آفاق الثقافة والتراث

مجلة فصلية ثقافية تراثية مكتبية

تصدر عن إدارة البحث العلمي والنشاط الثقافي بمركز جمعة الماجد للثقافة والتراث

السنة الخامسة • العدد التاسع عشر • رجب ١٤١٨هـ = نوفمبر (تشرين الثاني) ١٩٩٧م

المباحث

مجلة علمية ادبية فكاهية تصدر مرتين في الشهر

لمنشئها

جرجي وصموئيل يني

السنة الأولى

من ١٥ ت ٢ سنة ١٩٠٨ الى ٣١ كانون الاول سنة ١٩٠٩

ثمن الاشتراك من سنة ٥ | قرشاً سنة طرابلس

وفي سائر الاماكن بضاف ٢ : من اجرة البريد

كل مراسلات المجلة يخاطب بها

جرجي وصموئيل يني

في طرابلس الشام

G. & S. YANNI
Tripoli (Syrie).

مجلة المباحث

نظم التبريد السلبي التي استخدمها النبي صلى الله عليه وسلم في بناء مسجده في المدينة المنورة

أحمد كمال جطل
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية ـ جامعة حلب

بني المسجد النبوي في المدينة المنورة على مرحلتين، وقد تبين أن النبي صلى الله عليه وسلم قد استخدم في بناء المسجد ثلاثة نظم رئيسية من نظم التبريد السلبي، وهي: الجدران السميكة، والتظليل، والتهوية المعتمدة على طاقتي الشمس والرياح.

إن نظم التبريد السلبي المستخدمة في المسجد تؤدي بشكل فعال لتلطيف محيطه الداخلي، دون صرف أي طاقة وبأقل كلفة مادية، وهذا يجعلها مؤهلة للاستخدام في عصرنا الحالي، وفي المستقبل.

تمهيد

يسعى الباحثون والعلماء في مراكز البحث المعنيّة، إلى إيجاد مصادر جديدة للطاقة، وجعل هذه المصادر أقل كلفة وأفضل مردوداً.

وكما هو معلوم فإن الطاقة في عصرنا هي نسغ الحياة وعصبها، وإننا نمتلك أنواعاً مختلفة من الطاقات، تساعدنا في أن نجعل بيئة بيوتنا ومبانينا مريحة ومكيفة باستخدام هذه الطاقات، التي نتكيف بطريقة صرفها دونما حرج.

لكن السؤال الذي يتبادر إلى الذهن هو ألا يمكن لهذه الطاقات أن تنضب ذات يوم، والجواب نعم بكل أسف، عندئذٍ ستكون الكارثة، كيف ستكون الإقامة في هذه المباني الشاهقة في الشتاء القارس، أو في الصيف الحارق، حينئذٍ سنكون مرغمين على العودة إلى الماضي، والعودة لا تعني التخلف كما يتصوره بعضنا، بل فيها من التطور والفائدة الشيء الوفير.

لم تكن الطاقة في الماضي متوافرة، ولم تكن مكيفات الهواء موجودة، وكان على مصممي المنشآت والمباني أن يعتمدوا على ما تيسره لهم الطبيعة المحيطة بهم لتلطيف البيئة الداخلية لمبانيهم في أيام الصيف الحارة، بحيث يتحقق التوازن الحراري، وتستمر الحياة، ولنا في رسول الله صلى الله عليه وسلم أسوة حسنة، إذ بنى مسجده بالسَّمِيْط (الآجر القائم بعضه فوق بعض) لبنة لبنة ثم لمّا كثر المسلمون بناه بالسعيدة لبنة ونصف اللبنة، فقالوا يا رسول الله: لو أمرت من يزيد، فقال: نعم، فأمر به فزيد فيه وبنى جدرانه بالأنثى والذكر، ثم اشتد عليهم الحر فقالوا يا رسول الله: لو أمرت بالمسجد فظلل، فقال: نعم، فأمر به، فأقيمت فيه سواري من جذوع النخل، ثم طُرح عليها عوارض وخصف، فعاش المسلمون فيه، وأصابتهم الأمطار فجعل المسجد يكف عليهم، فقالوا يا رسول الله: لو أمرت فطين(٦). وفي رواية أخرى أن المسجد لم يسطح، فشكوا الحرّ، فجعلوا خشبه وسواريه جذوعاً، وظللوه بالجريد ثم بالخصف

وجعلوا وسطه رحبة(٦).

كانت أبعاد المسجد ٦٠ × ٧٠ ذراعاً، ثم زيد فأصبح ١٠٠ × ١٠٠ ذراع، وكان ارتفاعه سبعة أذرع، وكان مربعاً(٦)، (٩). وجعل له النبي صلى الله عليه وسلم ثلاثة أبواب، الأول في الخلف من جهة الشام والثاني يدعى باب عاتكة، ويقال له باب الرحمة، والثالث كان يدخل منه النبي صلى الله عليه وسلم، وهو باب آل عثمان(٦).

وكانت علامته من الشام أربعة طيقان من ناحية المشرق والمغرب(٦).

الهدف من البحث

يهدف هذا البحث إلى توفير الطاقة، عن طريق دراسة نظم التبريد السلبي التي استخدمها النبي صلى الله عليه وسلم في بناء مسجده في المدينة المنورة.

النتائج والمناقشة

بعد دراستنا للنصوص السابقة نجد أن النبي صلى الله عليه وسلم قد استخدم ثلاثة مبادىء أساسية في تلطيف أجواء المباني، وهي الجدران السميكة، والتظليل، والتهوية التي تنتمي إلى نظم الطاقة السلبية، إذ يمكن تلطيف جو المسجد دون صرف أية طاقة ما عدا الطاقة الطبيعية المستمدة من البيئة المحيطة وبأقل كلفة مادية.

١ – الجدران السميكة

تلعب الجدران السميكة في المباني دور العازل والخزان الحراري في الوقت نفسه(١١)، حيث تعيق تدفق الحرارة المرتفعة من المحيط الخارجي إلى داخل المبنى في أثناء ساعات النهار الحارة، وبالتالي تقي المحيط الداخلي للمبنى منها درجات الحرارة المرتفعة.

