).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

في هذا التحليل تم اعتماد نسبة الفاقد 30% ليكون مجموع الطاقة القصوى الناتجة من الخلايا الكهروضوئية 155.3 kwp/day

لحساب مساحة نظام الخلايا الكهروضوئية يتبع المعادلة التالية:

(Asfour, 2013) $A = Load / (S * n)$

بحيث؛

A: هي مساحة النظام الكهروضوئي "Area" بالمتر

S: هي الطاقة الشمسية "Solar energy" كيلو واط ساعة/ متر مربع

n: معامل كفاءة وحدة الخلايا الكهروضوئية وتم فرضه 10%

كما ذكر سابقا فإن المعدل السنوي للإشعاع الشمسي في فلسطين يصل إلى 5.46 كيلوواط ساعة /متر مربع يوميا (سلطة الطاقة والموارد الطبيعية الفلسطينية، 2013م)، ولكن سيعتمد معدل الاشعاع بمقدار 4.25 كيلو واط ساعة /متر مربع يوميا بسبب عدم توافر ملف للمناخ في برنامج الإيكوتكت خاص بقطاع غزة أو إحدى مدنه، فاعتمد على مناخ مدينة يافا (تل أبيب) لتوافره، وتم حساب معدل الإشعاع الشمسي خلال فصلي الصيف والشتاء في المتربع الواحد بواقع 5.8 كيلوواط ساعة /متر مربع يوميا صيفا، و2.7 كيلوواط ساعة /متر مربع يوميا شتاءا.

بعد تطبيق المعادلة كالتالي

المساحة M^2 = الحمل المتوقع KWH / (معدل الاشعاع الشمسي KWH/M^2* معامل كفاءة الخلايا الكهروضوئية)

= 155.3 / (4.25* .1) = 365.4 $م^2$

وبذلك فالمساحة المطلوبة للخلايا تقدر ب 365 م2،

- **المنهجية المعتمدة في توزيع الوحدات الكهروضوئية على نماذج المدرسة**

1- نسبة الوحدات المركبة على الأسقف إلى الوحدات المدمجة مع غلاف المبنى (50:50) أي بمساحة 182.5 متر مربع مجموعة.

بحيث سيتم اعتماد مساحة الوحدات الكهروضوئية المركبة على السطح بنسبة 50% من مجموع مساحة الوحدات المراد تركيبها ودمجها مع غلاف المبنى المدرسي، و50% الأخرى سيتم تطبيق نظام BIPV حيث تدمج الخلايا مع الأسطح المائلة مثل سقف الدرج، وكاسرات الشمس الأفقية ذات الميل لفاعليتها أكثر في تحصيل الطاقة الشمسية من

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الأسطح المستوية (Asfour, 2013)، ومع الواجهات الجنوبية الرأسية، وأخيرا في تغطية مقدمة واجهات الممرات (التراسات).

2- استغلال الواجهة الجنوبية فقط بدون الواجهات الأخرى، وبأقصى قدر لدمج الوحدات الكهروضوئية لاكتساب الأشعة الشمسية، الوحدات تم توجيهها إلى الجنوب بزاوية ميل 33^{o} سواء كانت على السطح أم الكاسرات الشمسية.

3- مكان كتلة الدرج ثابت بالشكل الواحد لدراسة تأثيره على كفاءة الخلايا الكهروضوئية في خلال الواجهات الأربعة، وكذلك توحيد مساحة الفتحات من الشبابيك.

سيتم توليد الطاقة الكهربائية خلال اليوم بمعدل 8 ساعات وهو معدل ساعات الاشعاع الشمسي في فلسطين يوميا، وعليه فإن

معدل القوة الناتجة من وحدات الخلايا الكهروضوئية = 155.3 KWP /8h = 19.4 KW

3.3.5 عملية النمذجة باستخدام البرنامج

لإتمام كفاء تحليل الإشعاع اشمسي بصورة دقيقة دون الدخول في تفاصيل الإعدادات المطلوبة لأنواع الاختبارات الأخرى التي يوفرها البرنامج

أولا: انشاء نموذج المبنى

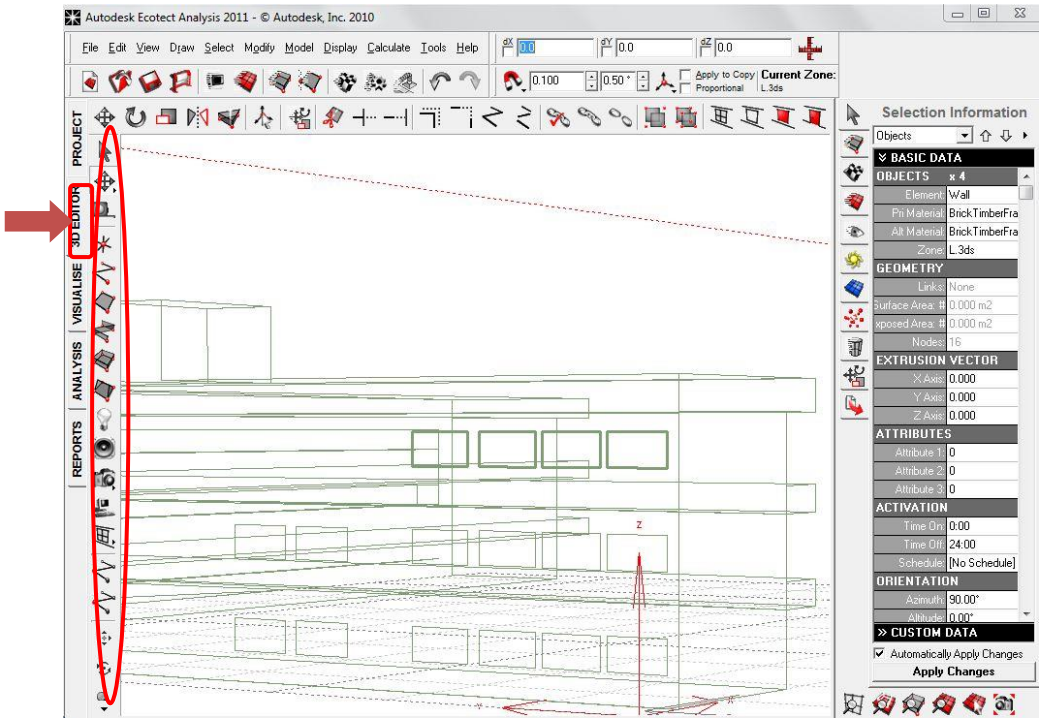
يعد انشاء نموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد للمبنى قيد الدراسة من أولى الخطوات الأساسية المطلوبة، و رغم أن البرنامج يدعم استيراد نموذج ثلاثي الأبعاد من برامج أخرى مثل الماكس والاسكتش أب، إلا وأنه لضمان دقة وصحة النتائج فإنه يفضل أن يتم رسم النموذج في بيئة البرنامج نفسه، وذلك لأن النموذج ثلاثي الأبعاد يمثل بالنسبة للبرنامج المنشأ ضمنه طريقة لترميز مجموعة من المعلومات بحيث يستطيع البرنامج تحليلها أو تحويلها للاستخدام في الحسابات الرياضية (Andrew& March , 2006).

يتطلب البرنامج تحديد عناصر نموذج الثلاثي الأبعاد (حوائط، وأسقف، وفتحات، وأرضيات) والمواد الانشائية لأجزاء غلاف المبنى المختلقة، ولكن لأن التحليل الخاص بالدراسة يتضمن فقط تحليل الاشعاع الشمسي وكمية الطاقة الكهربائية المتولدة منها فلا يلزم تحديد المواد الانشائية للعناصر.

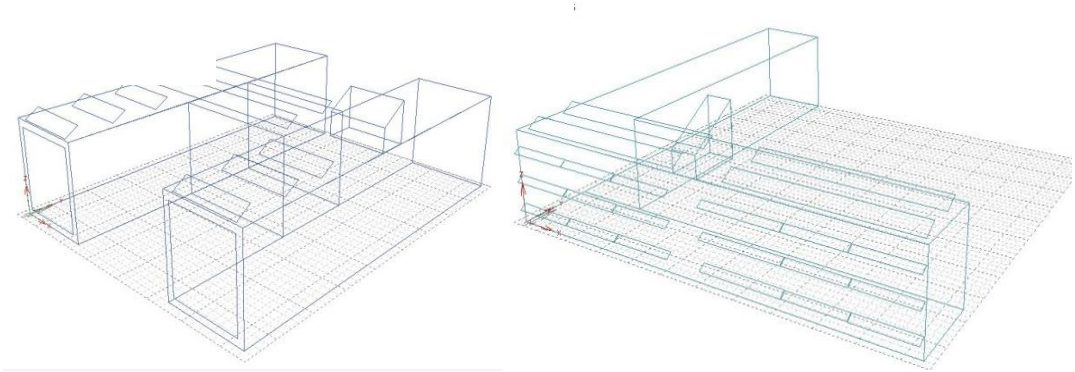
تم رسم نماذج المباني المدرسية ذات الأشكال المختلفة خلال الاستعانة بصفحة 3D Editor وهي موجودة على يسار الشاشة ومن خلالها يتم فيها إنشاء النموذج و تعديله. وهي تتألف من

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

منطقة الرسم الرئيسية ومحاطة بشريط من أدوات الرسم على الجانب الأيسر كما يظهر في الشكل (5.7) و الشكل (5.8) يبين نموذجي المدرستين بعد رسمهما.



شكل (5.7): صفحة 3D Editor على يسار البرنامج مع شريط أدوات الرسم التابع لها

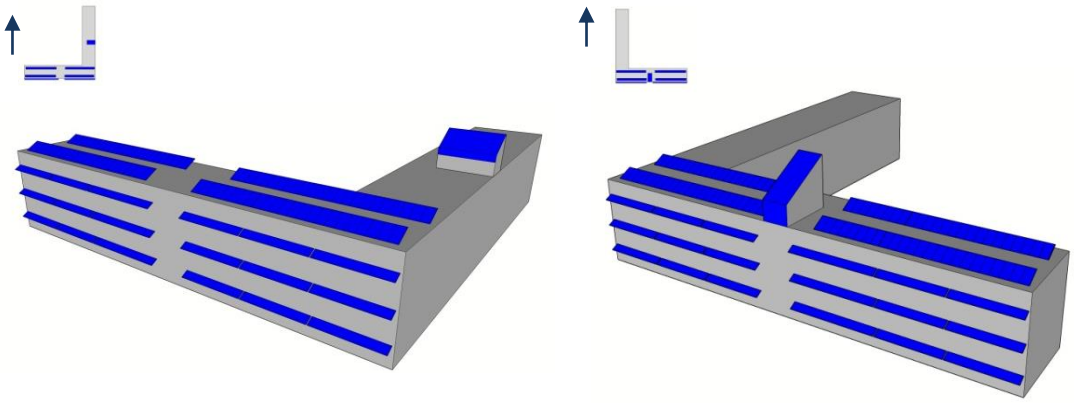


شكل (5.8): نموذج مدرسة شكل حرف L بالأعلى، و شكل H بالأسفل بعد انشائهما على البرنامج بالاستعانة بشريط ادوات 3D Editor

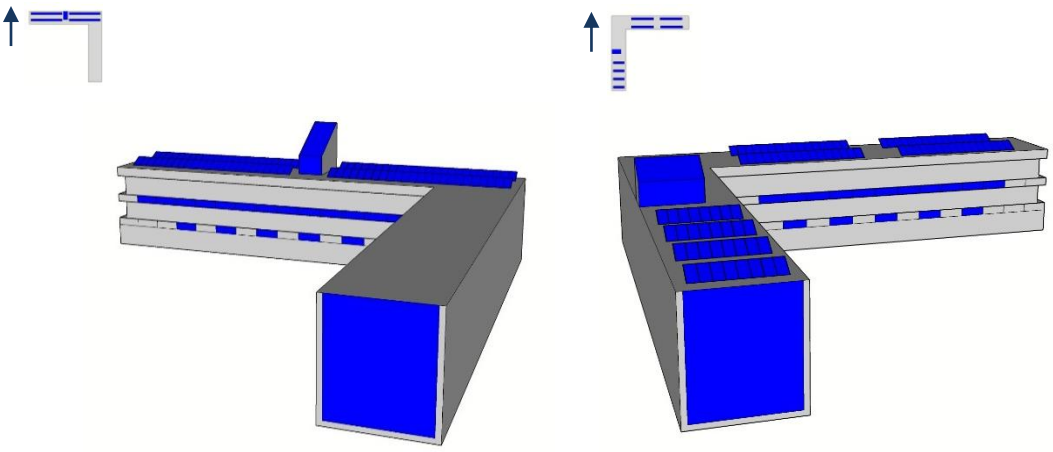
بعد انشاء نموذجي المدرسة تم تركيب الوحدات الكهروضوئية على الأسقف ودمج بعضها من خلال الكاسرات الأفقية، وسقف الدرج، والواجهات الرأسية، وواجهات الممرات على

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الأربع واجهات بنسبة 50:50 مع مراعاة المسافات بين الوحدات المركبة على الأسقف منعا للظلال من خلال التجربة على البرنامج لأماكن الظلال خلال النهار في كلا الفصلين، وتم اختبار نوع الوحدات ذات قدرة إنتاج 320 واط ذات ابعاد 99*196 سم لتوفرها بقطاع غزة. انظر شكل (5.9) و (5.10).



