# تأثير زاوية ميل وتوجيه السقوف المائلة للأبنية الهيكلية في مدينة بغداد على الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف فيها (دراسة تجريبية)

عاطف علي حسن/ استاذ مساعد – معهد التكنولوجيا – بغداد
Email – Atif56ali@yahoo.com

**الملخـــص :**

يهدف البحث الى دراسة تغيير كلا من زاوية ميل وتوجيه السقوف المائلة المستخدمة في الأبنية الهيكلية (الحديدية والخرسانية) المشيدة في مدينة بغداد (خط عرض 33.3 درجة شمالاً) وتأثيرها على قيمة الكسب الحراري الشمسي المنتقل خلال سقف المبنى، وتأثير ذلك على كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة لتكييف تلك الأبنية صيفاً. لذلك تم تشييد نموذج مبنى هيكلي أبعاده (1 x 1 x 1) م يتألف سقفه من جزئين، أولهما الأمامي (تتغير زاوية ميله في الحدود (5 – 45) درجة مع الأفق) والآخر خلفي (تتغير زاوية ميله في الحدود (90 – 5) درجة مع الأفق)، إضافة الى إمكانية دوران السقف بأكمله أفقياً ثمان مرات.

توصل الباحث الى أن العلاقة بين قيمة زاوية ميل كلاً من الجزء الأمامي والخلفي للسقف والتي تحقق أقل طاقة تكييف مطلوبة خلال فترة الصيف ستكون كما يلي :

زاوية ميل الجزء الأمامي (أقل من 20) ، يتحقق الاستهلاك الأقل للطاقة للاتجاه الشمال، الشمال الشرقي والشمال الغربي عندما تكون زاوية ميل الجزء الخلفي 20 درجة مع الأفق، بينما للاتجاه الشرق–الغرب و الجنوب الشرقي عندما تكون زاوية الميل 10 درجة مع الأفق، بينما الاتجاهات الأخرى تكون زاوية الميل فيها 5 درجة، وعندما تكون زاوية ميل الجزء الأمامي مساوية الى (20) درجة، فنجد أن زاوية ميل الجزء الخلفي التي تحقق أقل طاقة مطلوبة لجميع الاتجاهات هي (5) درجة، وعندما تكون زاوية ميل الجزء الأمامي للسقف أكبر من (20) درجة، ان قيمة زاوية ميل الجزء الخلفي والتي تتحقق الطاقة الأقل في الاتجاهات الشمال، الشمال الشرقي عند (20) درجة بينما للاتجاه الجنوبي عند زاوية ميل 5 درجة وبقية الاتجاهات يتحقق الاستهلاك الأقل للطاقة عند (10) درجة زاوية ميل الجزء الخلفي من السقف. وكذلك يتضح أن السقف الذي له زاوية ميل أمامية 20º وخلفية 10º يحقق أقل طاقة مطلوبة للتكييف صيفاً.

**الكلمات الرئيسية :– تغيير زاوية ميل الأبنية الهيكلية – تقليل الطاقة المطلوب للتكييف – سقف الأبنية الهيكلية – تقليل انتقال الحرارة من السقف المائل.**

# The Effect Of Sloping Angle And Orientation Of Inclination Roofs In Frame Building In Baghdad City On it's The Electrical Energy Consumption For Cooling Purpose
## (Experimental Study)

**Assist. Prof. Atif Ali Hasan**
**Institute of technology – Baghdad**
**Email – Atif56ali@yahoo.com**

## Abstract :-

The object of this paper is to find the relationship between slop angle, orientation for inclination roofs which used in frame building (steel & concrete) in Baghdad city. (Latitude 33.3º North), and it's effect on the solar heat gain value which transferred through that roofs and it's effect on the electrical power consumption for summer cooling purpose.

The researcher is build (1 x 1 x 1)m frame building sample, it's roof is rotated horizontally eight times and is made by two parts, first part is called frontal part (it's slop angle would vary from 5° to 45°), the second part is called rear part (it's slop angle would vary from 90° to 5°).

Finally , the researcher was found the relationship between that angles will be taken the following form :

- If frontal angle less than 20°, the minimum electrical energy was occur at North , North East and North-West, when rear angle is 20°, while , for East, West and East-South was occur at 10°, the another orientation at 5°.
- If frontal angle equal to 20°, the minimum electrical energy for cooling was occur at 5° rear angle for all orientation.
- If frontal angle more than 20°, the minimum electrical energy was occur for North & East North at 20° rear angle, while, for South orientation at 5°, while the other orientation was occur at 10° rear angle.

And also, can notice that the roofs 20° frontal angle & 10° rear angle is consuming lowest energy for cooling with all orientation .

**Main words :- Frame building ceiling, heat transferred reduction, inclined ceiling, angle of ceiling changing, energy reduction in cooling building.**

## المقدمـــــة :

أن تزايد استخدام النظام الهيكلي (الحديدي والخرساني) ذو السقف المائل، كنظام تشييد للأبنية قليلة الارتفاع في الآونة الأخيرة، باعتباره الأسرع في الانجاز إضافة الى اعتماده النمطية في التشييد، ويتم تقسيم الحيز الداخلي للمبنى باستخدام الجدران غير الساندة، تبعاً لوظيفة المبنى. أن سقوف تلك الأبنية تكون مائلة وتتألف من زوج من الصفائح المعدنية (ثنائية القشرة) تنحصر بينها عازل حراري سمكه (75) ملم بالأغلب، وفي بعض الأحيان يستخدم سقف ثانوي لتحقيق هدفين أولها تقليل تأثير البيئة على الحيز الداخلي وثانيهما توفير الشكل الجمالي الأفقي للسقف.

أن قطاع الأبنية في العراق يستهلك طاقة كهربائية تعادل (75) % من إجمالي ما تم إنتاجه من طاقة كهربائية لعام 2006 (المجموعة الإحصائية 2007) وأن (70)% من تلك الطاقة تصرف لتوفير الظروف الحرارية المريحة داخل تلك الأبنية عن طريق تشغيل مكيفات

الهواء. وبما أن سقف المبنى يتسبب في انتقال حرارة من أو الى داخل المبنى في الحدود (20–50)% من إجمالي الحرارة المنتقلة الى المبنى من البيئة (عاطف 2008)، لذلك تم دراسة تقليل التسرب الحراري من السقف من قبل العديد من الباحثين وعلى سبيل المثال، تم إضافة بعض المواد العازلة حرارياً بسمك محدد اقتصادياً (حسن 1984) أو جعل السقف الخرساني يميل بزاوية (0–5) درجة أو تشييد هيكل يوفر هذا الميل ويتم تغليفه بعدة مواد عازلة حرارياً (علي حسن 2009)، أو كما تم تحديد موقع وكمية العازل المضاف للسقف (عبود – 1986) أو استخدام مواد ثنائية الطور لامتصاص الأحمال الحرارية قبل وصولها سطح المبنى (Amer – 2008) ، لذلك نجد ضرورة إجراء دراسة تجريبية للسقوف المعدنية المائلة المستخدمة تحديداً في الأبنية الهيكلية بتغيير زاوية الميل والاتجاه لتحديد أثر ذلك على مقدار استهلاك الطاقة فيها .

**<u>الأبنية والبيئة :–</u>**

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 (لأكثر 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) 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–1975). أن الكسب الحراري خلال القشرة الخارجية للمقطع الإنشائي للمبنى يتألف من مجموع 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 – 87)، يجعلها تخزن جزءاً من الحرارة المنتقلة خلالها، حيث لا تظهر تقلبات درجة حرارة السطح الخارجي لمقطع الجدار 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)، ولكن بالرغم من ذلك، فان 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 جدران المبنى، فتقليل تلك الحرارة سيقود الى تقليل فترة تشغيل مكيفات الهواء وبالتالي تقليل كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف وبالتالي تقليل كمياتها المستهلكة في القطاع السكني.

**الأبنية ذات السقوف المائلة :**

أن تقسيم سقف المبنى الى جزئين متساويين وجعل كل منهما يميل بزاوية عن المستوى الأفقي مشكلاً مثلث في قمة المبنى، سهل سقوط كل ما يتجمع على السطح وخصوصاً الثلوج في المناطق الباردة، باتجاه الأسفل (باتجاه ميل السقف) وبذلك يتم التخلص مما ينشأ من أحمال ميتة إضافية على سقف المبنى، وكذلك أعطى هذا التشكيل المثلثي لسطح المبنى قوة تحمل وزنه أصلاً وبذلك انخفض عدد الأعمدة المطلوبة لتحمل وزن السقف مقارنة بالسطح الأفقي مما سبب في زيادة مساحة العمل الصافية تحتهُ. تختلف زاوية ميل هذا النوع من السقوف تبعاً لنوعية المنشأ والتصميم، فتكون في الحدود (30 – 60) درجة للأبنية الخشبية (ساكو ، ليفون 1986) وتقل لتصبح في الحدود (15 – 30) درجة للأبنية ذات الهياكل الحديدية أو الخرسانية الجاهزة (Callender 1982) .

أن كثافة الإشعاع الشمسي التي تصل سطح المبنى تتأثر بزاوية ميل السطح نفسه، لذلك سيكون لمقدار زاوية ميل السقف تأثير واضح في تغيير كمية الطاقة التي تؤثر بها على الحيز الداخلي للمبنى، وكما معروف فأن كمية الطاقة التي يستلمها السطح الأفقي أكبر نسبة الى ما يتم استلامه من بقية الأسطح لكونه مفتوح الى القبة السماوية ويصله شعاع الشمس منذ لحظة الشروق ولغاية الغروب، وتقل تلك الكمية بزيادة ميل السطح وصولاً الى الحالة العمودية (الجدار) حيث محدودية الفترة الزمنية التي يقابل بها أشعة الشمس بسبب دوران الأرض. وبسبب تزايد تنفيذ الأبنية في العراق باستخدام تقنيات الأبنية الهيكلية الجاهزة ذات السطوح المائلة (الحديدية أو الخرسانية) متعددة الاستخدام في الآونة الأخيرة، وبما أن العراق يتمتع بإشعاع شمسي لا يستهان به يتطلب تقليل تأثيره على الحيز الداخلي للمبنى، لذلك نشأت الحاجة لدراسة تأثير زاوية ميل السقف المائل واتجاهه على كمية الحرارة المنتقلة الى المبنى من خلاله، فوجد الباحثين (Neubauer & Cramer 1966) من خلال دراستهما للموضوع ان توجيه السطح المائل باتجاه الشرق – الغرب سيقلل من كمية الحرارة المنتقلة وهي نفس

النتيجة التي جاء بها الباحثين (Alias & Yahya 1988) حين تم دراسة الموضوع نظرياً ضمن الظروف المناخية للعراق، ولكننا نجد من الضروري أن يتم تقسيم مساحة سطح المبنى الى جزئين غير متساويين، بحيث تكون زاوية ميل كل منهما مختلفة، وبهذا سيكون جزئي سقف المبنى غير متماثلين، كما موضح في الشكل (3)، وبهذا ستختلف كمية الطاقة الشمسية التي يستلمها كل جزء ، وبالتالي فان تقليل تلك الكمية سيؤدي الى تحديد زاوية ميل الأمثل ولكل جزء وحسب التوجيه.

**خطـــة البحـــث :-**

لغرض تحقيق هدف البحث في دراسة تأثير تغير زاوية ميل السقف على الطاقة المستهلكة لتوفير المستوى القياسي للراحة الحرارية فيها، تم إعداد نموذج لمبنى هيكلي أبعاده (1 x 1 x 1) م، يقع في الطابق الثالث من مبنى سكني، يتألف سقفه من جزئين، لهما إمكانية تغير زاوية ميل كل منهما بمعزل عن الآخر وكما موضح في الشكل (3) ، وله كذلك إمكانية الدوران أفقياً لتغير التوجيه، تم تسمية الجزء الأول – بالجزء الأمامي من السقف (المرتبط مفصله (محور حركته) بواجهة المبنى) بينما تسمية الجزء الآخر – بالجزء الخلفي للسقف (المرتبط مفصله (محور حركته) بخلفية المبنى.

وتم تثبيت المتغيرات التالية :

1- منطقة البحث/ مدينة بغداد – خط عرض 33.3 درجة شمالاً (باعتبارها متوسط خطوط العرض المارة بالعراق).
2- لصعوبة تصنيع مبنى هيكلي ذو أبعاد حقيقية (80م x 18) م أي أن عرض قاعدة السقف 18م وتمتد الى طول 80م، تم تصنيع نموذج بأبعاد (1x1)م وتسجيل القراءات البيئية خلاله و لأغراض إتمام الحسابات تم اعتماد البناء الحقيقي.
3- لغرض تقليل انتقال الحرارة من خلال جدران المبنى (النموذج) تم تغليف الجدران والأرضية بعازل حراري (ستايربور) سمك 200 ملم [(الكثافة 26 كغم/م$^3$) – معامل التوصيل الحراري 0.03 واط/م. ك)] لجعل انتقال الحرارة خلال سقف المبنى هو الأكثر تأثيراً.
4- تم تشييد سقف المبنى من قطعتين، كل منها مؤلفة من زوج من صفائح حديدية مغلونة قياس (20) ( السمك 0.996 ملم) مع استخدام عازل حراري سمك 75 ملم بينهما (سقف ثنائي القشرة) (نفس الأسلوب المتبع في تغليف سقوف الأبنية الهيكلية).
5- استخدام مكيفة هواء جدارية، سعتها (0.5) طن تبريد، لتوفير الظروف الحرارية القياسية داخل الغرفة.