هذا الحاجز المكون من الجدران يؤدي إلى تناثر فوتونات الطاقة الشمسية المرتفعة في الجدران، وبالتالي تُمتَص هذه الفوتونان الطاقية داخل الجدران الطينية السميكة ذات السعة الحرارية المرتفعة(١١) وتخزن في الجدران على شكل طاقة حرارية عوضاً عن بثها داخل المبنى، وفي الليل حين تكون درجة الحرارة منخفضة يُبثّ قسم من الحرارة المخزنة في الجدران إلى داخل المبنى، أما القسم الآخر فإنه يذهب إلى المحيط الخارجي للمبنى، مما يساهم في تعديل درجة حرارة المبنى في النهار الحار والليل البارد، كما يؤدي إلى تدوير الرياح داخل المبنى، وبالتالي تهويته، وبهذا يمكن المحافظة على التوازن الحراري داخل المبنى، بحيث تستمر الحياة.

قاس السمهودي أبعاد لبنة استخرجت من الحجرة الشريفة عند تجديد بنائها عام ٨٨١هـ فبلغ طولها ذراعاً وعرضها نصف ذراع، وسماكتها ربع ذراع. فإذا علمنا أن الذراع يساوي نصف متر، تكون أبعاد اللبنة ٥٠ × ٢٥ × ١٢،٥سم، وبهذا يكون عرض الجدار عندما كان طوله ٣٠م هو ٥٠سم وهو عرض السميط، وعندما زيد طوله إلى ٥٠م أصبح عرضه ٧٥سم وهو عرض السعيدة، والأنثى والذكر(٩).

يمكن تعليل زيادة النبي صلى الله عليه وسلم في سماكة الجدران عند زيادة طولها من وجهة نظر فيزيائية وفق ما يلي :

بفرض أن حجم الجدار الوسطي للمسجد قبل زيادة السماكة هو:

$$V_1 = 56.88m^3 \quad (١)$$

وأن مساحة المسجد هي :

$$S_1 = 1056.25m^2 \quad (٢)$$

بعد الزيادة فإن حجم الجدار الوسطي للمسجد يصبح هو:

$$V_2 = 131.25m^3 \quad (٣)$$

أما مساحته فتصبح

$$S_2 = 2500m^3 \quad (٤)$$

ويمكن استناداً للمعطيات السابقة ترتيب الجدول (١) الذي يتضمن أبعاد مسجد الرسول صلى الله عليه وسلم قبل الزيادة وبعدها على الشكل التالي :

بتتبع نسبة الحجم الوسطي للجدار إلى مساحة المسجد في كلتا الحالتين نلاحظ ما يلي :

$$V_1 / S_1 = 0.0538 \quad (٥)$$

	سماكة الجدار (m)	ارتفاع الجدار (m)	الحجم الوسطي للجدار (m^3)	مساحة المسجد (m^2)
قبل الزيادة	0.5	3.5	56.88	1056.25
بعد الزيادة	0.75	3.5	131.25	2500

الجدول (١)

أبعاد مسجد الرسول صلى الله عليه وسلم الذي بناه في المدينة المنورة قبل الزيادة وبعدها

$$V_2 / S_2 = 0.0530$$

ونلاحظ من العلاقة (٥) بأن النسبة في كلتا الحالتين متساوية، إذ الفارق بين النسبتين هو $(8 \times 10)^4$ وهو مقدار ضئيل يمكن إهماله.

كما يمكننا القول إن زيادة مساحة المسجد تقتضي زيادة كمية الحرارة المختزنة داخل الجدران، حتى تبقى عملية التوازن الحراري مقبولة.

تعطى كمية الحرارة المختزنة داخل الجسم الصلب بالعلاقة :

$$Q = C\ m\ \Delta\ T \quad (٦)$$

حيث تمثل Q كمية الحرارة المختزنة، و C السعة الحرارة النوعية للجسم الصلب، و m كتلة الجسم، و T Δ الفارق في درجة الحرارة(١٠).

إن الجدارين «قبل الزيادة وبعدها» مصنوعان من المادة نفسها (الطين) وهذا يعني أن سعتها الحرارية النوعية واحدة، وعلى فرض أن الجدارين كليهما يتعرضان للفارق الحراري ذاته فإن كتلتيهما عندئذٍ ستلعبان دوراً في تحديد كمية الحرارة، وبالتالي فإن:

$$Q_1 / Q_2 = m_1 / m_2 \quad (٧)$$

حيث Q_1, m_1, Q_2, m_2 هما كمية الحرارة، وكتلة الجدار في كلتا الحالتين على الترتيب. ومن جهة ثانية فإن علاقة الكثافة بشكل عام هي :

$$d = m / v$$

حيث تمثل V, m, d كثافة الجسم الصلب، وكتلته، وحجمه على الترتيب (١٠).

وبما أن الجدارين مصنوعان من نفس المادة، فإن كثافتهما متساوية، وبالتالي نستنتج أن :

$$m_1 / m_2 = V_1 / V_2 \quad (٨)$$

نعوض (٨) في (٧) فنجد :

$$Q_1 / Q_2 = V_1 / V_2 \quad (٩)$$

بتعويض (١) و(٣) في (٩)نجد :

$$Q_1 / Q_2 = V_1 / V_2 = 0.433 \quad (١٠)$$

نلاحظ من العلاقتين (٩) و(١٠) أن كمية الحرارة المختزنة في الجدارين تتناسب طرداً مع حجميهما في كلتا الحالتين، وأن كمية الحرارة المختزنة في جدار الثاني تزداد بمقدار (٣، ٢ مرة) عن كمية الحرارة المختزنة في الجدار الأول نتيجة لزيادة سماكته.

من العلاقتين (٥) نجد أن :

$$V_1 / V_2 = S_1 / S_2 \quad (١١)$$

وبمقارنة (١١) مع (٩) نجد :

$$Q_1 / Q_2 = S_1 / S_2 \quad (١٢)$$

ولتأكيد صحة العلاقة (١٢) نجد أن نسبة مساحتي المسجد هي:

$$S_1 / S_2 = 0.433 \quad (١٣)$$

وبمقارنة (١٣) و(١٠) نلاحظ أن الفارق بين النسبتين هو (0.01) ويقع ضمن مجال أخطاء القياس، بالتالي يمكن إهماله، ويمكننا القول بدقة

جيدة: إن العلاقتين (١٠) و(١٣) متساويتان أي :

$$Q_1 / Q_2 = V_1 / V_2 = S_1 / S_2 \quad (١٤)$$

من جهة أخرى فإن زيادة أبعاد الجدار تؤدي إلى زيادة حجم الجدار المعرض لأشعة الشمس وهذا يستوجب زيادة مقاومة التبدل الحراري للجدار، ويمكن تفسير ذلك وفق ما يلي:

– تعطى علاقة تغير حجم الجسم الصلب بدلالة تغير درجة الحرارة بالشكل :

$$\Delta V = V_0 B \Delta T \quad (١٥)$$

حيث ΔV التغيرفي الحجم و $V0$ الحجم الأصلي في درجة الحرارة و B معامل التمدد الحجمي للجسم الصلب، وهو ثابت يتعلق بنوع المادة، أما ΔT فتمثل تغير درجة الحرارة (١٠).

