الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح – ورقلة –

كلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة

قسم الري و الهندسة المدنية

الرقم الترتيبي :
الرقم التسلسلي:

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماجستير

فـرع: هندسة مدنية

تخصص: جيو مواد

من إعداد: حاثية ميلود

تحت عنوان:

المساهمة في دراسة الخصائص الحرارية و الميكانيكية لـ اللبنات المستعملة في أسقف المباني الصحراوية

نوقشت علنا في : 27 / 01 / 2013

أعضاء اللجنة :

• بوقطاية حمزة	أستاذ التعليم العالي	جامعة ورقلة	رئيس
• بوطوطاو جمال	أستاذ محاضر " أ "	جامعة ورقلة	ممتحن
• بوبكري عبدالغاني	أستاذ محاضر " أ "	جامعة ورقلة	ممتحن
• كريكر عبد الواحد	أستاذ التعليم العالي	جامعة ورقلة	مؤطر
• عباني السعيد	أستاذ مساعد " أ "	جامعة ورقلة	م . مؤطر

2013 / 2012

بسم الله

الرحمان الرحيم

الإهـــــــداء

إلى والدي الكريمين حفظهما الله.

إلى زوجتي و أولادي حفظهم الله .

إلى كل الأهل و الأقارب .

إلى كل أصدقائي .

إلى كل من عرفني من بعيد و قريب .

إلى وطني الغالي الجزائر.

إلى كل هؤلاء أهدي هذا العمل المتواضع

راجيًا من الله العلي القدير أن ينفع به.

التشكرات

الحمد و الشكر لله الذي و فقني لإنجاز هذا العمل المتواضع فلك الحمد ياربي حتى ترضى و لك الحمد إذا رضيت و لك الحمد بعد الرضا .

أتقدم بجزيل الشكر و التقدير إلى الأستاذين الكريمين كريكر عبد الواحد و عبان السعيد على المجهودات التي بذلها معي و على النصائح و التوجيهات التي قدمها لي .

كما أشكر كل أستاذ وكل صديق و زميل قدم لي يد المساعدة من قريب أو بعيد .

ملخص

المناطق الصحراوية في بلداننا تتميز بمناخ حار جدا وجاف صيفا وبارد جدا شتاءا .
حاليا اللبنات المستعملة في إنجاز البلاطات نجد اللبنات الخرسانية و التي تتميز برداءة أدائها الحراري .

في القديم استعمل الجبس التقليدي (التمشمت) لضمان ربط الأحجار المستعملة في السقف التي تأخذ شكل قبب التي أعطت أداءا حراريا معتبرا . و في السنوات الأخيرة ومع التطور في مجال البناء ظهرت لبنات أخرى في السوق مثل التربة المحروقة (الآجر) والبوليستران .

الهدف من دراستنا تحديد الخصائص الميكانيكية و الحرارية للبنات المختبرة وذلك بواسطة تجارب مخبرية وكذا تقديم توصيات تتماشى و الظروف المناخية الصحراوية .

كلمات مفتاحية : بلاطات ، لبنات سقف ، تربة ، البوليستران ، الخرسانة ، المقاومة ، العزل الحراري، البناء.

Résumé

Les régions sahariennes de notre pays ont un climat chaud et sec en
é et froid et sec en hiver. Actuellement, les matériaux de construction
uellement utilisés dans la réalisation des planchers sont les hourdis
béton qui présente de mauvaise isolation thermique.
Auparavant les plancher été réalisés en gypse sous forme de voûte,
s derniers planchers ont présenté de bonne isolation thermique. Ces
rnières années, et avec l'apparition des constructions modernes,
autres types des hourdis sont entrés au marcher en l'occurrence les
urdis en terre et les hourdis en polystyrène.
L'objectif de cette étude est d'examiner par des essais mécaniques
thermiques les propriétés de ces hourdis et de proposer quelques
commandations pour que ces derniers répondent aux conditions
matiques sahariennes

Mots clés : Plancher ; Hourdis ; Terre ; Polystyrène; Béton ; sistance; Isolation thermique ; Construction.

الفهرس

الفهرس

الملخص	
قائمـــــة الجـــداول	
قائمة الأشكـــــــــال	
قائمة لصور	
المقدمـــة العامـــة	01
الفصـــــــــــــــل الأول :عموميات في العزل الحراري	
I .1 . مقدمـــــة	04
I . 2. تعريف العزل الحراري	05
I. 3.مصادر الحرارة	05
I. 1.3 . المصادر الداخلية للحرارة	05
I.2.3 . المصادر الخارجية للحرارة :	05
I.4 . مزايا استخدام العزل الحراري	05
I.4 . 1 . تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية	05
I.4 . 2 . رفع مستوى الراحة	05
I.4 . 3 . تقليل سعة أجهزة التكييف و تكليف صيانتها	06
I.4 . 4 . حماية مواد المبنى	06
I. 4. 5 . حماية الأثاث داخل المبنى	06
I.4 . 6 . حماية البيئة	06
I.5 . خصائص المواد العازلة للحرارة	06

I.5 . 1 . الناقلية الحرارية	06
I.5 . 2 . الكتلة الحجمية	06
I.5 . 3 . امتصاص الماء :	06
I.5 . 4 . امتصاص الرطوبة	06
I.5 . 5 . نفاذية بخار الماء	06
I.5 . 6 . ثبات المقاسات	07
I.5 . 7 . الاحتراق والاشتعال	07
I.5 . 8 . مقاومة الضغط	07
I.5 . 9 . تأثير العوامل الجوية	07
I.5 . 10 . درجة الحرارة التشغيلية	07
I.5 . 11 . التراصّ و الهبوط	07
I.5 . 12 . استرجاع الأبعاد	07
I.5 . 13 . الالتصاق	07
I.5 . 14 . الانكماش	08
I.5 . 15 . الخصائص الأمنية	08
I.5 . 16 . الخصائص الصوتية	08
I.6 . الأسس العامة للاختيار	08
I. 6 .1 . المناخ السائد	08
I. 6 .1 . 1 . طبيعة المناخ العام	08
I. 6 .1 . 2 . درجة التعرض للعوامل الجوية	08
I. 6 .2 . تصميم المباني وطبيعة إشغالها	08

I. 6 .2 .1. توجيه المباني	08
I. 6 .2 .2. تهوية المباني	9
I. 6 .2 .3.العناصر الإنشائية المستخدمة	9
I.6 .3 . خصائص العازل الحراري	9
I.6 .3 . 1 . المواد المضافة	9
I.6 .4 . جودة تصنيع العازل الحراري	9
I.6 .5 . الجدوى الاقتصادية للعزل الحراري	9
I.7 . ما هو القدر المناسب من المادة العازلة	9
I.8 . مواد العزل الحراري	10
I.8 . 1 . طرائق انتقال الحرارة	10
I.8 . 2 . انواع مواد العزل	11
I.9 . أهم الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند تطبيق العزل الحراري	16
I.10 . استخدام المواد العازلة للحرارة في الأسطح والجدران والأرضيات	16
I. 10 .1. عزل الأسطح	16
I.10 .2. عزل الجدران	17
I. 10 .2. 1 . نظام العزل من الخارج	17
I.10 .2. 2 . نظام العزل من الداخل	19
I.10 .2. 3 . عزل الأرضيات	20
I.11. قياس الناقلية الحرارية	20
I.11 .1. تعريفات	20
I.11 .2. القياس باستعمال طريقة السلك الساخن	21

I.11 . خلاصة	23
الفصل الثاني : التصميم البيومناخي و تأثير العوامل المناخية في إستهلاك الطاقة	
II . 1 . مقدمة	24
II . 2 . مفهوم التصميم المناخي	24
II . 2 . 1 . أهداف التصميم المناخي	24
II . 3 .الاستراتيجيات المعمارية و العمرانية لتحقيق الراحة الحرارية بالمباني	25
II . 3 .1 . استراتيجيات التسخين أو التدفئة في الشتاء	25
II . 3 .2 . استراتيجيات التبريد في الصيف	26
II . 4 . الراحة الحرارية	26
II . 4 .1 . مفهوم الراحة الحرارية	26
II . 4 .2 . العوامل المؤثرة في الراحة الحرارية	27
II . 4 .2 . 1 . العوامل المناخية	27
II . 4 .2 . 2 . العناصر المتعلقة بالإنسان	28
II .5 . دراسة أثر العوامل المناخية على استهلاك الطاقة في مدينة ورقلة	29
II .5. 1. الخصائص العامة للمنطقة	29
II .5. 1.1.الموقع الجغرافي	29
II .5. 1. 2 . تضاريس المنطقة	29
II .5. 2. الدراسة المناخية	29
II .5. 2. 1 . مناخ المنطقة	29
II. 5. 2. 1 .1 . قيم عناصر المناخ لسنة 2008	30
II. 5. 2. 1 . 2 .نتائج عناصر المناخ لسنة 2009	32

II. 5. 2. 1 . 3 . نتائج عناصر المناخ لسنة 2010	35
II .5. 3. استهلاك الطاقة	38
II. 5. 3. 1 . إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2008	38
II . 5. 3. 2 . إستهلاك الطاقةالكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2009	38
II. 5. 3. 3 . إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2010	39
II. 6.الخلاصة	40
الفصل اثالث : خصائص المواد المستعملة في إنجاز اللبنات المختبرة	
III - 1 . مقدمة	41
III - 2 . اللبنات الآجرية	41
III - 2 . 1 . صنع اللبنات	42
III - 2 . 1 . 1 . المادة الأولية	42
III - 2 . 1 . 2 . مراحل صنع اللبنات الآجورية	42
III - 2 . 2 . أنواع الآجر	44
III - 2 . 3 . خصائص اللبنات الآجرية	45
III – 3 . اللبنات الخرسانية	46
III - 3 . 1 . إنتاج اللبنات الخرسانية	47
III - 3 . 2 . الأجهزة المستعملة في تحضير اللبنات	47
III - 3 . 3 . خصائص اللبنات الخرسانية	47
III - 4 . لبنات البوليستران	49
III - 4 . 1. مبدأ صناعة البولبستران	49
III - 4 . 1.1. البوليسترين المشكل بالقولبة	49

III - 4 . 2.1. البوليسترين المشكل بالبثق	49
III - 4 . 2. خواص البوليسترين	50
III . 5 . الجبس : (الجص)	51
III.5. 1 . مقدمة	51
III.5. 2 . صور الجبس في الطبيعة	51
III . 5 . 3.عموميات حول الجبس	52
III.5. 1.3. تعريف الجبس	52
III 5. 1.3.أ. صخر الجبس	52
III .5. 1.3..ب مبدأ صناعة الجبس	53
III .5. 3 ــ 2 ــ طريقة صنع الجبس	53
III.5. 4 . الخصائص الفيزيائية للجبس	55
III.4.5. 1 . الأخذ (المسك)	55
III.4.5. 2 . التصلب	55
III.5. 5 . ملخص خصائص ومميزات الجبس	56
III.5. 6 . ملخص استخدامات الجبس	57
III. 5. 7 . الجبس المستعمل في تحضير العينات	57
III. 5. 8 . إنجاز اللبنات الجبسية	58
الفصل الخامس : التجارب الحرارية و الميكانيكية و نتائجها	
IV .1.. مقدمة	60
IV. . 2 . وصف التجارب المنجزة لدراسة الخصائص الحرارية و الميكانيكية للبنات	60
IV. . 2 . 1 . التجارب الحرارية	60

IV. . 2 .1. 1. وصف جهاز قياس الناقلية الحرارية	60
IV. . 2 .1. 2 . الخصائص العامة للجهاز	60
IV. . 2 .1. 3 . البطاقة التقنية لجهاز CT métré	60
IV. . 2 .1. 4 . المسابر المستعملة	60
IV. . 2. 2 . التجارب الميكانيكية	61
IV. .2. 2 . 1. تجربة الشد بواسطة الإنحناء بأربع نقاط : معيار NFP18- 407	61
IV. .2. 2 . 2. تجربة الشد بواسطة الإنحناء بثلاث نقاط : معيار EN 196-1	62
IV.. 2.2 . 3. تجربة الإنضغاط البسيط : معيار NFP18- 406	63
IV. . 2. 3 . تجربة قياس سرعة الأمواج الفوق صوتية	63
IV. . 2. 3 .1. استخدامات طريقة الموجات فوق الصوتية	63
IV. . 2. 3 .2. طريقة إجراء الاختبار	64
IV. .2. 4. تجربة تأثير درجة الحرارة على النماذج التجريبية	65
IV. .2. 4 . 1 . مواصفات النماذج	65
IV. . 3 . النتائج و المناقشة	68
IV. . 3 . 1 . اللبنات الخرسانية	68
IV. . 3 . 1 . 1 . التجارب الحرارية	68
IV.. 3 . 1 . 2 . حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية	69
IV. . 3 . 1 . 3 . التجارب الميكانيكية	70
IV. . 3 . 1 . 3 . 1. تجربة الشد بواسطة الإنحناء	70
IV. . 3 . 1 . 3 . 2.تجربة الإنضغاط	70
IV. . 3 . 2 . لبنات التربة المحروقة	71

IV. . 3 . 2 . 1. التجارب الحرارية	71
IV. . 3 . 2 . 2. حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية	72
IV. . 3 . 2 . 3. التجارب الميكانيكية	73
IV. . 3 . 2 . 3. 1. تجربة الشد بواسطة الإنحناء	73
IV. . 3 . 2 . 3. 2. تجربة الإنضغاط	73
IV. . 3 . 3 . لبنات البوليستران	73
IV. . 3 . 3 . 1. التجارب الحرارية	73
IV. . 3 . 3 . 2 . حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية	73
IV. . 3 . 3 . 3 . التجارب الميكانيكية	73
IV. . 3 . 3 . 3 . 1 . تجربة الشد بواسطة الإنحناء	73
IV. . 3 . 3 . 3 . 2 . تجربة الإنضغاط	74
IV. . 3 . 4 . لبنات الجبس	74
IV. . 3 . 4 . 1. التجارب الحرارية	74
IV. . 3 . 4 . 2. حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية	75
IV. . 3 . 4 . 3. التجارب الميكانيكية	76
IV. . 3 . 4 . 3 . 1 .تجربة الشد بواسطة الإنحناء	76
IV .4.. النتائج المحصل عليها و التي تبين تأثير درجة الحرارة على النماذج المنجزة	78
IV. . الخلاصة	91
الخلاصة العامة و التوصيات	

قائمة الجداول

الجدول	العنوان	الصفحة
الفصل الثاني : التصميم البيوميناخي و تأثير العوامل المناخية في إستهلاك الطاقة		
الجدول رقم II.1	قيم عناصر المناخ لسنة 2008	30
الجدول رقم II.2	قيم عناصر المناخ لسنة 2009	32
الجدول رقم II.3	قيم عناصر المناخ لسنة 2010	35
الجدول رقم II.4	إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2008	38
الجدول رقم II.5	إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2009	38
الجدول رقم II.6	إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2010	39
الفصل الثالث : خصائص المواد المستعملة في إنجاز اللبنات المختبرة		
الجدول رقم III .1	خصائص الآجر المجوف	45
الجدول رقم III .2	الخصائص الحرارية للآجر المجوف	46
الجدول رقم III .3	خصائص الآجر المملوء أو المثقوب	46
الجدول رقم III .4	الخصائص الحرارية للآجر المملوء أو المثقوب	46
الجدول رقم III .5	مقاومة الإنضغاط للبنات وفق النظام NFP- 14-301	48
الجدول رقم III .6	المقاومة الحرارية للبنات المجوفة الخرسانية	48
الجدول رقم III .7	خصائص مادة البوليسترين	50
الجدول رقم III .8	خصائص مادة البوليسترين بنوعيه	50
الجدول رقم III . 9	تصنيف صخر الجبس وفقا للتركيب المعدني و الكيميائي	53
الجدول رقم III . 10	مختلف التراكيب المحصل عليها بدلالة درجة حرارة الطهي	54
الجدول رقم III .11	خصائص مختلف أنواع الجبس و استعمالاته	56

الجدول رقم III.12	التحليل الكيميائي للجبس المستعمل	57
الجدول رقم III.13	الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للجبس	58
الفصل الرابع : التجارب الحرارية و الميكانيكية و نتائجها		
الجدول رقم IV .1	نتائج التجارب الحرارية الخاصة باللبنات الخرسانية	68
الجدول رقم IV .2	نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة باللبنات الخرسانية	69
الجدول رقم IV .3	نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات الخرسانة	70
الجدول رقم IV .4	نتائج تجربة الإنضغاط الخاصة بلبنات الخرسانة	70
الجدول رقم IV .5	نتائج التجارب الحرارية الخاصة باللبنات التربة المحروقة	71
الجدول رقم IV .6	نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة بلبنات التربة المحروقة	72
الجدول رقم IV .7	نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات التربة المحروقة	73
الجدول رقم IV .8	نتائج تجربة الإنضغاط الخاصة بلبنات التربة المحروقة	73
الجدول رقمIV .9	نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة باللبنات البوليستران	73
الجدول رقم IV .10	نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات البوليستران	73
الجدول رقمIV .11	نتائج تجربة الإنضغاط الخاصة بلبنات البوليستران	74
الجدول رقم IV .12	نتائج التجارب الحرارية الخاصة باللبنات الجبسية	74
الجدول رقم IV .13	حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة باللبنات الجبسية	75
الجدول رقمIV .14	نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات البوليستران	76
الجدول رقم IV .15	نتائج التجارب الميكانيكية	77
الجدول رقم IV .16	تأثير درجة الحرارة على المجسمات الأربع المنجزة	78
الجدولر رقم IV .17	الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_1)	79

الجدول رقم IV .18	الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_2)	81
الجدول رقم IV .19	الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_3)	82
الجدول رقم IV 20	الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_4)	84
الجدول رقم IV .21	الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_{2-1})	86
الجدول رقم IV .22	الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_{2-2})	87
الجدول رقم IV .23	الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_{4-1})	88
الجدول رقم IV .24	النتائج الكلية لجميع النماذج (الفروق في درجات الحرارة)	89

قائمة الصور

الصورة	العنوان	الصفحة
الفصـــــــــــــــل الأول :عموميات في العزل الحراري		
الصورة I.1	البوليستيرين (Polystyrène)	12
الصورة I.2	البوليريثان (Polyuréthane)	12
الصورة I.3	:الصوف الزجاجي (Laine de verre)	12
الصورة I.4	ألواح الصوف الصخري (Laine de roche)	13
الصورة I.5	صوف القنب (Laine de chanvre)	13
الصورة I.6	صوف الأغنام (Laine de mouton)	14
الصورة I.7	حشوة السيليلوز (Ouate de cellulose)	14
الصورة I.8	الفلين الممدد (Liège expansé)	14
الصورة I.9	مادة البيرلايت (Perlite)	15
الصورة I.10	قالب من الخرسانة الخلوية	15
الصورة I.11	عزل جدار من الخارج (النظام الأول)	17
الصورة I.12	تركيب عازل للجدران الخارجية	18
الصورة I.13	العزل من الداخل	19
الفصل الثالث : خصائص المواد المستعملة في إنجاز اللبنات المختبرة		
الصورة III. 1	مقلع لإستخراج الطين	43
الصورة III .2	عملية تحضير العجينة	43
الصورة III . 3	عملية تشكيل اللبنات	43
الصورة III .4	عملية التجفيف للبنات	44

الصورة III .5	أنواع من اللبنات منجزة من التربة المحروقة	45
الصورة III .6	لبنات خرسانية	46
الصورة III . 7	إنجاز اللبنات الخرسانية	47
الصورة III . 8	لبنات من البوليسترين	49
الصورة III . 9	حبيبات البوليسترين	49
الصورة III . 10	صفيحة من البوليسترين المشكل بالبثق	50
الصورة III . 11	سيلينايت(Selenite)	51
الصورة III . 12	المرمر(Alabaster)	51
الصورة III . 13	جبس صخري(Rocky Gypsum)	52
الصورة III . 14	ألياف متوازية(Satinspar)	52
الصورة III . 15	إستعمال لبنات جبسية للسقف و الجدران بمدينة سيدي خويلد – ورقلة –	58
الصورةIII. 16	القالب المستعمل في إنجاز اللبنات الجبسية	59
الفصل الرابع : التجارب الحرارية و الميكانيكية و نتائجها		
الصورة IV . 1	جهاز قياس الناقلية الحرارية	60
الصورة IV . 2	آلة من نوع (CONTROLS)	62
الصورة IV . 3	تبين العينة الجبسية بعد الإنهيار	62
الصورة IV . 4	آلة الإنضغاط من نوع (CONTROLS)	63
الصورة IV . 5	ضبط الجهاز مع صفيحة المعايرة	64
الصورة IV . 6	قياس مباشر	64
الصورة IV . 7	قياس نصف مباشر	64
الصورة IV . 8	قياس غير مباشر	65

قائمة الأشكال

الشكل	العنوان	الصفحة
الفصـــــــــــــــل الأول :عموميات في العزل الحراري		
الشكل I.1	طرائق انتقال الحرارة	10
الشكل I.2	ضخ الصوف السائب بين الجدران	13
الشكل I.3	رسومات تخطيطية عن العزل الحراري للسطح التقليدي	16
الشكل I.4	طريقة عزل (المقلوب) السطح	17
الشكل I.5	عزل حراري بين جدارين داخلي وخارجي	18
الشكل I.6	العازل من الداخل	19
الشكل I.7	تركيب عزل الأرضيات	20
الشكل I.8	مبدأ القياس باستعمال السلك الساخن	21
الفصل الثاني : التصميم البيوميناخي و تأثير العوامل المناخية في إستهلاك الطاقة		
الشكلII.1	استراتيجيات التسخين في الشتاء (التجميع - التخزين -التوزيع)	25
الشكلII.2	استراتيجيات التبريد في الصيف (الحماية - العزل -التقليل -التهوية – التبريد)	26
الشكلII.3	مختلف العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية للانسان	27
الشكلII.4	مجال الارتياح الحراري تبعا لمتوسط درجة حرارة الهواء داخل حيز الإشتغال ومتوسط درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء	27
الشكلII.5	مجال الارتياح الحراري تبعا لدرجة حرارة الهواء و الرطوبة النسبية	28
الشكلII.6	مجال الارتياح الحراري تبعا لسرعة الهواء	28
الشكلII.7	خريطة توضيحية لولاية ورقلة	29
الشكلII.8	منحى متوسط درجة الحرارة لـ 2008	30

الشكلII.9	منحنى متوسط الرطوبة لسنة 2008	30
الشكلII.10	منحى سرعة الرياح القصوى لـ 2008	31
الشكلII.11	منحنى متوسط التبخر لـ 2008	31
الشكلII.12	منحنى متوسط التشميس لـ 2008	31
الشكلII.13	منخى التساقطات لـ 2008	32
الشكلII.14	منحى متوسط درجة الحرارة لـ 2009	32
الشكلII.15	منحنى متوسط الرطوبة لسنة 2009	33
الشكلII.16	منحى سرعة الرياح القصوى لـ 2009	33
الشكلII.17	منحنى متوسط التبخر لـ 2009	33
الشكلII.18	منحنى متوسط التشميس لـ 2009	34
الشكلII.19	منخى التساقطات لـ 2009	34
الشكلII.20	منحى متوسط درجة الحرارة لـ 2010	35
الشكلII.21	منحنى متوسط الرطوبة لسنة 2010	35
الشكلII.22	منحى سرعة الرياح القصوى لـ 2010	36
الشكلII.23	منخنى متوسط التبخر لـ 2010	36
الشكلII.24	منحنى متوسط التشميس لـ 2010	37
الشكلII.25	الشكل III.25 : منخى التساقطات لـ 2010	37
الشكلII.26	إستهلاك الكهرباء لسنة 2008	38
الشكلII.27	إستهلاك الكهرباء لسنة 2009	38
الشكلII.28	إستهلاك الكهرباء لسنة 2010	39
الفصل الرابع : خصائص المواد المستعملة في إنجاز اللبنات المختبرة		

الشكل III .1	مراحل صنع الآجر	42
الشكل III .2	أنواع من اللبنات منجزة من التربة المحروقة مستعملة في السقف	45
الشكل III .3	بلاطة منجزة من لبنات خرسانية	48
الشكل III .4	مخطط توضيحي يبين مراحل صناعة الجبس	54
الفصل الخامس : التجارب الحرارية و الميكانيكية و نتائجها		
الشكل IV . 1	تجربة الشد بواسطة الإنحناء بأربع نقاط	61
الشكل IV . 2	تجربة الشد بواسطة الإنحناء بثلاث نقاط	62
الشكل IV . 3	تغير الناقلية الحرارية بدلالة كتلة العينات	68
الشكل IV . 4	تغير الناقلية الحرارية بدلالة الحرارة النوعية	69
الشكل IV . 5	تغير الناقلية الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية	69
الشكل IV . 6	تغير المقاومة الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية	70
الشكل IV . 7	تغير الناقلية الحرارية بدلالة الكتلة	71
الشكل IV . 8	تغير الناقلية الحرارية بدلالة الحررة النوعية	71
الشكل IV . 9	تغير الناقلية الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية	72
الشكل IV . 10	تغير المقاومة الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية	72
الشكل IV . 11	تغير الناقلية الحرارية بدلالة الكتلة	74
الشكل IV . 12	تغير الناقلية الحرارية بدلالة الحرارة النوعية	75
الشكل IV . 13	تغير الناقلية الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية	75
الشكل IV . 14	تغير المقاومة الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية	76
الشكل IV . 15	تغير الناقلية الحرارية بدلالة مواد بناء مختلفة	76
الشكل IV . 16	تغير إجهاد الشد حسب نوعية المادة المشكلة للبنة	77

الشكل IV . 17	تغير إجهاد الإنضغاط حسب نوعية المادة المشكلة للبنة	78
الشكل IV . 18	تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم	79
الشكل IV . 19	تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم	80
الشكل IV . 20	تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم	80
الشكل IV . 21	تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم	81
الشكل IV . 22	تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم	82
الشكل IV . 23	تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم	83
الشكل IV . 24	تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم	83
الشكل IV . 25	تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات	84
الشكل IV . 26	تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم	85
الشكل IV . 27	تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم	85
الشكل IV . 28	تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم	86
الشكل IV . 29	تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم	87
الشكل IV . 30	تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم	87
الشكل IV . 31	تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم	88
الشكل IV . 32	تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم	89
الشكل IV . 33	تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم	90

مقـــدمة عامة

تتميز المباني السكنية بمواصفات تصميمية وتشغيلية تجعلها تتأثر بتغير البيئة المناخية المحيطة. وفي الجنوب الجزائري عامة و خاصة مدينة ورقلة ونتيجة لوجود مناخ قاسي(حار–جاف) فإن المباني السكنية لوحدها تستهلك أكثر من نصف الطاقة الكهربائية المستهلكة. و نظرا لوجود قصور تصميمي في الخصائص الحرارية للغلاف الخارجي للمباني وتسرب الهواء من وإلى الأجواء الداخلية فإن معظم الطاقة الكهربائية تستهلكها أنظمة تكييف الهواء لعلاج هذا القصور .لذلك فإن اختيار وتصميم الغلاف الخارجي من حيث خصائصه الحرارية والسيطرة على تسرب الهواء يساهم بفاعلية في تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية دون التأثيرالسلبي على الراحة الحرارية لمستخدمي المباني .

ما يلاحظ في مبانينا الصحراوية الحديثة اعتمادها الكلي على الخرسانة و ياليتها تقتصر على العناصر الحاملة فقط (الأعمدة – الروافد) بل يتعدى ذالك إلى الجدران و الأسقف .

ربما المباني الخرسانية مثل الإنسان تصاب بالحمى ولكن بطريقة مختلفة !! وربما نهرع بمرضانا إلى المستشفى ولكن الأمر يختلف بالنسبة للمباني الخرسانية التي عندما (ترتفع درجة حرارتها) لن ينفع معها غير كمادات طويلة الأمد تدعى " العزل الحراري ". وقد طور الإنسان معالجاته للظروف البيئية المحيطة به عبر تجارب طويلة ومستمرة في ممارسة البناء فاستطاع أن يتعرف على خصائص مواد البناء فأصبح يستخدمها بأقصى فعالية لتلبية احتياجاته و متطلباته .

ومن بين العيوب الرئيسية في المباني الخرسانية رداءة سلوكها وتصرفها الحراري بالنظر إلى طبيعة المناخ وشدة حرارته. وأفضل دليل على ذلك هو منحنى استهلاك الطاقة الكهربائية.يرتفع استهلاك الكهرباء في فصل الصيف بمقدار الضعف عن فصل الشتاء والسبب في هذا التزايد الكبير يرجع بصورة أساسية إلى الطاقة الكهربائية المستعملة لتشغيل وسائل التكييف المتنوعة والتي يضطر إليها الناس لطرد الحرارة الشديدة والنافذة إلى مساكنهم نتيجة رداءة ومقاومة الحوائط والأسقف لاختراق الحرارة من الخارج .

كما أن نصف مرافق ومحطات الكهرباء مسخرة بصورة أساسية لتشغيل أجهزة وسائل التكييف في فصل الصيف فقط ما يجعل معامل الانتفاع من هذه المرافق والمحطات منخفض جدا ويؤدي بالتالي إلى ارتفاع تكلفة توليد وتشغيل وصيانة محطات وشبكات الكهرباء.

وأما ما يمكن التحكم به على المستوى الفردي فاختيار الألوان الخارجية وتوجيه المبنى وتوزيع الفتحات ومساحاتها ومعالجتها وعزل الحوائط والأسقف المعرضة للأجواء والظروف المناخية الخارجية.

ومن عظيم النعم أن ديننا يحثنا على الترشيد وعدم الإسراف في كل أمور حياتنا حيث يقول عز وجل { وكلوا واشربوا ولا تسرفوا إنه لا يحب المسرفين } وقال الرسول الكريم صلى الله عليه وسلم لسعد بن معاذ عندما مرّ عليه وهو يتوضأ : { لا تسرف في الماء فقال معاذ : هل في الماء إسراف؟ قال نعم و لو كنت على نهر جار }.

يتساءل الإنسان لماذا ابتعد سكان المناطق الصحراوية عن البناء بالمواد المحلية ، بناء الجدران بأحجار الطوب و ضمان ربطها مع بعضها باستعمال الجبس المصنوع تقليديا و إنجاز الأسقف باستعمال الجبس الطبيعي الذي يعطى له شكل نصف اسطواني الذي يضمن الظل المستمر ماعدا في منتصف النهار .

أسباب ذلك عديدة أهمها:

- نقص الوعي و معرفة فائدة إستعمالها على الصعيدين الإجتماعي (الراحة الحرارية) والإقتصادي (توفير الطاقة) .
- ربما نقص الأبحاث العملية في هذا الجانب من طرف الباحثين العلميين في المدن الصحراوية لنشر أبحاثهم و الإطلاع عليها من طرف كافة الناس للعمل بتائجها و معرفة التوصيات المستخلصة من ذلك .
- الدولة لم تشجع الأبحاث في هذا المجال و لم تقم بإنجاز نماذج يقتدى بها في المناطق الصحراوية .

في دائرة سيد خويلد بمدينة ورقلة أنجزت بناءات من الجبس (الجدران و الأسقف و هي لحد الساعة قائمة دون أن تسجل حدوث أخطاء تقنية لماذا لم تعمم فكرة البناء بالجبس في مدننا الصحراوية ؟.

لذلك على سكان هذه المناطق استعمال مواد محلية تتلاءم مع البيئة الصحراوية من أهمها الطين و الجبس ، حيث تشير إحصائيات للأمم المتحدة أن ثلث السكان مازالوا يسكنون في منازل مشيدة من الطين أو يدخل الطين في صناعتها مثال : الآجر .

كانت مادة الطين أكثر المواد انتشارا وقربا من الإنسان البدائي ، هذه المادة التي أثارت انتباهه ودفعته إلى استخدامها واتخاذها مادة أولية لمسكنه، ومما لاشك فيه أن الأرض ــ التراب هي الوسط الطبيعي والمادة التي احتضنت الإنسان الأول ، وقدمت الأرض ــ التراب للبشر كل ما يلزم من غذاء ومأوى، واستمد منها الإنسان القوة والثقة، فكانت في الوقت نفسه موضع ارتياح كبير للإنسان الأول. فلجأ إلى تجاويفها في الأوقات العصيبة، والتصق بها وتفاعل معها عبر التاريخ، ومن هذا الوجود والالتصاق والتفاعل انبثقت فكرة استعمال مادة التربة الطينية كمادة للبناء ، هذه المادة القريبة من

الإنسان الأول .المادة التي تتشكل بسهولة لتغلف كل احتياجاته الحياتية وأولها الحاجة إلى المأوى ــ المسكن.

و تجمع المصادر التاريخية بأن مادة الطين كانت المادة الأولى التي تم استخدامها في مجال البناء إلى جانب مواد مساعدة أخرى كالحجر والخشب، القصب وجريد النخل.

و يبدو أنه ثمة بعد روحي يربط الإنسان بمادة الطين، هذه المادة التي تعتبر المكون الرئيسي لخلقه، مما ساهم أكثر في تبني هذه المادة كمكون رئيس لعمارته. و حيث أن مادة الطين تحقق قدرا كبيرا من التلاؤم والانسجام بين الإنسان ومحيطه الحيوي، وقد ساعد هذا التوافق والانسجام أكثر في استمرار العمارة الطينية عبر مختلف العصور.

ومن خلال دراسة تاريخ العمران البشري عبر مختلف العصور يمكن التأكيد على أن العمارة الطينية كانت العمارة الأكثر انتشارا عبر التاريخ وفي مختلف القارات، وهي بالتالي العمارة التي تسود في العالم. وان ظهرت وتبلورت ملامحها الأولى في حضارات المشرق، حسب كافة المعطيات العلمية: من حفريات أثرية، روايات ومشاهدات تاريخية، إضافة إلى علوم الأنتروبولوجيا، إلا أنها عمت كافة أنحاء العالم القديم، ومازالت تشكل العمارة البيئية الأكثر انتشارا والأقل كلفة، والأسهل تشييداً في العالم، وبالتالي باتت التراث العمراني الإنساني الأوسع.

وأحد أفضل المداخل لحل معضلة الإسكان، والتخفيف من مشكلات تصنيع مواد البناء.

وبناء عليه يمكن التأكيد من جديد على خطورة ضعف الاهتمام بهذا النمط المعماري الواسع الانتشار في المنطقة والعالم، على الرغم مما تحتويه من مظاهر جمالية وإمكانيات فنية قابلة للتوارث والتفاعل والتطبيق في مجتمعاتنا .

نظرا لطبيعة المناخ في منطقة ورقلة والذي يتميز بتغيير كبير لدرجات الحرارة بين الحد الأدنى والحد الأقصى، وارتفاع الحرارة في فصل الصيف والبرودة في فصل الشتاء، كان لابد على السكان استعمال واستغلال مواد البناء المحلية المتوفرة في الطبيعة، لتناسبها مع متطلبات المتانة والعزل دون إهمال الناحية الجمالية لكل إنجاز.من بين هذه المواد الطين، الجبس ، الجيرو "التمشمت" جبس تقليدي .

العمل الذي بين أيدينا هو دراسة تم فيها تناول لبنات مستعملة في بناياتنا الصحراوية (اللبنات الخرسانية ، التربة المحروقة) بالإضافة إلى مادة جديدة هي البوليستران مع دراسة لبنات جبسيه استعملت في مدينة سيدي خويلد ولم يستمر استعمالها .

تم خلال هذه الدراسة دراسة الخصائص الحرارية و الميكانيكية للبنات المختبرة بغرض اختيار اللبنة الممكن استعمالها في أسقف بناياتنا الصحراوية و التي توفر الراحة الحرارية للإنسان و كذا الترشيد في إستهلاك الطاقة الكهربائية . و المكونة من مواد محلية متوفرة مثل الطين و الجبس .

مكونات البحث :

- ✓ مقدمة عامة .
- ✓ الفصل الأول : عموميات في العزل الحراري .
- ✓ الفصل الثاني : التصميم البيومناخي و تأثير العوامل المناخية في إستهلاك الطاقة .
- ✓ الفصل الثالث : خصائص المواد المستعملة في إنجاز اللبنات المختبرة .
- ✓ الفصل الرابع : التجارب الحرارية و الميكانيكية و نتائجها .
- ✓ الخلاصة العامة و التوصيات .

الفصل الأول

عموميـــــات

في

العـــزل الحـــراري

1.I. مقدمة

تشير الدراسات [1] إلى أن نسبة الحرارة المتسربة من الحوائط والأسقف في بناءات المناطق الصحراوية تقدر بحوالي من 60-70% بينما تأتي البقية عن طريق فتحات النوافذ والأبواب 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 في استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في تبريده . ويهدف محتوى هذا الفصل إلى التعرف على مواد العزل الحراري و أهمية إستعماله في البناءات الصحراوية بغرض تخفيض الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف . ولتحقيق هذه الأهداف كان محتوى هذا الفصل كمايلي :

- تعريف العزل الحراري و فوائده.
- التعرف على مواد العزل الحراري الشائعة الاستعمال وخصائصها ومحددات اختيارها .
- كيفية استخدامها في المباني بطريقة سليمة بغرض توفير الطاقة.

2.I. تعريف العزل الحراري

العزل الحراري للأبنية هو استخدام مواد لها خواص تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً ، ومن داخله إلى خارجه شتاءا [1].

ويمكن تقسيم الحرارة التي تخترق المبنى و التي من المفروض إزاحتها باستعمال أجهزة التكييف للحفاظ على درجة الحرارة المناسبة إلى ثلاثة أنواع هي :

- الحرارة التي تخترق الجدران و الأسقف.
- الحرارة التي تخترق النوافذ.
- الحرارة التي تنتقل عبر فتحات التهوية الطبيعية.

وتقدر الحرارة التي تخترق الجدران و الأسقف في أيام الصيف بنسبة 60 - 70 % من الحرارة المراد إزاحتها بأجهزة التكييف مما يعني استهلاك طاقة كهربائية كبيرة في فصل الصيف ، و أما البقية فتأتي من النوافذ و الجسور الحرارية ، ومن هنا تنبع أهمية العزل الحراري لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف وذلك للحد من تسرب الحرارة من خلال الأسقف و الجدران لتحقيق المسكن الوظيفي الملائم و تقليل التكلفة [1].

3.I.مصادر الحرارة

هناك مصدرين للحرارة داخلي و خارجي يؤديان الى رفع أو خفض درجة حرارة المباني مما قد يؤدي الى عدم توفر نطاق الراحة.

1.3.I . المصادر الداخلية للحرارة

- السكان : حيث أنه من المعروف أن الإنسان يطلق كمية من الطاقة تنتقل الى الهواء مما يؤدي الى رفع درجة الحرارة الداخلية [2].
- الإنارة : تشع مصادر الانارة كمية من الحرارة تعبر على قوتها و نوعها مؤثرة و من المعروف أن كمية الحرارة تتراوح بين 35% الى 75% من قدرة الانارة [2].
- الأجهزة : تصدر عن الأجهزة المستخدمة في المباني مثل الأفران و الغسالات و الثلاجات .... كمية من الحرارة [2].

2.3.I . المصادر الخارجية للحرارة

- أشعة الشمس: يتحول جزء كبير من أشعة الشمس الى حرارة بمجرد ملامستها للجدران والأسقف و النوافذ و الأبواب و تنتقل الحرارة عبر عناصر المبنى الى داخله.
- الأجهزة : من المعروف إن الأجهزة مثل المكيفات تطلق كمية من الحرارة و يتم امتصاصها وتسريبها عبر الجدران و الأسقف.
- الانعكاس: تعكس المباني المجاورة ذات الألوان الفاتحة و الأسطح المصقولة الحرارة الى المباني المجاورة.
- الهواء: يؤدي ارتفاع درجة حرارة الهواء الى رفع حرارة عناصر المباني [2].

4.I . مزايا استخدام العزل الحراري

هناك عدة مزايا تجعل العزل الحراري ذا أهمية خاصة في إنشاء المباني ، و من بين هذه المزايا ما يلي :

4.I . 1 . تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية

من أهم مزايا العزل الحراري تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية فلقد أثبتت الدراسات أن تطبيق استخدام العزل الحراري في المباني يقلص الطاقة الكهربائية المستهلكة للتكييف بمعدلات كبيرة (بحدود 40%) و هذا أمر يجب أخذه بعين الاعتبار ، علما بأن أكثر من 60% من قيمة فاتورة استهلاك الطاقة الكهربائية تذهب للتبريد و التدفئة [2، 3].

4.I . 2 . رفع مستوى الراحة

يساعد تركيب العزل الحراري في المباني على رفع مستوى الراحة بسبب ثبات درجة الحرارة طوال العام داخل المبنى و حيث أن العزل الحراري يجعل من الهواء بدون تكييف مقبولا نسبيا ، حتى في أشد أيام الصيف حرا ، حيث تكون درجة حرارة

الهواء قريبة نسبيا من الدرجة المريحة للإنسان و التي تكون بين 25 – 30 درجة مئوية مما يقلل من معاناة مستخدمي المبنى [2، 3].

I.4 . 3 . تقليل سعة أجهزة التكييف و تكليف صيانتها

إن استخدام نظام عزل جيد يقلل من سعة أجهزة التبريد و التدفئة المطلوبة مما يقلل من التكاليف الإنشائية كما أن استخدام أنواع العوازل المناسبة المخففة للأحمال يقلل من تكاليف الإنشاء و يؤدي أيضا إلى حماية الأجهزة و المعدات من خلال إطالة عمرها الفعال و المحافظة على كفاءتها و بالتالي تقليل تكاليف التشغيل و الصيانة لتلك الأجهزة [2، 3].

I.4 . 4 . حماية مواد المبنى

يعمل العزل الحراري على حماية و سلامة المبنى من تغيرات الطقس و التقلبات الجوية حيث أن فرق درجات الحرارة الناتجة عن ارتفاع الحرارة بسبب أشعة الشمس نهارا ، و انخفاض درجة الحرارة ليلا وتكرار حدوث ذلك يؤدي إحداث إجهادات حرارية تجعل طبقة السطح الخارجي لأجزاء المبنى تفقد خواصها الطبيعية و الميكانيكية، و يحدث تشققات بها ، وتسبب تصدعات وشروخ في هيكل المبنى [2، 3].

I.4 . 5 . حماية الأثاث داخل المبنى

تتمثل هذه الميزة في حماية أثاث المبنى من التعرض لدرجات حرارة مرتفعة في حالة عدم تشغيل تكييف بالمبنى و هذا في حالة المباني المعزولة و عكس ذلك يحدث في المباني غير المعزولة إذ يلجأ أصحابها إلى استعمال أجهزة التكييف لفترات طويلة ومستمرة للمحافظة على سلامة الأثاث و في ذلك إهدار للمال و تبذير الطاقة [2، 3].

I. 4 . 6 . حماية البيئة

يساهم و يساعد العزل الحراري على تقليل التلوث البيئي وذلك من خلال تخفيض فترات التشغيل الزمنية للمكيفات التي تحتوي على مادة الفر يون المؤثر انبعاثها على طبقة الأزون[2، 3].

I.5 . خصائص المواد العازلة للحرارة

I.5 . 1 . الناقلية الحرارية

تكمن أهمية هذه الخاصية في معرفة كمية الحرارة المنتقلة عبر الأجسام والعناصر الإنشائية المختلفة، وبالتالي اختيار الأنسب منها للاستعمال، وكذلك حساب معدلات الفقد والكسب الحراريين اللازمين لأغراض تصميم أنظمة التدفئة أو التبريد في المباني . وتمتاز المواد العازلة للحرارة بقيم منخفضة للناقلية الحرارية مقابلة قيم ناقلية مرتفعة للمواد الثقيلة كالمعادن والمواد الإنشائية [3].

