الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قسنطينة 03

كلية الهندسة المعمارية والتعمير
قسم الهندسة المعمارية

رقم : .....
سلسلة : .....

مذكــرة

للحصول على شهادة الماجستير في الهندسة المعمارية
تخصص : **الهندسة المعمارية البيـومناخية**

الموضوع:

التهوية وتقنيات التبريد الطبيعي في عمارة المساجد

(حالة مسجد أول نوفمبر 1954 بمدينة باتنة)

VENTILATION ET TECHNIQUES DE RAFRAICHISSEMENT NATUREL DANS l'ARCHITECTURE DES MOSQUÉES

(Cas de la Mosquée premier Novembre 1954 à Batna)

من تقديم : **مباركـي عمار**

تحت إشراف : **أ.د. بوالشـحم** (بن عمارة) **ياسمينة**

لجنة المناقشة :

الرئيس :	أ.د. بوربيـع فتيحة	جامعة قسنطينة 03
العضو :	أ.د. دباش سميرة	جامعة قسنطينة 03
العضو :	د. دراجي محمد	جامعة قسنطينة 03
المقرر :	أ.د. بوالشـحم ياسمينة	جامعة قسنطينة 03

نوقشت في : 15 / 12 / 2013

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قسنطينة 03

كلية الهندسة المعمارية والتعمير
قسم الهندسة المعمارية

رقم : .....
سلسلة : .....

مذكــرة

للحصول على شهادة الماجستير في الهندسة المعمارية
تخصص : **الهندسة المعمارية البيـومناخية**

الموضوع:

التهوية وتقنيات التبريد الطبيعي في عمارة المساجد

(حالة مسجد أول نوفمبر 1954 بمدينة باتنة)

VENTILATION ET TECHNIQUES DE RAFRAICHISSEMENT NATUREL DANS l'ARCHITECTURE DES MOSQUÉES

(Cas de la Mosquée premier Novembre 1954 à Batna)

من تقديم : **مباركـي عمار**

تحت إشراف : **أ.د. بوالشـحم** (بن عمارة) **ياسمينة**

لجنة المناقشة :

الرئيس :	أ.د. بوربيـع فتيحة	جامعة قسنطينة 03
العضو :	أ.د. دباش سميرة	جامعة قسنطينة 03
العضو :	د. دراجي محمد	جامعة قسنطينة 03
المقرر :	أ.د. بوالشـحم ياسمينة	جامعة قسنطينة 03

نوقشت في : 15 / 12 / 2013

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وعرفان

تم البحث بحمد **الله** المنان **ولوالدي** العزيزان كل الامتنان.

وأتقدم في المقام الأول بشكر أستاذتي الكريمة **أ.د بوالشحم** ياسمينة على دعمها خلال كامل أطوار البحث بالمراجع والتوجيه والمتابعة.

ولأستاذتي **أ.د بوربيع فتيحة** مديرة مخبرABE جزيل الشكر لدعمها بالتوجيه وتوفير برنامج المحاكاة وأجدد لها شكري لقبولها بترؤس لجنة التصحيح.

وأعبر لأستاذي **د. دراجي محمد** عن شكري لما قدمه لي من توجيه وله مني جزيل شكري لتشريفي بقبوله تقييم هذا العمل.

وللأستاذة **أ.د دباش سميرة** جزيل الشكر بأن شرفتني بقبولها تقييم هذا العمل.

كما وأشكر كل من ساهم من قريب أو من بعيد في توجيهي من أمثال مباركي حسين و زمورة زين الدين ورحال سميرة وحمودة عبيدة وعباسي سميرة وكل أقاربي و زملائي وأصدقائي.

كما وأني لا أفوت الفرصة بتقديم كل الشكر لأخوتي لدعمهم
عبد الكريم و إلياس و يسين و يوسف وأختي المتميزة أسماء

وأشكر كل من ساهم في تكويني.

الملخص:

إن العديد من التصاميم المعمارية لمباني المساجد الجامعة في الوقت الحاضر لم يراعى فيها توظيف الأفكار النابعة من تفاعل التصميم مع البيئة المحلية، وهو ما أنتج مباني تسرف في استخدام الطاقة لتوفير الراحة الحرارية، بما في ذلك التبريد، باعتبار أن معظم العالم الإسلامي يقع ضمن نطاق المناخ الحار، وهو ما يؤثر سلبا على الرسالة السامية للمسجد في نشر قيم عدم الإسراف والحفاظ على البيئة.

ومن أجل إيجاد حل طبيعي لمشكلة الإجهاد الحراري صيفا في المساجد، قمنا باختيار نموذج يعاني من ذلك، وهو مسجد أول نوفمبر 1954م بمدينة باتنة التي تخضع لمناخ حار وشبه جاف.وارتكزت الدراسة على رفع القياسات بشكل دوري لكل من حرارة الهواء والرطوبة النسبية داخل حيز قاعة الصلاة خلال أوقات الذروة (صلاة الجمعة وصلاة التراويح) ، وذلك بغرض معرفة أسباب الإجهاد الحراري وعدم راحة المصلين. ثم قمنا بإخضاع المشروع لسلسلة من عمليات المحاكاة الحرارية باستخدام برنامج (EDSL/TAS v 9.2.1.4) ، حيث اختبرنا مجموعة من التغييرات على مستوى العناصر المعمارية للمسجد (المآذن والقباب) ، والتي تهدف لدعم التهوية والتبريد الطبيعي انطلاقا من نتائج بعض أحدث الدراسات في المجال.

وقد تبين أن الربح الحراري الداخلي للمصلين ونقص حركة الهواء هي أهم أسباب ارتفاع الإجهاد الحراري داخل حيز قاعة الصلاة.إن الدمج بين نظام ملقف الرياح (المزود بنظام التبريد بالتبخير) على مستوى المآذن، و نظام التهوية الرأسية على مستوى القباب هي حلول لمواجهة مشكلة الإجهاد الحراري. هذه التقنية عملت على خفض حرارة الهواء الداخلي بمقدار 9°م ورطوبة نسبية للهواء تراوحت بين 60 و 65 %، وهذا من شأنه توفير الراحة الحرارية والتخلص من الإجهاد الحراري.

الكلمات المفتاحية : مسجد ، العناصر المعمارية ، الراحة الحرارية ، التهوية ، التبريد الطبيعي.

قائمة المحتويات..... I
قائمة الأشكال..... VII
قائمة الجداول..... XI
تعريف الرموز..... XII

مقدمة عامة :

مقدمة 01
الإشكالية 02
الفرضيات 03
الأهداف 03
المنهجية..... 03
هيكلة البحث..... 05

الفصل الأول :عمارة المساجد بين الوحدة والتنوع

المقدمة 06
1.1 مفاهيم أساسية في عمارة المساجد..... 06
1.1.1 مفهوم المسجد 06
2.1.1 البعد الاجتماعي والثقافي للمسجد 07
2.1 أنواع المساجد 08
1.2.1 تقسيم المساجد على أساس الحجم والوظيفة 08
2.2.1 تقسيم المساجد على أساس نوعية التصميم 09
3.1 العناصر المعمارية في عمارة المساجد 13
1.3.1 العناصر الرئيسية الداخلة في عمارة المسجد 13
1.1.3.1 قاعة الصلاة..... 13
2.1.3.1 الصحن 15
3.1.3.1 المنبر 16
4.1.3.1 المحراب..... 17
2.3.1 العناصر الإضافية في عمارة المساجد 17
1.2.3.1 الميضأة..... 18
2.2.3.1 المئذنة 18
3.2.3.1 القباب 22
4.1 عمارة المساجد بين الثوابت والمتغيرات 24
1.4.1 العمارة الحسية والمعنوية بين الثوابت والمتغيرات 24
2.4.1 العمارة البنائية للمسجد بين الثوابت والمتغيرات 25
الخلاصة 27

الفصل الثاني : البعد البيئي في عمارة المساجد

المقدمة 28
1.2 مبادئ الاستدامة وفق المنظور الإسلامي.....28
1.1.2 المفهوم الإسلامي للبيئة 29
2.1.2 الحفاظ على البيئة في الإسلام 30
3.1.2 علاقة الإنسان بالبيئة 30
1.3.1.2 التسخير..... 31
2.3.1.2 الوسطية (الاعتدال في الاستهلاك) 31
2.2 مبادئ الحفاظ على البيئة وفق المنظور الإسلامي 32
1.2.2 الحفاظ على الماء 33
2.2.2 الحفاظ على الهواء 33
3.2.2 الحفاظ على الموارد 34
4.2.2 الحفاظ على المساحات الخضراء وتنميتها.....34
3.2 البعد البيئي في تصميم المساجد 35
1.3.2 المعالجات المناخية في المناطق الحارة 36
1.1.3.2 الصحن 36
2.1.3.2 ملقف الرياح 39
3.1.3.2 تقنيات حديثة 40
2.3.2 المعالجات المناخية في المناطق الباردة 42
3.3.2 الإضاءة الطبيعية في المساجد 43
الخلاصة 46

الفصل الثالث:الراحة الحرارية

المقدمة 47
1.3 مفاهيم أساسية حول الراحة الحرارية 47
1.1.3 مفهوم الراحة الحرارية.....47
2.1.3 التبادل الحراري بين جسم الإنسان ووسطه الحراري 47
1.2.1.3 التبادل الحراري بواسطة الإشعاع.....48
2.2.1.3 التبادل الحراري بواسطة التوصيل.....49
3.2.1.3 التبادل الحراري بواسطة الحمل.....49
4.2.1.3 فقدان الحرارة بواسطة التبخر :.....50
1.4.2.1.3 تبخر العرق :.....50
2.4.2.1.3 تبخر الماء من الرئة : 51
3.1.3 العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية :.....51
1.3.1.3 عوامل البيئة المناخية : 52

1.1.3.1.3 تأثير درجة حرارة الهواء.....52
2.1.3.1.3 تأثير الرطوبة النسبية.....52
3.1.3.1.3 تأثير حركة الهواء وسرعته.....53
4.1.3.1.3 تأثير الإشعاع 53
2.3.1.3 العوامل الذاتية المؤثرة في الراحة الحرارية 53
1.2.3.1.3 التأقلم.....54
2.2.3.1.3 السن والجنس.....54
3.2.3.1.3 شكل الجسم 55
4.2.3.1.3 نشاط الفرد 55
5.2.3.1.3 نوع الغذاء.....56
6.2.3.1.3 نوعية الملابس 57
2.3 الوسط الحراري (المبنى) 58
1.2.3 عناصر المبنى المؤثرة في الكفاءة المناخية.....59
1.1.2.3 شكل وتراص المبنى.....59
2.1.2.3 تموقع المبنى : 60
3.1.2.3 خصائص غلاف المبنى.....61
2.2.3 مصادر الكسب الحراري في المبنى.....61
1.2.2.3 المصادر الخارجية 62
1.1.2.2.3 الكسب الحراري خلال الزجاج 62
2.1.2.2.3 الكسب الحراري خلال الأسطح 63
3.1.2.2.3 الكسب الحراري لتسرب الهواء 65
2.2.2.3 المصادر الداخلية 66
1.2.2.2.3 الحمل الحراري للإضاءة 66
2.2.2.2.3 الحرارة المكتسبة من الأشخاص 66
3.3 تقييم الراحة الحرارية 68
1.3.3 مؤشرات PPD / PMV.....68
2.3.3 الحرارة الفعالة 70
3.3.3 نموذج الراحة الحرارية للتأقلم 71
4.3.3 تقييم الراحة الحرارية باستخدام المنحنيات البيومناخية 72
5.3.3 جداول Mahoney.....74
الخلاصة 75

الفصل الرابع: التهوية والتبريد الطبيعي

المقدمة 76
1.4 حركة الهواء داخل المبنى.....76
1.1.4 تأثير الرياح (قوة الرياح) 76
2.1.4 حركة الهواء داخل المبنى نتيجة لقوة الدفع الحراري.....78
2.4 التبريد بواسطة التهوية الطبيعية.....79
1.2.4 زيادة فعالية تبريد الهواء 80
1.1.2.4 التبريد بالتبخر 80
2.1.2.4 استخدام السعة الحرارية للأرض.....82
2.2.4 زيادة التدفق الطبيعي للهواء.....82
1.2.2.4 دراسة الفتحات.....82
1.1.2.2.4 الموضع الأفقي.....83
2.1.2.2.4 الموضع الرأسي.....83
3.1.2.2.4 مساحة النافذة 84
2.2.2.4 استخدام القباب في التهوية الرأسية 85
3.2.2.4 المدخنة الحرارية.....86
4.2.2.4 برج الرياح الطارد للهواء 87
5.2.2.4 برج الرياح الساحب للهواء 88
1.5.2.2.4 مبدأ عمل ملقف الهواء 88
2.5.2.2.4 أبراج الرياح أحادية الاتجاه ومتعددة الاتجاهات.....89
3.4 دراسات منجزة في مجال التبريد الطبيعي 92
1.3.4 دراسة مخارج الهواء على مستوى القبة وعلاقتها بضغط الرياح 92
2.3.4 دراسة مخارج الهواء على مستوى القبة وعلاقتها بالسحب الحراري 93
3.3.4 دمج ملقف الهواء مع التهوية الرأسية باستخدام القبة 94
4.3.4 زيادة كفاءة التبريد بدمج نظام لتبريد الهواء بالتبخير.....95
5.3.4 دراسة حول مدى كفاءة تقنيات المحاكاة الحرارية 98
الخلاصة 99

الفصل الخامس:التحقيق والقياس

المقدمة.....100
1.5 موقع مدينة باتنة 100
2.5 مناخ مدينة باتنة 102
3.5 تحديد منطقة الراحة الحرارية لشهر يوليو 105
4.5 تقديم موضوع الدراسة : " قاعة الصلاة بمسجد أول نوفمبر "..... 106
5.5 تحليل العناصر المعمارية للمسجد 110

1.5.5 قاعة الصلاة 110
2.5.5 القباب 112
3.5.5 المآذن 113
4.5.5 النوافذ 115
5.5.5 الأبواب 116
6.5.5 الزخارف 117
7.5.5 المحراب 117
8.5.5 المنبر 117
6.5 العوامل الذاتية للمستخدمين (المصلين) 118
7.5 الهدف من رفع القياسات 119
8.5 منهجية العمل 119
9.5 الأجهزة المستخدمة 120
10.5 استعراض الحرارة والرطوبة النسبية للهواء الخارجي في يوم المحاكاة (27 يوليو 2012).....121
11.5 النتائج وتحليلها.....122
1.11.5 درجة حرارة الهواء 122
2.11.5 الرطوبة النسبية 125
3.11.5 تقييم الراحة الحرارية وفق طريقة الباحث Szokolay steeve 127
الخلاصة 128

الفصل السادس:المحاكاة

المقدمة.....129
1.6 وصف برنامج المحاكاة..... 130
2.6 هيكلة البرنامج 130
3.6 سير المحاكاة 131
4.6 نموذج الدراسة 132
5.6 مداخل البرنامج 134
1.5.6 الجدول الزمني 134
2.5.6 ملف المعطيات المناخية 135
3.5.6 عناصر البناء والتشييد.....136
4.5.6 الشروط الداخلية 139
5.5.6 التطبيق الملحق الخاص بالسيناريوهات.....139
6.5.6 نمط الفتحات 140
6.6 النتائج وتحليلها 141
1.6.6 المرحلة الأولى (مقارنة نتائج المحاكاة مع نتائج القياس) 141
2.6.6 المرحلة الثانية : (تقييم المستوى الحراري بدون تهوية)..... 144
3.6.6 تقييم تأثير التهوية الأفقية الليلية (الوضعية 02) 146

4.6.6 الدمج بين دعم تدفق الهواء ودعم تبريد الهواء قبل إدخاله بواسطة التبخر.....149
1.4.6.6 محاكاة الوضعية 03 (مخارج الهواء في القبة).....152
1.1.4.6.6 محاكاة حرارة الهواء.....152
2.1.4.6.6 محاكاة حركة الهواء..... 154
2.4.6.6 محاكاة الوضعية 04 : (مخارج الهواء في القبة وفي السقف) 156
1.2.4.6.6 محاكاة حرارة الهواء.....156
2.2.4.6.6 محاكاة حركة الهواء 159
3.2.4.6.6 تقييم مستويات الرطوبة النسبية للهواء.....160
3.4.6.6 محاكاة التهوية المقترحة وفي غياب الرياح (الوضعية 05) 161
4.4.6.6 محاكاة تقييم التوزيع الحراري في المجال الداخلي (الوضعية 06)..... 163
7.6 تقييم كفاءة التقنية وفق طريقة الباحث Szokolay steeve.....165
الخلاصة 166
الخلاصة العامة والتوصيات 168
المراجع.....172
الملاحق.....179
الملخص باللغة الفرنسية والانجليزية

الفصل الأول:

الشكل 1.1 مخطط ومنظر عام للمسجد الأموي في دمشق.....10
الشكل 2.1 صورة جوية لجامع ومدرسة السلطان حسن بمصر.....11
الشكل 3.1 مخطط لمسجد السلطان سليمان والقطاع الرئيسي منه.....12
الشكل 4.1 بعض الأشكال المفضلة والغير مفضلة لقاعة الصلاة.....14
الشكل 5.1 صورة لمنبر ومحراب جامع السلطان حسن في مصر.....17
الشكل 6.1 أمثلة عن أشهر أنواع المآذن.....21
الشكل 7.1 أنواع أشكال القباب في العمارة الإسلامية.....23

الفصل الثاني:

الشكل 1.2 المسجد الأزهر بالقاهرة.يتوسطه الصحن المحاط بالأروقة.....36
الشكل 2.2 المسقط الأفقي وصور مسجد تمبكتو بمالي.....38
الشكل 3.2 صور لمظلات المسجد النبوي (المصدر مجلة التنمية مايو 2012).....41
الشكل 4.2 صور القباب المتحركة في المسجد النبوي.....42
الشكل 5.2 صورة لجامع قرطبة تظهر استخدام الأسقف المائلة وهي مغطاة بالثلوج.....43
الشكل 6.2 صورة للجامع الأموي تظهر المجاز الفاصل.....44
الشكل 7.2 صورة داخلية لقباب مسجد السليماني باسطنبول.....45

الفصل الثالث:

الشكل 1.3 رسم توضيحي للتبادلات الحرارية بين الجسم ومحيطه.....51
الشكل 2.3 قيم معامل العزل الحراري للملابس باختلاف نوع اللباس.....57
الشكل 3.3 تأثير الشكل والحجم والمجاورة على التراص.....60
الشكل4.3 الدمج بين مؤشر PMV et PPD.....69
الشكل 5.3 تغير قيم الحرارة الفعالة المثالية بحسب تغير النشاط ونوعية اللباس.....71
الشكل 3-6 المنحنى البياني البيومناخي Givoni 73

الفصل الرابع:

الشكل 1.4 المسافات الواجب احترامها للسماح بالتهوية الطبيعية لمجموعة بنايات خاضعة للرياح.....77
الشكل.2.4 إمكانية التهوية الطبيعية لمبنى وفقا لموضعه من حاجز.....77
الشكل 3.4 التهوية الليلية . (01) تهوية من واجهة واحدة (02) تهوية رأسية.....79
الشكل 4.4 صورة توضيحية للتبريد بالتبخر.....81
الشكل 5.4 مبدأ عمل الفناء المزود بمسطح مائي في تبريد الهواء.....81
الشكل 6.4 وضع الفتحات بالنسبة لاتجاه الريح.....83
الشكل 7.4 وضع الفتحات الرأسي لاتجاه الريح.....84
الشكل 8.4 رسم توضيحي لآلية التهوية باستخدام القبة.....86

الشكل 9.4 السلوك الحراري لبرج يعمل بالخواص الحرارية لمادة الإنشاء.....87
الشكل 10.4 صورة توضيحية لعمل برج الرياح الطارد للهواء.....88
الشكل 11.4 توضح مبدأ عمل ملقف هوائي استخدم في مصر.....89
الشكل 12.4 أبراج رياح تقليدية مصنفة بحسب الاتجاه.....89
الشكل 4 .13 توجيه برج الرياح أحادي الاتجاه في منطقة يزد بإيران.....90
الشكل 14.4 أنماط المساقط للأبراج ثنائية الاتجاه.....90
الشكل 15.4 أنماط المساقط للأبراج رباعية الاتجاه.....91
الشكل 16.4 أنماط المساقط للأبراج ثمانية الاتجاه.....91
الشكل 17.4 شكل توضيحي لمواضع مقاييس الضغط الجوي لتجارب الباحثان A. K. & M. N. B.....93
الشكل 18.4 نتائج المحاكاة لكل من حرارة الهواء وسرعة حركته لقبة زجاجية مزودة بفتحة
في ذروتها وفتح نوافذ الجدران.(Rahal.s.2011).....94
الشكل 19.4 التهوية بواسطة الدمج بين ملقف هواء متعدد الاتجاهات وسقف مزود بقبة.....95
الشكل 20.4 استخدام الملقف في خفض الحرارة وترطيب الهواء.....96
الشكل 21.4 نتائج القياس لبرج هوائي مزود بنظام تبخير من تصميم الباحثة بوشحم.ي.....97
الشكل 22.4 برج رياح مزود بنظام تبخير حديث.....97

الفصل الخامس:

الشكل 1.5 الموقع الجغرافي لمدينة باتنة.....101
الشكل 2.5 موقع مدينة باتنة بالنسبة للمناطق المناخية 101
الشكل 3.5 تحليل المعطيات المناخية لمدينة باتنة 2001-2012.....104
الشكل 4.5 صورة جوية تظهر موقع مسجد أول نوفمبر بالنسبة لمدينة باتنة.....106
الشكل 5.5 صورة جوية لمسجد أول نوفمبر.....107
. الشكل 6.5 صورة للواجهة الشرقية لقاعة صلاة مسجد أول نوفمبر.....107
الشكل 7.5 صورة للواجهة الجنوبية لقاعة الصلاة 108
الشكل 8.5 صور تظهر توزيع المصلين داخل قاعة الصلاة - يوم الجمعة 27 يوليو 2012.....108
الشكل 5.9 صورة داخلية تبرز أجهزة التكييف الآلي.....109
الشكل 10.5 صورة تبرز المحركات الكبيرة لأجهزة التبريد فوق سطح قاعة الصلاة.....109
شكل 11.5 مخطط الطابق الأرضي لقاعة الصلاة بمسجد أول نوفمبر.....110
شكل 12.5 مخطط الطابق الأول لقاعة الصلاة بمسجد أول نوفمبر.....111
الشكل 13.5 مقطع يبرز القبة.....112
الشكل 14.5 صورة داخلية للقبة.....112
الشكل 15.5 صورة لإحدى مآذن مسجد أول نوفمبر.....113
الشكل 16.5 الواجهة الشرقية لمسجد أول نوفمبر.....114
الشكل 17.5 صورة تظهر الشكل العام لمسجد أول نوفمبر من الجهة الشرقية 114
شكل 18.5 صورة داخلية لمسجد أول نوفمبر.....115

الشكل 19.5 مخطط يبرز توزيع الأبواب وصورة لأحد المداخل.....116
الشكل 20.5 صورة للمنبر.....117
الشكل 21.5 صورة تبرز بعض أنواع اللباس المستخدم.....119
الشكل 22.5 تحديد نقاط رفع القياسات ومواضع المكيفات في قاعة الصلاة.....120
الشكل 23.5 الأجهزة المستخدمة في القياس.....120
الشكل 24.5 تغيرات الحرارة والرطوبة النسبية الخارجية ليوم المحاكاة -27 يوليو 2012 121
الشكل 25.5 نتائج قياس حرارة الهواء داخل قاعة الصلاة ليوم 27 يوليو 2012 122
الشكل 26.5 نتائج قياس الرطوبة النسبية للهواء داخل قاعة الصلاة ليوم 27 يوليو 2012 125
الشكل 27.5 تحديد منطقة الراحة الحرارية ومنطقة التهوية الطبيعية لشهر يوليو -باتنة-.....127

الفصل السادس:

الشكل 1.6 تطبيقات برنامج المحاكاة.....130
الشكل 2.6 تسلسل تطبيقات برنامج Tas.....130
الشكل 3.6 واجهة تطبيق التصميم وهي تحوي منظر ثلاثي الأبعاد للمشروع.....132
الشكل 4.6 واجهة تطبيق التصميم وهي تحوي تقسيم المشروع إلى منطقتين.....133
الشكل 5.6 واجهة تطبيق التصميم وهي تحوي تقسيم المشروع الى عشرة مناطق..... 133
الشكل 6.6 الجدول الزمني المستخدم (calendrier) 134
الشكل 7.6 ملف المعطيات المناخية المستخدم 135
الشكل 8.6 عناصر البناء المستخدمة 136
الشكل 9.6 الشروط المطبقة على مختلف المناطق 139
الشكل 10.6 برنامج الحالات المستخدم 139
الشكل 11.6 نوع الفتحات.....140
الشكل 12.6 توزيع الفتحات في المشروع..... ...141
الشكل 13.6 توزيع مواضع التكييف المركزي في المسقط الأفقي لقاعة الصلاة.....142
الشكل 14.6 مقارنة نتائج القياس ونتائج المحاكاة لحرارة الهواء الداخلي.....143
الشكل 15.6 التغيرات في درجات الحرارة في قاعة الصلاة – الوضعية 01- 144
الشكل 16.6 رسم توضيحي لمداخل ومخارج الهواء باستخدام التهوية الأفقية (الوضعية 02).....147
الشكل 6-17 مقارنة التغير في درجات الحرارة لصلاة التراويح الوضعية 01 والوضعية 02 147
الشكل 18.6 مقطع توضيحي لمئذنة مزودة بنظام تبخير.....150
الشكل 19.6 مقطع توضيحي لتوزيع ضغط الهواء في القبة.....151
الشكل 20.6 مقطع توضيحي لنظام شفط الهواء عبر استخدام القبة 151
الشكل 6-21 مقارنة تغير الحرارة بين الوضعية 03 والوضعية 01 152
الشكل 22.6 آلية التهوية في الوضعية 03.....154
الشكل 23.6 مستويات سرعات الهواء الموافق للوضعية 03 155
الشكل 24.6 مستويات حرارة الهواء للوضعية 03 155

الشكل 25.6 مقارنة التغير في درجات الحرارة -الوضعية 03 والوضعية 04- 156
الشكل 26.6 مقطع توضيحي لآلية عمل تقنية التهوية في الوضعية 04.....159
الشكل 27.6 مستويات سرعات الهواء الموافق للوضعية 04.....159
الشكل 28.6 مستويات سرعات الهواء الموافق للوضعية 04.....159
الشكل 29.6 مستويات الرطوبة النسبية للوضعية 04.....160
الشكل 30.6 مقارنة التغيرات الحرارية بين الوضعية 04 والوضعية 05 162
الشكل 31.6 تقسيم قاعة الصلاة الى مناطق حرارية 163
الشكل 32.6 التغيرات في درجة الحرارة على مستوى 10 مناطق (الوضعية 06) 164
الشكل 33.6 تحديد منطقة الراحة الحرارية ومنطقة التهوية الطبيعية لشهر يوليو
وفق طريقة Szokolay 165

الفصل الثالث :

الجدول 1.3 تأثير تغير معامل العزل للملابس على تغير مجال الراحة الحرارية.....58
الجدول 2.3 الربح الحراري بحسب مختلف أنواع الزجاج 63
الجدول 3.3 مقدار الكسب الحراري الكامن والمحسوس للأشخاص.....67
الجدول 4.3 العلاقة بين قيم PMV والإحساس الحراري.....69
الجدول 5.3 قيم المعامل α بحسب تغير سرعة الهواء.....70

الفصل الرابع :

الجدول 1.4 تأثير زيادة مساحة النافذة على سرعة الهواء.....85

الفصل الخامس :

الجدول 1.5 تواتر هبوب الرياح السنوي - باتنة- 2001-2012 103
الجدول 2.5 متوسط سرعة الرياح الشهري -باتنة- 2001-2012 103
الجدول 3.5 مواد البناء المستخدمة في قاعة الصلاة أول نوفمبر 111
الجدول 4.5 الخصائص الحرارية للزجاج الملون.....115

الفصل السادس:

الجدول 1.6 مكونات العناصر البنائية المستخدمة في المحاكاة.....137
الجدول 2.6 الخصائص الحرارية للعناصر البنائية المستخدمة في المحاكاة.....138
الجدول 3.6 الفتحات المستخدمة في المحاكاة.....140

مقدمة عامة

المقدمة :

يكتسب المسجد مكانة جوهرية باعتباره المركز الروحي للمسلمين لذا نجد أنه قد تم إنشاء مئات الآلاف من المساجد في كافة أنحاء العالم منذ أن أمر رسول الله صلى الله عليه وسلم ببناء مسجده في المدينة المنورة، والذي جاءت عمارته منبثقة من البيئة المحيطة، سواء من حيث الشكل المربع أو مواد البناء من اللبن والطين والحجارة والسعف. [1]

ولقد ظلت الخصائص المعمارية الأساسية للمسجد على حالها من حيث مدلولاتها ومتطلبات المسجد كدار عبادة وعلم، وان تنوعت الأساليب وفق البيئات التي وصل إليها الإسلام وانتشر فيها والتي عكست تلك البيئات فتنوعت طرز المساجد وهو ما يعبر تعبيرا صادقا ومباشرا على مفهوم الوحدة والتنوع. [2]

وفي بادئ الأمر كان بناء المساجد في الأمصار يقتصر على مسجد جامع واحد في كل مدينة، ولكن اتساع رقعة الأقطار التي انتشر فيها جعل من الضروري إنشاء مساجد عديدة في مواقع متفرقة من المدينة الواحدة، مع الاقتصار على مسجد جامع فيها ليؤدي المسلمون صلاة الجمعة في المسجد الجامع، والصلوات الخمسة في مساجد أحيائهم، ومع اتساع المدن وزيادة عدد السكان أنشئ في المدينة الإسلامية الواحدة العديد من الجوامع.

وقد استقر العرف على إطلاق كلمة "مسجد"على كل مكان لتعبد المسلمين مهما كانت مساحته، وإطلاق تعبير "المسجد الجامع" على المساجد الكبيرة التي تستوعب المصلين أيام الجمع، وعلى هذا فان كل جامع مسجد وليس كل مسجد جامعا.

فالمسجد الجامع مصمم لاستيعاب أعداد كبيرة من المصلين لأداء صلاة الجمعة في قاعة صلاة كبيرة ومؤهلة لتوفير أفضل شروط الراحة، حرصا على توفير جو ملائم للخشوع. [3]

---

[1] **Omar S. Asfour,** (2009). **«** Effect of Mosque Architectural Style on Its Thermal Performance » .The Islamic University Journal (Series of NaturalStudies and Engineering).

[2] http://sms.islamweb.net.

[3] **Al Anzi Adnan; Al-Shammeri Basma** , (2010). « Energy Saving Opportunities Using Building Energy Simulation for a_Mosque in Kuwait ».Proceedings of the ASME 4th International Conference on Energy Sustainability .

الإشكالية :

تحوي الجزائر على عدد كبير من المساجد وهي في ازدياد مستمر منذ الاستقلال إذ أن معظم القرى والبلدات تعلوها مآذن يرتفع بها الأذان، أما المدن فتضاعف بها عدد المساجد عشرات المرات تبعا لنمو عدد السكان وانتشار الثقافة الدينية.

وقد التزمت وزارة الشؤون الدينية بتعيين أئمة يشتغلون بصفة رسمية في جميع المساجد ما جعل معظمها يؤدي دور المسجد الجامع .

إلا أن غياب آلية واضحة لمراقبة عملية التصميم أدى بالعديد من المعماريين إلى تبني طرز معمارية مختلفة والتعامل مع العناصر المعمارية (الشكل المآذن والقباب...) كعناصر جمالية بحتة، دون مراعاة الخصائص المناخية المحلية وكذا راحة المصلين ما أدى إلى لجوء معظم المساجد لاستخدام الطاقة للتبريد أو التسخين.

وهو ما يخالف المقصد الأساسي للمسجد لكونه مكانا للخشوع من جهة وله رمزية مؤثرة في المجتمع والتي يجب الاستفادة منها في زيادة الوعي العام بأهمية المحافظة على البيئة وقضايا الاقتصاد في استهلاك الطاقة.

ويعتبر مسجد أول نوفمبر 1954 بمدينة باتنة وهي مدينة تخضع للمناخ الحار والشبه الجاف، من أكبر مساجد الجزائر حيث تبلغ قدرة استيعاب المصلين حوالي 17 ألف مصلي.

وقد عانى المصلون في المسجد من إشكالية الإجهاد الحراري الكبير صيفا خصوصا في أوقات الذروة (صلاة الجمعة وكذلك صلاة التراويح في رمضان) ، إذ كثيرا ما لجأ المصلون إلى الصلاة خارج القاعة المخصصة لذلك وقد قامت المصلحة التقنية للمسجد بفتح استشارة لإيجاد حل للمشكلة.

فاز بالاستشارة مؤسسة جزائرية قامت بتركيب نظام تهوية وتبريد شبه مركزي كلف مبلغا ماليا كبيرا كما شوه المنظر الداخلي للمسجد، من خلال كبر مخارج الهواء للمكيفات بالإضافة إلى التبعات الاقتصادية جراء استهلاك الطاقة، وهو ما يخالف الرسالة السامية للمسجد كمركز لنشر الوعي.

ونسعى من خلال دراسة المثال إلى تقييم الأداء الحراري للمسجد في المرحلة الصيفية ، والبحث عن سبل لإشراك العناصر المعمارية في آلية التهوية والتبريد الطبيعي؟

الفرضيات :

نسعى من خلال البحث إلى إثبات فرضيتين :

1- الربح الحراري الداخلي في المساجد والمتمثل في العدد الكبير للمصلين وكثافتهم في قاعة الصلاة هو عامل أساسي في الإجهاد الحراري، وبالتالي في حالة عدم الراحة الحرارية صيفا.

2- من الممكن إدماج العناصر المعمارية والمتمثلة أساسا في المآذن والقباب كعناصر رئيسية في آلية التهوية والتبريد في عمارة المساجد.

الأهداف:

أهداف على المدى البعيد :

يمكن أن نوظف المساجد في نشر الوعي بضرورة الحفاظ على البيئة وترشيد استغلال الطاقة في العالم الإسلامي باعتبار المسجد مركزا لنشر الوعي، وذلك من خلال استخدامه كقدوة حسنة في تبني العمارة البيـومناخية.

أهداف على المدى القريب :

توفير أكبر قدر من الراحة الحرارية في المرحلة الصيفية، باستخدام التهوية والتبريد الطبيعي بعيدا عن استنزاف الطاقة، ومن باب عدم النهي عن المنكر والإتيان بمثله.

إشراك العناصر المعمارية (المآذن والقباب) في آلية التهوية والتبريد الطبيعي وعدم التعامل معها كعناصر شكلية لأغراض جمالية بحتة.

المنهجية :

تطرقنا في بحثنا هذا إلى دراسة موضوع : التهوية والتبريد الطبيعي في عمارة المساجد، هذه المباني التي عرفت تراجعا كبيرا في علاقتها مع المناخ المحلي من خلال الاعتماد الكلي على تقنيات التبريد الآلي ، في توفير الراحة الحرارية ضمن الفراغ المعماري لقاعة الصلاة في فصل الصيف، حيث أصبحت العناصر المعمارية للمسجد مجرد عناصر جمالية لا تحافظ على الموروث الثقافي ولا تتماشى مع المؤثرات البيئية والمناخية، وسعيا منا إلى محاولة إيجاد دور مناخي لهذه العناصر من خلال إشراكها في عملية توفير الراحة الحرارية في المرحلة الصيفية، ارتكز بحثنا على الهيكلة التالية :

اشتمل البحث على ستة فصول مرتبة وفق ثلاثة مراحل، مرحلتين منهما نظريتين تم فيهما ضبط وتوضيح أهم المصطلحات والمفاهيم الأساسية التي تخدم صيرورة البحث المقدم، والمرحلة الثالثة تطبيقية،وهي تحوي دراسة تطبيقية لما استخرج من الدراسة النظرية، و يضم كل جزء فصلين متكاملين، وهي مرتبة كما يلي :

المرحلة الأولى :"عمارة المساجد من منظور بيئي" وتشمل (الفصل الأول والفصل الثاني) ،حيث تم التطرق في الفصل الأول إلى (عمارة المساجد بين الوحدة والتنوع) ، واستعرضنا هنا مفهوم المسجد كبناء ديني مقدس، بالإضافة إلى التطرق لمفهوم وحدة المضمون وتنوع الشكل في عمارة المساجد.

أما الفصل الثاني فتطرق إلى التغيرات ذات الهدف البيئي في عمارة المساجد منذ بناء مسجد الرسول صلى الله عليه وسلم، ولأجل ذلك استعرضنا موضوع الحفاظ على البيئة واقتصاد استهلاك الموارد وفق المنهج الإسلامي، ثم تطرقنا إلى عدة مباني لمساجد تاريخية وأخرى حديثة كانت رائدة في التأقلم مع بيئتها المناخية.

المرحلة الثانية : " استعراض المفاهيم والأبحاث " وتشمل (الفصل الثالث والفصل الرابع) ،حيث تم التطرق في الفصل الثالث إلى (الراحة الحرارية داخل المبنى) ، وتم التطرق هنا إلى التعريف بعناصر الوسط الحراري وأهم العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية.واستعرضنا عدة أبحاث لتقييم الراحة الحرارية واخترنا أنسبها لموضوع البحث.

أما الفصل الرابع فتطرق إلى مفهوم التهوية الطبيعية ودورها في خفض الحرارة والتخلص من الإجهاد الحراري داخل المبنى، ومن أجل استخراج تقنيات فعالة لتوظيفها في المرحلة التطبيقية، قمنا بتحليل عدد من الدراسات الحديثة في المجال واخترنا أكثرها كفاءة وأنسبها لموضوع بحثنا.

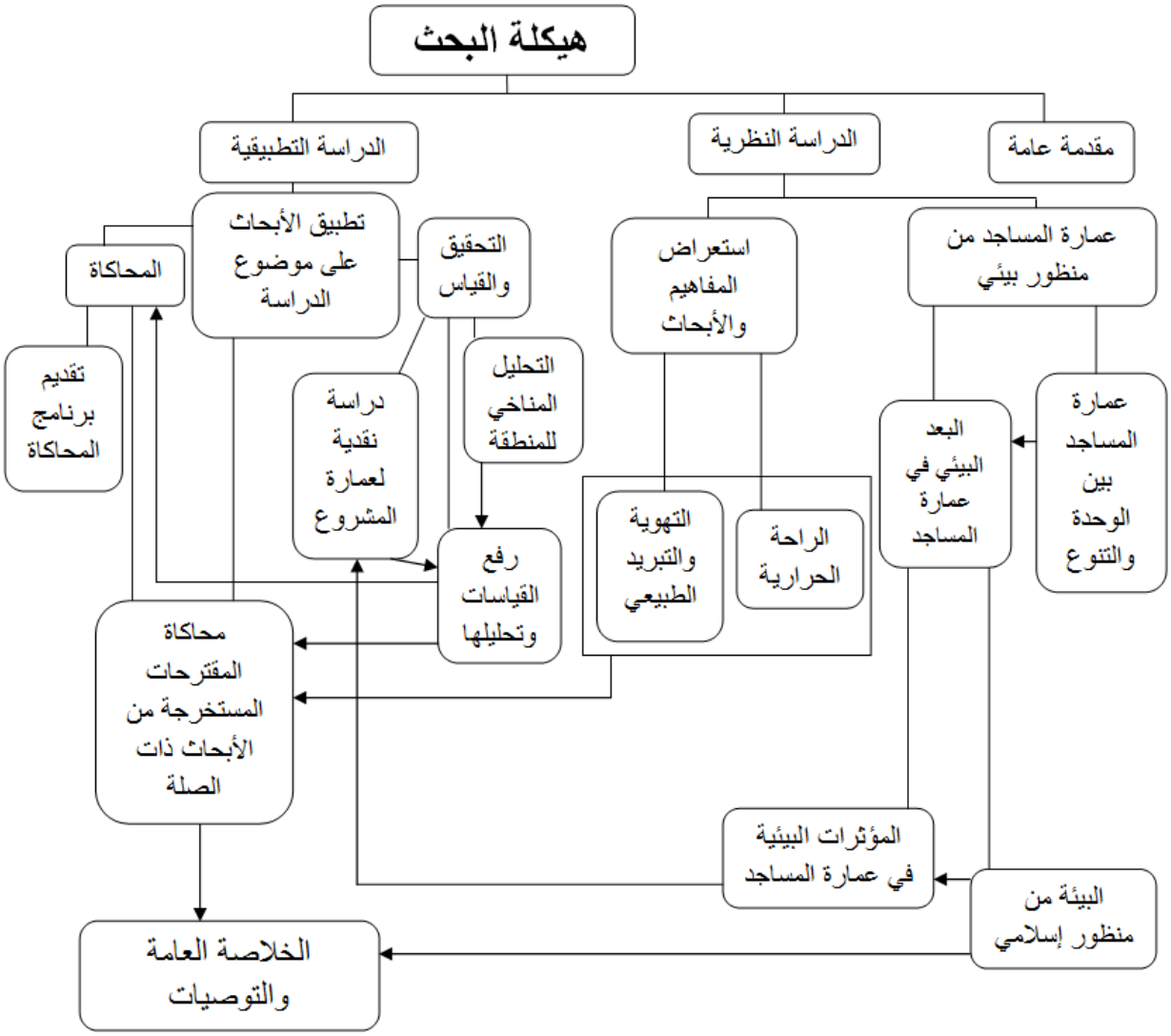
المرحلة الثالثة: " مرحلة التطبيق " وتشمل (الفصل الخامس والفصل السادس) ،وارتكزت على دراسة مثال واقعي وهو مسجد أول نوفمبر بمدينة باتنة وهي مدينة تقع في نطاق المناخ الحار والشبه الجاف، ويعاني المسجد من إشكالية ارتفاع الإجهاد الحراري في الفترة الصيفية خصوصا في أوقات الذروة وهي صلاة الجمعة بالإضافة إلى صلاة التراويح، واستهلت بالفصل الخامس (فصل التحقيق والقياس) ، من خلال استعراض موقع موضوع الدراسة،حيث تمت دراسة مناخ المنطقة دراسة تحليلية، ثم قمنا بدراسة مبنى المسجد دراسة نقدية من حيث الشكل ومواد البناء ودراسة

مختلف عناصره المعمارية،وانتهاء برفع القياسات خلال صلاتي الجمعة والتراويح ليوم 27 يوليو 2012م.

أما الفصل السادس (المحاكاة الرقمية الحرارية الديناميكية) ، فقد تم تطبيقه على نفس النموذج ووفق نفس المعطيات المناخية، باستخدام برنامج (EDSL / TAS v 9.2.1.4) .

ومن أجل الوصول لاختبار أنماط التهوية المختارة من الدراسة النظرية للفصل الرابع، قمنا بإخضاع المشروع لعدة تغييرات على مستوى معالجة عناصره المعمارية، بما يخدم موضوع البحث،حيث قمنا باختبار عدة حالات مختلفة لأجل الوصول إلى تبني أحسن تقنية للتهوية والتبريد الطبيعي من خلال توظيف العناصر المعمارية للمسجد.

الهيكلة :



الفصل الأول :

عمارة المساجد
بين الوحدة والتنوع

المقدمة:

إبتكر المسلمون بعض العمائر ذات الصبغة الإسلامية البحتة من حيث الوظيفة والأهمية لحياة المسلم، وتعتبر المساجد أقدم هذه العمائر الإسلامية وأكثرها ارتباطا بالإسلام، لأنها مكان إقامة صلاة الجماعة، كما كان للمسجد دورا كبيرا في مختلف مظاهر الحياة السياسية والثقافية والاجتماعية.

بعد هجرة الرسول صلى الله عليه وسلم إلى المدينة المنورة كان أول ما قام به عند بداية تأسيس الدولة الإسلامية هو بناء مسجده، فكان المسجد نقطة انطلاق أساسية للمدينة المنورة التي كانت عاصمة الدولة الإسلامية في عهد الرسول الكريم، وبعد انتقال الحكم إلى دمشق وبغداد وغيرهما من العواصم الإسلامية، كان أول ما بدئ به هو بناء مسجد على طريقة المسجد النبوي في أغلب سماته، ومع زيادة رقعة الدولة الإسلامية وامتداد مساحتها الجغرافية، لتشمل عدة شعوب وثقافات أخذ طراز عمارة المساجد في التنوع تبعا للمنطقة التي بني فيها.

1.1 مفاهيم أساسية في عمارة المساجد :

1.1.1 مفهوم المسجد:

المسجد في الأصل اللغوي من سجد، أي وضع جبهته على الأرض ويسمى موضع السجود مسجدا، وكل موضع يتعبد فيه فهو مسجد، ومنه قول الرسول صلى الله عليه وسلم "**جعلت لي الأرض مسجدا وطهورا**". ولما كان السجود أشرف أفعال الصلاة لقرب العبد من ربه فقيل مسجد ولم يقل مركعا أو غيره مما يشتق من أفعال الصلاة، أما تسميته جامعا فلأنه يحوي صلاة الجماعة والجمعة.[1]

وبالنظر إلى المفهوم الاصطلاحي نجد أن اسم 'مسجد' يعرف بأنه بقعة من الأرض مخصصة لأداء العبادة فيه، متحررة من التملك الشخصي، وعلى هذا فيكون المسجد بقعة من الأرض ليست ملكا لأحد، وتؤدى فيه مهمات تعبدية ودعوية وتربوية وغيرها.[2]

كما أن المساجد تضيف إلى المنظر عنصرا من الجلال والجمال الروحي، فهي تزيل الوحشة عن تواضع مباني القرية وصغرها، وتنفي الجمود عن غرور مباني العواصم وتضفي على الأفق في القرية والمدينة توازنا رائعا ولمسة من جمال روحي هادئ.[3]

---

[1] **محمد بن علي العفرج**، (1419ه/1999م). « المشروع والممنوع في المسجد » .وزارة الشؤون والأوقاف والدعوة والإرشاد. الرياض.ص05.

[2] **محمد بن علي العفرج**، (1999م).مرجع سابق ص07.

[3] **مونس حسين**، (1981). « المساجد ». سلسلة عالم المعرفة. المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب. الكويت.ص31.

المساجد بيوت الله في الأرض، والمسجد في صورته البسيطة ما هو إلا مساحة صغيرة أو كبيرة تنظف وتسوى وتطهر، ثم يتم فيها تعيين اتجاه القبلة وتخصص للصلاة، وقد تسور هذه المساحة أو لا تسور، وقد تفرش بالحصى أو الحصر النظيفة أو البسط الغالية، وقد تقام فوقها مبان ضخمة ذات جدران وسقوف وقباب ومآذن وقد لا يقام من ذلك شيء، فلا يغير ذلك من الأمر شيئا ويظل المسجد البسيط العادي مكانا مقدسا واضح الشخصية، لا يقل في مكانته وهيبته عن أضخم المساجد.[3]

2.1.1 البعد الاجتماعي والثقافي للمسجد:

لا تقتصر عمارة المسجد على الجوانب الحسية للفرد، والمادية للمبنى، بما يحقق الوظائف التعبدية فقط ، ولكن لعمارة المسجد بعدا اجتماعيا آخر يتمثل في التأثيرات التي يؤثر بها ككيان روحي ومادي، في النواحي الدينية والاجتماعية والثقافية والاقتصادية والسياسية للمجتمع.

تعتبر الخطبة في المسجد والتي تتزامن مع نهاية كل أسبوع، في ظهيرة يوم الجمعة، أحد أكثر الوسائل فعالية في نشر الدعوة الإسلامية، حيث أنها تتبوأ في الإسلام مركزا مهما في نشر الدعوة وتبليغها للناس منذ بدء الرسالة المحمدية، فالخطبة أسرع إلى فهم العامة وأبلغ في التأثير على الجميع.كما أن لها مفعولا مباشرا وسريعا في توجيه الرأي العام.[4]

وقد أكدت عمارة المساجد التقليدية مراعاة حقوق الجار في تصميم المسجد وتصميم المئذنة بشكل خاص، ففي بعض المناطق نجد حرصا كبيرا على الإقلال من النوافذ في المئذنة واستبدالها في حالات عديدة بثقوب مائلة بزاوية نحو السماء، وذلك لتوفير الخصوصية الكاملة للجيران.[5]

ومن هنا فقد قدمت عمارة المسجد بعدا جديدا في المجتمع.تمثل في إيجاد نموذج يقتدى به اجتماعيا في تحديد شكل العلاقة بين الجيران فيما يخص البناء، فان كان المسجد وهو بيت الله لا يسمح فيه بالتعدي على الجار، فكذلك بيوت الناس لا يسمح فيها بالتعدي على حرمات الآخرين وبناء عليه يمكن الاستفادة من كون المسجد قدوة يجب الاستفادة منها في نشر ثقافة البناء السليم.[6]

---

[4] **صالح بن غانم السدلان،** (1419ه/1999م) .« الأثر التربوي للمسجد » .وزارة الشؤون الدينية والأوقاف والدعوة والإرشاد. الرياض.ص10.

[5] **منصور بن عبد العزيز الجديد،** (1499ه / 1999م).« المسجد في الإسلام، حدوده وتاريخه: أبرز الضوابط المتعلقة بعمارته » .ندوة عمارة المساجد.كلية العمارة والتخطيط.الرياض.13-17 شوال.ص98.

[6] **نوبي محمد حسن،** (2002). «عمارة المسجد في ضوء القرآن والسنة » دار نهضة الشرق. القاهرة.ص105.

2.1 أنواع المساجد :

1.2.1 تقسيم المساجد على أساس الحجم والوظيفة :

يمكن تقسيم المساجد من ناحية حجمها واتساعها على أساس تخطيطي إلى ثلاثة أنواع.[7]

المصلى : في العادة يطلق هذا المصطلح على البناء الذي لم يوقف كمسجد، ويتسع لأربعين مصليا على الأقل، ويستخدم لتأدية صلاة الجماعة في أوقاتها الخمس للمسلمين الموجودين في مؤسسة أو مصنع أو مدرسة أو نحو ذلك أو لخدمة مجموعة سكنية، أو لقرية صغيرة.[8]

مسجد الفروض الخمس: وهو مبني لخدمة حي بأكمله، ويتوقف حجمه واتساعه على عدد سكان الحي، وله إمام ومؤذن، ويمكن أن تتم فيه صلاة الجمعة، كما يمكن أن يتضمن مجموعة من الخدمات لتجعل منه مركز إشعاع علمي وديني وثقافي على مستوى الحي، ويعتبر عمر بن الخطاب رضي الله عنه هو أول من أمر ببنائها، فقد كتب إلى أبى موسى وهو على البصرة يأمره أن يتخذ مسجدا للجماعة، ويتخذ للقبائل مساجد، فإذا كان يوم الجمعة انضموا إلى مسجد الجماعة، كما كتب إلى سعد ابن أبي وقاس وهو على الكوفة، والى عمر بن العاص وهو على مصر، فانتشرت مساجد الفروض الخمسة بجانب المساجد الجامعة.[9]

المسجد الجامع: وهو من أهم المنشآت العامة في المدينة الإسلامية لما له من دور أساسي في حياة مجتمعها.فبجانب وظيفته الدينية كان مركزا لبحث الشؤون السياسية والدينية والتربوية والاجتماعية.[9] وقد كان لكل مدينة جامع واحد يقع في مركزها،ومرتبط بالسوق الخاص بها،وكان من الضخامة بحيث يتسع لكل الناس المكلفين بصلاة الجمعة. ولما تضخمت المدن وصارت مترامية الأطراف تعددت المساجد الجامعة في المدينة الواحدة.[8]

---

[7] **أحمد كمال عبد الفتاح**، (1972). « الثوابت والمتغيرات في تصميم وتخطيط المسجد» المجلة المعمارية، السنة الأولى. العدد 3 جمعية المهندسين المعماريين. القاهرة. ص16.

[8] **نوبي محمد حسن**، (2002).مرجع سابق.ص15.

[9] **محمد عبد الستار عثمان، (2000م).** « نظرية الوظيفية بالعمائر الدينية المملوكية الباقية بمدينة القاهرة ».دار الوفاء للطباعة والنشر.الإسكندرية.ص35.

2. 2.1 تقسيم المساجد على أساس نوعية التصميم :

العمارة البنائية هي المكون المادي للمبنى، والمسجد كأي مبنى له بنيان مادي يتكون من مواد وأسلوب بناء وهيئة معمارية وعناصر معمارية وإنشائية، وعمالة قائمة على عملية البناء. يتم تقسيم المساجد على أساس نوعية التصميم والعناصر الوظيفية التي يحتويها، وطرق ومواد البناء، وأسلوب التسقيف إلى النماذج التالية :[10]

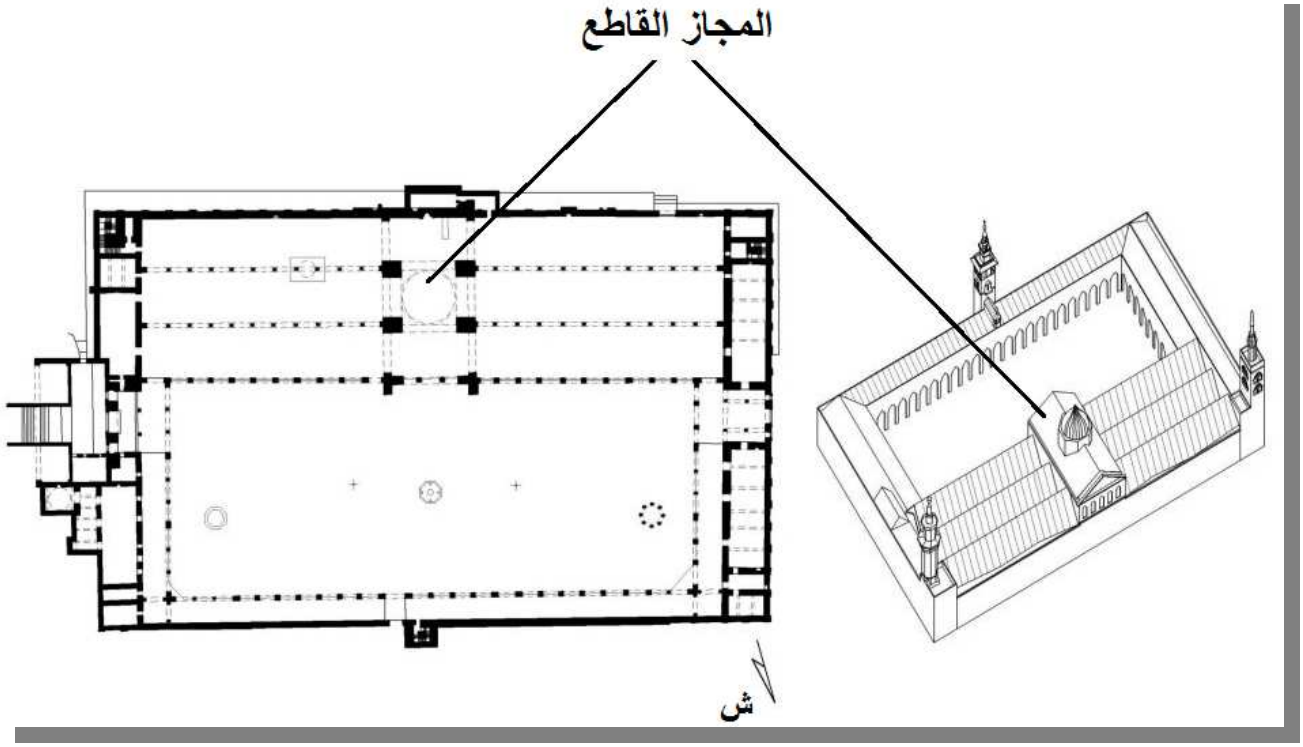
النموذج النبوي :

وهو ما بني على غرار مسجد الرسول صلى الله عليه وسلم بعد توسعة الوليد بن عبد الملك، حيث يظهر المسجد بشكله البسيط الخالي من التعقيد فهو مكون من صحن مكشوف تحيط به أربعة أروقة أكبرها رواق القبلة، وكل رواق مكون من بلاطات موازية لحائط القبلة تفصلها صفوف من البائكات تحملها أعمدة، ويضم العديد من المداخل في كل الاتجاهات باستثناء جدار القبلة ، وله أربع مآذن ركنية أضافها الوليد بن عبد الملك، وقد أصطلح على تسمية النموذج " المسجد ذو الصحن المركزي ".ولعل أفضل مثال بخلاف المسجد النبوي هو مسجد البصرة الذي بني في بداية العصر الأموي.

النموذج ذو المجاز القاطع :

يتميز عن النموذج النبوي بأن رواق القبلة يقطعه مجاز قاطع عمودي عليه في الوسط وفي محور القبلة، وسقفه مرتفع عن مستوى سقف قاعة الصلاة حيث يزود فرق المنسوب بفتحات للاستفادة من الإضاءة الطبيعية العلوية كما يمكن أن يزود المجاز القاطع بقبة في وسطه أو في نهايته للتأكيد على مكان القبلة، وقد يكون سقف المجاز القاطع مائلا ومصنوع من الخشب كما في المسجد الأموي أو مائلا من القرميد كما في مسجد قرطبة، أو يكون مستوي السطح كما في جامع الأزهر بالقاهرة.ويبين الشكل (1.1) المجاز القاطع في المسجد الأموي.

[10] **وزيري يحي**، (2004) .« العمارة الإسلامية والبيئة ». عالم المعرفة . مطابع السياسة . الكويت.



الشكل 1.1: مخطط ومنظر عام للمسجد الأموي في دمشق.

(المصدر: وزيري 1999، بتصرف من الكاتب)

النموذج ذو الأكتاف البنائية :

إن أكثر ما يميز هذا النموذج عن النموذج النبوي هو نوعية الهيكلة حيث يلاحظ اختفاء الأعمدة نهائيا، وحل محلها أكتاف بنائية من الطوب أو الحجارة حيث تحمل السقف مباشرة كما في الجامع الكبير بسامراء بالعراق، أو تحمل هذه الأكتاف عقودا موازية للجدران كما هو ملاحظ في جامع ابن طولون في مصر، كما يتميز هذا النموذج بأن له مئذنة وحيدة تكون منفصلة عن قاعة الصلاة وهو ما يشاهد في كل من مئذنة مسجد سامراء وكذلك المئذنة الحلزونية ذات الدرج الخارجي في مسجد ابن طولون.

المساجد المعلقة :

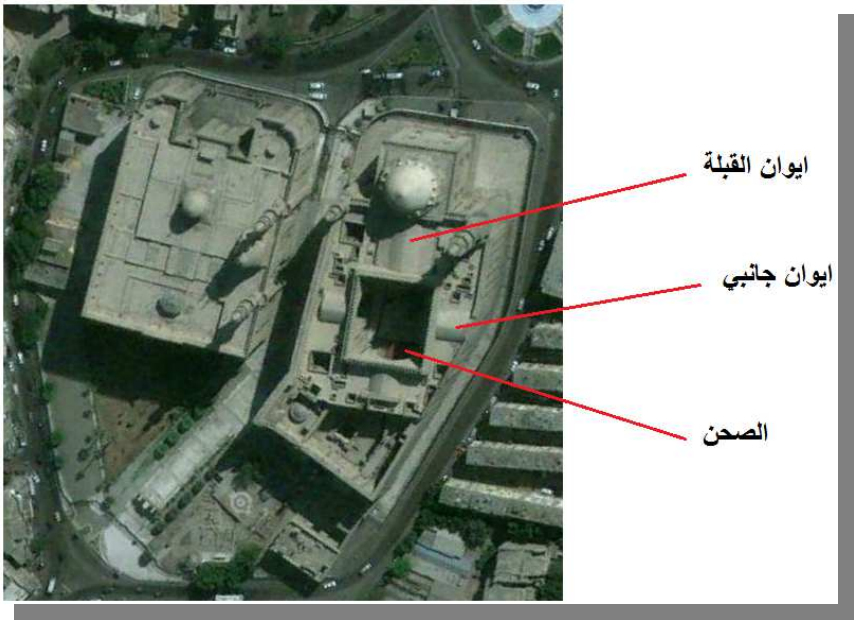
والمقصود هنا هي المساجد العلوية التي تبني في الطابق العلوي حيث يصل المصلون إليها عن طريق استخدام سلم خارجي ليترك الطابق الأرضي لمرافق أخرى، والتي يمكن أن تكون تجارية بشكل وقف تابع للمسجد أو قد تستخدم لأغراض أخرى تصب في مجملها في خدمة المسجد.

ويعتبر مسجد الصالح طلائع في أواخر العصر الفاطمي بمصر هو أول مسجد معلق ،ويظهر فيه بأن الطابق الأرضي قد خصص للدكاكين التجارية، وهي تقع مباشرة تحت الأروقة، في حين خصص الحيز الواقع تحت الصحن لتخزين المياه حيث يتم استخراجها عن طريق فتحات في أرضية الصحن، وقد تكرر هذا النموذج في عدة أماكن ولعل أحدثها هو مسجد جامعة الخرطوم في السودان.

النموذج ذو الايوانات :

وهو نموذج تميز بظهور الايونات لتحل محل الأروقة والبائكات، حيث يتكون التصميم من فناء مستطيل أو مربع الشكل مفتوح للسماء وتحيط به ايوانات من جانبين أو ثلاثة أو أربعة جوانب وهي مفتوحة كلها على السطح وأكبر الايوانات هو إيوان القبلة، وكل إيوان تعلوه قبة أو نصف قبة، وغالبا ما يزود الصحن بميضأة للوضوء أو حوض ماء، والمدخل يكون منكسرا مرة أو عدة مرات، وقد انتشر هذا النموذج في إيران وبخاري وسمرقند ،ثم دخل إلى مصر في أواخر العصر الأيوبي، وانتشر استعماله في العصر الأيوبي.

ونلاحظ أن هذا النموذج قد تطور في جامع ومدرسة السلطان حسن،حيث يضم صحنا مربعا مفتوحا للسماء وتحيط به أربعة ايونات مغطاة بأقبية، أكبرها إيوان القبلة، وكل إيوان مخصص لتدريس أحد المذاهب السنية الأربعة، وفي الأركان توجد المدارس الأربعة، وهي مصممة حول فناء مستقل لكل منها حيث يحوي طابقها الأرضي على الأقسام والطابق العلوي لسكنى الطلاب.



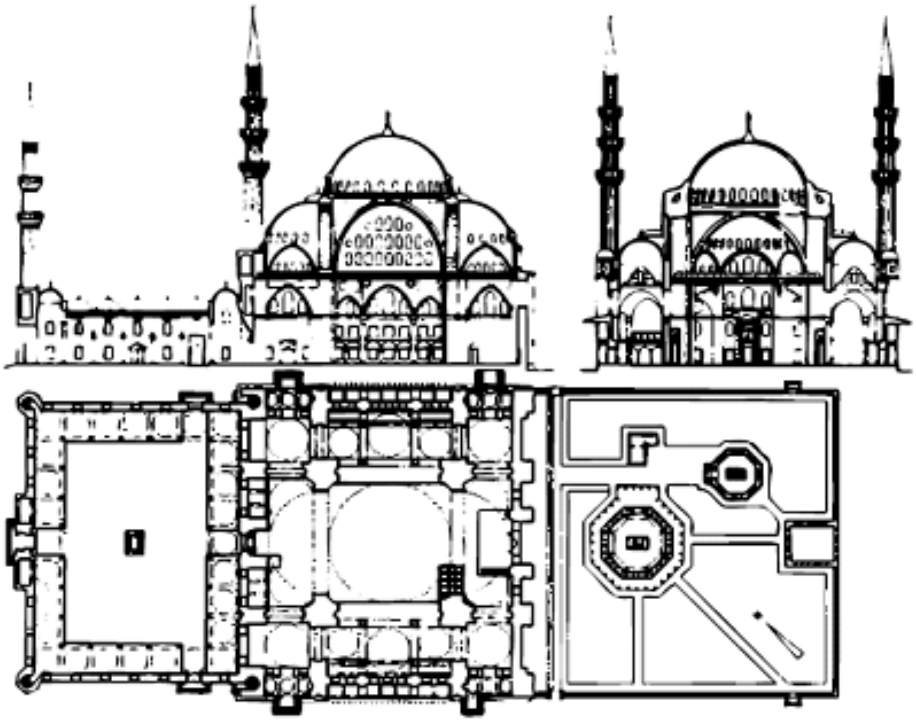
الشكل 2.1: صورة جوية لجامع ومدرسة السلطان حسن بمصر.

(المصدر: www.google erth.com)

النموذج ذو القبة المسيطرة :

وقد ظهر هذا النموذج في الطراز العثماني، وفكرة التصميم لا تخرج كثيرا عن النموذج النبوي حيث يوجد صحن مستطيل مفتوح للسماء ومحاط بأربعة أروقة من الجهات الأربعة، إلا أن عرض الأروقة من الجهات الجانبية والخلفية اختصر إلى بلاطة واحدة مغطاة بقباب صغيرة، أما رواق القبلة فقد أصبح فراغا كبيرا مغطى بقبة كبيرة ومرتفعة في الوسط ، ويجاور هذه القبة مجموعة من القباب الأصغر وأنصاف القباب، وفكرة التغطية مستوحات من كنيسة أيا صوفيا، إلا أن المهندس المعماري المسلم 'سنان' وتلميذه 'محمد أغا' قاموا بتطوير الفراغ الداخلي الرائع في اتجاهين بدلا من اتجاه واحد ليصل الفراغ الداخلي إلى درجة من النضج نجدها في جامع السليمانية، وجامع السلطان أحمد في تركيا. ويبين الشكل (3.1) مسجد السلطان سليمان.

كما يتميز هذا النموذج باستعمال المآذن الرفيعة الرشيقة التي تنتهي في أعلاها بمخروط بشكل سن قلم الرصاص، وأساس الفكرة المعمارية في هذا النموذج هو تحويل رواق القبلة إلى فراغ مسيطر بدون عوائق بصرية، ويتضح أن استعمال القباب الكبيرة كان وسيلة ملائمة لذلك.



الشكل 3.1: مخطط لمسجد السلطان سليمان والقطاع الرئيسي منه.

(المصدر: حسين مؤنس 1981).

3.1 العناصر المعمارية في عمارة المساجد :

سنحاول في هذا الجزء توضيح العناصر المعمارية للمسجد، ومن أجل فهم أكثر لتطورها لا بد من الفصل بين العناصر الرئيسية التي وجدت في مسجد الرسول صلى الله عليه وسلم، والعناصر التي أضيفت في أوقات لاحقة وباتت في حكم الإقرار والجواز.[8]

1.3.1 العناصر الرئيسية الداخلة في عمارة المسجد :

إن المتأمل للمسجد النبوي في تصميمه الأول كما صممه الرسول صلى الله عليه وسلم في المدينة المنورة، يجد أنه يضم العناصر التي أصطلح على تسميتها بالعناصر الرئيسية،وهي بيت الصلاة، والصحن، وجدار القبلة، والمحراب، والمنبر.

1.1.3.1 قاعة الصلاة :

وهو الجزء المسقوف من المسجد والذي قد لا يمتد لأكثر من صفين من الأعمدة ، وقد يمتد ليشمل أكثر من نصف مساحة المسجد .[9]

ويعتبر بيت الصلاة الجزء الرئيسي في المسجد، ففيه القبلة والمحراب والمنبر، وفوقه في كثير من الأحيان تقام القباب وتوجد فيه غالبا المقصورة.[10]

ووظيفة بيت الصلاة أنه مكان الصلاة في المسجد، حيث يقف الناس في استواء تام في صفوف بمحاذاة القبلة، لقول الرسول صلى الله عليه وسلم **" سووا صفوفكم فان تسوية الصفوف من تمام الصلاة "**[11]

وقد رغب النبي الكريم في الصف الأول فقال **: " ولو يعلمون ما في الصف الأول لاستهموا "**[12] وهو ما يؤكد أن هناك تفضيلا لأشكال هندسية عن أخرى، فالشكل المستطيل وشبه المنحرف ونصف الدائرة المواجهة بقطرها لاتجاه القبلة، هي أشكال يمكنها تحقيق صفوف أولى أكثر طولا، ومن هنا فهي أفضل في الاستخدام من الأشكال الأخرى.[13]

---

[8] **نوبي محمد حسن**، (2002).مرجع سابق.ص15.

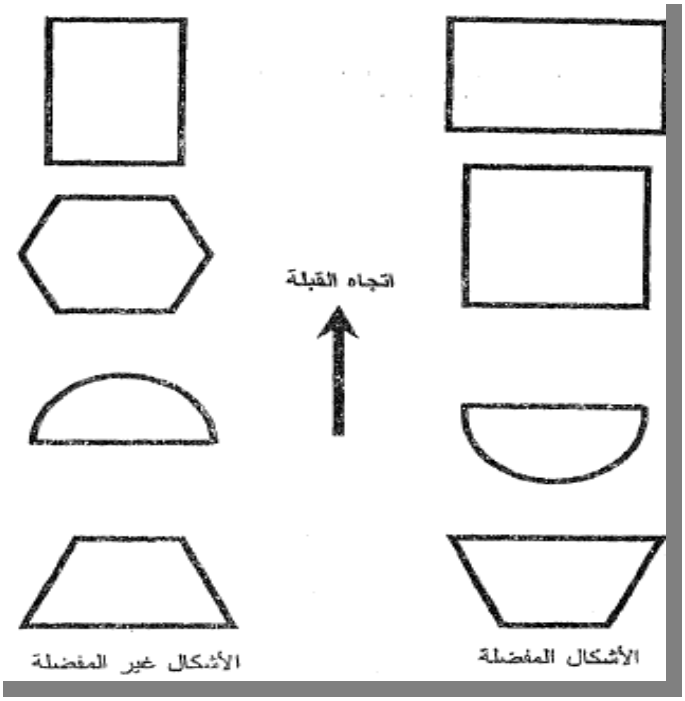
[9] **مؤنس حسين**، (1981) .مرجع سابق.ص61.

[10] **مؤنس حسين**، (1981). مرجع سابق.ص77.

[11] **البخاري محمد بن إسماعيل**، (أعيد طبعه عام 1412ه). « صحيح البخاري ».دار الكتب العلمية . بيروت.كتاب الآذان باب إقامة الصف من الصلاة (729).

[12] **صحيح البخاري**،مرجع سابق.كتاب الآذان باب الصف الأول (727).

[13] **نوبي محمد حسن**، (2002).مرجع سابق.ص55.



الشكل 4.1: بعض الأشكال المفضلة والغير مفضلة لقاعة الصلاة.
(المصدر: نوبي محمد حسن 2002)

وبناءا عليه يجب أن يراعي المعماري وضع حيز الصلاة في الموقع العام لمبنى المسجد بحيث يتم التغلب بالتصميم المعماري على مشكلات الموقع، وبما يسمح بتحقيق زيادة في طول الصفوف الأولى، وان لم يتم ذلك فعلى الأقل تسوية أطوال الصفوف، مع الأخذ في الاعتبار بألا تكون الصفوف الأولى أقصر من الخلفية.[14]

وعادة يرتكز بيت الصلاة على أعمدة تحمل فوقها عقودا وأقواسا، وقد أصبحت هذه الأعمدة والأقواس متنوعة في أشكالها وطرق إقامتها حيث أبدع المعماري في تكويناتها ووسائل ربطها، وكيفية وصلها بالسقف أو إقامة القباب فوقها.[15]

ويقسم بيت الصلاة بواسطة الأعمدة إلى أروقة رأسية عمودية على جدار القبلة، وأروقة عرضية موازية لجدار القبلة، وتسمى المساحة المحصورة بين أربعة أعمدة ' البلاطة ' وهو نفس المصطلح الذي يطلق على الأروقة الرأسية وجمعها البلاطات، أما الأروقة العرضية فتسمى الأساكيب ومفردها أسكوب، وعادة ما يكون الرواق الأوسط المؤدي إلى المحراب أوسع الأروقة ، وهو يسمى بالرواق الرئيسي .