لنفرض الآن أن الجدارين موجودان في درجة الحرارة الأصلية فيكون الحجم الأصلي للجدار الأول عندئذ :

$$V_{01} = V_1$$

والحجم الاصلي للجدار الثاني :

$$V_{02} = V_2$$

وبما أن الجدارين مصنوعان من المادة نفسها (الطين) فإن معامل تمددها الحجمي ثابت في كلتا الحالتين أي :

$$B_1 = B_2 = B$$

وبفرض أن الجدارين قد تعرضا للتغير نفسه في درجات الحرارة، ومقداره ΔT عندئذ بالتعويض في (١٥) نجد :

$$\Delta V_1 = V_1 B \Delta T$$

$$\Delta V_2 = V_2 B \Delta T$$

وبنسب العلاقتين السابقتين نجد :

$$\Delta V_1 / \Delta V_2 = V_1 / V_2 = 0.433 \quad (١٦)$$

أي أن نسبة التزايد في حجم الجدارين تساوي نسبة حجميهما. ويمكن لنا من العلاقات (١٠) و (١٣) و (١٦) ترتيب الجدول (٢) الذي يتضمن نسبة كمية الحرارة والحجم والتغير في الحجم للجدارين وكذلك نسبة مساحة المسجد قبل الزيادة وبعدها.

واستناداً للنتائج السابقة يمكننا القول : إن الزيادة في مساحة المسجد تستلزم الزيادة في كمية الحرارة التي تختزن في الجدران نهاراً، والتي يتم بثها إلى داخل المسجد ليلاً، كذلك الزيادة في كمية البرودة التي تختزن ليلاً، والتي يتم بثها إلى داخل المسجد في النهار.

يساهم هذا التوازن الحراري الدقيق في صناعة فارق حراري يجذب الهواء نحو الأجزاء المراد تلطيفها في المسجد، وبالتالي صناعة دورات هوائية داخل هذه الأجزاء، ولكي يحدث ذلك يجب زيادة سعة الجدران التخزينية للطاقة، وهذا يتم عن طريق زيادة سماكة الجدران، وبالتالي زيادة حجمها.

إن الزيادة في حجم الجدران تؤدي إلى زيادة حجم الجدار المعرض لأشعة الشمس في النهار وللبرودة في الليل، وهذا يستلزم زيادة الحجم لمقاومة التبدل الحراري في الجدران، وبالتالي حماية هذه الجدران من التصدعات والتشققات والانهيار.

– الجدير ذكره أن كمية الطاقة المختزنة في الجدار تختلف حسب جهته بالنسبة للشمس، فهي عظمى في الجدار الجنوبي، ودنيا في الجدار الشمالي ومتوسطة في الجدارين الشرقي والغربي.

S_1 / S_2	V_1 / V_2	$\Delta V_1 / \Delta V_2$	Q_1 / Q_2
0.423	0.433	0.433	0.423 ~ 0.433

الجدول (٢)

نسبة كمية الحرارة المختزنة، والحجم والتغير في حجم الجدارين وكذلك نسبة مساحة المسجد، قبل الزيادة وبعدها.

٢ – التظليل

تقع المدينة المنورة قرب المنطقة الحارة على خط عرض (٢٤.٥٥) تقريباً شمالي خط الاستواء، وتتلقى هذه المنطقة أكبر كثافة من الإشعاع الشمسي على سطح الكرة الأرضية، إذ تبلغ كثافة الإشعاع الشمسي ٨٠٠ KJ/ Cm2 في اليوم (١) و(٣)، هذا يعني أن درجات الحرارة مرتفعة جداً في هذه المنطقة، وهذا ما يبرر شكوى المسلمين للرسول صلى الله عليه وسلم من شدة الحر.

– **ظلّل النبي صلى الله عليه وسلم مسجده على مرحلتين، الأولى منهما ظلل فيها الركن الشمالي الغربي من المسجد، وظلّل في الثانية منطقة أكبر بطول الجدار الجنوبي كله للمسجد**(٧). إن عملية التظليل تقي المنطقة المظللة من الإشعاعات الشمسية ذات الطاقة المرتفعة، إذ يتكون الإشعاع الشمسي الكلي من :

أ – الإشعاع المنتشر أو «غير المباشر»:

وهو الإشعاع الشمسي الذي يرد على سطح الأرض بزوايا ورود مختلفة «ورود غير عمودي» ومقداره يتراوح بين (٢٠٪ – ١٠) من شدة الإشعاع الكلي، وهذه النسبة تزداد كلما تعكر صفو السماء وازدادت غيومها (١٢) و (١٣) فإذا علمنا أن كمية الغيوم قليلة في المنطقة التي تقع فيها المدينة المنورة «١). أمكننا القول إن نسبة الإشعاع المنتشر ستكون في حدها الأدنى.

ب – الإشعاع المباشر

هو الذي يرد على سطح الأرض بشكل ناظمي «عمودي» ويشكل (٩٠٪ – ٨٠) من الإشعاع الكلي(١٠)، وهذا يعني أن طاقة الفوتونات الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض في تلك المنطقة مرتفعة جداً، وبالتالي ستكون درجات الحرارة مرتفعة. وهنا تبرز أهمية التظليل في تلك المنطقة الحارة.

ظلّل النبي صلى الله عليه وسلم مسجده بالجريد وسعف النخيل، المتميّز بأن نتحها للماء ضئيل، نظراً لكون خوص السعف جلدي مغطى بطبقة شمعية تمنع تبخر الماء لدرجة كبيرة (٢). وهذا يعني أنها تقاوم الجفاف بشكل كبير، إذ إن السعف يبقي على النخيل حياً أخضر سنين عديدة «تمتد من ٣ – ٧ سنوات»(٢).

ومن جهة ثانية فقد ورد في صحيح البخاري، أن «عمر بن الخطاب رضي الله عنه زاد في المسجد وبناه على نمط بنائه في عهد رسول الله صلى الله عليه وسلم باللبن والجريد»(٨).