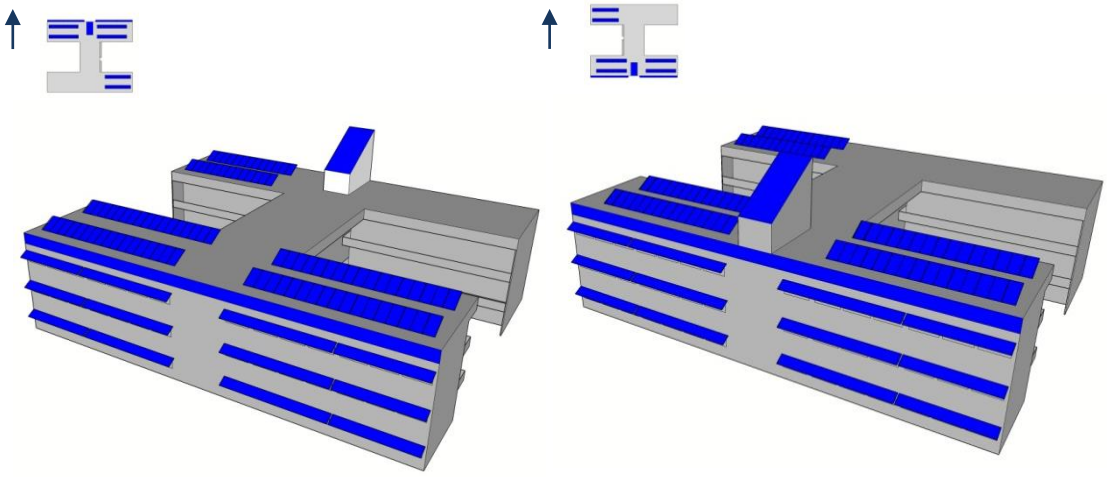
الحالة الأولى L-1 الحالة الثانية L-2



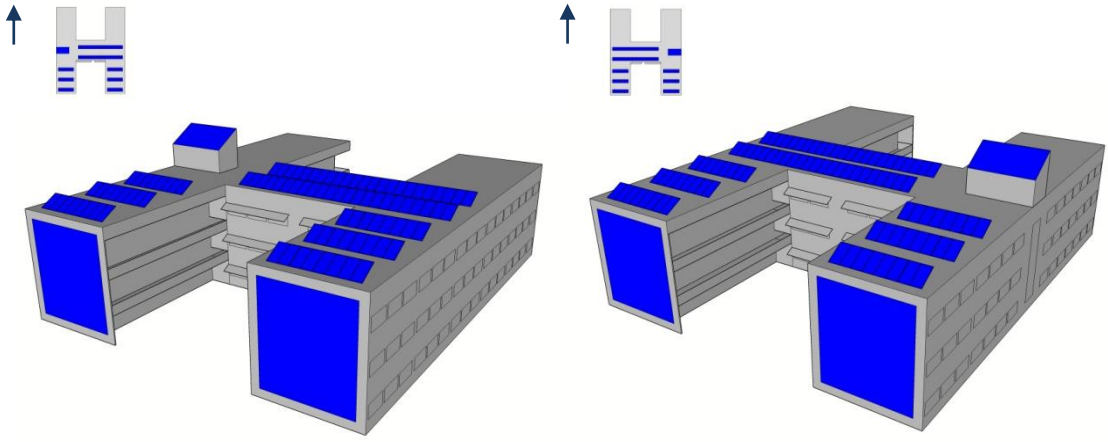
الحالة الثالثة L-3 الحالة الرابعة L-4

شكل (5.9): الوحدات الكهروضوئية المركبة والمدمجة مع غلاف المبنى على كل واجهة من مدرسة حرف L

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الحالة الأولى H-1 الحالة الثانية H-2



الحالة الثالثة H-3 الحالة الرابعة H-4

شكل (5.10): الوحدات الكهروضوئية المركبة والمدمجة مع غلاف المبنى على كل واجهة من مدرسة حرف H

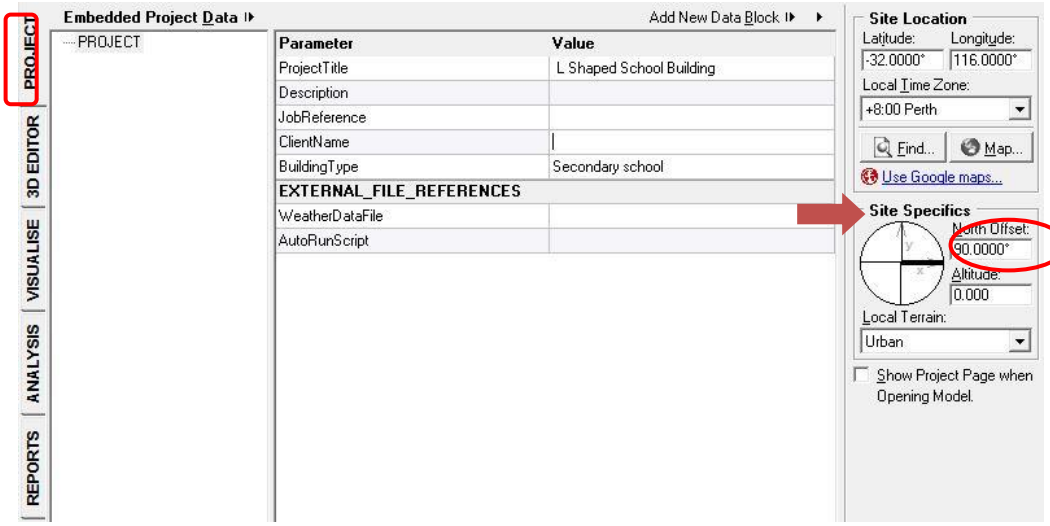
1- تحديد اتجاه المبنى بالنسبة للشمال

يتم تحديد اتجاه الشمال من خلال صفحة Project على يسار الشاشة وفوق صفحة 3D Edritor، وتسمح هذه الصفحة بإضافة معلومات حول المشروع الذي سيتم تخزينه مع النموذج المنشأ من حيث عرض عنوان المشروع و نوع المبنى و المالك وغيرها من المعلومات.

لتحديد اتجاه الشمال من خلال النقر على صفحة Project فيظهر على يمينها Site Specifics عن طريقها يتم تغيير الاتجاه من خيار North offset فيضبط اتجاه الشمال

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

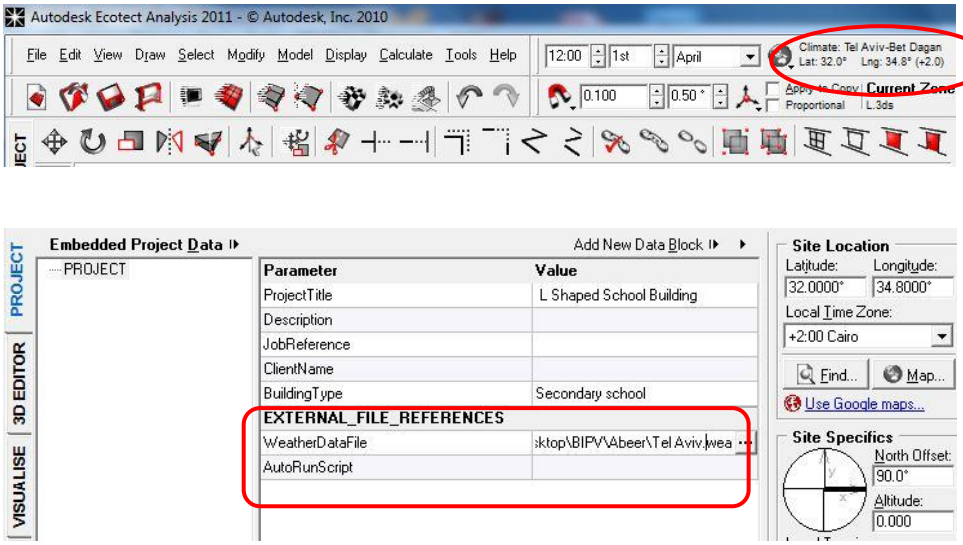
بالدرجات ويؤخذ في اتجاه عقارب الساعة بالنسبة إلى المحور Y الموجب. كما في الشكل (5.11).



شكل (5.11): تحديد وضبط اتجاه الشمال للنموذج المنشأ من خلال صفحة Project

ثانيا: اختيار وتحميل ملف المناخ

نظرا لعدم توفر ملف مناخ خاص بمدينة غزة تم تحميل ملف يافا (تل أبيب) لتشابه المناخ بين المدينتين الفلسطينيتين، ويتم تحميل الملف عبر البرنامج بعدة طرق من خلال لوحة تحكم Location control المتواجدة في أعلى الشاشة عن طريق النقر على أيقونة ، أو من خلال صفحة Project والذهاب إلى خيار External file references ومن ثم تحميل الملف من مقابل نص حوار Weather Data File كما يوضح شكل (5.12).



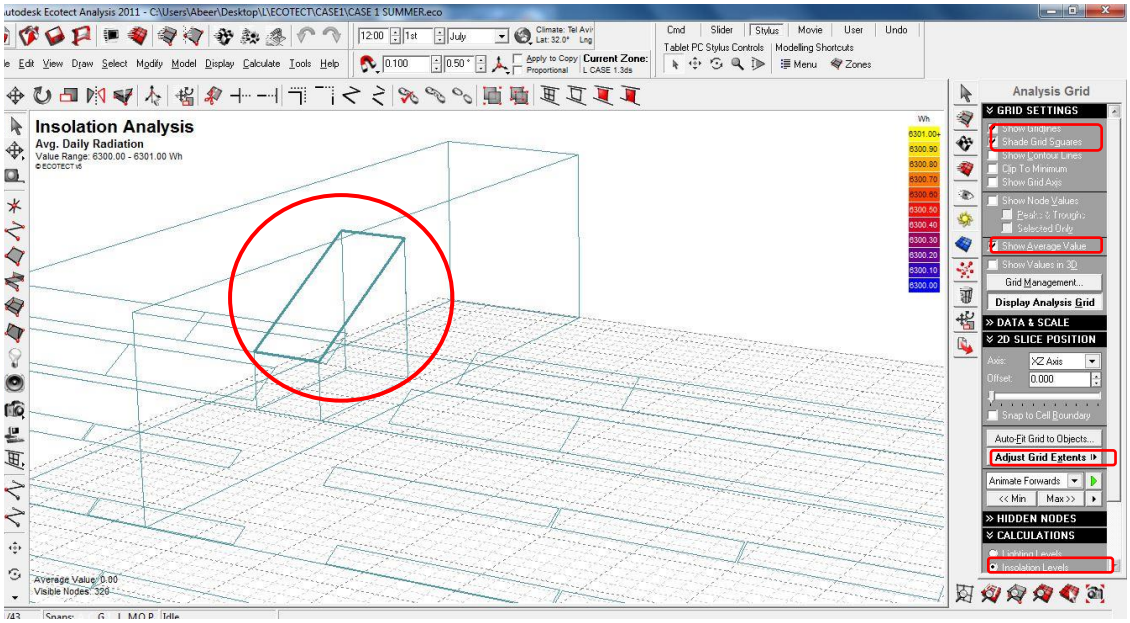
شكل (5.12): من طرق تحميل ملف المناخ للنموذج المنشأ في بيئة الإيكوتكت