[14] **نوبي محمد حسن**، (1419ه/1999م). « خصائص التفكير في تصميم الحيز الداخلي للمسجد » ندوة عمارة المساجد. كلية العمارة والتخطيط .الرياض13.-17 شوال.
[15] **مؤنس حسين** ، (1981) .مرجع سابق.ص77.

وبناءا على كل ما سبق يمكن القول بأن عملية التصميم المعماري لبيت الصلاة هي عملية ذات اتجاه واحد تهتم بالوظيفة أولا، بمعنى أن التصميم يتم من الداخل نحو الخارج وليكن الشكل الخارجي الذي يغلف هذه الوظيفة على أي صورة طالما أنه في إطار منهج وقوف المصلين بهيئة صفوف متراصة ومستقبلة للقبلة، مع الاهتمام باستطالة الصفوف الأولى.

2.1.3.1 الصحن :

وهو العنصر الثاني الذي ميز النموذج النبوي، وهو الجزء غير المسقوف من المسجد ويتصل بحرمه وأروقته وجدرانه الخارجية، وقد اتخذت في مساجد الأمصار التي دانت بالإسلام اقتداء بعمارة مسجد النبي صلى الله عليه وسلم.حيث كان في المسجد النبوي مساحة مكشوفة بين الأروقة.[16]

وقد يكون هذا الصحن مبلطا أو به حوض ماء، أو قد تزرع فيه أشجار لتعطي ظلا ولتعطر الجو كما هو الحال في مساجد الأندلس، وقد تزرع أجزاء منه في أحواض أزهار يختلط بها الريحان كما هو الحال في تركيا وايران.[17] وقد تناقش الفقهاء طويلا في جواز غرس الأشجار في الصحون وعدم جوازه، وانتهى الأمر بإقراره، ومن أهم الأسباب التي بررت كراهية غرس الأشجار في الصحن هي أن تكون ملاذا للطيور وتتسبب في عدم نظافة الصحن، كما أرادوا أن يصدوا الباب أمام أي استغلال زراعي لصحون المساجد.[18] وقد جاء في كتاب الزركشيي عن مخالفة الأندلسيين لهذه القاعدة فقال :

" وذكر أبو الوليد بن الفرضي في تاريخ الأندلس عن صعصعة بن سلام الشامي يروي عن الأوزاعي قال :وولى القضاء بقرطبة.وفي أيامه غرست الشجر في المسجد الجامع.قال وهو مذهب الأوزاعي والشاميين .ويكرهه مالك وأصحابه ".[19]

يحيط بالصحن من جانب واحد أو اثنين أو ثلاثة أو أربعة جوانب أروقة مسقوفة أكبرها رواق القبلة وهو الموازي لجدار القبلة، وقد اختلفت طرق التسقيف حسب الزمان والمكان والطراز.[17]

---

[16] **نوبي محمد حسن**، (2002).مرجع سابق.ص56.

[17] **وزيري يحي**، (2004) « العمارة الإسلامية والبيئة » عالم المعرفة ، مطابع السياسة ، الكويت.ص138.

[18] **مؤنس حسين**، (1981) مرجع سابق.ص77.

[19] **الزركشي**، « إعلام المساجد بأحكام المساجد » .المجلس الأعلى للشؤون الإسلامية. مصر.ص341.

وتعرف الأروقة المسقوفة عناية أكبر في مساجد مصر وشرق العالم الإسلامي حيث يمتد صف أو أكثر من الأروقة الرأسية على جانبي الصحن الأيمن والأيسر، وتعود الأساكيب إلى الظهور في شيء من العمق في مؤخرة المسجد فيصبح الصحن محصورا تماما بين بيت الصلاة والأروقة الجانبية والخلفية، وتسمى هذه الامتدادات بالمجنبات اليمنى واليسرى والخلفية، وأوضح مثال لذلك جامع أحمد بن طولون في القاهرة. [20]

3.1.3.1 المنبر :

المنبر في اللغة هو المكان المرتفع ، أما مفهوم المنبر كعنصر معماري في عمارة المسجد فهو منصة من درجة أو درجتين أو ثلاث، أو منصة عالية ذات درج كثير وباب خشبي، وقد يتخذ أشكالا أخرى كشرفة مطلة على قاعة الصلاة يدخل إليها الخطيب من خلف المحراب.[20]

لقد كان المنبر في أول الأمر جذع نخلة قصير بالمسجد النبوي ، كان النبي صلى الله عليه وسلم يقف عليه ليخطب في الناس ورأى أحد الصحابة ويدعى تميم الداري رضي الله عنه أن الرسول صلى الله عليه وسلم كان بحاجة إلى منبر مريح أكثر، فأشار بأن يصنع له منبرا من الخشب وهو مكون من درجتين ومقعد وكان عرض المنبر 50 سم وطوله 100سم وارتفاعه 100سم.[21] ويرى الزركشي أنه لا يستحب أن يكون المنبر كبيرا لئلا يشغل حيزا كبيرا من بيت الصلاة، ولهذا يفضل بعض العلماء المنبر المتحرك، مثل الذي يوارى في خزانة له بعد الخطبة مثل مسجد الإسكندرية، أو الذي يحرك لصق الجدار كما في مسجد الزيتونة بتونس.[22]

ويرى مؤنس حسين بضرورة اختفاء المنابر البارزة في بيت الصلاة،وأن يجد المعماري وسيلة لوضع سلمها خلف جدار القبلة.ويكون مكان الخطيب أشبه بشرفة يطل منها على المصلين إطلالا مباشرا وهو ما نجده في بعض المساجد الحديثة.[23]

---

[20] **وزيري يحيى**، (1992) .« التعمير في القرآن والسنة » .القاهرة.

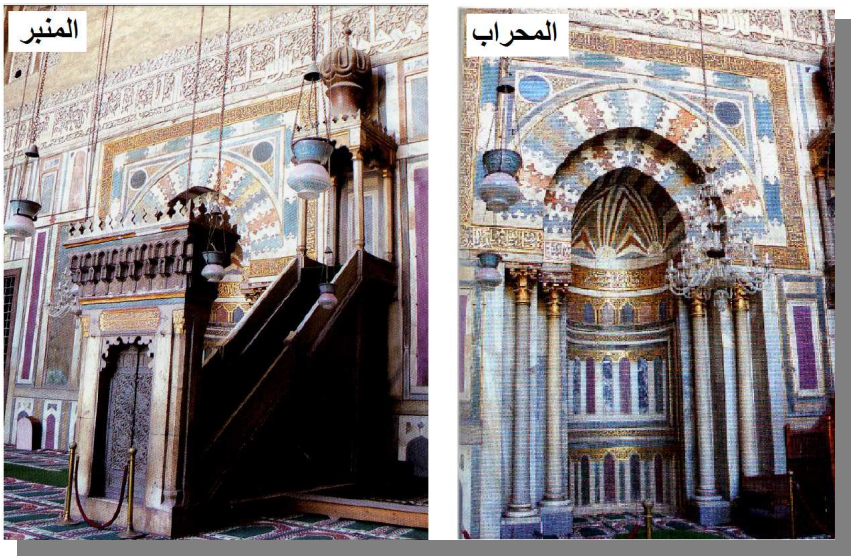
[21] **محمود حسن نوفل**، (1419ه/1999م). « المعايير التصميمية لعمارة المساجد ». ندوة عمارة المساجد.كلية العمارة والتخطيط.الرياض.ص91.

[22] **الزركشي**، « إعلام المساجد بأحكام المساجد » .مرجع سابق.ص374.

[23] **مؤنس حسين** (1981) .مرجع سابق.ص.75.

4.1.3. 1 المحراب :

لقد تعارف العلماء على إطلاق كلمة 'المحراب' على جدار القبلة، وهو الجدار الرئيسي في بيت الصلاة وفي منتصفه غالبا توضع علامة لموضع الإمام ، وقد استعمل الرسول صلى الله عليه وسلم في مسجده حربة تغرز في الأرض لتحديد اتجاه القبلة.[24] وأصبح المحراب من العلامات المهمة في المسجد،إذ به يهتدي الناس إلى اتجاه القبلة وخصوصا إذا كانوا غرباء من غير أهل البلد.



الشكل 5.1: صورة لمنبر ومحراب جامع السلطان حسن في مصر. (المصدر: علياء عكاشة 2008)

وقد تطورت المحاريب تطورا كبيرا، وأخذت أشكالا متعددة في مختلف طرز العمارة الإسلامية، وأصبحت بمرور الوقت أحدى نواحي التنافس في الابتكار بين المعماريين، فقد ترسم علامة المحراب على هيئة باب في جدار القبلة أو على شكل عقد، أو قد يكون محرابا مجوفا على شكل حنية داخلية، وقد تتعدد المحاريب في المسجد الواحد.[25] وعلى أية حال لا يعد المحراب عنصرا رئيسيا في المسجد يلزم تواجده بالهيئة الحالية التي هو عليها،فيكفي أية علامة في حائط القبلة توضح اتجاه القبلة للمصلين.

2.3.1 العناصر الإضافية في عمارة المساجد :

ويقصد بها العناصر التي لم تكن ضمن التصميم الأولي لمسجد النبي بل أضيفت فيما بعد، ونقصد هنا الميضأة والمقصورة والمئذنة والقبة.

---

[24] **ابراهيم بن صالح الخضيري**، (1419ه /1999م). « أحكام بناء المساجد في الشريعة الاسلامية » . ندوة عمارة المساجد.كلية العمارة والتخطيط الرياض .13-17 شوال .ص.44.

[25] **وزيري يحي**، (2004). « العمارة الإسلامية والبيئة » .عالم المعرفة . مطابع السياسة . الكويت.ص137.

1.2.3.1 الميضأة :

تعتبر الميضأة وهي المكان المخصص للوضوء إحدى العناصر المعمارية التي لم تكن ضمن العناصر الأولى في مسجد النبي وكذلك أيام الخلفاء الراشدين لأن أصحاب الرسول صلى الله عليه وسلم كانوا يذهبون للمسجد وهم متوضئين.[26]

وقد استنبط أهل العلم جواز الوضوء في المسجد فيما رواه أحمد وغيره عن رجل من أصحاب النبي صلى الله عليه وسلم قال : **"حفظت لك أن رسول الله توضأ في المسجد "** [27] وقد أجاز الشافعية والحنابلة الوضوء في المسجد.أما المالكية والأحناف فقد كرهوا ذلك إلا أن يكون في موضع لا يصلى فيه.وفي هذا دليل على جواز إقامة الميضأة في المسجد شرط أن تكون في مكان بعيد عن موضع الصلاة.[28]

المكان المخصص للميضأة عادة هو قلب الصحن في المساجد الأولى المزودة بميضأة.ثم جرت العادة على إنشائها في جوانب الصحن، قبل أن يتم بناؤها خارج المسجد وبمجاورة دورات المياه للصلة الوثيقة بين الاستعمالين ولئلا يفسد مكان الصلاة بسبب قربها منه.[29]

1.2.3.1 المئذنة :

استعمل المؤرخون عدة أسماء للدلالة على نفس المعنى، فنجد أنهم أطلقوا عليها اسم المآذن والمنارات في المشرق الإسلامي، حيث اشتق اسم المئذنة من الآذان والذي هو النداء للصلاة، واشتق اسم المنارة لأنها كانت تنار بالأنوار عند الغروب في رمضان وتظل مضاءة حتى طلوع الفجر، ثم تطفأ إيذانا ببدء يوم جديد من الصيام، في حين أطلق عليها في بلاد الغرب الإسلامي اسم الصوامع، ويرجع ذلك إلى أن أغلب مآذن المغرب الإسلامي ذات شكل مربع يشبه أبراج الصوامع.[30]

والمئذنة بناء رأسي مرتفع يعلو في قمته صوت المؤذن للإعلان بحلول وقت الصلاة خمس مرات في اليوم، وكذلك النداء لصلاة الجمعة، وهي عنصر معماري مضاف لم يكن في أيام المسجد النبوي في تصميمه الأول حيث كان ' بلال بن رباح ' وهو أول مؤذن في الإسلام يعتلي سطح بيت مرتفع مجاور للمسجد ليصل صوته إلى أبعد بيت قدر المستطاع.

---

[26] **حماد.محمد وسالم.محمد فتحي،** (1971). « التشجير المعماري ». مطبعة دار النشر للجامعات المصرية.القاهرة. ص38.

[27] **رواه الامام أحمد،** مجمع الزوائد ومنبع الفوائد .**نور الدين علي بن أبي بكر الهثيمي**،مكتبة القدس 1994م.

[28] **نوبي محمد حسن،** (2002).مرجع سابق.ص77.

[29] **محمود حسن نوفل،** (1419ه/1999م) .« المعايير التصميمية لعمارة المساجد » ندوة عمارة المساجد.كلية العمارة والتخطيط.الرياض.ص.85

[30] **الريحاوي عبد القادر،** (1979). « العمارة العربية السورية » وزارة الثقافة والإرشاد القومي، دمشق.ص101.

وإذا تتبعنا المآذن الأولى في الإسلام ورتبنا ظهورها ترتيبا زمنيا يتضح أن أول مئذنة في الإسلام هي مئذنة جامع البصرة عام 45 ه، عندما قام زياد بن أبيه بهدم الجامع الأول وأعاد بناءه، على نحو يتناسب مع ما وصلت إليه البصرة من اتساع وعمران .[31] وثاني المآذن هي المآذن الأربع في أركان جامع عمرو بن العاص بالفسطاط سنة 53ه/672 م. على يد مسلمة بن مخلد.[32] أما أقدم مئذنة في العالم الإسلامي مازالت محتفظة بشكلها الأول على الرغم من التعديلات التي طرأت عليها فهي مئذنة مسجد القيروان بتونس، وقد أقامها عقبة بن نافع بين سنتي105 - 109 ه ، الموافق 724 – 729 م، وهي تعد نموذجا لمآذن مساجد المغرب العربي والأندلس. [33]

وقد اختلف موقع المئذنة من مسجد إلى آخر، حيث أنه لا توجد قاعدة عامة في وضع المآذن في المساجد فكان المعماري يضعها في المكان الذي يمكن أن يسمع منه صوت المؤذن، وتدعم الوظيفة الزخرفية، فهي تحوي عادة مادة وافرة من الزخارف التي ساهمت في إثراء الفنون الإسلامية وتطورها، فقد تكون في مؤخرة المسجد أو في مقدمته أو على جانب منه وقد تكون ملتصقة ببيت الصلاة أو مستقلة عن المسجد. [34]

وتقوم مئذنة جامع القيروان على قاعدة مرتفعة ومربعة الشكل، سميكة الجدران، وبداخلها سلم يؤدي إلى سطح القاعدة، حيث كان الأذان يرفع من على سطح القاعدة، ويلي ذلك منارة في هيئة بناءين، أحدهما فوق الآخر بحيث أن الجزء السفلي أكبر حجما من الجزء العلوي، أما الصعود إلى أعلى المنارة انطلاقا من سطح القاعدة فيكون عن طريق سلم خشبي صغير. [35]

وقد حافظت مآذن الغرب الإسلامي في صورتها العامة على هيئة جامع عقبة في القيروان، وهي تقع عادة في الجدار المقابل لجدار القبلة وينفتح مدخلها على الصحن. [36] وهي في هيئة مستطيل ضخم يصل ارتفاعه إلى ما يتجاوز العشرين مترا في بعض المآذن، ويبنى داخله بدن آخر أصغر منه ويكون السلم بين البدنين، حتى إذا وصلنا إلى الشرفة الأولى ارتفع البدن وحده بجدارين أحدهما داخل الآخر، ويحصران بينهما السلم حتى سطح الشرفة الثانية، ليرتفع الجدار الداخلي فقط إلى أعلى ارتفاع للمئذنة ، ونظرا للارتفاع الكبير للقاعدة، فقد قاموا بتقسيمه إلى أدوار ، ينتهي كل دور

---

[31] **محمود حسن نوفل** ، (1419ه/1999م) .مرجع سابق.ص83.

[32] **مؤنس حسين**، (1981). مرجع سابق.ص114.

[33] **وزيري يحي** ، (2004). مرجع سابق.ص144.

[34] **عبد الكريم عزوق**، (1996م) .« القباب والمآذن في العمارة الإسلامية ». ديوان المطبوعات الجامعية.بن عكنون .الجزائر.ص51.

[35] **مؤنس حسين**، (1981) .مرجع سابق.ص114.

[36] **محمود حسن نوفل**، (1419ه/1999م) .مرجع سابق.ص59.

ببسطة تدور مع البناء وتفتح فيها النوافذ، كما هو الحال في مئذنة مسجد اشبيلية الجامع، وعلى هذا الطراز بنيت معظم مآذن المغرب الإسلامي بالآجر.باستثناء بعض المآذن مثل مئذنة جامع قرطبة الكبير التي بنيت بالحجر.[37]

ولقد تطور شكل المآذن بمصر، خاصة في العصر المملوكي حيث أصبحت تبدأ بقاعدة مربعة يعلوها قسم مثمن ثم قسم دائري منتهية برأس أو رأسين، يعلوها مبخرة أو جوسق وهو في كثير من الأحيان أشبه بكرسي صغير على قوائم من الرخام[38]. تعلوه قبة صغيرة أو كرة تشبه العمامة.

وقد اهتم المعماري المصري بالنسب بين بدن المئذنة وارتفاع شرفاتها، وزود بدنها بسلم حلزوني متقن يصل إلى الشرفة الأولى.وقد يرتفع سلم آخر داخل امتداد المئذنة بشكل عمودي ليصل الشرفة الثانية بهدف إصلاح أي خلل في الجزء العلوي من المئذنة. بالإضافة إلى تفنن الحرفيين في زخرفة جدرانها وشرفاتها وهو ما أعطى هذا الطراز من المآذن جمالا ورقة في توازن تام.[37]

وبخصوص مآذن الشام فحافظت على المسقط المربع ومكونة من جزء واحد فقط ، وهو ما حد من ارتفاعها، حيث يعلو فوق البرج مباشرة ظلة خشبية لحماية المؤذن وهي الجوسق.[39] أما في العراق وبلاد فارس فقد أخذت المآذن شكلا أسطوانيا وأحيانا ملويا (حلزونيا)، يدور السلم من خارج بدنها، كما في مسجدي سامراء وأبي دلف في العراق وقد اقتبس أحمد بن طولون نفس فكرة ملوية مسجد سامراء، حين بني مئذنة مسجده المعروف بالقاهرة والذي يعد أقدم مآذن القاهرة من حيث احتفاظها بشكلها الأول.[40]

أما الهند فقد ظلت المساجد تشيد فيها بغير مآذن مدة طويلة ثم شاع استعمال المآذن منذ استقامتها ونهايتها المخروطية على شكل قلم الرصاص المبري.[41] ولم يكتف المعماري التركي بمئذنة واحدة بل أنشأ اثنتين على طرفي الواجهة وفي أحيان أخرى قام بإنشاء أربعة مآذن، واحدة في كل ركن مما أكسب المسجد العثماني جمالا بديعا.خاصة وأنهم استعانوا بالقباب في إكمال الصورة الجمالية للمسجد، كما انتشرت هذه المآذن العثمانية في كل البلاد التي حكمها الأتراك، ومن أجمل نماذجها خارج تركيا مآذن جامع محمد علي بالقاهرة.[42]

---

[37] **مؤنس حسين** ، (1981) .مرجع سابق.ص119.

[38] **وزيري يحي**، (2004) .مرجع سابق.ص144.

[39] **شافعي فريد**، (1970) . « العمارة العربية في مصر الإسلامية » المجلد الأول ، الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر.القاهرة. ص147.

[40] **وزيري.يحي** ، (1999). « موسوعة عناصر العمارة الإسلامية ».الكتاب الثاني، مكتبة مدبولي، القاهرة.

[41] **وزيري يحي** ، (2004). مرجع سابق.ص.145

[42] **مؤنس حسين**، (1981). مرجع سابق.ص118.

وبالنظر والتحليل لشخصية المئذنة كعنصر معماري خاص بالمسجد، نجد أن وجودها ارتبط بالمسجد ارتباطا وطيدا.حيث أصبحت رمزا لا غنى عنه وعلامة مرئية ، كما أنها نقطة بصرية مؤكدة لملامح وشخصية المدينة الإسلامية، لا يمكن بأي حال من الأحوال تجاهل وجودها ضمن عناصر المسجد بالرغم من تقلص دورها الوظيفي بسبب انتشار مكبرات الصوت.[43]

الشكل 6.1: أمثلة عن أشهر أنواع المآذن. (المصدر: حسين مؤنس 1981)

[43] **نوبي محمد حسن** ، (2002).مرجع سابق.ص68.

2.2. 2. 1 القباب :

القبة هي بناء دائري المسقط ، مقعر من الداخل مقبب من الخارج، وهي عنصر معماري يستعمل لتغطية المنشآت، وقد وجد في الكثير من العمائر السابقة للإسلام، ففي منطقة ما بين النهرين سادت التغطية بالقباب للمساكن الدائرية، كما وجدت آثار تؤكد استخدامها في قبرص في الألف الرابعة قبل الميلاد.[44] بغض النظر عن نوعية المساقط حيث استخدمت قبة كبيرة رئيسية فوق الجزء الأوسط وكانت تحاط بقباب ثانوية أو أنصاف قباب فوق الوحدات المعمارية الأخرى.[45]

لقد عرف المسلمون القبة من الحضارات السابقة للإسلام، إلا أن استخدامها له رؤية خاصة في العمارة الإسلامية فهي لم تكن مجرد حل بيئي أو إنشائي، بل لها بعد رمزي حيث ترمز إلى السماء خاصة في الأجزاء المسقوفة من المسجد، حيث يعدها البعض صورة مصغرة لما كان يراه العربي في صحرائه من اتساع الأفق واستدارة السماء من فوقه، لذلك فقد جاء استعمال القباب في العمارة الإسلامية بأسلوب فريد ومميز عما سبقها من قباب الحضارات السابقة.[46]

وتعد قبة الصخرة ببيت المقدس التي شيدت عام 72ه أول قبة في تاريخ العمارة الإسلامية أما أول استخدام حقيقي لها في المساجد فكان أمام وأعلى المحاريب تأكيدا على مكانتها وأهميتها، كما في المسجد الأموي بدمشق.132-133ه، ثم المسجد الأقصى بالقدس عام 163ه.[47]

وفي بعض العمائر الإسلامية لجأ المعماري إلى حل مبتكر للانتقال من المسقط المربع إلى الدائري في إنشاء القباب وذلك بتحويل الحافة المربعة للجدران إلى هيئة مثمنة ثم دائرية باستخدام أساليب إنشائية مبتكرة وهي الاستعانة بالمحاريب الركنية والمثلثات الركنية أو المقرنصات أو باستخدام المحاريب الركنية والمقرنصات معا.[48]

وقد تعددت أشكال القباب بحسب شكلها الخارجي، فمنها قبة على شكل نصف كرة، والقبة ذات الشكل البيضاوي، والشكل البصلي،والهرمي والمضلع.

أما بخصوص مكان تواجد القبة في عمارة المسجد فهي متعددة، حيث أنشئت أمام المحراب كما هو الحال في الجامع الأموي بدمشق وجامع القيروان.كما يمكن أن نجدها في

---

[44] **عبد الكريم عزوق**، (1996م). مرجع سابق.ص08.

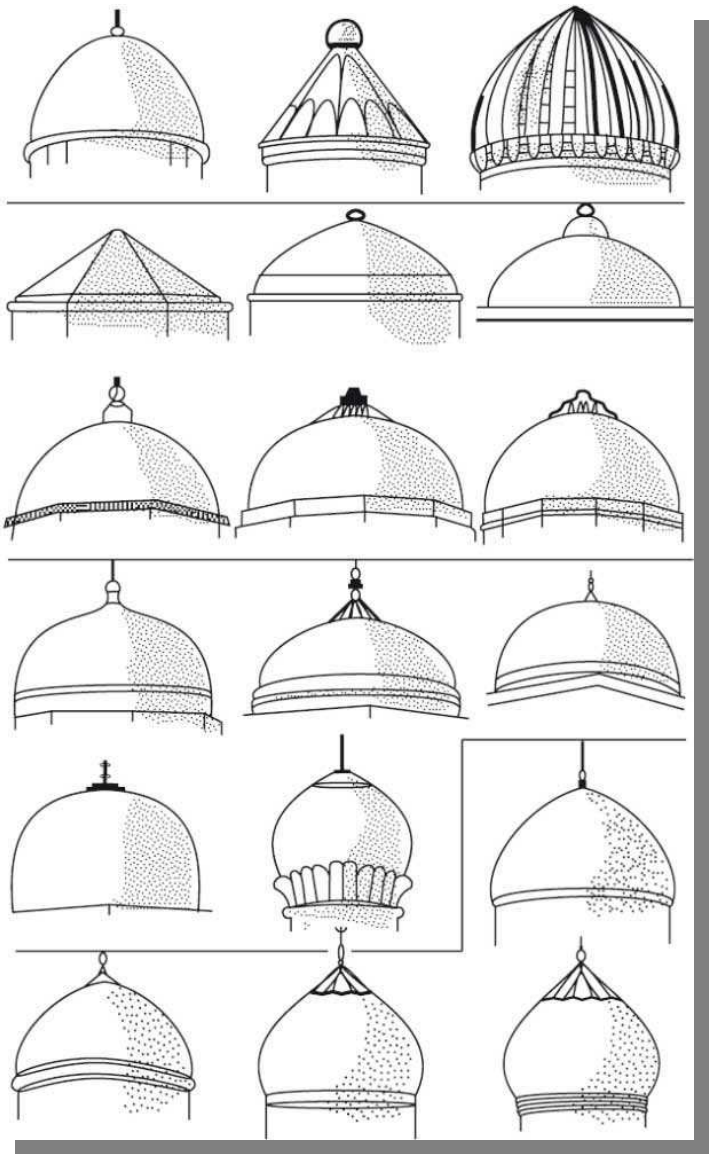
[45] **إبراهيم عبد الباقي**، (1986). « المنظور الإسلامي للنظرية المعمارية » مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، القاهرة.ص12.

[46] **غالب عبد الرحيم** (1988). « موسوعة العمارة الإسلامية » دارجروس برس للنشر.بيروت .

[47] **وزيري يحي**، (2004). مرجع سابق.ص145.

[48] **الريحاوي عبد القادر**، (1979) .« العمارة العربية السورية » وزارة الثقافة والإرشاد القومي، دمشق.ص20.

آخر بلاطة مطلة على البهو وتسمى بلاطة البهو ونجد مثال ذلك في مسجد تلمسان من عصر المرابطين، كما يمكن أن نجدها في طرفي الأسكوب الأول لجدار القبلة، أما في العصر العثماني، فقد ظهر طراز جديد حيث أصبحت قاعة الصلاة تغطى بقبة مركزية كبيرة تحيط بها قباب صغيرة كما في جامع الباشا بوهران.[49]



الشكل 7.1: أنواع أشكال القباب في العمارة الإسلامية. (المصدر: عبد الكريم عزوق 1996)

[49] **عبد الكريم عزوق**، (1996م). مرجع سابق.ص08.

4.1 عمارة المساجد بين الثوابت والمتغيرات :

لقد ارتبطت عمارة المساجد في محاورها البنائية والحسية منذ نشأتها بمجموعة من الثوابت المستمدة من العقيدة، وما كانت عليه عمارة المسجد منذ نشأته في عهد الرسول صلى الله عليه وسلم، وما أضافه الصحابة الكرام.

وكما هو معهود في العمارة، فهي تحمل قضيتي المضمون والمتمثل في جوهر البناء والهدف منه، وقضية الشكل وهو الإطار المبني الذي يحوي المضمون ويغلفه، فان عمارة المسجد هي أوضح أنواع العمائر فيما يتعلق بقضية المضمون وقضية الشكل.[50]

وبناء على ما سبق عرضه في عمارة المسجد يتضح أن المسجد كمبنى له خصوصية دينية ووظيفة تعبدية أدت إلى توحد برنامجه وعناصره المعمارية، بمعنى أنه لا يمكن أن تختلف من بلد لآخر أو من زمن لآخر، وان كان هذا الثبات لا يمنع من تنوعها في الشكل الخارجي أو التصميم الهندسي أو اختلاف مادة الإنشاء وأسلوبه من بيئة لأخرى ومع مرور الزمن.[51]

1.4.1 العمارة الحسية والمعنوية بين الثوابت والمتغيرات :

من الثوابت الحسية الواجب توفرها لضمان أداء المسجد لوظيفته كمكان للعبادة في جو ملائم للراحة والخشوع.نجد الإضاءة والتهوية ووضوح صوت الإمام عند إلقاء الخطبة أما التنوع هنا فيكمن في أساليب توفير هذه الشروط ، خصوصا مع التطور التقني الحديث الذي أتاح إمكانيات متنوعة من الإضاءة والتهوية، فنجد مثلا في مجال التهوية استخدام تقنيات التهوية الصناعية سواء من خلال المراوح أو أجهزة التكييف، أو تطوير أنظمة التهوية الطبيعية التقليدية مثل فكرة أبراج الرياح في مسجد ' سكاكا ' في منطقة الجوف، بالمملكة العربية السعودية، وفي مجال الإضاءة نجد فكرة تشكيل الحيز الداخلي بعمل إضاءة مناسبة وغير مباشرة تختفي فيها مصادر الضوء وتضيء الأسقف والحوائط.[52]

كما أن دراسات عديدة قد اهتمت بكيفية تحسين الأداء الصوتي لأي حيز معماري من خلال معرفة الخصائص الصوتية لمواد البناء وكذا استخدام مواد تمنع ارتداد الصوت وفق وضعيات يدرسها المختصون وكذلك دراسة استخدام مكبرات الصوت الحديثة دراسة تسمح بالتوزيع المناسب للصوت،

---

[50] **نوبي محمد حسن**، (2002).مرجع سابق.ص139.

[51] **وزيري يحي**، (2004). مرجع سابق.ص136.

[52] **نوبي محمد حسن**، (2002).مرجع سابق .ص140.

وهي تقنيات يمكن إدراجها ضمن تصميم المساجد لتحسين الأداء الصوتي، وبالتالي الأداء الوظيفي للمساجد.

ومثل هذه الإضافات تعد من الأمور المتغيرة التي لا حرج فيها ويؤخذ فيها بمقدار التطور الذي حدث وهذا هو التغير المتطور،إذ وافق الرسول على تعليق القناديل في المسجد النبوي، كما أقر الخلفاء الراشدون من بعده، بل وأضافوا للمسجد النبوي عدة عناصر تدعم الظروف الحسية بما يعينه على أداء دوره بشرط أن لا يتعارض ذلك مع قيم إسلامية مهمة مثل التوسط وعدم الإسراف والبعد عن المغالاة والمباهاة، ولا يعارض نصا، لذلك نجد النبي لم يقبل المبالغة في الزخارف لأنها تؤثر على المضمون في صرف نظر وذهن المصلين.

2.4.1 العمارة البنائية للمسجد بين الثوابت والمتغيرات :

من أجل فهم الثوابت والمتغيرات المتعلقة بالعناصر البنائية،لا بد من التطرق لكل عنصر بشكل منفصل فنجد:

الموقع : إن الثابت في قضية اختيار الموقع هو أن تكون الأرضية المختارة طاهرة وصالحة من حيث الملكية بأن تكون وقفا لا جدال في ملكيتها وأن تراعى علاقتها بالمقابر والمساجد القائمة، أما المتغير فهو شكل الأرض المخصصة للبناء وعلاقتها بالمناطق السكنية في إطار اختيار الموضع المتوسط للمسجد الجامع ليكون قريبا من كل أطراف المنطقة التي بني لأجلها.

العناصر الضرورية : إن وجود هذه العناصر يندرج في إطار المضمون بحكم أن لها دورا واضحا في تحقيق الاستخدام الوظيفي، مثل المحراب والمداخل والنوافذ والمئذنة.

أما الشكل فهو متروك طالما يلتزم بالضوابط العامة للشريعة وبما يحقق البساطة لعمارة المسجد ونجد مثال عن هذه الحرية في الشكل والمعالجة استخدام البعد الرمزي في أبعاد مداخل بعض المساجد، مثل مدخل مسجد السلطان حسن بالقاهرة 35 م.[53] وهو ما لم تكن عليه عمارة المساجد في العصور الأولى، وكذلك الأمر بالنسبة للمئذنة فبالرغم من انتهاء مضمونها الوظيفي مازال مضمونها الروحي المرتبط بعمارة المسجد كرمز وعلامة دالة عليه.

[53]. **نوبي محمد حسن**، (1419ه/1999م). مرجع سابق.ص65.

وبخصوص دورات المياه والميضأة، فهي من العناصر المكملة لوظيفة المسجد، وخصوصا بعد التطورات العمرانية، واتساع نطاق الخدمة للمسجد بشرط أن لا يتعارض ذلك مع شروط الطهارة، وعلاقة هذه المرافق بقاعة الصلاة والقبلة.

أما بخصوص العناصر الإنشائية وهي الأساسات والحوائط والأرضية والسقف والأعمدة فهي عناصر مادية بمثابة الثوابت الضرورية لقيام المبنى .

والمتغير هنا هو تعدد التقنيات والأساليب المتبعة في البناء، ومواد البناء.خصوصا مع التطورات المذهلة، التي تسمح بالتغلب على مشكلات صاحبت البناء التقليدي.[54] ولعل من أبرز الإشكاليات المطروحة منذ القدم هي إشكالية وجود الأعمدة في قاعة الصلاة والتي لا تتماشى مع هدي النبي صلى الله عليه وسلم فيما يخص كراهية الصلاة بين الأعمدة حيث تتشكل لنا صفوف متقطعة، ولهذا يلزم توفير قاعة صلاة خالية من الأعمدة بقدر المستطاع، وتظهر محاولات المعماري المسلم لتحقيق ذلك، فمثلا نجد أن المعماري 'سنان باشا' قد قام بتغطية جامع السليمانية بقبة ضخمة بلغ قطرها 31.5 م ، وهو ما سمح بالاستغناء عن عدد كبير من الأعمدة، داخل قاعة الصلاة، وقد سمحت التقنيات الحديثة في عصرنا بتحقيق مجالات أوسع للصلاة بدون أعمدة عائقة في عدة مساجد حول العالم ولعل من أبرزها مسجد الجمعية الوطنية بأنقرة. [55] وبخصوص نوعية السقف المختار للتغطية فانه يمكن الاستفادة من تقنيات البناء الحديث في عمل فروق متدرجة في السقف لإدخال الإضاءة والتهوية الطبيعية، كما في مسجد الجمعية الوطنية بأنقرة. [55]

---

[54] **نوبي محمد حسن،** (2000). « دور مواد البناء الحديثة في تطور الفكر المعماري في القرن العشرين ». مؤتمر مواد البناء العربية والتحديات الاقتصادية.مركز القاهرة الدولي للمؤتمرات.القاهرة..9-12 أبريل.ص01.

[55] **نوبي محمد حسن،** (2002).مرجع سابق.ص147.

الخلاصة :

تطرق هذا الفصل إلى مفهوم المسجد كبناء ديني، يجب أن يراعى في بنائه توفير عدة شروط بنائية وحسية تدعم دوره الوظيفي وتحافظ على قدسيته.

كما اتضح أن دور المسجد يتعدى دوره التعبدي إلى كونه مدرسة ومنبرا لنشر الثقافة الدينية والدنيوية، عن طريق الإلقاء المباشر في خطب الجمعة والدروس، كما يتجلى ذلك الدور في نوعية البناء في حد ذاته انطلاقا من اختيار موقع الأرض التي ليس فيها تعد عن ملكية الغير وأن تكون طاهرة.وصولا إلى نوعية التصميم الذي يدعم الألفة بين المصلين بوقوفهم في صفوف متواصلة مع استحباب الصفوف الأولى للتشجيع على التسابق في العبادة، بالإضافة إلى نوعية العناصر المعمارية المختارة ومعالجتها بحيث تغلب عليها البساطة وعدم الإسراف في الزخارف وغيرها، وأن لا يؤذي المسجد جيرانه بالاعتداء على خصوصياتهم مثلا، كل هذه المظاهر وغيرها تؤكد أن للمسجد رمزية وقدرة في التأثير على الحياة الاجتماعية والثقافية للمجتمع والتي يجب مراعاتها عند تصميم المسجد.

والمسجد كمبنى له خصوصية دينية ووظيفية تعبدية أدت إلى توحد برنامجه، وعناصره المعمارية، وهو ما يسمى بالمضمون الذي يجب المحافظة عليه في أي تصميم مستقبلي للمسجد، مع وجود فضاء واسع من الحرية في شكل ومعالجة العناصر المعمارية، باختلاف المناطق التي وصل إليها الإسلام وكذلك بالتزامن مع التطور المستمر في تقنيات البناء وأساليب الحياة، وهو ما يدعم ضرورة مسايرة المسجد للتطور العلمي، بما يخدم المضمون ولا يتعارض مع المبادئ، وسنحاول في الفصل القادم التطرق إلى التغيرات ذات الهدف البيئي في عمارة المسجد، وكذلك التطرق إلى موضوع الحفاظ على البيئة واقتصاد استهلاك الطاقة وفق منظور الفكر الإسلامي.

الفصل الثاني :

البعد البيئي
في عمارة المساجد

المقدمة:

لو تأملنا مبادئ الاستدامة، لوجدنا أن الإسلام قد دعا إليها منذ عدة قرون في مجموعة من الأحكام والقواعد الفقهية، التي تهدف لترشيد استهلاك الموارد والتقليل من التلوث، بالإضافة إلى البعد المستقبلي للحفاظ على الموارد، انطلاقا من نظرة الإسلام للكون بأنه من صنع الله وتدبيره وأثر من آثار قدرته وعظمته، وأوجب علينا المحافظة عليه وعدم نشر الفساد، مصداقا لقوله تعالى: **" وَلا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلاحِها "** [1]

يعتبر المسجد مركز البيئة العمرانية الإسلامية لما يمتاز به من دور جوهري في المجتمع المسلم فهو ليس مكانا للعبادة فحسب بل هو مدرسة ومعهد للعلوم والأدب، فاهتم المسلمون بأن يكون المسجد تعبيرا صادقا عن قيم الدين في كونه مبنى وظيفي وبيئي شأنه في ذلك شأن المسكن التقليدي المتوافق مع البيئة بكل ايجابياتها وسلبياتها.

وقد كان مسجد الرسول صلى الله عليه وسلم مثالا عن العمارة الوظيفية البسيطة والبيئية من حيث التصميم البسيط والوظيفي وهو عبارة جزأين جزء مسقوف ويمثل قاعة الصلاة، وجزء مفتوح ويمثل الصحن، أما مواد البناء فهي مما تزخر به المدينة المشرفة من مواد محلية مثل الطين وجذوع النخيل والسعف.

ونتيجة امتداد الإسلام في مناطق مناخية متنوعة، فقد اختلفت المعالجات المعمارية التي كانت من بين أهدافها الوصول إلى توازن مع البيئة المناخية.

1.2 مبادئ الاستدامة وفق المنظور الإسلامي :

إن الواقع البيئي وما آل إليه من تدهور يؤكد على أن الإنسان لم يكن حارسا أمينا عليها فهو يستنزف خيراتها، ويفسد توازنها، ولعل هذا هو ما دفع إلى ظهور مصطلح الاستدامة منذ ثمانينات القرن الماضي، ليصبح أحد أكثر المواضيع تداولا في مفوضية الأمم المتحدة ابتداء من 20 آذار 1987.

إن من ركائز فكر التنمية المستدامة وحدة المصير والمستقبل المشترك، وهذا المفهوم يظهر جليا في حديث النبي صلى الله عليه وسلم :

[1] **القرآن الكريم**، سورة الأعراف، الآية 56.

" مَثَلُ الْقَائِمِ عَلَى حُدُودِ اللَّهِ وَالْوَاقِعِ فِيهَا، كَمَثَلِ قَوْمٍ اسْتَهَمُوا عَلَى سَفِينَةٍ، فَأَصَابَ بَعْضُهُمْ أَعْلاهَا وَبَعْضُهُمْ أَسْفَلَهَا، فَكَانَ الَّذِينَ فِي أَسْفَلِهَا إِذَا اسْتَقَوْا مِنَ الْمَاءِ، مَرُّوا عَلَى مَنْ فَوْقَهُمْ، فَقَالُوا: لَوْ أَنَّا خَرَقْنَا فِي نَصِيبِنَا خَرْقًا، وَلَمْ نُؤْذِ مَنْ فَوْقَنَا، فَإِنْ يَتْرُكُوهُمْ وَمَا أَرَادُوا هَلَكُوا جَمِيعاً، وَإِنْ أَخَذُوا عَلَى أَيْدِيهِمْ نَجَوْا وَنَجَوْا جَمِيعًا " [2]

وإذا أمعنا النظر في هذا الحديث الشريف بأسلوبه الشائق لوجدنا أن الرسول صلى الله عليه وسلم حدد مسؤولية حماية البيئة بمفهومها العام، وألقاها على عاتق المجتمع بأسره، فهي لا تخص شخصا بذاته، ولا جماعة بعينها، لأن ما تقترفه جماعة معينة ستعود نتائجه الوخيمة بالضرورة على المجتمع بأسره، ثم دعوته للأمة بأن تأخذ على أيدي المفسدين وإصلاحهم، بهذه النظرة الشاملة العامة يحس المجتمع بأسره بأنه كتلة واحدة متماسكة فما يؤثر على إحداها يؤثر بالضرورة في الكل، وقد حافظ الإسلام على البيئة ومظاهرها ومقوماتها في منهجية متكاملة متناسقة الأركان. [3]

1.1.2 المفهوم الإسلامي للبيئة :

باعتبار البيئة مفهوما يشمل الأرض وما تحتويه من مكونات حية ممثلة في النباتات والحيوانات، ومكونات غير حية ممثلة في مظاهر سطح الأرض من جبال وهضاب وسهول ووديان وموارد ممثلة في صخور ومعادن وتربة ومياه، وما يحيط بالأرض من غلاف جوي يضم الكثير من العناصر الأساسية اللازمة للحياة على سطح الأرض، لوجدنا أن البيئة بهذا المفهوم ' الأرض ومن عليها وما حولها ' قد ورد ذكرها في القرآن الكريم في 199 آية في سور مختلفة.[4]

تعتبر التنمية وفق الموقف الإسلامي وسيلة لتحقيق سعادة الإنسان ورفاهيته في الدنيا والآخرة، وهو موقف مبني على التصور الإسلامي للكون والحياة حيث ' إنّ الإنسان غاية جميع ما في الطبيعة، وكلّ ما في الطبيعة مسخر له '، كما في قوله تعالى :

"اللَّهُ الَّذِي سَخَّرَ لَكُمُ الْبَحْرَ لِتَجْرِيَ الْفُلْكُ فِيهِ بِأَمْرِهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ * وَسَخَّرَ لَكُمْ مَا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ* " [5]

---

[2] **صحيح البخاري**،(طبعة 1993) دار ابن كثير. دمشق.كتاب الشركة (2493).

[3] **محمد بن يحيى بن حسن النجيمي**، (2009). « البيئة والحفاظ عليها من منظور إسلامي ». منظمة المؤتمر الإسلامي. الدورة 19 إمارة الشارقة.

[4] **الفارس عبد الرحيم ، ن – ع**، (1990) .«البيئة من منظور إسلامي». شركة المطبعة العصرية. الكويت.ص05.

[5] **القرآن الكريم**، سورة الجاثية الآيات 12-13.

يعرف العديد من العلماء البيئة بأنها ذلك الوسط والمجال الذي يعيش فيه الإنسان بما يضمه من ظواهر طبيعية وبشرية، إلا أن المفهوم الإسلامي للبيئة يمتاز بكونه أكثر عمقا فهو يربط ذلك المجال بمجمل المنظومة الإيمانية للمسلم الذي يؤمن برب واحد وهو خالق الكون.[6] ويستدل على ذلك بقوله تعالى : **" الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَجَعَلَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا لَعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ*وَالَّذِي نَزَّلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بقدر فَأَنْشَرْنَا بِهِ بَلْدَةً مَيْتًا كَذَٰلِكَ تُخْرَجُون "** [7]

فالبيئة بمواردها الطبيعية لا تعتبر ملكًا خالصًا لجيل من الأجيال يتصرف بها كيفما يريد، إنما هي ملك وميراث للبشرية لا يستطيع أي جيل أن يدعى لنفسه ملك هذا الحق.[8] قال تعالى :
" وَلَكُمْ فِي الْأَرْضِ مُسْتَقَرٌّ وَمَتَاعٌ إِلَى حِين " [9]

2.1.2 الحفاظ على البيئة في الإسلام:

لا ينكر عاقل أن بيئتنا اليوم تستغيث فهي تعاني من سلوك الإنسان الظالم تجاه مواردها ، فقد باتت هذه الموارد مهددة بالاستنزاف في حال استمر اعتداء الإنسان عليها بهذه الطريقة الجائرة ، وقد تفاقمت المشكلات البيئية وتنوعت مثل تلوث الهواء ، والماء، والتربة، والغابات بما تحتويه من تنوع حيواني ونباتي، ونجد أن لكل ذلك سند في القرآن الكريم، حيث قال الله تعالى : **" ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ "**[10]

إن شخصية المسلم مرتبطة بالعديد من القواعد الإسلامية النابعة من توجيهات القرآن الكريم، والسنة النبوية الشريفة، والتي تحث على النظافة، والنظام، وتحمل المسؤولية وعدم الإسراف، وتجنب كل ما من شأنه أن يلوث الفرد والمجتمع، وهي نفس الأهداف التي يتبناها مفهوم الاستدامة.

3.1. 2 علاقة الإنسان بالبيئة :

اقتضت سنة الله عز وجل أن يسخر الكون بمن فيه، ومن عليه، خدمة للإنسان لكي يعمر الأرض ويعبد الله وذلك مصداقا لقوله تعالى **: " أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعَمَهُ ظَاهِرَةً وَبَاطِنَةً "** [11]

---

[6] **يونس محمد أحمد،** (2003). « حماية البيئة في الفكر الإسلامي » ندوة الثقافة والعلوم ، دبي،الامارت العربية المتحدة.

[7] **القرآن الكريم،** سورة الزخرف.الآيات 10-11.

[8] **محمد بن يحيى بن حسن النجيمي،** (2009) مرجع سابق.

[9] **القرآن الكريم،** سورة البقرة الآية 36.

[10] **القرآن الكريم** ،سورة الروم الآية .41

[11] **القرآن الكريم،** سورة لقمان الأية 20.

وأنزل الرسل هداة ومبشرين للإنسان وحملة للمنهج و هو الميزان الذي يحكم العلاقة فيما بين الناس من ناحية وبين الإنسان والبيئة من ناحية أخرى.[12]

وقد ناقش الفكر الإسلامي ووضع ضوابط وتشريعات محكمة تحدد العلاقة بين الإنسان وبيئته ورسخ هذه الضوابط وفق مبدأين أساسيين : التسخير والوسطية.

1.3.1.2 التسخير :

والمقصود هنا أن الإنسان مستخلف من الله في الأرض، من أجل عمارتها واستثمار خيراتها، لتعينه على عبادة الله وقد أعطاه الله القدرة على تسخيرها لمنافعه، وذلك بما وهبه الله من الحواس والقدرات والعقل. ويظهر ذلك جليا في قوله تعالى :

" هوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ * يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالأعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لآيَةً لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ * وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ وَالنُّجُوم مُسَخَّرَاتٌ بِأَمْرِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ "[13]

2.3.1.2 الوسطية (الاعتدال في الاستهلاك) :

قال الله تعالى**" وكُلُواْ وَاشْرَبُواْ وَلاَ تُسْرِفُواْ إِنَّهُ لاَ يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ "** [14] وهذا دليل واضح على **أن** الإسلام حارب العادات الاستهلاكية المسرفة باعتبار أن ملكية الإنسان للموارد الطبيعية ليست مطلقة فيجب عليه أن يحفظ التوازن البيئي ولا يسرف في استهلاك الموارد إلا بقدر الحاجة.فقد امتاز المنهج الإسلامي بأن أبرز قيم الترشيد في الاستهلاك بالتوسط والاعتدال في كل تصرفات المسلم حيث قال الله تعالى **" وَكَذَلِكَ جَعَلْنَاكُمْ أُمَّةً وَسَطًا "** [15]

وهي وسطية مرتبطة بعلاقة الإنسان مع ما سخره الله له من إمكانيات بأن يستفيد منها بأسلوب معتدل، وهو الاعتدال الذي ينبع من حقيقة موقع الإنسان في الكون .فالإنسان سيد في الكون وليس سيد الكون كما يرى بعض المفكرين في الغرب.[16]

---

[12] **يونس محمد أحمد** ، (2003).مرجع سابق.

[13] **القرآن الكريم**،سورة النحل، الآية 10-12.

[14] **القرآن الكريم**، سورة الأعراف، الآية 31.

[15] **القرآن الكريم**،سورة البقرة، الآية 143.

[16] **يونس محمد أحمد**، (2003).مرجع سابق.ص29.

لقد تدخل الإسلام في مستوى الإنفاق واستغلال الخيرات ورسم له سبيلا سويا وطريقا سليما، في سياق منهجه الوسطي المعتدل في كل شيء .فالأصل أن يسد الإنسان حاجته بنعمة الله مادامت تلك النعمة مباحة، كثرت أم قلت وليس في ذلك محظور، مادامت الضوابط الشرعية تتحكم فيها، إلا أن المطلوب في استخدام هذه الإباحة في الاستهلاك وسد الحاجة فيها هو القصد والاعتدال، حتى لا ينحرف الإنسان ويقع في مزالق الإسراف والترف المهلك.[17] قال الله تعالى :

" وَالَّذِينَ إِذَا أَنفَقُوا لَمْ يُسْرِفُوا وَلَمْ يَقْتُرُوا وَكَانَ بَيْنَ ذَلِكَ قَوَاماً " [18]

2.2 مبادئ الحفاظ على البيئة وفق المنظور الإسلامي:

لقد أشار العلامة ابن خلدون في مقدمته المشهورة إلى خطورة التلوث وضرورة حماية البيئة فقال **" إن الهواء إذا كان راكدا خبيثا أو مجاورا للمياه الفاسدة أو لمناقع متعفنة أو لمروج خبيثة أسرع عليها العفن من مجاورتها فأسرع المرض للحيوان فيه لا محالة ".**[19]

تقترن النظافة والطهارة في الإسلام بالإيمان، واعتبر التلوث نجاسة يجب على المسلمين أن يتطهروا منها، لأن الطهور شطر الإيمان حيث يقول الله تعالى:

" إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ التَّوَّابِينَ وَيُحِبُّ الْمُتَطَهِّرِينَ " [20]

كما ارتبط مصطلح الطهر بالماء وهو شطر الحياة حيث قال تعالى **" وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا ".**[21] حيث لا تصح الصلاة إلا بالوضوء بماء نظيف لم يتغير لونه ولا طعمه أو رائحته أي بمعنى أنه غير ملوث، وكذلك الأمر بالنسبة للغسل كما أن من شروط أداء الصلاة نظافة الأرض التي يصلي عليها حيث لا تصح الصلاة فوق أرض ملوثة.

يمكن حصر مختلف توجيهات الإسلام للحفاظ على البيئة وفق قاعدتين فقهيتين :

هناك قاعدة شرعية تقول 'لا ضرر ولا ضرار' وهي تدل على حرص الإسلام على درء المفاسد حتى لا يصاب الفرد أو المجتمع أو البيئة بالضرر حيث أن لا ضرر بالنفس ولا ضرار بالغير.

---

[17] **كامل صكر القيسي،** (2008) . ترشيد الاستهلاك في الإسلام .دائرة الشؤون الإسلامية والعمل الخيري . إدارة البحوث . دبي.ص08.

[18] **القرآن الكريم،**سورة الفرقان، الآية 67.

[19] **الفقي محمد عبد القادر** (1985) « القرآن وتلوث البيئة » مكتبة المنار الإسلامية ، الطبعة الأولى جمهورية مصر العربية.ص17.

[20] **القرآن الكريم،**سورة البقرة، الآية .222

[21] **القرآن الكريم،** سورة الفرقان، الآية 48.

كما أن هناك قاعدة فقهية مفادها "درء المفاسد أولى من جلب المصالح " أي أنه إذا اجتمع في أمر من الأمور مصلحة ومفسدة، ، فإنه يجب تقديم الأمر الذي به تُدفع المفسدة، بأن يقدم اتقاء الفساد والإتلاف عن السعي في البناء. ويمكن حصر مبادئ الحفاظ على البيئة فيما يلي :

1.2.2 الحفاظ على الماء :

الماء أساس الخلق والحياة، قال تعالى **" وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيي "** [22] وقد دعا الإسلام إلى الحفاظ على هذه النعمة بعدم الإسراف حيث قال الرسول صلى الله عليه وسلم لسعد ابن معاذ عندما مر عليه وهو يتوضأ: **لا تسرف في الماء** فقال معاذ: **هل في الماء إسراف؟** قال: **نعم ولو كنت على نهر جار**[23] وهو ما يؤكد أن الإسلام قد نهى عن إسرافه في غير مصلحة وهو مفهوم النهي عن الاستنزاف الذي تدعو إليه الاستدامة حاليا.

وقد نهى الإسلام عن تلويث الماء بأي نوع من الملوثات الطبيعية كالمخلفات اليومية أو الكيميائية كإلقاء النفايات الصناعية مما يسبب كثيرا من الأمراض الفتاكة.

2.2.2 الحفاظ على الهواء :

إن تلويث الهواء له عواقب خطيرة على كل الكائنات الحية، فالملوثات الكيماوية من شأنها التأثير على الجينات، والملوثات الحيوية تنشر الأوبئة.كما يؤثر تلويث الهواء في زيادة نسبة الإصابة بالأمراض التنفسية وأمراض القلب وسرطان الرئة.وقد شهد العالم عدة مآسي بسبب تلوث الهواء كما حدث في لندن والمكسيك وغيرها.[24]

كما تؤكد العديد من الدراسات أن زيادة تركيز بعض الغازات وخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يزيد في ارتفاع حرارة الأرض وهو ما يسمى بظاهرة الاحتباس الحراري، حيث زادت حرارة الهواء عند سطح الأرض بمقدار 0.74 °م خلال المائة عام المنتهية سنة 2005 م.[25]

وبناءا على ما سبق نجد أن موقف الإسلام من تلويث الهواء والجو واضح لا لبس فيه فهو يقرر أن الهواء نعمة من الله لكل شيء حي.وهذه النعمة يجب المحافظة عليها وصونها من كل ضرر، والإضرار بهذه النعمة يجب أن يقابل بالاستنكار الشديد والوقوف في وجه كل من يسهم في ذلك

---

[22] **القرآن الكريم** ، سورة الأنبياء، الآية 30.

[23] **النووي، الإمام أبو زكرياء يحيى،** (2002). « رياض الصالحين من كلام سيد المرسلين » مؤسسة المعرفة للطباعة والنشر .بيروت.لبنان.

[24] **يوسف بن عبدالله العريني،** (1429ه / 2008م). « رعاية البيئة من التلوث، رؤية اقتصادية إسلامية » .دار طويق . الرياض.

[25] Earth's atmosphere, From Wikipedia, the free encyclopedia. http:// www.wikipedia.org

ومنعه من الاستمرار فيه، فالحديث النبوي واضح في هذا الشأن، وهو قاعدة شرعية يمكن تعميمها على كل حالة مماثلة، فعن عبادة بن الصامت أن رسول الله قضى أن : **" لا ضرر ولا ضرار "** [26]

3.2.2 الحفاظ على الموارد :

إن استغلال موارد البيئة بهدف مصلحة ذاتية بحتة وإحداث ضرر بهذه الموارد وتغيرها وتشويهها وإيقافها عن العطاء واختفائها يعتبر أمرًا منهيًا عنه في الإسلام.[27]

إن حق الانتفاع من العناصر والموارد البيئية كالماء والكلأ والنار وغيرها من مصادر الطاقة والغابات والحيوانات البرية والأسماك والأراضي الخصبة والهواء وأشعة الشمس، هو حق مشترك بين كل أفراد المجتمع.وفي مقابل انتفاعه من الموارد المشتركة يجب عليه أن يبقي على قيمتها الأصلية فإذا تسبب في إتلافها أو إفسادها أو تدهورها فهو ضامن بما يكفل إصلاح الضرر لأنه قد اعتدى على حق كل فرد من أفراد المجتمع.[28]

فالبيئة بمواردها الطبيعية لا تعتبر ملكًا خالصًا لجيل من الأجيال يتصرف بها كيفما يريد، إنما هي ملك وميراث للبشرية لا يستطيع أي جيل أن يدعى لنفسه ملك هذا الحق.[27] قال تعالى: **" وَلَكُمْ فِي الأَرْضِ مُسْتَقَرٌّ وَمَتَاعٌ إِلَى حِين "** [29]

أي أن الإسلام قد سبق مفهوم الاستدامة لمفوضية الأمم المتحدة في 20 آذار 1987.

" التنمية المستدامة هي التنمية التي تفي باحتياجات الوقت الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها الخاصة " [30]

4.2.2 الحفاظ على المساحات الخضراء وتنميتها :

كثيرة هي الدراسات التي اهتمت بأهمية المساحات الخضراء عموما والأشجار بصفة خاصة سواء في أهميتها على البيئة بشكل عام أو حتى تأثيرها في الوسط العمراني بشكل أكثر دقة، وأكدت الدراسات في مجملها على أن الأشجار تنقي الهواء من الملوثات العالقة به. لذلك أوصى الباحثون

---

[26] **ابن نجيم**، (1405ه / 1985م). « الأشباه والنظائر» .دار الكتب العربية. بيروت.ص85.

[27] **محمد بن يحيى بن حسن النجيمي**، (2009). مرجع سابق.

[28] **يونس محمد أحمد**، (2003).مرجع سابق.ص27.

[29] **القرآن الكريم**.سورة البقرة الآية 36.

[30] *تقرير مفوضية الأمم المتحدة للبيئة والتنمية: مستقبلنا المشترك* الجمعية العامة للأمم المتحدة (1987).

بغرس 10 أشجار مقابل كل سيارة صغيرة، وغرس 100 شجرة مقابل كل سيارة نقل جماعي، كما أنه قد أثبت علميا بأن الأشجار تعمل على خفض الحرارة وتلطيف الهواء.[31]

يدعو الإسلام إلى استصلاح البيئة والمحافظة عليها.ومن ذلك عنايته بما يمكن استصلاحه منه والانتفاع به مثل الزراعة وغرس الأشجار وذلك لفوائدها العظيمة التي تعود على الإنسان بالخير في تلطيف وتنقية الجو، فنجد أن النبي حث عليها إلى آخر لحظة في حياة الإنسان، حيث قال رسول الله صلى الله عليه وسلم:

" إن قامت الساعة وبيد أحدكم فسيلة فإن استطاع ألا يقوم حتى يغرسها فليفعل ".[32]

كما رهب الإسلام من قطع الأشجار النافعة في غير منفعة ويظهر ذلك في قول الرسول صلى الله عليه وسلم **" من قطع سدرة صوب الله رأسه في النار "** [33] قال أبو داود ' يعني من قطع سدرة في فلاة يستظل بها ابن السبيل والبهائم عبثا وظلما بغير حق يكون له فيها.صوب الله رأسه في النار'.

3.2 البعد البيئي في تصميم المساجد :

ارتبط مفهوم التصميم البيئي باستغلال الطاقة السلبية وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة المعروفة بمختلف أنواعها وذلك لأسباب اقتصادية وبيئية وصحية، ولتحقيق ذلك يلجأ المصمم إلى استغلال مكونات البيئة الطبيعية والجغرافية للحصول على الطاقة اللازمة لتوفير وسط مريح في الوسط الداخلي للمبنى.

توافق المسكن التقليدي عند المسلمين مع البيئة، بكل ايجابياتها وسلبياتها، من خلال عناصر معمارية رائعة وتفاصيل دقيقة لاءمت البيئة وحققت توازنا حراريا، وفق تطور حثيث من التجربة والخطأ عبر السنين.

وباعتبار المسجد أهم عمائر المسلمين، ونتيجة امتداد الإسلام في مناطق مناخية متنوعة فقد كان له نصيب واسع من الاهتمام بعناصره المعمارية المختلفة ليتلاءم مع المعطيات المناخية لكل منطقة.

---

[31] **شحاتة عبد الله،** (1421ه / 2001م). « رؤية الدين الإسلامي في الحفاظ على البيئة ». دار الشروق القاهرة.ص56.

[32] **صحيح البخاري**،(طبعة 1412ه). دار الكتب العلمية، بيروت،الأدب المفرد. ص168 رقم (489).

[33] **سنن أبي داود،** (783/2). تحقيق كمال الحوت بيروت. دار الحنان، 1989/1409.

وتشير الدراسات إلى المؤثرات المناخية على عمارة المساجد، حيث إنها أثرت في تصميم عناصر المسجد الأساسية التي يأتي في مقدمتها صحن المسجد ورواق القبلة، فكان تحديد شكل الصحن ومساحته يتركان للظروف الخاصة بكل إقليم.[34]

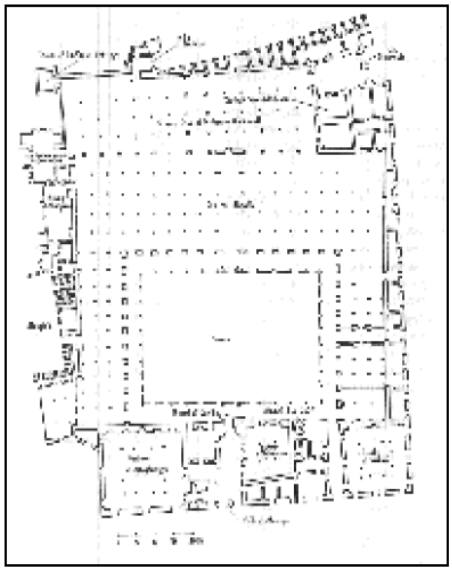
1.3.2 المعالجات المناخية في المناطق الحارة:

1.1.3.2 الصحن :

عندما خط الرسول صلى الله عليه وسلم بناء مسجده الشريف في المدينة المنورة، كان الصحن من عناصر المسجد الرئيسة في بنائه، حيث أنه كان مصدرا أساسيا للتهوية وإضاءة رواق المسجد.

وقد اقتدى خلفاء المسلمين وأمراؤهم بمسجد رسول الله وأصبح الصحن عنصرا أساسيا في كثير من المساجد التي بنوها وان اختلفت أشكاله فنجد :

الصحن محصورا بين قاعة الصلاة والأروقة الجانبية والرواق الخلفي في شرق العالم الإسلامي ومصر.مثل الجامع الأزهر.



الشكل 1.2: المسجد الأزهر بالقاهرة، يتوسطه الصحن المحاط بالأروقة.
(المصدر: www.hullsgrove.com)

[34] **وزيري يحي**، (2004). « العمارة الإسلامية والبيئة » عالم المعرفة . مطابع السياسة . الكويت.ص153.

باعتبار أن بدايات انتشار الإسلام كانت لخطوط طول تصل الى10 درجات شمال مكة المكرمة والمدينة المنورة، في شمال إفريقيا وبلاد الشام، أي أن زوايا ارتفاع الشمس أقل بحوالي 10 درجات من مثيلاتها بمكة والمدينة فقد كانت الظروف المناخية بهذه المناطق متقاربة نوعا ما، فكانت مساحة الصحن كبيرة حيث تمثل 40 - 50 في المائة من مساحة المبنى في المساجد الجامعة الأولى كمساجد المدينة وابن طولون ومسجد القيروان.[35]

إن الصحن أو ما يسمى بالفناء الداخلي يعمل كمنطقة عازلة ومنظم حراري مابين المحيط الداخلي والخارجي، كما يعمل على تعديل حرارة الجو الداخلي للمبنى، وتأمين الحماية من الرمال والغبار في المناطق الصحراوية، وهو يساعد على تعديل الأجواء المناخية، وتكوين مناخ مصغر داخلي للمبنى في حال تم الاهتمام بنسبه الداخلية.[36]

في القرن الثالث عشر بدأ الإسلام بالانتشار في الجنوب الإفريقي في أماكن صحراوية وهي ذات خطوط عرض أسفل مكة المكرمة وتتميز هذه المناطق بزوايا شمس مرتفعة مما أدى إلى صغر مساحة صحون المساجد بهذه المناطق، ويظهر ذلك مليا في مسجد' تمبكتو' بمالي حيث زوايا الشمس مرتفعة مما أدى لصغر مساحة الصحن للحصول على المزيد من الظلال بالإضافة لصغر مساحة الفتحات.[37]

في المناطق التي تتميز بزوايا مرتفعة لأشعة الشمس يفضل أن يكون ارتفاع الصحن أكبر من عرضه أو طوله مما يمنع أشعة الشمس من التغلغل إلى الصحن أو إلى الطابق الأرضي .[38]

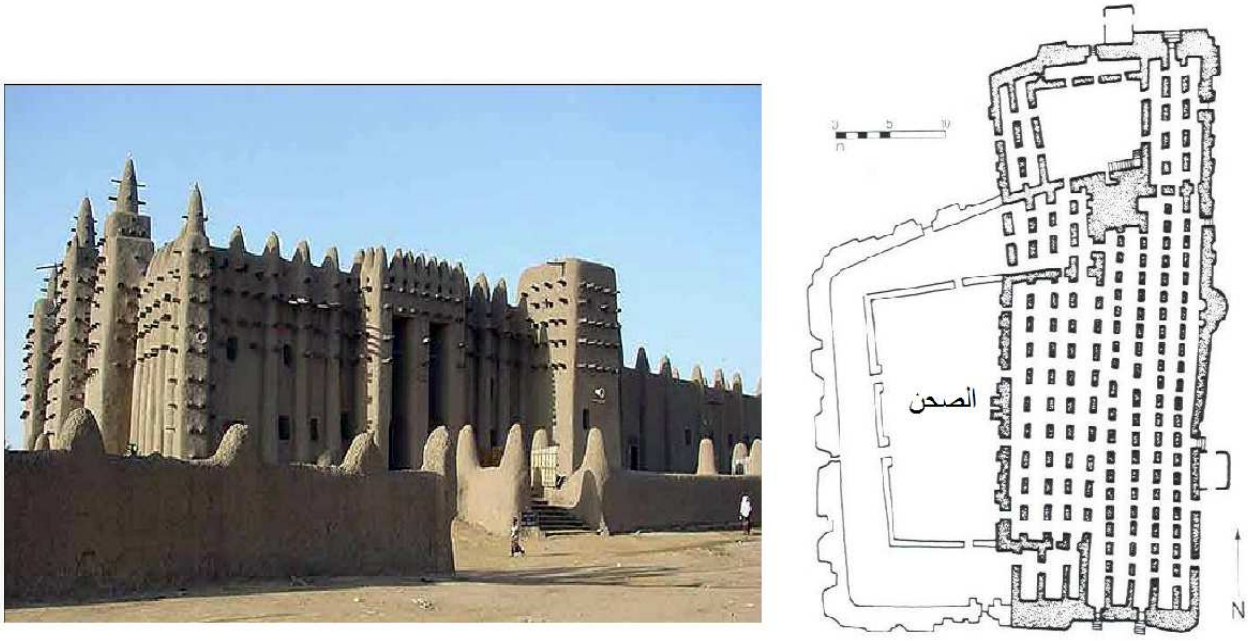
---

[35] **وزيري يحي**، (2004) ."مرجع سابق" .ص154.

[36] **Muhaisen.S M. B. Gadi**,(2006). Shading performance of polygonal courtyard forms. Building and Environment **.** 41/ 8 pp. 1050-1059.

[37] **وزيري يحي**، (2004). "مرجع سابق ".ص.154

[38] **Muhaisen.S M. B. Gadi**,(2006). "OP.cit".



الشكل 2.2: المسقط الأفقي وصور مسجد تمبكتو بمالي. (المصدر: www.hullsgrove.com)

وفي دراسة ميدانية قام بها الباحث أحمد حمدي على بعض المساجد الجامعة الأولى في مصر أثبت أن هناك تناسبا بين مساحة صحن المسجد مع مساحة الجزء المبني من المسجد.حيث تتراوح هذه النسبة بين 30-55 في المائة من مساحة المسجد ككل، وهي دلالة على كبر مساحة الصحن في الجوامع الأولى في مصر.[39]

وبقيت هذه النسبة نفسها في النموذج ذي الصحن والايونات في العصر الأيوبي بمصر.وهو ما يلاحظ في المدرسة الصالحية والكاملية لتلك الحقبة. بالإضافة إلى مدرسة المنصور قلاوون .[39]

وقد أثبتت دراسة قام بها الباحثان الناجم والمفيز بأن صحن المسجد من شأنه أن يخفض الطاقة الكهربائية المستخدمة في التكييف بمقدار الثلث في كل من منطقة الدمام والأحساء في السعودية، حيث أثبت الباحثان أن الصحن يمكن استخدامه لأداء الصلاة في فصل الصيف بنسبة 36-61 في المائة من أوقات الصلاة في مدينة الدمام.[40]

[39] **وزيري يحي** ، (2004). مرجع سابق.ص155.

[40] **علي الناجم، إبراهيم المفيز**، (1999). « أهمية فناء المسجد في ترشيد الطاقة الكهربائية » ندوة عمارة المساجد . الرياض.

2.1.3.2 ملقف الرياح :

إضافة إلى صحن المسجد استخدم المسلمون عدة تقنيات للتهوية والتبريد الطبيعي بشكل معالجات مناخية في المناطق الحارة ومن أبرزها استخدام ملقف الهواء في العديد من المساجد القديمة في مناطق مختلفة من العالم الإسلامي والذي تنوعت أشكاله ومواضعه :

ملقف الهواء الحائطي الموجود خلف المنبر بمسجد الصالح طلائع بمصر.[41] ومسجد 'مكي' في الكويت حيث وضع الملقف في الجدران السميكة للمسجد.

ملقف الهواء بوسط سقف الرواق الأوسط وهو عبارة عن بروز بسيط في السقف يعلوه سقف مائل له جنبان من الخشب.وموجه جهة هبوب الرياح، كما في مسجد داعي الدار بمدينة ' فوة ' المصرية. [41]

أستخدم برج الرياح بجوار المحراب في مسجد كرمان القديم في إيران وقد أثبتت القياسات أن البرج نجح في إحداث تيار هوائي أثناء النهار من الخارج إلى المحراب داخل المسجد بعد خفض حرارته بمقدار 03 درجات مما أثرا ايجابيا في تلطيف الجو داخل المسجد، بالرغم من قلة سرعة الرياح خارج المسجد أثناء رفع القياسات.[42]

وقد تم استخدام أبراج التهوية بمعالجات حديثة في العصر الحديث والتي نجحت في خفض الحرارة الداخلية بشكل كبير ومن أمثلة ذلك جامع 'سكاكا' شمال المملكة العربية السعودية حيث يسود المنطقة مناخ شديد الجفاف صيفا. [43]

---

[41] **وزيري يحي**، (2004). مرجع سابق.ص156. .

[42] **olgay v**,(1963).Design with climate Bioclimatic Approche to Architectural Regionalism Princeton New. jersey princeton university Press.

[43] **غالب عبد الرحيم**، (1988). « موسوعة العمارة الإسلامية ». دارجروس برس للنشر.بيروت .ص363.