كذلك فإن عمر رضي الله عنه سقف المسجد بالجريد ذراعين «أي بارتفاع متر»(٦). وهذا يمكننا من القول : إن طبقة الجريد والخصف التي ظلّل الرسول صلى الله عليه وسلم بها مسجده كانت سميكة بحيث تؤدي إلى تناثر فوتونات الإشعاع الشمسي المباشر وفنائها، كما أن سماكة السقف تمنح الطبقات الداخلية للجزء المظلل وقاية من الجفاف، وتحافظ على رطوبته واخضراره مدة لا بأس بها من الزمن، ويؤكد ذلك ما ورد في صحيح البخاري أن عمر رضي الله عنه بعد أن سقف المسجد بالجريد قال : «أكِنَّ الناس من المطر، وإياك أن تحمرّ أو تصفرّ فتفتن الناس»(٨).

واستناداً لبحث قام به المعماري س. ليبيدوف فإن السطوح المخضرة تقضي على ٩٠٪ من الإشعاع الشمسي فتهبط درجة حرارة السطح عشر درجات مئوية تقريباً(٥).

– مما سبق نستنتج أن درجة حرارة الجزء المظلل من المسجد ستكون منخفضة نسبياً مقارنة مع درجة الحرارة في رحبة المسجد ومحيطه الخارجي، وبالتالي فإن التظليل قد ساهم مساهمة فعالة في تلطيف الأجزاء المظللة من المسجد وتبريدها مما يؤدي إلى تلطيف أجواء المحيط الداخلي للمسجد، ويجعل الإقامة فيه أكثر راحة.

٣ – التهوية

تتولد التيارات الهوائية نتيجة انتقال الهواء بين وسطين، درجة حرارتيهما أو ضغطيهما مختلفان، إذ ينتقل الهواء من الوسط المرتفع إلى الوسط ذي الضغط المنخفض.

إن اختزان الجدران السميكة للطاقة بداخلها وعملية

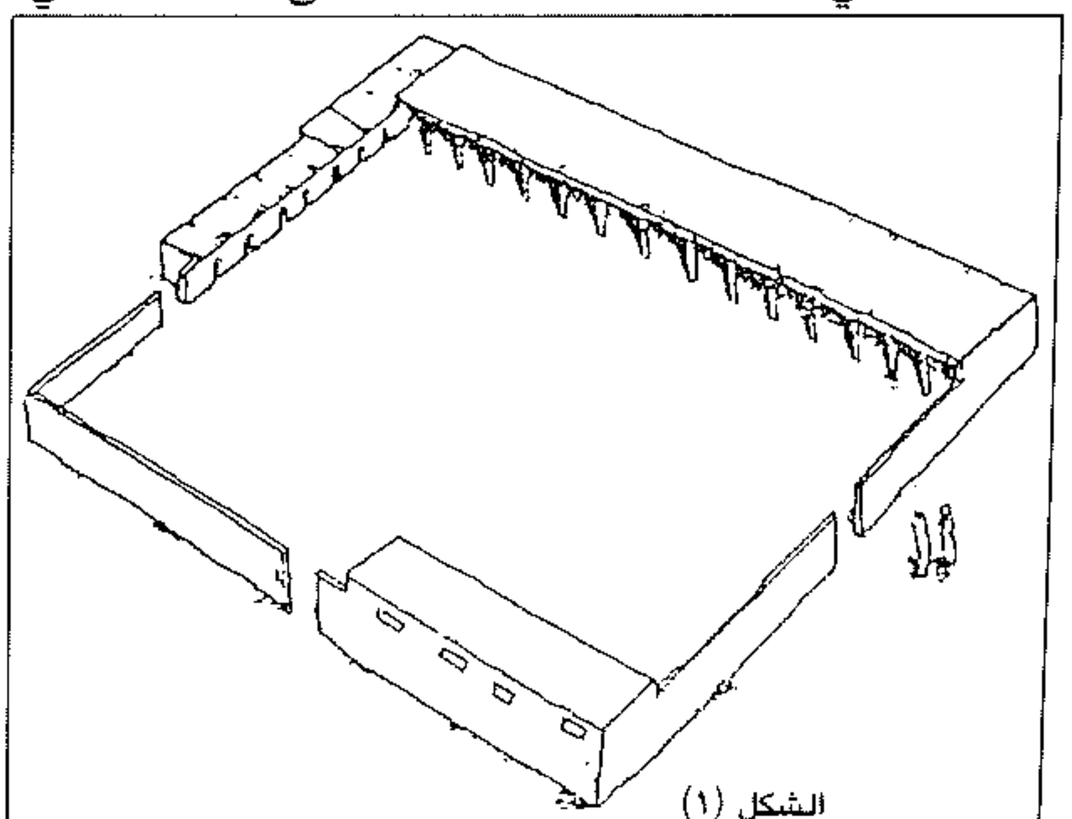
التظليل تحدثان فارقاً حرارياً بين المنطقة المظللة من المسجد ذات درجة الحرارة المنخفضة «الضغط المنخفض»، ورحبة المسجد المعرضة لأشعة الشمس المباشرة ذات الطاقة المرتفعة التي تجعل درجة حرارة الرحبة أو ضغطها مرتفعة، ويقوم هذا الفارق الحراري بجذب تيارات الهواء نحوه وتدويرها داخل المسجد، مما يؤدي إلى تلطيف الأجواء الداخلية للمسجد. وعندما بنى النبي صلى الله عليه وسلم مسجده جعل له ثلاثة أبواب: باباً من جهة الشرق ويدعى باب آل عثمان، وآخر من جهة الشام أي الجهة الشمالية، وثالثاً من جهة الغرب ويدعى باب الرحمة. فإذا علمنا أن جهة الرياح في المدينة المنورة أقرب للبحر الأحمر من المتوسط، يمكننا القول إن الرياح الغربية هي الغالبة في معظم الأحيان، وهذا باعتقادي هو أحد أسباب تسمية الباب الغربي بباب الرحمة.

يوضح الشكل (١) مخططاً للمسجد حيث تظهر الظلتان الشمالية والجنوبية والأبواب الثلاثة (٦) والطيقان الأربع(٣).