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ثالثا: تحليل النموذجين

تم اجراء تحليل الشبكة لجميع عناصر النموذج المدرسي المركب والمدمج معه الوحدات الكهروضوئية من خلال خطوات متسلسلة تم تكرارها لكل عنصر خلال فصلي الصيف والشتاء و هي كالتالي

- تحديد الوحدات الكهروضوئية المراد تحليها أو العنصر المعماري المدمج مع الوحدات
- الذهاب لقائمة Analysis grid و ضبط التالي من كل مجموعة (انظر شكل (5.13)



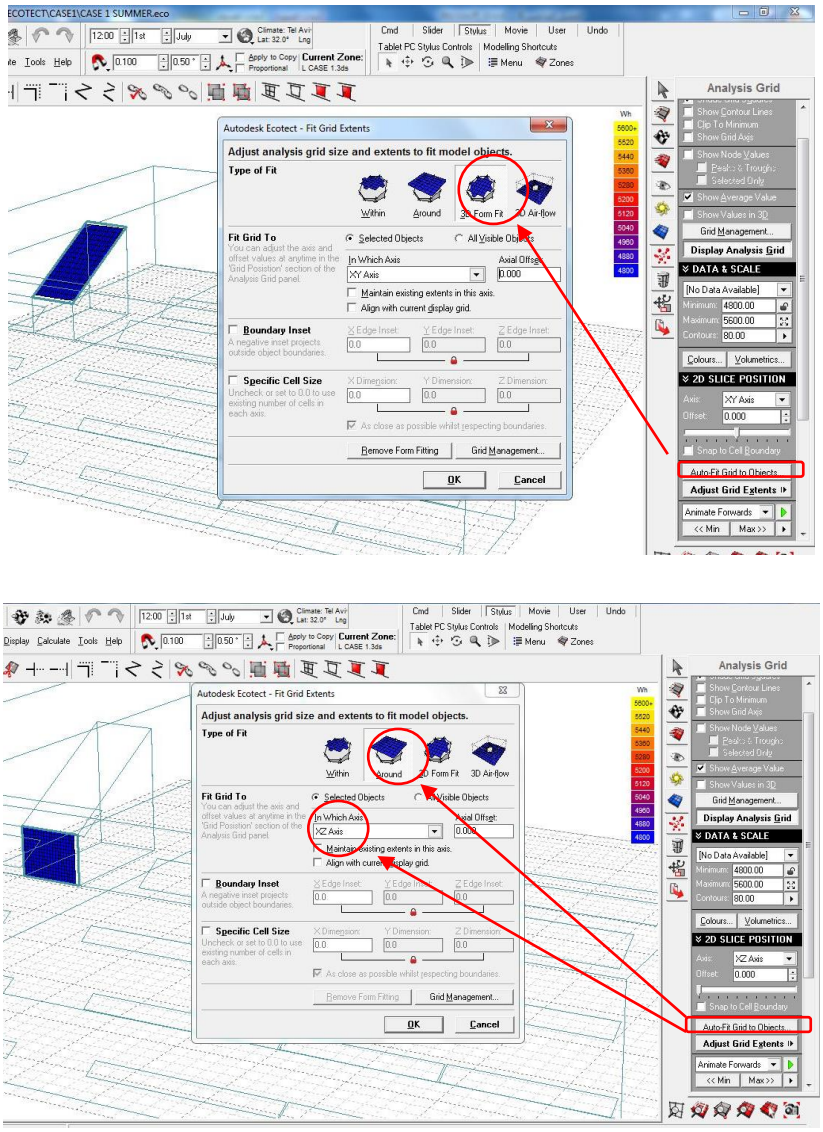
شكل (5.13): ضبط اعدادات قائمة Analysis grid

- مجموعة Grid setting: اختيار"Show average value" لإظهار متوسط قيمة الاشعاع الشمسي على سطح العنصر المختار بالإضافة إلى اظهار خطوط الشبكة "Show grid lines" و" Shade grid square" لإظهار قيمة الاشعاع الشمسي ولون لكل خلية في الشبكة

- مجموعة 2D slice position: الضغط على خيار "Auto-fit grid to object" ليتناسب حجم الشبكة مع سطح العنصر المختار و تحديد المحور المتواجد به، إذا كان سطح العنصر مائل مثل الوحدات المركبة على الأسقف ووحدات الكاسرات الأفقية يتم

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

اختيار 3D from fit كما يظهر بالشكل، اما إذا كان السطح مستوي يتم اختيار "Within" أو " Around" كما في الشكل (5.14).

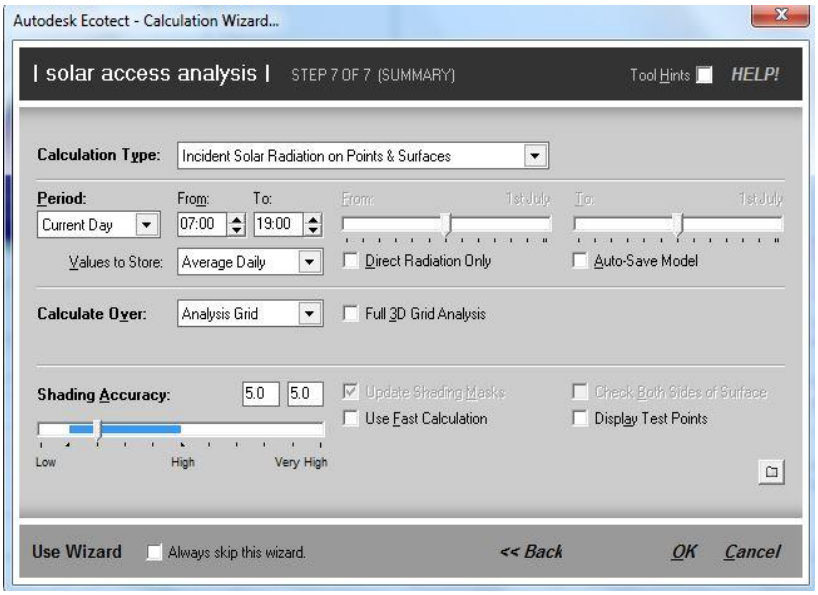


شكل (5.14): تناسب حجم شبكة التحليل مع السطح المحدد حسب نوعه من الاستواء و المحورية، الشكل بالأعلى العنصر المحدد مائل المستوى ويستعان ب 3D from fit لتناسب الحجم، أما الشكل السفلي لسطح رأسي فهو ذو محور رأسي ويتناسب الحجم معه من خلال Around ومحور XZ

- مجموعة Calculations: اختيار "Insolation" لإجراء اختبار الإشعاع الشمسي ومقدار الطاقة المتولدة على سطح خلال يوم معين بالسنة على المتر المربع الواحد كما يوضح الشكل (5.15)، التالي يوضح الخيارات لإجراء الاختبار المراد

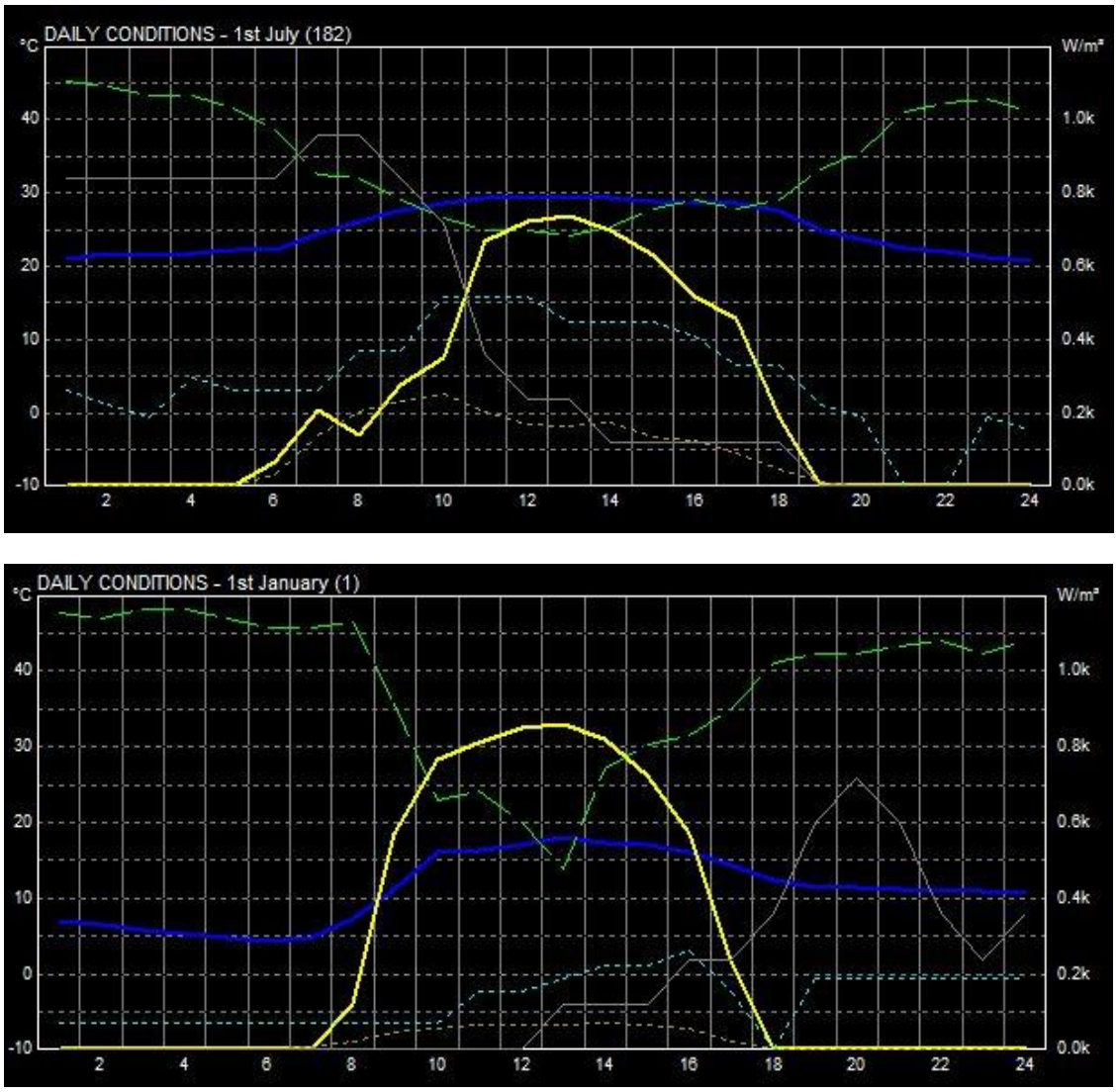
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- اختيار "Incident solar radiation" لحساب الإشعاع الشمسي الكلي والمباشر والمنتشر الساقط على العنصر.
- اختيار"For current day" حساب القيمة المطلوبة خلال اليوم المحدد، خلال التحليل تم اعتماد يومين، احدهما يوم صيفي في الأول من يوليو، والأخير شتوي في الأول من يناير.
- اختيار " Average daily valueلحساب قيمة الإشعاع الشمس الساقط على سطح العنصر لكل متر مربع خلال المدة الزمنية المختارة وفي الدراسة التحليل ليوم واحد بالصيف ويوم بالشتاء ولكن بساعات اشعاع شمسي مختلفة.
- اختيار " Analysis grid" حساب القيمة على نقاط وأسطح شبكة العنصر المراد تحليله
- اختيار "Period" لحساب قيمة الإشعاع الشمسي خلال تواجد الشمس في كل فصل، في فصل الصيف خاصة في الأول من يوليو ساعات تواجد الشمس بشكل ملاحظ من الساعة السابعة صباحا حتى السابعة مساءا، أما في فصل الشتاء خاصة في الأول من يناير من الساعة الثامنة حتى الخامسة، تم التوصل لهذه النتائج من خلال التحليل الشمسي لطقس مدينة يافا كما يظهرها الشكل(5.16)



