تأثير أنظمة الواجهات الخضراء على تقليل إستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية
دراسة لاستخدام النباتات علي واجهات المباني السكنية ذات التوجية الواحد بالمجتمعات العمرانية الجديدة

[٦]

نشوي يوسف عبد الحافظ[١]– مروة هشام سالم الزقلة[٢]
١) قسم الهندسة المعمارية، معهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا، الجيزة، مصر ٢) قسم الهندسة المعمارية، المعهد العالي الكندي للهندسة، الجيزة، مصر

المستخلص

يقوم البحث بدراسة عملية بإستخدام برنامج المحاكاه Design Builder لنموذج وحدة سكنية – ذات التوجيه الواحد التابع لوزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية التى يتم تطبيقها فى جميع أنحاء جمهورية مصر العربية دون النظر إلى إختلاف الطبيعة المناخية والتوجيه، مع مراعاة المحددات التصميمية والمتغيرات (التوجيه، وجود التجويف الهوائى) التى يتم إدخالها إلى البرنامج. ويناقش أيضا إستعراض نتائج الدراسة العملية لتطبيق أنظمة الواجهات الخضراء على التوجيهات المختلفة (٣٠° بدءا من الشمال) للوحدة السكنية ذات التوجيه الواحد بإستخدام برنامج المحاكاه على معدل إستهلاك الطاقة والمقارنة بين النتائج وذلك للتوصل إلى أفضل توجيه للتطبيق لكل حالة، كما توضح أيضا تأثير أنظمة الواجهات الخضراء على تقليل نسبة ثانى أكسيد الكربون المنبعثة. وأخيرا يتم استعراض الاستنتاجات لنتائج الدراسة العملية للتوصل إلى مدخل لتطبيق أنظمة الواجهات الخضراء على واجهات المبانى السكنية ذات التوجيه الواحد. وأيضا التوصل إلى أسس تحليل وإستراتيجيات التطبيق لهذا النظام وذلك لتقليل إستهلاك وسائل التهوية والتدفئة الميكانيكية مما يعمل بدوره على تقليل استهلاك الطاقة والذى يعتبر الهدف من البحث.

الكلمات المفتاحية: الواجهات الخضراء – كفاءة إستهلاك الطاقة – برنامج المحاكاة.

مقدمة

هناك العديد من الدراسات التى قامت بهدف رقع كفاءة المبانى ودراسة الفائدة الحرارية للواجهات الخضراءو هناك أيضاً العديد من وسائل المحاكاه Simulation التى تم تطورها

لتقيس التأثير الحرارى للواجهات الخضراء على المبانى فقد قام ماكفورسون Macpherson بعمل محاكاه أداء الطاقة لمبني سكنى لأربعة مناطق مختلفة فى الولايات المتحدة الأمريكية عن طريق برنامج MICROPAS وكانت الواجهة الغربية الأفضل من حيث تقليل أحمال التبريد والواجهة الجنوبية والشرقية الأفضل من حيث أحمال التدفئة. وأيضا قام Wong (Wong, *et al*,2009) بدراسة تأثير تغطية ١٠٠% من واجهات المبانى بسنغافوره فكانت نسبة التخفيض فى إستخدام وسائل التهوية الميكانيكية بنسبة ٧٤,٣% وقلت درجة الحرارة الداخلية بمقدار ٨,٧٣°م.

المشكلة البحثية

تكمن المشكلة البحثية في زيادة إستهلاك الطاقة داخل المبانى السكنية، مع زيادة الأضرار الناتجة عن نقص المسطحات الخضراء، مما أدي إلي زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون.

أهداف البحث و الدراسة العملية

تهدف هذه الدراسة إلي تحديد تأثير أنظمة الواجهات الخضراء على معدل إستهلاك الطاقة وكمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى الفراغات السكنية عن طريق عمل محاكاه لوحدة من وحدات الإسكان المتوسط التابع لوزارة الأسكان والمرافق والتنمية العرانية (وحدة ذات التوجيه الواحد). وسيتم إستخدام نبات Hedra Helix (Ivy) فى تغطية الواجهة، مع الأخذ فى الإعتبار الإعتبارات التصميمية لأنظمة الواجهات الخضراء مثل: وجود تجويف هوائى، نوع النبات المستخدم، الخصائص الحرارية، توجيه الواجهة المراد زراعتها.

فرضية البحث

تعتبر أنظمة الواجهات الخضراء أحد أهم الحلول التى يمكن إقتراحها لزيادة كفاءة استهلاك الطاقة داخل الفراغات وأيضاً أحد الحلول للتخفيض فى إستخدام وسائل التهوية الميكانيكية.

المنهجية المتبعة

ولذلك فإن المنهجية المتبعة فى الدراسة العملية مايلى: ١- تحديد الثوابت فى التجربة، ٢- تحديد المتغيرات فى التجربة، ٣- إختيار النموذج السكنى للتجربة، ٤-تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء على أكثر من توجيه (كل ٣٠° من إتجاه الشمال)، ٥- إستعراض النتائج ومقارنتها، ٦- الوصول إلى أفضل توجيه لتطبيق أنظمة الواجهات الخضراء.

الثوابت فى التجربة:

- **الإقليم المناخى:** القاهرة الكبرى نتيجة للزيادة السكانية فيه بصورة كبيرة مع إفتقاره للمسطحات الخضراء.
- **النموذج المستخدم:** أحد نماذج الإسكان المتوسط مساحته ٩٠ م² والتى يتم تطبيقها فى جميع أنحاء الجمهورية دون مراعاة الطبيعة المناخية والتوجيه وتم تثبيت البيانات الأتية:
- **الخصائص الفيزيو حرارية:** المقاومة الحرارية للحوائط للحوائط المصمتة R-Value (٠,٨ م² – كلفن/الوات)، نسبة تغطية الحائط المصمت من النباتات عند تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء ١٠٠%.

المقاومة الحرارية النوافذ (٠,١٧ م² – كلفن/الوات)، ونفاذية الزجاج (٨٨%)، والنوافذ من قطاعات الألومونيوم وتم توحيد أبعاد النافذة (١,٥٠ عرضا، ١,٢٠ إرتفاعا، وإرتفاع الجلسة ١,٠٠م) ، نسبة النافذة للحائط (WWR) ٢٠%، ولا يوجد على النوافذ أى كاسرات شمسية.

- نوع النبات: نبات Hedra Helix (Ivy)، مساحة الورقة الواحدة: ٠,٠٠٥م٢/الورقة.
- سمك النباتات المستخدمة عند التطبيق ٢٠ سم.
- الإضاءة الطبيعية وذلك نتيجة لعدم تغطية فتحة النافذة بالنباتات.
- الوحدة فى الدور المتكرر: ليكون بعيدا عن الإشعاع الشمسى المباشر على السقف فى حالة كان فى الدور الأخير وعن الترطيب الناتج من قربه من طبقات الأرض فى حالة كان فى الدور الأرضى.
- لم يتم الأخذ فى الإعتبار نظام الرى ونظام العزل المستخدم.

- سمك التجويف الهوائى وذلك فى حالة وجوده ٤٠ سم ذلك بعد تجربة كلا من سمك ١٠، ٢٠، ٣٠، ٤٠، ٥٠، ٦٠ سم.

المتغيرات فى التجربة:

- توجيه الفراغ المطبق على واجهته أنظمة الواجهات الخضراء (٣٠° بدءا من الشمال فى إتجاه عقارب الساعة)
- وجود تجويف هوائى نتيجة لإختلاف النظام الإنشائى (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة دون وجود تجويف هوائى، نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم).

برنامج المحاكاه Design Builder: وفقا إلى قسم الطاقة الأمريكى DOE (DOE, US Department of Energy, 2010) فإن برنامج Design Builder يعتبر أول برنامج مقارنة يشمل نفس السطح البينى لبرنامج Energy Plus وتطوير برنامج Design Builder أدى إلى توفير معلومات تقديمية عن الخصائص المناخية والحرارية للمواد المستخدمة فى الوحدة، كما أنه أيضا يمكنه حساب الأحمال الحرارية سواء للتدفئة او للتبريد معتمدا على البيانات المناخية من ASHRE وبصورة مبسطة مشابهة لبرنامج Energy Plus مما يضمن دقة نتائج التجربة. (https://www.designbuilder.co.uk, 2016)

إعداد النموذج الأصلى فى برنامج المحاكاه Design Builder: سيتم عمل المحاكاه على النموذج الأصلى ودراسة تأثير مواد البناء على معدل إستهلاك الطاقة والراحة الحرارية داخل الفراغ ثم بعد ذلك دراسة تأثير إستخدام أنظمة الواجهات الخضراء على الوحدة بالتوجيهات المختلفة. وسيتم إستخدام أداة مواد السقف الأخضر الموجودة فى البرنامج كغطاء خارجى للواجهة فى المحاكاه مع تعديل الخصائص الحرارية وفقا لنوع النبات المستخدم، بدون الأخذ فى الإعتبار تأثير أنظمة الرى على نتيجة المحاكاه، وذلك بعد الأخذ بدراسة ماريا إيزابيل (Isabel and Oliveri, 2011) السابقة التى قامت فيها بحساب التأثير الحرارى للواجهات المزروعة ببرنامج Design Builder مستخدمة أداه مواد السقف الأخضر لحساب تأثير الواجهات المزروعة رأسيا.

تم ضبط جدول التهوية بحيث يتعامل المبنى بالتهوية الطبيعية فى وقت الراحة الحرارية مع وجود تكيف فى حالة عدم توفرها.

تم إختيار سمك التجويف الهوائى ٤٠ سم وذلك نتيجة لأنه يعطى نتائج أكثر فعالية من حيث الراحة الحرارية حيث أنه وجد أنه أكثر من ذلك تقل الراحة الحرارية فى الأشهر من إبريل إلى أكتوبر) وأيضا ليقوم بخلق منطقة لصعود الهواء الساخن.

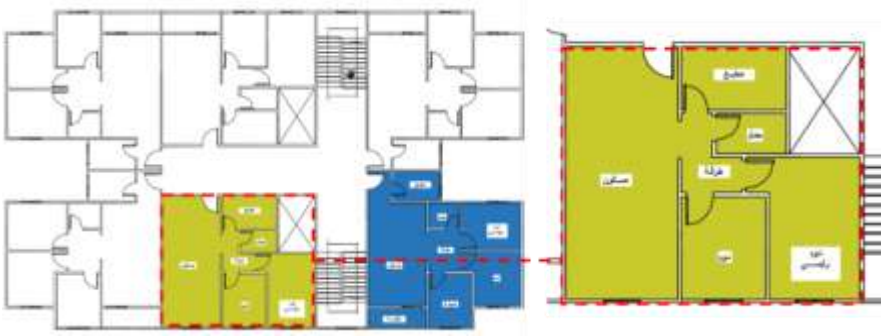
النموذج السكنى: من أهم المشاكل البيئية التى تواجهها الوحدات السكنية داخل جمهورية مصر العربية هى تكرار المسقط الأفقى للوحدة السكنية فى أى موقع دون النظر إلى الطبيعة المناخية والتوجيه. ويوضح شكل (٣) نموذج التجربة من نماذج وحدات الإسكان المتوسط ذات التوجيه الواحد التابعة لوزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية.