١:٣- دراسة التهوية في المظلل الجنوبي:

١:١:٣- دورة الهواء في النهار:

يوضح لنا الشكل رقم (٢) دورة الهواء داخل المسجد في النهار، حيث تكون الرياح الغربية هي



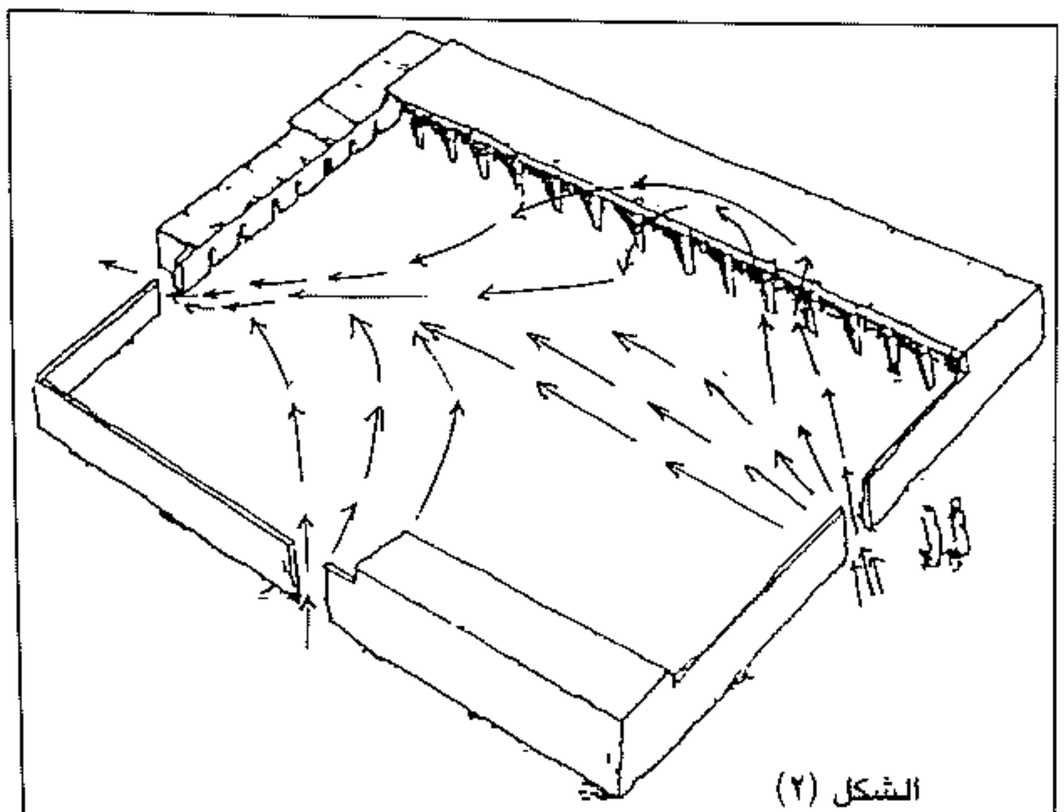
الشكل (١)
يظهر الشكل مخططاً لمسجد الرسول صلى الله عليه وسلم في عهده

المسيطرة، عندئذٍ سترد الرياح من الباب الغربي «باب الرحمة»، وتعبر الباب ذا الجدران السميكة مُسرعة نتيجة انتقالها عبر حجم ضيق مما يؤدي إلى ضغطها، وبالتالي زيادة سرعتها، عند ولوجها داخل ساحة المسجد وحينئذٍ تتوزع بشكل فراغي، حيث يتجه قسم منها باتجاه المظلل الجنوبي، وبما أنها ساخنة نتيجة لطاقة الشمس المرتفعة، فستدخل المظلل الجنوبي من الأعلى، عندئذ سيكتسب الهواء برودة ناتجة عن التظليل وعن برودة الجدران المختزنة خلال الليل، وهذا يؤدي إلى اتجاه الهواء نحو الأسفل عابراً المظلل من أسفله،ليخرج إلى ساحة المسجد ذات درجة الحرارة المرتفعة، فيتجه نحو الأعلى، ثم يعبر المسجد من الباب الشرعي باتجاه المحيط الخارجي.

أما الرياح القادمة من الباب الشمالي، فستصطدم بالرياح الغربية المسيطرة التي تجبرها على اتباع مسارها.

إن اصطدام جبهتي الرياح داخل ساحة المسجد يؤمن تهوية لهذه الساحة.

أما إذا كانت الرياح الشمالية هي المسيطرة، كما يوضح ذلك الشكل رقم (٣)، فإنها ستعبر الباب الشمالي مسرعة وتصطدم بالرياح القادمة من الباب الغربي وتجبرها على اتباع مسارها، ثم تتجه نحو المظلل الجنوبي، لتدخله من أعلاه، لارتفاع درجة حرارتها، عندئذ ستنخفض درجة حرارة الهواء، وينزل



الشكل (٢)
دورة الهواء في النهار «الرياح الغربية هي المسيطرة»

للأسفل، ثم يخرج من أسفل المظلل نحو ساحة المسجد، فترتفع درجة حرارته من جديد، ويخرج من الباب الشرقي.

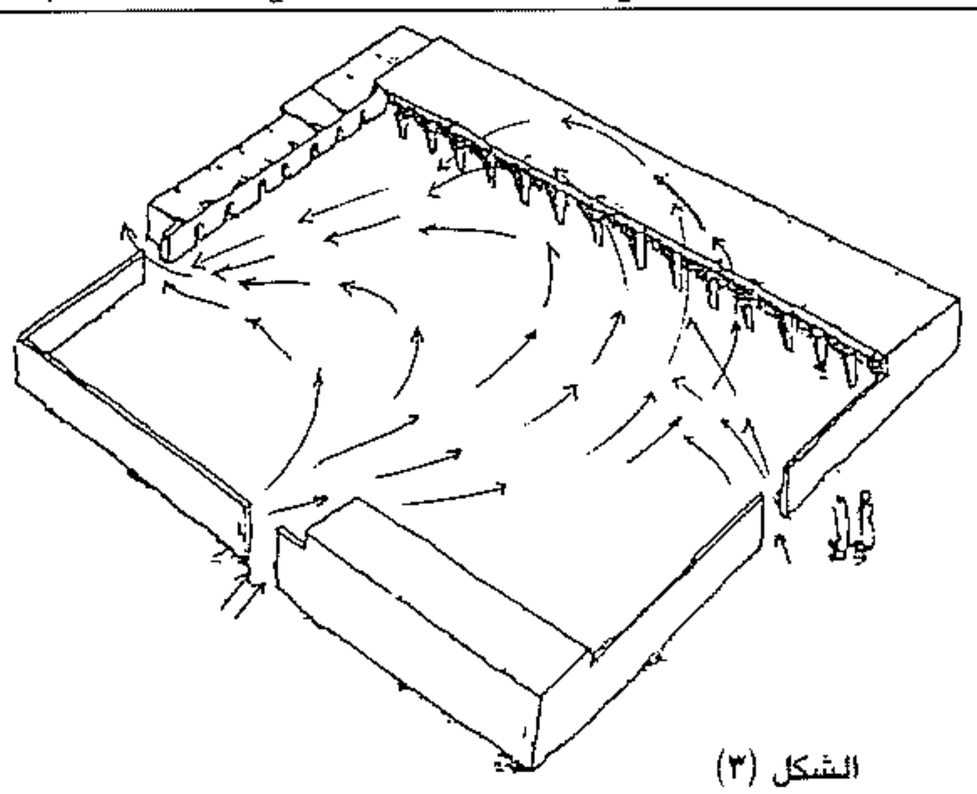
نسمي دورة الهواء الناتجة عن وجود رياح بدورة الهواء الرئيسية.