شكل (5.15): مجموعة خيارات Calculations للوصول للتحليل الصحيح حسب الدراسة

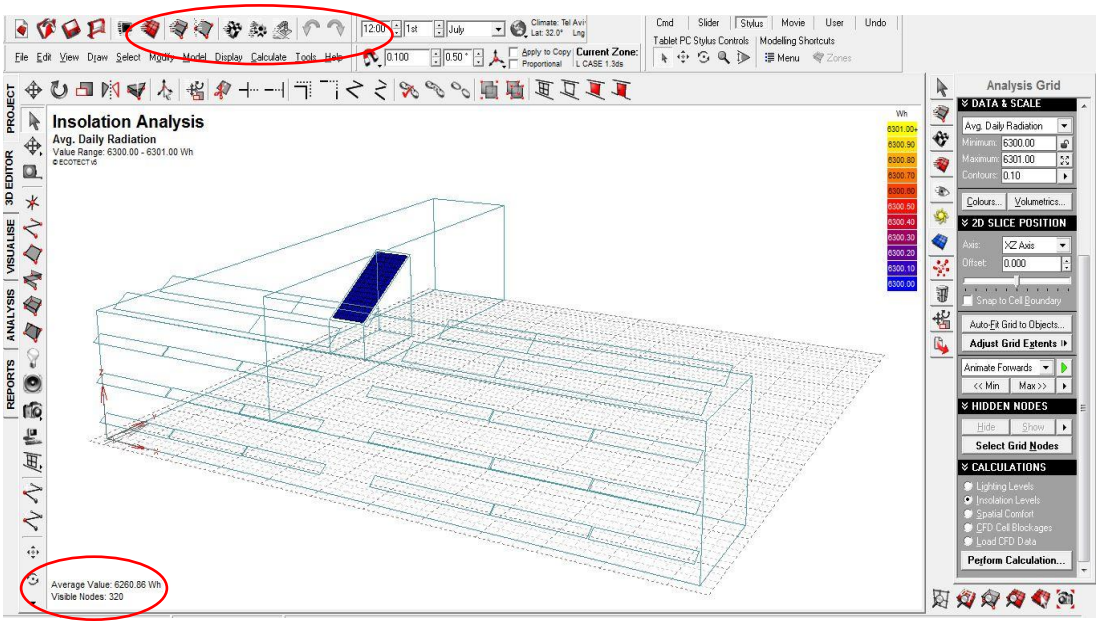
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (5.16): معدل الاشعاع الشمسي خلال ساعات تواجد الشمس خلال أحد أيام الصيف والشتاء

بعد اجراء التحليل تظهر قيمة معدل الاشعاع الشمسي اليومي بالكيلو واط للمتر المربع لوحدة السقف المختارة في أسفل يسار الشاشة وكانت 6261WH أي ما يعادل 6.261 KWH/M^2، كما يظهر بالشكل التالي(5.17)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (5.17): قيمة الإشعاع الشمسي لسقف الدرج خلال الأول من يوليو تظهر على أسفل يسار الشاشة

4.5 تقييم أداء الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي للحالات الأربع لكل نموذج

بعد اجراء التحليل لمختلف العناصر في جميع النماذج لحساب قيمة معدل الاشعاع الشمسي اليومي بالكيلو واط ساعة للمتر المربع على جميع أسطح الخلايا الكهروضوئية، يتم حساب كمية الطاقة الناتجة من هذه الخلايا من المعادلة التالية ومقارنتها بالحمل المطلوب بحسب جدول (5–1)، فعلى فرض أن العنصر المحدد المطلوب الحساب له هو سقف الدرج:، تكون المعادلة كالتالي:

الطاقة الناتجة = المساحة* (معدل الإشعاع الشمسي KWH/M^2 * معامل كفاءة الخلايا الكهروضوئية)

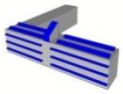
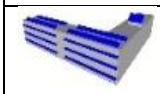
$$KW\ 15.1 = .1*KWH/M^2\ 6.261\ *\ M^2\ 24.13 =$$

تنفذ الخطوات السابقة لكل عنصر في الحالات الأربع لكل شكل.

جدول (5.2) و(5.3) و(5.4) يظهران النتائج للمدرستين ذوات حرف L و H مع أربع حالات لكل مدرسة بتوجيه مختلف.

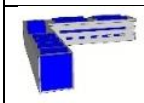
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

جدول (5.2): الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في المدرسة على شكل L بتوجيهات مختلفة خلال فصلي الصيف والشتاء

	**الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في مدرسة L (الحالة الأولى L-1) خلال فصلي الصيف والشتاء**					
البند		المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
			الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
السقف		182.5	5.926	108.1	2.973	54.3
BIPV	سقف الدرج	24.13	6.261	15.1	3.039	7.3
	الواجهة الرأسية من الدرج	8	4.804	3.8	2.914	2.3
	الكاسرات الأفقية المائلة	150.37	3.138	47.2	2.562	38.5
المجموع		365		174.2		102.4
نسبة الحمل الناتج من الحمل المطلوب			%100.6		%74.5	
	**الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في مدرسة L (الحالة الثانية L-2) خلال فصلي الصيف والشتاء**					
البند		المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
			الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
السقف		182.5	6.234	113.8	3.120	56.94
BIPV	سقف الدرج	24.2	5.924	14.3	3.063	7.4
	الواجهة الرأسية من الدرج	8	4.880	3.9	2.930	2.3
	الكاسرات الأفقية المائلة	150.37	3.138	47.2	2.562	38.5

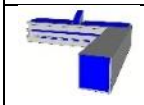
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

البند	المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
		الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
المجموع	365		179.2		105.1
نسبة الحمل الناتج من الحمل المطلوب		%103.5		%76.5	



الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في مدرسة L (الحالة الثالثة L-3) خلال فصلي الصيف والشتاء

البند		المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
			الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
السقف		182.5	5.000	91.25	2.668	48.7
BIPV	سقف الدرج	24.2	4.811	11.6	3.081	7.5
	الواجهة الرأسية من الدرج	15.8	4.804	8	2.914	4.6
	واجهة الممرات	48	4.637	22.3	2.808	13.5
	الواجهة الرأسية	94.5	4.717	44.6	2.900	27.4
المجموع		365		177.8		101.7
نسبة الحمل الناتج من الحمل المطلوب			%102.6		%74	



الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في مدرسة L (الحالة الرابعة L-4) خلال فصلي الصيف والشتاء

البند	المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
		الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
السقف	182.5	5.589	102	3.054	55.7

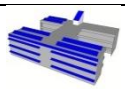
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

البند		المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
			الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
BIPV	سقف الدرج	24.13	5.399	13	3.071	7.4
	الواجهة الرأسية من الدرج	9.87	4.802	4.7	2.895	2.9
	واجهة الممرات	54	4.647	25.1	2.877	15.5
	الواجهة الرأسية	94.5	4.674	44.2	2.897	27.4
المجموع		365		189		108.9
نسبة الحمل الناتج من الحمل المطلوب			%109.1		%79.2	

جدول (5.3): الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في المدرسة على شكل H بتوجيهات مختلفة خلال فصلي الصيف والشتاء

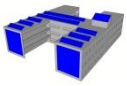
الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في مدرسة H (الحالة الأولى H-1) خلال فصلي الصيف والشتاء						
البند		المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
			الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
السقف		182.5	5.541	101.1	2.877	52.5
BIPV	سقف الدرج	24.13	5.367	13	3.039	7.3
	الدروة	48.57	4.682	22.7	2.930	14.2
	الكاسرات الأفقية المائلة	109.8	3.206	35.2	2.874	31.6
المجموع		365		172		105.6
نسبة الحمل الناتج من الحمل المطلوب			%99.3		%76.8	

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في مدرسة H
(الحالة الثانية H-2) خلال فصلي الصيف والشتاء

البند		المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
			الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
السقف		182.5	6.214	113.4	3.108	56.7
BIPV	سقف الدرج	24.13	4.669	11.3	2.777	6.7
	الذروة	48.57	4.682	22.7	2.930	14.2
	الكاسرات الأفقية المائلة	109.8	3.206	35.2	2.874	31.6
المجموع		365		182.6		109.2
نسبة الحمل الناتج من الحمل المطلوب			%105.5		%79.5	



الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في مدرسة H
(الحالة الثالثة H-3) خلال فصلي الصيف والشتاء

البند		المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
			الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
السقف		182.5	5.3558	97.74	3.068	56
BIPV	سقف الدرج	24.2	5.920	14.3	2.544	6.16
	واجهة رأسية (1)	79.15	4.652	36.8	2.895	22.9
	واجهة رأسية (2)	79.15	4.652	36.8	2.895	22.9
المجموع		365		185.6		108
نسبة الحمل الناتج من الحمل المطلوب			%107.2		%78.6	

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية في مدرسة H (الحالة الرابعة H-4) خلال فصلي الصيف والشتاء						
البند		المساحة M^2	فصل الصيف		فصل الشتاء	
			الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW	الاشعاع الشمسي KWH/M^2	الطاقة الناتجة من الخلايا KW
السقف		182.5	5.3558	97.74	3.043	55.5
BIPV	سقف الدرج	24.2	5.920	14.3	2.544	6.16
	واجهة رأسية (1)	79.15	4.652	36.8	2.895	22.9
	واجهة رأسية (2)	79.15	4.652	36.8	2.895	22.9
المجموع		365		185.6		107.5
نسبة الحمل الناتج من الحمل المطلوب			%107.2		%78.2	

ويلخص الجدول التالي النتائج الواردة أعلاه:

جدول (5.4): مجموع الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الكهروضوئية من كل نموذج مدرسة خلال فصلي الصيف والشتاء

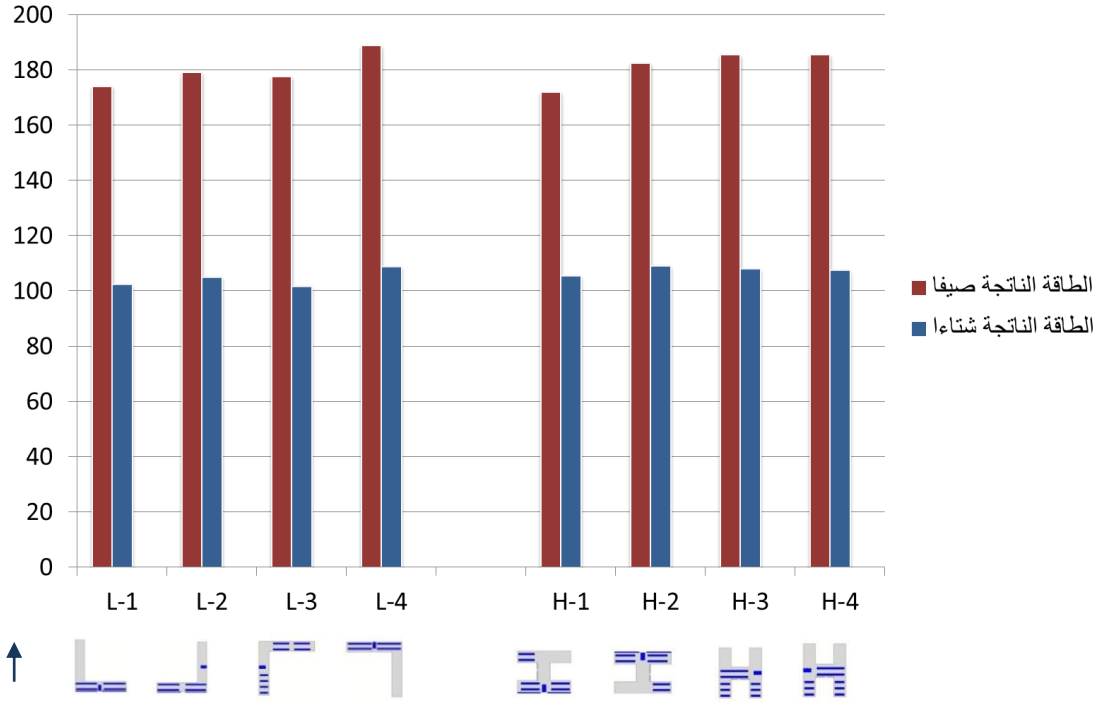
البند	الحالة		متوسط الطاقة اليومية الناتجة عن الخلايا صيفا KWH	النسبة مقارنة مع الطاقة المطلوبة صيفا	الطاقة الناتجة شتاءا KWH	النسبة مقارنة مع الطاقة المطلوب شتاءا	متوسط ناتج الطاقة خلال الفصلين KWH	النسبة مقارنة بالطاقة المطلوبة خلال الفصلين
	الحالة الأولى L-1		174.2	%100.6	102.4	%74.5	138.3	%89.1

