نظام مبسط لتسطيح سقوف الأبنية ملائم للمناخ الحار وتأثيره على ترشيد استهلاك الطاقة (دراسة عملية)

عاطف علي حسن[1]

تاريخ الاستلام : 6/6/2012، قبول النشر :5/9/2012

الخلاصة (Abstract):

يهدف البحث الى تقليل الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف عن طريق استبدال نظام تسطيح الأبنية شبه التقليدي (قطع خرسانية رصاصية اللون والمعروفة محلياً بالشتايكر) بنظام آخر ملائم للمناطق ذات المناخ الحار . تم تشييد غرفة أبعادها (3x1x1) م ، تقع على سطح الطابق الثالث من مبنى في مدينة بغداد (خط عرض 33.2 درجة شمالاً) مع تغليف الأسطح الداخلية للغرفة (باستثناء السقف) بألواح الستايربور العازلة حرارياً (البولي ستايرين) سمك (200) ملم لغرض تجديد تلك الأسطح، وتم توفير المستوى القياسي للراحة الحرارية باستخدام مكيفة هواء جدارية سعة (0.5) طن تبريد. تم دراسة السلوك الحراري الساعي لكل من التسطيح التقليدي والمقترح خلال 15 ساعة/يوم، ولليوم الـ (21) من الأشهر (كانون الثاني – آذار – حزيران- تموز – أيلول)/-2011 2012. تم التوصل الى ان استبدال نظام التسطيح يقلل من الأحمال الإنشائية الساكنة بمقدار 300 كغم/م2 ويوفر 37% من الطاقة الكهربائية المصروفة لأغراض التكييف عند وجود فجوة هوائية مفتوحة ويصل التوفير الى 30% عندما تكون الفجوة الهوائية مغلقة وعند رفع الفجوة ينخفض التوفير الى 27% .

الكلمات الرئيسية : تسطيح الأبنية التقليدية ، بدائل للتسطيح التقليدي ،زيادة المقاومة الحرارية لسقف المبنى ، ترشيد استهلاك الطاقة، تقليل تأثير السقف.

Simple roofing system suitable for buildings in hot climate and it's effect on energy conservation (Experimental study)

Atif Ali Hasan

Abstract :

The objective of this paper is reduced the electrical energy which used in air-condition system by replaced the common roofing system by the another which more suitable for hot climate area.

The researcher was build (1x1x3)m sample room at 3rd floor in building at Baghdad city (33.2 °N) for 200mm polystiran thermal insulation for other room surfaces and air-conditioner of 0.5 Ton of refrigeration capacity is used to maintain the standard thermal comfort, the roof thermal behavior study for 15 hr/day, at day 21 from five each months (Jan, March, June, July & September). It was found the suggested roofing system reduced the dead load by 300kg/m2 and the electrical energy which used in air-conditioning system reduced by 37% when used open air gap was used, and become 30% when has used closed air gap has used and became 27% relation to ordinary system.

1- المقدمة (Introduction):

أن كمية الطاقة الكهربائية التي تستهلك لغرض تكييف الأبنية يقارب (60)% ، (70)% من إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة خلال فترة الصيف والشتاء على التوالي (علي حسن ولطيف)[1]، وبما أن ارتفاع الأبنية السكنية لا يتعدى الثلاث طوابق وشكلها يقترب من الشكل المكعب، لذلك نجد أن كمية الحرارة التي تؤثر بها البيئة على الأبنية من خلال السقف فقط يكون في حدود (20–50)% من إجمالي التأثير البيئي على المبنى بأكمله (علي حسن)[2]، لذلك نعتقد أن تقليل التأثير البيئي سيقود حتما الى تقليل الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف وبالتالي يؤدي الى تقليل كمية الطاقة الكهربائية التي تستهلكها الأبنية بصورة عامة

[1] استاذ مساعد في معهد التكنلوجيا –بغداد .

وسيؤدي ذلك الى تقليل الطلب على الشبكة الوطنية. بما أن اسلوب تسقيف المباني هو استخدام الخرسانة المسلحة بسمك 150ملم والتسطيح باستخدام الألواح الخرسانية رصاصية اللون (معامل الانعكاس 0.3) (الدوري وآخرون)[3] والمعروفة بالشتايكر والذي يعطي معامل انتقال حراري كلي قدره (2.8) واط/م^2.ك° (الدوري وآخرون)[4] والذي يكاد أن يكون الأسلوب الوحيد في عموم العراق منذ عدة سنوات ولا يخلو هذا الأسلوب من سلبيات عدة تأتي في مقدمتها الوزن الإنشائي الساكن الكبير الذي يضيفه الى المبنى، وقلة عزله الحراري ومتطلبات ربط البلاطات مع بعضها بواسطة مواد اسفلتية رابطة (الماستك) ويتطلب صيانتها بين فترة وأخرى.. إضافة الى النوعية الرديئة المطروحة بالأسواق حالياً، لذلك نجد أن الكثير من الباحثين قد اهتم بموضوع تقليل تأثير البيئة على المبنى عن طريق محورين ، زيادة مقدار المقاومة الحرارية لمقطع السقف أو مع زيادة معامل انعكاس الطاقة الشمسية من سطح السقف نفسه. فعلى سبيل المثال نجد أن الباحث (Hasan)[1] قد حدد سمك العازل المناسب للسقوف بحدود (70-100)ملم توضع أعلى السقف وتحت البلاطات وهذا الاتجاه قد خفض كثيراً كميات الحرارة المنتقلة خلاله ولكن في الوقت نفسه رفع من كلفة الإنشاء مع ثبوت بقية السلبيات. ومنهم من غلف سقف المبنى بمواد متوفرة بالأسواق المحلية (حسن)[5]، بينما يمكن تحقيق توفر بالطاقة عندما يميل سقف المبنى في حدود (0-5)° عن الأفق (حسن)[6] ومنهم من استخدم مواد ثنائية الطور لامتصاص الحرارة الساقطة قبل وصولها السقف (Amori)[2]، بينما الباحث Zhu-)وآخرون[3]) قد وجد أن تغليف سطح المبنى بالألواح الشمسية له تأثر واضح على توفير الطاقة المطلوبة. بينما الباحثون (Drazio وآخرون) [4] اهتم بدراسة تأثير تغير نوعية إنهاء السقف وبوجود فجوة هوائية أعلى السطح الخشبي الأصل فتوصل الى أن التغليف بألواح الطين المفخور أفضل من الألواح النحاسية. بينما الباحث (Gagliano وآخرون) [5] قد وجد أن تأثير وجود تهوية بالحمل الحر أسفل هيكل المبنى يخفض الحمل البيئي في حدود 50% بينما استخدام التهوية خلال السقف تقلل درجة حرارة السطح في حدود 4.4 م° وتقليل حمل المبنى في حدود 50% للوصول الى درجة حرارة (26) م° (Susanti)[6]

مما تقدم يعتقد الباحث أن التفتيش عن بديل للقطع الخرسانية المغلفة للسقف بدلاً من إعادة اكساءها بمواد أخرى هو أفضل حل لذلك تم بحثنا هذا لاستبدال الكتل الخرسانية بمواد أخف وزناً وفي الوقت نفسه تمتع بتوصيل حراري قليل وسينعكس هذا مباشرة على تقليل كميات الحرارة المنتقلة خلال السقف.

الأبنية والبيئة :

يقع العراق في شبه المنطقة المدارية – الحارة الجافة والتي يغلب عليها المناخ الصحراوي، حيث يستمر فيها فصل الصيف لأكثر من سبعة أشهر، تسطع الشمس خلاله فترات طويلة (أكثر من (12)ساعة/ يوم، وتصل درجة حرارة الظل خلاله الى أكثر من (45°م)، وبهذا تتعرض القشرة الخارجية للمبنى الى موجات حرارية تتناسب شدتها مع تغير الوقت وكما موضح في الشكل(1) (من قياسات الباحث) مسببة إحداث فرق كبيرة بين درجتي حرارة الهواء الملامس للقشرة (الطبقة المتاخمة) الخارجية والداخلية للمقطع الإنشائي للمبنى خلال ساعات اليوم الواحد، إضافة الى المدى اليومي الكبير نسبياً لتغير درجات حرارة البيئة (ليلاً ونهاراً) والذي يصل لأكثر من (20°م) (كامل شعبان)[7]. أن الكسب الحراري خلال القشرة الخارجية للمقطع الإنشائي للمبنى يتألف من مجموعة كميات الحرارة المنتقلة في حالة الاستقرار (والذي ينشأ عن اختلاف درجتي حرارة الهواء داخل وخارج المبنى) والحالة غير المستقرة (الناتجة عن اختلاف كثافة الإشعاع الشمسي الساقطة على أسطح المبنى) وتتعقد عملية انتقال الحرارة خلال الجدار لامتلاكه سعة حرارية (تعتمد قيمتها على كلاً من مقدار الموصلية الحرارية، الحرارة النوعية وكثافة مكونات الجدار) (Jones) [7]، يجعلها تخزن جزءاً من الحرارة المنتقلة خلالها، حيث لا تظهر تقلبات درجة حرارة السطح الخارجي لمقطع السقف بصورة سريعة بتقلبات مماثلة لدرجة حرارة السطح الداخلي لمقطع الجدار، أي أن المواد الإنشائية المؤلف منها مقطع الجدار ستزيد من مقدار التأخير الزمني لانتقال الحرارة خلاله، إضافة الى تخميد ترددها العالي وكما موضح في الشكل(2)(الباحث)، ولكن بالرغم من ذلك ، فأن درجة حرارة القشرة الداخلية لجدار المبنى سترتفع بعد فترة (قد تطول) ومما يؤدي الى رفع درجة حرارة هواء الحيز الداخلي للمبنى لمستوى أعلى مما مؤشر في مستويات الراحة الحرارية المتناسبة مع طبيعة استخدام ذلك المبنى، مما يتطلب استخدام معدات التكييف على مدار ساعات اليوم الواحد، لامتصاص هذه الأحمال الحرارية حال وصولها (منعاً لتجمعها) وتخفيض درجة حرارة هواء الحيز الى ذلك المستوى المحدد مسبقاً، أي أن استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض تشغيل معدات التكييف يكون مرتبطاً بكمية الحرارة المنتقلة خلال سقف المبنى، فتقليل تلك الحرارة سيقود الى تقليل فترة تشغيل مكيفات الهواء وبالتالي تقليل كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف وبالتالي تقليل كمياتها المستهلكة بصورة عامة.