6- الظروف القياسية المطلوب المحافظة عليها(26.5م° بصلة جافة،65% رطوبة نسبية) صيفاً، لكون إشغال الحيز أكثر من 40 دقيقة ودرجة حرارة الظل أعلى من 45°م (Arora – 2007)

7- الأرض المحيطة بالنموذج –البلاطات الخرسانية رصاصية اللون (800 x 800 x 40) ملم

8- استخدمت مقاييس درجات الحرارة نوع
(Intelligent Auto – Digital thermometer by Victor company)
وجهاز قياس الإشعاع الشمسي المصنع من نفس الشركة.

9- تسجيل كمية الطاقة الشمسية التي يستلمها السطح ودرجات حرارة الطبقة المتاخمة للسطح الخارجي والداخلي للسقف المائل ، ودرجة حرارة الغرفة والبيئة (الظل) خلال يوم واحد من كل شهر من أشهر الصيف (5:00 صباحاً – 7:30 مساءاً)

10- تسجيل كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل مكيف الهواء وللفترة ذاتها.

11- استخدام أسطح مثلثة الشكل ثنائية القشرة مع عازل (75) ملم، تعمل كجوانب للسقف المائل.

12- عدم تغيير زاوية ميل جانبي السقف الأيمن والأيسر عند تغيير زاويتي السقف الأمامية والخلفية.

أما متغيرات البحث فهي :

1- تغيير زاوية ميل الجزء الأمامي من السقف في الحدود (5 – 45) درجة (5 درجة، 10 درجة، 20 درجة، 30 درجة، 45 درجة) عن الأفق بثبوت زاوية ميل الجزء الخلفي.

2- تغيير زاوية ميل الجزء الخلفي من السقف في الحدود (90 – 5) درجة (90 درجة ، 60 درجة ، 45 درجة، 30 درجة، 20 درجة،10 درجة،5) درجة مع الأفق مع تكرار تغير زاوية ميل الجزء الأمامي (كما في الفقرة السابقة) .

3- تغيير توجيه المبنى ثمان مرات .

**<u>نتائـــــج البحـــــث والمناقشـــــة :-</u>**

لغرض التوصل الى حدود تأثير شكل سقف المبنى المائل على مقدار الطاقة المستهلكة لأغراض تكييفه (توفير المستويات القياسية للراحة الحرارية) تم قياس شدة الإشعاع الشمسي التي يستلمها السطح وكذلك درجة حرارة الطبقة المتاخمة للسطح بتغير ساعات اليوم الواحد وبتغير التوجيه وكما موضح في الشكل (4)، بينما متوسط درجة حرارة الطبقة المتاخمة الداخلية للسقف المائل (المواجهة للبيئة) وتغيرها بتغير زاوية ميل السقف والتوجيه موضح في

الشكل (5)، بينما الطاقة الكهربائية المستهلكة لغرض توفير المستوى المحدد للراحة الحرارية وبتغير التوجيه وزاويتي السقف (الأمامية والخلفية) فموضحة في الشكل (6).

وفي أدناه مناقشة المتغيرات الرئيسية للبحث :

A- **تأثير البيئة على المبنى :**

الشكل (4) يوضح درجة حرارة الطبقة المتاخمة الخارجية وكمية الإشعاع الشمسي التي تستلمها الأسطح الأفقية والعمودية وبتغير التوجيه خلال ساعات اليوم الواحد ولشهر تموز، ويلاحظ أن السطح الأفقي الأعلى قيمة عند المقارنة مع بقية الأسطح (لكونه معرض للقبة السماوية ويصلها الإشعاع الشمسي من لحظة الشروق ولغاية الغروب)، حيث تقدر النسبة المئوية لما يصله من إشعاع يشكل 20% من إجمالي ما تستلمه الأسطح ، وعند افتراض أن السقف يميل بزاوية عن الأفق، تم قياس درجة حرارة الطبقة المتاخمة الداخلية للسقف المائل المؤلف من جزء واحد وكما موضح متوسطها اليومي في الشكل (5) وبتغير زاوية ميل السقف وتوجيهه حيث يلاحظ أن متوسط درجة الحرارة تقل بزيادة ميل السقف المائل، وذلك لتقليل درجة مواجهته للسماء ، ويتضح أن التوجيه للشمال يحقق أقل كسب حراري (لأن الإشعاع الشمسي يصله بصورة مائلة ولا يقابله أبداً) والتوجيه للغرب يحقق أعلى كسب حراري مهما تغيرت زاوية ميل السقف لكون كمية الطاقة التي يستلمها هذا السطح تكون كبيرة وفترة التعرض تكون طويلة كذلك).

B- **تأثير البيئة على السقف المائل المؤلف من جزأين :**

بما أن السقف مؤلف من قطعتين مائلتين، فان مقدار ميل كل جزء واتجاه له تأثير على كمية الطاقة المطلوبة لتكييف الحيز وكما موضح في تسلسل الرسوم البيانية في الشكل (6).

- فتغير زاوية ميل الجزء الأمامي من 45° ، الى أقل وبثبوت زاوية ميل الجزء الخلفي سيقلل من الكسب الحراري خلال السطحين مما ينعكس على تقليل كمية الطاقة المطلوبة للتكييف وبتغير التوجيه (لكون المساحة المعرضة ستقل).
- بتغير زاوية ميل الجزء الخلفي من 90° الى زاوية أصغر وبثبوت زاوية ميل الجزء الأمامي نجد أن الكسب الحراري الشمسي يقل وبالتالي تتناقص كمية الطاقة المطلوبة للتكييف وبتغير التوجيه (لكون أن إجمالي المساحة المعرضة تقل).
- تغير التوجيه يؤدي الى تغير الطاقة المطلوبة للتكييف وبتغير زاوية الميل الأمامية والخلفية وكما يلي :

- **التوجيـــه** الشمال – يلاحظ من خلال الشكل (6) ، أن كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف صيفاً ستكون دالة للعلاقة بين مقدار زاوية ميل الجزء

الأمامي والخلفي للسقف، فنجد عند 45° زاوية ميل الجزء الأمامي للسقف، يتحقق أقل استهلاك للطاقة عند زاوية ميل 20° للجزء الخلفي من السقف ومقدار الاستهلاك يكون 21920 كيلو واط – ساعة، بينما عند زاوية ميل أمامية 30°، سيتحقق الاستهلاك الأقل للطاقة عند 20° زاوية خلفية وسيكون مقداره 20671 كيلو واط – ساعة، وللزاوية الأمامية 10° ، 5° ، يكون القيمة الأدنى لاستهلاك الطاقة عند زاوية خلفية 20° وبمقدار 19027، 18777 كيلو واط – ساعة على التوالي. بينما زاوية ميل الأمامي 20° يتحقق الاستهلاك الأدنى عند زاوية خلفية 10° ومقداره 17046 كيلو واط – ساعة وهو المقدار الأدنى عند التوجيه باتجاه الشمال ولجميع قيم زاوية ميل الجزء الأمامي.

- **التوجيـــه** الشمال الشرقي – يلاحظ كذلك من الشكل (6) وعند التوجيه باتجاه الشمال الشرقي أن الزاوية الخلفية 20° تحقق أقل استهلاك للطاقة وعند زاوية ميل أمامية قدرها 45 °، 30° ، 10° ، 5° وأدنى قيمة للاستهلاك وعند كل زاوية ستكون (22936 ، 21401 ، 20577 ، 20989 كيلو واط – ساعة) على التوالي بينما عند زاوية ميل أمامية 20° ، تكون الزاوية الخلفية 10° تحقق أقل طاقة مستهلكة وتكون 18694 كيلو واط – ساعة وهي القيمة الأدنى بتغير زاوية ميل الجزء الأمامي.
- **التوجيـــه** الشرق – الجنوب الشرقي – الجنوب الغربي – الغرب – من ملاحظة الشكل (6) يتضح أن الاستهلاك الأقل للطاقة المستهلكة لأغراض التكييف صيفاً تتحقق عندما تكون زاوية ميل الجزء الخلفي 10° ومهما كانت قيمة زاوية ميل الجزء الأمامي (45°، 30°، 20 °، 10°، 5°) ولكن القيمة الأدنى أيضاً تكون عند 20° زاوية ميل أمامية ، حيث تكون (18312 ، 16416 ، 17756 ، 18114 ) كيلو واط – ساعة بتغير التوجيه (الشرق – الجنوب الشرقي – الجنوب الغربي – الغرب ) على التوالي .
- **التوجيـــه** الجنوب – ما يلاحظ من الشكل (6) أن كمية الطاقة الأدنى مستوى والمستهلكة لأغراض التكييف صيفاً تتحقق عند زاوية ميل الجزء الخلفي 5° والأمامي 45° ، 30° ، 10° ، 5° بينما تكون عند زاوية ميل الجزء الأمامي 20°، هي 10° زاوية خلفية ولكن يبقى القيمة الأدنى تتحقق عند 20° زاوية أمامية، 10° زاوية خلفية .
- **التوجيه** الشمال الغربي– يلاحظ من الشكل (6) أن كمية الطاقة الأقل مستوى والمستهلكة لأغراض توفير مستوى الراحة الحرارية القياسية صيفاً تتحقق عندما تكون قيمة زاوية الجزء الخلفي 10° وزاوية الجزء الأمامي (45°، 30°، 20°) ولكن

لبقية الزوايا تتحقق عند 20º زاوية خلفية. ولكن يبقى الأقل استهلاكاً للطاقة لهذا التوجيه عند زاوية ميل 20º أمامية 10º خلفية ومقداره 17108 كيلوواط–ساعة.

**C – <u>علاقة توجيه المبنى مع زاوية ميل السقف :</u>**

يلاحظ من الشكل (6) أن للتوجيه تأثير واضح في تغير قيمة الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف صيفاً ، فنجد أن توجيه الجزء الأمامي من السقف باتجاه الجنوب سيؤدي الى تقليل استهلاك الطاقة عند زاوية ميل أمامية قدرها 45º ، بينما يكون الاتجاه الجنوب الشرقي هو الأقل استهلاكاً للطاقة عندما تتغير زاوية ميل الجزء الأمامي لتكون 30°، 20º ، بينما يكون التوجيه نحو الشمال – الشمال الغربي هو الاتجاه الأقل استهلاكاً للطاقة وعند زاوية ميل أمامية قدرها 10°، 5º.

**D – <u>أفضل زاوية ميل اقتصادياً :</u>**

من خلال تحديد العلاقة بين قيم زاوية ميل الجزء الأمامي والخلفي للسقف والذي يحقق أقل استهلاك للطاقة لغرض التكييف مع تغير الاتجاه (كما موضح من الشكل 6) ، تم إعداد الشكل (7) الذي يوضح العلاقة بين مقدار زاوية ميل الجزء الأمامي للسقف وأقل طاقة مطلوبة للتكييف وبتغير الاتجاه والذي يمكن ملاحظة أن زاوية ميل الجزء الأمامي عند 20º وزاوية ميل الجزء الخلفي 10º يحقق أقل طاقة مستهلكة لأغراض التكييف صيفاً ومهما كان تغير الاتجاه.

ومما تقدم يمكن للباحث تثبيت العلاقة التالية بين قيمتي ميل زاوية الجزء الأمامي والخلفي للسقف المائل والتي تحقق أقل طاقة مطلوبة للتكييف وكما يلي :

1- زاوية ميل الجزء الأمامي أصغر من 20° – يتحقق أقل استهلاك للطاقة عند التوجيه الشمال – الشمال الشرقي – الشمال الغربي عند زاوية ميل جزء خلفي قدرها 20º بينما للتوجيه الشرق – الغرب – الجنوب الشرقي عندما تكون زاوية الميل 10° . أما الاتجاهات الأخرى فتكون عند الزاوية (5°) .

2- زاوية ميل الجزء الأمامي مساوية الى (20°) ، فنجد أن أفضل زاوية ميل للجزء الخلفي تكون 5º حيث تحقق أقل استهلاك للطاقة ولجميع الاتجاهات.

3- زاوية ميل الجزء الأمامي أكبر من 20°، فان قيمة زاوية ميل الجزء الخلفي والتي تحقق أقل استهلاك للطاقة عند زاوية ميل الجزء الخلفي 20º وللاتجاهات الشمال – الشمال الشرقي، بينما للاتجاه الجنوبي زاوية ميل 5°، أما بقية الاتجاهات فتحقق أقل استهلاك للطاقة عند زاوية ميل خلفية قدرها (10°) مع الأفق .

4- لغرض تقليل استهلاك الطاقة ومهما كان توجيه المبنى يفضل أن تكون زاوية ميل جزئه الأمامي 20º والخلفي 10º .

**المصـــــــادر :**


1- -Abud/D.W.(The Effect Of The Amount And Position Of Thermal Insulation On Heat Transfer Through Roofs) M.Sc.Thesis/Mechanical Eng. Baghdad university/1986 .

2- Alias, Nasar J. & Yahya, Amel. (Orientation and Roof Slop In Farm Building For Minimum Energy Input) 3ed Arad international solar energy conference, scientific research council, Iraq – 1988.

3- Amori – Dr. Kerima E. Baqir Ameer (Analysis of thermal energy storage system with two phase flow) the 6th engineering conference, college of Eng. University of Baghdad–Iraq–2009

4- Arora, S. Domkundwar (A Course in Refrigeration & Air– Conditioning) Dhanput Rai & Sons – Delhi – 2007.