I.5 . 2 . الكتلة الحجمية

وهي الخاصية التي تعبر عن وزن متر مكعب واحد من المـادة العازلة للحرارة (Kg/m^3) وتكمن أهمية هذه الخاصية لأغراض تصميم أنظمة العزل الحراري بتحديد صفاتها من حيث ناقلتها الحرارية وثبات مقاسا تها و قدرتها على الاختزان الحراري والتأخر الزمني ومعامل النقلص للعناصر الإنشائية الداخلة في تركيبها كما أن معرفة الكتلة الحجمية ضرورية في إجراء الحسابات الإنشائية لعناصر المباني المختلفة [3].

I.5 . 3 . امتصاص الماء

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة أو قابليتها على امتصاص الماء عند غمرها فيه. وتكمن أهمية هذه الخاصية في معرفة كمية الماء التي يمكن أن يستوعبها جسم العازل الحراري أثناء تعرضه للمياه ، وبالتالي اتخاذ الإجراءات المناسبة لمنع وصول الماء إليه ، حيث أن امتصاص المادة العازلة للماء يفقدها كفاءتها في عزل الحرارة[3].

I.5 . 4 . امتصاص الرطوبة

و هي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على امتصاص الرطوبة من الهواء المحيط والتي تكون على شكل بخار ماء . وتكمن أهمية هذه الخاصية في معرفة كمية الرطوبة التي يمكن للعازل الحراري امتصاصها وبالتالي اتخاذ الإجراءات المناسبة لمنع وصول الرطوبة إليه، مع السماح بخروج الرطوبة منه حيث أن وجود الرطوبة فيه يفقده كفاءته في عزل الحرارة[3].>

I.5 . 5 . نفاذية بخار الماء

وهي الخاصية التي تعبر عن كمية الرطوبة النافذة خلال المادة على شكل بخار الماء بتأثير فرق في ضغط بخار الماء بين سطحي المادة .وكظاهرة فيزيائية ينتقل بخار الماء من السطح المعرض للهواء الدافئ نافذاً خلال العناصر الإنشائية إلى الجهة المعرضة للهواء البارد. وتختلف المواد الإنشائية ومن ضمنها المواد العازلة للحرارة بدرجة سماحها لبخار الماء للنفاذ من خلالها .والمصطلح الفيزيائي لعملية انتقال البخار عبر الأجسام بواسطة فرق ضغط البخار على جانبي المادة هو انتشارية بخار الماء . وتأتي أهمية هذه الخاصية في المواد في حساب كمية الماء التي يمكن أن تتكاثف من البخار النافذ خلال العناصر الإنشائية حيث يتعلق ذلك بطبيعة الطبقات والمواد التي تتشكل منها هذه العناصر .هذا سيؤدي إلى ضرورة اتخاذ الاحتياطات الوقائية كوضع أغشية حاجزة للبخار مثلاً إذا كان هناك خطورة من تكاثف البخار في المادة العازلة للحرارة أو خلفها داخل جسم العنصر الإنشائي [3].

I.5 . 6 . ثبات المقاسات

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على الاحتفاظ بحجمها وشكلها مع مرور الزمن رغم تعرضها لتغيرات الحرارة والرطوبة وغيرها .وحيث أن المادة العازلة يجب أن تركب بأبعاد وسماكات محددة فإن المحافظة على ثبات هذه المقاسات له أهمية في استمرار الأداء الحراري لهذه المادة خلال عمرها التشغيلي[3].

I.5 . 7 . الاحتراق والاشتعال

الاحتراق هو تلف المادة نتيجة تأكسدها عندعرضها للنيران .أما الاشتعال فيعني حدوث اللهب مع الاحتراق وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد إمكانية احتراق المادة[3].

I.5 . 8 . مقاومة الضغط

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على تحمل قوى إنضغاط قد تتعرض لها لسبب أو لآخر . وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد مدى قدرة تحمل المادة لضغوط يتوقع أن تتعرض لها أثناء عمليات النقل والتركيب ، أو خلال عمرها التشغيلي دون حدوث تحطم أو تشوه لها أو فقدان لأي من خصائصها التشغيلية الأخرى[3].

I.5 . 9 . تأثير العوامل الجوية

وهي الخاصية التي تعبر عن مدى قدرة المادة على مقاومة العوامل الجوية عند تعرضها لها بشكل مباشر وبخاصة الأشعة فوق البنفسجية الناتجة عن أشعة الشمس إضافة إلى العوامل الأخرى كالأمطار والرياح والحرارة وغيرها.وتكمن أهمية هذه الخاصية في معرفة تأثير هذه العوامل على أداء المادة وعلى عمرها التشغيلي إذا ما تم استعمالها بشكل مكشوف ومعرض لهذه العوامل[3].

I.5 . 10 . درجة الحرارة التشغيلية

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على الاحتفاظ بخصائصها التشغيلية دون حدوث أي ضرر لها عند تعرضها لارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها عن حد معين.وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد درجات الحرارة التشغيلية القصوى والدنيا التي يمكن للمادة أن تؤدي وظيفتها عندها بشكل جيد[3].

I.5 . 11 . التراصّ و الهبوط

وهي الخاصية التي تعبر عن تغير أبعاد وكثافة المادة عند تعرضها للأحمال أو الاهتزازات وبالتالي تغير ناقليتها الحرارية .وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد مدى ملائمة مثل هذه العازلات الحرارية كالمواد السائبة والليفية بحيث توضع بشكل مناسب في أماكن لا يؤدي فيه استعمالها إلى تكون جسورحرارية بسبب التراص أو الهبوط[3].

I.5 . 12 . استرجاع الأبعاد

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على استرجاع أبعادها الأصلية بعد زوال أي أحمال قد تتعرض لها .وتكمن أهمية هذه الخاصية في معرفة قدرة العازلات الصلبة أو المرنة على استرجاع أبعادها الأصلية إذا ما تعرضت مؤقتاً لأحمال ضاغطة، إذ أن عدم استرجاع أبعادها قد يتسبب في زيادة موصليتهاالحرارية أو نقصان مقاومتها الحرارية أو كلاهما و بالتالي انخفاض كفاءتها في العزل الحراري[3].

I.5 . 13 . الالتصاق

هذه الخاصية تبين قدرة المادة على الالتصاق على السطوح المخصصة للتطبيق عليها بدون تقشر أو تقبع لاحق .وهي من الخصائص المهمة التي يجب توفرها في المواد الرغوية العازلة للحرارة المنفذة بالطلاء أو الرش على السطوح .وتعتبر درجة الحرارة عند التطبيق وكذلك درجة حرارة السطح المراد تنفيذ العازل الحراري عليه عوامل مهمة تؤثر على خاصية الالتصاق، ويجب

أخذها بالحسبان .كذلك فإنه من المهم بيان حدود درجات الحرارة التي يجب أن يطبق عندها العازل الحراري والتي تؤدي إلى التصاق سليم أو تحديد خاصية الالتصاق عند درجات حرارة مختلفة لضمان التصاق جيد طوال مدة الاستعمال[3].

I.5 . 14 . الانكماش

وهي الخاصية التي تعبر عن أبعاد العازلات الرغوية أو المنفذة بالرش بعد جفافها .وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد مدى انكماش المادة وتأثير ذلك على حجمها وخصائصها الحرارية ومدى إمكانية حدوث التشققات فيها بعد جفافها[3].

I.5 . 15 . الخصائص الأمنية

يكون لبعض المواد العازلة خواص معينة منها ما قد يعرض الإنسان للخطر سواء وقت التخزين أو أثناء النقل أو التركيب ، أو خلال فترة الاستعمال ، قد تتسبب في إحداث عاهات في جسم الإنسان دائمة أو مؤقتة كالجروح و البثور و التسمم و الالتهابات الرئوية أو الحساسية في الجلد و العين ،مما يستوجب أهمية معرفة الخصائص الكيميائية للمادة العازلة ، كذلك صفاتها الفيزيائية الأخرى من حيث قابليتها للاحتراق وغيرها من الصفات[3].

I.5 . 16 . الخصائص الصوتية

بعض المواد العازلة للحرارة قد تستخدم لتحقيق المتطلبات الصوتية مثل امتصاص الصوت أو تشتيته وامتصاص الاهتزازات ، لذا فإن معرفة الخواص المرتبطة بهذا الجانب قد يحقق هدفين بوسيلة واحدة نتيجة لاستخدام تلك المواد ، وهما العزل الحراري و الصوتي .

إضافة إلى ما سبق من خواص فإن هناك خواص أخرى قد تكون ضرورية عند اختيار المادة العازلة المناسبة كمعرفة الكثافة و القدرة على مقاومة الانكماش و إمكانية الاستعمال لمرات عديدة ، وسهولة الاستعمال وانتظام الأبعاد ومقاومة التفاعلات الكيميائية و المقاسات و السماكات المتوفرة ، بالإضافة للعامل الاقتصادي الذي يلعب دورا هاما في استخدام أو عدم استخدام تلك المواد العازلة إذ أن سعر المادة العازلة كبير عند الاختيار[3].

I.6 . الأسس العامة للاختيار

تستخدم المواد العازلة للحرارة في المباني لأسباب عدة، منها توفير الطاقة المستهلكة لأغراض التدفئة والتبريد، وتوفير الراحة الحرارية داخل المباني صيفا وشتاء، واستخدام أجهزة تدفئة وتبريد أقل قدرة من تلك المستخدمة في المباني غير المعزولة حراريا ومن أجل الحصول على أقصى كفاءة من العازل الحراري المطلوب استخدامه، فإنه يجب أن يتم اختياره وفق أسس معينة تأخذ بعين الاعتبار الظروف التشغيلية والبيئية المحيطة التي سيتعرض لها وقدرته على مقاومتها ومن ثم تحقيق المتطلبات التشغيلية المطلوبة منه.

I.6 .1 . المناخ السائد

I.6 .1 .1 . طبيعة المناخ العام

كلما ازدادت شدة البرودة في المناطق الباردة والحرارة في المناطق الحارة يصبح اختيار العازل الحراري منصباً على أساس تقليل الفقد أو الكسب الحراري من خلال الانتقال عبر العناصر الإنشائية الصلبة، ويتأتى ذلك باختيار مواد عازلة للحرارة ذات ناقلية حرارية أقل وسمك اكبر[3].

I.6 .1 .2 . درجة التعرض للعوامل الجوية

إن وقوع المبنى على قمة جبلية أو على سفح جبلي مواجه للرياح والأمطار يزيد من تأثره بالعوامل الجوية وبشكل خاص تأثره بتسرّب الهواء البارد شتاء أو الحار صيفاً من خلال شقوق ومناطق تراكب النوافذ والأبواب . فالهواء المتسرب يختلط بالهواء الداخلي الدافئ شتاء أو البارد صيفاً مما يزيد من استهلاك الطاقة المستخدمة في تدفئة أو تبريد المبنى ويتطلّب بالتالي اختيار مواد عازلة للحرارة ذات مقاومة حرارية أكبر للوصول إلى مستوى الارتياح الحراري المطلوب[3].

I.6 .2 . تصميم المباني وطبيعة إشغالها

I.6 .2 .1. توجيه المباني

يلعب التوجيه الجغرافي للمباني دوراً رئيسياً في اختيار العازل الحراري المناسب .فالمباني الموجهة توجيها صحيحاً للاستفادة القصوى من أشعة الشمس الساقطة شتاء تقلل من احتياجاتها للتدفئة خلال أوقات ظهور الشمس مما ينعكس على اختيار السمك الاقتصادي للعازل الحراري المستخدم .وكذلك الحال في فصل الصيف إذا تم تزويد المباني بالتظليل المناسب. [3]

I.6 .2 .2. تهوية المباني

يمكن أن يصاحب استخدام العزل الحراري حدوث تكاثف لبخار الماء خلف العازل الحراري أو في العازل نفسه، وبخاصة عند استخدام العزل الحراري الداخلي .ويزيد من هذه الإمكانية ارتفاع درجة إشغال المبنى وعدم كفاية تهويته و لذلك فإنه عند استخدام العزل الحراري كطبقة داخلية وفي غياب التهوية المناسبة يجب اختيار المادة العازلة الأقل تأثراً بنفاذ بخار الماء .وإذا كان هذا الحل جزئياً، فالحل الأمثل هو تزويد المباني بالتهوية الكافية وغير الزائدة عن الحد المطلوب مع استخدام حاجز بخار ماء مناسب في الجانب الدافئ من العازل الحراري[3].

I.6 .2 .3.العناصر الإنشائية المستخدمة

من المعروف أن المباني تحتوي أساسا على عناصر إنشائية شاقولية كالجدران وعناصر إنشائية أفقية كالأرضيات والسقوف، وتختلف الخصائص المطلوبة للعازل الحراري وفق مكان استخدامه وإمكانية تطبيقه[3].

I.6 .3 . خصائص العازل الحراري

بالإضافة إلى الخصائص التي ذكرت سابقا فإنه توجد بعض الخصائص الأخرى التي تؤثر على الأسس العامة لإختيار المادة العازلة من بينها :

I.6 .3 . 1 . المواد المضافة

قد تعمل بعض المواد المضافة على تقليل الكفاءة الحرارية للعازل الحراري أو زيادة قدرته على امتصاص الماء أو زيادة قابليته للاحتراق أو تغيير حجم خلاياه ونسبة خلاياه المغلقة أو غير ذلك من أمور .وعليه يجب أخذ التغيرات الناتجة عن المواد المضافة بعين الاعتبار عند التصميم والاستخدام[3].

I.6 .4 . جودة تصنيع العازل الحراري

تختلف جودة تصنيع العازل الحراري نفسه من مصنع لآخر تبعاً لمستويات ضبط الجودة في تلك المصانع، ويؤثر ذلك على الكفاءة الحرارية للعازل تبعاً لنسبة الخلايا المغلقة وحجمها وغير ذلك، مما يتطلب ضرورة إجراء الفحص المخبري على العازل الحراري قبل اعتماده في الاستخدام لمعرفة مدى مطابقته للمواصفات التقنية [3].

I.6 .5 . الجدوى الاقتصادية للعزل الحراري

تلعب الجدوى الاقتصادية للعزل الحراري دوراً هاماً في اختيار العازل المناسب، فليس المهم اختيار العازل الأقل تكلفة وإنما علاقة ذلك بالتكلفة التشغيلية من تكلفة وقود وصيانة دورية وعدد ساعات تشغيل لأجهزة التدفئة والتبريد، وبالتالي عدد السنوات الراجعة التي يمكن من خلالها استرجاع التكلفة الرأسمالية للعزل الحراري [3].

I.7 . ما هو القدر المناسب من المادة العازلة؟

يتم عادة اختيار نوعية المادة العازلة بالموازنة بين تكلفتها الاقتصادية ومدى تحقيقها للمتطلبات الرئيسية والثانوية ولكن هذا الاختيار لا يغني عن السعي إلى تحديد السماكة المناسبة من المادة المختارة، يمكن تقسيم المباني من حيث نوعية وطريقة الاكتساب الحراري الرئيسي إلى نوعين :

- مباني معظم اكتسابها للحرارة يأتي من خلال الغلاف الخارجي للمبنى بمعنى أن متطلبات التبريد والتدفئة تتناسب بصورة تقريبية مع الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية، وتقع المساكن عادة في هذا القسم نظرا لأن الحرارة المكتسبة من الخارج تفوق بكثير الحرارة الناتجة عن النشاطات المختلفة داخلها، ففي هذه المباني فإن زيادة العزل الحراري في الغلاف الخارجي للمبنى سيؤدي بالضرورة إلى تقليل مقدار الحرارة المكتسبة أو المفقودة وهذا بالتالي يؤدي إلى تقليل الطاقة اللازمة لإزالة ما يكتسب أو تعويض ما يفقد .ولتحديد السمك الأمثل للمادة العازلة في المباني من هذا النوع فإن الضابط الأساسي لهذا التحديد هو مقدار التكلفة الكلية وهي تساوي مجموع تكلفة المادة العازلة وتكلفة الطاقة اللازمة لتكييف المبنى.
- مباني اكتسابها الرئيسي للحرارة يأتي من داخلها حيث يكون الاكتساب الرئيسي للحرارة فيها نتيجة للنشاطات المقامة داخلها كالمصانع أو نتيجة لضخامة عدد المستخدمين أو للحرارة الناتجة عن الإضاءة الصناعية كالمكاتب ونحوها، ففي مثل هذه المباني . ولأن معظم الاكتساب لا يتأثر بشكل أساسي بالظروف الجوية الخارجية فإن زيادة سمك الطبقة العازلة لا يؤدي بالضرورة إلى تقليل تكلفة الطاقة بل قد يؤدي إلى زيادتها فضلا عن زيادة التكلفة الكلية، فزيادة سمك الطبقة العازلة يؤدي إلى احتباس الحرارة المكتسبة في الداخل من تراكمها فتزيد أحمال التبريد بصورة واضحة، لذا فالمباني من هذا النوع تحتاج إلى

دراسة معمقة بواسطة الحاسب الآلي لتحديد سلوك المبنى الحراري على مدار العام باستخدام سماكات مختلفة من المادة العازلة ومن ثم الوصول إلى السمك الأمثل [4].

8.I . مواد العزل الحراري

وهي تلك المواد التي إذا استخدمت بطريقة مناسبة يمكن أن تمنع أو تقلل انتقال الحرارة بوسائل الانتقال الحراري المختلفة (التوصيل - الحمل – الإشعاع) .

8.I . 1 . طرائق انتقال الحرارة :

تنتقل الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد عن طريق ثلاث طرق هي :

- التوصيل الحرارى.
- الحمل الحرارى.
- الإشعاع الحرارى.

التوصيل الحرارى

تعتبر إنتقال الحرارة بالتوصيل عملية معقدة وهى تختلف من مادة إلى أخرى حيث تصنف المواد إلى :

- الفلزات مثل النحاس وهى جيدة التوصيل للحرارة
- المواد العازلة مثل الخشب وهى رديئة التوصيل للحرارة
- أشباه الموصلات مثل الكربون ، وهى حالة وسط بين الحالتين السابقتين ، وهى رديئة التوصيل للحرارة فى الظروف العادية ومع إرتفاع الحرارة تصبح المادة موصلة للحرارة.

وتنتقل الحرارة فى عملية التوصيل الحرارى عن طريق إحدى الطريقتين الآتيتين :-

✓ **بواسطة الإلكترونات الحرة :**

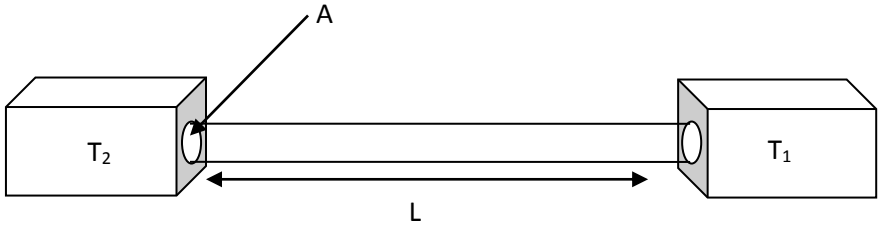
وهذه الإلكترونات تكتسب طاقة تزداد معها طاقتها الحركية وتتحرك هذه الإلكترونات نحو المنطقة الباردة وتتصادم بالإلكترونات الموجودة فى هذه المناطق الباردة فتنتقل جزء من طاقتها الحركية ميما يؤدى إلى إرتفاع درجة حرارتها.

✓ **بواسطة جزيئات المادة**

وفيها تكتسب جزيئات المادة الموجودة فى الطرف الساخن طاقة حركية ميما يزيد من سعة الذبذبة لها وبالتالى يجعلها تتصلدم مع الجزيئات المجاورة لها والتى تكتسب بدورها طاقة تنقلها إلى الجزيئات المجاورة لها وهكذا حتى تنتقل الحرارة إلى الطرف الآخر للمادة.

ملحظات :

- فى الفلزات تنتقل جزء كبير من الحرارة فيها عبر الإلكترونات
- المواد العازلة لا تحتوى على الإلكترونات الحرة ولذلك يتم إنتقال الحرارة بالتوصيل عن طريق ذبذبات الجزيئات.
- التوصيل الحرارى فى المواد (الجوامد) يكون أكبر منها فى السوائل أما الغازات فهى أكثر رداءة من السوائل والجوامد.



الشكل (1.I) - إنتقال الحرارة -

ولإستنتاج معادلة إنتقال الحرارة عبر ساق معدنية من مادة واحدة نفرض ساق معدنية طولها L ومساحة مقطعها A مثبتة بين طرفين درجة حرارتهما هى T_1 , T_2 فإن كمية الحرارة المنسابة تتناسب طرديا مع مساحة المقطع وفرق درجة الحرارة بين الطرفين والزمن وعكسيا مع طول الساق المعدنية

$$\Delta Q \propto A$$
$$\Delta Q \propto (T_2 - T_1) \propto \Delta T$$
$$\Delta Q \propto t$$
$$\Delta Q \propto \frac{1}{L}$$
$$\Delta Q = K\ A\ t \frac{T_2 - T_1}{L}$$

حيث K ثابت يطلق عليه معامل التوصيل الحرارى ويعتمد على طبيعة المادة ويعرف على انه كمية الحرارة المنسابة فى الثانية الواحدة عبر وحدة المساحة عند وجود فرق فى درجة الحرارة مقدارها الوحدة ، ووحداته $J\ S^{-1}\ m^{-1}\ k^{-1}$

الحمل الحرارى

السوائل والغازات تنقل الحرارة إذا سمح لها بالحركة فمثلا إذا قمنا بتسخين وعاء به ماء فإن الماء الموجود فوق اللهب مباشرة يسخن ويتمدد وتقل كثافته فيطفوا ويحل محله ماء بارد أكبر كثافة وهكذا يستمر السائل فى الحركة فتزداد حرارة جميع جزيئات الماء. ونحصل على تيار ماء ناقل للحرارة يسمى هذا التيار بتيار الحمل.

وتعطى كمية الحرارة ΔQ المنتقلة بهذه الطريقة فى زمن قدره Δt بالمعادلة الأتية

$$\Delta Q = h_c\ A\ \Delta t\ \Delta T$$

حيث A مساحة السطح و ΔT الفرق فى درجة حرارة السطح ودرجة حرارة الماء و h_c معامل الحمل الحرارى الذى يعتمد على :-

- شكل السطح (مستوى – مقوس – كروى .
- وضع السائل (أفقى – رأسى – مائل)
- نوع المائع (سائل – غاز) وخصائصه مثل الكثافة ومعامل اللزوجة.
- سرعة المائع ونوع الحركة (طبقى – مضطرب)

الإشعاع الحرارى

فى الحاتين السابقتين من إنتقال الحرارة (التوصيل – الحمل) كانت تعتمد على وجود مادة على شكل صلب أو سائل او غاز أما الإنتقال بالإشعاع فإنها لا تحتاج إلى وسط مادى مثل إنتقال حرارة الشمس إلى الأرض.

عند تسخين جسم ما يتذبذب جزيئاته ذبذبة سريعة وينتج عن ذلك إنطلاق موجات كهرومغناطيسية حاملة للحرارة.

خصائص الإشعاع الحرارى

- تنتقل موجات الإشعاع الحرارى فى الفراغ بسرعة الضوء
- إذا سقطت موجات الإشعاع الحرارى على جسم فإنه يمتص جزء منها مكتسب بذلك طاقة حرارية .
- ينطبق عليها قانون الإنعكاس والإنكسار
- ينطبق عليه أيضا قانون التربيع العكسى " شدة الإضاءة أو الإشعاع يتناسب عكسيا مع مربع المسافة من مصدر الإشعاع"
- ينطبق عليها قانون الإستقطاب والحيود والتداخل.

8.I . 2 . انواع مواد العزل

ويمكن تقسيم المواد العازلة حسب مصادرها إلى أربعة أقسام :

- **المواد العازلة من أصل حيواني :** مثل صوف وشعر الحيوانات ،و يعتبر استخدامها كمواد عازلة محدودا.
- **المواد العازلة من أصل جمادي :** كالصوف الزجاجي ، وهو من أفضل مواد العزل الحراري .

- **المواد العازلة الصناعية :** و تشمل المطاط و البلاستيك الرغوي ،و الأخير هو الأكثر استعمالا وشيوعا وهو نوع البوليستيرين.
- **المواد العازلة من أصل نباتي** : و تشمل الألياف أو المواد السيللوزية مثل القصب والقطن وخلافه.

بعض أنواع المواد العازلة و مميزاتها

1. المواد الصناعية: من بينها :

أ - البوليستيرين

مادة مشتقة من النفط، تتميز بالعزل الحراري الجيد، سيئة بالنسبة للعزل الصوتي، يستهلك طاقة أثناء الإنتاج، غير نفوذة، وضارة للغاية في حالة نشوب حريق [6].

الصورة (1.I): البوليستيرين (Polystyrène) [6]

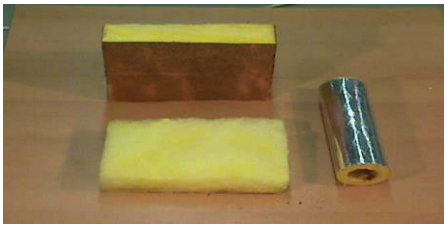
ب - البوليريثان : عبارة عن رغوة مرنة ،تمتاز بعزل صوتي وحراري جيد، غير نفوذة، تصدر منها غازات سامة ،تتدهور إمكاناتها في العزل مع طول الوقت (شيخوخة الرغوة) ، فعاليتها غير كبيرة في فصل الصيف، تنبعث منها أحماض عند الحريق.

الصورة (2.I): البوليريثان (Polyuréthane)[6]

ج - البوليستر (Polyester): على شكل ألواح و لفائف ، يمتاز بعزل جيد للحرارة والصوت،غير نفوذ مقاومة جيدة للحريق [6].

2 . الألياف المعدنية : من بينها

أ - الصوف الزجاجي: مكون من ألياف دقيقة جدا، ونظرا لأن أحد الألياف الزجاجية يغطى بالأسقف أو الرقائق المعدنية الورقية، وهي مادة قابلة للاشتعال، لذلك يجب ألا تتعرض هذه الطبقة لدرجات حرارة كبيرة، تمتاز بعزل حراري وصوتي جيد، مقاومة للحريق، نفوذة لبخار الماء، جودتها للعزل تتأثر بوجود الرطوبة مما يستوجب أن يكون هناك عازل للبخار، عزلها للحرارة صيفا ضعيفة [6].

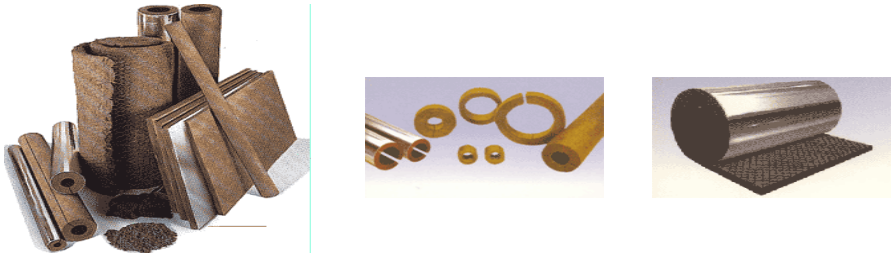


الصورة (3.I):الصوف الزجاجي (Laine de verre) [6]

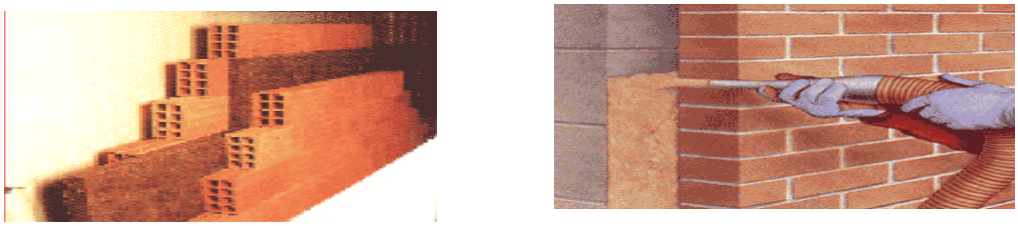
ب - الصوف الصخري : والصوف الصخري عبارة عن ألياف دقيقة مصنعة من مصهور صخر البازلت وذلك بعد صهر وإذابة الصخور تحت 1500 درجة مئوية ثم صب المصهور في اسطوانات سريعة الدوران فيتم تحويل المصهور الذائب إلى ألياف الصوف الصخري ، ويتم بعد ذلك ربط جميع هذه الألياف بواسطة مادة خاصة:

- تستعمل الألواح كعازل صوتي وحراري ومانع لانتشار الحريق في الجدران المزدوجة والقواطع والأسقف والأرضيات للمباني ، تبطين أوعية تكييف الهواء من الداخل أو من الخارج ،في العزل الصوتي لمحطات الإذاعة و المسارح والمدرجات [6-8].
- كما ينتج الصوف الصخري على شكل رغوة (سائب) يتم ضخه بين الجدران المزدوجة .
- تتكون هذه المادة من شعيرات الصوف الصخري السائبة غير المترابطة، ويمكن تكسير الشعيرات للحصول على شعيرات قصيرة تلائم بعض الاستخدامات، يتم التحكم بكثافة هذه الشعيرات ضمن موضع الاستخدام.

. يستخدم الصوف السائب في العزل الحراري والصوتي وكمانع لانتشار الحريق في الفجوات غير المنتظمة مثل الأفران .



الصورة (4.I):ألواح الصوف الصخري (Laine de roche) [6]



الشكل (2.I) : ضخ الصوف السائب بين الجدران[6]

تتميز منتجات الصوف الصخري بالآتي:

مقاومة الحرارة العالية لمستوى يصل إلى 800 درجة مئوية ،عدم قابليتها للتحلل والفناء لأنها مادة طبيعية عكس مواد العزل البتر وكيميائية التي تتحلل بعد مضي عدة سنوات ،عدم قابليتها لامتصاص الرطوبة والمياه، سهلة التركيب والمناولة، لا تحترق ومضادة للحريق على عكس العوازل الأخرى المصنعة من المواد البتر وكيميائية مثل البوليستيرين والتي تطلق أبخرة وغازات سامة قاتلة للإنسان عند تعرضها للحريق [6-8].

3 . الألياف النباتية

من بينها نجد :

أ - **صوف القنب:** يتميز بعزل حراري و صوتي جيد، نفوذ لبخار الماء، خصائصه الميكانيكية جيدة، مقاوم للحشرات والفطريات والقوارض، قابلة للاشتعال (لا تزال غير متوفرة في السوق) [6].

الصورة (5.I):صوف القنب (Laine de chanvre) [6]

ب - **صوف الخشب:** يكون على شكل ألواح، يتميز بعزل حراري وصوتي جيد، مدة استعماله طويلة .

ج - **صوف الكتان**

الكتان : نبتة يستخرج من لحائها ألياف تستعمل لأغراض كثيرة منها العزل الحراري يمتاز بعزل حراري وصوتي جيد، نفوذ لبخار الماء،مقاوم للرطوبة، مقاومته الميكانيكية جيدة، قابل للاشتعال [6،7].

كما توجد أنواع أخرى منها: صوف جوز الهند، صوف القطن، صوف القش.

4 - الألياف الحيوانية

من بين هذه المواد :

أ - صوف الأغنام : يمتاز بعزل حراري وصوتي ، من الضروري أن يعالج لمقاومة الحشرات والحريق، نفوذ لبخار الماء، قابل للانضغاط، يقاوم الرطوبة، يحتفظ بالحرارة في فصل الصيف [6].

الصورة (I.6):صوف الأغنام (Laine de mouton) [6]

ب - ريش البط أو الإوز : يتميز بعزل حراري وصوتي حسن ، نفوذ لبخار الماء ، مقاومة ممتازة للرطوبة حساس للحشرات، قابليته للاشتعال متوسطة [6،9] .

5 - مواد أخرى قابلة للتجديد

أ - حبيبات الحشو الخفيف (حشوة السيليلوز): حشوة السيليلوز مصنوعة من الجرائد المعاد تحويلها ومن ملح البور(عنصر لا فلزي قاس و مائل إلى السواد)، يتميز بعزل حراري وصوتي جيد ، مقاوم للحريق ، مقاومته للعزل في الشتاء وفي الصيف جيدة [6،9] .

الصورة (I.7):حشوة السيليلوز (Ouate de cellulose) [6]

ب - الفلين الممدد: كتل من لحاء الشجر المسحوق، يتميز بعزل حراري وصوتي حسن، الأداء الجيد مع الوقت غير نفوذ، مقاومة حسنة للرطوبة، مقاومة للحريق، مقاومة ميكانيكية حسنة، مقاوم للحشرات والفطريات. ويستخدم على شكل ألواح في الجدران [10،11].

الصورة (I.8):الفلين الممدد (Liège expansé) [6]

6 - مواد أخرى عازلة

من بين هذه المواد :

أ - مادة البيرلايت : تتكون من خلايا دقيقة جدا تمتاز بخواص عزل حراري جيد، وبمعالجتها بمادة السليكون غير القابلة للاشتعال تزداد مقاومتها لتسرب المياه من خلالها، ويعتبر البيرلايت من المواد الطاردة للمياه والمقاومة للرطوبة، ويمكن خلط البيرلايت الممدة مع الاسمنت البورتلاندي ليعطي خرسانة البيرلايت، ويمكن تشكيلها مسبقا إلى عدد لانهائي من الأشكال، كما يمكن صبها في نفس الموقع، ولها متانة ميكانيكية كافية لتحميلها بكثافة عالية[10،11].

الصورة (I.9):مادة البيرلايت (Perlite)

ب - **الخرسانة الخلوية :** وهي خرسانة خفيفة منخفضة الكثافة بسبب حجم الخلايا والمسامات الهوائية الموزعة فيها والتي يتم إنتاجها عن طريق إضافة مسحوق أو محلول على شكل خليط يتفاعل بوجود الماء ضمن الكتلة الخرسانية الطازجة أثناء عملية الخلط، ويعتبر مسحوق الألمنيوم المضاف لخلطة الخرسانة من أهم وأكثر المساحيق المستخدمة لإنتاج الخرسانة الخلوية حيث يتم إضافة مسحوق الألمنيوم إلى الإسمنت والرمل والماء في خلاطة مركزية. وبعد المزج مباشرة يتم صب الخليط الذي يكون على شكل عجينة سائلة في قوالب حسب المقاس المراد في التصميم . و يحدث تفاعل الألمنيوم مع الجير وتتفاعل ألومينات الكالسيوم وغاز الهيدروجين لتكوين الخلايا المسامية في الخرسانة، كما يمكن إضافة مادة هايدروكسيد الصوديوم للتعجيل في عملية توليد الهيدروجين اللازم لتشكيل الخلايا المسامية وتتراوح كثافة الخرسانة الخلوية بين (200 إلى 1400)(Kg/m^3). وتنقص مقاومة هذا النوع من الخرسانة للكسر. وتزيد توصليها للحرارة مع زيادة كثافتها . كما يجب معالجتها للحد من امتصاصها للرطوبة[10،11].

الصورة (I.10): قالب من الخرسانة الخلوية [11]

ج - **الزجاج الرغوي** وهو من المواد الخاملة ويتكون من الزجاج الصافي الذي لا يحتوي على أي مواد رابطة بين جزيئاته وهو مصنف من نوع المواد العازلة ذات التركيب الخلوي وتصل كثافته إلى (140 Kg/m^3)، وتبلغ ناقليته الحرارية (0.55W/m.C°) فقط عند درجة حرارة (20 °C). ورغم احتوائه على مسامية عالية من الفراغات الهوائية إلا أنه يمتاز بمقاومة ميكانيكية عالية للكسر والشد والثني والقص وهو غير منفذ للماء وغير قابل للاحتراق ومجال ثباته الحراري هو بين (260 °C-) و (430+ °C).

د - **الفلين الصخري:** يتكون من صوف صخري ممزوج مع قطع صغيرة من الخشب مع مادة لاصقة إسفلتية غالبا، وتستخدم هذه المادة لعزل مخازن التبريد والمنشآت والبيوت العادية .

هـ - **مادة أنسولايت:** يحتوي أنسولايت على خلايا هوائية صغيرة لا تحصى وهي تعلل ميزة عزله الحراري الممتاز، ويستعمل أنسولايت في عزل الأسقف، وذلك بعمل طبقة من أنسولايت المخلوط بالاسمنت والماء ويجري عمل خلطات أنسولايت والاسمنت حسب النسب التي تلائم الاحتياجات المطلوبة من العزل الحراري [10،11].

I.9 . أهم الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند تطبيق العزل الحراري

يجب أن تؤخذ العوامل التالية بعين الاعتبار عند استخدام العزل الحراري :

- أن تخزن المواد العازلة في أماكن جافة غير مكشوفة وتجنب تهشمها أو ثقبها أو تلفها .
- يراعى تغطية سطح المواد من كلا الجانبين عند التركيب ، ويوضع حاجز فاصل (غلاف) من أعلاها وحاجز (غلاف) مقاوم لتسرب المياه من أسفلها أو العكس بالعكس ، وذلك حسب طريقة التركيب المناسبة لذلك .
- تغطية مواد عزل الجدران من الجانبين بحاجز (غلاف) عازل للرطوبة ، وذلك حسب طريقة التركيب المناسبة .

- تجنب إمكانية تهشم المادة عند عملية البناء أو خلال عملية تركيبها .
- أن تكون جميع أسطح المادة خالية من الغبار والأوساخ أو الشحوم قبل تركيبها .
- مراعاة معرفة قيمة الانتقالية الحرارية لأهميتها في الحكم على نوعية ومدى كفاءة العزل الحراري للعناصر الإنشائية المختلفة في المبنى ، حيث يتم بمعرفتها حساب الطاقة الحرارية المفقودة من داخل المبنى إلى خارجه . فكلما قلت قيمة الانتقالية الحرارية زادت قدرة العزل الحراري [1،3،12].

I.10 . استخدام المواد العازلة للحرارة في الأسطح والجدران والأرضيات

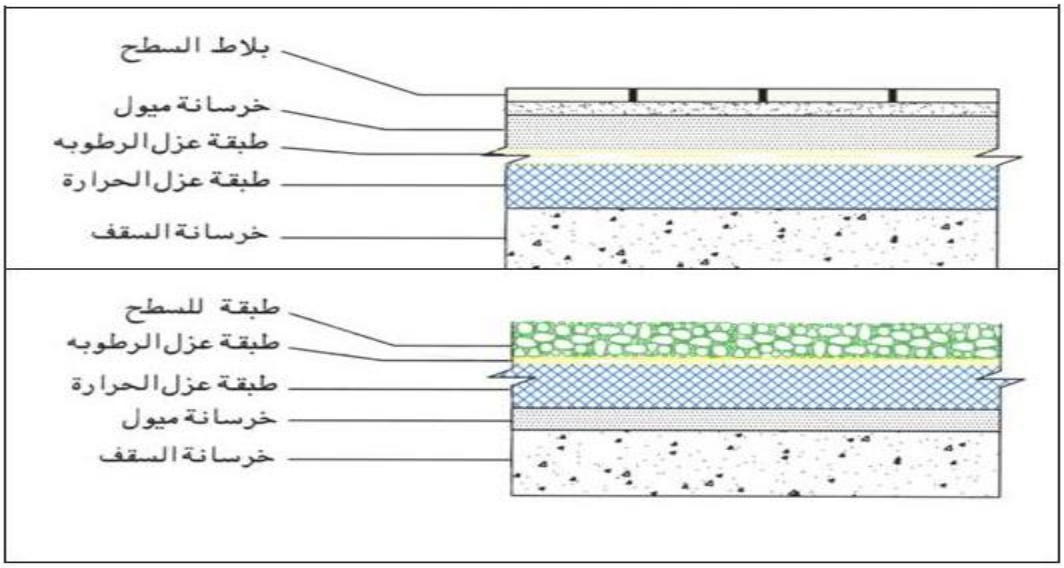
I. 10 .1. عزل الأسطح

. الطرق المتبعة في عزل الأسطح

يوجد هناك نوعان من الأنظمة التي تُستخدم في عزل الأسطح، هما نظام السطح التقليدي ونظام السطح المقلوب .

.أ. طريقة العزل للسطح التقليدي

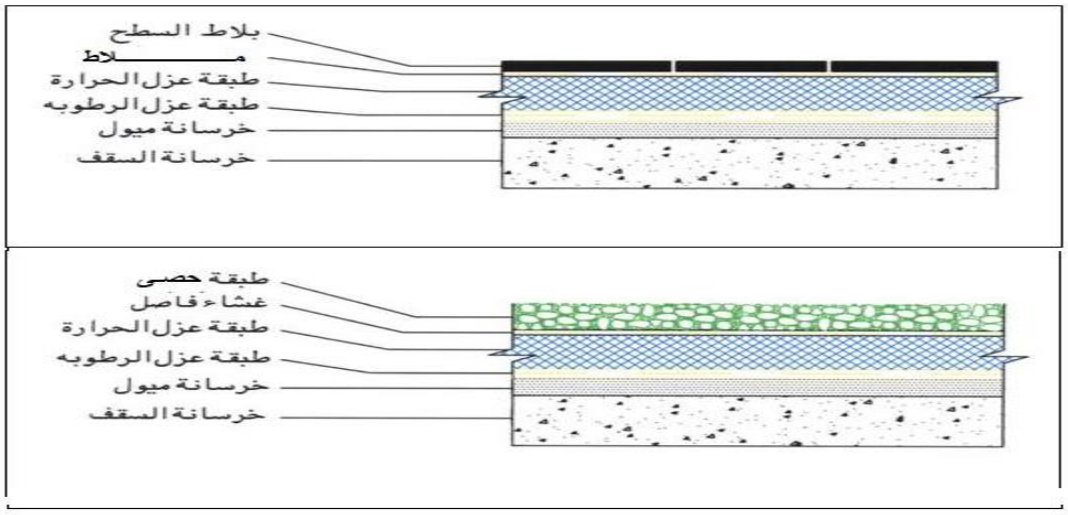
ففي النوع الأول (النظام التقليدي) تكون طبقة العازل المائي فوق طبقة العازل الحراري لحماية العازل الحراري من الماء وخاصة مواد العزل الحراري التي تكون فيها نسبة امتصاص الماء مرتفعة نسبياً، وفي هذا النظام يتعرض الغشاء العازل للماء (العزل المائي) إلى الإجهادات الحرارية المتواصلة والناتجة عن التغيرات الكبيرة في دراجات الحرارة بين الليل والنهار وبين فصول السنة المختلفة والتي تؤدي إلى تمدد وتقلص هذا الغشاء مما يفقده مرونته وبالتالي قدرته على العزل نتيجة الجفاف والتشقق الذي قد يلحق به، وفي هذا النظام يتعرض غشاء العازل للماء إلى إجهادات ميكانيكية أثناء التركيب أو بعده نتيجة وجود بعض أجهزة التكييف وغيرها وأعمال الصيانة على سطح المبنى وبالتالي يقل العمر الافتراضي للعازل المائي وتزداد تكاليف الصيانة وفي حالة فشل النظام كعازل مائي فإنه قد يؤدي إلى أضرار جسيمة داخل المبنى يصعب حصرها نتيجة تسرب المياه، وهذا عوضاً عن الأضرار التي تلحق بالعازل الحراري لوصول الماء إليه [1،2،12].



الشكل (I.3) : رسومات تخطيطية عن العزل الحراري للسطح التقليدي[1]

.ب. طريقة عزل السطح (السطح المقلوب)

أما في النوع الثاني (نظام السطح المقلوب) والذي يكون فيه العزل الحراري فوق طبقة العازل المائي، يقوم العزل الحراري بحماية العازل المائي من الإجهاد الحراري والتعرض للأشعة الفوق البنفسجية وكذلك الإجهاد الميكانيكي أثناء التركيب وبعده وعليه يزيد العمر الافتراضي لغشاء العازل المائي، وبالتالي تنخفض تكاليف الصيانة بدرجة كبيرة[1،2،12].



