الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال : علوم المادة

فرع : الفيزياء

تخصص : الفيزياء الطاقوية والطاقات المتجددة

من إعداد الطالب : – بن عطية حمزة

– بوقفة محمد شعبان

بعنوان :

تأثير العزل الحراري على الراحة الحرارية في المباني السكنية (جنوب الجزائر)

نوقشت يوم :2018/06/11

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

تخة محمد	أستاذ مساعد (أ)	جامعة ورقلة	رئيسا.
بلحاج محمد مصطفى	أستاذ محاضر (ب)	جامعة ورقلة	مناقشا.
بوقطاية حمزة	أستاذ التعليم العالي	جامعة ورقلة	مشرفا.

2017/2018

شكر و عرفان

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحِيمِ

والصلاة والسلام على من لا نبي بعده

الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات

اللهم لك الحمد حتى الرضا و لك الحمد بعد الرضا و لك الحمد إذا رضيت

نشكر الله تعالى عز وجل على توفيقه لنا في بحثنا هذا

كما نتقدم بالشكر الخالص لكل من قام بإضافة أو إشارة أو نصيحة

و بعد :

من لم يشكر الناس لم يشكر الله

وعلى هذا نتقدم بالشكر و التقدير إلى أستاذنا الكريم الأستاذ بوقطاية حمزة الذي قبل بأن يكون مشرفًا علينا في إنجاز هذه المذكرة

وعلى توجيهاته لنا ومساندتنا و إخلاصه في عمله معنا

وكذلك نتقدم بالشكر لرئيس اللجنة الأستاذ تخة محمد و المناقش الأستاذ بلحاج محمد مصطفى على قبولهم تقييم عملنا هذا

دون أن ننسى أن نقدم شكرنا لإدارة قسم الفيزياء – جامعة قاصدي مرباح ورقلة –

ولا ننسى والدانا اللذان ساندانا في مسيرتنا الدراسية إلى يومنا هذا

كما نشكر أصدقائنا و المقربون إلينا لدعائهم لنا بالتوفيق والنجاح.

الإهداء

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحِيمِ

والصلاة والسلام على من لا نبي بعده

الحمد لله الذي تتم بنعمته النعم

أما بعد نهدي بحثنا هذا إلى كل من ساندنا ووجهنا في بحثنا هدا سواء بنصيحة أو إشارة أو بدعاء و على رأسهم

والدانا

قرة أعيننا اللذان لم يبخلا معنا في شيء خلال مسيرتنا الدراسية كما نهدي بحثنا هذا إلى أستاذنا المشرف و جميع

الأساتذة في إدارة قسم الفيزياء و إلى رفاقنا وأحباءنا وكل من كان معنا خلال مسيرتنا الدراسية.

بسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَاللَّهُ جَعَلَ لَكُمْ مِنْ بُيُوتِكُمْ سَكَنًا وَجَعَلَ لَكُمْ مِنْ جُلُودِ الْأَنْعَامِ بُيُوتًا تَسْتَخِفُّونَهَا يَوْمَ ظَعْنِكُمْ وَيَوْمَ إِقَامَتِكُمْ وَمِنْ أَصْوَافِهَا وَأَوْبَارِهَا وَأَشْعَارِهَا أَثَاثًا وَمَتَاعًا إِلَىٰ حِينٍ ﴾

سورة النحل الآية ﴿٨٠﴾

الفهرس

العنوان	الصفحة
شكر وعرفان.	I
الإهداء.	II
الفهرس.	III
قائمة الأشكال و المنحنيات.	IV
قائمة الجداول.	V
قائمة الرموز و المصطلحات.	VI
المقدمة.	VII
الفصل الأول	
الانتقالات الحرارية	
1- تمهيد.	01
2- طرق انتقال الحرارة.	01
2-1- انتقال الحرارة بالتوصيل.	02
2-2- انتقال الحرارة بالحمل.	04
2-3- انتقال الحرارة بالإشعاع.	07
الفصل الثاني	
الراحة الحرارية	
تمهيد.	09
1- تعريف الراحة الحرارية.	09
2- العوامل المؤثرة في الراحة الحرارية.	10
2-1- عامل البيئة المحيطة.	10
2-1-1- درجة حرارة الهواء.	10
2-1-2- سرعة حركة الهواء.	10
2-1-3- الرطوبة النسبية.	11
2-1-4- درجة الإشعاع.	11
2-2- العامل البشري.	12

2-2-1- النشاط.	12
2-2-2- الحالة الصحية.	12
2-2-3- اللباس.	12
3 - واقع الراحة الحرارية بالمباني السكنية في جنوب الجزائر.	13
تمهيد.	13
1- خصائص المنطقة.	13
1-1- مناخ المنطقة.	13
- قيم عناصر المناخ.	13
1-2- خصائص المباني السكنية في الجنوب.	16
1-2-1- مواد البناء المستعملة.	16
1-2-2- تصميم المباني المستعمل.	16
1-3- خصائص غلاف المبنى.	17
1-3-1- الحوائط الخارجية.	17
1-3-2- الأسقف.	17
1-3-3- فتحات الشبابيك.	18
1-3-4- وسائل التظليل.	18
1-3-5- البالكون.	18
2- واقع استهلاك الطاقة في المباني السكنية بالجنوب.	19
الفصل الثالث	
العزل الحراري	
تمهيد.	22
1- تعريف العزل الحراري.	22
2- مزايا العزل الحراري.	23
3- مواد العزل الحراري.	24
3-1- تصنيف المواد العازلة.	24
3-2- أشكال المواد العازلة.	25
3-3- أنواع مواد العزل الحراري الشائعة.	26
4- خصائص مواد العزل الحراري.	29
4-1- الخصائص الحرارية.	29

4-2- الخصائص الميكانيكية.	30
4-3- الامتصاص.	31
4-4- الأمان والصحة.	31
4-5- الخصائص الصوتية.	31
5- محددات اختيار مواد العزل الحراري.	31
6- استخدام مواد العزل الحراري في المباني.	33
6-1- موقع العازل الحراري في المبني	34
6-2- عزل الأسقف.	34
6-2-1- العزل التقليدي.	34
6-2-2- العزل المقلوب.	34
6-3- عزل الحوائط.	35
7- وسائل أخرى للعزل الحراري.	36
7-1- من حيث شكل المبنى.	36
7-1-1- السقف.	36
7-1-2- النوافذ.	37
7-1-3- توجيهات واجهات المبنى.	38
7-1-4- التهوية الطبيعية.	38
7-2- من حيث تصميم المسلحات الخارجية.	39
7-2-1- التشجير.	39
7-2-2- إيجاد مسطحات المياه بجوار المبنى.	39

الفصل الرابع	
الجانب التجريبي	
تمهيد.	**40**
وصف التجربة المنجزة.	**40**
الأدوات المستعملة في التجربة.	**40**
الخواص الفيزيائية لمواد البناء.	**41**
إجراء التجربة.	**41**
المرحلة الأولى.	**41**
المرحلة الثانية.	**41**
مناقشة وتحليل النتائج.	**42**
1 – نتائج المرحلة الأولى.	**42**
1 1 – نتائج الغرفة غير المعزولة.	**42**
1-1-1- نتائج تغيرات درجات الحرارة حسب ساعات اليوم.	**42**
1-1-2- نتائج تغيرات الفروق في درجات الحرارة حسب ساعات اليوم.	**44**
1-2- نتائج الغرفة المعزولة.	**46**
1-2-1- نتائج تغيرات درجات الحرارة حسب ساعات اليوم.	**46**
1-2-2- نتائج تغيرات الفروق في درجات الحرارة حسب ساعات اليوم.	**48**
1-3- ملخص النتائج الكلية للغرفتين.	**50**
1-3-1- نتائج تغيرات درجات الحرارة حسب ساعات اليوم.	**50**
1-3-2- نتائج تغيرات الفروق في درجات الحرارة حسب ساعات اليوم.	**52**
2- نتائج المرحلة الثانية.	**54**
خلاصة التجربة.	**55**
الخلاصة العامة والتوصيات.	**56**
قائمة المراجع.	**58**

قائمة الأشكال والمنحنيات

الرقم	العنوان	الصفحة
	أشكال الفصل الأول	
	الانتقالات الحرارية	
شكل(1-1)	انتقال الحرارة من المكان الساخن إلى البارد.	01
شكل(1-2)	طرق انتقال الحرارة الثلاثة بالتوصيل – الحمل – الإشعاع.	02
شكل(1-3)	توزيع السرعات و درجات الحرارة في حالة انتقال الحرارة بالحمل.	05
شكل(1-4)	عمليات يحدث فيها انتقال الحرارة بالحمل.	07
	أشكال الفصل الثاني	
	الراحة الحرارية	
شكل(2-1)	مجال الارتياح الحراري في اختلاف درجة حرارة الهواء المحيط	10
شكل(2-2)	مجال الارتياح الحراري في اختلاف سرعة الهواء المحيط	11
شكل(2-3)	العلاقة بين الرطوبة النسبية والارتياح الحراري حسب درجة حرارة الهواء	11
شكل(2-4)	تغير سرعة الرياح القصوى عبر أشهر السنة ب م/ثا	14
شكل(2-5)	تغير معدل تساقط الأمطار خلال أشهر السنة	14
شكل(2-6)	تغير معدل التشميس خلال أشهر السنة بالساعات	15
شكل(2-7)	تغير درجات الحرارة المتوسطة خلال أشهر السنة	15
شكل(2-8)	تغير معدل الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة	16
شكل(2-9)	شكل الجدار المستعمل	17
شكل(2-10)	شكل السقف المستعمل	17
شكل(2-11)	نماذج من فتحات الشبابيك المستخدمة.	18
شكل(2-12)	نماذج من وسائل التظليل المستخدمة.	18

شكل(2-13)	نموذج للشرفات المستخدمة.	19
شكل(2-14)	منحنى استهلاك الكهرباء بورقلة للسنوات 2008- 2009- 2010	20
	أشكال الفصل الثالث	
	العزل الحراري	
شكل (3-1)	النسبة المئوية للحرارة المتسربة قبل العزل الحراري.	22
شكل (3-2)	تأثير العازل الحراري على درجة الحرارة داخل المبنى في فصل الصيف.	23
شكل (3-3)	مادة عازلة في شكل ألواح ولفات مرنة.	25
شكل (3-4)	مادة عازلة في شكل حبيبات.	25
شكل(3-5)	مادة البولي البوليسترين الصلبة.	26
شكل(3-6)	مادة البولي يورثين المطبق.	26
شكل(3-7)	مادة البولي البوليسترين.	27
شكل(3-8)	الصوف الزجاجي.	27
شكل(3-9)	الصوف الصخري.	28
شكل(3-10)	الزجاج الرغوي.	28
شكل(3-11)	حبيبات البيرلات المستخدمة في العزل الحراري.	29
شكل(3-12)	بعض مواد العزل المستخدمة في دعم المبنى.	30
شكل(3-13)	نظام عزل السقف المقلوب.	34
شكل(3-14)	نظام العزل ببناء جدارين يوضع بينهما العازل.	36
شكل(3-15)	قبب مستعارة لأسقف المبنى.	37
شكل(3-16)	نسبة نفاذية الزجاج المزدوج للحرارة.	37
شكل(3-17)	بعض استراتيجة التهوية الطبيعية.	38
شكل(3-18)	إستراتجية التشجير حول المبنى.	39
شكل(3-19)	مسطحات المياه التي تساعد على تشتيت الأشعة الشمسية	39

	أشكال الفصل الرابع	
	الجانب التجريبي	
شكل(4-1)	تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة غير المعزولة عبر ساعات اليوم.	43
شكل(4-2)	تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفة غير المعزولة عبر ساعات اليوم.	45
شكل(4-3)	تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة غير المعزولة عبر ساعات اليوم.	47
شكل(4-4)	تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفة المعزولة عبر ساعات اليوم.	49
شكل(4-5)	تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفتين حسب ساعات اليوم.	50
شكل(4-6)	تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفتين خلال ساعات اليوم.	53

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
جدول(1-1)	قيم الناقلية الحرارية لبعض المواد.	04
جدول(1-2)	بعض قيم معامل انتقال الحرارة بالحمل.	06
جدول(2-1)	قيم عناصر المناخ المسجلة خلال سنة 2010 بمنطقة ورقلة.	13
جدول(2-2)	كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في ولاية ورقلة خلال السنوات 2008-2009-2010.	20
جدول(3-1)	التوصيل الحراري لبعض المواد العازلة.	30
جدول(3-2)	موقع العازل الحراري في المبنى.	33
جدول(4-1)	الخواص الفيزيائية لمواد البناء المستعملة.	41
جدول(4-2)	تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة غير المعزولة عبر ساعات اليوم.	42
جدول(4-3)	تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفة غير المعزولة عبر ساعات اليوم.	44
جدول(4-4)	تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة المعزولة عبر ساعات اليوم.	46
جدول(4-5)	تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفة المعزولة عبر ساعات اليوم.	48
جدول(4-6)	تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفتين حسب ساعات اليوم.	50
جدول(4-7)	تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفتين حسب. ساعات اليوم.	52
جدول(4-8)	قيم الطاقة الكهربائية المستهلكة من المكيفين خلال يوم كامل.	54

الرموز والاصطلاحات

q : معدل انتقال الحرارة (W)

A : مساحة المقطع الذي تنتقل خلاله الحرارة (m^2)

K : معامل التوصيل الحراري للمادة $(W/m.K)$

a : الانتشارية الحرارية $a = \lambda / \rho \cdot cp$ (m^2/s)

Δx : سمك المادة (m)

A : سطح التبادل الحراري (m^2)

Cp السعة الحرارية $(J/kg.K)$

G شدة الإشعاع الشمسي (W/m^2)

h معامل الانتقال الحراري بالحمل $(W/m^2.K)$

h_{int} : معامل الانتقال الحراري بالحمل الداخلي $(W/m^2.K)$

h_{ext} : معامل الانتقال الحراري بالحمل الخارجي $(W/m^2.K)$

Q_t : مجموع التدفقات الحرارية للأسطح (W)

T_∞ : درجة حرارة المائع (K)

T_S : درجة حرارة السطح (K)

T_{ext} درجة حرارة السطح الخارجي (K)

T_{int} : درجة حرارة السطح الداخلي (K)

t : الزمن (s)

V : الحجم (m^3)

u السرعة	$(\mathrm{m/s})$
M : الإنبعاثية الإشعاعية للسطح الباث	(W/m^2)
σ : ثابت استيفن بولتزمان $\sigma = 5.67\times10^{-8}$	$(W/m^2.K)$
ε : معامل الانبعاث " Emissivity "	

المقدمة

المقدمة :

يعتبر المسكن من أهم متطلبات الإنسان لما يوفره له من أمن وراحة وحماية من الظروف البيئية الخارجية التي لا يقوى على تحملها بدونه, فسعى الناس في مختلف أنحاء المعمورة في تشييد المباني المختلفة التي تتناسب مع بيئاتهم المناخية وتوفر لهم الراحة الحرارية داخلها, فقام سكان المناطق الصحراوية بجنوب الجزائر ببناء مساكنهم لتتأقلم مع الظروف البيئية القاسية التي يتميز بها المناخ عبر فصول السنة, حيث تصل درجات الحرارة في هذه المناطق إلى 50 درجة مئوية صيفا, نتيجة شدة الإشعاع الشمسي الذي تعرفه هذه المناطق مع استمرار فترات الحر في أغلب أشهر السنة, فكانت المباني المستعملة تشيد وفق تصميم خاص يراعى فيه التظليل عن طريق أساليب عديدة كالقباب و الأزقة الضيقة والتوجيه المناسب, ويراعي التصميم المميز لهذه المساكن التهوية الطبيعية عن طريق فتحات التهوية ومواضعها , أما المواد المستعملة فهي الحجارة الكلسية و الطين مع سماكة الجدران للحد من انتقال الحرارة الخارجية للداخل, هذا ما جعل هذه البيوت توفر قدرا كبيرا من الراحة الحرارية لساكنيها طيلة أشهر السنة.

أما الآن فقد أصبح التوجه إلى البناء الحديث من ناحية المظهر و المواد المستعملة هو الصفة السائدة في المنطقة ، فاعتمدت الأسقف المستوية التي تزيد من انتقال الحرارة نتيجة التشميس, واستعملت مواد البناء التي ليست لها مقاومة حرارية معتبرة كالاسمنت والخرسانة المسلحة, فزاد الاعتماد على الأجهزة الكهربائية لتحقيق الراحة الحرارية بالداخل ، فأدى ذلك إلى استهلاك مفرط للطاقة الكهربائية المخصصة للتبريد والتكييف, نظرا للكميات الكبيرة من الحرارة التي تنتقل إلى داخل المبنى من خلال الأسقف والجدران, فحسب الوكالة الوطنية لترقية ترشيد استعمال الطاقة [1] $(APRUE)$ فإن 60% من الطاقة الإجمالية تستهلك في التكييف, في حين يشهد العالم أزمة طاقوية خانقة, نتيجة استنزاف الموارد الأرضية لها, جراء الاستهلاك المتزايد لهذا النوع من الطاقة, زيادة على النتائج البيئية الوخيمة لاستخدامها, بسبب الانبعاثات الكبيرة لغازات الدفيئة التي تسببت في كثير من المشاكل البيئية كالاحتباس الحراري والتغير المناخي وما تبعه من كوارث بيئية عديدة, مما يستدعي توجها عاجلا لترشيد الاستهلاك والبحث عن مصادر بديلة , وقصد تقديم حلول عملية لسكان هذه المناطق جاء بحثنا هذا ليبرز دور استعمال العزل في توفير الراحة الحرارية وترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المخصصة للتكييف في المباني السكنية.

وتلخيصا لمحتويات بحثنا هذا فإننا تطرقنا في الفصل الأول إلى تعريف انتقال الحرارة وأنواعه وكيفية حدوثه والمعادلات الفيزيائية الخاصة بكل نوع, وتناولنا في الفصل الثاني الراحة الحرارية, تعريفاتها و العوامل المؤثرة فيها و واقعها في البناء الحالي بمنطقة

[1] L'Agence Nationale pour la Pomotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.

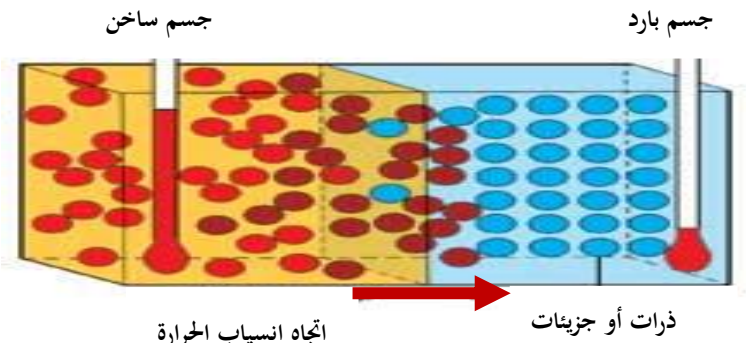
ورقلة كأنموذج، ثم نستهل الفصل الثالث بتعريف العزل الحراري في المباني وأنواعه والمواد المستعملة فيه و خصائصها الحرارية ومعايير اختيارها، ونقوم في الفصل الرابع بإجراء تجربة عملية تظهر دور العزل في توفير الراحة الحرارية وترشيد الطاقة الكهربائية المخصصة للتكييف وذلك بدراسة حرارية لغرفتين متماثلتين من ناحية التصميم, التوجيه, ومواد البناء, إحداهما استعمل فيها العازل من الداخل والأخرى اعتيادية, ونناقش النتائج المسجلة في التجربة ونختم هذا الفصل بخلاصة للتجربة, و أخيرا الخلاصة العامة والتوصيات .

الفصل الأول

انتقال الحرارة

1 -تمهيد : [1]

الحرارة هي طاقة في حالة عبور , ناشئة عن الفرق في درجات الحرارة ، و علم انتقال الحرارة يتناول انتقال الطاقة الحرارية بين أجسام المواد المختلفة والتي ترجع إلى الفروق في درجات الحرارة أي أن انتقال الطاقة هنا يكون نتيجة لفرق درجات الحرارة بين الأجسام, حيث إن علم انتقال الحرارة لا يبحث فقط في توضيح كيفية حدوث انتقال الطاقة ولكن أيضا يقدم توقع علمي لمعدلات انتقال الطاقة تحت ظروف متباينة وأثناء حدوث أي تغير في درجات حرارة الأجسام وفي أي فترة زمنية من عملية انتقال الحرارة .



شكل(1-1) : انتقال الحرارة من المكان الساخن إلى البارد.