5- Callender, John Hancock, (Time – Saver standard for Architectural Design Data, sixth edition , Mc Graw – Hill Book company, New-York – USA 1981.

6- Hasan, A. Atif (Optimum insulation thickness for Iraqi walls & Roofs) Symposium of the thermal insulation in hot climates, scientific research climates, council , Iraq 1984

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

8- Neubauer, L.W. & R.W. Cramer, (The Effect of Shape of Building on interior Air – Temp.) Paper No. 66-913, ASAE Winter meeting - , Chicago – Illinais – U.S.A., 1966.

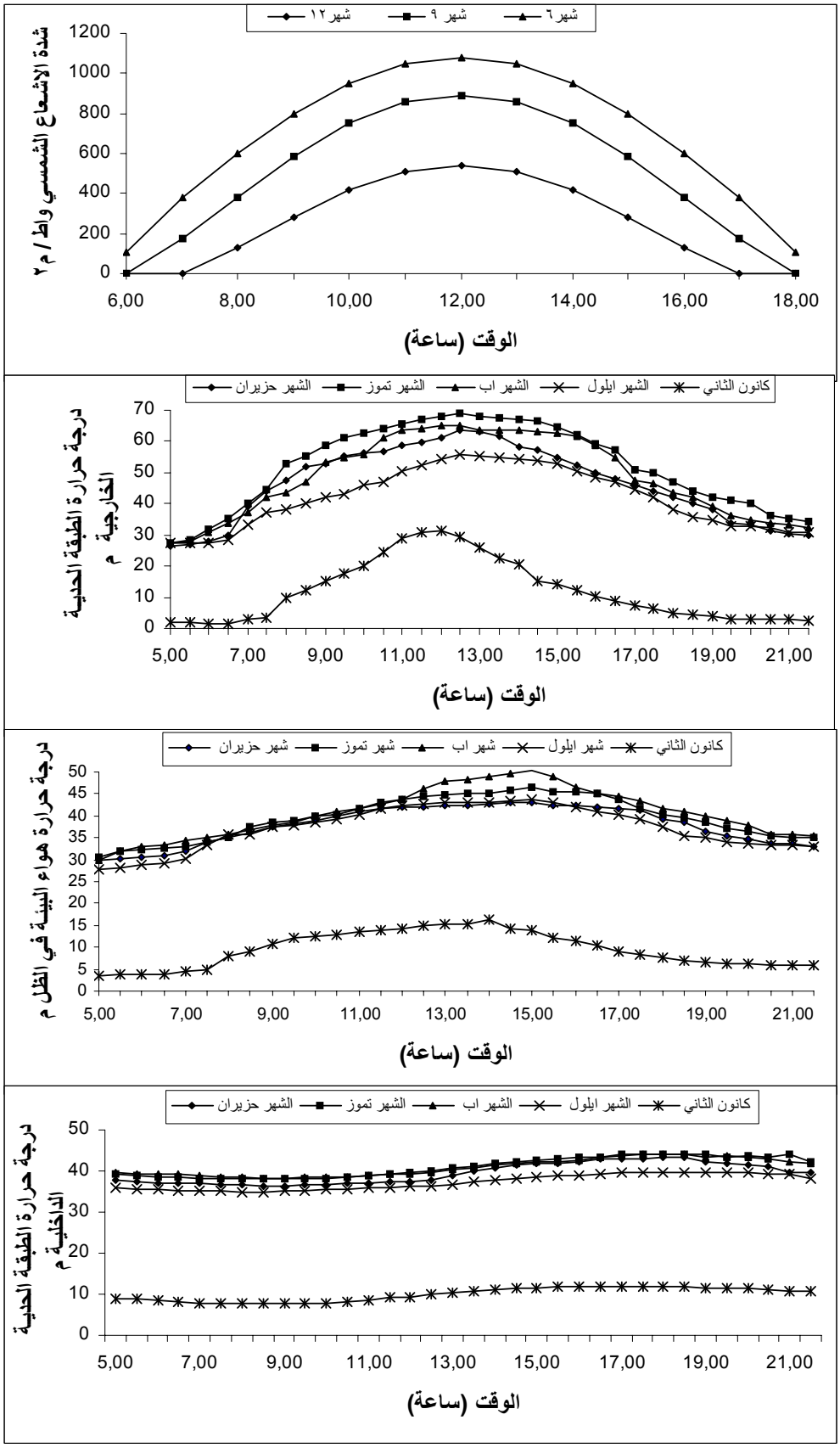
9- الجهاز المركزي للإحصاء/ المجموعة الإحصائية/ 2007. وزارة التخطيط والإنماء الحضري – العراق.

**10**- ساكو – زهير،ليفون– ارتين، (إنشاء المباني) مطبعة جامعة بغداد– العراق 1986.

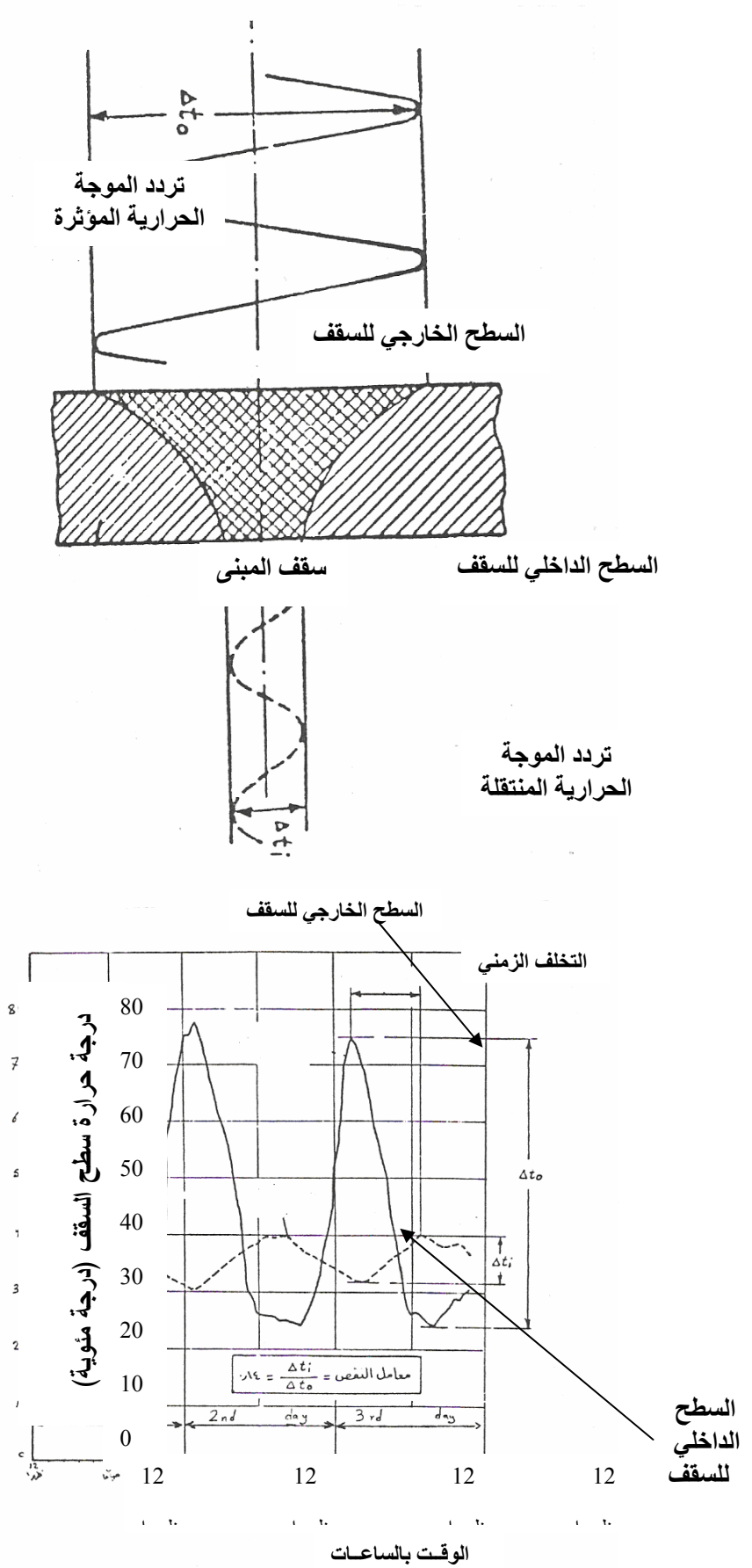
**11**- علي حسن. عاطف، لطيف. مثنى [تحليل مسارات استهلاك الطاقة في الأبنية السكنية في العراق] المؤتمر العلمي الأول/ الكلية التقنية/النجف – العراق 2008.

**12**- علي حسن. عاطف، تقليل انتقال الحرارة خلال السقوف الخرسانية للأبنية السكنية بتغيير زاوية ميلها/المؤتمر العلمي الأول/ كلية الهندسة/ جامعة بابل/ العراق 2009.

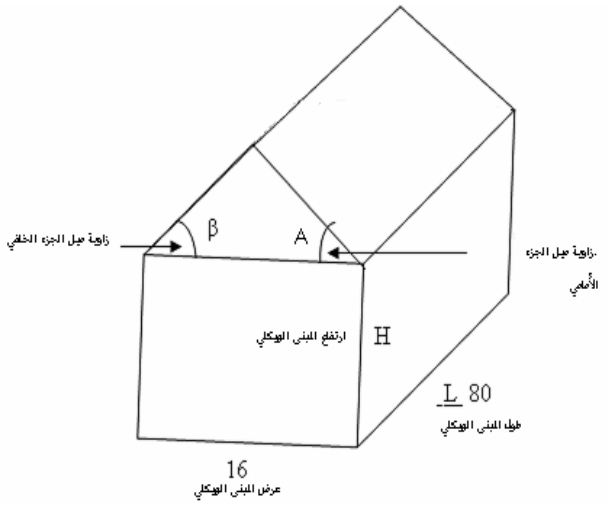
**13**- كامل شعبان – عوني، الجودي – مقداد (التحليل المناخي للعراق وأثره على العمارة) تقرير من منشورات مركز بحوث البناء – مجلس البحث العلمي / العراق 1975.