الشكل (4.I) : طريقة عزل (المقلوب) السطح [1]

I.10 .2. عزل الجدران

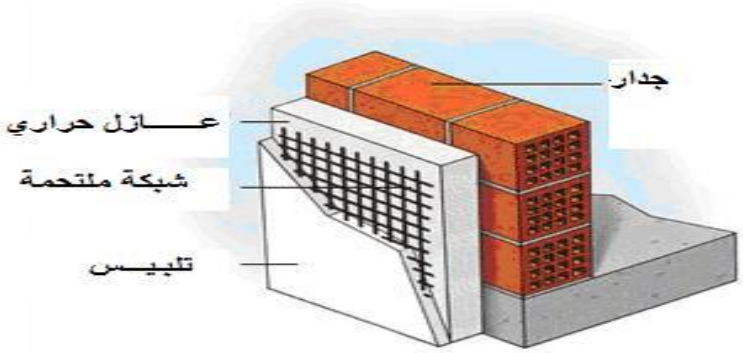
I. 10 .2. 1 . نظام العزل من الخارج

تصنف التقنيات المستخدمة في عزل الجدران من الخارج للمباني إلى :

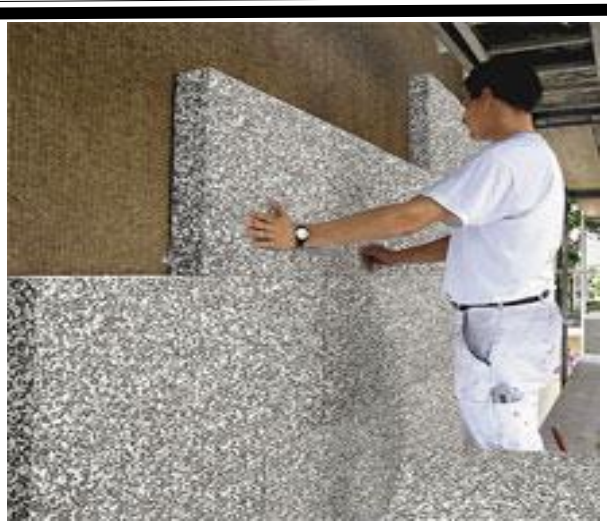
.أ. النظام الأول

ويُعرف بنظام الجدار الواحد المبنى من الطوب الأحمر أو الطوب الأسمنتي والذي توضع بمحاذاته شرائح متوازية الأضلاع من العزل الحراري مثل البوليستيرين أو الصوف الصخري وغيرها . وفي هذا النظام يوجد نوعين من الجسور الحرارية التي نُصنفها كالتالي :

- الجسور الحرارية الناتجة عن الأجزاء الموصلة بين نهايتي جسم القالب.
- الجسور الحرارية الناتجة عن استخدام الملاط الأسمنتي بين القالب أثناء التركيب [2،13].



الصورة (I.11):عزل جدار من الخارج (النظام الأول)



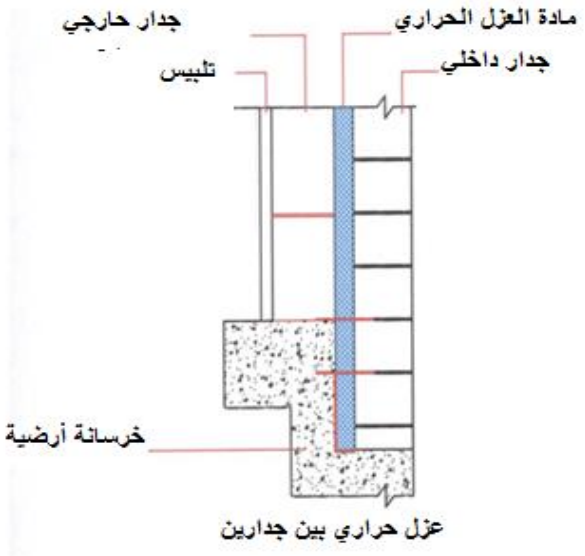
الصورة (12.I):صورة عن تركيب عازل للجدران الخارجية

ب. النظام الثاني

وهو نظام الجدار الواحد من الطوب الإسمنتي المعزول بشريحة واحدة من مادة البوليستيرين الممدد، وفي هذا النظام يوجد جسور حرارية ناتجة عن استخدام الملاط الأسمنتي بين القالب أثناء التركيب وعليه فهو أفضل من النظام الأول ولكن نسبة تسرب الحرارة في هذا النظام قد تصل إلى 49 % تقريباً لوجود الجسور الحرارية السابقة الذكر(الملاط الإسمنتي) [2] .

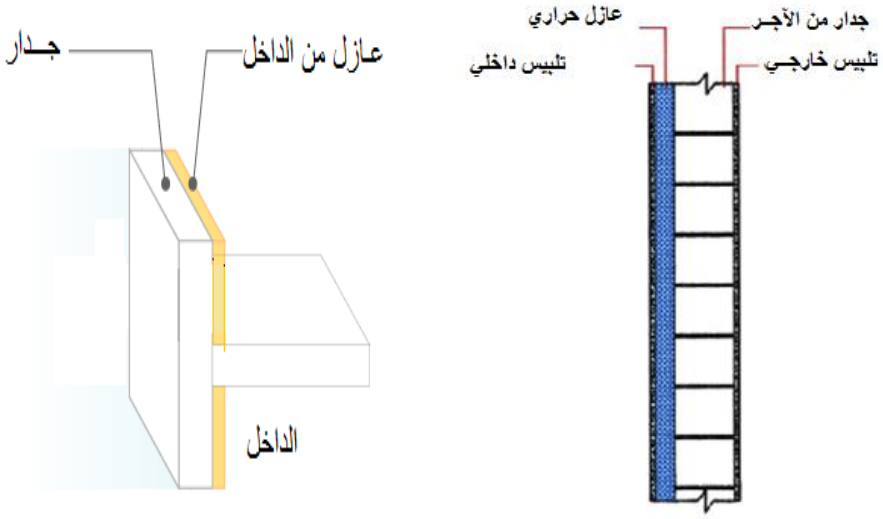
ج. النظام الثالث

وهو النظام التقليدي، ويُعتبر الحل الأفضل في عزل الجدران، وفي هذا النظام يتم بناء جدارين متوازيين بحيث تركب أنواع العزل الحراري بين فراغ الجدارين حيث تفصل هذه الألواح بين الجدار الخارجي والجدار الداخلي للمبنى بشكل كامل وتلغى الجسور الحرارية الموجودة في الأنظمة السابقة الذكر ويؤخذ في الاعتبار عامل التكلفة والصيانة، كما يؤخذ في الاعتبار الجسور الحرارية الموجودة في الكمرات والأعمدة التي لا تغطيها مادة عازلة للحرارة في الجدران الخارجية . [1،2]

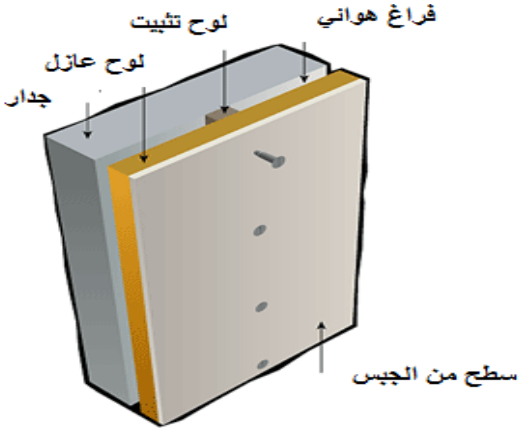


الشكل (5.I) عزل حراري بين جدارين داخلي وخارجي [1]

I.10 .2. 2 . نظام العزل من الداخل



الشكل (I.6) : العازل من الداخل [1] جدار معزول من الداخل



الصورة (I.13): طريقة من طرق العزل من الداخل [1]

يمكن استخدام نظام العزل من الداخل في المباني ذات التشطيب الخارجي الخاص أو في عزل المباني القائمة المبنية سابقاً والغير معزولة حرارياً وفي هذا النظام يمكن تركيب ألواح العزل الحراري على جميع الجدران الداخلية المواجهة للمحيط الخارجي باستخدام مادة لاصقة أو طريقة تثبيت تتناسب مع مادة العزل الحراري المستخدمة .

ثم يجب بعد ذلك تغطية السطح الداخلي للعزل الحراري بالتشطيبات الداخلية المناسبة مثل :

1. تلبيس إسمنتي بسمك 20mm على أن يتم تركيبها على الشباك المعدني المثبت ميكانيكياً في الحائط
2. طبقة من الجبس .
3. طبقة إسمنتيه .

وفي هذا النظام يتم عزل جميع الأعمدة وجزء من الكمرات من الداخل وعليه يتم التخلص من أحد الجسور الحرارية التي تؤثر بشكل كبير على نجاح أو فشل النظام الخاص بالعزل الحراري للمبنى [1،2].

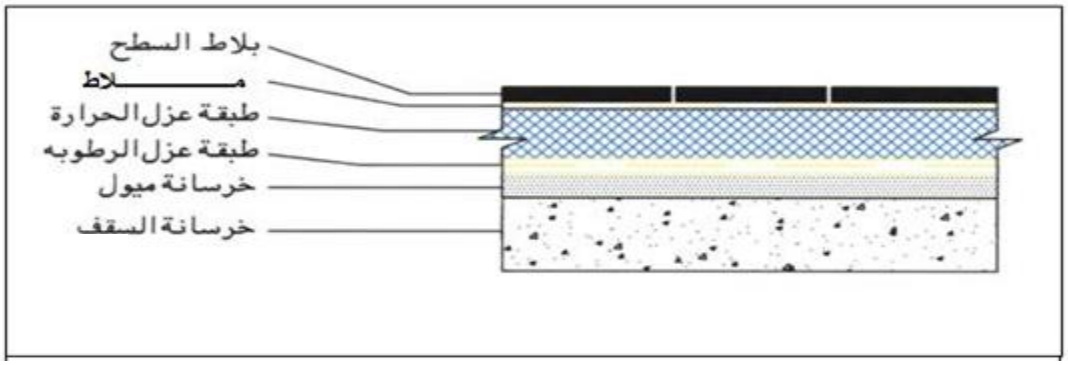
I.10 .2. 3 . عزل الأرضيات

قد تصل درجات حرارة التربة على عمق 3m إلى33°C تقريباً. وعليه فإن عزل الأرضيات هام جداً . ومن شأن عملية العزل الجيد للأرضيات أن يقلل من تدفق الحرارة من الأرضيات في المباني المكيفة ويجب أن تتوفر في مادة العزل الحراري للأرضيات شروط أساسية وهي:

1. أن تكون ذات قوة إنضغاطية عالية .
2. أن تكون مقاومة لامتصاص الماء والرطوبة .

3. أن تكون ذات معامل توصيل حراري منخفض، أي أنه لابد أن توفر الحد الأدنى المطلوب للعزل الحراري

ومن التطبيقات الخاصة في عزل أرضيات المخازن المبردة وفي هذه التطبيقات يجب استخدام مواد عزل لا تقل قوة انضغاطها عن 680Kpa [1]



الشكل (I.7) : تركيب عزل الأرضيات[1]

I . 11 . قياس الناقلية الحرارية :

هنالك عدة طرق مستعملة في قياس الناقلية الحرارية في بحثنا إستعملنا طريقة السلك الساخن لأن الجهاز متوفر بالمخبر.

I . 11 . 1. تعريفات

✓ **الناقلية الحرارية**

الناقلية الحرارية هي خاصية المادة التي تشير إلى قابلية المادة لنقل الحرارة. إن الحرارة التي تسري في جسم صلب نتيجة اهتزازات الذرات والجزيئات ، تتوقف عن السريان عندما تتساوى درجات الحرارة في جميع نقاط الجسم الصلب وتتساوى كذلك مع درجة حرارة الوسط المحيط. ويحدث سريان إجمالي للحرارة في الجسم (عند الوصول إلى حالة التوازن الحراري) ، بوجه عام الناقلية الحرارية هي كمية الحرارة المنتقلة خلال وحدة الزمن من خلال مادة ذات وحدة مساحة ووحدة سمك ، عندما تكون درجة الحرارة مختلفة عند وجهي المادة المتقابلين بدرجة واحدة .

- كلما زادت قيمة الناقلية (التوصيل الحراري) كلما اعتبرت المادة ناقلة للحرارة، وكلما قلت قيمة التوصيل الحراري كلما اعتبرت المادة عازلة .
- في النظام العالمي للوحدات ، فإن التوصيل الحراري (الناقلية) تستنتج بالواط على المتر والكلفن على النحو التالي : ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) حيث :
  - الواط (W) تمثل وحدة الاستطاعة .
  - المتر (m) تمثل وحدة طول .
  - الكلفن (k) وحدة درجة الحرارة .

كما تستنتج أيضا في كثير من الأحيان بـ ($W \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ}c^{-1}$) . عموما فإن الناقلية الحرارية شبيهة بالناقلية الكهربائية ، فمثلا المعادن ذات الناقلية الحسنة للكهرباء لهم أيضا ناقلية حسنة للحرارة .توجد هناك استثناءات على بعض المعادن ، فمثلا حجر الماس (diamant) ناقليته الحرارية مرتفعة بين 1000 و2600 ($W \cdot m^{-1} \cdot k^{-1}$) ، في حين أن ناقليته الكهربائية صغيرة .

الناقلية الحرارية تزيد كلما احتوت المادة على الرطوبة . [1]

✓ التدفق الحراري

✓ التدفق الحراري ($\emptyset$) هو كمية الحرارة ($\boldsymbol{Q}$) المتبادلة خلال زمن معين (t) :

$$\emptyset = \frac{Q}{t} \qquad (1.1)$$

✓ **كثافة التدفق الحراري:**

ويعبر عن المعدل الزمني لمرور التيار الحراري بالوات (watt, W) من خلال العناصر الإنشائية داخل وخارج المبنى ، ويرمز له بـ $\boldsymbol{\varphi}$ ووحدة القياس له هي : ($W/m^3.°c$) . [1]

$$\boldsymbol{\varphi} = \frac{\emptyset}{\boldsymbol{A}} \qquad (\mathbf{1.2})$$

✓ **المقاومة الحرارية**

هي المقاومة التي يبديها العنصر الإنشائي أمام انتقال الحرارة بالتوصيل خلال سماكته ، وبازدياد هذه المقاومة تزداد قدرة العتصر الأنشائي على المقاومة الحرارية ، كما يطلق على هذه القيمة مصطلح " العازلية الحرارية " ، وتحسب بقسمة سماكة المادة ($\boldsymbol{e}$) على موصليتها الحرارية ($\boldsymbol{\lambda}$) ووحدة قياسها هي($\mathbf{W/m^2.°c}$)[1].

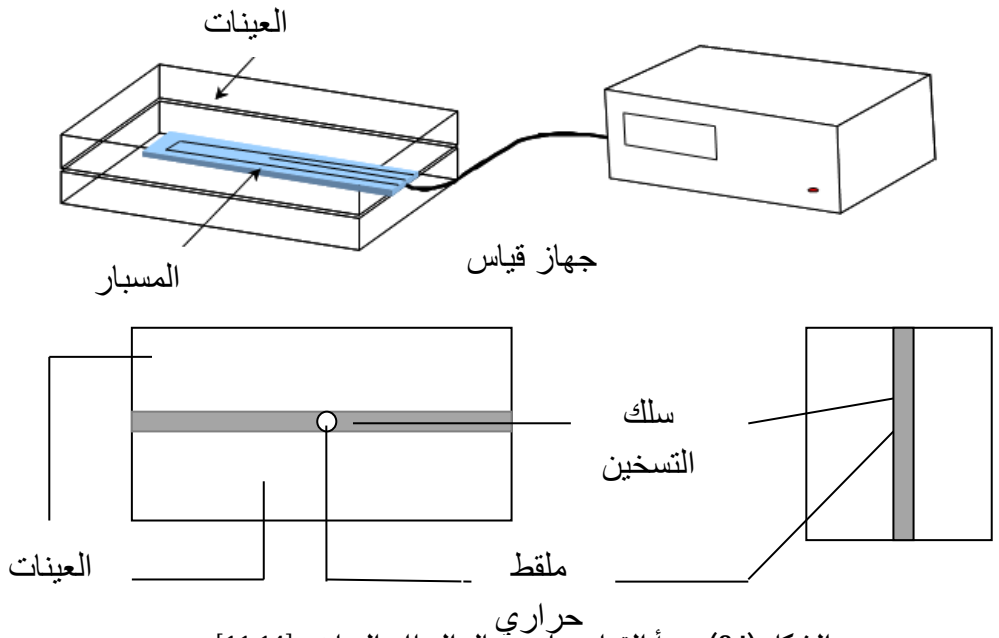
$$R = \frac{e}{\lambda} \qquad (1.3)$$

✓ **السعة الحرارية النوعية**

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة متر مكعب واحد من المادة درجة مئوية واحدة ، ويرمز له بـ C_P ، و وحدة القياس له هي : جول/ $م^3$. سْ ($J/m^3.c°$) [1].

I . 11 .2 . القياس باستعمال طريقة السلك الساخن

يعتمد مبدأ عمل الطريقة على وضع مسبار داخل عينتين متماثلتين من المادة المراد قياس ناقليتها الحرارية حيث يحتوي هذا المسبار على سلك ذو مقاومة حرارية يقوم بإطلاق كمية محددة من الحرارة في العينات كما يحتوي المسبار على ملتقط للحرارة يقوم بقياس التغيرات في درجة الحرارة خلال زمن معين ، ومن خلال المعلومات المتحصل عليها يقوم الجهاز بحساب الناقلية الحرارية للمادة [14،15].



الشكل (I.8) مبدأ القياس بأستعمال السلك الساخن [11.14]

يعتمد مبدأ عمل طريقة السلك الساخن على معادلة انتقال الحرارة في الإحداثيات الاسطوانية [11.14]:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r} = \frac{1}{a}\frac{\partial T}{\partial t} \qquad (1.4)$$

حيث :

$$a = \frac{\lambda}{\rho C_P}$$

الشروط الحدية :

$$\forall r\ , t\ \leq 0, \Delta T(r,t) = T(r,t) - T_0 = 0$$

$$\forall t \geq 0\ , r = 0, \lim_{\mathrm{r}\to 0}\left(\mathrm{r}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \mathrm{r}}\right) = -\frac{Q}{2\pi\lambda}$$

$$r \to \infty, \forall t \geq 0, \lim_{r\to\infty}\big(\Delta T(r,t)\big) = 0$$

ومنه

$$\Delta T(r,t) = \frac{Q}{4\pi\lambda} El\left(\frac{r^2}{4at}\right)$$

$$\mathrm{El}(\xi) = \int_{\xi}^{\infty}\left(\frac{\mathrm{e}^{-\mathrm{x}}}{\mathrm{x}}\right)\mathrm{dx} = -\gamma - \ln(\xi) + \xi + \mathrm{O}(\xi^2)\ , \qquad \xi = \frac{\mathrm{r}^2}{4\mathrm{at}}$$

$$\Delta T\ (R_C, t) = \frac{Q}{4\pi\lambda}\left[ln\left(\frac{4at}{R_S^2\, e^{\gamma}}\right) + \left(\frac{R_S^2}{4at}\right) + O\left(\frac{e^2}{4at}\right)\right]$$

ومنه حل المعادلة :

$$\Delta T(R_S, t) = \frac{Q}{4\pi\lambda} ln(t) + \frac{Q}{4\pi\lambda} ln\left(\frac{4a}{R_S^2 e^{\lambda}}\right) \qquad (1.5)$$

I.12 . الخلاصة :

الغرض من إستعمال العزل الحراري للمباني هو وضع حد للتبادل الحراري بين المبنى والوسط الخارجي وبالتالي توفير الراحة لمستخدمي المبنى و التقليل من استهلاك الطاقة ومن أجل تحقيق ذلك يجب الأخذ الاعتبار عدة عوامل منها الاختيار الجيد لمواد العزل الحراري من خلال المعرفة الدقيقة لخصائص هذه المواد مثل :

- الخصائص الحرارية :من خلال قدرة المادة على العزل الحراري كالحرارة النوعية و السعة الحرارية و معامل التمدد والانتشار .
- الخصائص الميكانيكية: أن تكون ذات قوة تحمل الضغط و الشد و القص مقبولة ، مقاومة الرطوبة ، إضافة إلى خصائصها الصوتية الجيدة ، وذلك دون إهمال الجانب الأمني في هذه المواد حيث لا تشكل خطرا على حياة الإنسان .

استعمال نظم العزل الحراري بتقنيات مدروسة و السير في البحوث الهادفة لإيجاد مواد عازلة و محلية الصنع و ذات منشأ محلي (مواد محلية لإنجازها) كالبحث في استغلال ألياف النخيل، نجارة الخشب... الخ.

أشارت الدراسات إلى أن نسبة استهلاك المباني للطاقة الكهربائية في المناطق الحارة تتجاوز 72% من الاستهلاك الكلي للطاقة الكهربائية بينما يستهلك القطاع الصناعي حوالي 26% فقط ، ولذلك وجد أن استخدام العزل الحراري في المباني هو افضل وسيلة لتوفير الطاقة الكهربائية للمستهلك والدولة .

وعلى مستوى الدولة تكمن أهمية العزل الحراري في توفير تكاليف إنشاء محطات كهربائية جديدة وهذا يعني أن شركات الكهرباء تحتاج إلى مضاعفة طاقتها الكهربائية كل خمس سنوات وهذا أمر مكلف جدا.

و لعل البعض يلاحظ الفرق الشاسع بين تبريد مكان معزول و آخر غير معزول .

إن تكاليف مواد العزل الحراري بالنسبة للمباني الحديثة لا تمثل تقريبا إلا نسبة 5% من إجمالي التكاليف.

إن استخدام العزل الحراري في الجدران بسمك 5-6cm و السقف بسمك 6-7cm يؤدي إلى توفير الطاقة المستهلكة سنويا بحدود 45% .

الفصل الثاني

التصميم البيومناخي

و تأثير العوامل المناخية

في إستهلاك الطاقة

II . 1 . مقدمة

قام الإنسان ومنذ خلقه بإعداد المجال الذي يوفر له الحماية من الظروف المناخية المتبدلة المحيطة به محاولة منه لخلق البيئة الملائمة لتأدية كافة نشاطاته المتنوعة . وقد تطورت هذه المحاولات من البدائية أي تقليد الطبيعة إلى التعايش وفهم الظواهر و العوامل المناخية المحيطة وحاول التكيف معها بواسطة استخدام مواد البناء المتاحة طبيعيا بعد التعرف على خصائص هذه المواد، وقد استخدم أساليب ووسائل بسيطة لا دخل للآلة أو الطاقة الصناعية فيها تعالج العوامل المناخية طبيعيا لخلق الجو الملائم لراحته الحرارية داخل مجال معيشته و خارجه.

إن التصميم المناخي هو أحد الجوانب الهامة في تصميم البيئة المبنية، وقديم قدم العمارة ذاتها، ولكنه بدأ في القرن العشرين يتبلور في صورة تخصص هندسي واضح، وهو تصميم وتنظيم للمبنى أو للفضاء العمراني المؤقلم للشروط المناخية المحّلية .ويسمح هذا العامل بتلبية احتياجات الراحة الحرارية للمستعمل، وبالتالي تحسين شروط استعماله واستغلاله للمكان . دون أن ننسى العمل على تخفيض الاحتياج في الطاقة.

ويمكن القول إن التصميم المناخي هو جانب من عملية تصميم البيئة المبنية، يهتم بتوفير الظروف المناخية الآمنة والمريحة للإنسان بأقل قدر من التكاليف، وفي هذا الفصل سنتطرق إلى أهمية التصميم المناخي من أجل الحفاظ و التقليل من استهلاك الطاقة.

لذا فإن أهمية دراسة مفهوم التصميم المناخي و كذا فهم الخصائص المعمارية والعمرانية المميزة للمناطق الحارة الجافة هي الوقوف على أهم المفردات التصميمية وكذلك الطرق والدراسات التي تقوم على وضع صيغ واستراتيجيات البناء في المناطق الحارة . وكذا دراسة الحلول التصميمية التي تميز بناءات المناطق الحارة وأيضا الحلول العمرانية كالنسيج المتضام و كيفيات تفادي أوالتقليل من حدة أثر العوامل المناخية على الراحة الحرارية لسكان المناطق الحارة .

الجزائر كغيرها من الدول التي تشهد نموا عمرانيا سريعا . حيث أدى هذا النمو العمراني المتزايد إلى الطلب على السكن وكذلك الطاقة ، ولتلبية هذا الطلب على السكن ظهر بما يسمى الأحياء السكنية الجماعية، والتي تبنى بنفس الطريقة و النمط في جميع المدن مهما تنوعت واختلفت الخصائص المناخية لكل مدينة ، بالإضافة إلى كون هذه السكنات تتأثر بالعوامل المناخية الخارجية مما أدى إلى انعكاس هذا على استعمال واستهلاك الطاقة. ويظهر هذا الانعكاس في المدن الواقعة بالمنطقة ذات المناخ الحار الجاف، ومدينة ورقلة واحدة من هذه المدن ، حيث أنها تحوي على أحياء سكنية جماعية تمثل جزءا كبيرا من نسيجها العمراني .

II . 2 . مفهوم التصميم المناخي

يعد التصميم المناخي أحد الجوانب الهامة في تصميم البيئة المبنية ، و لكنه بدأ في القرن العشرين يتبلور في صورة تخصص هندسي واضح، لهذا يوجد له العديد من التعريفات فقد اعتبر على انه تصميم وتنظيم للمبنى أو للفضاء العمراني المؤقلم للشروط المناخية المحّلية، بحيث يسمح بتلبية احتياجات الراحة للمستعمل، وبالتالي تحسين شروط استعماله واستغلاله للمكان (الراحة الحرارية في الصيف والشتاء) الإضاءة ، تجديد الهواء ، وذلك من خلال استعمال المكونات التقليدية في تصميم وتشكيل الفضاءات المعمارية والعمرانية (تلبيس الجدران الخارجية، نوعية مواد تبليط الأرضية بالإضافة إلى عناصر التهيئة الفيزيائية مثل كاسرات الشمس...الخ)، دون أن ننسى العمل على تخفيض الاحتياج في الطاقة .

كما عبر آخر أن" التصميم المناخي هو جانب من عملية تصميم البيئة المبنية، يهتم بتوفير الظروف المناخية الآمنة والمريحة للإنسان بأقل قدر من التكاليف [20].

II . 2 . 1 . أهداف التصميم المناخي

هنالك أهداف عديدة يوفرها التصميم البيومناخي أهمها :

❖ **الراحة الحرارية**

هي المحاولة لتحقيق الراحة الحرارية لشاغلي المباني و هذا باستخدام قدر قليل من الطاقة أو بدون استهلاك طاقة على الإطلاق وذلك بالاستفادة من الوسائل المعمارية المناسبة في تصميم المباني وهذا بالاستفادة من الحلول الطبيعية في توفير الطاقة المستهلكة في المباني . [21]

❖ **الاقتصاد**

من الممكن تحقيق الظروف المناخية المثالية طوال العام لأي مبنى مهما بلغ تصميمه السيئ ، عن طريق استخدام المعدات الميكانيكية الكافية للتحكم في ظروفه المناخية ولكن ذلك يكون على حساب عنصرين هما استهلاك الطاقة و التكاليف المادية . ففي حالة وجود معدات ميكانيكية للتحكم المناخي، يستهلك المبنى كمية كبيرة من الطاقة لهذا الغرض، مما يكون له أثار سيئة على المستوى الاقتصادي [21].

❖ **الحد من التأثيرات السلبية على البيئة**

من الهام جدا تخفيض التأثيرات البيئية السلبية لأي مشروع عمراني، وهكذا يصبح من الهام استخدام طرق في توفير الراحة الحرارية لا تؤثر بالسلب على البيئة الطبيعة [21].

II . 3 .الاستراتيجيات المعمارية و العمرانية لتحقيق الراحة الحرارية بالمباني

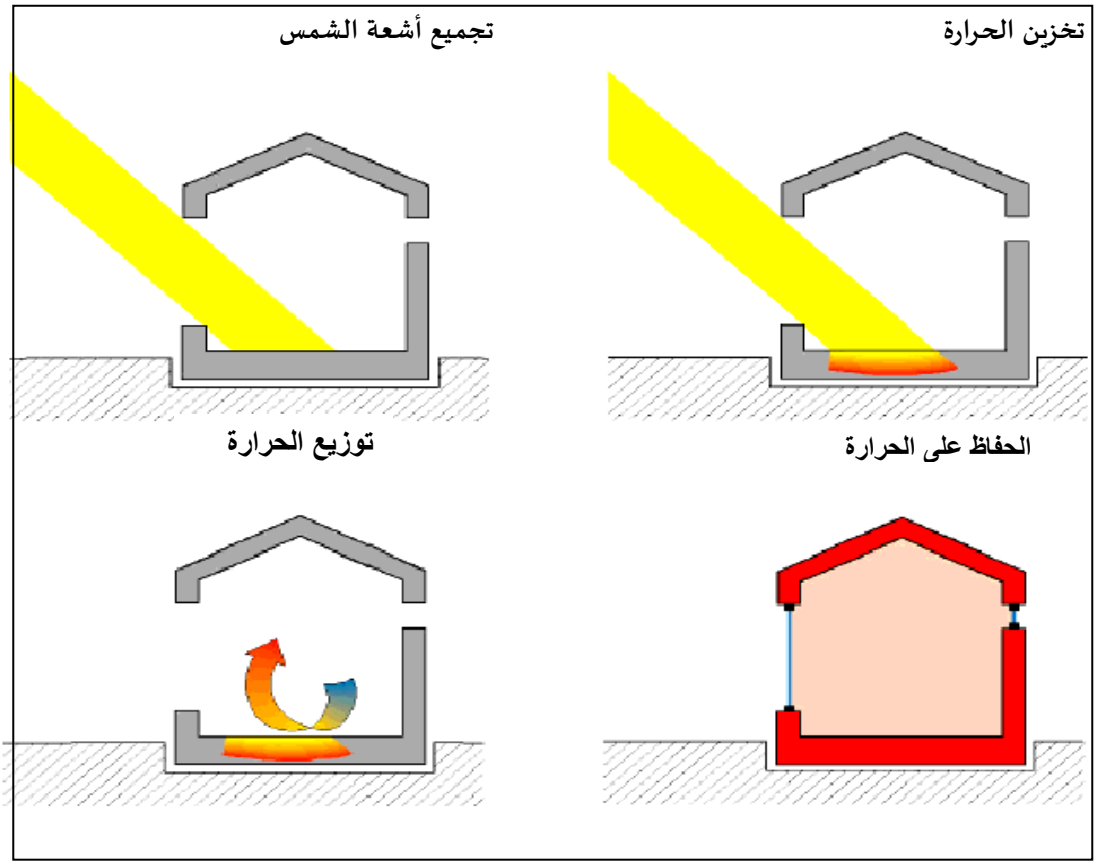
للمناخ عناصر أربعة هامة تؤثر على راحة الإنسان، وهي حرارة الهواء، والإشعاع الشمسي، وحركة الهواء، والرطوبة .

المناخ الموضعي الذي لا تشكل فيه هذه العناصر أي ضغط على جسم الإنسان يقع في منطقة الراحة الحرارية التي تختلف بين الناس من منطقة إلى أخرى وكذلك في نفس المنطقة من العالم ، وذلك بسبب خصائص موروثة أو حضارية، و يتم التحكم في هذه العوامل عن طريق الاستراتيجيات التالي [22 ، 23]:

II . 3 . 1 . استراتيجيات التسخين أو التدفئة في الشتاء

تمنح الشمس للأرض الطاقة على شكل ضوء و حرارة ، وتحدث أشياء كثيرة للإشعاع الشمسي وهو في طريقه للأرض ولكن في النهاية فإن معظم الطاقة يتم امتصاصها وتتحول إلى حرارة حيث تعمل على زيادة درجة حرارة الهواء والأرض.

في المناطق الحارة الجافة يكون الإشعاع الشمسي مرغوبا به نسبيا في فصل الشتاء، ولكن في الصيف الحار فإنه يكون من الضروري توفير الراحة الحرارية للإنسان [22 ، 23].

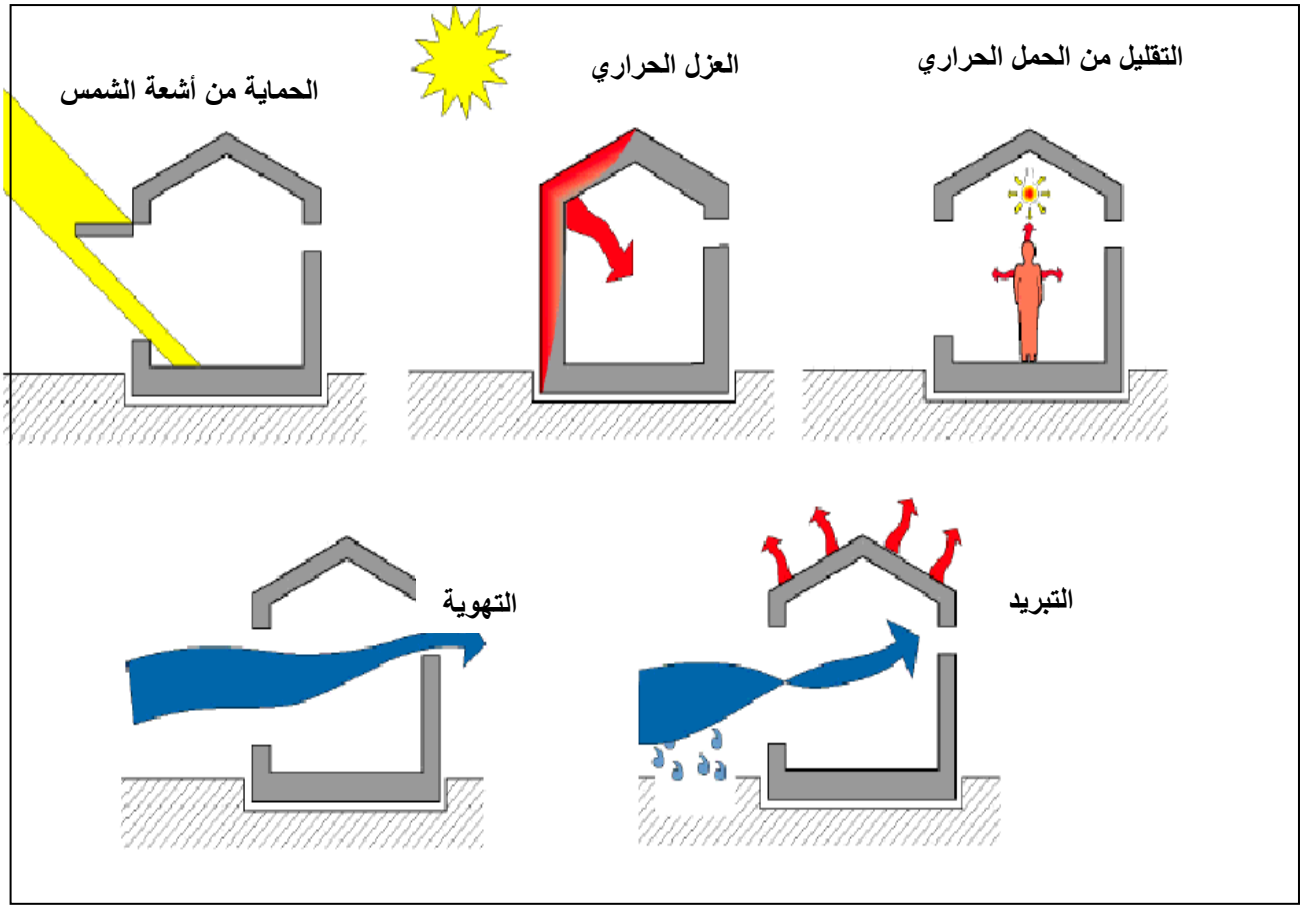


الشكل رقم :(1.II) استراتيجيات التسخين في الشتاء (التجميع - التخزين -التوزيع– الحفاظ.)

يتم في هذه الحالة تجميع الحرارة الناتجة عن الإشعاعات الشمسية و المحيط المجاور للمباني، ثم تتم عملية تخزين هذه الحرارة المجمعة داخل المبنى و هذا عن طريق خواص الحمل الحراري لمواد البناء، و يتم بعد ذلك توزيع الحرارة المخزنة عن طريق خاصية الفقد الحراري لعناصر المبنى، ومن ثم الحفاظ على الحرارة الموزعة و ذلك بإحكام عزل المبنى.

II . 2. 3 . استراتيجيات التبريد في الصيف

تتمثل عملية و إستراتيجية التبريد في الصيف بحماية المباني من الأشعة الشمسية و الحمل الحراري، و يتم ذلك إما عن طريق إبعاد هذه الحرارة باستعمال مواد بناء ذات مقاومة حرارية كبيرة مثل الحجارة و الطين، أو عن طريق كاسرات الشمس، ويمكن أن نوفر بعض الحلول مثل التبريد عن طريق خلق مناخ مصغر باستعمال برك الماء و النباتات التي تساعد على خلق نوع من البرودة في المجال السكني أو إستعمال المكيفات الهوائية .انظر الشكل رقم : 2.III [22، 23].



الشكل رقم :(2.II) استراتيجيات التبريد في الصيف (الحماية - العزل -التقليل -التهوية – التبريد)

II . 4 . الراحة الحرارية

إن الراحة الحرارية مرتبطة بالعديد من العناصر المتعلقة بالإنسان من بين هذه العناصر العوامل المناخية لذا فإن أهمية دراسة الراحة الحرارية و علاقتها بمدى استهلاك الطاقة لذو أهمية في الدراسات المعمارية المناخية.

II . 1. 4 . مفهوم الراحة الحرارية

يعرف واطسون الراحة الحرارية بأن " المناخ عامل هام يؤثر على قدرتنا العقلية و الإنسانية كما يؤثر على قدرتنا على الاستمتاع بالراحة الحرارية ."

ويفضل بعض الباحثين : مثل "ماركوس" "أولجاى " تعريفها بطريقة عكسية بمعنى "الراحة الحرارية أو التعادل الحراري هي حالة لا يشعر معها الإنسان بالبرد أو بالحر.

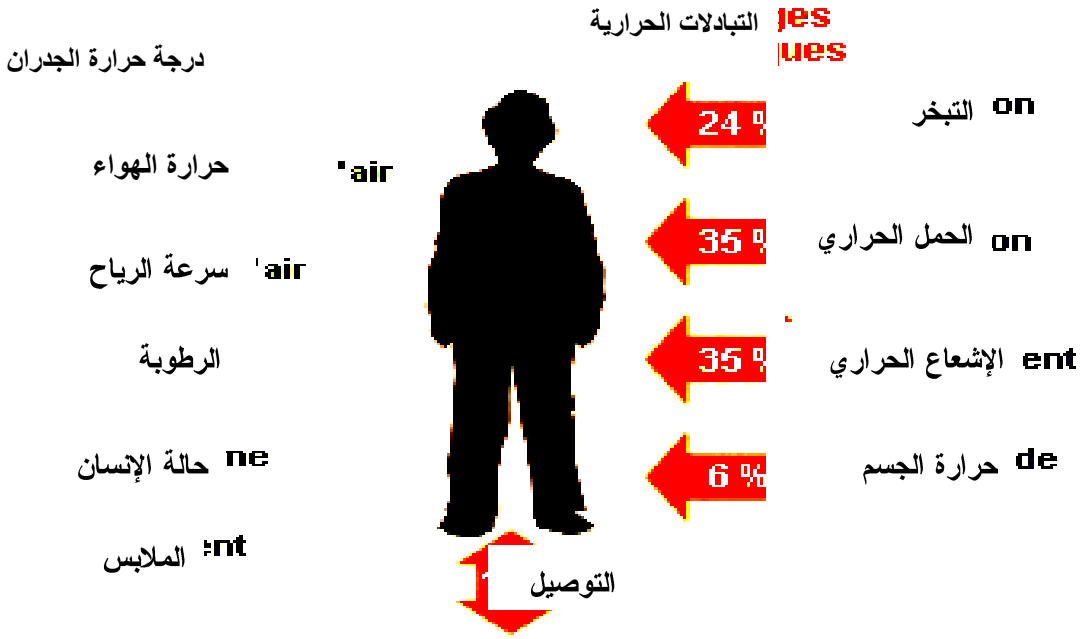
نستطيع أن نعطي تعريفا مختصرا ودقيقا : الراحة الحرارية هي بقاء درجة حرارة جسم الإنسان دائما أعلى من درجة حرارة الغلاف الجوي [24].

II . 2. 4 . العوامل المؤثرة في الراحة الحرارية

هناك العديد من العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية للإنسان منها العوامل المناخية و أخرى متعلقة بالإنسان نفسه .

II . 2. 4 . 1 . العوامل المناخية

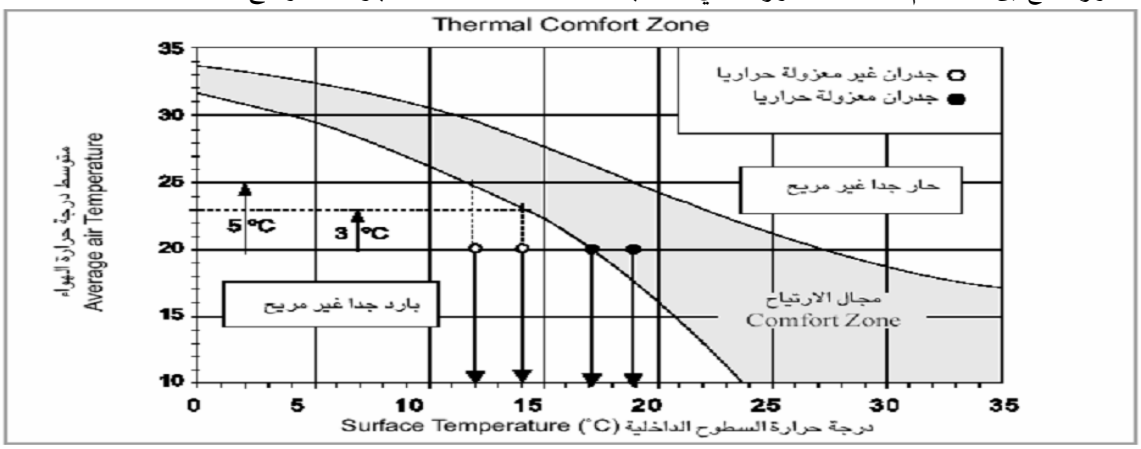
تؤثر العوامل المناخية على الراحة الحرارية للإنسان بصفة مباشرة (أنظر الشكل رقم : **3.III**) .



الشكل رقم :(3.II) مختلف العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية للانسان. [23]

أ .**درجة حرارة الهواء:** درجة حرارة الهواء هي المؤثر الرئيسي والمباشر في الإحساس بالراحة ، ورغم وجود عدد كبير من المؤثرات، تبقى كلها تدور حول درجة حرارة الهواء ، فالجسم يفقد الحرارة عن طريق ملامسته للهواء، الذي تتولد به تيارات الحمل نتيجة لملامسة الجسم له، فتنتقل الحرارة إليه وكلما انخفضت درجة حرارة الهواء كلما زاد معد ل فقد الحرارة و في الجزائر حدود الراحة بالنسبة للحرارة هي مابين 24 و 30 درجة مئوية [23].