3.1.3.2 تقنيات حديثة :

اتجاه التقنيات الفائقة هو اتجاه بيئي، فسح المجال بتطوره التقني ووسائله المتقدمة لإيجاد معالجات تقنية وطرائق وأنظمة تعمل على توفير الطاقة واستغلال معطيات الطبيعة والبيئة المحيطة أفضل استغلال.[44]

مظلات عملاقة في المسجد النبوي :

قبيل سنة 2010 ووفقا للتقويم القمري يتقدم زمن الحج إلى أشهر الصيف الشديدة الحرارة ومع مقاربة الحرارة في الصيف خمسين درجة مئوية، تصبح الساحات الرخامية التي يحتشد فيها الحجاج موقعاً شديد الحرارة، وهنا برز تحد مزدوج : كيف يمكن تحسين المناخ في ساحات المسجد النبوي من دون المساسّ بميزاته المعمارية ؟

وكان الحل غرس ' غابة ' من المظلات الواقية والمصنوعة من نسيج PTFE (بولي تترافلور ايثيلين) وهو نسيج صناعي يمتاز بكونه واقيا من الأشعة فوق البنفسجية، مع نفاذ ضوئي مناسب، وتظليل فعال ويتمتع بمقاومة عالية لقوى الشد الناتجة عن الرياح، إضافة إلى ابتكار الشركة المصممة لنسيج ذو لون رملي لمنع الانبهار الضوئي.[45]

منذ أيلول (سبتمبر) 2010، تم تركيب 250 مظلة في المنطقة المحيطة بالمسجد، تبلغ المساحة السطحية لكل منها 572 م^2، وارتفاعها 15 م، وإذ تنفتح هذه المظلات معا تشكل منطقة مظلله مساحتها 143000م^2 .[45]

تمَّت برمجة المظلات لتنفتح وتنغلق بحيث تتأخر الواحدة عن الأخرى فترة وجيزة جدا تمنع تصادم أجزائها المتحركة، وتم تنسيق تشغيلها شبه الصامت آلياً مع التغيرات في درجة الحرارة اليومية، فهي تنفتح كل صباح مشكلة سقفاً شبه شفاف، وتنغلق كل مساء تاركة غابة أنيقة من 250 عموداً وسط ساحات عامة. توفر المظلات المفتوحة في الصيف تظليلاً خلال النهار، فتعكس مقداراً كبيراً من إشعاع الشمس وعندما تنغلق ليلاً، ترتدّ الحرارة المتخلفة التي تمتصها الأرضيات الرخامية والجدران إلى الجو وتنعكس العملية شتاء، فعندما تكون درجة الحرارة منخفضة نسبيا، تنغلق المظلات نهاراً ، كي تدفئ الشمس الموقع ، وتنفتح ليلاً لتحتجز الحرارة قرب سطح الأرض و تؤدي

---

[44] **فاكوش عقبة**، (2012) . « توظيف التطور التقني لاتجاه عمارة التقنيات الفائقة ضمن إطار التصميم المستدام ». مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الثامن والعشرون. العدد الأول.

[45] **مجلة البيئة والتنمية**، العدد 170 مايو 2012 . المغرب.

أعمدة المظلات عدة وظائف، فالمظلة المفتوحة توجه مياه المطر إلى وسط العمود الموصول بشبكة التصريف. وتوفر المصابيح في تيجان الأعمدة الإنارة في الليل وقد نجح هذا المشروع بتخفيض الحرارة في ساحات المسجد نهاراً 8°م على الأقل.[46]

الشكل 3.2: صور لمظلات المسجد النبوي. (المصدر: مجلة التنمية مايو 2012)

القباب المتحركة :

تعتبر القباب من العناصر المعمارية البيئية في عمارة المساجد حيث تساعد على إخراج الهواء الساخن من داخل المبنى عبر مخارج الهواء العلوية، كما تقلل تعرض سطح المسجد لأشعة الشمس أثناء حركتها في النهار.

في توسعة الملك فهد، ومن أجل توفير التهوية والإنارة الطبيعية للمسجد الشريف تم إنشاء 27 قبة متحركة،تزن الواحدة منها 80 طن، وبلغ ارتفاعها عن منسوب السطح 3.55 م، وقطرها 14.70 م.وقد غطي الهيكل الفولاذي من الداخل بطبقة من الخشب أما الغلاف الخارجي للقبة، فهو من السيراميك المثبت على قواعد من الجرانيت الصلب. [47]

ويتم التحكم في فتح وغلق كل من القباب والمظلات آليا عن بعد من غرفة التحكم، وذلك للاستفادة من الجو الطبيعي حين تسمح الظروف المناخية بذلك.

---

[46] **مجلة البيئة والتنمية**، العدد 170 مايو 2012 . المغرب.مرجع سابق.

[47] **الموقع الرسمي لجريدة عكاظ** السعودية (www.okaz.com).

الشكل 4.2: صور القباب المتحركة في المسجد النبوي. (المصدر: www.okaz.com)

2.3.2 المعالجات المناخية في المناطق الباردة:

يظهر تأثير الظروف المناخية الباردة على عمارة المساجد في صغر مساحة الصحن كلما اتجهنا نحو المناطق الباردة ليختفي في عدة مناطق بسبب استخدام مخطط المساجد المقفلة، كالعديد من مساجد أفغانستان وهي غالبا مساجد محدودة الأبعاد والأحجام من أجل التمكن من تدفئتها .[48]

لقد تم استخدام السقوف المائلة في تسقيف المساجد في المناطق التي تزيد فيها البرودة وتكثر الأمطار في فصل الشتاء في كل من مساجد الشام وآسيا الصغرى ومساجد الأندلس، ومن أهم الأمثلة على ذلك استخدام السقوف المائلة في جامع قرطبة بالأندلس، الشكل (5.2).

لقد أدت القباب دورا بيئيا مهما في المناطق كثيرة الأمطار كالهند وفارس وتركيا من خلال استخدامها في تسقيف قاعات الصلاة، وهذا إضافة إلى وظائف أخرى. [49]

كما ظهر نمط تصميمي جديد من المساجد في المناطق التي تجمع بين الحرارة الشديدة صيفا والبرد القارص شتاء، حيث اختفت الأروقة الجانبية والخلفية المحيطة بالصحن، وقسم بيت الصلاة إلى قسمين، قسم شتوي وقسم صيفي، وهو النمط المتبع في تصميم الجامع النوري بالموصل سنة 566-568 ه حيث ينقسم بيت الصلاة إلى قسم أمامي مزود ببوائك مفتوحة على الصحن وهو يمثل المصلى الصيفي، وقسم آخر مغلق وغير مفتوح البلاطات وهو المصلى الشتوي، ونجد هذا النمط في جامع مجاهد الدين سنة 572-576ه، وكذلك في مرتفعات جنوب غرب المملكة العربية السعودية. [50]

---

[48] **شافعي فريد** ، (1970) . « العمارة العربية في مصر الإسلامية » المجلد الأول . الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر.القاهرة.ص286-.288

[49] **وزيري يحي**، (2004). مرجع سابق.ص 162.

[50] **يوسف القصيري**، (1429ه / 2008م). « أضـواء علـى التراث الحضاري المعماري العمائر الدينية في العراق - الجامع النوري في الموصل الإسلامي فـي الـعـراق » منشورات المنظمة الإسلامية للتربية والعلوم والثقافة.

الشكل 5.2: صورة لجامع قرطبة تظهر استخدام الأسقف المائلة وهي مغطاة بالثلوج.
(المصدر: www.hullsgrove.com)

3.3.2 الإضاءة الطبيعية في المساجد :

يعتبر رواق القبلة المطل على الصحن المكشوف العنصر الأساسي للإضاءة في المساجد الجامعة الأولى المبنية وفق التصميم الأصلي للمسجد النبوي.

استخدم المعماري المسلم بعض العناصر المعمارية لدعم الإضاءة الطبيعية داخل قاعة الصلاة وهذا في سياق تطوير نموذج المسجد النبوي ومن أمثلة هذه المعالجات ما شهده الجامع الأموي الكبير بدمشق فقد ظهر ما يسمى بالمجاز القاطع وهو السقف المرتفع الذي يغطي الرواق العمودي على رواق القبلة ويزود بنوافذ على جانبيه ليسمح لضوء النهار بالنفاذ إلى القاعة.[51] . الشكل (6.2).

في دراسة قام بها الباحث بلكحل عز الدين وآخرون.[52] على المساجد العثمانية في تونس اتضح استخدام الإضاءة الطبيعية في المساجد بنوعيها الأفقية والعلوية، حيث استخدم في الإضاءة الأفقية صف من النوافذ السفلية الواسعة وبدون حجاب وصف علوي من النوافذ الصغيرة الحجم نسبيا، والمزودة بمشربيات . وهي مطلة على أروقة مسقوفة للحماية من أشعة الشمس المباشرة وهي نفس

[51] **وزيري يحي**، (2004) .مرجع سابق.ص 162.

[52] **Belakehal A. et al,** architecture et lumière naturelle dans les mosquées ottomanes tunisoises .American Institute for Maghribi Studies (AIMS).

المعالجة في سائر الجدران باستثناء جدار القبلة، حيث يستخدم عدد أقل من النوافذ أو تختفي في بعض المساجد، لتجنب الانبهار وكذلك السرحان في الصلاة،أما الإضاءة العمودية فتتمثل في استخدام قبة أو عدة قباب مزودة بفتحات في رقابها وهي عادة مزودة بمشربيات .

الشكل 6.2: صورة للجامع الأموي تظهر المجاز الفاصل.

(المصدر: www.wikipedia.org)

وقد استخدمت الإضاءة الأفقية بواسطة الشبابيك الجصية أعلى الجدار الأصلي لجامع الأزهر وهي ذات ألواح زجاجية متعددة الألوان تضفي منظرا جماليا داخليا وخارجيا كما أنها تجنب الانبهار البصري للمصلين.

كما استخدم في جامع الأزهر فرق المنسوب بين سقفي الرواق القديم والرواق الحديث أثناء توسعة عبد الرحمان كتخدا حيث يرتفع سطح وسقف التوسعة عن المبنى القديم واستخدم فرق المنسوب في استحداث فتحات تسمح بإضاءة الرواق الجديد نظرا لعمقه وبعده عن الصحن.[53]

[53] **علام نعمت إسماعيل**، (1979). « فنون الشرق الأوسط والعالم القديم » دار المعارف، القاهرة.ص213.

الشكل 7.2: صورة داخلية لقباب مسجد السليماني باسطنبول.
(المصدر: Belakehal A. et al)

من خلال ما سبق يتضح أن كون المسجد ذو طابق أرضي ومستقل بذاته سمح بالاستفادة من الإضاءة الطبيعية سواء من الجوانب أو من الأعلى.

كما أنه يجب تجنب وضع نوافذ في حائط القبلة، لأن وجود نوافذ لامعة في حائط القبلة يؤدي إلى ظاهرة الإبهار البصري وهو صعوبة تكيف العين بين التباين في شدة الإضاءة بين النافذة وما يحيط بها.

الخلاصة :

تطرق هذا الفصل إلى الاهتمام الكبير للفكر الإسلامي بضرورة احترام البيئة،من خلال الحفاظ عليها من التلوث وترشيد استهلاك الموارد، وهي نفس المبادئ التي تبناها مفهوم التنمية المستدامة بعد أربعة عشر قرنا، كما أبرز الفصل شخصية المسلم المعتدل في نفقته حيث يعتبر الإسراف من السمات المنهي عنها بشدة.

وانطلاقا من أهمية ودور المسجد الجامع كمركز لنشر الوعي في العالم الإسلامي وهو ما أشار إليه الفصل السابق، استعرضنا مدى تبني المعماري المسلم للعمارة البيئية في تصميم المساجد باعتبار التصميم البيئي هو أحد أبرز مظاهر الحفاظ على البيئة واتقاء الإسراف، وتبين أن انتشار العمارة الإسلامية في مناطق شاسعة ذات أقاليم مناخية متنوعة أفرز تنوعا في العناصر المعمارية بحيث تستجيب للمؤثرات المناخية، وأبرزها تقنيات التهوية والتبريد الطبيعي بنوعيه التقليدي والحديث، نظرا لكون معظم العالم الإسلامي يقع ضمن نطاق المناخ الحار.

إن أغلبية التصاميم المعمارية لمباني الجوامع والمساجد في الوقت الحاضر لم يراع فيها الفن المعماري الموروث وتوظيف الأفكار النابعة من تفاعل التصميم مع البيئة المحلية مما أنتج لنا مساجد تعتمد بشكل كبير على استخدام الطاقة لتوفير الراحة الحرارية بما في ذلك التبريد الآلي.

وبناءا على ذلك سنستعرض في الفصل القادم بعض التقنيات الفعالة في التهوية والتبريد الطبيعي سواء التقليدية منها والحديثة حيث نستعرض عدة أبحاث رائدة في المجال، والهدف من كل ذلك هو محاولة إدماجها ضمن التوجيهات العامة للتصميم البيئي في المساجد.

الفصل الثالث :

الراحة الحرارية

المقدمة :

هناك علاقة بين صحة الإنسان والمناخ الحراري، فالوظائف الفسيولوجية تستجيب لتغيرات الظروف الحرارية، حيث أن صحة الإنسان، حركته، نشاطه، وإحساسه بالراحة أو الضيق كلها تتأثر إلى حد كبير بتقلبات المناخ الحراري.

وقد قام العلماء بدراسة وتحديد الأجواء المريحة للإنسان رغم الصعوبة التي وجدوها في تحديد مفهوم عام للراحة الحرارية، بسبب الاختلافات البشرية في التفاعل مع الظروف البيئية، فما هو مريح لشخص قد يكون مزعجا لآخر في الوقت نفسه، حيث تتداخل العوامل الفسيولوجية والسيكولوجية ومع ذلك فقد جرت محاولات لوضع مفهوم عام للراحة الحرارية، بالإضافة إلى اقتراح طرق لتقييم الراحة الحرارية وتحديد أهم العوامل المؤثرة عليها.

1.3 مفاهيم أساسية حول الراحة الحرارية :

1.1.3 مفهوم الراحة الحرارية : Le confort thermique

الراحة المثالية تعرف بشكل عام بأنها حالة الجهاز العصبي المركزي التي تؤدي إلى شعور الإنسان بالراحة في البيئة المحيطة به، وتكون على نوعين هما الراحة الفسيولوجية والراحة النفسية، والراحة الفسيولوجية أو الطبيعية ما هي إلا تعبير عن حالة التوازن الحراري بين الجسم والبيئة المحيطة، [1] إذ يحافظ على ثبات درجة حرارته (نحو 37°) دون اللجوء إلى زيادة حرارة الجسم عن طريق الارتجاف أو زيادة التبريد عن طريق التعرق .[2]

الراحة الحرارية هي مفهوم يتعلق بترشيد احتياجات الحرارة في الشتاء والبرودة في الصيف وهي تعرف على أنها الشعور بالرضا في البيئة الحرارية.

2.1.3 التبادل الحراري بين جسم الإنسان ووسطه الحراري :

L'échange de chaleur entre le corps humain et son environnement thermique

لكي يشعر الإنسان بالراحة يجب أن تتراوح درجة حرارة الجلد بين (31°إلى 34°) وذلك تبعا لطبيعة الشخص .[3] الإحساس بالراحة الحرارية هو انعكاس لدرجة حرارة الجلد، الناتجة عن توازن

---

[1] **Cantin.R.et al,** (2005).« Complexité du confort thermique dans les bâtiments ». in actes du 6eme congrès européen de science des systèmes.tenu. paris du 19 au 22 septembre.

[2] **Masmoudi.S,** (2003). « *Relation entre géométrie urbaine, végétation et confort thermique extérieur* Thèse de Magistère .Université Mohamed Kheidar. Biskra. .p22.

[3] **Thelier. F et al** ,(2003). « *Les outils d'évaluation du confort thermique* » Journée SFT/ CSTB. Nantes.

التدفق الحراري بين ما ينتجه أيض الجسم (Métabolisme) وما يفقده نحو الوسط المحيط.[4]

ويتم التبادل الحراري بين جسم الإنسان والمناخ المحيط به على النحو التالي :[5]

1- التبادل الحراري بواسطة الإشعاع. (par Rayonnement)

2- التبادل الحراري بواسطة تيارات الحمل.(par Convection)

3- فقدان الحرارة بواسطة التبخر.(par évaporation)

4- التبادل الحراري بواسطة التوصيل.(par Conduction)

1.2.1.3 التبادل الحراري بواسطة الإشعاع: Echange de chaleur par rayonnement

الجسم يتبادل الحرارة مع أسطح المجال بواسطة الأشعة ذات الموجات الطويلة.[6] يكتسب جسم الإنسان الحرارة بواسطة الأشعة ذات الموجات الطويلة عندما تكون درجة حرارة الأسطح المواجهة له أعلى من درجة حرارته أو درجة حرارة ملابسه الخارجية. بينما يفقد جسم الإنسان الحرارة بواسطة الأشعة ذات الموجات الطويلة عندما تكون درجة حرارته أو حرارة ملابسه الخارجية أعلى من درجة حرارة الأسطح المواجهة له.

إن معدل التبادل الحراري بواسطة الأشعة ذات الموجات الطويلة بين الإنسان ومحيطه يعتمد على درجة حرارة جسم الإنسان، ومتوسط درجة حرارة الأسطح المواجهة له، ومعامل الانبعاث لجسم الإنسان، ويحسب بالمعادلة التالية :[7]

$$Re = \varepsilon \times hr \times fcl \times feff \ (Tcl - Tr) \quad \text{.....(01)}$$

حيث :

Re= (Taux d'échange de chaleur) معدل التبادل الحراري بين جسم الإنسان والمناخ (w/m^2).

E = (Facteur d'émission) معامل انبعاث جسم الإنسان.

hr= (coefficient de rayonnement) معامل الإشعاع في درجة الحرارة العادية .

والذي يعادل : $(Tr \times 0.01+1)\ 4.6$ ..... (1-1)

---

[4] **Fernandez.P.et Lavigne.P**,(2010). « changement d'attitude pour concevoir un cadre bâti bioclimatique :une contribution au développement durable. Techniques de construction ».CTQ 013.éditions du moniteur.Paris.

[5] **Moujalled.B** , (2007). « Modélisation dynamique du confort thermique ».thèse de doctorat .institut des sciences appliquées de lyon-France.

[6] **Givoni.B,** (1998). « *Climate considerations in building and urban design ». by john wiley &sons,Inc, canada.* p42.

[7] **سعيد عبد الرحيم** ، (1999 م) مرجع سابق. ص43.

fcl = (Coefficient d'isolation Vêtements) معامل العزل للملابس.

eff = (taux effectif du corps humain) النسبة الفعالة من جسم الإنسان والتي تؤثر على عملية التبادل الحراري بين جسم الإنسان والمناخ المحيط به.

Tcl = (température des Vêtements) درجة حرارة الملابس الخارجية (درجة مئوية).

Tr =(Température moyenne de rayonnement des surfaces qui entourent)

متوسط درجة الحرارة الإشعاعية للأسطح المحيطة بجسم الإنسان (درجة مئوية مطلقة).

2.2.1.3 التبادل الحراري بواسطة التوصيل :

Échange de chaleur par conduction

هو التبادل الحراري عن طريق التلامس المباشر بين بعض أجزاء الجسم وأحد الأسطح ذات الحرارة المختلفة عن حرارة الجلد،(الأرضية، الجدران...).فمثلا في حالة حرارة السطح أقل من حرارة الجلد،تنتقل الحرارة من الجسم إلى السطح عند التلامس حيث يشعر الإنسان بالبرودة.[8] ويعتبر هذا النوع من التبادل الحراري، الأقل أهمية في حالة المساجد باعتبار أن الأرضية وهي السطح الأكثر ملامسة للمصلين تكون مفروشة بحصر من الصوف أو النسيج وهي مواد عازلة.

3.2.1.3 التبادل الحراري بواسطة الحمل :Échange de chaleur par convection

يتبادل الجسم الحرارة مع الهواء المحيط بواسطة الحمل، وذلك بحسب سرعة الهواء. يكتسب الإنسان الحرارة نتيجة لاحتكاكه بالهواء المحيط إذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة السطح الخارجي لجسم الإنسان، ويفقد الحرارة إذا كانت درجة حرارة الهواء أقل من درجة حرارة السطح الخارجي لجسمه،عندما تلامس جزيئات الهواء جسم الإنسان تكتسب حرارة وتتمدد وتصير أقل كثافة فتندفع إلى أعلى وتأخذ معها كمية من الحرارة، وتستمر حركة الهواء على هذا المنوال ويطلق عليها اسم تيارات الحمل الطبيعي.[9]

[8] **Fernandez.P.et Lavigne.P**, « OP.cit ».2010.

[9] **cristan chiaus,francis allard,** (2005) .« Natural ventilation in the urban Environment .Assessment and Design » EARTHSCAN.London.p20.

يحسب معدل فقدان الحرارة لكل متر مربع نتيجة تيارات الحمل بالمعادلة التالية [10] :

$$C = hc\ (Tcl - Ta)\ldots\ldots(02)$$

$C =$ (Le taux de perte de chaleur) معدل فقدان الحرارة نتيجة تيارات الحمل. $(w/m^2)\times c°$

$hc =$(Coefficient de transfert de chaleur) عامل انتقال الحرارة بواسطة تيارات الحمل(w/m^2)

$$hc = 8.3\ \sqrt{v}\ \ldots\ldots(2\text{-}1)$$

$v =$ (vitesse de l'air) سرعة الهواء(متر/ثانية).

$Tcl =$ (La température moyenne de la surface extérieure du vêtement)

متوسط درجة حرارة السطح الخارجي للملابس (درجة مئوية).

$Ta =$ (Moyenne de température ambiante) متوسط درجة حرارة الهواء المحيط بالإنسان (م°).

4.2.1.3 فقدان الحرارة بواسطة التبخر : La perte de chaleur par évaporation

تبخر واحد غرام من الماء يستهلك حوالي 580 وحدة حرارية، وهي الحرارة الكامنة للتبخر . لما يحدث التبخر في الرئتين أو على مستوى مسامات الجلد مصدر هذه الحرارة هو الجسم.[11]

1.4.2.1.3 تبخر العرق : L'évaporation de la sueur

إن العامل الأساسي الذي يحدد معدل فقدان الحرارة من جسم الإنسان هو معدل تبخر العرق وليس معدل إفراز العرق، يرتفع معدل فقدان الحرارة عندما يكون معدل التبخر أعلى من معدل إفراز العرق، ويقل معدل فقدان الحرارة من جسم الإنسان عندما يكون معدل إفراز العرق أعلى من معدل التبخر، إن العرق الذي يسقط بعيدا عن جسم الإنسان لا يكون له أي تأثير في فقدان الحرارة من الجسم، أما العرق الذي يلتصق بالملابس ويتبخر، غالبا ما يتحصل على الحرارة المطلوبة للتبخر من الملابس نفسها وبالتالي يقل مفعول انخفاض الحرارة الذي قد يستفيد منها الجسم.[12] يختلف معدل الفقدان الحراري بواسطة تبخر العرق بحسب حرارة الهواء المحيط ونسبة رطوبته، لكن دراسات عديدة أثبتت أن المتوسط هو 11 غ/ سا لكل م^2. [13]

[10] **Mclntyre ,D.A** ,(1980) . « lndoor Climat » Applied Sience Publishers Ltd .london.

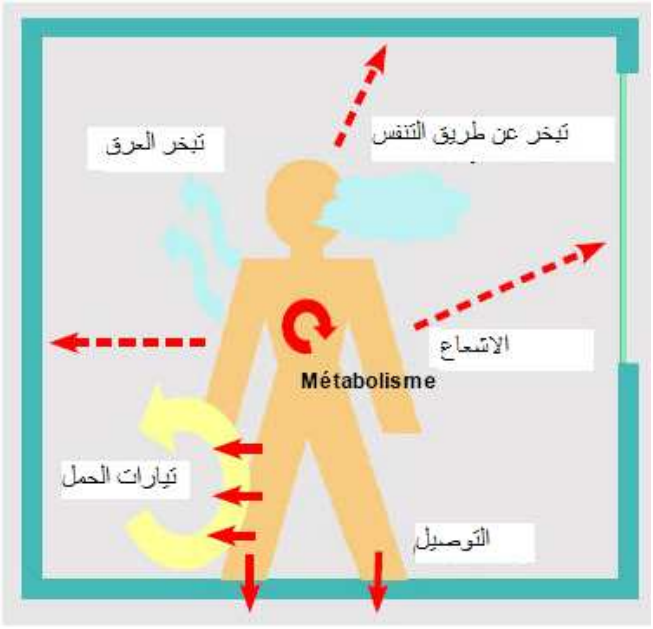
[11] **B.Givoni** « OP.cit » (1998).p45.

[12] **Cordier.N,** (2007) . « développement et évaluation de locaux de grandes dimensions ».thèse de doctorat lyon .France .p 321.

[13] **Olivier Jung,** (2009) . « Approche multicritère numérique et expérimentale de la ventilation et du rafraichissement d'un multizone par contrôle de composant de façade ».thèse de doctorat.p36 .

2.4.2.1.3 تبخر الماء من الرئة : Évaporation de l'eau par les poumons

تعتبر عملية تبخر الماء من الرئة وسيلة من وسائل فقدان الحرارة بواسطة التبخر ولكنها لا تكون بنفس الكفاءة والفعالية التي تتميز بها عملية تبخر العرق من سطح الجسم، إن دخول الهواء إلى الرئة أثناء عملية الشهيق يؤدي إلى تشبع الهواء بالماء وهو في نفس درجة حرارة الأنسجة الداخلية للجسم، وعند الزفير تتبخر جزيئات الماء وتؤدي إلى انخفاض في درجة حرارة الهواء ومن ثم تنخفض درجة حرارة الأنسجة الداخلية للرئة.[12]



الشكل 1.3: رسم توضيحي للتبادلات الحرارية بين الجسم ومحيطه.
(المصدر: الكاتب 2013)

3.1.3 العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية :

Facteurs influant sur le confort thermique

إن أحد المتطلبات الأساسية هي المحافظة على التوازن الحراري بين جسم الإنسان ووسطه الحراري، ويعتمد هذا التوازن على عوامل متعددة (عوامل شخصية وعوامل بيئية).[14]

---

[12] **Cordier.N.** (2007) « Op.cit ».
[14] **Cantin.R.et al**.(2005). «OP.cit».

1.3.1.3 عوامل البيئة المناخية : Les facteurs climatiques

يظهر التأثير المباشر لهذه العوامل بملاحظة ردود الفعل الفسيولوجية، وأهم هذه العوامل في الوسط المبني هي :

1.1.3.1.3 تأثير درجة حرارة الهواء : L'effet de la température de l'air (Ta)

وهي أهم العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية، حيث أن لها تأثيرا مباشرا على التوازن الحراري بين جسم الإنسان ووسطه المحيط ، حيث تؤثر في مختلف أنماط التبادلات الحرارية فإذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة البشرة فان ذلك يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة البشرة ونشاط الغدد التي تفرز العرق، حيث ينتج عند تبخره إحساس بالبرودة الناتجة عن امتصاص الحرارة اللازمة للتبخر.[15]

وتعتبر حرارة الهواء العامل الأكثر استخداما في تقييم الأداء الحراري الداخلي لأي مجال معماري، وذلك لغرض تبسيط القياسات من أجل الوصول إلى تحقيق الراحة الحرارية.[16] وهناك عدة طرق لتحديد منطقة الراحة الحرارية، وذلك من خلال تحديد مجال يضم أدنى قيمة وأعلى قيمة لحرارة الهواء، وهو ما يسمى بمنطقة الراحة الحرارية، وسنتطرق في هذا الفصل إلى بعض أشهر الطرق المستخدمة في تحديد مجال الراحة الحرارية.

2.1.3.1.3 تأثير الرطوبة النسبية : Effet de l'humidité relative

الرطوبة النسبية، هي نسبة بخار الماء الموجود في الهواء، إلى ما يستطيع الأخير حمله منه عند درجة الحرارة نفسها، والضغط الجوي نفسه.

بحسب Liébard .A نطاق الراحة الحرارية للرطوبة النسبية هو بين 30-70 % .[17]
الرطوبة النسبية الكبيرة تؤدي إلى اختلال في التبادل الحراري بواسطة التبخر حيث يكون الهواء المحيط أقرب إلى التشبع ببخار الماء ،مما يقلل في تأثير الاستفادة من ظاهرة التعرق وهو ما يؤدي إلى الشعور بعدم الراحة الحرارية.[18]

---

[15] **سعيد عبد الرحيم ، (1999)**. مرجع سابق. ص49.

[16] **Cordier.N**,(2007) .OP.cit .p61.

[17] **Liébard.A et Herde.A,** (2004).« Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ».Ed le Moniteur .paris .p29.

[18] **Salomon.T et Bedel.S**,(2004) . « La maison des méga Watts.le guide malin de l'énergie chez soi».Ed.Terre vivante .Mens .p25.

3.1.3.1.3 تأثير حركة الهواء وسرعته : vitesse de l'air

التبادل الحراري بواسطة الحمل متعلق أساسا بسرعة الهواء في المجال المحيط، حركة الهواء لها تأثير مهم على الإحساس بالراحة،وهي لا تقلل درجة الحرارة ولكن تساعد في تبريد الجسم بسبب فقدان الحرارة بواسطة الحمل وزيادة التبخر في الجسم، فكلما زادت سرعة الهواء ارتفع مستوى الإحساس بالراحة في الجو الحار.[19]

وترى الباحثة (شفق العوضي) أنه يمكن تقسيم حالات سرعات الهواء لأغراض التبريد إلى خمس حالات وذلك بحسب تأثير السرعة على الشعور بالراحة :[20]

- من 0 إلى 0.25 م/ ثا غير ملحوظة.
- من0.25 إلى 0.5 م/ثا محببة.
- من 0.5 إلى 1.0 م/ثا يبدأ الحرص من تأثير الهواء.
- من 1.0 إلى 1.5 م/ثا مثيرة للضيق.
- أعلى من 1.5 م/ثا مزعجة.

4.1.3.1.3 تأثير الإشعاع : l'effet du rayonnement

لقد ذهب بعض الباحثين إلى التقرير أن تأثير درجة حرارة الإشعاع يبلغ ضعف تأثير درجة الحرارة الجافة، وتعتمد شدة تأثيرها على وضع الجسم بالنسبة للأسطح المشعة وكذلك على الرطوبة وحركة الهواء،وتعد أكثر الظروف راحة هي عندما تكون الحرارة المتوسطة للأسطح أكبر من حرارة الهواء بمقدار 2 م°.وفي حالة انتظام الإشعاع من الأجسام الموجودة في الفراغ يكون انخفاضها بمقدار 2 م° مقبولا في إطار الاستخدام العقلاني للطاقة.[21]

2.3.1.3 العوامل الذاتية المؤثرة في الراحة الحرارية : Les facteurs subjectifs

بحسب الباحثة (ي. بوشحم) إن الإحساس بالراحة الحرارية هي ظاهرة فيزيائية تخضع في إحدى أجزائها إلى العوامل الفردية للشخص.[22]

---

[19] **cristan chiaus,francis allard ,**(2005). « Natural ventilation in the urban Environment .Assessment and Design » EARTHSCAN ,London .p22.

[20] **شفق العوضي الوكيل و م-ع-س،** (1989). « المناخ وعمارة المناطق الحارة » دار عالم الكتب للنشر. القاهرة . الطبعة الثالثة. ص230.

[21] **Bodart. M**, (2002). « Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiments».thèse de doctorat.Université Catholique de Louvain.Faculté des sciences appliquées.Unité d'Architecture-Belgique.p110.

[22] **Bouchahm.Y**, (2004) .*Une Investigation Sur La performance thermique du Capteur à vent pour un rafraîchissement passif dans les régions chaudes et arides. Cas de Ouargla*. These de doctorat d'etat, universite de Constantine. p21.

1.2.3.1.3 التأقلم: L'adaptation

هو رد فعل على ظروف جديدة محددة حيث أنه عند تعرض الجسم لظروف مناخية جديدة، فانه يصل لتعديل هذه الظروف وبناءا عليه يظهر التغير في الأداء الحراري الفردي.[23]

هناك ما يمكن تسميته بالتأقلم الآني مع مناخ لمنطقة أو لفصل من فصول السنة بتغير نظام الأيض Métabolisme والدورة الدموية مما يؤثر بالتالي في تحقيق الراحة الحرارية.[24] وهناك تأقلم ايكولوجي، والمتمثل في التغيرات الملحوظة في شكل الجسم وحجمه ولونه لتكيفه مع بيئته المحيطة.[25]

فالبشرة السمراء مثلا تمنع الأشعة فوق البنفسجية من النفاذ بعمق في الجسم، فالجلود الملونة ليس لها تأثير في الأداء الحراري ولكن لها مقاومة أكبر لتأثير أشعة الشمس وهي خاصية تميز سكان المناطق الحارة من أجل حمايتهم من أشعة الشمس المضرة، في حين نجد أن الأعضاء الظاهرة من جسم الإنسان في المناطق الباردة تكون صغيرة نسبيا لتقليل مساحة الجسم المعرضة للهواء، من أجل الحفاظ على الحرارة.[26]

2.2.3.1.3 السن والجنس: L'âge et le sex

يكون تأقلم الأشخاص الأكبر سنا أبطأ منها في الشباب. حيث يؤدي العمر دورا مهما في المتطلبات الحرارية، إذ أن الأشخاص فوق 40 سنة يفضلون درجة حرارة فعلية واحدة أعلى ممن هم في عمر أقل من 40 سنة.[27]

وبما أن معدل الأيض Métabolisme ينخفض عند المرأة عنه عند الرجل، فان المرأة تفضل درجة حرارة أعلى مما يفضل الرجل لتحقيق الراحة، فالنساء يفضلن بشكل عام درجة حرارة فعلية للراحة أعلى بدرجتين من الرجال.[28]

---

[23] **مشتت صباح عبد اللطيف**، (1995). «العمارة والبيئة المناخية. ، الأسس النظرية والتطبيقية» .مركز عبادي للدراسات والنشر .صنعاء .

[24] **I.B.G.E institus bruxellois pour la gestion de l'environnement**,(2007). guide pratique pour la construction et la Renovation durable de petits batiments. 13.Fevrier.

[25] **موسى.علي حسن**، (1998). « المناخ والسياحة » دار الأنوار . دمشق . الطبعة الأولى.

[26] **فضيل عبد الجليل ، وآخرون** ، (1985م). « علم البيئة ». مطبعة جامعة الموصل.

[27] **عبد الحق غالب الدميني**، (2009). « معايير الراحة الحرارية للأبنية السكنية في عدد من المدن اليمنية » .مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية.المجلد الخامس والعشرون.العدد الثاني.ص406.

[28] **عبد الحق غالب الدميني** ، (2009). مرجع سابق.ص407.

وفي حالة المساجد مثلا نجد أن المستخدمين (المصلين) من مختلف الأعمار من الجنسين وهو ما يعني أنه يجب توفير الوسط الحراري المريح لكل الفئات.

3.2.3.1.3 شكل الجسم : La forme du corps

تزيد نسبة السطح للحجم في جسم طويل ونحيف عنها في جسم قصير ممتلئ، وبالتالي يكون معدل فقدان الحرارة بالنسبة للأول أكبر، لذلك يفضل الشخص الطويل درجة حرارة أعلى لتحقق راحته، ويلعب الدهن المختزن تحت الجلد دور العازل فيقلل من توصيل حرارة الجسم الداخلية إلى سطح الجلد، لهذا فمثل هذا الشخص يحتاج لهواء خارجي أبرد لتتحقق راحته الحرارية.[29] وفي حالة المسجد نجد أننا نتعامل مع تنوع في الأشكال .لذا نأخذ بالاعتبار الشكل المتوسط.

4.2.3.1.3 نشاط الفرد : L'activité de l'individul

يعتبر نشاط الفرد أحد العوامل الأساسية في شعور الإنسان بالحرارة ، فهو مرتبط مباشرة بمعدل الأيض (Métabolisme) وهو كمية الحرارة المنتجة من قبل الجسم في ساعة واحدة وفي واحد متر مربع من مساحة سطح الجسم،بالإضافة إلى الحرارة الناتجة عن النشاط ،وأكدت عدة دراسات أن الطاقة التي يستهلكها الجسم من أجل أداء نشاط ما تكون ذات مردود لا يتجاوز في أغلب الحالات 20% أما النسبة المتبقية فيتم طرحها بشكل حرارة وهو ما قيمته 80% [29]

بحسب الباحث Fernandez يمكن أن نميز بين ثلاث مستويات لمعدل الأيض (Métabolisme) من حيث النشاط وذلك كما يلي :[30]

1- معدل الأيض القاعدي : وهو المقدار الأدنى الضروري للحياة والناتج عن استهلاك الطاقة لغرض أداء مختلف الأنشطة الحيوية الداخلية وقيمتها 75 W .

2- معدل الأيض في حالة راحة : وهي الحرارة الدنيا الناتجة في شروط راحة الجسم مثل حالة الجلوس، وتصل إلى w105.

3- معدل الأيض الخلوي في حالة نشاط : وهي تختلف بحسب نوعية النشاط الفيزيائي وحتى الفكري، وكمثال لذلك نجد أن مقداره بالنسبة لعمل مكتبي يتراوح بين 105 - 140 w ويرجح أن تكون هذه القيمة نفسها تقريبا بالنسبة لأداء صلاة الجمعة في المساجد.

---

[29] **شفق العوضي الوكيل ومحمد عبد الله سراج،** (1989). مرجع سابق. ص231.

[30] **Fernandez.p et Lavigne p**,(2009).« Concevoir des batiments bioclimatique.fondements et méthodes ». Moniteur. paris.p93.

5.2.3.1.3 نوع الغذاء : Type de nourriture

لكل نوع معين من أنواع الغذاء أثر في معدل التفاعل الحيوي، وربما كان ذلك سببا في اختلاف غذاء الناس بين المناطق المدارية والمناطق القطبية. الطاقة في الغذاء هي كمية الحرارة التي تنتج عند احتراق الغذاء في الجسم، وتختلف الأغذية في مقدار الطاقة التي تولدها على ما تحتويه من العناصر الأساسية في الغذاء، وهي :[31]

الكربوهيدرات والبروتينات والدهون،وتقاس الطاقة من حرق الغذاء بالسعرة الحرارية (Calorie) وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد كيلوغرام ماء بمقدار 1 م °

يحتاج الجسم الطبيعي هذه المصادر لإنتاج الطاقة بنسب مختلفة كما يلي :[32]

- الكربوهيدرات 50%
- الدهون 35%
- البروتينات 15%

وللعوامل الحرارية تأثيرا مباشرا على كمية الطاقة المصروفة حيث تزداد الطاقة اللازمة لتدفئة الجسم في المناخ البارد مثلا، فنجد أن الناس يلجئون إلى استهلاك كميات أكبر من الكربوهيدرات باعتبارها مصدرا مباشرا للطاقة، في حين تقل الشهية للطعام في المناخ الحار.

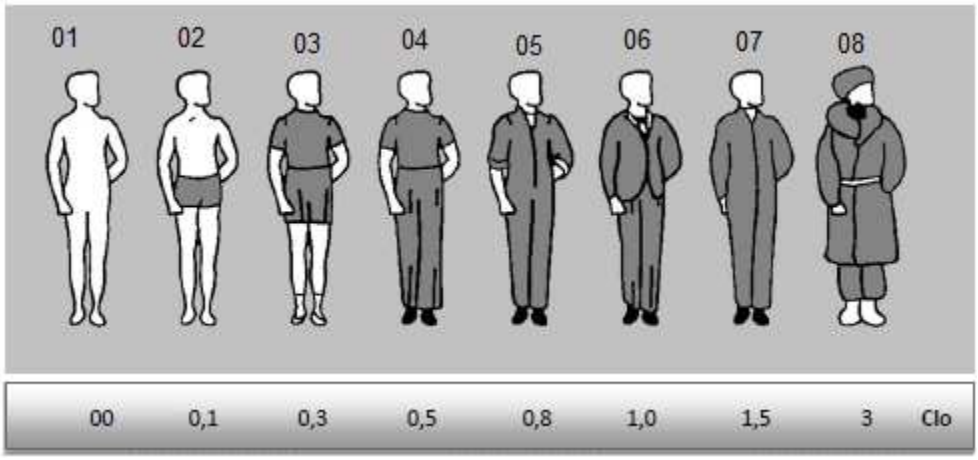
إن عملية الهضم في الجهاز الهضمي تستهلك ما قيمته 10 % من إجمالي السعرات الحرارية التي يحتويها نفس الطعام ويسمى بالأثر الحراري للطعام.[33]

لذلك يمكننا أن نستنتج بأنه في حالة الصيام مثلا في شهر رمضان نجد أن نسبة الأثر الحراري للطعام غير واردة في صلاة الجمعة في شهر رمضان لأن الشخص في منتصف يوم الصيام.في حين تكون هذه النسبة في أوجها عند صلاة التراويح.

[31] www.wikipedia.org.
[32] www.britannica.com.
[33] www.Familydoctor.org.

6.2.3.1.3 نوعية الملابس :

تمثل الملابس حاجزا لانتقال الحرارة.كما تقلل من إحساس الجسم بتفاوت سرعة الهواء ودرجة حرارته.فالملابس تنشئ تحتها مناخا مصغرا(Microclimat) من خلال المقاومة الحرارية ، ويتم تصنيف نوعية اللباس بحسب معامل يسمى معامل عزل الملابس (Clo) وتختلف قيم معامل عزل الملابس بحسب نوعية النسيج ونمط اللباس وذلك كما يظهره ، الشكل (2.3). [34]



الشكل 2.3: قيم معامل العزل الحراري للملابس باختلاف نوع اللباس.
(المصدر: Thelier .F.1999)

بالرغم من تنوع أشكال اللباس إلا أنه يغلب اللباس الخفيف عند المصلين من الجنسين حيث يرتدي الرجال عادة القمصان الخفيفة،وترتدي النساء العباية الفضفاضة، وهو يصنف ضمن الحالة 3 ، أي أن معامل عزل الملابس clo يساوي 0.5.

ASHARE حدد ستة عوامل مؤثرة في الراحة الحرارية،واعتبر معامل عزل الملابس (clo) ذو تأثير مباشر على تغير مجال الراحة الحرارية، ويظهر ذلك في الجدول (1.3).[35]

---

[34] **Thellier.Françoise ,**(1999). « l'homme et son environnement thermique-Modélisation ».Université de Paul Sabatier de Toulouse.p65.

[35] **ANSI/ASHARE 55-2004**-in « Bioclimatic building for different climates in china »-Architectural science review volume 48 juine 2005.p188.

T air (°C)	HR (%)	Tr (°C)	V air (m/s)	Met	Clo
19.6	86	19.6	0.10	1.1	1.0
23.9	66	23.9	0.10	1.1	1.0
25 .7	15	25 .7	0.10	1.1	1.0
21.2	20	21.2	0.10	1.1	1.0
23.6	67	23.6	0.10	1.1	0.5
26.8	56	26.8	0.10	1.1	0.5
27.9	13	27.9	0.10	1.1	0.5
24.7	16	24.7	0.10	1.1	0.5

الجدول 1.3: تأثير تغير معامل العزل للملابس على تغير مجال الراحة الحرارية.
(المصدر: ANS/ASHREA 2005)

حيث:

T air : حرارة الهواء°م.

HR (%) : الرطوبة النسبية.

Tr (c°) : الحرارة الإشعاعية للأسطح.

V air (m/s) : سرعة الهواء.

Met : Métabolisme (58 w/m2) مقدار الأيض الخلوي للجسم.

2.3 الوسط الحراري (المبنى) : Environnement thermique

تعمل المباني كحواجز ترشيحية تتوسط بين البيئة المناخية الخارجية والبيئة الداخلية التي تحتوي النشاطات البشرية. إن كفاءة استجابة المبنى للبيئة الحرارية المحيطة يمكن أن تتغير وفق الخواص التصميمية للمبنى والفضاء الخارجي الذي حوله.

1.2.3 عناصر المبنى المؤثرة في الكفاءة المناخية:

Les Eléments de construction affectant l'efficacité du climat

تتأثر الكفاءة الحرارية للمبنى بمقدار ما يكتسبه من طاقة حرارية صيفا ومقدار ما يفقده من طاقة حرارية شتاء، وبالتالي انعكاس تأثيرها في درجة حرارة بيئته الداخلية، مما يؤدي إلى زيادة الحاجة لاستخدام أجهزة التكييف بأنواعها المختلفة للسيطرة على درجة الحرارة الداخلية وجعلها ضمن حدود الراحة الحرارية.[36]

وتعد معظم القرارات التصميمية التي يتخذها المعماري لتلبية جوانب التصميم الوظيفية والشكلية والرمزية هي بذاتها قرارات مؤثرة في الجوانب البيئية بصورة مباشرة أو غير مباشرة، وخاصة ما تعلق منها بمظهر المبنى الخارجي، ابتداء من شكل المبنى وانتهاء بنوع مواد الإنهاء المستخدمة.

يمكن إدراج أهم العناصر التصميمية المؤثرة في كفاءة المبنى الحرارية بالتالي :

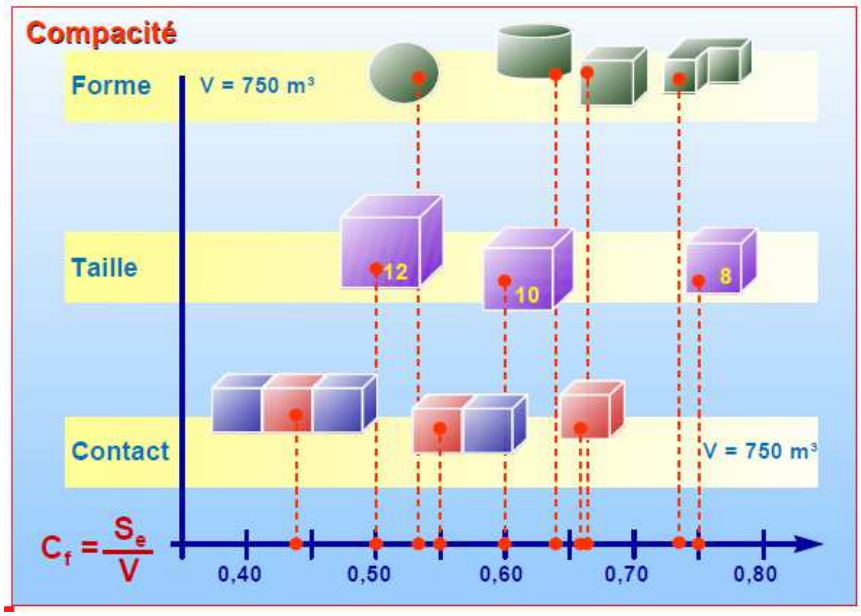
1.1.2.3 شكل وتراص للمبنى : La forme et la Compacité

معامل التراص للمبنى و يعرف بمعامل الشكل (cf) وهو العلاقة بين مساحة الأسطح الخارجية والحجم الداخلي ($م^2$ / $م^3$) . ذو أهمية كبيرة في عملية التصميم البيومناخي باعتبار معامل الشكل تعبير مبسط عن مقدار تعرض البناء للظروف الخارجية. فكلما كانت مساحة الأسطح الخارجية أكبر كانت الكفاءة الحرارية للبناء أقل، لذلك فانه ينصح دوما بخفض معامل الشكل قدر المستطاع.[37]

---

[36] **Maldonado. E and Oliviera Fernandese,** (1993). « Building thermal regulations : why has summer been forgotten? ». In Proceeding of the 3rd European Conference on Architecture. Florence Italy. p 626.

[37] **Fernandez.p et Lavigne p**,(2009) . « OP.cit ».p83.



الشكل 3.3: تأثير الشكل والحجم والمجاورة على التراص.

(المصدر: Liébard.A et Herde.A 2004)

وفي حالة المساجد الجامعة غالبا ما تكون مستقلة وغير متلاصقة مع مباني أخرى وهو ما يرفع من معامل الشكل وبالتالي التقليل من الكفاءة الحرارية.

2.1.2.3 تموقع المبنى : localisation du bâtiment

إدراج البناء في محيطه له أهمية كبرى في التحكم الطاقوي للبناء، من خلال الاستفادة من مؤهلات الموقع بمختلف أنواعها.لذلك يجب على المعماري عند دراسة المشروع أن يحلل ويدرس علاقة المبنى مع مختلف مميزات الموقع من تضاريس، ومحيط عمراني، ونوعية الأرض، والغطاء النباتي، والتشميس ،واتجاه الرياح وشدتها.

إن مقدار تعرض أسطح المبنى للإشعاع الشمسي يعتمد على توجيه الكتلة البنائية، فيمكن باختيار التوجيه الصحيح تحسين الأداء الحراري للمبنى بتقليل تأثير الإشعاع الشمسي صيفا وزيادته شتاء، كما أن دراسة حركة الهواء من شأنها أن تجنب المبنى الرياح الغير مرغوبة كالرياح الباردة شتاء،والاستفادة من الرياح المستحبة صيفا ، لأغراض التبريد أو التخلص من الرطوبة المرتفعة.

3.1.2.3 خصائص غلاف المبنى: Caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment

يبرز دور غلاف المبنى كمرشح بين الظروف الخارجية والداخلية، فهو يمثل المحور الرئيس لعمليات السيطرة الحرارية للبيئة الداخلية. فمن خلاله تحدث جميع عمليات الانتقال الحراري بين الداخل والخارج،وبحسب كمية الطاقة المتنقلة يتم تقييم كفاءة المبنى الحرارية إن من أهم مكونات غلاف المبنى التي يحدث خلالها الانتقال الحراري هي على التوالي الشبابيك والسقوف ثم الجدران،لذا فان أول ما يؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم مواد الغلاف المبني هو نسبة المساحة الشفافة إلى مساحة الجدران الكلية، يليه تحديد معامل الانتقال الحراري لمواد السقف ثم الجدران ، ومدى امتصاصها وانبعاثها للأشعة الشمسية الساقطة عليها.[38]

2.2.3 مصادر الكسب الحراري في المبنى :

Sources d'apport de chaleur dans le bâtiment

عند دراسة الأداء الحراري لأي مجال معماري يستخدم الدارسون مفهوم الميزان الحراري والذي يسمح بمعرفة كمية الطاقة التي يكتسبها البناء أو يفقدها، من أجل تقدير كمية الطاقة الواجب استخدامها للتبريد أو التسخين.ويحسب الميزان الطاقوي للطقس الحار بالمعادلة التالية : [39]

$$Q = Q_{le}+Q_{lv}+Q_{gs}+Q_{gi}\text{.....(03)}$$

حيث:

Q_{le} : Gain par conduction de l’enveloppe (watt) الربح الحراري بواسطة التوصيل عبر الغلاف.

Q_{lv} : Gain par renouvellement d’air (watt) الربح بواسطة تجدد الهواء.

Q_{gs} : Gains Solaire (watt) الربح الشمسي من خلال الزجاج.

Q_{gi} : Gains internes (watt) الربح الحراري الداخلي.

[38] **شفق العوضي الوكيل ومحمد عبد الله سراج**،(1989). مرجع سابق. ص97.

[39] **ASHRAE Handbook/Fundamentals**,(2009).p (chapitr) 16.11.

يعرف الكسب الحراري بأنه معدل انتقال الحرارة للحيز خلال فترة زمنية معينة ، يمكن تقسيم مصادر التغير الحراري في المبنى إلى تلك الواردة من خارج المبنى، وتسمى المصادر الخارجية، وتلك الناجمة من داخل المبنى وتسمى المصادر الداخلية.[40]

1.2.2.3 المصادر الخارجية :Les sources externes

- كسب حراري نتيجة الإشعاع الشمسي عبر الزجاج والأسطح الخارجية .
- انتقال حراري خلال غلاف المبنى نتيجة الفرق بين درجات حرارة الهواء على جانبيه.
- انتقال حراري بين المبنى والمباني المجاورة عند وجود فرق بدرجات الحرارة بينهم.
- انتقال حراري نتيجة دخول وخروج الهواء من خلال الفتحات والشقوق والفواصل.

1.1.2.2.3 الكسب الحراري خلال الزجاج: Le gain de chaleur travers le verre

يكون جزء من الكسب الحراري خلال الزجاج عن طريق الإشعاع والجزء الآخر من الحرارة الممتصة من قبل الزجاج نفسه أضف لذلك حرارة التوصيل نتيجة الفرق بين درجة حرارة الهواء الخارجي والداخلي.

يصنف الزجاج بحسب الشفافية إلى ثلاثة أنواع أساسية وهي : الزجاج الشفاف والزجاج العاكس العاكس والزجاج الماص Absorbants والزجاج الملون الذي يمتاز بنسبة امتصاص كبيرة للطيف الشمسي المرئي.[41]

تختلف الخصائص الحرارية للزجاج باختلاف أنواعه،ويبين الجدول (2.3) القيم النسبية للربح الحراري من نسبة الإشعاع الشمسي الوارد إلى الزجاج باختلاف نوع الزجاج المستعمل وقد تم التمييز هنا بين الربح الحراري المباشر من خلال نفاذ الأشعة عبر الزجاج ، والربح الحراري بواسطة امتصاص الإشعاع.[42]

---

[40] **ASHRAE Handbook/Fundamentals**,(2009). « OP.cit ».

[41] **Givoni**.**B,** (1998). « *Climate considerations in building and urban design » .by john wiley &sons,Inc.canada.* P251.

[42] **Givoni. Baruch, (**1998).OP.cit. P251.

نوع الزجاج	الانتقال المباشر	الربح الحراري بواسطة الامتصاص	الربح الحراري الكلي
زجاج شفاف Verre clair	74	9	83
زجاج ممتص للضوء والحرارة Verre absorbant	20	25	45
الزجاج الملون Verre gris	30	30	60

الجدول 2.3: الربح الحراري بحسب مختلف أنواع الزجاج. (المصدر: B. Givoni. 1989)

وقد اتضح من خلال الفصل السابق "عمارة المساجد من منظور بيئي" أن المساجد في معظمها تستخدم الزجاج الملون في تغطية النوافذ في الجدران، من أجل تجنب الانبهار البصري،وكذلك للمساهمة في تزيين قاعة الصلاة، ومن خلال قراءة الجدول أعلاه نجد أن هذا النوع من الزجاج يتميز بربح حراري أقل من الزجاج الشفاف وهو ما يساعد في التقليل من الربح الحراري المباشر عبر الزجاج.

2.1.2.2.3 الكسب الحراري خلال الأسطح : Gain de chaleur par les surfaces

وهو عبارة عن مجموع الحرارة المنتقلة بصورة منتظمة من الخارج إلى الداخل نتيجة لفرق درجات الحرارة، والحرارة المنتقلة بصورة غير منتظمة نتيجة للاختلاف في كمية الإشعاع الساقط على السطح، إن ظاهرة الانتقال الغير المستقر خلال الأسطح تعتبر عملية معقدة نسبة للسعة الحرارية للمبنى حيث يتم تخزين الطاقة الحرارية المارة عبر الجدار ثم تصريفها إلى الداخل أو الخارج في وقت لاحق وهذا يعتمد على قيمتي زمن التخلف ومعامل التناقص.[43] وتعين الحرارة المكتسبة خلال الأسطح للجدران الأربعة والسقوف نتيجة فرق درجات الحرارة بين الداخل والخارج

[43] **Collection technique CIMBETON,** (2007). « Béton et confort thermique » revue technique du centre d'information su le ciment et ses applications.n°B40.France.

بالمعادلة التالية :[44]

$$Q=\sum U_w A_w(T_o-T_i)+U_c A_c(T_o-T_i)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(04)$$

حيث:

Q : La chaleur transmise à travers les Surfaces (watt) / الحرارة المنتقلة خلال أسطح الأبنية.

U_w : Coefficient de température global du mur $(w/m^2.k)$ / معامل الحرارة الإجمالي للجدار.

T_o : Température air extérieur (^oC) / درجة حرارة الهواء الخارجية.

T_i : La température interne de l'air (^oC) / درجة حرارة الهواء الداخلية .

U_c : Coefficient de température globale de la toiture $(w/m^2.k)$ / معامل الحرارة الإجمالي للسقف.

A_c : Surface du toit (m^2) / المساحة السطحية للسقف.

وتحتسب قيم U من المعادلة التالية :

$$1/U=1/h_o+1/h_i+\sum x/k\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4\text{-}1)$$

حيث:

h_o : Coefficient de transfert de chaleur par convection de la surface externe $(w/m^2.k)$

معامل انتقال الحرارة بالحمل للأسطح الخارجية.

h_i : Coefficient de transfert de chaleur par convection des surfaces internes $(w/m^2.k)$

معامل انتقال الحرارة بالحمل للأسطح الداخلية .

x : Épaisseur de couche de la paroi (m) / سمك طبقة الجدار.

k : Coefficient de conductivité thermique des matériaux de construction $(w/m.k)$

معامل التوصيل الحراري لمواد البناء.

تعتمد الحرارة المكتسبة خلال الأسطح على عدد الطبقات التي يتكون منها المبنى كما أن معامل الحرارة بالحمل للأسطح الداخلية والأسطح الخارجية يعتمد على سرعة الهواء إضافة إلى اتجاه سريان الحرارة، أما قيمة معامل التوصيل الحراري فتعتمد على نوع المادة المستخدمة في البناء وهناك جداول بهذه القيم والمواد التي لها معامل توصيل حراري صغير تعرف بالعوازل وهي مهمة في تقليل الحمل الحراري بالتوصيل خلال الجدران والسقوف.

[44] **فارس موسى**، (2005). « نوافذ تعليمية لحساب حمل التبريد للأبنية ». مجلة تكريت للعلوم الهندسية المجلد 12 / العدد 3 / آب .

3.1.2.2.3 الكسب الحراري لتسرب الهواء: gain de chaleur par Infiltration

إن أغلب المباني تسمح بتسرب الهواء الخارجي إلى الحيز الداخلي خلال الشبابيك أو الأبواب وهذا ما يعرف بهواء التسرب وتعتمد كميته على مستوى المبنى، فكلما كان المبنى محكما كلما قل تسرب الهواء كذلك تعتمد كمية هواء التسرب على سرعة الريح حيث يزيد معدل هواء التهوية مع زيادة سرعة الريح.[45] قد يشكل تسرب الهواء من الجو المحيط إلى الداخل ربحا حراريا كبيرا، ويتم احتساب الحمل الحراري المحسوس والكامن لتسرب الهواء من المعادلات التالية [46] :

$q= q_s+ q_l$……………….................……………………………(04)

$q_s = 1230\ Q\ (\Delta t)$…………………….................……..(04-1)

$q_l = Q\ p\ \Delta w\ (\ 2501+1.805\ t\ )$……….............. …… (04-2)

حيث:

q : La chaleur totale aux fuites d'air الحرارة الكلية لتسرب الهواء.

q_s : Chaleur sensible aux fuites d'air (watt) الحرارة المحسوسة لتسرب الهواء.

q_l : Chaleur latente de fuites d'air (watt) الحرارة الكامنة لتسرب الهواء.

Δt : La différence entre la température à l'intérieur et à l'extérieur (c°)

الفرق بين حرارة الداخل والخارج.

Q : flux d'air (m3/s) تدفق الهواء.

Δw : différence d'humidité entre l'intérieur et l'extérieur (kg/kg)

الفرق بين الرطوبة الداخلية والخارجية.

P : densité de l'air (Kg/m3) كثافة الهواء.

T : La température moyenne entre l'intérieur et l'extérieur (c°)

متوسط الحرارة بين الداخل والخارج.

---

[45] **Tommy Kleiven, (** 2003). « Natural Ventilation in Buildings Architectural. concepts, consequences an possibilities » Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor Ingeniør. URN: NBN:no-7242.p31.

[46] **ASHRAE Handbook/Fundamentals**,(2009). « ventilation and infiltration ». (chapitre) 16.11.

2.2.2.3 المصادر الداخلية : Les sources internes

- كسب حراري نتيجة عمل أجهزة ومعدات داخل الحيز مثل المصابيح.
- كسب حراري محسوس وكامن من شاغلي الحيز.

1.2.2.2.3 الحمل الحراري للإضاءة: Gain de chaleur d'éclairage

تحتسب أحمال الإضاءة من المعادلة التالية :[47]

$$q_{el} = N \times W F_{ul} F_{sa} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (05)$$

N : عدد المصابيح.

P : Capacité de lampe (watt) قدرة المصباح الواحد.

F_{ul}: معامل التباين للإضاءة.

F_{sa} : معامل يعتمد على نوع المصباح.

2.2.2.2.3 الحرارة المكتسبة من الأشخاص : Gain par les occupants

يعطي جسم الإنسان حرارة محسوسة نتيجة اختلاف درجة حرارة جسمه عن درجة الحرارة داخل المبنى كما يعطي حرارة كامنة نتيجة تبخر بخار الماء من سطح جسمه المعرض للهواء إضافة لعملية الزفير أثناء التنفس، وتتسرب الحرارة التي تتولد من جسم الإنسان بشكل حرارة محسوسة بواسطة الإشعاع وتيارات الحمل، و تتبخر الرطوبة التي يفرزها جسم الإنسان بشكل حرارة كامنة.[48] وتعين الحرارة المحسوسة والكامنة لشاغلي الحيز بالمعادلات التالية : [49]

$$Q_{ps} = n.q_{ps}(D.F)_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (06)$$

حيث:

Q_{ps} : La chaleur sensible pour les personnes (watt) / الحرارة المحسوسة للأشخاص.

n : nombre de personnes / عدد الأشخاص.

q_{ps} : La chaleur sensible par personne (watt) / الحرارة المحسوسة للشخص الواحد.

$(D.F)_p$: Le coefficient de variation pour les personnes / معامل التباين للأشخاص.

---

[47] **ASHRAE Handbook/Fundamentals**,(2009), « ventilation and infiltration ». (chapitre) 16.11.

[48] **ANSI/ASHRAE Standard 55-(**2010)**,** « Thermal Environmental condition for Human Occupancy ».p17.

[49] **فارس موسى** ،(2005). مرجع سابق.

وأما الحرارة الكامنة التي يعطيها شاغلي الحيز فتحتسب بالمعادلة التالية : [50]

$$Q_{pL}=n.q_{pL}(D.F)_{p} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(07)$$

حيث:

Q_{pL} : (watt) الحرارة الكامنة للأشخاص .

q_{pL} : (watt) الحرارة الكامنة للشخص الواحد .

الجدول (3.3) في الأسفل يحدد مقدار الضياع الطاقوي المحسوس sensible والكامن Latente انطلاقا من مجموعة دراسات، بحيث يمكن استخدام هذه القيم في تقدير الربح الحراري الداخلي الناتج عن شاغلي الحيز.

Activité درجة النشاط	Métabolisme متوسط الطاقة للإنسان البالغ W	درجة حرارة الوسط °م									
		28		27		26		24		22	
		sensible محسوس	latent كامن	sensible محسوس	latent كامن	sensible محسوس	latent كامن	sensible محسوس	latent كامن	sensible محسوس	latent كامن
جلوس وراحة	100	50	50	55	45	60	40	67	33	72	28
جلوس وعمل خفيف	120	50	70	55	65	60	60	70	50	78	42
عمل مكتبي	130	50	80	56	74	60	70	70	60	78	52
وقوف ومشي ببطيء	130	50	80	56	74	60	70	70	60	78	52
مشي وجلوس	150	53	97	58	92	64	86	76	74	84	66
عمل متوسط	160	55	105	60	100	68	92	80	80	90	70
عمل يدوي	220	55	165	52	158	70	150	85	135	100	120
حركة سريعة	250	62	188	70	180	78	172	94	156	110	140
المشي السريع	300	80	220	88	212	96	204	110	190	130	170
أعمال شاقة	430	132	298	138	292	144	286	154	276	170	262

الجدول 3.3: مقدار الكسب الحراري الكامن والمحسوس للأشخاص.

(المصدر: www.EngineeringToolBox.com/met-metabolic-rate-)

[50] **فارس موسى** ، (2005) .مرجع سابق.

تتأثر ظروف الراحة الحرارية بمستوى النشاط داخل المجال، ويعد معدل التفاعل الحيوي في الجسم مؤشرا لمستوى النشاط ، وبالنسبة للصلاة في المساجد يمكن أن نصنف صلاة الجمعة في خانة الجلوس مع عمل خفيف، أما صلاة التراويح فتصنف ضمن خانة الوقوف مع إضافة مقدار الطاقة اللازمة لهضم الطعام.

3.3 تقييم الراحة الحرارية :

Outils d'évaluation du confort thermique :

من أجل الوصول إلى تقييم الراحة الحرارية في التصميم المعماري، أجريت عدة دراسات وأبحاث، وارتكزت أوائل الدراسات على التحقيق مع المستخدمين من خلال استمارات تحوي أسئلة لتصنيف الإحساس بالحرارة (جد حار/ حار/ معتدل / بارد/ جد بارد) ، بالإضافة إلى انجاز تجارب مخبريه في شروط مناخية اصطناعية .[51] وأدت الدراسات لتطوير عدة مؤشرات لتقييم مستوى الراحة الحرارية داخل البناء، ولعل أشهرها الراحة الحرارية PMV و PPD.

1.3.3 (مؤشرات) Les Indices PMV et PPD

- انطلاقا من دراسات مخبرية وتحت ظروف ثابتة قام الباحث FANGER بتطوير مؤشري الراحة الحرارية :

Votes Moyen prévisible : PMV (مؤشر خاص بالإحساس بالحرارة لمجموعة أشخاص).

حيث قام الباحث بقياس الإحساس الحراري للجسم الإنساني من خلال استبيان آراء المستخدمين فأنشأ سلم الإحساس الحراري Echelle de sensation thermiqueوقيم السلم متغيرة بين-3 و+3 وفق ما يظهره الجدول (4.3).

وانطلاقا من الاستبيان questionnaires المستخدم لتقييم الراحة الحرارية قام الباحث بتصنيف (الأشخاص الغير راضين وهم الأشخاص المصنفين في +2 و-2 من السلم).[52]

---

[51] **Tixier.N ,** (2007) . « De la notion dr confort à la notion d'ambiance ».in revue du laboratoire cresson de l'école d'architecture de Grenoble et CNRS Ambiances architecturales et urbanes. France. SFT/ CSTB, Nantes.

[52] **Charles.K.E**,(2003) . «Fanger's thermal comfort and draught Models.Institutule for Research in construction » .National Research concil of canada.

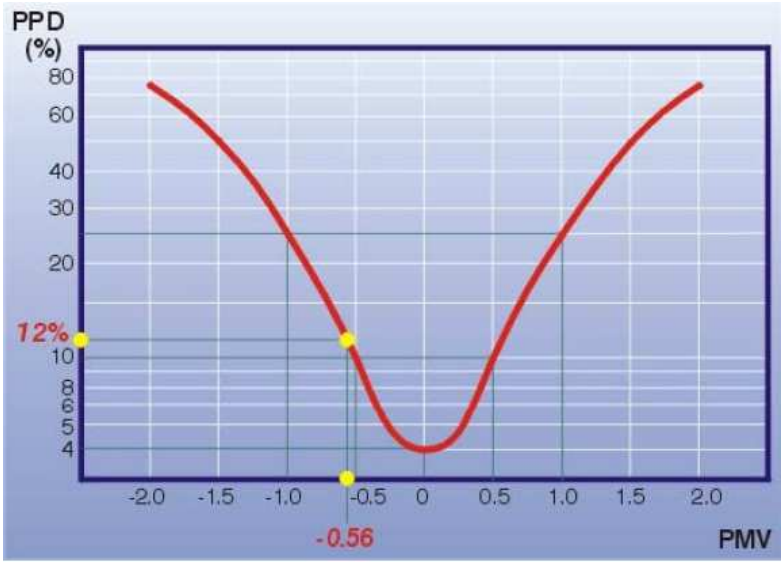
قيمPMV	3-	2-	1-	0	1+	2+	3+
الإحساس الحراري	بارد	منعش	منعش قليلا	معتدل	دافئ قليلا	دافئ	حار

الجدول 4.3: العلاقة بين قيم PMV والإحساس الحراري.
(المصدر: Charles.K.E.2003).

ثم قام الباحث بدمج مؤشر PPD الذي يعبر عن نسبة عدم الراحة.

Pourcentage prévisible D'insatisfaits : PPD (نسبة الأشخاص الغير مرتاحين)

نظرا للاختلافات الفسيولوجية فانه من غير الممكن توفير المحيط الحراري المثالي لكل الأشخاص في آن واحد ، لذلك لجأ الباحث إلى استخدام مؤشر PPD للتعبير عن نسبة الأشخاص حيث أنه كلما كانت هذه النسبة أقل كلما كان الوسط الحراري أكثر توفيرا للراحة.[53]
وتعتبر نقطة الاعتدال 0=PMV الأكثر توفيرا للراحة حيث توافق أقل نسبة للأشخاص الغير راضين لما PPD < 10 % نجد 0.5 > PMV > 0.5 - .وهو ما يظهره الشكل (4.3).



الشكل 4.3: الدمج بين مؤشر PMV et PPD .(المصدر: Institut Bruxellois.2007)

وقد تم انتقاد هذا النموذج باعتباره قد أهمل العوامل الذاتية كالتأقلم ونوعية اللباس.

[53] **I.B.G.E institus bruxellois pour la gestion de l'environnement**,(2007). (Op.cit).

2.3.3 الحرارة الفعالة la température Opérative (Top)

هي مؤشر للراحة الحرارية يجمع بين عاملين فيزيائيين وهما حرارة الهواء المحيط والحرارة المتوسطة الإشعاعية للأسطح وهي عبارة عن مؤشر لتقدير تأثير تيارات الحمل على الراحة الحرارية للمستخدمين، Effet Radiatif وكذلك تأثير الإشعاع Effets convectifs .

$$Top = \alpha\, Ta + (1-\alpha)\, Tmrt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (06)$$ [54]

حيث :

La température opérative = Top (الحرارة الفعلية).

La température d'air c° = Ta (حرارة الهواء).

La température moyenne radiante c°= T mrt (الحرارة المتوسطة الإشعاعية).

Coefficient en fonction de la vitesse d'air = α (معامل متغير بحسب سرعة الهواء).

ويظهر الجدول(5.3) قيم α بحسب سرعة الهواء.

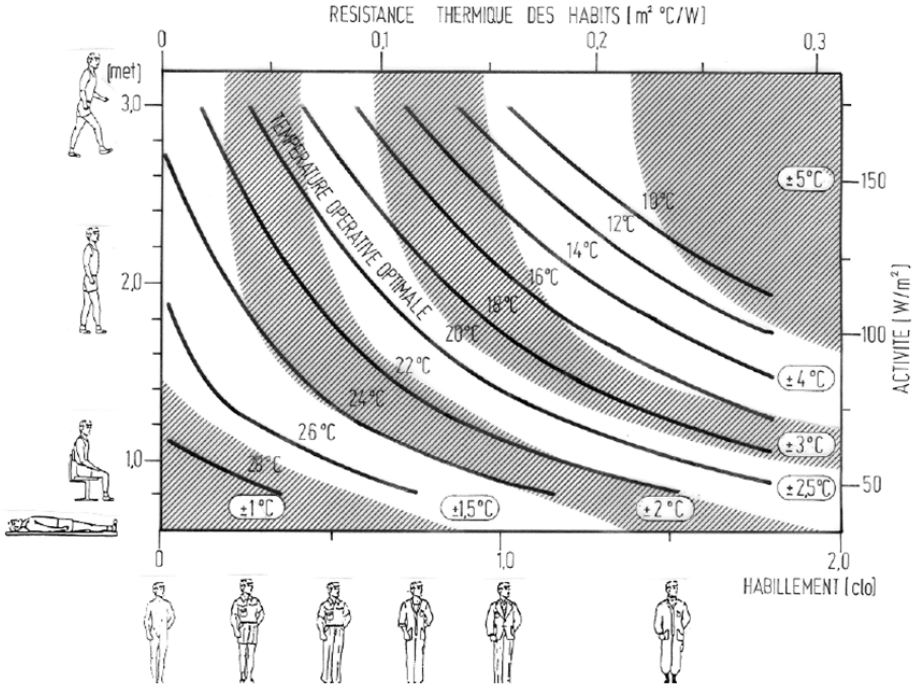
سرعة الهواء م/ثا	0.2-0	0.6-0.2	0.7-0.6
المعامل α	0.5	0.6	0.7

الجدول 5.3: قيم المعامل α بحسب تغير سرعة الهواء.
(المصدر: en Iso 7730).