الأسلوب المقترح لتسطيح المبنى :-

تم اقتراح مادة تغليف مبسطة وملائمة للمناخ الحار مؤلفة من ثلاث طبقات وكما موضحة في الشكل(3) وتمتاز بسهولة التثبيت وقلة الكثافة وهذه الطبقات هي :-

1- مادة إنهاء خارجية – ألواح الألمنيوم المطلية بالأصباغ الحرارية سمك 4 ملم.
2- أنابيب بلاستيكية سداسية الشكل قطرها 40 ملم تشكل الفجوة الهوائية.
3- طبقة مطاط لتوفير ميل معقول للسطح (100/0.5) سم

مراحل تحقيق البحث :

لغرض تحقيق هدف البحث في تقليل الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف وذلك بتخفيض السريان الحراري خلال سطح المبنى المعرض للبيئة، يمكن تلخيص محددات البحث وفق الخطوات التالية:

1- منطقة البحث – مدينة بغداد – خط عرض 33.2 درجة شمالاً – (متوسط خطوط العرض المارة بالعراق)
2- موقع غرفة الاختبار – الطابق الثالث لمبنى لتجنب وجود ما يعيق وصول أشعة الشمس إليها خلال ساعات النهار.
3- لغرض تقليل انتقال الحرارة عبر المساحات الأخرى للغرفة (غير السقف)، تم استخدام ألواح الستايربور (البولي ستايرين) العازل حرارياً سمك (200) ملم لتغليف جدران وأرضية الغرفة لتحييد هذه الأسطح، وجعل انتقال الحرارة من خلال مساحة سقف الغرفة هو الأكثر تأثيراً .
4- مادة الإنهاء الخارجي لسقف المبنى المحيط بالغرفة، البلاطات الخرسانية (الشتايكر) رصاصية اللون (40x800x800) ملم.
5- لون مادة إنهاء الجدران الداخلية للغرفة والسقف هو اللون الأبيض.
6- تم الاعتماد على البيانات المتوفرة في (الدوري وآخرون) [4] لتقدير المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة خلال مقطع السقف.
7- تم الاعتماد على البيانات الموضحة (Rohsenow & Hartaeti) [8] لتقدير معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر خلال هواء بيئة الغرفة (h)، وتم افتراض أن سطح الغرفة مربع ساخن متجه للأسفل، وعليه فان العلاقة التقريبية لحساب المعامل (h) بدلالة فرق درجات الحرارة Δt ستكون :

$$h = 1.52\ (\Delta t)^{1/3}$$

حيث أن Δt هي فرق درجات الحرارة بين السطح الساخن (الجدار) ودرجة الحرارة القياسية داخل الغرفة. وعليه فان كمية الحرارة المنتقلة بالحمل نتيجة ارتفاع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح السقف المواجه للبيئة (Q_{con}) هي: $Q_{con} = h.A.\Delta t$

بينما كمية الحرارة المنتقلة الى الغرفة للسطح العادي $\overline{Q_{con}}$ ، فان النسبة المئوية لتقليل كمية الحرارة نتيجة استبدال اسلوب التسطيح ستكون

$$\Delta Q\% = \frac{\overline{Q_{con}} - Q_{con}}{\overline{Q_{con}}} \times 100$$

8- الظروف القياسية المطلوب توفيرها داخل غرفة الاختبار لأغراض ترشيد استهلاك الطاقة ستكون (26.5م° بصلة جافة، 65% رطوبة نسبية) صيفاً، لكون أن درجة حرارة البيئة تكون في حدود 50م° وزمن إشغال الحيز أكثر من 40 دقيقة (Arora – 2007)
9- استخدام مكيف هواء سعته (1) طن تبريد، لتوفير الظروف القياسية داخل غرفة الاختبار وربط مقياس الطاقة الكهربائية لتحديد مقدار استهلاكها اليومي.
10- الاعتماد على دليل الجمعية الأمريكية لمهندسي التكييف والتبريد والتهوية (ASHRAE)[10] لتحديد فرق درجات الحرارة المكافئ لحمل التبريد للمقاطع الإنشائية التي تم دراستها عملياً.
11- لتقدير الأحمال التبريدية تم قياس درجات الحرارة على السطح الداخلي والخارجي لسقف الاختبار باستخدام مقاييس الكترونية مصنعة من قبل شركة [Intelligent Auto digital thermo – meter by Victor company]

Specifications	
Temperature range	-18 to 1050℃ (0 to 1922℉)
Accuracy	100℃(212℉) to1050℃(1922℉)±2℃ or ±2% 0℃(32℉) to 100℃(212℉)±2℃ or ±2% -18℃(0℉)to 0℃(32℉) ±3℃or ±3% whichever is greater
Repeatability	1% of reading or 1℃
Response time	500 mSec, 95% response
Spectral response	8-14 um
Emissivity	0.10 to 1.00 adjustable (pre-set 0.95)
Ambient operating range	0 to 40℃ (32 to 104℉)
Relative humidity	10-95% RH non condensing, @ upto 30℃ (86℉)
Storage temperature	-20 to 60℃ ,≤85%RH, without battery
Weight/Dimensions	480g ;220*134*60mm

أما المتغيرات التي تم دراستها في هذه الورقة فهي :

1- وجود فجوة هوائية – أي السماح بهواء التهوية بالمرور خلال الأنابيب البلاستيكية.
2- غلق الفجوة الهوائية – وعدم السماح بتغير الهواء الموجود في الأنابيب البلاستيكية.
3- رفع الفجوة الهوائية – أي رفع الأنبوب البلاستيكي المجوف.
4- استخدام لباد ذو سطح عاكس بوضعه مباشرة على السقف (نظام معمول في بعض الدول المجاورة للعراق)

في كل حالة مما ورد أعلاه يتم قياس وتسجيل درجة حرارة هواء البيئة/ الظل (T_{sh})، درجة حرارة سطح السقف الخارجي المواجه للبيئة (T_o) ، درجة حرارة سطح السقف الداخلي المواجه للغرفة (T_i) خلال ساعات اليوم الواحد وليوم 21 من كل شهر من أشهر الاختبار. الشهر الأول (كانون الثاني) –

الشهر الثالث/ آذار- وشهر السابع/ تموز، الشهر التاسع / أيلول للعام 2011-2012 ولكن تم تمثيل ثلاث أشهر فقط وكما موضح في المخططات (6,5,4) لأشهر الشتاء والربيع والصيف على التوالي.

النتائج والمناقشة :

لغرض تحقيق هدف البحث في دراسة السلوك الحراري لنظام تسطيح سقوف الأبنية المقترح والملائم للأجواء الحارة وبديل عن أسلوب التسطيح التقليدي والنتائج التي تم الحصول عليها موضحة في الجدول(3) وكذلك الأشكال (6,5,4) توضح السلوك اليومي للأشهر كانون أول – آذار – كانون الثاني، وفي أدناه مناقشة متغيرات البحث

أ- فترة اختبار نظام التسطيح المقترح

تم دراسة السلوك الحراري اليومي لنظام التسطيح المقترح لليوم الـ (21) من شهر كانون الثاني – آذار- تموز باعتبارها نماذج لفترة الشتاء والربيع والصيف وكما موضحة في الأشكال (4) ,(5), (6) على التوالي

ب- وزن نظام التسطيح المقترح

من إحدى أولويات البحث/ تقليل الوزن الساكن الناتج عن استخدام نظام التسطيح التقليدي الوزن الساكن (وزن التراب مضاف اليه وزن البلاطة الخرسانية) والذي يكون في حدود (144) كغم/م2 ، بينما الأسلوب المقترح يكون في حدود (40) كغم/م2 باختلاف التفاصيل وكما موضح في الجدول(1) أي أن التوفير في الوزن الساكن سيكون في حدود (300) كغم/م2 ولما لهذا من تأثير واضح على حجم أسس المبنى وكذلك أبعاد هيكله.