جدول(١): الطبقات والخصائص الحرارية لطبقات النموذج الأصلى

أسم الطبقة		السمك (م)		الكثافة (كجم/م^3)	الحرارة النوعية (جول/كجم-°كلفن)	التوصيل (وات/م-°كلفن)
دهان		٠,٠٠٥		٦٠٠	١٠٠٠	٠,٠١٦
مونة		٠,٠٢٥		١٥٧٠	٨٩٦	١,٠٠
طوب	٠,١٢٠	١٧٩٠	٨٣٨	٠,٦٠٠		
مونة	٠,٠٢٥	١٥٧٠	٨٩٦	١,٠٠		

المصدر: الباحثة، ٢٠١٧

ويتكون السقف من الأعلى إلى الأسفل من:٠,٠٢ بلاط، ٠,٠٢ مونة أسمنتية، ٠,٠٦ رمل، ٠,١٥ خرسانة مسلحة، ٠,٠٢ دهان، وسيتم تجربة على الوحدة السكنية (شكل ١) بتوجيهات مختلفة كل ٣٠° بدءا من الجنوب.



شكل(١): نموذج التجربة ،(المصدر: وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، http://www.moh.gov.eg, 2017

دراسة الثوابت فى التجربة:

نوع النبات المستخدم: هناك العديد من المحددات (جدول ٢) التى يجب مراعاتها لإختيار نوع النبات المستخدم لتغطية الواجهة. مع الأخذ فى الإعتبارالأقاليم المناخية التصميمية في جمهورية مصر العربية، فإنه يفضل إستخدام النباتات المتساقطة الأوراق، سريعة النمو، ذات الأوراق العريضة والتي يمكنها أن تصل على الأقل إلى إرتفاع ٣م و لا تحتاج إلي صيانة دورية بصورة كبيرة، وسريعة التأقلم مع التغيرات المناخية.(Lam, 2007)

جدول(١): معايير إختيار النباتات للتجربة العملية، (**المصدر**: Mohamed, 2012)

المعايير	معايير الإمكانية	معايير الإختيار	ملاحظات
معدل النمو	بطئ، متوسط ، سريع، شديد	سريع، شديد	النمو السريع يعطى كفاءة أسرع
حجم الورقة	كبير، صغير	كبير	الحجم الكبير للورقة يعطى كفاءة أكبر فى التظليل
الأرتفاع الممكن الوصول إليه	ارتفاع عالى، ارتفاع منخفض	ارتفاع عالى	كلما زاد الارتفاع الممكن الوصول إليه كلما أعطى تغطية بصورة أفضل
الصيانة	منخفض، عالى	منخفض	لتقليل التكلفة المطلوبة للمبنى وسهولة إقناع العميل بالفكرة التصميمية
التوجيه بالنسبة للشمس	تعرض كامل للشمس، تظليل جزئى، تظليل كامل	تعرض كامل للشمس	لتعمل ككاسر شمسى
المناخ	جاف، ساحلى، جار، معرض للرياح... إلخ.	التأقلم مع المناخ الحار	يجب أن يكون النبات يستطيع التأقلم مع التغيرات للمناخ الحار

- **نبات (اللبلاب) Hedra Helix (Ivy):** وهو نبات دائم الخضرة تتميز أوراقه باللون الغامق والعروق البارزة ويستخدم اللبلاب المتسلق فى المقام الاول لخصائص أوراقه والتى تعطى كفاءة عالية فى التغطية للحوائط و للأرضيات. (Holm, 1989) ويعتبر مناسبا كنبات متسلق لأنظمة الواجهات الخضراء وذلك لمرونته وسرعة معدل نموه، كما أنه شائع الإستخدام أيضا فى أنظمة الحوائط الحية. (Tay and Furukawa, 2008) ويوضح (جدول ٣) خصائص نبات اللبلاب المتسلق ومدى ملائمته لأساليب النمو المختلفة .

جدول(٢): خصائص نبات اللبلاب المتسلق

النوع	اللبلاب المتسلق Hedra Helix (Ivy)
المميزات	تنمو بالإنتشار – معدل نموها سريع– يتم تقليمها فى فصل الربيع
الخصائص	يمكنها التأقلم مع: الشمس الشديدة، المناطق الشبه مظلله، المناطق المظللةوالتربة: رطبة ومتوسطة الرطوبة
الصفات	دائمة الخضرة، متسلقة، مغطاة تربة، يمكن زراعتها بالحاويات، يمكن زراعتها فى ركائز معلقة، التغطية الكاملة

المصدر: Yeh, 2010

- **نبات Hedra Helix (Ivy) كنموذج فى برنامج المحاكاه Design Builder:** صمم نموذج Hedra Helix (Ivy) فى دراسة ميدانية لنوجيما Nojima (Nojima and Okinaka, *et. al*., 1993) لدراسة تأثير النباتات المتسلقة على درجة حوائط المبانى الخرسانية. وفى هذه الدراسة تم إستخدام نبات اللبلاب المتسلق فى الواجهتين الجنوبية والشرقية، وهناك العديد من العناصر التى تم الأخذ بالإعتبار بها أثناء المحاكاه; أوراق الشجر، السيقان الخشبية، التجويف الهوائى، بخار الماء الناتج من عملية النتح. حيث أن كل هذه الصفات الفيزيائية ستنعكس على الأداء الحرارى للنباتات المتسلقة.

الخصائص الحرارية لنبات اللبلاب المتسلق هى كالأتى: (Yoshimi and altan, 2011)

- الحرارة النوعية: 2.8 جول/كجم كلفن٢١ (Moore and Fisch, 1986)
- التوصيل الحرارى: ٠,٣٦ وات/م كلفن
- كثافة الأوراق= ١٠٠٠مم/٠,٣مم*٢٠٠*٠,٨جم = ٥٣٣٣٣٣ جم/م^3 ~ ٥٣٣ كجم/م^3
- المساحة المقدرة لورقة نبات اللبلاب المتسلق(LAI): ٠,٠٠٥م٢/الورقة (٢٠٠ورقة/م^2)

- التجويف الهوائى: (Yoshimi and altan, 2011)، (الكثافة: ١٣٠٠ جم/م٣ = ١,٣ كجم/م٣، الحرارة النوعية: ١٠٠٤ جول/كجم كلفن، التوصيل الحرارى: ٠,٠٢٦ وات/متر كلفن).

دراسة المتغيرات فى التجربة:

١-**توجيه الوحدة السكنية المطبق عليها أنظمة الواجهات الخضراء:** سيتم تجربة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء على التوجيهات الأتية (فى إتجاه عقارب الساعة):

أ-شمالا ،ب- ٣٠°، ت- ٦٠°، ث- شرقا، ج- ١٢٠°، ح- ١٥٠°، خ- جنوبا، د- ٢١٠°، ذ- ٢٤٠°، ر- غربا، ز- ٣٠٠°، س- ٣٣٠° .

٢-**التجويف الهوائى بين واجهة الوحدة وأنظمة الواجهات الخضراء:** ستكون الدراسة مقارنة بين نظامى الواجهات الخضراء; نباتات تنمو مباشرة على الواجهة دون وجود تجويف هوائى، نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٥سم بين النظام الإنشائى والواجهة.

أنظمة الواجهات الخضراء المستخدمة فى التجربة العملية:

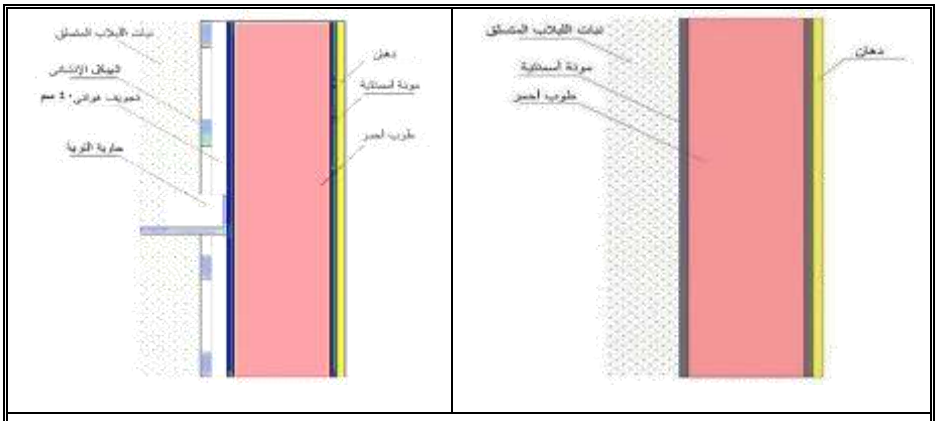
١-**نباتات تنمو مباشرة على الواجهة دون وجود تجويف هوائى (شكل ٢):. <u>ويتكون الحائط من الخارج للداخل</u>** من: ٠,٢٠نباتات مزروعة، ٠,٠٢ مونة أسمنتية، ٠,٢٥ طوب أحمر، ٠,٠٢ مونة أسمنتية، ٠,٠٠٢ دهان

<u>ويتكون السقف من الأعلى إلى الأسفل من</u>: ٠,٠٢ بلاط، ٠,٠٢ مونة أسمنتية، ٠,٠٦ رمل، ٠,١٥ خرسانة مسلحة، ٠,٠٢ دهان ولا يتعرض السقف إلى اى إشعاع شمسى مباشر نظرا لأنه فى دور متكرر.

ويوضح جدول (٤) مكونات نظام الواجهات الخضراء من الداخل إلى الخارج بإستحدام نباتات تنمو مباشرة على الواجهة دون وجود تجويف هوائى وسمك المواد المستخدمة والخصائص الحرارية لها.