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

البند	الحالة		متوسط الطاقة اليومية الناتجة عن الخلايا صيفا KWH	النسبة مقارنة مع الطاقة المطلوبة صيفا	الطاقة الناتجة شتاءا KWH	النسبة مقارنة مع الطاقة المطلوب شتاءا	متوسط ناتج الطاقة خلال الفصلين KWH	النسبة مقارنة بالطاقة المطلوبة خلال الفصلين
حرف L	الحالة الثانية L-2		179.2	%103.5	105.1	%76.5	142.15	%91.5
	الحالة الثالثة L-3		177.8	%102.6	101.7	%74	139.75	%90
	الحالة الرابعة L-4		**189**	**%109.1**	**108.9**	**%79.1**	**148.9**	**%95.9**
حرف H	الحالة الأولى H-1		172	%99.3	105.6	%76.8	138.8	%89.4
	الحالة الثانية H-2		182.6	%105.8	109.2	%79.5	145.9	%93.9
	الحالة الثالثة H-3		**185.6**	**%107.2**	**108**	**%78.6**	**146.8**	**%94.5**
	الحالة الرابعة H-4		**185.6**	**%107.2**	**107.5**	**%78.2**	**146.6**	**%94.4**

والشكل (5.18) يوضح ناتج الطاقة الكهروضوئية من الخلايا الكهروضوئية المركبة والمتكاملة مع المباني المدرسية على شكلي L و H خلال فصلي الصيف والشتاء ويبين الشكل أن الحالة الرابعة L-4 والثالثة والرابعة H-3 و H-4 سجلوا أعلى قيم طاقوية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (5.18): الطاقة الكهربائية الناتجة من البدائل التصميمية المختلفة للخلايا الكهروضوئية المركبة والمدمجة مع مباني المدارس على شكل L و H في فصلي الصيف والشتاء

النتائج المستخلصة من الجدولين السابقين:

1- الطاقة الناتجة من الوحدات الكهربائية بنوعيها المركب والمدمج تسد كافة حاجة المبنى المدرسي للطاقة الكهربائية خلال فصل الصيف، بل هناك فائض يتم تخزينه في البطاريات يستخدم في أوقات.

2- الطاقة الناتجة من الوحدات الكهربائية بنوعيها المركب والمدمج في فصل الشتاء تسد أغلبية حاجة الفراغات للطاقة الكهربائية أما العجز فيمكن الاعتماد على كهرباء البلدية، سبب العجز قلة ساعات سطوع الشمس خلال النهار وكثرة الظلال المتكونة على أسطح الوحدات.

3- الوحدات الكهروضوئية المدمجة مع غلاف المبنى في الحالات الثمان السابقة أثبتت كفاءتها في توليد الكهرباء من خلال تكاملها مع عناصر المبنى المدرسي المختلفة من واجهات وأسقف كتل الدرج وكاسرات شمسية وحتى في الممرات من خلال الدرابزين (أي سطح معرض للأشعة الشمسية بنسبة ساعات جيدة مؤهل لتوليد الكهرباء) حيث بلغت نسبة الطاقة الناتجة من الخلايا المركبة على الأسقف بالنسبة إلى المدمجة مع المبني (54.3%

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

: 45.7%) ، جدول (5.5) و(5.6) يوضحان نسبة مساهمة BIPV في توليد الطاقة الكهربائية مقارنة مع الخلايا الكهروضوئية المركبة على الأسطح.

جدول (5.5): الطاقة الكهربائية الناتجة من مدرسة L من الوحدات المركبة على السقف و الوحدات المدمجة مع غلاف المبنى خلال فصلي الصيف والشتاء

الشكل	حرف L الحالة الأولى L-1		حرف L الحالة الثانية L-2		حرف L الحالة الثالثة L-3		حرف L الحالة الرابعة L-4	
الفصل	صيف	شتاء	صيف	شتاء	صيف	شتاء	صيف	شتاء
السقف	108.1	54.3	113.8	56.9	91.25	48.7	102	55.7
النسبة	%62.1	%53	%63.5	%54.1	%51.3	%47.9	%54	%51.1
BIPV	66.1	48.1	65.4	48.2	86.55	53	86.9	53.2
النسبة	%37.9	%47	%36.5	%45.9	%48.7	52.1	%46	%48.9

جدول (5.6): الطاقة الكهربائية الناتجة من مدرسة H من الوحدات المركبة على السقف و الوحدات المدمجة مع غلاف المبنى خلال فصلي الصيف والشتاء

الشكل	حرف H الحالة الأولى H-1		حرف H الحالة الثانية H-2		حرف H الحالة الثالثة H-3		حرف H الحالة الرابعة H-4	
الفصل	صيف	شتاء	صيف	شتاء	صيف	شتاء	صيف	شتاء
السقف	101.1	52.5	113.4	56.7	97.7	56	97.7	55.5
النسبة	%58.8	%49.7	%62.1	%51.9	%52.6	%51.9	%52.6	%51.6
BIPV	70.9	53.1	69.2	52.5	87.9	52	87.9	52
النسبة	%41.2	%50.3	%37.9	%48.1	%47.4	%48.1	%47.4	%48.4

4- أيضا تبين الجدول السابقة أن كفاءة الخلايا الكهروضوئية تكون أعلى خلال فصل الشتاء من الصيف بسبب أن تعرض غلاف المبنى من واجهات دون أسقف لفترات طويلة من أشعة الشمس وبما أن الوحدات مدمجة مع الغلاف فزاد نصيب تحصيل الطاقة الكهربائية بسببها.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5- من الجداول السابقة يتضح أن الشكل L في الحالة الثالثة L-3 والشكل H في الحالة الثالثة والرابعة H-3 وH-4 لهم امكانية توليد الكهرباء أكثر من الأشكال الأخرى لعدة أسباب:

- من خلال الدراسة أثبت أنه عندما تكون الوحدات الكهروضوئية متراصة وكتلة واحدة تعمل معا لتوليد الطاقة أفضل من لو كانت الوحدات مجزأة على عناصر مختلفة، فمثلا الواجهات الرأسية الصماء لكبر مساحتها تم استغلالها لتعمل كوحدة كهروضوئية واحدة وهذا أفضل لو كانت على كاسرات أو أسطح متفرقة.
- تواجد كتلة الدرج بين الوحدات الكهروضوئية المركبة على الأسطح ترمي ظلال نحو الغرب وقت الشروق، ونحو الشرق ووقت الغروب فتتأثر كفاءة الوحدات من خلال ظلال كتلة الدرج.

6- من الملاحظ في الحالات أن الحالة الأولى والثانية من كل نموذج مدرسة متشابهتين وكذلك الحالة الثالثة والرابعة ولكن موقع كتلة الدرج مختلف وهذا أدى إلى اختلاف قيم الطاقة الناتجة من نفس الأسطح المعرضة للإشعاع الشمسي.

- ففي الشكل L وH، نتائج الحالة الثانية كانت أعلى بشكل طفيف مقارنة مع الحالة الأولى بسبب ظلال كتلة الدرج على جانبيه خلال النهار.
- كذلك كان من الواضح أن الحالة الثالثة والرابعة من كل شكل كانت أعلى مقارنة بالأخرتين بسبب استغلال الواجهة الرأسية الصماء بأكملها لتكون وحدة كهروضوئية.

7- شكل مدارس حرف H أعلى كفاءة في تحصيل الطاقة الشمسية في الحالتين الثالثة والرابعة مقارنة بالحالات الأخرى من نفس الشكل وحالات حرف L المختلفة بسبب تواجد مساحات صماء كبيرة "الواجهات الرأسية"، والغير مستغلة فعليا في المبنى المدرسي بالأخص في قطاع غزة بتركيب وحدات كهروضوئية، الواجهات الصماء في المبنى المدرسي يوضع عليها اسم المدرسة وأحيانا لوحات فنية لملىء الفراغ، فاستغلالها لتركيب وحدات كهروضوئية سيعود بفائدة جمالية و وظيفية.

8- تناولت الدراسة فرص دمج الوحدات الكهروضوئية لأكثر الكتل والعناصر المعمارية المتعرضة لأشعة الشمس، فدمجت بسقف كتلة الدرج، والواجهات الرأسية، والكاسرات الأفقية، وجميعها كان لها دور ملحوظ في توليد الطاقة وهي بالترتيب من الأعلى انتاجا للطاقة للأقل سقف الدرج، الواجهات الرأسية، وأخيرا الكاسرات الأفقية كما كان موضحا في

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (5.2) و(5.3). سقف الدرج كان ذو امكانية عالية لتحصيل الطاقة الشمسية ولكن بسبب قلة مساحته استغلت الواجهات الرأسية والكاسرات.

9- تم دمج الوحدات الكهروضوئية في الكاسرات الأفقية المائلة في الثلاث مستويات (الطابق الأرضي، و الأول، والثاني) وكانت نتائج الطاقة المتولدة من الكاسرات متفاوتة حسب بعدها عن الاشعاع الشمسي، يبين الجدول(5.7) معدل الطاقة الناتجة من الكاسرات الشمسية المركبة في الطوابق الثلاث بغض النظر عن شكل المبنى، و كما يظهر الجدول فالكاسرات في الطابق الثاني ذات كفاءة عالية من الطوابق الأدنى، والطابق الأول ذو تحصيل أعلى من الأرضي ويعزى السبب لقرب الكاسرات العلوية من اشعة الشمس وقلة تعرضها للظلال.

جدول (5.7): الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات المدمجة مع الكاسرات الرأسية

البند	الطاقة الناتجة خلال الصيف	الطاقة الناتجة خلال الشتاء	معدل الطاقة الناتجة خلال الفصلين
الكاسرات الأفقية العلوية (الطابق الثاني)	4051	2833	3442
الكاسرات الأفقية الوسطى(الطابق الأول)	2582	2867	2724.5
الكاسرات الأفقية السفلية (الطابق الأرضي)	2439	2841	2640

5.5 الجدوى الاقتصادية لاستخدام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي

التكلفة البدائية لاستخدام الخلايا الكهروضوئية بشكل عام مكلفة إلى حد ما بسبب مكونات أنظمتها من الوحدات الكهروضوئية والمحولات وبطاريات التخزين وملحقاتها، والإكسسوارات من أسلاك وإطارات التثبيت، لكن يمكن استرداد ثمن هذه التكلفة في سنوات قليلة، بحيث يتم تحصيل الطاقة الكهربائية مجانيا فيما إذا لم تكن هناك حاجة للصيانة.

لحساب الجدوى الاقتصادية لابد من التطرق لفترة الاسترداد لمشروع تركيب وحدات كهروضوئية متكاملة مع المبنى، وتعرف فترة الاسترداد "Payback period"هي تلك الفترة التي تسترد فيها المشاريع التكاليف الاستثمارية أو الفترة التي تتساوى عندها التدفقات الداخلة والخارجة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

كلما كانت فترة الاسترداد سيكون تطبيق أنظمة الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى المدرسي أفضل وذات فعالية.

فترة الاسترداد = كلفة نظام الخلايا الكهروضوئية/ الفواتير النقدية السنوية

– تكلفة الخلايا الكهروضوئية = $113900 كما يوضحها الجدول (6.5) التالي.

جدول (6.5): تكلفة انشاء نظام كهروضوئي متكامل مع المبنى لتغطية 19.4 كيلوواط

البند	عدد الوحدات	سعر الوحدة $	المجموع
البطاريات عدد وحدات (2 فولت و 2500أمبير)	48	1600	76800
نظام On grid	3	3300	9900
الخلايا الكهروضوئية			16200
إكسسوارات من كوابل وإطارات تثبيت وملحقات أخرى			11000
المجموع			113900

– أما لحساب الفواتير السنوية للمبنى المدرسية فهي

= الطاقة الكهربائية اللازمة سنويا * سعر الواط بالشيكل

= (12*26*155.3) * 6.