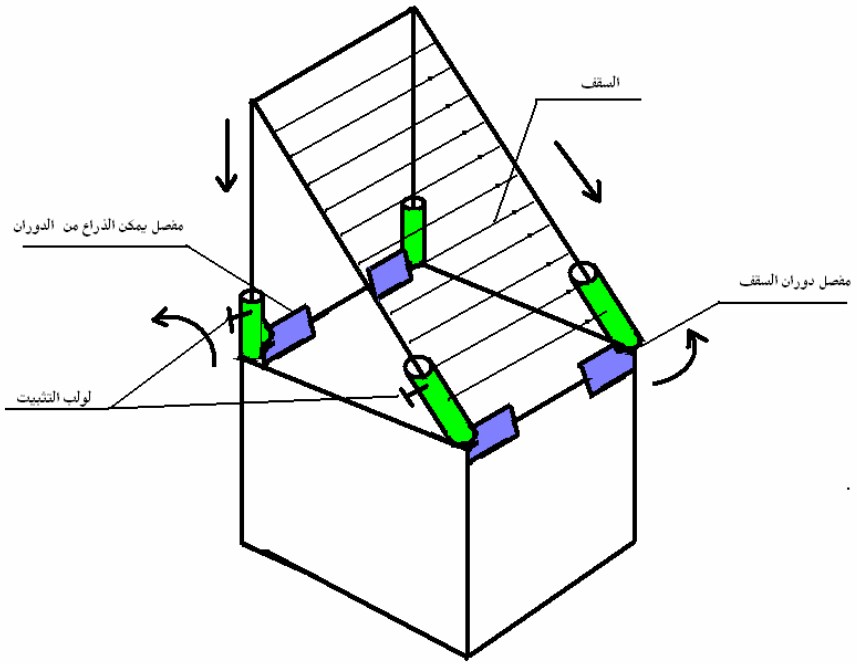

**شكل (1) تغير الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة السطوح والظل بتغير الوقت للسقف الخرساني**



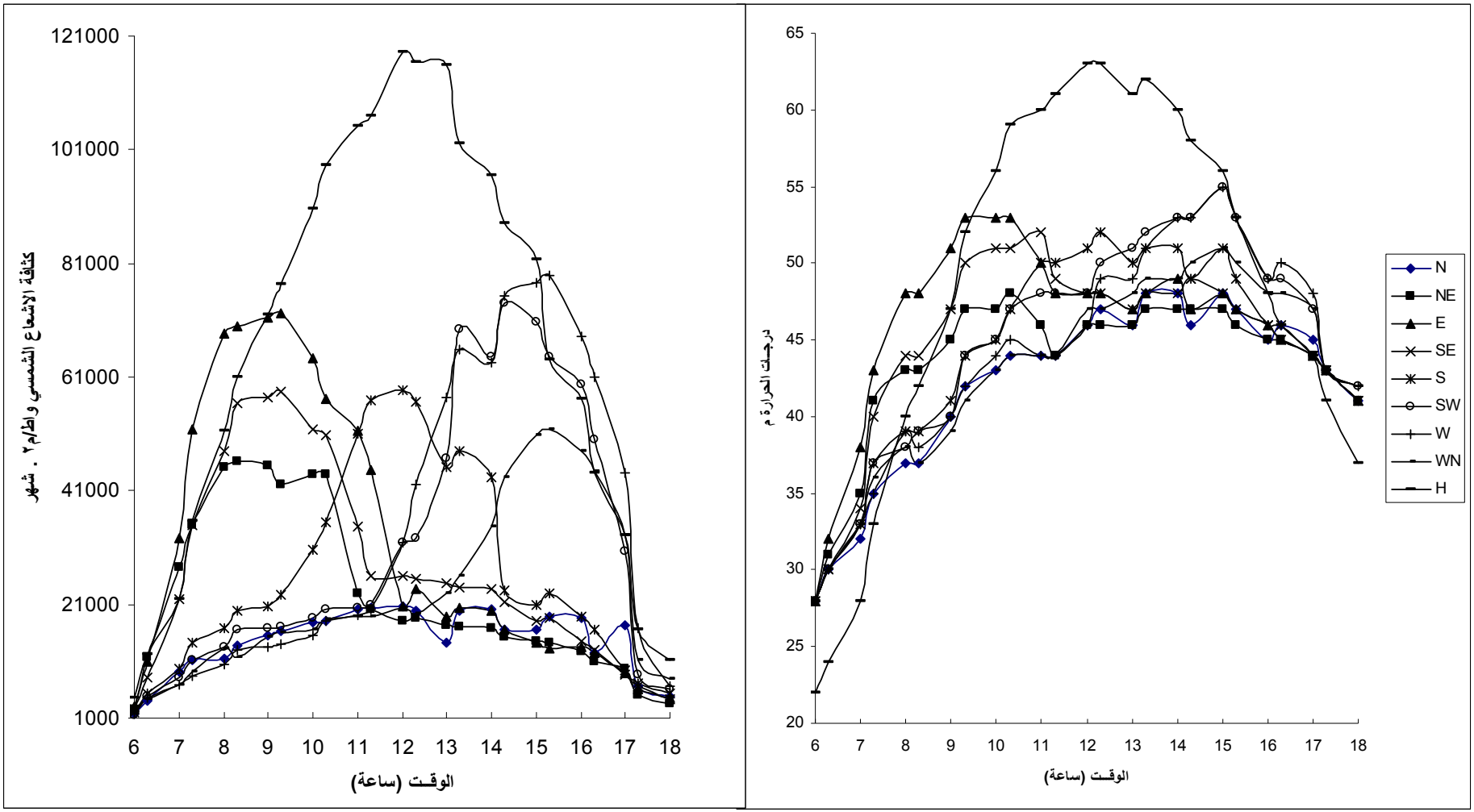

**شكل (2) تغير درجة حرارة البيئة وداخل الغرفة لسقف كونكريتي بتغير ساعات اليوم الواحد**



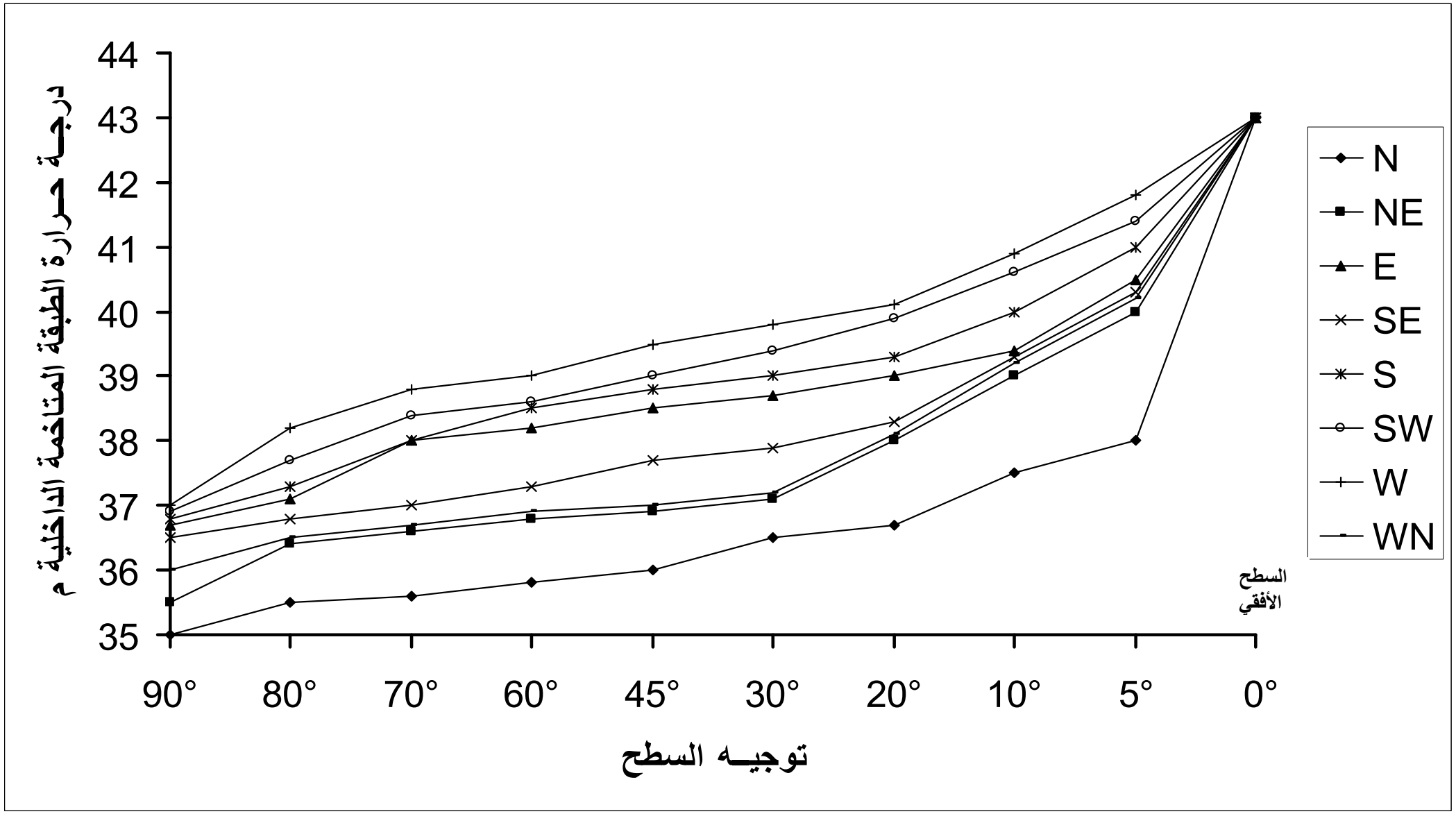

**مخطط مبسط لعلاقة أبعاد المبنى الهيكلي الذي تم دراسته**



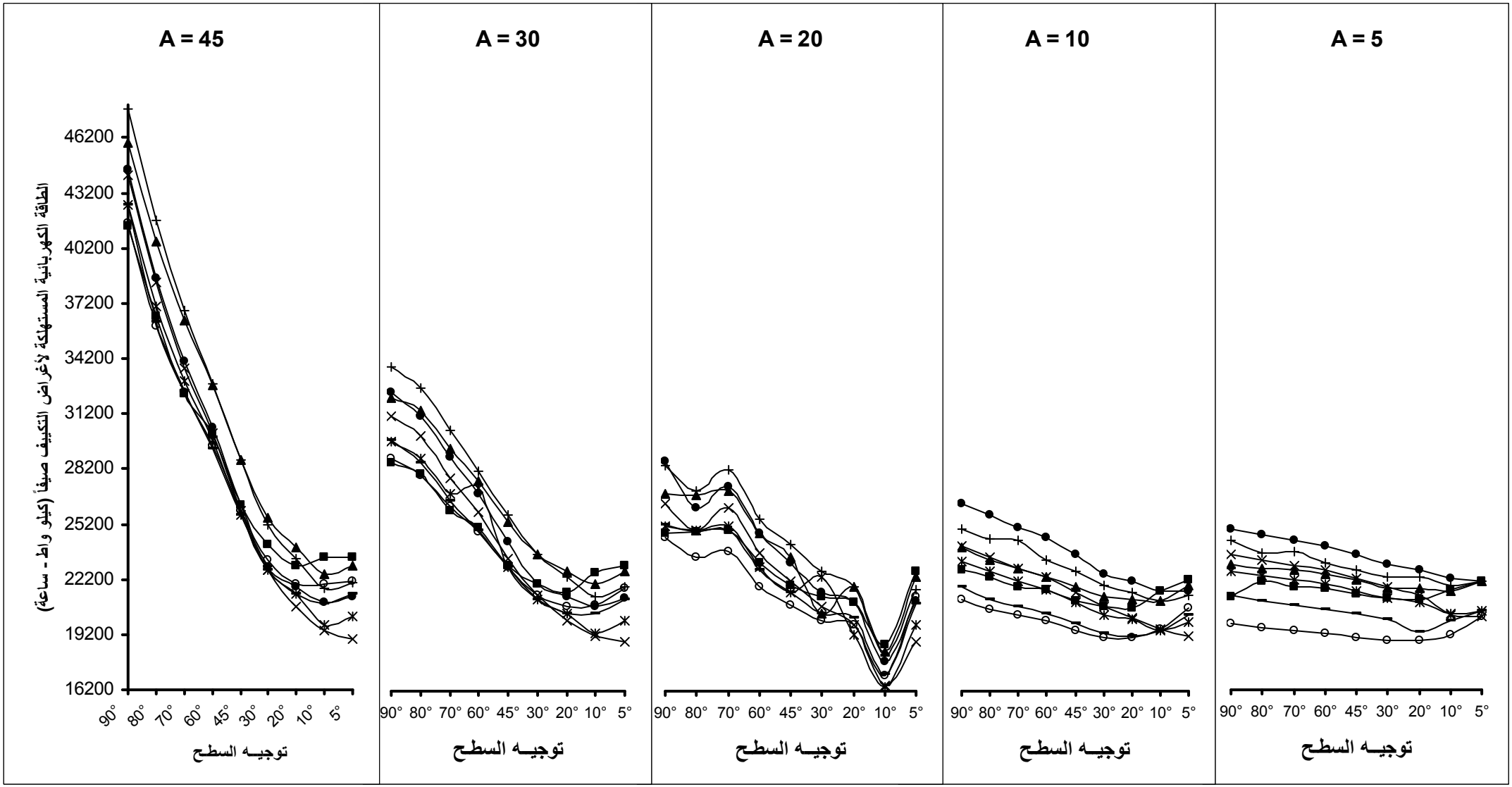

**شكل (3) مخطط لغرفة الدراسة**



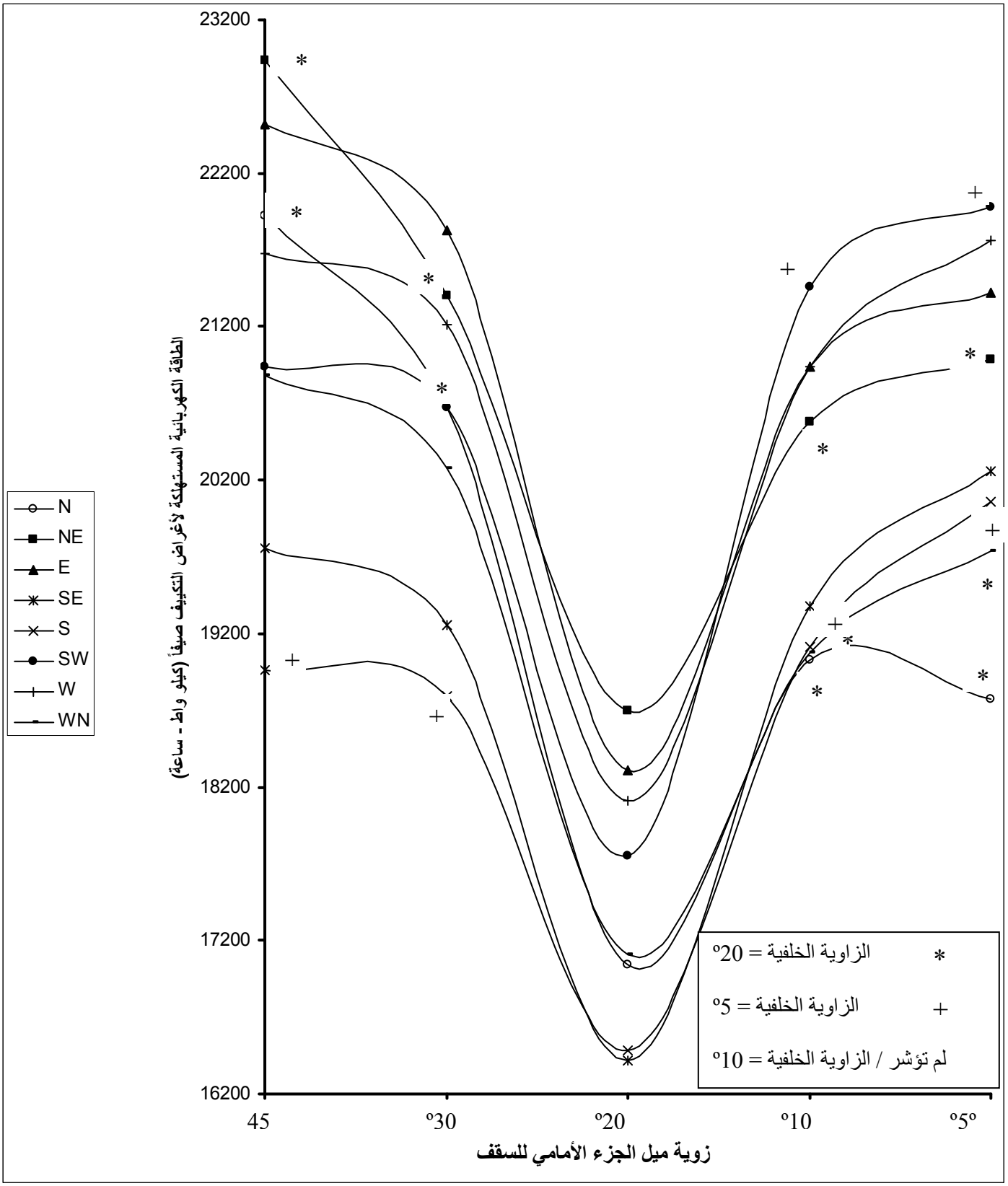

**شكل (4) درجة حرارة الطبقة المتاخمة لسطح المبنى المواجه للبيئة والكسب الحراري الشمسي الساقط عليه بتغير الوقت والتوجيه**




شكـــــل (5) متوسط درجة حرارة الطبقة المتاخمة للسطح الداخلي لسطح المبنى المائل المفرد بتغير زاوية الميل والتوجيه