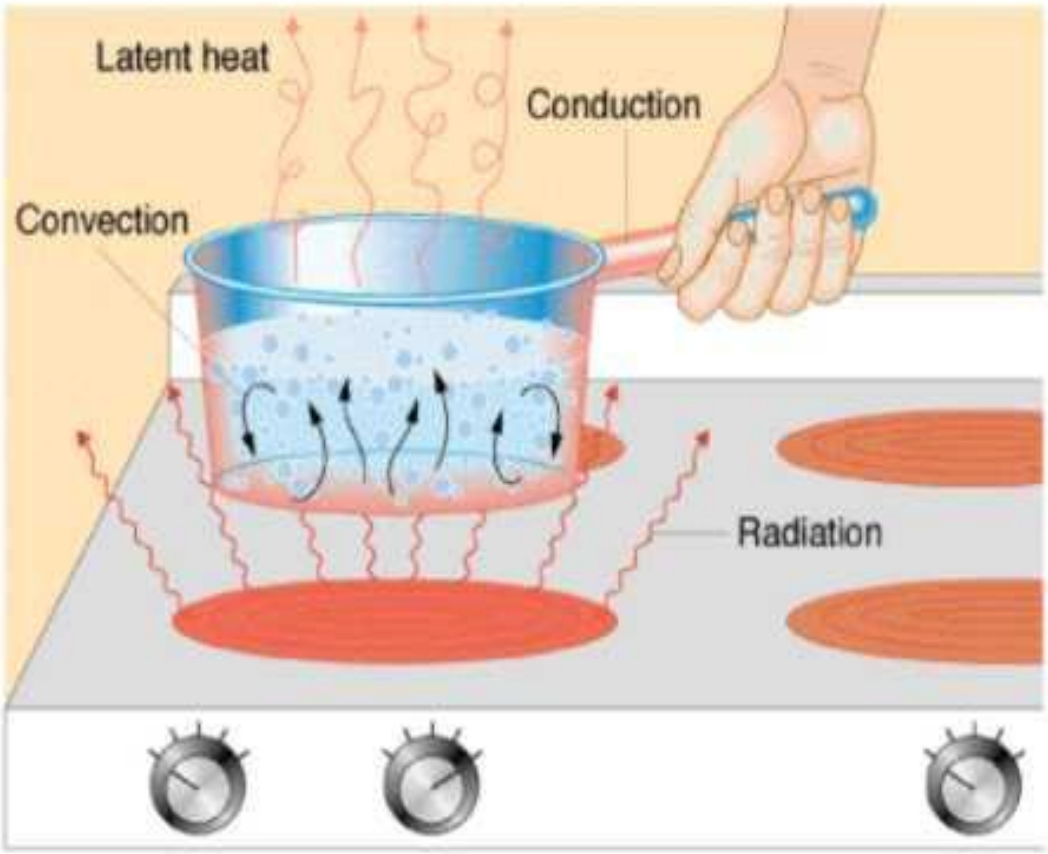
1- طرق انتقال الحرارة :

توجد ثلاث طرق رئيسية لانتقال الحرارة وهي :

- **التوصيل** (conduction) : وتنتقل الحرارة بالتوصيل من جسم إلى آخر بواسطة الاتصال المباشر أو التصادم العشوائي للجزيئات بدون أي حركة لكتلة المادة , وانتقال الحرارة بالتوصيل قد يكون توصيلا مستقرا أي بمعدل ثابت أو غير مستقر بمعدل متغير بالنسبة للزمن.

- **الحمل** (convection) : يحدث هذا النوع من انتقال الحرارة في الموائع (السوائل والغازات) , وذلك أثناء سريانها داخل أو خارج المواسير , أو سريانها على الأسطح الساخنة أو الباردة ، ويتم انتقال الحرارة بالحمل نتيجة لحركة جزئيات المائع و هي محملة بالحرارة حيث تصطدم مع جزئيات أخرى أقل منها في درجة الحرارة وبالتالي تكسبها جزء ا من حرارتها، ويكون إما حملا حرا أو حملا جبريا.

- **الإشعاع** (radiation) : هو انتقال للموجات الكهرومغناطيسية من مصدر مشع إلى آخر خلال الفراغ الذي قد يكون أو لا يكون مشغولا بالمادة.



شكل (1–2) : طرق انتقال الحرارة الثلاث بالتوصيل، الحمل و الإشعاع.

1–1– انتقال الحرارة بالتوصيل : Heat transfer by conduction

عند حدوث انحدار حراري في جسم معين فانه يحدث انتقال للحرارة من المنطقة ذات الحرارة العالية إلى الأخرى ذات الحرارة المنخفضة في مثل هذه الحالة فإننا نقول أن الحرارة انتقلت بالتوصيل خلال الجسم وأن معدل انتقال الحرارة لكل وحدة مساحة يتناسب مع الانحدار الحراري أي أن :

$$\frac{q}{A} \alpha \frac{\partial T}{\partial x} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1-1)$$

حيث :

q : معدل انتقال الحرارة (W).

A : مساحة المقطع الذي تنتقل خلاله الحرارة وهي مساحة السطح العمودي عل ى اتجاه انتقال الحرارة بالمتر المربع (m^2).

$\frac{\partial T}{\partial x}$: الانحدار الحراري في اتجاه انتقال الحرارة .

وإذا وضعنا ثابتا في المعادلة السابقة K وبترتيب عناصر المعادلة السابقة نحصل على :

$$q = -K.A.\frac{\partial T}{\partial x} .....(2-1)$$

و القيمة الموجبة للثابت K تسمي بمعامل التوصيل الحراري للمادة أو معامل انتقال الحرارة بالتوصيل كما سنبينه بشيء من التفصيل تاليا.

أما الإشارة السالبة في المعادلة $(1-2)$ فوضعت للتأكيد على عدم مخالفة القانون الثاني للديناميكا الحرارية وذلك لإعطاء q نتيجة موجبة حيث أن الحرارة تسري من الجانب الأعلى إلى الجانب الأقل في درجات الحرارة ولأن الحل (التكامل) الرياضي للمعادة السابقة يعطي قيمة سالبة. للمعادلة $(1-2)$ السابقة تسمي "بقانون فورير" لانتقال الحرارة بالتوصيل.

– معامل التوصيل الحراري للمادة :

الناقلية الحرارية في الفيزياء والكيمياء هي خاصية المادة التي تشير إلى قابلية المادة لنقل الحرارة. تقاس الناقلية الحرارية لمادة بوحدة $(W/m\cdot K)$. وتختلف الناقلية الحرارية من مادة إلى مادة فالمعادن عموما تكون جيدة الناقلية الحرارية مثل النحاس والحديد والفضة، أما الأخشاب و البلاستيك مثلا، فهي ضعيفة التوصيل الحراري .كما يوضح الجدو ل(1-1) قيم الناقلية لبعض المواد.

جدول (1-1) : قيم الناقلية الحرارية لبعض المواد. [1]

المادة	الناقلية الحرارية $(W/m\cdot K)$
اسمنت، بورتلاند	0.29
خرسانة، حجر	1.7
هواء	0.025
خشب	0.04 - 0.4
مطاط	0.16
زجاج	1.1
ذهب	318
نحاس	401
ألماس	900 - 2320

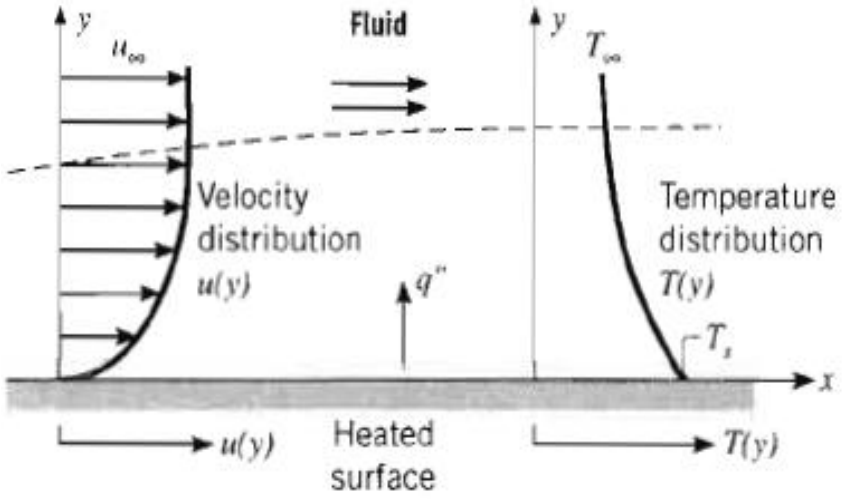
2-2- انتقال الحرارة بالحمل : Convection heat transfer

انتقال الحرارة بالحمل يتم كنتيجة للحركة العشوائية للجزيئات والحركة الإجمالية أو الميكروسكوبية للمائع, أي أن انتقال الحرارة بالحمل يحدث كنتيجة لسريان الموائع ، وعادة يحدث انتقال للحرارة بالحمل عند حركة حجم مائع من منطقة ذات درجة حرارة مرتفعة إلى منطقة ذات درجة حرارة منخفضة وانتقال الحرارة بالحمل له نوعان هما :

أ -الحمل الطبيعي أو الحر ويكون بسبب الفرق في الكثافة.

ب -الحمل القسري ويتم بواسطة حركة الرياح أو المضخات والمراوح , وانتقال الحرارة بالحمل ربما يحدث على أسطح الجدران أو السطح الداخلي والخارجي لماسورة ساخنة أو باردة أو بين الأسطح و الموائع كما في جميع أنواع المبادلات الحرارية.

إذا اعتبرنا سريان مائع على سطح ساخن كما هو موضح في الشكل (1-4)، فإنه نتيجة للتفاعل أو الاحتكاك بين المائع والسطح الساخن ينتج توزيع لسرعة السريان من صفر عند السطح الساخن وتتزايد حتى تصل إلى سرعة محددة ولتكن (u_∞), و إذا كان هناك فرق في درجات الحرارة بين السطح والمائع سيكون هناك منطقة تتغير فيها درجة حرارة المائع من T_s عند $(y=0)$ إلى T_∞ عند السريان الخارجي , كما أن انتقال الحرارة بالحمل يعتمد على طبيعة سريان المائع , فإننا نقول أن هناك انتقال حرارة بالحمل القسري (forced convection)، إذا حدث السريان كنتيجة لاستخدام وسائل خارجية مثل المضخات والمراوح أو حتى الرياح, أما الحمل الحر (Free) أو الحمل الطبيعي (Free or natural convection) فهو الذي تتم فيه حركة المائع كنتيجة للفرق في كثافة المائع الذي يصاحب باستمرار الفرق في درجة الحرارة.



شكل(1-3) : توزيع السرعات وتوزيع درجات الحرارة في حالة انتقال الحرارة بالحمل.

يجدر بنا هنا الإشارة إلى أن انتقال الطاقة إما أن يتم في صورة محسوسة (Sensible)، أو في صورة كامنة (Latent) كما يحدث في حالة التبخير (Évaporation) أو التكثيف (Condensation)، وبغض النظر عن الطريقة التي يتم فيها انتقال الحرارة بالحمل فإن معدل انتقال الحرارة بالحمل يمكن وصفه بالمعادلة التالية :

$$q = h.A.(T_S - T_\infty).....(5-1)$$

حيث :

q: معدل انتقال الحرارة (W).

A : مساحة مقطع السطح الناقل للحرارة (m^2).

T_S : درجة حرارة السطح (K).

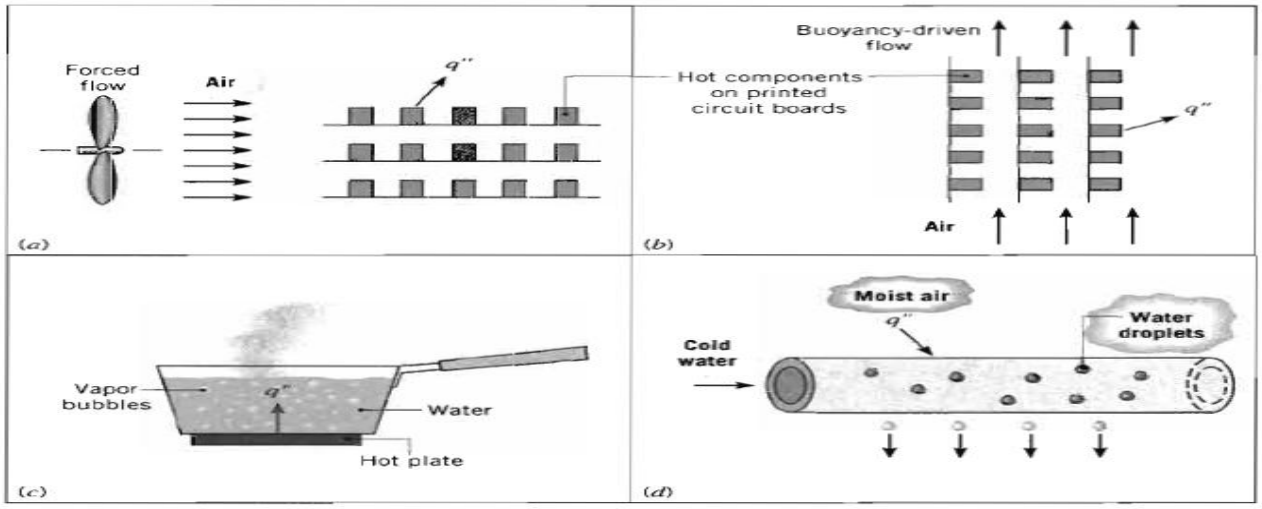
T_∞ : درجة حرارة المائع (K) .

h : معامل انتقال الحرارة بالحمل$(W/m^2.K)$.

عادة يطلق على h معامل انتقال الحرارة بالحمل كما تعرف المعادلة رقم (1-5) السابقة بقانون نيوتن للتبريد (Newton's law of cooling), يختلف معامل انتقال الحرارة بالحمل على حسب سرعة السائل أو المائع ونوعه وحالته ويوضح الجدول التالي بعض قيم معامل انتقال الحرارة بالحمل.

جدول (1-2) : بعض قيم معامل انتقال الحرارة بالحمل. [1]

الإجراء	$h(W/m^2.K)$
حمل حر للغازات	25-2
حمل حر للسوائل	1000-50
حمل جبري للغازات	250-25
حمل جبري للسوائل	20000-50
حمل مع التغير غي الحالة (الغليان و التكثيف)	100000-2500



شكل(1–4) : عمليات يحدث بها انتقال الحرارة بالحمل: (*a*) حمل قسري، (*b*) حمل حر أو طبيعي، (*c*) االتبخير، (*d*) التكثيف.

2–3– انتقال الحرارة بالإشعاع : Radiation heat Transfer

الإشعاع الحراري عبارة عن طاقة منبثقة من جسم له درجة حرارة معينة ، يتم انتقال الطاقة كنتيجة للإشعاع بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية ولذلك لا يتطلب وجود وسط (Le milieu) كما في حالة الحمل والتوصيل. والإشعاع يحدث بأعلى كفاءة في حالة الفراغ. أقصى معدل لانتقال الحرارة بالإشعاع من سطح ما، يعطي بواسطة قانون استيفين بولتزمان كما يلي :

$$M = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_S^4 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6-1)$$

حيث :

M : الإنبعاثية السطحية للسطح الباث (W/m^2)

T_S: درجة الحرارة المطلقة للسطح (K) .

σ : ثابت استيفن بولتزمان $\sigma = 5.67\times10^{-8}$ $(W/m^2.K^4)$

ε : تسمى معامل الانبعاث أو Emissivity. تتراوح بين الصفر للسطح العاكس والواحد الصحيح للجسم الأسود.

وعادة يصدر أقصى إشعاع عن السطح الأسود والذي يسمى بالسطح المثالي (Ideal or black body) أي : $\varepsilon = 1$.

بينما الإشعاع من جسم حقيقي يكون أقل من ذلك ويعطي بالعلاقة:

$$M = \sigma \cdot T_S^4 \text{.....(7-1)}$$

توضح (ε) مدى كفاءة انبثاق الإشعاع من سطح جسم ما. المعادلة رقم (1-7) تحدد معدل الإشعاع من الجسم.

الفصل الثاني

الراحة الحرارية

تمهيد :

تعتبر الراحة الحرارية جانب من جوانب الراحة المنشودة داخل المسكن ، كما أنها مطلب ضروري لقاطني البيئة الداخلية من الناحية الصحية والاقتصادية، لذا لابد أن يوفر المسكن الارتياح الحراري للإنسان في ظل الظروف البيئية السائدة في المنطقة التي يعيش فيها، وخاصة أن المسكن هو الملاذ الأساسي، والمكان الذي يقضي فيه الإنسان ساعات طويلة.

1- تعريف الراحة الحرارية : [2,3]

الراحة الحرارية يمكن تعريفها بأنها الإحساس بالظروف المادية المنقولة بواسطة الحواس والذهنية المرضية للإنسان وتعرف بشكل عام بأنها حالة الجهاز العصبي المركزي التي تؤدي إلى شعور الإنسان بالراحة في البيئة المحيطة به، وتكون على نوعين هما الراحة الفيزيولوجية (physiological comfort) والراحة النفسية(psychology comfort) , والراحة الفيزيولوجية ما هي إلى تعبير عن حالة الاتزان الحراري بين الجسم والبيئة المحيطة. إذ يحافظ على ثبات درجة حرارته من دون اللجوء إلى زيادة درجة حرارة الجسم عن طريق الارتجاف أو التبريد عن طريق التبخر(التعرق).

كما تعرف الراحة الحرارية بعدة تعريفات نذكر منها :

تعريف واطسون : هي حالة عقلية يشعر معها الإنسان بالرضا عن الظروف البيئية المحيطة به.

تعريف ماركوس و أوجاى : هي حالة لا يشعر معها الإنسان بالبرد أو بالحر، أو يشعر بأي مضايقة نتيجة لخلل في البيئة الحرارية.

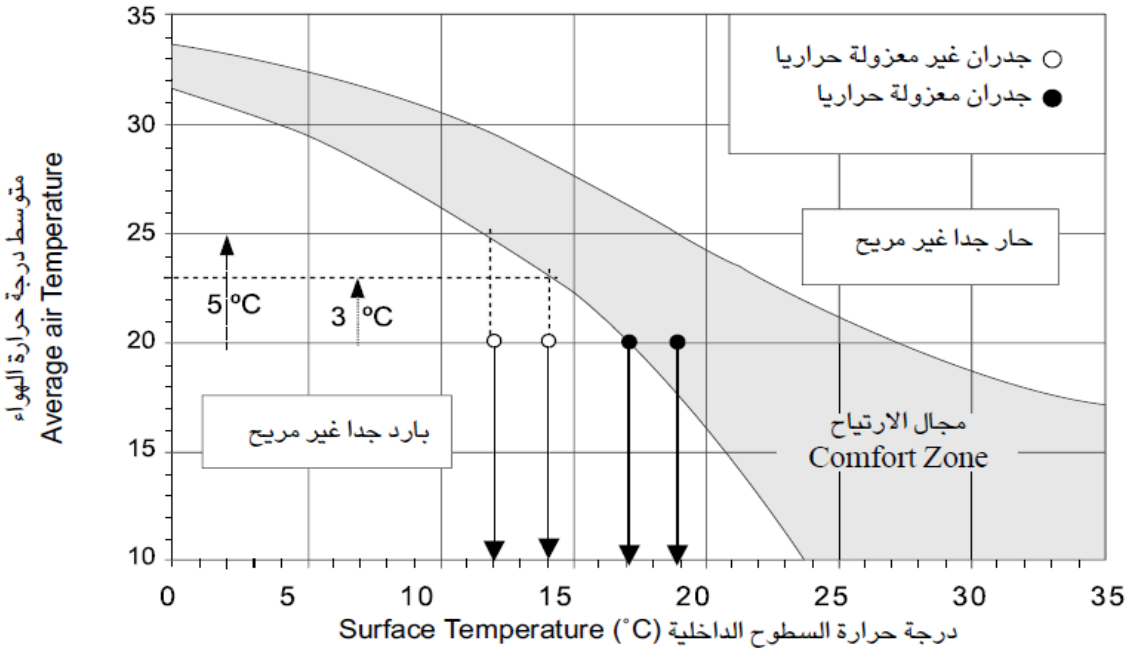
تعريف فانجر : هي حالة الحياد الحراري والتي يفضل الإنسان فيها ألا تكون البيئة المحيطة لا أبرد ولا أكثر دفئا.

2-العوامل المؤثرة في الراحة الحرارية : تتأثر الراحة الحرارية للإنسان بعاملين أساسيين هما :

2-1- عامل البيئة المحيطة : يتأثر الإنسان بصفة مباشرة بالظروف المناخية للبيئة التي تحيط به و التي تتحكم بها العناصر المناخية التالية :

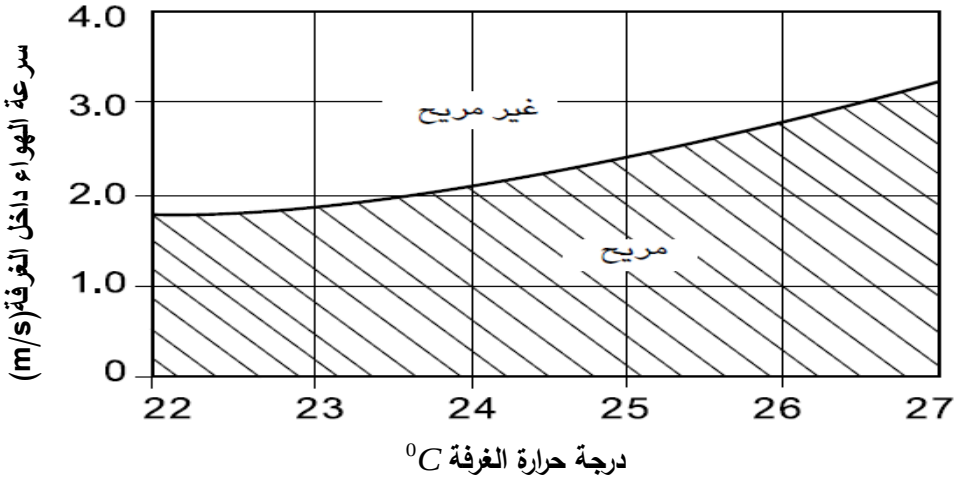
2-1-1- درجة حرارة الهواء : وهي المؤثر الرئيسي والمباشر في الإحساس بالراحة ، فالجسم يفقد الحرارة عن طريق ملامسته للهواء الذي تتولد به تيارات الحمل نتيجة ملامسته للجسم، فتنتقل الحرارة إليه. وكلما انخفضت درجة حرارة الهواء كلما زاد معدل فقد الحرارة من الجسم، وفي الجزائر حدود الراحة لدرجة حرارة الهواء المحيط هي بين 24 و30 درجة مئوية.