جـ- السلوك الحراري للنظام المقترح

تم دراسة السلوك الحراري للنظام التقليدي وكذلك المقترح وبتغير طبيعة الفجوة الهوائية (مغلقة أم مفتوحة) والموضحة في الشكل(3) خلال ساعات اليوم الواحد وتمت القراءات خلال 2011 -2012 والأشكال (4),(5),(6) توضح نموذج للسلوك الساعي خلال يوم الـ (21) من أشهر الشتاء/كانون الثاني – أشهر الربيع/ آذار – أشهر الصيف/ تموز .. بينما الجدول(1) يوضح نتائج البحث.

اتضح أن نظام التسطيح التقليدي يعمل بكفاءة أعلى في الشتاء ويرجع ذلك الى لون البلاطة الخرسانية الذي يعمل على امتصاص كمية أشعة أكبر (معامل الانعكاس 0.3)، بينما التركيبة الخرسانية له تعمل على خزن الحرارة خلاله (k= 0.85) بينما النظام المقترح يعتمد على عكس كمية أكبر وتقليل انتقال الحرارة خلاله فنجد أن متوسط درجة حرارة سطح البلاطة كان 19.8 م° خلال شهر كانون الثاني ووصل الى 30.5 م° خلال شهر آذار بينما النظام المقترح ذي الفجوة المغلقة قد سجل 16.9 م°، 28.1م° خلال شهري كانون الثاني، آذار وعند وجود فجوة هوائية مفتوحة كانت متوسط درجة حرارة سطح النظام المقترح قد سجلت 13.8 م° ، 27.4 م° خلال شهري كانون الثاني ، آذار بينما الاستغناء عن وجود الفجوة في النظام المقترح قد سجلت 17.5 م°، 32.2 م° خلال شهري كانون الثاني، آذار، وانعكس هذا على متوسط درجة حرارة السطح الداخلي للسقف/ المواجه للغرفة حيث كان 11.5 م°، 24.8م° في حالة النظام التقليدي، وأصبح 11.2 م°، 23.2 م° في حالة النظام المقترح ذي الفجوة المغلقة، وكان 9.1 م° ، 21.7 م° في حالة النظام المقترح ذي الفجوة المفتوحة، بينما الاستغناء عن وجود الفجوة تسبب في درجة حرارة 12.2 م° ، 24.5 م° . أما متوسط درجة حرارة سطح التسطيح بالأسلوب التقليدي صيفاً فكانت 48.5 م° بينما للأسلوب المقترحة ذو الفجوة المغلقة تكون 41 م° وللفجوة المفتوحة تكون 41.4 م° والأسلوب المقترح عند الاستغناء عن الفجوة تكون 42.2 م° وانعكس هذا على درجة حرارة السطح المواجه للغرفة، بحيث كانت عند استخدام الأسلوب التقليدي 43.1 م° ، بينما للأسلوب المقترح هي 39.2 م° ، 38.9 م° ، 39.6 م° لوجود فجوة مغلقة أو مفتوحة أو عند الاستغناء عنها وانعكس هذا على فرق درجات الحرارة بين سطحي سقف الغرفة فكان 17.1 م° عند التسطيح بالأسلوب التقليدي و 13.2 م° عند التسطيح بالأسلوب المقترح ذو الفجوة المغلقة وتكون 12.1م° عندما تكون الفجوة مفتوحة وارتفعت الى 13.6 م° عند الاستغناء عن الفجوة الهوائية ومما تقدم يتضح أن استخدام الأسلوب المقترح ذو الفجوة الهوائية المفتوحة يحقق فائدة كبيرة حيث خفض فرق درجات الحرارة 5 م° عند المقارنة بالأسلوب التقليدي بينما استخدام فجوة مفتوحة بدلاً من الفجوة المغلقة يقلل فرق درجات الحرارة 0.9 م° أما استخدام الأسلوب المقترح بدون فجوة سيرفع فرق درجات الحرارة الى 1.5م°. ولقصر طول فصل الشتاء وعدم الاحتياج الى استخدام معدات التدفئة خلال ساعات النهار في أغلب الأوقات (علي حسن)[8] بينما طول فصل الصيف والاحتياج الى معدات التكييف خلال ساعات النهار أيضاً سيدعم استخدام الأسلوب المقترح ذو الفجوة المفتوحة لكونها توفر مرور للهواء الجوي خلاله وبالتالي عدم تجميع الحرارة وبالتالي تقلل من كميتها المنتقلة بالتوصيل الى السقف.

د- نظام التسطيح ودرجات الحرارة الأقصى :

ان فترة الصيف في المنطقة التي تقع العراق ضمنها هي الأطول وتفوق فترة الشتاء، لذلك تعتقد أن أفضلية نظام التسطيح تتحدد بموجب سلوكه خلال هذه الفترة، والشكل(6) يوضح السلوك الحراري لأنظمة التسطيح التي تم دراستها، حيث يتضح أن درجات حرارة الأقصى للسطحين، المواجه للبيئة كانت 64 م° والمواجه للغرفة كانت 50 م° وفترة التأخير الحراري (Time lag) تقارب 6 ساعات للتسطيح التقليدي/الاعتيادي، بينما كانت درجات حرارة السطحين (44,51) م° وفترة التأخير الحراري في حدود ساعتين في حالة التسطيح المقترح ذي الفجوة الهوائية المغلقة بينما تكون (42,49) م° وفترة تأخير حراري في حدود أربع ساعات لنفس النظام ولكن بالفجوة المفتوحة، وعندما ترفع فجوة الهواء من نظام التسطيح المقترح تكون درجات الحرارة (46,48) م° وفترة تأخير في حدود ساعة ونصف. يتضح ان درجة حرارة السطح الداخلي لنظام التسطيح والمواجه للغرفة في حالة وجود فجوة هوائية مغلقة ستكون أعلى قيمة مما في النظام عند الفجوة المفتوحة والسبب يعود الى ارتفاع درجة حرارة الهواء في هذا الفجوة مما يزيد من المقاومة الحرارية للمقطع وبذلك يعيق عملية نقل الحرارة مما يؤدي الى رفع درجة حرارة السطح

المواجه للبيئة وكذلك فان حركة الهواء في الفجوة المفتوحة يعمل على إزالة جزءاً من الحرارة المنتقلة اليه من السطح الخارجي دون أن يمررها بأكملها الى السطح الداخلي، لذلك انخفض مقدار درجة حرارة السطح الداخلي للفجوة المفتوحة.

هـ- التوفير المتحقق عند استخدام النظام المقترح :

ان التوفير الذي يحققه النظام المقترح يأتي من تقليل كمية الطاقة الحرارية التي تنفذ خلاله باتجاه الغرفة، وبالتالي فان كمية الطاقة الكهربائية التي يستهلكها مكيف الهواء للتخلص من تلك الأحمال ستقل، وكميات الطاقة المستهلكة موضحة في الجدول(1) حيث يتضح أن استخدام النظام التقليدي للتسطيح يتسبب في طاقة تبريدية تعادل 68.8 طن تبريد خلال فصل الصيف وكمية الطاقة الكهربائية المسجلة خلال نفس الفترة كانت 29.4 كيلو واط/ساعة بينما النظام المقترح بوجود فجوة هوائية مغلقة قد استهلك 48.7 طن تبريد وكمية الطاقة الكهربائية المسجلة 20.8 كيلو واط/ساعة بينما النظام المقترح ذي الفجوة المفتوحة التي يتحرك خلالها الهواء قد استهلك 43.4 طن تبريد والطاقة الكهربائية المستهلكة والمسجلة خلال نفس الفترة كانت 18.5 كيلو واط/ساعة. أي بتقليل بنسبة 11% عند المقارنة مع النظام المقترح ذي الفجوة المغلقة بينما كانت 14% عند المقارنة مع النظام المقترح ولكن بالاستغناء عن وجود الفجوة أصلاً، أما نسبة التوفير عند المقارنة مع النظام التقليدي فكانت 30% عند وجود فجوة هوائية مغلقة، 37% عند وجود فجوة هوائية مفتوحة وانخفضت الى 27% عند الاستغناء عن وجود الفجوة بالنظام المقترح.