**شكل (6) كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة لتكييف المبنى بتغير قيم زاوية ميل الجزء الخلفي والأمامي للسقف المائل – بتغير التوجيه**




**شكل (7) العلاقة بين مقدار زاوية ميل الجزء الأمامي للسقف وأقل طاقة مطلوبة للتكييف وبتغير الاتجاه**

# The Effect Of Sloping Angle And Orientation Of Inclination Roofs In Frame Building In Baghdad City On it's The Electrical Energy Consumption For Cooling Purpose
## (Experimental Study)

**Assist. Prof. Atif Ali Hasan**
**Institute of technology – Baghdad**
**Email – Atif56ali@yahoo.com**

## Abstract :-

The object of this paper is to find the relationship between slop angle, orientation for inclination roofs which used in frame building (steel & concrete) in Baghdad city. (Latitude 33.3º North), and it's effect on the solar heat gain value which transferred through that roofs and it's effect on the electrical power consumption for summer cooling purpose.

The researcher is build (1 x 1 x 1)m frame building sample, it's roof is rotated horizontally eight times and is made by two parts, first part is called frontal part (it's slop angle would vary from 5° to 45°), the second part is called rear part (it's slop angle would vary from 90° to 5°).

Finally , the researcher was found the relationship between that angles will be taken the following form :

- If frontal angle less than 20°, the minimum electrical energy was occur at North , North East and North-West, when rear angle is 20°, while , for East, West and East-South was occur at 10°, the another orientation at 5°.
- If frontal angle equal to 20°, the minimum electrical energy for cooling was occur at 5° rear angle for all orientation.
- If frontal angle more than 20°, the minimum electrical energy was occur for North & East North at 20° rear angle, while, for South orientation at 5°, while the other orientation was occur at 10° rear angle.

And also, can notice that the roofs 20° frontal angle & 10° rear angle is consuming lowest energy for cooling with all orientation .

**Main words :- Frame building ceiling, heat transferred reduction, inclined ceiling, angle of ceiling changing, energy reduction in cooling building.**

## المقدمـــــة :

أن تزايد استخدام النظام الهيكلي (الحديدي والخرساني) ذو السقف المائل، كنظام تشييد للأبنية قليلة الارتفاع في الآونة الأخيرة، باعتباره الأسرع في الانجاز إضافة الى اعتماده النمطية في التشييد، ويتم تقسيم الحيز الداخلي للمبنى باستخدام الجدران غير الساندة، تبعاً لوظيفة المبنى. أن سقوف تلك الأبنية تكون مائلة وتتألف من زوج من الصفائح المعدنية (ثنائية القشرة) تنحصر بينها عازل حراري سمكه (75) ملم بالأغلب، وفي بعض الأحيان يستخدم سقف ثانوي لتحقيق هدفين أولها تقليل تأثير البيئة على الحيز الداخلي وثانيهما توفير الشكل الجمالي الأفقي للسقف.

أن قطاع الأبنية في العراق يستهلك طاقة كهربائية تعادل (75) % من إجمالي ما تم إنتاجه من طاقة كهربائية لعام 2006 (المجموعة الإحصائية 2007) وأن (70)% من تلك الطاقة تصرف لتوفير الظروف الحرارية المريحة داخل تلك الأبنية عن طريق تشغيل مكيفات

الهواء. وبما أن سقف المبنى يتسبب في انتقال حرارة من أو الى داخل المبنى في الحدود (20–50)% من إجمالي الحرارة المنتقلة الى المبنى من البيئة (عاطف 2008)، لذلك تم دراسة تقليل التسرب الحراري من السقف من قبل العديد من الباحثين وعلى سبيل المثال، تم إضافة بعض المواد العازلة حرارياً بسمك محدد اقتصادياً (حسن 1984) أو جعل السقف الخرساني يميل بزاوية (0–5) درجة أو تشييد هيكل يوفر هذا الميل ويتم تغليفه بعدة مواد عازلة حرارياً (علي حسن 2009)، أو كما تم تحديد موقع وكمية العازل المضاف للسقف (عبود – 1986) أو استخدام مواد ثنائية الطور لامتصاص الأحمال الحرارية قبل وصولها سطح المبنى (Amer – 2008) ، لذلك نجد ضرورة إجراء دراسة تجريبية للسقوف المعدنية المائلة المستخدمة تحديداً في الأبنية الهيكلية بتغيير زاوية الميل والاتجاه لتحديد أثر ذلك على مقدار استهلاك الطاقة فيها .

**<u>الأبنية والبيئة :–</u>**

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 (لأكثر 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) 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–1975). أن الكسب الحراري خلال القشرة الخارجية للمقطع الإنشائي للمبنى يتألف من مجموع 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 – 87)، يجعلها تخزن جزءاً من الحرارة المنتقلة خلالها، حيث لا تظهر تقلبات درجة حرارة السطح الخارجي لمقطع الجدار 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)، ولكن بالرغم من ذلك، فان 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 جدران المبنى، فتقليل تلك الحرارة سيقود الى تقليل فترة تشغيل مكيفات الهواء وبالتالي تقليل كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف وبالتالي تقليل كمياتها المستهلكة في القطاع السكني.

**الأبنية ذات السقوف المائلة :**

أن تقسيم سقف المبنى الى جزئين متساويين وجعل كل منهما يميل بزاوية عن المستوى الأفقي مشكلاً مثلث في قمة المبنى، سهل سقوط كل ما يتجمع على السطح وخصوصاً الثلوج في المناطق الباردة، باتجاه الأسفل (باتجاه ميل السقف) وبذلك يتم التخلص مما ينشأ من أحمال ميتة إضافية على سقف المبنى، وكذلك أعطى هذا التشكيل المثلثي لسطح المبنى قوة تحمل وزنه أصلاً وبذلك انخفض عدد الأعمدة المطلوبة لتحمل وزن السقف مقارنة بالسطح الأفقي مما سبب في زيادة مساحة العمل الصافية تحتهُ. تختلف زاوية ميل هذا النوع من السقوف تبعاً لنوعية المنشأ والتصميم، فتكون في الحدود (30 – 60) درجة للأبنية الخشبية (ساكو ، ليفون 1986) وتقل لتصبح في الحدود (15 – 30) درجة للأبنية ذات الهياكل الحديدية أو الخرسانية الجاهزة (Callender 1982) .

أن كثافة الإشعاع الشمسي التي تصل سطح المبنى تتأثر بزاوية ميل السطح نفسه، لذلك سيكون لمقدار زاوية ميل السقف تأثير واضح في تغيير كمية الطاقة التي تؤثر بها على الحيز الداخلي للمبنى، وكما معروف فأن كمية الطاقة التي يستلمها السطح الأفقي أكبر نسبة الى ما يتم استلامه من بقية الأسطح لكونه مفتوح الى القبة السماوية ويصله شعاع الشمس منذ لحظة الشروق ولغاية الغروب، وتقل تلك الكمية بزيادة ميل السطح وصولاً الى الحالة العمودية (الجدار) حيث محدودية الفترة الزمنية التي يقابل بها أشعة الشمس بسبب دوران الأرض. وبسبب تزايد تنفيذ الأبنية في العراق باستخدام تقنيات الأبنية الهيكلية الجاهزة ذات السطوح المائلة (الحديدية أو الخرسانية) متعددة الاستخدام في الآونة الأخيرة، وبما أن العراق يتمتع بإشعاع شمسي لا يستهان به يتطلب تقليل تأثيره على الحيز الداخلي للمبنى، لذلك نشأت الحاجة لدراسة تأثير زاوية ميل السقف المائل واتجاهه على كمية الحرارة المنتقلة الى المبنى من خلاله، فوجد الباحثين (Neubauer & Cramer 1966) من خلال دراستهما للموضوع ان توجيه السطح المائل باتجاه الشرق – الغرب سيقلل من كمية الحرارة المنتقلة وهي نفس

النتيجة التي جاء بها الباحثين (Alias & Yahya 1988) حين تم دراسة الموضوع نظرياً ضمن الظروف المناخية للعراق، ولكننا نجد من الضروري أن يتم تقسيم مساحة سطح المبنى الى جزئين غير متساويين، بحيث تكون زاوية ميل كل منهما مختلفة، وبهذا سيكون جزئي سقف المبنى غير متماثلين، كما موضح في الشكل (3)، وبهذا ستختلف كمية الطاقة الشمسية التي يستلمها كل جزء ، وبالتالي فان تقليل تلك الكمية سيؤدي الى تحديد زاوية ميل الأمثل ولكل جزء وحسب التوجيه.

**خطـــة البحـــث :-**

لغرض تحقيق هدف البحث في دراسة تأثير تغير زاوية ميل السقف على الطاقة المستهلكة لتوفير المستوى القياسي للراحة الحرارية فيها، تم إعداد نموذج لمبنى هيكلي أبعاده (1 x 1 x 1) م، يقع في الطابق الثالث من مبنى سكني، يتألف سقفه من جزئين، لهما إمكانية تغير زاوية ميل كل منهما بمعزل عن الآخر وكما موضح في الشكل (3) ، وله كذلك إمكانية الدوران أفقياً لتغير التوجيه، تم تسمية الجزء الأول – بالجزء الأمامي من السقف (المرتبط مفصله (محور حركته) بواجهة المبنى) بينما تسمية الجزء الآخر – بالجزء الخلفي للسقف (المرتبط مفصله (محور حركته) بخلفية المبنى.

وتم تثبيت المتغيرات التالية :

1- منطقة البحث/ مدينة بغداد – خط عرض 33.3 درجة شمالاً (باعتبارها متوسط خطوط العرض المارة بالعراق).
2- لصعوبة تصنيع مبنى هيكلي ذو أبعاد حقيقية (80م x 18) م أي أن عرض قاعدة السقف 18م وتمتد الى طول 80م، تم تصنيع نموذج بأبعاد (1x1)م وتسجيل القراءات البيئية خلاله و لأغراض إتمام الحسابات تم اعتماد البناء الحقيقي.
3- لغرض تقليل انتقال الحرارة من خلال جدران المبنى (النموذج) تم تغليف الجدران والأرضية بعازل حراري (ستايربور) سمك 200 ملم [(الكثافة 26 كغم/م$^3$) – معامل التوصيل الحراري 0.03 واط/م. ك)] لجعل انتقال الحرارة خلال سقف المبنى هو الأكثر تأثيراً.
4- تم تشييد سقف المبنى من قطعتين، كل منها مؤلفة من زوج من صفائح حديدية مغلونة قياس (20) ( السمك 0.996 ملم) مع استخدام عازل حراري سمك 75 ملم بينهما (سقف ثنائي القشرة) (نفس الأسلوب المتبع في تغليف سقوف الأبنية الهيكلية).
5- استخدام مكيفة هواء جدارية، سعتها (0.5) طن تبريد، لتوفير الظروف الحرارية القياسية داخل الغرفة.

6- الظروف القياسية المطلوب المحافظة عليها(26.5م° بصلة جافة،65% رطوبة نسبية) صيفاً، لكون إشغال الحيز أكثر من 40 دقيقة ودرجة حرارة الظل أعلى من 45°م (Arora – 2007)

7- الأرض المحيطة بالنموذج –البلاطات الخرسانية رصاصية اللون (800 x 800 x 40) ملم

8- استخدمت مقاييس درجات الحرارة نوع
(Intelligent Auto – Digital thermometer by Victor company)
وجهاز قياس الإشعاع الشمسي المصنع من نفس الشركة.

9- تسجيل كمية الطاقة الشمسية التي يستلمها السطح ودرجات حرارة الطبقة المتاخمة للسطح الخارجي والداخلي للسقف المائل ، ودرجة حرارة الغرفة والبيئة (الظل) خلال يوم واحد من كل شهر من أشهر الصيف (5:00 صباحاً – 7:30 مساءاً)

10- تسجيل كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل مكيف الهواء وللفترة ذاتها.

11- استخدام أسطح مثلثة الشكل ثنائية القشرة مع عازل (75) ملم، تعمل كجوانب للسقف المائل.

12- عدم تغيير زاوية ميل جانبي السقف الأيمن والأيسر عند تغيير زاويتي السقف الأمامية والخلفية.