وقد تم إنشاء شكل يضم منحنيات بيانية لتحديد منطقة الراحة الحرارية الخاصة بالحرارة الفعالة بحسب نوعية النشاط ونوعية اللباس وهو ما يظهره الشكل (5.3) .

فعلى سبيل المثال عند 1 Clo و1 met تكون قيمة الحرارة الفعالة المثالية في حوالي 23°م ومنطقة الراحة توافق المجال (21°م – 25°م).

[54] **Richieri.F**, (2008). « Développement et paramétrage de contrôleurs d'ambiance multicritères ». thèse de doctorat soutenue a l'institut National des Sciences Appliquées de lyon. p302.



الشكل 5.3: تغير قيم الحرارة الفعالة المثالية بحسب تغير النشاط ونوعية اللباس.
(المصدر : en: ISO 7730)

بالرغم من أن استخدام الحرارة الفعالة يراعي بالإضافة للعوامل الفيزيائية العوامل الذاتية المتمثلة في نوعية اللباس ونوعية النشاط ، إلا أنها أهملت عاملا ذاتيا مهما وهو التأقلم والذي يتغير بحسب نوعية الحرارة الخارجية .

3.3.3 نموذج الراحة الحرارية للتأقلم : Modèle de confort Adaptative

وهو نموذج طوره الباحث Humphrey ويرتكز على الحياد الحراري neutralité thermique لجسم الإنسان وهي درجة الحرارة التي يحس فيها بعدم الانزعاج .

وقد ارتكزت الأبحاث على أعمال مخبريه مدروسة حراريا في شروط مختلفة حيث كان بإمكان المستخدمين توظيف التهوية الطبيعية (فتح وغلق النوافذ) ، كما ارتكزت الدراسة على مبدأ التأقلم في نوعية اللباس بحسب الحرارة،في حين تم تحديد نوعية النشاط بحيث ينحصر مقدار ما يطرحه الجسم من 1.0 met الى 1.2 met .[55]

[55] **ASHRAE Standard 55,** (2004). « Thermal Environment Conditions for Human Occupancy ». American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta. USA.

وقد اقترح الباحث معادلة خطية من أجل حساب درجة الحرارة الحيادية (للراحة الحرارية) Tc وذلك حسب الحرارة المتوسطة الشهرية الخارجية Tm.

$Tc = 11.9 + 0.534\ Tm$ .....(7) [56]

حيث :

الحد الأعلى للراحة الحرارية $Tsup = Tc+2$

الحد الأدنى للراحة الحرارية $Tinf = Tc-2$

ومما يتميز به هذا النموذج أنه قد تطرق في دراساته إلى تأثير تغيير اللباس مع تغير الحرارة الخارجية من جهة، وكذلك تأثير عامل التأقلم على الإحساس بالراحة الحرارية، وذلك من خلال إدماج متوسط الحرارة الخارجية في المعادلة.

4.3.3 تقييم الراحة الحرارية باستخدام المنحنيات البيومناخية :

Outils Graphiques d'évaluation du confort thermique :

قام العديد من الباحثين بتطوير وسائل من أجل تطوير التصميم المعماري بما يتماشى مع توفير الراحة الحرارية للمستخدم وذلك بالدمج بين تقييم الراحة من جهة واقتراح حلول للتصحيح الحراري من جهة ثانية، وذلك من خلال ما يعرف بالمنحنيات البيانية البيومناخية.

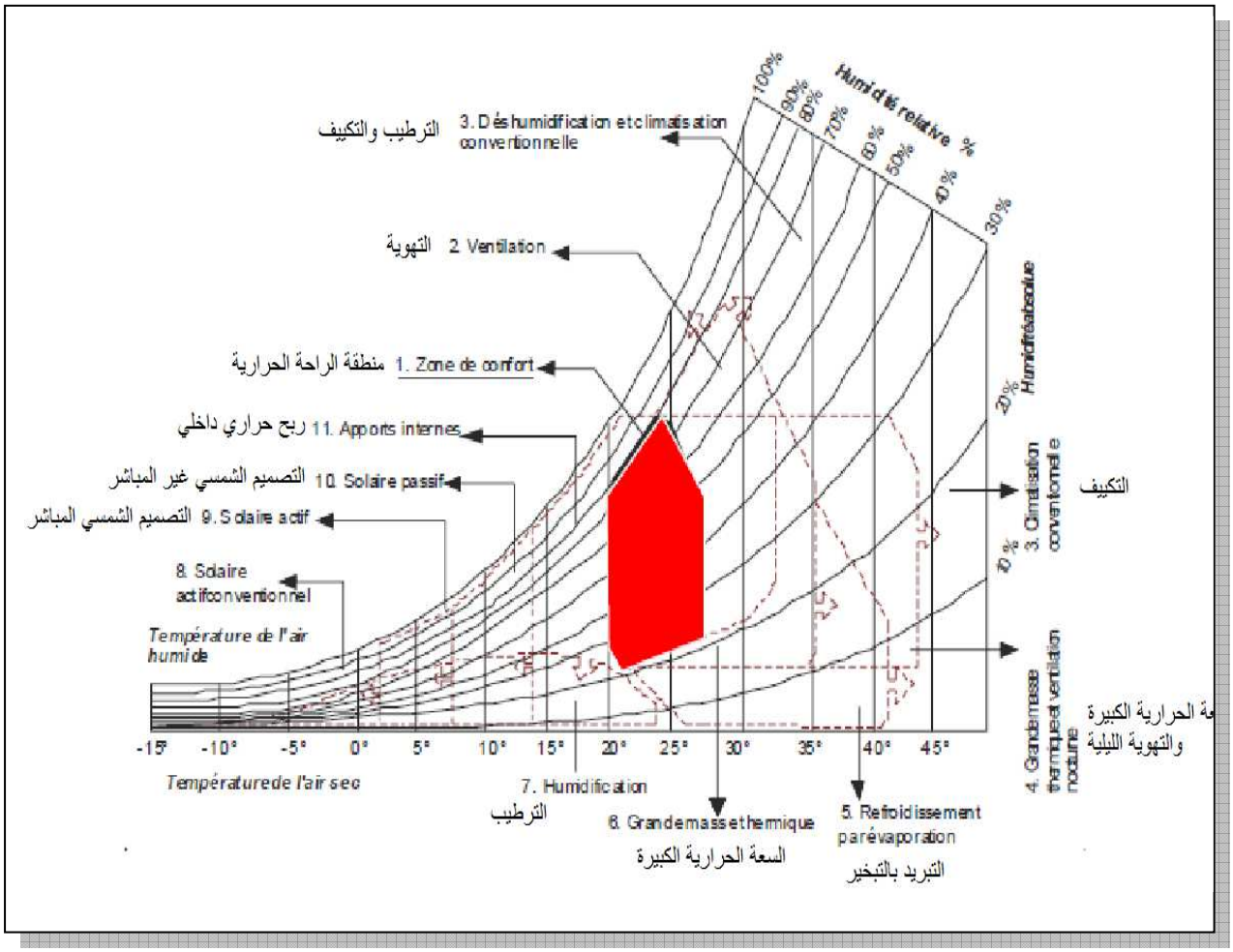
حيث قام V.Olgyay بانشاء أول مخطط بيومناخي عام 1953م . واستخدم لتقييم الراحة الحرارية في المناطق الحارة والجافة ، ثم قام B.Givoni عام 1978م ، بإنشاء بيان بيومناخي، لتقييم الراحة الحرارية الداخلية مستندا في ذلك على دراسات تطبيقية و قام بتحديد مجالات حرارية على المنحنى البياني. [57]

وقد قام B.Givoni بتحديد الراحة الحرارية للفرد وهو في حالة نشاط وقلل من تأثيرالظروف المناخية الخارجية على الراحة الحرارية ، باقتراح إجراءات وتقنيات معمارية للحفاظ على الوسط الحراري المريح .[58] وهو ما نلاحظه في الشكل (6.3).

[56] **ASHRAE Standard 55**, (2004). « Op.cit ».

[57] **Izard.J-L.Kaçala.O,** (2008). « Le diagramme bioclimatique ». Envirobat-Méditerranée.laboratoire abc.Esna Marseille.

[58] **Izard.J-L.Kaçala.O,** « Op.cit ». Marseille.2008.



الشكل 6.3 : المنحنى البياني البيوميناخي Givoni.

(المصدر: Izard.J-L.Kaçala.O 2008)

المنحنيات البيومناخية التي سبقت 1980م، تم انتقادها من قبل الباحث Szokolay بسبب الاختلاف بين نتائج الراحة الحرارية المقاسة وما يحسه المستخدمون، فقام بتطوير منحنى بياني بيومناخي جديد عرف باسم الباحث Szokolay .أنظر الملحق (أ).

5.3.3 جداول : Les tables de Mahoney

Mahoney .c طور طريقة لمعالجة المعطيات المناخية بشكل مبسط في شكل جداول متسلسلة ، وهي مجموعة من الجداول تستخدم كدليل معماري للحصول على بناء مريح ومتأقلم مع الظروف المناخية، وهي متكونة من تتابع 6 جداول :[59]

أربع منها تستخدم لإدخال المعطيات المناخية :

1- الحرارة : المتوسط الشهري للحرارة القصوى والدنيا.

2- الرطوبة ،التساقط والرياح.

3- مقارنة حدود الراحة والمناخ.

4- مؤشرات : بدمج معطيات الجداول السابقة وتصنيف الرطوبة والجفاف لكل شهر.

الجدولين الخامس والسادس :

يحددان التوجيهات المعمارية الواجب احترامها بما في ذلك الشكل والتوجيه والتموقع والأبعاد والفتحات (أنظر الملحق أ). حيث تعمل هذه الطريقة على تسهيل اتخاذ أحسن القرارات في مرحلة التصميم الأولي.

[59] **Ould-Hennia.A**, (2003). « Choix climatique et construction .zones arides et semi-arides :la maison à cour de Boussaâda ».Thèse de doctorat. Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne. Suisse.p180.

الخلاصة :

المناخ الحراري يعرف بعناصره الأربعة وهي درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية والإشعاع وسرعة الهواء، وتتوقف الراحة الحرارية للإنسان على مدى تأقلمه مع التفاعل الكلي لهذه العناصر.

إن أحد المتطلبات الأساسية هي المحافظة على التوازن الحراري بين جسم الإنسان ووسطه الحراري، ويعتمد هذا التوازن على عوامل متعددة (عوامل بيئية وعوامل ذاتية) ، فالإحساس بالراحة الحرارية هو ظاهرة فيزيائية تخضع في إحدى أجزائها إلى العوامل الفردية للشخص.

من أجل الوصول إلى تقييم الراحة الحرارية في المجال المعماري أجريت عدة دراسات وأبحاث،أدت إلى تطوير عدة مؤشرات لتقييم مستوى الراحة الحرارية داخل البناء، ويمكن الإشارة هنا إلى مؤشرات PMV و PPD ، وهي مؤشرات أهملت في دراستها العوامل الذاتية مثل اللباس والتأقلم ، وكذلك الأمر بالنسبة لمؤشر الحرارة الفعالة temperature operative حيث أهمل بدوره عامل التأقلم.

ويعتبر نموذج الراحة الحرارية للتأقلم Modèle de confort Adaptative وهو نموذج طوره الباحث Humphrey ويرتكز على الحياد الحراري neutralité thermique لتحديد مجال الراحة الحرارية ، أحد أنسب الطرق الفعالة لتقييم الراحة الحرارية ، خصوصا لموضوع بحثنا لكونه قد تطرق في دراساته إلى تأثير تغيير اللباس مع تغير الحرارة الخارجية من جهة، كما أنه أجرى أبحاثه على عينات في حالة نشاط مشابه للنشاط الممارس أثناء صلاة الجمعة، وتطرق كذلك إلى تأثير عامل التأقلم على الإحساس بالراحة الحرارية، وذلك من خلال إدماج متوسط الحرارة الخارجية في المعادلة .

ومن أجل توفير الراحة الحرارية لجأ سكان المناطق الحارة إلى توظيف التهوية الطبيعية لأغراض التبريد الطبيعي، وسنتطرق في الفصل القادم إلى أهم المفاهيم والأبحاث في مجال التهوية والتبريد الطبيعي.

الفصل الرابع :

التهوية والتبريد الطبيعي

المقدمة :

التهوية الطبيعية للمباني هو المصطلح الذي يقصد به عملية تغيير الهواء الداخلي بهواء نقي من الخارج بواسطة الوسائل الطبيعية فقط ، ويعتبر توفير المعدل الأدنى من التهوية الطبيعية داخل المباني من العناصر الضرورية لحياة الإنسان من أجل راحته وصحته وحيويته.

أهمية التهوية الطبيعية في المناخ الحار تكمن في أثرها الفعال في تخفيف الإجهاد الحراري على الإنسان وتساعد أيضا على التخلص من ثاني أكسيد الكربون، والروائح والشوائب الضارة بالصحة، وتعتبر التهوية الطبيعية ضرورية من أجل تخفيض درجة حرارة الحوائط والأسقف والأرضيات ، بالاستفادة من ظاهرة انتقال الحرارة بواسطة تيارات الحمل (Convection).[1]

1.4 حركة الهواء داخل المبنى: Mouvement de l'air à l'intérieur du bâtiment

حركة الهواء داخل البناء ناتجة عن وجود فرق في الضغط.هذا الفرق في الضغط هو نتيجة لإحدى الظاهرتين :

1.1.4 تأثير الرياح (قوة الرياح) : Effet du vent

عند هبوب الرياح في اتجاه بناء، تنشأ مناطق ضغط مرتفع ومناطق ضغط منخفض على مستوى الواجهات وكذلك داخل المبنى.

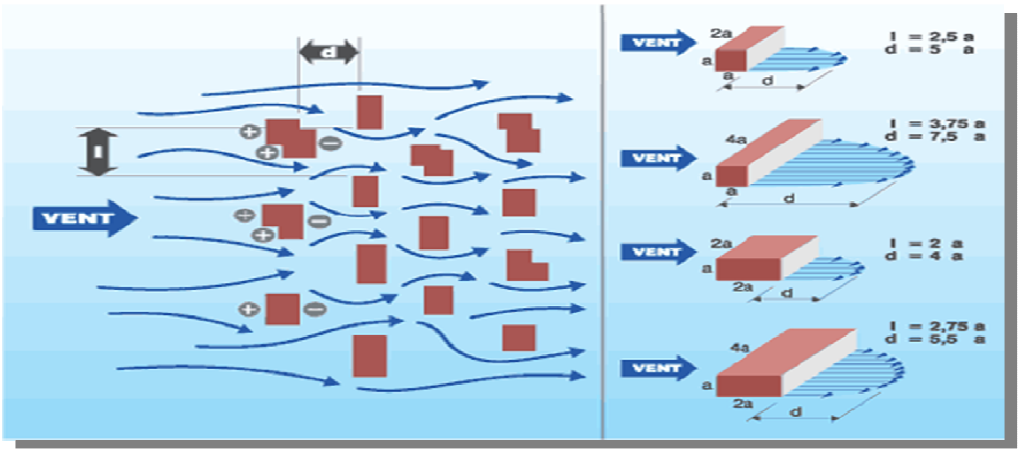
الرياح تسبب زيادة الضغط في الجانب المواجه للريح وانخفاض الضغط على الجانب الأخر من المباني، و ليتعادل هذا الضغط سوف يدخل الهواء الخارجي، من أي فتحات مواجهة لمهب الريح، ويخرج من فتحات غير مواجه للريح. [2] من أجل ضمان تهوية طبيعية أفضل لابد للمعماري من دراسة حركة الرياح المحلية.

مما يؤثر في حركة الهواء بموقع ما،علاقة كتل المباني مع بعضها وكذلك وضع النباتات والأشجار بالنسبة لتلك الكتل. فمثلا بالنسبة للمباني الموضوعة بطريقة منتظمة تكون مناطق السكون خلف المباني معرضة للالتحام وبالتالي منع حركة الهواء بالنسبة لصفوف المباني الخلفية إذا لم

[1] **سعيد عبد الرحيم** ، (1999). « العناصر المناخية والتصميم المعماري » دار النشر العلمي والمطابع.جامعة الملك سعود.المملكة العربية السعودية.ص39.

[2] **Faghih. A. K & M. N. Bahadori** ,(2009). « Experimental investigation of air flow over domed roofs ». Iranian Journal of Science & Technology. Transaction B, Engineering. Vol. 33, No. B3 .Printed in The Islamic Republic of Iran. pp 207-216.

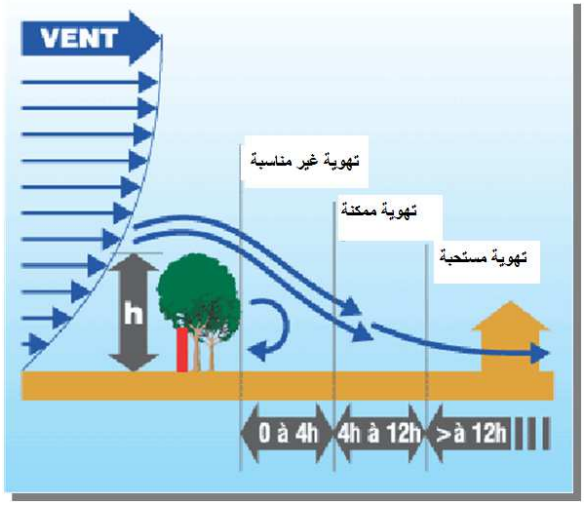
تترك بينها مسافة كافية. ويؤثر شكل المبنى وكتلته وموضعه بالنسبة لاتجاه الريح في شكل انسياب الهواء من حوله .ويظهر ذلك في الشكل (1.4).



الشكل 1.4: المسافات الواجب احترامها للسماح بالتهوية الطبيعية لمجموعة بنايات خاضعة للرياح.
(المصدر: Liébard.A et Herde.A.2004)

وتحقق المباني المرصوفة بطريقة تبادلية انتظاما أكبر في حركة الهواء وتقلل من مناطق السكون، أما المباني المرصوصة بطريقة مائلة فهي تحقق نفس النتائج الايجابية.[3]

كما يمكن التحكم في اتجاه وسرعة حركة الهواء من خلال الدراسة المناسبة لوضع الأشجار والنباتات بالقرب من المباني.وهو ما يظهره الشكل (2.4).



الشكل 2.4: إمكانية التهوية الطبيعية لمبنى وفقا لموضعه من حاجز.
(المصدر: Liébard.A et Herde.A.2004)

[3] **Liébard.A et de Herde.A,**(2004). « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ».Ed le Moniteur .paris .p315.

2.1.4 حركة الهواء داخل المبنى نتيجة لقوة الدفع الحراري : Tirage thermique

يؤدي الاختلاف في درجة حرارة الهواء الداخلي ودرجة حرارة الهواء الخارجي إلى التباين في كثافة الهواء وبالتالي إلى الاختلاف في الضغط الجوي .

ومن أجل الاستفادة من هذه الخاصية الفيزيائية للهواء لابد من دراسة الموضع الرأسي للفتحات فإذا كانت درجة حرارة الهواء الداخلي أعلى من درجة حرارة الهواء الخارجي فان كثافة الهواء الداخلي تكون أقل من كثافة الهواء الخارجي.[4] و يكون تدرج الضغط الرأسي للهواء الداخلي أقل من تدرج الضغط الرأسي للهواء الخارجي، ما يعني أن وجود نافذة واحدة غير كاف لحركة الهواء بشكل مناسب، نظرا لنشأة ضغط عال في الفراغ الداخلي الذي يقع فوق مستوى النافذة، بينما ينشأ ضغط هوائي منخفض في الفراغ الذي يقع تحت مستوى النافذة.

أما في حالة وجود نافذتين على ارتفاعين ، فان الضغط الهوائي العالي يتكون في المناطق العالية بالقرب من النافذة العليا مما يؤدي إلى خروج الهواء عبر النافذة وبالتالي ينشأ انخفاض في معدلات الضغط الهوائي في المناطق المنخفضة أي بالقرب من النافذة السفلى وهو ما يسمح بدخول الهواء الخارجي عبر النافذة السفلى. وتأخذ حركة الهواء مسارا معاكسا عندما تكون درجة حرارة الهواء الداخلي أقل من درجة حرارة الهواء الخارجي. [5]

يمكن حساب الفرق بين ضغط الهواء الخارجي وضغط الهواء الداخلي بالمعادلة التالية :[6]

$$\Delta p = h \times \Delta t / 8.5 \times K \ (cmH2o) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (08)$$

Δp=الفرق بين ضغط الهواء الخارجي وضغط الهواء الداخلي (مليبار).

h=المسافة الرأسية بين النافذتين (متر).

Δt=الفرق في درجة الحرارة بين الهواء الخارجي والهواء الداخلي (°م).

K = متوسط درجة الحرارة المطلقة (درجة كلفن) حيث (درجة كلفن = درجة مئوية + 273).

---

[4] **Tommy Kleiven,** (2003), « Natural Ventilation in Buildings -*Architectural concepts, consequences and possibilities* » . Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doktor Ingeniør . URN:NBN:no-7242..p08.

[5] **سعيد عبد الرحيم ،** (1999). « مرجع سابق » ص.42.

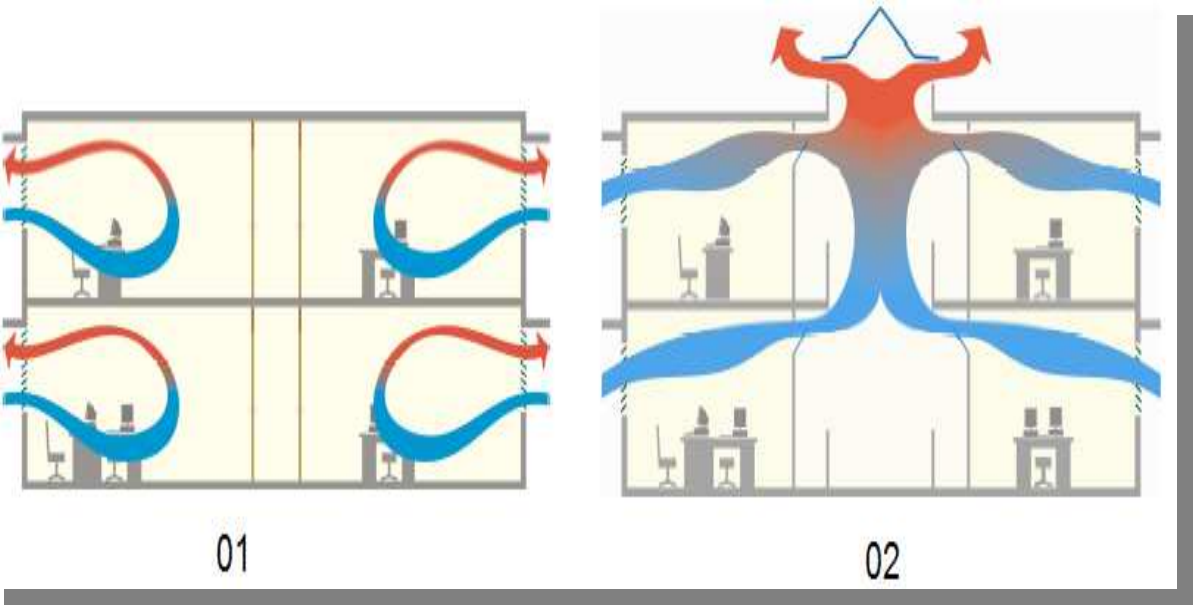
[6] **B.Givoni,**(1978). « l'homme ;l'architecture et le climat ».

2.4 التبريد بواسطة التهوية الطبيعية :

Le refroidissement par ventilation naturelle

من أهم فوائد التهوية الطبيعية التخلص من الإجهاد الحراري داخل المبنى. وللتحكم في التهوية الطبيعية لابد من دراسة مداخل ومخارج البناء (الفتحات) وذلك من خلال فهم خصائص و آلية حركة الهواء داخل المبنى للوصول إلى بناء مريح دون استنزاف للطاقة.[7]

في المناطق الحارة والجافة يفضل استخدام الهياكل الثقيلة للمباني ، حيث يستفاد من ظاهرة وجود الاختلافات الكبيرة في درجات الحرارة اليومية للفترة الحارة (تزيد عن 10 درجات مئوية بين الليل والنهار) في تبريد هيكل المبنى الثقيل.[8] فعند فتح شبابيك المبنى يسحب الهواء البارد الخارجي ليلاً من الفتحات السفلى للمبنى بينما يخرُج الهواء الداخلي الأكثر سخونة من الفتحات العلوية،كما يوضح الشكل (3.4).



الشكل 3.4: التهوية الليلية : (01) تهوية من واجهة واحدة، (02) تهوية رأسية.
(المصدر: Liébard.A et Herde.A.2004)

[7] **carrié.R and al,** (2006) . « Perméabilité de l'enveloppe des batiments-Généralités et sensibilisation. » CETE de lyon, Rapport n°06-95 Octobre.

[8] **I.B.G.E institus bruxellois pour la gestion de l'environnement**,(2007) .guide pratique pour la construction et la Renovation durable de petits batiments.

أما في النهار فيفضل غلق الفتحات لتقليل التهوية عندما تزداد درجة حرارة الهواء الخارجي إلى فوق مستويات الراحة الحرارية، ويمكن حساب معدل انسياب الهواء عبر النافذة بواسطة المعادلة التالية : [9]

$$V=7\times A(h\times \Delta t)^{0.5} \quad \text{.....(09)}$$

V= معدل انسياب الهواء (م/د).

A= المساحة الفعلية للنافذة (متر مربع).

h= المسافة بين الفتحتين (متر).

Δt= الفرق بين درجة حرارة الهواء الداخلي والخارجي (درجة مئوية).

1.2.4 زيادة فعالية تبريد الهواء : Refroidissement de l'air

تبادل الهواء الداخلي الساخن مع الهواء الخارجي البارد هو مصدر واضح للتبريد في الصيف، في مناخات كثيرة ، ومع ذلك، درجة حرارة الهواء الخارجي يمكن في كثير من الأحيان أن تكون قريبة أو أعلى بقليل من درجة الحرارة في الأماكن المغلقة ،وفي هذه الحالة أيضا يمكن الاستفادة من حركة الهواء في دعم الراحة الحرارية من خلال زيادة معدلات تعرق الجسم.

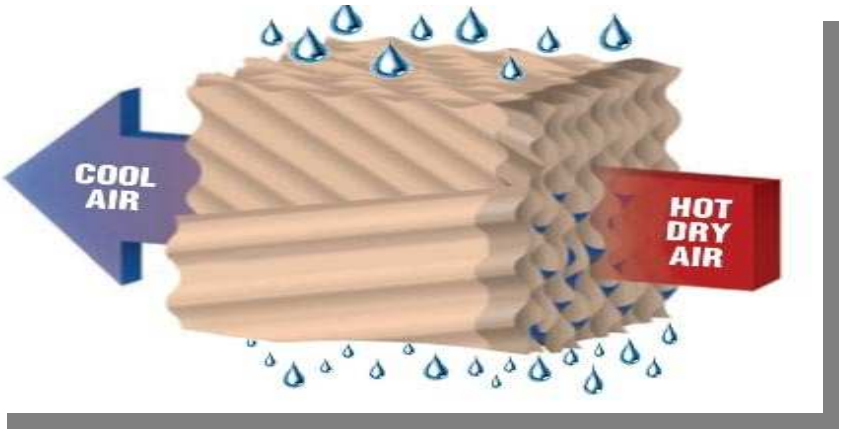
أما في حالة المناخات الحارة جدا أو في بعض الفصول فمن الضروري منع أي دخول للهواء الخارجي في فترة النهار، أو تعديل حرارته قبل إدخاله، و هناك عدة طرق لزيادة فعالية التبريد والتهوية الطبيعية للهواء قبل أن يدخل إلى المبنى مثل:

1.1.2.4 التبريد بالتبخر : Refroidissement par évaporation

قبل أن يتبخر الماء هناك فترة تمتص فيها الطاقة بدون زيادة في درجة الحرارة،هذه الطاقة تستخدم لتغيير الماء من سائل إلى غاز ، وتعرف بالحرارة الكامنة للتبخر، هذه الطاقة المستمدة من البيئة، مثل الهواء الحار عندما يمر فوق أحد أحواض المياه أو من خلال أوراق شجرة، ذلك له أثر في انخفاض درجة حرارة الهواء، مما يوفر تأثير التبريد.[10]

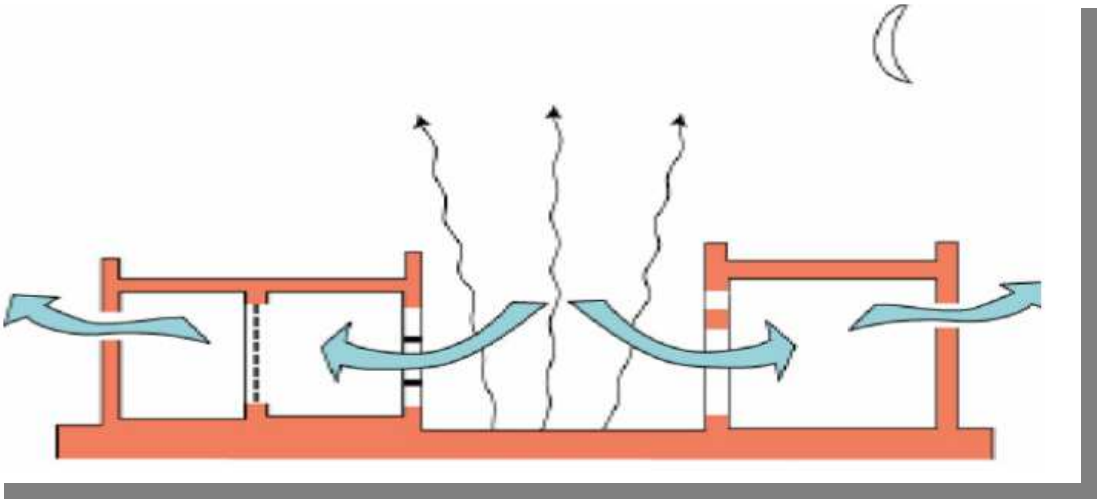
[9] **سعيد عبد الرحيم**، (1994م).مرجع سابق ص178.

[10] **Bouchahm Y.Bourbia F.Belhamri A**, (2011). « performance analysis and improvement of the use of wind tower in hot dry climate.Revew energy.



الشكل 4.4: صورة توضيحية للتبريد بالتبخر.
(المصدر: Naghman Khan.2008)

العديد من المباني في البلدان الحارة مصممة حول فناء مركزي، مع نافورة صغيرة في المنتصف. تبخر الماء يبرد الهواء من حولها بشكل مباشر، بحيث يصبح الهواء أثقل وينتقل إلى المساحات المحيطة بها.[11] ويظهر ذلك في الشكل (5.4).



الشكل 5.4: مبدأ عمل الفناء المزود بمسطح مائي في تبريد الهواء.
(المصدر: Naghman Khan.2008).

[11] **Naghman Khan.Yuehong Su.Saffa B.Riffat**, (2008) . « A review on wind driven ventilation techniques ». Energy and buildings.Elsevier .P1587.

2.1.2.4 استخدام السعة الحرارية للأرض: Puits canadien / provençal

هو نظام يستخدم الطاقة الحرارية السطحية للأرض Géothermique حيث أن من الخصائص الحرارية لسطح الأرض اختلاف درجة حرارتها عن حرارة الهواء الملامس لها ويزداد هذا التباين كلما تعمقنا أكثر، وقد أشارت بعض الدراسات إلى أن درجة الحرارة على عمق 3 أمتار تقريبا يتراوح بين 5° و15° بحسب الفصول ونوعية التربة في حين أن درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض قد يتجاوز 40°.[12]

يستخدم هذا النظام من أجل تبريد (أو تسخين) الهواء الخارجي قبل دخول البناء وذلك بمروره عبر أنابيب تحت الأرض، بحيث يفقد الهواء بعضا من الحرارة في الأسطح التي يمر بها، ويسمى في حالة استخدامه للتبريد 'بئر بروفنسال'.

ملاحظة :

يجب التنبيه هنا إلى ضرورة دراسة تركيبة التربة أولا للتأكد من عدم احتوائها على غاز Radon وهو غاز مشع موجود بشكل طبيعي في التربة نتيجة لتحول بعض العناصر مثل Uranium 238 وRadium 226 ويعد هذا الغاز خطرا في حالة استنشاقه ومسببا لمرض السرطان ، ويكمن الخطر هنا في إمكانية نفاذه عبر القنوات من خلال الشقوق.[13]

2.2.4 زيادة التدفق الطبيعي للهواء : Augmenter le flux d'air naturel

من أجل الاستفادة القصوى من التهوية الطبيعية وجب على المعماري توظيف مداركه الخاصة بآلية حركة الهواء وتوظيفها من أجل إيجاد حلول طبيعية تدعم حركة الهواء داخل المبنى وسنذكر منها (التحكم في توزيع الفتحات و التهوية الرأسية واستخدام ملقف الهواء).

1.2.2.4 دراسة الفتحات : étude d'ouvertures

بعد دراسة حركة الهواء ومناطق الضغط المرتفع ومناطق الضغط المنخفض يصل المعماري إلى مرحلة التحكم في مناطق الضغط لدعم التهوية من خلال دراسة الفتحات (موضعا ومساحة) ، وقد أجريت العديد من الدراسات لمعرفة أحسن موضع وتوجيه للفتحات بالنسبة لاتجاه الرياح وتم تقسيمها إلى الموضع الأفقي والموضع الرأسي.[14]

---

[12] **Boustani F.Sustainable,** (2009). Water utilisation in arid region of iran by Qanats.int J Human Soc Sci .

[13] **I.B.G.E institus bruxellois pour la gestion de l'environnement ,** (2007). « Op.cit ». Février.

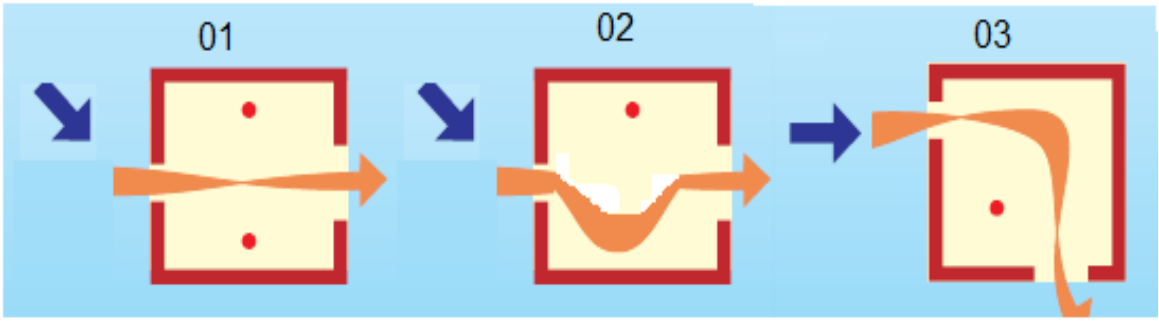
[14] **B.Givoni** (1978).OP.cit .P 313.

1.1.2.2.4 الموضع الأفقي : position horizontale

لإبراز حالات التهوية الملائمة والغير ملائمة قمنا بالاستعانة بالشكل (6.4) وذلك وفق ثلاث حالات : عند وجود فتحتين في جدارين متقابلين كما هو موضح في (الحالة 01) واتجاه الريح عمودي على إحداهما (فتحة المدخل) ، يتكون تيار هوائي سريع وفي خط مستقيم وهو ما يسبب نوعا من الإزعاج إضافة إلى عدم تجانس التهوية داخل المجال.

أما في حالة الرياح المائلة على فتحة المدخل المقابلة لفتحة المخرج كما توضحه (الحالة 02) فان حجم الهواء يتحرك في معظم أركانها وبالتالي تتحقق تهوية أكثر تجانسا.

ومن ناحية أخرى فقد أثبتت التجارب أن أحسن موضع لفتحة المخرج يكون في الجدار المجاور لفتحة المدخل كما يظهر في (الحالة 03) حيث تكون معدلات التهوية جيدة.[15]



الشكل 6.4: وضع الفتحات بالنسبة لاتجاه الريح. (المصدر: Liébard.A et Herde.A.2004)

2.1.2.2.4 الموضع الرأسي : position verticale

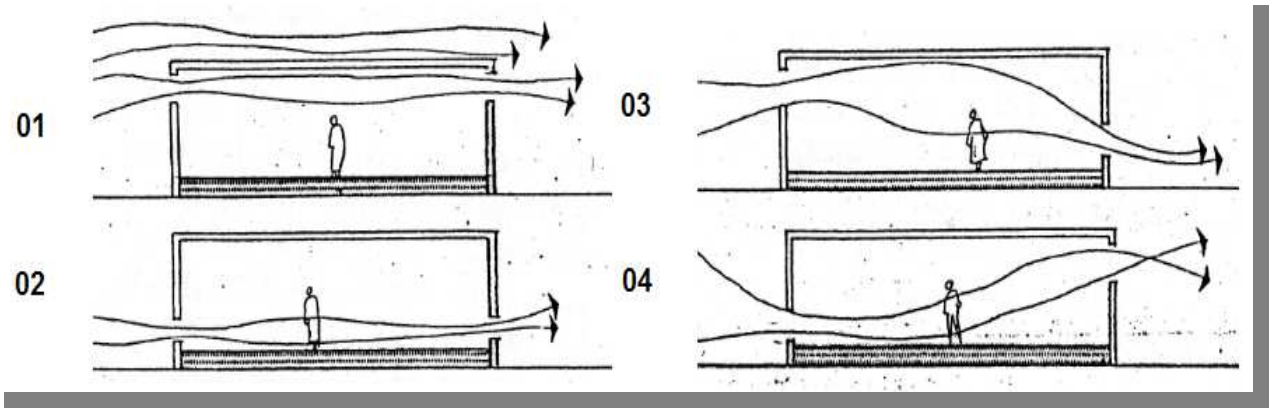
مما لا شك فيه أن تحديد الموضع الرأسي للفتحات له دور مهم جدا في التحكم بالهواء الداخل والخارج من المبنى وتوزيعه الرأسي داخل الفراغ نظرا لارتباطه بالتدرج الرأسي للضغط الجوي (Stratification thermique) [16] ويظهر تأثيرها كما يظهر في الشكل (7.4):

---

[15] **Liébard.A et de Herde.A** « OP.cit » .2004.p296.
[16] **Liébard.A et de Herde.A** « OP.cit » .2004.p296.

- الحالة 01 : ارتفاع فتحتي الدخول والخروج أعلى من مستوى المستخدم يؤدي هذا إلى ركود في حركة الهواء على مستوى جسم الإنسان وبالتالي تهوية غير مناسبة.
- الحالة 02 : وجود الفتحتين على نفس ارتفاع المستخدم يستفيد المستخدم من تهوية مناسبة.
- الحالة 03 : عندما تكون فتحة المدخل مرتفعة وفتحة المخرج منخفضة تكون التهوية سيئة.
- الحالة 04 : فتحة المدخل منخفضة وفتحة المخرج مرتفعة يستفيد المستخدم من تهوية مناسبة.

كما يمكن التحكم في اتجاه الهواء يمينا وشمالا أو إلى أعلى والى أسفل باستخدام الحواجز(المظلات) العمودية أو الأفقية.[17] كما تساعد المشربيات والستائر وما شابه ذلك على تشتيت تيار الهواء الداخل وتنشره بصورة أكثر تجانسا.



الشكل 7.4: وضع الفتحات الرأسي لاتجاه الريح. (المصدر: Liébard.A et Herde.A.2004)

3.1.2.2.4 مساحة النافذة : Surface de fenêtre

للوصول إلى فهم تأثير مساحة الفتحات على دخول وخروج الهواء أجريت العديد من التجارب العملية، وسنتطرق هنا إلى التجارب الخاصة بدراسة العلاقة بين مساحة فتحة المدخل مقارنة بفتحة المخرج وقد أجريت هذه التجارب وفق مجموعتين ، المجموعة الأولى أجريت على نموذج له فتحة واحدة وفي كل مرة يتم تغيير مساحة النافذة وإخضاعها لاتجاه عمودي للرياح واتجاه مائل وآخر عمودي على الواجهة الخلفية والنتائج مسجلة في الجدول (1.4).

وأوضحت النتائج أن سرعة الهواء تزداد كلما زادت مساحة النافذة.[18]

[17] **Melaragno.M.G**, (1982). « wind in Architectural and Environmental Design ».New York Van Nostrand Reinhold Company.p323.

[18] **B.Givoni,** (1978). « OP.cit » .P 305.

أما المجموعة الثانية من التجارب فأجريت على نموذج به نافذتان في الواجهتين المتقابلتين لتوفير التهوية الأفقية مع التغيير في كل حالة في مساحة مدخل ومخرج الهواء ، و أوضحت النتائج أنه كلما كانت فتحة الخروج أكبر من فتحة الدخول كلما زادت سرعة الهواء.[18]

اتجاه الرياح	نسبة عرض النافذة		
	3/1	3/2	3/3
عمودي على النافذة	%13	%13	%16
مائل في مواجهة النافذة	%12	%15	%23
عمودي على الواجهة الخلفية للنافذة	%14	%17	%17

الجدول 1.4: تأثير زيادة مساحة النافذة على سرعة الهواء. (المصدر: B.Givoni.1978)

2.2.2.4 استخدام القباب في التهوية الرأسية :

Utilisation de la coupole dans la ventilation verticale

في المناطق الحارة والجافة تعتبر السقوف ذات السطح المقبب مفضلة عن الأسطح المستوية وذلك لقدرتها الكبيرة في التخلص من الإجهاد الحراري داخل المباني،وقد أظهرت عدة دراسات أن كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها القبة مساوية تقريبا لما يتلقاه سطح مستو بنفس مساحة مسقط القبة.[19] مع العلم أن القبة تسمح بالاستفادة من حجم إضافي للمبنى وهو حجمها، وهو ما يعني أن القبة أكثر ملائمة للتخلص من الإجهاد الحراري داخل المبنى.

باعتبار أن شكل القبة يسمح بتوفير حجم أكبر لحمل الهواء الساخن إلى أعلى تتولد منطقة ضغط منخفض في أعلاها تعمل على إخراج الهواء الساخن عبر نوافذها ليحل محله هواء أقل حرارة من النوافذ أو أي مصدر للهواء البارد.[20]

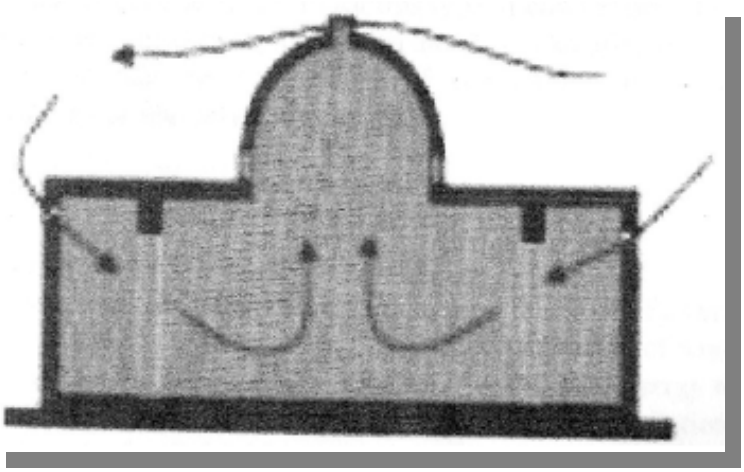
---

[18] **B.Givoni,** (1978). « OP.cit » .

[19] **Serpoushan, S. & Yaghoubi, M**,(2001). « Solar energy calculation on 3D surfaces ». *Iran Energy Journal*, No.13.2002

[20] **Soflaee F, Shokouhian M**,(2005). « Natural cooling systems in sustainable traditional architecture of Iran international conference ‘‘passive and low energy cooling for the built environment », Greece, p. 715–9.

كما تعمل الرياح على تبريد السطح الخارجي للقبة،وهو ما يدعم انتقال الحرارة من الداخل إلى الخارج بواسطة التوصيل،وتعتبر الدراسة الملائمة لمواضع مخارج الهواء مهمة من أجل الاستفادة من قوة الرياح في توزيع مناطق الضغط بحيث تدعم آلية التهوية الرأسية،وهو ما سنتطرق إليه في هذا الفصل.



الشكل 8.4: رسم توضيحي لآلية التهوية باستخدام القبة.

(المصدر: M.B.Gadi 2000)

3.2.2.4 المدخنة الحرارية : Cheminée thermique

وهي عبارة عن أبراج ترتفع فوق مستوى سطح المبنى.ويختلف سلوكها الحراري خلال مختلف أوقات اليوم، وهي ترتكز في عملها على القدرة العالية في اختزان الحرارة داخل بدنها العمودي والذي يمتاز بسعة حرارية كبيرة لمواد بنائه.[21] ويتنوع سلوكها الحراري كما هو ظاهر في الشكل (9.4) : [22]

- الحالة 01: مع بداية النهار يسحب الهواء الخارجي البارد والأثقل وزنا من الهواء الداخلي الساخن إلى داخل المبنى.

- الحالة 02: أثناء النهار تحافظ الحوائط الداخلية للمدخنة على برودتها فيبرد الهواء الخارجي الساخن عند ملامستها مما يثقله ويسحبه نحو الداخل.

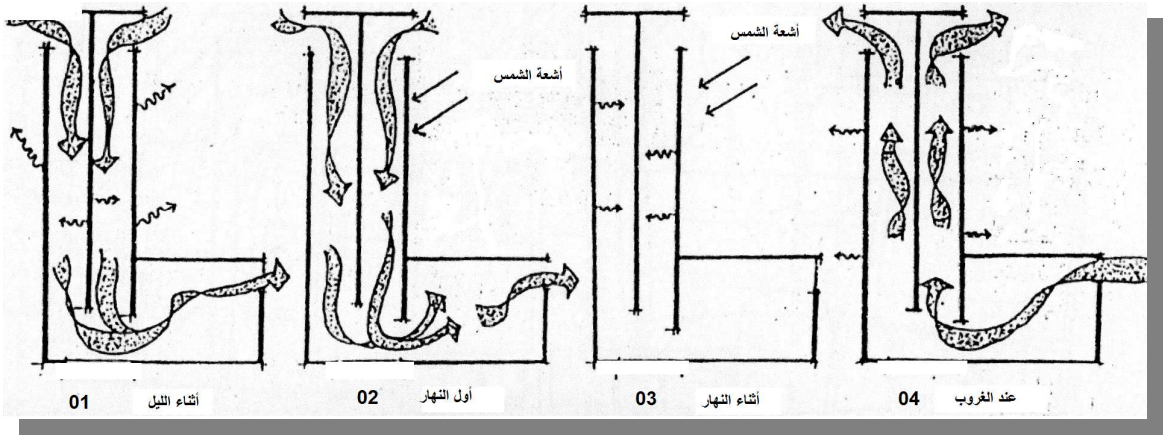
---

[21] **Arce J.jiménez MJ.Guzman JD.Heras MR.Alvarez G.Xaman J.et al,**(2009). « Experimental study for natural ventilation on a solar chimeney ».Revew Energy 2009.29.2928-34nergy.29.2928-34.

[22] **M. Mahmoudi**, (2005). «Wind Tower as a Natural Cooling System in Iranian Architecture ». Proceeding of Passive and Low Energy Cooling in Buildings Conference, Greece, pp 11-12.

- الحالة 03: عند الغروب تبدأ الحوائط الداخلية للبرج في فقدان الحرارة المكتسبة باتجاه تجويف البرج وهو ما يعمل على تسخين الهواء الخارجي البارد الملامس لها فيخف وزنه ويرتفع ليحل محله الهواء الداخلي، مما يعزز دخول الهواء البارد من النوافذ السفلى أو أي مصدر آخر للهواء البارد وتسمى العملية هنا بعملية شفط الهواء الساخن من داخل المبنى.

- الحالة 04: أثناء الليل وبعد أن تفقد الحوائط الداخلية للبرج كامل حرارتها يبدأ الهواء الخارجي البارد بالهبوط متأثرا ببرودة الحوائط الداخلية التي تزيد في برودته وبالتالي ثقل وزنه.



الشكل 9.4: السلوك الحراري لبرج يعمل بالخواص الحرارية لمادة الإنشاء.

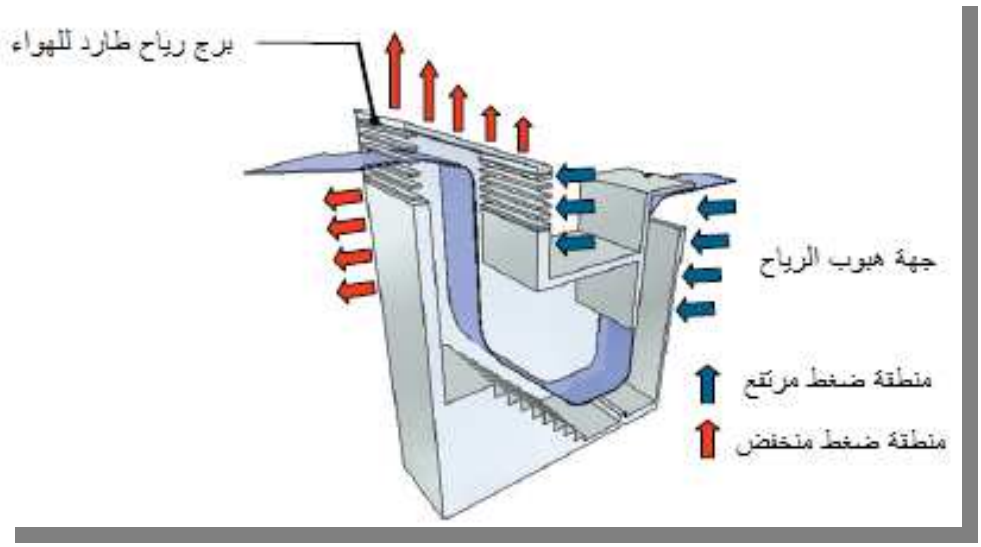
(المصدر: M.Mahmoudi.2007)

4.2.2.4 برج الرياح الطارد للهواء : Tour a vents extrudeuse d'air

هذا النوع من الأبراج يؤدي نفس الدور الذي تؤديه المدخنة الحرارية في شفط الهواء الداخلي الساخن نحو الخارج، إلا أن مبدأ العمل هنا يرتكز على تأثير قوة الرياح لدعم هذه العملية ،حيث توجه فتحة البرج العلوية في اتجاه معاكس للرياح .

وفي حالة تعدد الفتحات يغلق ما هو مواجه لجهة هبوب الرياح، بحيث أن اصطدام الرياح بالبرج يولد منطقة ضغط منخفض في الجهة المقابلة وهي الجهة التي تحوي الفتحة والتي تقوم بشفط الهواء من داخل المبنى إلى خارجه، وتستخدم هذه الآلية عادة في حالة الرياح الغير مرغوبة والمحملة بالأتربة.[23]

[23] **Fathy H,**.(1986). « Natural energy and vernacular architecture: principles and examples with reference to hot arid climates ». University of Chicago Press.



الشكل 10.4: صورة توضيحية لعمل برج الرياح الطارد للهواء.
(المصدر:Ben Richard 2011)

5.2.2.4 برج الرياح الساحب للهواء : La Tour a vent /capteur a vent

هو أحد الحلول المعمارية الناجحة في العمارة التقليدية ذات المناخ الحار من أجل سحب الهواء إلى داخل المبنى والتحكم في سرعته وتوزيعه،وقد انتشر استخدامه من الهند وباكستان شرقا مرورا بإيران وأفغانستان ودول الخليج العربي وصولا إلى شمال إفريقيا غربا،أي أنه استخدم في المناخين الحار والجاف في إيران وفي المناخ الحار والرطب في دول الخليج.[24]

أبراج الرياح هي ممرات هوائية عمودية تتجاوز ارتفاع سقف البناء، وقد تنوعت أشكالها، ومواد بنائها، إلا أن دورها واحد وهو خلق تيار هواء طبيعي للتهوية والتبريد داخل المبنى.

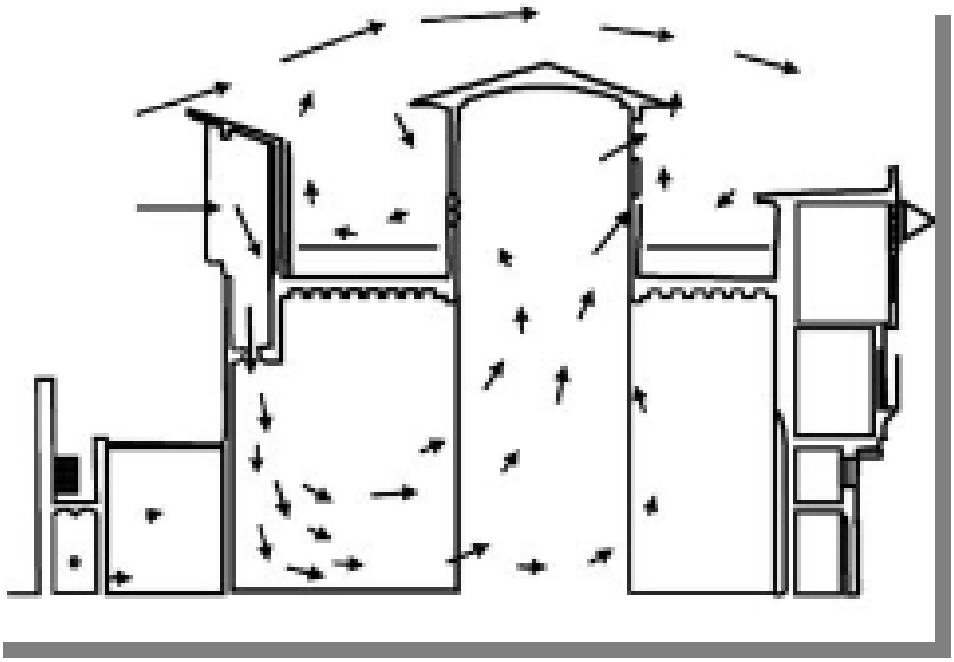
1.5.2.2-4 مبدأ عمل ملقف الهواء : principe de fonctionnement

تتكون منطقة ضغط جوي مرتفع عند فتحة البرج المواجهة للرياح ، في حين تتمركز منطقة ضغط جوي منخفض عند فتحة صغيرة أسفل البرج، مما يؤدي إلى خلق تيار هوائي بإخراجه عبر فتحات كبيرة في الجدران لزيادة سرعته.[25] كما في الشكل (11.4).

---

[24] **M.N. Bahadori**, (1985). « An Improved Design of Wind Towers for Natural Ventilation and Passive Cooling » ,Solar Energy, Vol. 35, No. 2, pp. 30, 41, 1985.

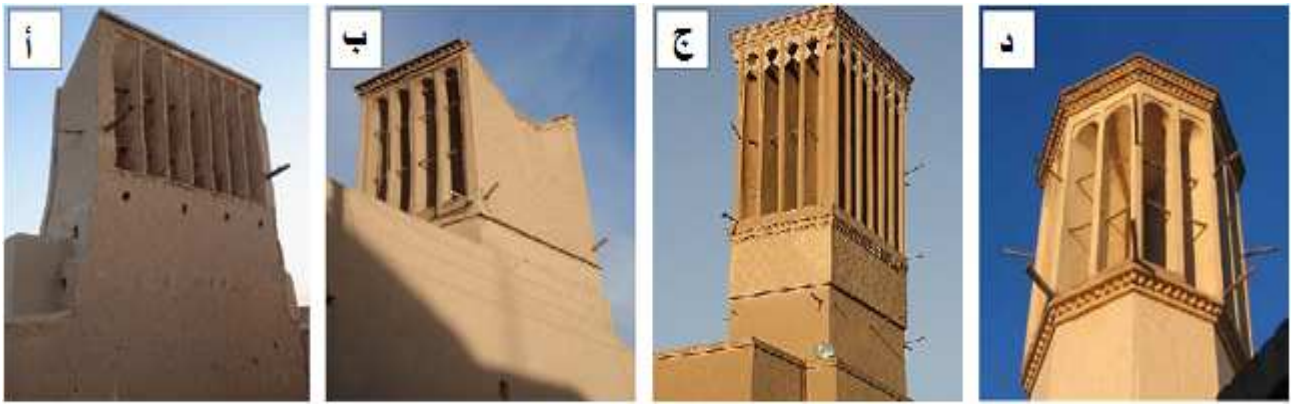
[25] **Attia S, Herde A**, (2009). « Designing the Malqaf for summer cooling in low-rise housing, an experimental study » ,conference on passive and low energy architecture, Canada.



الشكل 11.4: مبدأ عمل ملقف هوائي استخدم في مصر. (المصدر: حسن فتحي 1988)

2.5.2.2.4 أبراج الرياح أحادية الاتجاه ومتعددة الاتجاهات:

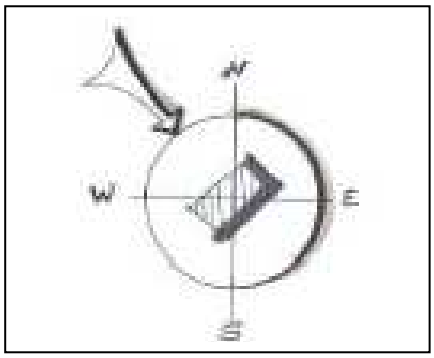
يصنف هذا الصنف من الأبراج بحسب واجهاتها المفتوحة إلى أبراج أحادية الاتجاه وأبراج متعددة الاتجاهات وقد تكون من 2 إلى 8 أوجه.



الشكل 12.4: أبراج رياح تقليدية مصنفة بحسب الاتجاه (أ) أحادي الاتجاه، (ب) ثنائي الاتجاه (ج) رباعي الاتجاه، (د) ثماني الاتجاه (المصدر:B.Ahmadkhani Maleki 2011)

1.2.5.2.2.4 أبراج أحادية الاتجاه : Tours unidirectionnels

وهي أبراج ذات واجهة مفتوحة واحدة في مواجهة الرياح السائدة فنجد هذا النوع في منطقة (يزد) بإيران في اتجاه شمال غرب وهو اتجاه الرياح السائدة ومزودة بسقف مائل لدفع الرياح في تجويف بدن البرج كما أنها مزودة بفتحة أو فتحتين على الأكثر في الواجهة المقابلة لهبوب الرياح ، وقد أثبتت دراسات (Roaf) أن نسبة هذا النوع لا يتعدى في يزد 3 % ، ويرجع سبب ذلك لكونها لا تستفيد من الرياح التي لا تهب في اتجاه الرياح الدائمة.[26]

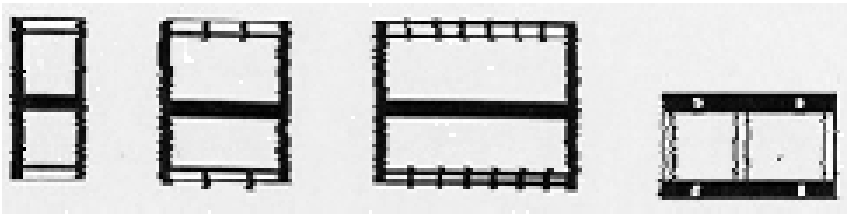


شكل 13.4: توجيه برج الرياح أحادي الاتجاه في منطقة يزد بإيران.

(المصدر: B.Ahmadkhani Maleki 2011)

2.2.5.2.2.4 أبراج رياح ثنائية الاتجاه : Tours bidirectionnelles

وهو شكل بسيط رباعي الشكل مقسم إلى قسمين عموديين من القرميد لكل قسم واجهة واحدة مفتوحة. وقد وجد (Roaf 1988) أن هذا النموذج يمثل 17% من مجموع أبراج الهواء في يزد.



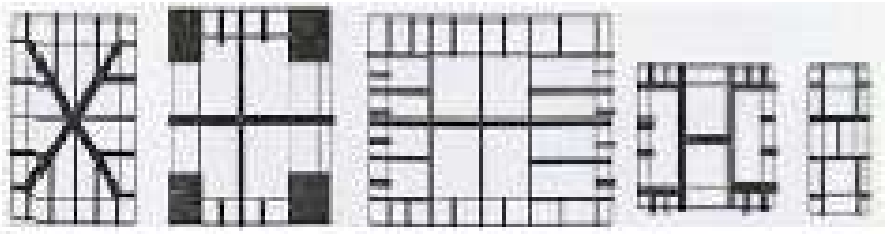
الشكل 14.4: أنماط المساقط للأبراج ثنائية الاتجاه.

(المصدر: M.Mahmoudi.2007)

[26] **S. Roaf**,(2005). « Wind Catchers, Living with the Desert » Proceeding of Passive and Low Energy Cooling in Buildings Conference. Greece. pp 32-35.

3.2.5.2.2.4 أبراج رياح رباعية الاتجاه : Tours quadri-directionnelle

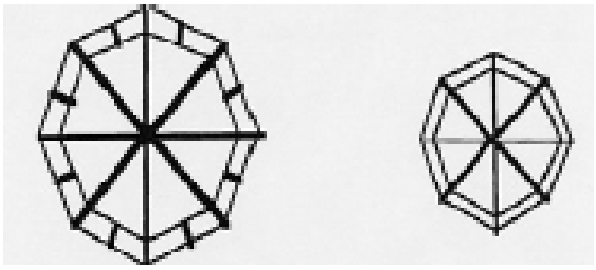
وهي أبراج رباعية الشكل ومقسمة إلى أربع أقسام ويعتبر هذا النموذج الأكثر انتشارا سواء في المناخ الحار والجاف أو المناخ الحار والرطب ويعود سبب شعبيته إلى إمكانية الاستفادة من تدفق الرياح في الاتجاهات الأربع.[27]



الشكل 15.4: أنماط المساقط للأبراج رباعية الاتجاه. (المصدر: M.Mahmoudi.2007)

4.2.5.2.2.4 أبراج رياح ثمانية الاتجاه : Tours octo-directionnelles

وتمتاز بأوجهها الثمانية والتي تمكنها من الاستفادة من كل الرياح وبغض النظر عن اتجاهها و تمثل الحل الأمثل في حالة عدم ثبات اتجاه الرياح ،أو خضوع المنطقة لتأثير نسيم الجبل، وقد وجد الباحث (Roaf) في دراسته أن نسبتها لا تتعدى 2 % وهي تستخدم في تبريد خزانات المياه.[27]



الشكل 16.4 : أنماط المساقط للأبراج ثمانية الاتجاه. (المصدر: M.Mahmoudi.2007)

[27] **S. Roaf**,(2005). " OP.cit". pp. 32-35.

3.4 دراسات منجزة في مجال التبريد الطبيعي :

بعد التطرق إلى مفهوم الراحة الحرارية وأهم العوامل المتدخلة في تحقيقها،وكذا أهمية توفير الجو المريح للمستخدمين في مختلف المباني،ومن أهمها المساجد باعتبارها أماكن للخشوع ، وبناء على ما تم ذكره من أهمية بالغة للتهوية الطبيعية في التخلص من الإجهاد الحراري وتوفير جو مريح في المرحلة الصيفية،سنقوم هنا باستعراض مجموعة من الدراسات التي اهتمت بموضوع آلية التبريد الطبيعي باستخدام تقنيات التهوية المختلفة،ونظرا لما تزخر به المجلات العلمية بعدد كبير من الدراسات المختلفة، سنكتفي بمجموعة دراسات تخدم موضوع البحث لتكون نتائجها بمثابة منطلق نرتكز عليه في موضوع الدراسة في فصل المحاكاة، وهي مرتبة كما يلي :

1- دراسة مخارج الهواء على مستوى القبة وعلاقتها بضغط الرياح.

2- دراسة مخارج الهواء على مستوى القبة وعلاقتها بالسحب الحراري.

3- دمج ملقف الهواء مع آلية التهوية الرأسية باستخدام القبة.

4- زيادة كفاءة التبريد بدمج نظام التبخير على مستوى ملقف الهواء.

5- دراسة حول مدى كفاءة المحاكاة الحرارية.

1.3.4 دراسة مخارج الهواء على مستوى القبة وعلاقتها بضغط الرياح :

من أجل دراسة مواضع الفتحات وعلاقتها بضغط الرياح قام الباحثان (Faghih وBahadori)[28] بتصميم نموذج مصغر لقبة مدرسة قديمة في مدينة يزد بإيران بمقياس 10/1 وإخضاعها لمحاكاة النفق الهوائي،وهي تحوي على عدة نوافذ في رقبتها وفتحة في أعلاها (ذروة القبة) ،واستخدم في الدراسة 48 مقياس لقياس الضغط في مختلف نقاط حيز القبة.

وقد تمت الدراسة وفق ثلاث حالات كما يلي :

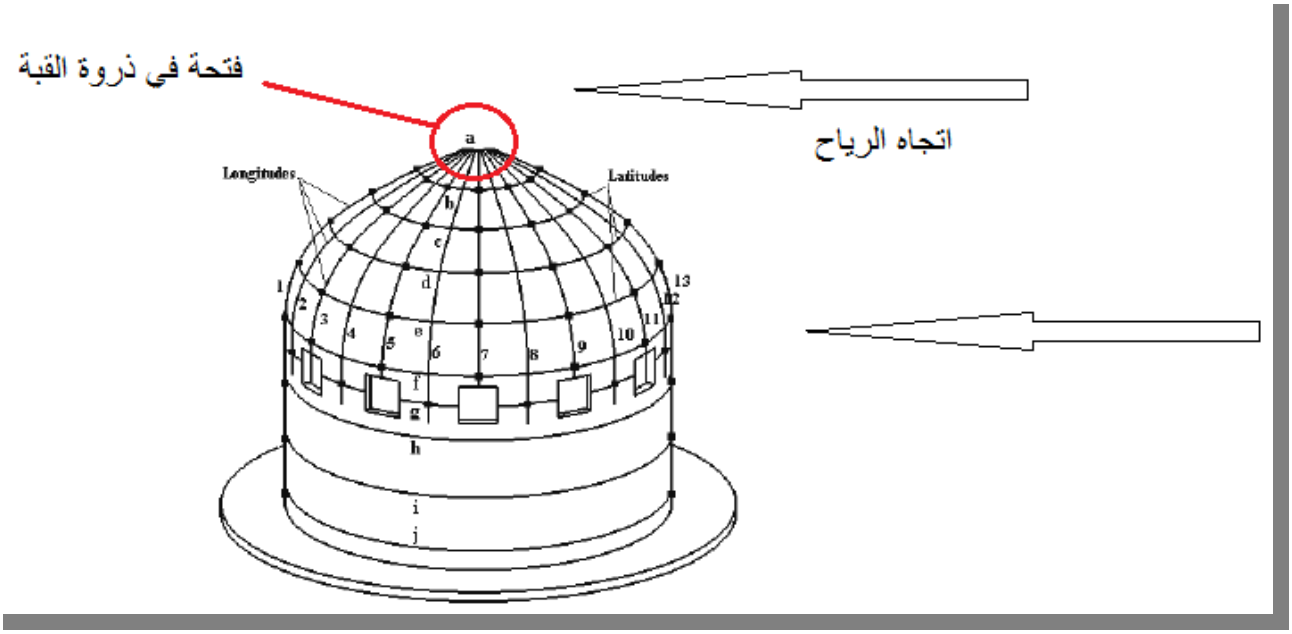
1- غلق كل النوافذ بما في ذلك الفتحة في أعلى القبة.

2- فتح كل النوافذ بما في ذلك الفتحة في أعلى القبة، واتجاه الريح عمودي على إحدى النوافذ.

3- فتح كل النوافذ مع ميلان أفقي للنموذج 15° بحيث تهب الريح على نافذتين.

---

[28] **A. K. FAGHIH AND M. N. BAHADORI** ,(2009) « Experimental Investigation of Air Flow over Domed Roofs » Iranian Journal of Science & Technology. Transaction B, Engineering, Vol. 33, No. B3 .Printed in The Islamic Republic of Iran, pp 207-216.



الشكل 17.4: شكل توضيحي لمواضع مقاييس الضغط الجوي.

(المصدر: A. K. FAGHIH AND M. N. BAHADORi.2009)

وقد أظهرت النتائج أن أعلى قيم للضغط الجوي سجلت في النقاط السفلى من القبة عند مستوى نوافذ القبة المواجهة لهبوب الرياح. في حين أظهرت قيمة الضغط الجوي عند ذروة القبة أنها سلبية (ضغط جوي منخفض).

وهو ما يؤكد على الدور الفعال الذي تؤديه الفتحة العلوية في حركة الهواء بفعل الرياح باعتبارها مخرجا للهواء، حيث أن هبوب الريح يولد منطقة ضغط مرتفع على مستوى نوافذ الرقبة المقابلة لجهة هبوب الريح.في حين تتولد منطقة ضغط جوي منخفض على مستوى النافذة العلوية.

2.3.4 دراسة مخارج الهواء على مستوى القبة وعلاقتها بالسحب الحراري :

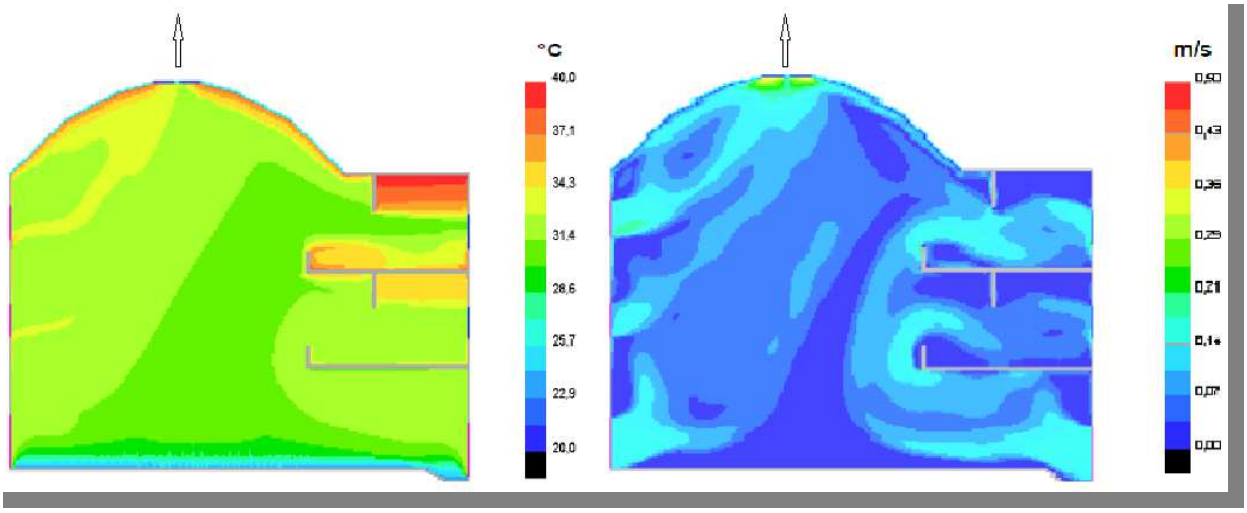
من أجل دراسة أفضل وضعية لمخارج الهواء على مستوى القباب الزجاجية، و للوصول إلى أحسن تهوية طبيعية، قامت الباحثتان (رحال.س وبوالشحم.ي) [29] بدراسة حالة القبة الزجاجية للمركز الثقافي بمدينة جيجل بالجزائر واعتمدت الدراسة على برنامج المحاكاة الحراري (EDSL TAS) ، وذلك وفق عدة وضعيات لمخارج الهواء والتي من بينها :

[29] **RAHAL Samira,** (2011). «l'impacte de l'atrium sur le confort thermique dans les Bâtiments publiques ». Mémoire M*agistère en Architecture.* Université de Constantine.p175.