والشكل التالي يبين مجال الارتياح الحراري في اختلاف درجة حرارة الهواء المحيط.



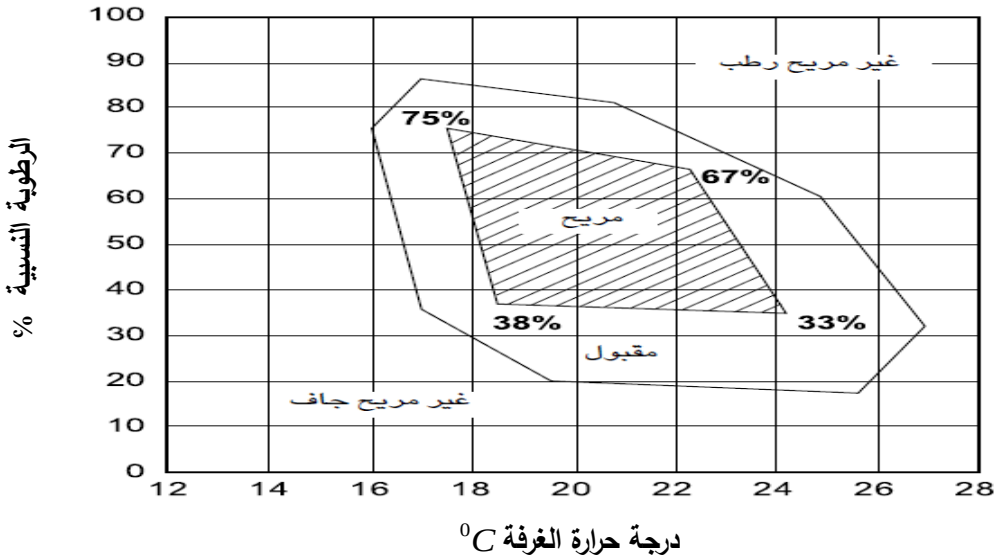
شكل(2-1) : مجال الارتياح الحراري في اختلاف درجة حرارة الهواء المحيط.[4]

2-1-2- سرعة حركة الهواء : تؤثر حركة الهواء على التبادل الحراري بين جسم الإنسان والهواء المحيط ، فهي تعمل على تبريد الجسم من خلال فقدان الحرارة بالحمل وزيادة تبخر العرق. فكلما زادت سرعة الهواء ارتفع مستوى الإحساس بالراحة والشكل التالي يبين مجال الارتياح الحراري في اختلاف سرعة الهواء المحيط.



شكل(2-2) : مجال الارتياح الحراري في اختلاف سرعة الهواء المحيط. [4]

2-1-3- الرطوبة النسبية : هي نسبة كمية بخار الماء الموجودة في الهواء في درجة حرارة معينة وضغط معين إلى الكمية القصوى التي يمكن أن يحملها في نفس الشروط ، ويوضح الشكل التالي العلاقة بين الرطوبة النسبية ودرجة الارتياح الحراري حسب درجة حرارة الهواء.



شكل(2-3) : العلاقة بين الرطوبة النسبية ودرجة الارتياح الحراري حسب درجة حرارة الهواء.[4]

2-1-4- درجة الإشعاع : يتأثر جسم الإنسان بالحرارة الناجمة عن الإشعاع الذي يصدر من كل الأجسام المحيطة التي تزيد عنه في درجة الحرارة ويفصله عنها وسط شفاف بصفة مباشرة ، حيث لا تعتبر الشمس المصدر المشع الوحيد ، فكل الأجسام المحيطة بالإنسان تشع بقدر الفارق في درجة الحرارة بينها وبين جسم الإنسان.

2-2- العامل البشري : تتغير حدود الراحة الحرارية للإنسان حسب عوامل ذاتية متعلقة به هي :

4-1- النشاط : يتغير شعور الإنسان بالراحة الحرارية تبعا للنشاط الذي يمارسه ، فالإنسان في حالة ممارسة نشاط بدني يصدر حرارة اكبر من معدلها الطبيعي في حالة الارتخاء.

4-2- الحالة الصحية : تتغير حدود الراحة الحرارية عند الشخص عينه بين حالة الصحة وحالة المرض ، فالمريض لا يمكنه الارتياح في الظروف البيئية التي يرتاح فيها الصحيح.

4-3- اللباس : يعتبر اللباس فاصل بين البدن والظروف البيئية المحيطة فبقدر نوع وكمية الألبسة تتغير حدود الراحة الحرارية عند الشخص نفسه.

4-4- الجنس : يختلف الشعور بالراحة الحرارية باختلاف الجنس, فمجال الراحة الحرارية عند الرجل اكبر منه عند الأنثى, نظرا لاختلاف البنية الجسدية والتحمل.

3- واقع الراحة الحرارية في المباني السكنية بالجنوب :

تمهيد :

يعتبر المسكن في المناطق الصحراوية جنوب الجزائر المأوى الأساسي للحماية من شدة الحر و قسوة الظروف البيئية الخارجية, سنعرج في هذا المبحث عن واقع الراحة الحرارية في المباني السكنية الحالية بهذه المناطق.

1- خصائص المنطقة :

1-1- المناخ : يعتبر المناخ السائد في مناطق الجنوب الجزائري مناخا حارا جافا تصل الحرارة فيه إلى 50 درجة مئوية صيفا في النهار نتيجة الإشعاع الشمسي الكبير الذي تتميز به هذه المناطق لعدم تواجد السحب إلا بشكل نادر ولانعدام الغطاء النباتي كما أن الشتاء يتميز بانخفاض كبير في درجة الحرارة يصل إلى 9 درجة مئوية في بعض المناطق، ولتعذر إعطاء قياسات لعناصر المناخ في كامل مناطق الجنوب , زيادة على التشابه الكبير في هذه المناطق ، اعتمدنا على قياسات لمنطقة ورقلة كمثال على المناطق الأخرى.

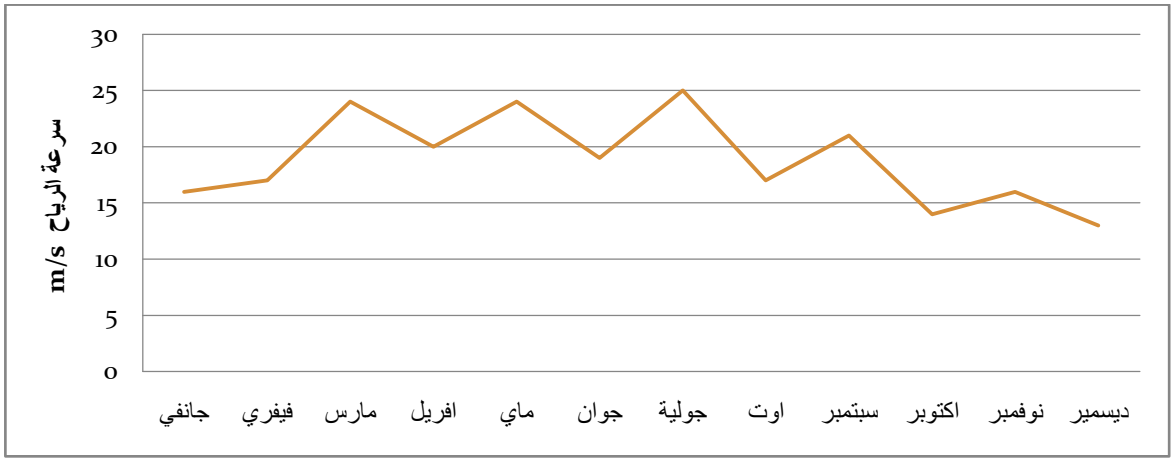
- قيم عناصر المناخ : [5]

يظهر الجدول الموالي قيم عناصر المناخ المسجلة خلال سنة 2010 بمنطقة ورقلة، من مركز الأرصاد الجوية بورقلة.

جدول(2-1) : قيم عناصر المناخ المسجلة خلال سنة 2010 بمنطقة ورقلة. [5]

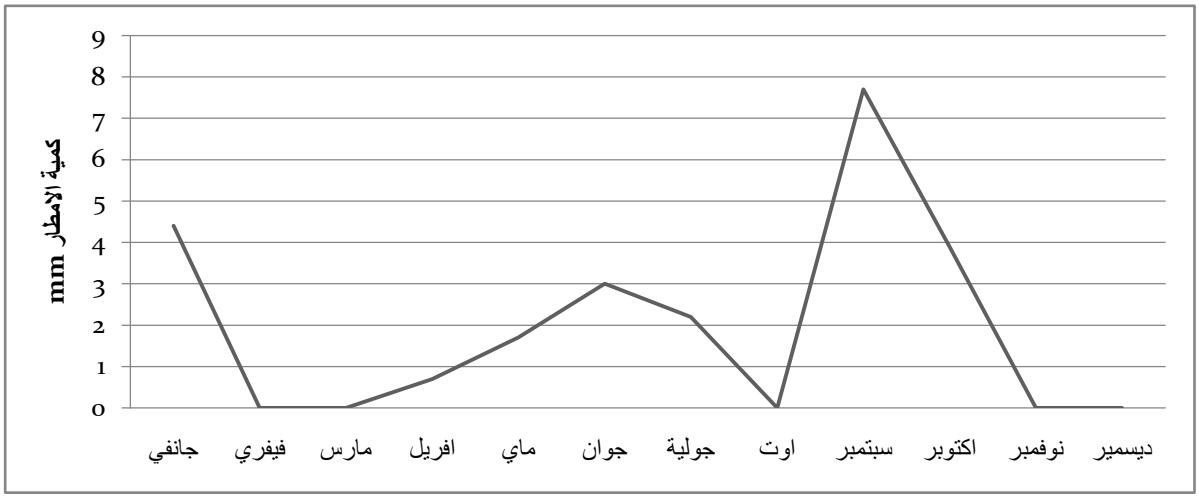
	العوامل المناخية	جانفي	فيفري	مارس	افريل	ماي	جوان	جولية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
2010	Vent max en m/s	16.00	17.00	24.00	20.00	24.00	19.00	25.00	17.00	21.00	14.00	16.00	13.00
	H min %	31.48	29.93	22.13	26.17	21.13	18.90	17.77	19.77	28.93	26.35	34.13	29.03
	H max %	75.06	65.68	57.32	59.63	35.23	45.47	42.32	45.68	63.10	68.13	74.17	66.71
	H moy %	35.27	47.80	39.72	42.90	37.18	32.18	30.04	32.72	46.01	47.24	54.15	47.87
	Température min $^{\circ}C$	6.56	9.63	12.87	17.05	18.67	25.34	28.39	28.15	22.79	16.18	9.73	6.60
	Température max $^{\circ}C$	21.56	25.36	28.06	31.26	33.60	41.30	43.85	43.59	36.88	30.71	24.89	21.32
	Temperateur moy $^{\circ}C$	14.06	17.49	20.46	24.15	26.13	33.32	36.12	35.87	29.83	23.44	17.13	13.96
	Pluie Total mm	4.40	0.00	0.00	0.70	1.70	3.00	2.20	0.00	7.70	3.90	0.00	0.00
	Moy de EVA en mm	35.16	46.93	60.19	70.33	90.13	136.80	137.39	125.26	73.77	56.97	39.03	35.29
	Moy de insolation en $heur$	80.26	70.64	70.74	87.60	100.45	72.87	101.00	113.58	91.23	83.61	85.80	79.87

من خلال المعطيات الواردة في الجدول السابق قمنا برسم البيانات التالية التي تظهر تغير قيم العناصر حسب أشهر السنة كما يلي :



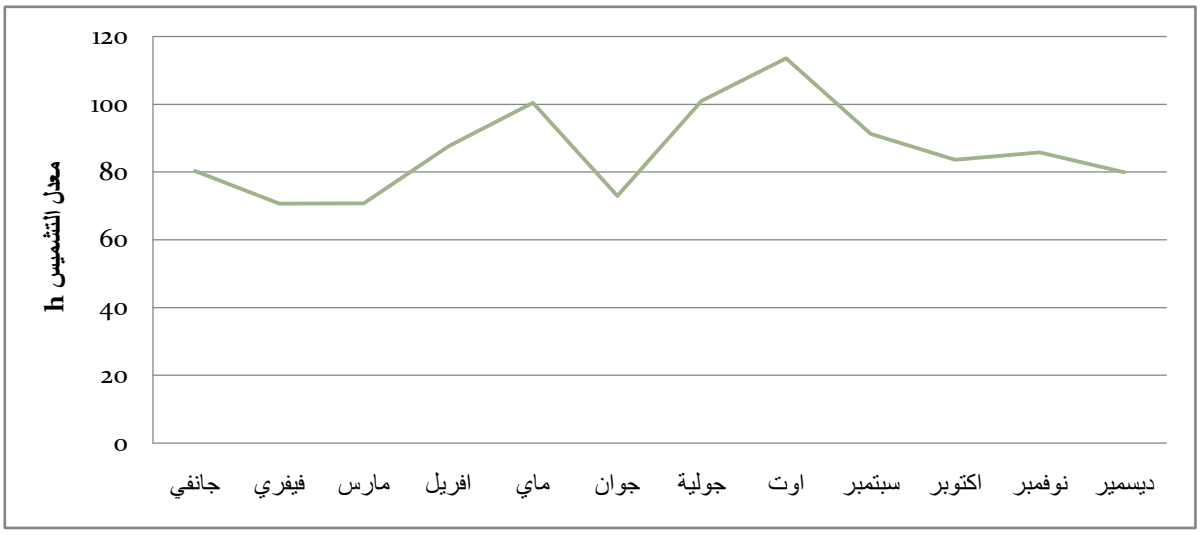
شكل(2-4) : تغير سرعة الرياح القصوى عبر أشهر السنة ب m/s.

من خلال البيان نلاحظ أن تغير سرعة الرياح محصور في المجال m/s (15 إلى 25) وتكون هذه الرياح حارة في أشهر الصيف وتأتي من جهتي الشرق والجنوب محملة بالرمال، وفي فصل الشتاء تكون شديدة البرودة وتأتي من جهتي الشمال والغرب.



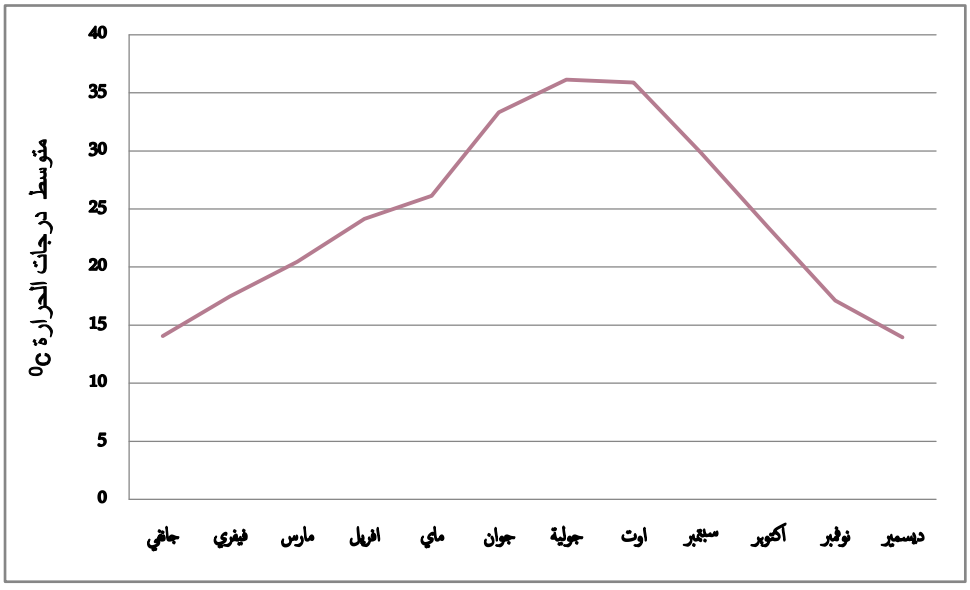
شكل(2-5) : تغير معدل تساقط الأمطار خلال أشهر السنة.

من خلال البيان نلاحظ قلة كمية الأمطار عبر كامل أشهر السنة حيث تسجل أعلى قيمة لها في أشهر الخريف بحوالي8mm وتعود للانخفاض في باقي الأشهر إلى حد الانعدام.



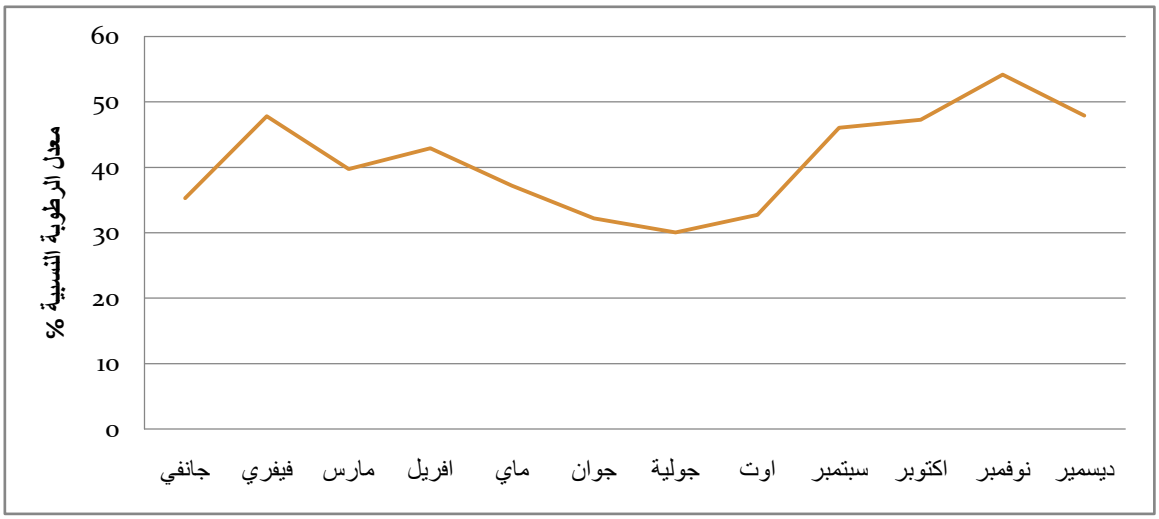
شكل(2-6) : تغير معدل التشميس خلال أشهر السنة بالساعات.

من خلال البيان نلاحظ ارتفاع معدل التشميس حيث يصل إلى قيمه العظمى في أشهر الصيف نظرا ل زيادة طول النهار ويسجل أعلى قيمة له بحوالي 120 ساعة ويبقى يتراوح دونها إلى 70 ساعة تقريبا في أشهر الشتاء مع قصر النهار.



شكل(2-7) : تغير درجات الحرارة المتوسطة خلال أشهر السنة.

من خلال البيان نلاحظ ارتفاع كبير ويدوم لحوالي سبعة أشهر من افريل إلى أكتوبر لمعدل درجات الحرارة حيث يسجل 38 درجة مئوية ثم ينخفض إلى أدناه في شهري جانفي وديسمبر التي توافق أشهر الشتاء ليصل إلى 11 درجة مئوية.



شكل(2-8) : تغير معدل الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة.

من خلال البيان نلاحظ تغير قيم الرطوبة النسبية في مجال قليل من35% في شهر جانفي إلى 55% بشهر نوفمبر.