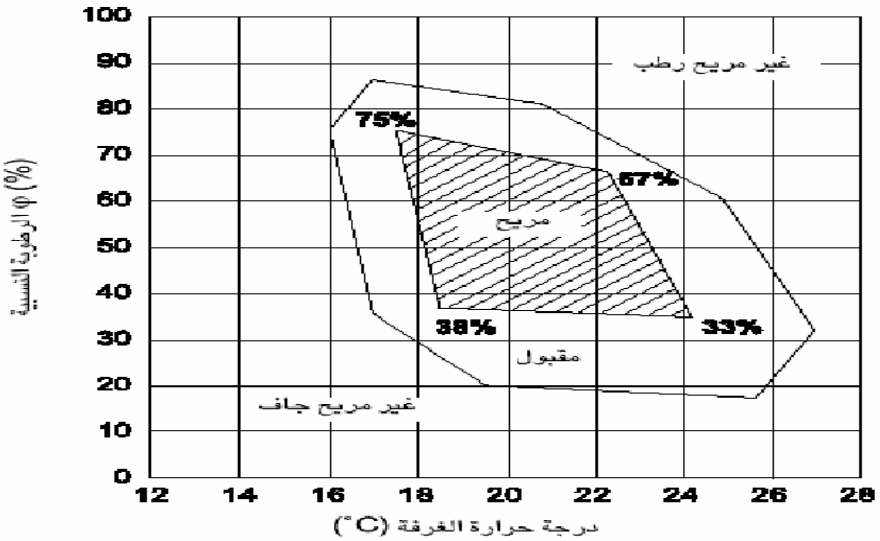
ب .**الإشعاع الشمسي:** يؤثر تعرض الجلد لاكتساب أو فقد الحرارة عن طريق الإشعاع تأثيرا مباشر ا على الشعور بالراحة، فبغض النظر عن درجة حرارة الهواء، يشعر الإنسان بالحرارة إذا تعر ض لأشعة الشمس وفى الشتاء رغم برودة الجو، يعطى التعرض لأشعة الشمس شعورا مباشرا بالراحة" . والشمس ليست هي مصدر الإشعاع الوحيد، فأي جسم يختزن قدرا من الحرارة يشع إلى الأجسام الأقل منه حرارة و التي يفصلها عنه وسط شفاف مثل الهواء أو الزجاج.



الشكل (II .4) : مجال الارتياح الحراري تبعا لمتوسط درجة حرارة الهواء داخل حيز الإشتغال ومتوسط درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء [23].

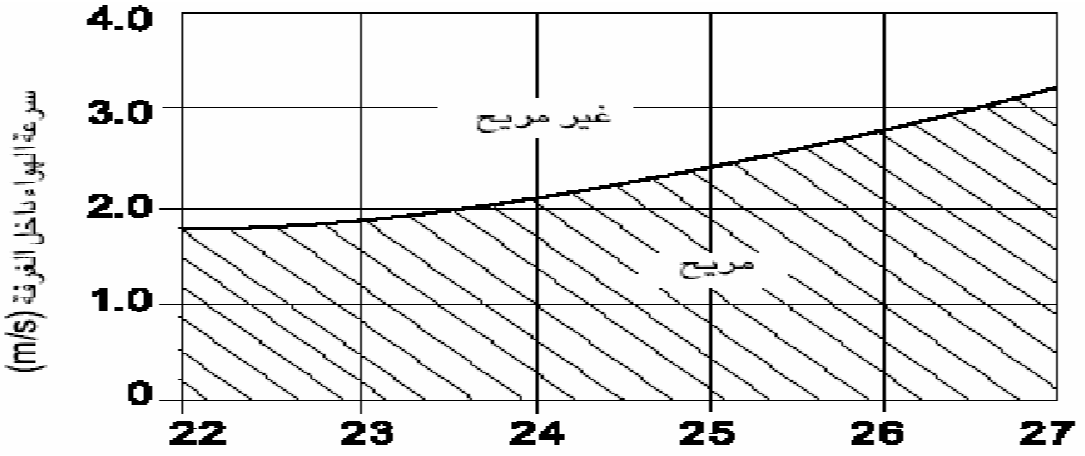
ج.الرطوبة: تؤثر الرطوبة النسبية في سعةبخار الجو ومن ثم تتحكم في درجة التبريد الذي يحدث عند تبخر العرق من على سطح البشرة فيزيد في الجو و يقل بازدياد الرطوبة في الجو، أما انخفاض الرطوبة عن الحد المناسب و لمدة طويلة فإنه يسبب جفاف شديد في البشرة . و في الأجواء الباردة يؤدي انخفاض الرطوبة النسبية إلى الزيادة بالشعور بالبرد.

لذا فإن الإحساس بالراحة الحرارية بالنسبة للرطوبة النسبية يكون عند 30 إلى % 70 مع درجة حرارة تتراوح بين 24 إلى 30 درجة مئوية [23].



الشكل (II.5) : مجال الارتياح الحراري تبعا لدرجة حرارة الهواء و الرطوبة النسبية . [23]

د .الرياح: يكمن تأثير الرياح في الراحة الحرارية للإنسان في كون هذا الأخير عامل مهم في تغيير الحرارة بواسطة الانتقال الحراري عبر الوسط الموجود فيه الإنسان ، مما يؤثر على الراحة الحرارية لدى الإنسان" .وعموما فان سرعة الرياح المطلوب لراحة الإنسان تكون أقل من 2 م/ ثانية.



الشكل (II .6) مجال الارتياح الحراري تبعا لسرعة الهواء . [23]

II . 4 . 2 . 2 . العناصر المتعلقة بالإنسان

إضافة للعناصر التي تعبر عن حالة البيئة المحيطة بالإنسان تعبيرا كاملا من حيث تأثيرها على شعوره بالراحة توجد عناصر أخري أيضا تؤثر على شعور الإنسان بالراحة الحرارية وهي:

أ – **النشاط** : يتغير شعور الإنسان بالراحة جذريا تبعا لنوع النشاط الذي يمارسه وهو في حالة السكون أو الحركة فالإنسان عندما يقوم بالأعمال الشاقة فإنه يفرز اكبر كمية من العرق بالنسبة إلى الذي يكون في حالة سكون.

ب - **الملابس** :عند تغطية الجسم بالملابس تقوم بدور العازل الحراري بين الإنسان وبيئته، مما يغير تماما من معدل فقد أو اكتساب الحرارة من البيئة والملابس من الطرق الهامة للتنظيم الحراري والوصول للراحة، فخلع أو ارتداء معطف يغير كثيرا من الشعور بالراحة.

II . 5 . دراسة أثر العوامل المناخية على استهلاك الطاقة في مدينة ورقلة

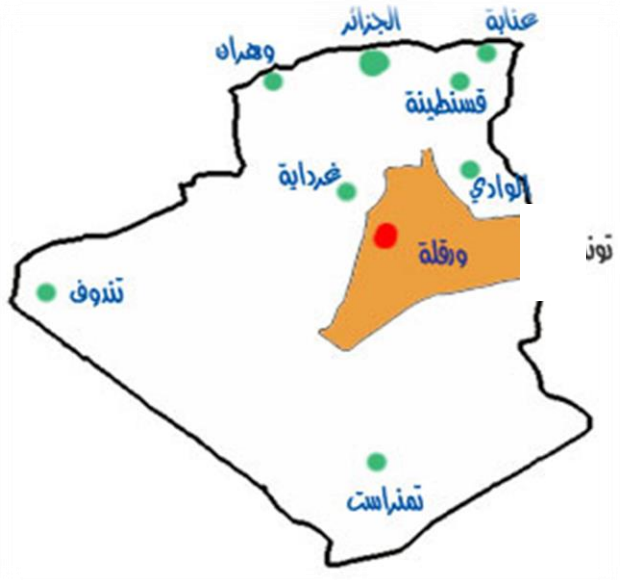
II . 5. 1. الخصائص العامة للمنطقة

II . 5. 1.1.الموقع الجغرافي

تقع مدينة ورقلة في الجنوب الشرقي للجزائر ،ضمن وسط منخفض كبير، مساحتها حوالي 2887 كلم² بارتفاع 134م على سطح البحر، بين خطي طول 20° و 5° شرقا وبين خطي عرض 58° و 31° شمالا. تعتبر المنطقة نموذج لموضوع الدراسة بالنسبة لباقي المناطق الصحراوية الأخرى.

II. 5. 1. 2 . تضاريس المنطقة

تتميز المنطقة بأرضية مستوية جرداء مع وجود الكثبان الرملية إلى جانب وجود بعض واحات النخيل التي تحوز على مساحة 8535 هكتار بجميع بلدياتها المجاورة ، وهي تعتبر مكسب اقتصادي هام للمنطقة . كما تتميز بمنحدرات ضعيفة حيث يصل ارتفاع اخفض منطقة فيها حوالي 101م ، بينما يبلغ ارتفاع أقصى نقطة حوالي 162م على مستوى سطح البحر.



الشكل II.7: خريطة توضيحية لولاية ورقلة [26]

II . 5. 2. الدراسة المناخية

II . 5. 2. 1 . مناخ المنطقة

تمتاز منطقة ورقلة كأغلب المناطق الصحراوية بمناخ صحراوي جاف ، تصل درجة الحرارة فيه صيفا حوالي 50°م كأقصى حد و حوالي 9.6°م كأدنى حد شتاءا.(أنظر الملحق A_1).

عموما فإن مناخ المنطقة يتميز بفصلين الأول : برودة تمتد من نوفمبر إلى أفريل و الثاني : بجفاف ذو حرارة مرتفعة يمتد من ماي إلى أكتوبر.

فيما يلي مجموعة من الجداول تبين مختلف العوامل المناخية المميزة للمنطقة من حرارة وتساقطات، تبخر ورياح ورطوبة والتي تحصلنا عليها من مركز الأرصاد الجوية بورقلة للسنوات الثلاث الأخيرة (2008 2009- 2010) وقد ترجمت القيم المحصل عليها إلى منحنيات بيانية أنظر الملحق .

السنة	العوامل المناخية	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
2008	vent max en m/s	13.00	12.00	14.00	20.00	21.00	16.00	20.00	20.00	16.00	15.00	12.00	17.00
	H MIN %	43.61	30.69	25.74	17.17	18.10	21.20	15.29	19.03	24.50	39.10	39.17	38.16
	H MAX %	86.48	78.52	63.87	48.77	48.42	48.50	38.42	44.87	54.83	79.35	85.13	84.55
	Temperature min °c	5.49	6.14	10.87	15.71	21.06	23.92	29.04	27.96	24.60	18.68	9.79	5.41
	Temperature max °c	18.25	21.3	26.27	31.93	35.98	39.06	44.89	43.30	38.54	30.09	22.12	18.60
	PLUIE TOTAL mm	5.70	0.00	1.20	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	14.20	24.10	0.20	0.60
	Moyenne de EVA en mm	24.35	47.10	67.87	97.27	104.32	95.47	138.10	104.1	104.20	56.39	37.93	25.19
	Moyenne insolation en heur	82.03	85.83	84.90	100.20	78.58	97.33	99.00	99.39	81.03	67.71	87.00	61.94
	Temperature moy °c	11.87	13.72	18.57	23.82	28.524	31.49	36.96	35.63	31.57	24.38	15.95	12.00
	H Moy %	65.04	54.60	44.80	32.97	33.26	34.85	26.85	31.95	39.66	59.22	62.15	61.35

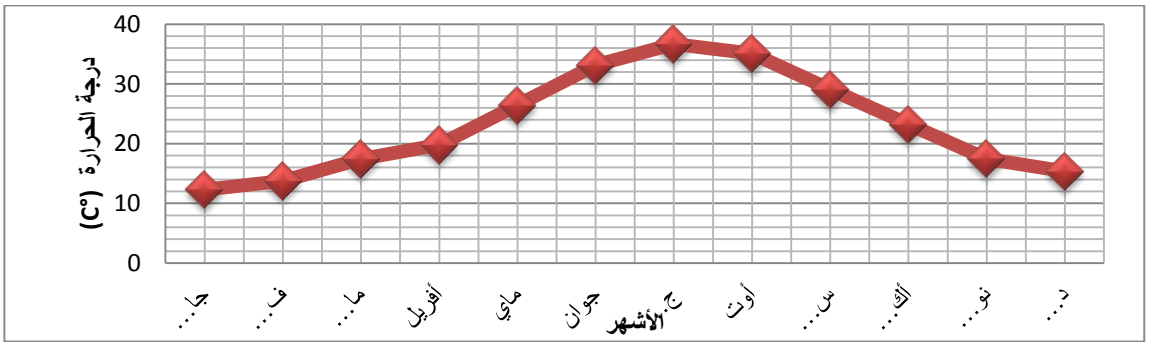
II. 5. 2. 1 .1 . قيم عناصر المناخ لسنة 2008

جدول يحوي قيم عناصر المناخ لسنة 2008

جدول رقم 1.II قيم عناصر المناخ لسنة 2008 [26]

منحنى متوسط درجة الحرارة

الشكل II .8 : يبين منحنى بتغير متوسط درجة الحرارة لسنة 2008

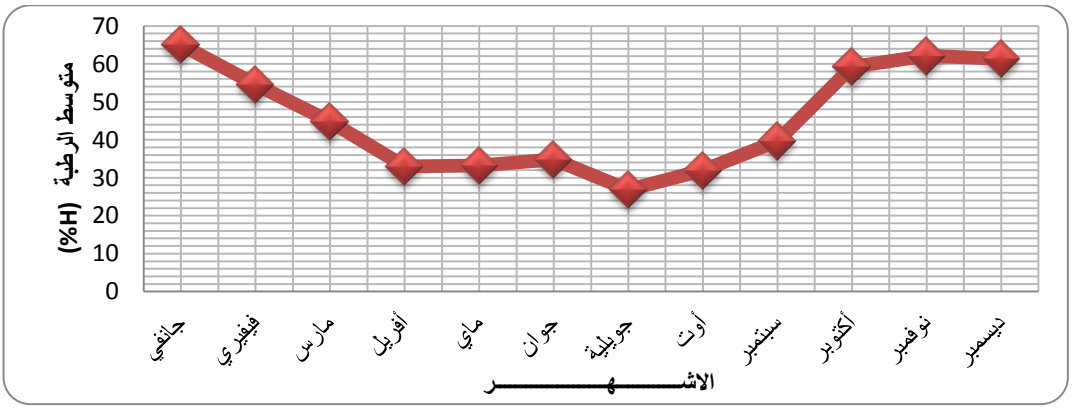


الشكل II.8 : منحنى متوسط درجة الحرارة لـ 2008

الملاحظة : من منحنى تغيرات متوسط درجة الحرارة الشهرية تبين أن درجة الحرارة تبلغ أقصاها في شهر جويلية بقيمة 36.968°C و تبلغ قيمتها الدنيا في شهر جانفي بقيمة 11.8725°C بينما تكون متباينة في بقية الأشهر.

منحنى متوسط الرطوبة

الشكل III .9 : يبين منحنى تغير متوسط الرطوبة لسنة 2008



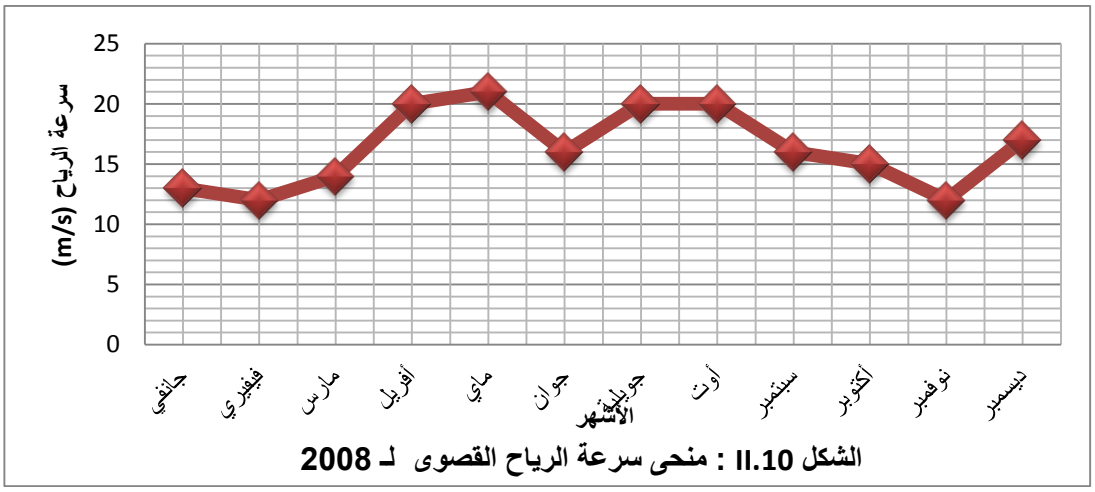
الشكل II .9 : منحنى متوسط الرطوبة لسنة 2008

الملاحظة: من خلال منحنى تغيرات نسبة الرطوبة المحصل عليه تبين أن نسبة الرطوبة تبلغ مداها في شهر جانفي بقيمة 65.045 %بينما تكون القيم الدنيا في فصل الصيف في شهر جويلية بقيمة 26.855%.

و ما يلاحظ أيضا هنالك تناسب عكسي بين نسبة الرطوبة و إرتفاع درجات الحرارة حيث كلما زادت ذسبة الرطوبة قلت درجة الحرارة .

منحنى شدة الرياح القصوى

الشكل II.10 : يبين منحنى سرعة الرياح القصوى لـ 2008

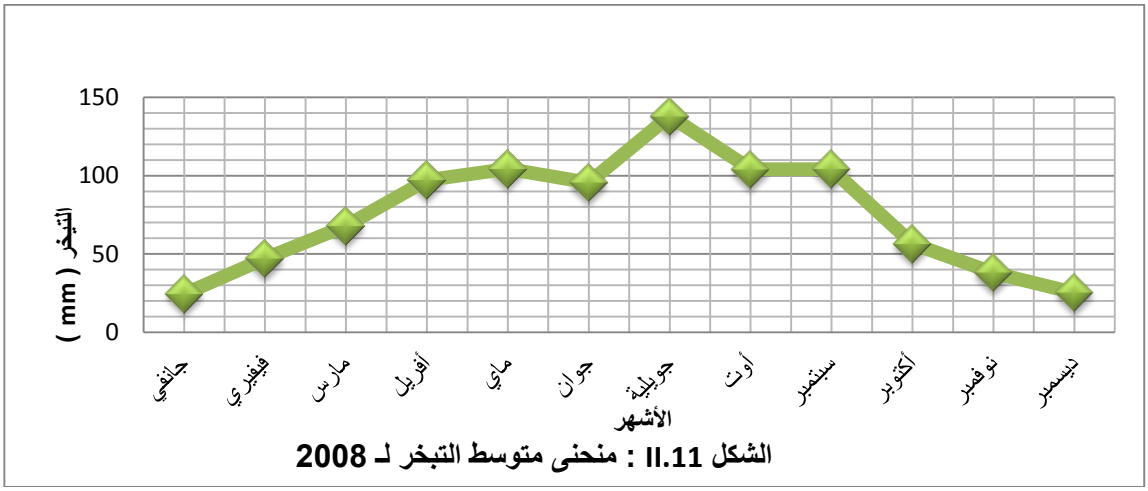


الشكل II.10 : منحى سرعة الرياح القصوى لـ 2008

الملاحظة: من خلال متابعة المنحنى يتبين أن سرعة الرياح تكون عالية من أفريل إلى غاية شهر جويلية عموما .

منحنى متوسط التبخر

الشكل II.11 يبين منحنى متوسط التبخر لـ 2008

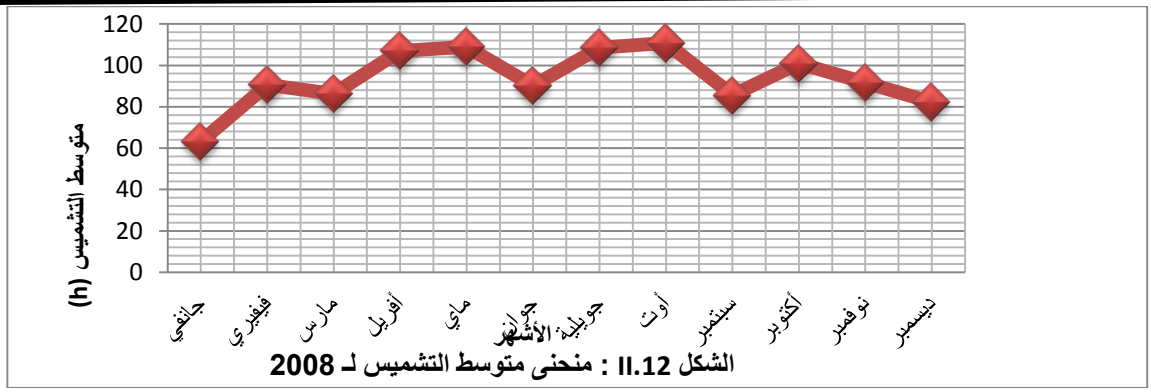


الشكل II.11 : منحنى متوسط التبخر لـ 2008

الملاحظة: الملاحظ أن كمية التبخر تبلغ أقصاها في الأشهر ذات درجة الحرارة المرتفعة مع ربطها بكمية التساقطات حيث سجل القيمة 138.10 mm في شهر جويلية كحد أقصى بينما بلغت قيمتها الدنيا في شهر جانفي بقيمةmm 24.35.

منحنى متوسط نسبة التشميس

الشكل II.12 يبين منحنى متوسط التشميس لـ 2008

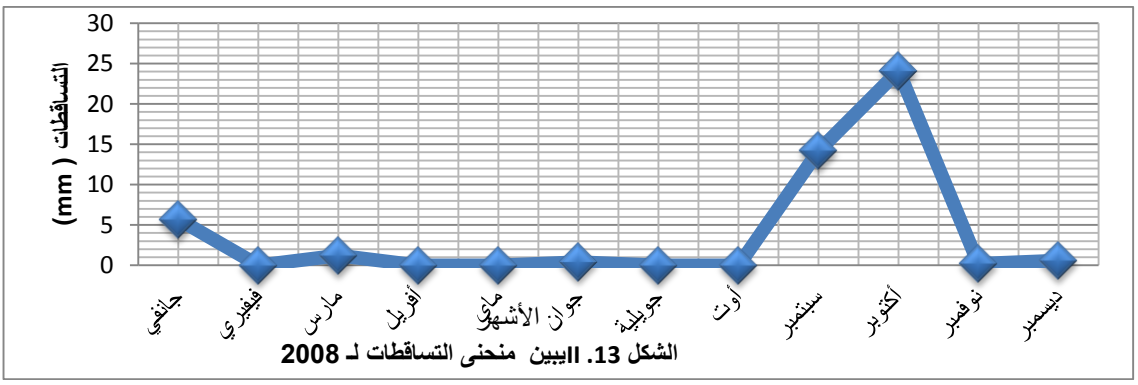


الشكل II.12 : منحنى متوسط التشميس لـ 2008

الملاحظة : من خلال المنحنى نلاحظ أن نسبة التشميس تبلغ أقصاها في شهر أفريل بقيمة 100.20 (h) ساعة بينما تبلغ أدناها في شهر ديسمبر بقيمة 61.94(h) (ساعة) و هذا له علاقة بطول النهار و الليل .

منحنى شدة التساقطات : تتميز المنطقة بأنها قليلة التساقطات في الفصول الباردة وهي متذبذبة من سنة لأخرى ومنعدمة تقريبا في الفصور الحارة .

الشكل 13.II يبين منحنى التساقطات لـ 2008



الشكل 13. IIيبين منحنى التساقطات لـ 2008

الملاحظة : من خلال المنحنى المحصل عليه انطلاقا من قيم التساقطات الكلية الشهرية تبين أن القيمة القصوى للتساقط كانت في شهر أكتوبر بقيمة mm **24.1** بينما تكاد تكون منعدمة في أشهر الصيف .

II. 5. 2. 1 . 2 . نتائج عناصر المناخ لسنة 2009

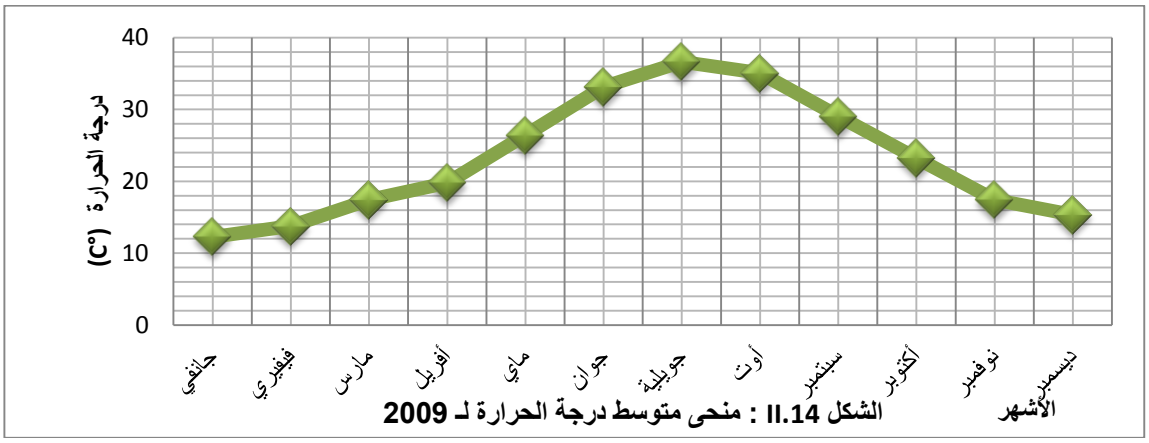
جدول يحوي قيم عناصر المناخ لسنة 2009

جدول رقم 2.II قيم عناصر المناخ لسنة 2009 [26]

السنة	العوامل المناخية	جانفي	فيفيري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
2009	vent max en m/s	26.00	15.00	15.00	17.00	14.00	14.00	16.00	14.00	16.00	10.00	11.00	17.00
	H MIN %	47.97	31.89	27.19	24.73	23.65	17.03	15.48	15.68	28.00	28.32	36.17	29.87
	H MAX %	90.71	79.50	73.94	66.70	59.87	44.93	39.06	42.58	68.73	67.13	79.07	72.13
	Temperature min °c	6.77	7.22	10.11	12.07	18.48	25.35	28.72	27.17	22.05	15.69	9.42	7.72
	Temperature max °c	17.78	20.31	24.73	27.51	34.38	40.93	44.59	42.96	36.06	30.78	25.47	22.94
	PLUIE TOTAL mm	54.10	1.50	10.60	0.80	0.00	2.50	0.00	0.00	6.30	0.10	0.00	0.00
	Moyenne de EVA en mm	26.10	41.18	48.97	57.53	49.26	111.00	134.61	124.00	74.00	53.71	36.73	35.84
	Moyenne insolation en heur	63.26	90.64	86.26	107.03	109.06	90.17	108.55	110.84	85.60	100.94	91.70	82.23
	Temperature moy °c	12.28	13.76	17.42	19.79	26.43	33.14	36.65	35.06	29.05	23.23	17.44	15.33
	H Moy %	69.34	55.69	50.56	45.71	41.76	30.98	27.27	29.13	48.36	47.725	57.62	51.00

منحنى متوسط درجة الحرارة

الشكل II.14 يبين منحى متوسط درجة الحرارة لـ 2009 .

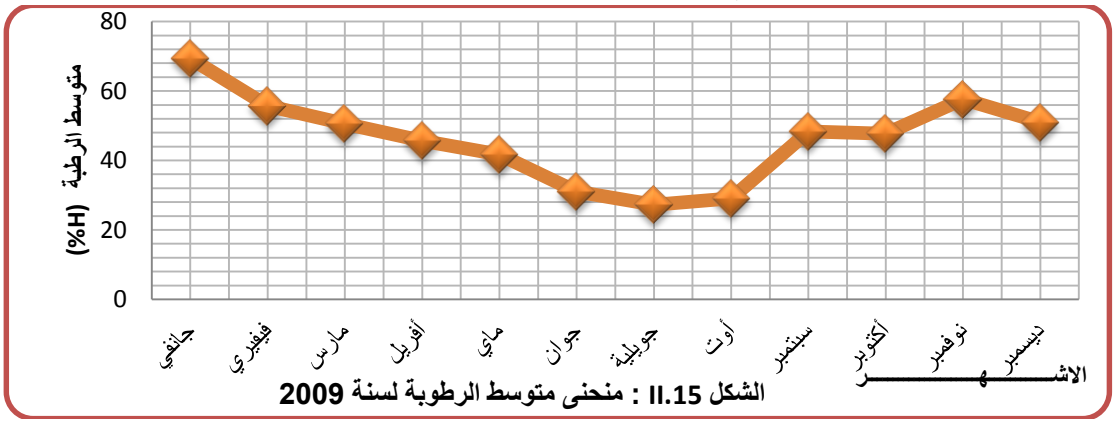


الشكل II.14 : منحى متوسط درجة الحرارة لـ 2009

الملاحظة : من منحنى تغيرات متوسط درجة الحرارة الشهرية تبين أن درجة الحرارة تبلغ أقصاها في شهر جويلية بقيمة °C 36.6595 و تبلغ قيمتها الدنيا في شهر جانفي بقيمة°C 12.2805 بينما تكون متباينة في بقية الأشهر.

منحنى متوسط الرطوبة

الشكل II.15 يبين منحنى متوسط الرطوبة لسنة2009

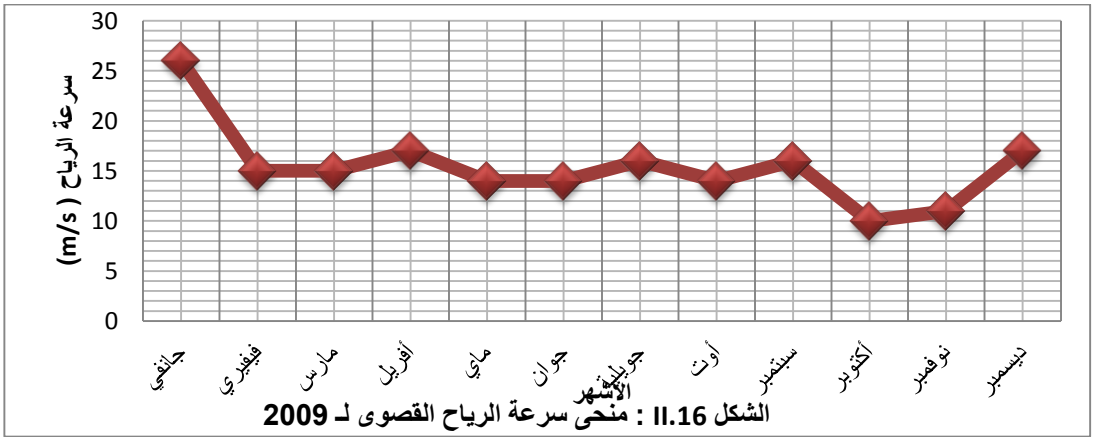


الشكل II.15 : منحنى متوسط الرطوبة لسنة 2009

الملاحظة: من خلال منحنى تغيرات نسبة الرطوبة المحصل عليه تبين أن نسبة الرطوبة تبلغ مداها في شهر جانفي وهذا راجع لكون هذا الشهر كان ممطرا جدا بينما تكون القيم الدنيا في فصل الصيف في شهر جويلية .

منحنى شدة الرياح القصوى

الشكل II.16 يبين منحى سرعة الرياح القصوى لـ 2009

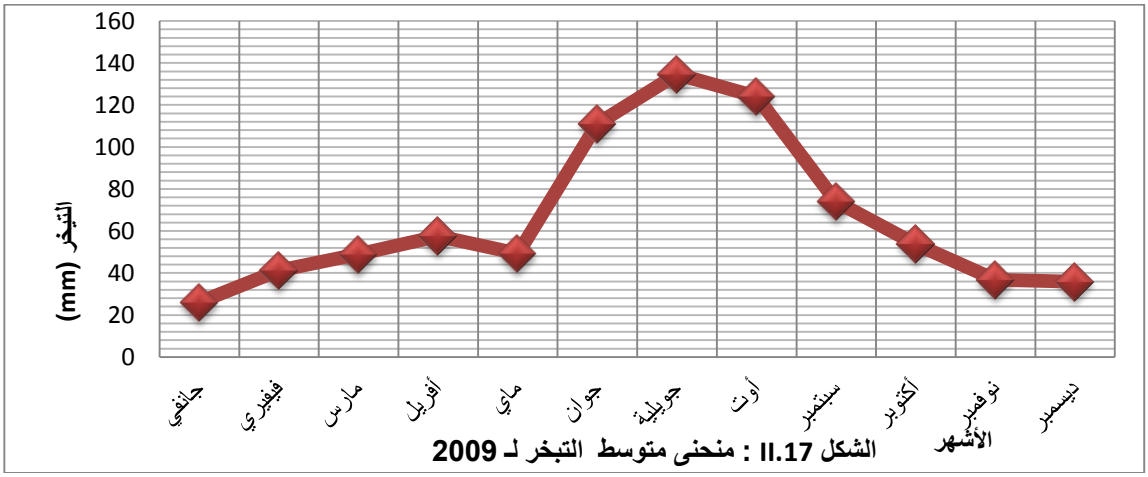


الشكل II.16 : منحنى سرعة الرياح القصوى لـ 2009

الملاحظة: من خلال متابعة المنحنى يتبين أن سرعة الرياح تكون عالية من أفريل إلى غاية شهر سبتمبر عموما .

منحنى متوسط التبخر

الشكل II.17 يبين منحنى متوسط التبخر لـ 2009

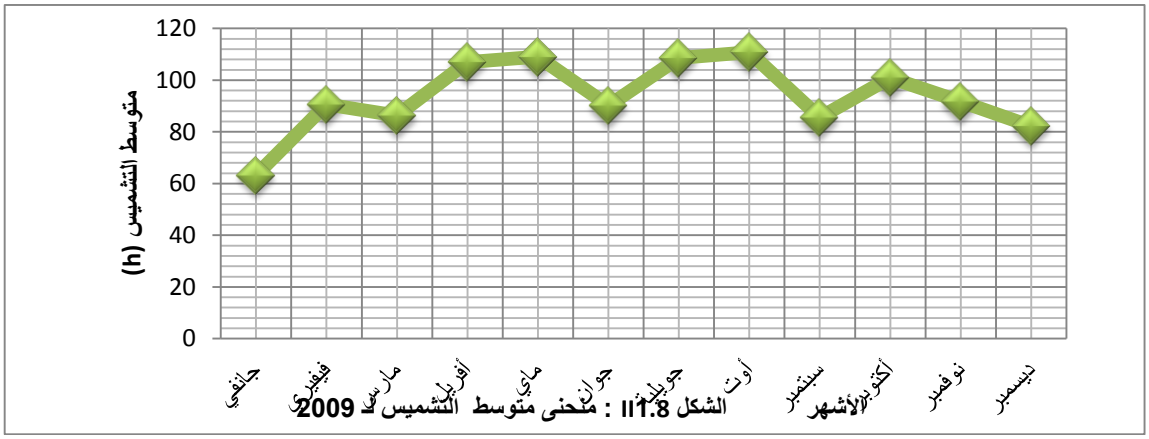


الشكل II.17 : منحنى متوسط التبخر لـ 2009

الملاحظة: الملاحظ أن كمية التبخر تبلغ أقصاها في الأشهر ذات درجة الحرارة المرتفعة مع ربطها بكمية التساقطات حيث سجل القيمة 134.61 mm في شهر جويلية كحد أقصى بينما بلغت قيمتها الدنيا في شهر جانفي بقيمة26.10mm .

منحنى متوسط نسبة التشميس

الشكل II.18 يبين منحنى متوسط التشميس لـ 2009

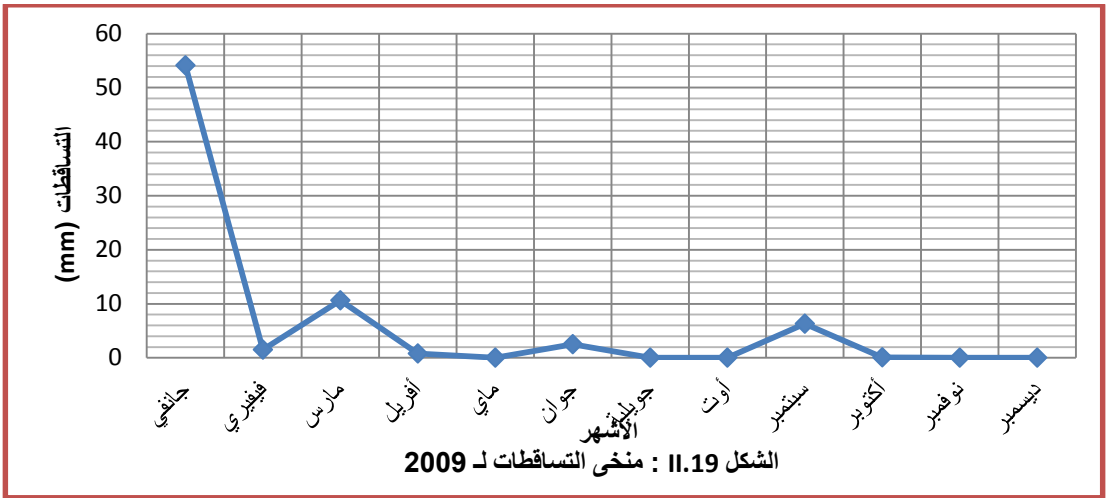


الشكل II.18 : منحنى متوسط التشميس لـ 2009

الملاحظة : من خلال المنحنى نلاحظ أن نسبة التشميس تبلغ أقصاها في شهر أوت بقيمة 110.84 h بينما تبلغ أدناها في شهر جانفي بقيمة 63.26 h .

منحنى شدة التساقطات : تتميز المنطقة بأنها قليلة التساقطات في الفصول الباردة وهي متذبذبة من سنة لأخرى ومنعدمة تقريبا في الفصول الحارة .

الشكل II.19 يبين منحى التساقطات لـ 2009



الشكل II.19 : منحى التساقطات لـ 2009

الملاحظة : من خلال المنحنى المحصل عليه انطلاقا من قيم التساقطات الكلية الشهرية تبين أن القيمة القصوى للتساقط كانت في شهر جانفي 54.1 mm حيث أعتبر هذا الفصل ممطرا بينما بقية الفصول تكاد تكون منعدمة.

II. 5. 2. 1 . 3 . نتائج عناصر المناخ لسنة 2010 :

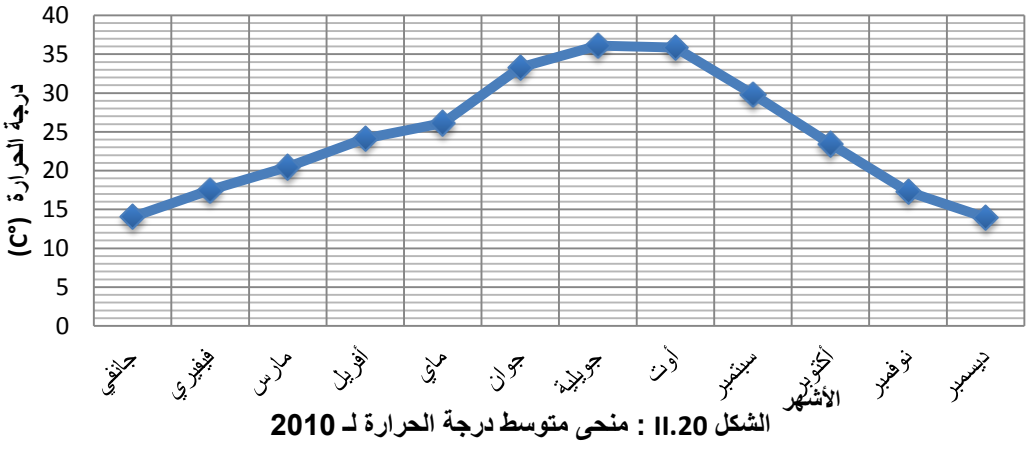
جدول يحوي قيم عناصر المناخ لسنة 2010

جدول رقم II.3 قيم عناصر المناخ لسنة 2010 [26]

السنة	العوامل المناخية	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	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	53.23	45.47	42.32	45.68	63.10	68.13	74.17	66.71
	Temperature min °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
	Temperature max °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
	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
	Moyenne 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
	Moyenne 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
	Temperature moy °c	14.06	17.49	20.46	24.15	26.13	33.32	36.12	35.87	29.83	23.44	17.31	13.96
	H MOY %	53.27	47.80	39.72	42.90	37.18	32.18	30.04	32.72	46.01	47.24	54.15	47.87

منحنى متوسط درجة الحرارة

الشكل II.20 يبين منحى متوسط درجة الحرارة لـ 2010

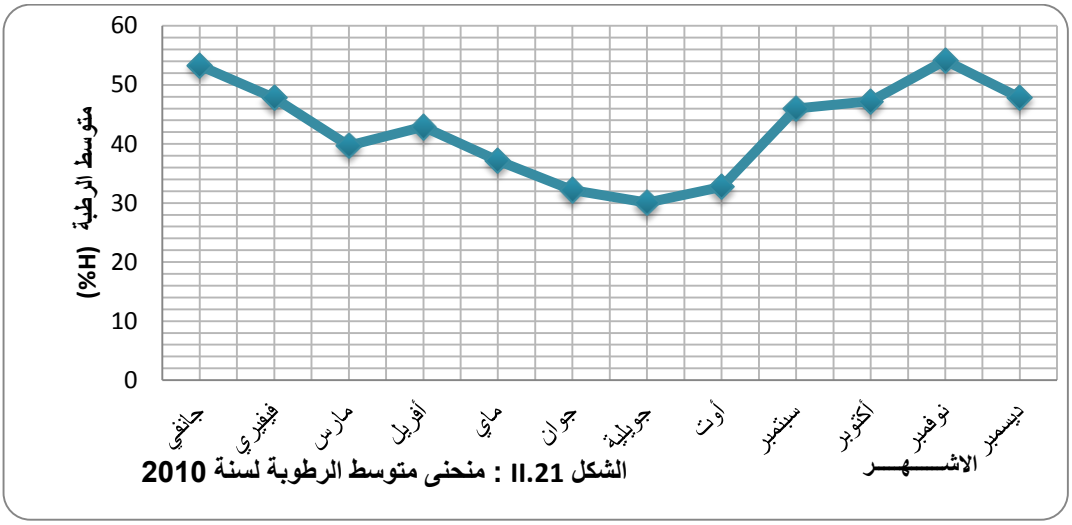


الشكل II.20 : منحى متوسط درجة الحرارة لـ 2010

الملاحظة : من منحنى تغيرات متوسط درجة الحرارة الشهرية تبين أن درجة الحرارة تبلغ أقصاها في شهر جويلية بقيمة °C 36.121 و تبلغ قيمتها الدنيا في شهر ديسمبر بقيمة°C 13.966 بينما تكون متباينة في بقية الأشهر.

منحنى متوسط الرطوبة

الشكل II.21 يبين منحنى متوسط الرطوبة لسنة 2010

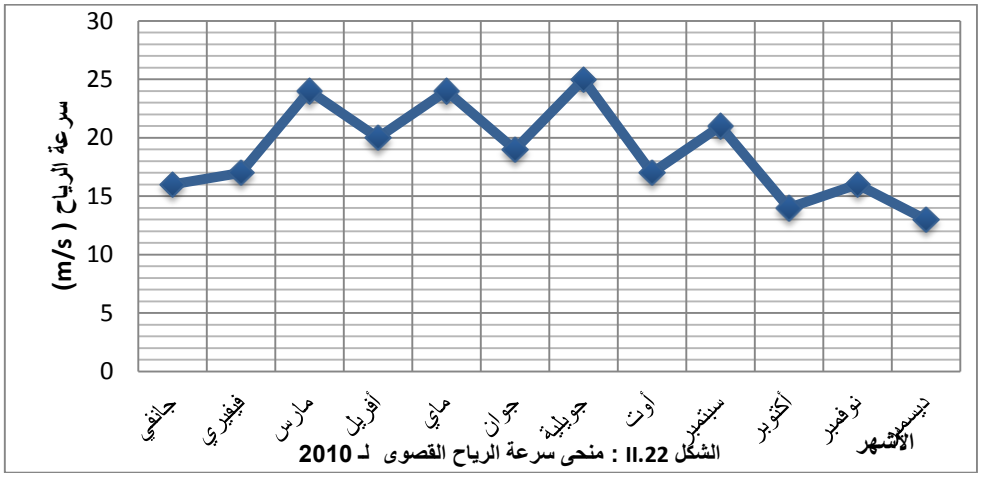


الشكل II.21 : منحنى متوسط الرطوبة لسنة 2010

الملاحظة: من خلال منحنى تغيرات نسبة الرطوبة المحصل عليه تبين أن نسبة الرطوبة تبلغ مداها في شهر نوفمبر و التي بلغت % 54.15 و كانت أدنى قيمة لها في شهر جويلية حيث بلغت % 30.045 و هذا راجع دائما لإرتفاع درجة الحرارة وقلة الأمطار.