1- استحداث مخارج للهواء في رقبة القبة.

2- استحداث مخرج للهواء على مستوى ذروة القبة (في أعلاها).

وأثبتت النتائج أن أفضل وضعية لمخرج الهواء هو على مستوى ذروة القبة باعتبار أن التدرج الرأسي لضغط الهواء (Stratification thermique) الناتج عن التباين في درجة الحرارة يساعد على التخلص من الهواء الساخن في أعلى القبة ليحل محله هواء أقل حرارة من الطبقة التي تليه باتجاه الأسفل، وهكذا إلى غاية مصدر الهواء الأكثر برودة عند مستوى النوافذ ،أو أي مصدر آخر للهواء البارد.



الشكل 18.4: نتائج المحاكاة لكل من حرارة الهواء وسرعة حركته،لقبة زجاجية مزودة بفتحة في ذروتها مع نوافذ الجدران. (المصدر: Rahal.s.2011)

3.3.4 دمج ملقف الهواء مع التهوية الرأسية باستخدام القبة :

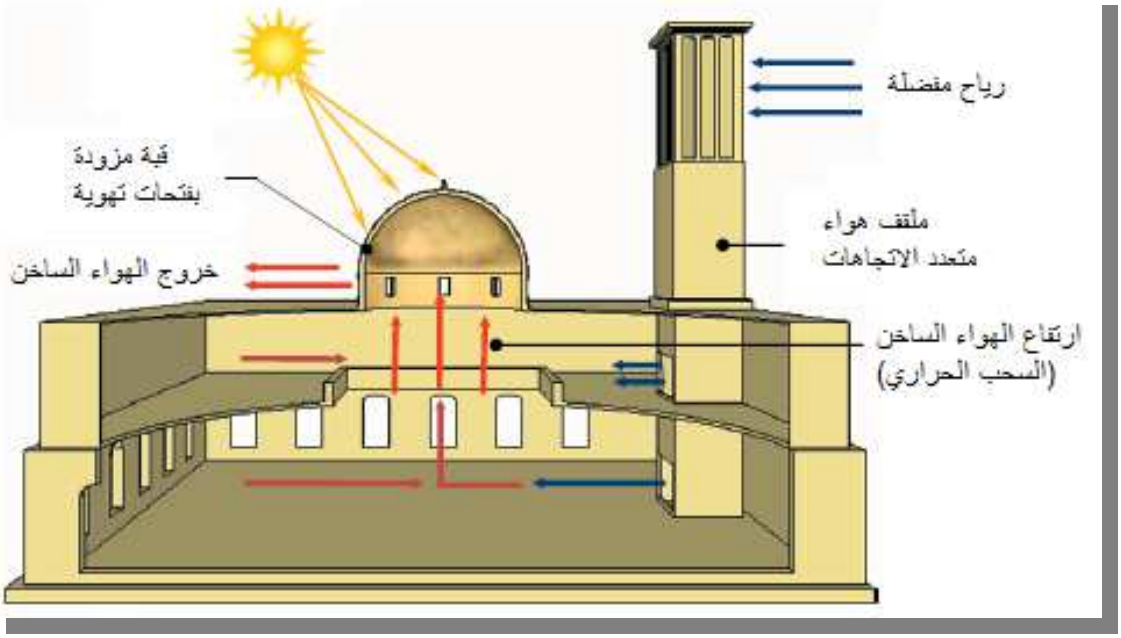
في دراسة قام بها الباحثان (Asfour et Gadi) [30] لتقييم تأثير دمج ملقف الهواء والتهوية باستخدام القبة،ودوره في تحسين التهوية الطبيعية من حيث التدفق والتوزيع ، قام الباحثان بإخضاع النموذج المقترح لسلسلة من عمليات المحاكاة الرقمية CFD باستخدام برنامج المحاكاة الرقمي Fluent.

مع التغيير في كل مرة في اتجاه هبوب الرياح (0° و45° و90°)،وكذلك التغيير في سرعة الرياح ،حيث يخضع كل اتجاه لمجموعة من قيم السرعة.

[30] **Asfour O, Gadi M**, (2006). « The operation and function of a ventilation device such can vary depending on the time of the day » . Architect Eng Des Manage. p:289–304.

وقد أظهرت النتائج أن دمج النظامين عمل على تحسين تدفق الهواء داخل المبنى من خلال خلق فوارق في الضغط (مناطق ضغط مرتفع ومناطق ضغط منخفض).

حيث يعمل مخرج الهواء في القبة على التخلص من الهواء الساخن، وفق آلية الشفط الحراري وهو ما يخلق منطقة ضغط منخفض عند مستوى القبة،وهو ما يدعم تدفق الهواء من المخرج السفلي لملقف الهواء ،حيث تتولد منطقة للضغط المرتفع.



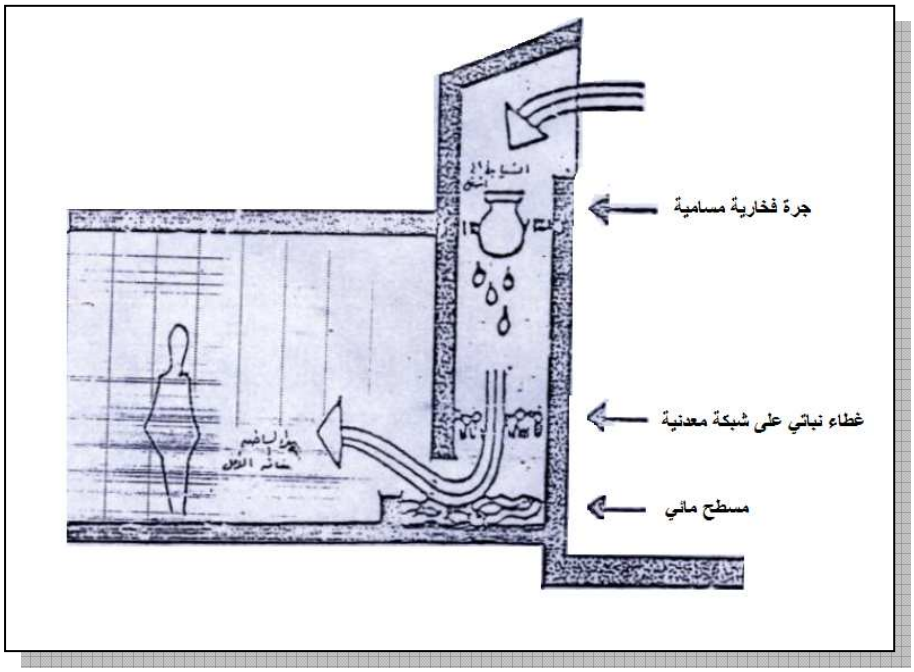
الشكل 19.4: التهوية بواسطة الدمج بين ملقف هواء متعدد الاتجاهات وسقف مزود بقبة.

(المصدر: Asfour .O.Gadi. M 2006)

4.3.4 زيادة كفاءة التبريد بدمج نظام لتبريد الهواء بالتبخير:

التبريد بالتبخير في ملاقف الهواء هو إحدى الوسائل التقليدية في المناخ الحار والجاف من أجل تحسين التهوية الطبيعية والأداء الحراري لملقف الهواء، حيث يمكن الاستفادة من عملية تبخر الماء في خفض درجة حرارة الهواء ،وذلك بوضع جرة فخارية بها ماء في الممر الهوائي وعند ملامسة الهواء الجاف لها يتبخر الماء وتنخفض درجة حرارته ،كما ترتفع نسبة الرطوبة و تضاف في كثير من الحالات بعض النباتات فوق شبكة معدنية للمساهمة في تلطيف الجو.[31]

[31] **Bahadori M**, (1994). « Viability of wind towers in achieving summer comfort in the hot arid regions of the Middle East ». Renew Energy.



الشكل 20.4: استخدام الملقف في خفض الحرارة وترطيب الهواء.

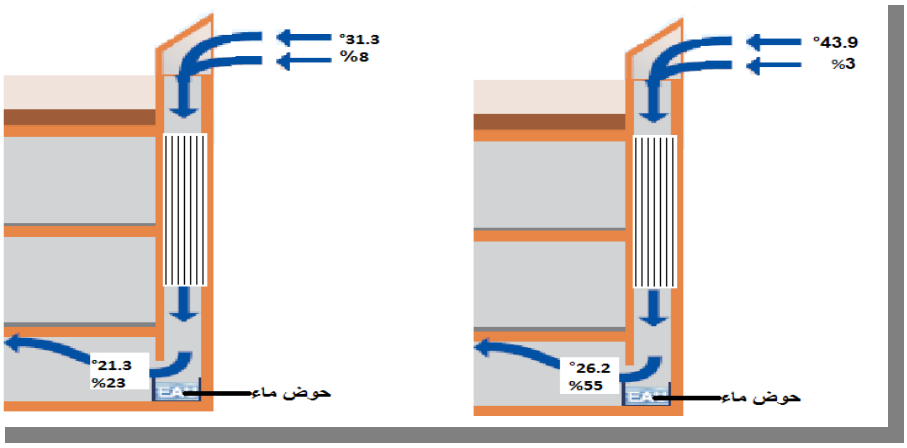
(المصدر: حسن فتحي 1988)

وقد قامت الباحثتان (بوالشحم.ي و بوربيع.ف) [32] بتقييم الأداء الحراري لبرج رياح على مستوى مسكن في المناخ الحار والجاف واستخدم في الدراسة قنوات من القرميد بارتفاع ستة أمتار وحوض ماء أسفل الممر الهوائي لدعم عملية التبخر.حيث أظهرت نتائج المحاكاة إمكانية خفض حرارة الهواء عند مخرج البرج بمقدار17.7°م.

وقد قام الباحثان (بوالشحم.ي و جويمعة .أ) [33] بانجاز ملقف الهواء فأظهرت النتائج كفاءة تمثلت في خفض الحرارة بمقدار 18°م وزيادة الرطوبة بمقدار 52%عالية (نهارا).
في حين أن خفضها بمقدار 10° يوافق زيادة في الرطوبة بمقدار 15% .
وتتوقف كفاءة البرج على حسب ارتفاع البرج وقطره والظروف المناخية.

[32] **Bouchahm Y.Bourbia F.Belhamri A**,(2011). « OP.cit » .

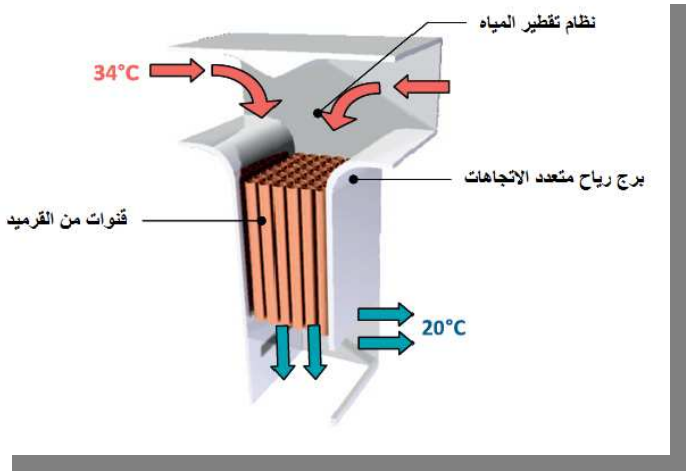
[33] **Djuima.A**, (2008). « Réalisation et vérification de la performance thermique d'une tour à vent pour un rafraichissement passif dans les région chaudes et arides.cas de hassi Messaoud ».Thèse d e magister .université Mentouri.constantine.



الشكل 21.4: نتائج القياس لبرج هوائي مزود بنظام تبخير،
من تصميم الباحثة بوشحم.ي. (بتصرف من الكاتب 2013)

وهناك تقنيات حديثة وفعالة مثل استخدام الأعمدة المبللة وهي عبارة عن أعمدة من النسيج متباعدة بمقدار 5- 10 سم وموضوعة بشكل عمود على كامل مساحة مسقط الممر الهوائي وتبلل باستمرار بنظام تقطير فوق الأعمدة .

وقد أثبت الباحثان Safari et hosseinnia فعاليتها باستخدام نظام محاكاة حيث أن الأعمدة ذات ارتفاع 10 م، يمكنها خفض درجة الحرارة بمقدار12° وزيادة الرطوبة بمقدار 22%.[34]



الشكل 22.4: برج رياح مزود بنظام تبخير حديث.
(المصدر: Saffari H, Hosseinnia . 2009)

[34] **Saffari H, Hosseinnia SM**, (2009). « Two-phase Euler–Lagrange CFD simulation of evaporative cooling in a wind tower ». Energy Build 2009;41:991–1000.

5.3.4 دراسة حول مدى كفاءة تقنيات المحاكاة الحرارية :

من أجل الوصول إلى حلول للمشاكل المتعلقة بمراقبة الأداء الحراري للمباني، بغية التنبؤ بسلوكها الحراري قبل انجازها أو حتى من أجل التدخل على مستوى إحدى عناصرها المعمارية بعد الانجاز، يلجئ المعماري المتخصص في العمارة البيومناخية رفقة المهندس المتخصص في التكييف إلى ما يسمى بعملية المحاكاة باستخدام برامج متنوعة.

وقد أجريت عدة دراسات للتأكد من ملائمة استخدام برامج المحاكاة الحرارية ، في المجالات المعمارية ذات الأحجام الكبيرة ، ومن أهمها دراسة (IEA 1996) .[35] والتي تستمد أهميتها من منهجيتها المتفتحة على عدة برامج ، وقد أخذت الدراسة بعين الاعتبار المشاكل المتعلقة بحركة الهواء وتوزيع الضغط الجوي بالإضافة إلى تركيز الملوثات، حيث استندت على دراسة ومقارنة مختلف تقنيات المحاكاة فيما بينها ومدى كفاءتها مع القياسات ، وتمت الدراسة على عدة مشاريع ، ومن أهمها القبة الزجاجية الكبيرة Yokohama في اليابان.

واستمر رفع القياسات سنتين تم التركيز خلالها على تغيرات حرارة الهواء وسرعته، ومقارنتها مع نتائج المحاكاة لعدة مجموعات بحث مختصة في المحاكاة الحرارية.

وقد أثبتت نتائج البحث أن المحاكاة باستخدام النموذج Macroscopique والذي يشمل النماذج متعددة المناطق Modèles Multizones ، هي برامج ذات كفاءة عالية باعتبار أنها تتطرق إلى التوزيع الحراري في كل نقاط الحجم بما في ذلك التوزيع العمودي.

وتجدر الإشارة هنا أن برنامج EDSL TAS يعد من هذا النوع من البرامج،كما أنه عرف إلى جانب برامج محاكاة من نفس الصنف تطورات متسارعة حيث أضيفت إليها عدة عوامل وأثبتت كفاءتها في التعامل معها ومن ضمنها الرطوبة.

[35] **IEA 1996**,dans RAHAL Samira, (2011). «l'impacte de l'atrium sur le confort thermique dans les Bâtiments publiques ». Mémoire M*agistère en Architecture.* Université de Constantine.p86.

الخلاصة :

إن حركة الهواء ودرجة حرارته ذات تأثير أساسي على معدل التبادل الحراري بين الإنسان ووسطه الحراري، حيث يفقد الجسم البشري حرارته بشكل حرارة محسوسة وحرارة كامنة وتتوقف أهمية كل شكل على درجة الحرارة ومقدار الرطوبة النسبية للهواء.

يتطلب التخلص من الإجهاد الحراري داخل المبنى تصميما مناخيا يتيح أكبر قدر من التهوية الطبيعية، للاستفادة من الهواء البارد أثناء الليل في خفض حرارة الحوائط والأسقف، بالإضافة إلى إمكانية الاستفادة من التبريد بواسطة تبخر الماء خصوصا في المناخ الجاف والشبه الجاف أثناء النهار.

ولأجل زيادة كفاءة التهوية الطبيعية في التخلص من الإجهاد الحراري عمد سكان المناطق الحارة إلى استخدام تقنيات مختلفة، والتي تهدف في مجملها إلى دعم تدفق الهواء داخل المبنى، وكذلك تبريد الهواء قبل إدخاله.

وقد أثبتت عدة دراسات حديثة مدى كفاءة استخدام ملقف الهواء المزود بتقنية التبريد بواسطة التبخر في خفض حرارة الهواء قبل إدخاله إلى المبنى (تبريد الهواء وسحبه إلى داخل المبنى) ،كما أن دمج ملقف الهواء مع تقنية السحب الحراري (استخدام القبة في التهوية) من شأنه زيادة كفاءة التبريد، وذلك من خلال التخلص من الهواء الساخن عبر السقف، ودعم تدفق الهواء البارد من الملقف.

ومن أجل اختبار مدى كفاءة هذه التقنيات في توفير جو حراري مريح في المساجد سنقوم في المرحلة التطبيقية باختيار نموذج واقعي ويعاني من إشكالية الإجهاد الحراري صيفا.

الفصل الخامس :

التحقيق والقياس

المقدمة:

إن أحد المتطلبات الأساسية هي المحافظة على التوازن الحراري بين جسم الإنسان ووسطه الحراري، ويعتمد هذا التوازن على عوامل متعددة (عوامل بيئية وعوامل شخصية) ، وتتوقف الراحة الحرارية للإنسان على مدى تأقلمه مع التفاعل الكلي لهذه العناصر.

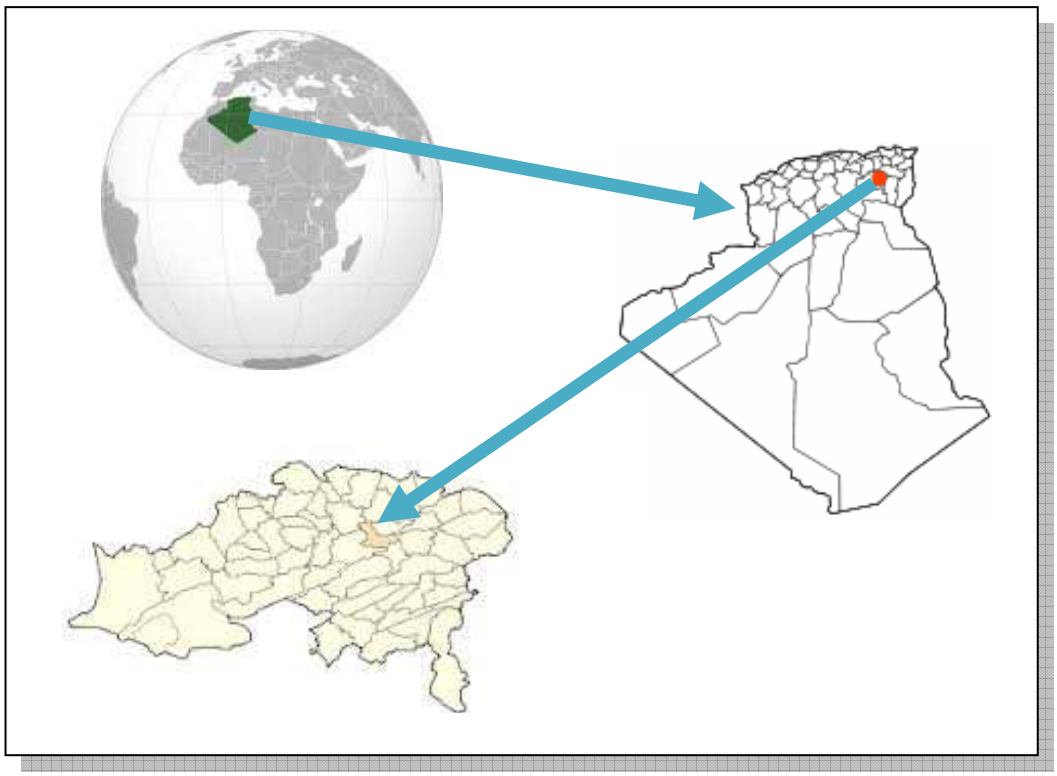
و من أجل الحصول على تحليل واقعي لهذه العوامل بما في ذلك مصادر الربح الحراري وتأثيرها على الراحة الحرارية داخل المساجد قمنا بدراسة مثال واقعي (المسجد الجامع أول نوفمبر 1954 بمدينة باتنة) ، وهو مثال يعاني في الأساس من الإشكالية المطروحة ، والمتمثلة في الإجهاد الحراري الكبير le Surchauffe وهو ما استدعى اللجوء إلى تقنية تبريد شبه مركزي جد مكلفة ، والتي أصبحت شيء لا غنى عنه في الوضعية الحالية.حيث أخذنا القياسات والمكيفات تعمل نظرا لأهمية الإجهاد الحراري على المصلين.

وقد تطرقنا في هذا الفصل إلى دراسة نقدية للمشروع من مختلف جوانبه، سواء تعلق الأمر بالمبنى وعناصره أو العوامل الذاتية للمستخدمين،وذلك لغرض معرفة ظروف الإجهاد الحراري الكبير، وبناء على ذلك قمنا باختيار أربعة نقاط مختلفة في قاعة الصلاة لغرض رفع القياسات ، (investigation in Situ) خلال أوقات الذروة : صلاة الجمعة (نهارا) ، وصلاة التراويح (ليلا). وذلك يوم 27 يوليو 2012م.

1.5 موقع مدينة باتنة :

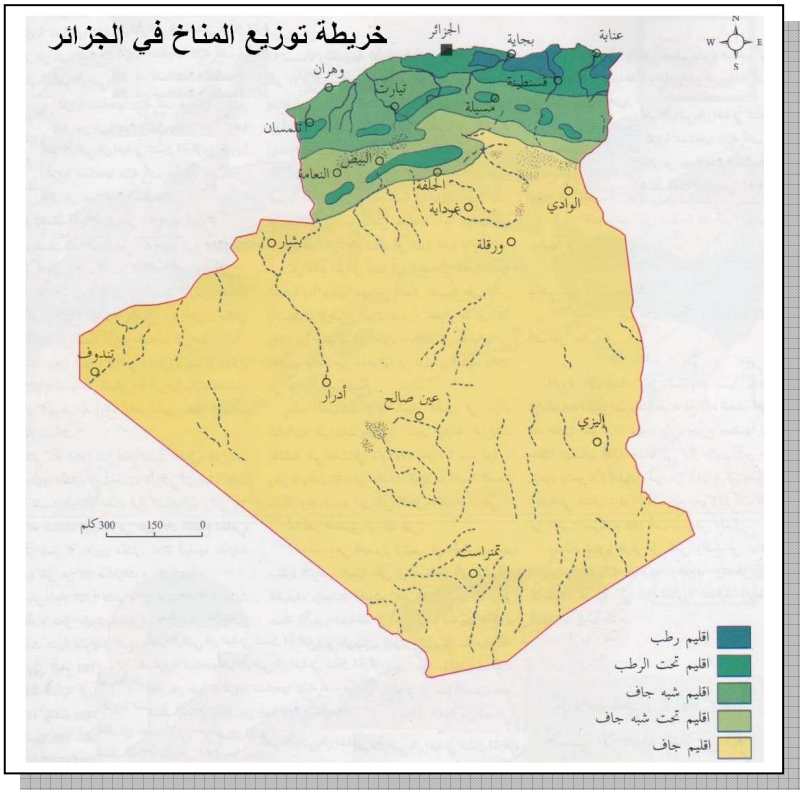
مدينة باتنة، عاصمة الأوراس ومقر الولاية، تقع على بعد 425 كم جنوب شرق الجزائر العاصمة، وهي تقع بين خطوط الطول 35° 45' 19" شمال خط الاستواء وبين دائرتي عرض 06° 19' شرق خط غرينتش وترتفع عن سطح البحر بـ821 م .

الولايات المحاذية لولاية باتنة هي : من الشرق تبسة، أم البواقي وخنشلة، من الشمال الغربي سطيف ومسيلة، من الشمال الشرقي ميلة ومن الجنوب بسكرة.



الشكل 1.5: الموقع الجغرافي لمدينة باتنة.

(المصدر: الموسوعة الالكترونية www.wikipedia.org، بتصرف من الكاتب)



الشكل 2.5: موقع مدينة باتنة بالنسبة للمناطق المناخية. (المصدر: وزارة التربية والتعليم)

2 .5 مناخ مدينة باتنة : le climat

تقع مدينة باتنة ضمن إقليم الاستبس، وهو منطقة انتقالية بين الصحراء في الجنوب والبحر المتوسط في الشمال.وهو مناخ قاري شبه جاف يمتاز بصيف حار وجاف وشتاء بارد تتساقط خلاله الأمطار وأحيانا الثلوج، كما أنه يتميز بفروقه الحرارية، أو ما يسمى بالمدى الحراري المرتفع،ويظهر الشكل (3.5) مختلف العوامل المناخية للولاية على ارتفاع 821.29 م .[1]

1.2.5 الحرارة :

تعتبر درجات الحرارة السائدة في أي منطقة من أهم العوامل المحددة لأي نشاط حيوي وتتميز الحرارة في المنطقة بصورة عامة بارتفاعها الكبير في فصل الصيف، وانخفاضها في فصل الشتاء حيث بلغ متوسط الحرارة للشهر الأكثر برودة (شهر يناير) :

- الحرارة المتوسطة = 5.74°م.
- الحرارة المتوسطة القصوى = 12.3 °م.
- الحرارة المتوسطة الدنيا = 0.1°م.

في حين بلغ متوسط الحرارة للشهر الأكثر حرارة (شهر يوليو):

- الحرارة المتوسطة = 27.4°م.
- الحرارة المتوسطة القصوى = 36.5 °م.
- الحرارة المتوسطة الدنيا = 17.7°م.

ويتضح أن الفوارق الحرارية كبيرة بين الليل والنهار،حيث نجد الفارق بين الحرارة الدنيا والقصوى لشهر يناير12.21 °م ، وشهر يوليو 18.76°م.

2.2.5 الرطوبة :

تتغير الرطوبة النسبية من فصل لآخر، حيث وصل متوسطها في شهر يوليو40.3 % وهو الشهر الأكثر ارتفاعا في الحرارة ما يعني أنه شهر حار وشبه جاف، في حين بلغ متوسط شهر يناير 73% ، وهو الأكثر برودة أي أنه شهر بارد ورطب نسبيا.

[1] **STATION**:Batna AÏn Skhouna / Aéroport.

3.2.5 التشميس :

القياسات المسجلة على مستوى محطة الأرصاد الجوية أبرزت أن إجمالي التشميس الشهري يصل إلى 344.2 سا خلال شهر يوليو (جويلية) ، وهو الشهر الأكثر تشميسا، ما يفسر كونه الشهر الأكثر حرارة في السنة ، في حين سجلت أدنى قيمة في شهر ديسمبر 158.7 سا.

4.2.5 التساقط :

تظهر القياسات المسجلة أن مدينة باتنة بمناخها الشبه الجاف لا تستقبل أكثر من 7.42 ملم خلال شهر يوليو وهو شهر جاف ونادر الأمطار، في حين أن الشهر الأكثر غزارة هو شهر ابريل بمعدل 52.92 ملم،لكنها تبقى كمية قليلة وغير مستقرة.

5.2.5 الرياح :

متوسط سرعة الرياح السنوي في مدينة باتنة يبلغ 3.46 م/ثا وذلك بوتيرة متقاربة خلال كل أشهر السنة، حيث نجد سرعة الرياح المتوسطة لشهر يوليو 3.78 م/ثا، كما تظهر القياسات أن الاتجاه المسيطر لهبوب الرياح هو الاتجاه الغربي، ويظهر الجدول (1.5) التواتر السنوي للرياح.

الصنف classes	الشمال	الشمال الشرقي	الشرق	الجنوب الشرقي	الجنوب	الجنوب الغربي	الغرب	الشمال الغربي
1- 5 م/ثا	7.6	8.3	9.2	5.8	5.6	6.1	9.9	7
6- 10 م/ثا	2.8	1.9	0.7	0.6	1.8	3.1	5.9	2.7
11- 15 م/ثا	0.1	0	0	0	0.5	0.7	0.7	0.3
≤ 16 م/ثا	0	0	0	0	0.1	0	0	0
المجموع %	%10.50	%10.20	%9.90	%6.40	%8	%9.90	%16.50	%10

الجدول 1.5: تواتر هبوب الرياح السنوي 2001-2012 . Fréquences Annuelles du vent

(المصدر : S.B.A/A)

	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
متوسط سرعة الرياح	3	3.65	3.6	3.7	3.8	3.6	3.6	3.8	3.8	3.2	2.2	2.9

الجدول 2.5: متوسط سرعة الرياح الشهري 2001-2012. (المصدر: S.B.A /A)

الحرارة : Température

الحرارة المتوسطة الدنيا:5.7° شهر يناير.

الحرارة المتوسطة القصوى:27.4° شهر يوليو.

الحرارة المتوسطة القصوى لشهر يوليو 36.5°م.

الحرارة المتوسطة الدنيا لشهر يوليو 17.7°م.

الرطوبة النسبية : Humidité relative

الرطوبة المتوسطة العليا 73.7 **%** ديسمبر.

الرطوبة النسبية الدنيا 40.3% شهر يوليو.

التساقط : Précipitation

التساقط المتوسط الأقصى 52.9 ملم لشهر ابريل.

التساقط المتوسط لشهر يناير 36.55ملم.

التساقط المتوسط الأدنى 7.42 ملم شهر يوليو.

التبخر: Evaporation

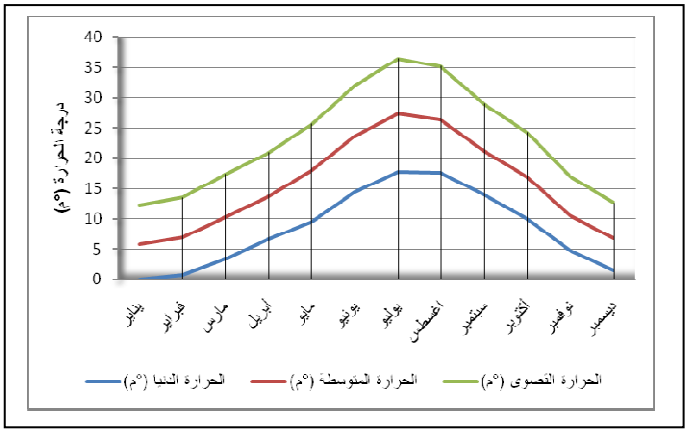
التبخر المتوسط الأعلى 276.3 شهر يوليو.

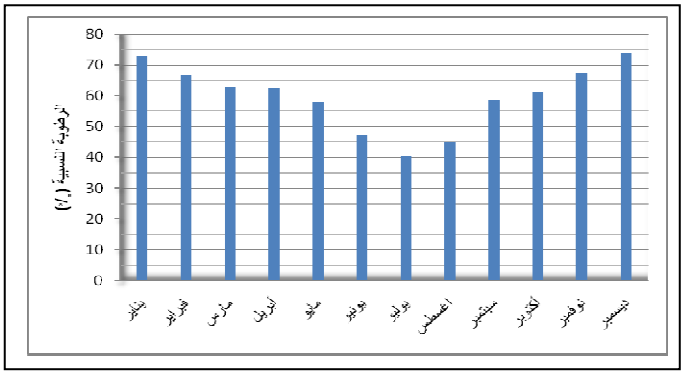
التبخر المتوسط الأدنى 45.7 شهر ديسمبر.

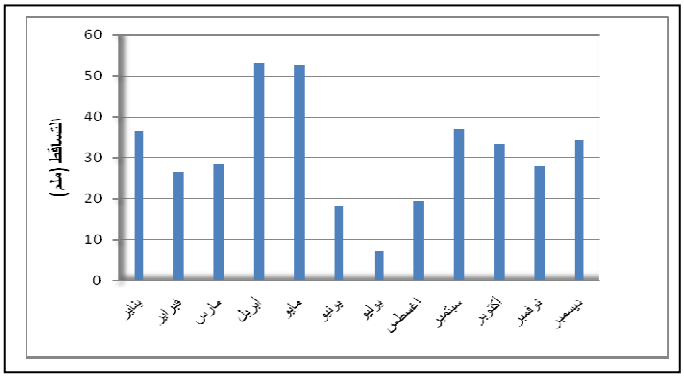
مدة التشميس: Insolation

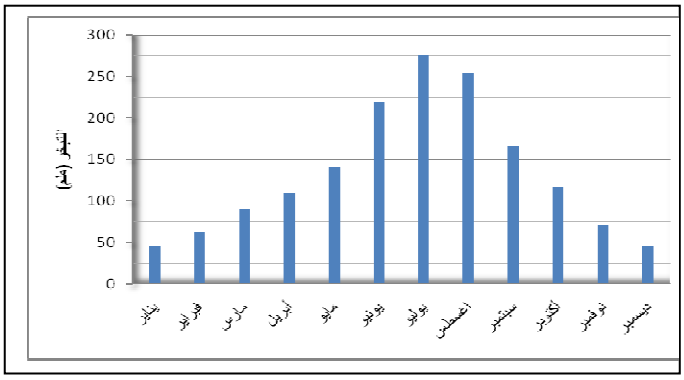
مدة التشميس القصوى 344.2 سا شهر يوليو.

مدة التشميس الدنيا 158.7 سا شهر ديسمبر.









الشكل 3.5: تحليل المعطيات المناخية لمدينة باتنة 2001-2012. (المصدر: محطة الأرصاد الجوية لمدينة باتنة ، بتصرف من الكاتب)

3.5 تحديد منطقة الراحة الحرارية لشهر يوليو :

نظرا لأهمية الأداء الحراري في المجال المعماري ، أجريت العديد من الأبحاث والدراسات لتقييم مستوى الراحة الحرارية،وهو ما أدى إلى ظهور عدة طرق لتحديد مجال الراحة الحرارية، و يعتبر نموذج الراحة الحرارية للتأقلم Modèle de Température adaptative وهو نموذج طوره الباحث Humphrey ويرتكز على الحياد الحراري neutralité thermique لتحديد مجال الراحة الحرارية، أحد أبرز الطرق الفعالة لتقييم الراحة الحرارية خصوصا لموضوع بحثنا ،وذلك بالنظر إلى الشروط المخبرية في دراسته : [2]

- أخذ بعين الاعتبار نوعية اللباس (كان بإمكان عينات البحث تغيير اللباس بحسب الحرارة).
- كان بإمكان العينات توظيف التهوية الطبيعية (فتح وغلق النوافذ).
- حدد نوعية النشاط بحيث يبلغ مقدار ما يصرفه المستخدم met 1.0 - met 1.2 ($1met=58w/m^2$) (مقدار ما يصرفه المصلي أثناء صلاة الجمعة يقع ضمن هذا المجال).

وتحسب الحرارة الحيادية وفق المعادلة التالية :[2]

$$Tn=11.9+0.534\ Tm \ldots\ldots (1)$$

حيث :

Tm= الحرارة المتوسطة للشهر.

$$Tn=11.9+0.534\ (27.4) \ldots\ldots (Tm=27.4)$$

$$Tn=26.5$$

$$26.5-02 > 26.5 < 26.5+02$$

$$24.5 > 26.5 < 28.5$$

منطقة الراحة الحرارية لشهر يوليو : 24.5° - 28.5°.

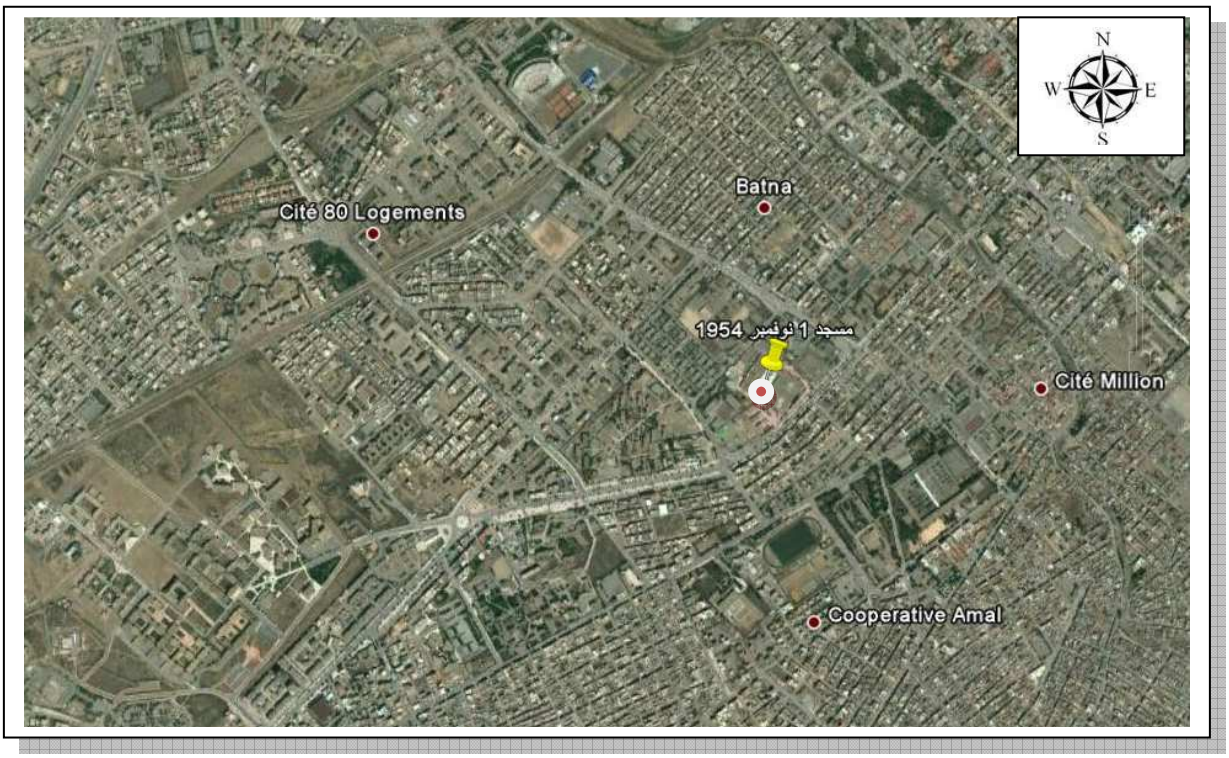
[2] **ASHRAE Standard 55,** (2004.) « *Thermal Environment Conditions for Human Occupancy* ». American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta. USA.

4.5 تقديم موضوع الدراسة : " قاعة الصلاة بمسجد أول نوفمبر "

يعتبر مسجد أول نوفمبر 1954 من أكبر المساجد في الجزائر من حيث قدرة استيعاب المصلين وذلك بقاعة صلاة تتسع لحوالي 17 ألف مصلي.

يعد مسجد ' أول نوفمبر1954 ' بمدينة باتنة الذي افتتحت أبوابه للمصلين سنة 2003 صرحا دينيا شامخا.و يقع هذا المسجد في وسط مدينة باتنة بحي النصر في شارع نهج الاستقلال طريق بسكرة، وهو عبارة عن مجمع يتكون من قاعة صلاة كبيرة ذات مستويين طابق أرضي للرجال وطابق علوي للنساء إلى جانب احتوائه على كلية للعلوم الاجتماعية و الإسلامية بها قسم لتحفيظ القرآن الكريم وتدريس علومه الشرعية بالوسائل والإمكانات السمعية والبصرية الحديثة وقاعة محاضرات كبرى ومكتبة وقسم للطباعة والنشر ودار للإفتاء وإصلاح ذات البين.

ويلاحظ الإقبال الكبير عليه من قبل المصلين خلال صلوات الجمعة وكذلك صلاة التراويح حيث يبلغ العدد 14000 مصلي في عدة مناسبات.



الشكل 4.5: صورة جوية تظهر موقع مسجد أول نوفمبر.
(المصدر: صورة جوية من موقع Google earth)

الشكل 5.5: صورة جوية لمسجد أول نوفمبر.
(المصدر: صورة جوية من موقع Google earth)

الشكل 6.5: صورة للواجهة الشرقية لقاعة صلاة مسجد أول نوفمبر.
(المصدر: المكتب المصمم B.E.T.B)

الشكل 7.5: صورة للواجهة الجنوبية لقاعة الصلاة. (المصدر: المكتب المصمم B.E.T.B)

واتضح من خلال الملاحظة و استبيان آراء المصلين أنه خلال صلاة الجمعة والتراويح في فصل الصيف يلجئ العديد من المصلين للصلاة خارج قاعة الصلاة عند ارتفاع الحرارة كما يلاحظ عدم انتظام الصفوف نظرا لرغبة الجميع في الصلاة بالقرب من المكيفات التي يعتبرها المصلون شرطا لا يمكن الاستغناء عنه، أنظر الشكل (8.5).

الشكل 8.5: صور تظهر توزيع المصلين داخل قاعة الصلاة، يوم الجمعة 27 يوليو 2012 الساعة 12:50.
01 – وسط قاعة الصلاة / 02 – في القسم الخلفي من قاعة الصلاة (بالقرب من المكيفات الخلفية).
(المصدر: الكاتب 2012)

وهو ما دفعنا إلى اختياره كموضوع للدراسة نظرا لأهمية الإجهاد الحراري من جهة وكذا التشويه الجمالي الذي لحق بالمسجد وتكلفة مشروع التبريد وتبعاته الطاقوية وهو ما يؤثر على الرسالة السامية للمساجد في نشر ثقافة عدم الإسراف والحفاظ على البيئة.

مخارج التبريد الميكانيكي الشبه المركزي موزعة على ثلاث محاور طولية لقاعة الصلاة بتواتر 4 كل 6 أمتار وهو ما شوه المنظر الداخلي.

الشكل 9.5: صورة داخلية تبرز أجهزة التكييف الآلي. (المصدر: الكاتب 2012)

الشكل 10.5: صورة تبرز المحركات الكبيرة لأجهزة التبريد فوق سطح قاعة الصلاة. (المصدر: الكاتب 2012)

5.5 تحليل العناصر المعمارية للمسجد :

1.5.5 قاعة الصلاة :

دراسة معمارية :

مبنى قاعة الصلاة عبارة عن متوازي مستطيلات طوله 100 م وعرضه 60 م وبارتفاع 8م، وهو ذو طابق أرضي مخصص للرجال مساحته 6000 م^2 وطابق أول للنساء بمساحة 1700م^2، انظر الشكل (11.5) ، حيث يظهر أن المسقط الأفقي بشكل مستطيل، وهو شكل يحقق صفوف أولى طويلة وهو ما يتماشى مع توجيهات السنة النبوية.[3]

وإذا ما قارنا الأبعاد لوجدنا أن الحجم تغلب عليه الأبعاد الأفقية وتظهر النسب كما يلي :

$$L= 12.5h \quad و \quad l=7.5\ h$$

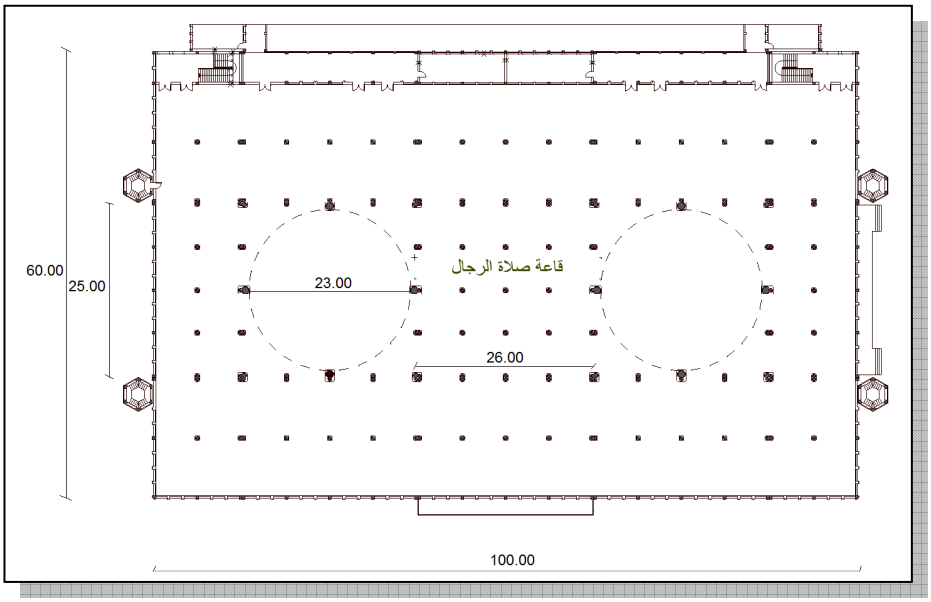
حيث :

L= طول قاعة الصلاة (100م)

l=عرض قاعة الصلاة (60 م)

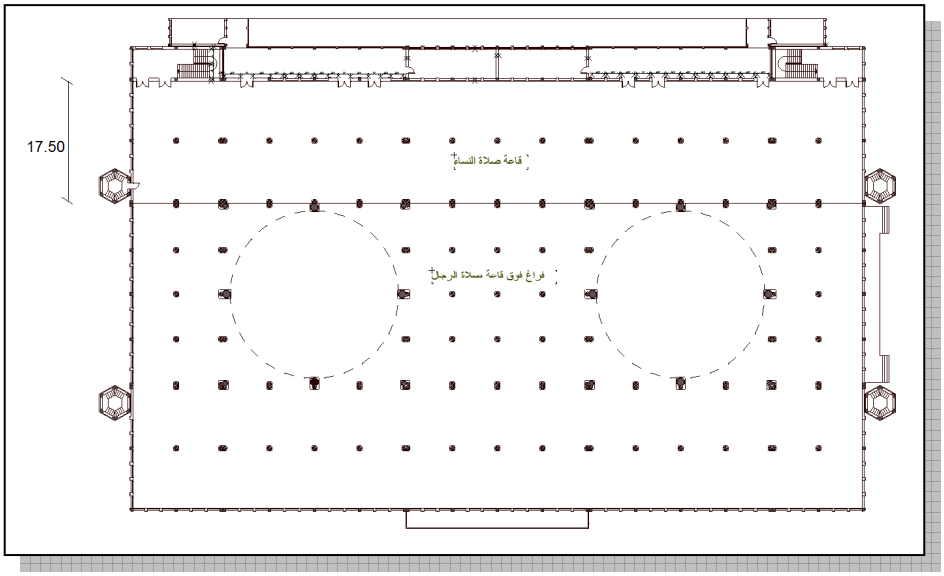
h=ارتفاع قاعة الصلاة (8 م)

وهو ما قد يكبح حركة الهواء الطبيعية اللازمة لتوفير الراحة الحرارية للمصلين.



الشكل 11.5: مخطط الطابق الأرضي. (المصدر: المكتب المصمم B.E.T.B)

[3] **نوبي محمد حسن**، (2002). «عمارة المسجد في ضوء القرآن والسنة ». دار نهضة الشرق. القاهرة.ص55.



الشكل 12.5: مخطط الطابق الأول. (المصدر:المكتب المصمم B.E.T.B)

مواد البناء :

لقد بني المسجد وفق النظام الهيكلي للعمارة الحديثة أعمدة- روافد (poteaux-poutres)

ويمكن حصر المكونات البنائية وفق الجدول (3.5).

العناصر البنائية	المكونات	السمك (ملم)	السمك الإجمالي (ملم)
الجدار الخارجي	تغطية داخلية من الاسمنت / رخام	30 / 15	350 / 335
	القرميد المجوف	100	
	صفيحة الهواء	50	
	قرميد مجوف	150	
	مزيج اسمنت	20	
سقف الأرضية	خزف أرضي	25	200
	طبقة رملية	25	
	خرسانة مسلحة	150	
سقف داخلي	خزف أرضي	25	270
	طبقة رملية	25	
	سقف مجوف	200	
	الجبس	20	
سقف	الجبس	20	270
	سقف مجوف	200	
	عازل لنفاذ الماء	20	
	حصى	30	

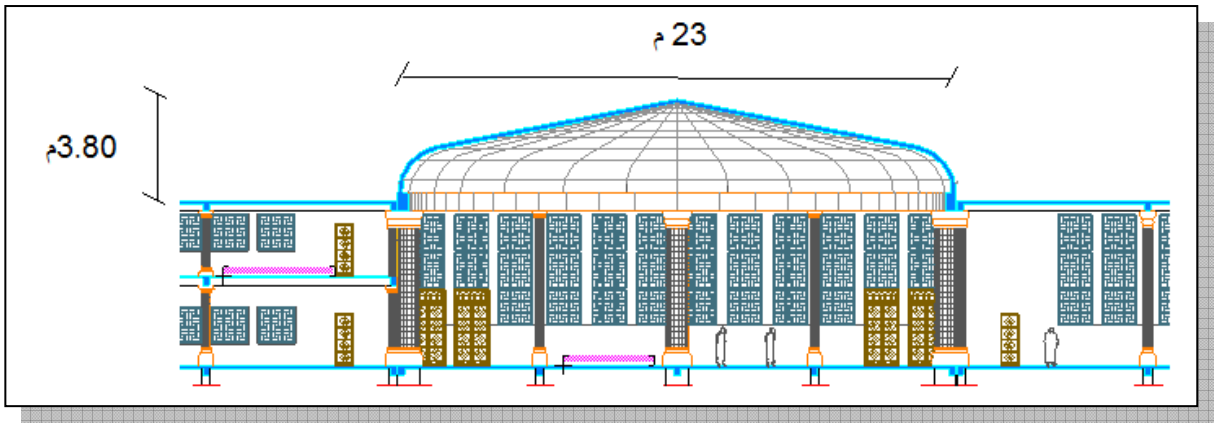
الجدول 3.5: مواد البناء المستخدمة. (المصدر: الكاتب 2012)

2.5.5 القباب :

تعلو قاعة الصلاة قبتين ضخمتين وذلك على مسقط بقطر 23 م وبارتفاع بين المسقط والذروة يصل 3.8 م، شكل (13.5).

وهي ذات شكل بصلي يحاكي النمط الآسيوي لكنها ذات ارتفاع منخفض إذا ما قورن بالقطر، ولعل السبب في ذلك يعود إلى عوائق هيكلية بسبب عدم التحكم في تقنيات إنشاء القباب.

خصوصا وأنها تفتقر لرقبة القبة ولا تحوي أية نوافذ وهو ما اختزل دورها في الجانب الجمالي داخل القاعة فقط، دون أن يكون لها دور جمالي خارجي نظرا لقلة ارتفاعها إذا ما قورن بموقعها وكذا عدم إدماجها وظيفيا في عملية الإضاءة و التهوية الطبيعية. شكل (14.5)



الشكل 13.5: مقطع يبرز القبة. (المصدر: المكتب المصمم B.E.T.B)

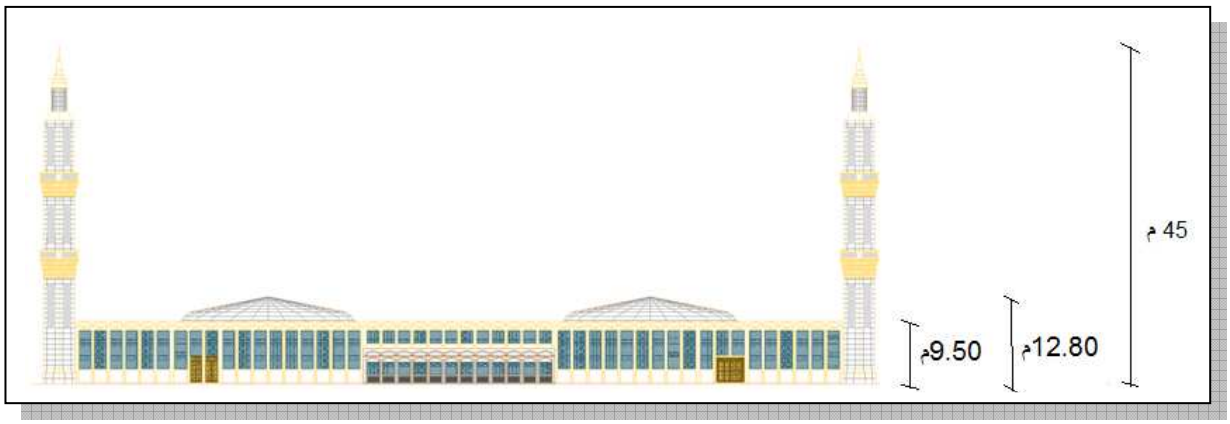
الشكل 14.5: صورة داخلية للقبة. (المصدر:المكتب المصمم B.E.T.B)

3.5.5 المآذن :

يحتوي المسجد في مخططاته التصميمية على أربع مآذن موزعة على الواجهتين الشمالية والجنوبية ولم يكتمل إنشاء مآذن الواجهة الشمالية،وهي مآذن تطل مباشرة على داخل قاعة الصلاة وطابعها المعماري مزيج بين النمط المغربي والنمط العثماني حيث أنها ذات مسقط سداسي، وهو شكل وسطي بين المسقط المضلع (المربع) المغربي والشكل الدائري للمئذنة العثمانية.

كما تستمد ضخامتها من النمط المغربي، وذلك بقطر 4.70 م أما ارتفاعها فقد بلغ 45 م حيث تؤدي دورا معلميا مهما على المستوى العمراني في المدينة (points d'appels) ،ويعلوها مخروط مستوحى من المئذنة العثمانية، وكذلك الشرفات ومعالجتها بالمقرنصات.انظر الشكل (15.5).

الشكل 15.5: صورة لإحدى مآذن مسجد أول نوفمبر. (المصدر: الكاتب 2012)



الشكل 16.5: الواجهة الشرقية. (المصدر:المكتب المصمم B.E.T.B)

الشكل 17.5: صورة تظهر الشكل العام لمسجد أول نوفمبر من الجهة الشرقية.

(المصدر: B.E.T.B)

من خلال ملاحظة الشكل (16.5) والشكل (17.5) يتضح غياب التناسق بين ارتفاع المآذن من جهة وارتفاع القباب، وكذلك ارتفاع قاعة الصلاة من جهة ثانية وهو ما يعطي انطباعا بعدم التناسق.

4.5.5 النوافذ :

تمثل النوافذ أكثر من 60 % من مساحة الواجهات.وهي موزعة عموديا وفق ثلاث مستويات من النوافذ كما يظهر في الشكل (18.5) ، وكل نافذة مقسمة إلى ثلاثة أقسام متساوية حيث أن القسم الأوسط ثابت والقسمان الآخران قابلان للفتح، مع الإشارة أنه عند استخدام المكيفات لا يتم فتح النوافذ لأن نظام التكييف المستخدم مزود بنظام لإخراج الهواء .

شكل 18.5: صورة داخلية لمسجد أول نوفمبر. (المصدر: الكاتب 2012)

من أجل تجنب الانبهار البصري،ولإضفاء جو جمالي داخل قاعة الصلاة استخدم في النوافذ الزجاج الملون، ويتضح من قراءة الجدول (4.5) أن هذا النوع من الزجاج يتميز بربح حراري أقل من الزجاج الشفاف وهو ما يساعد في التقليل من الربح الحراري المباشر عبر الزجاج.[4]

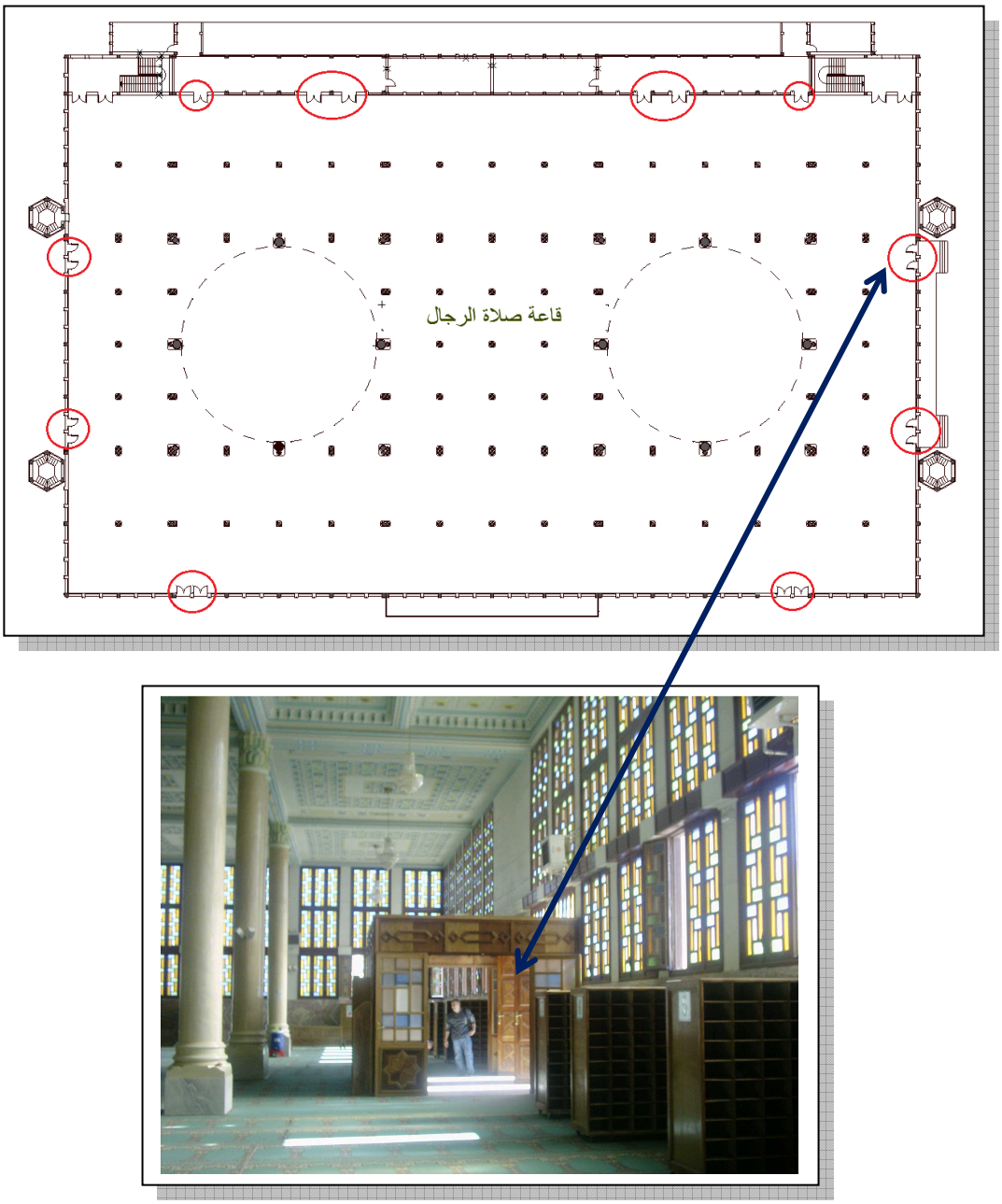
نوع الزجاج	الانتقال المباشر %	بواسطة الامتصاص %	الربح الكلي %
الزجاج الملون Verre gris	30	30	60

الجدول 4.5: الخصائص الحرارية للزجاج الملون. (المصدر: Givoni.1998)

[4] **Givoni.B** ,(1998) « *Climate considerations in building and urban design » by john wiley &sons,Inc. canada*. P251.

5.5.5 الأبواب :

قاعة الصلاة مزودة بالعديد من المداخل من أجل تسهيل دخول وخروج العدد الكبير من المصلين، حيث يبلغ عدد المداخل 10 ، موزعة وفق ما يظهره الشكل (19.5) ، وهي أبواب مصنوعة من الخشب بسمك 5 سم، ومزودة بأنظمة إغلاق للتقليل من تسرب الهواء من والى قاعة الصلاة.



الشكل 19.5: مخطط يبرز توزيع الأبواب وصورة لأحد المداخل. (المصدر: الكاتب 2012)

6.5.5 الزخارف :

يغلب على المنظر الداخلي للمسجد البساطة في الزخارف والتي اقتصرت على بعض الأشكال الهندسية والكتابات العربية من دون مبالغة وهو ما أضفى جوا مناسبا للخشوع خصوصا مع حسن اختيار ألوان زجاج النوافذ الذي يمنع الانبهار الضوئي.

7.5.5 المحراب :

محراب المسجد عبارة عن تجويف في جدار القبلة تعلوه آيات من الذكر الحكيم ويتميز بجماله وعدم المبالغة في زخرفته.

8.5.5 المنبر :

المنبر عبارة عن شرفة ترتفع بخمسة درجات عن مستوى الأرض، بدون مبالغة في الزخارف والأبعاد و زاده جمالا انسجامه مع المنظر العام داخل قاعة الصلاة من حيث الشكل والألوان، أنظر الشكل (20.5).

الشكل 20.5: صورة تظهر محراب ومنبر مسجد أول نوفمبر. (المصدر: الكاتب 2013)

6.5 العوامل الذاتية للمستخدمين (المصلين) :

انطلاقا من تصنيف الباحثان Fernandez.p et Lavigne p [5] لقيم الطاقة المصروفة بحسب نشاط الفرد، نجد أن المصلي الواحد يصرف أثناء صلاة الجمعة ما مقداره w115في حين يصرف نفس الشخص ما قيمته w 135 أثناء صلاة التراويح، وذلك لتغير نوع النشاط و اضافة قيمة الأثر الحراري للطعام L'effet thermique des nourriture .[6]

تبلغ قدرة الاستيعاب لمسجد أول نوفمبر أكثر من 17000 مصلي. وقد توصلنا من خلال ملاحظة كيفية توزيع المصلين وإقبالهم يوم 27 يوليو 2012 م، أن العدد بلغ حوالي 14000 مصلي كأعلى عدد في صلاتي الجمعة والتراويح، وهو عدد مرتفع من المصلين ويشكل مصدر كسب حراري مرتفع جدا وهو كما يلي :

(w 1.610.000) خلال صلاة الجمعة وتصل أثناء صلاة التراويح إلى حوالي (w1.890.000).
كما اتضح من خلال الملاحظة أن المستخدمين (المصلين) ،من مختلف الأعمار بحيث لا توجد نسب واضحة لكل فئة، فمنهم الأطفال والشباب والكهول والشيوخ. كما أن الطابق المخصص للنساء يمتلئ عن آخره، لذلك سنتعامل مع شروط شخص متوسط.

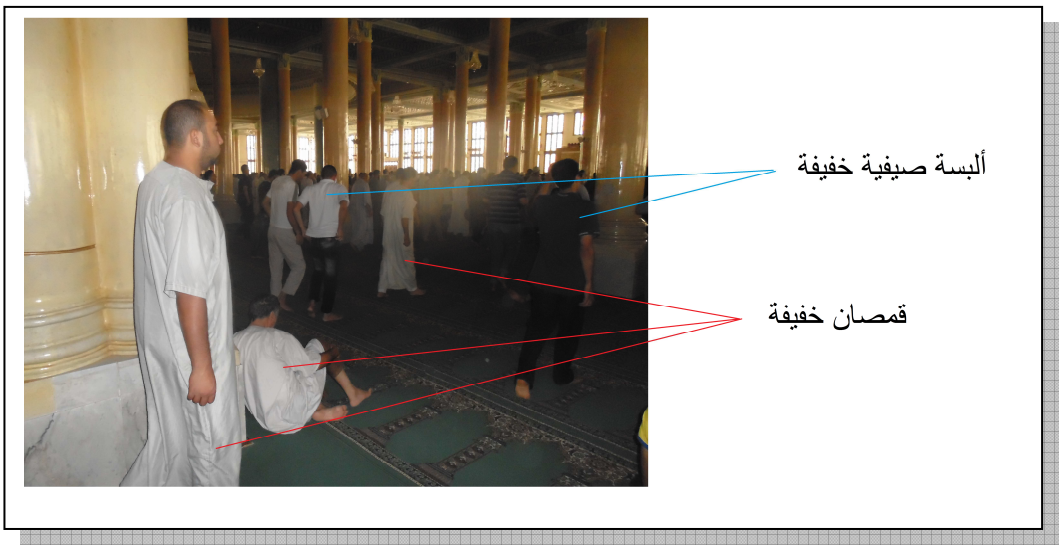
بالرغم من تنوع أشكال اللباس إلا أنه يغلب اللباس الخفيف عند المصلين من الجنسين حيث يرتدي الرجال عادة القمصان الخفيفة ، وهي ذات ألوان فاتحة وترتدي النساء العباية الفضفاضة،وهو ما يعني أن معامل عزل الملابس clo يساوي 0.5. [7].أنظر الشكل (21.5).

---

[5] **Fernandez.p et Lavigne p**,(2009). « Concevoir des batiments bioclimatique.fondements et méthodes ». Moniteur. Paris. p93.

[6] **Fernandez.p et Lavigne p**,(2009). « OP.cit » .p65.

[7] **Thellier.Françoise,**(1999). « l'homme et son environnement thermique-Modélisation ».Université de Paul Sabatier de Toulouse.p65.



الشكل 21.5: صورة تبرز بعض أنواع اللباس المستخدم.

(المصدر: الكاتب 2012)

7.5 الهدف من رفع القياسات :

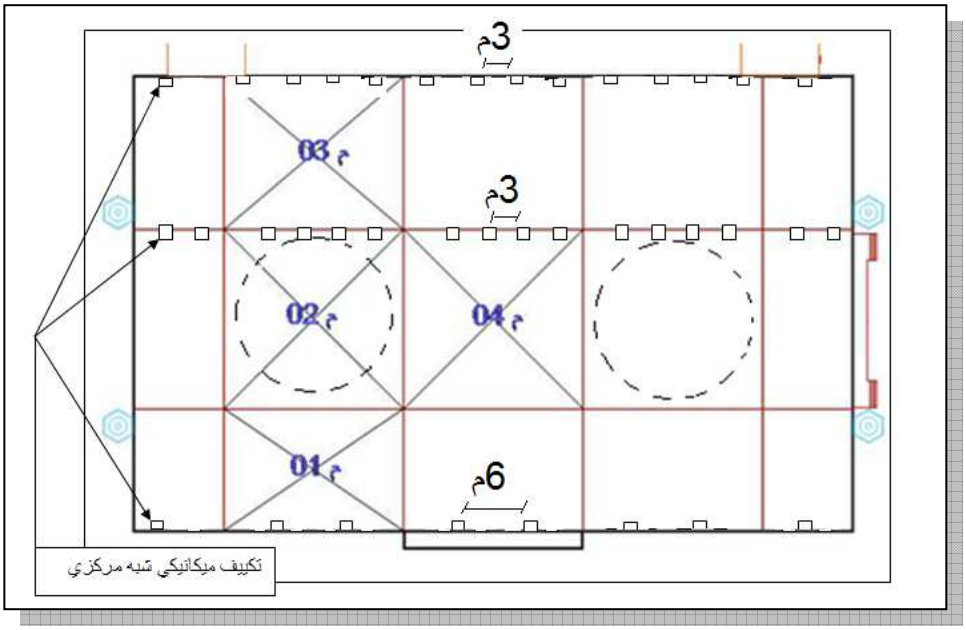
الهدف من رفع القياسات هو تقييم تأثير عدد المصلين وهو ما يسمى بالربح الحراري الداخلي على الراحة الحرارية داخل المساجد في المرحلة الصيفية، وبالتحديد في أوقات الذروة (صلاة الجمعة وصلاة التراويح) ،حيث قمنا بقياس كل من حرارة الهواء والرطوبة النسبية،أما سرعة الهواء فهي مهملة ولا تتجاوز 0.08 م/ ثا، بمجرد الابتعاد عن المكيفات ببضع أمتار.

8.5 منهجية العمل :

أخذت القياسات والمكيفات تعمل نظرا لأهمية الإجهاد الحراري على المصلين،والمكيفات موزعة في القاعة وفق ما يظهره الشكل (22.5) ، وترتفع عن الأرض بمقدار 4 م.

المنهجية المتبعة في هذه المرحلة ترتكز على رفع القياسات من نقاط مختلفة في قاعة الصلاة بناء على ما وصلنا إليه من الملاحظة والتحقيق مع المصلين، ومع كون قاعة الصلاة متناظرة محوريا ركزنا في عملية اختيار النقاط على القسم الجنوبي الغربي باعتباره الأكثر عرضة للربح الحراري الخارجي حيث يستقبل إشعاعا شمسيا أكبر على مستوى الأسطح العمودية،فقمنا باختيار04 نقاط لأخذ القياسات، اثنتان هما مراكز أكثر منطقتين ينفر منها المصلون وهي (2و4) واثنتان مستحبة (1و3).انظر الشكل (22.5).

وذلك خلال أوقات الذروة نهارا (صلاة الجمعة).وليلا (صلاة التراويح) ، وتمت عملية القياس خلال ثلاثة أيام، واعتمدنا نتائج اليوم 27 يوليو 2012م وهو يوم جمعة و تم رفع القياس مرة كل 30 د منذ بداية توافد المصلين إلى غاية نصف ساعة بعد نهاية الصلاة.



شكل 22.5: تحديد نقاط رفع القياسات ومواضع المكيفات في قاعة الصلاة.
(المصدر: الكاتب 2012)

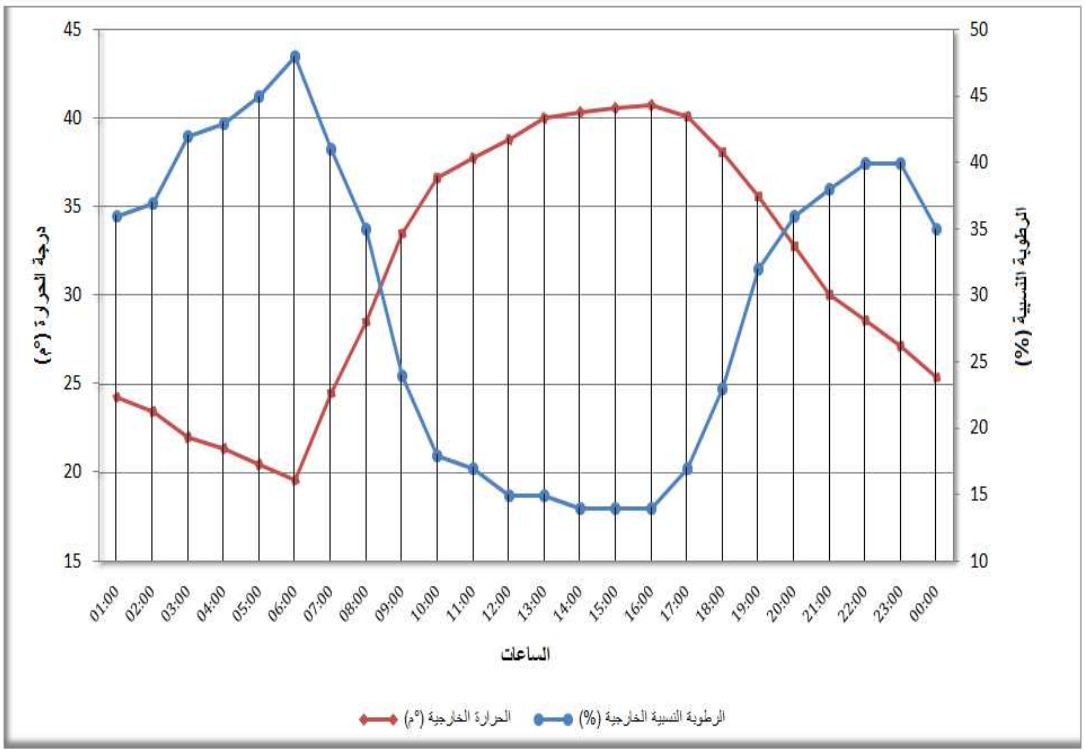
9.5 الأجهزة المستخدمة :

استخدم في القياس نوعين من الأجهزة :

العوامل	أجهزة القياس	
حرارة الهواء °م الرطوبة النسبية %		Oregon THGR 810
حرارة الهواء °م الرطوبة النسبية % سرعة الهواء م/ ثا		Anémomètre LT Lutron LM-800

الشكل 23.5: الأجهزة المستخدمة في القياس. (المصدر: الكاتب 2012)

10.5 استعراض الحرارة والرطوبة النسبية للهواء الخارجي في يوم المحاكاة (27 يوليو 2012):



الشكل 24.5: تغيرات الحرارة والرطوبة النسبية الخارجية ليوم المحاكاة -27 يوليو 2012.
(المصدر: Station.B.A /A)

من خلال القراءة الأولية للبيانين يتضح أن هناك تغيرا عكسيا بين حرارة الهواء ومقدار الرطوبة النسبية، ويرجع السبب في ذلك إلى الخاصية الفيزيائية للهواء بأنه كلما ارتفعت حرارته استطاع حمل كمية أكبر من الماء فتنخفض رطوبته النسبية.