و- المقارنة مع نظام الإكساء باللباد العاكس

تمت المقارنة بين السلوك الحراري لنظام التسطيح التقليدي والمقترحة مع نظام تسطيح يستخدم في بعض الدول المجاورة للعراق، حيث يستخدم لباد ذو سطح عاكس (معامل انعكاسه 0.6) يلصق على الخرسانة مباشرة دون أي اضافات والجدول(1) يوضح ذلك، حيث يتضح أن درجة حرارة سطح اللباد 18.4 م° ، 25.3 م° خلال شهري كانون الثاني، آذار، أي تكون قريبة جداً مما يوفره التسطيح التقليدي بالرغم من وجود السطح العاكس ولكن بسبب سمك طبقة اللباد التي تقارب 5 ملم (k= 0.33) يجعلها تخزن الحرارة قبل نقلها الى الداخل، أما درجة حرارة السطح عند استخدامه صيفاً فكانت 46.4 م° ودرجة حرارة السطح الداخلي 43.8 م° . لذلك نجد أن كمية الحرارة المنتقلة الى المبنى تزداد عند تلك المنتقلة عند الأسلوب التقليدي وبنسبة تعادل 4.5% ، أي أن استخدام هذا الأسلوب ضمن الظروف المناخية للعراق سيزيد من استهلاك الطاقة اللازمة للتكييف بنسبة 4.5% .

ز- كلفة نظام التسطيح :

لغرض المقارنة بين كلفة نظام التسطيح التقليدي والمقترح، تم افتراض أن مساحة السقف المطلوب تسطيحه (60) م2 (ومن ثم تم إيجاد سعر تنفيذ المتر المربع الواحد) وبالاعتماد على أسعار سوق العمل السائدة في مدينة بغداد – 2012 وكما موضح في الجدول(1). حيث يتضح أن تكلفة التسطيح الحالي (التقليدي) هي الأرخص من ناحية الكلفة الأولية للإنشاء، بينما النظام المقترح ذو الفجوة الهوائية المفتوحة يزيد عنه بنسبة (60-80)% ولكن النظام المقترح يقلل الأحمال الإنشائية الساكنة ويزيد من تكلفة الإنشاء ولكنه يقلل كثيراً من كميات الحرارة المتسربة خلاله الى المبنى صيفاً، لذلك يعتبر هو الأرخص عند حساب الكلفة الكلية.

مما تقدم ، يمكننا تثبيت الاستنتاجات التالية :

1- ان استخدام التسطيح التقليدي يوفر 344 كغم/م2 أحمال ساكنة مما يتطلب مراعاتها أثناء تصاميم أسس وهيكل المبنى، بينما الأسلوب المقترح يقلل هذه الأحمال بحوالي 300 كغم/م2.

2- درجة الحرارة الأقصى لسطح البلاطة الخرسانية في أسلوب التسطيح التقليدي/ الاعتيادي كانت 64 م° / خلال فصل الصيف ، في حين درجة حرارة السطح الداخلي لسقف الغرفة اقترب من 50 م° في حين انخفضت تلك الدرجات عن استخدام التسطيح المقترح ذي الفجوة المفتوحة وكانت (42,49) م° وعند الفجوة المغلقة وصلت الى (44,51) م°

3- فترة التأخير الحراري للمقطع في حالة التسطيح التقليدي كانت في حدود (6) ساعة بينما للنظام المقترح ذي الفجوة المفتوحة كانت في حدود (4) ساعة .

4- ان استخدام الأسلوب المقترح مع فجوة هوائية مفتوحة يوفر طاقة كهربائية تعادل 37% مما يتطلبه التسطيح التقليدي.

5- بالإمكان استخدام الأسلوب المقترح مع فجوة هوائية مغلقة عند عدم امكانية توفير حركة هواء خلالها ، والتوفير سيقل عندها الى 30%

6- لكون أن الجزء الأضعف في تحمل الضغوط المسلطة على السقف هي الأنابيب البلاستيكية سداسية الشكل والتي عن طريقها توفر فجوة الهواء سواءا أكانت مفتوحة أم مغلقة، لذلك فان عدم وجودها بالأسلوب المقترح المفتوح سيقلل نسبة التوفير الى 27% .

7- لا ننصح باستخدام نظام اللباد ذو السطح العاكس في الأجواء الحارة لعدم فاعليته بل أنه يزيد من استهلاك الطاقة بنسبة 4.5% .

جدول (1) مواصفات نظم التسطيح التقليدية والمقترحة والخصائص الحرارية لهم

اسلوب التسطيح	وجود فجوة هوائية	وزن التسطيح Kg/m^2	الانضغاط kN/m^2	متوسط درجات الحرارة للأشهر *												T.R. Q	PE Kw/hr	النسبة المئوية للتخفيض %
				كانون الثاني				آذار				تموز						
				Δt C°	Ti C°	T_o C°	T_{sh} C°	Δt C°	T_i C°	To C°	Tsh C°	Δt C°	T_i C°	T_o C°	T_{sh} C°			
النظام التقليدي	__	344		11.5	11.5	19.8	13.7	1.8	24.8	30.5	21.7	11.5	43.1	48.5	40.7	68.8	29.4	__
النظام المقترح	فجوة مغلقة	44		11.8	11.2	16.9		__	23.2	28.1		13.2	39.2	41		48.7	20.8	-30
	فجوة مفتوحة	43		13.9	9.1	13.8		__	21.7	27.4		12.1	38.1	40.4		43.4	18.5	- 37
	عدم وجود	40		10.8	12.2	17.5		1.5	24.5	32.2		13.6	39.6	42.2		50.7	21.7	- 27
النظام المعمول في بعض دول الجوار	لباد عاكس	4		7	16	18.4		2.13	25.13	25.3		17.8	43.8	46.4		72.6	31	+ 4.5

* متوسط درجة حرارة السطح لليوم الـ (21) من الشهر هي جمع تغير درجة الحرارة خلال فترة القراءات وتقسيمها على عدد القراءات

T_{sh} – درجة حرارة هواء البيئة في الظل C°

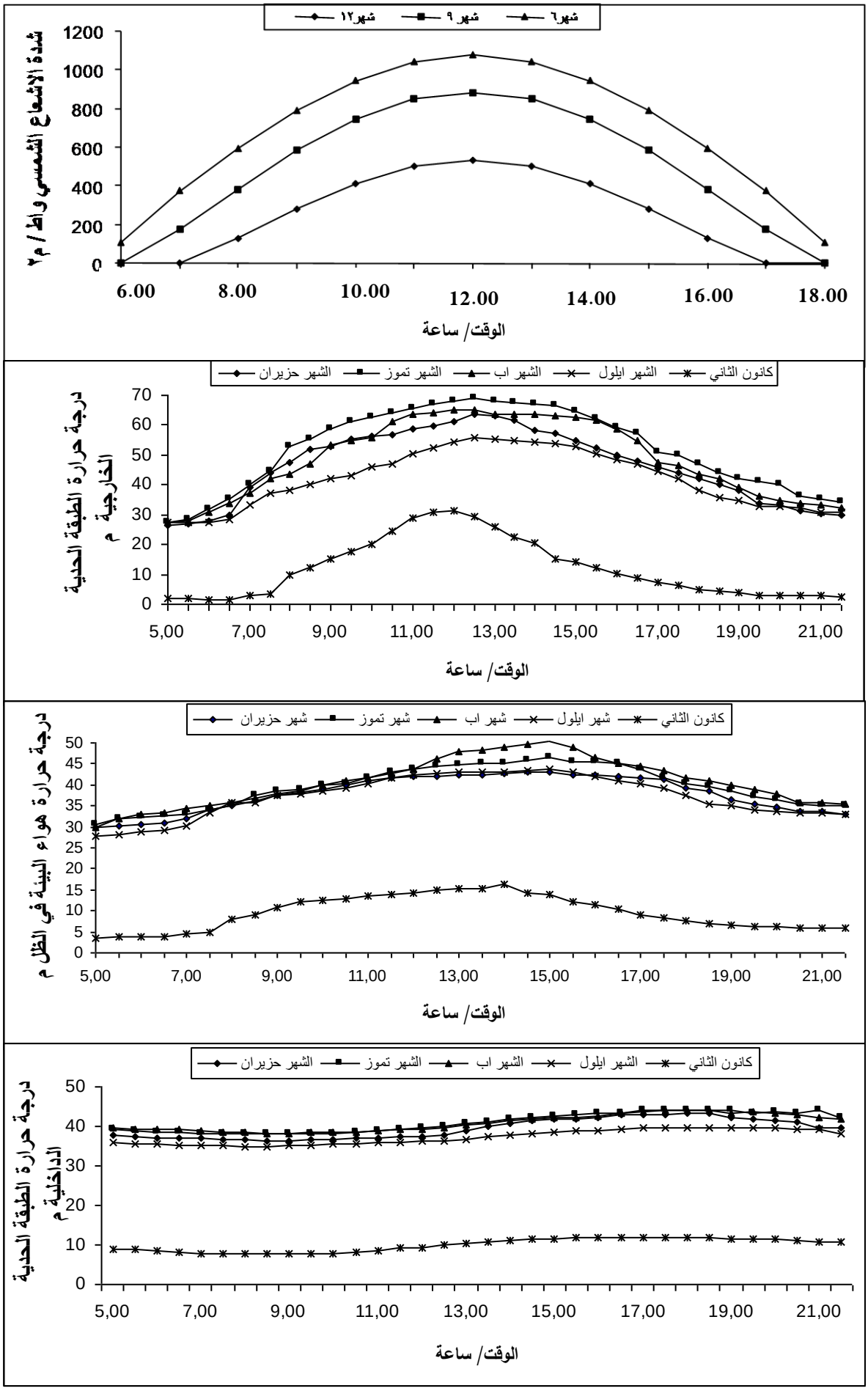
T_o – درجة حرارة سطح السقف المواجه للبيئة C°