جدول(٤): الطبقات والخصائص الحرارية لطبقات نموذج الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة

أسم الطبقة	السمك (م)	الكثافة (كجم/م^3)	الحرارة النوعية (جول/كجم-°كلفن)	التوصيل (وات/م-°كلفن)
دهان	٠,٠٠٥	٦٠٠	١٠٠٠	٠,٠١٦
مونة	٠,٠٢٥	١٥٧٠	٨٩٦	١,٠٠
طوب	٠,١٢٠	١٧٩٠	٨٣٨	٠,٦٠٠
مونة	٠,٠٢٥	١٥٧٠	٨٩٦	١,٠٠
نباتات	٠,٢٠٠	٥٣٣	٢,٨	٠,٣٦٠



شكل(٢): خصائص ومواد أنظمة الواجهات الخضراء: نباتات تنمو مباشرة على الواجهة+ خصائص ومواد أنظمة الواجهات الخضراء: نباتات تنمو على نظام هيكلى مثبت على الواجهة

٢- نباتات تنمو على نظام هيكلى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى (شكل ٢)

<u>ويتكون الحائط من الخارج للداخل من:</u> ٠,١٠ نباتات مزروعة، ٠,٠٥ شبكة معدنية (النظام الهيكلى)، ٠,٠٥ تجويف هوائى، ٠,٠٢ مونة أسمنتية، ٠,٢٥ طوب أحمر، ٠,٠٢ مونة أسمنتية، ٠,٠٠٢ دهان

ويتكون السقف من الأعلى إلى الأسفل من:٠,٠٢ بلاط، ٠,٠٢ مونة أسمنتية، ٠,٠٦ رمل، ٠,١٥ خرسانة مسلحة، ٠,٠٢ دهان، ولا يتعرض السقف إلى اى إشعاع شمسى مباشر نظرا لأنه فى دور متكرر.

ويوضح جدول (٥) مكونات نظام الواجهات الخضراء من الداخل إلى الخارج بإستحدام نباتات تنمو على نظام هيكلى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى وسمك المواد المستخدمة والخصائص الحرارية لها.

جدول(٥): الطبقات والخصائص الحرارية لطبقات نموذج الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة

أسم الطبقة	السمك (م)	الكثافة (كجم/م^3)	الحرارة النوعية (جول/كجم-°كلفن)	التوصيل (وات/م-°كلفن)
دهان	٠,٠٠٥	٦٠٠	١٠٠٠	٠,٠١٦
مونة	٠,٠٢٥	١٥٧٠	٨٩٦	١,٠٠
طوب	٠,١٢٠	١٧٩٠	٨٣٨	٠,٦٠٠
مونة	٠,٠٢٥	١٥٧٠	٨٩٦	١,٠٠
التجويف الهوائى	٠,٤	١,٣	١٠٠٤	٥,٥٦
النظام الإنشائى (الإستانلس ستيل)	٠,٠٥٠	٧٩٠٠	٤٦٠	١٧
نباتات	٠,٢٠٠	٥٣٣	٢,٨	٠,٣٦٠

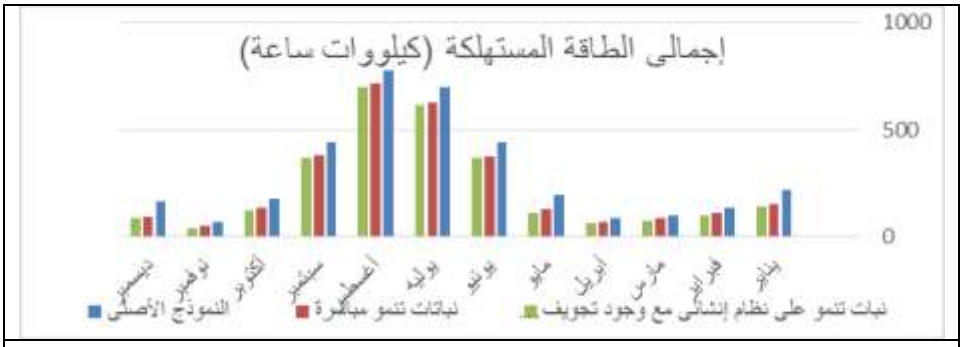
المحددات: ويعتبر التحدى فى تطبيق أنظمة الواجهات على المبانى السكنية بإختيار نوع النبات المناسب للإستخدام وأيضا جميع طبقات الحائط فى نموذج المحاكاه على شكل طبقات ملتصقة ضد بعضها البعض مما أدى إلى عدم ظهور حركة الهواء الأفقية داخل طبقات النباتات التى تحدث فى الحقيقة، وأيضا كان التحقق من صحة المحاكاة محدودا لوجود نقص في البيانات المقاسة فعليا لإجراء تحليل مقارن. وفقا لذلك، فإن الدراسة تتطلب المزيد من التجارب الميدانية من أجل الحصول على بيانات كمية للتحقق من صحة نتائج برنامج محاكاة.

نتائج الدراسة العملية

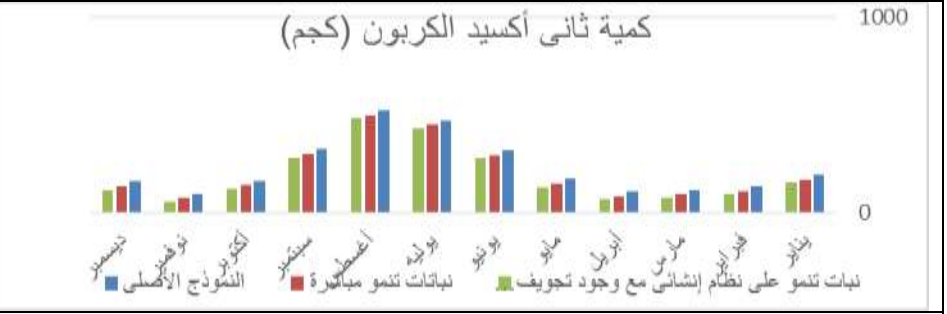
١. **فى حالة التوجيه شمالا:** يوضح الشكل (٣) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (٤) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا.

ويوضح (جدول ٦) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى وفى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على

الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم). ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ١٦,٩٥% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٩,٥٥%. كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٠,٤٩% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٣,٠٨%.



شكل(٣): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه شمالا



شكل(٤): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه شمالا

جدول(٦): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيه شمالا

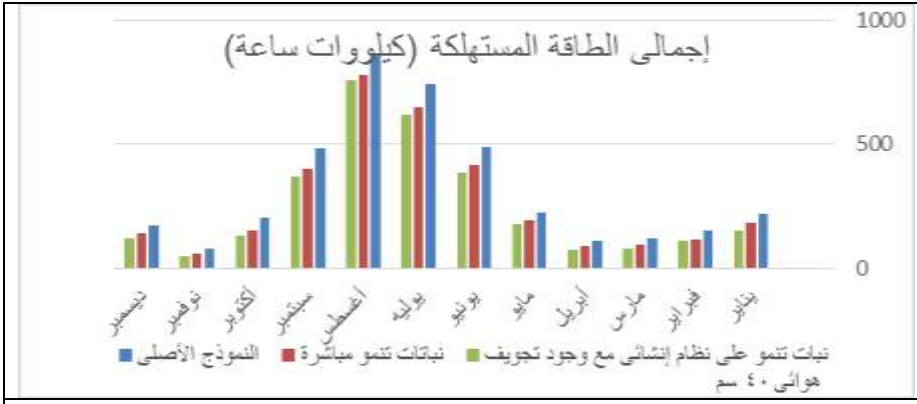
	النموذج الأصلى	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى**	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم**
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٣٥١٠,٧٦	٩١٥,٧٣	٨٤٢,٤٨
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	٢٧٥٣,١٥	٤٥٣,١٥	٣٩٣,٢

المصدر: الباحثة، ٢٠١٧

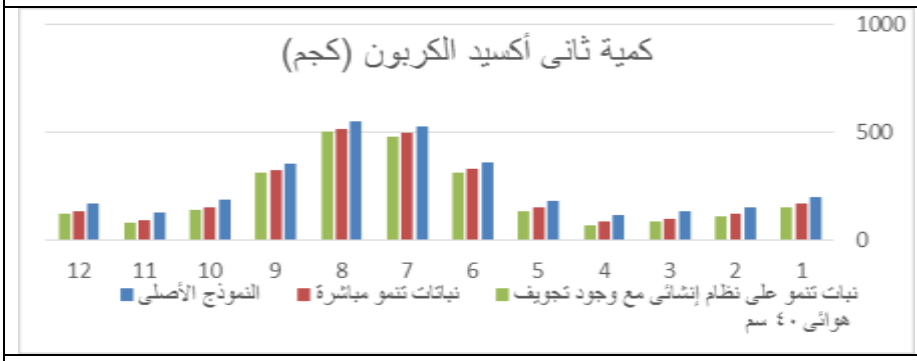
٢. **في حالة التوجيه ٣٠°:** يوضح الشكل (٥) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (٦) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول ٧) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ١٧,٥١% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢٠,٢٧%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٢,٦٣% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٤,٤٠%



شكل(٥): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه ٣٠°



شكل(٦): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه ٣٠°

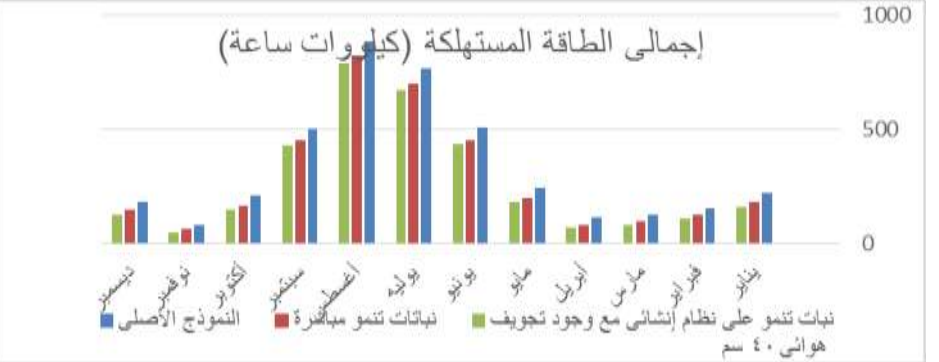
جدول(٧): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيه ٣٠°، (المصدر: الباحثة، ٢٠١٧)

	النموذج الأصلى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٣٦٠١,٤٨	٢٩٧٠,٧٧	٢٨٢٤,٤٨
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	٣٠٤١,١٥	٢٦٥٧,٢	٢٦٠٣,٢

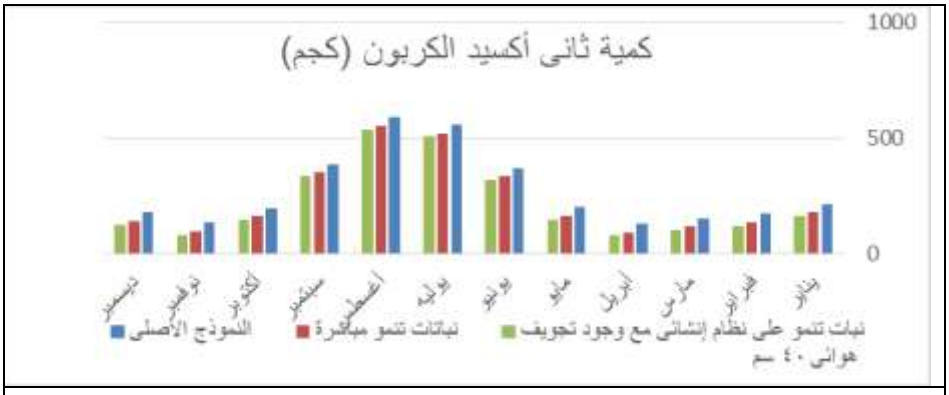
٣. **في حالة التوجيه ٦٠°:** يوضح الشكل (٧) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (٨) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول ٨) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ١٨,٨٥% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢١,٢٣%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٣,٥٠% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٥,٦٩%.