منحنى شدة الرياح القصوى

الشكل II.22 يبين منحى سرعة الرياح القصوى لـ 2010

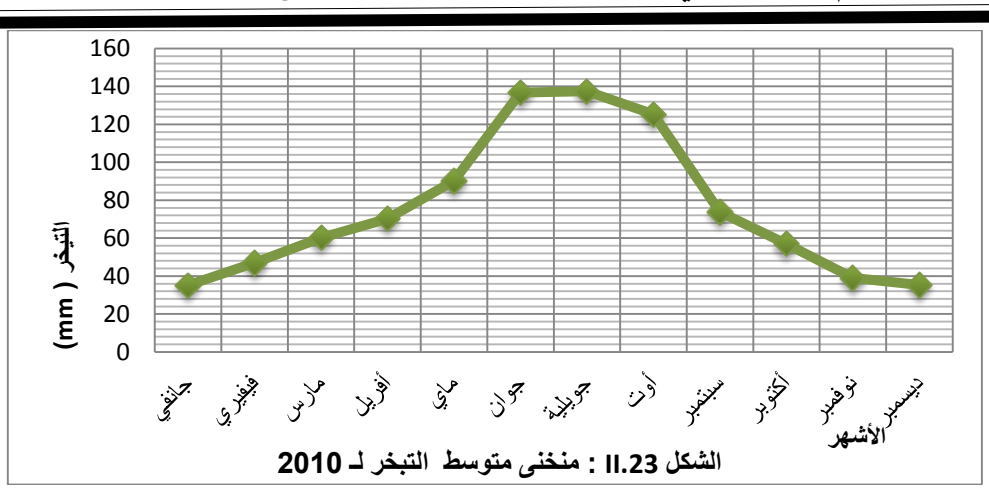


الشكل II.22 : منحى سرعة الرياح القصوى لـ 2010

الملاحظة: من خلال متابعة المنحنى يتبين أن سرعة الرياح تكون عالية من مارس حتى شهر سبتمبر. كذلك يلاحظ أن هذه السنة شهدت عواصف ريحية على مرور السنة تقريبا .

منحنى متوسط التبخر

الشكل II.23 يبين منحنى متوسط التبخر لـ 2010

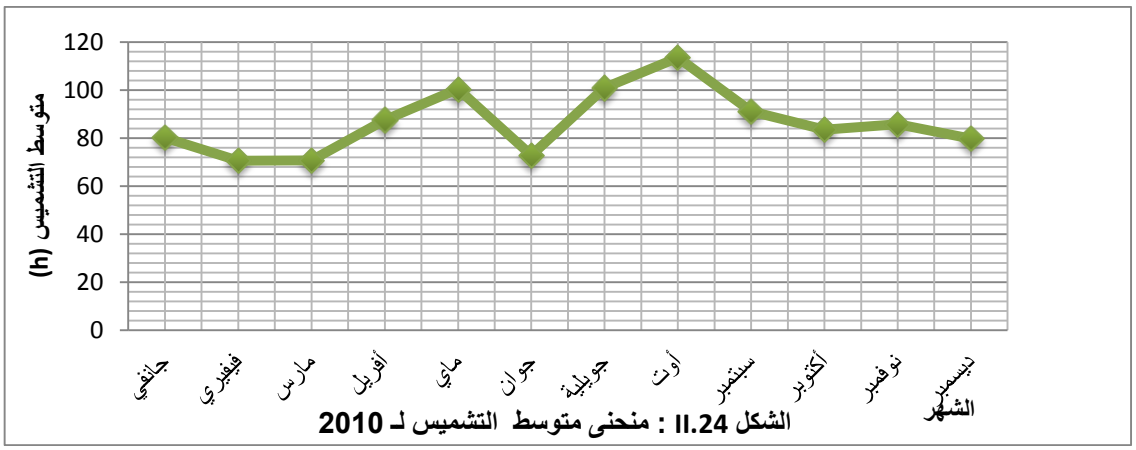


الشكل II.23 : منحنى متوسط التبخر لـ 2010

الملاحظة: الملاحظ أن كمية التبخر تبلغ أقصاها في الأشهر ذات درجة الحرارة المرتفعة مع ربطها بكمية التساقطات حيث سجل القيمة 137.39 mm في شهر جويلية كحد أقصى بينما بلغت قيمتها الدنيا في شهر جانفي بقيمة 35.16mm .

منحنى متوسط نسبة التشميس

الشكل II.24 يبين منحنى متوسط التشميس لـ 2010

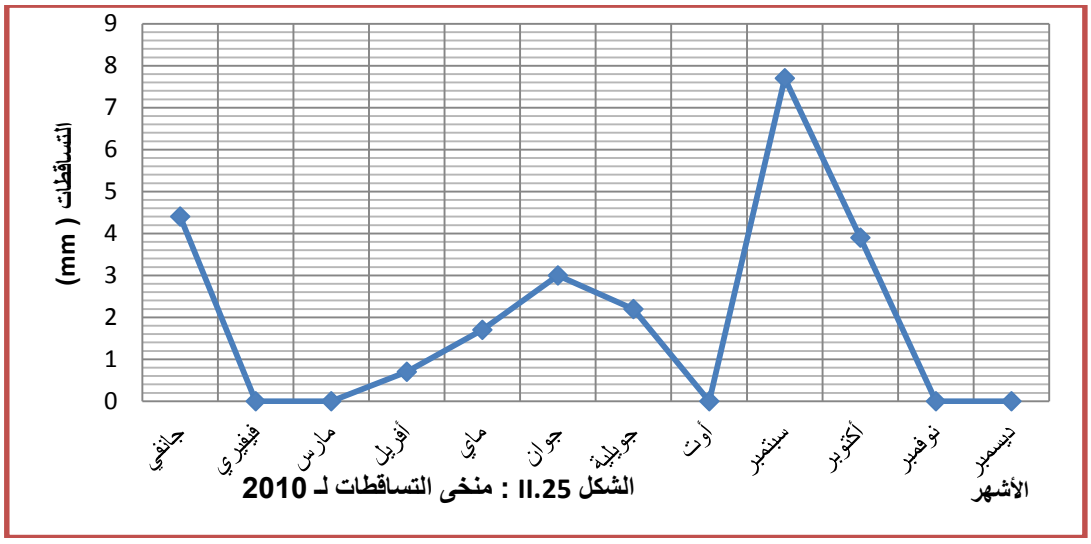


الشكل II.24 : منحنى متوسط التشميس لـ 2010

الملاحظة : من خلال المنحنى نلاحظ أن نسبة التشميس تبلغ أقصاها في شهر أوت بقيمة 113.58 h بينما تبلغ أدناها في شهر فيفري جانفي بقيمة 70.64 h .

منحنى شدة التساقطات : تتميز المنطقة بأنها قليلة التساقطات في الفصول الباردة وهي متذبذبة من سنة لأخرى ومنعدمة تقريبا في الفصول الحارة .

الشكل II.25 يبين منحى التساقطات لـ 2010



الملاحظة : من خلال المنحنى المحصل عليه انطلاقا من قيم التساقطات الكلية الشهرية تبين أن القيمة القصوى للتساقط كانت في شهر سبتمبر 7.7 mm . بينما كانت قليلة في شهر أكتوبر، جانفي ، جويلية جوان و ماي أما بقية الأشهر فهي منعدمة تقريبا .

من خلال المنحنيات لكل السنوات الثلاث نلاحظ مايلي : درجة الحرارة تبلغ ذروتها في شهر جويلية ، الرياح تكون قوية بداية من مارس حتى سبتمبر أما التساقطات يمكن القول أنها تقريبا منعدمة ما عدا سنة 2009 التي شهدت في شهر جانفي أمطار شبه غزيرة ، الرطوبة و التبخر كونهما عاملان يتأثران بدرجة الحرارة .

II . 5. 3. استهلاك الطاقة

استهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة يشكل صورة متباينة حيث يختلف هذا الاستهلاك من فصل إلى آخر حيث يبلغ ذروته في فصل الصيف، سوف نتطرق إلى تحليل استهلاك الطاقة الكهربائية بمدينة ورقلة من خلال معطيات و جداول تحصلنا عليها من الشركة الوطنية للكهرباء و الغاز و التي تبين الكميات المستهلكة من الطاقة الكهربائية خلال السنوات الثلاث 2008 ، 2009 و 2010. [25]

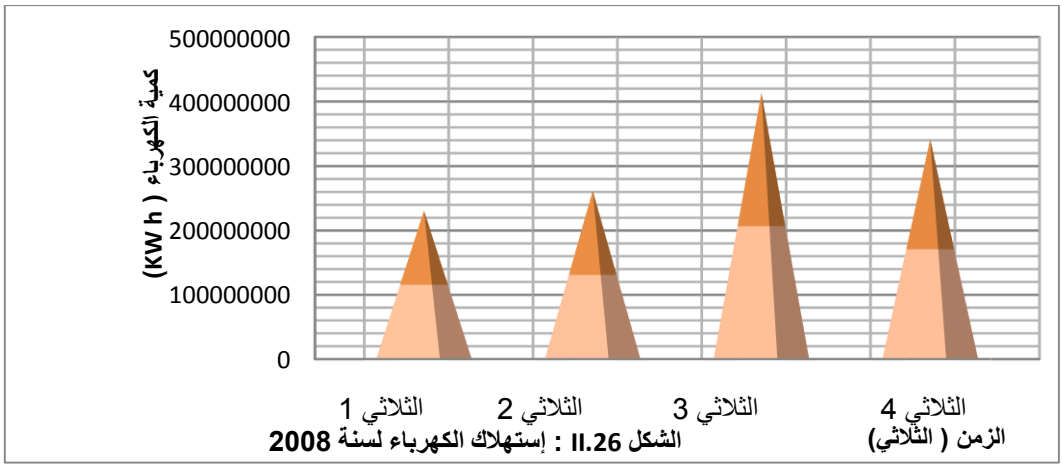
II. 5. 3. 1 . إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2008

جدول رقم 4.II . يبين إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2008

جدول رقم 4.II . إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2008 [25]

سنة 2008					
الثلاثي	الثلاثي 1	الثلاثي2	الثلاثي3	الثلاثي4	المجموع
إستهلاك الكهرباء (KW h)	111226550	131029116	188083334	137768546	568107546

الشكل 26.II يبين إستهلاك الكهرباء لسنة 2008



الشكل II.26 : إستهلاك الكهرباء لسنة 2008

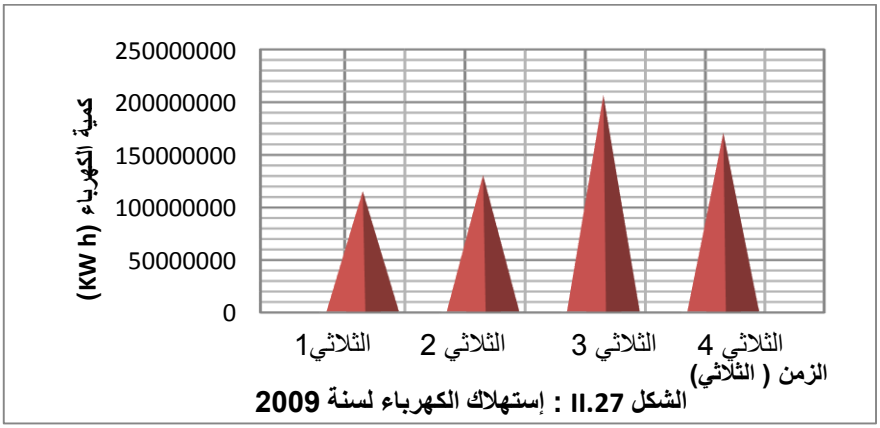
II . 5. 3. 2 . إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2009

جدول رقم 5.II . يبين إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2009

جدول رقم 5.II . يبين إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2009 [25]

سنة 2009					
الثلاثي	1	2	3	4	المجموع
إستهلاك الكهرباء (KW h)	123804956	122434034	209012854	147280219	602532063

الشكل 27.II يبين إستهلاك الكهرباء لسنة 2009



الشكل II.27 : إستهلاك الكهرباء لسنة 2009

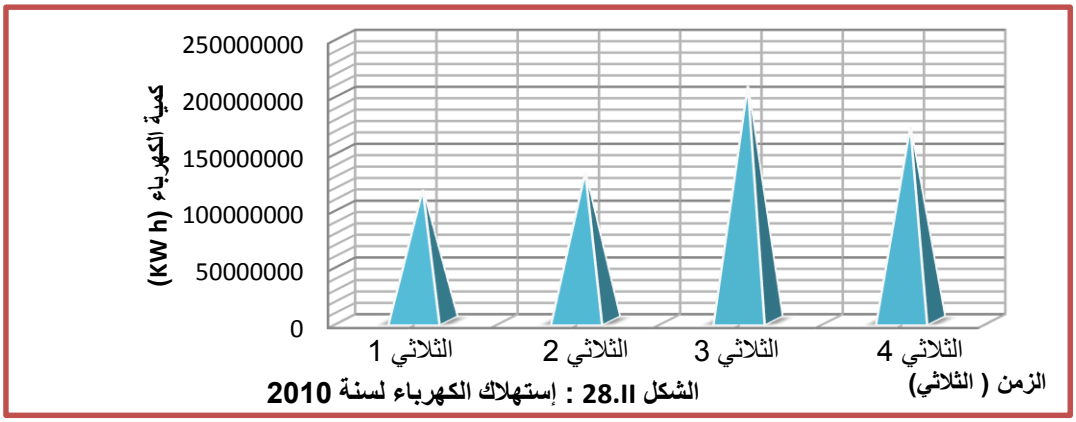
II 5. 3. 3 . إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2010

جدول رقم 6.II يبين إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2010

جدول رقم 6.II . إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة ورقلة لسنة 2010 [25]

سنة 2010					
الثلاثي	1	2	3	4	المجموع
إستهلاك الكهرباء (KW h)	115645530	130982371	206882026	170996231	624506158

الشكل 28.II : إستهلاك الكهرباء لسنة 2010



من خلال المعطيات المحصل عليها من طرف الشركة الوطنية للكهرباء و التي ترجمت إلى منحنيات ما يلاحظ أن إستهلاك الطاقة الكهربائية يزيد في فصل الصيف و الذي يوافق الثلاثي الثالث مقارنة بالفصول الأخرى . و هذا ما شوهد في السنوات الثلاث (2008 – 20009 – 2010) .

II. 6.الخلاصة :

يختلف تصميم نماذج بناء المساكن في المناطق، التي تستقبل كميات كبيرة من الأمطار والثلوج حيث تكون الأسقف هرمية الشكل عن تلك التي تتواجد في المناطق الحارة الجافة حيث تكون الأسقف أفقية أو مستوية كما أن المباني في المناطق المعتدلة ، والمعتدلة الباردة ، تتباعد عن بعضها بعضًا وشوارعها واسعة ، لتسمح بأكبر قدر من الأشعة الشمسية بدخول المنازل .أما المناطق الحارة الجافة فتكون المساكن متقاربة، وشوارعها غالبًا ما تكون ضيقة، حتى ينعم السكان بأكبر قسط من الظلال . ويعمل المتخصصون على اختيار الموقع المناسب لبناء المنازل واختيار أنسب الاتجاهات لواجهتها، وذلك تبعًا لزوايا سقوط الأشعة الشمسية واتجاه هبوب الرياح وتنوع الظروف الطقسية.

ومما سبق يتضح أن علم المناخ يعد من أكثر العلوم الجغرافية، التي تهم الباحثين والعاملين في مجال العلوم الأخرى .كما أتضح أن كثيرًا من الموارد الطبيعية والبشرية ونشاطات الإنسان تتأثر هي الأخرى بالظروف والأحوال الجوية.

مناخ مدينة ورقلة يتميز بفصل صيف شديد الحرارة و هي سيمة مميزة للمنطقة مما يجعل مستعملي المباني و الإدارات اللجوء إلى استهلاك طاقة كهربائية تستعمل لتشغيل وسائل التكييف المتنوعة والتي يضطر إليها الإنسان لطرد الحرارة الشديدة النافذة إلى مساكنهم .

لذا يجب على الباحثين في مجال البناء و خاصة منهم قاطني المناطق الصحراوية البحث في المواد المحلية الممكن استعمالها و التي تتوفر فيها مقاومة حرارية كبيرة و كذلك ضرورة التفكير في الأخذ بعين الاعتبار الطرق التقنية والسليمة في انجاز المباني بالمنطقة سواء من حيث اختيار المواد الأولية في الانجاز التي تتلاءم مع طبيعة المنطقة واختيار الحلول التقنية المساعدة في التخفيض من حدة المناخ خاصة ارتفاع درجة الحرارة كما هو الشأن بالنسبة لتقنية العزل الحراري.

لقد ثبت من خلال الدراسات و التجارب الجدوى من استخدام العوازل الحرارية للتوفير في استهلاك الطاقة الكهربائية بالإضافة إلى ذلك فهي تعمل على المحافظة على درجة الحرارة المريحة للإنسان داخل المبنى و ذلك للحد من تسرب الحرارة من و إلى داخل المبنى وهذا يساعد على تقليل حجم الأجهزة المستعملة في أغراض التكييف إضافة إلى تقليل ساعات تشغيلها. علما أن أجهزة التكييف تستهلك نسبة كبيرة من الطاقة الكهربائية التي يستهلكها المشترك.

أما بالنسبة إلى تأثير العوامل المناخية على استعمال و استهلاك الطاقة، فقد تبين أنه للعوامل المناخية تأثير على استعمال وسائل التبريد والتسخين وتتمثل في(الحرارة ، والإشعاعات الشمسية، الرطوبة) وبالنسبة للعوامل المناخية المؤثرة على استعمال التهوية فتتمثل في (الرطوبة و الإشعاعات الشمسية) ، ويتأثر استعمال الإضاءة أثناء النهار بالعوامل المناخية (الرطوبة و الإشعاعات الشمسية).

الفصل الثالث

خصائص المواد المستعملة

في

إنجاز اللبنات المختبرة

III - 1 . مقدمة

البناء مر عبر مراحل عدة حيث كانت مادة الطين أكثر المواد انتشارا و قربا من الإنسان البدائي هنالك بعد روحي يربط الإنسان بمادة الطين ، هذه المادة التي تعتبر المكون الرئيسي لخلقه مما ساهم أكثر في تبني هذه المادة كمكون أساسي في بناء منزله .

و مع مرور الزمن و صل الإنسان إلى صناعة الطين المقولب و الممزوج ببعض الألياف كالتبن مثلا و الذي كان يجفف طبيعيا و بعد مدة تم اكتشاف بعد حدوث حرائق في المنازل المنجزة من الطين المقولب تزيد متانته فقام الإنسان في التفكير في طهي الطين المقولب بعد عملية التجفيف مما زاد في مقاومته .

مع اكتشاف الإسمنت ومن ثم الخرسانة راح الإنسان يستعمل اللبنات الخرسانية لما لها من خصائص ميكانيكية جيدة دون مقارنتها بالسلبيات التي توجد بالخرسانة ؛ حيث استعمل الإنسان الخرسانة بغزارة حيث لا يكاد بيت يخلو من الخرسانة في البناءات الحديثة .

إذا تأملنا البناءات في بيئتنا الصحراوية (مناخ حار جاف صيفا و بارد شتاءا) فإننا نشاهد عدم توافق كلي بين البيئة و المواد المستعملة في البناء حيث أغلبيتها من الخرسانة و التي تمتلك سلوكات سيئة في الأداء الحراري لما له أثر على الراحة الحرارية للإنسان و كذلك التبذير في الطاقة الكهربائية .

تعتبر مادة الجبس أكثر المواد انتشارا في المناطق الصحراوية إلا أن استعمالها بدا مختصرا على عملية التلبيس الداخلي في البناءات و كذا في إنجاز الديكورات الجبسية ، علما أن مساكن أنجزت من الجبس (الجدران و كذلك اللبنات المستعملة في السقف) في مدينة ورقلة و مدينة بسكرة و هي حتى الساعة قائمة دون تسجيل مشاكل تذكر في هذه البناءات علما أن للجبس خصائص ميكانيكية لا بأس بها وكذا خصائصه الحرارية الجيدة .

مع البحث المتواصل في مواد البناء تم صناعة لبنات من مادة البوليستران المقولب التي تمتلك خصائص حرارية ممتازة مقارنة بالطين ، الخرسانة و الجبس إلا أن سعره مرتفعا نوعا ما و عدم توفره في السوق ، استعماله عند البعض نظرا للأسباب المذكورة آنفا و كذا لجهل الناس بفائدة استعماله (العزل الحراري و الصوتي و كذا خفة وزنه) (الكتلة الحجمية الصغيرة جدا).

لذلك في بحثنا هذا إستعملنا أربع أنواع من اللبنات المستعملة في السقف (الخرسانية ، التربة المحروقة ، الجبسية ، البوليسترينية) . و فيما يلي خصائص كل مادة :

III - 2 . اللبنات الآجرية

اللبنات الآجورية هي مادة من مواد البناء تستخدم في إنشاء الجدران والسقوف و السقوف المائلة .

يصنع الآجر من الطين «المقولب». وصناعة الآجر من أقدم صناعات مواد البناء المعروفة، إذ كان الطين يوضع في القالب ويجفف في الشمس، ثم بدأت عملية طهي الطين لصنع الآجر على يد البابليين الذين استخدموه استخداماً واسعاً في أعمال بناء قصورهم ومعابدهم وبرج بابل الشهير.

وقد لوحظ عَرضياً على أثر بعض الحرائق أن الطهي يجعل الآجر المجفف أشد قساوة، كما أن استعمال الرواسب الغضارية التي تصلبت تصلباً شديداً لم يكن ممكناً إلا بعد طحنها باستعمال آلات الطحن . وقد مكّن التقدم التقني من تنمية صناعة الآجر على نحو جعل منها اليوم صناعة ذات منتجات متنوعة جداً تدخل في مختلف عناصر البناء وفي التغطيات ومجاري المياه .

III - 2 . 1 . صنع اللبنات

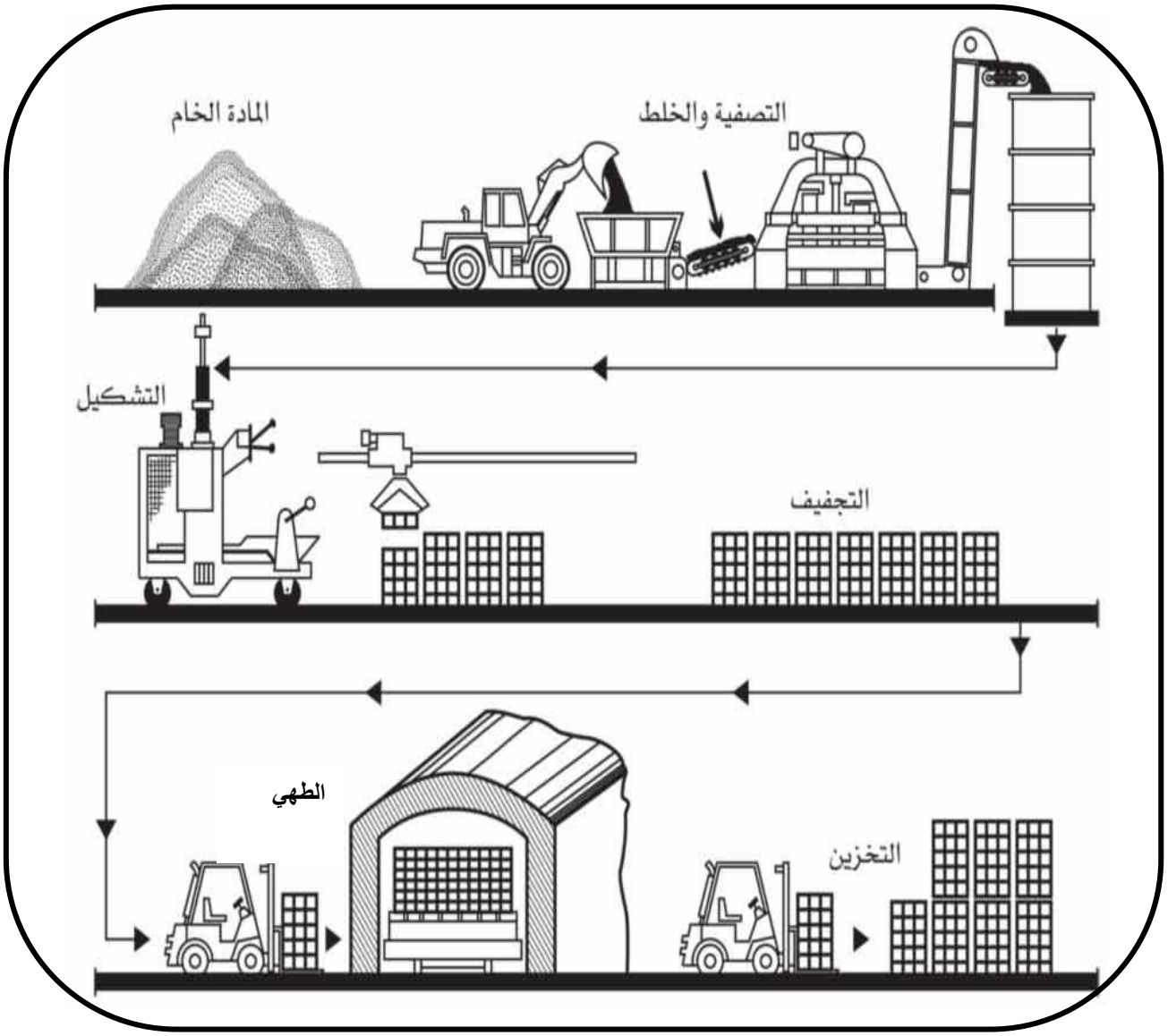
III - 2 . 1 . 1 . المادة الأولية

المادة الأولية لصنع الآجر هي الطين ، وهو ناتج عن تفتت بعض الصخور الرسوبية بفعل عوامل الطبيعة، ويوجد في طبقات التربة بشكل صفائح ، وأشهر فلزات الغضار هي: الكاولينيت kaolinite (نسبة إلى تل كاولنغ في الصين)، والإيليت illite (نسبة إلى ولاية إيلينوي في الولايات المتحدة الأمريكية)، والمونموريُّونيت montmorillonite (نسبة إلى مدينة مونموريون في فرنسا). وتحتوي كلها على نسب مختلفة من السيليس (السيليكا) SiO_2 والألمين (الألمينا) Al_2O_3. ، إضافة إلى ذلك هنالك

شوائب من فلزات متحدة معه مثل الكوارتز وبعض أكاسيد الحديد وكربونات (فحمات) الكلسيوم والمغنزيوم، وأحياناً مواد عضوية . وتعطي أكاسيدُ الحديد اللون التي تتميزبها لبنات الآجر [27].

III - 2 . 1 . 2 . مراحل صنع اللبنات الآجورية

يمر صنع الآجر بالمراحل الخمس التالية الشكل(III -1) :



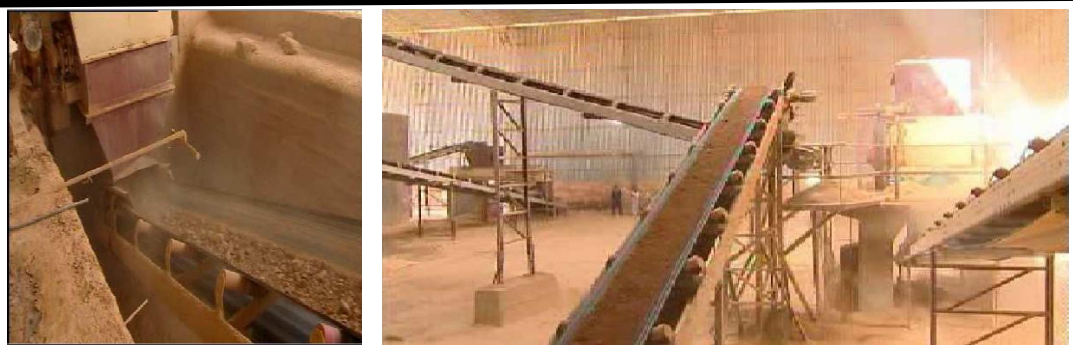
الشكل(III -1) مراحل صنع الآجر

أ. استخراج المواد ونقلها إلى المصنع

يتم باستعمال آلات ميكانيكية (حفر – إستخراج – شحن) و يتم نقلها بواسطة شاحنات ، سكك حديدية أو أشرطة نقل .

الصورة (III .1) مقلع لإستخراج الطين

ب . تهيئة المواد : و فيها يتم تنقية المواد وتنقيتها من الشوائب، ثم تحضير العجينة بالسحق والخلط و ذلك بإضافة نسبة من الرمل بحدود 25- 30 % إلى الخلطة في آلات خاصة. وبعد ذلك يتم ترطيب العجينة في آلات الخلط بإضافة الماء أو بخاره في أنفاق خاصة [28].



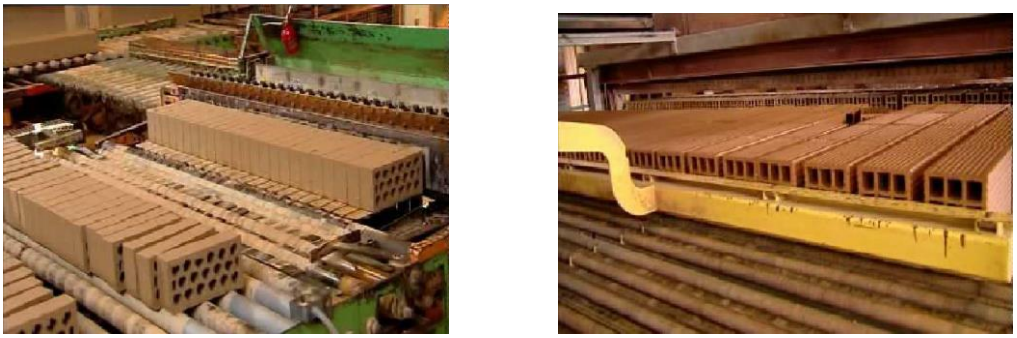
الصورة(III .2) عملية تحضير العجينة

ج . **التشكيل:** وفيه يتم تشكيل الخلطة الرطبة في قوالب خاصة لإعطائها الشكل المطلوب. وهناك ثلاث طرائق للتشكيل هي : [28 - 30].

. **الطريقة الرطبة:** وفيها تتراوح نسبة الماء المضاف إلى العجينة من 20% إلى 30% من الوزن الجاف للخلطة، وذلك تبعاً لدرجة لدونة الطين المستخدم لتكون العجينة قابلة لأن تأخذ الشكل المطلوب من دون أن تتفتت عند فك القالب، وهذه الطريقة هي الأكثر شيوعاً في إنتاج الآجر المُصْمت والآجر المثقب والآجر المجوّف.

. **الطريقة النصف الرطبة:** وفيها تكون نسبة الماء بحدود 15% إلى 20% من وزن الخلطة الجافة. ويتم تشكيل العجينة في هذه الطريقة بالبَثْق في قوالب متحركة .

. **الطريقة الجافة :** وفيها تكون نسبة الماء بحدود 08% إلى 12% من وزن الخلطة الجافة. ويتم تشكيلها في قوالب مضغوطة خاصة معقدة تحت ضغط يصل إلى $250\ kg/cm^2$. ومزايا هذه الطريقة أنها تخفف مرحلة التجفيف وتجعل تقلص القطع المشكلة صغيراً جداً.



الصورة (IIII .3) عملية تشكيل اللبنات

د . **التجفيف:** وفيه يتم تجفيف القطع المشكلة لتصبح نسبة الماء فيها نحو 7% إلى 9% من وزنها. ويتم التجفيف بتكديس القطع في الهواء الطلق عدة أسابيع أو في أفران نَفَقيّة تصل حرارتها إلى°C 70 أو بتعريضها لهواء جاف ساخن . [28 ، 29]

الصورة (III -4) عملية التجفيف للبنات

هـ . **الطهي :** وفيه تتم عملية إكساب اللبنات المشكّلة المجففة القساوة والصلابة بحرقها في أفران خاصة نفقية أو دوارة أو متعرجة. ويكتسب الطين صلابته اللازمة في درجة حرارة °C 800 بالانصهار الذي يحدث للمكونات المعدنية الداخلة في تركيبه

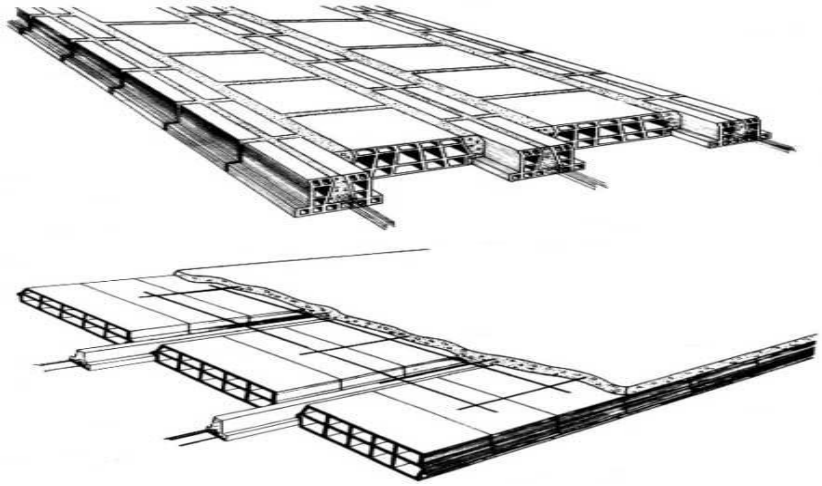
فتربط بين الحبيبات التي احتفظت بصلابتها في هذه الحرارة. وتتم عملية الطهي بتدرج في ارتفاع درجة الحرارة حتى تصل إلى800 °Cأو1000 °C ويُتَّخَذُ هذا التدرج للحيلولة دون التصلب السابق لأوانه لسطح اللبنات قبل تبخر الماء الذي في أعماقها، مما يسبب ضعفاً في داخل القطعة، ويسبب تشققها وتصدعها عند الاستخدام، ويجب أن يتم تبريد القطع المشوية تبريداً متدرجاً للحيلولة دون تشققها أيضاً [28،29] .

III - 2 . 2 . أنواع الآجر

يقسم الآجر بحسب استخدامه إلى الأنواع الرئيسة التالية :

- **الآجر العادي:** وهو آجر مصمت أو مثقب أو مجوف تراوح مقاومته للضغط بين 50 و300 kg/cm^2 ويستخدم هذا النوع في إنشاء الجدران الحاملة والجدران الفاصلة . [29 ، 31]
- **الآجر التزييني:** وهو آجر مصمت أو مثقب تراوح مقاومته للضغط بين 100 و500 kg/cm^2 وهو في العادة ذو سمك صغير يتم طهيه في حرارة تصل حتى 1200 °C درجة مئوية لإكسابه صلابته العالية، ويستخدم هذا الآجر في تغطية مقدمة البناء وجدرانه. وهناك أنواع خاصة منه لتغطية الأرضيات [29 ، 31].
- **الآجر الحراري: وهو** آجر مقاوم للحرارة من الشكل المصمت. يتم طهيه في حرارة عالية تصل إلى 2000°C ويستخدم هذا الآجر في تبطين جدران الأفران والمداخن [29 ، 31].
- **القرميد:** وهو آجر قليل السمك مسطح يستخدم في تغطية السطوح المائلة في البناء، وتكون مقاومته للضغط بحدود kg/cm^2 80 .
- **أنواع أخرى من الآجر:** وهي ذات أشكال ومقاومات واستخدامات مختلفة مثل الآجر المزجج، والآجر الإسفلتي، ، والآجر المقاوم للكبريتات، والأنواع المختلفة للمواد السيراميكية[29 ، 31].

الصورة (III -5) أنواع من اللبنات منجزة من التربة المحروقة



الشكل(III -2) أنواع من اللبنات منجزة من التربة المحروقة مستعملة في السقف

III - 2 . 3 . خصائص اللبنات الآجرية

يتمتع الآجر بمواصفات إنشائية جيدة، فهو مادة ذات مقاومة عالية للضغط وخفيفة الوزن، وجيدة للعزل الحراري والمائي والصوتي ، واقتصادية الكلفة إضافة إلى كونها تعطي منظرا جميلا عند إستعمالها (شكلاً ولونا) .

الخصائص مدونة في الجداول أدناه :

- **خصائص الآجر المجوف**

الجدول(III -1) : خصائص الآجر المجوف : [30 ، 31 ، 7]

الكتلة الحجمية (kg/m^3)	1750-2050
إمتصاص الماء	15%>
العزل الصوتي	41 -58 dB
مقاومة الإنضغاط (Mpa)	4 - 8 MPa

الخصائص الحرارية للآجر المجوف

الجدول (III .2) : الخصائص الحرارية للآجر المجوف [30 ، 31]

السمك (cm)	5	10	20	25
المقاومة الحرارية R (m^2. °C/W)	0.10	0.20	0.39	0.55

- **خصائص الآجر المملوء أو المثقوب**

الجدول(III .3) : خصائص الآجر المملوء أو المثقوب : [30 ، 31]

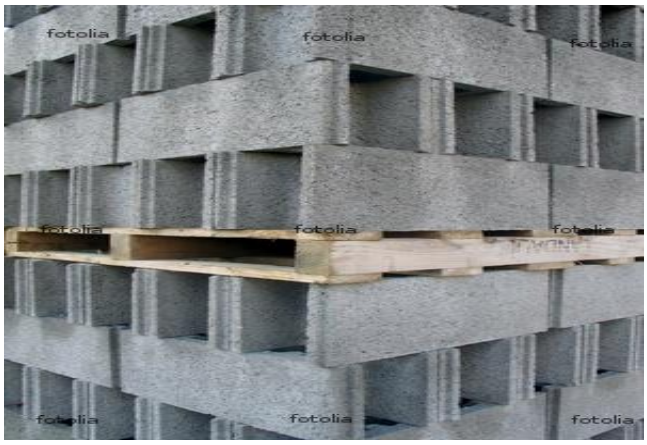
الكتلة الحجمية (kg/m^3)	1650-2000
إمتصاص الماء	30 - 80 %
العزل الصوتي	41 - 54 dB
مقاومة الإنضغاط (Mpa)	40 -- 12,50

- **الخصائص الحرارية للآجر المملوء أو المثقوب**

الجدول (III .4) : الخصائص الحرارية للآجر المملوء أو المثقوب [30 ، 31]

الآجر المملوء		الآجر المثقوب	
السمك (cm)	المقاومة الحرارية (m^2. °C/W)	السمك (cm)	المقاومة الحرارية (m^2. °C/W)
20	0.52	5.5	0.05
30	1.00	10.5	0.09
35	1.21	22	0.20

III – 3 . اللبنات الخرسانية



الصورة(III -6) لبنات خرسانية

بدأ إنجاز اللبنات الخرسانية بعد الحرب العالمية الأولى (1914- 1918) و ذلك لصعوبة الحصول على الحجارة وكذا إرتفاع التكاليف المرتفعة في بعض الدول الأروبية مع عدم و جود يد عاملة ذات مهارة في صنع حجارة البناء و الآجر .

حيث لجأ إلى إنجاز اللبنات الخرسانية التي لا تتطلب إلا لوسائل و تجهيزات بسيطة و كذلك نستطيع إنجازها داخل ورشة البناء أو بتخصيص و رشات خاصة [32،33].

III - 3 . 1 . إنتاج اللبنات الخرسانية

للحصول على لبنات ذات جودة عالية و مواصفات جيدة يجب إتباع قواعد التحضير الجيد للخلطة الخرسانية مع أخذ بعين الإعتبار بعض العوامل منها :

- ضرورة فك القالب بسرعة لتطوير وفرة الإنتاج .
- و ضع كمية الماء اللازمة و الكافية للحصول على المقاومة الجيدة للبنات .
- التقليل من الفراغات داخل اللبنات بعد جفافها (مراعاة الرمل المستعمل و كذلك الإسمنت و درجة الهز أثناء الصب) [33].

مثال على تحضير الخلطة الخرسانية : [32]

من أجل 50 كلغ إسمنت نستعمل :

- 90 لتر رمل (5/0) .
- 120 لتر حصى (8/3) .

III - 3 . 2 . الأجهزة المستعملة في تحضير اللبنات

- خلاطة : للحصول على خليط متجانس .
- قالب معدني : مزود بجهاز الضغط و جهاز إهتزاز.

- ❖ عملية التجفيف : يتم داخل مستودعات كبيرة أو يترك في الظروف الجوية مع توفير الرش و خاصة بعد عملية فك القالب ، كما يمكن إستعمال مجفف لتحقيق ذلك .
- ❖ عملية التخزين : بعد عملية التجفيف للبنات توضع في مكان مخصص لتخزينها ليتم توزيعها بغرض إستعمالها .

الصورة (III -7) إنجاز اللبنات الخرسانية

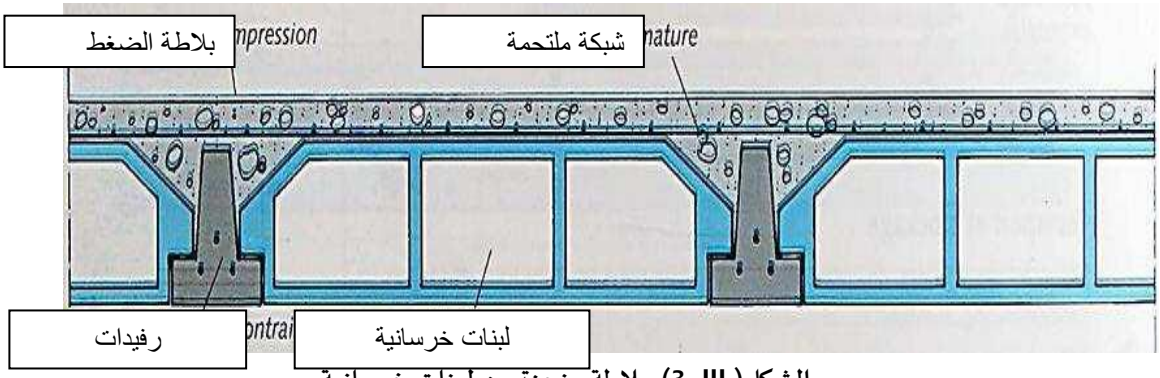
III - 3 . 3 . خصائص اللبنات الخرسانية

- الكتلة الحجمية تتراوح بين **kg/m³** 1000- 1500. [33]
- مقاومة الإنضغاط تتراوح وفق التصنيف التالي : [30]

✓ صنف B40 : الخرسانة ذات تركيز **250kg/m³** ، مقاومة الإنضغاط σ_{28} = 40bar يستعمل هذا النوع من اللبنات في الجدران الفاصلة .

✓ صنف B60 ، B 80 : الخرسانة ذات تركيز **350 kg/m³** ، مقاومة الإنضغاط σ_{28} = 60bar ، = 80bar σ_{28} على التوالي . يستعمل هذا النوع في الجدران الحاملة .

✓ يوجد أصناف أخرى : B120 ، B160 .