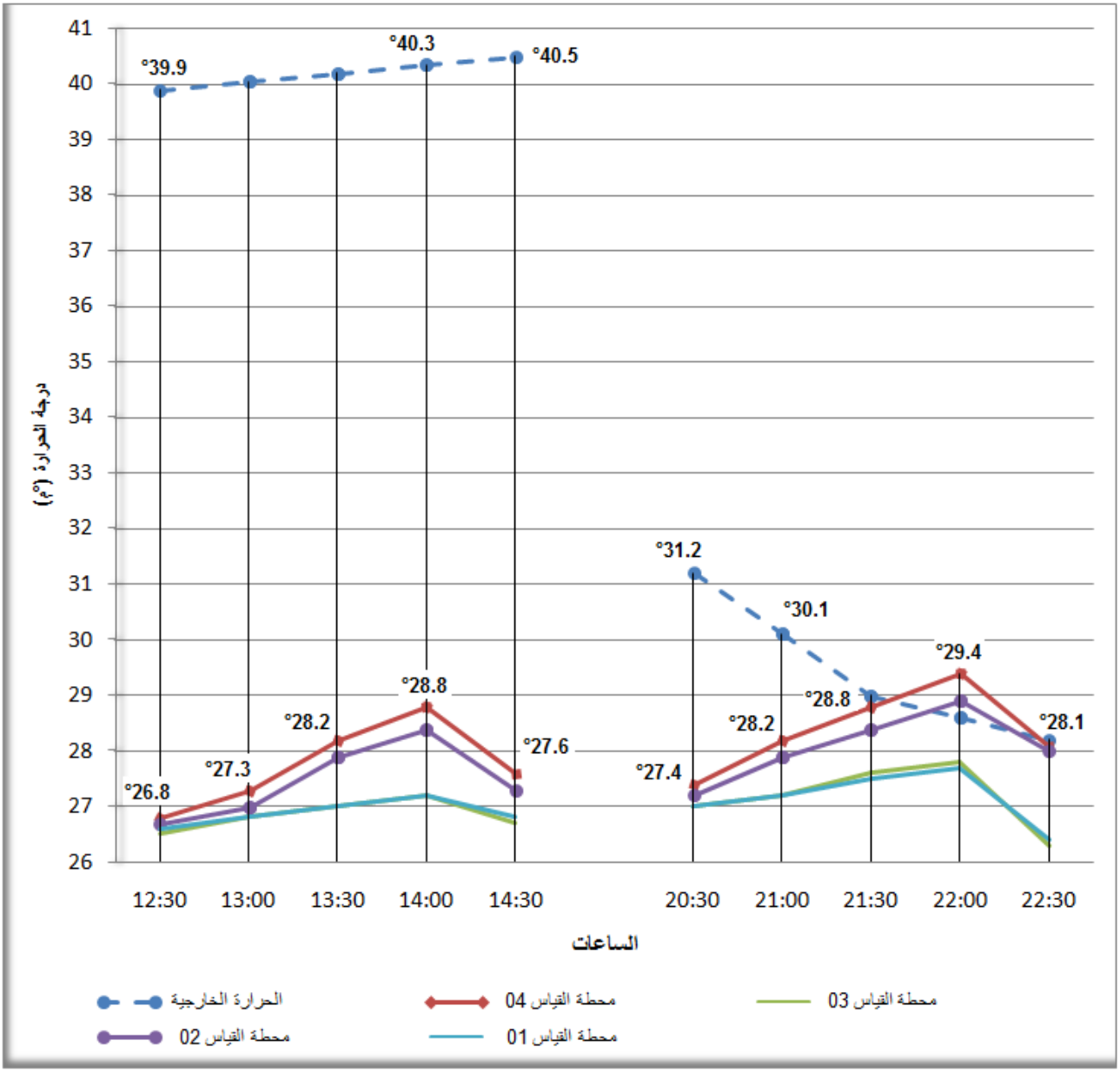
كما يتضح أنه أثناء صلاة الصبح سجلت الحرارة الخارجية قيما منخفضة حيث يبلغ متوسط الحرارة 21.3°م، وذلك بين الساعة 3:30 و 4:30.

أثناء صلاة الجمعة وصلاة العصر والمغرب،وهي الفترة الممتدة من 13:00 إلى 20:00 سجلت الحرارة الخارجية قيما تتجاوز 32.8°م وهي تتجاوز الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م بكثير، وهو ما يعني ضرورة إيجاد طريقة لتبريد الهواء قبل إدخاله للمبنى، ويظهر أن الهواء جاف خلال هذه الفترة حيث بلغ متوسط الرطوبة النسبية 20.6% وهو ما يسمح بإمكانية الاستفادة من تقنية التبريد بالتبخير.

أما خلال صلاة العشاء والتراويح فيمكن الاستفادة من سرعة الهواء في دعم الإحساس بالراحة الحرارية،حيث تراوحت حرارة الهواء الخارجي بين 31.4° م و 28.6°م من الساعة 20:30 إلى 22:00، وهي قيم غير بعيدة عن الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م.

11.5 النتائج وتحليلها:

1.11.5 درجة حرارة الهواء :



الشكل 25.5: نتائج قياس حرارة الهواء داخل قاعة الصلاة ليوم 27 يوليو 2012.

(المصدر: الكاتب 2012)

من خلال نتائج القياس نلاحظ أن الخط البياني الخاص بمركز قاعة الصلاة (محطة القياس 04) يسجل أعلى درجات الحرارة، لذلك سنركز في التحليل على التغيرات الحرارية على مستوى هذه المنطقة.

نلاحظ من خلال تتبعنا للتغيرات الحرارية أن حرارة الهواء الداخلي تزداد بشكل كبير مع بداية توافد المصلين على الساعة 12:30 ، حيث يرجح أن يبلغ متوسط عدد المصلين 7000 مصلي بين الساعة 12:30 و 13:00 أي بمقدار ربح حراري داخلي مقداره (W 805.000) ، حيث يبلغ ميل البيان في هذا المجال 0.5° خلال نصف ساعة ، فتبلغ الحرارة الداخلية 27.3° ، بالتزامن مع تسجيل 40.0° كقيمة للحرارة الخارجية والتي يصل ميل بيانها إلى 0.15°م خلال نفس المجال،الأمر الذي يبرز أن الربح الحراري الداخلي ساهم بشكل جد ملحوظ في ارتفاع الحرارة الداخلية ،بالتزامن مع الربح الحراري الخارجي.

يزداد ميل البيان بين الساعة 13:00 و 14:00، ليبلغ 0.75° خلال كل نصف ساعة، فتبلغ الحرارة الداخلية 28.8° بالتزامن مع تسجيل 40.3° خارج المبنى ،وهو مجال يوافق قيمة متوسطة لعدد المصلين تصل إلى 14000 مصلي ، أي أن قيمة الربح الحراري تبلغ (W 1.610.000) . وهو ما يؤكد أن الربح الحراري الهائل من قبل المصلين يؤثر بشكل كبير على المستوى الحراري داخل المجال المعماري لقاعة الصلاة.

مع انقضاء الصلاة وبداية انصراف المصلين تعرف الحرارة الداخلية انخفاضا شديدا مقداره -1.2°م خلال نصف ساعة،بالرغم من أن الحرارة الخارجية تواصل الارتفاع لتسجل 40.5°م ويرجع السبب في ذلك إلى زوال الربح الحراري الهائل مع انقضاء الصلاة ومسارعة المصلين للخروج، ومع انفتاح عشرة أبواب يخرج الهواء الداخلي الساخن فتزيد كفاءة المكيفات.

أما أثناء صلاة التراويح فان عدد المصلين غير مستقر بحيث تمتلئ القاعة على الساعة 20:30 بعدد مصلين يبلغ حوالي 14000 مصلي أي بربح حراري مقداره (w 1.890.000) . ويبقى العدد نفسه إلى غاية 21:00، قبل انقضاء صلاة العشاء ونلاحظ هنا أن حرارة الهواء في ذات المجال تزداد بمقدار 0.8°م،لتسجل 28.2° وهي زيادة مساوية تقريبا للزيادة القصوى أثناء صلاة الجمعة، بالرغم من انخفاض الحرارة الخارجية بمقدار -1.1° خلال نفس المدة لتسجل 30.1°، وهو ما يفسر بأن قيمة الربح الحراري أثناء صلاة التراويح يتجاوز مقداره أثناء صلاة الجمعة بحكم نوعية النشاط من جهة

وكذلك الأثر الحراري للطعام (الطاقة اللازمة للهضم) ،وكذلك بفعل التخلف الحراري لمادة البناء، حيث تعمل على تخزين مقدار من الحرارة خلال النهار ثم يبعث داخل المبنى ليلا ، خصوصا عن طريق السقف.

وبعد صلاة العشاء يتعذر تحديد عدد المصلين نظرا لانصراف العديد منهم ،كما يتزامن ذلك مع فتح الأبواب للخروج،وهو ما يفسر استمرار الارتفاع ولكن بمقدار زيادة أقل 0.6°م لكل نصف ساعة بين الساعة 21:00 و22:00، كما أن لاستمرار انخفاض الحرارة الخارجية دورا مهما في ذلك.

وبالنظر إلى مستوى الراحة الحرارية نجد أن المكيفات قد عملت على توفير جو مريح نسبيا خلال كامل وقت الصلاة . حيث بلغت في أقصاها 28.8°م أي أنها تتجاوز بقليل الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م بمقدار 0.3°م، وفق طريقة (Humphrey)[2]

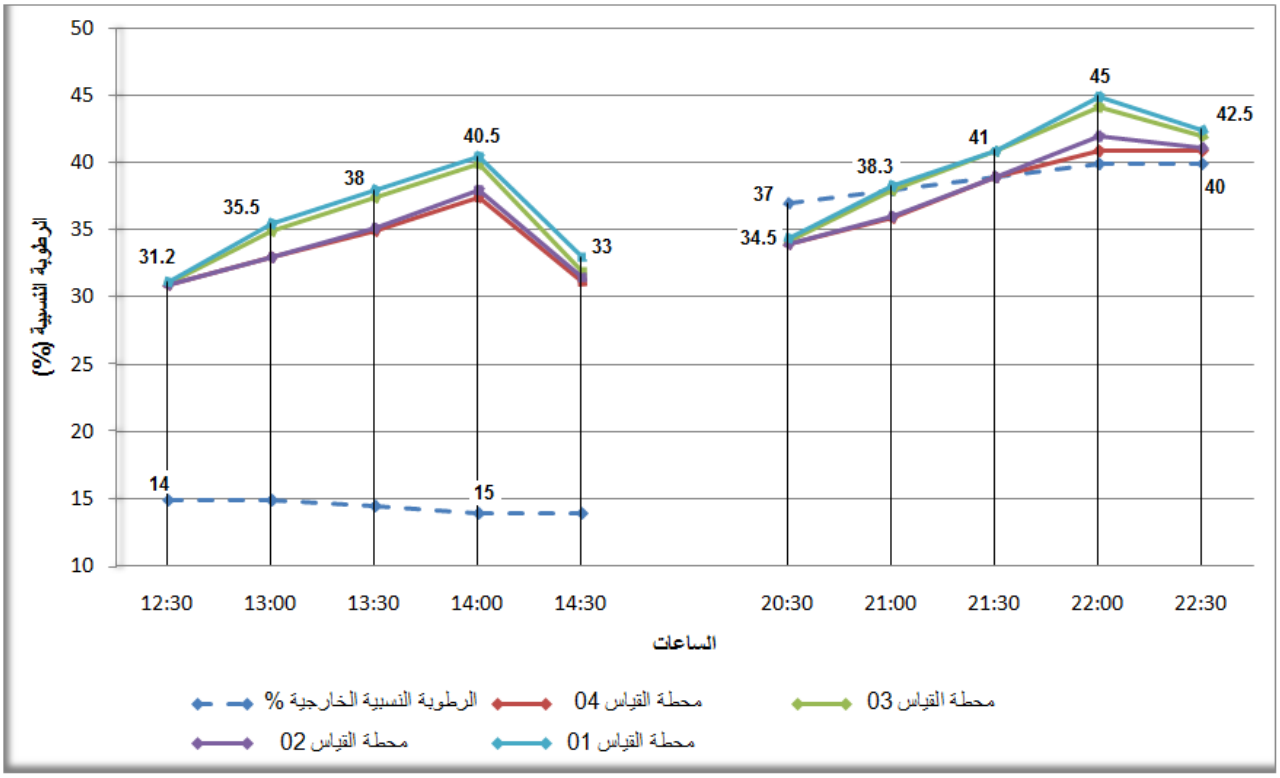
كما يتضح من ملاحظة النتائج المسجلة في مختلف محطات القياس أن هناك فوارق حرارية مهمة بين المناطق المستحبة للمصلين وهي 01 و03 والمناطق الغير مستحبة وهي المنطقتين 02 و04، حيث وصل الفارق الحراري بين المحطتين 4 و1 إلى 1.7°م، ويعود السبب في ذلك إلى قرب المنطقتين 01 و03 من مخارج الهواء البارد للمكيفات، بالإضافة إلى التوزيع الغير متجانس للهواء البارد بسبب عدم وجود مخارج للهواء وسط قاعة الصلاة. حيث تقتصر مخارج الهواء الساخن على المخارج الغير متحكم بها (فتح الأبواب عند دخول المصلين).

ملاحظة :

لم يقم الباحث Humphrey أثناء تجاربه المخبرية بإدخال تأثير التكييف الآلي على الراحة الحرارية.

[2] **ASHRAE Standard 55,** (2004), « OP.cit ».

2.11.5 الرطوبة النسبية :



الشكل 26.5: نتائج قياس الرطوبة النسبية للهواء داخل قاعة الصلاة ليوم 27 يوليو 2012.

(المصدر: الكاتب 2012)

نلاحظ من خلال تتبعنا لتغير الرطوبة النسبية للهواء الداخلي في المحطة01 (جهة جدار القبلة) أنها تزداد بشكل كبير مع بداية توافد المصلين على الساعة 12:30، حيث يرجح أن يبلغ متوسط عدد المصلين 7000 مصلي ، بين الساعة 12:30 و13:00 أي بمقدار ربح حراري داخلي كامن (W 402.500) ، حيث تزداد الرطوبة النسبية بمقدار 4.3 % خلال نصف ساعة فتبلغ 35.5 % بالتزامن مع تسجيل 15% كقيمة للرطوبة الخارجية، وهو ما يفسر بارتفاع الربح الحراري الكامن (عن طريق التنفس والعرق) ، الأمر الذي أدى لزيادة مقدار الرطوبة.

يقل ميل البيان بين الساعة 13:0 و 14:00، ليبلغ 2.5 % خلال نصف ساعة، فتبلغ الرطوبة النسبية 40.5 % بالتزامن مع تسجيل 14 % خارج المبنى ، وهو مجال يوافق قيمة متوسطة لعدد المصلين تصل إلى 14000 مصلي ، بربح حراري يبلغ (W 805.000) ، وهو ما يؤكد أن الربح

الحراري الكامن للتنفس والعرق يساهم إلى حد كبير في زيادة الرطوبة النسبية بالرغم من انخفاض الرطوبة الخارجية (هواء شبه جاف في الخارج).

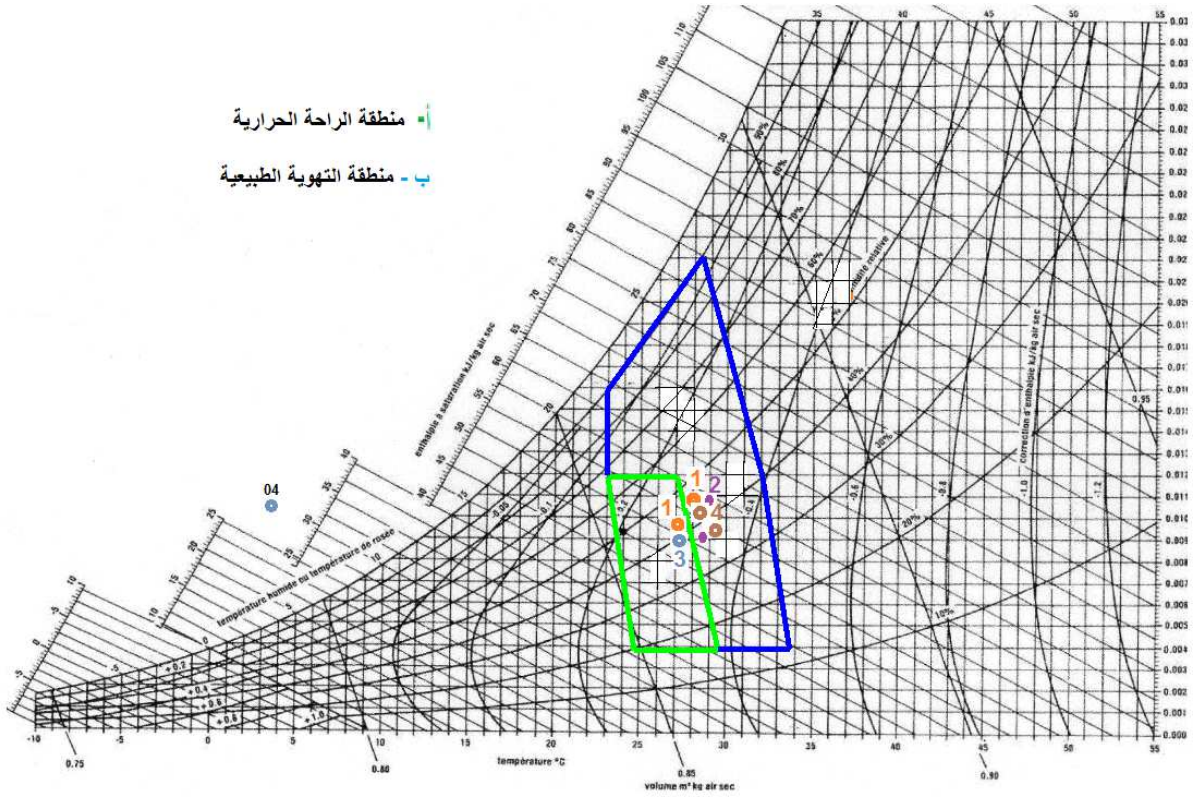
أما أثناء صلاة التراويح فان عدد المصلين غير مستقر بحيث تمتلئ القاعة على الساعة 20:30 بعدد مصلين يبلغ حوالي 14000 مصلي، أي بربح حراري كامن (945.000 w) ويبقى العدد نفسه إلى غاية 21:00 ، قبل انقضاء صلاة العشاء ونلاحظ هنا أن الرطوبة النسبية لذات المجال تزداد بمقدار 3.8 %،وهي زيادة أقل من الزيادة القصوى أثناء صلاة الجمعة ، بالرغم من ارتفاع الرطوبة الخارجية بمقدار 1.3 % خلال نفس المدة لتسجل 38.3 % وهو ما يفسر بازدياد الحرارة أثناء صلاة التراويح بشكل سريع خلال هذا المجال، ما جعل مقدار الزيادة في الرطوبة يكون بوتيرة أقل.

بعد صلاة العشاء تراجعت الزيادة في الرطوبة النسبية بفعل فتح الأبواب لكثرة خروج المصلين حيث بلغت الزيادة 2.7 % ، بالتزامن مع تسجيل41 % كقيمة للرطوبة النسبية الخارجية على الساعة 21:30 ، ثم عادت قيمة الزيادة للارتفاع بمعدل 4 % خلال نصف ساعة و سجلت أعلى قيمة على الساعة 22:00 وهي 45 % ، ويعود السبب في هذا الارتفاع المفاجئ إلى زيادة نسبة الحرارة الكامنة مقارنة بالمحسوسة بسبب ارتفاع الحرارة . حيث يفقد الجسم الإنساني الحرارة بشكل تبخر كلما زادت حرارة الهواء.[8]

أما الفارق في الرطوبة النسبية بين المحطات الأربع (2-4) و(1-3) فيفسر بالخاصية الفيزيائية للهواء المتمثلة في قدرة الهواء الساخن على احتواء كمية أكبر من بخار الماء،وبالتالي كلما ارتفعت حرارة الهواء قلت رطوبته النسبية.

[8] **cristan chiaus,francis allard,** (2005). « Natural ventilation in the urban Environment ,Assessment and Design » EARTHSCAN .London .p22.

3.11.5 تقييم الراحة الحرارية وفق طريقة الباحث Szokolay steeve :



الشكل 27.5: تحديد منطقة الراحة الحرارية ومنطقة التهوية الطبيعية لشهر يوليو -باتنة. وفق طريقة Szokolay .(المصدر: الكاتب 2013)

بعد تعيين أكبر قيمة مسجلة للحرارة الداخلية في كل محطة على البيان يتضح أن مستوى الراحة الحرارية يختلف بحسب موضع محطة القياس بالنسبة لمخارج المكيفات وذلك كما يلي:

محطتي القياس (01 و03): وهي توافق المناطق القريبة من المكيفات ويتضح أنها تقع في مجال الراحة الحرارية أثناء كامل صلاة الجمعة،في حين أنها تقع في مجال الاستفادة من سرعة الهواء في صلاة التراويح، بمعنى أن سرعة الهواء يجب أن تتجاوز 0.25 م/ثا.[8] من أجل الاستفادة من ظاهرة التبادل الحراري بين جسم الإنسان،والهواء عن طريق التبخر للإحساس بالراحة.[9] وهو أمر محقق بحكم قربها من المكيفات .

محطتي القياس (02 و 04): وهي مناطق تقع وسط قاعة الصلاة، ويتضح أنها تقع في مجال التهوية (الاستفادة من سرعة الرياح) ، أثناء صلاة الجمعة وكذلك صلاة التراويح وهو أمر غير محقق بسبب سكون الهواء تقريبا في هذه المناطق.

---

[8] **شفق العوضي الوكيل و م-ع-س،** (1989) .« المناخ وعمارة المناطق الحارة » دار عالم الكتب للنشر، القاهرة ، الطبعة الثالثة .ص 230.

[9] **cristan chiaus,francis allard,** (2005). « OP.cit » .

الخلاصة :

معرفة العوامل المناخية التي تتفاعل مع الإنسان وتؤثر على إحساسه بالحرارة هي أول خطوة من أجل الوصول إلى الحلول البيومناخية في التصميم المعماري، حيث أن هذه العوامل تتفاعل مع المبنى وتؤثر على أدائه الحراري.

من خلال مرحلة التحقيق والقياس اتضح أهمية الربح الحراري الداخلي الكبير والمتمثل في المصلين gain par les occupants على مستويات الراحة الحرارية أثناء الصلاة، وذلك من خلال الربح الحراري المحسوس sensible والذي يمثل التبادلات الحرارية بين جسم الإنسان (المصلي) ووسطه الحراري (قاعة الصلاة) ، بواسطة تيارات الحمل والإشعاع، بالإضافة إلى الربح الحراري الكامن Latente وهو التبادلات الحرارية بين المصلي وقاعة الصلاة بواسطة التبخر، عن طريق التنفس والعرق، وما يدعم هذه العملية هو حركة الهواء الناتجة عن التهوية، بالإضافة إلى تيارات الحمل الحراري وتظهر آثار هذا النوع من الربح الحراري في ارتفاع مستويات الرطوبة النسبية بالتزامن من ارتفاع الحرارة.

وفيما يخص نطاق الراحة الحرارية نلاحظ بأن هناك مناطق لا تستفيد بشكل مثالي من التكييف الآلي، ويعود سبب ذلك إلى عدم وجود مخارج للهواء على مستوى هذه المناطق، وهو ما يقلل من كفاءة التبريد الآلي خصوصا وسط قاعة الصلاة، حيث تنحصر المخارج في قاعة الصلاة على التسريبات الغير متحكم بها، والتي من بينها فتح الأبواب من قبل الوافدين للصلاة.

كما تجدر الإشارة إلى أن استخدام التبريد الآلي كانت له تبعات تتمثل أساسا في تكلفة مشروع التبريد، وتبعاته الطاقوية، وهو ما يؤثر على الرسالة السامية للمساجد في نشر ثقافة عدم الإسراف والحفاظ على البيئة، وهو ما يدفعنا إلى البحث عن إيجاد حلول طبيعية تعمل على توفير جو حراري مريح دون إسراف للطاقة أو اعتداء على البيئة وذلك من خلال اختبار كفاءة التقنيات المستخرجة من الدراسة النظرية في جزئها الثاني. ونظرا لتعذر تنفيذ التطبيق على أرض الواقع قمنا بمحاكاة الواقع باستخدام برنامج محاكاة حراري ديناميكي وهو ما سنتطرق له في الفصل السادس.

الفصل السادس :

المحاكاة

مقدمة :

من خلال مرحلة التحقيق والقياس اتضح أهمية الربح الحراري الداخلي الكبير من قبل المصلين على ارتفاع درجات الحرارة داخل قاعة الصلاة، بسبب العدد الكبير للمصلين والذي بلغ متوسطه أثناء صلاة الجمعة 7000 مصلي بين الساعة 12:30 و 13:00، وبلغ 14000 مصلي بين الساعة 13:00 و 14:00. وقد ظلت الحرارة المسجلة غير بعيدة عن مجال الراحة الحرارية، بسبب استخدام التبريد الآلي، لكن ذلك كان له تبعات تتمثل أساسا في التوزيع غير المتجانس للتهوية داخل قاعة الصلاة، واستهلاك مقدار كبير من الطاقة للتشغيل.

و باعتبار المسجد مصدر نشر الوعي الأكثر تأثيرا عند المسلمين من جهة، وكونه مكان العبادة والتي من أهم ركائزها الخشوع، والذي يستوجب الراحة والسكون، كان لزاما علينا أن نبحث عن سبل لتوفير أفضل شروط الراحة دون إسراف للطاقة قدر المستطاع، وذلك حفاظا على مبدأ نشر الوعي، ومن باب عدم النهي عن المنكر والإتيان بمثله.

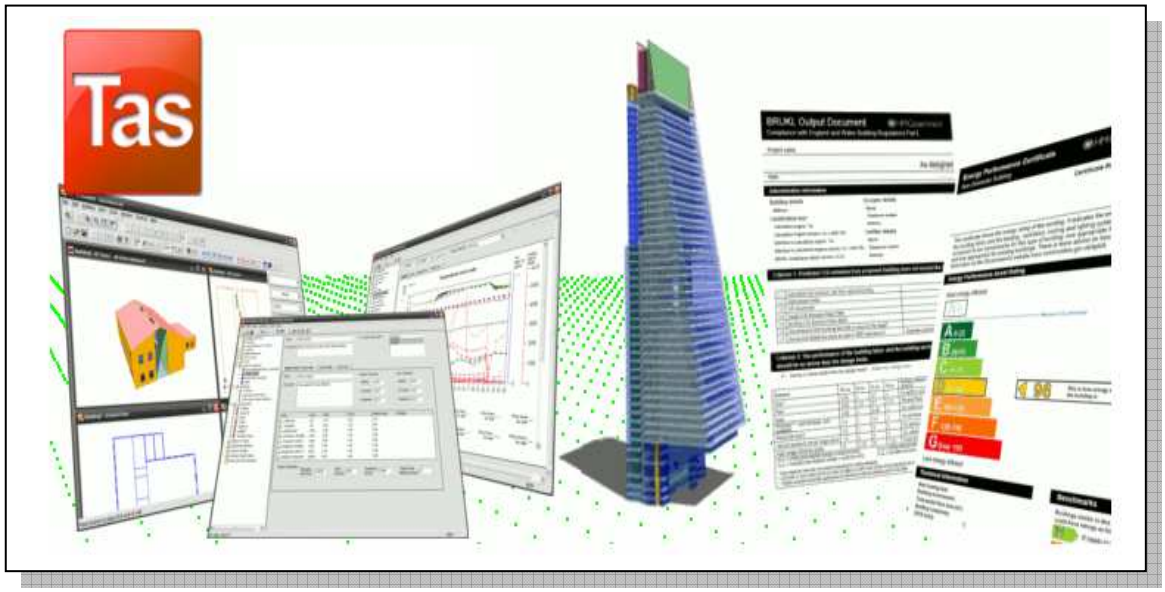
ولكون المشروع منجزا مسبقا نجد أن عناصر المبنى مكتملة (من حيث الموقع، والتوجيه، والحجم، ومواد البناء، ومعالجة الواجهات)، لذلك سنحاول ومن خلال ما وصلنا إليه في فصل " التهوية والتبريد الطبيعي" أن نختبر مجموعة من تقنيات دعم التبريد والتدفق الطبيعي للهواء داخل المبنى لتأكيد مدى فعاليتها في حالة موضوع الدراسة.

ونظرا لتعذر التدخل على مستوى المشروع في الواقع ، ومن أجل الوصول إلى نتائج تحاكي الواقع (Résultats réalistes) ، قمنا باستخدام برنامج للمحاكاة الحرارية الديناميكية، لإخضاع المشروع إلى ظروف تحاكي الواقع (conditions Réalistes) ومقارنة نتائج القياس تأكيدا على مدى ملائمة البرنامج لموضوع الدراسة.

ثم نقوم بإجراء مجموعة من التعديلات على مستوى المشروع، وفقا لما وصلنا إليه في المرحلة النظرية، ومقارنة مختلف الحالات مع بعضها ومع الوضعية الحالية لنصل إلى أكثر التقنيات كفاءة إن وجدت.

1.6 وصف برنامج المحاكاة:

برنامج (EDSL TAS 9.2.1.5) هو البرنامج المستخدم في المحاكاة وقد تم اختياره بناء على إمكانياته في المحاكاة الحرارية الديناميكية، حيث يأخذ في الاعتبار مختلف أنماط التبادلات الحرارية خلال غلاف المبنى وكذا مختلف مصادر الربح الحراري الخارجي ومصادر الربح الحراري الداخلي بما في ذلك الربح الحراري الناتج عن المستخدمين بنوعيه المحسوس والكامن، (Sensible et latente) ، بالإضافة إلى الرطوبة والتهوية الطبيعية وكل ذلك في إطار إدخال المشروع بشكل ثلاثي الأبعاد وهو ما يتيح دقة كبيرة إذا ما قورن بعدد من البرامج الأخرى.



الشكل 1.6: تطبيقات برنامج المحاكاة. (المصدر: www.edsl.net)

2.6 هيكلة البرنامج :

برنامج Tas يتكون من 03 برامج ملحقة (تطبيقات) :

- تطبيق التصميم Tas 3D Modeller
- تطبيق المحاكاة Tas Building Simulator
- تطبيق قراءة النتائج Tas Results Viewer

الشكل 2.6: تسلسل تطبيقات برنامج Tas . (المصدر: الكاتب 2013)

أ. تطبيق التصميم Tas 3D Modeller **:**

يستخدم من أجل إنشاء البناء بمختلف عناصره (التوجيه، الحجم، الشكل، الأبعاد، الفتحات). ثم يقسم الحجم إلى مناطق حجميه بحسب الحاجة ثم ينقل إلى التطبيق التالي.

ب. برنامج المحاكاة Tas Building Simulator**:**

ويستخدم لتحديد مختلف الخصائص الحرارية للمبنى (مواد البناء، ومصادر الربح الحراري الداخلي، والتحكم في الفتحات ثم يتم نقله إلى تطبيق قراءة النتائج).

ج. تطبيق قراءة النتائج Tas Results Viewer**:**

وهو تطبيق خاص بقراءة النتائج حسب الاختيار حيث تظهر نتائج المحاكاة بشكل منحنيات بيانية وجداول تظهر التغيرات الساعية لمختلف العوامل (درجات الحرارة والرطوبة...).

3.6 سير المحاكاة :

تتم المحاكاة على عدة مراحل كالآتي :

أ. المرحلة الأولى :

وتشمل مقارنة نتائج المحاكاة مع نتائج القياس من خلال إخضاع المشروع لنفس شروط القياس أثناء المحاكاة (يوم 27 يوليو 2012م) حيث خضع المشروع للتبريد الآلي ومن ثم مقارنة درجات الحرارة الساعية على مستوى مركز قاعة الصلاة عند مستوى المصلين.

ب. المرحلة الثانية :

البحث عن نمط مناسب للتهوية والتبريد الطبيعي،من خلال توظيف نتائج الدراسات العلمية المنجزة في مجال التبريد الطبيعي، حيث نقوم باختبار فاعلية هذه التقنيات في تخفيض حرارة الهواء عند مستوى المصلين في قاعة الصلاة، وهي على نوعين:

- ✓ التهوية الطبيعية الأفقية (Ventilation Transversale)، أثناء صلاة التراويح.
- ✓ الدمج بين دعم تدفق الهواء ودعم تبريد الهواء قبل إدخاله بواسطة التبخر.

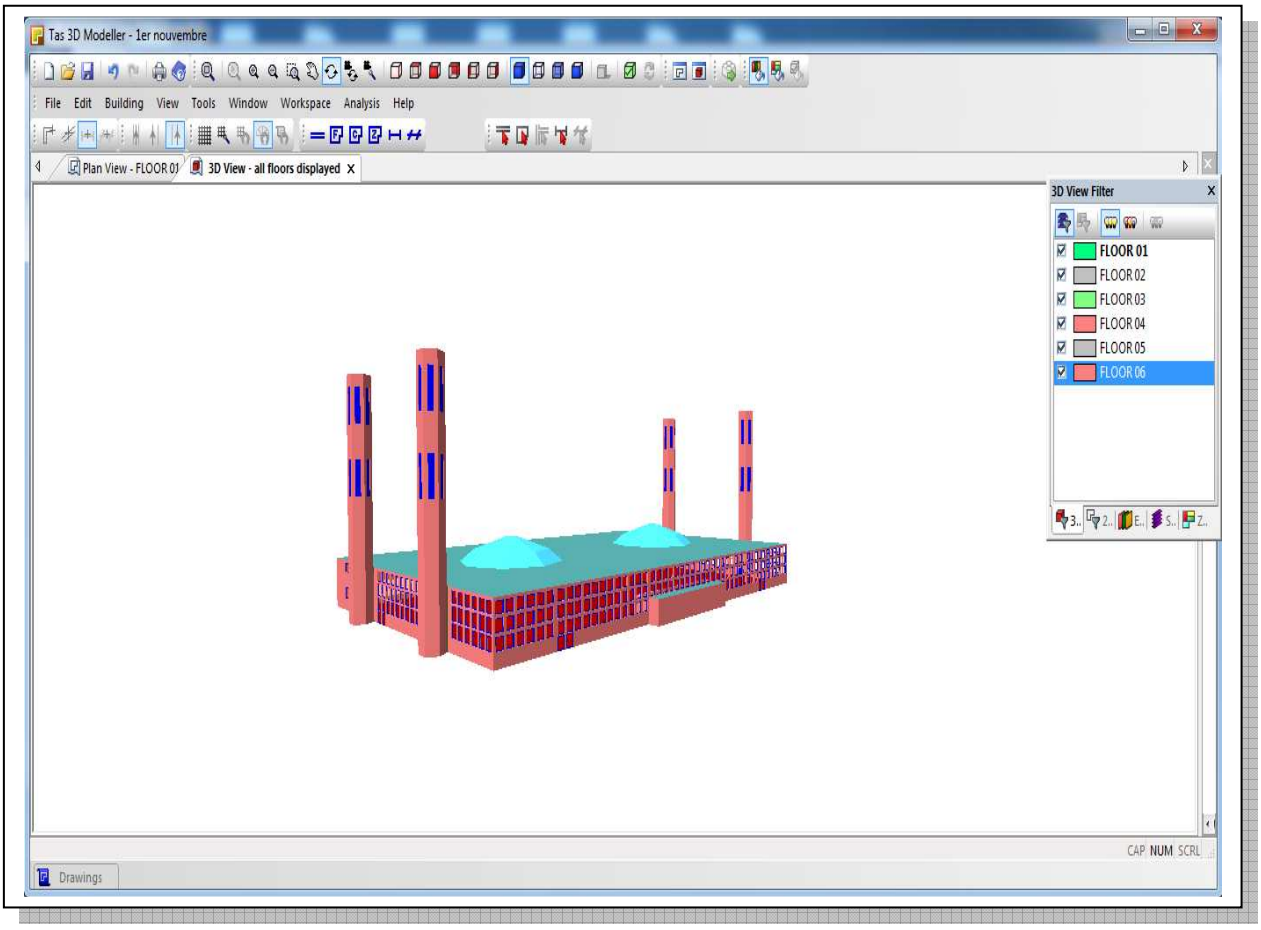
وتمت المحاكاة وفق ستة وضعيات كما يلي :

- الوضعية 01 : بدون تهوية.
- الوضعية 02 : تهوية أفقية أثناء الليل (فتح النوافذ).

- الوضعية 03 : الدمج بين ملاقف الهواء المدعومة بنظام التبريد بالتبخير (استخدام المآذن) والتهوية الرأسية (فتحات على مستوى ذروة كل قبة وفي رقبتها).
- الوضعية 04: نفس الوضعية 03 مع فارق في نوعية مخارج الهواء، وبنفس المساحة الإجمالية (فتحات على مستوى ذروة كل قبة وعلى طول المحور الأفقي وسط قاعة الصلاة).
- الوضعية 05 : نفس الوضعية 04 وفي غياب الرياح.
- الوضعية 06 : نفس الوضعية 04 مع تقسيم قاعة الصلاة إلى 10 مناطق لتقييم كفاءة التقنية في التوزيع الحراري.

4.6 نموذج الدراسة :

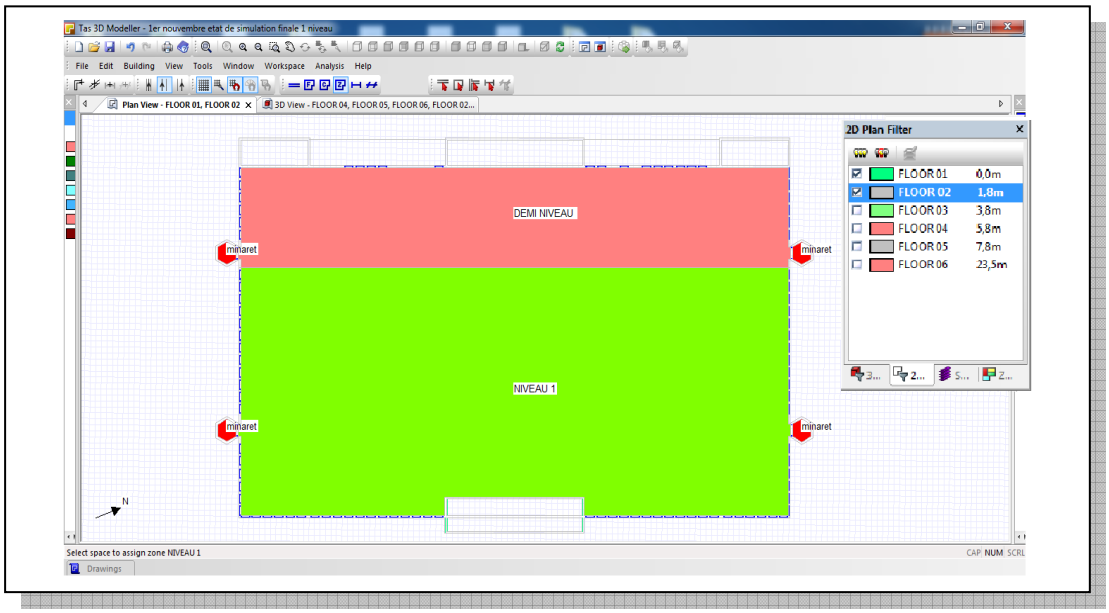
من أجل محاكاة الواقع قمنا بإدخال مشروع مسجد (أول نوفمبر 1954 بمدينة باتنة) بكل مكوناته وبأبعاده الثلاث، مع مراعاة مختلف التفاصيل المؤثرة على الأداء الحراري، فيظهر المشروع كما في الشكل (3.6).



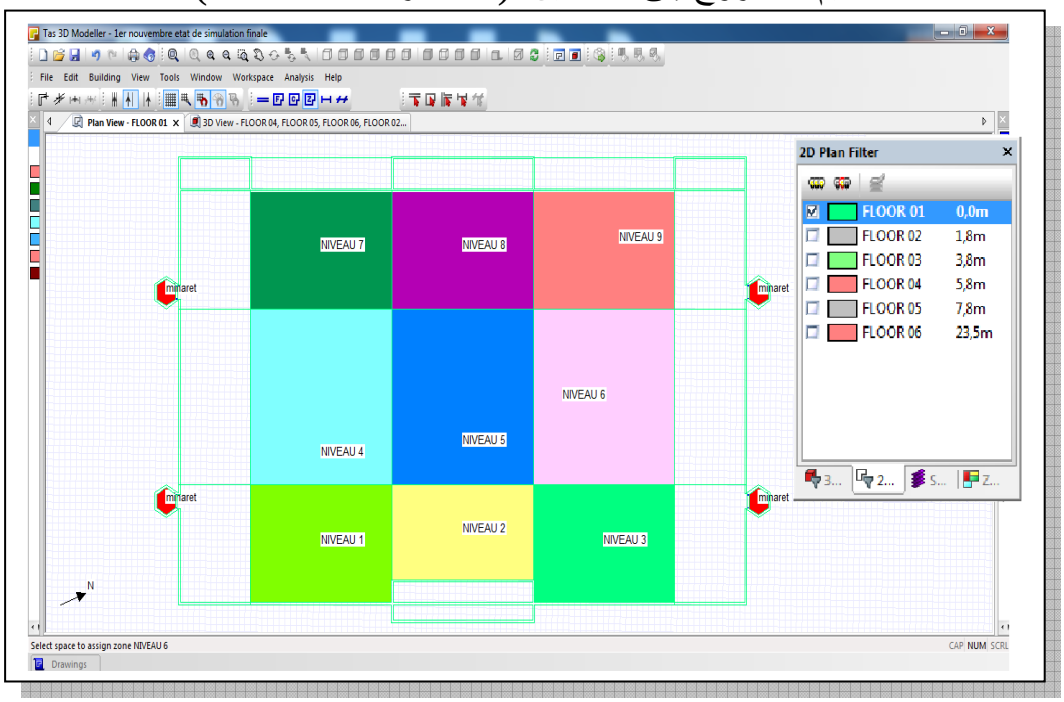
الشكل 3.6: واجهة تطبيق التصميم وهي تحوي منظر ثلاثي الأبعاد للمشروع بعد إدخاله في تطبيق التصميم. (المصدر: الكاتب 2013)

قمنا بتقسيم نموذج الدراسة إلى منطقتين هما (قاعة الصلاة عند مستوى المصلين والمستوى الأول وهو مصلى النساء) كما يظهره الشكل (4.6) وهذا من أجل دراسة التغيرات الحرارية بشكل دقيق عند مستوى المصلين .

ثم نقوم عند دراسة التوزيع الحراري بتقسيم قاعة الصلاة إلى عدة مناطق حرارية كما هو موضح في الشكل (5.6) من أجل تقييم كل منطقة بشكل منفصل.



الشكل 4.6: واجهة تطبيق التصميم وهي تحوي
تقسيم المشروع إلى منطقتين. (المصدر: الكاتب 2013)



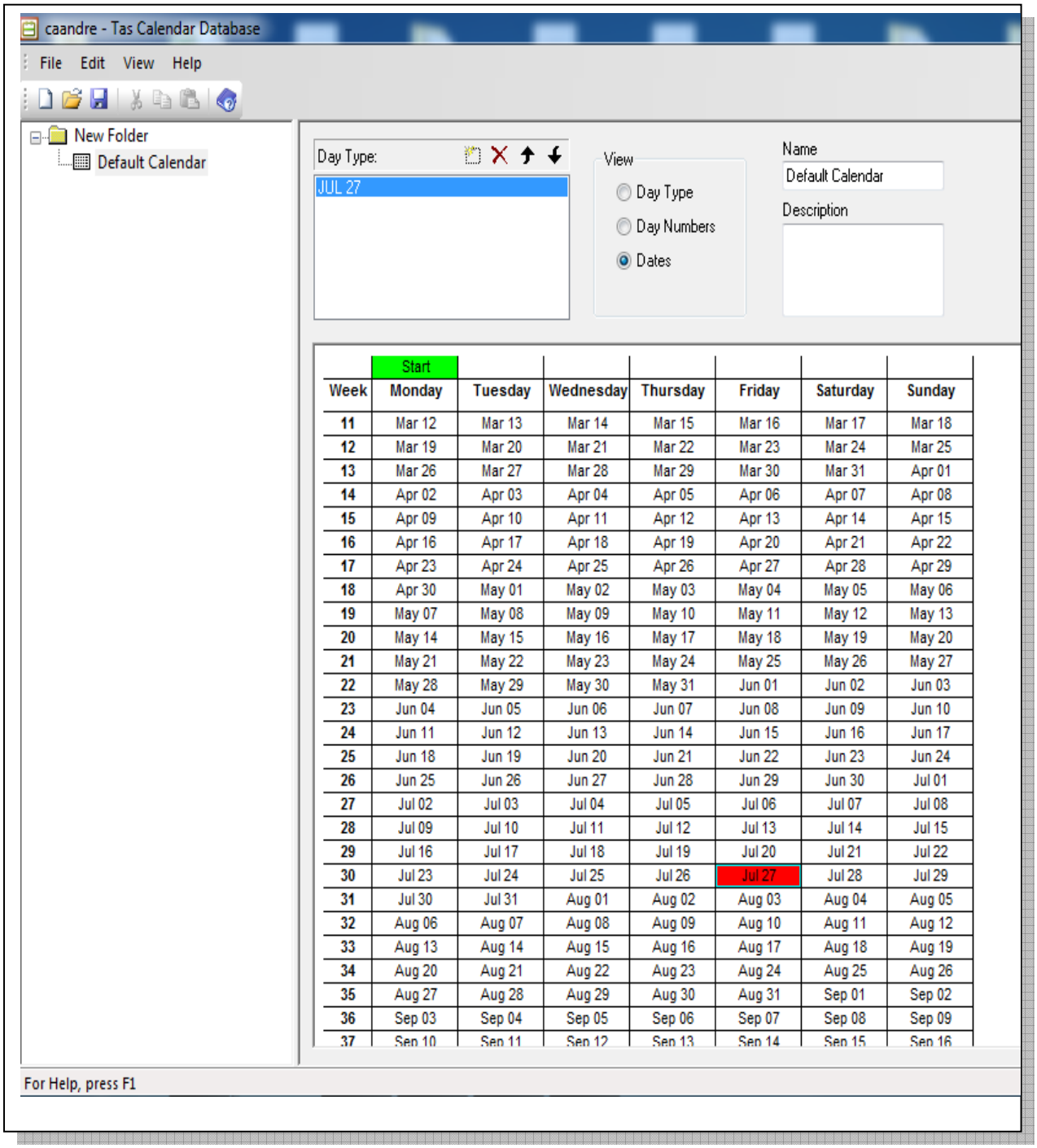
الشكل 5.6: واجهة تطبيق التصميم وهي تحوي تقسيم المشروع
إلى 09 مناطق في الطابق الأرضي بالإضافة إلى الطابق الأول. (المصدر: الكاتب 2013)

5.6 مداخل البرنامج :

1.5.6 الجدول الزمني : Calendrier

يحتوي المعلومات الأساسية لأنماط الأيام وأعدادها وتواريخها :

وفي حالتنا الجدول الزمني يحدد يوم المحاكاة (27 يوليو 2012م). شكل (6.6)

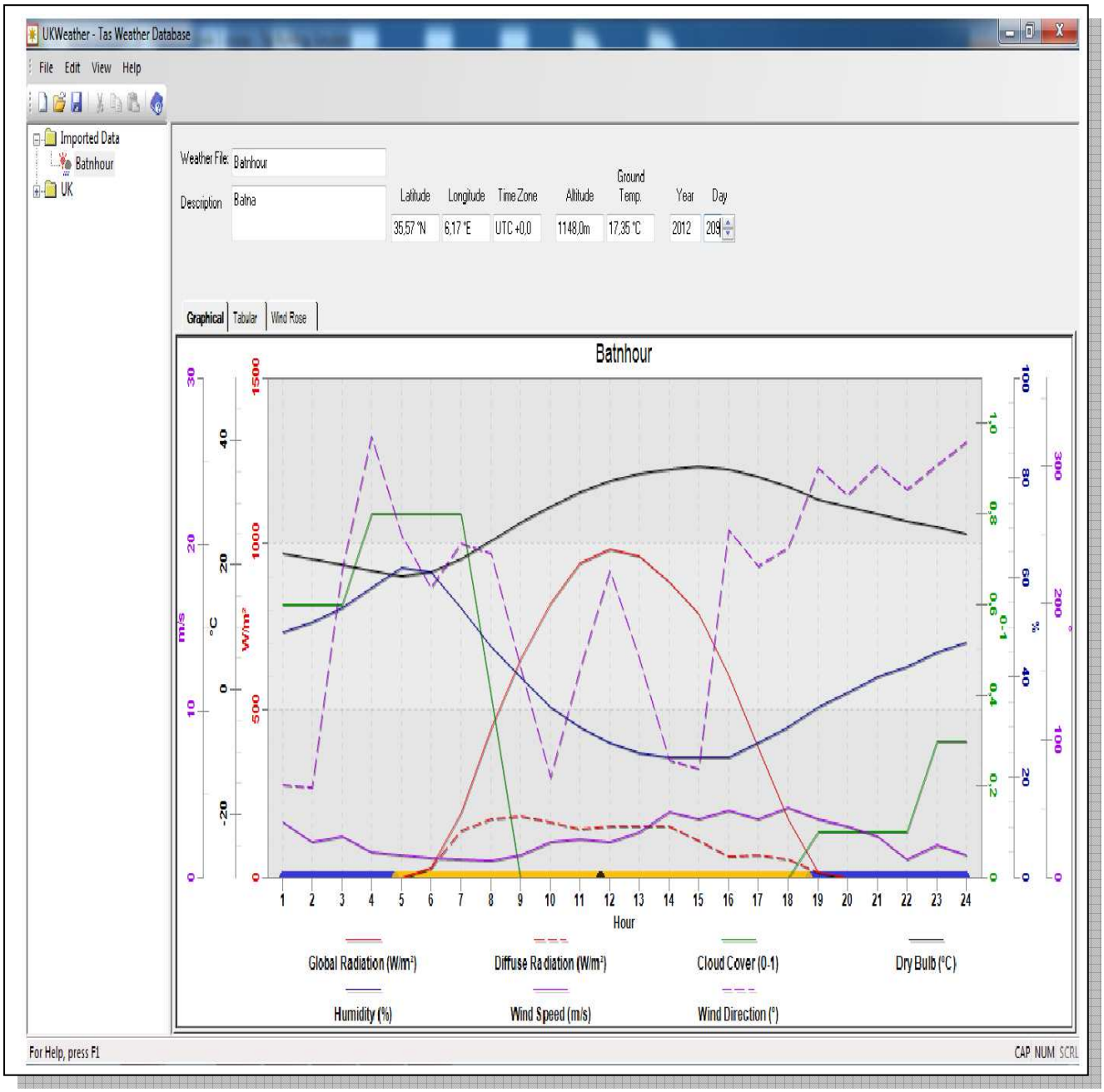


Week	Start Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
11	Mar 12	Mar 13	Mar 14	Mar 15	Mar 16	Mar 17	Mar 18
12	Mar 19	Mar 20	Mar 21	Mar 22	Mar 23	Mar 24	Mar 25
13	Mar 26	Mar 27	Mar 28	Mar 29	Mar 30	Mar 31	Apr 01
14	Apr 02	Apr 03	Apr 04	Apr 05	Apr 06	Apr 07	Apr 08
15	Apr 09	Apr 10	Apr 11	Apr 12	Apr 13	Apr 14	Apr 15
16	Apr 16	Apr 17	Apr 18	Apr 19	Apr 20	Apr 21	Apr 22
17	Apr 23	Apr 24	Apr 25	Apr 26	Apr 27	Apr 28	Apr 29
18	Apr 30	May 01	May 02	May 03	May 04	May 05	May 06
19	May 07	May 08	May 09	May 10	May 11	May 12	May 13
20	May 14	May 15	May 16	May 17	May 18	May 19	May 20
21	May 21	May 22	May 23	May 24	May 25	May 26	May 27
22	May 28	May 29	May 30	May 31	Jun 01	Jun 02	Jun 03
23	Jun 04	Jun 05	Jun 06	Jun 07	Jun 08	Jun 09	Jun 10
24	Jun 11	Jun 12	Jun 13	Jun 14	Jun 15	Jun 16	Jun 17
25	Jun 18	Jun 19	Jun 20	Jun 21	Jun 22	Jun 23	Jun 24
26	Jun 25	Jun 26	Jun 27	Jun 28	Jun 29	Jun 30	Jul 01
27	Jul 02	Jul 03	Jul 04	Jul 05	Jul 06	Jul 07	Jul 08
28	Jul 09	Jul 10	Jul 11	Jul 12	Jul 13	Jul 14	Jul 15
29	Jul 16	Jul 17	Jul 18	Jul 19	Jul 20	Jul 21	Jul 22
30	Jul 23	Jul 24	Jul 25	Jul 26	Jul 27	Jul 28	Jul 29
31	Jul 30	Jul 31	Aug 01	Aug 02	Aug 03	Aug 04	Aug 05
32	Aug 06	Aug 07	Aug 08	Aug 09	Aug 10	Aug 11	Aug 12
33	Aug 13	Aug 14	Aug 15	Aug 16	Aug 17	Aug 18	Aug 19
34	Aug 20	Aug 21	Aug 22	Aug 23	Aug 24	Aug 25	Aug 26
35	Aug 27	Aug 28	Aug 29	Aug 30	Aug 31	Sep 01	Sep 02
36	Sep 03	Sep 04	Sep 05	Sep 06	Sep 07	Sep 08	Sep 09
37	Sep 10	Sep 11	Sep 12	Sep 13	Sep 14	Sep 15	Sep 16

الشكل 6.6 : الجدول الزمني المستخدم calendrier. (المصدر: الكاتب 2013)

2.5.6 ملف المعطيات المناخية : Fichier Météo

من أجل محاكاة الواقع محاكاة دقيقة، نقوم بإدخال نفس الظروف المناخية الخارجية ليوم القياس، وذلك من خلال ملف مناخي يحوي درجة حرارة الهواء الخارجي والرطوبة النسبية وسرعة الرياح واتجاهها وكذلك شدة الإشعاع الشمسي وذلك لكل ساعة، ويبين الشكل (7.6) المعطيات المدخلة ومصدرها محطة الأرصاد الجوية لولاية باتنة.



الشكل 7.6: ملف المعطيات المناخية المستخدم. (المصدر: الكاتب 2013)

3.5.6 عناصر البناء والتشييد : Eléments du Bâtiment et les construction

أثناء التطبيق الأول Tas 3D Modeller يتم تحديد وتسمية مختلف عناصر البناء من جدران وأسقف وفتحات فتظهر كما في الشكل (8.6).

Building Elements

Name	Description	Construction
External Wall		MUR EXTERIEURE
Internal Wall		MUR INTERIEUR
Ground Floor		PLANCHER TOIT
Exposed Floor		COUPOLE
Roof		COUPOLE
null-exposed		
null-floor/Exposed Floor		VITRAGE
null-floor/External Wall-to-unz...		VITRAGE
null-floor-ceiling-to-unzoned		VITRAGE
Null	Null Building Element	
Window FERME-frame		BOIS
Window FERME-pane		VITRAGE
Window MENARET-frame		MUR EXTERIEURE
Window MENARET-pane		MUR EXTERIEURE
Window MENARET SUP-frame		MUR EXTERIEURE
Window MENARET SUP-pane		MUR EXTERIEURE
orifice SOMET-frame		COUPOLE
orifice SOMET-pane		COUPOLE
ORIFICE TOIT-frame		PLANCHER TOIT
ORIFICE TOIT-pane		PLANCHER TOIT
ORIFICE MENARET 1-frame		MUR EXTERIEURE
ORIFICE MENARET 1-pane		MUR EXTERIEURE
Window B G-frame		BOIS
Window B G-pane		VITRAGE
Window B DROITE-frame		BOIS
Window B DROITE-pane		VITRAGE
Window B AR-frame		BOIS
Window B AR-pane		VITRAGE
Window B AV-frame		BOIS
Window B AV-pane		VITRAGE
ORIFICE MENARET 2-frame		MUR EXTERIEURE
ORIFICE MENARET 2-pane		MUR EXTERIEURE
ORIFICE MENARET 3-frame		MUR EXTERIEURE

الشكل 8.6: عناصر البناء المستخدمة. (المصدر: الكاتب 2013)

في التطبيق الثاني Tas Building Simulator يتم تعريف المكونات والخصائص الفيزيائية للعناصر البنائية، ويبرز الجدول (1.6) والجدول (2.6) العناصر البنائية المستخدمة :

العناصر البنائية	المكونات	السمك (ملم)	السمك الإجمالي (ملم)
الجدار الخارجي	تغطية داخلية بالاسمنت / رخام	30 / 15	350 / 335
	القرميد المجوف	100	
	صفيحة الهواء	50	
	قرميد مجوف	150	
	مزيج اسمنت	20	
سقف الأرضية	خزف أرضي	25	200
	طبقة رملية	25	
	خرسانة مسلحة	150	
سقف داخلي	خزف أرضي	25	270
	طبقة رملية	25	
	سقف مجوف	200	
	الجبس	20	
سقف	الجبس	20	270
	سقف مجوف	200	
	عازل لنفاذ الماء	20	
	حصى	30	
الباب	خشب	30	30
إطار خشبي	خشب	50	50
زجاج	زجاج ملون	6	6

الجدول 1.6: مكونات العناصر البنائية المستخدمة . (المصدر: الكاتب 2013)

	الناقلية الحرارية λ= (W/m² °C)	القدرة الحرارية (J/Kg. °C)	الكتلة الحجمية ρ (kg/m3)	معامل مقاومة التبخر	الانعكاس الشمسي		الانعكاس الضوئي		الانبعاثية	
					خارجي	داخلي	خارجي	داخلي	خارجي	داخلي
جبس عادي	0.35	936	960	11	0.6	0.6	0	0	0.9	0.9
قرميد مجوف	0.48	936	900	8	0.28	0.28	0	0	0.93	0.93
خليط اسمنت	1.4	780	1890	19.2	0.6	0.6	0	0	0.9	0.9
خرسانة	1.45	1080	1450	34	0.35	0.35	0	0	0.9	0.9
عازل لنفاذ الماء	0.23	1656	1100	99999	0.11	0.11	0	0	0.25	0.25
حصى	1.2	792	1800	38.4	0.35	0.35	0	0	0.9	0.9
سطح مجوف	1.14	1080	2250	34	0.35	0.35	0	0	0.9	0.9
طبقة رملية	0.6	639	1300	99999	0.3	0.3	0	0	0.9	0.9

	λ (W/m² °C)	معامل مقاومة التبخر	النفاذية الشمسية	انعكاس الشمس		نفاذ الضوء	انعكاس الضوء		الانبعاثية	
				خارجي	داخلي		خارجي	داخلي	خارجي	داخلي
زجاج ملون	1	9999	0.3	0.09	0.09	0.5	0	0	0.5	0.5

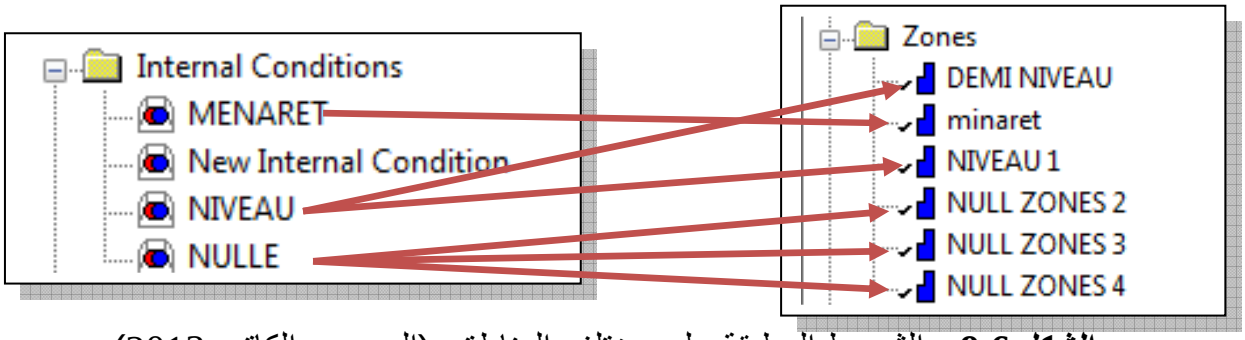
	معامل الحمل Coefficient de Convection (w/m2 °c)	معامل مقاومة التبخر
صفيحة الهواء	1.25	1

الجدول 2.6: الخصائص الحرارية للعناصر البنائية المستخدمة. (المصدر: الكاتب 2013)

4.5.6 الشروط الداخلية : Les condition internes

ويستخدم هذا التطبيق الملحق من أجل إدراج الربح الطاقوي الداخلي لكل منطقة بنوعيه الربح الطاقوي المحسوس، والربح الطاقوي الكامن، سواء من المستخدمين أو الناتج من استخدام الأجهزة وكذلك الربح الطاقوي الناتج عن التهوية، والإضاءة، ويمكن التحكم في مصادر الربح من خلال إدراج التطبيق الملحق الخاص بالسيناريوهات Scénarios ، من أجل محاكاة أكثر دقة .

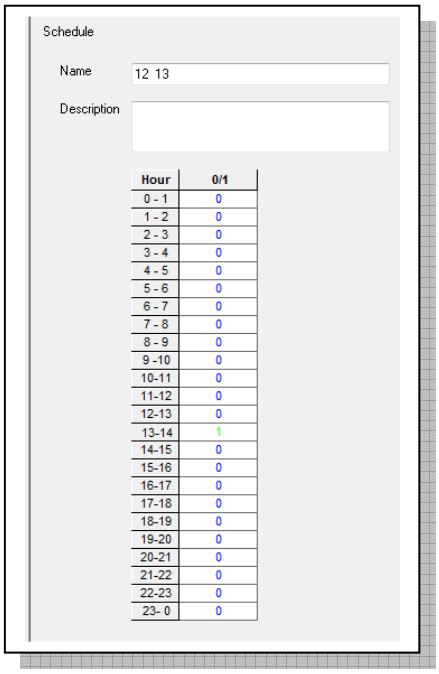
ويتم التحكم في درجة الحرارة النسبية لأية منطقة باستخدام أيقونة منظم الحرارة والرطوبة Thermostat. قمنا في حالتنا باستخدام 04 أنماط من الظروف الداخلية كما يظهره الشكل (6-9).



الشكل 9.6: الشروط المطبقة على مختلف المناطق. (المصدر: الكاتب 2013)

5.5.6 التطبيق الملحق الخاص بالسيناريوهات : Les scénarios

ويستخدم للتحكم في التوزيع الزمني لمصادر الربح الطاقوي الداخلي، والتحكم في الفتحات، وكذلك المنظم الحراري. وقد استخدمنا في حالتنا 03 أنواع :



12:30 -13:00 (7000) مصلي.

13:00 -14:00 (14000) مصلي.

20:30 -22:00 (14000) مصلي.

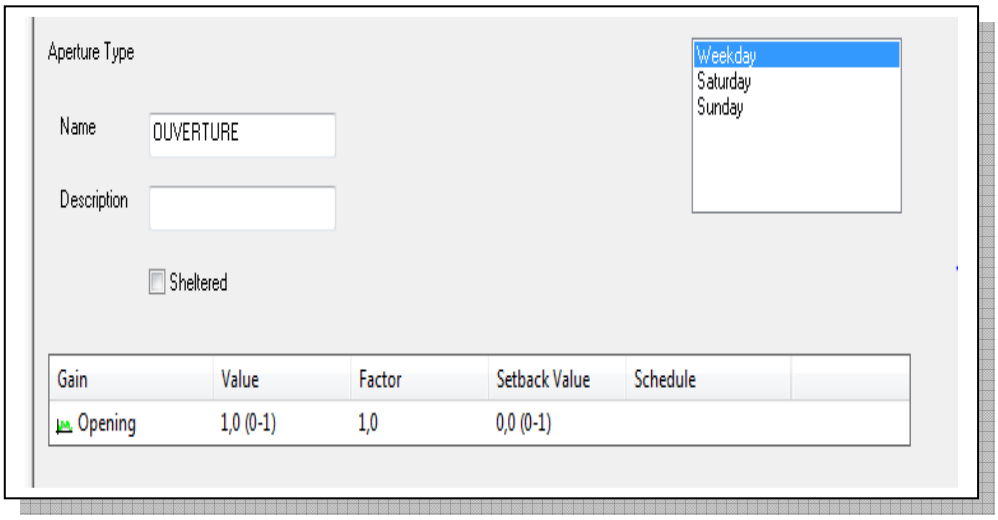
الشكل 10.6: برنامج الحالات. (المصدر: الكاتب 2013)

6.5.6 نمط الفتحات : Type d'Apertures

هذه الخدمة تسمح بالتحكم في التهوية الطبيعية، ونمط الفتحات هنا هو عبارة عن فتحة في جدار أو سقف، والتي يمكن للهواء أن يتخللها، ويمكن إدراج هذه الميزة في أي عنصر بنائي، ويقوم البرنامج بحساب حركة الهواء من والى الفتحة تلقائيا بما في ذلك تأثيرها على الأداء الحراري بمختلف عناصره.

في دراستنا وبهدف الوصول إلى أفضل تقنية للتهوية والتبريد الطبيعي، نقوم بفتح مداخل الهواء في قاعدة المآذن، وكذلك استحداث فتحات على مستوى القباب والسقف، إضافة إلى النوافذ على مستوى الجدران والموجودة مسبقا.

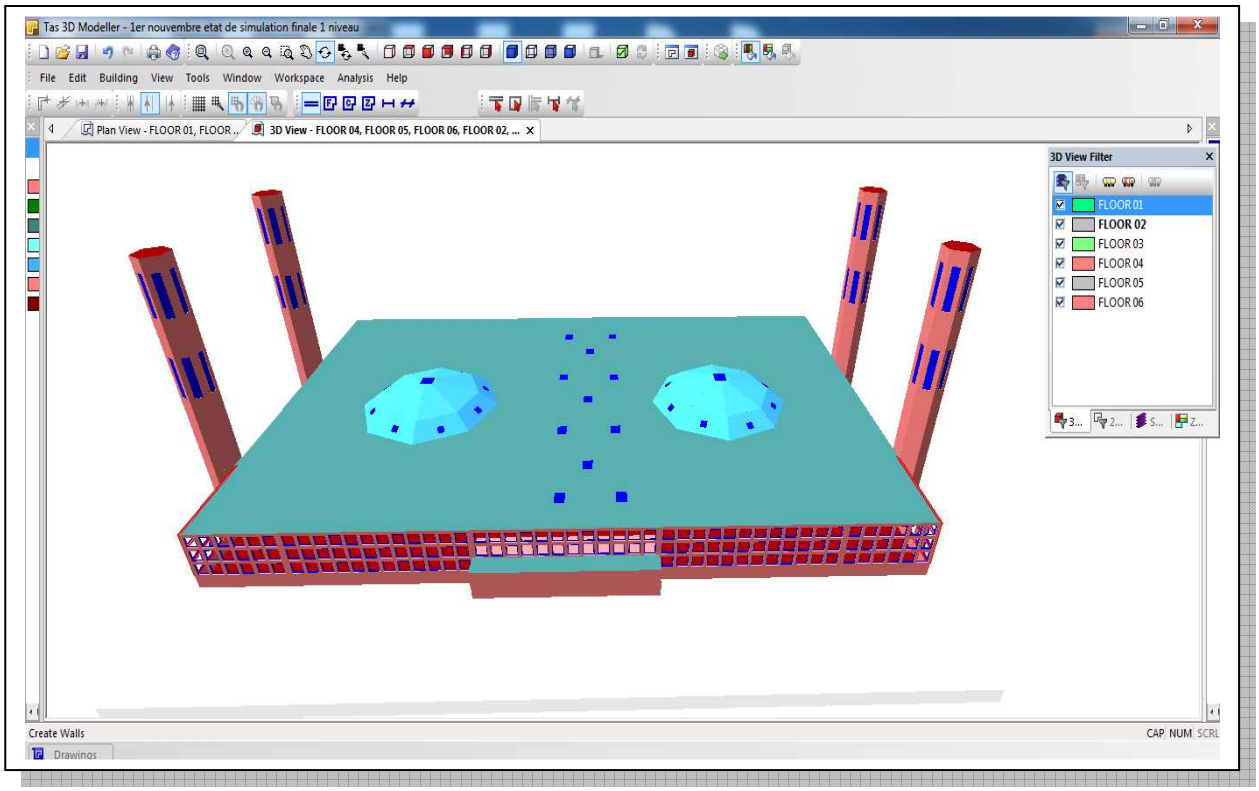
ونقوم في كل وضعية من الوضعيات المدروسة بفتح الفتحات المطلوبة وفقا لما تتطلبه كل حالة، بما في ذلك النوافذ العلوية للمآذن، والتي يهدف فتحها إلى سحب الهواء الخارجي إلى الداخل أما فتحات السقف فيهدف فتحها إلى إخراج الهواء.



الشكل 11.6: نوع الفتحات. (المصدر: الكاتب 2013)

الفتحات	نوافذ الجدران	النوافذ العلوية للمآذن	المخارج السفلية للمآذن	مخارج السقف	مخارج رقبة القبة	مخارج ذروة القبة
مساحة الوحدة	2.25 م^2	6×5 =30م^2	3×2.8 =8.4 م^2	2.25 م^2	2.25 م^2	4 م^2

الجدول 3.6: الفتحات المستخدمة. (المصدر: الكاتب 2013)



الشكل 12.6: توزيع الفتحات في المشروع .