أما عند هدوء الرياح فتحدث دورة هواء داخلية ثانوية في المظلل الجنوبي ناتجة عن الفارق الحراري بين المظلل وساحة المسجد، حيث ينتقل الهواء من أعلى المظلل إلى أسفله صانعاً دورة باتجاه عقارب الساعة كما يوضحه الشكل رقم(٤).

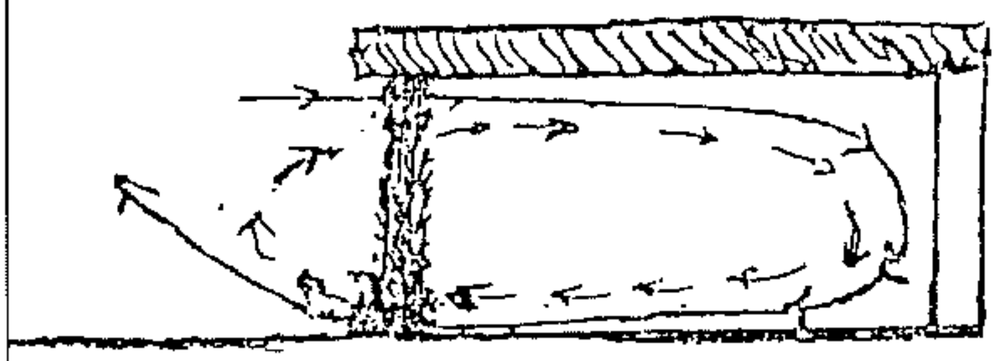
إن دورة الهواء الثانوية تكون فعالة أكثر عند وجود رياح، إذ تسرع بواسطة دورة الهواء الرئيسية.

٣ : ١ : ٢ – دورة الهواء في الليل:

تكون درجة حرارة الوسط الخارجي في الليل أخفض من درجة حرارة المسجد، وعندما تكون الرياح الغربية هي المسيطرة كما في الشكل رقم(٥).

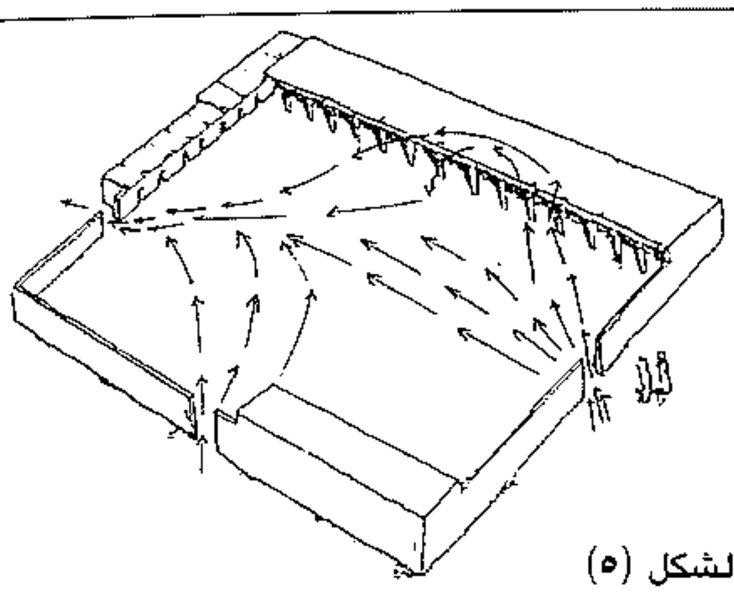


الشكل (٣)
دورة الهواء في النهار «الرياح الشمالية هي الغالبة»



الشكل (٤)
دورتا الهواء الرئيسية «الخط المستمر» والثانوية «الخط المتقطع» داخل المظلل الجنوبي في النهار

فإن الرياح ستعبر الباب الغربي مسرعة ثم تلج ساحة المسجد، فتصطدم بالرياح القادمة من الباب الشمالي وتجبرها على اتباع مسارها، ثم تتجه نحو المظلل الجنوبي لتدخله من أسفله، فيسخن الهواء نتيجة للحرارة المختزنة من النهار في جدران المظلل السميكة، ويرتفع نحو الأعلى، ثم يغادر المظلل



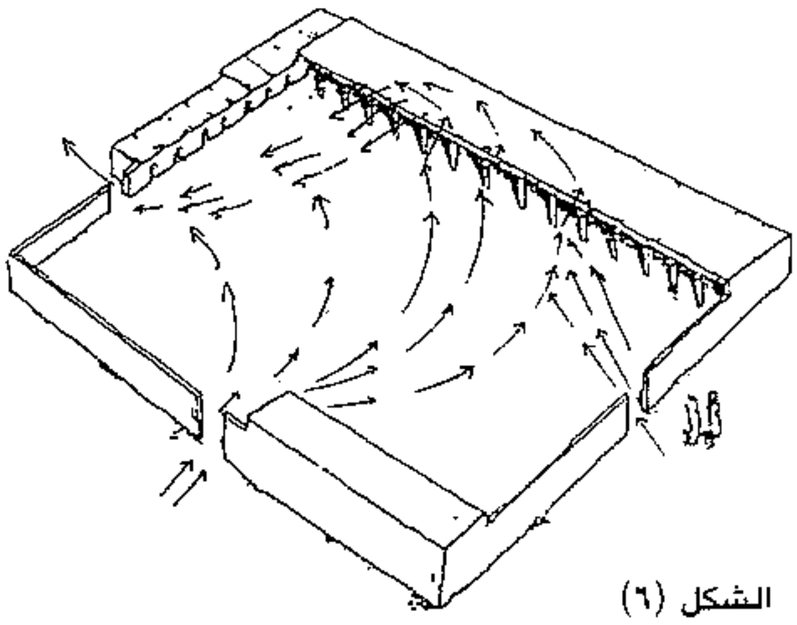
الشكل (٥)
دورة الهواء في الليل «الرياح الغربية هي المسيطرة»

الجنوبي من أعلاه ليصل إلى ساحة المسجد، فينخفض، ويخرج من الباب الشرقي.