الشكل(III -3) بلاطة منجزة من لبنات خرسانية

الجدول (III .5) - مقاومة الإنضغاط للبنات وفق النظام : NFP-14-301

نوع اللبنات	لبنات مجوفة			لبنات مملوؤة		
الصنف	B40	B60	B 80	B 80	B120	B160
مقاومة الإنضغاط (ميقا باسكال)	4	6	8	8	12	16

الجدول (III .6) يبين المقاومة الحرارية للبنات المجوفة الخرسانية

السمك (cm)	المقاومة الحرارية R ($m^2.k/W$)
7.5	0.07
12.5	0.10
17.5	0.16
22.5	0.24

نظراً للتغير الكبير في فروق درجات الحرارة بين فصل الصيف والشتاء في مناطق كثيرة بالجنوب الجزائري حيث تصل درجات الحرارة إلى 45°C صيفاً و 8°C شتاءا [8] والحاجة الملحة لتقليل كمية الطاقة الحرارية المنتقلة من وإلى داخل المنشأ فإن إستخدام بلاطات اللبنات الخرسانية (المكونة من أعصاب خرسانية ولبنات مجوفة) يكثر انتشارها في أماكن كثيرة بالمنطقة .

ويتكون السقف من أعصاب في إتجاه واحد أو إتجاهين بينهما اللبنات المجوفة مغطاة ببلاطة خرسانية ذات سمك 4cm. ويتحدد عمق الأعصاب وارتفاع اللبنات تبعاً لمتطلبات التصميم الإنشائي .

ومع شيوع استخدام هذا النظام الإنشائي ظهرت بعض المشاكل منها :

- بعد فك القولبة يحتمل أن تتساقط أحد البنات على العاملين وتسبب حوادث خطيرة إلى حد أن بعض العاملين قد أطلق على هذا النوع اسم بلاطات الموت .
- أيضاً نتيجة لعمل التمديدات الكهربائية أو أي من أنواع الأعمال والتي تتطلب استخدام مثقاب قد يعرض العاملين لأخطار تساقط أجزاء من اللبنات .
- بعد مرور مدة من الزمن من عمر المنشأ أو نتيجة لتغير في الأحمال قد يحدث زيادة في أبعاد الأعصاب ومن ثم تحدث فواصل بين اللبنات والأعصاب ينتج عنها تساقط اللبنات ومن ثم تعرض القاطنين إلى أخطار.

من هذا المنطلق كانت أهمية التفكير في استخدام اسلوب قادر على تجنب هذه الأخطار والحاجة إلى تحسين كفاءة العزل الحراري وتقليل الأحمال الناتجة من استخدام اللبنات الخرسانية . وقد تمت الأبحاث على استخدام ألواح من مادة البولسترين في أنظمة العزل الحراري .

III - 4 . لبنات البوليستران

الصورة (III -8) لبنات من البوليسترين [6]

III - 4 . 1. مبدأ صناعة البوليستران : هنالك نوعان من البوليستران هما :

III - 4 . 1.1. البوليسترين المشكل بالقولبة

يُعتمد في إنتاج مادة البوليسترين على عملية البلمرة لمادة الـ "ستايرين" الخام وهي مركب كيميائي عضوي من مشتقات البترول . ولصناعة البوليسترين يتم معالجة هذه الحبيبات حرارياً وبوجود مادة محفزة ثم يجري خلط المركب بالماء الساخن وكميات من غاز الميثان (المساعد للتمدد) وهو مايسمى بعملية البلمرة . ينتج عن عملية البلمرة حبيبات صغيرة من البوليسترين تكون مشبعة بغاز الميثان . ويتم تصنيع مادة العزل الحراري من البوليسترين الحبيبي الممدد على ثلاثة مراحل وهي :

- مرحلة التمدد الأولي للحبيبات.
- مرحلة إنضاج الحبيبات الممددة .
- مرحلة القولبة والتي يجري فيها تعبئة قوالب الإنتاج النهائي بالحبيبات الممددة ثم يتم حقن الحبيبات الممددة في القوالب المغلقة ببخار الماء والذي يعمل على تتمدد الحبيبات وعلى تجميع سطوحها مما يؤدي إلى إلتحامها .

الصورة (III -9) حبيبات البوليسترين [6]

III - 4 . 2.1. البوليسترين المشكل بالبثق

تعتمد صناعة هذا النوع من البوليسترين على المادة الناتجة عن عملية بلمرة الستايرين والمتمثلة في حبيبات البوليسترين وتتم عملية التصنيع بوضع المادة الخام أولاً وتمييعها بالحرارة في جهاز البثق ومن ثم خلطها بمادة رافعة (نافخة) غير ضارة بطبقة الأوزون ثم يجري بعدها الإستمرار في عملية بثق المادة المضغوطة من الجهاز إلى الجو الخارجي على شكل مادة لدنة ويمتاز البوليسترين المشكل بالبثق في تركيبه الخلوي بدرجة عالية من التجانس وبخلاياه المغلقة وبقدرة عالية في العزل حيث أن معامل التوصيل الحراري لهذه المواد يُعتبر منخفض جداً ويُنصح باستخدامها في المناطق المعرضة للماء أو الرطوبة دون الحاجة لاستخدام مواد أخرى لحمايتها من الماء أو الرطوبة وكما هو مستخدم في نظام السطح المقلوب وذلك لمقاومتها الكبيرة لإمتصاص الماء والرطوبة.حيث يتكون من خلايا صلبة مغلفة وموزعة بتجانس تام.

الصورة (III -10) صفيحة من البوليسترين المشكل بالبثق[6]

III - 4 . 2. خواص البوليسترين

✓ **الخصائص الحرارية لمادة البوليسترين**

الجدول (III ،7) يبين خصائص مادة البوليسترين . [4]

المقاومة ($m^2.k/W$)	33 - 25
الناقلية الحرارية (W/m.k)	0,045 – 0,028
إمتصاص الماء	2 – 5 % من الحجم
الإحتراق	قابل للإحتراق

- كفاءة عالية في العزل الحراري لا تتغير مع الزمن .
- غير مقاوم للحريق .
- لا يتأثر بالتغير الحراري .

✓ **الخصائص الفيزيائية لمادة البوليسترين**

- البولستران الممدد : كتلته الحجمية $450\ kg/m^3$ بينما البوليستران المشكل بالبثق فكتلته الحجمية$850\ kg/m^3$
- كثافة البوليستران تتراوح بين$18 – 34\ kg/m^3$.
- لا يمتص المياه والرطوبة وذ عمر افتراضي طويل .
- معامل إنكساره عال جدا .
- حفة وزنه .
- سهولة القولبة و التشكيل [6].

✓ **الخصائص الميكانيكية لمادة البوليسترين**

- مقاومة انضغاط عالية تصل حتى أكبر 70 – 120 (KN/m^2)
- مقاومة ضعيفة للشد .
- ثابت الأبعاد مع درجات الحرارة والظروف الجوية المتغيرة .
- سهل التشغيل باستخدام المعدات الشائعة لقطع الأخشاب [6].

الجدول (III .8) يبين خصائص مادة البوليسترين بنوعيه .

	الكثافة (kg/m^3)	الحرارة النوعية (J /kg.k)	السعة الحرارية (KJ / m3.°c)
البولستران الممدد	18	1450	7
البولستران المشكل بالبثق	34	1450	10

ونظرا لتميز مادة البولسترين بعدم وجود وسط ناقل للحرارة فقد نجحت في تحسين أنظمة العزل الحراري بدرجة كبيرة ، ومن هنا استحوذت فكرة استخدام مادة البولسترين في عمل لبنات بديلة عن اللبنات الأسمنتية أو الآجورية [4، 6].

تم إنتاج لبنات من مادة البولسترين بالأبعاد المطلوبة حسب متطلبات التصميم الإنشائي مع إضافة جزء خرساني بالسطح السفلي بسمك 3 سم للتغلب على مشكلة عدم تماسك بياض الأسقف مع السطح السفلي للبنات .

ونتيجة لاستخدام هذه التقنية تم التوصل إلى :

- ❖ تقليل الأحمال الدائمة على النظام الإنشائي وبالتالي تقليل أبعاد العناصر الإنشائية ومن ثم تقليل التكلفة الإجمالية للمنشأ .
- ❖ تحسين أداء نظام العزل الحراري نتيجة لعدم وجود وسط ناقل للحرارة والذي بدوره يقلل من كمية الحرارة المنقولة مما يوفر في الطاقة الكهربائية .
- ❖ التغلب على أخطار استخدام اللبنات الأسمنتية أو الآجورية نتيجة لتماسك أسطح لبنات البولسترين مع الخرسانة وقلة التغيرات التي قد تحدث في الأعصاب .
- ❖ خفة الوزن وسهولة الاستخدام والتشغيل والنقل .

ملاحظة : مقاومتة للكيماويات عادية الا انه يتلين بتعرضه لبعض الهيدروكربونات .

III . 5 . الجبس (الجص)

III.5. 1 . مقدمة

يعد الجبس من الخامات الأرضية الشائعة، وهو من أكثر معادن الكبريتات انتشارا في الطبيعة كمعدن أو كصخر رسوبي، ويتواجد عادة مع الحجر الجيري والطين، كما أنه يتداخل مع معدن الأنهيدريت .كبريتات الكالسيوم اللامائية . ويكون لونه عادة أبيض أو رمادي، وفى بعض الأحيان مائلا إلى الاحمرار، ويوجد الجبس في الطبيعة إما على سطح الأرض أو على أعماق متفاوتة قد تصل إلى أكثر من m 200 [11،34].

III.5. 2 . صور الجبس في الطبيعة

الصورة (III.11): سيلينايت(Selenite) [9]

و يعد أجود أنواع الجبس وهو عبارة عن بلورات أحادية شفافة كاملة ومتشققة.

الصورة (12.III): المرمر(Alabaster) [9]

وهو عبارة عن كتل دقيقة الحبيبات يتهافت عليها النحاتون لسهولة قطعها وتشكيلها , حيث ينحت على شكل أوانٍ للأزهار أو الزخارف.

.

الصورة (13.IV): جبس صخري(Rocky Gypsum) [9]

وهو نوع متماسك قشري أو محبب.

الصورة (14.IV): ألياف متوازية(Satinspar) [9]

وهي عبارة عن جبس كثير التشقق, يوجد على هيئة ألياف متنوعة تتميز بللمعان .

- الجبس عرف من العصور القديمة. فقد كان يستعمل في أعمال الربط للفواصل المنشأة من الجبس الخالص أو الجبس المخلط بمواد ليفية مثل الألياف وفي أعمال التلبيس للأسطح الداخلية ...إلى غير ذلك.

إن استعمال الجبس أصبح أكثر انتشارا خاصة في عمليات التلبيس بالنسبة للأسقف وفي إنتاج أشكال وعناصر الديكور المختلفة، كما أن خلطه مع الجير يستعمل في عمليات التلبيس الخارجي. وفي الوقت الحالي، إضافة إلى الاستعمالات التقليدية ، فإن التطور الحاصل للجبس دخل مرحلة التصنيع بالخصوص في إنتاج عناصر مسبقة الصنع [11].

III. 5 .3.عموميات حول الجبس

III. 5 .1.3. تعريف الجبس : الجبس مادة معروفة منذ القدم تشكل من رابطة هوائية بفضل الهواء وهي تحويل حجارة جيولوجية طبيعية بطهيها تحت درجة حرارة معينة أي تعين على حسب الأفران الكهربائية وتكون تركيبتها الكيميائية CaSO4, 2H2O (كبريتات الكالسيوم بجزئين من الماء) وبعد طهيها تتحول التركيبة إلى CaSO4 (كبريتات الكالسيوم) أي تتبخر من الماء فينتج مركب الجبس [11].

III.5. 1.3.أ. صخر الجبس

صخر الجبس هو صخر رسوبي بتركيب بلوري ، نجده في الطبيعة على شكلين :

- الأنهيدريت (l'anhydrite) أو كبريتات الكالسيوم غير الذائبة و هو صورة نادرة تركيبه الكيميائي ($CaSO_4$) .
- الصورة الثانية التي نجده عليها هي الجبس أو كبريتات الكالسيوم بجزئين من الماء.التركيب الكيميائي له $CaSO_4,2H_2O$ الموافق لـ 79.07% من الكبريتات المزودة بـ 20.93 % من الماء [35]. هذه الصيغة تطبق أيضا في مرحلة التصنيع التي تكون الجبس المطهي.
- تصنيف صخر الجبس يتم وفقا للتركيب المعدني (محتوى الجبس Tg) و الكيميائي و (المحتوى المائي للتبلور Tc).

تصنيف صخر الجبس وفقا للتركيب المعدني و الكيميائي :

الجدول أدناه يبين تصنيف صخر الجبس وفقا للتركيب المعدني و الكيميائي

جدول (III.9.) تصنيف صخر الجبس وفقا للتركيب المعدني و الكيميائي [36]

القسم	التركيب المعدني	التركيب الكيميائي
	Tg :% ($CaSO_4.2H_2O$)	Tc :% (ماء التبلور)
I	$Tg \geq 90$	$Tc \geq 18.83$
II	$80 \leq Tg \leq 90$	$16.74 \leq Tc \leq 18.83$
III	$70 \leq Tg \leq 80$	$14.65 \leq Tc \leq 16.74$
IV	$50 \leq Tg \leq 70$	$11.51 \leq Tc \leq 14.65$

بالنسبة لإنتاج الجبس ، فإنه ينصح استعمال صخر الجبس الذي يكون محتواه الجبسي (الجبسيت) أكبر من 70 % (قسم I ، II وIII).

III.5. 1.3..ب مبدأ صناعة الجبس

مبدأ صناعة الجبس بسيط ، يعرف التفاعل الكيميائي التالي:

$$CaSO_4, 2H_2O \longrightarrow CaSO_4, {}^{1}/_{2}\, H_2O + {}^{3}/_{2} H_2O$$

جبس الطهي نصف مميه

IV.5. 3 . 2 . طريقة صنع الجبس: تمر صناعة الجبس بعدة مراحل هي:

التكسير : وتتم بتكسير الخامات المستخرجة بواسطة كسارات إلى قطع صغيرة على مرحلتين إحداهما تكسير أولي لإنقاص حجمه إلى قطع صغيرة بحجم كف اليد ، والأخرى تكسير ثانوي ليصل إلى حجم العدسات. ثم يخزن في مستودعات تمهيداً لإرساله إلى المحمصة [35].

الاستخراج : ويتم ذلك بغسل الجبس ثم غربلته، وفصل الشوائب، وأخيراً التجفيف

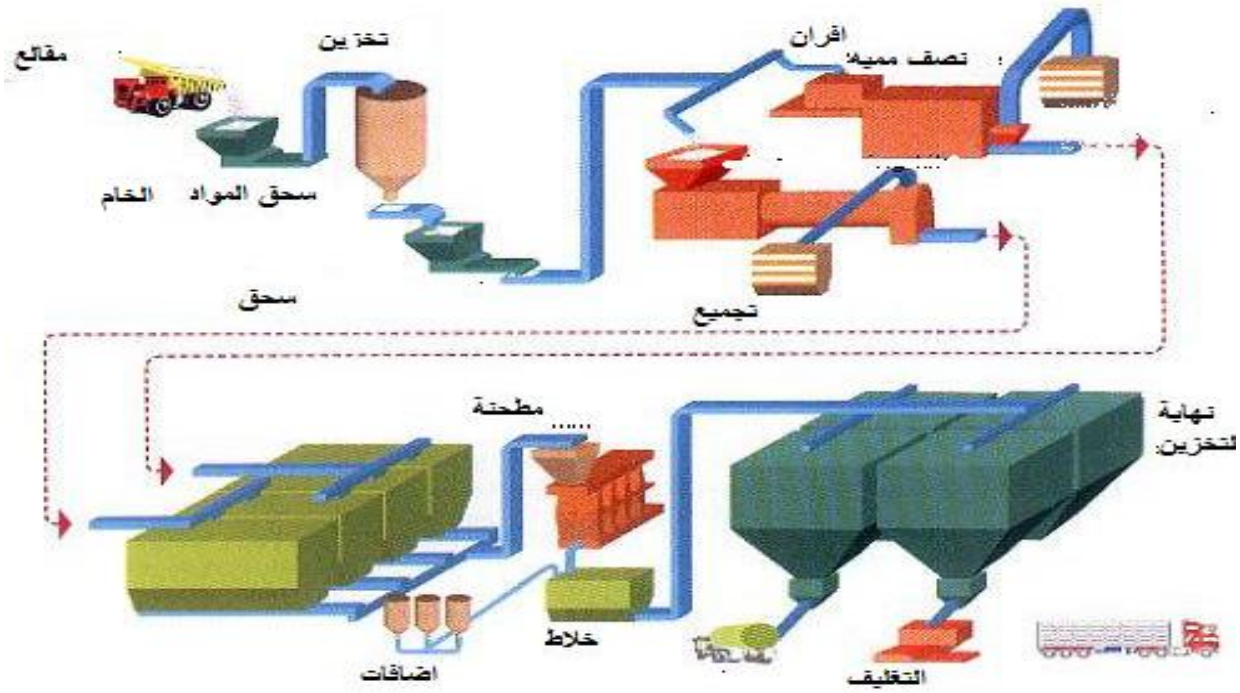
التحميص : يتم إرسال الجبس المكسر بعد عملية الاستخلاص من مستودعات التخزين إلى أفران خاصة عند درجة حرارة 130درجة مئوية لتحميصه ، ويبقى بداخلها مدة كافية لطرد ثلاثة أرباع الماء الذي يحتوي عليه الجبس الخام فتصبح صيغته الكيميائية. CaSO4.1/2**(H2O)**

$$\mathbf{CaSO4, 2\ H2O \longrightarrow CaSO_4.½\ (H2O) + 3/2\ (H2O)}$$

وينتج عن ذلك نوعين من الجبس، هما : جبس ألفا نصف مائي وجبس بيتا نصف مائي، و يتشابه النوعان في التبلور، لكن الأول أقل قابلية للتفاعل والذوبان ، وبالتالي يتطلب كمية كبيرة من الماء وفترة أطول للتصلب ، وهوالأكثر إنتاجاً واستخداماً. [37] .

الطحن : يرسل الجبس بعد تحميصه إلى المطاحن لطحنه ، ويمكن معايرة هذه المطاحن للحصول على النعومة المطلوبة.

التعبئة: إرسال الجبس المطحون إلى مستودعات خاصة تمهيداً لتعبئته في الأكياس. ويتم قبل تعبئته في الأكياس أخذ عينات منه لإجراء عدد من الاختبارات لمعرفة مدة التصلب، والنقاوة، وقوة السحق والانحناء و نوع الشوائب ونسبة كل منها ليتم تصنيفه على ضوء تلك النتائج .



الشكل(4.III): مخطط توضيحي يبين مراحل صناعة الجبس

إن ظاهرة جفاف الجبس بدلالة درجة الحرارة جد معقدة . الجدول التالي يعطي مختلف التراكيب من أجل درجة حرارة متزايدة .

الجدول (III..10) : مختلف التراكيب المحصل عليها بدلالة درجة حرارة الطهي [36]

اسم المنتج	التركيب الكيميائي	درجة الحرارة	الخصائص
الجبس	$CaSO_4, 2H_2O$	طبيعي	d= 2.31
نصف مميه	$CaSO_4, 1/2(H_2O)$	110 إلى 180 (°C)	حسب طريقة الطهي نميز: α : بخار مشبع ،مقاومة عالية رص مستقر d=2.76 β:بخار جاف ،مقاومة ضعيفة d=2.62
الأنهيدريت	$CaSO_4$ III	170 إلى 250(°C)	تنوع غير مستقر في درجة الحرارة العادية d= 2.58
الأنهيدريت غير المذاب	$CaSO_4$ II	400 إلى 600(°C)	مشابه للانهيدريت الطبيعي و يسمى جبس مائي d =2.93 ÷ 2.97
جبس الأسطح	$CaSO_4$ I	600 إلى 1200(°C)	جبس مطهي حتى الموت أخذ(مسك) بطئ جدا.

α : يعد هذا النوع من أجود أنواع الجبس حيث يتميز بخصائص كثيرة تساعد في إنشاء بناء جيد دو حماية وذو زخرفة عالية ويتميز بصلابة كبيرة جدا ويستعمل كذالك في صناعة أواني خزفية (إعطائها وجه حسن وأملس (نصف مميه تحصيل لجفاف الجبس في وسط سائل أو تحت ضغط بخار الماء ، يسمى أيضا نصف مميه متبلور).

β : هو جبس نصف مميه يتم تحويله إلى جبس **α** عن طريق تعريضه إلى درجة حرارة كبيرة وضغط 9 باسكال وبعد 6 ساعات تتحول بلوراته إلى جبس **α** (نصف مميه محصل عليه في ضغط مناسب (بخار جاف) وهو جسم بفراغات صغيرة جدا مكونة بتجميع البلورات الدقيقة) [35] .

d : الكثافة المطلقة لمختلف المركبات .

إن درجة حرارة طهي و نسب الخليط للمركبات تسمح بالحصول على تنوعات مختلفة من الجبس نميز منها:

1) **جبس من أجل الكتل الخشنة و الدقيقة :** تكون ذات قاعدة نصف مميه خالص تحتوي أحيانا نسب من الأنهيدريت المذابة شديد التفاعل لزيادة زمن الأخذ.
2) **الجبس الخشن للبناء :** يحتوي نسبة كبيرة من الجبس (الجبس المائي) (الأنهيدريت) يبين حدوث تغير ملحوظ في الأبعاد و ذلك بعد 7و 28 يوم.
3) **الجبس الناعم للبناء :** لديه نفس الخصائص الجبس الخشن يختلف عنه في نعومة أكثر ناتجة عن طحن أكثر شدة مع غربلة.
4) **جبس القولبة و الجبس الخاص :** ناعم جدا ، الطهي و الخلط ومراقبة النعومة إضافة إلى زمن الأخذ تتم بعناية كبيرة . نسبة المحتوى من SO_3 لكبريتات الجير لا بد أن تكون أقل من 45 % ، كما أن كمية الماء المجمعة أقل من 8.5 % [35].

III.5. 4 . الخصائص الفيزيائية للجبس

III.4.5. 1 . الأخذ (المسك) : الأخذ هو التفاعل العكسي لعملية الطهي

الطهي : $CaSO_4,2H_2O \longrightarrow CaSO_4,1/2(H_2O) + 3/2(H_2O)$

الأخذ: $CaSO_4,1/2(H_2O) + 3/2(H_2O) \longrightarrow CaSO_4,2H_2O$

- **مبطئات الأخذ :** الجير، حمض الستريك ، الجير الهوائي مبطئ ،ويرفع من المقاومة الميكانيكية ومن نفاذية الجبس و يحمي الفولاذ من الصدأ ، كما يقلل من حمضية الجبس .

. بالنسبة لحمض الستريك، من خلال الدراسة لدوره في تبطئ عملية الأخذ فإنه يؤدي إلى تغيير الجزيئات المتبلورة للجبس المتصلب وخصائصه الميكانيكية تكون ضعيفة [35].

- **مسرعات الأخذ :** أهم المسرعات الرئيسية نجد:

الجبس دقيق الطحن ، كبريتات البوتاسيوم .KSO .

- **العوامل المؤثرة على الأخذ**
- سرعة الأخذ متعلقة بمحتوى الجبس.
- الأخذ يكون بطئ كلما زادت كمية ماء الخلطة.
- الخلط الطويل يؤخر زمن الأخذ ،(المفروض أنه لا يتجاوز دقيقة واحدة).

III.4.5. 2 . التصلب : التصلب يمر بثلاث مراحل :

- انحلال المركبات نصف مميه من الكالسيوم (Ca).
- تميه المركب النصف مميه يؤدي إلى تكوين ثنائي الكالسيوم .(هيدرات الكالسيوم).
- تبلور لثنائي الهيدرات .

الجدول (III. 11) يبين خصائص مختلف أنواع الجبس و استعمالاته:[36]									
الجبس	دقة الطحن		المار%	الأخذ (mm)		مقاومة الانحناء (daN/cm²)			الاستعمالات
	الفتحة um	رقم الغربال		البداية	النهاية	2سا	1يوم	7أيام	28يوم	
للكتل الخشن	800	30	20>							مربعات جبسيه عناصر للجدران والسقف طبقات توضع للصخور
				10	80	2.5	4	4.5	5	
للكتل ناعم	800	30	2>							
خشن للبناء	800	30	5<	15>	40>					يستعمل كطبقة تسوية للجدران و الأسقف.
ناعم للبناء	800	30	2>	15>	40>					عناصرللجدران والسقف. تعبئة بسمك كبير
	400	27	18>	/	/	1.5	2.5	3.5	4.5	
جبس القولبة	200	24	5>							كأخر طبقة للتلبيس (الجدران و الأسقف) للصب في القوالب، للاستعمالات الجراحية للأسنان.
				3>	15>	3	5	5.5	6	
جبس خاص	100	21	15>							

III.5. 5 . ملخص خصائص ومميزات الجبس

تتمتع مادة الجبس بخصائص ومميزات تجعلها دائماً في طليعة المواد الأساسية المستعملة في البناء ومن أهم تلك المميزات ما يلي :

مقاومة الحريق , امتصاص وعزل الصوت والحرارة, خصائص ميكانيكية جيدة إذ تتراوح قوة الانحناء ما بين 40-60 (kg/cm^2) وذلك حسب نوع الجبس المستعمل, ونسبة الماء فيه , كما يمكن تحسين هذه الخصائص, وخاصة زيادة قساوة سطحه, وزيادة قوة الانحناء بخلط الجبس بمواد أخرى مثل الصوف الزجاجي و الألياف الطبيعية ، إعطاءه درجة نقاوة جيدة ومختلفة للأسطح, لون أبيض جميل يمكن طلاؤه بأي لون من الدهان طول البقاء لمدة طويلة خاصة إذا استعمل

بشكل فني, سهولة استعماله وتشكيله في دقائق بسبب سرعة تصلبه, زهد الثمن حيث يعد أرخص مواد البناء الرئيسة [38].

III.5 . 6 . ملخص استخدامات الجبس

يدخل الجبس في العديد من الصناعات التي لها مساس بحياة الإنسان اليومية، و في مجالات مختلفة من أهمها ما يلي:

- **البناء :** يشكل الجبس المكلسن حوالي 95% من استخدامات الجبس، وتتراوح نقاوته مابين 95.85% ويعتمد أساسا على تسخين الجبس إلى 130 درجة مئوية، فيفقد الماء ذا الرابطة الضعيفة الداخلة في تركيبه فيتحول إلى جبس نصف مائي ($CaSO_4$,1/2 (H_2O) وتتمثل أكثر استخداماته في البناء مثل لاصقات الجدران، والألواح اللاصقة، والأسقف المعلقة، وبطانة الجدران، والقواطع، وعوازل حرارية .
- **الزراعة:** يتكون الجبس المستخدم في الزراعة من كبريتات الكالسيوم المائية بنسبة لا تقل عن 70% وكربونات الكالسيوم بنسبة تتراوح ما بين 10-15%، وأكاسيد حديد وأكاسيد الومنيوم بنسبة1.2 % وكلوريد صوديوم في حدود 0.5. % يستخدم الجبس الزراعي في تحسين خواص التربة حيث يعوض نقص التربة من الكالسيوم والكبريت، ومعالجة الأملاح الضارة والقلويات الموجودة في التربة .

  ويتميز بأنه غير مكلف، وسهل الاستعمال، فضلاً عن انخفاض آثاره السلبية على البيئة عند استعماله مقارنة بالإضافات الكيميائية الأخرى المستعملة في تحسين التربة .
- **الطب :** تستخدم النوعيات الممتازة من الجبس المكلسن في أغراض طبية لعمل جبائر كسور العظام .
- **الصناعة :** يدخل الجبس في العديد من الصناعات منها : الأسمنت البورتلندي حيث يضاف بنسبة 3-6 % بهدف تأخير سرعة تصلبه, صناعة الزجاج لتسهيل عملية طرد الغازات, صناعة البويات والصمغ ، كما يستخدم في صناعة حشو الورق، وفي تركيب الطين المستخدم في عمليات حفر أبار النفط , صناعة الجير وحامض الكبريت ، وذلك عند تسخينه في أفران محدودة التهوية عند درجة حرارة 1093 درجة مئوية .

III . 5. 7 . الجبس المستعمل في تحضير العينات :

الجبس المستعمل متوفر في السوق و هو من إنتاج مصنع و طني يقع بولاية بسكرة – مصنع أولاد جلال -

البطاقة التقنية للجيس المستعمل [39]

تشمل هذه البطاقة مايلي :

الجدول (III.12): التحليل الكيميائي للجبس المستعمل :

SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_2	Na_2O	KO	Cl
0.70	0.10	0.08	32.15	0.53	44.95	0.09	0.03	0.002

الجدول (III.13): الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للجبس

الكتلة الحجمية الظاهرية (kg/m^3)	$\rho_a = 840 - 915$
الكتلة الحجمية المطلقة (kg/m^3)	$\rho_s = 1100 - 1300$
مقاومة الإنحناء (Kgf/cm^2)	بعد 1 سا و30 د = 34.81 بعد 24 سا = 37.34 بعد 7 أيام = 39.96
مقاومة الضغط (Kgf/cm^2)	بعد 1 سا و30 د = 85.15 بعد 24 سا = 92.68 بعد 7 أيام = 101.15
زمن الأخذ	البداية : 7 دقائق النهاية : 15 دقيقة

III. 5. 8 . إنجاز اللبنات الجبسية

❖ **طريقة العمل**

يتم تحضير العينات من الجبس الخالص كالآتي :

- نضع كمية الماء اللازمة للخلطة في إناء للخلط .
- نضيف كمية الجبس اللازمة .
- نخلط الخلطة جيدا حتى الحصول على عجينة متجانسة مع مراعاة زمن الخلط بحيث لا يتعدى دقيقة .
- تحضير القالب و ذلك بدهنه بكمية من الزيت للحصول على لبنة سليمة .
- ملأ القالب و تسويته بمسطرة .
- ترك القالب في الهواء لتجف اللبنة (تجفيف عادي).

ملاحظة : من أجل 40 كلغ جبس نستعمل 32 لتر ماء أي ($P/E = 0.8$) . [40]

الصورة (15.III): إستعمال لبنات جبسية للسقف و الجدران بمدينة سيدي خويلد – ورقلة -

الفصل الرابع

التجارب الحرارية

و الميكانيكية

و نتائجها

IV .1. مقدمة

في هذا الفصل نتناول مختلف التجارب التي من خلالها تم التعرف على الخصائص الحرارية و الميكانيكية لمختلف اللبنات المختبرة و كذا دراسة تأثير درجة الحرارة على النماذج المنجزة .

IV . 2 . وصف التجارب المنجزة لدراسة الخصائص الحرارية و الميكانيكية للبنات

.IV 2 . 1 . التجارب الحرارية

IV . 2 . 1 .1. وصف جهاز قياس الناقلية الحرارية

جهاز قياس الناقلية الحرارية Conductivimétre thermique (CTmétre) يسمح هذا الجهاز بقياس الناقلية الحرارية وكذا الحرارة النوعية لبعض المواد مثل : اللبنات ، الصخور ، خرسانة رغوية ..إلخ. وهو جهاز مراقبة غير تحطيمي للعينات المختبرة . يفيد كذلك في معرفة المواد المختبرة من حيث تجانسها و وحدة خواصها.هذ االجهاز يعمل بمبدأ السلك الساخن . [15 ، 41] (أنظر الملحق A_{3-4})

.

الصورة(IV . 1)جهاز قياس الناقلية الحرارية

IV . 2 . 1.2 . الخصائص العامة للجهاز

- التغذية الكهربائية : 220 فولط .
- أبعاد الجهاز: 400 x 145 x 260 (mm).
- وزن الجهاز: 08 k g .

IV . 2 . 1. 3 . البطاقة التقنية لجهاز CT métré

- الناقلية الحرارية ($W.m^{-1}.°c^{-1}$): 0.01 - 10.
- درجة حرارة القياس (°C) : 20 - 89.
- أبعاد العينات (mm) : على الأقل mm 40x80 مع بعض المليمترات بالنسبة لسمك .
- الدقة: ±5% .

IV . 2 . 1. 4 . المسابر المستعملة

❖ **المسبار ذو سلك حلقي : هنالك نوعان**

- نوع R30 (سلك ذو قطر30 mm) .
- نوع R10 (سلك ذو قطر10 mm) .

❖ **مسبار ذو سلك مسطح : هنالك ثلاثة أنواع**

- نوع A / 200 (سلك ساخن200 mm) .
- نوع A / 80 (سلك ساخن 80 mm) .
- نوع A / 50 (سلك ساخن 50 mm) .
-

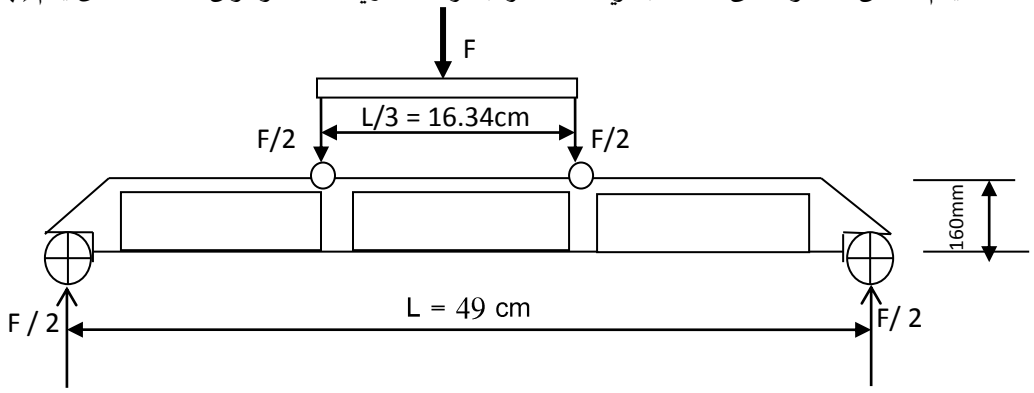
IV . 2. 2 . التجارب الميكانيكية

IV .2. 2 . 1. تجربة الشد بواسطة الإنحناء بأربع نقاط - معيار NFP18- 407 -

تم تنفيذ التجربة على اللبنات المستعملة في الأسقف و المنجزة من المواد التالية : الخرسانة ، التربة المحروقة ، البوليستران ،الجبس باستعمال آلة من نوع (CONTROLS) كما هو مبين في الصورة **(IV - 2)** حيث الجهاز مزود بمسندين متحركين (حركة أفقية) في الأسفل لكي تتوضع عليهما العينة أما الجزأ العلوي فيملك حركة رأسية حيث يتحرك بواسطة ضغط هيدروليكي .(التجربة المستعملة مستوحاة من معيار NFP18- 407).

تزود الآلة بقطعة معدنية صلبة توضع فوق العينة المختبرة و الغرض من وضعها تقسيم الحمولة المسلطة على العينة إلى قسمين متساويين .

حيث يتم تطبيق الحمولة على العينة بطريقة مستمرة بسرعة تساوي 0.5 كيلونيوتن / دقيقة حتى يتم إنهيارالعينة .



الشكل (**IV** - 1) **تجربة الشد بواسطة الإنحناء بأربع نقاط**

ترفع قراءة قيمة القوة المسلطة و المؤدية للإنهيار مباشرة من الآلة . **[42]**

تعطى علاقة حساب إجهاد الشد باستعمال العلاقة التالية : $\boldsymbol{\sigma_t = \frac{3.F}{2a^2}}$

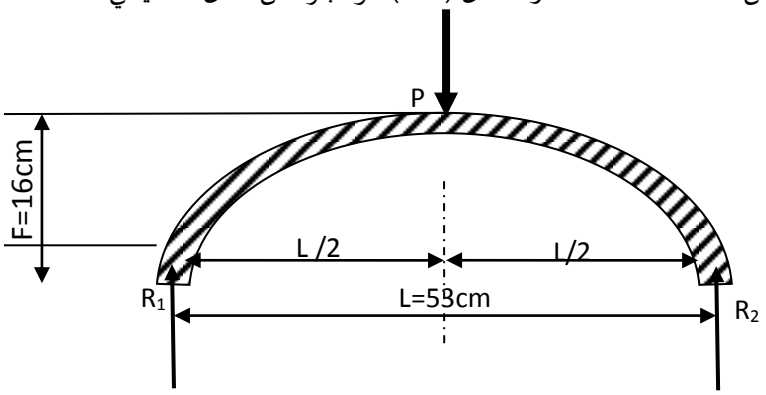
حيث : **F** : القوة المطبقة على العينة . ، **a** : إرتفاع العينة المختبرة .

الصورة(IV. 2) آلة من نوع (CONTROLS)

IV .2. 2 . 2. تجربة الشد بواسطة الإنحناء بثلاث نقاط : معيار EN 196-1

تتم هذه التجربة على اللبنة المنجزة من الجيس الخالص باستعمال آلة من نوع (CONTROLS) كما هو مبين في الشكل (**IV** - 2) يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء المذكورة آنفا و تقرأ قيمة القوة المسلطة و المؤدية للإنهيار مباشرة من الآلة .

هذه التجربة مستوحاة من القاعدة EN 196-1 و الشكل (**2-IV**) هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء . [41]



الشكل (IV - 2) تجربة الشد بواسطة الإنحناء بثلاث نقاط

تعطى علاقة حساب إجهاد الشد باستعمال العلاقة التالية : [43] $\sigma_t = \frac{5}{8}\left(\frac{P}{f^2}\right)$

حيث : **P** : القوة المطبقة على العينة . **f** : إرتفاع العينة المختبرة . ،

الصورة(IV . 3) تبين العينة الجبسية بعد الإنهيار

IV. 2.2 . 3. تجربة الإنضغاط البسيط - مستوحاة من معيار NFP18- 406 -

تم تنفيذ هذه التجربة باستعمال آلة الإنضغاط من نوع CONTROLS على العينات المنجزة من: الخرسانة ، التربة المحروقة و البوليستران و المستعملة في السقف .

الجهاز مزود بصفيحتين سفلية ثابتة و العلوية تتحرك بنظام الضغط الهيدروليكي حيث توضع العينة في مركزيهما و تزود الآلة بوضع صفيحتين على أسفل العينة و فوقها بغرض الحصول على توزيع منتظم للحمولة المسلطة على العينة (إنضغاط بسيط). الصفيحتان مربعتان حيث a = 200mm [42 ، 44]

حيث يتم تطبيق الحمولة على العينة بطريقة مستمرة بسرعة تساوي5 كيلونيوتن / دقيقة حتى يتم إنهيار العينة .

ترفع قراءة قيمة القوة المسلطة و المؤدية للإنهيار مباشرة من الآلة .

العلاقة المستعملة في حساب إجهاد الإنضغاط : $\sigma_P = \frac{F}{S}$

حيث : **P** : قيمة القوة المؤدية لإنهيار العينة .

S : مساحة الصفيحة المزودة للآلة . حيث $S = 40000mm^2$

الصورة(IV – 4)آلة الإنضغاط من نوع (CONTROLS)

IV . 2. 3 . تجربة قياس سرعة الأمواج الفوق صوتية

هذه تجربة جد مهمة تسمح لنا بمعرفة عدة خصائص للمواد الصلبة بدون تكسير و تعتمد أساسا على قياس سرعة انتشار الأمواج الفوق صوتية داخل المادة المراد دراستها .

فى هذه الطريقة يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسرى خلال الجزء المختبر ويتم تعيين زمن انتقالها حيث وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها.

الجهاز يتكون من علبة قياس صغيرة تسجل الزمن ويمتد منها سلكان طويلان في رأس كليهما قطعة اسطوانية ذات سطح مسطح مستوي (مرسل ومستقبل) .

IV . 2. 3 .1. استخدامات طريقة الموجات فوق الصوتية

تستعمل هذه الطريقة في مجال الخرسانة لاستنتاج الآتى:

- قيمة مقاومة الخرسانة للضغط .
- اكتشاف الشروخ (التشققات) و الفجوات بالخرسانة أو العينة المختبرة .
- مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط.

IV . 2. 3 .2. طريقة إجراء الاختبار:

- يتطلب إجراء هذا الاختبار كفاءة عالية.
- يتم ضبط الجهاز مع صفيحة المعايرة المرفق مع الجهاز قبل بدء الاختبار على العينة.

الصورة(IV - 5) ضبط الجهاز مع صفيحة المعايرة

- يتم قياس المسافة التى تسيرها النبضات بدقة (أى طول السير).
- يوضع المرسل و المستقبل على العينة وأن يكون الاتصال تام بين سطحى المرسل و المستقبل وسطح العينة و يستخدم لهذا الغرض الشحم أو عجينة الجلسرين أو الصابون السائل.
- عند وضع المرسل و المستقبل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت النتائج بين قراءتين يؤخذ المتوسط.
- يكون الرقم معبرا عن الوقت T لسريان النبضات خلال الجزء المختبر.
- تحسب سرعة النبضات (V) كالآتى:

V= L / T (m/sec).

L : طول المسار المقاس .

T: زمن انتقال الموجة .

V . 1. 3 .3. وضع المرسل والمستقبل

توجد ثلاث طرق لوضع المرسل و المستقبل وهى:

- فى اتجاهين متضادين - قياس مباشر – (أنظر الملحق A_{3-1})

الصورة(IV - 6) قياس مباشر

– فى الجوانب المجاورة - قياس نصف مباشر-

الصورة(IV - 7) قياس نصف مباشر

- فى نفس السطح - قياس غير مباشر-

الصورة(IV - 8) قياس غير مباشر

تستخدم الطريقة الأولى فى حالة إمكانية وضع المرسل و المستقبل بهذا الوضع و يمثل ذلك أفضل وضع أما فى الطريقة الثانية فيتم الانتقال على طول السطح وذلك فى حالة إمكانية الوصول إلى سطح واحد فقط من العنصر المختبر. وفى هذه الحالة تكون العملية أقل كفاءة من السابق.

و الطريقة الغير مباشرة لا تعطى معلومات عن المادة المكونة والتى تكون تحت السطح المختبر كما أن تحديد طول المسار أقل دقة وقد وجد أن السرعة فى هذه الحالة أقل من الحالة المباشر. الطريقة المستعملة في دراستنا هي **الطريقة المباشرة** .

IV .2. 4 . تجربة تأثير درجة الحرارة على النماذج التجريبية

تعتمد هذه التجربة على إنشاء 08 مجسمات تجريبية و اعتمدنا في بنائها على عينات مختلفة من اللبنات في إنجاز الجدران و كذا في إنجاز السقف . و هي ذات أبعاد 1.00x1.00x1.00 م ، ثم قمنا بقياس درجة تأثير درجات الحرارة على هذه المجسمات ، من خلال دراسة الاختلاف الحراري بين الداخل والخارج وذلك بقياس دراجة الحرارة داخل وخارج المجسم ، إضافة إلى وضع جهاز لقياس الرطوبة للوسط الموضوع فيه المجسمات .

IV .2. 4 . 1 . مواصفات النماذج

تم إنجاز ثمانية (08) نماذج : **(أنظر الملحق A_4)**

النماذج المنجزة خصائصها مبينة في الجدول أدناه.

النموذج	التعريف	الصورة
P_0	إنجاز الجدران من الطين الخالص 100% باستعمال القولبة.	

P_1	الجدران أنجزت باستعمال لبنات آجورية ذات سمك 15 سم و السقف أنجز من لبنات خرسا نية مغطاة بطبقة خرسا نية ذات سمك 4cm . (16 + 4)	
P_2	الجدران أنجزت باستعمال لبنات آجورية ذات سمك 10 سم ملأت بنسبة 97 % طين و3% ألياف النخيل أما السقف فأنجز من لبنات جبسية مغطاة بطبقة من الجير و الإسمنت بنسبة 5 % بسمك 4 cm .	
P_{2-1}	الجدران أنجزت باستعمال لبنات آجورية ذات سمك 10 سم ملأت بنسبة97 % طين و3% ألياف النخيل أما السقف فأنجز من لبنات بوليسترينية مغطاة بطبقة خرسا نية بسمك 4 cm .	
P_{2-2}	الجدران أنجزت باستعمال لبنات آجورية ذات سمك 10 سم ملأت بنسبة 97 % طين و3% ألياف النخيل أما السقف فأنجز من لبنات التربة المحروقة مغطاة بطيقة خرسانية بسمك 4 cm .	