= 48153.6 شيكل اسرائيلي

=13459.3 دولار أمريكي

إذا فترة الاسترداد = كلفة نظام الخلايا الكهروضوئية/ الفواتير النقدية السنوية

= 113900 /13459.3 = 8.5 سنوات

بعد ثمان ونصف سيحقق النظام ثمراته بحيث لا يعتمد المبنى المدرسي على كهرباء البلدية وأي مصادر طاقة بديلة من الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة الكهربائية بحيث تحصل الطاقة بشكل مجاني.

6.5 الخلاصة

ابتدأ الفصل بالحديث عن التمثيل المحوسب وأهميته والتطرق لأحد برامجه و هو الإيكوتكت "Ecotect" الذي يوفر العديد من عمليات المحاكاة وتحليلات الطاقة لتزيد من كفاءة المباني القائمة أو الجديدة، بحيث تم التطرق بالتفصيل إلى إعداداته التي تخدم هدف الدراسة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

من خلال إجراء اختبار وتحليل لبدائل مختلفة لمدارس ذات شكلي L وH لدراسة امكانية توليد الطاقة الكهربائية من خلال استغلال غلاف المبنى والعناصر المعمارية فيه للتكامل مع الوحدات الكهروضوئي "BIPV"، وبعد اجراء التحليل على عدة بدائل توصلت الدراسة إلى فعالية الوحدات الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى في توليد الطاقة الكهربائية بنسبة كبيرة وإن كانت أقل من الوحدات المركبة على الأسقف بالطريقة التقليدية، وبذلك فإن حل أزمة الكهرباء في المباني المدرسية ممكن حلها بطريقة بيئية مستدامة ومحققة فائدة جمالية من خلال دراسة أساليب تكامل الوحدات الكهروضوئية مع مراحل التصميم المعماري الأولى من الفكرة التصميمية للمبنى المدرسي وكتله وعناصره، بالإضافة للفائدة الاقتصادية على المدى البعيد من توفير مواد البناء وعدم الاعتماد على الوقود الأحفوري.

لتحقيق هذه المميزات للنظام الكهروضوئي المتكامل مع المبنى يستلزم اقتراح توصيات واستراتيجيات ستعرض في الفصل السادس والأخير

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصـل السادس

النتائـج والتوصيات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل السادس

النتائج والتوصيات

1.6 المقدمة

يشمل هذا الفصل خلاصة الدراسة بجزأيها النظري والعملي، مع تقديم التوصيات والاقتراحات الممكنة لتفعيل دور الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني بشكل عام والمباني المدرسية بشكل خاص لحل أزمة انقطاع التيار الكهربائي المتواصل في قطاع غزة .

استنادا إلى الدراسة الوصفية والتحليلية والتي تمت في الفصول السابقة عن الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني، وواقع الطاقة في قطاع غزة وأثرها على أداء المباني المدرسية والوصول إلى عدة بدائل تصميمية لتكامل الخلايا الكهروضوئية في التشكيل المعماري للمبنى المدرسي، اتضح إلى دور الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع العناصر المختلفة في غلاف المبنى المدرسي في انتاج الطاقة الكهربائية بنسبة عالية نسبيا باستخدام التمثيل المحوسب.

حيث أفرد الفصل السادس للحديث عن النتائج المستسقاة من الدراسة، وأهم التوصيات المستخلصة منها، وينقسم الفصل السادس لشقين الأول النتائج والثاني التوصيات.

2.6 النتائج

توصلت الدراسة من خلال الفصول السابقة إلى النتائج التالية:

1- التوجهات العالمية المتزايدة لاستغلال مصادر الطاقة البديلة بالأخص الطاقة الشمسية وذلك بعد تفاقم الأضرار الكبيرة الناجمة من مصادر الوقود الأحفوري ومخاطرها الواضحة على صحة الإنسان والبيئة على حد سواء، فضلا عن ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري واحتمالية نفاذه باعتباره من المصادر غير المتجددة.

2- تقدم الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى "BIPV" الحل الذي يمكنه معالجة كل التحديات العالمية بسهولة من نفاذ المصادر الغير متجددة وتقليل انبعاثات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

غاز ثاني أكسد الكربون لتوليد الطاقة الكهربائية بشكل نظيف، ونظرا لإمكانية اندماج هذه الأنظمة مع غلاف المبنى فإن هذا يتيح لها أن تكون جزءا من التصميم المعماري والخصائص الفنية والتحول الاقتصادي للطاقة المتجددة.

3- هناك العديد من العوامل الأخرى التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار دمج الخلايا الكهروضوئية مع غلاف المبنى وأهمها المتغيرات البيئية مثل الاتجاه والموقع العام وزاوية الميل والأتربة والغبار وتوفير التهوية وأخيرا دراسة ظلال المباني المحيطة.

4- الخلايا الكهروضوئية المتكلمة مع المبنى تعتبر واحدة من أسرع القطاعات نموا في صناعة الطاقة الشمسية، وتشهد تطورا مستمرا لزيادة كفاءة عملها.

5- امكانية استخدام نظام الخلايا الكهروضوئية كمواد انهاء خارجية في غلاف المبنى بدلا من استخدام مواد الانهاء التقليدية وبذلك تقليص كمية المواد المستخدمة في البناء.

6- امكانية تكامل الخلايا الكهروضوئية كعناصر تكسية للمبنى في الأسقف والواجهات المائلة، وأفقية، والمنحنية، والتفاصيل المعمارية من فتحات أو مظلات أو كاسرات شمسية وحتى في التراسات وهذه الخلايا تتنوع في درجة شفافيتها فمنها المعتم لتوفير الظلال أسفل الفراغات التي تغطيها مثل الخلايا المدمجة مع المظلات وأسقف الممرات و التراسات.

7- دراسة عملية تكامل الأنظمة الكهروضوئية مع المبنى منذ الأفكار التصميمية الأولية للمباني لزيادة القيمة الجمالية والاقتصادية والوظيفية للمبنى.

8- توصف الطاقة الشمسية في الشرق الأوسط بأنها بديل فعال للطاقة في العالم حيث تنعم المنطقة بأشعة الشمس الوفيرة لإمكانية تركيب وتشغيل الأنظمة الكهروضوئية مما يزيد من فرص الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع الأبنية في فلسطين بالأخص قطاع غزة حيث أن معدل الاشعاع الشمسي السنوي تقريبا يصل إلى 5.46 كيلوواط ساعة/متربع يوميا وهي قيمة عالية نسبيا.

9- يعاني قطاع غزة من شح في الطاقة الكهربائية وقطعها بشكل متواصل ووصلها إلى أقل من 4 ساعات مما أثر سلبا على نواحي الحياة المختلفة بسبب عدم كفاءة تشغيل المباني بمختلف أنواعها صحي، سكني، تعليمي وغير ذلك، وخصت الدراسة المباني

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

التعليمية من المدارس الحكومية نظرا لأهميتها في اعداد الأجيال وتنشئتهم والتي شل جزء كبير من أداء فراغات.

10- في السنوات الماضية بدأ باستحياء استخدام الأنظمة الكهروضوئية في المباني العامة، وتم تركيبها على أسقف عدد محدود من المباني المدرسية لتغطية حمل جزئي من الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل بعض فراغات المبنى دون غيره، هذه الأنظمة لأسباب اقتصادية لم تغطي كامل عبء المدرسة من الطاقة الكهربائية وتم اضافتها لتأدية دور وظيفي دون مراعاة الناتج الجمالي، فكانت دخيل على المبنى لم يتم دراسته شكليا وجماليا.

11- يعتبر استغلال الطاقة الشمسية هو أحد مبادئ المدارس المستدامة الخضراء حيث تشكل نمطا جديدا من أنماط المحافظة على البيئة باعتبار أن المؤسسات التعليمية من أهم المرافق الصديقة للبيئة، والعديد من الدول المتقدمة اعتمدت هذا المبدأ في مدارسها لما يعم من فائدة بيئية واقتصادية ومجتمعية.

12- بعد إجراء تقييم لعدة بدائل تصميمية لمبنى مدرسي تم التوصل أن الخلايا المتكاملة والمدمجة مع المبنى لها قدرة كبيرة بتوفير الطاقة الكهربائية من خلال دمجها مع الواجهات الرأسية والأسقف المائلة والتفاصيل المعمارية من كاسرات شمسية وواجهات التراسات.

13- الوحدات الكهروضوئية المركبة على أسقف المدارس أعطت نتائج أعلى بنسبة طفيفة من الوحدات المدمجة مع الغلاف (54.3% : 45.7%) نتيجة لدرجة الإشعاع الشمسي العالية التي تتعرض لها.

14- توصلت الدراسة أن الواجهات الرأسية الصماء ذات المساحات الكبيرة تعطي ناتج طاقة أكبر من الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع الكاسرات الشمسية بسبب تراصها فتعمل كوحدة واحدة لإنتاج الكهرباء أفضل من لو كانت الوحدات متفرقة على تفاصيل معمارية صغيرة، لذلك نماذج المدارس ذات حرف H و L واتجاه واجهاتها الرأسية الصماء للجنوب أعطت قيم أعلى من نماذج المدارس ذات الواجهة الجنوبية المحتوية على فتحات و كاسرات فقط.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

15- الكاسرات الشمسية تعطي نتائج عالية للطاقة الكهربائية لو تم وضعها في الطوابق العليا نتيجة لتعرضها لإشعاع شمسي أفضل من التي في الطوابق السفلى وبسبب كثرة الظلال التي تحول دون كفاءة عمل الخلايا بشكل أفضل.

16- بالنسبة للمباني التي تتبنى فكرة الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى، فإن المكتسبات لا تقتصر على مسألة الحفاظ على البيئة، فالخلايا المتكاملة تشتمل على عامل جذب من الناحية الاقتصادية، من تكلفة مواد البناء وتوليد الطاقة الكهربائية.

3.6 التوصيات

سيتعرض هذا الشق إلى توصيات توجه لصناع القرار والمهندسين المعماريين والجامعات والوزارات وتخص الدراسة وزارة التربية والتعليم بهدف رسم مستقبل أفضل بيئيا وجماليا، وفي هذا الإطار أدرجت توصيات خاصة لكل فئة على النحو التالي:

أولا: توصيات خاصة بصناع القرار من الحكومات

- سن قوانين وتشريعات خاصة باستخدام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المباني من خلال التأكيد على ضرورة الاستفادة من الطاقة الشمسية.
- عمل دراسة جدوى حول آليات حفظ الطاقة والاستفادة من الطاقة الشمسية باستخدام الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى.
- توعية المواطنين عبر وسائل الإعلام المختلفة بضرورة ترشيد استهلاك الطاقة، وتشجيع إنشاء وحدات لأبحاث الطاقة المتجددة خاصة في الجامعات والمراكز العلمية والتي من شأنها تطوير مجال الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع المباني ودراسة إمكانيات التطبيق في قطاع غزة.
- حث وتشجيع المواطنين والمؤسسات على استغلال الطاقة الشمسية في المباني وتبني مفهوم الخلايا المتكاملة مع المباني المراد انشائها.
- تسهيل و توفير استيراد أنظمة الخلايا الكهروضوئية المتكاملة لتقليل تكلفتها على المواطنين، وتبني الحكومة لمثل هذه الأنظمة البيئية وتقديم تسهيلات لمواطنيها عند انشائها.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

– تطوير قاعدة بيانات مع مختلف الجهات المعنية لتوفير بيانات محدثة عن حالات الطقس والمناخ والبيانات الأخرى التي يحتاجها الباحثون لمدن قطاع غزة.

ثانيا : توصيات خاصة بالمهندسين المعماريين

– الاهتمام عند تصميم المباني بالبعد البيئي وامكانية دمج الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع عناصر غلاف المبنى بشكل متناغم ومتناسق، وبل يمكن أن تكون هذه الخلايا المتكاملة فكرة أصيلة من تصميم المبنى المعماري.

– ضرورة دراسة موقع البناء جيدا وتحديد أفضل التشكيلات المعمارية جماليا ووظيفيا لفرص دمج الخلايا الكهروضوئية مع المباني.