أما إذا كانت الرياح الشمالية هي المسيطرة، فسترد مسرعة من الباب الشمالي لتصطدم بالرياح القادمة من الباب الغربي وتجرفها معها باتجاه المظلل، وتدخله من أسفله، ثم يرتفع الهواء نحو الأعلى نتيجة اكتسابه حرارة الجدران، ثم يعبر المظلل من أعلاه باتجاه ساحة المسجد، لينخفض من جديد ويخرج من الباب الشرقي، كما يوضح ذلك الشكل رقم(٦).

والجدير ذكره أن اصطدام الرياح الغربية والشمالية داخل ساحة المسجد تؤدي إلى تهويتها.

أما دورة الهواء الداخلية الثانوية في الليل

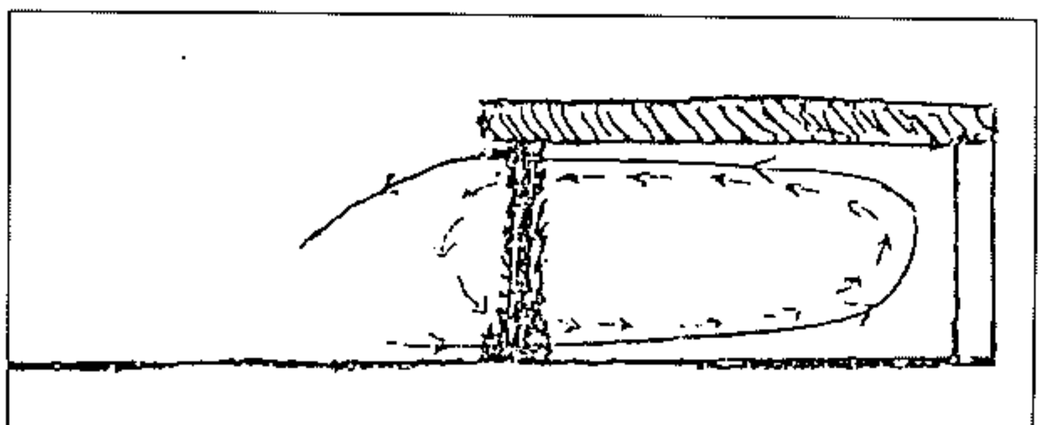


الشكل (٦)
دورة الهواء في الليل «الرياح الشمالية هي المسيطرة»

فستكون بعكس الدورة الثانوية في النهار، إذ ينتقل الهواء من أسفل المظلل إلى أعلاه نتيجة اكتسابه حرارة الجدران المختزنة من النهار صانعاً دورةً بعكس عقارب الساعة، وتكون هذه الدورة فعالة أكثر عند اتحادها مع دورة الهواء الرئيسية الناتجة عن الرياح كما يوضحه الشكل رقم(٧).

٣ : ٢ – دراسة التهوية في المظلل الشمالي

تظهر دورة الهواء داخل المسجد أن المظلل الشمالي لن يُهوّى بشكل جيد إلا إذا فتح له منافذ للتهوية من جهة الشمال، وهنا تبرز أهمية جعل النبي صلى الله عليه وسلم الطيقان الأربع في المظلل الشمالي من جهة الشمال، إذ إن الطيقان الأربع ستساهم بصناعة دورة هوائية رئيسية ناتجة عن الرياح.



الشكل (٧)
دورتا الهواء الرئيسية «الخط المستمر» والثانوية «الخط المتقطع» داخل المظلل الجنوبي في الليل

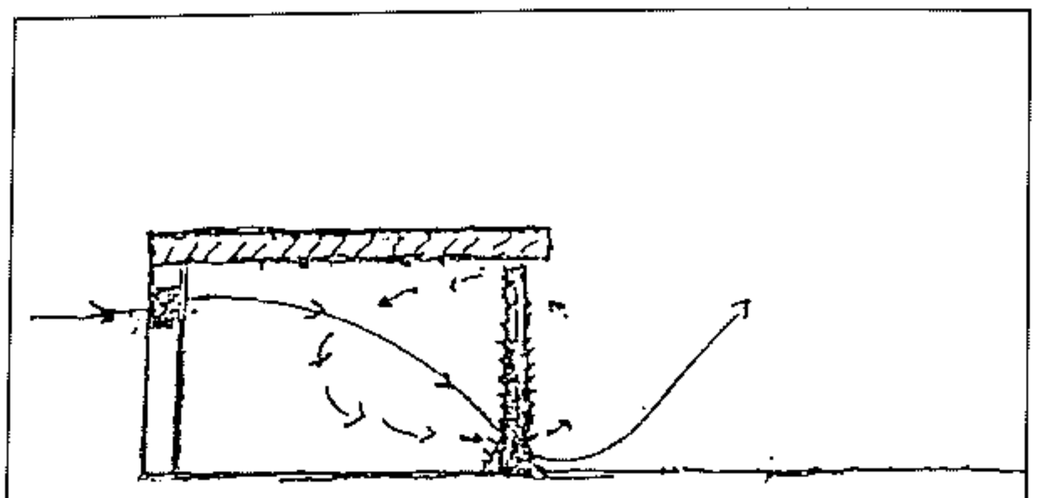
٣ : ٢ : ١ – دورة الهواء في النهار

يوضح الشكل رقم (٨) دورة الهواء في النهار، حيث تدخل الرياح الساخنة عبر الطيقان الأربع مسرعة، وينخفض الهواء نحو الاسفل نتيجة لاكتسابه البرودة الناتجة عن التظليل وجدران المظلل السميكة، ثم يخرج من أسفل المظلل الشمالي إلى ساحة المسجد، فترتفع درجة حرارته، ثم يعبر ساحة المسجد من الباب الشرقي.

أما في حالة ركود الرياح، فإن دورة الهواء ستكون بعكس عقارب الساعة، وعكس اتجاه الدورة الرأسية، وستُجبر بالتالي على اتباع اتجاه الدورة الرئيسية.