(P_3	الجدران أنجزت باستعمال القولبة لخليط مكون من ما يلي و النسب التالية : 57 % طين و3% ألياف النخيل و 40% رمل أما السقف فأنجز بلبنات بوليسترينية مغطاة بطيقة خرسانية بسمك 4 cm .	
P_4	الجدران أنجزت باستعمال لبنات آجورية ذات سمك 10 سم ملأت بنسبة : 60 % طين و40% رمل أما السقف فأنجز بلبنات التربة المحروقة مغطاة بطيقة خرسانية بسمك 4cm .	
P_{4-1}	الجدران أنجزت باستعمال لبنات آجورية ذات سمك 10 سم ملأت بنسبة : 60 % طين و40% رمل أما السقف فأنجز بلبنات بوليسترينية مغطاة بطبقة خرسانية بسمك 4cm.	

ملاحظة : إختيار الجدران إعتمدنا فيه على الدراسة المنجزة بالتوازي مع زميلي الطالب مخرمش عبدالسلام .

النتائج و المناقشة

IV . 3 . النتائج و المناقشة

IV . 3 . 1 . اللبنات الخرسانية

IV . 3 . 1 . 1 . التجارب الحرارية

نتائج التجارب الحرارية الخاصة باللبنات الخرسانية

جدول (1.IV) يبين نتائج التجارب الحرارية الخاصة باللبنات الخرسانية

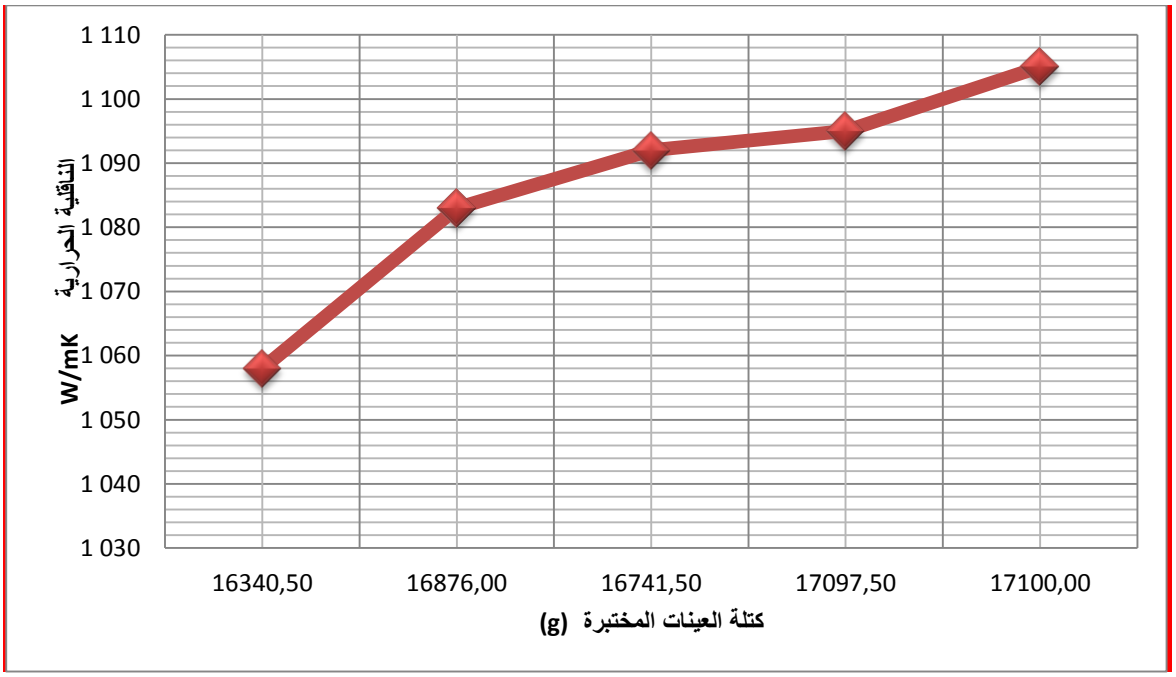
رقم العينة	1	2	3	4	5
الوزن (g)	16340,50	16741,50	16876,00	17097,50	17100,00
T_0 (°C)	20,77	22,91	21,74	20,84	22,44
ΔT (°C)	0,32	0,19	0,21	0,28	0,24
λ (W/m.k)	1,058	1,083	1,092	1,095	1,105
C_{SP} (KJ /m^3.k)	9176	9874	10770	10985	11633
R (m^2 . k/W)	0,151	0,147	0,146	0,145	0,144

$\lambda = 1.0866 \pm 0.0916$

$C_{Sy} = 10487.40 \pm 733.466$

$R = 0.147 \pm 0.0018$

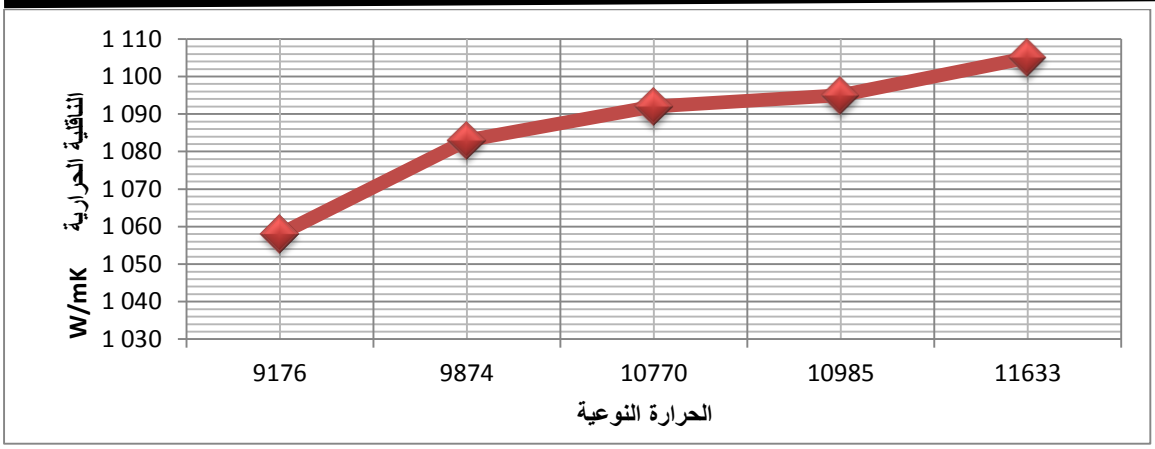
الشكل (IV - 3) يبين تغير الناقلية الحرارية بدلالة كتلة العينات



الشكل (IV - 3) تغير الناقلية الحرارية بدلالة كتلة العينات

من خلال المنحنى نلاحظ أن هنالك تناسب طردي بين كتلة العينة و الناقلية الحرارية حيث كلما زادت الكتلة زادت الناقلية الحرارية علما أن العينات المختبرة لها نفس الحجم (تناسب طردي بين التغير في الناقلية الحرارية و الكتلة الحجمية ، حيث كلما زاد مقدار الكتلة الحجمية زاد مقدار الناقلية الحرارية).

الشكل (IV - 4) يبين مدى تغير الناقلية الحرارية بدلالة الحرارة النوعية .



الشكل (IV - 4) تغير الناقلية الحرارية بدلالة الحرارة النوعية

من خلال المنحنى نلاحظ أن هنالك تناسب طردي بين الحرارة النوعية و الناقلية الحرارية حيث كلما زادت الحرارة النوعية زادت الناقلية الحرارية علما أن العينات المختبرة لها نفس الحجم.

IV . 3 . 1 . 2 . حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية

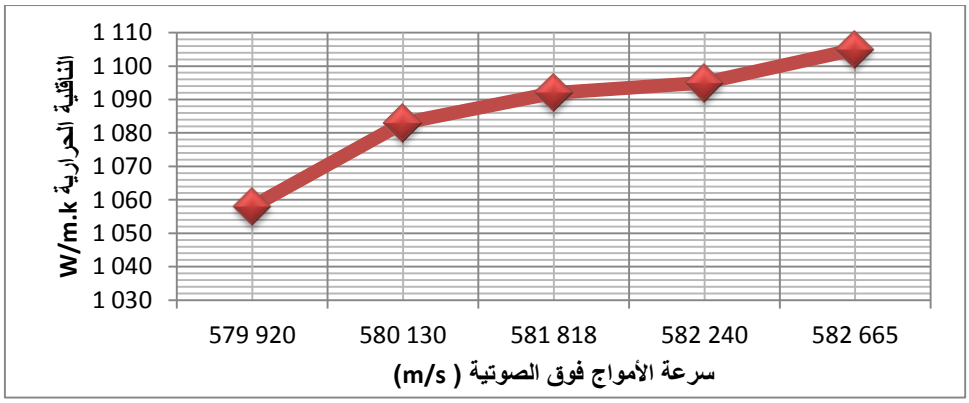
نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة باللبنات الخرسانية

جدول (2. IV) يبين نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة باللبنات الخرسانية

رقم العينة	1	2	3	4	5
T (µs)	275,90	275,80	275,00	274,80	274,60
V (m/s)	579,920	580,130	581,818	582,240	582,665

$V = 581.354 \pm 1.209$

الشكل (IV - 5) يبين تغير الناقلية الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية

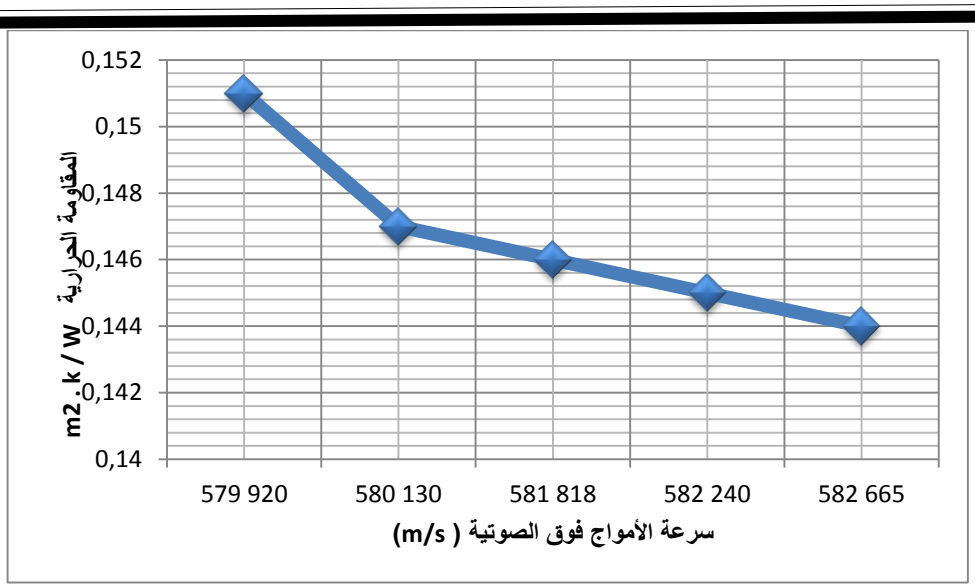


الشكل (IV - 5) تغير الناقلية الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية

من خلال المنحنى نلاحظ أن سرعة الأمواج فوق الصوتية تتناسب طردا مع الناقلية الحرارية و هذا له علاقة ببنية اللبنات المختبرة حيث كلما كانت اللبنة المختبرة تحوي على فراغات يكبر زمن إختراق الموجات الفوق الصوتية و بالتالي تصغر سرعة الإختراق .

إن سرعة اختراق الموجات فوق الصوتية كانت كبيرة في العينة الأكثر وزنا . و هذا يدل على أن العينات التي كانت بها السرعة صغيرة تحوي فراغات مما زاد في زمن الاختراق بينما العينات التي كانت بها السرعة كبيرة كان زمن الاختراق صغير و هذا يدل على تماسك العناصر المكونة للعينة .

الشكل (IV - 6) يبين لنا مدى تغير المقاومة الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية .



الشكل (IV - 6) تغير المقاومة الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية

نلاحظ من خلال المنحنى أن سرعة الأمواج فوق الصوتية تتناسب عكسيا مع المقاومة الحرارية للعناصر المختبرة أي عكس الناقلية الحرارية .

IV . 3 . 1 . 3 . التجارب الميكانيكية

IV . 3 . 1 . 3 . 1. تجربة الشد بواسطة الإنحناء

نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات الخرسانة

جدول (IV. 3) نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات الخرسانة

رقم العينة	1	2	3	4	5
F (KN)	2,57	1,80	2,18	2,48	2,54
σ_t (MPa)	0,150	0,105	0,127	0,145	0,148

$F = 2.3144 \pm 0.242$ و $\sigma_t = 0,135 \pm 0.015$

IV . 3 . 1 . 3 . 2. تجربة الإنضغاط

نتائج تجربة الإنضغاط الخاصة بلبنات الخرسانة

جدول (IV. 4) نتائج تجربة الإنضغاط الخاصة بلبنات الخرسانة

رقم العينة	1	2	3	4	5
F(KN)	36,40	36,80	37,40	37,50	36,80
σ_C (MPa) N/mm²	0,910	0,920	0,935	0,937	0,920

$F = 36.98 \pm 0.340$ و $\sigma_c = 0,924 \pm 0.0092$

IV . 3 . 2 . لبنات التربة المحروقة

IV . 3 . 2 . 1. التجارب الحرارية

نتائج التجارب الحرارية الخاصة باللبنات التربة المحروقة

جدول (5.IV) يبين نتائج التجارب الحرارية الخاصة باللبنات التربة المحروقة

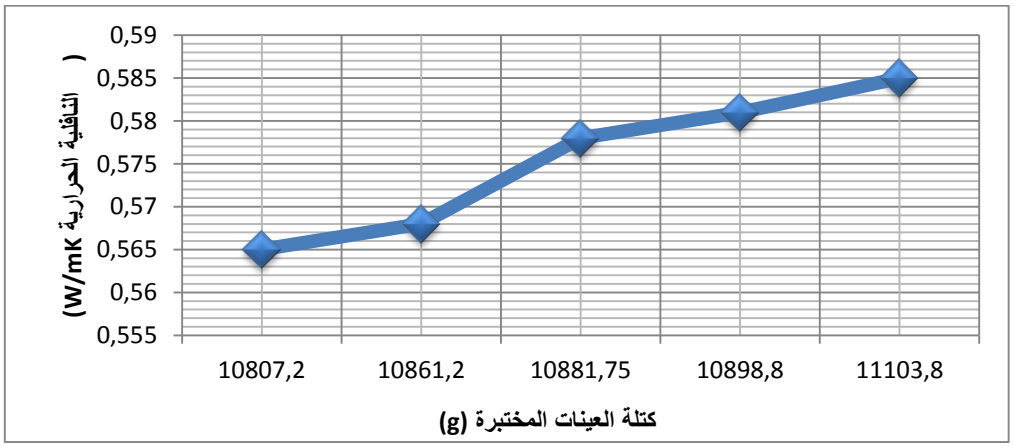
رقم العينة	1	2	3	4	5
الوزن (g)	10807.20	10861.20	10881.75	10898.80	11103.80
T_0 (°C)	19,51	58.19	20,50	20,41	18.17
ΔT (°C)	0,64	0,62	0,57	0,59	0.67
λ (W/m.k)	0.565	0.568	0.578	0.581	0.585
C_{SP} (KJ /m^3.k)	4900.20	5069.30	5769.20	5783.20	5839
R (m^2 . k/W)	0,283	0,281	0,276	0,275	0,273

$\lambda = 0.575 \pm 0.0082$

$C_{SP} = 5630.40 \pm 292.049$

$R = 0.278 \pm 0.003$

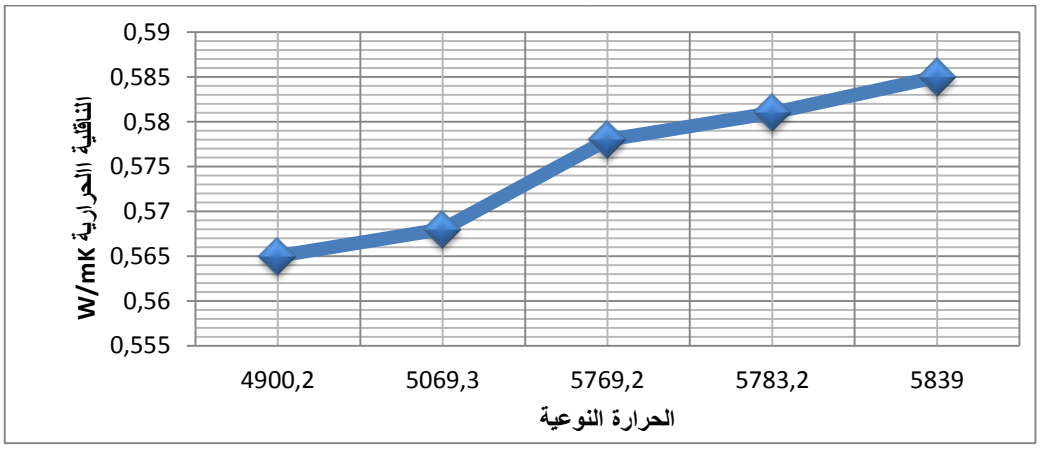
الشكل (IV - 7) يبين لنا تغير الناقلية الحرارية بدلالة كتل العينات المختبرة .



الشكل (IV - 7) تغير الناقلية الحرارية بدلالة الكتلة

نلاحظ من خلال المنحنى أن هناك تناسب طردي بين الناقلية الحرارية و كتلة اللبنات المختبرة.

الشكل (IV -8) يبين مدى تغير الناقلية الحرارية بدلالة الحررة النوعية .



الشكل (IV -8) تغير الناقلية الحرارية بدلالة الحررة النوعية

من خلال المنحنى نلاحظ أن هنالك تناسب طردي بين الحرارة النوعية و الناقلية الحرارية حيث كلما زادت الحرارة النوعية زادت الناقلية الحرارية علما أن العينات المختبرة لها نفس الحجم.

IV . 3 . 2 . 2. حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية

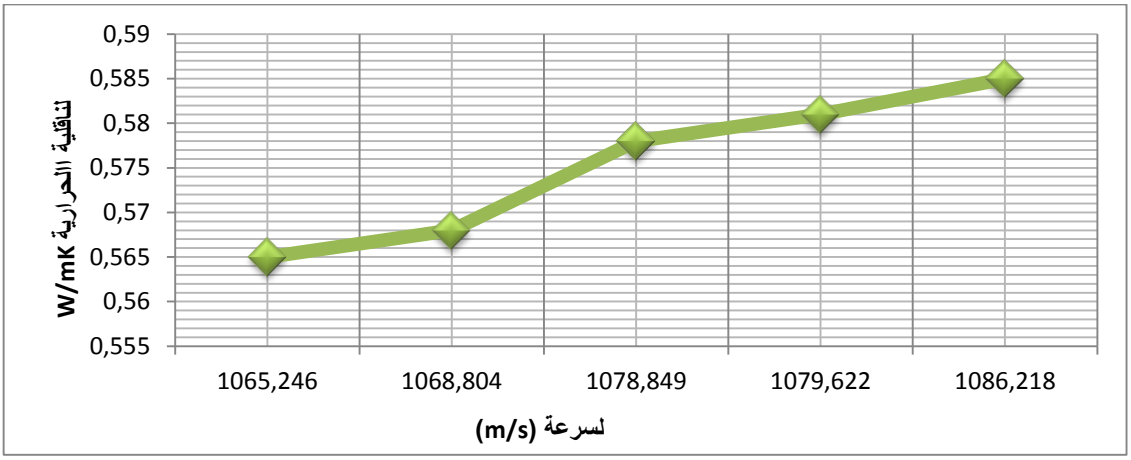
نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة بلبنات التربة المحروقة

جدول (6.I V) يبين نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة بلبنات التربة المحروقة

رقم العينة	1	2	3	4	5
T (µs)	150.2	149.7	148.3	148.2	147.3
V (m/s)	1065.246	1068.804	1078.849	1079.622	1086.218

$V = 1075.756 \pm 12,968$

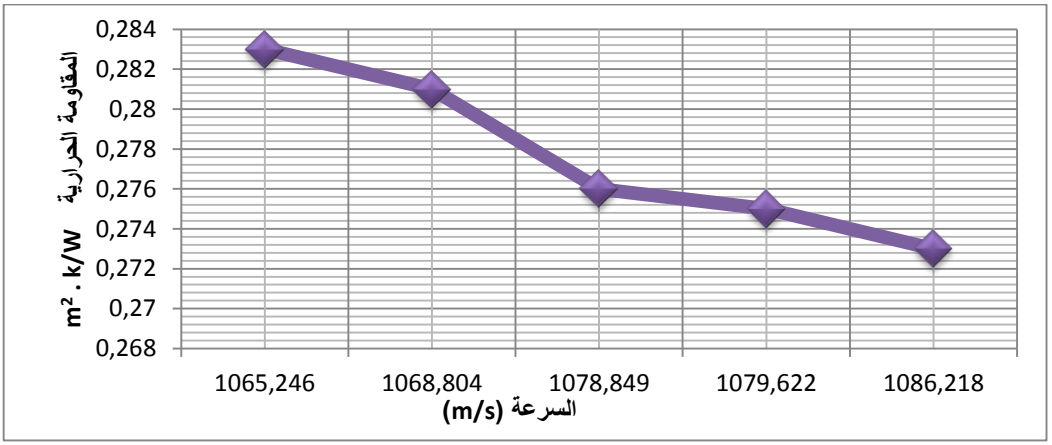
الشكل (IV - 9) يبين تغير الناقلية الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية



الشكل (IV - 9) تغير الناقلية الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية

من خلال المنحنى نلاحظ أن سرعة الأمواج فوق الصوتية تتناسب طردا مع الناقلية الحرارية و هذا له علاقة ببنية اللبنات المختبرة حيث كلما كانت اللبنة المختبرة تحوي على فراغات يكبر زمن إختراق الموجات الفوق الصوتية و بالتالي تصغر سرعة الإختراق.

الشكل (V - 10) يبين تغير المقاومة الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية



الشكل (IV - 10) تغير المقاومة الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية

نلاحظ من خلال المنحنى أن سرعة الأمواج فوق الصوتية تتناسب عكسيا مع المقاومة الحرارية للعناصر المختبرة أي عكس الناقلية الحرارية .

IV . 3 . 2 . 3. التجارب الميكانيكية

IV . 3 . 2 . 3. 1. تجربة الشد بواسطة الإنحناء

نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات التربة المحروقة

جدول (IV. 7) يبين نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات التربة المحروقة

رقم العينة	1	2	3	4	5
F(KN)	3,98	3,68	3,69	3,99	3,67
$б_t$ (MPa)	0,233	0,215	0,216	0,233	0,215

$\boldsymbol{б_t}$ = 0,222 $\pm$**0.008** و F = 3.802 $\pm$**0.175**

IV . 3 . 2 . 3. 2. تجربة الإنضغاط

نتائج تجربة الإنضغاط الخاصة بلبنات التربة المحروقة

جدول (IV. 8) يبين نتائج تجربة الإنضغاط الخاصة بلبنات التربة المحروقة

رقم العينة	1	2	4	5	6
F(KN)	46,90	40,00	38,60	38,10	39,70
$б_C$ (MPa) N/mm²	1,172	1,00	0,965	0,952	0,992

$\boldsymbol{б_c}$ = 1,016 $\pm$**0.062** و F = 40.66 $\pm$**3.459**

IV . 3 . 3 . لبنات البوليستران

IV . 3 . 3 . 1. التجارب الحرارية

التجارب الحرارية لم تجرى بسبب أن الجهاز المتوفر لا يحوي مسبار حراري يسمح بقياس الناقلية الحرارية لمادة البوليستران و لذا تم الحصول على قيمة الناقلية الحرارية لهذه المادة من خلال المراجع المستعملة في إنجاز المذكرة،[6].

λ = **0.045(W/m.k)**

R = 4.571 (m^2 . **k/W)**

IV . 3 . 3 . 2 . حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية

نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة باللبنات البوليستران

جدول (IV. 9) يبين نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة باللبنات البوليستران

رقم العينة	1	2	3	4	5
T (µs)	355,70	356,30	356,20	357,40	358,30
V (m/s)	449,817	449,059	449,185	447,677	446,553

V = 448.458 $\pm$**1.307**

IV . 3 . 3 . 3. التجارب الميكانيكية

IV . 3 . 3 . 3 . 1 . تجربة الشد بواسطة الإنحناء

نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات البوليستران

جدول (IV. 10) نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات البوليستران

رقم العينة	1	2	3
F(KN)	1,47	1,31	1,80
$б_t$ (MPa)	0,086	0,076	0,105

$б_t$ = 0,089 $\pm$0.01 و F = 1.526 $\pm$0.182

IV . 3 . 3 . 2 . تجربة الإنضغاط

نتائج تجربة الإنضغاط الخاصة بلبنات البوليستران

جدول (IV. 11) نتائج تجربة الإنضغاط الخاصة بلبنات البوليستران

رقم العينة	1	2	3
F(KN)	4,50	4,60	4,50
σ_C (MPa) N/mm²	0,112	0,115	0,112

$\sigma_c = 0.113 \pm 0.001$ و $F = 4.533 \pm 3459$

IV . 3 . 4 . لبنات الجبس

IV . 3 . 4 . 1. التجارب الحرارية

- نتائج التجارب الحرارية الخاصة باللبنات الجبسية

جدول (IV. 12) يبين نتائج التجارب الحرارية الخاصة باللبنات الجبسية

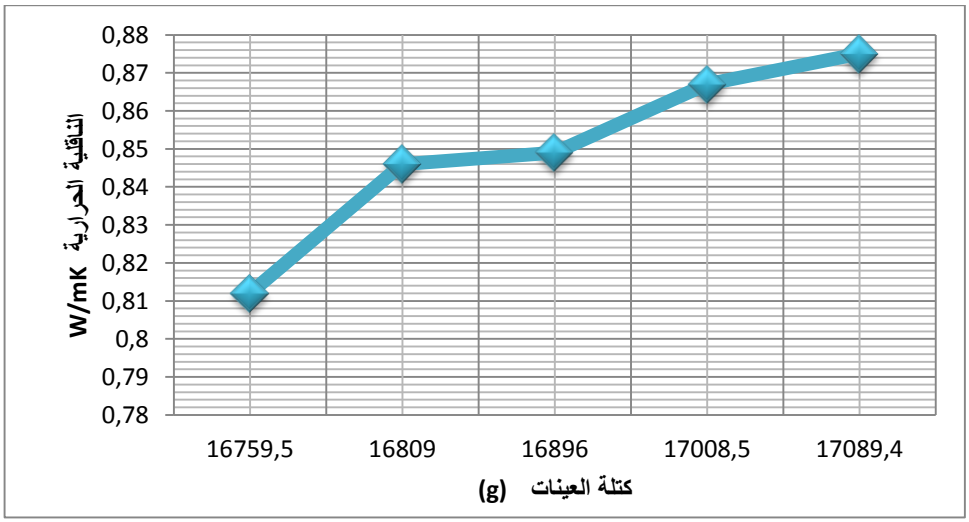
رقم العينة	1	2	3	4	5
الوزن (g)	16759.50	16809.00	16896.00	17008.50	17089.40
(°C) T_0	30,71	31.06	31.04	29,35	29,23
ΔT (°C)	0,43	0.46	0,49	0,58	0,56
(W/m.k) λ	0,812	0,846	0,849	0,867	0,875
C_{SP} (KJ /m³.k)	8953,70	10495,80	10545,00	10690,70	10870,00
(m² . k/W) R	0,061	0,059	0,059	0,057	0,057

$\lambda = 0.849 \pm 0,0019$

$C_{SP} = 9706.66 \pm 690.408$

$R = 0.058 \pm 0.0012$

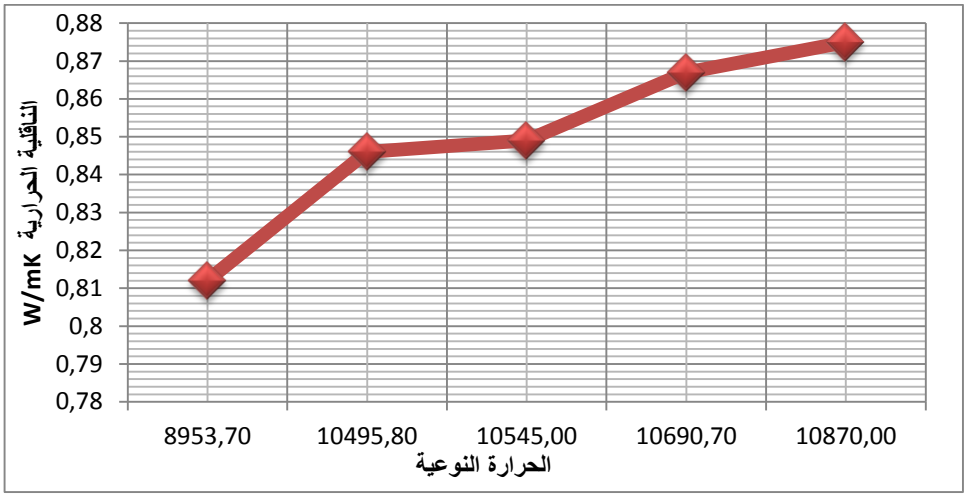
الشكل (IV - 11) يبين تغير الناقلية الحرارية بدلالة الكتلة .



الشكل (IV - 11) تغير الناقلية الحرارية بدلالة الكتلة

نلاحظ من خلال المنحنى أن هناك تناسب طردي بين الناقلية الحرارية و كتلة اللبنات المختبرة (الكتلة الحجمية تتناسب طردا مع الناقلية الحرارية) حجم للعينات المختبرة نفس الحجم .

الشكل (IV - 12) يبين لنا تغير الناقلية الحرارية بدلالة الحرارة النوعية



الشكل (IV - 12) تغير الناقلية الحرارية بدلالة الحرارة النوعية

من خلال المنحنى نلاحظ أن هنالك تناسب طردي بين الحرارة النوعية و الناقلية الحرارية حيث كلما زادت الحرارة النوعية زادت الناقلية الحرارية .

IV . 3 . 4 . 2. حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية

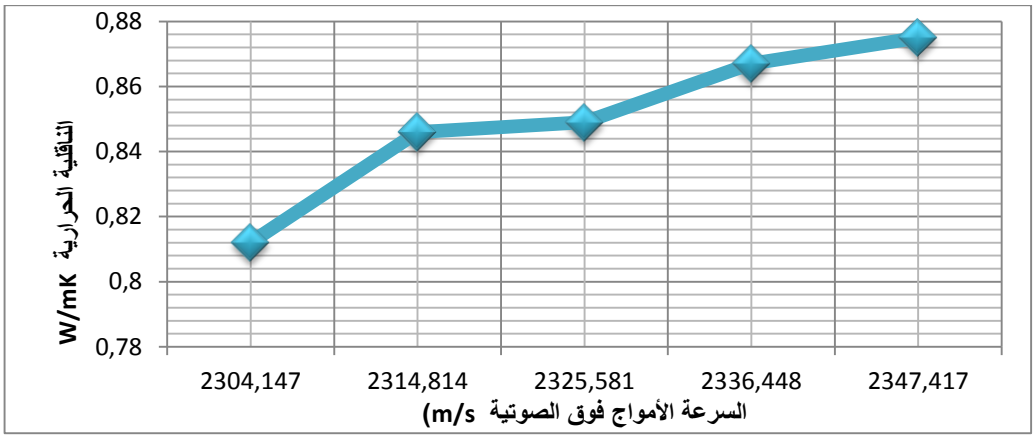
- **نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة باللبنات الجبسية**

جدول (IV. 13) يبين نتائج حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية الخاصة باللبنات الجبسية

رقم العينة	1	2	3	4	5
T (µs)	21.70	21.60	21.50	21.40	21.30
V (m/s)	2304.147	2314.814	2325.581	2336.448	2347.417

$V = 2325.681 \pm 14.094$

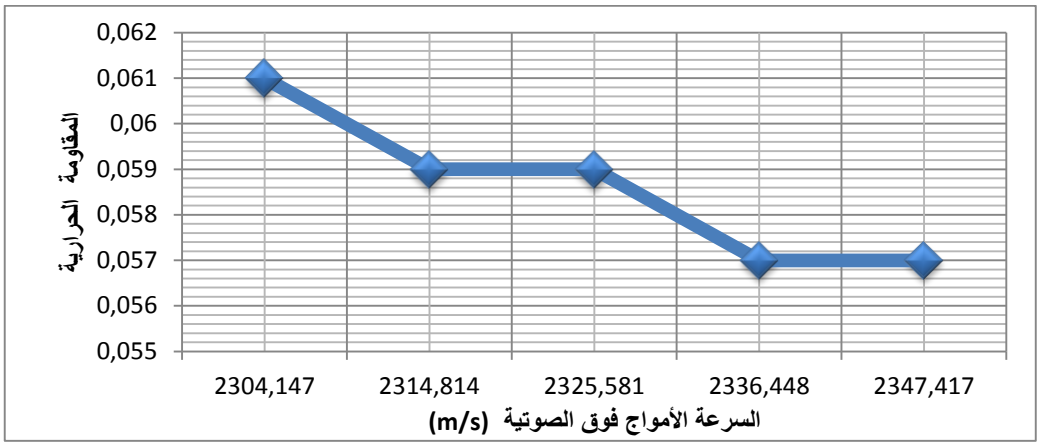
الشكل (IV - 13) يبين تغير الناقلية الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية



الشكل (IV - 13) تغير الناقلية الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية

من خلال المنحنى نلاحظ أن سرعة الأمواج فوق الصوتية تتناسب طردا مع الناقلية الحرارية و هذا له علاقة ببنية اللبنات المختبرة حيث كلما كانت اللبنة المختبرة تحوي على فراغات يكبر زمن إختراق الموجات الفوق الصوتية و بالتالي تصغر سرعة الإختراق .

الشكل (IV - 14) يبين تغير المقاومة الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية



الشكل (IV - 14) تغير المقاومة الحرارية بدلالة سرعة الأمواج فوق الصوتية

نلاحظ من خلال المنحنى أن سرعة الأمواج فوق الصوتية تتناسب عكسيا مع المقاومة الحرارية للعناصر المختبرة أي عكس الناقلية الحرارية .

IV . 3 . 4 . 3. التجارب الميكانيكية

IV . 3 . 4 . 3 . 1. تجربة الشد بواسطة الإنحناء

نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات الجبس

جدول (IV. 14) نتائج تجربة الشد الخاصة بلبنات الجبس

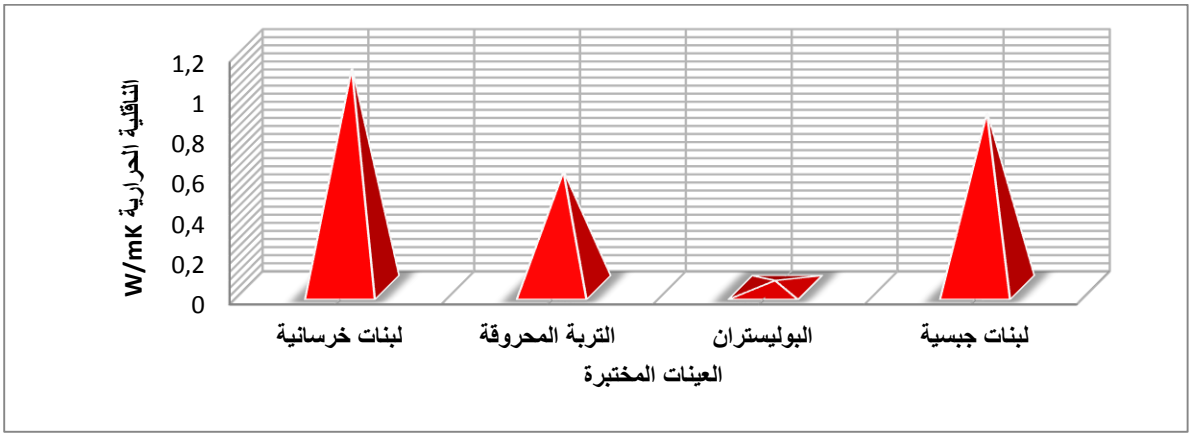
رقم العينة	1	2	3	4	5
F(KN)	3,35	3,48	3,37	3,40	3,33
σ_f (MPa) N/mm²	0,081	0,084	0,082	0,083	0,081

$F = 3.386 \pm 0.049$ و $\sigma_f = 0,0826 \pm 0.001$

❖ **ملخص نتائج التجارب الحرارية** : مبين في الجدول أدناه .

العينة	اللبنات الخرسانية	لبنات التربة المحروقة	لبنات البوليستران	لبنات جبسية
λ (W/m.k)	$1.0866 \pm 0,0916$	$0.575 \pm 0,0082$	0.045	$0.849 \pm 0,0019$

الشكل (IV - 15) يبين تغير الناقلية الحرارية بدلالة مواد بناء مختلفة.



الشكل (IV - 15) تغير الناقلية الحرارية بدلالة مواد بناء مختلفة

من خلال المنحى نستنتج أن البوليستران هو أقل ناقلية حرارية وذلك لبنية الحبيبات المكونة له و كذلك كتلته الحجمية الأصغر مقارنة مع المواد الأخرى تليه التربة المحروقة وذك راجع كذلك لكتلتها الحجمية الأقل من الخرسانة و الجبس يأتي في المرتبة الثالثة ثم الخرسانة التي لها خاصية التوصيل السريع للحرارة وكذلك سرعة الفقدان لها ، مما يجعل استخدامها في بناء المباني بدون عوازل حرارية أو أجهزة تكييف غير مريحة للإنسان .

ملخص نتائج التجارب الميكانيكية

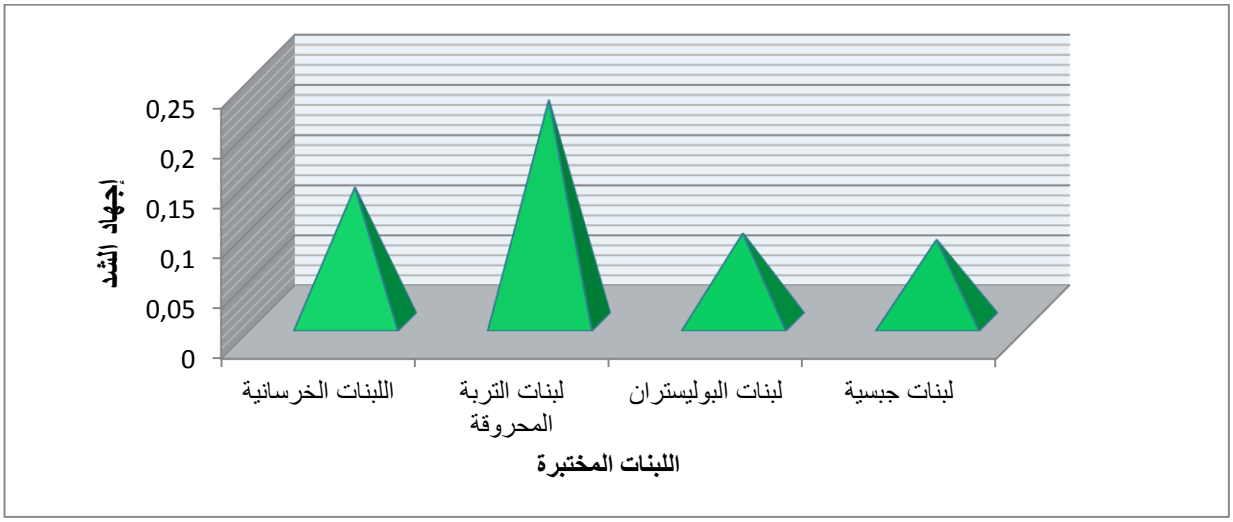
- ☒ . **تجارب الشد بواسطة الإنحناء**
- ☒ . **تجارب الإنضغاط**

النتائج مدونة في الجدول (V. 15) .

جدول (IV. 15) نتائج التجارب الميكانيكية

العينة	اللبنات الخرسانية	لبنات التربة المحروقة	لبنات البوليستران	لبنات جبسية
إجهاد الشد σ_t (MPa)	$0,135 \pm 0.015$	$0,222 \pm 0.008$	$0,089 \pm 0.01$	$0,0826 \pm 0.001$
إجهاد الإنضغاط σ_C (MPa)	$0,924 \pm 0.0092$	$1,016 \pm 0.062$	0.113 ± 0.001	–

الشكل (IV - 16) تبين تغير إجهاد الشد حسب نوعية المادة المشكلة للبنة



الشكل (IV - 16) تغير إجهاد الشد حسب نوعية المادة المشكلة للبنة

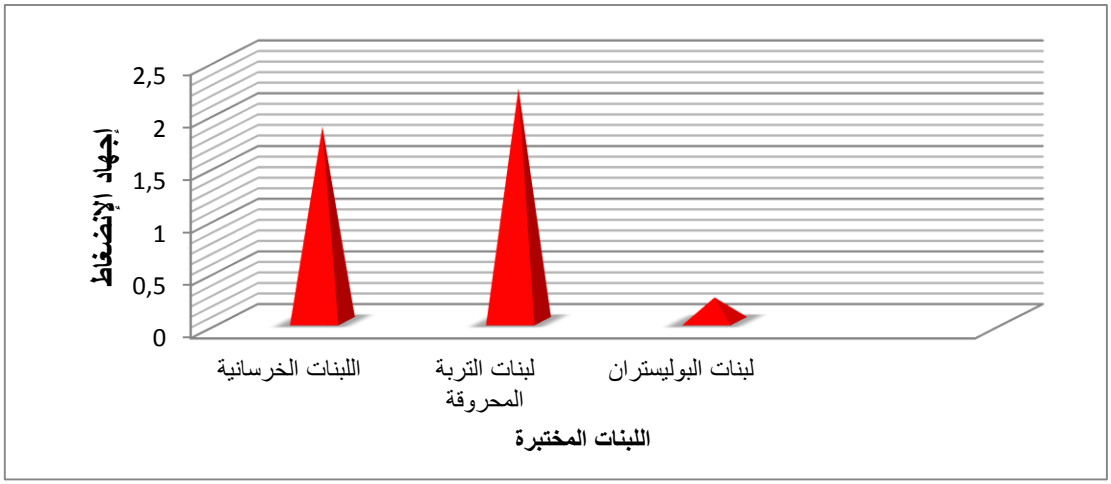
لبنات التربة المحروقة اكثر مقاومة للشد و ذلك لوجود و كثرة الفواصل التي تعطي للبنة شكلها المميز و التي تتقارب من بعضها البعض مما يزيد في إعطاء اللبنة قوة تحمل أكثر ، بالإضافة إلى أن اللبنات المختبرة كانت خالية من التشققات.

البنات الخرسانية كانت أقل مقاومة للشد من التربة المحروقة وذلك كون أهم عيوب الخرسانة ضعف مقاومتها لقوى الشد علما أن اللبنات المختبرة كانت منجزة بطريقة جيدة .

بخصوص اللبنات البوليسترينية كانت في المرتبة الثالثة و هي أحسن من لبنات الجبس ذلك راجع لطبيعة البنية الحبيبية للمادة المكونة للبنات مما أدى إلى قلة مقاومتها لقوى الشد مقارنة بالخرسانة و التربة المحروقة .

أما اللبنات الجبسية فمقاومتها أقل من اللبنات الأخرى فذلك راجع لكون تجربة الشد بواسطة الإنحناء تمت بثلاث نقاط بينما في اللبنات الأخرى فتمت بأرباع نقاط .