شكل(٧): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه ٦٠°



شكل(٨): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه ٦٠°

جدول(٨): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا فى حالة التوجيه ٦٠°،(المصدر: الباحثة، ٢٠١٧)

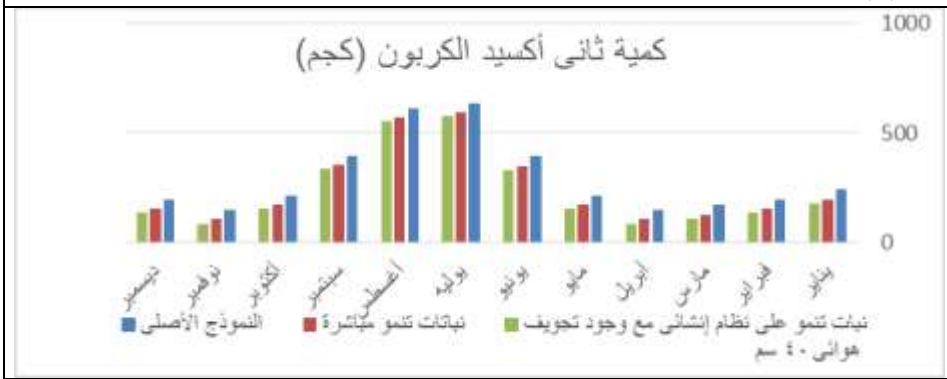
	النموذج الأصلى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٣٧٧٥,٨٩	٣٠٦٤,٢٢	٢٩٧٤,١٤
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	٣٢٨٩,٥٢	٢٨٤٥,٥٢	٢٧٧٣,٥٢

٤. **في حالة التوجيه شرقا:** يوضح الشكل (٩) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (١٠) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول ٩) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ٢٥,٧٩% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢٧,٥٥%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٥,١% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٧,٧٧%.

شكل(٩): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه شرقا



شكل(١٠): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه شرقا

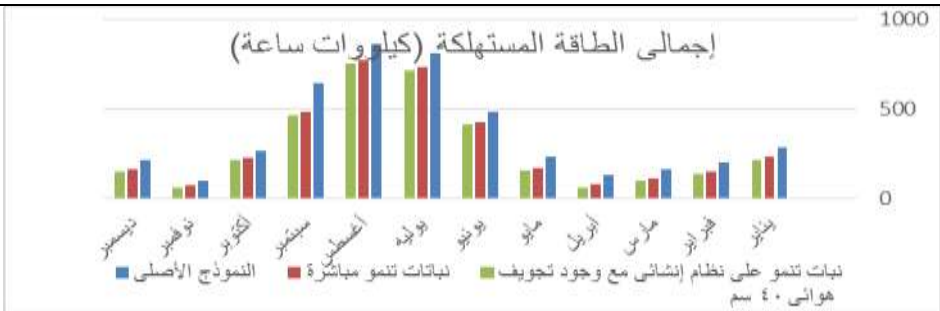
جدول(٣): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيه شرقا، (**المصدر**: الباحثة، ٢٠١٧)

	النموذج الأصلى	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى**	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم**
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٤٣٦٩,٢٨	٣٢٤٢,٥٣	٣١٥٦,٣٤
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	٣٥٧٩,٣٧	٣٠٣٩,٣٧	٢٩٤٣,٣٧

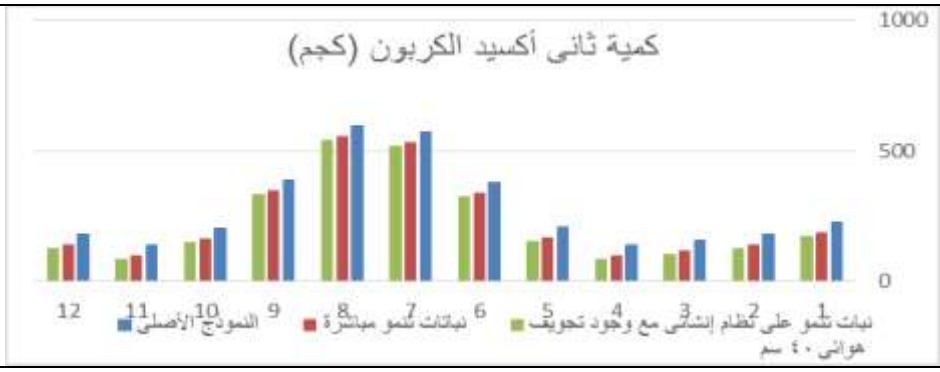
٥. **في حالة التوجيه ١٢٠°:** يوضح الشكل (١١) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (١٢) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول ١٠) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ٢٥,٤٨% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢٧,١٨%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٤,٤٥% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٦,٢١%.



شكل(١١): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه ١٢٠°



شكل(١٢): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه ١٢٠°

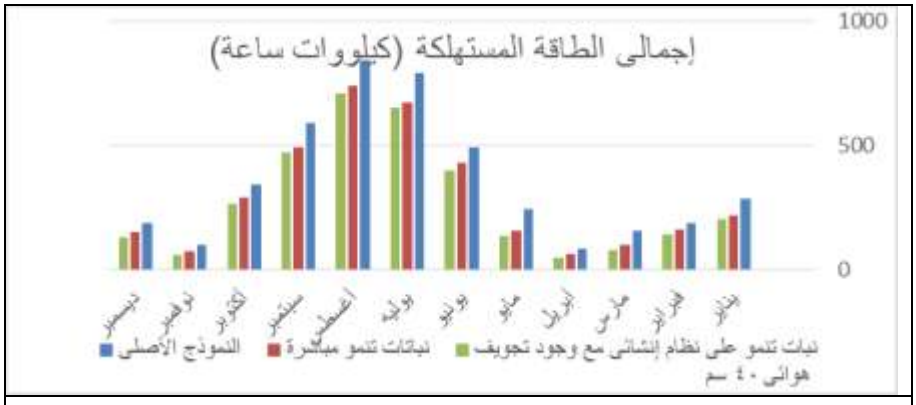
جدول(٤): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيه ١٢٠°، (**المصدر**: الباحثة، ٢٠١٧)

	النموذج الأصلى	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى**	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم**
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٤٣٠٥,٨	٣٢٠٨,٦٢	٣١٣٥,٦٩
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	٣٤٠٣,٤١	٢٩١١,٤١	٢٨٥١,٤٢

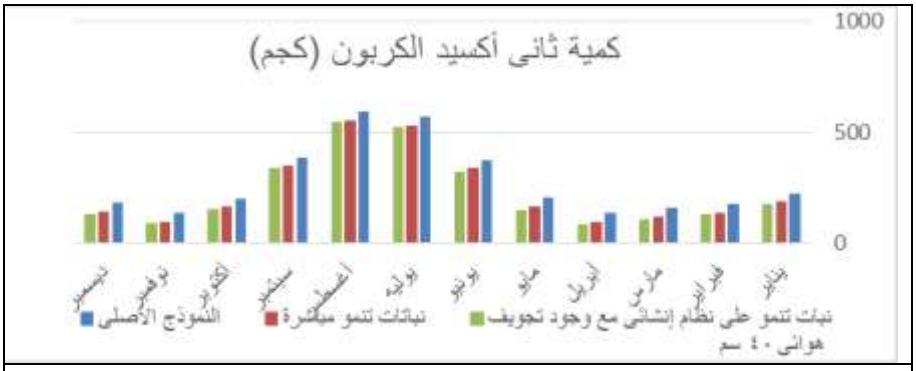
٦. **في حالة التوجيه ١٥٠°:** يوضح الشكل (١٣) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (١٤) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول ١١) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ٢٥,٢٥% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢٧,٠٩%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٣,٧٥% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٥,٨٣%.



شكل(١٣): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه ١٥٠°



شكل(١٤): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه ١٥٠°

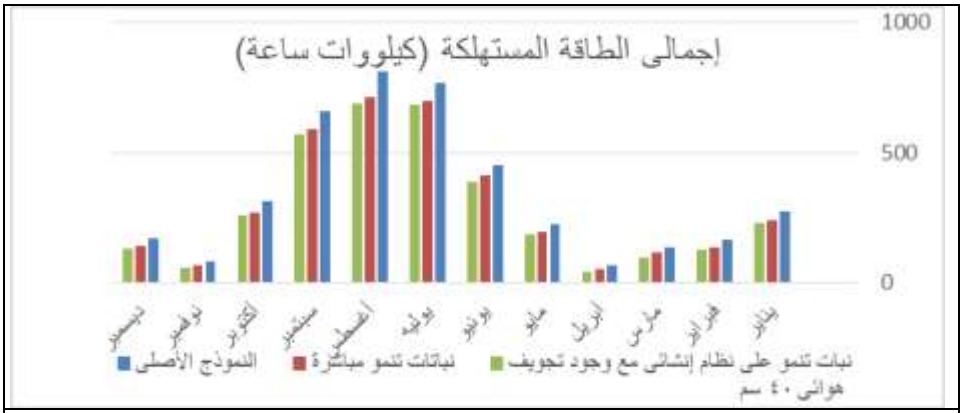
جدول(٥): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا فى حالة التوجيه ١٥٠°، (المصدر: الباحثة، ٢٠١٧)

	النموذج الأصلى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٤٢٦٩	٣١٩٠,٨٨	٣١١٢,٦٤
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	٣٣٥٧,٨	٢٨٩٥,٨	٢٨٢٦,٢

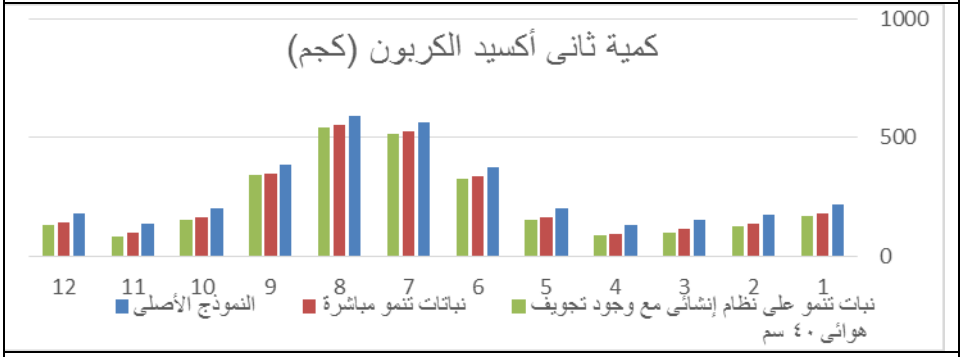
٧. **في حالة التوجيه جنوبا:** يوضح الشكل (١٥) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (١٦) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول١٢) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ٢٤,١٩% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢٦,٨٨%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٣,٦١% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٥,٦٠%.