٣ : ٢ : ٢ – دورة الهواء في الليل

يوضح الشكل رقم (٩) دورة الهواء في الليل، حين تدخل الرياح الباردة المظلل من الطيقان الأربع مسرعة، فتلتقي مع هواء السقف الساخن وترتفع درجة حرارتها، ثم تخرج من أعلى المظلل باتجاه ساحة المسجد حاملة معها حرارة الجو الداخلي



الشكل (٨)
دورتا الهواء الرئيسية «الخط المستمر» والثانوية «الخط المتقطع» داخل المظلل الشمالي في النهار

للمظلل، وتنخفض باتجاه أسفل الساحة، ثم تعبرها من الباب الشرقي.

أما في سكون الرياح، فإن دورة الهواء الثانوية ستكون باتجاه عقارب الساعة، ومع اتجاه الدورة الرئيسية، وستقوم الدورة الرئيسية بالتالي بتسريع الدورة الثانوية، مما يجعل التهوية فعالة أكثر.

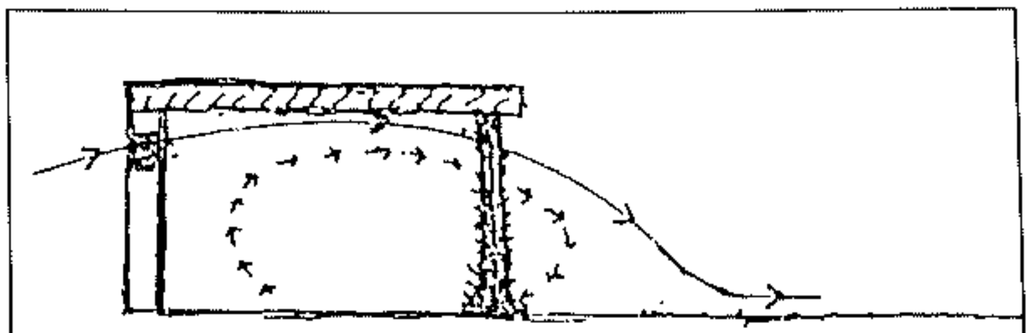
الجدير ذكره أنه عند هبوب العواصف، يمكن إغلاق منافذ المسجد والاعتماد على دورات التهوية الثانوية الداخلية، مما يؤمن نظافة بيئة المسجد، ويجعل الإقامة فيه مريحة.

الاستنتاجات مما سبق ما يلي :

١ – أن النبي صلى الله عليه وسلم اعتمد في بناء مسجده على ما توفره البيئة المحيطة.

٢ – استخدم النبي صلى الله عليه وسلم ثلاثة نظم من نظم التبريد السلبية في تلطيف أجواء المسجد، مما جعل إقامة المسلمين فيه أكثر راحة.

٣ – كان للمسجد رغم بساطة بنائه تصميم حراري مدهش بأقل كلفة وأفضل مردود.



الشكل (٩)
دورتا الهواء الرئيسية «الخط المستمر»، والثانوية «الخط المتقطع» داخل المظلل الشمالي في الليل

٤ – أحدثت الزيادة في حجم الجدران المتناسبة مع زيادة مساحة المسجد ومع كمية الحرارة المختزنة في الجدران، توازناً حرارياً مدهشاً.

٥ – زيادة التغير الحجمي المتناسبة مع زيادة حجم الجدران المعرض لأشعة الشمس أدت إلى وقاية هذه الجدران من التصدع والانهيار.

٦ – كان التظليل فعالاً في تلطيف أجواء المسجد، إذ ساهم في صناعة التيارات الهوائية.

٧ – إن جعل النبي صلى الله عليه وسلم للمسجد أبواباً ثلاثة، كان أمراً فعالاً للتهوية، إذ يمثل البابان الغربي والشمالي منبعين للهواء، فيما يمثل الباب الشرقي مصرفاً له.

٨ – إن فتح الطيقان الأربع للمظلل الشمالي كان ضرورياً لتهويته.

المقترحات

يقترح استمرار هذا البحث ودراسته من وجهة نظر إنشائية هندسية ودراسة انعكاسات بناء مسجد الرسول صلى الله عليه وسلم على الأبنية الإسلامية التي بنيت بعده، كذلك إمكانية تطبيق هذه المبادىء في عصرنا الحالي

الحواشي والمراجع العربية

١ – بالز، ولفغانغ . الطاقة الكهرشمسية . (دمشق : نقابة المهندسين السوريين، ١٩٨٣)، ص ٣٨٦.

٢ – بكر، عبد الجبار . نخلة التمر . (بغداد : مطبعة العاني، ١٩٧٢)، ص ١٠٨٥.

٣ – جطل، أحمد كمال . رسالة ماجستير . (حلب : جامعة حلب، ١٩٩٣)، ص ١٣٤.

٤ – رفاعي، محمود فيصل . الهيدرولوجيا . (حلب : مطبعة جامعة حلب، ١٩٩٠)، ص ٣٧٨.

٥ – سلقيني، محيي الدين . العمارة البيئية . (بيروت : دار قابس، ١٩٩٠)، ص ٢٣٠.

٦ – سمهودي، علي بن أحمد . وفاء الوفاء . (القاهرة : مطبعة الآداب والمؤيد، ١٣٢٦هـ)، ص ٥٧١.

٧ – شافعي ، محمود فريد . العمارة العربية الإسلامية . (الرياض : جامعة الملك سعود، ١٩٨٢)، ص ٢٨٤.

٨ – صحيح بخاري . (دمشق وبيروت : دار القلم، ١٩٨١).

٩ – عثمان، نجوى . لمحات من الهندسة الإنشائية في كتب التراث . (دمشق : مجلة المهندس العربي، نقابة المهندسين السوريين، ١٩٩٠)، العدد ٩٩.

١٠ – نصور، ضيف الله . الفيزياء للمهندسين . (حلب : مطبعة جامعة حلب، ١٩٨٦)، ص ٣٧٨.

الحواشي والمراجع الأجنبية

11 - BAHADORI M. N., (1993) - I. C. T. P., SMR. 704 - 26, Trieste, Italy.
12 - FAHRENBRUCH A. L. and BUBE R. H., (1983) - Fundamentals of solar cells, Academic Press, Inc., p. 553.
13 - GREEN M. A., (1982) - Solar cells, N. Y. : Prentice Hall, l ed, p. 274.