أما متغيرات البحث فهي :

1- تغيير زاوية ميل الجزء الأمامي من السقف في الحدود (5 – 45) درجة (5 درجة، 10 درجة، 20 درجة، 30 درجة، 45 درجة) عن الأفق بثبوت زاوية ميل الجزء الخلفي.

2- تغيير زاوية ميل الجزء الخلفي من السقف في الحدود (90 – 5) درجة (90 درجة ، 60 درجة ، 45 درجة، 30 درجة، 20 درجة،10 درجة،5) درجة مع الأفق مع تكرار تغير زاوية ميل الجزء الأمامي (كما في الفقرة السابقة) .

3- تغيير توجيه المبنى ثمان مرات .

**<u>نتائـــــج البحـــــث والمناقشـــــة :-</u>**

لغرض التوصل الى حدود تأثير شكل سقف المبنى المائل على مقدار الطاقة المستهلكة لأغراض تكييفه (توفير المستويات القياسية للراحة الحرارية) تم قياس شدة الإشعاع الشمسي التي يستلمها السطح وكذلك درجة حرارة الطبقة المتاخمة للسطح بتغير ساعات اليوم الواحد وبتغير التوجيه وكما موضح في الشكل (4)، بينما متوسط درجة حرارة الطبقة المتاخمة الداخلية للسقف المائل (المواجهة للبيئة) وتغيرها بتغير زاوية ميل السقف والتوجيه موضح في

الشكل (5)، بينما الطاقة الكهربائية المستهلكة لغرض توفير المستوى المحدد للراحة الحرارية وبتغير التوجيه وزاويتي السقف (الأمامية والخلفية) فموضحة في الشكل (6).

وفي أدناه مناقشة المتغيرات الرئيسية للبحث :

A- **تأثير البيئة على المبنى :**

الشكل (4) يوضح درجة حرارة الطبقة المتاخمة الخارجية وكمية الإشعاع الشمسي التي تستلمها الأسطح الأفقية والعمودية وبتغير التوجيه خلال ساعات اليوم الواحد ولشهر تموز، ويلاحظ أن السطح الأفقي الأعلى قيمة عند المقارنة مع بقية الأسطح (لكونه معرض للقبة السماوية ويصلها الإشعاع الشمسي من لحظة الشروق ولغاية الغروب)، حيث تقدر النسبة المئوية لما يصله من إشعاع يشكل 20% من إجمالي ما تستلمه الأسطح ، وعند افتراض أن السقف يميل بزاوية عن الأفق، تم قياس درجة حرارة الطبقة المتاخمة الداخلية للسقف المائل المؤلف من جزء واحد وكما موضح متوسطها اليومي في الشكل (5) وبتغير زاوية ميل السقف وتوجيهه حيث يلاحظ أن متوسط درجة الحرارة تقل بزيادة ميل السقف المائل، وذلك لتقليل درجة مواجهته للسماء ، ويتضح أن التوجيه للشمال يحقق أقل كسب حراري (لأن الإشعاع الشمسي يصله بصورة مائلة ولا يقابله أبداً) والتوجيه للغرب يحقق أعلى كسب حراري مهما تغيرت زاوية ميل السقف لكون كمية الطاقة التي يستلمها هذا السطح تكون كبيرة وفترة التعرض تكون طويلة كذلك).

B- **تأثير البيئة على السقف المائل المؤلف من جزأين :**

بما أن السقف مؤلف من قطعتين مائلتين، فان مقدار ميل كل جزء واتجاه له تأثير على كمية الطاقة المطلوبة لتكييف الحيز وكما موضح في تسلسل الرسوم البيانية في الشكل (6).

- فتغير زاوية ميل الجزء الأمامي من 45° ، الى أقل وبثبوت زاوية ميل الجزء الخلفي سيقلل من الكسب الحراري خلال السطحين مما ينعكس على تقليل كمية الطاقة المطلوبة للتكييف وبتغير التوجيه (لكون المساحة المعرضة ستقل).
- بتغير زاوية ميل الجزء الخلفي من 90° الى زاوية أصغر وبثبوت زاوية ميل الجزء الأمامي نجد أن الكسب الحراري الشمسي يقل وبالتالي تتناقص كمية الطاقة المطلوبة للتكييف وبتغير التوجيه (لكون أن إجمالي المساحة المعرضة تقل).
- تغير التوجيه يؤدي الى تغير الطاقة المطلوبة للتكييف وبتغير زاوية الميل الأمامية والخلفية وكما يلي :

- **التوجيـــه** الشمال – يلاحظ من خلال الشكل (6) ، أن كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف صيفاً ستكون دالة للعلاقة بين مقدار زاوية ميل الجزء

الأمامي والخلفي للسقف، فنجد عند 45° زاوية ميل الجزء الأمامي للسقف، يتحقق أقل استهلاك للطاقة عند زاوية ميل 20° للجزء الخلفي من السقف ومقدار الاستهلاك يكون 21920 كيلو واط – ساعة، بينما عند زاوية ميل أمامية 30°، سيتحقق الاستهلاك الأقل للطاقة عند 20° زاوية خلفية وسيكون مقداره 20671 كيلو واط – ساعة، وللزاوية الأمامية 10° ، 5° ، يكون القيمة الأدنى لاستهلاك الطاقة عند زاوية خلفية 20° وبمقدار 19027، 18777 كيلو واط – ساعة على التوالي. بينما زاوية ميل الأمامي 20° يتحقق الاستهلاك الأدنى عند زاوية خلفية 10° ومقداره 17046 كيلو واط – ساعة وهو المقدار الأدنى عند التوجيه باتجاه الشمال ولجميع قيم زاوية ميل الجزء الأمامي.

- **التوجيـــه** الشمال الشرقي – يلاحظ كذلك من الشكل (6) وعند التوجيه باتجاه الشمال الشرقي أن الزاوية الخلفية 20° تحقق أقل استهلاك للطاقة وعند زاوية ميل أمامية قدرها 45 °، 30° ، 10° ، 5° وأدنى قيمة للاستهلاك وعند كل زاوية ستكون (22936 ، 21401 ، 20577 ، 20989 كيلو واط – ساعة) على التوالي بينما عند زاوية ميل أمامية 20° ، تكون الزاوية الخلفية 10° تحقق أقل طاقة مستهلكة وتكون 18694 كيلو واط – ساعة وهي القيمة الأدنى بتغير زاوية ميل الجزء الأمامي.
- **التوجيـــه** الشرق – الجنوب الشرقي – الجنوب الغربي – الغرب – من ملاحظة الشكل (6) يتضح أن الاستهلاك الأقل للطاقة المستهلكة لأغراض التكييف صيفاً تتحقق عندما تكون زاوية ميل الجزء الخلفي 10° ومهما كانت قيمة زاوية ميل الجزء الأمامي (45°، 30°، 20 °، 10°، 5°) ولكن القيمة الأدنى أيضاً تكون عند 20° زاوية ميل أمامية ، حيث تكون (18312 ، 16416 ، 17756 ، 18114 ) كيلو واط – ساعة بتغير التوجيه (الشرق – الجنوب الشرقي – الجنوب الغربي – الغرب ) على التوالي .
- **التوجيـــه** الجنوب – ما يلاحظ من الشكل (6) أن كمية الطاقة الأدنى مستوى والمستهلكة لأغراض التكييف صيفاً تتحقق عند زاوية ميل الجزء الخلفي 5° والأمامي 45° ، 30° ، 10° ، 5° بينما تكون عند زاوية ميل الجزء الأمامي 20°، هي 10° زاوية خلفية ولكن يبقى القيمة الأدنى تتحقق عند 20° زاوية أمامية، 10° زاوية خلفية .
- **التوجيه** الشمال الغربي– يلاحظ من الشكل (6) أن كمية الطاقة الأقل مستوى والمستهلكة لأغراض توفير مستوى الراحة الحرارية القياسية صيفاً تتحقق عندما تكون قيمة زاوية الجزء الخلفي 10° وزاوية الجزء الأمامي (45°، 30°، 20°) ولكن

لبقية الزوايا تتحقق عند 20º زاوية خلفية. ولكن يبقى الأقل استهلاكاً للطاقة لهذا التوجيه عند زاوية ميل 20º أمامية 10º خلفية ومقداره 17108 كيلوواط–ساعة.

**C – <u>علاقة توجيه المبنى مع زاوية ميل السقف :</u>**

يلاحظ من الشكل (6) أن للتوجيه تأثير واضح في تغير قيمة الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف صيفاً ، فنجد أن توجيه الجزء الأمامي من السقف باتجاه الجنوب سيؤدي الى تقليل استهلاك الطاقة عند زاوية ميل أمامية قدرها 45º ، بينما يكون الاتجاه الجنوب الشرقي هو الأقل استهلاكاً للطاقة عندما تتغير زاوية ميل الجزء الأمامي لتكون 30°، 20º ، بينما يكون التوجيه نحو الشمال – الشمال الغربي هو الاتجاه الأقل استهلاكاً للطاقة وعند زاوية ميل أمامية قدرها 10°، 5º.

**D – <u>أفضل زاوية ميل اقتصادياً :</u>**

من خلال تحديد العلاقة بين قيم زاوية ميل الجزء الأمامي والخلفي للسقف والذي يحقق أقل استهلاك للطاقة لغرض التكييف مع تغير الاتجاه (كما موضح من الشكل 6) ، تم إعداد الشكل (7) الذي يوضح العلاقة بين مقدار زاوية ميل الجزء الأمامي للسقف وأقل طاقة مطلوبة للتكييف وبتغير الاتجاه والذي يمكن ملاحظة أن زاوية ميل الجزء الأمامي عند 20º وزاوية ميل الجزء الخلفي 10º يحقق أقل طاقة مستهلكة لأغراض التكييف صيفاً ومهما كان تغير الاتجاه.

ومما تقدم يمكن للباحث تثبيت العلاقة التالية بين قيمتي ميل زاوية الجزء الأمامي والخلفي للسقف المائل والتي تحقق أقل طاقة مطلوبة للتكييف وكما يلي :

1- زاوية ميل الجزء الأمامي أصغر من 20° – يتحقق أقل استهلاك للطاقة عند التوجيه الشمال – الشمال الشرقي – الشمال الغربي عند زاوية ميل جزء خلفي قدرها 20º بينما للتوجيه الشرق – الغرب – الجنوب الشرقي عندما تكون زاوية الميل 10° . أما الاتجاهات الأخرى فتكون عند الزاوية (5°) .

2- زاوية ميل الجزء الأمامي مساوية الى (20°) ، فنجد أن أفضل زاوية ميل للجزء الخلفي تكون 5º حيث تحقق أقل استهلاك للطاقة ولجميع الاتجاهات.

3- زاوية ميل الجزء الأمامي أكبر من 20°، فان قيمة زاوية ميل الجزء الخلفي والتي تحقق أقل استهلاك للطاقة عند زاوية ميل الجزء الخلفي 20º وللاتجاهات الشمال – الشمال الشرقي، بينما للاتجاه الجنوبي زاوية ميل 5°، أما بقية الاتجاهات فتحقق أقل استهلاك للطاقة عند زاوية ميل خلفية قدرها (10°) مع الأفق .

4- لغرض تقليل استهلاك الطاقة ومهما كان توجيه المبنى يفضل أن تكون زاوية ميل جزئه الأمامي 20º والخلفي 10º .

**المصـــــــادر :**


1- -Abud/D.W.(The Effect Of The Amount And Position Of Thermal Insulation On Heat Transfer Through Roofs) M.Sc.Thesis/Mechanical Eng. Baghdad university/1986 .

2- Alias, Nasar J. & Yahya, Amel. (Orientation and Roof Slop In Farm Building For Minimum Energy Input) 3ed Arad international solar energy conference, scientific research council, Iraq – 1988.

3- Amori – Dr. Kerima E. Baqir Ameer (Analysis of thermal energy storage system with two phase flow) the 6th engineering conference, college of Eng. University of Baghdad–Iraq–2009

4- Arora, S. Domkundwar (A Course in Refrigeration & Air– Conditioning) Dhanput Rai & Sons – Delhi – 2007.

5- Callender, John Hancock, (Time – Saver standard for Architectural Design Data, sixth edition , Mc Graw – Hill Book company, New-York – USA 1981.

6- Hasan, A. Atif (Optimum insulation thickness for Iraqi walls & Roofs) Symposium of the thermal insulation in hot climates, scientific research climates, council , Iraq 1984

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

8- Neubauer, L.W. & R.W. Cramer, (The Effect of Shape of Building on interior Air – Temp.) Paper No. 66-913, ASAE Winter meeting - , Chicago – Illinais – U.S.A., 1966.