T_i – درجة حرارة سطح السقف المواجه للغرفة C°

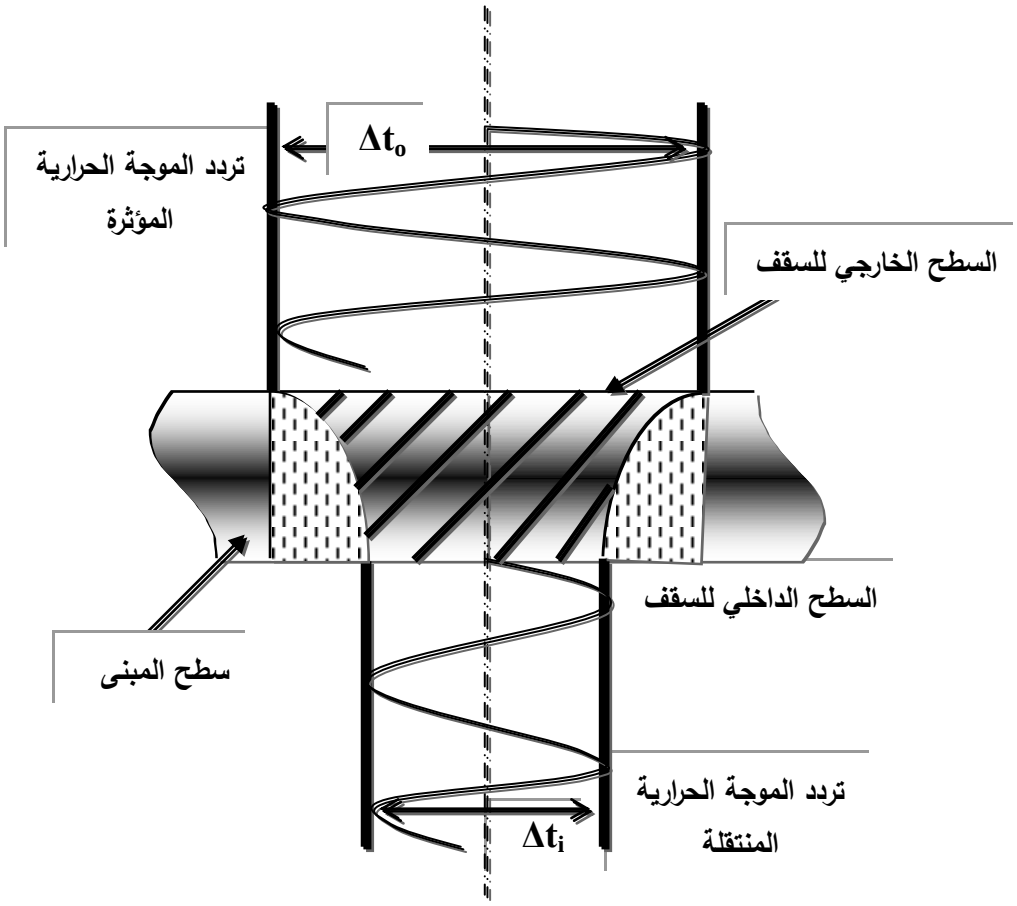
Δt - فرق درجات الحرارة بين سطح السقف المواجه للغرفة والظروف التصميمية للغرفة

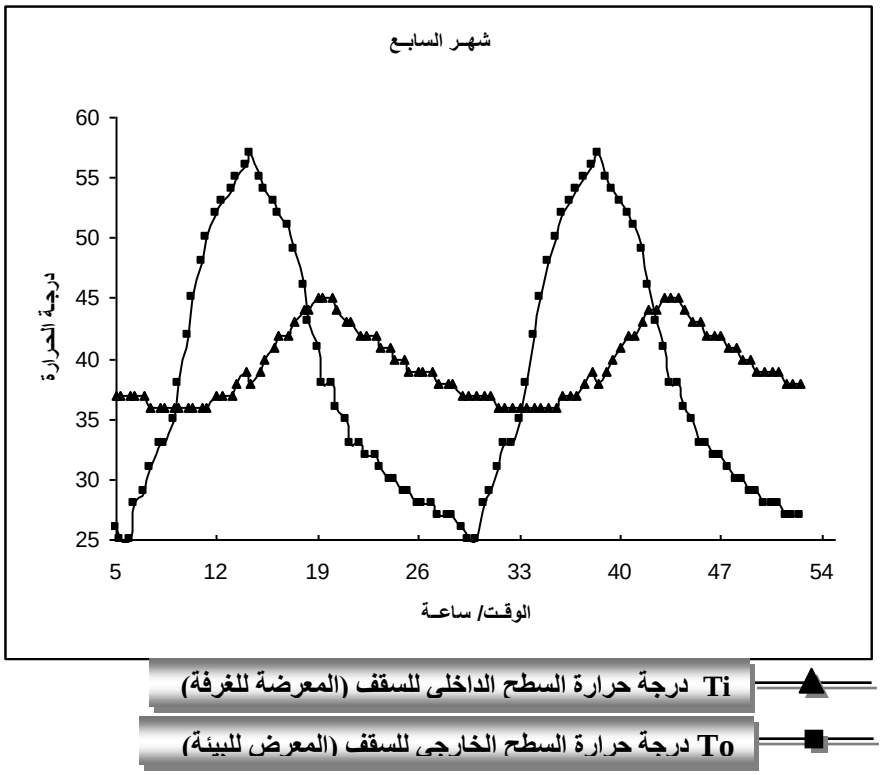
Q – حمل التكييف بوحدات (طن . تبريد)

PE – كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل مكيفة الهواء (kw – hr)

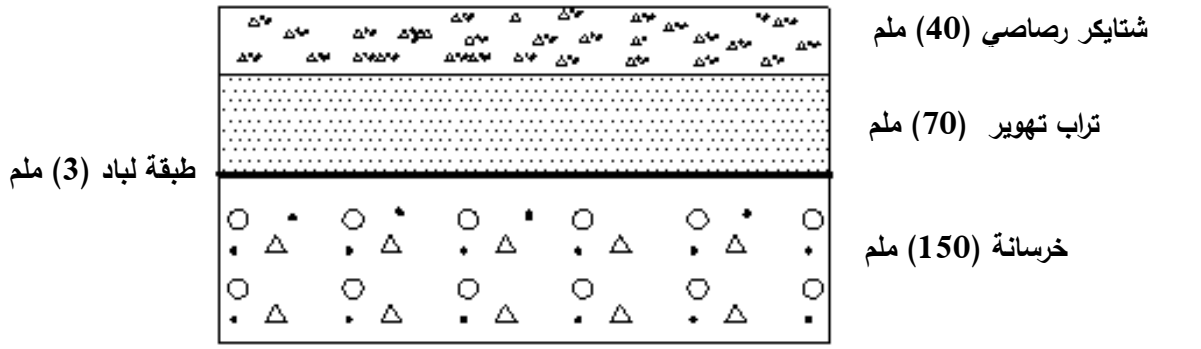


شكل (1) تغير الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة السطوح والظل بتغير الوقت (قياسات الباحث لعام 2008)