– استغلال الواجهات الجنوبية بعناصرها من حوائط، وفتحات، وكاسرات لتكون عناصر انتاج طاقوية من خلال الخلايا الكهروضوئية المدمجة معها.

– اعتماد برامج التمثيل المحوسب كأساس لتصميم المبنى المتكامل طاقويا من الخلايا الكهروضوئية للحصول على أعلى نتائج من الاشعاع الشمسي من خلال شكل المبنى وتوجيهه و دراسة بيئته المحيطة.

– الاستفادة القصوى من الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع عناصر المبنى لكونها مواد تشطيب خارجية وعازلة للرطوبة والحرارة وتقلل من الاعتماد على مواد البناء التقليدية وبالتالي تقليل تكلفة شراء هذه المواد.

– وضع مرجع تفصيلي خاص وشامل للمعايير التصميمية والمتطلبات الخاصة بالخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع مباني قطاع غزة

ثالثا: توصيات خاصة بوزارة التربية والتعليم

–توعية مهندسي الوزارة من معماريين وكهربائيين بأهمية دور الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع مباني المدارس بسبب كبر مساحات واجهاتها وتواجد مساحات صماء فتزداد فرص اقتناص الأشعة الشمسية لو تم توجيهها للجنوب.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

– تركيب الخلايا الكهروضوئية على الأسقف بنسبة معينة لاستغلال المتبقي من مساحة أسقف المدارس كأسطح خضراء للزراعة وبمثابة بيئة تعليمية خارجية أو كفراغ للأنشطة الرياضية لتحقيق قدر المستطاع إلى بعض مواصفات المدارس الخضراء من أسطح خضراء واستغلال الطاقة الشمسية من الخلايا كما تدعو لها أنظمة تقييم أداء المدارس الخضراء "LEED".

– التركيز عند اضافة الخلايا الكهروضوئية للمدارس القائمة إلى دراسة أماكن توقيع الخلايا المتكاملة من واجهات رأسية وأسقف مائلة وكاسرات لمدى جدوتها الوظيفية في تحقيق الطاقة دون اهدار المساحات المتبقية من أسطح المباني.

– تعزيز المناهج الدراسية وتعليم الطلبة فكرة وآلية عمل أساليب المدارس الخضراء لترسيخ مفاهيم الاستدامة والمحافظة على البيئة.

رابعا: توصيات خاصة بالجامعات

– توجيه أحد المساقات البيئية في تخصص كلية الهندسة المعمارية إلى أنظمة البناء الأخضر بشكل عام والأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى لاستغلال أكبر قدر من الطاقة الشمسية المتجددة، وتطبيقها على أحد مساقات التصميم المعماري بشكل يتناسب وظيفيا وجماليا.

– عقد مؤتمرات وورشات عمل في الجامعات لأهم مشاريع الخلايا المتكاملة مع غلاف المبنى وكيفية تطبيقها وما هي أسسها ومعاييرها التصميمية.

– توجيه الطلبة لأهمية مبادئ العمارة الخضراء الصديقة للبيئة وذات إنتاج صفري للغازات الكربونية وحثهم على تضمين فكرة المباني المتكاملة طاقويا مع الأفكار الأولية التصميمية.

خامسا: توصيات خاصة للمواطنين

– عقد لقاءات ورشات عمل للمواطنين حول أهمية مصادر الطاقة بنوعيها المتجددة وغير المتجددة وترشيد استخدمها.

– توعية المواطنين بأهمية استخدام الطاقة الشمسية من خلال وسائل الإعلام المرئية والمسموعة والمكتوبة بالإضافة إلى وسائل التواصل الاجتماعي الإلكترونية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

– ارشاد وتوجيه المواطنين حول امكانيات أنظمة الوحدات الكهروضوئية وأنظمة الوحدات الكهروضوئية المتكاملة ع المبنى في تشغيل المبنى من حيث إنارته وأجهزته ومعداته والإرشاد في تشغيل.

– عقد دورات لتوعية المواطنين حول كيفية حساب الأحمال الكهربائية اللازمة لحساب كمية ومساحة الأنظمة الكهروضوئية المراد تركيبها وترشيد استهلاكهم للطاقة الكهربائية وعدم اهدارها، وما هي المعدات والأجهزة التي يمكن تشغيلها حسب النظام الكهروضوئي المطبق.

سادسا: توصيات خاصة للباحثين والمهتمين بمجال الطاقة الشمسية

– تقديم حلول وتوصيات علمية لصانعي القرار وفق أسس علمية بحثية تجريبية مما سيساهم في وضع التنظيمات والتشريعات المناسبة لتنظيم تطبيقات واستثمارات الطاقات المتجددة.

– تعزيز التعاون المشترك بين الباحثين والمؤسسات البحثية محليا وعالميا، وزيادة الترابط بين الأبحاث العلمية والتطبيقية والتطوير والتعاون مع القطاعات الصناعية ذات الصلة بمواضيع استغلال الطاقات المتجددة و بالأخص الطاقة الشمسية من خلال الأنظمة الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى.

– تنفيذ مجموعة من البرامج التوعوية لجميع الجهات المعنية بأهم برامج استغلال الطاقات الشمسية عبر الوحدات الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى من خلال عرض نتائج وتوصيات دراستهم.

–اجراء أبحاث متخصصة عن العوامل المؤثرة على كفاءة أنظمة الوحدات الكهروضوئية المتكاملة مع المبنى في قطاع غزة مثل دراسة أثر البيئة العمرانية وزوايا الميل الأفضل للوحدات حسب مواقع تواجدها غي غلاف المبنى وأثر اللاندسكيب والعوامل الجوية وغير ذلك من العوامل.

تمت بحمد الله وتوفيقه

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المصادر والمراجع

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المصادر والمراجع

أولا: المراجع العربية

استخدام الطاقة الشمسية يزدهر إثر تفاقم أزمة الكهرباء. (2016م). *جريدة الأيام*. تاريخ الاطلاع: 20 يونيو، 2017م، على شبكة الانترنت: http://www.al-ayyam.ps/ar_page.php?id=11164d13y286674195Y11164d13http://www.alhaya.ps/arch_page.php?nid=217583

الإغاثة الإسلامية. (2016م). *بناء مدرستين جديدتين*. تاريخ الاطلاع: 12 أكتوبر، 2017م، على شبكة الانترنت: http://irpal.ps/ar/index.php/2016/10/27/new-schools/

بلحاج، محمد، الشامس، زينب، ومحمد، وسام. (2003). فرص ادماج منظومات الخلايا الشمسية في المباني. *مجلة الثقافة والحياة*، 19، 81-70.

الجادري، احسان، وسليم، يوسف. (2010م). أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري. *مجلة الهندسة والتكنولوجيا*، *28*(11)، 534-520.

جهاز الاحصاء المركزي الفلسطيني. (2017م). *الإحصاء الفلسطيني واللجنة الوطنية للسكان يصدران بياناً صحفياً عشية اليوم العالمي للسكان 2016/7/11*. تاريخ الاطلاع: 13 أكتوبر، 2017م، على شبكة الانترنت: http://www.pcbs.gov.ps/postar.aspx?lang=ar&ItemID=1702

حسين، صفاء الدين، ومحمود رضاب. (2010م). أثر التقانة المعلوماتية في توفير الراحة الصوتية في قاعات المعارض باستخدام برنامج Ecotect. *المجلة العراقية للهندسة المعمارية*، *9*(19-20-21)، 410-384

الخطيب، محمد. (2015م). *دور الخلايا الشمسية في توفير الطاقة والتشكيل المعماري للمباني السكنية في قطاع غزة*. (رسالة ماجستير غير منشورة)، الجامعة الإسلامية، غزة.

الخياط، محمد مصطفى. (2006م). *الطاقة ومصادرها وأنواعها*، القاهرة. . تاريخ الاطلاع: 3 مايو، 2017، على شبكة انترنت https://www.scribd.com/

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

رشدي، كريم. (2016م). *الطاقة الشمسية للمنازل*.. تاريخ الاطلاع: 15 يوليو، 2017م، على شبكة الانترنت: http://solarsnipers.com/pages/article_details/Solar-power-for-homes

رمانة، رامي. (2017، 25 مارس). *40 شركة غزية تتنافس على تركيب أنظمة الطاقة الشمسية*. جريدة فلسطين. تاريخ الاطلاع: 15 نوفمبر، 2017م، على شبكة الانترنت: http://felesteen.ps/article/40-shrkt-fy-ghzt-ttnafs-ly-trkyb-anzmt-altaqt-alshmsyt

أبو الروس، خالد. (2015م، 18 يناير). *أزمة كهرباء غزة.. الأسباب والحلول*. صحيفة الرأي. تاريخ الاطلاع: 18 أكتوبر، 2017م، على شبكة الانترنت: http://alray.ps/ar/post/130672/أزمة-كهرباء-غزة-الأسباب-والحلول

سعادة، بسمة. (2014م). *دراسة تقييمية للمدارس الحكومية الخضراء في الضفة الغربية*. (رسالة ماجستير غير منشورة)، جامعة النجاح الوطنية، نابلس.

سلطة الطاقة والموارد الطبيعية الفلسطينية. (2013م). *سلطة الطاقة تشرف على مشاريع للطاقة الشمسية بقدرة 50 كيلوواط وبقيمة 290 ألف دولار*. تاريخ الاطلاع: 8 ديسمبر، 2017م، على شبكة الانترنت: http://penra.gov.ps

سلطة الطاقة والموارد الطبيعية الفلسطينية. (2014م). *الكهرباء في غزة..المرض المزمن*. زيارة 18 أكتوبر، 2017م، على شبكة الانترنت: http://www.penra.ps/index.php?option=com_content&view=article&id=864:2014-01-06-08-30-53&catid=4:2009-12-31-08-00-48&Itemid=21

شرف، عبد العزيز طريح. (1983م). *الجغرافيا المناخية والنباتية مع التطبيق على مناخ أفريقيا ومناخ العالم العربي* ط9، الإسكندرية: دار المكتبات المصرية.

شركة توزيع الكهرباء. (2017م)، استهلاك الكهرباء لأنواع المباني المختلفة في قطاع غزة. بيانات غير منشورة. غزة: شركة توزيع الكهرباء.

الشلبي، فتحية. (2012م، 15 سبتمبر). مواصفات المبنى المدرسي الجيد. *ملتقى الوطني الأول للتربية والتعليم*. طرابلس، ليبيا.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

صالحة، رائد. (1997م). *مدينة غزة دراسة في جغرافية المدن* ط1، فلسطين، غزة: مطبعة الرنتيسي.

عبد الحافظ، نشوى. (2006م). *العلاقة التكاملية بين المباني والخلايا الكهروضوئية* .(رسالة ماجستير غير منشورة)، جامعة القاهرة، مصر.

عبد الكريم، نصر. (2010م). *تحليل خدمات قطاع التعليم العام من منظور النوع الاجتماعي : دراسة ميدانية من وجهة نظر الفئات المستهدفة*. فلسطين، رام الله: المبادرة الفلسطينية لتعميق الحوار العالمي والديمقراطية.

عبد الهادي، مروة. (2011م).*نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية*. (رسالة ماجستير غير منشورة)، الجامعة المنصورة، مصر.

عويضة، حاتم. (2010م، 24 مايو). استراتيجيات مواجهة تحديات قطاع الخدمات– القطاع التجاري. *رؤية تنموية لمواجهة آثار الحرب والحصار على قطاع غزة*. الجامعة الاسلامية، غزة، فلسطين.

كمونة، غادة، ورفو، لينزر. (2011م). تكاملية عمل المبنى كمنظومة موظفة للتكنولوجيا المتقدمة في مواجهة الظروف المناخية الخارجية. *مجلة الهندسة– بغداد، 17*(2)،57–37.

محيسن، أحمد. (2006م).أنظمة صديقة للبيئة– استخدام الأنظمة الكهروضوئية في المباني. مجلة العمران، العدد الخامس، 8–20، الجامعة الإسلامية، غزة.