1-2- خصائص المباني السكنية في الجنوب :

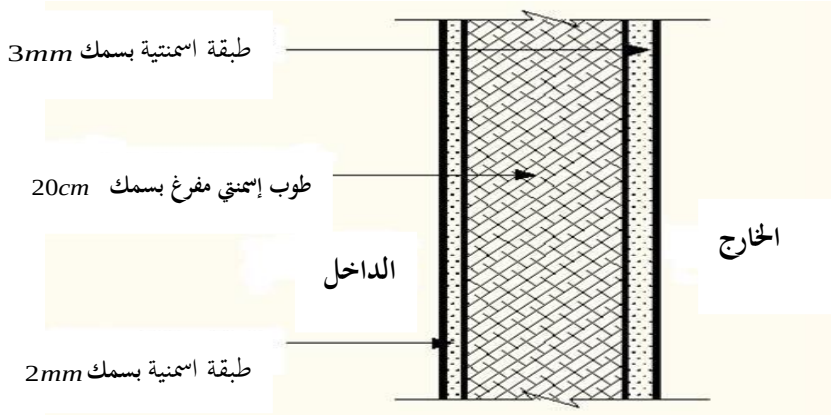
يعرف تشييد المباني السكنية في الحاضر قصورا تصميميا، مما يبعد المسكن عن تلبية ادني مستويات الراحة الحرارية للساكنين , بعد أن كانت المباني في منطقة الصحراء تشيد من مواد محلية , وبأشكال متوارثة بالتجريب تلبي متطلبات الراحة الحرارية لساكنيها , أصبح جل المباني السكنية يكتسي الطابع المعاصر من ناحية المظهر والمواد المستعملة ، حيث أصبح من المستحيل العيش في هذه العمارات الجديدة دون اللجوء وبشدة لأجهزة التكييف في اغلب أشهر السنة ، مما زاد من تفاقم مشكل الطاقة ، بالنظر إلى أن 60% من الطاقة الإجمالية المستهلكة توجه للتكييف, نذكر بعض خصائص المباني الحالية من حيث :

1-2-1- مواد البناء المستعملة : تستعمل في البناء الحالي لبنات الآجر واللبنات الخرسانية والاسمنت و الحديد التي لها معاملات توصيلية مرتفعة جدًا.

1-2-2- التصميم المستعمل للمباني : يقتصر التصميم الحالي للمباني السكنية على الجانب الجمالي والمتانة وسرعة الإنجاز في حين أنه لا يقوم على دراسة بيومناخية للمنطقة ولا يراعي مبادئ العزل الحراري ، ولا يهتم بالأداء الحراري المطلوب في منطقة الصحراء.

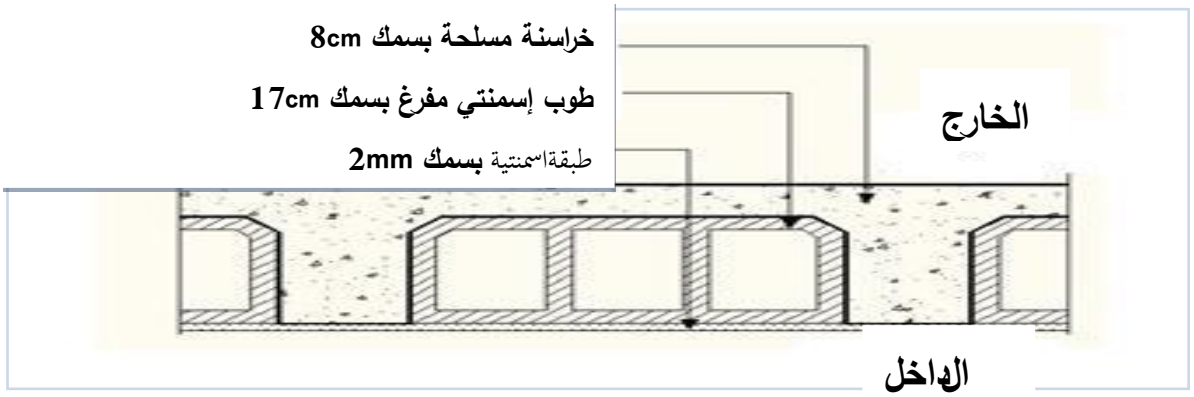
1-3- خصائص غلاف المبنى السكني :

1-3-1- الجدران الخارجية : تعتبر اللبنات الخرسانية ، الآجر و الإسمنت مواد البناء الأساسية للجدران الخارجية لمعظم مساكن الجنوب، ويأخذ الجدار شكل موحد في جل المباني السكنية . والشكل الموالي يبين شكل الجدار المستعمل في المباني.



شكل(2-9) : شكل الجدار المستعمل.

1-3-2- الأسقف : كما هو الحال في بناء الجدران بشكل موحد في جل المباني السكنية ، يأخذ السقف شكلا موحدا أيضا، بثلاث طبقات على النحو التالي : طبقة داخلية من الإسمنت بسمك 2cm تقريبا، طبقة من الطوب الأسمنتي المفرغ بسمك 17cm وطبقة خرسانة مسلحة بسمك 8cm. والشكل الموالي يوضح ذلك.



شكل(2-10) : شكل السقف المستعمل.

1-3-3- فتحات الشبابيك : لا يوجد خصائص محددة لفتحات الشبابيك في مباني المنطقة ، فهي تختلف من مسكن لآخر وتتنوع بحسب رغبات أصحاب المباني، إلا أنها لا تخضع لدراسة تصميمية بيومناخية بقدر ما تراعي الشكل الجمالي للمسكن.

شكل(2-11) : نماذج من فتحات الشبابيك المستخدمة.

1-3-4- وسائل التظليل : تستخدم وسائل التظليل بأشكال متعددة لغرض جمالي وظيفي ويتمثل الغرض الوظيفي في حماية فتحات الشبابيك من أشعة الشمس صيفا مع السماح بدخول التهوية والإضاءة المباشرة. ولكن في العادة يطغى الجانب الجمالي على الوظيفي ، فلا يخضع تصميمها لأي حسابات حرارية فتأخذ نفس الشكل و الأبعاد في جميع الاتجاهات و لا تحقق مستوى القبول للراحة الحرارية.

شكل(2-12): نماذج من وسائل التظليل المستخدمة.

1-3-5- الشرفات : هو من أهم العناصر البارزة في غلاف المبنى وتلعب دورا هاما في تحقيق الراحة الحرارية فاستخدامها يقلل من دخول أشعة الشمس المباشرة إلى الفراغات الداخلية كما تستخدم كمبرد للمبنى السكني في فصل الصيف باعتبارها

فراغا شبه مفتوح، إلا أن المباني في الجنوب لا تراعي هذا الجانب وتكتفي بالنوافذ والفتحات الصغيرة فقط كما يكون البالكون موضوع بطريقة غير مدروسة ولا يراعي الراحة الحرارية وطبيعة المنطقة.

شكل(2-13) : نموذج للشرفات المستخدمة.

4- واقع استهلاك الطاقة في المباني السكنية بالجنوب :

تمهيد :

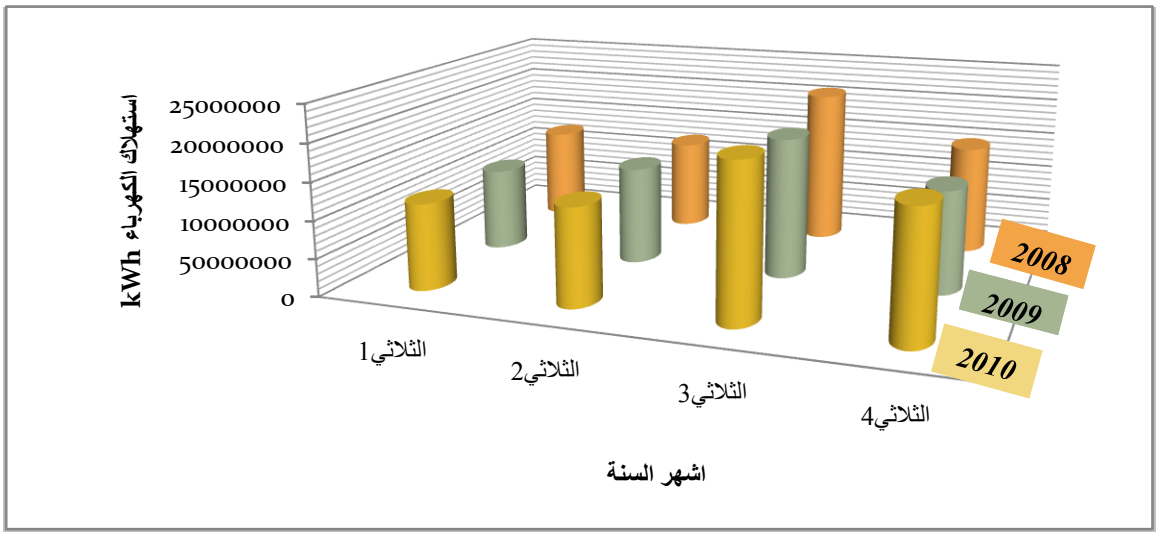
نظرا للقصور التصميمي الذي تعرفه المباني في المناطق الصحراوية، ولما تعرفه الطبيعة المناخية من حرارة لا تحتمل صيفا وبرودة شديدة شتاء كان من الضروري جدا الاعتماد الكلي على أجهزة التكييف من أجل توفير الراحة الحرارية لشاغلي المباني السكنية فأدى هذا إلى استهلاك مفرط للطاقة الكهربائية.

وفي ما يلي جدول يبين كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في ولاية ورقلة عبر أشهر السنة

جدول(2-2) : يبين كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في ولاية ورقلة خلال السنوات 2008-2009-2010. [6]

السنة	استهلاك الكهرباء kWh				
	الثلاثي1	الثلاثي2	الثلاثي3	الثلاثي4	المجموع
2008	111226550	131029116	188083334	137768546	568107546
2009	123804956	122434034	209012854	147280219	602532063
2010	115645530	130982371	206882026	170996231	624506158

من خلال هذه المعطيات في الجدول السابق قمنا برسم البيان التالي :



شكل(2-15) : بيان استهلاك الكهرباء للسنوات 2008- 2009- 2010.

من خلال التمثيل البياني للمعطيات المحصل عليها من الشركة الوطنية للكهرباء والغاز , يتضح جليا أن استهلاك الطاقة الكهربائية يبلغ أقصاه في الثلاثيين الثالث والرابع, نظرا لاستعمال أجهزة التكييف في أشهر الحر.

خلاصة :

من خلال ما تم إيراده في هذا الفصل نخلص إلى أن المباني السكنية في جنوب الجزائر لا ترقى لتوفير الراحة الحرارية ، إلا بالاعتماد الكلي على أجهزة التكييف، نظرا لعدم مراعاة البيئة المناخية التي يقع فيها المبنى، وعدم تكيفه مع مناخ المنطقة، مما أدى إلى سوء الأداء الحراري للأبنية، فالاعتماد الكلي على وسائل التكييف لتوفير الراحة الحرارية ساهم في تفاقم مشكل الطاقة نظرا للاستهلاك الكبير لها، ومن هنا تبرز أهمية ترشيد استهلاك الطاقة الموجهة للتكييف في المباني لهذه المنطقة عن طريق إيجاد حلول تصميمية, بالاعتماد على دراسات بيومناخية قبل التصميم، وعن طريق استعمال العزل الحراري الذي يمكن من خلاله تخفيض الطاقة المستهلكة الموجهة للتكييف إلى حوالي النصف، وسوف نوضح في الفصل التالي موضوع العزل وطرق استعماله ونبين دوره في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية.

الفصل الثالث

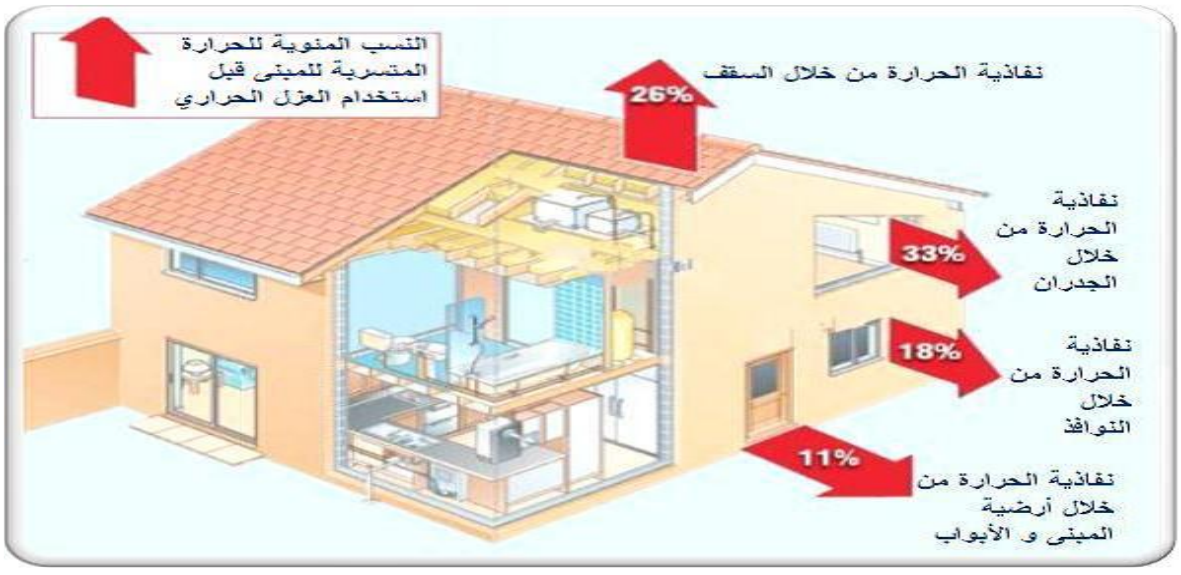
العزل الحراري

تمهيد :[7]

تشير الدراسات إلى أن نسبة الحرارة المتسربة من الحوائط والأسقف في المباني الصحراوية تقدر بحوالي من 60-70 % بينما تأتي البقية عن طريق فتحات النوافذ و الأبواب، وهذا يعني أن الحرارة المتسربة من الحوائط والأسقف تمثل الجزء الأكبر المراد التخلص منه عن طريق أجهزة التكييف، ولذلك يمثل العزل الحراري أهمية كبيرة ، لأنه يؤدي إلى تخفيض الحرارة المتسربة إلى داخل المبنى ، وبالتالي التقليل من استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في تبريده . نتطرق في هذا الفصل إلى تعريف العزل الحراري وفوائده والتعرف على مواد العزل الحراري الشائعة الاستعمال وخصائصها ومحددات اختيارها، ثم كيفية استخدامها في المباني بطريقة سليمة بحيث تؤدي إلى توفير الراحة الحرارية و ترشيد الطاقة الكهربائية.

1- تعريف العزل الحراري :

يمكن تعريف العزل الحراري على أنه استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة (قليلة التوصيل للحرارة) ، بحيث تساعد على الحد من تسرب الحرارة وانتقالها من خارج المبنى إلى داخله صيفا والعكس في الشتاء. ويتم انتقال الحرارة إلى داخل المبنى عن طريق الأسقف والحوائط والنوافذ، وتقدر نسبة الحرارة المتسربة من الأسقف والجدران بحوالي 70% والباقي من النوافذ وفتحات التهوية. ومنه يكون لدينا ثلاث منافذ لتسرب الحرارة داخل المبنى, والتي يجب التخلص منها عن طريق أجهزة التكييف. لدينا الشكل التالي الذي يوضح نسبة نفاذية الحرارة للمبنى.**[7,8]**



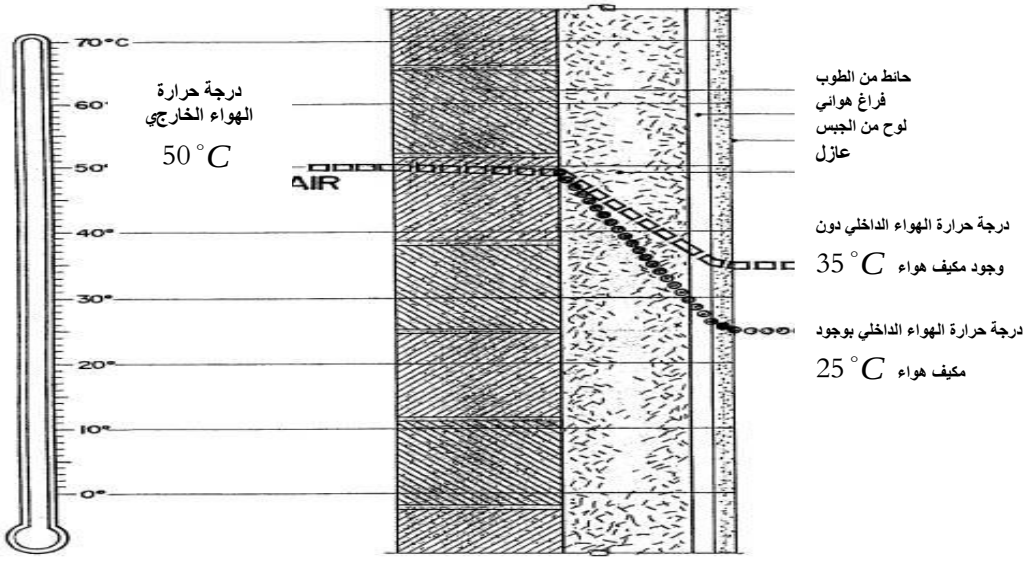
شكل(3-1) : النسب المئوية للحرارة المتسربة قبل العزل الحراري.[1,2]

2- مزايا العزل الحراري :

تتمثل أهم مزايا العزل الحراري في الآتي : **[7,8]**

– تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية التي وتعد من أهم مزايا العزل الحراري.

– يؤدي العزل الحراري إلى جعل حرارة الهواء داخل المبنى بدون تكييف مقبولا نسبيا في أيام الصيف الحارة ، حيث تصل درجة الحرارة بدون تكييف داخل المبنى إلى $35^{\circ}C$ كما يبينه الشكل(3-2)، ويلاحظ أن الفرق كبير بين درجة حرارة الداخل ودرجة الحرارة في الخارج ، كما تؤدي إلى احتفاظ المبنى بدرجة الحرارة المناسبة لمدة طويلة دون الحاجة إلى تشغيل أجهزة التكييف فترة أطول.



شكل(3-2) : تأثير العازل الحراري على درجة الحرارة داخل المبنى في فصل الصيف.[7]

– حماية المبنى : يؤدي العزل الحراري إلى حماية طبقة العازل للماء في الأسطح، لأنه في حالة عدم وجود عازل للحرارة تصل درجة حرارة الهواء الخارجي لسطح المبنى إلى $47^{\circ}C$ عند الساعة الثانية ظهرا, وتصل درجة حرارة العازل المائي في نفس الوقت إلى $47^{\circ}C$ بينما تنخفض إلى $32^{\circ}C$ عند الساعة الخامسة صباحا ، يؤدي هذا الفرق في درجات الحرارة وتكرار هذا إلى تشقق العازل المائي وفقدانه لخواصه , وهذا ينطبق على سقف المبنى بشكل كبير ، فيؤدي ذلك إلى حدوث شروخ في هيكل المبنى على عكس المباني المعزولة، حيث يساعد العزل على حماية عازل الماء من عوامل التقلبات الجوية.

– استخدام أجهزة تكييف ذات قدرة أقل، حيث يلاحظ أن تحديد سعة المكيف يعتمد على حجم الهواء في الغرفة وعلى الحرارة المتسربة إلى داخل الغرفة، ويلاحظ أنه في حالة المباني المعزولة تقل الحرارة المتسربة إلى داخل المبنى وبالتالي يمكن استخدام مكيفات ذات قدرة أقل.

– تقليل استخدام التكييف وبالتالي تقليل التأثير الصحي والنفسي على الإنسان بسبب الضوضاء الناتجة عن تشغيل الأجهزة.

– تقليل سماكات الحوائط والأسقف اللازمة لتخفيض انتقال الحرارة إلى داخل المبنى.

3- مواد العزل الحراري :

وهي المواد التي إذا استخدمت بطريقة مناسبة يمكن أن تقلل أو تمنع انتقال الحرارة ب أنواع الانتقال الحراري المختلفة (التوصيل والحمل والإشعاع).

ويمكن التعرف على المواد العازلة وأشكالها و أهم الأنواع الشائعة منها فيما يلي :

3-1- تصنيف المواد العازلة :

تصنيف المواد العازلة إلى ثلاث مجموعات كالتالي : **[9]**

– **مواد عازلة غير عضوية** : تتركب من ألياف أو خلايا كالزجاج والاسبستوس والصوف الصخري وسليكات الكالسيوم والبيرلايت والفيبرميكيولايت.

– **مواد عازلة عضوية ليفية** : مثل القطن وأصواف الحيوانات والقصب ، أو خلوية مثل الفلين والمطاط الرغوي أو البولي ستايرين أو البولي يورثين.

– **مواد عازلة معدنية** : كرقائق الألمونيوم، والقصدير العاكس.

3-2- أشكال المواد العازلة :

توجد المواد العازلة في عدة أشكال كما يلي : **[9]**

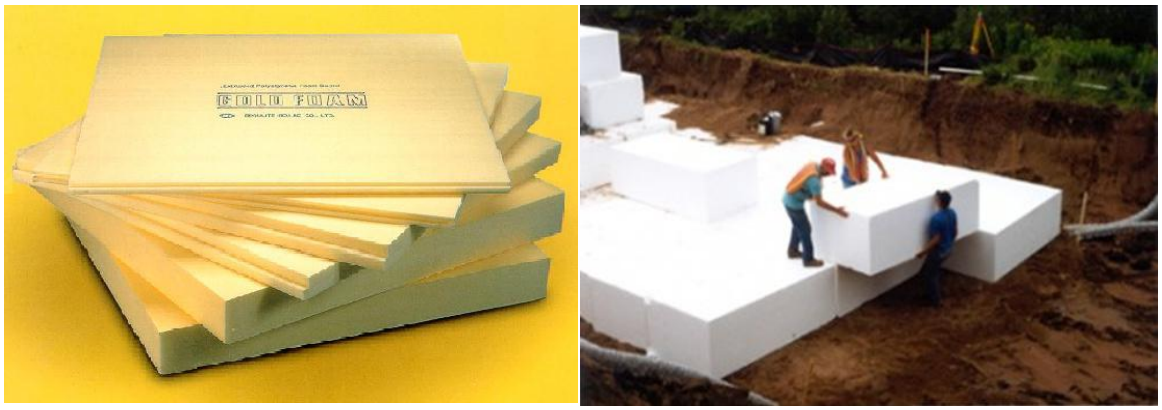
– مواد عازلة سائبة : وعادة ما تكون في صورة حبيبات أو مسحوق تصب عادة بين الحوائط ، أو أي فراغ مغلق، أو ترش على المكان المطلوب فتكون طبقة عازلة مثل البولي يورثين الرغوي. كما يمكن أن تخلط مع بعض المواد الأخرى ، وتستخدم في ملء الفراغات غير المنتظمة بصورة خاصة.