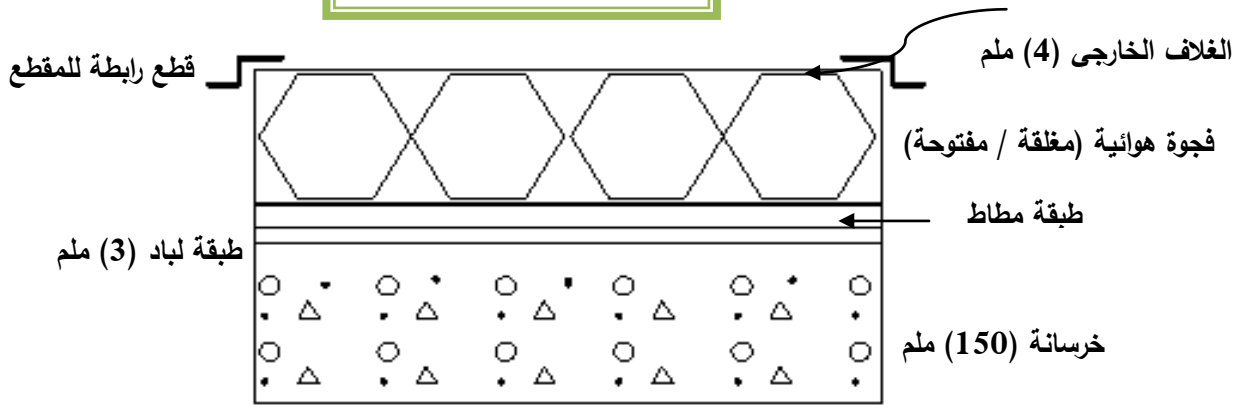




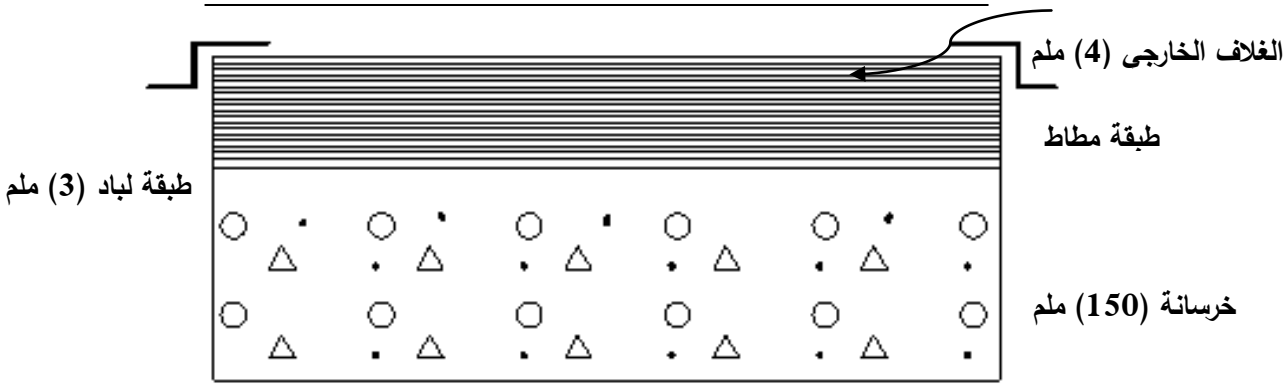
شكل (2) تردد الموجة الحرارية الخارجية المؤثرة على السقف والموجة المنتقلة الى الداخل (قياسات الباحث)



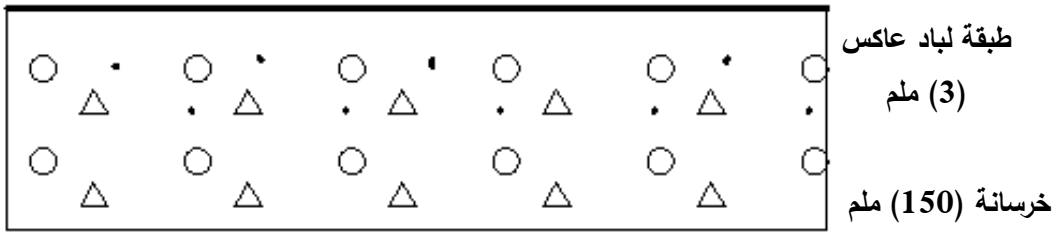
التسطيح الاعتيادي/ التقليدي



التسطيح المقترح مع فجوة هوائية

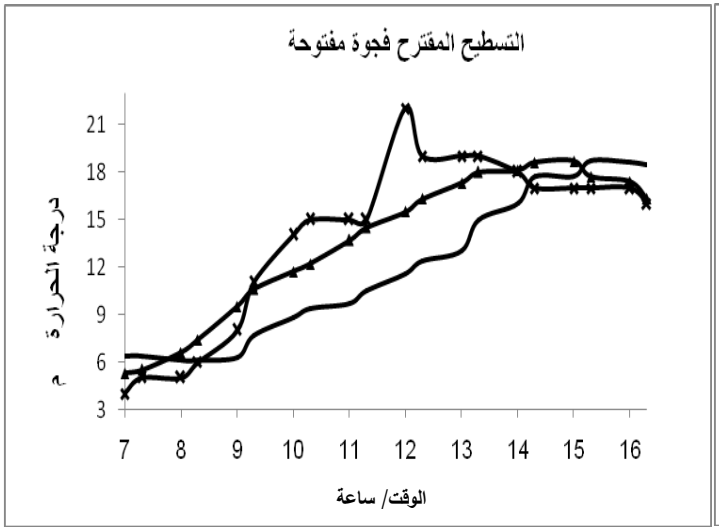


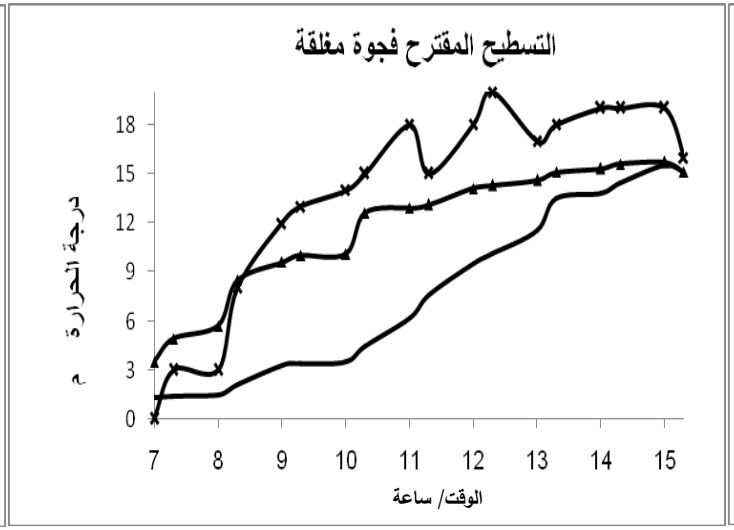
التسطيح المقترح بدون فجوة هوائية

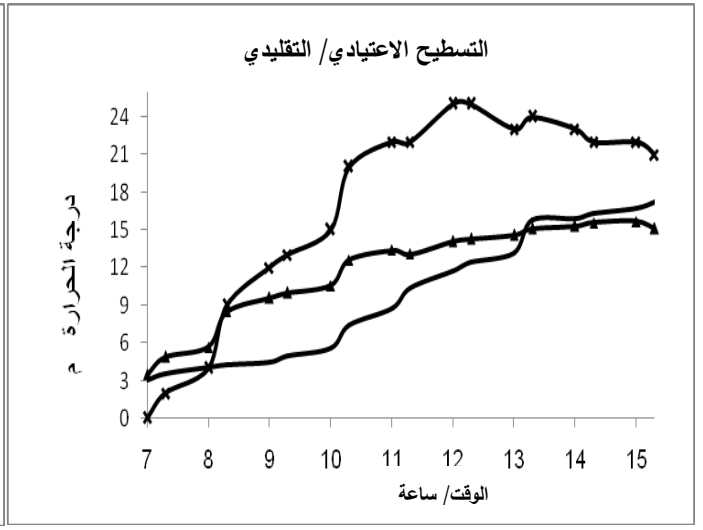


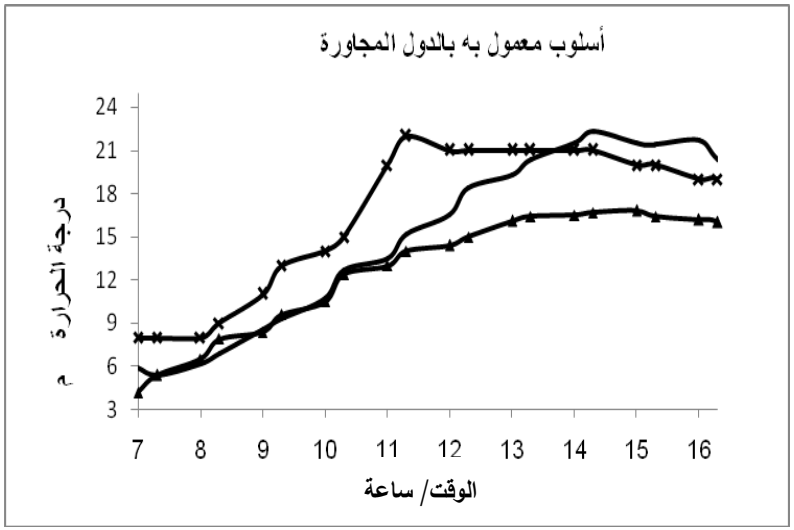
التسطيح في بعض الدول المجاورة للعراق

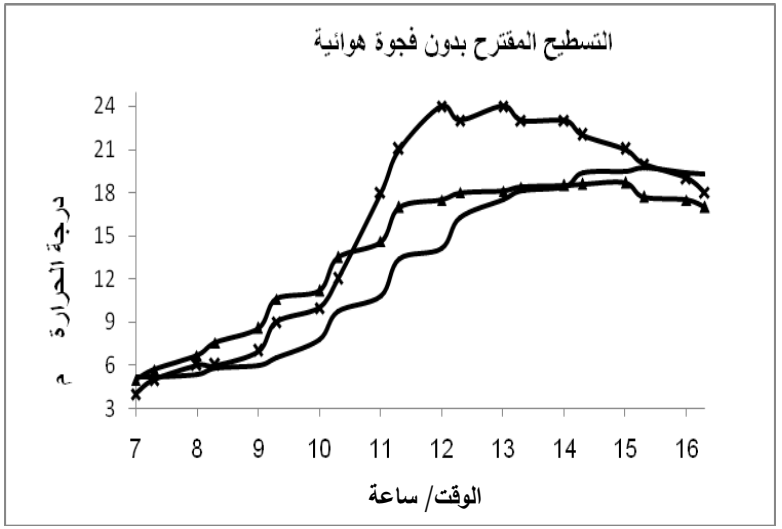
شكل (3) مواصفات التسطيح التقليدي/الاعتيادي والمقترح