شكل(١٥): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه جنوبا



شكل(١٦): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه جنوبا

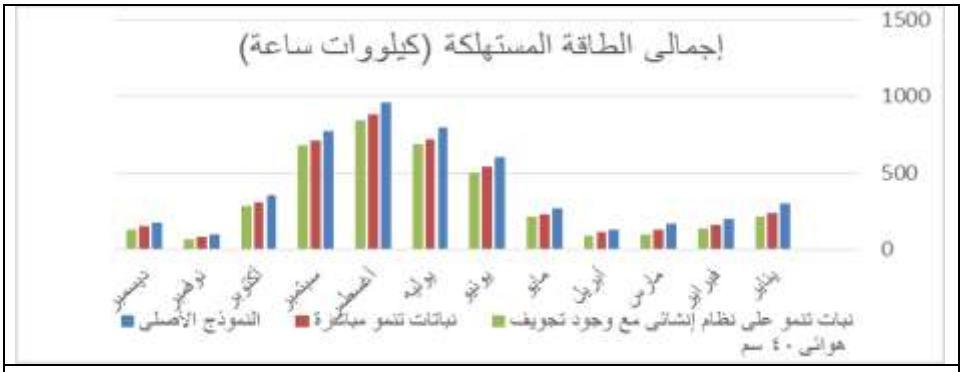
جدول(١٢): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيه جنوبا، (المصدر: الباحثة، ٢٠١٧)

	النموذج الأصلى	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى**	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم**
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٤١٩٤,٦	٣١٧٩,٩٤	٣٠٦٧,١٩
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	٣٣٢٣,٨	٢٨٦٧,٨	٢٨٠٨,٥

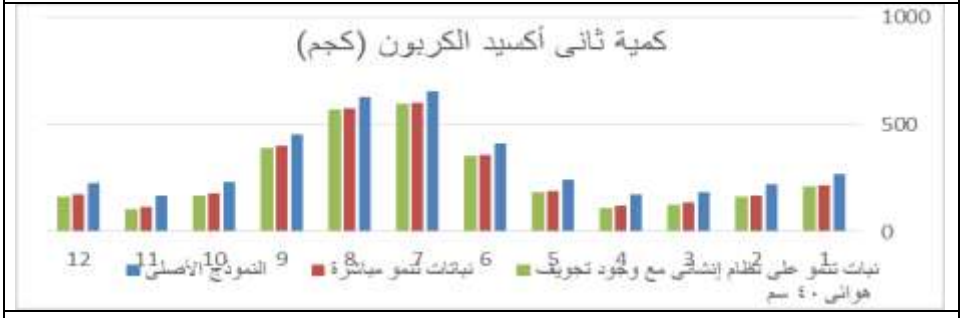
٨. **في حالة التوجيه ٢١٠°:** يوضح الشكل (١٧) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (١٨) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول ١٣) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ٢٦,٠٦% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢٨%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٦,٢٧% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٨,٦%.



شكل(١٧): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه ٢١٠°



شكل(١٨): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه ٢١٠°

جدول(١٣): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا فى حالة التوجيه ٢١٠°

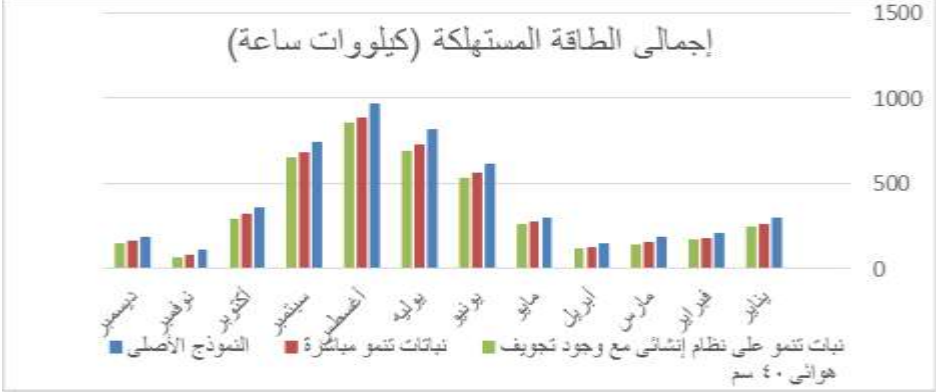
	النموذج الأصلى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٤٦٧٤,١٥	٣٤٥٦,٠٧	٣٣٦٥,٥٤
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة(كجم)	٣٨٧١,٦	٣٢٤١,٧	٣١٥١,٥٦

المصدر: الباحثة، ٢٠١٧

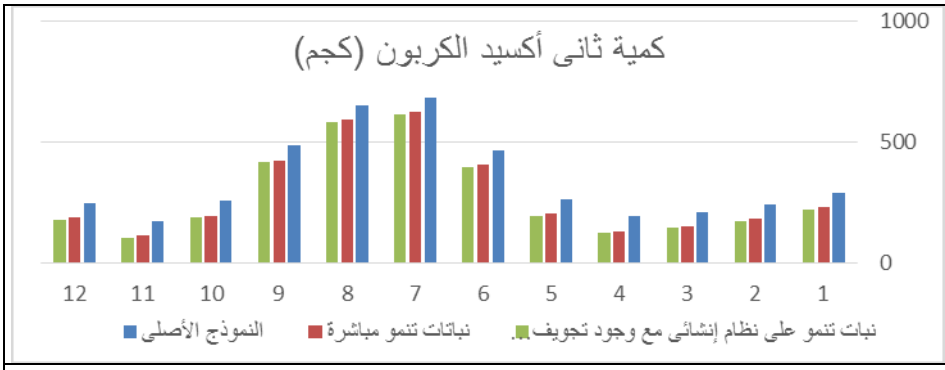
٩. **في حالة التوجيه ٢٤٠°:** وضح الشكل (١٩) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (٢٠) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول ١٤) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ٢٧,٠٤% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢٩%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٧,١% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٩,٧١%.



شكل(١٩): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه ٢٤٠°



شكل(٢٠): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه ٢٤٠°

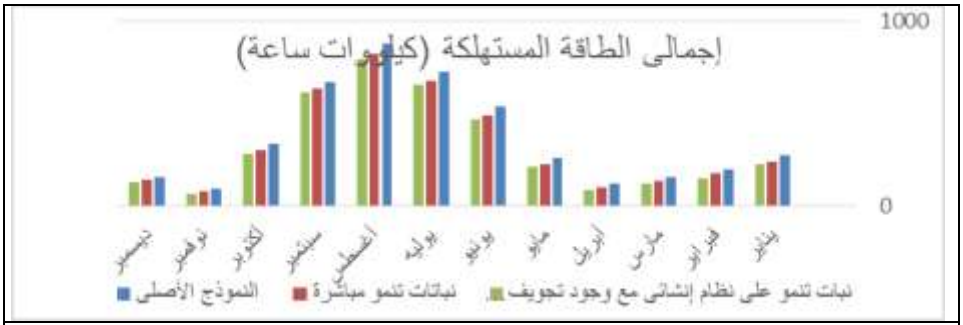
جدول(١٤): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيه ٢٤٠°، (**المصدر**: الباحثة، ٢٠١٧)

	النموذج الأصلى	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى**	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم**
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٤٧٨١,٨	٣٤٨٩,٠٣	٣٣٩٥,٠٥
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	٤١٣٩,٢٧	٣٤٣١,٢٧	٣٣٢٣,٢٧

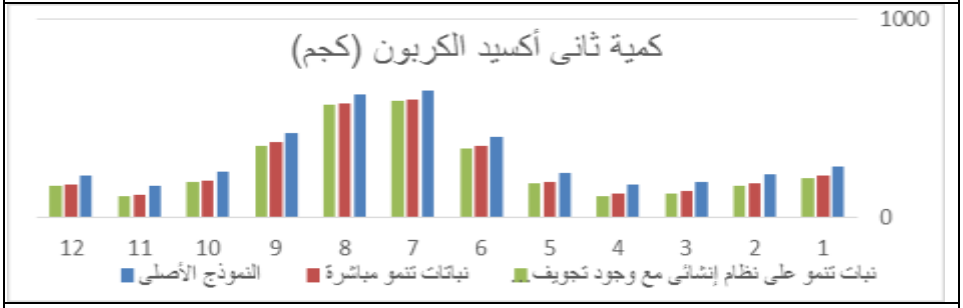
١٠. **في حالة التوجيه غربا:** يوضح الشكل (٢١) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (٢٢) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول ١٥) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ٢٥,٥٨% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢٧,٦٦%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٥,٨٥% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٨%.