شكل(3-3) : مادة عازلة في شكل حبيبات.

– مواد عازلة مرنة : التشكيل وهي تختلف في درجة مرونتها وقابليتها للثني أو الضغط وتوجد على شكل لفات أو قطع وتثبت بمسامير كالصوف الزجاجي وال صخري ورقائق الألمونيوم.

شكل(3-4) : مادة عازلة في شكل ألواح ولفات مرنة.

– **مواد صلبة** : توجد على شكل ألواح بأبعاد وسماكات محددة كالبولي يورثين والبولي ستاريرين.



شكل(3–5) : مادة البولي البولستران الصلبة.

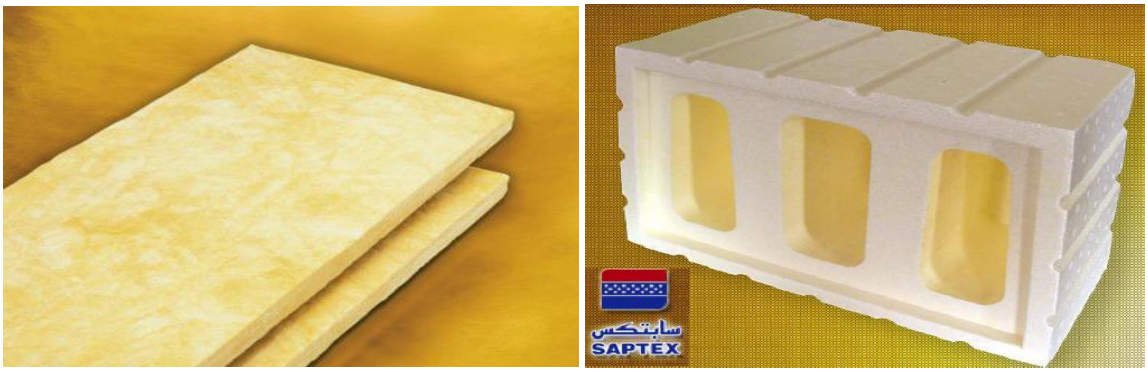
3–3– أنواع مواد العزل الحراري الشائعة ومميزاتها :

تستخدم أنواع عديدة من مواد العزل الحراري نذكر منها أهم المواد الشائعة الاستخدام كما يلي : **[7,8,10]**

3–3–1– البولي يورثين : مادة عضوية تمتاز بأن لها معامل توصيل حراري منخفض جدا وقليلة امتصاص الماء أو بخار الماء، كما أنها خفيفة الوزن ومقاومة للانضغاط وتأتي بصورة ألواح جاهزة أو سائل يمكن رشه كما هو مبين في الشكل التالي.**[7,8]**

شكل(3–6) : مادة البولي يورثين المطبق.

3-3-2- البولستران الممدد : ويتكون من عدة مواد كيماوية عضوية، ويتم تصنيعها على شكل ألواح أو قوالب يتم تقطيعها على ألواح أو مقاطع أو غير ذلك، وهي شائعة الاستعمال في عزل الأسقف.كما هو مبين في الشكل التالي.**[8,7]**



شكل(3-7) : مادة البولي البولستران.

3-3-3- الصوف الزجاجي أو الفيبرجلاس : يمتاز بأن له معامل توصيل حراري منخفض ويتغير معامل التوصيل حسب الكثافة، فكلما كانت الكثافة مرتفعة كلما قل معامل التوصيل. ويتوفر بشكل ألواح مرنة أو صلبة أو مقاطع نصف أسطوانية لعزل الأنابيب، ويستخدم لعزل الجدران والأنابيب ومجاري التكييف.**[10,7]**

شكل(3-8) : الصوف الزجاجي.

3-3-4- الصوف الصخري : يصنع من مادة صخرية موجودة في الطبيعة، ويكون على هيئة لفات ويشبه إلى حد كبير الصوف الزجاجي.**[7]**

شكل(3-9) : الصوف الصخري.

3-3-5- الزجاج الرغوي : يمتاز بخفة وزنه فهو يطفو على سطح الماء وكأنه فلين. مليء بخلايا دقيقة كثيرة من الغاز، وقد أحيطت كل منها وعزلت تمامًا عن الأخريات بجدران رفيعة من الزجاج، ويستعمل بكثرة عازلاً للحرارة في المباني وفي صنع أنابيب البخار، وفي المعدات الكيميائية، ويمكن قطع الزجاج الرغوي في أشكال مختلفة باستعمال المنشار.

شكل(3-10) : الزجاج الرغوي.

3-3-6- البيرلايت : يتم تصنيعه من صخور بركانية طبيعية، ويتوفر في صورة حبيبات أو ألواح متماسكة، ذات معامل توصيل حراري منخفض ومضادة للحريق، وله عدة استخدامات :

- عازل حراري و صوتي جيد.
- ويستخدم لعمل الميول للأسقف وعزل الجدران.
- يستخدم في تصنيع البلوك الهوردي المفرغ و بلوك القواطع الخفيفة الرشيقة (البلوك البيرلايتي).
- وأيضا يستخدم في مجال الزراعة.**[1,2]**

شكل(3-11) : حبيبات البيرلايت المستخدمة في العزل الحراري.

3-3-7- الخرسانة الرغوية : يتم تصنيعها بإضافة مزائج للخرسانة تؤدي إلى تكوين فقاعات في الخرسانة تتسبب في تخفيف وزنها وإعطائها قدرة على العزل الحراري.**[7,10]**

4- خصائص مواد العزل الحراري :

يتوقف اختيار أي مادة عازلة على معرفة خصائصها المختلفة المتمثلة في الخصائص الحرارية الميكانيكية، خاصية الامتصاص ، خاصية الآمان، الصحة والخصائص الصوتية, ويمكن توضيح هذه الخصائص فيما يلي :

4-1- الخصائص الحرارية : وتعني قدرة المادة على العزل الحراري وتقاس بمعامل التوصيل الحراري، وكلما قل معامل التوصيل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة لانتقال الحرارة ، أما المواد العاكسة فتعتبر فعالة في العزل الحراري كلما كانت لها قدرة عالية على رد الإشعاعات والموجات الحرارية، وكلما زاد لمعان المادة وصقلها كلما زادت قدرتها على العزل.

وكل مادة من مواد العزل الحراري لها معامل توصيل حراري معين ، وكلما زادت مقاومة المادة لتسرب الحرارة كلما زادت كفاءتها وأعطت نتائج أفضل في العزل ويوضح الجدول(3-1) التوصيل الحراري لبعض المواد العازلة.**[11]**

جدول(3-1) : التوصيل الحراري لبعض المواد العازلة.[11]

المادة العازلة	معامل التوصيل الحراري ($W/m\cdot K$)
البوليورثين	0.023
بولستران (مبثوق)	0.032
بيرلايت	0.032
سليكات الكالسيوم	0.06
الزجاج الخلوي	0.06
الجبس	0.16

4-2- الخصائص الميكانيكية :

بعض المواد العازلة لها قدرة على التحميل، ولهذا يمكن استخدامها للمساهمة في دعم وتحميل المبنى بالإضافة إلى هدفها الأساسي وهو العزل الحراري، لذا يؤخذ في الاعتبار قوة تحمل الضغط والشد والقص. **[11]**

شكل(3-12) : بعض مواد العزل المستخدمة في دعم المبنى.

4-3- الامتصاص :

يقلل وجود الماء في المادة العازلة من قيمة العزل الحراري ومقاومتها الحرارية (نسبة للتوصيل الحراري للماء)، كما يؤدي إلى إتلاف المادة العازلة بسرعة، كما أن تأثير الرطوبة على المادة يعتمد على خصائص المادة من حيث قدرتها على الامتصاص والنفاذ ية، كما يعتمد على عوامل المناخ المحيط بالمبنى مثل الرطوبة, ويقاس مدى تأثر المادة بالرطوبة بقدرتها على الامتصاص و النفاذية.**[11]**

4-4- الأمان والصحة :

بعض المواد العازلة لها خصائص يمكن أن تعرض الإنسان للخطر سواء أثناء التخزين أو النقل أو التركيب أو حتى خلال فترة الاستعمال، حيث يمكن أن تسبب عاهات في جسم الإنسان دائمة أو مؤقتة، كالجروح والتسمم والالتهاب الرئوي أو الحساسية في الجلد والعيون وهذا يستلزم التعرف على التركيب الكيميائي للمادة العازلة وصفاتها الأخرى مثل قابليتها للاحتراق والتسامي.

4-5- الخصائص الصوتية :

تستخدم بعض المواد العازلة لتلبية بعض الاحتياجات الصوتية مثل امتصاص الصوت أو تشتيته وامتصاص الاهتزازات، لذلك فمن المهم معرفة خصائص المواد المرتبطة بهذا الجانب ، بحيث يمكن تحقيق هدفين باستخدام مادة واحدة في العزل الحراري والصوتي.**[11]**

5- محددات اختيار مواد العزل الحراري :

هناك عدة محددات لاختيار مواد العزل الحراري تتمثل في الآتي:

5-1- معامل التوصيل الحراري :

كلما كان معامل التوصيل الحراري قليلا كلما كانت قدرة المادة على العزل أفضل إذ أن المقاومة الحرارية تعتمد على هذا المعامل بالإضافة إلى سماكة مادة العزل.

5-2- العمر الزمني الفعال :

يجب أن تحتفظ المادة العازلة بقدرتها على العزل لمدة تتناسب مع العمر الافتراضي للمبنى. ويلاحظ أن مادة مثل البولستران المنبثق لها معامل توصيل حراري للألواح الحديثة منخفض يبلغ ($0.016 (W / m \cdot K$)، يرتفع هذا المعامل بعد خمس سنوات إلى $0.032 (W / m.K)$، وهذا يعني أن المادة تفقد 50% من قدرتها على العزل خلال خمس سنوات ، بينما تحتفظ أنواع العزل الأخرى بمعامل توصيل حراري ثابت نسبيا.**[10]**

5-3- الخصائص الفيزيائية :

وتتمثل في مقاومة الضغط الذي يجب أن يتناسب مع الأحمال المطبقة وثبات الأبعاد وحدود درجات الحرارة والمقاومة البيولوجية والكيماوية.

5-4- امتصاص و نفاذية بخار الماء :

يؤدي نفاذ الماء في العازل الحراري إلى زيادة معامل التوصيل الحراري ومن ثم إضعاف مقاومته الحرارية. ولذلك فإن مواد العزل ذات التركيب الخلوي المغلق (مثل البولستران – البولي يورثين – الزجاج الخلوي) تمتاز عن المواد ذات التركيب الخلوي المفتوح (مثل الصوف الزجاجي والصخري).**[11]**

ويمكن منع أو تقليل نفاذية بخار الماء بإضافة حاجزين من الألمونيوم للمواد ذات التركيب الخلوي المغلق بينما لا يمكن ذلك للمواد ذات التركيب الخلوي المفتوح.

5-5- مقاومة الحريق :

يجب أن يكون لمواد العزل قدرة على مقاومة الحريق ، أو لها خاصية إطفاء ذاتي. ويلاحظ أن المواد المكونة من الصوف المعدني مثل الفيبرجلاس والصوف الصخري والبيرلايت تقاوم الحريق بشكل جيد ، كما أن أغلب مواد العزل البلاستيكية (بوليستران – اليولي ورثين) تتمتع بخاصية الإطفاء الذاتي التي تكون كافية في معظم حالات الاستخدام.**[4]**

6- استخدام مواد العزل الحراري في المباني :

6-1- موقع العازل الحراري في المبني :

عند استخدام العزل الحراري في المباني سواء في الأسقف أو الجدران فإن ذلك يؤدي إلى تقليل انتقال الحرارة من الخارج إلى داخل المبنى، ويعتمد تأثير وفعالية المادة العازلة على موقعها في المبنى ، وقد تمت عدة تجارب لتحديد الموقع المناسب والأفضل للمادة العازلة بالنسبة للسطح الخارجي ، واتضح أنه من المفضل وضع المادة العازلة من الجهة الخارجية للسطح ، وأن زيادة سمك العزل اكبر من المطلوب لا يكون له تأثير على درجات الحرارة.**[12]**

جدول(3-2) : موقع العازل الحراري في المبنى.[12]

موقع المادة العازلة	سمك المادة العازلة	
	$2.5cm$	$5cm$
من الداخل (مقدار انخفاض درجة الحرارة القصوى)	$3.2^{\circ}C$	$12.3^{\circ}C$
من الخارج(مقدار انخفاض درجة الحرارة القصوى)	$7.5^{\circ}C$	$15.5^{\circ}C$

وقد أشارت الدراسات إلى أنه عند وضع الطبقة العازلة من الخارج فإنها تؤدي إلى زيادة زمن التأخير خاصة في المناطق التي يكون الفارق بين درجات الحرارة أثناء النهار والليل كبير حيث يتضاعف زمن التأخير* أربع مرات عما إذا وضعت المادة العازلة من جهة الداخل.**[9]**

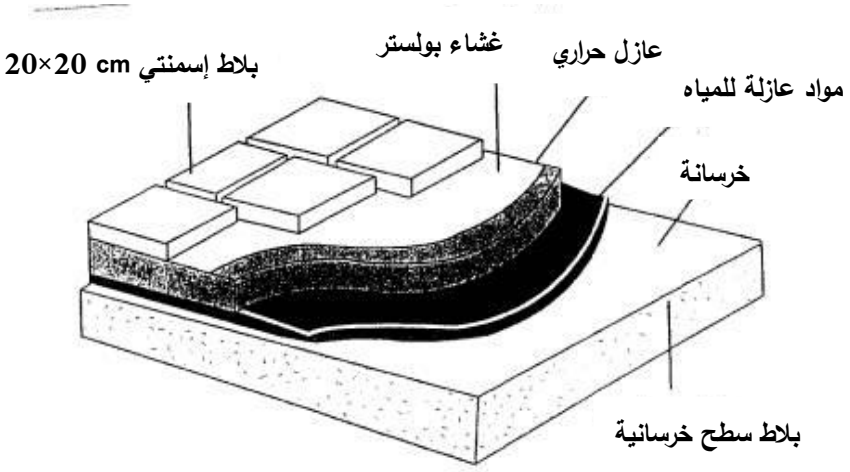
*زمن التأخير : هو الزمن الذي تستغرقه الحرارة في الانتقال خلال مادة البناء المستعملة، وبالتالي فإن ساعة الذروة في درجات الحرارة داخل المبنى لا تتوافق مع مثيلاتها في الخارج بل تتأخر عنها بفارق زمني يسمى هذا الفارق بزمن التأخير.

6-2- عزل الأسقف : هناك نوعين من الأنظمة المستخدمة في عزل الأسطح وهما العزل التقليدي والعزل المقلوب ونبينهما فيما يلي : **[13,14]**

6-2-1- العزل التقليدي : في هذا النظام تكون طبقة العازل المائي فوق الع ازل الحراري، ولهذا فإنها تتعرض لإجهادات حرارية متواصلة ناتجة عن الاختلافات في درجات الحرارة بين الليل والنهار، وبين فصول السنة المختلفة, مما يؤدي إلى تمدد وتقلص الغشاء إلى أن تفقد قدرتها على العزل نتيجة الجفاف والتشقق الذي يلحق بها.**[13]**

وفي هذا النوع من العزل يتم حماية الع ازل الحراري بشكل كامل من تأثير الأشعة فوق البنفسجية ، وكذلك من امتصاص الماء أو تأثير تكثيف البخار.

6-2-2- العزل المقلوب : وفي هذا النظام يكون الع ازل الحراري فوق طبقة الع ازل المائي مما يؤدي إلى وقاية العازل المائي من الإجهاد الحراري والتعرض العالي للأشعة فوق البنفسجية ، مما يؤدي إلى زيادة العمر الافتراضي لها كما في الشكل (3-13).**[13,14]**



شكل(3-13) : نظام عزل السقف المقلوب.[13]

ويجب أن يتوفر في نظام عزل السقف المقلوب ما يلي :

- أن يكون ذو مقاومة عالية لامتصاص الرطوبة، ومقاومة عالية للتغيرات الحرارية.

- مقاومة التحلل والتعفن بمرور الزمن.

- أن يكون ذو فعالية عالية وطويلة المدى للعزل (العمر الافتراضي لا يقل عن 20 عاما).

ويؤدي تعرض العازل الحراري في هذا النظام لأشعة الشمس إلى إحداث تأثيرات ضارة تتمثل في فقدان المادة العازلة لقدرتها على العزل، كما تؤدي الأشعة فوق بنفسجية إلى إحداث تشققات بها.

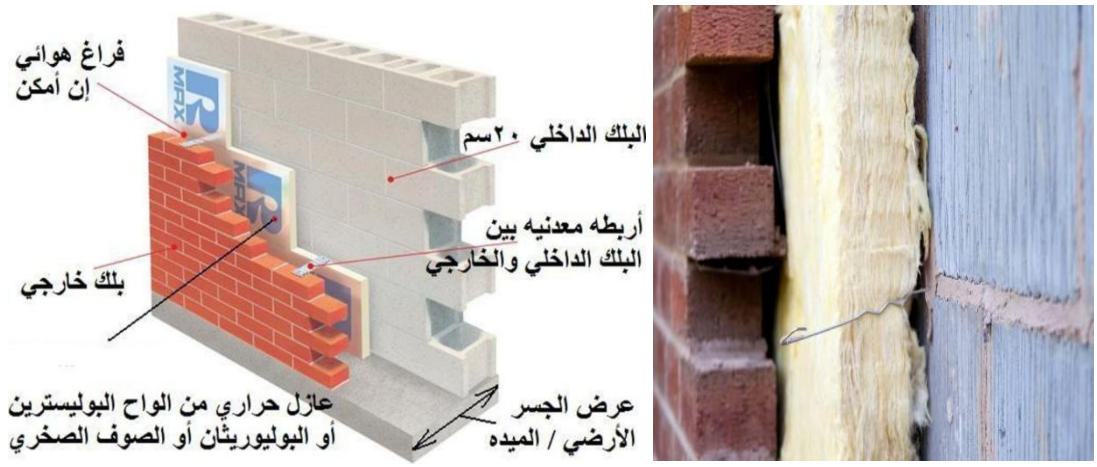
6-3- عزل الجدران:

تعزل الجدران الخارجية إما من الداخل أو من الخارج أو في الوسط ونوضح ذلك فيما يلي:

– العزل الداخلي للجدران : يتم باستخدام ألواح مركبة من البولي يوريثين أو البولستران ملصوقة على لوح من الجبس أو الخشب، ويتم تثبيت الألواح على الجدران بواسطة غراء لاصق إسمنتي، وتؤدي هذه الطريقة إلى توفير التكاليف وخاصة التشطيبات الداخلية وتأمين العزل الكامل للجدران والأعمدة. **[14]**

– العزل الخارجي: ويتكون من عازل حراري من الخارج تضاف إليه طبقة لياسة خفيفة بها شبك فايبر مسلح، ويتم تشطيبها بعد ذلك بأي نوع من التشطيبات ، ويتميز هذا النوع من العزل , بتحقيق عزل كامل للجدران الخارجية بما فيها الأعمدة و السقف وتمنع تسرب الحرارة ويكون اخف وزنا من طريقة العزل الوسطي للجدران، ويمكن استخدامها للمباني القديمة والجديدة. **[13]**

– العزل وسط الجدران : يتم وضع ألواح العزل بين جدارين بسمك $5\,cm$، ويمتاز العزل الوسطي بسهولة التركيب ولا يحتاج إلى عمالة فنية، كما أن قدرته على عزل الحرارة عالية تصل إلى 300% عن الجدار العادي ، كما في الشكل(3-14)، الذي يبين نظام العزل ببناء جدارين يوضع بينهما العازل.**[13,15]**



شكل (3-14) : نظام العزل ببناء جدارين يوضع بينهما العازل.[13]

وهناك العزل باستخدام جدار واحد مبني من الطوب الأحمر أو الأسمنتي وتوضع داخله شرائح متقطعة من الع ازل الحراري، وهذه الطريقة لا تؤمن الحد الأدنى من متطلبات توفير الطاقة الكهربائية حيث نسبة زيادة عزله عن الجدار العادي لا يتجاوز 15%، أما الطوب الفخاري المعزول بشريحة بولستير ان ابيض ممدد ترتفع نسبة زيادة عزله عن الجدار العادي غير المعزول إلى 45%، ولكن تعمل الطبقة الاسمنتية عند فواصل الطوب كجسور حرارية بين الطرف الخارجي والداخلي للجدار.**[13]**

7- وسائل أخرى للعزل الحراري للمباني :

إضافة إلى المواد المستخدمة في العزل الحراري فإن هناك طرقاً أخرى تساعد في عملية العزل الحراري وتوفير الراحة الحرارية للمبنى، نذكر منها ما يلي :

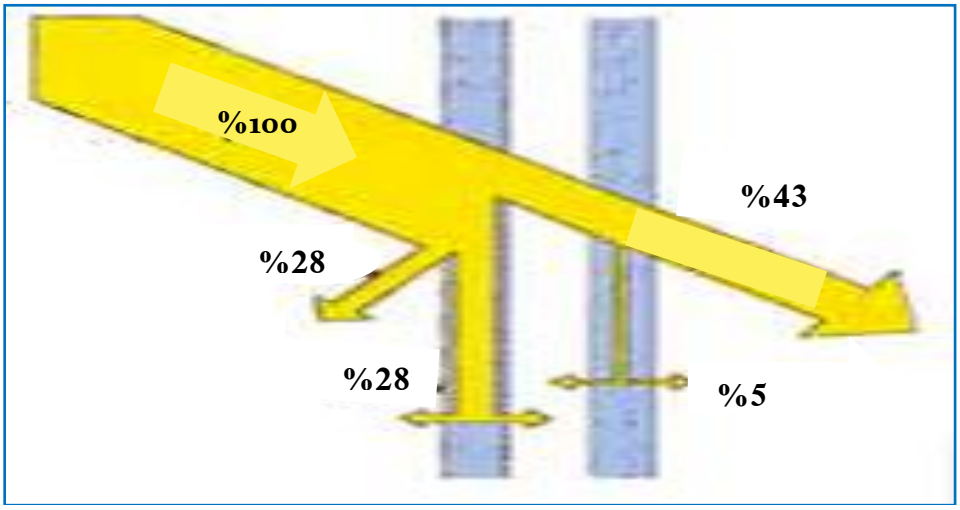
7-1- من حيث شكل المبنى : [17]

7-1-1- السقف : بما أن السقف يتلقى أكبر نسبة إ شعاع شمسي مباشر في المتر المربع الواحد. و بالتالي فمن الضروري أن يكون السقف معزولا حراريا ولديه مقاومة حرارية عالية، كما أن استخدام الأسقف المستعارة في الأدوار العلوية التي لها دور كالقبب المستخدمة سابقا في المناطق الصحراوية والتي تلعب دورا كبيرا في تقليل شدة الإشعاع الشمسي على السطح.