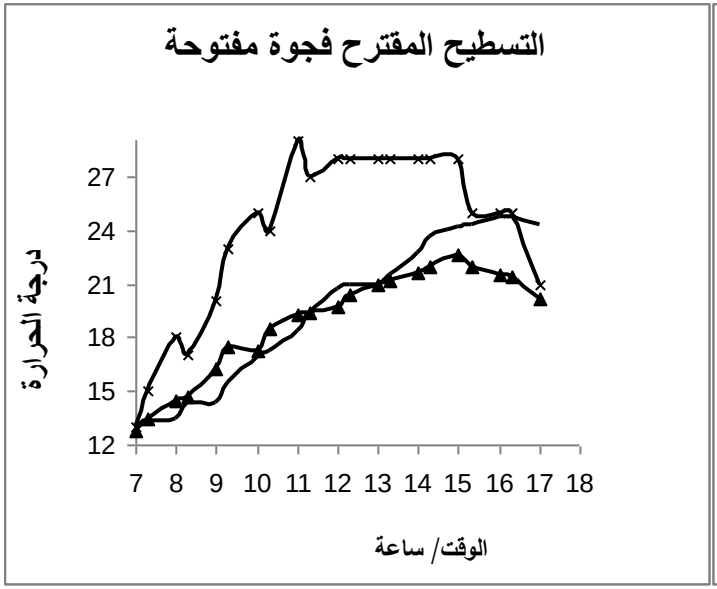


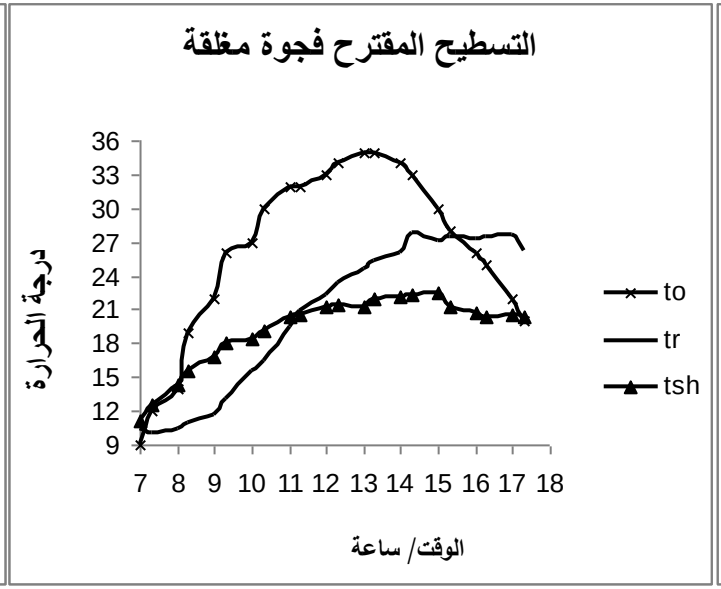


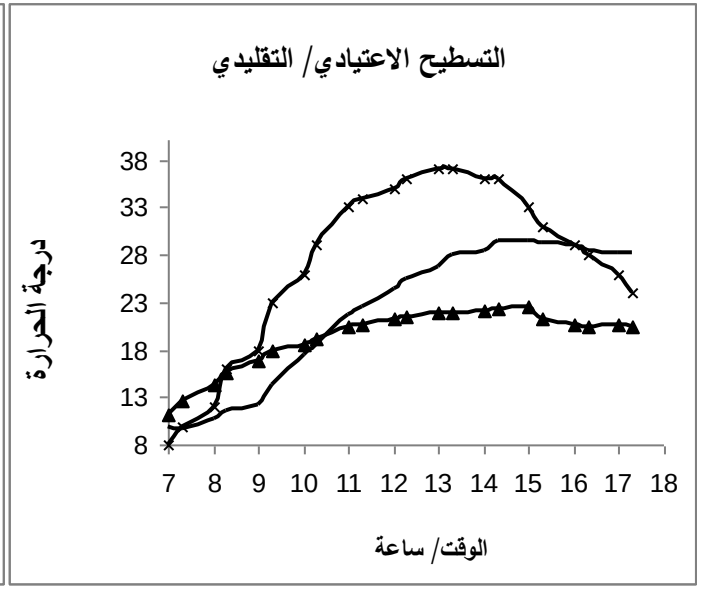


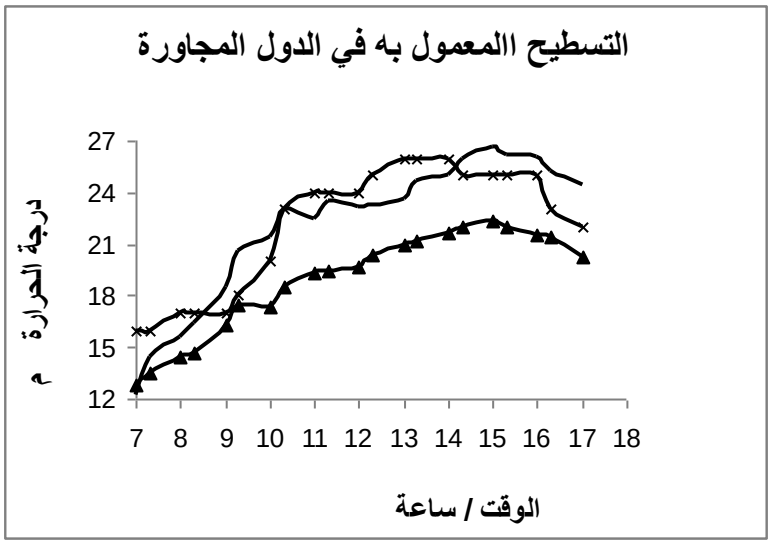


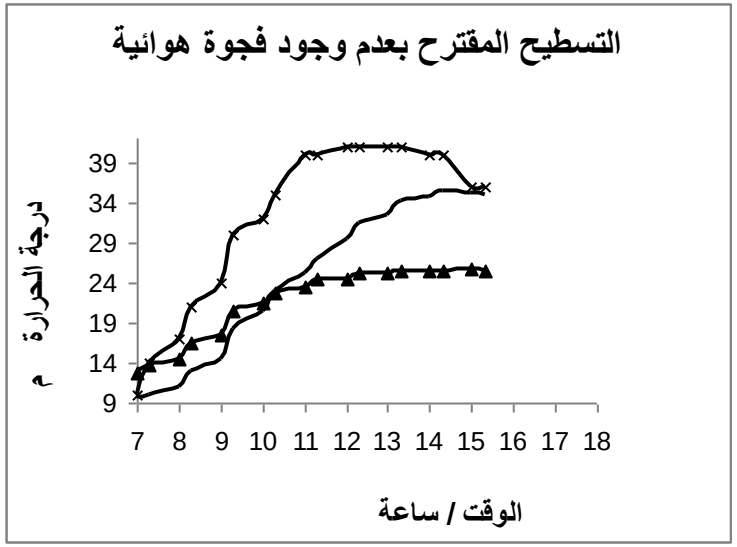
شكل (4) السلوك الحراري للتسطيح المقترح والتقليدي لشهر كانون الثاني / 2012