شكل(٢١): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه غربا



شكل(٢٢): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه غربا

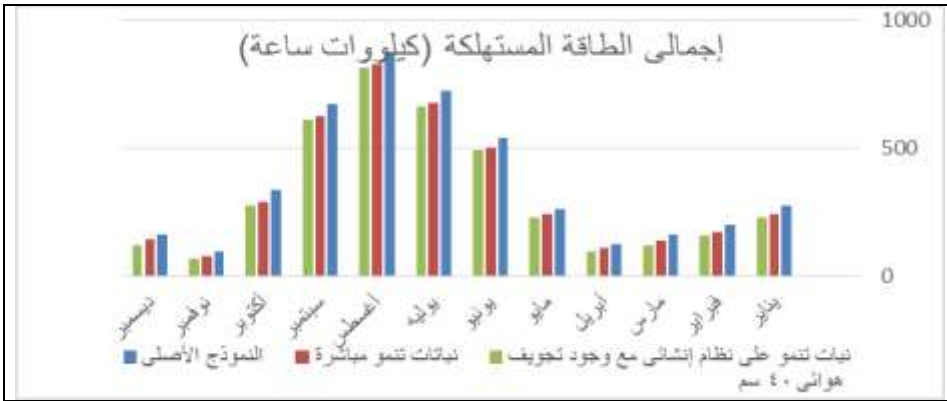
جدول(١٥): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيه غربا، (المصدر: الباحثة، ٢٠١٧)

	النموذج الأصلى	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى**	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم**
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٤٥٠١,٦	٣٣٥٠,٠٦	٣٣٥٦,٤
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة(كجم)	٣٧٣١,٦	٣١٤٠	٣٠٥٨,٤

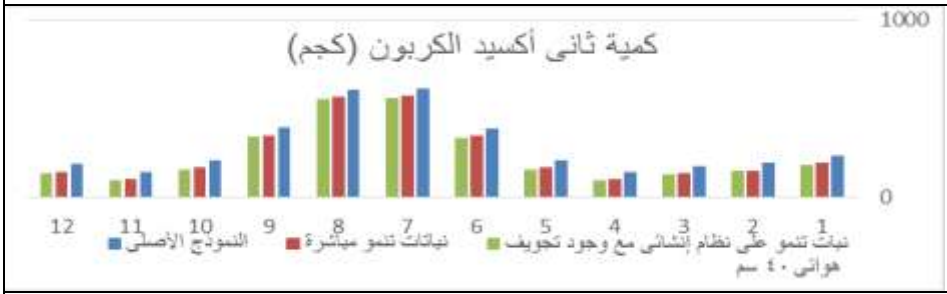
١١. **في حالة التوجيه ٣٠٠:** يوضح الشكل (٢٣) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (٢٤) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا.ويوضح (جدول ١٦) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ١٩,٤٢% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢١,٩%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٤,١٥% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٥,٩٧%.



شكل(٢٣): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه ٣٠٠°



شكل(٢٤): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه غربا

جدول(١٦): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيه غربا

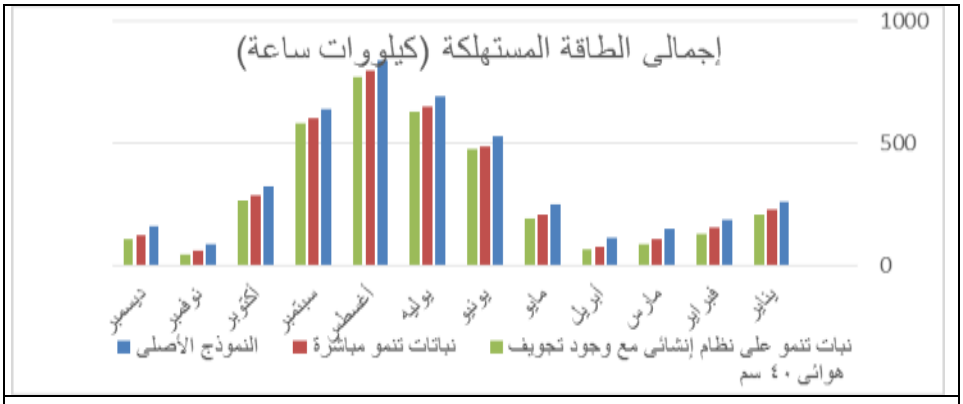
	النموذج الأصلى	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى**	**أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم**
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٤٠٠٩,٢	٣٢٣٠,٦	٣١٣١,٢
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة(كجم)	٣٥٠٨,٥٧	٣٠١١,٧٧	٢٩٤٨,١٧

المصدر: الباحثة، ٢٠١٧

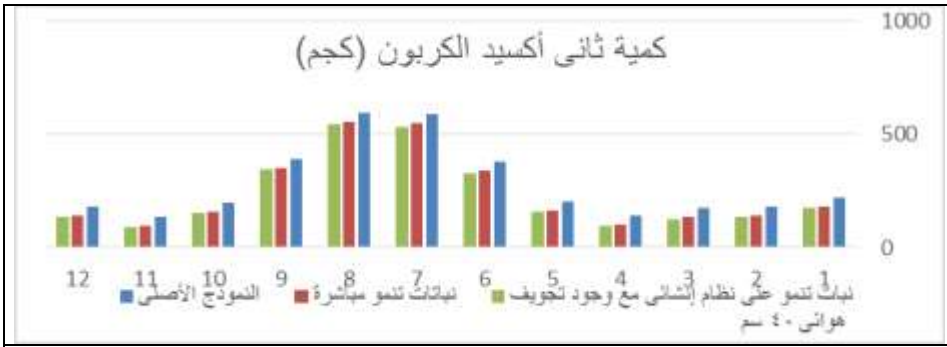
١٢. **في حالة التوجيه ٣٣٠°:** يوضح الشكل (٢٥) كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا بينما يوضح (٢٦) معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون شهريا. ويوضح (جدول ١٧) مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة وأيضا كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة الوضع الأصلى و فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

ووجد أن نسبة الخفض فى الطاقة فى حالة نباتات تنمو باشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى ١٩,١١% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ٢١,١٨%.

كما وجد ايضا أن كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة قلت بنسبة ١٣,٩% بينما فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم ١٥,٧%.



شكل(٢٥): الطاقة التى تستهلكها الوحدة شهريا – توجيه ٣٣٠°



شكل(٢٦): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة شهريا – توجيه ٣٣٠°

جدول(٦): مقدار الطاقة التى تستهلكها الوحدة ، كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيه ٣٣٠°

	النموذج الأصلى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى	أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم
كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا (كيلووات ساعة)	٣٩٥٢,٦	٣١٩٧,٢	٣١١٥,٦
كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	٣٣٩٩,٥	٢٩٢٦,٧	٢٨٦٢,٩٨

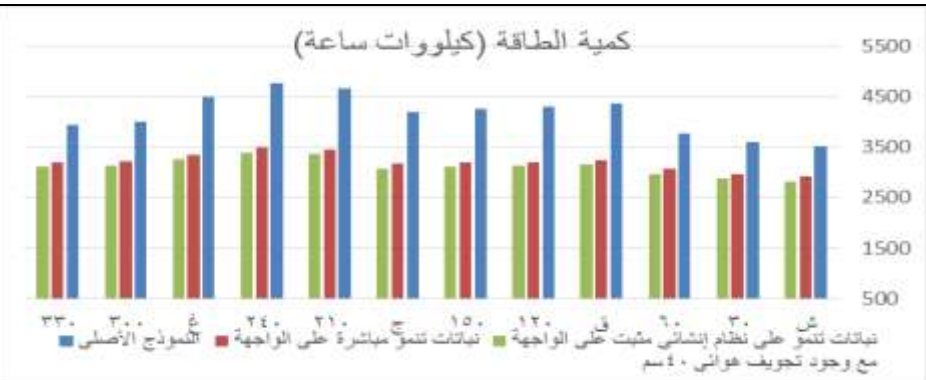
المصدر: الباحثة، ٢٠١٧

مناقشة نتائج الدراسة العملية

وبتحليل النتائج السابقة وجد أن أسوأ توجيه للمبنى من حيث أعلى إستهلاك للطاقة وأكبر كمية لثانى أكسيد الكربون المنبعثة هو التوجيه بزاوية ٢٤٠° (شكل ٢٧و٢٨)، كما يوضح الشكل (٢٩) أن توجيه المبنى بزاوية ٢٤٠° أفضل توجيه من حيث تطبيق لأنظمة الواجهات الخضراء نتيجة لزيادة تأثيره على معدل إستهلاك الطاقة. وبمقارنة النتائج لإستهلاك الطاقة للوحدة السكنية فإن جدول (١٨) يوضح تأثير تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

شكل(٢٧): الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا – فى حالة التوجيهات لمختلفة

شكل(٢٨): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة – فى حالة التوجيهات لمختلفة



شكل(٢٩): الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا – فى حالة التوجيهات لمختلفة لكلا من النموذج الأصلى، نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى، نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم – وتوضح أن أفضل توجيه للتطبيق المبنى بزاوية ٢٤٠°

جدول(٧): مقدار استهلاك الطاقة سنويا للوحدة فى حالة النموذج الأصلى – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠ سم، (المصدر: الباحثة، ٢٠١٧)

	النموذج الأصلى	نباتات تنمو مباشرة على الواجهة	مقدار خفض إستهلاك الطاقة	نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم	مقدار خفض إستهلاك الطاقة
التوجيه	كمية الطاقة (كيلووات ساعة)	كمية الطاقة (كيلووات ساعة)	(%)	كمية الطاقة (كيلووات ساعة)	(%)
ش	٣٥١٠,٧٦	٢٩١٥,٧٣	١٦,٩٥	٢٨٢٤,٤٨	١٩,٥٥
°٣٠	٣٦٠١,٤٨	٢٩٧٠,٧٧	١٧,٥١	٢٨٧١,٢٩	٢٠,٢٧
°٦٠	٣٧٧٥,٨٩	٣٠٦٤,٢٢	١٨,٨٥	٢٩٧٤,١٤	٢١,٢٣
ق	٤٣٦٩,٢٨	٣٢٤٢,٥٣	٢٥,٥	٣١٥٦,٣٤	٢٧,٥٥
°١٢٠	٤٣٠٥,٨	٣٢٠٨,٦٢	٢٥,٤٨	٣١٣٥,٦٩	٢٧,١٨
°١٥٠	٤٢٦٩	٣١٩٠,٨٨	٢٥,٢٥	٣١١٢,٦٤	٢٧,٠٩
ج	٤١٩٤,٦	٩٤..٣١٧٩	٢٤,١٩	٣٠٦٧,١٩	٢٦,٨٨
°٢١٠	٤٦٧٤,١٥	٣٤٥٦,٠٧	٢٦,٠٦	٣٣٦٥,٥٤	٢٨
°٢٤٠	٤٧٨١,٨	٣٤٨٩,٠٣	٢٧,٠٤	٣٣٩٥,٠٥	٢٩
غ	٤٥٠١,٦	٣٣٥٠,٠٦	٢٥,٥٨	٣٣٥٦,٤	٢٧,٦٦
°٣٠٠	٤٠٠٩,٢	٣٢٣٠,٦	١٩,٤٢	٣١٣١,٢	٢١,٩
°٣٣٠	٣٩٥٢,٦	٣١٩٧,٢	١٩,١١	٣١١٥,٦	٢١,١٨

وأيضا بمقارنة النتائج لكمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فإن جدول (١٩) يوضح تأثير تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم) ويوضح الشكل (٣٠) أن توجيه المبنى بزاوية ٢٤٠° أفضل توجيه من حيث تطبيق لأنظمة الواجهات الخضراء نتيجة لزيادة تأثيره على معدل إستهلاك الطاقة مما يعمل على تقليل نسبة ثانى أكسيد الكربون.