كما هناك طريقة بسيطة نسبيا لتقليل حمل التبريد وه ي طلاء السقف بلون فاتح، مثل اللون الأبيض، يعكس اللون الفاتح نسبة كبيرة من الحرارة الشمسية وبالتالي يستغرق السقف وقتا أطول للوصول لدرجة حرارة عالية. وبالتالي يمر وقتا أ طول قبل أن تصبح المساحة الداخلية أكثر حرا وهذا يسمى بالفارق الزمني.

شكل (3-15): قبب مستعارة لأسقف المبنى.

7-1-2- النوافذ : يمكن لنافذة أن تسبب فقدا للحرارة نحو خمس مرات أسرع من حائط بنفس المنطقة. لذا فإنه من الهام استخدام الزجاج المزدوج أو العاكس في جميع النوافذ وخاصة في الأماكن التي تتطلب مساحات كبيرة من الزجاج، إضافة إلى عزل النوافذ باستخدام الستائر .



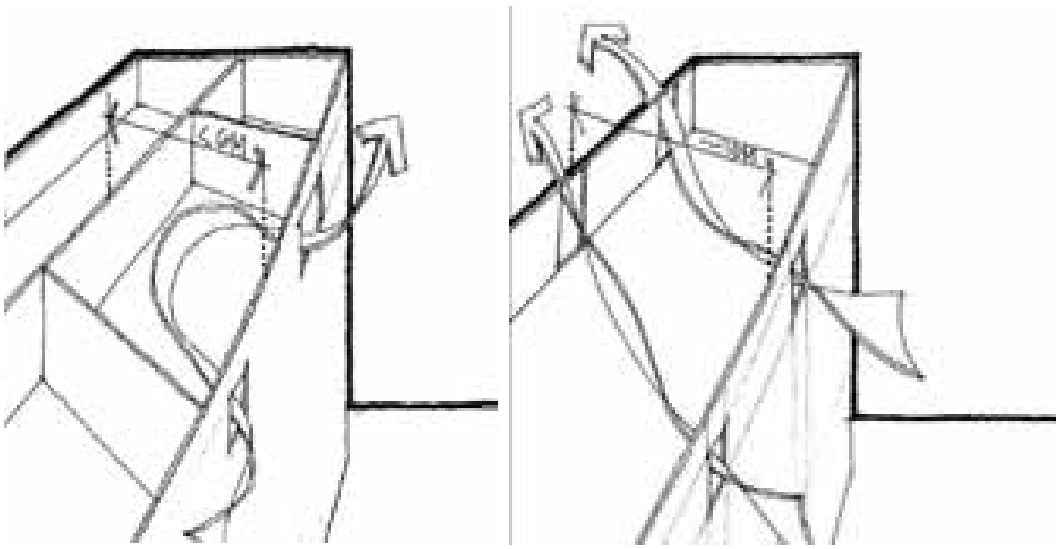
شكل (3-16) : نسبة نفاذية الزجاج المزدوج للحرارة.[17]

7-1-3- توجيه واجهات المبنى : إن توجيه واجهات المبنى نحو العناصر الطبيعية كالرياح والشمس يؤثر على استهلاك المبنى للطاقة.

كما أن توجيه واجهات المبنى صوب جهة هبوب الرياح مهم لزيادة التهوية الطبيعية, مما يمكن أن يقلل من الطلب على الطاقة لأغراض التبريد. ويلزم للتهوية الطبيعية الاستفادة من الرياح و لذلك فمن المهم أن تشتمل البنايات على مداخل للهواء في جانب المبنى المواجه للرياح السائدة.

7-1-4- التهوية الطبيعية : يساهم تدفق الهواء الطبيعي بتوفير مناخ داخلي مريح في الأماكن المغلقة، بالإضافة إلى ذلك فإنه يحسن جودة الهواء داخل المباني.

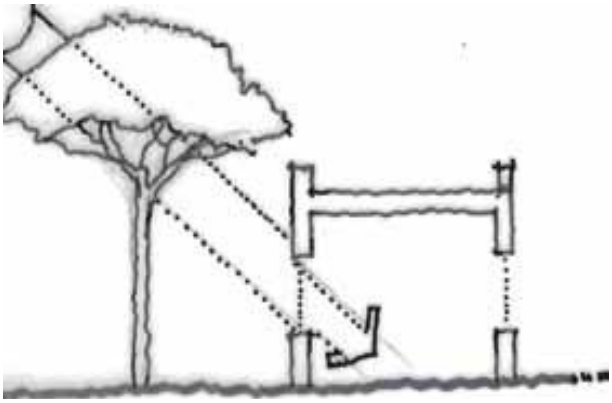
كما أن زيادة منسوب ارتفاع سقف المبنى يجعل المبنى أكثر تهوية وتزيد سرعة حركة الهواء التي تعمل على تبريد الجسم من خلال فقدان الحرارة بالحمل وزيادة تبخر العرق من الجسم.



شكل (3-17) : بعض استراتيجة التهوية الطبيعية.

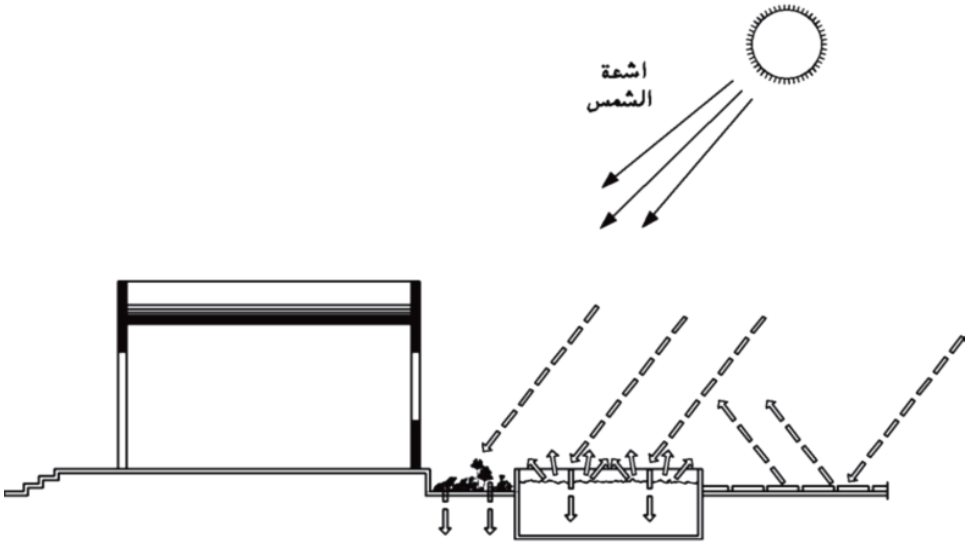
7-2- من حيث تصميم المسحات الخارجية : [17]

7-2-1- التشجير : من الممكن أن يوفر تصميم المناطق الخارجية الظل للمباني والمساحات الخارجية، فالأشجار تقوم بحماية أجزاء المبنى من الإشعاع الشمسي المباشر، وبالتالي تساهم في الحد من استهلاك الطاقة, كما أن زراعة الأشجار حول المبنى تعمل كمانع للرياح وتُحسن نوعية الهواء، كما يوضح الشكل التالي بعض استراتجية التشجير حول المبنى.



شكل (3-18) : استراتجية التشجير حول المبنى.[17]

7-2-2- إيجاد مسطحات المياه بجوار المبنى : تساعد مسطحات المياه بجوار المباني على انعكاس أشعة الشمس الساقطة عليها وبعثرتها وبالتالي تخفيف الحمل الحراري الناتج عنها، وحتى لا يكون سطح المياه كسطح عاكس للحرارة على المبنى يجب أن تكون المياه فيها متموجة حتى تؤدي إلى تشتيت وانكسار أشعة الشمس عليها مثل استخدام النوافير.



شكل (3-19) : مسطحات المياه التي تساعد على تشتيت الأشعة الشمسي.

الفصل الرابع

الجانب التجريبي

تمهيد :

في هذا الفصل نتطرق إلى الجانب التجريبي لبحثنا، والذي تمثل في إجراء تجربة تهدف إلى إظهار دور العزل في توفير الراحة الحرارية داخل المباني السكنية، وذلك بالحد من انتقال الحرارة الخارجية إلى الداخل، فتبقى درجات الحرارة داخل المبنى قريبة من مجال الراحة الحرارية وهذا ما يساهم في ترشيد الطاقة الكهربائية المخصصة للتكييف.

وصف التجربة المنجزة :

قمنا بإجراء هذه التجربة على غرفتين بمنزلين يقعان في مجمع سكني بقرية لقراف بدائرة الحجيرة ولاية ورقلة، في يومي 13 و 19 ماي من هذه السنة، الغرفتين متماثلتين تماما من ناحية التوجيه, الشكل التصميمي، الأبعاد ومواد البناء المستعملة. حيث تواجه كلا الغرفتين البيئة الخارجية بالسقف والجدارين الشرقي والجنوبي، وتقدر أبعاد كل منهما بـ $4m$ طولا، $3.5m$ عرضا، وبارتفاع $3m$، الجدران بسمك $15cm$ مبنية بالآجر الأحمر، التشطيبات الداخلية والخارجية طبقة أسمنتية ودهان بني، الأعمدة من الخرسانة المسلحة، و السقف مبني بالخرسانة المسلحة والبلوك الإسمنتي المفرغ (الوردي المعروف في البناء) مع طبقة إسمنتية من الداخل ودهان ابيض ، الغرفتين مزودتين بجهازي تكييف بقدرة تبريد 12000 Btu/h من صنع شركة كوندور، قمنا بعزل إحدى الغرفتين عن طريق تركيب ألواح البوليستران سمك $4cm$ من الداخل على كل جدران الغرفة وعلى السطح ، و قمنا بالتجربة على مرحلتين، المرحلة الأولى يوم 13 ماي وهدفها إظهار دور العزل في توفير الراحة الحرارية عن طريق الحد من انتقال الحرارة الخارجية إلى الداخل، و المرحلة الثانية يوم 19 ماي تهدف إلى إظهار دور العزل الحراري في ترشيد الطاقة الكهربائية المخصصة للتكييف.

الأدوات المستعملة في التجربة :

- مكيفين هوائيين من نوع كوندور بقدرة تبريد 12000Btu/h.[2]
- ثلاث أجهزة ثيرمومتر من نفس النوع.
- ألواح البوليستران بسمك $4cm$.
- عدادين كهربائيين.
- ساعة.
- غراء سائل.

[2] 1 Btu = 0.293 W.

الخواص الفيزيائية لمواد البناء : يبين الجدول التالي الخواص الفيزيائية للمواد الإنشائية للغرفتين.

جدول(4-1) : يبين الخواص الفيزيائية لمواد البناء المستعملة.[20]

المادة	k(W/m K)	ρ (kg/m³)	Cp(J/kg K)	السمك L(cm)
الخرسانة المسلحة + الطوب الإسمنتي	1.45	1450	1080	25
الاجر	0.83	1750	840	15
الإسمنت	1.4	2200	1080	1
البولستيران	0.038	35	1404	4

إجراء التجربة :

أنجزت التجربة على مرحلتين كما يلي :

المرحلة الأولى : تمت هذه المرحلة في اليوم الأول من التجربة بإتباع الخطوات التالية:

- عدم تشغيل المكيفين في كلا الغرفتين.

- قياس درجات الحرارة الخارجية عبر ساعات اليوم من الساعة السادسة صباحا حتى العاشرة ليلا, وفي نفس الوقت نقوم بقياس درجات الحرارة الداخلية في الغرفتين.

- تسجيل النتائج المحصل عنها.

المرحلة الثانية : تمت هذه المرحلة في اليوم الثاني من التجربة حسب الخطوات التالية :

- ربط مكيف الهواء للغرفة المعزولة بالعداد الكهربائي لوحده وفك ربط الأجهزة الأخرى.

- ربط مكيف الهواء للغرفة غير المعزولة بعداد كهربائي أخر لوحده وفك ربط الأجهزة الأخرى.

- تشغيل المكيفين في نفس الوقت لمدة يوم كامل على وضع التبريد في درجة الحرارة 27°C .

- قراءة الطاقة الكهربائية المسجلة على كلا العدادين.

- تسجيل النتائج.

مناقشة وتحليل النتائج :

1 -نتائج المرحلة الأولى :

بعد قياس درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفتين عبر ساعات اليوم تحصلنا على النتائج التالية :

1 -1 نتائج الغرفة غير المعزولة : لتسهيل دراسة واستغلال النتائج المحصل عنها نقسمها إلى قسمين هما نتائج درجات الحرارة, ونتائج الفروق في درجات الحرارة بين الداخل والخارج.

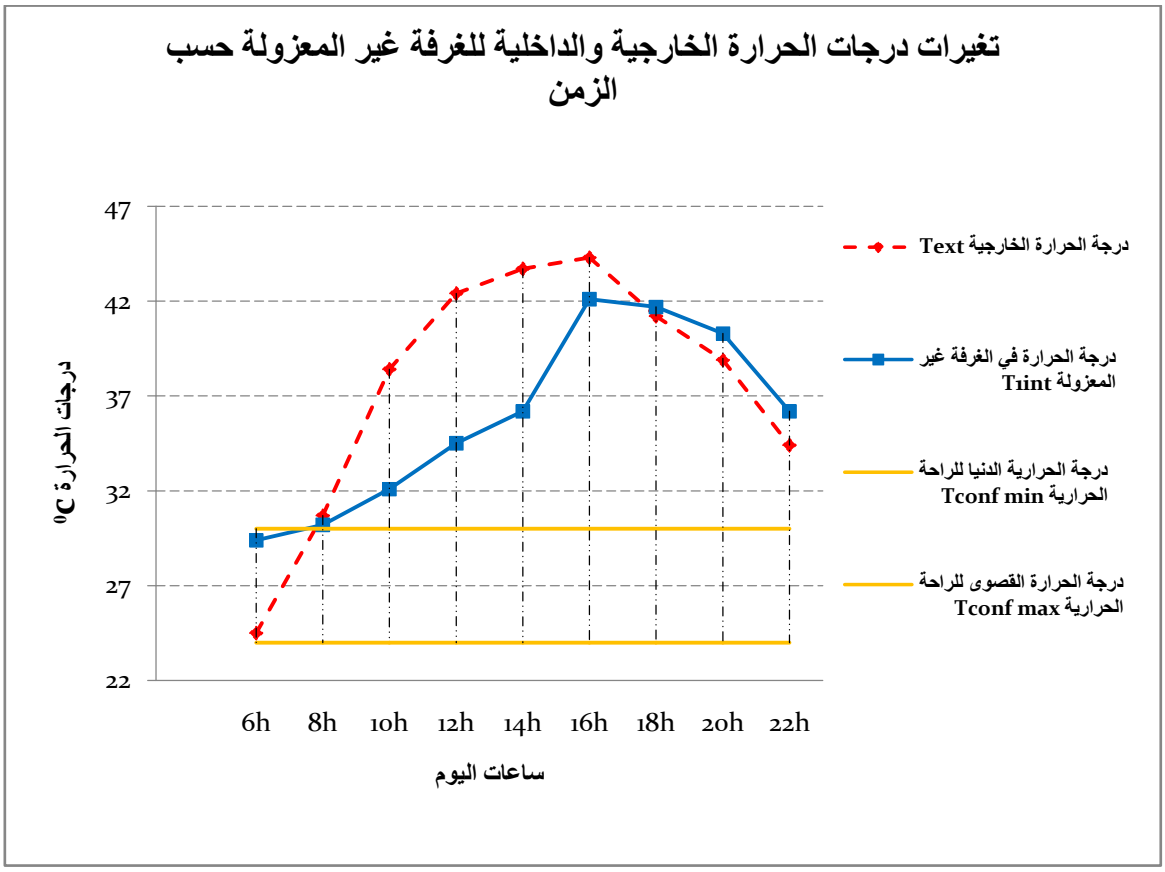
1-1-1- نتائج تغيرات درجات الحرارة حسب ساعات اليوم :

نوضح النتائج المحصل عنها من خلال الجدول الموالي:

جدول(4-2) يبين تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة غير المعزولة عبر ساعات اليوم.

ساعات اليوم h	درجة الحرارة الخارجية T_{ext} ^0C	درجة الحرارة الغرفة غير المعزولة T_{1int} ^0C	درجة الحرارية الدنيا للراحة الحرارية $T_{conf\,min}$ ^0C	درجة الحرارية القصوى للراحة الحرارية $T_{conf\,max}$ ^0C
06h	24.5	29.4	24	30
08h	30.7	30.2	24	30
10h	38.4	32.1	24	30
12h	42.4	34.5	24	30
14h	43.7	36.2	24	30
16h	44.3	42.1	24	30
18h	41.2	41.7	24	30
20h	38.9	40.3	24	30
22h	34.4	36.2	24	30

من خلال النتائج المسجلة في الجدول أعلاه نحصل على البيان التالي :



شكل(4-1) : يبين تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة غير المعزولة عبر ساعات اليوم.

- نلاحظ من خلال البيان تناسبا طرديا بين تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة غير المعزولة وتقاربا في القيم مع فارق بسيط. ونفسر هذا بانتقال الحرارة بكميات كبيرة من الخارج إلى الداخل نظرا لوجود مقاومة حرارية ضعيفة لمواد بناء الغرفة ، كما نلاحظ بلوغ المنحنيين الذروة في نفس الوقت على الساعة $16h$ ونفسر هذا بسرعة انتقال الحرارة من المحيط الخارجي إلى الداخل, كما نلاحظ أيضا ابتعاد الخط البياني لحرارة الغرفة من مجال الراحة الحرارية بدءا من الساعة الثامنة صباحا وحتى بقية ساعات اليوم، وهذا ما يبين الحاجة الماسة لاستخدام المكيف من ساعات اليوم الأولى, إلا أننا نلاحظ أن الخط البياني لحرارة الغرفة يصبح فوق الخط البياني للحرارة الخارجية من الساعة 18h حتى الساعة 08h ويعود ذلك إلى اختزان المبنى للحرارة حتى بعد انخفاضها في الخارج نتيجة انخفاض الإشعاع الشمسي ، ليبدأ المبنى بفقدان الحرارة تدريجيا من الداخل إلى الخارج ليلا حسب مبدأ التوازن الحراري بانتقال الحرارة من الوسط الساخن إلى الوسط البارد.