(المصدر: الكاتب 2013)

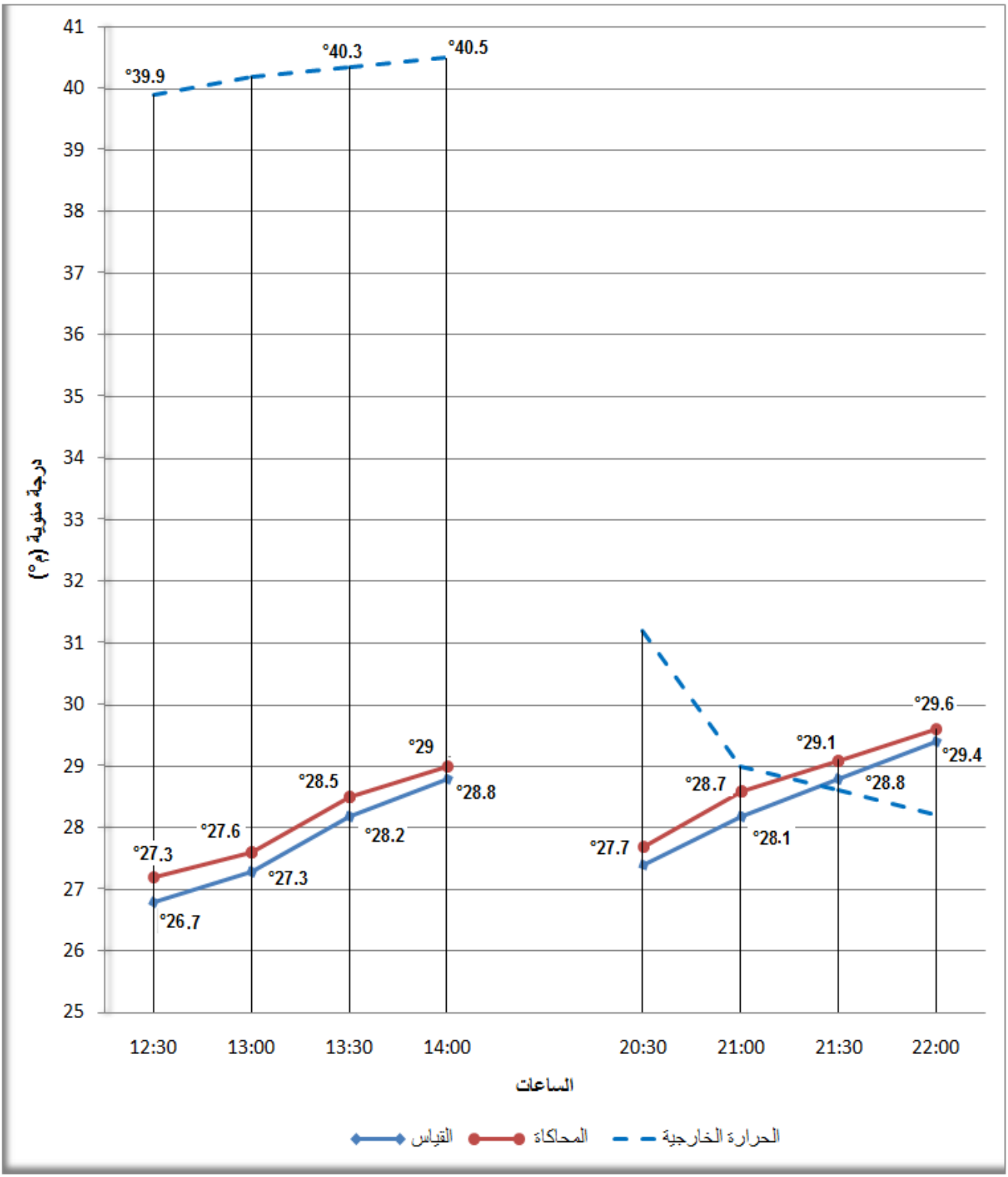
6.6 النتائج وتحليلها :Résultats et Analyse

تظهر نتائج المحاكاة في Resulte View بشكل منحنيات بيانية أو في شكل جداول توضح التغيرات الساعية لدرجات حرارة الهواء والرطوبة النسبية.

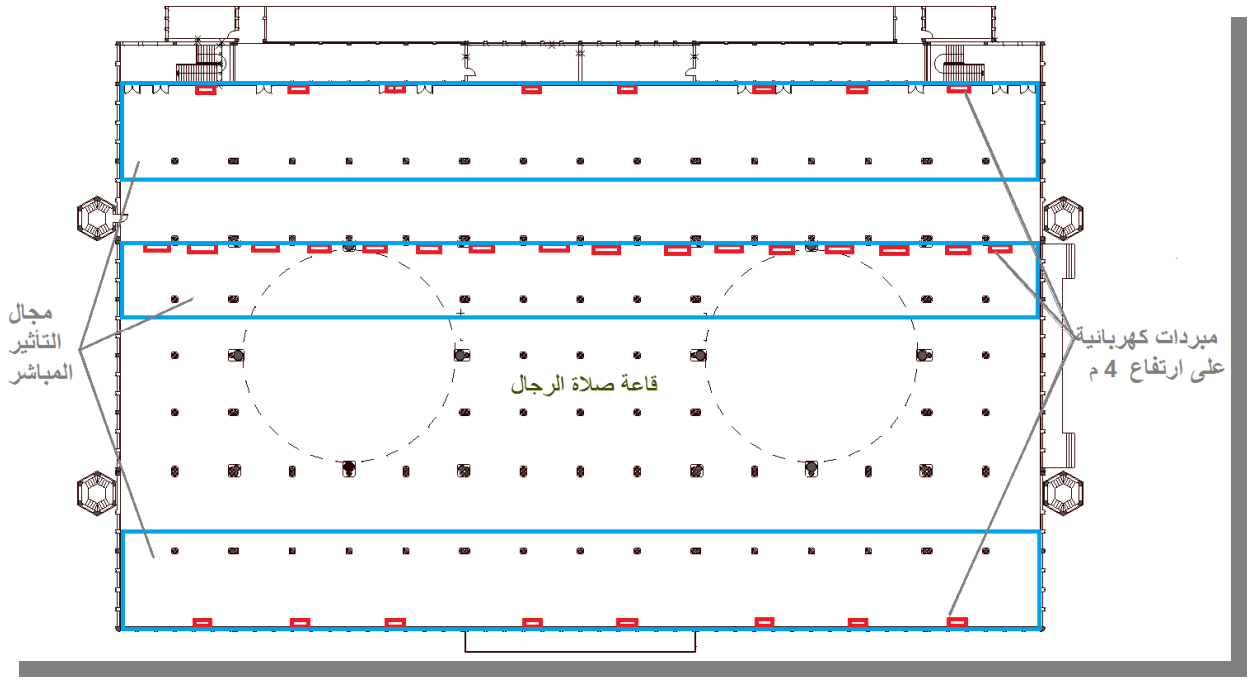
كما يمكن استخدام تطبيق Ambien لتحديد سرعة الهواء على مستوى مقطع معين.

1.6.6 المرحلة الأولى (مقارنة نتائج المحاكاة مع نتائج القياس) :

من أجل مقارنة نتائج المحاكاة مع نتائج القياس نقوم بإخضاع المشروع في المحاكاة لنفس المعطيات المناخية، ونفس الشروط الداخلية من ربح حراري وتكييف آلي ، ومن ثم مقارنة تغيرات درجات الحرارة في مركز قاعة الصلاة عند مستوى المصلين، ويظهر توزيع مواضع التكييف في المسقط الأفقي لقاعة الصلاة في الشكل (14.6).و يظهر الشكل (13.6) مقارنة بين نتائج القياس ونتائج المحاكاة لحرارة الهواء الداخلي وسط قاعة الصلاة .



الشكل 13.6: مقارنة نتائج القياس ونتائج المحاكاة لحرارة الهواء الداخلي.
(المصدر: الكاتب 2013)



الشكل 14.6: توزيع مواضع التكييف الآلي في المسقط الأفقي لقاعة الصلاة.
(المصدر: الكاتب 2013)

تظهر نتائج قياس ومحاكاة حرارة الهواء (T_a) Température ambiante Intérieure أن هناك فوارق حرارية كبيرة بين الداخل والخارج وذلك بفعل استخدام التكييف الآلي .

تتجاوز حرارة الهواء الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5° م [1] أثناء صلاة الجمعة ابتداء من الساعة 13:30 لتصل أعلى قيمة عند29°م، في حين تتجاوز حد الراحة الحرارية أثناء صلاة التراويح ابتداء من الساعة 21:00 لتسجل أعلى قيمة عند 29.6°م .

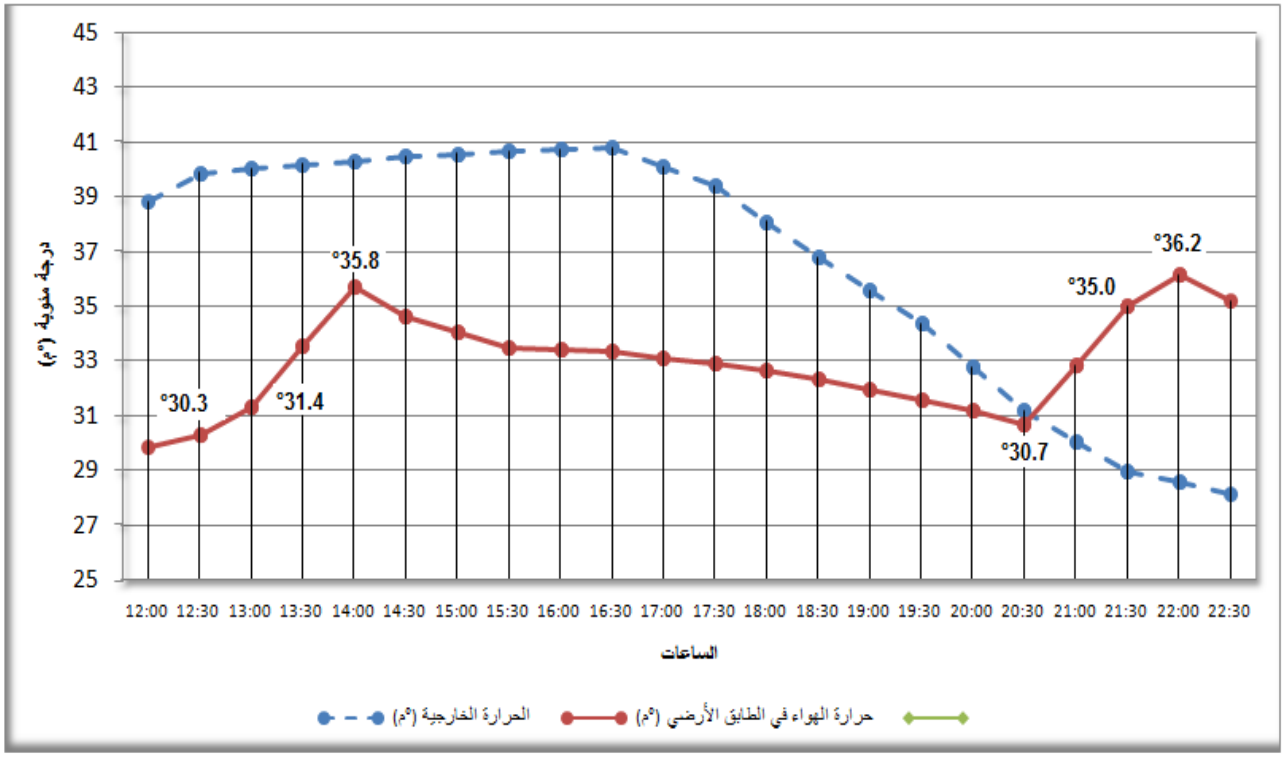
ويعود سبب ارتفاع الحرارة إلى الربح الحراري الهائل الناتج عن عدد المصلين والذي يبلغ متوسط 7000 مصلي بين 12:30 و 13:00 ، أي بمقدار ربح حراري داخلي مقداره 805000 w ويبلغ متوسط 14000 مصلي في الأوقات (13:00 - 14:00) بربح حراري مقداره w1.610.000 و في الفترة (20:30 - 22:00) بمقدار 1.890.000 w.

نتائج المقارنة الظاهرة في الشكل تظهر تغيرا متماثلا بين المحاكاة والقياس لدرجات حرارة الهواء مع فارق وصل في حده الأقصى إلى 0.6°، وهو ما يدعم كفاءة استخدام هذا البرنامج في محاكاة موضوع الدراسة وبالتالي في تقييم تقنيات التهوية الطبيعية في المرحلة الثانية .

[1] **ASHRAE Standard 55,** (2004). « *Thermal Environment Conditions for Human Occupancy* », American Society of Heating. Refrigerating & Air-Conditioning Engineers. Inc. Atlanta. USA.

2.6.6 المرحلة الثانية : (تقييم المستوى الحراري بدون تهوية - الوضعية 01 -)

من أجل تقييم تأثير الربح الحراري الخارجي والداخلي على الحرارة الداخلية في قاعة الصلاة،نقوم بغلق جميع مصادر التهوية بنوعيها الطبيعية والآلية، ونقتصر على التسرب الهوائي فقط، وقد سجلت النتائج في الشكل (15.6).



الشكل 15.6: التغيرات في درجات الحرارة في قاعة الصلاة - الوضعية 01-
(المصدر: الكاتب 2013)

نلاحظ أن التغير في درجات حرارة الهواء الداخلية Température ambiante Intérieure (T_a) بشكل عام يتأثر بالحرارة الخارجية، باستثناء فترتين تعرفان ارتفاعا كبيرا وهما :

1- صلاة الجمعة :

نلاحظ من خلال تتبعنا للتغيرات الحرارية أن حرارة الهواء الداخلي تزداد بشكل كبير مع بداية توافد المصلين على الساعة 12:30 ، حيث يرجح أن يبلغ متوسط عدد المصلين 7000 مصلي بين الساعة 12:30 و 13:00 . أي بمقدار ربح حراري داخلي مقداره (W 805000) ، حيث يبلغ ميل البيان في هذا المجال 1.1° خلال نصف ساعة فتبلغ الحرارة الداخلية 31° بالتزامن مع تسجيل 40° كقيمة للحرارة الخارجية والتي يصل ميل بيانها إلى 0.15°م خلال نفس المجال،الأمر الذي يبرز أن

الربح الحراري الداخلي ساهم بشكل كبير في ارتفاع الحرارة الداخلية ،بالتزامن مع الربح الحراري الخارجي.

يزداد ميل البيان بين الساعة 13:00 و 14:00 ليبلغ 2.2° خلال كل نصف ساعة، فتبلغ الحرارة الداخلية 35.8°بالتزامن مع تسجيل40.3°خارج المبنى،وهو مجال يوافق قيمة متوسطة لعدد المصلين بلغت 14000 مصلي ، أي أن قيمة الربح الحراري تبلغ (1.610.000 W) . وهو ما يؤكد أن الربح الحراري الهائل من قبل المصلين يؤثر بشكل هائل على المستوى الحراري داخل المجال المعماري لقاعة الصلاة.

مع انقضاء الصلاة وانصراف المصلين تعرف الحرارة الداخلية انخفاضا كبيرا مقداره -1.3°م خلال نصف ساعة، بالرغم من أن الحرارة الخارجية تواصل الارتفاع لتسجل 40.5°م ويرجع السبب في ذلك إلى زوال الربح الحراري الداخلي الهائل مع خروج المصلين.

2- صلاة التراويح :

أما أثناء صلاة التراويح فان قاعة الصلاة تمتلئ بعدد المصلين بين الساعة 20:30-22:00.
حيث يبلغ عددهم 14000 مصلي أي بربح حراري مقداره (1.890.000 w).
ونلاحظ أن حرارة الهواء تزداد بمقدار 2.15°م كل نصف ساعة إلى غاية الساعة 21:30 لتسجل 35.0° وهي زيادة مساوية تقريبا للزيادة القصوى أثناء صلاة الجمعة، بالرغم من انخفاض الحرارة الخارجية بمقدار -1.1° كل نصف ساعة خلال نفس المدة لتسجل 30.1° وهو ما يفسر بأن قيمة الربح الحراري أثناء صلاة التراويح يتجاوز مقداره أثناء صلاة الجمعة، بحكم نوعية النشاط من جهة وكذلك الأثر الحراري للطعام (الطاقة اللازمة الهضم).

في المجال 21:30 - 22:00 يستمر الارتفاع في حرارة الهواء ولكن بمقدار زيادة أقل بلغت 1.2°م خلال نصف ساعة ويعود سبب هذا الانخفاض في الزيادة إلى تسجيل الحرارة الخارجية لقيم منخفضة 28.8 °م على الساعة 22:00.

وبالنظر إلى مستوى الراحة الحرارية نجد أنه خلال كامل الفترة الممتدة من 12:00 إلى 22:30 سجلت الحرارة قيما لم تقل عن 29°م،وهي تتجاوز قيمة الحرارة القصوى للراحة الحرارية 28.5 °.

ملاحظة:

لقد تم حساب الربح الحراري الداخلي من قبل المصلين انطلاقا من تصنيف الباحثان Fernandez.p et L. p [2] لقيم الطاقة المصروفة بحسب نشاط الفرد،حيث وجدنا أن المصلي الواحد يصرف أثناء صلاة الجمعة مقدار 115 w في حين يصرف نفس الشخص ما قيمته 135w أثناء صلاة التراويح ، وذلك لتغير نوع النشاط (حالة وقوف) وإضافة الأثر الحراري للطعام (هضم الطعام بعد الإفطار) L'effet thermique des nourriture [3].

3.6.6 المرحلة الثالثة: تقييم تأثير التهوية الأفقية الليلية (الوضعية 02) :

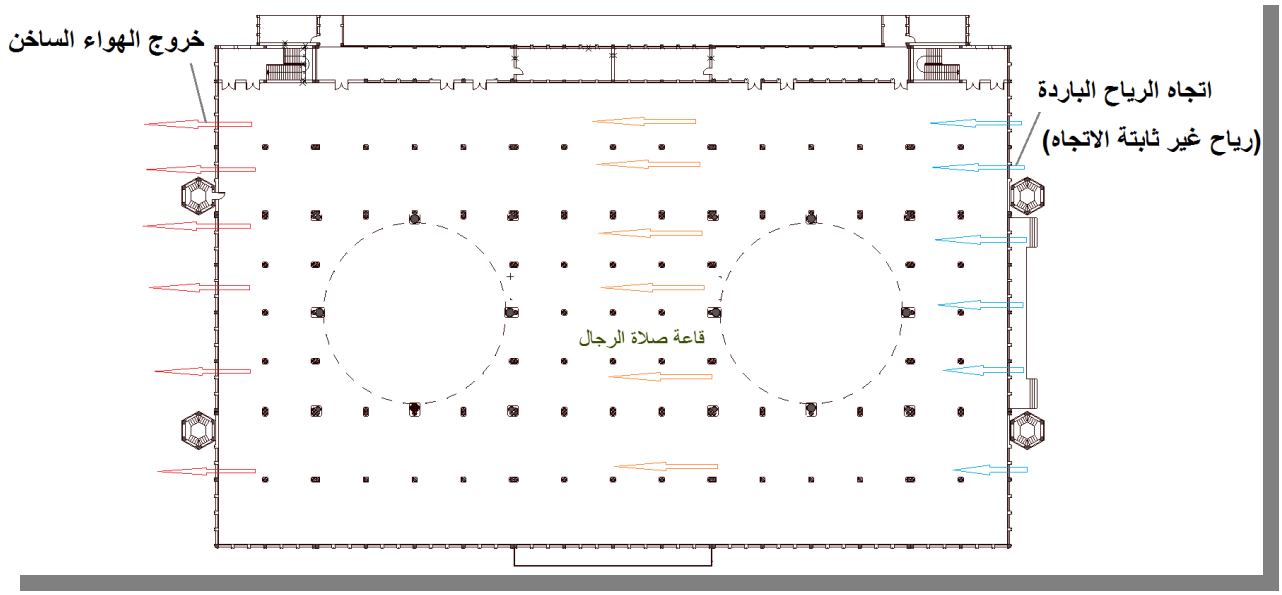
Ventilation transversale

بغرض دراسة تأثير التهوية الطبيعية الأفقية على تبريد المجال الداخلي لقاعة الصلاة قمنا بفتح نوافذ الواجهتين الجانبيتين لجدار القبلة، ولكون ارتفاع قاعة الصلاة 8 م منخفض مقارنة بالطول 100م، قمنا بفتح كل النوافذ السفلية والعلوية للواجهتين المعنيتين.

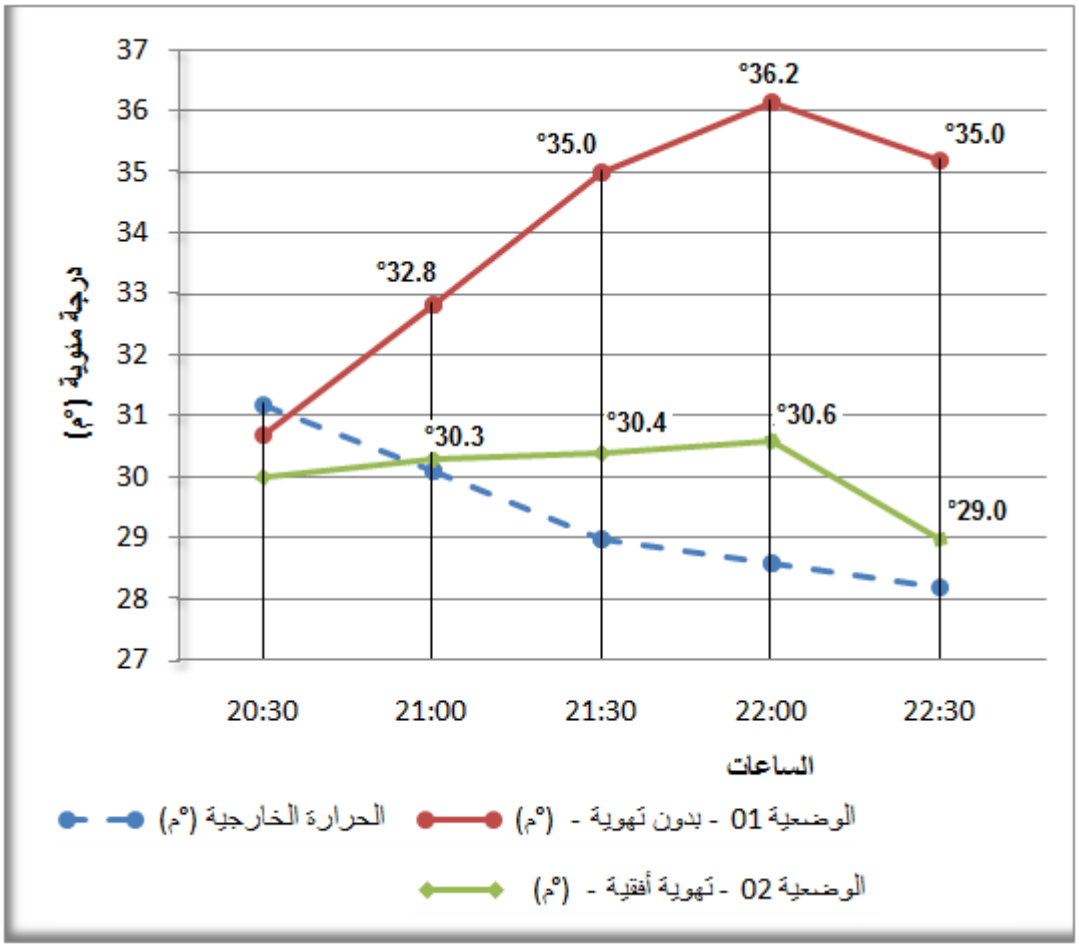
ونظرا لكون حرارة الهواء الخارجية أعلى من الحرارة الداخلية سنلجأ للتهوية الأفقية في الليل فقط، باعتبارها غير ملائمة في النهار.ويبين الشكل (6. 16)، رسما توضيحيا لهذا النوع من التهوية، وقد سجلت النتائج في الشكل (17.6) في شكل مقارنة بين الوضعية 01 وتمثل حالة غياب التهوية ، والوضعية 02 وهي تمثل استخدام التهوية الأفقية.

[2] **Fernandez.p et Lavigne p**,(2009). « Concevoir des batiments bioclimatique.fondements et méthodes ». Moniteur.p93.

[3] www.Familydoctor.org.



الشكل 16.6: رسم توضيحي لمداخل ومخارج الهواء باستخدام التهوية الأفقية.
الوضعية 02- (المصدر: الكاتب 2013)-



الشكل 6-17: مقارنة التغير في درجات الحرارة لصلاة التراويح
الوضعية 01 والوضعية 02. (المصدر: الكاتب 2013)

عند مقارنة نتائج المحاكاة بين استخدام التهوية الأفقية الليلية وحالة عدم التهوية، نجد أن التهوية الأفقية الليلية من شأنها أن تخفض حرارة الهواء داخل قاعة الصلاة، .حيث يمكن تحليل النتائج كما يلي:

في المجال 20:30- 21:00 نجد أن الحرارة الداخلية في حالة التهوية الأفقية تزداد بمقدار 0.3°م لكل نصف ساعة لتسجل 30.3° عند الساعة 21:00 ، وهي زيادة غير كبيرة إذا ما قورنت بالزيادة في حالة عدم التهوية وهي 2.15°م لكل نصف ساعة لتسجل 32.8°م، وذلك بالتزامن مع انخفاض الحرارة الخارجية بمقدار -1.1°م لتسجل 30.1°، وهو ما يؤكد على دور التهوية الأفقية الليلية في خفض الحرارة داخل قاعة الصلاة.

في المجال 21:00-21:30 نجد أن حرارة الهواء الداخلي في حالة التهوية الأفقية تقريبا ثابتة حيث لم تتجاوز الزيادة 0.1°م خلال النصف ساعة، لتسجل 30.4°م وهي قيمة أقل من مثيلتها في حالة عدم التهوية وهي 30.4°م، بالتزامن مع تواصل انخفاض الحرارة الخارجية لتسجل 29°م.

في المجال 21:30-22:00 استمرت الحرارة الداخلية في حالة التهوية الأفقية بالارتفاع وذلك بمقدار 0.2°م، ويرجح أن يكون سبب زيادة مقدار الارتفاع إلى انخفاض تغير الحرارة الخارجية وهو-0.4°م مقارنة بالمجال السابق، لتسجل 28.4°م.

لقد أظهرت النتائج أن التهوية الأفقية الليلية من شأنها أن تخفض درجة حرارة الهواء داخل قاعة الصلاة بشكل كبير حيث يصل الفارق بينها وبين حالة غياب التهوية إلى 5.6°م،عند حدود الساعة 22:00 وظلت درجات الحرارة خلال كامل فترة الصلاة مستقرة نسبيا، وذلك عند حدود 30.6° م، إلا أنها تبقى خارج نطاق الراحة الحرارية لشهر يوليو 28.5°م، والمحسوبة وفق طريقة Humphrey.[1]

[1] **ASHRAE Standard 55,** (2004). « *Op.cit* ».

4.6.6 المرحلة الرابعة : (الدمج بين دعم تدفق الهواء ودعم تبريد الهواء قبل ادخاله بواسطة التبخر)

يعتبر الدمج بين ملاقف الرياح والتهوية الرأسية إحدى أنجع تقنيات التبريد الطبيعي ويظهر ذلك من خلال دراسة الباحثان (Asfour.Gadi 2006) [4] حيث أن دمج النظامين عمل على تحسين تدفق الهواء داخل المبنى، من خلال خلق فوارق في الضغط (مناطق ضغط مرتفع ومناطق ضغط منخفض) ، ومن أجل تقييم فاعلية هذه التقنية وإمكانية استخدامها في تبريد المساجد، قمنا بإجراء بعض التعديلات التي تهدف في مجملها إلى دعم عملية تبريد الهواء قبل دخوله، وكذلك دعم آلية سحبه نحو داخل المبنى وهي كما يلي :

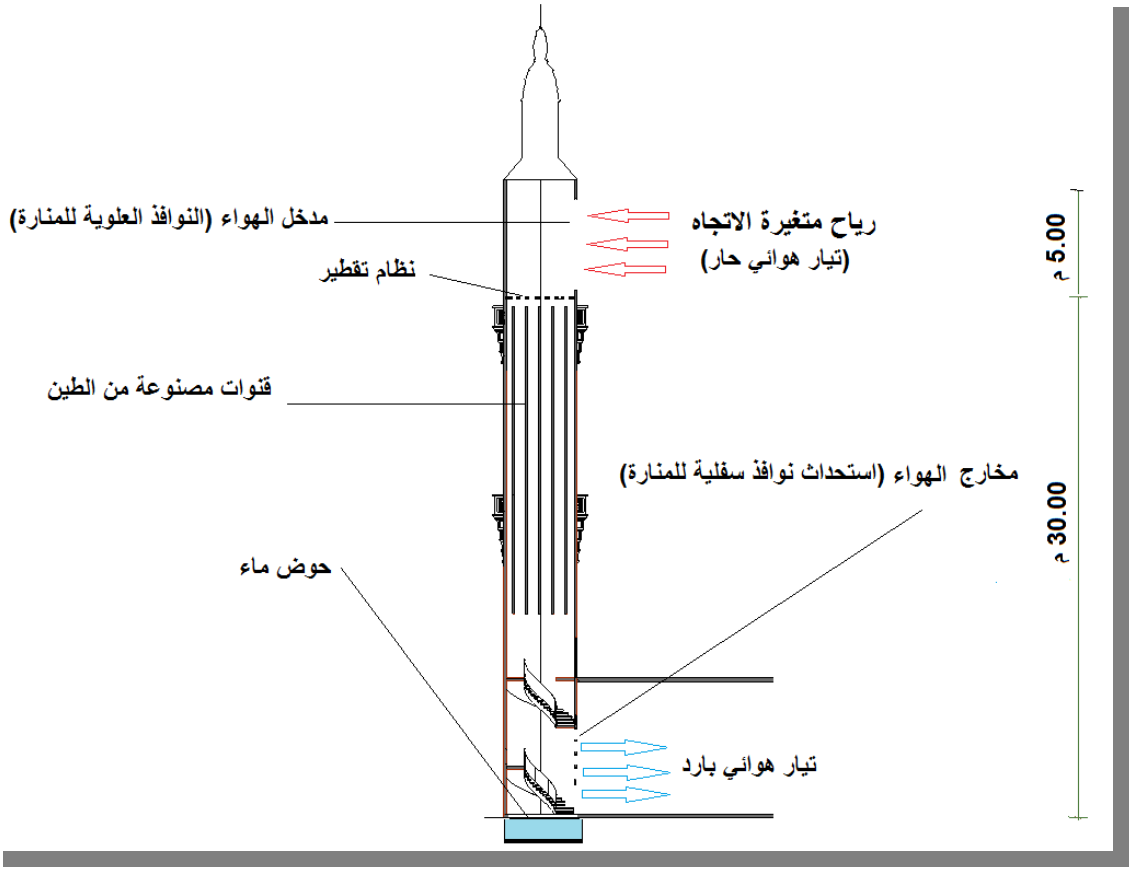
استخدام النوافذ العلوية للمنارات الأربع كمداخل للهواء الخارجي ليخضع لعملية التبريد بالتبخير على مستوى النفق العمودي للمنارات، وذلك قبل دخوله إلى قاعة الصلاة عبر استحداث فتحات إضافية في قاعدة المنارات لتصل مساحتها إلى 8.4 م^2 لكل منارة، وفق إمكانيات هيكلة المنارة، بالإضافة إلى تقسيم البدن العلوي للمنارة على امتداد 10 م إلى قنوات طينية وتزويدها بنظام تبخير ، ووضع حوض مائي أسفل المنارة لزيادة فاعلية التبخير.

وقد أخذنا نتائج الدراسات التي وصلت إليها الباحثة (بوالشحم.ي)[5] كمنطلق وذلك فيما يخص تخفيض حرارة الهواء بمقدار 17.7°م وزيادة الرطوبة النسبية بمقدار52 %نهارا. في حين خفض 10°م يزيد في الرطوبة النسبية بمقدار 15% ليلا.ويبين الشكل (18.6) مختلف هذه التغييرات وكذلك آلية عمل ملقف الرياح (المئذنة).

---

[4] **Asfour O, Gadi M**, (2006). «The operation and function of a ventilation device such can vary depending on the time of the day ». Architect Eng Des Manage. p:289–304.

[5] **Bouchahm Y.Bourbia F.Belhamri A**, (2011). « performance analysis and improvement of the use of wind tower in hot dry climate ».Revew energy.p898-906.

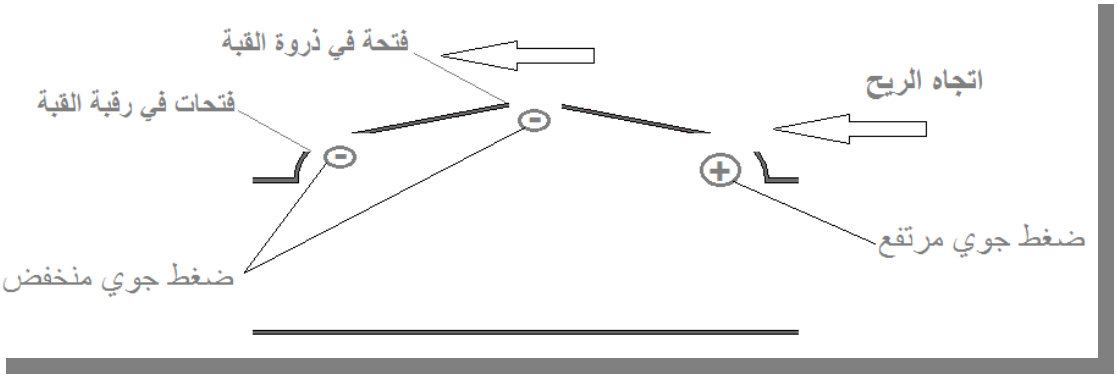


الشكل 18.6: مقطع توضيحي لمئذنة مزودة بنظام تبخير.
(المصدر: الكاتب 2013)

وبخصوص استخدام التهوية الرأسية، ومن أجل تحديد المواضع الرأسية على مستوى القبة قمنا بالاستناد على نتائج دراستين مختلفتين وهما :

دراسة (Faghih و Bahadori)[6] الخاصة بمواضع الفتحات وعلاقتها بضغط الرياح حيث أكدت النتائج على الدور الفعال الذي تؤديه الفتحة العلوية (ذروة القبة) في حركة الهواء بفعل الرياح، باعتبارها مخرجا للهواء، حيث أن هبوب الريح يولد منطقة ضغط مرتفع على مستوى فتحات رقبة القبة المواجهة لجهة هبوب الريح، في حين تتولد منطقة ضغط جوي منخفض على مستوى النافذة العلوية، ويظهر الشكل (19.6) توزيع الضغط الجوي على مستوى القبة بفعل تأثير ضغط الريح.

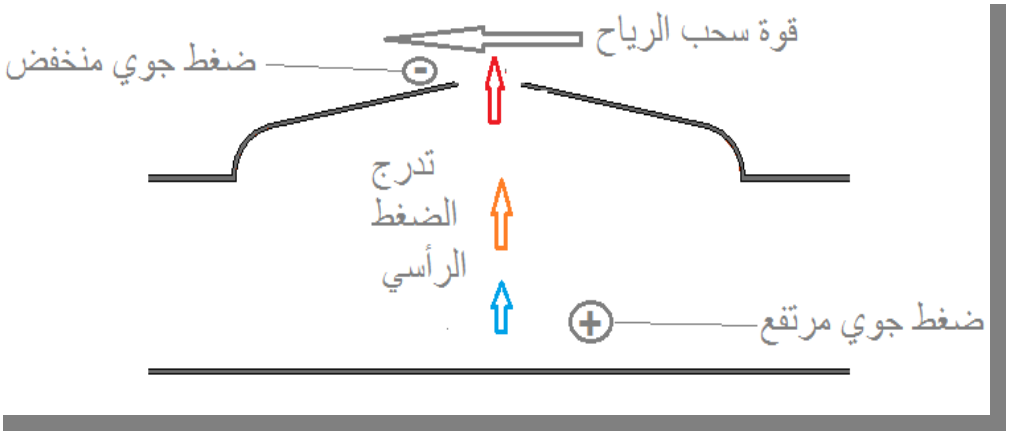
[6] **A. K. Faghih , M. N. Bahadori** ,(2009). « Experemental Investigation of air flow over domed roofs **».** Iranian Journal of Science & Technology. Transaction B. Engineering, Vol. 33, No. B3 .Printed in The Islamic Republic of Iran, pp 207-216.



الشكل 19.6: مقطع توضيحي لتوزيع ضغط الهواء في القبة. (المصدر: الكاتب 2013).

ودراسة (رحال.س و بوالشحم.ي)[7] لمعرفة أفضل وضعية لمخارج الهواء على مستوى القبة، بهدف الوصول إلى أحسن تهوية طبيعية .

وأثبتت النتائج أن أفضل وضعية لمخرج الهواء هو على مستوى ذروة القبة ، باعتبار أن التدرج الرأسي لضغط الهواء (Stratification thermique) الناتج عن التباين في درجة الحرارة، يساعد على التخلص من الهواء الساخن في أعلى القبة ليحل محله هواء أقل حرارة من الطبقة التي تليه باتجاه الأسفل وهكذا إلى غاية مصدر الهواء الأكثر برودة، عند مستوى النوافذ أو أي مصدر آخر للهواء البارد.والشكل (20.6) يظهر آلية إخراج الهواء عبر ذروة القبة بفعل الرياح ونتيجة لفارق الضغط الحراري.



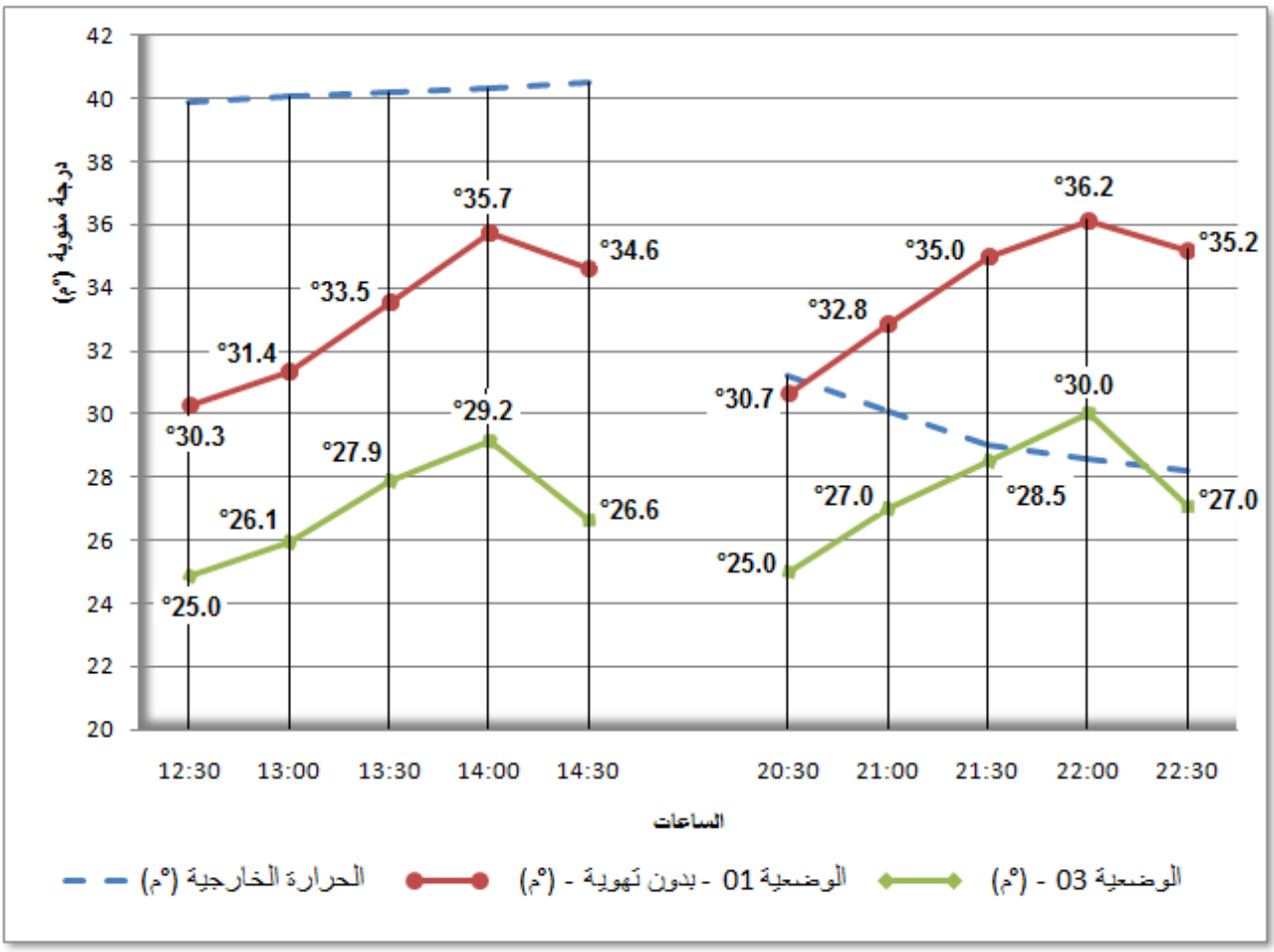
الشكل 20.6: مقطع توضيحي لنظام شفط الهواء عبر استخدام القبة. (المصدر: الكاتب 2013)

[7] **Rahal. Samira,** (2011). «l'impacte de l'atrium sur le confort thermique dans les Bâtiments publiques ». Mémoire *Magistère en Architecture*. Université de Constantine. p175.

وقد تمت المحاكاة وفق الوضعيات التالية :

1.4.6.6 محاكاة الوضعية 03 (مخارج الهواء موزعة بين ذروة كل قبة ورقبتها):

1.1.4.6.6 محاكاة حرارة الهواء :



الشكل 21.6: مقارنة تغير الحرارة بين الوضعية 03 والوضعية 01 لصلاة الجمعة وصلاة التراويح. (المصدر: الكاتب 2013)

من خلال مقارنة نتائج محاكاة الوضعية 03 والوضعية 01 تبين أن هناك تغيرا متماثلا تقريبا مع فارق وصل إلى 1.2° أثناء صلاة الجمعة، ووصل إلى 3.5° أثناء صلاة التراويح وذلك كما يلي :

نلاحظ من خلال تتبعنا للتغيرات الحرارية أن حرارة الهواء الداخلي تزداد بشكل كبير مع بداية توافد المصلين على الساعة 12:30 ، حيث يرجح أن يبلغ متوسط عدد المصلين 7000 مصلي بين الساعة 12:30 و13:00 ، أي بربح حراري داخلي مقداره (805.000 W) .

حيث يبلغ ميل البيان في هذا المجال 1.1° خلال نصف ساعة فتبلغ الحرارة الداخلية 26.1° بالتزامن مع تسجيل 40.0° كقيمة للحرارة الخارجية والتي يصل ميل بيانها إلى 0.15°م خلال نفس المجال، الأمر الذي يبرز أن الربح الحراري الداخلي ساهم بشكل جد ملحوظ في ارتفاع الحرارة الداخلية، بالتزامن مع الربح الحراري الخارجي. لكن الحرارة الداخلية لم تتجاوز الحد الأقصى لمجال الراحة الحرارية 28.5°م، مستفيدة في ذلك من التقنية المقترحة في التبريد حيث تعمل ملاقف الرياح على سحب الهواء من الخارج عبر النوافذ العلوية للمآذن مدعومة بضغط الرياح وعبر مرورها بنظام التبريد بالتبخير تنخفض حرارة الهواء لينتج في النهاية هواء بارد أسفل الملاقف تقل حرارته عن الحرارة الخارجية بمقدار 18°م، وتمثل هذه الفتحات السفلية مناطق ضغط مرتفع بالتزامن مع تشكل مناطق ضغط منخفض عند الفتحات العلوية في القباب، بفعل ضغط الرياح وكذلك التدرج الرأسي للضغط الجوي داخل قاعة الصلاة، فيدخل الهواء البارد من الفتحات السفلية للمآذن ويخرج عبر الفتحات في القباب،وهي التقنية التي عملت على تبريد الحوائط والأسقف قبل دخول المصلين حيث سجلت الحرارة 25.0°م على الساعة 12:30.

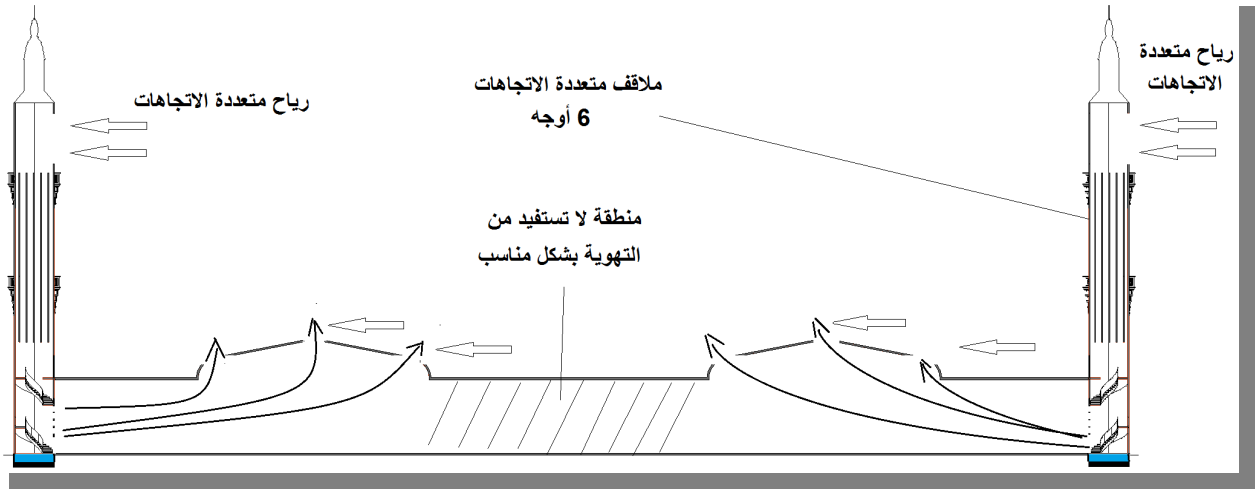
يزداد ميل البيان بين الساعة 13:00 و 13:30، ليبلغ 1.8° لكل نصف ساعة، فتبلغ الحرارة الداخلية 27.9° .وهي حرارة مقبولة ولم تتجاوز الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م. بالتزامن مع تسجيل 40.3° خارج المبنى.وهو مجال يوافق قيمة متوسطة لعدد المصلين تصل إلى 14000 مصلي ، أي أن قيمة الربح الحراري تبلغ (W 1.610.000).

يعود ميل البيان للانخفاض بين الساعة 13:30 و 14:00، ليبلغ 1.3° لكل نصف ساعة، فتبلغ الحرارة الداخلية 29.2°، وهي حرارة تتجاوز الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م، وتقل عن مثيلتها في غياب التهوية بمقدار -3.5°م،ويعود سبب هذا الانخفاض في ميل البيان إلى ارتفاع الحرارة الداخلية وهو ما يشكل منطقة ضغط جوي أكثر انخفاضا عند مخارج الهواء، لتدعم تدفقه من مناطق الضغط المرتفع عند مخارج المآذن.

مع انقضاء الصلاة وانصراف المصلين تعرف الحرارة الداخلية انخفاضا شديدا مقداره -2.6°م خلال نصف ساعة، بالرغم من أن الحرارة الخارجية تواصل الارتفاع لتسجل 40.5°م ويرجع السبب في ذلك إلى زوال الربح الحراري الداخلي الهائل مع خروج المصلين.

أما أثناء صلاة التراويح فان قاعة الصلاة تمتلئ بعدد المصلين بين الساعة 20:30 و22:00. حيث يبلغ عددهم 14000 مصلي أي بربح حراري مقداره (w1.890.000) . ونلاحظ أن حرارة الهواء تزداد بمقدار2.0°م كل نصف ساعة إلى غاية الساعة 21:00 لتسجل 27.0° وهي حرارة مقبولة ولم تتجاوز الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م . ويتزامن ذلك مع انخفاض الحرارة الخارجية بمقدار -1.1° كل نصف ساعة خلال نفس المدة لتسجل 30.1°.

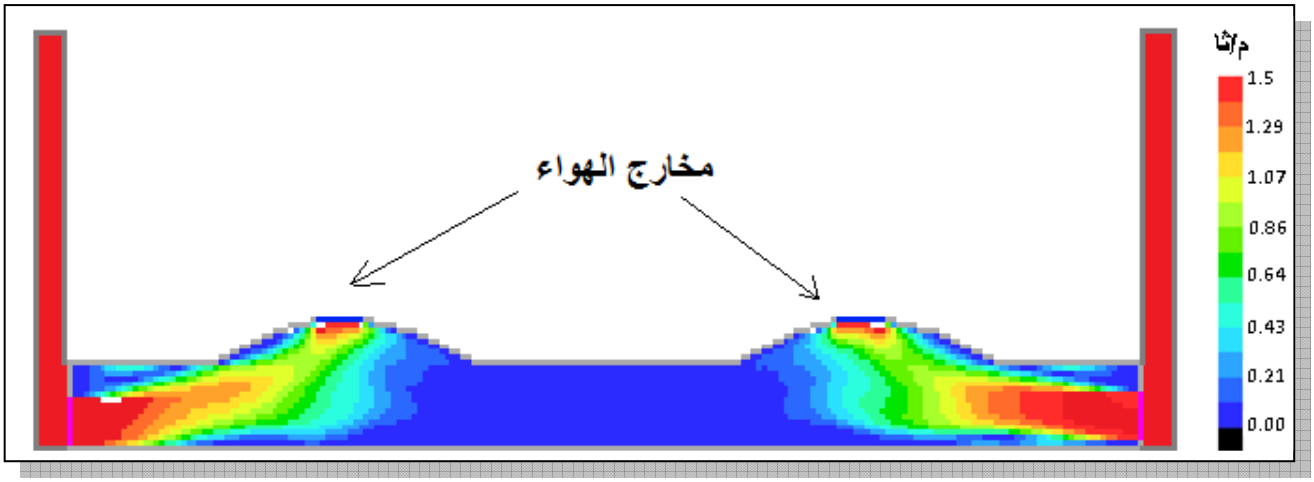
يعود ميل البيان للانخفاض بين الساعة 21:00 و 22:00 .ليبلغ 1.5° لكل نصف ساعة.فتبلغ الحرارة الداخلية 30.0° .وهي حرارة تتجاوز الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م، وتقل عن مثيلتها في غياب التهوية بمقدار -6.2°م.ويعود سبب هذا الانخفاض في ميل البيان إلى ارتفاع الحرارة الداخلية وهو ما يشكل منطقة ضغط جوي أكثر انخفاضا عند مخارج الهواء على مستوى القباب لتدعم تدفقه من مناطق الضغط المرتفع عند مخارج المآذن.بالإضافة إلى تأثير الهواء البارد الخارجي على حرارة الأسطح. ويوضح الشكل(22.6) آلية التهوية في الحالة 03 .



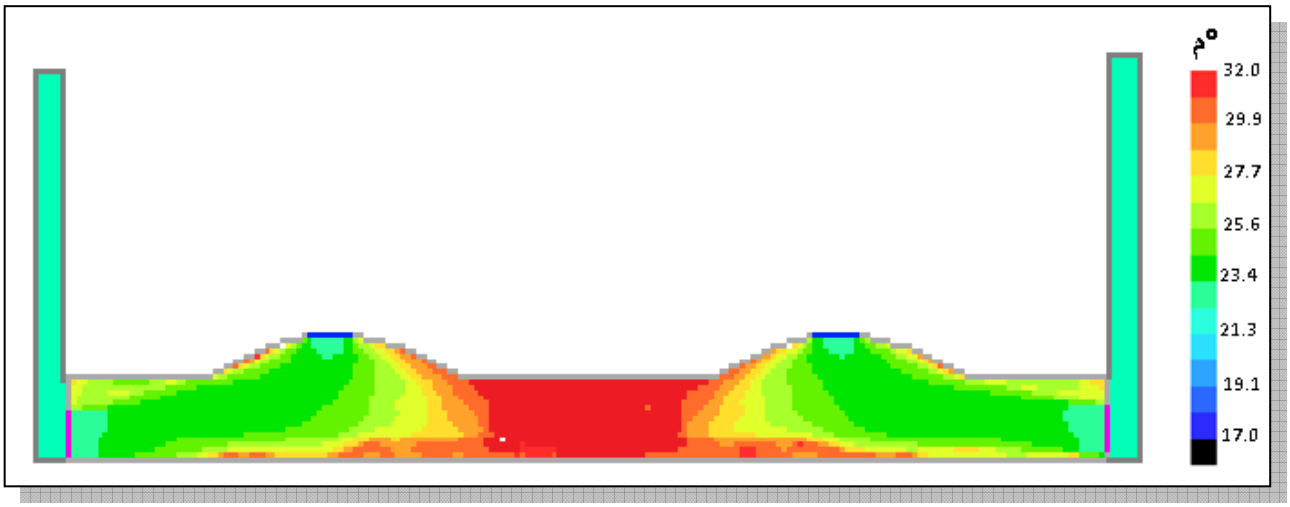
الشكل 22.6: آلية التهوية في الوضعية 03. (المصدر: الكاتب 2013)

2.1.4.6.6 محاكاة حركة الهواء :

انطلاقا من النتائج المحصل عليها من تطبيق Tas Results Viewer والذي يشمل (حرارة الهواء الداخلي وحرارة الأسطح وتدفق الهواء والرطوبة النسبية...) يمكن محاكاة حركة الهواء في ساعة محددة، وفي مقطع معين، وذلك باستخدام التطبيق Ambien من خلال إدراج مختلف النتائج السابقة والخاصة بالمقطع المختار.



الشكل 23.6: مستويات سرعات الهواء الموافق للوضعية 03. (المصدر: الكاتب 2013)



الشكل 24.6: مستويات حرارة الهواء للوضعية 03 . (المصدر: الكاتب 2013)

إن وجود مخارج الهواء على مستوى القباب يؤثر في حركة الهواء حيث يلاحظ تدفق الهواء نحو الأعلى (الهواء الساخن).ليسمح بدخول الهواء البارد من ملاقف الرياح (المآذن).وتفسر هذه الحركة بتشكل منطقة للضغط الجوي المنخفض عند مخارج القباب نتيجة لصعود الهواء الساخن والخفيف فيخرج الهواء عبر فتحات القباب،مدعوما أيضا بضغط الرياح وتسمى الظاهرة بآلية الشفط الحراري Tirage thermique ، في حين تقع منطقة الضغط الجوي المرتفع عند المخارج السفلى للملاقف ، وهي مصدر الهواء البارد.

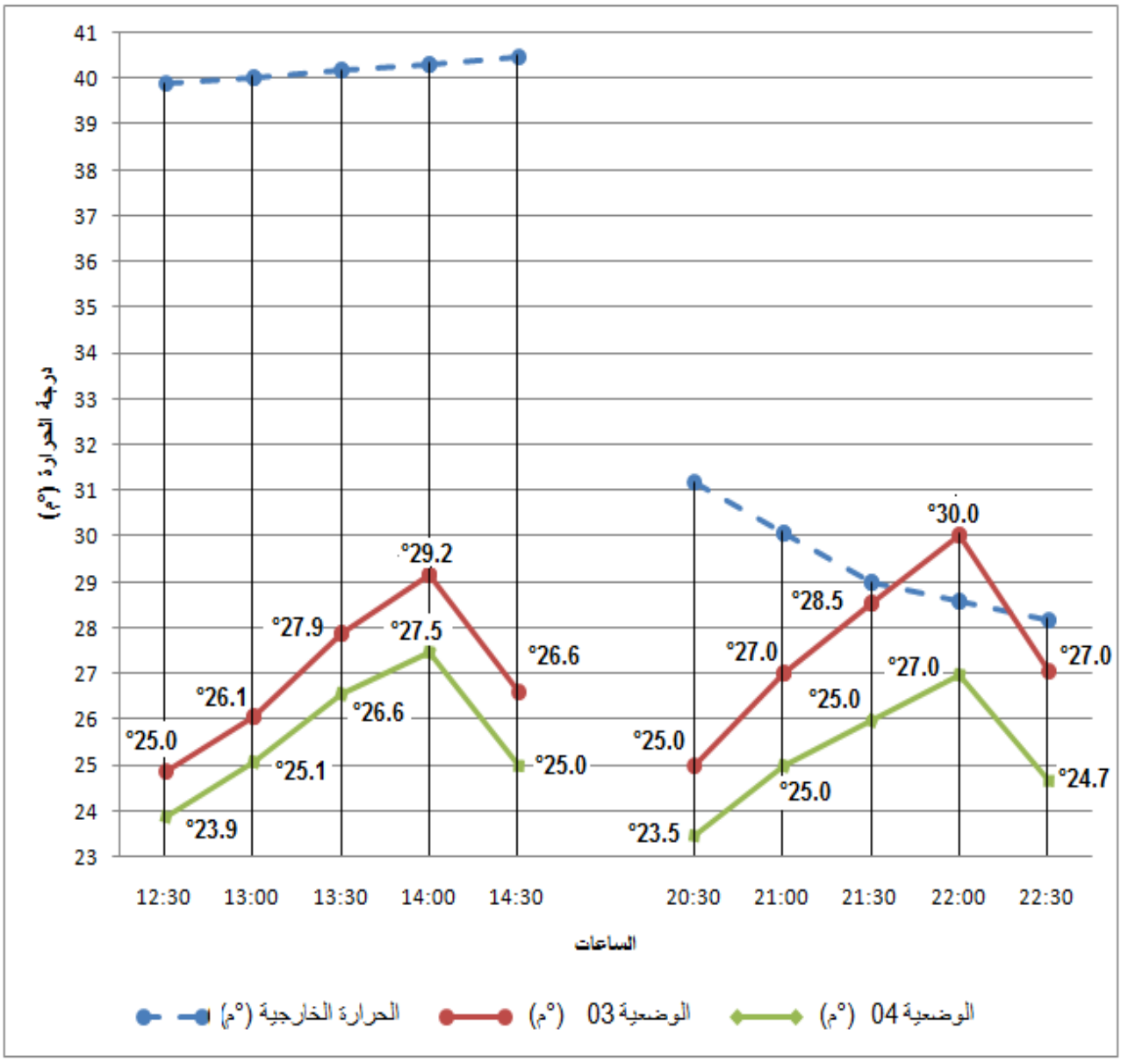
وهو ما يسمح بتهوية المناطق الواقعة بين الملاقف والقباب، حيث متوسط سرعة الهواء فيها عند مستوى المصلين هو 0.35 م/ثا وتنخفض الحرارة بها لتتراوح بين 24°م و 27°م. في حين تبقى المنطقة الوسطى الواقعة بين القبتين غير متأثرة بحركة الهواء باستثناء تيارات الحمل المهملة وهي أقل من0.1 م/ثا. لتصل الحرارة بها لمستويات مرتفعة 32°م.

2.4.6.6 محاكاة الوضعية 04

(مخارج الهواء موزعة بين ذروة كل قبة وعلى طول المحور العرضي لقاعة الصلاة) :

استحداث فتحات على مستوى ذروتي القبتين وعلى طول المحور العرضي للسقف وسط قاعة الصلاة وذلك وفق ما تسمح به هيكلة السقف (بنفس مساحة الوضعية 03).

2.4.6.6.1 محاكاة حرارة الهواء :



الشكل 25.6: مقارنة التغير في درجات الحرارة.
- الوضعية 03 والوضعية 04. (المصدر: الكاتب 2013)

من خلال منحنيات التغير الحراري على مستوى المصلين في قاعة الصلاة يظهر بوضوح انخفاض الحرارة الكبير في حالة الوضعية 04 (استخدام الملاقف مع فتح مخارج في القباب والسقف) مقارنة بالحالة 03 (استخدام الملاقف مع فتح القباب فقط) ، وذلك كما يلي :

نلاحظ من خلال تتبعنا للتغيرات الحرارية أن حرارة الهواء الداخلي تزداد بشكل كبير مع بداية توافد المصلين على الساعة 12:30 ، حيث يرجح أن يبلغ متوسط عدد المصلين 7000 مصلي بين الساعة 12:30 و13:00 ،أي بربح حراري داخلي مقداره (W 805.000) .
حيث يبلغ ميل البيان في هذا المجال 1.2° خلال نصف ساعة فتبلغ الحرارة الداخلية 25.1° بالتزامن مع تسجيل 40.0° كقيمة للحرارة الخارجية والتي يصل ميل بيانها إلى 0.15°م خلال نفس المجال،الأمر الذي يبرز أن الربح الحراري الداخلي ساهم بشكل جد ملحوظ في ارتفاع الحرارة الداخلية .بالتزامن مع الربح الحراري الخارجي،وهي حرارة ملائمة حيث لم تتجاوز الحد
الأقصى لمجال الراحة الحرارية 28.5°م، مستفيدة في ذلك من التقنية المقترحة في التبريد حيث تعمل الملاقف على سحب الهواء من الخارج عبر النوافذ العلوية مدعومة بضغط الرياح وعبر مرورها بنظام التبريد بالتبخير تنخفض حرارة الهواء لينتج في النهاية هواء بارد أسفل الملاقف، تقل حرارته عن الحرارة الخارجية بمقدار 18°م.وتمثل هذه الفتحات السفلية مناطق ضغط مرتفع بالتزامن مع تشكل مناطق ضغط منخفض عند الفتحات العلوية في القباب وعلى مستوى المحور الأفقي للسقف، بفعل ضغط الرياح وكذلك التدرج الرأسي للضغط الجوي داخل قاعة الصلاة ،حيث يدخل الهواء البارد من الفتحات السفلية للمآذن ويخرج عبر الفتحات في القباب، وهي التقنية التي عملت على تبريد الحوائط والأسقف قبل دخول المصلين حيث سجلت الحرارة 25.0°م على الساعة 12:30.

يزداد ميل البيان بين الساعة 13:00 و 13:30.ليبلغ 1.5° خلال نصف ساعة، فتبلغ الحرارة الداخلية 26.6° وهي حرارة ملائمة ولم تتجاوز الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م، بالتزامن مع تسجيل 40.3° خارج المبنى،وهو مجال يوافق قيمة متوسطة لعدد المصلين تصل إلى 14000 مصلي ،أي أن قيمة الربح الحراري تبلغ (W 1.610.000).

يعود ميل البيان للانخفاض بين الساعة 13:30 و 14:00.ليبلغ 0.9° لكل نصف ساعة، فتبلغ الحرارة الداخلية 27.5° وهي حرارة مناسبة لم تتجاوز الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م،وتقل عن مثيلتها في الوضعية 03 (مخارج في القباب فقط) بمقدار ميل يصل-0.4°م. ويعود

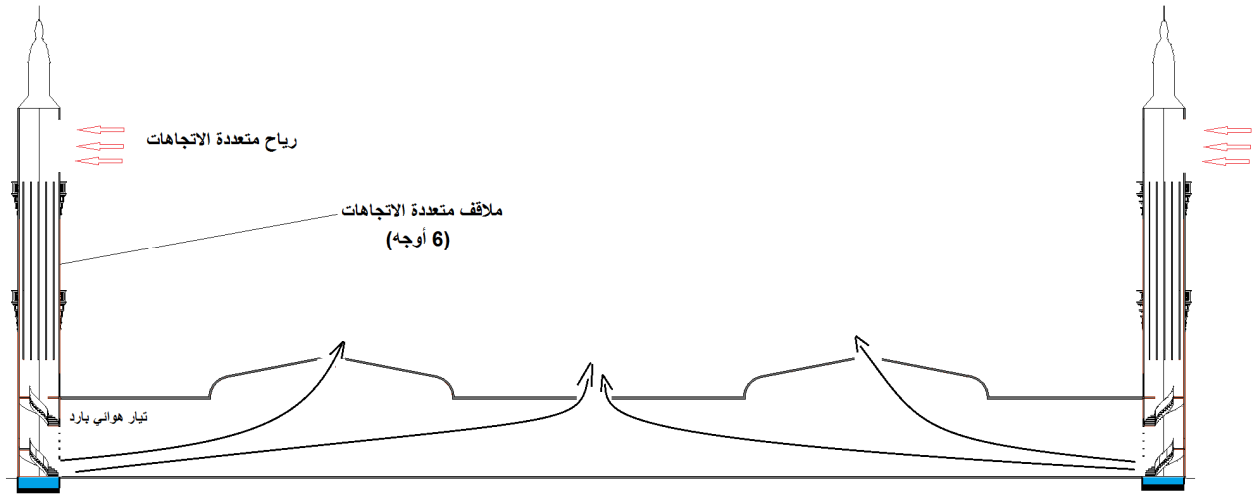
السبب في ذلك إلى عمل المخارج وسط قاعة الصلاة على التخلص من الهواء الساخن في المنطقة الوسطى، وبالتالي تنخفض الحرارة المتوسطة لكامل قاعة الصلاة.

مع انقضاء الصلاة وانصراف المصلين تعرف الحرارة الداخلية انخفاضا شديدا مقداره -2.5°م لكل نصف ساعة، بالرغم من أن الحرارة الخارجية تواصل الارتفاع لتسجل 40.5°م ويرجع السبب في ذلك إلى زوال الربح الحراري الداخلي الهائل مع خروج المصلين.

أما أثناء صلاة التراويح فان قاعة الصلاة تمتلئ بعدد المصلين بين الساعة 20:30 و 22:00.
حيث يبلغ عددهم 14000 مصلي أي بربح حراري مقداره (1890000 w).
ونلاحظ أن حرارة الهواء تزداد بمقدار 1.5°م كل نصف ساعة، إلى غاية الساعة 21:00، لتسجل 25.0° وهي حرارة مقبولة ولم تتجاوز الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م. ويتزامن ذلك مع انخفاض الحرارة الخارجية بمقدار -1.1° كل نصف ساعة خلال نفس المدة لتسجل 30.1°.

يعرف ميل البيان انخفاضا بين الساعة 21:00 و 22:00.ليبلغ 1.0° لكل نصف ساعة.فتبلغ الحرارة الداخلية 27.0° ،وهي حرارة مقبولة ولم تتجاوز الحد الأقصى للراحة الحرارية 28.5°م. وتقل عن مثيلتها في الوضعية 03 بمقدار -3° م،ويعود سبب هذا الانخفاض في ميل البيان إلى ارتفاع الحرارة وهو ما يشكل منطقة ضغط جوي أكثر انخفاضا عند مخارج الهواء لتدعم تدفقه من مناطق الضغط المرتفع عند مخارج المآذن.بالإضافة إلى تأثير الهواء البارد الخارجي على حرارة الأسطح .

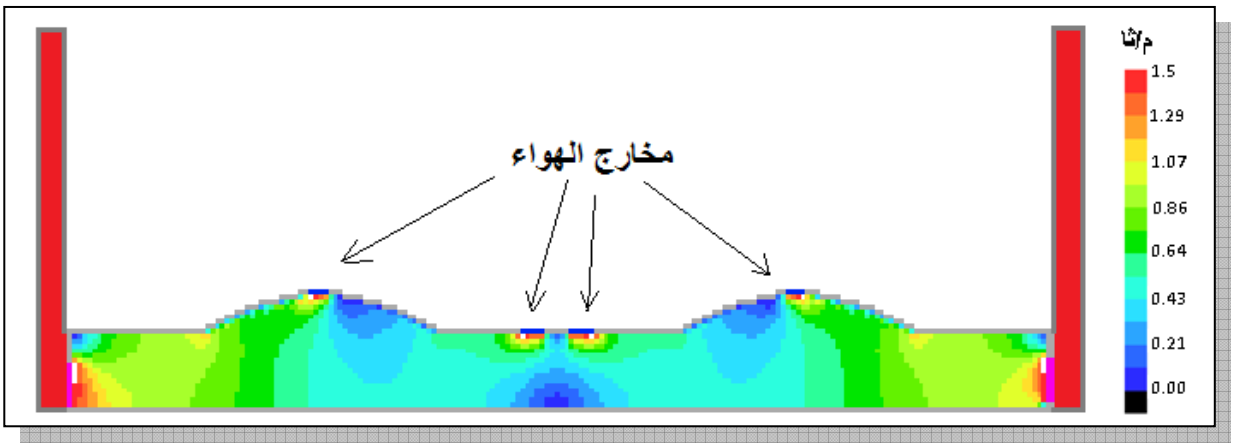
وترجع فاعلية هذه التقنية الى تكون منطقة ضغط جوي منخفض عند مخارج الهواء أعلى السقف، وعلى مستوى القباب، بسبب ارتفاع الهواء الساخن والخفيف، ومع خروج الهواء الساخن يتم التخلص من الاجهاد الحراري الداخلي من جهة، وكذلك يدعم تدفق الهواء من منطقة الضغط الجوي المرتفع عند مخارج الملاقف أسفل المآذن والمدعوم أصلا بضغط الرياح، من المداخل العلوية للملاقف (المآذن) ، وقد بلغت الحرارة في فترة صلاة الجمعة أعلى درجة عند 27.5°م، وبلغت أعلى درجة عند صلاة التراويح 27.0°م وهي قيم تظل في نطاق الراحة الحرارية لشهر يوليو 28.5°م.ويوضح الشكل (26.6) آلية التهوية في الوضعية 04 .



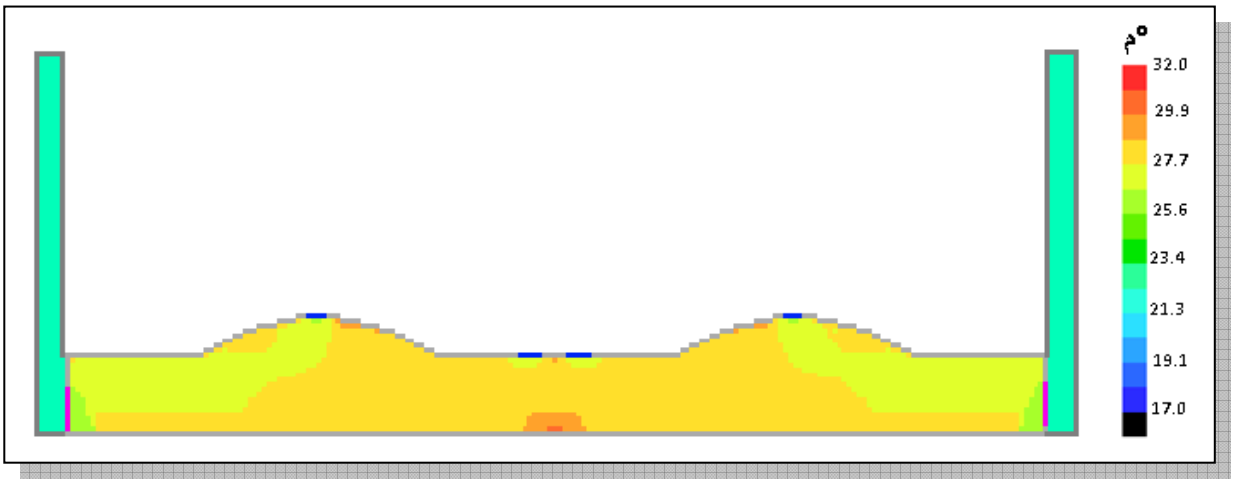
الشكل 26.6: مقطع توضيحي لآلية عمل تقنية التهوية في الوضعية 04.

(المصدر: الكاتب 2013)

2.2.4.6.6 محاكاة حركة الهواء :



الشكل 27.6: مستويات سرعات الهواء الموافق للوضعية 04. (المصدر: الكاتب 2013)

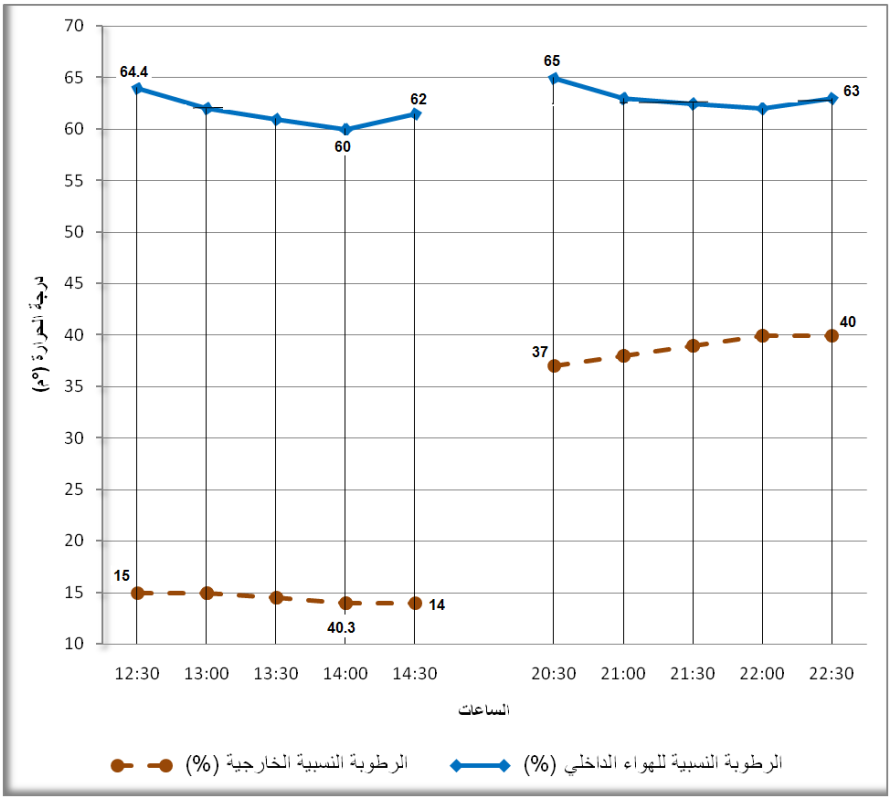


الشكل 28.6: مستويات حرارة الهواء الموافق للوضعية 04. (المصدر: الكاتب 2013)

في هذه الحالة يتضح أن الهواء يخرج عبر القباب والسقف معا ، كما يظهر أن سرعات الهواء الأكثر أهمية يتم عبر القباب تحت تأثير المدخنة (الارتفاع بين المخارج والمداخل أكثر أهمية وهو 11.8م) ، في حين تساهم فتحات السقف في توزيع التهوية على باقي قاعة الصلاة محافظة بذلك على سرعات تتراوح بين 0.3 و0.5 م/ثا لنحصل في النهاية على درجة حرارة ملائمة، وفي كامل نقاط قاعة الصلاة (عند مستوى المصلين) ، مع ظهور منطقة صغيرة في وسط القاعة لم تخضع لحركة الهواء، لكن حرارتها لم تتجاوز 28°م ، وبالتالي لم تتجاوز نطاق الراحة الحرارية28.5°. كما تساهم سرعة الهواء في رفع مستوى الإحساس بالراحة.[8]

3. 2.4.6.6 تقييم مستويات الرطوبة النسبية في حالة التهوية المقترحة :

تعتبر الرطوبة النسبية أحد عوامل الراحة الحرارية ، و يتراوح نطاق الراحة بين 30 % و70%[9] وبهدف تقييم الأداء الحراري للتقنية المستخدمة كان لزاما علينا أن نقوم بتقييم مستويات الرطوبة النسبية.