المركز الفلسطيني للديمقراطية وحل النزاعات. (2012م). *أثر انقطاع التيار الكهربائي على قطاع غزة*. تاريخ الاطلاع: 14 أكتوبر، 2017م، على شبكة الانترنت: http://www.pcdcr.org/arabic/أثر-انقطاع-التيار-الكهربائي-على-قطاع-غ/

النجار، نبيل، والزعبي، ماجد. (2013م). *أساليب البحث العلمي– منظور تطبيقي* ط3، الأردن، عمان: دار الحامد للنشر والتوزيع.

النمرة، نادر. (2004م). *المعايير التخطيطية والتصميمية لمباني التعليم الأساسي في قطاع غزة*. (أطروحة دكتوراة غير منشورة)، جامعة الأزهر، مصر.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وزارة الإعلام الفلسطيني. (2016م). *أزمة الكهرباء.. أسبابها ومستقبلها*. تاريخ الاطلاع: 17 أغسطس ،2016م، على شبكة الانترنت:http://www.gedco.ps/index.php

وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية–دولة فلسطين. (2017م). *الكتاب الإحصائي السنوي 2016/2017م*. فلسطين غزة: الإدارة العامة للتخطيط التربوي.

وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية–دولة فلسطين. (2017م). *النظام التعليمي*. تاريخ الاطلاع: 16 أكتوبر، 2017م، على شبكة الانترنت: www.mohe.pna.ps/general-education/general-education/Education-System

وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية –دولة فلسطين. (2017م). *انقطاع الكهرباء يؤثر سلباً على الاستعداد للامتحانات والبرامج التعليمية*. تاريخ الاطلاع: 16 نوفمبر 2017م، على شبكة الانترنت: http://www.mohe.ps/home/2017/05/03/تعليم-غزة-انقطاع-الكهرباء-يؤثر-سلباً-ع/

وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية–دولة فلسطين. (2007م). *تشخيص الواقع التربوي*. فلسطين، رام الله: الإدارة العامة للتخطيط التربوي.

وزارة الداخلية والأمن الوطني –دولة فلسطين. (2017م). *إحصائية: 82% من سكان غزة من الشباب والأطفال*. تاريخ الاطلاع: 23 أكتوبر 2017م، على شبكة الانترنت: https://moi.gov.ps/Home/Post/121453

وزارة الداخلية والأمن الوطني. (2017م). *إحصائية: عدد سكان القطاع يتخطى الـ2 مليون و15 ألف نسمة*. تاريخ الاطلاع: 23 أكتوبر 2017م، على شبكة الانترنت: https://moi.gov.ps/home/post/111699 https://moi.gov.ps/Home/

وكالة صفا الفلسطينية. (2013م). *توقيع 3 اتفاقيات مع قطر الخيرية لمشاريع تعليمية*. زيارة 16 نوفمبر، 2017م، على شبكة الانترنت: http://safa.ps/post/118880/توقيع-3-اتفاقيات-مع-قطر-الخيرية-لمشاريع-تعليمية

وكالة فلسطين الاخبارية. (2013م). *التعليم بغزة يدشن أول مشروع لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في مدارسه*. تاريخ الاطلاع: 21 نوفمبر، 2017م، على شبكة الانترنت: https://paltoday.ps/ar/post/179523

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وكالة معا الاخبارية. (2013م). *أزمة الكهرباء تربك المسيرة التعليمية في غزة*. تاريخ الاطلاع: 15 يوليو، 2017م، على شبكة الانترنت:http://www.maannews.net/Content.aspx?id=651381

ويكيبيديا. (2010م). *قطاع غزة*، تاريخ الاطلاع: 19 نوفمبر، 2017م، على شبكة انترنت https://ar.wikipedia.org/wiki/قطاع_غزة

ثانيا: المراجع الأجنبية

Andrew, DR, & March, J. (2006). Thermal Modeling: The ECOTECT Way. *The Natural Frequency Journal*, (002). Retrieved from http://naturalfrequency.com/articles/thermalelements

Asfour, O. (2013) . Integration of Photovoltaics into Gaza Strip Residential Buildings: A Comparison between Roof and Façade Installation. *ScienceDirect*,*2*(1/2), 93-100.

Autodesk. (2011). Ecotect Analysis Help menu.

Azhar, S., Brown, J., & Farooqui R. (2009). *BIM-based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software.* Retrieved December 8, 2017, fromhttps://www.researchgate.net/publication/237835268_BIM based_Sustainability_Analysis_An_Evaluation_of_Building_Performance_Analysis_Software

Basnet, A. (2012). *Architectural integration of photovoltaic and solar thermal collector systems into buildings*. *Master* thesis, Norwegian University of Science and Technology,Trondheim, Norway.

Boeing, G., Church, D., Hubbard, H., Mickens, J., & Rudis L. (2014). LEED-ND and Livability. *Berkeley Planning Journal*. *27*(1), 31-55.

Borgobello, B. (2013, 8 March). *Los Angeles school gets a giant solar wall*. Newatla. Retrieved November 25, 2017, from https://newatlas.com/green-dot-solar-high-school/26566/

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Brook Scarpa (2013). *Green dot charter high schools* Retrieved November 25, 2017, from img.archilovers.com/projects /39b0d21c65004d698ec122b5c2ac07e8.pdf

Eiffert, P., & Thompson, A. (2000). *U.S. Guidelines for the Economic Analysis of Building-Integrated Photovoltaic Power Systems*. Retrieved July 6, 2017, from www.nrel.gov

Eikeland, J. (2015). *What Energy Shortage?*. Retrieved November 20, 2017, from www.project-syndicate.org/commentary/energy-storage-alevo-by-jostein-eikeland-2015-07?barrier=accessreg.

Fantechi, S. (Eds). (2010). *Photovoltaics and nanotechnology: from innovation to industry*. The European Photovoltaics Clusters

Fishwick, P.A. (1995). *Computer Simulation: The Art and Science of Digital World Construction*. Retrieved December 8, 2017, from http://ufdc.ufl.edu/UF00095334/00001

Fuentes, M. (2007). *Integration of PV into the built environment*. Retrieved July 5, 2017, from www.brita-in-pubs.eu/bit/uk/03viewer/retrofit_measures/pdf/FINAL_12_Integration_of_PV_red_kth_rev1.pdf

Gordon, D. (2010). *Green Schools as High Performance Learning Facilities.* National Clearinghouse for Educational Facilities. Retrieved November 26, 2017, from www.ncef.org/pubs/greenschools.pdf

Green Dot Animo Leadership High School / Brooks + Scarpa Architects (2013, 6 March). *Archdaily* . Retrieved November 26, 2017, from https://www.archdaily.com/340616/green-dot-animo-leadership-high-school-brooks-scarpa-architects

Holden, G. (2015). Westborough Academy. *CIBSE Journal*, Retrieved November 29, 2017, from https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/CIBSE_Case_Study:_Westborough_Academy

Horizon Renewables. (2010). *Solar Photovoltaics & Wind Turbines for homes, farms, schools, commercial and public sector in UK.* Retrieved June 25, 2017, from http://nienvironmentlink.org/news/HorizonRenewables.php

www.manaraa.com

Howe, J.C. (2010). Overview of green buildings. *National Wetlands Newsletter*, *33*(1).

IEA. (2002). *Building Integrated Photovoltaic Power Systems Guidelines for Economic Evaluation*.

The Kathleen Grimm School for Leadership and Sustainability at Sandy Ground / SOM. (2011, 18 January). *Archdaily* . Retrieved November 26, 2017, from https://www.archdaily.com/780383/the-kathleen-grimm-school-for-leadership-and-sustainability-at-sandy-ground-som

The Kathleen Grimm School for Leadership and Sustainability at Sandy Ground (2016). AIANY. Retrieved November 27, 2017, from aianycoteawards.org/2016/wp.../2016/10/THE-KATHLEEN-GRIMM-SCHOOL.pdf

Kaundinya, D.P., Balachandra, P.,& Ravindranath, N.H. (2009). Grid-connected versus stand-alone energy systems for decentralized power- Areview of literature, *ScienceDirect*,*13*(8), 2041-2050.

Kayal , S. (2009). *Architectural integration of photovoltaic and solar thermal collector systems into buildings*. *Master* thesis, California Polytechnic State University, USA.

Kone, A. Ç., & Buke, T. (2010). Forecasting of CO2 emissions from fuel combustion using trend analysis. *ScienceDirect*,*14*(9), 2906-2915.

Lowder, T. (2012). *The Challenges of Building-Integrated Photovoltaics.* Retrieved November 6, 2017, from http://www.renewableenergyworld.com/articles/2012/05/the challenges-building-integrated-photovoltaics.html

Masson G., Latour M., Rekinger M., Theologitis I.T., & Papoutsi M.(2013). *Global Market Outlook For Photovoltaics 2013-2017 (2013).* Retrieved July 26, 2017, from www.solarpowereurope.org/home/

Ministry of Education and Training – Ontario. (2010). *A Practical Resource for Planning and Building Green Schools in Ontario.* . Retrieved November 3, 2017, http://www.edu.gov.on.ca/eng/policyfunding/GreenSchools_Guide.pdf

Nair, P. (2006). Planning Technology Friendly School Buildings. Retrieved November 20, 2017, from

www.manaraa.com

http://www.designshare.com/index.php/articles/planning-technology-friendly-school-buildings/

Ministry of Education and Training-Ontario. (2010). Green Schools. Resource Guide. Ontario, Canada.

Ozmehmet, E. (2005, 27-29 Sep.). Design attitudes towards sustainability in school building.*The World* Sustainable Building Conference. Tokyo, Japan.

Pearce, J. (2002). *Photovoltaics – A Path to Sustainable Future* (Adobe Digital Editions). doi:10.1016/S0016-3287(02)00008-3.

Pintrest. (2017). Retrieved Augest 18, 2017, from www.pinterest.com

Pour, A. (2010). The best architectural form for BIPV in Tehran. *Environmental Science Journal,National Wetlands Newsletter, 7*(3), 43-54.

Salem, T., &Kinab, E. (2016). Analysis of Building-Integrated Photovoltaic Systems: A Case Study of Commercial Buildings under Mediterranean Climate. *Elsevier Journal, 118*, 538-545.

Santhanam, N. (2015). *What is Building Integrated Photovoltaics (BIPV)?* Retrieved November 12, 2017, from http://www.solarmango.com/ask/2015/10/16/what-is-building-integrated-photovoltaics-bipv/

Sharma, K., & Pandya, M. (2015). *Towards a Green School on Education for Sustainable Development for Elementary Schools.* NCERT (National Council of Educational Research and Training). India, New Delhi.

Smith, R.(1988). Simulation: The Engine Behind The Virtual World. *Encyclopedia of Computer Science*. Retrieved from http://www.modelbenders.com/encyclopedia/encyclopedia.html

Seai. (2010). In *Best Practice Guide Photovoltaics (PV.)* Retrieved July 28, 2017, from www.seai.ie/Publications/.../Best_Practice_Guide_for_PV.pdf

Solstice energy. (2012). *Pitched Roof*. Retrieved July 25, 2017, from http://www.solsticeenergy.co.uk/pitched-roof.htm

www.manaraa.com

Strong, S. (2016). *Building Integrated Photovoltaics (BIPV).* Retrieved July 23, 2017, from www.wbdg.org/resources/building-integrated-photovoltaics-bipv

Thomas, R., Fordham, M. & Partners (Eds). (2001). *Photovoltaics and Architecture*. London: Spon Press.

Tsakalakos, L. (Eds). (2010). *Nanotechnology for Photovoltaics*. USA: CRC press.

UN. (1997). *United Nations Conference on Environment and Development (1992).* Retrieved November 22, 2017, from http://www.un.org/geninfo/bp/envirp2.html

United Nations General Assembly (1987, 20 March). *Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development.* Retrieved November 28, 2017, from http://www.un-documents.net/ocf-02.htm

Westborough Primary School / Cottrell & Vermeulen Architecture Ltd. (2011, 30 December). *Archdaily* . Retrieved November 26, 2017, from https://www.archdaily.com/193201/westborough-primary-school-cottrell-vermeulen-architecture

Wolter, N. 2003. *Options for Integrating PV into Your Building.* Retrieved July 15, 2017, from www.ecw.org/wisconsun/learn/bipvoptions.pdf

Zemanta company (2013). *How Many Solar Panels Do I Need?*. Retrieved December 4, 2017, from http://solarpanelsvenue.com/how-many-solar-panels-do-i-need/

www.manaraa.com