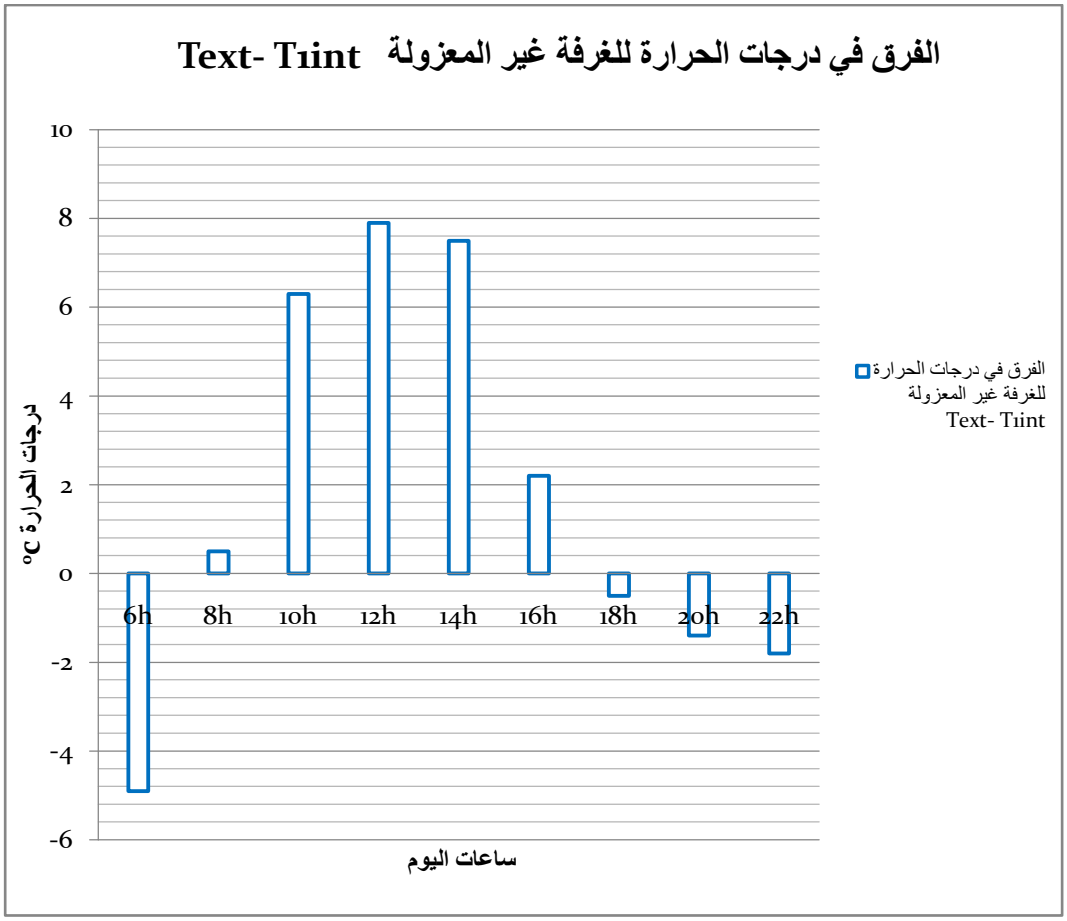
1-1-2- نتائج تغيرات الفروق في درجات الحرارة حسب ساعات اليوم :

نوضح النتائج المحصل عنها من خلال الجدول الموالي:

جدول(4-3) : يبين تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفة غير المعزولة عبر ساعات اليوم.

ساعات اليوم h	درجة الحرارة الخارجية T_{ext} ^0C	درجة الحرارة في الغرفة غير المعزولة T_{1int} ^0C	الفرق في درجات الحرارة $T_{ext}- T_{1int}$ ^0C
06h	24.5	29.4	-4.9
08h	30.7	30.2	0.5
10h	38.4	32.1	6.3
12h	42.4	34.5	7.9
14h	43.7	36.2	7.5
16h	44.3	42.1	2.2
18h	41.2	41.7	-0.5
20h	38.9	40.3	-1.4
22h	34.4	36.2	-1.8

من خلال نتائج الجدول السابق نحصل على البيان التالي :



شكل(4-2) : يبين تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفة غير المعزولة عبر ساعات اليوم.

- نلاحظ من خلال البيان وجود فارق سالب في درجات الحرارة من الساعة 18h حتى الساعة 06h، وهذا راجع إلى زيادة درجة الحرارة الداخلية على الخارجية خلال هذه المدة نتيجة احتفاظ مواد البناء المستعملة بكميات كبيرة من الحرارة، حيث تستمر كتلة المبنى بفقد هذه الحرارة طوال هذه الفترة، ما يفسر بوجود كمية كبيرة من الحرارة المختزنة داخل المبنى. كما نلاحظ وجود فارقا موجبا في درجات الحرارة يبدأ من الساعة 08h حتى 16h يبلغ أعلى قيمة له 8°C عند الساعة 12h، نتيجة زيادة درجات الحرارة الخارجية بسرعة بسبب تزايد الإشعاع الشمسي، ثم يتناقص الفارق بزيادة درجات الحرارة الداخلية و تناقص قوة التشميس.

1-2- نتائج الغرفة المعزولة :

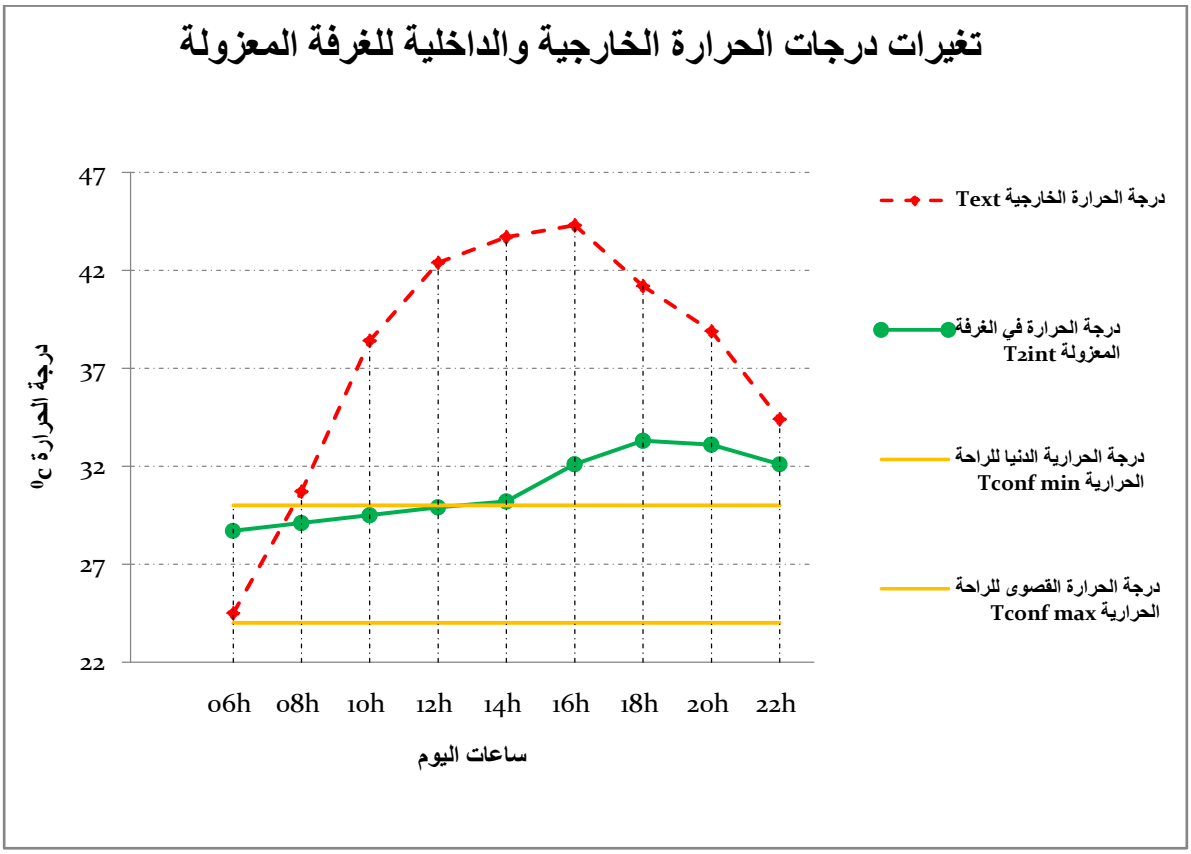
1-2-1- نتائج تغيرات درجات الحرارة حسب ساعات اليوم :

نوضح النتائج المحصل عنها من خلال الجدول الموالي:

جدول(4-4) يبين تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة المعزولة عبر ساعات اليوم.

ساعات اليوم h	درجة الحرارة الخارجية T_{ext} °C	درجة الحرارة في الغرفة المعزولة T_{2int} °C	درجة الحرارية الدنيا للراحة الحرارية $T_{CONF\ min}$ °C	درجة الحرارة العليا للراحة الحرارية $T_{CONF\ max}$ °C
06h	24.5	28.7	24	30
08h	30.7	29.1	24	30
10h	38.4	29.5	24	30
12h	42.4	29.9	24	30
14h	43.7	30.2	24	30
16h	44.3	32.1	24	30
18h	41.2	33.3	24	30
20h	38.9	33.1	24	30
22h	34.4	32.1	24	30

من خلال النتائج المسجلة في الجدول السابق نحصل على البيان التالي :



شكل(4-3) : يبين تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة المعزولة عبر ساعات اليوم.

- نلاحظ من خلال البيان تباعد الخطين البيانيين لدرجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفة المعزولة ، وهذا ناتج عن الفروق الكبيرة في درجات الحرارة بين المحيط الخارجي وداخل الغرفة حيث يوجد الخط البياني لحرارة الغرفة المعزولة في الأسفل قريب من مجال الراحة الحرارية، وهذا يدل على انخفاض درجات الحرارة الداخلية نتيجة الانتقال الضعيف والبطيء لكميات الحرارة من الخارج إلى الداخل، ويفسر هذا بالمقاومة الحرارية الكبيرة لكتلة المبنى نتيجة لاستعمال العزل، حيث نلاحظ بقاء حرارة الغرفة داخل مجال الراحة الحرارية لمدة كبيرة من 06h إلى 14h، ثم نلاحظ خروجها من مجال الراحة الحرارية انطلاقا من 14h نتيجة لارتفاع درجات الحرارة الخارجية عن طريق زيادة قيمة الإشعاع الشمسي، ودخول كميات حرارة من الخارج إلى الداخل حسب مبدأ انتقال الحرارة من الوسط الساخن إلى البارد. كما نلاحظ وجود الخط البياني لحرارة الغرفة فوق الخط البياني للحرارة الخارجية من 06h إلى 08h مع وجود الخط البياني لحرارة الغرفة داخل مجال الراحة الحرارية ، وهذا عائد إلى انخفاض درجات الحرارة الخارجية لضعف قيمة الإشعاع الشمسي ولاحتفاظ المبنى بكميات حرارة.

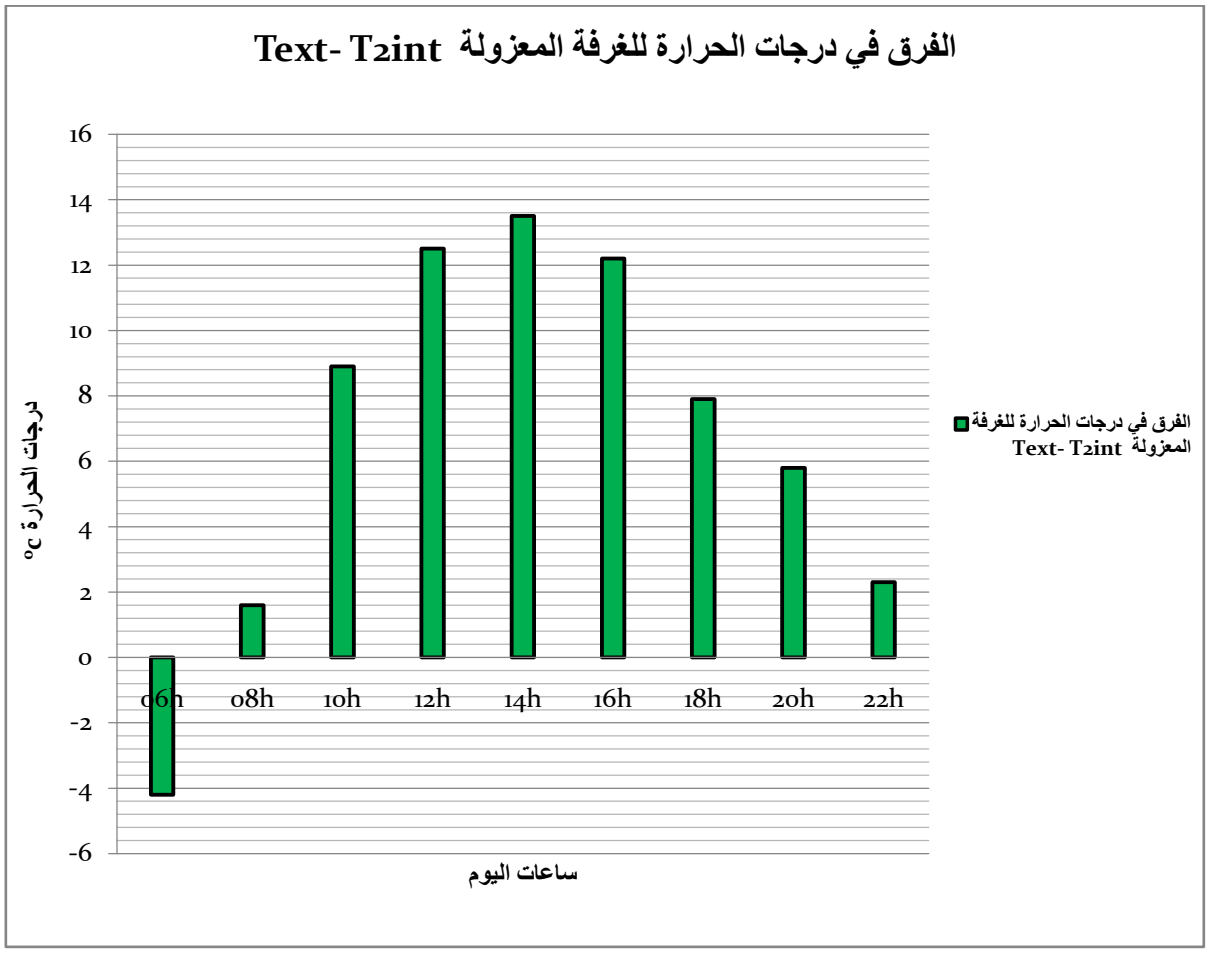
1-2-2- نتائج تغيرات الفروق في درجات الحرارة حسب ساعات اليوم :

نوضح النتائج المحصل عنها من خلال الجدول الموالي:

جدول(4-5) : يبين تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفة المعزولة عبر ساعات اليوم.

ساعات اليوم h	درجة الحرارة الخارجية T_{ext} °C	درجة الحرارة في الغرفة المعزولة T_{2int} °C	الفرق في درجات الحرارة $T_{ext} - T_{2int}$ °C
06h	24.5	28.7	-4.2
08h	30.7	29.1	1.6
10h	38.4	29.5	8.9
12h	42.4	29.9	12.5
14h	43.7	30.2	13.5
16h	44.3	32.1	12.2
18h	41.2	33.3	7.9
20h	38.9	33.1	5.8
22h	34.4	32.1	2.3

من خلال نتائج الجدول السابق نحصل على البيان التالي :



الشكل(4-4) : يبين تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفة المعزولة عبر ساعات اليوم.

- نلاحظ من خلال البيان فارق سلبي في درجات الحرارة على الساعة 06h راجع إلى زيادة درجة الحرارة الداخلية على الخارجية بسبب احتفاظ الغرفة بكميات حرارة ، ولأن الحرارة الخارجية في أقل قيمها نظرا لقلة الإشعاع الشمسي ، ثم نلاحظ زيادة طول الأعمدة مع ساعات النهار حتى تصل إلى أعلى قيمها قدرت بـ 14°C على الساعة 14h، وهذا يبين الفارق الكبير بين درجات الحرارة الخارجية و الداخلية ، ويفسر هذا بقلة تسرب الحرارة من الخارج إلى الداخل نتيجة المقاومة الحرارية الكبيرة بسبب عزل الجدران والأسقف، ثم بدأ طول الأعمدة يتناقص تدريجيا نظرا لتسرب الحرارة إلى الداخل وتناقص درجات الحرارة الخارجية بتناقص الإشعاع الشمسي.

1-3- ملخص النتائج الكلية :

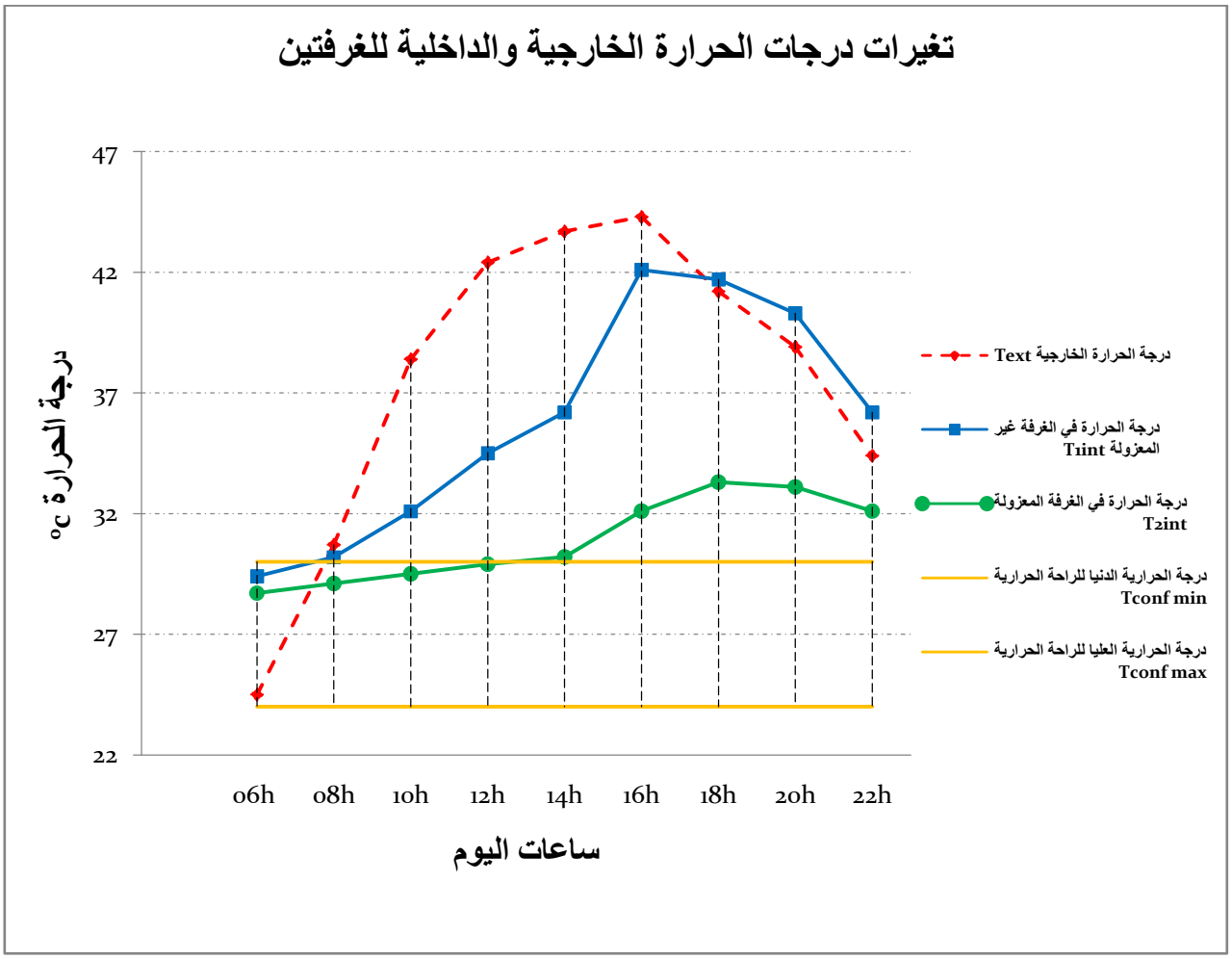
1-3-1- نتائج تغيرات درجات الحرارة حسب ساعات اليوم :

نوضح النتائج المحصل عنها من خلال الجدول الموالي:

جدول(4-6) : يبين تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفتين حسب ساعات اليوم.

ساعات اليوم h	درجة الحرارة الخارجية T_{ext} °C	درجة حرارة الغرفة غير المعزولة T_{1int} °C	درجة حرارة الغرفة المعزولة T_{2int} °C	درجة الحرارية الدنيا للراحة الحرارية $T_{conf\,min}$ °C	درجة الحرارية العليا للراحة الحرارية $T_{conf\,max}$ °C
06h	24.5	29.4	28.7	24	30
08h	30.7	30.2	29.1	24	30
10h	38.4	32.1	29.5	24	30
12h	42.4	34.5	29.9	24	30
14h	43.7	36.2	30.2	24	30
16h	44.3	42.1	32.1	24	30
18h	41.2	41.7	33.3	24	30
20h	38.9	40.3	33.1	24	30
22h	34.4	36.2	32.1	24	30

من خلال نتائج الجدول السابق نحصل على البيان التالي :



شكل(4-5) : يبين تغيرات درجات الحرارة الخارجية والداخلية للغرفتين حسب ساعات اليوم.