الشكل 29.6: مستويات الرطوبة النسبية - الوضعية 04. (المصدر: الكاتب 2013)

[8] **cristan chiaus,francis allard,** (2005). « Natural ventilation in the urban Environment ,Assessment and Design » EARTHSCAN ,London .p22.

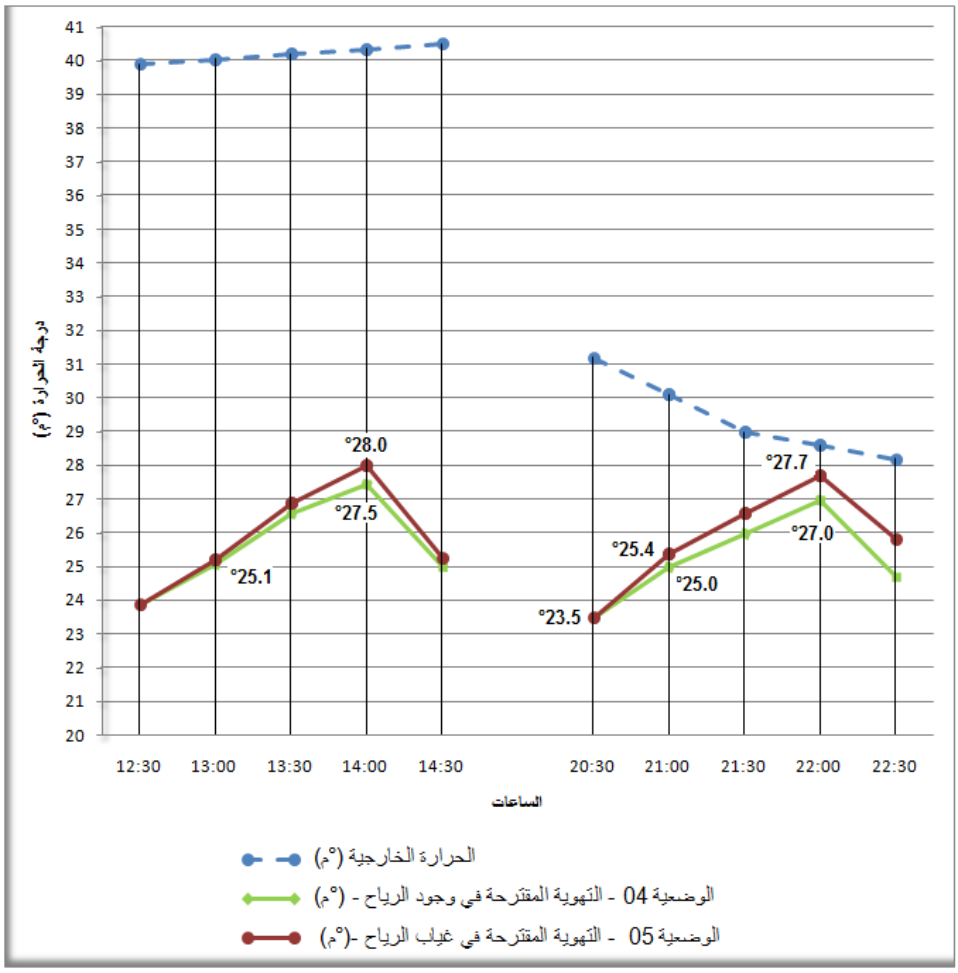
من خلال نتائج المحاكاة يتضح أن مستويات الرطوبة النسبية تتراوح بين 60% إلى 64% أثناء صلاة الجمعة،وتتراوح بين63 % و65 % أثناء صلاة التراويح، وهي مستويات مقبولة وفي مجال الراحة (30% و70%) [9]، ويرجع سبب هذا الارتفاع في الرطوبة إلى تأثير تقنية التبريد بواسطة التبخر على مستوى الملاقف ، بالإضافة إلى تأثير التبادل الحراري بين جسم المصلي و الهواء، عن طريق التبخر (التنفس والعرق).

أما الفارق بين الجمعة والتراويح فهو يرجع للخاصية الفيزيائية للهواء، بحيث تنقص كمية الماء التي يستطيع حملها كلما انخفضت حرارته، وبالتالي ترتفع الرطوبة النسبية، وهو ما يفسر ارتفاع الرطوبة النسبية في صلاة التراويح مقارنة بالجمعة.

3.4.6.6 الوضعية 05 (محاكاة التهوية المقترحة للوضعية 04 وفي غياب الرياح) :

لغرض معرفة مدى ملائمة التقنية المستخدمة لمختلف الظروف المناخية نقوم بتغيير العوامل الخارجية على مستوى ملف المناخ وذلك بإعطاء قيم صفرية لسرعات الرياح في ملف المعطيات المناخية وقد سجلت النتائج في الشكل (30.6).

[9] **Liébard.A et de Herde.A ,**(2004) **.** « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ».Ed le Moniteur .paris .p29.



الشكل 30.6: مقارنة التغيرات الحرارية بين الوضعية 04 والوضعية 05.
(المصدر: الكاتب 2013)

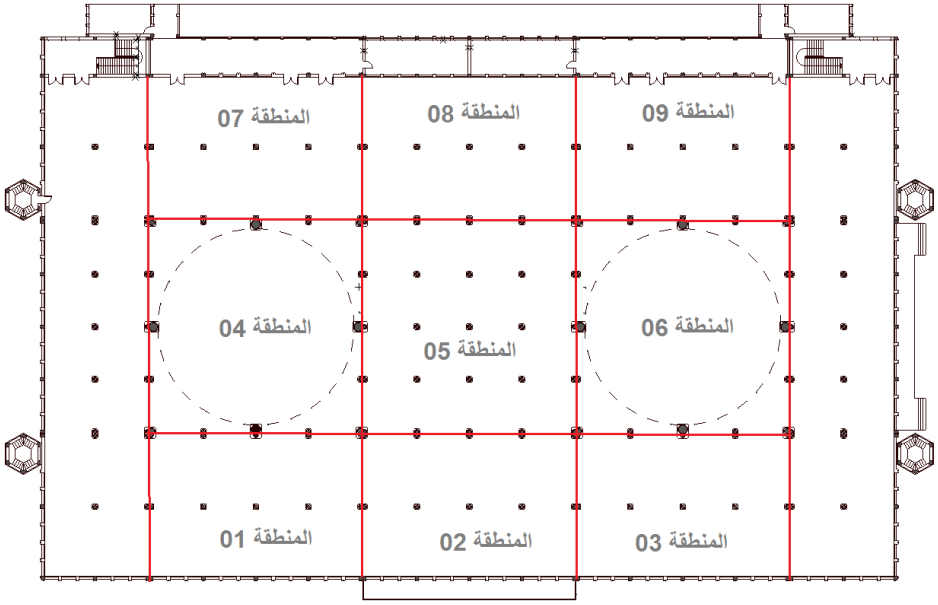
من خلال المقارنة يتضح أن غياب الرياح يقلل من فاعلية التقنية، لكن حرارة الهواء الداخلية تبقى مناسبة وتحت المستوى الأقصى للراحة الحرارية، حيث سجلت حرارة الهواء الداخلي 28.0°م كأعلى قيمة لصلاة الجمعة، وسجلت 27.7°م كأعلى قيمة لصلاة التراويح ، في حين أن الحد الأقصى لمجال الراحة الحرارية هو 28.5°م.

ويفسر ذلك بأن غياب الرياح قلل من تدفق الهواء إلى داخل الملقف بفعل الضغط الناتج عن قوة الريح.لكن آلية السحب الحراري بقيت فعالة بحكم الربح الحراري الداخلي الكبير، الذي ينتج هواء ساخنا يرتفع إلى أعلى السقف والقباب بفعل خفته، وتحت تأثير التدرج الرأسي للضغط الجوي يخرج من السقف ويسحب الهواء البارد من المخارج السفلية للملاقف (المآذن). وهو ما يتوافق مع نتائج الباحث Chalfoun N.[10]

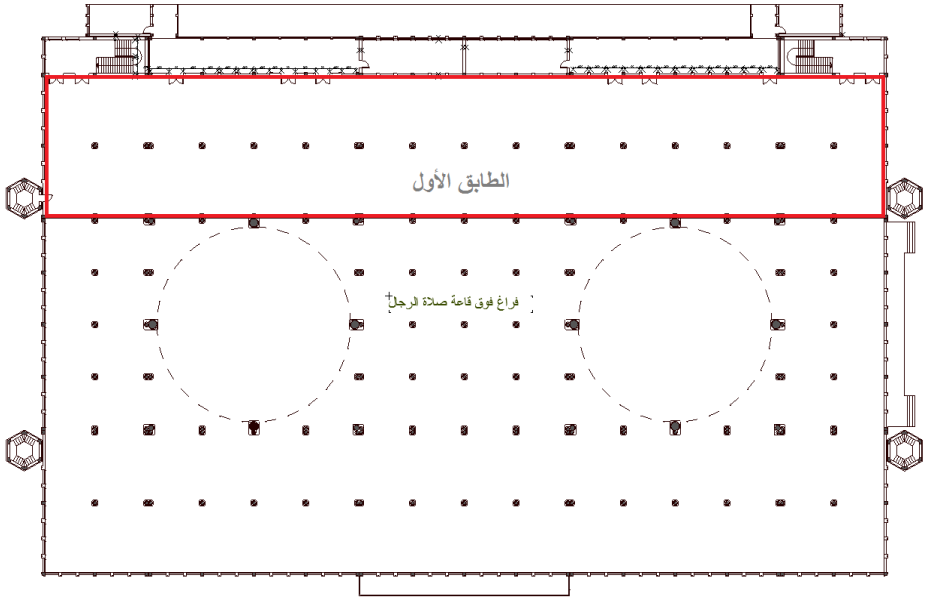
[10] **Chalfoun N**,(2000). « Design and application of natural down draft evaporative Cooling devices ».university of Arizona .El sevier science ltd.pergamon .

4.4.6.6 الوضعية 06 (محاكاة تقييم التوزيع الحراري وفق شروط الوضعية 04) :

من أجل تقييم التوزيع الحراري داخل قاعة الصلاة قمنا بتقسيم المجال إلى 10 مناطق كما هو موضح في الشكل (31.6) ، وقد ظهرت نتائج المحاكاة كما في الشكل (32.6).

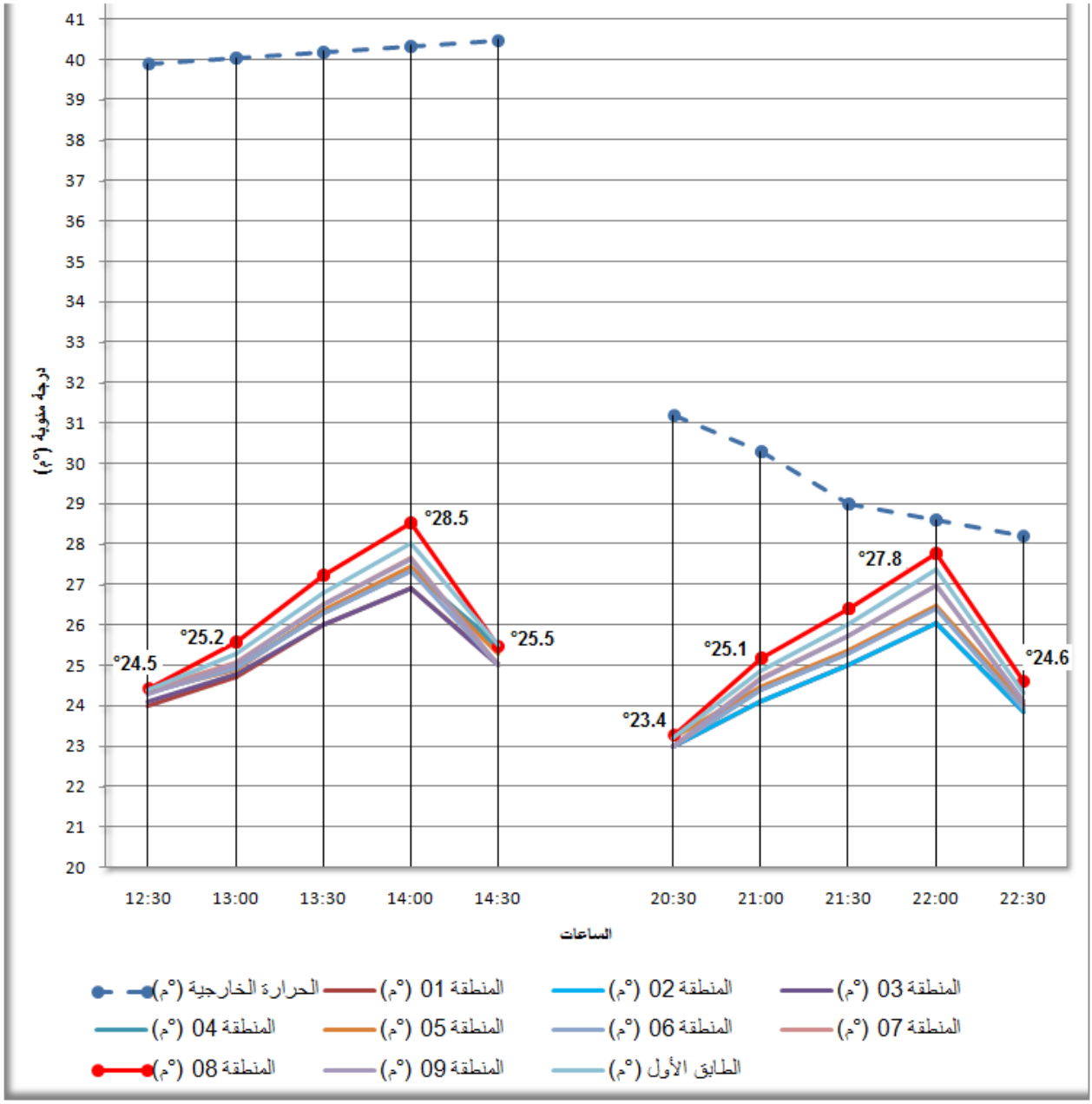


الطابق الأرضي



الطابق الأول

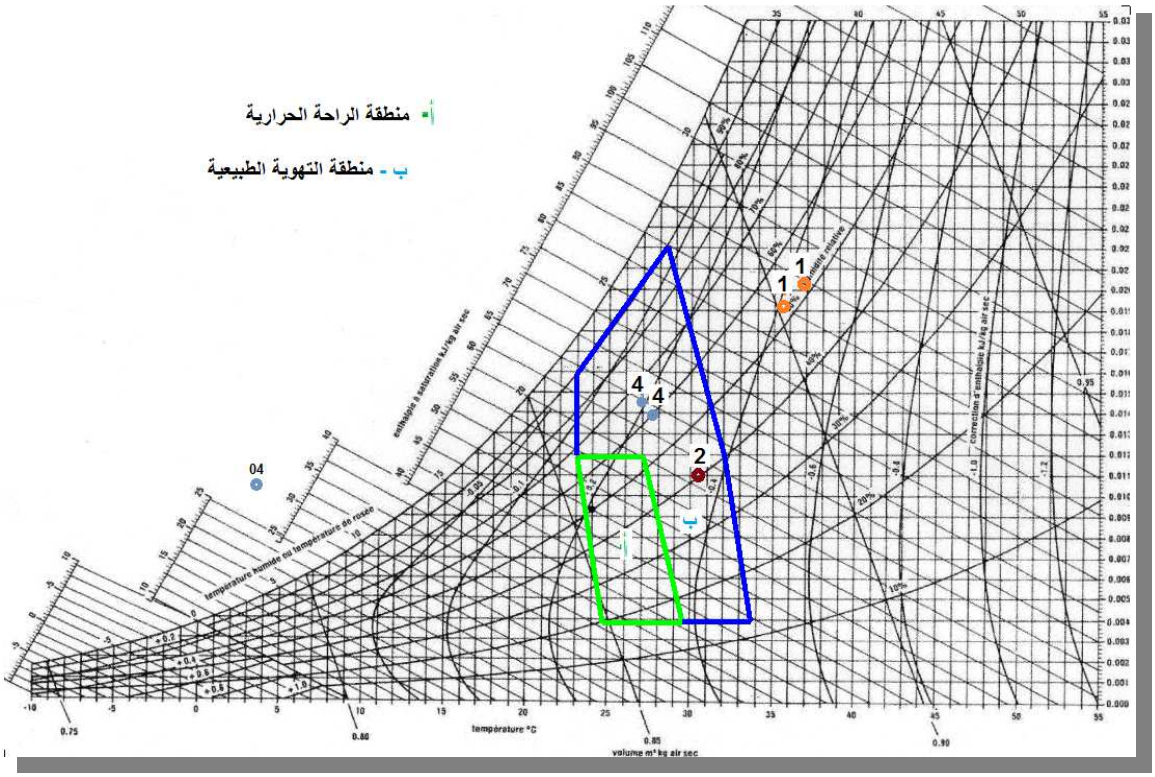
الشكل 31.6: تقسيم قاعة الصلاة الى عدة مناطق حرارية. (المصدر:الكاتب 2013)



الشكل 32.6: التغيرات في درجة الحرارة على مستوى 10 مناطق.(الوضعية 06)
(المصدر: الكاتب 2013)

يتضح من خلال النتائج أن درجة الحرارة الداخلية على مستوى المصلين ظلت ملائمة في مختلف المناطق، حيث أنها لم تتجاوز حدود الراحة الحرارية لشهر يوليو 28.5°م. ، حيث بلغت أعلى قيمة لها في المنطقة 05 (في مركز قاعة الصلاة) على الساعة 14:00 بمقدار 28.2°م، وهي قيمة مقبولة وفي نطاق الراحة الحرارية لشهر يوليو 28.5°م، مما يؤكد فعالية هذه التقنية في مختلف نقاط قاعة الصلاة.

7.6 تقييم كفاءة التقنية وفق طريقة الباحث Szokolay steeve :



الشكل 33.6: تحديد منطقة الراحة الحرارية ومنطقة التهوية الطبيعية لشهر يوليو - باتنة - وفق طريقة Szokolay. (المصدر: الكاتب 2013).

بعد تعيين أكبر قيم مسجلة لدرجة الحرارة للوضعيات (01 / 02 /04) على البيان نجد ما يلي:

الوضعية 01 : في حالة عدم التهوية نجد أنها تقع بعيدا عن مجال الراحة الحرارية وكذلك مجال توظيف التهوية الطبيعية (الاستفادة من سرعة الهواء).

الوضعية 02: في حالة التهوية الأفقية نجد أنها تقتصر على المرحلة الليلية (صلاة التراويح).كما أن سرعة الهواء تتجاوز 2 م/ ثا،في حين أن الحد الأقصى لبداية الشعور بالضيق هي 0.5 م/ثا.[11] وهي سرعات مزعجة لسكون وخشوع المصلين.

الوضعية 04: من خلال طريقة الباحث يتضح أنه في حالة التقنية المستخدمة نجد أن أعلى قيم مسجلة لدرجة الحرارة الداخلية في الوضعية 04 (التقنية المقترحة) ، تقع في منطقة التهوية الطبيعية بمعنى أن سرعة الهواء في المجال 0.25 – 0.5 م/ثا.[11] من أجل الاستفادة من ظاهرة التبادل الحراري بين جسم الإنسان،والهواء عن طريق التبخر للإحساس بالراحة.[8]

[8] **cristan chiaus,francis allard,** (2005) .« OP.cit ».

[11] **شفق العوضي الوكيل و م-ع-س** ، (1989). « المناخ وعمارة المناطق الحارة ». دار عالم الكتب للنشر. القاهرة . الطبعة الثالثة.ص230.

الخلاصة :

يعتبر هذا الفصل مرحلة مكملة للمرحلة النظرية ومرحلة القياسات، حيث قمنا في فصل التحقيق والقياس بالبحث عن مدى أهمية وأسباب الإشكالية المطروحة، وهي الإجهاد الحراري الكبير في الفترة الصيفية .

وانطلاقا من الجزء الخاص بالمفاهيم والدراسات المنجزة في المجال، قمنا في هذا الفصل باختبار عدة وضعيات للمحاكاة في إطار تحليل تأثير التهوية الطبيعية على الراحة الحرارية في المساجد، والبحث عن أنجع التقنيات للتخلص من الإجهاد الحراري الذي تعاني منه العديد من المساجد صيفا من أجل التخلص من التبعات الطاقوية للتبريد اللآلي، في الفترة الصيفية، وقد وصلنا إلى ما يلي :

تأكيد أن مصدر الربح الحراري الداخلي الكامن والمحسوس والناتج عن المصلين ذو تأثير كبير جدا على الأداء الحراري لقاعة الصلاة في أوقات الذروة (صلاة الجمعة وصلاة التراويح) حيث وصل تأثيره على زيادة الحرارة الداخلية لمسجد أول نوفمبر بمقدار 7°م .في غياب التهوية.

كما قمنا بتقييم تأثير التهوية الطبيعية على خفض الحرارة داخل قاعة الصلاة وقمنا لأجل ذلك بمحاكاة نوعين من التهوية الطبيعية . التهوية الطبيعية الأفقية (من دون دعم) والتي استطاعت خفض الحرارة بمقدار 6°م في الليل (صلاة التراويح) لكنها بقيت خارج مجال الراحة الحرارية.

ثم قمنا بدعم تدفق الهواء ودعم تبريد الهواء الداخل لقاعة الصلاة وذلك من خلال الدمج بين ملاقف الهواء (المآذن مزودة بنظام تبريد بواسطة التبخير) والتهوية الرأسية ، هذه التقنية سمحت بخفض حرارة الهواء الداخلي بمقدار 9°م ، كأقصى قيمة مسجلة مقارنة بحالة عدم التهوية، مما أهل هذه التقنية لأن تكون فعالة لغرض التبريد الطبيعي في المساجد.

خصوصا وأن الرطوبة النسبية ظلت في نطاق الراحة الحرارية المطلوبة. حيث تراوحت قيمها بين 60 % و65 % أي أنها أقل من الحد الأقصى للراحة 70 %.

كما أن التقنية أثبتت كفاءتها حتى في غياب قوة ضغط الرياح، حيث استمر تأثير السحب الحراري بفعل منطقة الضغط المنخفض عند مخارج السقف والقباب بفعل الربح الحراري الداخلي الكبير.

من أجل تقييم تأثير مواضع المخارج على حركة الهواء وبالتالي تأثيرها على التوزيع الحراري داخل قاعة الصلاة قمنا بمقارنة وضعيتين :

(مخارج على مستوى القباب فقط / مخارج على مستوى القباب والسقف معا) ، وقد أظهرت النتائج أن التوزيع الجيد للهواء من أجل التخلص من الإجهاد الحراري يتطلب مخارج للهواء على مستوى مركز قاعة الصلاة، واتضح كذلك أن سرعة الهواء الخارج تكون أكبر في حاله المخارج على مستوى القباب، وهو ما يؤكد أن أفضل وضعية للقبة في تصميم المساجد بغرض الاستفادة من التقنية المقترحة في التبريد هي مركز قاعة الصلاة.

الخلاصة العامة والتوصيات

الخلاصة:

المسجد بناء ديني مقدس، يجب أن يراعى في تصميمه توفير عدة شروط بنائية وحسية تدعم دوره الوظيفي وتحافظ على قدسيته.

دور المسجد يتعدى دوره التعبدي إلى كونه منبرا لنشر الثقافة الدينية، والدنيوية، وذلك ليس عن طريق الإلقاء المباشر في خطب الجمعة والدروس فحسب، بل ويتجلى ذلك الدور أيضا في نوعية البناء واختيار عناصره المعمارية، حيث يتمتع المسجد برمزية وقدرة على التأثير في الحياة الاجتماعية والثقافية للمجتمع والتي يجب مراعاتها عند تصميمه.

والمسجد كمبنى له خصوصية دينية، ووظيفة تعبدية أدت إلى توحد برنامجه وعناصره المعمارية، وهو ما يسمى بالمضمون الذي يجب المحافظة عليه في أي تصميم مستقبلي للمسجد، مع وجود فضاء واسع من الحرية في شكل ومعالجة بعض العناصر المعمارية وفق تغير الزمان والمكان، وهو ما يطلق عليه عمارة المساجد بين الوحدة والتنوع.

من ضمن هذه التغيرات في عمارة المساجد نجد التغيرات ذات الهدف البيئي منذ بناء مسجد الرسول صلى الله عليه وسلم، انطلاقا من دعوة الإسلام إلى الحفاظ على البيئة والاقتصاد في استهلاك الموارد ، حيث نجد عدة مباني لمساجد تاريخية وأخرى حديثة، كانت رائدة في التأقلم مع بيئتها المناخية، حيث أن انتشار العمارة الإسلامية في مناطق شاسعة وذات مناخات متنوعة أفرز تنوعا في معالجة العناصر المعمارية للمسجد بحيث تستجيب للمؤثرات المناخية وأبرزها تقنيات التهوية والتبريد الطبيعي، نظرا لكون معظم العالم الإسلامي يقع في نطاق المناخ الحار.

تطرقت الدراسة الخاصة باستعراض المفاهيم والأبحاث إلى (الراحة الحرارية داخل المبنى) وتم التطرق هنا إلى التعريف بعناصر الوسط الحراري وهي درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية والإشعاع، وسرعة الهواء، حيث تتوقف الراحة الحرارية للإنسان على مدى تأقلمه مع التفاعل الكلي لهذه العناصر، فالراحة الحرارية مرتبطة بعدة عوامل (شخصية و بيئية).

ومن أجل الوصول إلى تقييم الراحة الحرارية في المجال المعماري (المسجد)، تطرقنا إلى عدة دراسات وأبحاث أدت إلى تطوير عدة مؤشرات لتقييم الراحة الحرارية ، ومن بينها نموذج الراحة الحرارية للتأقلم Modèle de confort Adaptative للباحث Humphrey وهو نموذج يرتكز على

درجة الحرارة الحيادية Température neutre من أجل تحديد مجال الراحة الحرارية ، وهو نموذج ملائم لبحثنا لكونه قد تطرق في دراساته إلى معظم العوامل المؤثرة في الراحة بما في ذلك العوامل الذاتية كتأثير تغيير اللباس، كما انه أجرى دراساته على عينات في حالة نشاط مشابه للنشاط الممارس أثناء الصلاة (صلاة الجمعة) وقيمتها (1.0-1.2) met. بالإضافة إلى تطرقه لعامل التأقلم على الإحساس بالراحة الحرارية، وذلك من خلال إدماج متوسط الحرارة الخارجية في حساب الحرارة الحيادية.

للتهوية الطبيعية دور مهم في خفض الحرارة والتخلص من الإجهاد الحراري داخل المبنى، حيث عمد سكان المناطق الحارة لتقنيات مختلفة للتبريد باستخدام التهوية الطبيعية، وهي تندرج في مجملها في دعم تدفق الهواء إلى داخل المبنى من جهة وتبريده قبل إدخاله من جهة ثانية.

انطلاقا من الدراسات الحديثة في المجال تبين مدى كفاءة استخدام ملقف الهواء المزود بنظام للتبريد بواسطة التبخير في خفض حرارة الهواء قبل إدخاله، وكذلك دعم تدفقه، في حين أظهرت دراسات أخرى كفاءة استخدام القباب في آلية التهوية الطبيعة لما في ذلك من دور فعال في دعم تدفق الهواء من أي مصدر للهواء البارد بما في ذلك ملاقف الهواء وذلك بفضل التخلص من الهواء الساخن بفعل آلية الشفط الحراري.

بناء على الدراسة التطبيقية على موضوع البحث (مسجد أول نوفمبر بمدينة باتنة) ومن خلال تحليل نتائج القياس تبين أن الربح الحراري الداخلي الناتج عن العدد الكبير للمصلين (14 ألف مصلي) كان له التأثير الكبير على ارتفاع الحرارة، بالرغم من أنها لم تتجاوز قيم الراحة بكثير نظرا لكون التكييف الآلي في حالة تشغيل. واتضح أن التوزيع الحراري غير متجانس داخل قاعة الصلاة نظرا لعدم تجانس توزيع التهوية الآلية فظلت عدة مناطق دون المستوى المثالي من الراحة الحرارية، وهو راجع لعدم وجود مخارج للهواء على مستوى هذه المناطق.

كما تجدر الإشارة إلى أن استخدام التبريد الآلي كانت له تبعات تتمثل أساسا في تكلفة مشروع التبريد، وتبعاته الطاقوية، بالإضافة إلى انبعاث بعض الغازات التي يرى العديد من الباحثين أنها تساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري، وهو ما يؤثر على الرسالة السامية للمساجد فيما يخص نشر ثقافة عدم الإسراف والحفاظ على البيئة.

أظهرت نتائج المحاكاة الحرارية الديناميكية أهمية الربح الحراري الداخلي الكامن والمحسوس للمصلين على زيادة الحرارة الداخلية لمسجد أول نوفمبر، حيث بلغت الحرارة 36°م .في غياب التهوية، في حين أن استخدام التبريد بنفس الشروط الواقعية أظهر تماثلا في النتائج وهو تأكيد على مصداقية برنامج المحاكاة (EDSL TAS 9.2.1.5) لدراسة هذه الحالة.

ومن أجل الوصول لاختبار أنماط التهوية المختارة من الدراسة النظرية ، قمنا بإخضاع المشروع لعدة تغييرات على مستوى معالجة عناصره المعمارية، بما يخدم موضوع البحث وقمنا بدعم تدفق الهواء ودعم تبريده قبل إدخاله لقاعة الصلاة، وذلك من خلال الدمج بين ملاقف الهواء (المآذن مزودة بنظام تبريد بواسطة التبخير واقتراح فتح مخارج أسفلها) ، بالتزامن مع توظيف التهوية الرأسية (استخدام القباب والسقف في التهوية) ، وقد سمحت هذه التقنية بخفض حرارة الهواء الداخلي بمقدار 9°م.بالمقارنة مع حالة عدم التهوية مما أهلها لأن تكون فعالة لغرض التبريد الطبيعي، خصوصا وأن الرطوبة النسبية لم تتجاوز مجال الراحة 60 – 65 %

كما أن التقنية أثبتت كفاءتها في غياب قوة ضغط الرياح أيضا، حيث استمر تأثير السحب الحراري بفعل تكون منطقة للضغط الجوي المنخفض عند مخارج الهواء أعلى السقف وعلى مستوى القباب، بفعل الربح الحراري الداخلي الكبير.

التوصيات :

إن استخدام المآذن كملاقف للرياح من شأنه أن يسهم في تحسين الراحة الحرارية داخل قاعة الصلاة في المرحلة الحارة من العام، بطريقة طبيعية بعيدا عن التبذير في استخدام الطاقة.

أن التوزيع الجيد للهواء من أجل التخلص من الإجهاد الحراري يتطلب مخارج على مستوى مركز قاعة الصلاة، في حين أن سرعة الهواء الخارج تكون أكبر في حالة المخارج على مستوى ذروة القباب، وهو ما يؤكد أن أفضل وضعية للقبة في تصميم المساجد بغرض الاستفادة من التقنية المقترحة في التبريد هي مركز قاعة الصلاة.

حدود الدراسة وآفاق مستقبلية للبحث :

تعتبر القبة أحد العناصر المعمارية في بناء المساجد وقد أثبت البحث إمكانية توظيفها من أجل توفير مناخ حراري أكثر راحة في الفترة الحارة ، وهو ما يفتح المجال نحو التساؤل عن كيفية توظيفها في الوقت ذاته وبشكل مثالي في توفير الراحة البصرية والتي يعاني منها العديد من المساجد.خصوصا في حالة المساجد ذات الواجهة الواحدة والتي قد يصادف وتكون ناحية جدار القبلة حيث أن استخدام هذه الواجهة للإضاءة قد يعرض المصلين للإبهار البصري أو يشغلهم عن الصلاة وذلك عند استخدام الزجاج الشفاف. وكذلك في حالة المساجد ذات الارتفاع المحدود مقارنة بالأبعاد الأفقية كمسجد أول نوفمبر(موضوع دراستنا).

لقد تطرق هذا البحث إلى موضوع التهوية والتبريد الطبيعي في عمارة المساجد، من أجل التخلص من الإجهاد الحراري الذي تعاني منه العديد من المساجد ، وذلك لغرض توفير الراحة الحرارية للمصلي بالطرق الطبيعية بعيدا عن الإسراف في استخدام الطاقة وبما يتماشى مع مبدأ الحفاظ على البيئة، إلا أن هناك موضوعا آخر بالغ الأهمية و يندرج في نفس السياق وهو موضوع التسخين في الفترة الباردة، والذي يستمد أهميته من طبيعة المناخات السائدة في الجزائر، حيث نجد على سبيل المثال أن المناخ الشبه الجاف يتميز بشتاء بارد حيث تصل الحرارة المتوسطة القصوى لمدينة باتنة في الفترة (ديسمبر- مارس) 13.9°م والحرارة المتوسطة الدنيا لنفس الفترة 1.4°م.

المراجع

المراجع باللغة العربية :

مقالات، ملتقيات ومجلات علمية :

- **ابراهيم بن صالح الخضيري،** (1419ه /1999م) .« أحكام بناء المساجد في الشريعة الاسلامية ». ندوة عمارة المساجد.كلية العمارة والتخطيط.الرياض.13-17 شوال .ص44.

- **أحمد كمال عبد الفتاح،** (1972) .« الثوابت والمتغيرات في تصميم وتخطيط المسجد» المجلة المعمارية. السنة الأولى. العدد 3 جمعية المهندسين المعماريين. القاهرة.

- **عبد الحق غالب الدميني،** (2009). « معايير الراحة الحرارية للأبنية السكنية في عدد من المدن اليمنية » مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية.المجلد الخامس والعشرون.العدد الثاني.

- **علي الناجم، إبراهيم المفيز،**(1999). « أهمية فناء المسجد في ترشيد الطاقة الكهربائية ». ندوة عمارة المساجد . الرياض .

- **فارس موسى** ، (2005). « نوافذ تعليمية لحساب حمل التبريد للأبنية ». مجلة تكريت للعلوم الهندسية .المجلد 12 / العدد 3 / آب .

- **فاكوش عقبة،** (2012). « توظيف التطور التقني لاتجاه عمارة التقنيات الفائقة ضمن إطار التصميم المستدام» .مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية .المجلد الثامن والعشرون .العدد الأول.

- **محمد بن يحيى بن حسن النجيمي،** (2009) .« البيئة والحفاظ عليها من منظور إسلامي » .منظمة المؤتمر الإسلامي. الدورة 19 إمارة الشارقة.

- **منصور بن عبد العزيز الجديد،** (1499ه / 1999م) . « المسجد في الإسلام. حدوده وتاريخه : أبرز الضوابط المتعلقة بعمارته » ندوة عمارة المساجد.كلية العمارة والتخطيط.الرياض.13-17 شوال .

- **نوبي محمد حسن،** (1419ه/1999م).« خصائص التفكير في تصميم الحيز الداخلي للمسجد » ندوة عمارة المساجد. كلية العمارة والتخطيط.الرياض.13-17 شوال 1419 ه.

- **نوبي محمد حسن،** (2000).« دور مواد البناء الحديثة في تطور الفكر المعماري في القرن العشرين » مؤتمر مواد البناء العربية والتحديات الاقتصادية.مركز القاهرة الدولي للمؤتمرات.القاهرة.9-12 أبريل.

- **يونس محمد أحمد،** (2003). « حماية البيئة في الفكر الإسلامي » ندوة الثقافة والعلوم . دبي. الإمارات العربية المتحدة.

- **مجلة البيئة والتنمية،** العدد 170 مايو 2012 . المغرب.

- **مشتت صباح عبد اللطيف** ، (1995) .(العمارة والبيئة المناخية) الأسس النظرية والتطبيقية مركز عبادي للدراسات والنشر ،صنعاء.

الكتب :

- **القرآن الكريم.**

- **ابن نجيم ،** (1405ه / 1985م). « الأشباه والنظائر» دار الكتب العربية. بيروت.

- **إبراهيم عبد الباقي،** (1986). « المنظور الإسلامي للنظرية المعمارية » مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية . القاهرة.

- **أبي داود،** (أعيد طبعه عام 1409ه/1989م). « سنن أبي داود » تحقيق كمال الحوت . دارالحنان . بيروت.

- **البخاري محمد بن إسماعيل،** (أعيد طبعه عام 1412ه). « صحيح البخاري » دار الكتب العلمية . بيروت.

- **الريحاوي عبد القادر،** (1979). « العمارة العربية السورية » وزارة الثقافة والإرشاد القومي. دمشق.

- **الزركشي،** « إعلام المساجد بأحكام المساجد » .المجلس الأعلى للشؤون الإسلامية. مصر.

- **الفارس عبد الرحيم ، ن – ع،** (1990). « البيئة من منظور إسلامي» المطبعة العصرية. الكويت.

- **الفقي محمد عبد القادر،** (1985). « القرآن وتلوث البيئة » مكتبة المنار الإسلامية . الطبعة الأولى جمهورية مصر العربية.

- **النووي، الإمام أبو زكرياء يحيى ،** (2002) .« رياض الصالحين من كلام سيد المرسلين » مؤسسة المعرفة للطباعة والنشر .بيروت.لبنان.

- **حماد.محمد وسالم.محمد فتحي،** (1971) .« التشجير المعماري » مطبعة دار النشر للجامعات المصرية.القاهرة.

- **سعيد عبد الرحيم،** (1999). « العناصر المناخية والتصميم المعماري » دار النشر العلمي والمطابع. جامعة الملك سعود. المملكة العربية السعودية .

- **شافعي فريد،** (1970) . « العمارة العربية في مصر الإسلامية » المجلد الأول . الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر.القاهرة.

- **شفق العوضي الوكيل و م-ع-س ،** (1989) .« المناخ وعمارة المناطق الحارة » دار عالم الكتب للنشر. القاهرة . الطبعة الثالثة.

- **شحاتة عبد الله ،** (1421ه / 2001م). « رؤية الدين الإسلامي في الحفاظ على البيئة » دار الشروق القاهرة.

- **صالح بن غانم السدلان،** (1419ه/1999م). « الأثر التربوي للمسجد » وزارة الشؤون الدينية والأوقاف والدعوة والإرشاد. الرياض.

- **علام نعمت إسماعيل،** (1979). « فنون الشرق الأوسط والعالم القديم » دار المعارف. القاهرة.

- **عبد الكريم عزوق** ، (1996م). « القباب والمآذن في العمارة الإسلامية » ديوان المطبوعات الجامعية.بن عكنون .الجزائر.

- **غالب عبد الرحيم** ، (1988) .« موسوعة العمارة الإسلامية » دارجروس برس للنشر.بيروت.

- **فضيل عبد الجليل ، وآخرون،** (1985م). « علم البيئة » مطبعة جامعة الموصل.العراق.

- **كامل صكر القيسي** ، (2008) . « ترشيد الاستهلاك في الإسلام » .دائرة الشؤون الإسلامية والعمل الخيري . إدارة البحوث . دبي .

- **محمد بن علي العفرج،** (1419ه/1999م) .« المشروع والممنوع في المسجد » وزارة الشؤون والأوقاف والدعوة والإرشاد. الرياض .

- **محمد عبد الستار عثمان،** (2000م) .« نظرية الوظيفية بالعمائر الدينية المملوكية الباقية بمدينة القاهرة » دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر.الإسكندرية.

- **محمود حسن نوفل،** (1419ه/1999م) .« المعايير التصميمية لعمارة المساجد » ندوة عمارة المساجد.كلية العمارة والتخطيط.الرياض.

- **موسى علي حسن،** (1998). « المناخ والسياحة » دار الأنوار . دمشق . الطبعة الأولى.

- **مؤنس حسين،** (1981) .« المساجد » سلسلة عالم المعرفة. المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب. الكويت.

- **نوبي محمد حسن** ، (2002) .«عمارة المسجد في ضوء القرآن والسنة » دار نهضة الشرق. القاهرة.

- **وزيري يحيى** ، (1992). « التعمير في القرآن والسنة » القاهرة.

- **وزيري.يحي،** (1999). « موسوعة عناصر العمارة الإسلامية ».الكتاب الثاني. مكتبة مدبولي. القاهرة.

- **وزيري يحي،** (2004) .« العمارة الاسلامية والبيئة » عالم المعرفة . مطابع السياسة . الكويت العمائر الدينية في العراق - الجامع النوري في الموصل

- **يوسف القصيري،** (1429ه / 2008م) .« أضواء على التراث الحضاري المعماري الإسلامي في العراق » منشورات المنظمة الإسلامية للتربية والعلوم والثقافة.

- **يوسف بن عبدالله العريني،** (1429ه / 2008م). « رعاية البيئة من التلوث. رؤية اقتصادية إسلامية » دار طويق . الرياض.

المراجع الأجنبية:

Articles Publiés :

- **Arce J ,jiménez MJ.et al,** (2009). « Experimental study for natural ventilation on a solar chimeney » .Revew Energy 2009.29.2928-34nergy.29.2928-34.

- **Asfour O, Gadi M ,** (2006). « The operation and function of a ventilation device such can vary depending on the time of the day ». Architect Eng Des Manage.

- **Bahadori**. **M.N,** (1985). « An Improved Design of Wind Towers for Natural Ventilation and Passive Cooling ».Solar Energy. Vol. 35. No. 2. pp 30- 41.

- **Bahadori M**,(1994). «Viability of wind towers in achieving summer comfort in the hot arid regions of the Middle East. Revew Energy .

-**Belakehal A. et al** Architecture et lumiere Naturelle dans les Mosquées Ottomanes Tunisoises .American Institute for Maghribi Studies (AIMS).

- **Bouchahm Y,Bourbia F.Belhamri A**, (2011). « performance analysis and improvement of the use of wind tower in hot dry climate » .Revew energy.

- **Boustani F.Sustainable,** (2009). « Water utilisation in arid region of iran » by Qanats.int J Human Soc Sci .

- **Faghogh. A, K , M. N. Bahadori** ,(2009). « expérimental investigation of air Flow over Domed roofs **»**. Iranian Journal of Science & Technology. Transaction B, Engineering. Vol. 33. No. B3 .Printed in. The Islamic Republic of Iran. pp 207-216

- **Farraj F Al-ajmi**,(2010). « Thermal comfort in air-conditioned mosques in the dry desert climate » . Building and environment .

- **Fathy H**, (1986) . « Natural energy and vernacular architecture: principles and examples with reference to hot arid climates » University of Chicago Press.

- **Mclntyre ,D.A,** (1980). « lndoor Climat » Applied Sience Publishers Ltd .london.

- **Moujalled.B** , (2007). « Modélisation dynamique du confort thermique ».thèse de doctorat .institut des sciences appliquées de lyon.France.

- **Muhaisen.S M. B. Gadi,** (2006). Shading performance of polygonal courtyard forms. Building and Environment**.** 41/ 8. pp 1050-1059

- **Naghman Khan.Yuehong Su.Saffa B.Riffat**, (2008). « A review on wind driven ventilation techniques ». Energy and buildings.Elsevier. P1587.

-**Omar S. Asfour,** (2009).**«** Effect of Mosque Architectural Style on Its Thermal Performance » The Islamic University. Journal (Series of Natural and Engineering) .

- **Saffari H, Hosseinnia,** (2009) . « SM. Two-phase Euler–Lagrange CFD simulation of evaporative cooling in a wind tower ». Energy Build.

- **Serpoushan, S. & Yaghoubi, M**.(2012). « Solar energy calculation on 3D surfaces ». *Iran Energy Journal*, No. 13.

Compte rendu de colloque et congrès:

- **Al Anzi Adnan, Al-Shammeri Basma ,**(2010). « Energy Saving Opportunities Using Building Energy.Simulation for a Mosque in Kuwait » Proceedings of the ASME 4th International Conference on Energy Sustainability.

- **Attia S, Herde A**, (2009). « Designing the Malqaf for summer cooling in low-rise housing, an experimental study » conference on passive and low energy architecture. Canada..

- **Cantin.R.et al** ,(2005). « Complexité du confort thermique dans les bâtiments » in actes du 6eme congrès européen de science des systèmes.tenu à paris du 19 au 22 septembre 2005.

- **carrié.R and al,** (2006). « Perméabilité de l'enveloppe des batiments-Généralités et sensibilisation. »CETE de lyon.Rapport n°06-95 Octobre.

- **Charles.K.E**, (2003). « Fanger's thermal comfort and draught Models » Institutule for Research in construction .National Research concil of canada.

- **Izard.J-L.Kaçala.O**,(2008).« Le diagramme bioclimatique ». Envirobat Méditerranée .laboratoire abc .Esna-Marseille.

- **Mahmoudi.M**,(2005). « Wind Tower as a Natural Cooling System in Iranian Architecture ». Proceeding of Passive and Low Energy Cooling in Buildings. Conference, Greece. pp 11-12.

- **Maldonado. E and Oliviera Fernandes.E,** (1993). « Building thermal regulations : why has summer been forgotten? » In Proceeding of the 3rd European Conference on Architecture. Florence. Italy.p 626.

- **Roaf**,**S**, (2005). « Wind Catchers, Living with the Desert ». Proceeding of Passive and Low Energy Cooling in Buildings Conference. Greece.

- **Soflaee F, Shokouhian M**,(2005) . « Natural cooling systems in sustainable traditional architecture of Iran » international conference passive and low energy cooling for the built environment''. Greece. p 715–9

- **Thelier. F et al,** (2003). « *Les outils d'évaluation du confort thermique* » JournéeJournée SFT/ CSTB. Nantes. 04/02/2003.

Ouvrage :

- **ANSI/ASHRAE Standard, 55**, (2010). « Thermal Environmental condition for Human Occupancy ».

- **ASHRAE HANDBOOK / Fundamentals,** (2009). « ventilation and infiltration ».

- **ASHRAE Standard 55**, (2004). *Thermal Environment Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers. Inc. Atlanta. USA.

- **Collection technique CIMBETON,** (2007). « Béton et confort thermique » revue technique du centre d'information su le ciment et ses applications.n°B40.France .

-**cristian chiaus,francis allard,** (2005). « Natural ventilation in the urban Environment ,Assessment and Design » Earthscan .London.

-**Fernandez.p et Lavigne p**,(2009) . « Concevoir des batiments bioclimatique. fondements et méthodes ». Moniteur.paris.

- **Fernandez.P.et Lavigne.P**, (2010). « changement d'attitude pour concevoir un cadre bâti bioclimatique :une contribution au développement durable. Techniques de construction ».CTQ 013.éditions du moniteur.Paris

- **Givoni**.**B**,(1998). « *Climate considerations in building and urban design » by john wiley &sons.Inc. canada.*

- **Givoni .B,** (1978). « l'homme ;l'architecture et le climat » Edition du Moniteur.Paris.

- **I.B.G.E institus bruxellois pour la gestion de l'environnement**,(2007). guide pratique pour la construction et la Renovation durable de petits batiments.

- **Liébard.A et de Herde.A,** (2004). « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ».Ed le Moniteur .paris .

- **Melaragno.M.G**,(1982). « wind in Architectural and Environmental Design ». Van Nostrand Reinhold Company. New York.

- **Salomon.T et Bedel.S**,(2004). « La maison des méga Watts.le guide malin de l'énergie chez soi».Ed.Terre vivante.Mens.

- **Thellier.Françoise,**(1999).« l'homme et son environnement thermique Modélisation ». Université de Paul Sabatier de Toulouse.

- **Tixier.N ,** (2007). « De la notion dr confort à la notion d'ambiance ».in revue du laboratoire cresson de l'école d'architecture de Grenoble et CNRS Ambiances architecturales et urbanes. France. SFT/ CSTB. Nantes.

Mémoires et Thèses:

- **Bodart. M**, (2002). « Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiments». thèse de doctorat.Université Catholique de Louvain.Faculté des sciences appliquées.Unité d'Architecture .Belgique.

- **Bouchahm.Y**, (2004). « *Une Investigation Sur La performance thermique du Capteur à vent pour un rafraîchissement passif dans les régions chaudes et arides. Cas de Ouargla* ». Thèse de doctorat d'etat. universite de Constantine.

- **Cordier.N ,** (2007) .« développement et évaluation de locaux de grandes dimensions ».thèse de doctorat lyon.France .

- **Djuima.A**,(2008) .« Réalisation et vérification de la performance thermique d'une tour à vent pour un rafraichissement passif dans les région chaudes et arides.cas de hassi Messaoud ».Mémoire de magister .université Mentouri.constantine.

-**Fernandez.P**,(1996). « Stratégies d'intégration de la composante énergétique dans la pédagogie du projet d'architecture ».thèse de doctorat.Ecole des mines . paris.

- **Masmoudi.S,** (2003).« *Relation entre géométrie urbaine, végétation et confort thermique extérieur* Mémoire de Magistère. Université Mohamed Kheidar. Biskra.

- **Moujalled.B** , (2007). « Modélisation dynamique du confort thermique ».thèse de doctorat. institut des sciences appliquées . lyon.France.

- **Olivier Jung**, (2009). « Approche multicritère numérique et expérimentale de la ventilation et du rafraichissement d'un multizone par contrôle de composant de façade ».thèse de doctorat.

- **Ould-Hennia.A**,(2003). « Choix climatique et construction .zones arides et semi-arides:la maison à cour de Boussaâda ».Thèse de doctorat. Ecole polytechnique de Lausanne. Suisse .

- **Rahal Samira,** (2011). «l'impacte de l'atrium sur le confort thermique dans les Bâtiments publiques ». Mémoire M*agistère en Architecture.* Université de Constantine.

- **Richieri.F**, (2008).« Développement et paramétrage de contrôleurs d'ambiance multicritères ». thèse de doctorat soutenue a l'institut National des Sciences Appliquées de lyon.

- **Tommy Kleiven** ,(2003). « Natural Ventilation in Buildings Architectural. Concepts. consequences and possibilities ». Thesis of Doctorat Ingeniør.URN:NBN:no-7242.

Sites web:

- http:/ /www.algeria.com/
- http:// www.britannica.com
- http:/ www./sms.islamweb.net/
- http://www.Familydoctor.org
-. http:// www.wikipedia.org

الملاحق

الملحق أ

التحليل البيومناخي لمدينة باتنة :

1- طريقة Mahoney

موقع مدينة باتنة :

الموقع	الشمال الشرقي
خط الطول	' 19 °06 شرقا
خط العرض	'' 19 ' 45 °35 شمالا
الارتفاع	821 ,29 م

حرارة الهواء °م:

	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الحرارة الشهرية القصوى	12,26	13,53	17,31	20,91	25,73	32,02	36,47	35,2	29,01	24,29	17,01	12,68
الحرارة الشهرية الدنيا	0,05	0,83	3,34	6,59	9,48	14,35	17,71	17,5	13,98	9,99	4,74	1,55
الحرارة الشهرية المتوسطة	5,74	6,94	10,19	13,33	17,94	23,58	27,38	26,4	21,21	16,88	10,56	6,76

AMT=(H+L)/2
AMR=H-L

Tmax = 36,47°c	AMT = 18,26
Tmin = 0,05°c	AMR = 36,42

الرطوبة النسبية % :

	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الرطوبة النسبية المتوسطة	73	66,9	62,8	62,1	57,9	47,5,	40,3	45,1	58,5	61,2	67,5	73,7
الزمرة	4	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	4

التساقط : Précipitation

	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
تساقط شهري	36,55	26,49	28,64	52,92	52,67	18,25	7,42	19,45	36,93	33,25	28,08	34,43

سرعة الرياح :م/ثا

	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
سرعة الرياح	3,05	3,65	3,67	3,81	3,57	3,61	3,78	3,81	3,26	3,16	3,22	2,94

حدود الراحة :

مجموعة الرطوبة النسبية	AMT أكبر من 20		AMT 15 -20		AMTأقل من 15	
	نهارا	ليلا	نهارا	ليلا	نهارا	ليلا
1	34-26	25-17	32-23	23-14	30-21	21-12
2	31-25	24-17	30-22	22-14	27-20	20-12
3	29-23	23-17	28-21	21-14	26-19	19-12
4	27-22	21-17	25-20	20-14	24-18	18-12

تقييم الحرارة Diagnostique de température

c / COLD بارد O / comfort راحة H / Hot حار

	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الحرارة الشهرية القصوى	12,26	13,53	17,31	20,91	25,73	32,02	36,47	35,2	29,01	24,29	17,01	12,68
أعلى حد للراحة	24	26	28	29	29	31	31	31	29	29	28	24
أدنى حد للراحة	18	19	21	23	23	25	25	25	23	23	21	18
الحرارة الشهرية الدنيا	0,05	0,83	3,34	6,59	9,48	14,35	17,71	17,5	13,98	9,99	4,74	1,55
أعلى حد للراحة	18	19	19	19	19	20	22	22	19	19	19	18
أدنى حد للراحة	12	12	12	12	12	12	14	14	12	12	12	12
الراحة في نهار	C	C	C	C	O	H	H	H	H	O	C	C
الراحة في الليل	C	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C

المؤشرات Indicateurs

	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	
H1													0
H2													0
H3													0
A1		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		10
A2						×	×	×					3
A3	×	×	×	×							×	×	6

التطبيق :

التموضع / مخطط الكتلة :

			A3	A2	A1	H3	H2	H1
توجيه شمال جنوب (محور شرق غرب)	1	×			10-0			
			12-5		12-11			
تخطيط متراص	2		4-0					

التراص Espacement

			A3	A2	A1	H3	H2	H1
فتح المجالات	3							12-11
الحماية من الرياح الحارة والباردة	4							10-2
مخطط متراص	5	×						1-0

حركة الهواء :

			A3	A2	A1	H 3	H2	H1
	6							12 - 3
					5-0			2- 1
	7				12-6			
							12-2	0
حركة الهواء غير ضرورية	8	×					1-0	

الفتحات :

		A3	A2	A1	H3	H2	H1
كبيرة 40-80 %		0		1-0			
صغيرة 10-20 %		1-0		12-11			
متوسطة 20-40 %	×				شروط أخرى		

الجدران :

		A3	A2	A1	H3	H2	H1
جدران خفيفة				2-0			
جدران سميكة (سعة حرارية كبيرة)	×			12-3			

السقف :

		A3	A2	A1	H3	H2	H1
سقف خفيف (سعة حرارية صغيرة)				5-0			
سقف سميك (سعة حرارية كبيرة)	×			12-6			

السطح :

		A3	A2	A1	H3	H2	H1
مطلوب سطح (السطح شرط في التصميم)	×		12-2				

توصيات أكثر دقة :

أبعاد الفتحات :

H1	H2	H3	A1	A2	A3		
			1-0		0		واسعة 40- 80%
					12-1		متوسطة 25 - 40 %
			5-2				
			10-6			×	ضيقة 15- 25 %
			1112-		3-0		صغيرة جدا 10- 20%
					12-4		متوسطة 25- 40 %

مواضع الفتحات :

H1	H2	H3	A1	A2	A3			
12-3								الشمال و (أو) الجنوب الجدران المواجهة للرياح
			5-0					
			12-6				×	نوافذ علوية في الجدران الداخلية
0	12-2							

الجدران والأسقف :

H1	H2	H3	A1	A2	A3		
			2-0				سعة حرارية صغيرة
			12-3			×	سعة حرارية كبيرة فارق 8 سا

2- طريقة Szokolay steeve :

1-2 تحديد منطقة الراحة الحرارية :

أ- الحرارة المتوسطة السنوية :

$$\mathbf{Tm} = \sum Tmm /12 = 16.6\ °C$$

ب- الحرارة الحيادية :

$$Tn = 17.6 + (0.31 \times Tm)$$

$$Tn = 22.4°c$$

ج- حدود الراحة الحرارية :

$$T1 = Tn+[(Ahn-12)\times 0.025\times(Tn-14)]-2$$

$$T1 = 19.8\ °c$$

Ahn =9غ/كغ تمثل الرطوبة المطلقة عند الحرارة الحيادية .

$$T2 = T1+4$$

$$T2 = 23.8\ °c$$

(النقطتين 1 و 2 توافقان خط الرطوبة المطلقة 12 غ/كغ)

$$T3 = T1+0.2\ (T1-14)$$

$$T3 = 21°c$$

$$T4 = T2+0.2(T2-14)$$

$$T4 = 25.8\ °c$$

(النقطتين 3 و4 توافقان خط الرطوبة المطلقة 4غ/كغ)

2-2 تحديد منطقة التسخين الشمسي غير المباشر :

$$T5 = Tn + 0.36 - 0.0025 \times Hv$$

$$T5 = 13.4°c$$

$$Hv = 3732 \text{ watt} \times h / m^2$$

Hv = متوسط الاشعاع الشمسي اليومي على سطح عمودي في اتجاه الجنوب للشهر الأكثر برودة.

(النقطة 5 توافق خط التشبع HB = 100%)

3-2 تحديد منطقة تأثير الكتلة :(السعة الحرارية)

$$dtm = Tmoy\ max - Tmoy\ min$$

$$dtm = 18.8\ °c$$

$$T6 = T2 + 0.5 \times dtm$$

$$T6 = 33.2\ °c$$

(النقطة 6 توافق خط الرطوبة المطلقة 12غ/كغ)

$$T7 = T6 - 0.05\ (T6-14)$$

$$T7 = 32.2°c$$

(النقطة 7 توافق خط الرطوبة المطلقة 14 غ/كغ)

$$T8 = T6 + 0.2\ (T6-14)$$

$$T8 = 37°c$$

(النقطة 8 توافق خط الرطوبة المطلقة 4غ/كغ وحد الرطوبة الكبرى لخط HR للنقطة 1)

4-2 منطقة تأثير الكتلة (السعة الحرارية) والتهوية الليلية :

$$T9 = T2 + 0.8\ dtm$$

$$T9 = 38.8\ °c$$

(النقطة 9 توافق خط الرطوبة المطلقة 12غ/كغ)

$$T10 = T9 - 0.05\ (T9-14)$$

$$T10 = 37.6°c$$

(النقطة 10 توافق خط الرطوبة المطلقة 14 غ/كغ)

$$T11 = T9+0.2\ (T9-14)$$

$$T11 = 43.8$$

(النقطة 11 توافق خط الرطوبة المطلقة 4غ/كغ)

5-2 - تحديد منطقة التهوية الطبيعية :

$$T12 = T2+5$$

$$T12 = 28.8\ °c$$

(النقطة 12 توافق خط الرطوبة المطلقة 12غ/كغ)

$$T13 = T12 + 0.1(T12-14)$$

$$T13 = 30.3°c$$

(النقطة 13 توافق خط الرطوبة المطلقة 4غ/كغ)

$$T14 = T1$$

$$T14 = 19.8°c$$

$$T15 = T12-0.18(T12-14)$$

$$T15 = 26.1°c$$

(النقطتين 14 و15 تقعان فوق خط الرطوبة النسبية 90 %)

6-2 - منطقة التبريد بالتبخير المباشر :

$$T16 = Tn+12$$

$$T16 = 34.4°c$$

(الحدود العلوية والسفلية لهذه المنطقة ترسم انطلاقا من خطوط الحرارة الرطبة للنقاط 1 و2)

7- منطقة التبريد بالتبخير غير المباشر :

$$T17 = Tn+15$$

$$T17 = 37.4°c$$

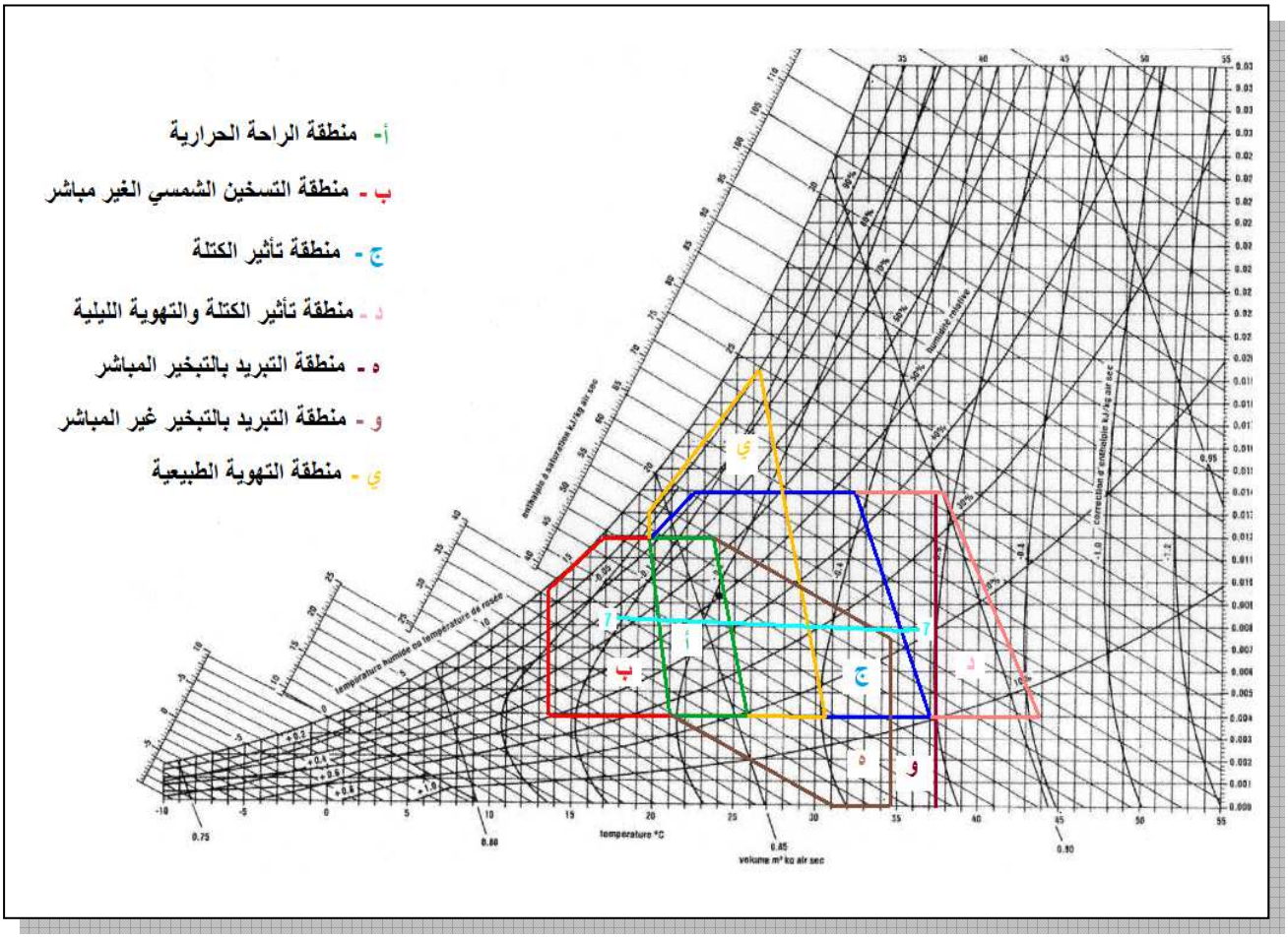
(الحد العلوي لهذه المنطقة يوافق خط الرطوبة المطلقة 14غ/كغ)

ترتكز هذه الطريقة في التحليل على تمثيل كل شهر بشكل قطعة مستقيمة يحدها ما يلي:

- الحد الأول هو الحرارة المتوسطة الدنيا الموافقة لأعلى متوسط رطوبة نسبية.

- الحد الثاني هو الحرارة المتوسطة العليا الموافقة للرطوبة المتوسطة الدنيا.

فمثلا في الشكل أ-1 قمنا بتمثيل شهر يوليو وهو الشهر رقم 7.والملاحظ أن معظم الشهر بحاجة لاستخدام تأثير السعة الحرارية والتهوية من أجل التبريد بما في ذلك التبريد بالتبخير.



الشكل أ.1 مخطط التحليل المناخي لمدينة باتنة .وفق طريقة Szokolay
(المصدر الكاتب 2012)

الملحق ب

المعطيات المناخية

1- المعطيات المناخية لمدينة باتنة :2002-2011م (المصدر محطة الأرصاد عين سخونة بتصرف من الكاتب)

	جانفي	فيفيري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الحرارة المتوسطة القصوى °م	12.3	13.5	17.3	20.9	25.7	32	36.5	35.2	29	24.3	17.0	12.7
الحرارة المتوسطة الدنيا °م	0.1	0.8	3.3	6.6	9.5	14.3	17.7	17.5	13.9	10	4.7	1.5
الحرارة المتوسطة °م	5.7	6.9	10.2	13.7	17.9	23.6	27.4	26.4	21.2	16.9	10.6	6.8
الرطوبة النسبية المتوسطة	73	66.9	62.8	62.1	57.9	47.5	40.3	45.1	58.5	61.2	67.6	73.7
سرعة الرياح المتوسطة م/ثا	3.0	3.6	3.7	3.8	3.6	3.6	3.8	3.8	3.3	3.2	3.2	2.9
التشميس	178	191	225	238	285	315	344	322	250	231	184	159

2- المعطيات المناخية لمحطة الأرصاد الجوية (يوم رفع القياسات) : 27 جويلية 2012م

(المصدر محطة الأرصاد عين سخونة بتصرف من الكاتب)

الساعة	الحرارة °م	الرطوبة النسبية %	سرعة الرياح م/ثا	اتجاه الرياح °م
00:00	25.4	35	3	40
01:00	24.3	36	3	120

60	**3**	**37**	**23.5**	**02:00**
80	**5**	**42**	**22.0**	**03:00**
120	**3**	**43**	**24.4**	**04:00**
150	**3**	**45**	**20.5**	**05:00**
360	**2**	**48**	**19.6**	**06:00**
250	**2**	**41**	**24.5**	**07:00**
60	**3**	**35**	**28.5**	**08:00**
350	**3**	**24**	**33.5**	**09:00**
210	**4**	**18**	**36.7**	**10:00**
40	**4**	**17**	**37.8**	**11:00**
240	**4**	**15**	**39.9**	**12:00**
230	**3**	**15**	**40.2**	**13:00**
350	**9**	**14**	**40.5**	**14:00**
350	**6**	**14**	**40.7**	**15:00**
330	**6**	**14**	**40.8**	**16:00**
300	**5**	**17**	**39.4**	**17:00**
220	**5**	**23**	**36.8**	**18:00**
220	**3**	**32**	**34.4**	**19:00**
200	**3**	**36**	**31.2**	**20:00**
100	**4**	**38**	**29.0**	**21:00**
100	**5**	**40**	**28.2**	**22:00**
100	**4**	**40**	**27.2**	**23:00**

Résumé

VENTILATION ET TECHNIQUES DE RAFRAICHISSEMENT NATUREL DANS l'ARCHITECTURE DES MOSQUÉES

Actuellement, plusieurs conceptions architecturales ne prennent pas en compte l'environnement local dans la construction des mosquées. La plus grande partie du monde islamique est située dans des zones chaudes ce qui nécessite un refroidissement pendant la période estivale afin d'assurer le confort thermique en construisant des bâtiments consommateurs d'énergie. Ce phénomène a un effet négatif sur le rôle de la mosquée dans la diffusion des valeurs de non extravagance et de préservation de l'environnement.

Afin de trouver une solution naturelle au problème du stress thermique en été dans les mosquées, nous avons étudié le cas de la mosquée du 1er Novembre 1954 située à la ville de Batna qui se caractérise par un climat chaud et semi-aride. Notre étude est basée sur des mesures régulières de la température de l'air et de l'humidité relative à l'intérieur de la salle de prière pendant les périodes de pointe (la prière du vendredi et tarawih) dans le but de connaître les raisons des apports thermiques. Ensuite, on a soumis le projet à une série de simulations par le logiciel EDSL / (TAS v 9.2.1.4) pour tester l'efficacité des changements apportés aux éléments architecturaux de la mosquée (les minarets et les dômes), qui visent à soutenir la ventilation naturelle et le refroidissement selon les résultats des récentes recherches dans ce domaine.

On a constaté que les apports thermiques intérieurs des adorateurs ayant un impact important sur le stress thermique à l'intérieur de la salle de prière. la fusion du système de tour à vent (système de refroidissement par évaporation) au niveau des minarets et le système de ventilation verticale au niveau des dômes permettrait d'éliminer le stress thermique. Cette technique a permet de réduire la température de l'air intérieur de 9°C, malgré l'absence de la ventilation, ce qui a confirmé son efficacité de refroidissement naturel, surtout que la valeur de l'humidité relative est de 60 à 65%. Notant que, pendant le mois de Juillet, la température de l'air intérieur reste inférieure à la limite maximale du confort thermique (28.5°C). Pour assurer une bonne circulation de l'air à l'intérieur de la salle de prière, il est recommandé d'implanter les issues de l'air au centre de la salle.

Mots-clés: mosquée, les éléments architecturaux, le confort thermique, la ventilation, le refroidissement naturel.

Summary

VENTILATION AND NATURAL COOLING TECHNIQUES IN THE ARCHITECTURE OF MOSQUES

Currently, several architectural designs do not take into account the local environment in the construction of mosques. The majority of Islamic world is situated in warm areas, which requires cooling during the summer periodin order to ensure the thermal comfort by constructing energy-consuming buildings. This has a negative effect on the role of the mosque in disseminating the values of non-extravagance and environmental preservation.

To find a natural solution to the problem of heat stress in summer in mosques, we studied the case of the mosque of "November 1st, 1954" in Batna, a city subject to the hot and semi-arid climate. Our study is based on regular measurements of the indoor air temperature and the relative humidity inside the prayer hall during the peak periods (Friday prayer and Taraweeh) in order to define causes of heat stress . Then, we have submitted the project to a series of simulations by EDSL/(TAS v 9.2.1.4) software to test the modifications efficiencymade at the level of the architectural elements of the mosque (the domes and the minarets), which aim to supportthe natural ventilation and the cooling according to the results of the recent researches in this field.

It was found that the internal heat gains of the worshipers as well as the lack of air movement are the major causes of heat stress inside the prayer hall, while the merger of the wind tower system (cooling system by evaporation) at the minarets level and the vertical ventilation system at the domes level are the solutions adopted to cope with heat stress. This technique has allowed the decrease of the indoor air temperature of 9° C and a relative humidity between 60 to 65% and this could make the comfort and eliminate thermal stress.

Key words : mosque, architectural elements, thermal comfort, ventilation, natural cooling.