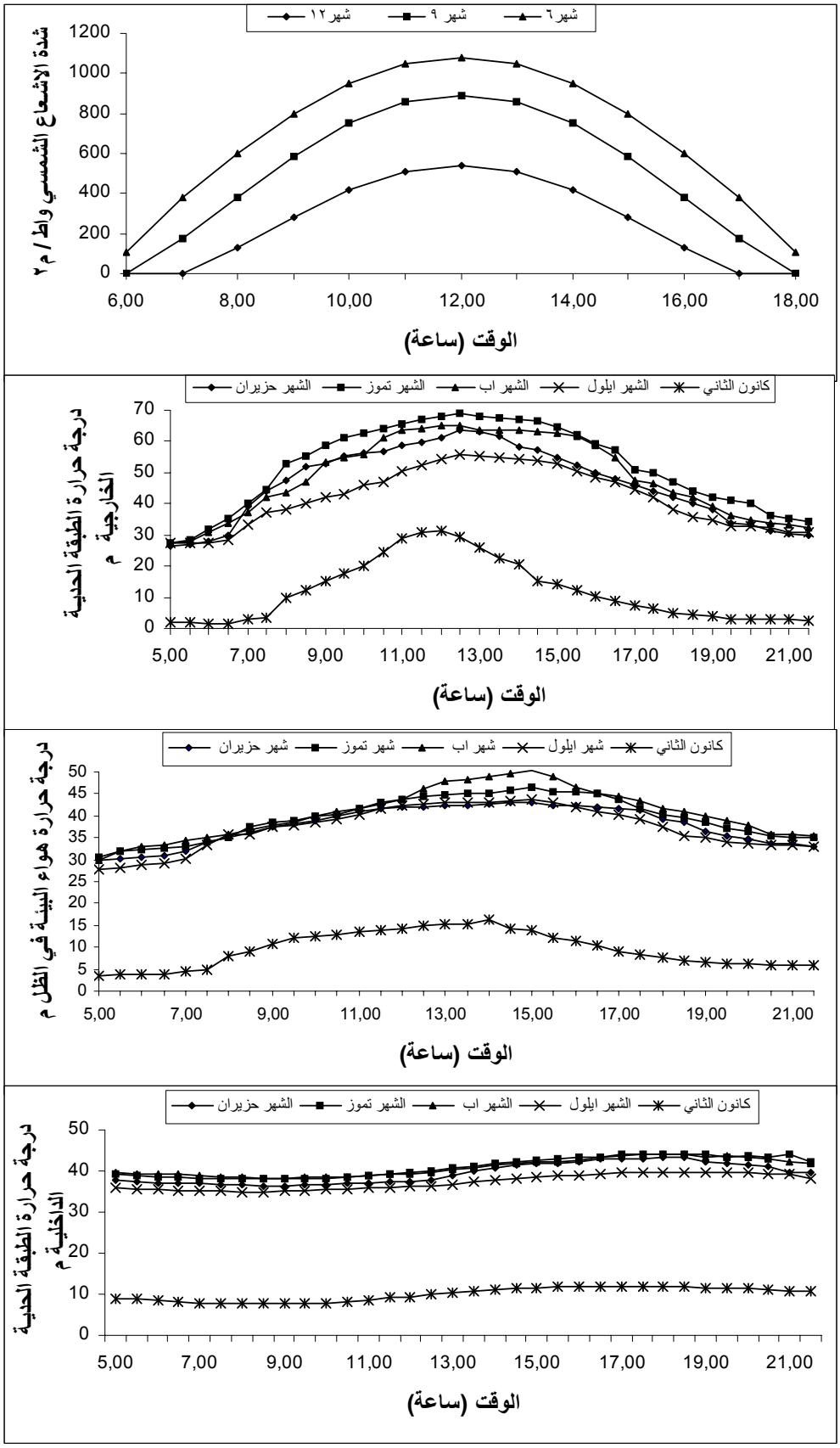
9- الجهاز المركزي للإحصاء/ المجموعة الإحصائية/ 2007. وزارة التخطيط والإنماء الحضري – العراق.

**10**- ساكو – زهير،ليفون– ارتين، (إنشاء المباني) مطبعة جامعة بغداد– العراق 1986.

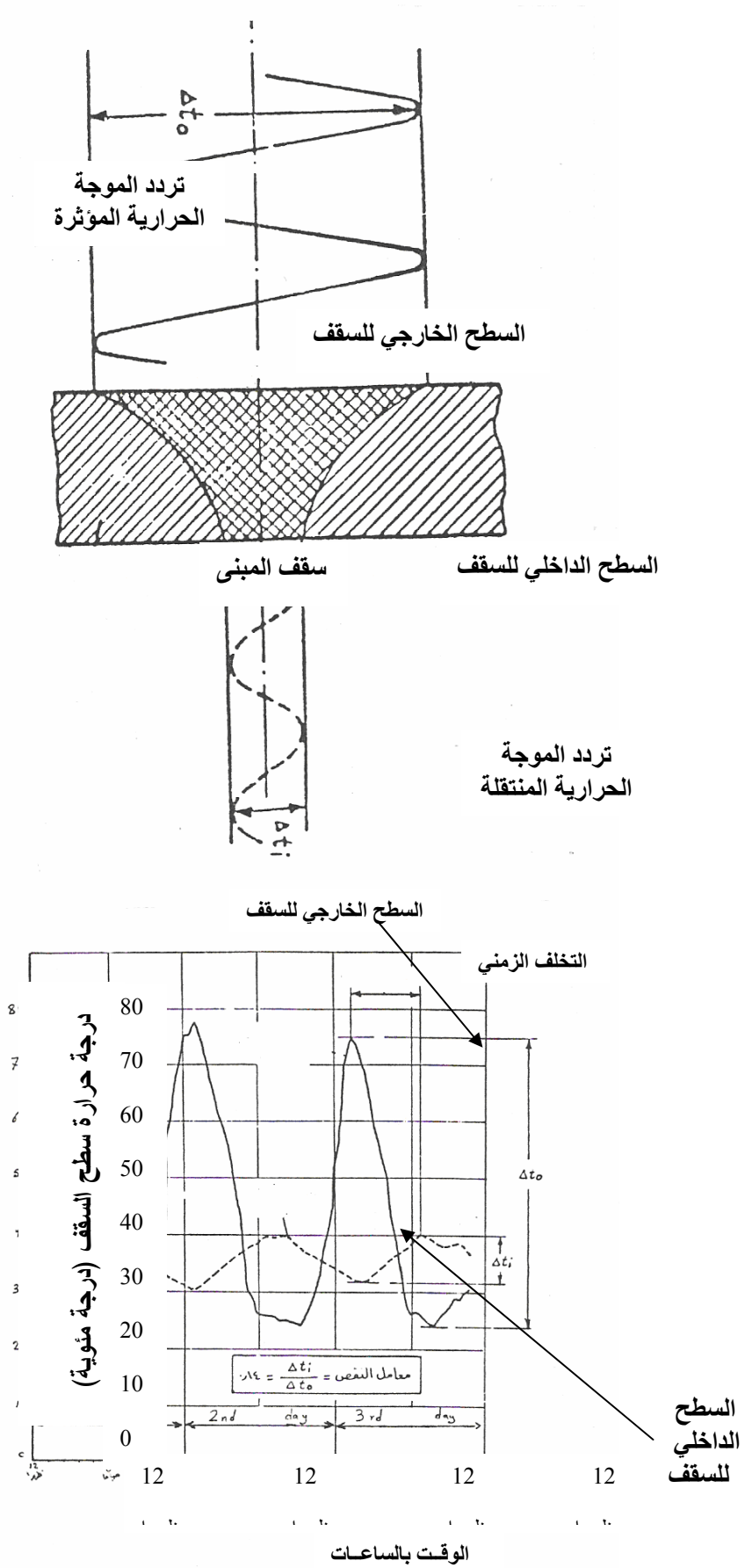
**11**- علي حسن. عاطف، لطيف. مثنى [تحليل مسارات استهلاك الطاقة في الأبنية السكنية في العراق] المؤتمر العلمي الأول/ الكلية التقنية/النجف – العراق 2008.

**12**- علي حسن. عاطف، تقليل انتقال الحرارة خلال السقوف الخرسانية للأبنية السكنية بتغيير زاوية ميلها/المؤتمر العلمي الأول/ كلية الهندسة/ جامعة بابل/ العراق 2009.

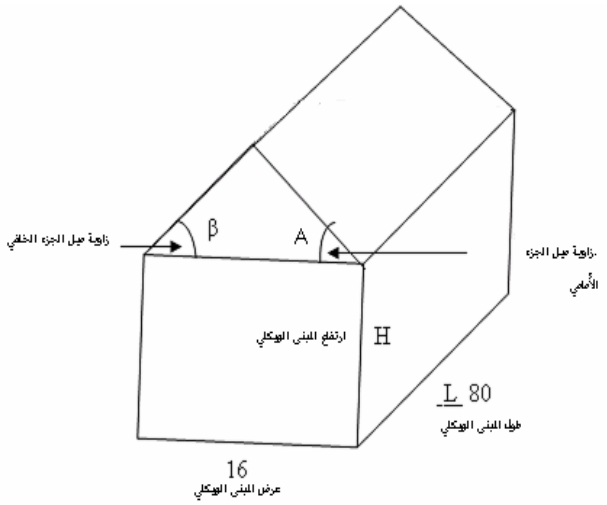
**13**- كامل شعبان – عوني، الجودي – مقداد (التحليل المناخي للعراق وأثره على العمارة) تقرير من منشورات مركز بحوث البناء – مجلس البحث العلمي / العراق 1975.