- نلاحظ من خلال البيان أن الخط البياني الخاص بدرجة الحرارة في الغرفة المعزولة يقع تحت الخطيين البيانين الآخرين ويقع داخل مجال الراحة الحرارية إلى غاية الساعة 14h، وهذا يعني انخفاض درجات الحرارة الداخلية للغرفة المعزولة مقارنة بالغرفة غير المعزولة و المحيط الخارجي بسبب المقاومة الحرارية الكبيرة لنظام عزل الجدران والسقف حيث يمنع تسرب الحرارة الخارجية إلى الداخل بشكل واضح، ويحافظ على بقاء درجات الحرارة قريبة من مجال الراحة الحرارية عبر كامل اليوم مما يحد من الحاجة للتكييف و يقلص من استهلاك الطاقة الكهربائية، بينما نلاحظ الزيادة الطردية لحرارة الغرفة غير المعزولة بزيادة الحرارة الخارجية وابتعادها على مجال الراحة الحرارية خلال كامل ساعات اليوم تقريبا مما يبين الحاجة الملحة للتكييف ، وهذا يعود للمقاومة الحرارية الضعيفة لهيكل المبنى، كما نلاحظ أن الخط البياني لدرجة الحرارة في الغرفة غير المعزولة يصبح فوق الخط البياني الخاص بدرجة الحرارة الخارجية انطلاقا من الساعة 18h وحتى الساعة 08h، وهذا بسبب انخفاض درجات الحرارة الخارجية وبقاء درجات الحرارة في الغرفة غير المعزولة مرتفعة نظرا لتخزين كتلة المبنى للحرارة وبطئ فقدانها.

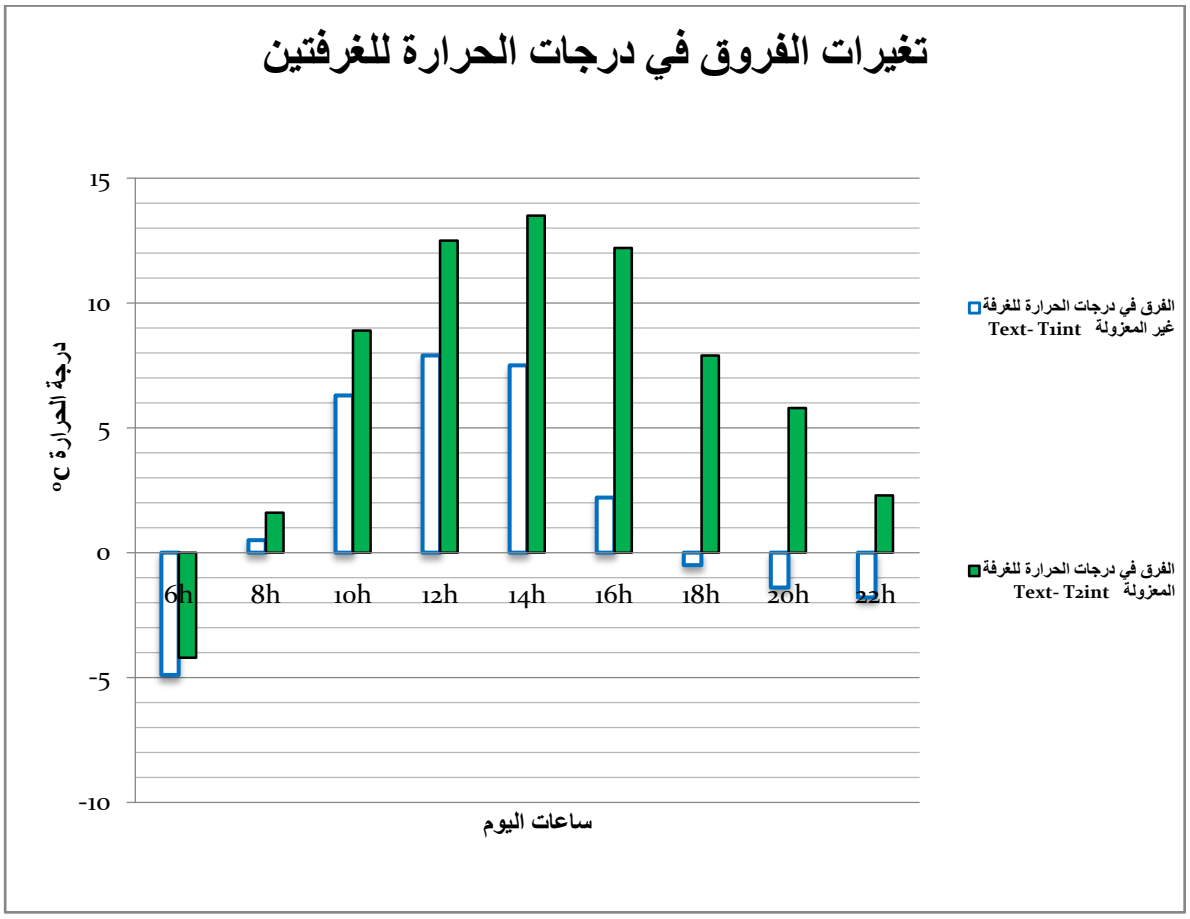
1-3-2- نتائج تغيرات الفروق في درجات الحرارة حسب ساعات اليوم :

نوضح النتائج المحصل عنها من خلال الجدول الموالي:

جدول(4-7) : يبين تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفتين حسب ساعات اليوم.

ساعات اليوم h	الفرق في درجات الحرارة للغرفة غير المعزولة $T_{ext-} T_{1int}$ °C	الفرق في درجات الحرارة للغرفة المعزولة $T_{ext-} T_{2int}$ °C
06h	-4.9	-4.2
08h	0.5	1.6
10h	6.3	8.9
12h	7.9	12.5
14h	7.5	13.5
16h	2.2	12.2
18h	-0.5	7.9
20h	-1.4	5.8
22h	-1.8	2.3

من خلال نتائج الجدول السابق نحصل على البيان التالي :



الشكل(4-6) : يبين تغيرات الفروق في درجات الحرارة للغرفتين خلال ساعات اليوم.

- نلاحظ من خلال البيان أن الفروق بين درجات الحرارة الخارجية و الداخلية للغرفة المعزولة كبيرة ، وهذا يعني نقص تأثير المحيط الخارجي على داخل الغرفة المعزولة وذلك لفعالية نظام العزل بمنعه لتسرب الحرارة الخارجية للداخل بكميات كبيرة و خلال زمن قصير، أما بالنسبة لفروق درجات الحرارة للغرفة غير المعزولة فهي صغيرة في نصف الوقت وسلبية في النصف الأخر تقريبا ، وهذا يعني تقارب درجات الحرارة بين الغرفة والمحيط الخارجي وتأثرها به بشكل كبير وخلال زمن قصير ، إضافة إلى الفروق السلبية التي تدل على تجاوز درجات حرارة الغرفة لدرجات الحرارة الخارجية نتيجة لتخزين كتلة المبنى لكميات كبيرة من الحرارة مع بطء فقدانها، مما يجعل حرارة الغرفة خارج مجال الراحة الحرارية تقريبا كامل ساعات اليوم ، ويبرز الحاجة الماسة لاستخدام المكيف الهوائي اغلب الوقت.

2 -نتائج المرحلة الثانية :

يبين الجدول التالي قيم الطاقة الكهربائية المستهلكة من جهازي التكييف في الغرفتين لمدة يوم كامل.

جدول(4-8) : يبين قيم الطاقة الكهربائية المستهلكة من المكيفين خلال يوم كامل.

المكيف	الاستهلاك خلال يوم كامل kWh
للغرفة غير المعزولة	32
للغرفة المعزولة	18

حساب نسبة استهلاك الطاقة بين المكيفين :

$$(18 \div 32) \times 100 = 56.25\%$$

حساب نسبة التوفير في الطاقة لمكيف الغرفة المعزولة :

$$100\% - 56.25\% = 43.75\%$$

- نلاحظ من خلال الجدول والحسابات أن المكيف في الغرفة المعزولة يستهلك ما نسبته 56.25% من استهلاك مكيف الغرفة غير المعزولة للطاقة الكهربائية ، وذلك راجع لعدد الساعات التي يشتغل فيها بالنسبة لاشتغال مكيف الغرفة غير المعزولة، وهذا بسبب فعالية استخدام نظام العزل، لأنه يمنع تسرب كميات كبيرة من الحرارة ، ويؤخر زمن انتقالها إلى الداخل حتى آخر اليوم حيث تقل درجات الحرارة نظرا لقلة الإشعاع الشمسي ، وبذلك لا يكون هنالك كميات كبيرة من الحرارة داخل الغرفة ، مما يجعل المكيف يعمل فترات متقطعة ومتباعدة وقليلة ، فلا يستهلك الكثير من الطاقة الكهربائية ، كعس مكيف الغرفة غير المعزولة الذي يشتغل غالب الوقت لإخراج الكميات الكبيرة من الحرارة المتسربة باستمرار وبسرعة ، نظرا لضعف المقاومة الحرارية لكتلة المبنى ، وبهذا يكون استخدام العزل الحراري قد وفر نسبة **43.75%** من الطاقة الكهربائية المخصصة للتكييف، وهذا يبرز أهميته في ترشيد الاستهلاك.

خلاصة التجربة :

من خلال الدراسة التجريبية المنجزة تبين أن استخدام العزل الحراري في المباني السكنية بالمناطق الصحراوية الحارة له دور كبير في توفير الراحة الحرارية داخلها, وفي ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المخصصة للتكييف والتي لا يمكن الاستغناء عنها كليا نظرا للحرارة الشديدة التي تُعرف بها هذه المناطق, فقد جاءت النتائج التجريبية تثبت أن درجات الحرارة داخل الغرفة غير المعزولة تبقى أغلب الوقت خارج حدود الراحة الحرارية , وذلك لتأثرها الكبير والسريع بالحرارة الخارجية, حيث تبلغ أعلى قيمة للفروق بين درجات الحرارة الخارجية والداخلية $8°C$ فقط في وقت الذروة, وهذا يبين تقارب قيم درجات الحرارة الخارجية والداخلية, مما يجعل استخدام المكيف ضروري كامل ساعات اليوم, أما درجات الحرارة داخل الغرفة المعزولة فهي تبقى في مجال الراحة الحرارية أو قريبة منه, نظرا للمقاومة الحرارية الكبيرة للعازل, وتتأثر بالحرارة الخارجية بشكل قليل وبطيء مقارنة مع الغرفة غير المعزولة, حيث تبلغ أعلى قيمة للفروق في درجات الحرارة بين الداخل والخارج $14°C$, هذا ما يبين التأثير المحدود للحرارة الخارجية على الداخل, مما يقلل من وقت استخدام المكيف و يوفر ما نسبته 43% من استهلاك كمية الطاقة الكهربائية.

الخلاصة العامة

والتوصيات

الخلاصة العامة :

من خلال ما تم إيراده في هذه المساهمة البحثية نخلص إلى أن المباني السكنية في جنوب الجزائر حاليا لا تتلاءم مع الظروف المناخية القاسية التي تعرف بها المنطقة، نظرا للقصور التصميمي لهذه المباني وعدم مراعاتها الخصائص البيومناخية التي تمكنها من استغلال البيئة المحيطة استغلالا ايجابيا بالاستفادة من التهوية الطبيعية والإنارة والتظليل، وبذلك صارت الحاجة ماسة لاستخدام أجهزة التكيف في المباني اغلب أوقات السنة للحصول على أدنى مستويات الراحة الحرارية، ونظرا لهذا الاستخدام المفرط لأجهزة التكييف أصبح هنالك استهلاك كبيرا للطاقة الكهربائية، ينهك موارد الأفراد والدولة، ويعتبر استخدام العزل الحراري الحل الأمثل و الأسرع لتلافي هذا المشكل المحلي والعالمي, وذلك بمنع أو تقليل تسرب الحرارة من خارج المبنى إلى داخله, وبالتالي تخفيض حجم أجهزة التكييف وساعات تشغيلها, ومن ثم توفير استهلاك الطاقة المستخدمة لتأمين الحد الأعلى من الراحة الحرارية للأفراد داخل المبنى بالإضافة إلى حماية المبنى من التصدعات والتلف وإطالة عمره الافتراضي. ولتحقيق ما سبق فإنه يلزم إتباع التوصياتالآتية :

- اختيار التوجيه المناسب للمبنى في الموقع بالنسبة لحركة الشمس والرياح.
- تصميم المبنى بحيث يمكن الاستفادة من التهوية الطبيعية وذلك لدعم الوسائل الميكانيكية اللازمة لتشغيل المبنى.
- تصميم المبنى بحيث يمكن الاستفادة من الإضاءة الطبيعية، ومن ثم تقليل الاعتماد على الإضاءة الصناعية.
- اختيار ألوان المبنى الخارجية بحيث تتلاءم مع البيئة المحيطة.
- اختيار أنظمة التكييف الملائم لحجم ووظيفة المبنى مع ما تتطلبه من وسائل التحكم المناسبة.
- حسن اختيار أنواع زجاج النوافذ وخصائصه الحرارية، وحماية الفتحات من أشعة الشمس الساقطة عليها.
- اختيار مواد البناء الملائمة بما فيها نوع وسماكة العزل الحراري المناسب للحوائط والأسقف.
- ضرورة التعرف على مواد العزل الحراري الملائمة والمناسبة لبيئة المناخ الصحراوي.
- ضرورة أن تكون مواد العزل الحراري المستخدم ذات معامل توصيل حراري منخفض لأنه كلما كان معامل التوصيل قليل كلما زادت مقاومتها لانتقال الحرارة وزادت كفاءتها في العزل.
- أهمية التعرف على قدرة المادة العازلة على امتصاص الماء و نفاذيتها، لأن وجود الماء يؤدي إلى تقليل عزلها ومقاومتها الحرارية.

- لا بد أن تكون المادة العازلة المستخدمة لها القدرة على العزل الحراري أكبر فترة زمنية ممكنة بأن تحتفظ بمعام ل توصيل حراري ثابت نسبيا.

- أهمية وضع الطبقة العازلة في المكان المناسب في المبنى ويفضل أن تكون في السطح الداخلي للحوائط والأسقف.

- ضرورة استخدام طريقة عزل الحوائط الوسطية لأن لها قدرة عالية على عزل الحرارة.

- على الدولة وضع قوانين صارمة تلزم استخدام العزل الحراري في كل المباني و تنصب هيئات رقابية لهذا الشأن.

- على الدولة أيضا إيجاد نظرة استشرافية لمستقبل استهلاك الطاقة الكهربائية في قطاع المباني ووضع استراتيجيات دائمة للحد من هدر الموارد.

- استخدام الطاقات المتجددة.

المراجع :

[1] -TIMIZAR MESSAOUD et TRABELSI MOHAMED OUSSAMA Investigation expérimentale de la capacité d'isolation thermique des matériaux bio-sources locaux. UNIVERSITE KASDI MERBAH D'OUARGLA **.Année universitaire** :2015 / 2016.

[2] -Markus &Morris, Building,Climate and Energy, pp.47

[3] -Olgyay, Victor: Design with Climate,pp. 14

[4] -LIEBARD A. Traite darchitecture et durbanisme bioclimatique concevoir edifier et amenager avec le developpement durabel EDITION Observer France 2005

[5] -Dennees Climatologique de la station meteo de ouargla 2008-2010

[6]- Natural Resources CANADA. (2011) Energy Efficiency Trends in Canada 1990 to 2009. Cat. No. M141-1/2009E-PDF (Online).

[7]- الشركة الوطنية للكهرباء والغاز, ولاية ورقلة 2011/03/19

[8]- البابطين عمر عبد الرحمن. العزل الحراري للمباني. مجلة المهندس، المجلد 8 العدد 2، رمضان 1415هـ.

[9]- المقرن خالد بن عبد الله بن محمد. العزل الحراري للمباني. مجلة المهندس،المجلد 2، العدد 1، صفر 1409هـ.

[10]- شريف عاطف. العزل الحراري. مجلة المهندس، المجلد 4، العدد4 ، ذو الحجة1411هـ.

[11]- بالغنيم عبد المحسن بن سليمان. الحاجة لاستعمال العوازل الحرارية في المملكة العربية السعودية. مجلة المهندسين المجلد الثاني، العدد 1، صفر 1409هـ.

[12]- الثروة على عبد الله.المناخ والمبنى. مجلة المهندس المجلد السابع، العدد 1، ربيع ثاني 1414هـ.

[13]- زمو احمد بشير. النظم المتبعة لعزل الأسطح والجدران والأسقف. مجلة المهندس ين المجلد 13، العدد 1420،1هـ.

[14]- آل حمود محمد بن سعد. استهلاك الطاقة في المباني الدواعي والوسائل . مجلة المهندس، المجلد 13، العدد 1420،1هـ.

[15]- عبد الرحيم محمد عثمان. العزل الحراري الأمثل لتوفير الطاقة. مجلة المهندس، المجلد السادس ،العدد 3، رمضان 1413هـ.

[16]- الميمني فريد عبد الستار وآخرون. أساليب وتقنيات البناء باستخدام الطوب الأحمر الفخاري وعوازل الصوف الصخري. مجلة المهندس، المجلد 13، العدد 1، جمادى الأول 1420هـ

[17]- عبد الكريم سامي. دراسة ميدانية عن تقليص الفاقد في الطاقة الكهربائية باستخدام بعض مواد العزل الحراري. مجلة المهندس، المجلد 2، العدد 1، صفر 1409هـ.

[18]- دليل إرشادي لكفاءة استخدام الطاقة في البناء لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. *MED-ENEC*

[19]- مقدم لبنى, عيساوي نسرين, تأثير العزل على الراحة الحرارية في غرفة مكيفة, مذكرة ماستر, جامعة قاصدي مرباح ورقلة, كلية الرياضيات وعلوم المادة, قسم الفيزياء, 2017/2016, الصفحة 26.

[20]- حاثية ميلود, المساهمة في دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية للبنات المستعملة في أسقف المباني الصحراوية, مذكرة ماجستير, جامعة قاصدي مرباح ورقلة, كلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة, 2013/2012, الصفحة 27.

الملخص :

يتميز مناخ المنطقة الصحراوية جنوب الجزائر بالجفاف ، والارتفاع الشديد في درج ات الحرارة و في شدة الإشعاع الشمسي، مما يجعل تحقيق أدنى مستويات الراحة الحرارية داخل المباني السكنية مطلب الجميع، ونظرا للقصور التصميمي الذي يميز المباني الحالية فإن سكان هذه المنطقة يعتمدون كليا على أجهزة التكييف, وفي ظل توسع قطاع السكن أصبح هنالك استهلاكا مفرطا للطاقة الكهربائية الموجهة للتكييف مما يزيد من معاناة الدولة والأفراد.

ولهذا السبب قمنا بهذا البحث الذي يهدف إلى إبراز دور العزل في توفير الراحة الحرارية داخل المباني السكنية، وترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المخصصة للتكييف, حيث قمنا بأجراء تجربة على غرفتين سكنيتين متماثلتين استعملنا في إحداهما العزل الحراري للجدران والسقف. فخلصت التجربة إلى أن درجات الحرارة داخل الغرفة المعزولة قريبة من مجال الراحة الحرارية حتى في حالة عدم استخدام المكيف, وفي حالة استعمال المكيف فإنه تم توفير أكثر 40% من الطاقة الكهربائية المستهلكة, وهذا ما يبين دور العزل في توفير الراحة الحرارية وترشيد الطاقة الكهربائية في المباني السكنية.

الكلمات الدالة: العزل الحراري، الراحة الحرارية، المناطق الصحراوية، تصميم المبنى، ترشيد الطاقة، انتقال الحرارة

Résumé

Caractérisé par le climat désertique du sud de l'Algérie, la sécheresse et l'élévation extrême de la température et l'intensité du rayonnement solaire, ce qui rend la réalisation des plus bas niveaux de confort thermique à l'intérieur des bâtiments résidentiels de la demande pour tout le monde, compte tenu de la conception des palais qui caractérise les bâtiments existants, les habitants de cette région sont totalement dépendants de la climatisation, et L'expansion du secteur du logement est devenue une consommation excessive d'électricité pour le conditionnement, ce qui augmente les souffrances de l'Etat et des individus.

Voilà pourquoi nous avons cette recherche, qui vise à mettre en évidence le rôle de l'isolation en offrant un confort thermique dans les bâtiments résidentiels, et la rationalisation de la consommation d'énergie sur mesure conditionnement, où nous avons mené une expérience sur deux blocs identiques dans celui utilisé l'isolation thermique des murs et le plafond. expérience Fajlst que les températures à l'intérieur de la pièce isolée près de la zone de confort thermique, même si vous n'utilisez pas le climatiseur, et dans le cas d'utilisation du climatiseur, il a été prévu plus de 40% de l'énergie électrique consommée, et cela montre le rôle de l'isolation dans la fourniture de confort thermique et la rationalisation de l'énergie électrique Bâtiments résidentiels.

Mots clés: isolation thermique, confort thermique, zones désertiques, conception de bâtiments, économies d'énergie, transfert de chaleur..