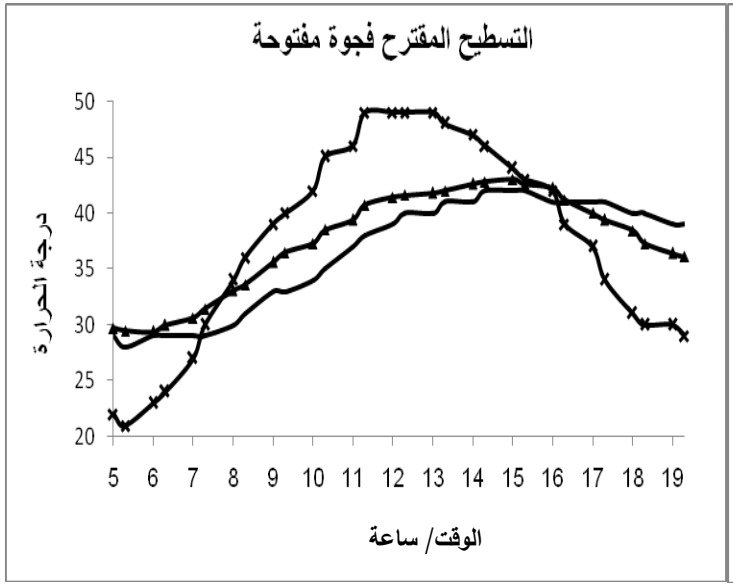


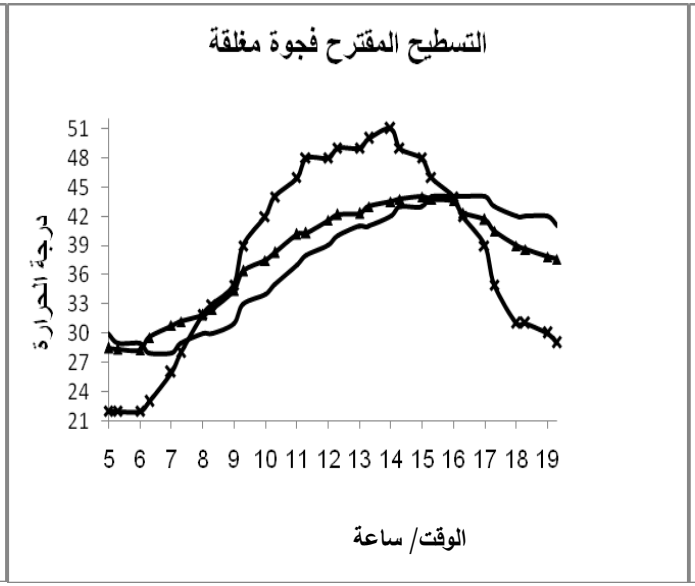


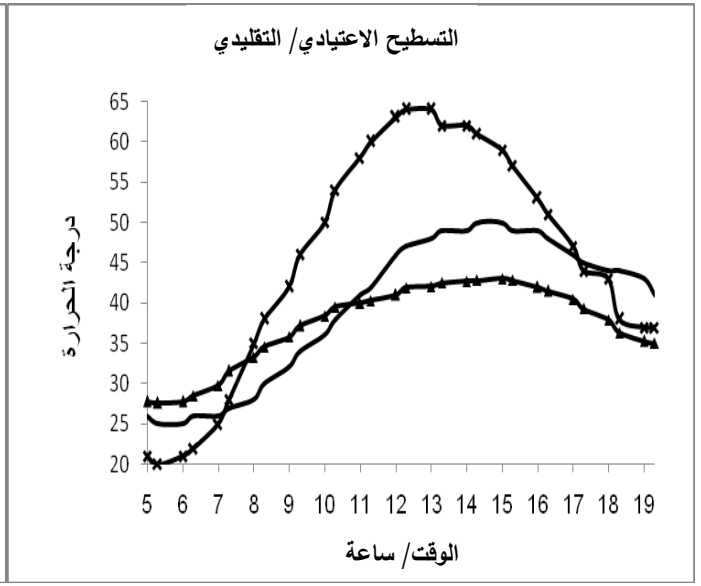


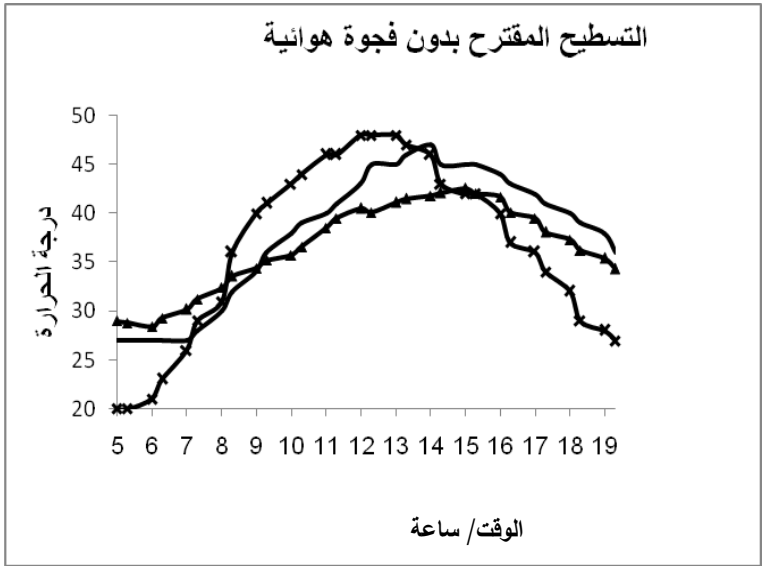


شكل (5) السلوك الحراري للتسطيح المقترح والتقليدي لشهر آذار / 2012









درجة حرارة الهواء المتاخم لسطح الجدار المعرض للغرفة T_i

درجة حرارة الهواء المتاخم للجدار الخارجي المعرض للبيئة T_o

درجة حرارة هواء البيئة (الظل) T_{sh}

شكل (6) السلوك الحراري للتسطيح المقترح والتقليدي لشهر آب / 2011

المصادر :-

1.Hasan – Atif Ali (Optimum Insulation Thickness for Iraqi Walls and Roofs) symposium of thermal insulation in hot climates, Scientific research council – Iraq – 1984 .

2.Amori, Dr. Kerima E. , Baqir Ameer K. (Analysis of Thermal Energy Storage System With Two Phase Flow) / the 6th engineering conference, college of Eng. , University of Baghdad, Iraq 2009.

3.Zhu-L , Hurt-R. , Correa-D. , Boehm-R. ["Comprehensive energy and economic analysis on a zero energy house versus a conventional house"] Energy-vol.34, issue9, Sept. 2001.

4.Drazio-M. D. , Pema-C. B. Guseppe-I. D. ["The effect of roof covering in the thermal performance of highly insulated roof in meditierean climates"] Energy & Building, vol. 41, issue 10- Oct. 2010.

5.Gagliano – A. , Potania – F. , Nocera – F. , Ferlito – A. , Galesi – A. ["The thermal performance of ventilated roofs during summer period"] Energy and Building Vol. 49, June- 2012 .

6.Susanti – L. , Homme – H. , Matsumoto – H. ["A naturally ventilated cavity roof as potential benefits for improving thermal environment and cooling load of a factory building"] Energy and building , Vol. 43, issue1 – Jan. 2011 .

7.Jones – W.P. (Air – Conditioning Eng.) , Edward Amold – London – 1987 .

8.Rohsnow, Warren & Hartaeti, James P. (Handbook of heat transfer) MCGraw – Hill book Company, N.Y. USA – 1973.

9.Arora – S. Domkundwar (A course in refrigeration and Air-conditioning) Dhanpat Rai & sons – Delhi – 2007.

10. ASHRAE "Handbook of fundamentals" , American Society of heating, refrigeration & air-conditioning , Eng., U.S.A. , 1992 .

11. علي حسن – عاطف، لطيف – مثنى (تحليل مسارات الطاقة المستهلكة في القطاع السكني في العراق) المؤتمر العلمي الأول – الكلية التقنية – النجف/ العراق / 2008.

12. علي حسن – عاطف (تقليل انتقال الحرارة خلال الجدران غير الساندة باستخدام نظام ثنائي القشرة وبدائل عن الطابوق) مجلة كلية الهندسة / جامعة القادسية / 2009.

13. الدوري – د. مجيد ، حسن ، عاطف ، وآخرون (معاملات انعكاس الأشعة الشمسية من أسطح مواد الإنهاء المستخدمة في العراق) المؤتمر العلمي الخامس / مجلس البحث العلمي – العراق / 1989.

14. الدوري – د. مجيد ، حسن ، عاطف علي ، وآخرون (الصفات الحرارية لمواد البناء المحلية) المؤتمر العلمي الأول للطاقة – وزارة النفط – العراق 1992.

15. علي حسن- عاطف (تقليل انتقال الحرارة من السقوف الخرسانية للأبنية السكنية بتغيير زاوية ميلها) المؤتمر الثاني / كلية الهندسة/ جامعة بابل – 2009.

16. علي حسن – عاطف (الحرارة المنتقلة من سقف المبنى ونظام التسطيح المستخدم) مقبول للنشر في المجلة العراقية لهندسة الميكانيك/ جامعة بابل/ 2011.

17. كامل شعبان – عوني ، الجوادي – مقداد (التحليل المناخي للعراق وأثره على العمارة) تقرير من منشورات مركز بحوث البناء – مجلس البحث العلمي / العراق / 1973

18. علي حسن – عاطف (دراسة تأثير التصميم المعماري لنوافذ واجهات الأبنية على ترشيد استهلاك الطاقة) اطروحة ماجستير / قسم المكائن والمعدات / الجامعة التكنولوجية / العراق – 1983.