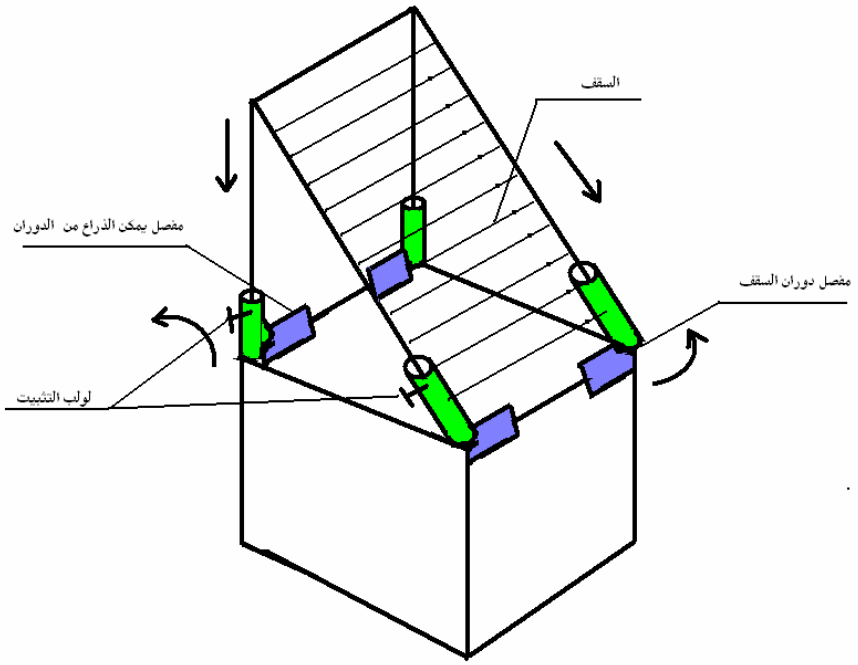

**شكل (1) تغير الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة السطوح والظل بتغير الوقت للسقف الخرساني**



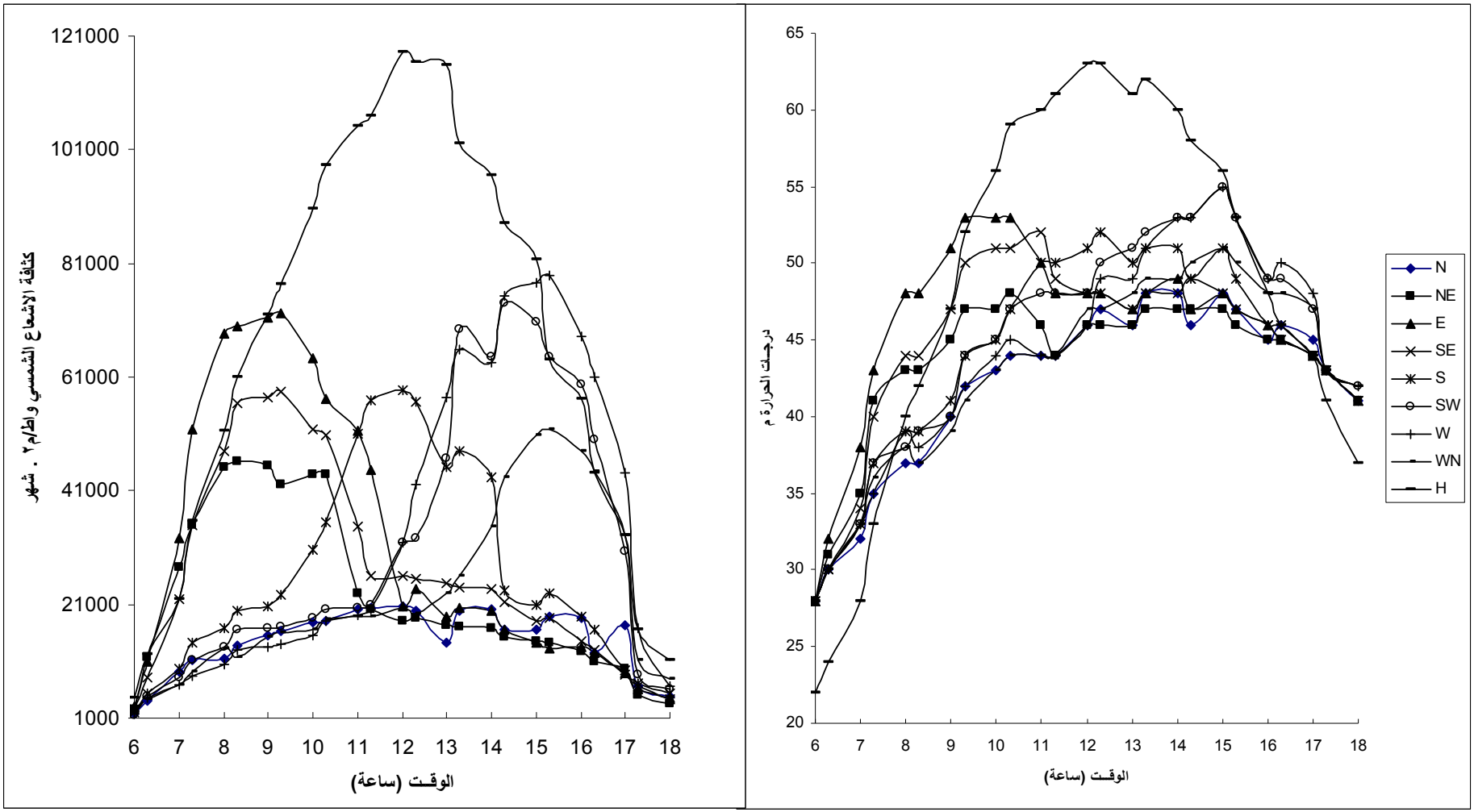

**شكل (2) تغير درجة حرارة البيئة وداخل الغرفة لسقف كونكريتي بتغير ساعات اليوم الواحد**



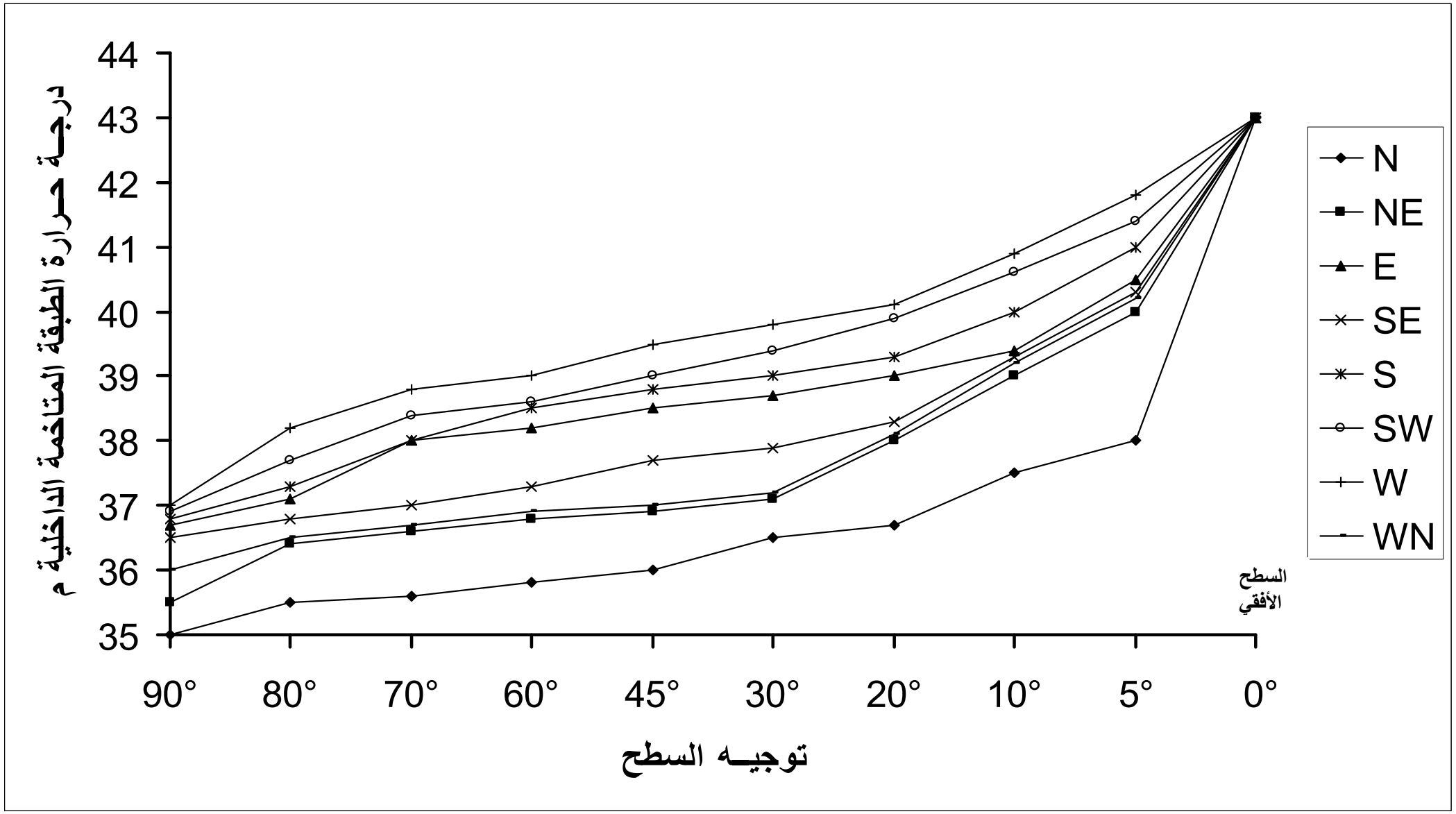

**مخطط مبسط لعلاقة أبعاد المبنى الهيكلي الذي تم دراسته**



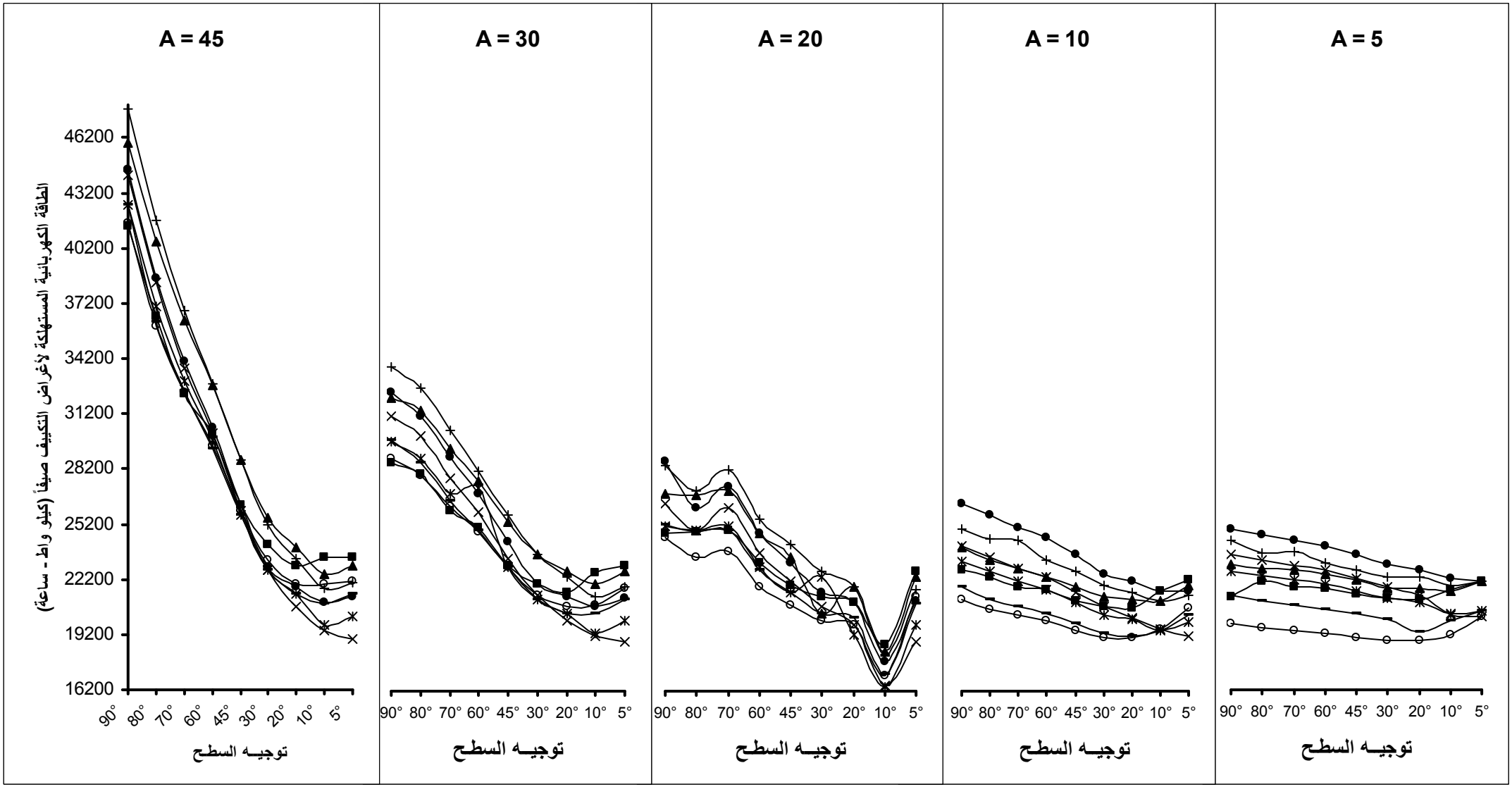

**شكل (3) مخطط لغرفة الدراسة**



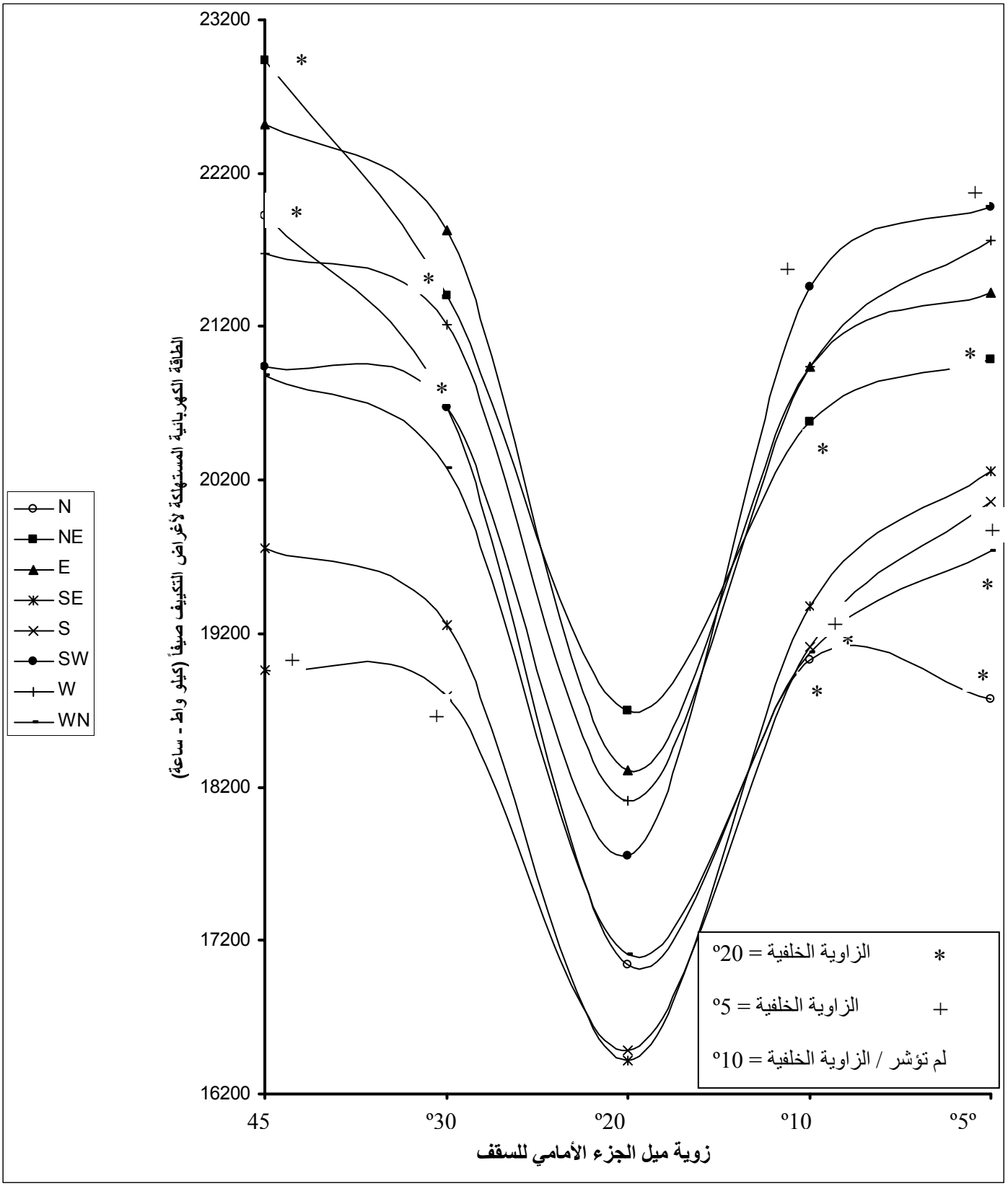

**شكل (4) درجة حرارة الطبقة المتاخمة لسطح المبنى المواجه للبيئة والكسب الحراري الشمسي الساقط عليه بتغير الوقت والتوجيه**




شكـــــل (5) متوسط درجة حرارة الطبقة المتاخمة للسطح الداخلي لسطح المبنى المائل المفرد بتغير زاوية الميل والتوجيه




**شكل (6) كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة لتكييف المبنى بتغير قيم زاوية ميل الجزء الخلفي والأمامي للسقف المائل – بتغير التوجيه**




**شكل (7) العلاقة بين مقدار زاوية ميل الجزء الأمامي للسقف وأقل طاقة مطلوبة للتكييف وبتغير الاتجاه**