شكل(٣٠): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيهات لمختلفة لكلا من النموذج الأصلى، نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى، نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم– وتوضح أن أفضل توجيه للتطبيق المبنى بزاوية ٢٤٠°

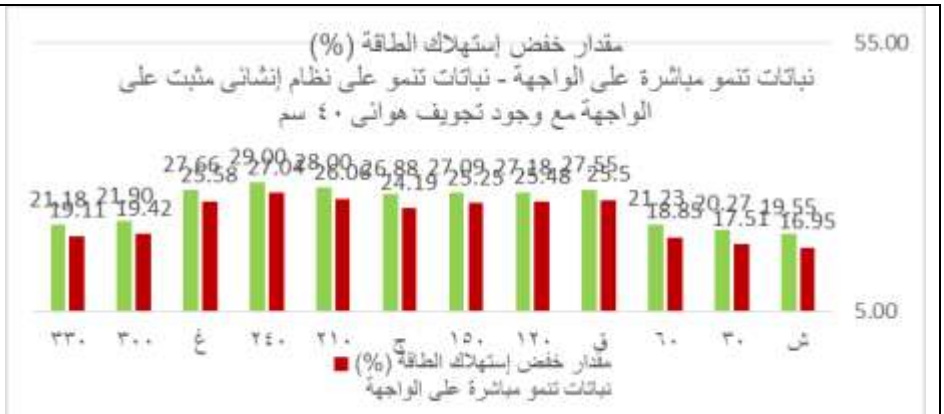
جدول(٨): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا للوحدة فى حالة النموذج الأصلى – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠ سم،

	النموذج الأصلى	نباتات تنمو مباشرة على الواجهة	مقدار خفض استهلاك الطاقة	نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم	مقدار خفض الطاقة
التوجيه	كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	(%)	كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)	(%)
ش	٢٧٥٣,١٥	٢٤٥٣,١٥	١٠,٩	٢٣٩٣,١٥	١٣,٠٨
°٣٠	٣٠٤١,١٥	٢٦٥٧,١٥	١٢,٦٣	٢٦٠٣,١٥	١٤,٤
°٦٠	٣٢٨٨٩,٥٢	٢٨٤٥,٥٢	١٣,٥٠	٢٧٧٣,٥٢	١٥,٦٩
ق	٣٥٧٩,٣٧	٣٠٣٩,٣٧	١٥,٠٩	٢٩٤٣,٣٧	١٧,٧٧
°١٢٠	٣٤٠٣,٤١	٢٩١١,٤١	١٤,٤٥	٢٨٥١,٤٢	١٦,٢١
°١٥٠	٣٣٥٧,٨	٢٨٩٥,٨	١٣,٧٥	٢٨٢٦,٢	١٥,٨٣
ج	٣٣٢٣,٨	٢٨٦٧,٨	١٣,٧١	٢٨٠٨,٥	١٥,٦
°٢١٠	٣٨٧١,٦	٣٢٤١,٦	١٦,٢٧	٣١٥١,٦	١٨,٦
°٢٤٠	٤١٣٩,٢٧	٣٤٣١,٢٥	١٧,١	٣٣٢٣,٢٧	١٩,٧١
غ	٣٧٣١,٦	٣١٤٠	١٥,٨٥	٣٠٥٨,٤	١٨,٠٤
°٣٠٠	٣٥٠٨,٥٧	٣٠١١,٧٧	١٤,١٥	٢٩٤٨,١٧	١٥,٩٧

°٣٣٠	٣٣٩٩,٥	٢٩٢٦,٧	١٣,٩	٢٨٦٢,٩٨	١٥,٧٨

المصدر: الباحثة، ٢٠١٧

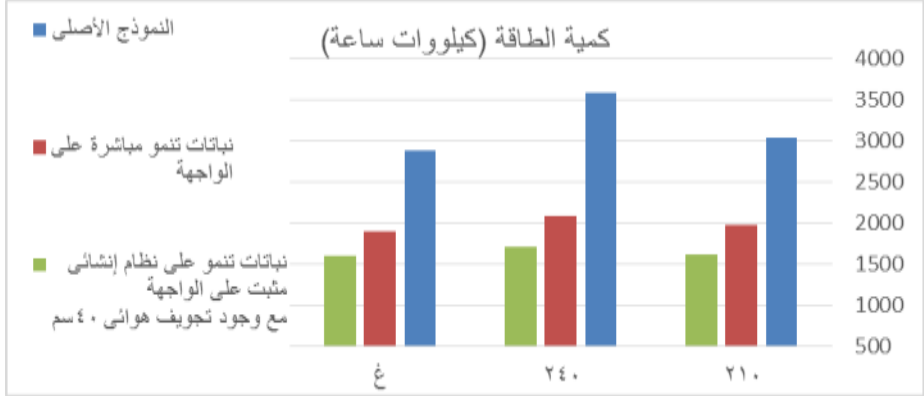
كما يوضح أيضا الشكل (٣١) النسب المئوية للخفض فى إستهلاك الطاقة وتوضح أن المبنى بزاوية ٢٤٠° يعطى أعلى نتيجة للخفض فى إستهلاك الطاقة وكمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم.



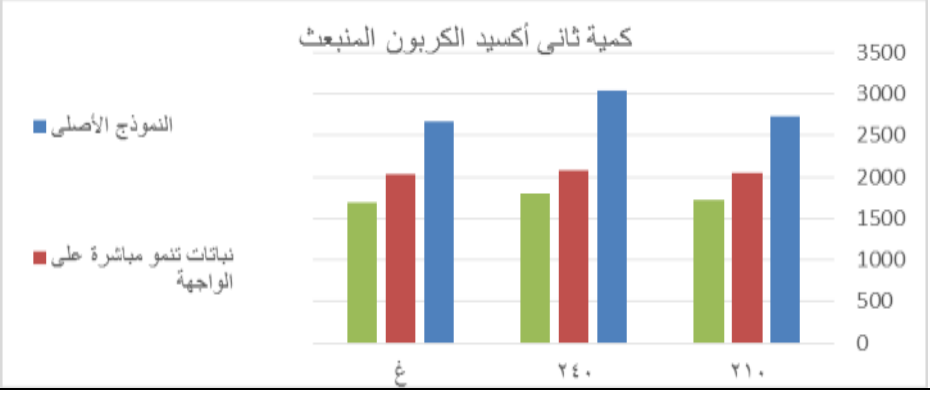
شكل(٣١): النسب المئوية للخفض فى الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا – فى حالة التوجيهات لمختلفة عند تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى، نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم) – وتوضح أن أفضل توجيه للتطبيق المبنى بزاوية ٢٤٠° فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم

وبفرضية تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء على الحائط المصمت نتيجة لزيادة التسرب الحرارى الناتج من النوافذ الموجودة بالحائط وذلك لدراسة مدى تأثير أنظمة الواجهات الخضراء على الحائط فإنه تم التجربة فى التوجيهات الأتية من ٢١٠°، ٢٤٠°، غربا (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم) وذلك نتيجة لأن التجربة تظهر ان أسوأ التوجيهات فى إستهلاك الطاقة وكمية إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون تظهر فى التوجيهات السابق ذكرها وخاصة توجيه ٢٤٠°

ويوضح شكل (٣٣،٣٢) كمية الطاقة و ثاني أكسيد الكربون المنبعث سنويا للوحدة فى حالة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء على الحائط المصمت.



شكل(٣٢): كمية الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا – فى حالة التوجيهات ٢١٠°، ٢٢٠°، غربا –عند تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (– بفرضية أن الحائط مصمت)



شكل(٣٣): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيهات ٢١٠°، ٢٢٠°، غربا – عند تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء– بفرضية أن الحائط مصمت

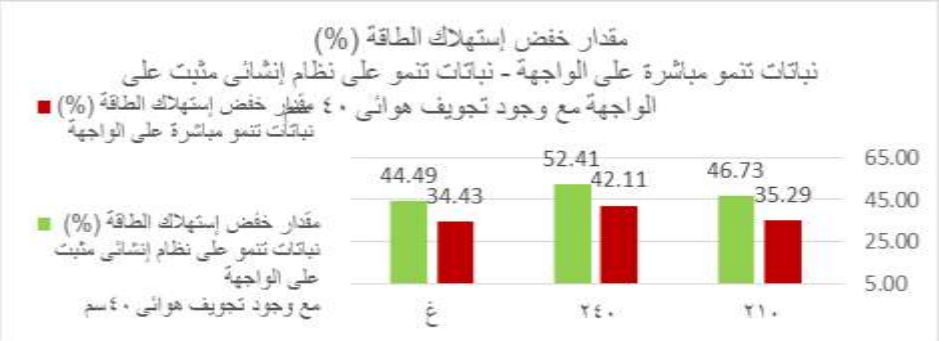
وبمقارنة النتائج لإستهلاك الطاقة للوحدة السكنية فإن جدول (٢٠) يوضح تأثير تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء فى حالة التوجيهات ٢١٠°، ٢٢٠°، غربا (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع

وجود تجويف هوائى ٤٠سم) كما يوضح الشكل (٣٤) النسب المئوية للخفض فى استهلاك الطاقة والتى تظهر أن أن توجيه المبنى بزاوية ٢٤٠° أفضل توجيه من حيث تطبيق لأنظمة الواجهات الخضراء نتيجة لزيادة تأثيره على معدل إستهلاك الطاقة.

جدول(٩): مقدار إستهلاك الطاقة سنويا للوحدة – فى حالة التوجيهات ٢١٠°، ٢٢٠° – فى حالة النموذج الأصلى – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠ سم – بفرضية أن الحائط مصمت،

	النموذج الأصلى	نباتات تنمو مباشرة على الواجهة	مقدار خفض إستهلاك الطاقة	نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم	مقدار خفض إستهلاك الطاقة
التوجيه	كمية الطاقة (كيلوواتساعة)	كمية الطاقة (كيلووات ساعة)	(%)	كمية الطاقة (كيلووات ساعة)	(%)
210°	3045	1970.4	35.29	1622.1	46.73
240°	3592.8	2080	42.11	1709.98	54.41
غ	2880.64	1888.9	34.43	1598.94	42.49

المصدر: الباحثة، ٢٠١٧

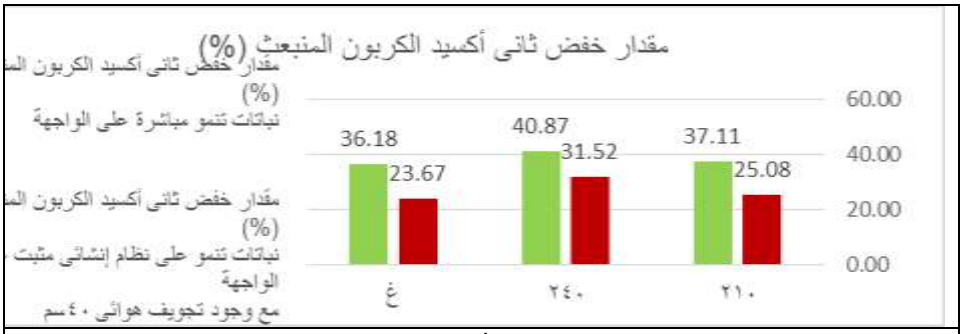


شكل(٣٤): النسب المئوية للخفض فى الطاقة التى تستهلكها الوحدة سنويا – فى حالة التوجيهات ٢١٠°، ٢٢٠°، غربا عند تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى، نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم) – وتوضح أن أفضل توجيه للتطبيق المبنى بزاوية ٢٤٠° فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم – بفرضية أن الحائط مصمت

وبمقارنة النتائج لكمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة للوحدة السكنية فإن جدول (٢١) يوضح تأثير تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء فى حالة التوجيهات ٢١٠°، ٢٢٠°، غربا (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم) كما يوضح الشكل (٣٥) النسب المئوية للخفض فى كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة والتى تظهر أن أن توجيه المبنى بزاوية ٢٤٠° أفضل توجيه من حيث تطبيق لأنظمة الواجهات الخضراء نتيجة لزيادة تأثيره على خفض كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة.

جدول(١٠): كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا للوحدة – فى حالة التوجيهات ٢١٠°، ٢٢٠° – فى حالة النموذج الأصلى – نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠ سم – بفرضية أن الحائط مصمت، (**المصدر**: الباحثة، ٢٠١٧)

	النموذج الأصلى	**نباتات تنمو مباشرة على الواجهة**	**مقدار خفض إستهلاك الطاقة**	**نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم**	**مقدار خفض إستهلاك الطاقة**
التوجيه	**كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)**	**كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)**	**(%)**	**كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة (كجم)**	**(%)**
210°	2735.45	2049.5	25.08	1720.4	37.11
240°	3039.27	2081.25	31.52	1797.12	40.87
غ	2660.49	2030.67	23.67	1697.9	36.18



شكل(٣٥): النسب المئوية للخفض فى كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة سنويا – فى حالة التوجيهات ٢١٠°، ٢٢٠°، غربا عند تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى، نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم) – وتوضح أن أفضل توجيه للتطبيق المبنى بزاوية ٢٤٠° فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم

النتائج والتوصيات

أولا: النتائج:

توصل البحث إلي مجموعة من النتائج و التي من أهمها:

١- وجد ان الواجهات الخضراء لها تأثير فعال على المبنى والبيئة الطبيعية والمجتمع حيث يمكنها أن تكون أحد الحلول التى يمكن إستخدامها لزيادة كفاءة الطاقة فى المبانى وأيضا كأحد الحلول التعويضية لأضرار نقص المسطحات الخضراء.

٢- من خلال تجربة عمل محاكاة للوحدة السكنية ذات التوجيه الواحد التابعة لوزارة الإسكان والمرافق وتنمية البيئة مع وجود بعض المتغيرات مثل:

أ- التوجيهات المختلفة (٣٠° بدءا من الشمال)

ب- وجود تجويف هوائى (نباتات تنمو مباشرة على الواجهة مع عدم وجود تجويف هوائى – نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم)

فى حالة التوجيه بزاوية ٢٤٠° كانت أفصل نتيجة للخفض فى إستهلاك الطاقة عند تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم حيث تم خفض إستهلاك

الطاقة بنسبة ٢٩% بينما فى حالة التوجيه شمالا أعطى أقل نتيجة من حيث الخفض فى إستهلاك الطاقة عند تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء فى كلا من نباتات تنمو مباشرة على الواجهة بدون وجود تجويف هوائى أو نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠ سم.

وبصفة عامة توضح نتائج الدراسة العملية ان أفضل النتائج لتطبيق أنظمة الواجهات الخضراء كلما كان النوجيه أقرب من التوجيه الجنوب الغربى.

ووفقاً لما تم ذكره فى فإن فرضية البحث التى تم تحقيقها تتلخص فيما يلى: خفض إستهلاك الطاقة عن طريق تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء: من خلال الدراسة العملية وذلك عن طريق تجربة تطبيق أنظمة الواجهات الخضراء على التوجيهات المختلفة للمبنى

أ- وجد أنه أفضل التوجيهات فى التطبيق كلما كان فى إتجاه الجنوب الغربى.

ب- أفضل نتيجة للتطبيق فى حالة توجيه المبنى بزاوية ٢٤٠° بإستخدام نظام نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم حيث قل إستهلاك الطاقة بنسبة ٢٩% وبنسبة ٥٢,٤١% عند فرضية أن الحائط مصمت لقياس مدى تأثيرها على الحائط.

٣- في الدراسة العملية لتطبيق أنظمة الواجهات الخضراء على نموذج الوحدة السكنية ذات التوجيه الواحد بالتوجيهات المختلفة (٣٠° بدءا من الشمال)، حيث وجد أن نسبة إستهلاك الطاقة تقل بنسبة تتراوح بين ١٦,٩٥ : ٢٧,٠٤% فى حالة نباتات تنمو مباشرة على الواجهة و ١٩,٥٥ : ٢٩% فى حالة نباتات تنمو على نظام إنشائى مثبت على الواجهة مع وجود تجويف هوائى ٤٠سم. بينما تم خفض إستهلاك الطاقة بنسبة تتراوح بين ٣٥:٥٤% فى حالة فرض التطبيق على حائط مصمت.

٤- أنظمة الحوائط الخضراء يمكنها أن تقوم بتقليل إستهلاك الطاقة داخل المبانى السكنية ذات التوجيه الواحد بنسبة تصل إلى ٥٤% وذلك فى حالة معالجة النوافذ نتيجة للتسرب الحرارى الناتج منها وبنسبة تصل إلى ٣٠% فى حالة معالجة الحوائط فقط دون النظر إلى التسرب الحرارى الناتج من النوافذ. وبالإضافة إلى دورها الوظيفى فإن أيضا لها فائدة

جمالية حيث تقوم بحل العيوب التصميمية للواجهات وتعمل على تعزيز القيمة الجمالية وأيضا لها فائدة بيئية حيث تعمل على زيادة جودة الهواء الداخلى والخارجى والتقليل من إنبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون.

ثانياً التوصيات:

توصل البحث إلي مجموعة من التوصيات و التي من أهمها :

١- لابد من مراعات توجيه الواجهة التى سيتم تطبيق هذا النظام عليها وفقا للظروف المناخية.

٢- يراعى تطبيق أنظمة التخضير الرأسى فى المستقبل خاصة فى حالة المناطق العمرانية المزدحمة التى تفتقر إلى المسطحات الخضراء.

٣- محاولة وجود تجويف هوائى بين واجهة المبنى والنظام الإنشائى لا يقل عن ٥ سم لضمان سلامة المبنى .

٤- مراعاة الإختيار الجيد لنوع النباتات المستخدمة وطرق العزل وأنظمة الرى والصيانة وفقا لنوع النظام الإنشائى المستخدم وحالة المبنى.

٥- وضع تشريعات عمرانية لتطبيق أنظمة الواجهات الخضراء تتماشى مع التباينات المختلفة بين أفاليم جمهورية مصر العربية.

المراجع

Tay,A and,furukawa,A(2008): plants species biology, vol.23, issue.

Holm, D.,(1989): thermal improvement by means of leaf-cover external walls: a simulation model, energy and building, vol. 14, p. 19-30.

Yoshimi,J and altan,H. (2012): thermal simulation on the effects of vegetated walls on in door building environments, 12th conference of international building performance simulation association, Sydney, 2011.

Hy,L.(2007): thermal performance of deciduous climbing plants on glazed building facades, phd, school of the environment brighton, university of brighton, uk,.

Isabel,M and oliveri,F.(2011): energy efficiency of pre-vegetated modular façade prototype, the 27th conferenceon passive and low energy architecture,Louvain,-la-neuve, Belgium,.

Moore, C., J., and fisch, g.(1986): estimating heat storage in Amazonian tropical forest, agricultural and forest metrology,.

Mohamed,N.M.(2012): the effectiveness of vertical greening system upon indoor thermal comfort in builings " with special resrence to living spaces in cairo, Egypt", m.sc.,cairo university, facaulty of engineering architecture department,.

wong,N.H. et al. (eds.)(2009): energy simulation of vertical greenery systems, energy and buildings 33, p. 1401-1408.

Yeh, Y.P.(2012): green wall-the creative solution in response to the urban heat island effect national chung-housing university,.

Doe,(2010): us department of energy, available online at: www.energy.gov,3/11/2015

www.designbuilder.co.uk, 2/12/2016

www.moh.gov.eg, 3/1/2017

THE EFFECT OF GREEN FAÇADE SYSTEMS ON DECREASING ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL BUILDINGS
A STUDY OF THE USE OF PLANTS ON THE FACADES OF RESIDENTIAL BUILDINGS WITH THE SAME ORIENTATION IN THE NEW URBAN COMMUNITIES

[6]

Nashwa, Y. Abdellhafiz [(1)] and Marwa, H. Salem [(2)]

1) Department of Architecture at October Higher Institute of Engineering and Technology, 6 th October, Giza, Egypt 2) Department of Architecture at Canadian Higher Institute of Engineering, 6 th October, Giza, Egypt

ABSTRACT

The research carries out a practical study using the simulation program "Design Builder" to show a model of a residential unit with the same orientation. This model is applied by the Ministry of Housing, Utilities and Urban Development throughout the Arab Republic of Egypt without regard to the different nature of the climate and orientation, taking into account design determinants and variables (orientation, presence of air space) which are input into the program. It also discusses the results of the practical study of applying the green façade systems on the different orientations (30 ° starting from the North) of the residential unit. This is done using the simulation program on the rate of energy consumption and the comparison of the results in order to achieve the best orientation to be applied in each case. It also shows the effect of the green facades systems on reducing the amount of carbon dioxide emitted.

Finally, the conclusions of the results of the practical study are reviewed to find a gateway to the application of green façade systems on the facades of same-orientation residential buildings. Moreover, the research determining the basis of analysis and implementation strategies for this system to reduce the consumption of ventilation and mechanical heating. This, in turn, reduces energy consumption, which is the goal of the research.

Keywords: Green facades - energy consumption efficiency- Design Builder