الشكل (IV - 17) يبين تغير إجهاد الإنضغاط حسب نوعية المادة المشكلة للبنة



الشكل (IV - 17) تغير إجهاد الإنضغاط حسب نوعية المادة المشكلة للبنة

لبنات التربة المحروقة كانت الأكثر مقاومة لقوى الانضغاط وذلك راجع للفواصل التي تعطي للبنة شكلها المميز و التي تعتبر على شكل مساند وهي متقاربة من بعضها و هي كثيرة مما زاد في مقامتها الانضغاط و كذلك اللبنات المختبرة كانت خالية من التشققات .

اللبنات الخرسانية كانت مقاومتها لقوى الانضغاط أقل مقارنة باللبنات التربة المحروقة علما أن الخرسانة تمتلك مقاومة كبيرة للانضغاط و ذلك راجع كون الفواصل التي تعطى الشكل المميز للبنات الخرسانية متباعدة من بعضها مقارنة بلبنات التربة المحروقة .

لبنات البوليسترين كانت مقاومتها لقوى الإنضغاط أقل من البنات الأخرى راجع لبنيتها الحبيبية .

الجدول التالي يبين النتائج المحصل عليها من خلال التجارب الميكانيكية التي أجريت :

اللبنات	شكلها	$б_C$ (Mpa)	$б_T$ (Mpa)
الخرسانية		$0,924 \pm 0.0092$	$0,135 \pm 0.015$
التربة المحروقة		$1,016 \pm 0.062$	$0,222 \pm 0.008$
الجبسية		———	$0,0826 \pm 0.001$
البوليسترينية		0.113 ± 0.001	$0,089 \pm 0.01$

4.IV. النتائج المحصل عليها و التي تبين تأثير درجة الحرارة على النماذج المنجزة

التجارب أجريت على النماذج في شهر أوت 2011 في ساحة قسم الري و الهندسة المدنية بجامعة ورقلة. والنتائج المحصل عليها مدونة في الجدول (V .16)

جدول (IV .16) يبين تأثير درجة الحرارة على المجسمات الأربع المنجزة

HR % (الرطوبة) الخارجية	Tconf Max (°c)	T conf Min(°c)	T int p 4 (°c)	T int p 3 (°c)	T int p 2 (°c)	T int p1 (°c)	T ext (°c)	الساعات
39	30	24	29.3	29.1	29.5	30.8	30.5	06h
37	30	24	29.9	29.7	29.6	31.5	30.7	07h
37	30	24	30.7	28.1	29.9	31.7	31.4	08h
35	30	24	32.4	28.7	30.8	33.4	41.5	12h
34	30	24	33.5	29.4	32.1	36.7	43.6	13h
31	30	24	35.1	30.2	33.9	38.3	45.2	14h
29	30	24	38.6	33.7	37.4	44.5	46.5	17h
29	30	24	38.6	34.7	38	43.9	43.1	18h
30	30	24	38.6	34.7	38	44	40	19h

حيث أن :

الرطوبة الخارجية : HR %

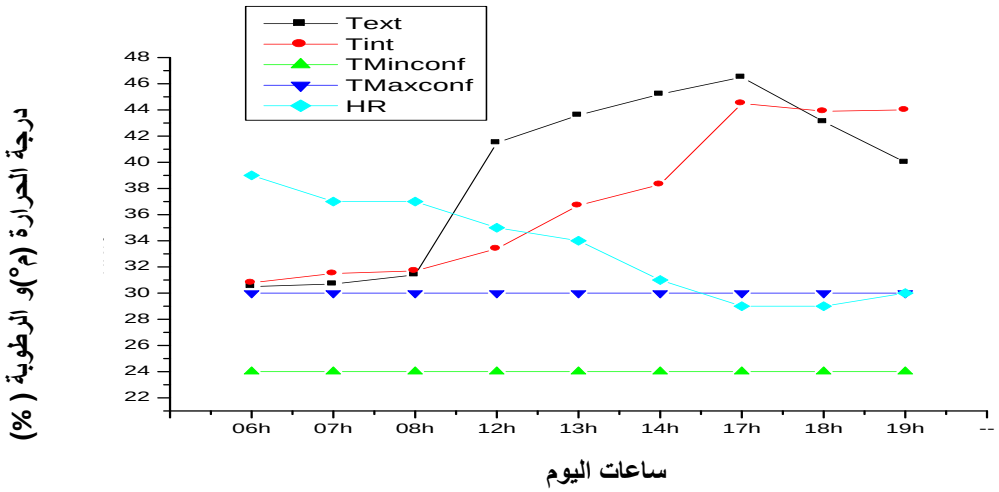
درجة الحرارة القصوى للراحة الحرارية : Tconf Max .

درجة الحرارة الدنيا للراحة الحرارية :T conf Min

درجة الحرارة الداخلية في النماذج : T int

درجة الحرارة الخارجية : T ext

منحنى النموذج (P_1): يبين تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 18) تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم

ما يلاحظ أن درجة الحرارة الداخلية في الصباح كانت في حدود 31م° هذا راجع لكون الخرسانة مادة مخزنة للحرارة (ظاهرة الفرن الحراري) و بعد ذلك بدأت في الارتفاع أين بلغت أقصاها في حدود الساعة الخامسة مساءا و بعدها إنخفظت قليلا

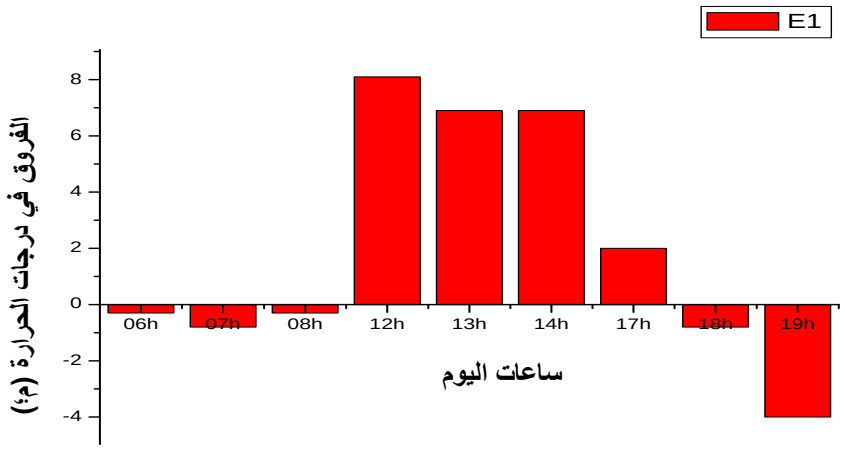
واستقرت و ما يلاحظ أيضا أن هنالك تناسبا طرديا بين الارتفاع الحراري الخارجي و الداخلي إلا أنه عند غروب الشمس تبدأ الحرارة الخارجية في الإنخفاظ و هذا بسبب نقص الإشعاع الحراري عكس الحرارة الداخلية التي تبقى تقريبا مستقرة و هذا بسبب تخزين عناصر البناية للحرارة و فقدها ليلا و هذا راجع للتوا زان الحراري (انتقال الحرارة دائما من الوسط الساخن إلى البارد) .و ما يلاحظ أن هذا النموذج المنتشر استعماله في بناياتنا لا يلبي أدنى شروط الراحة الحرارية لذلك تجد استعمال المكيفات لا يكاد يتوقف وهذا ينعكس على استهلاك الطاقة الكهربائية .

الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_1)

جدول (IV .17) يبين الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_1)

الساعات	T ext(درجة الحرارة الخارجية)	T int(درجة الحرارة الداخلية)	الفروق في درجات الحرارة $\Delta T = Text - T int$
06h	30.5	30.8	-0.3
07h	30.7	31.5	-0.8
08h	31.4	31.7	- 0.3
12h	41.5	33.4	8.1
13h	43.6	36.7	6.9
14h	45.2	38.3	6.9
17h	46.5	44.5	2
18h	43.1	43.9	-- 0.6
19h	40	44	- 4

الشكل (IV – 19) يبين تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

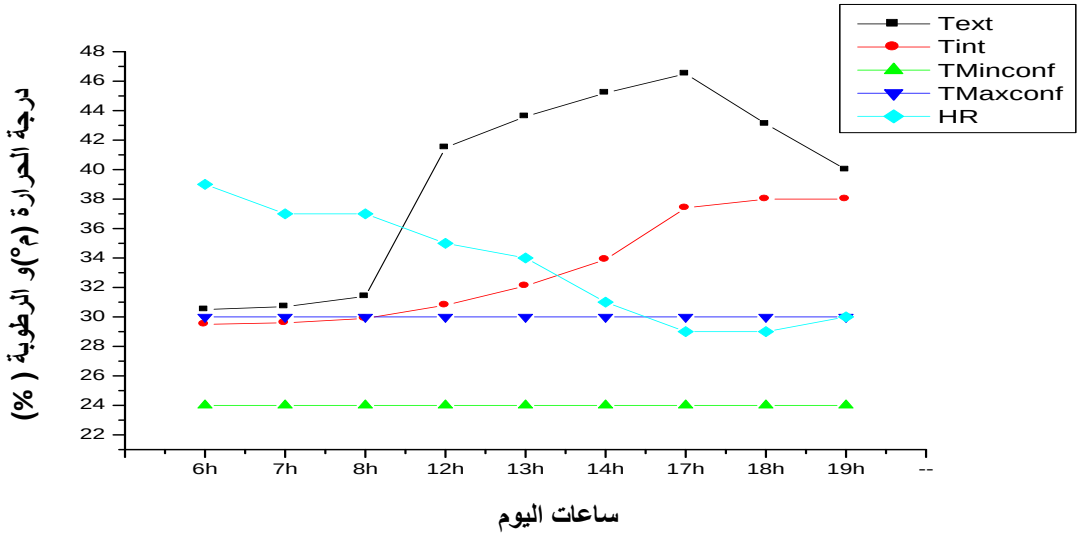


الشكل (IV – 19) تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

نلاحظ خلال الساعات الأولى تكون درجة الحرارة في الداخل أكبر من الخارج وذلك لأن البلاطة المنجزة من الخرسانة كانت خلال النهار تمتص و تخزن الحرارة و مع انعدام الإشعاع الشمسي تبدأ في فقدان الحرارة (الحرارة تنتقل من الوسط الساخن إلى الوسط البارد) . أما خلال منتصف النهار حتى الساعة 17:00 فإن درجة الحرارة الخارجية تبقى أكبر من الداخلية (الإشعاع الشمسي). بعد الساعة الخامسة مساءا يصبح العكس السبب ذكر سابقا و هو اختزان لعناصر البناية الحرارة (البلاطة و الجدران).

في هذا النموذج وصل الفارق في درجات الحرارة حوالي **8,1** و هذا راجع للجدران المنجزة من الآجور (إحتواء فراغات) .

منحنى النموذج (P_2): يبين تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 20) تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم

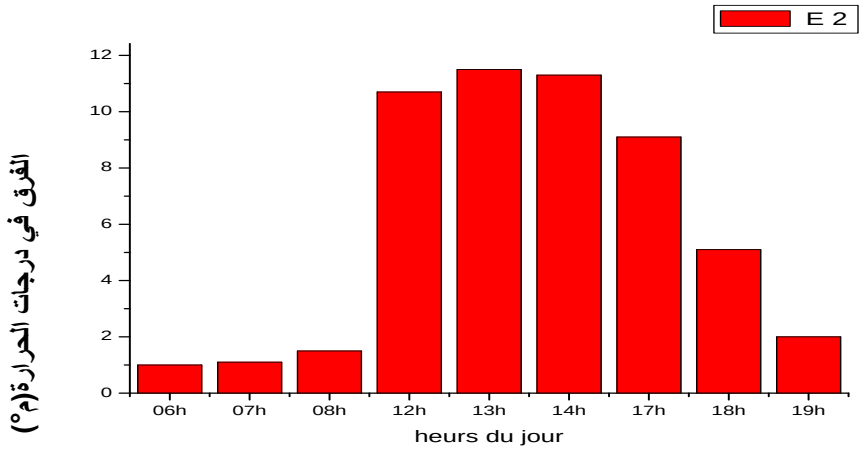
نلاحظ أن في هذا النموذج أن المواد المستعملة في إنجاز اللبنات سواء المستعملة في الجدران أو السقف قد لعبت دورا هاما و النتائج المحصل عليها تبين ذلك علما أن اللبنات المنجز منها الجدران ناقليتها الحرارية هي الأصغر من بين اللبنات الأخرى المختبرة وكذلك السقف المنجز من اللبنات الجبسية النصف إسطوانية ففي هذه الحالة يكون السقف مظللا دائما إلا وقت الظهيرة وتزيد السقوف المقوسة من سرعة الهواء المار فوق سطوحها المنحنية مما يزيد من فاعلية رياح التبريد في خفض درجة حرارة هذه السقوف .ما يلاحظ في هذا النموذج أنه حتى منتصف النهار تقريبا يكون النموذج داخل مجال الراحة الحرارية .

الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية(P_2)

جدول (IV. 18) يبين الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_2)

الساعات	T ext(درجة الحرارة الخارجية)	T int(درجة الحرارة الداخلية)	الفروق في درجات الحرارة $\Delta T = Text - T int$
06h	30.5	29.5	1
07h	30.7	29.6	1.1
08h	31.4	29.9	1.5
12h	41.5	30.8	10.7
13h	43.6	32.1	11.5
14h	45.2	33.9	11.3
17h	46.5	37.4	9.1
18h	43.1	38	5.1
19h	40	38	2

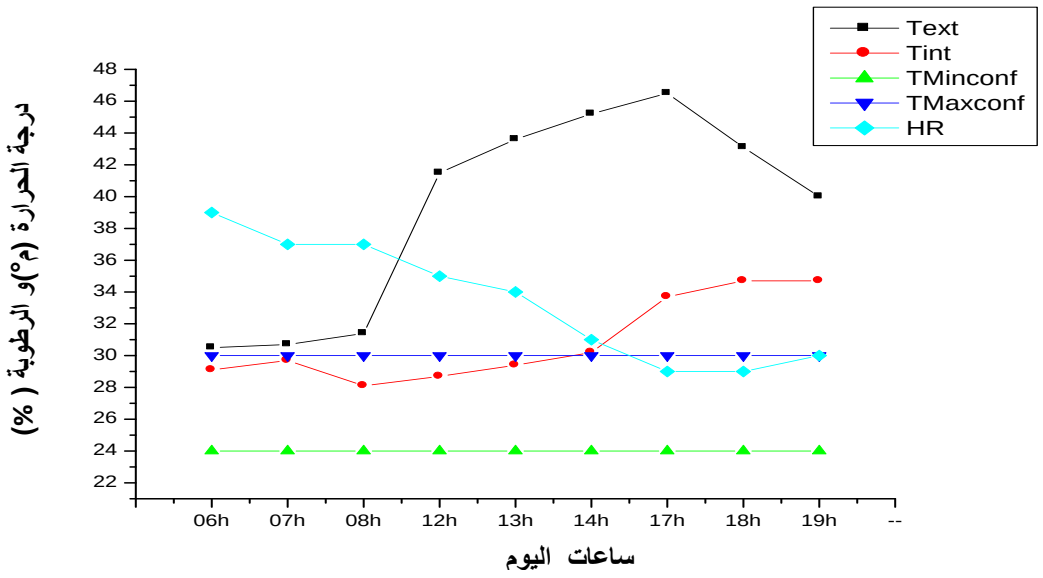
الشكل (IV – 21) يبين تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم.



الشكل (IV – 21) تغير الفر ساعات اليوم لداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

نلاحظ أن الفرق بين درجة الحرارة الداخلية و الخارجية واضح و السبب يعود إلى المقاومة الحرارية الجيدة للبنات الجدران و اللبنات الجبسية النصف إسطوانية المنجز منها السقف . كذلك راجع لفقدان الجبس للحرارة الممتصة بسرعة و كذلك لبنات الجدار .في هذا النموذج نستطيع إستعمال مكيفات الهواء بعد منتصف النهار و هذا راجع لكون العطالة المعتبرة الناتجة عن اللبنات المملؤة (الطين + ألياف) أخرت الإنتقال الحراري من الخارج إلى الداخل .ما يلاحظ أيضا أن الفرق في درجة الحرارة وصل حتى 11,50م° عند الواحدة زوالا وهذا شيئ مهم وجيد .

منحنى النموذج (P_3): يبين تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 22) تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم

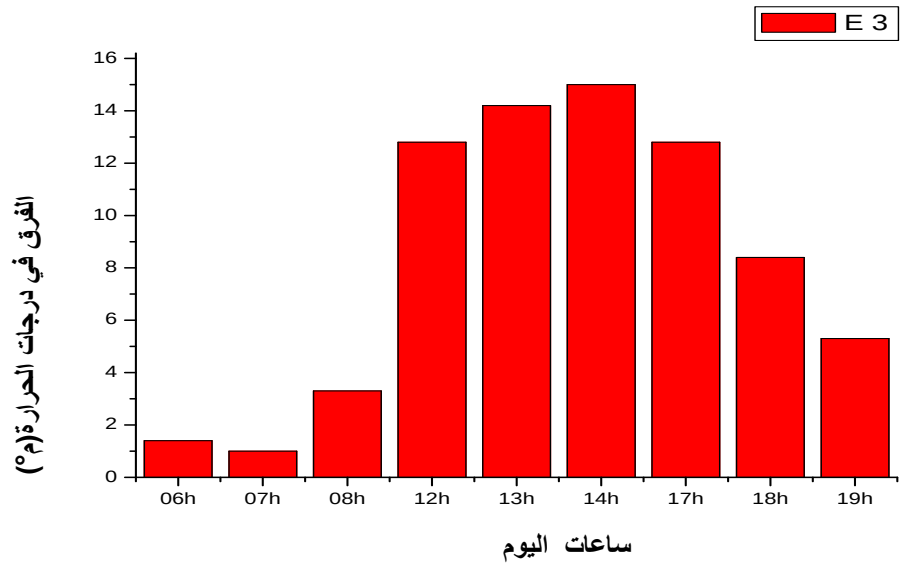
ما يلاحظ في هذا النموذج أن درجة الحرارة الداخلية حتى الثانية بعد الزوال مازالت تقارب 30م° و هذا يعني أنه بإمكاننا إستعمال المكيفات الهوائية بعد الساعة 14:00 و في حدود الساعة 17:00 تستقر درجة الحرارة الداخلية أو تقارب 35 م°.هذا النموذج نستطيع أن نقول أنه جيد وذلك كون درجة الحرارة لم تتعدى 30 م°- مجال الراحة الحرارية إمتد من الساعة السادسة حتى الثانية زوالا - .

الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية(P_3):

جدول (IV .19) يبين الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_3)

الساعات	T ext(درجة الحرارة الخارجية)	T int(درجة الحرارة الداخلية)	الفروق في درجات الحرارة $\Delta T = Text - T int$
06h	30.5	29.1	1,1.4
07h	30.7	29.7	1
08h	31.4	28.1	3.3
12h	41.5	28.7	12.8
13h	43.6	29.4	14.2
14h	45.2	30.2	15
17h	46.5	33.7	12.8
18h	43.1	34.7	8.4
19h	40	34.7	5.3

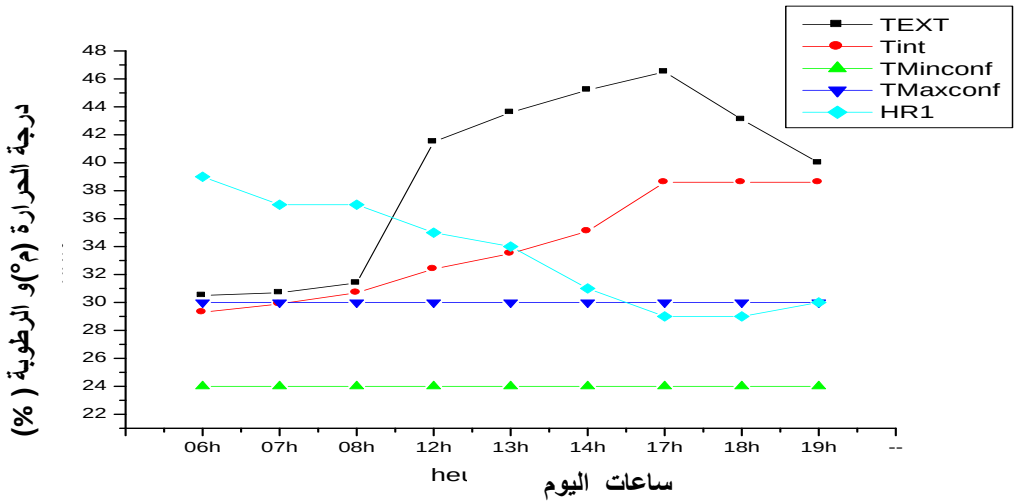
الشكل (IV – 23) يبين تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 23) تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

هنالك فرق واضح بين درجة الحرارة الداخلية و الخارجية و هذا إن دل على شيء فإنه يدل على مدى الدور الذي لعبه السقف المكون من البوليستران الذي يملك مقاومة حرارية كبيرة و كذلك الجدران المكون من لبنات تملك مقاومة حرارية جيدة . و هذا هو الشيء الذي نفتقده في بناياتنا . الفرق وصل حتى 15 م° بين الداخل و الخارج عند الساعة 14:00.

منحنى النموذج (P_4): يبين تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 24) تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم

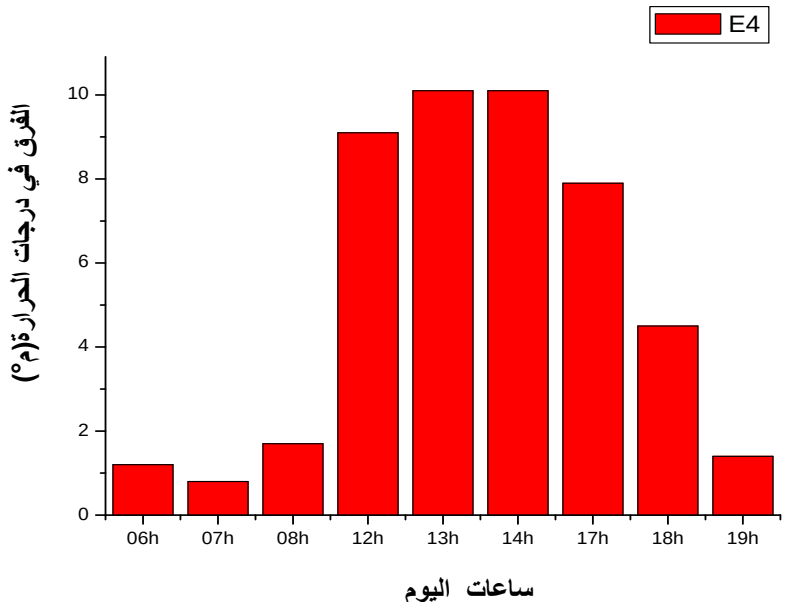
هنالك تناسب طردي بين إرتفاع درجة الحرارة الداخلية و الخارجية حيث كلما إرتفعت الحرارة الخارجية إرتفعت معها الداخلية . كذلك ما يلاحظ في هذا النموذج أن درجة الحرارة الداخلية منذ الثامنة صباحا فاقت 30م° أي يجب إستعمال المكيف الهوائي و هذا له تأثير على إستهلاك الطاقة الكهربائية .مجال الراحة الحرارية محقق من الساعة 06:00 حتى 08:00.

الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية(P_4):

جدول (IV. 20) يبين الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_4)

الساعات	T ext(درجة الحرارة الخارجية)	T int(درجة الحرارة الداخلية)	الفروق في درجات الحرارة $\Delta T = Text - T int$
06h	30.5	29.3	1.2
07h	30.7	29.9	0.8
08h	31.4	30.7	1.7
12h	41.5	32.4	9.1
13h	43.6	33.5	10.1
14h	45.2	35.1	10.1
17h	46.5	38.6	7.9
18h	43.1	38.6	4.5
19h	40	38.6	1.4

الشكل (IV – 25) يبين تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

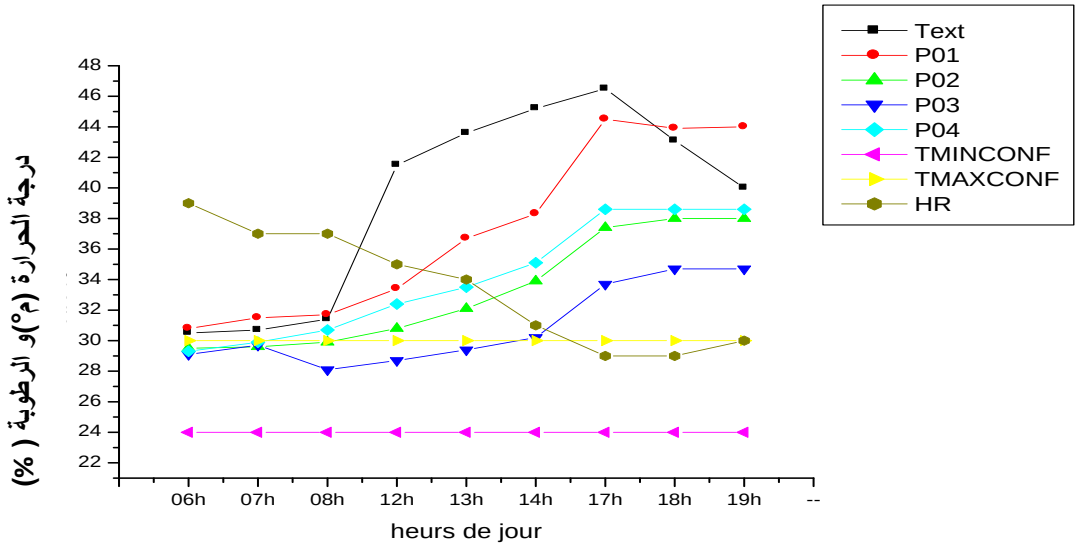


الشكل (V – 25) تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

السقف و الجدران لم يلعبا دور و ذلك لأن الحرارة الداخلية تتغير مع تغير درجة حرارة الجو، وهذا يدل على الإختراق السهل للحرارة من الخارج إلى الداخل لكن بالمقابل هنالك فارق في درجة الحرارة وصل حتى10م°.

منحنى شامل لكل النماذج الأربع :

الشكل (IV – 26) يبين تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم



ساعات اليوم

الشكل (IV – 26) تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات

النموذج الثالث (P_3) هو الذي يوفر الراحة الحرارية للإنسان و كذلك يساعد في عدم إستهلاك الطاقة الكهربائية و تكلفة حجم مكيفات الهواء (إستهلاك الطاقة) وهذا عكس النموذجينP_1 و P_4.

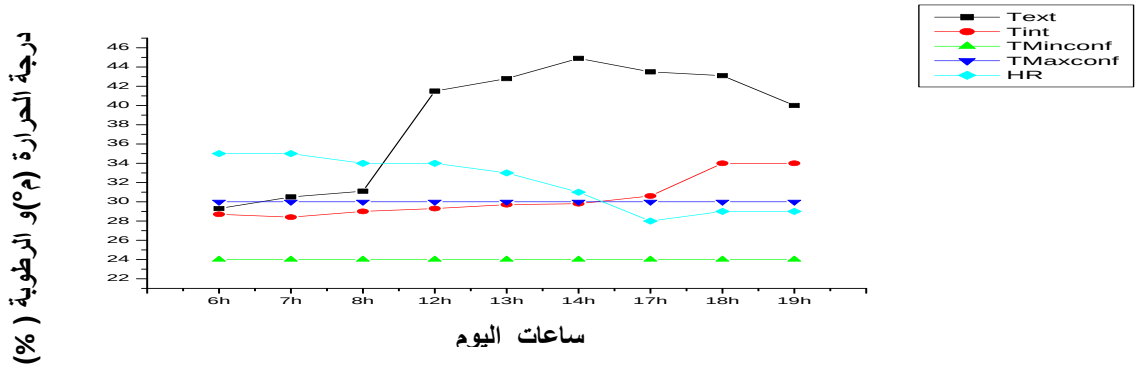
النموذج الثاني (P_2) : الجدران أنجزت من لبنات نافليتها الحرارية هي الأصغر من بين اللبنات الأخرى المختبرة وكذلك السقف المنجز من اللبنات الجبسية النصف إسطوانية ففي هذه الحالة يكون السقف مظللا دائما إلا وقت الظهيرة وتزيد السقوف المقوسة من سرعة الهواء المار فوق سطوحها المنحنية مما يزيد من فاعلية رياح التبريد في خفض درجة حرارة هذه السقوف .

إذا جئنا للمقارنة بين النموذجين الثاني و الثالث فالثالث هو الأحسن لأن اللبنات البوليسترنية غالية الثمن و هي مادة غير محلية أما لبنات الجبس فيمكن إنجازها محليا و رخيصة الثمن لذلك نستطيع إستعمال هذا النموذج في بيئتنا الصحراوية .

نسبة الرطوبة الخارجية المقاسة كانت تتراوح بين 30% و 39% طيلة فترات القياس للرطوبة ، هذه النسب تتواجد داخل مجال الراحة الحرارية بالنسبة للرطوبة (30% - 70%) لكن تأثيرها يكون إيجابيا في حالة كون قيم درجات الحرارة متواجدة في مجال الراحة الحرارية (24م° - 30م°) . يزداد شعور الإنسان بالحرارة كلما زادت نسبة الرطوبة النسبية للهواء .

منحنى النموذج (P_{2-1})

الشكل (IV – 27) يبين تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 27) تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم

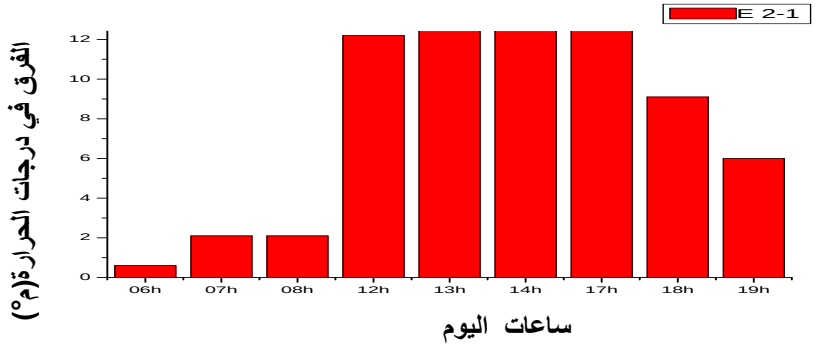
في هذا النموذج نلاحظ أن درجة الحرارة الداخلية لم تتعدى 30م° إلا في حدود الرابعة مساءا و هذا مما يسمح بتوفير الطاقة الكهربائية (استعمال المكيفات الهوائية بعد الرابعة مساءا) يمكن القول أن هذا النموذج مثالي لأنه يوفر مجال للراحة الحراية إمتد من الساعة 06:00 حتى 16:00.

الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية(P_{2-1}):

جدول (IV. 21) يبين الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_{2-1})

الساعات	T ext(درجة الحرارة الخارجية)	T int(درجة الحرارة الداخلية)	الفروق في درجات الحرارة $\Delta T = Text - T int$	HR % (الرطوبةالخارجية)
06h	29.3	28.7	0.6	39
07h	30.5	28.4	2.1	37
08h	31.1	29	2.1	37
12h	41.5	29.3	12.2	35
13h	42.8	29.7	13.1	34
14h	44,9	29,8	15.1	31
17h	43.5	30.6	13.1	29
18h	43.1	34	9.1	29
19h	40	34	6	30

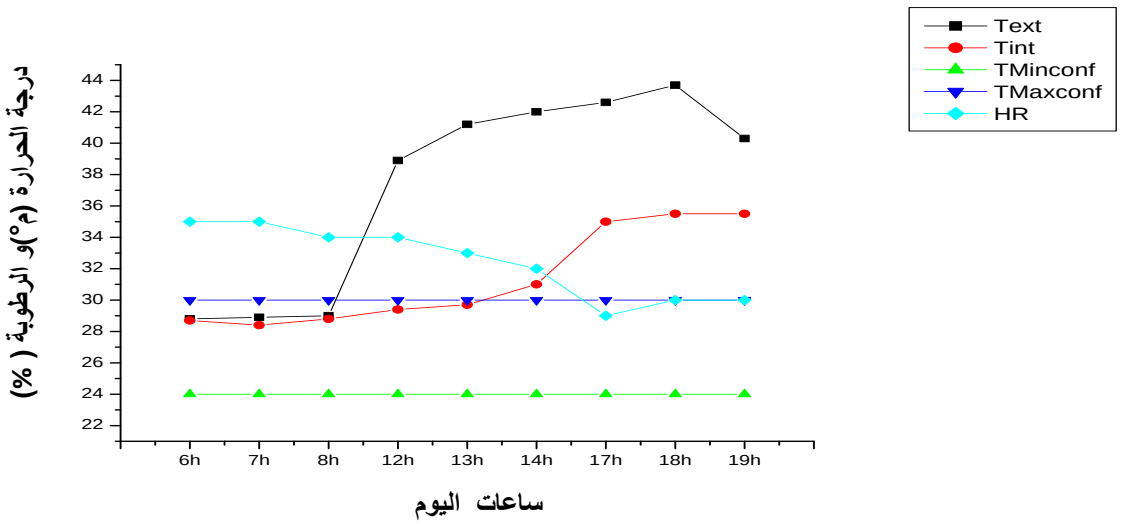
الشكل (IV – 28) يبين تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 28) تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

الفرق و اضح في درجة الحرارة الداخلية و الخارجية هذا يدل على مدى لعب الجدران و السقف دورهما في عملية العزل أي منع إنتقال الحرارة من الخارج إلى الداخل و هذا ما نود تحقيقه في بناءاتنا الصحراوية .حيث وصل الفارق إلى 15,1°C .

منحنى النموذج (P_{2-2}) : يبين تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 29) تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات

في هذا النموذج نلاحظ أنه في حدود الساعة الثانية مساءا فاقت درجة الحرارة الداخلية 30م° و هذا يتطلب تشغيل مكيفات الهوائية و تستمر درجة الحرارة الداخلية في الإرتفاع مع إرتفاعها في الجو إلى لأن تستقر و تبقى ثابتة بعد الخامسة مساءا رغم إنخفاض الحرارة الخارجية .يمكن القول أن مجال الراحة الحرارية إمتد من الساعة 06:00 حتى 14:00.

الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية(P_{2-2})

جدول (IV .22) يبين الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_{2-2})

الساعات	T ext(درجة الحرارة الخارجية)	T int(درجة الحرارة الداخلية)	الفروق في درجات الحرارة $\Delta T = Text - T int$	HR % (الرطوبةالخارجية)
06h	28.8	28.7	0.1	39
07h	28.9	28.4	0.5	37
08h	29	28,8	0.2	37
12h	38.9	29.4	8.8	35
13h	41.2	29.7	11.4	34
14h	42	31	11	31
17h	42.6	35	7.6	29
18h	43.7	35.5	8.2	29
19h	40.3	35.5	4.8	30

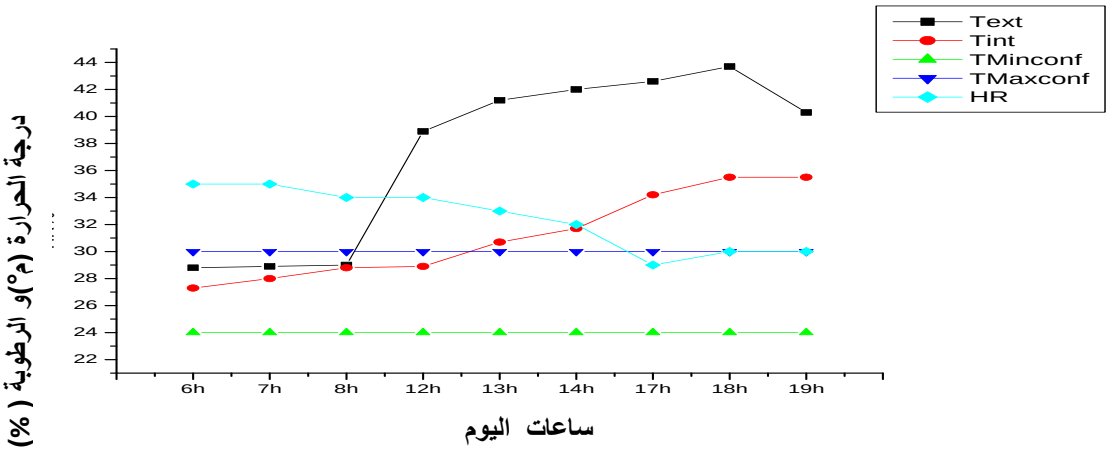
الشكل (IV – 30) يبين تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم .

الشكل (IV – 30) تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

نلاحظ أن هنالك تناسب طردي بين ارتفاع درجة الحرارة الخارجية و الداخلية لذا فالبلاطة المكونة من لبنات التربة المحروقة لم تؤدي دورها مثل لبنات البوليستران في منع الانتقال الحراري حيث الفارق في درجة الحرارة كان أقل منه في النموذج (P_{2-1})

منحنى النموذج (P_{4-1}) :

الشكل (IV – 31) يبين تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 31) تغير درجات الحرارة الداخلية و الخارجية و الرطوبة بدلالة ساعات

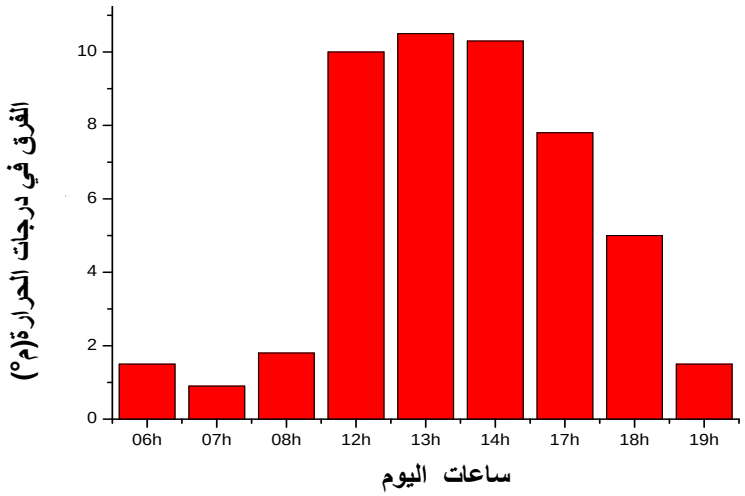
التفسير: في هذا النموذج منذ الساعة الواحدة مساءا فاقت درجة الحرارة الداخلية 30م° هنا نلاحظ الفرق بين النموذج **(P_{4-1})** و النموذج **(P_4)** و هو في السقف لأن الأول منجز من لبنات التربة المحروقة أما الثاني فمنجز من لبنات البوليستران . التأثير كان واضحا في دور عناصر البلاطة (البوليستران) حيث تحسن مجال الراحة الحرارية مقارنة بالنموذج **(P_4)** حيث إمتد من الساعة 06:00 حتى الساعة 13:00 .

الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية(P_{4-1})

جدول (23.IV) يبين الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية للنموذج(P_{4-1})

الساعات	T ext(درجة الحرارة الخارجية)	T int(درجة الحرارة الداخلية)	الفروق في درجات الحرارة $\Delta T = Text - T int$	HR % (الرطوبةالخارجية)
06h	28.8	27.3	1.5	39
07h	28.9	28.0	0.9	37
08h	29	28,8	1.8	37
12h	38.9	28.9	10	35
13h	41.2	30.7	10.5	34
14h	42	31.7	10.3	31
17h	42.6	34.2	7.8	29
18h	43.7	35.5	5	29
19h	40.3	35.5	1.5	30

الشكل (IV – 32) يبين تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم



الشكل (IV – 32) تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

هنالك تناسب طردي بيت التغير في درجة الحرارة الداخلية و الخارجية حيث نلاحظ هنالك تحسين في أداء العزل الحراري عند إستعمال لبنات البوليستران مقارنة مع لبنات التربة المحروقة حيث وصل الفرق في درجة الحرارة الداخلية و الخارجية 10,50م°.

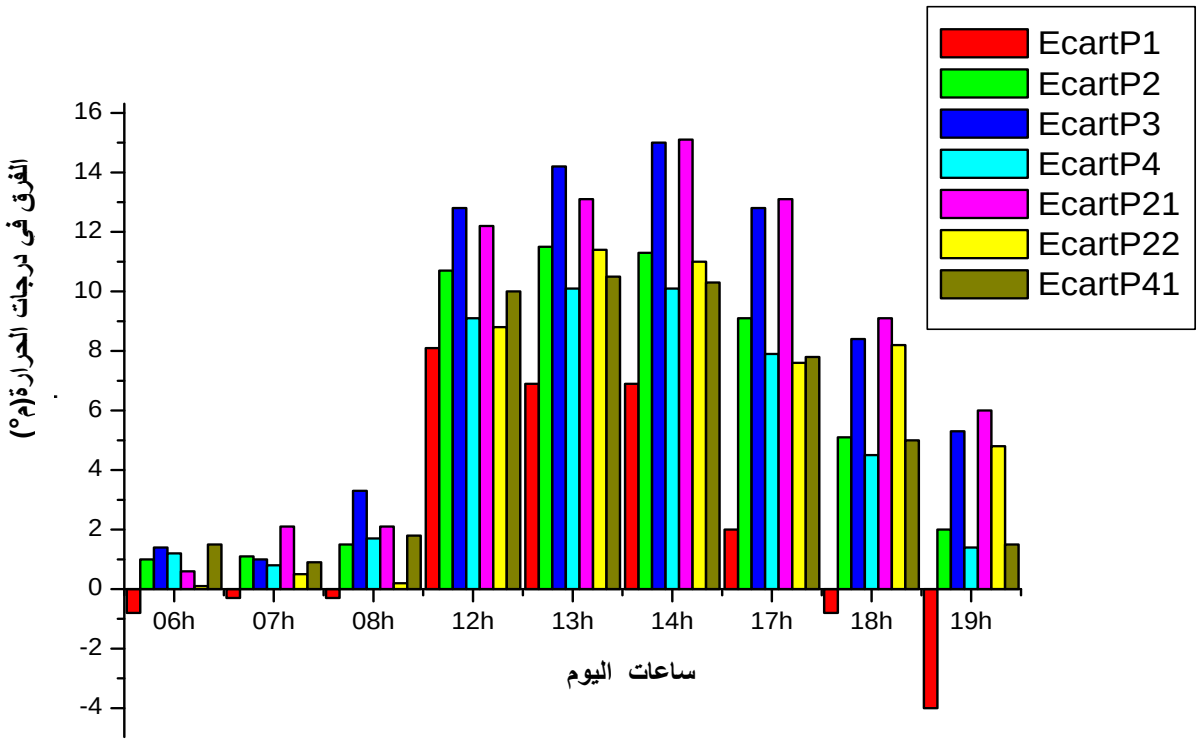
ملخص النتائج الكلية لجميع النماذج (الفروق في درجة الحرارة)

جدول (IV-24) يبين النتائج الكلية لجميع النماذج (الفروق في درجة الحرارة)

الساعات	الفرق بالنسبة لـ P1	الفرق بالنسبة لـ P2	الفرق بالنسبة لـ P3	الفرق بالنسبة لـ P4	الفرق بالنسبة لـ P2-1	الفرق بالنسبة لـ P2-2	الفرق بالنسبة لـ P4-1
06h	-0.3	1	1.4	1.2	0.6	0.1	1.5
07h	-0.8	1.1	1	0.8	2.1	0.5	0.9
08h	-0.3	1.5	3.3	1.7	2,1	0.2	1.8
12h	8.1	10.7	12.8	9.1	12.2	8.8	10
13h	6.9	11.5	14.2	10.1	13.1	11.4	10.5
14h	6.9	11.3	15	10.1	15.1	11	10.3
17h	2	9.1	12.8	7.9	13.1	7.6	7.8

5	8.2	9.1	4.5	8.4	5.1	-0.8	18h
1.5	4.8	6	1.4	5.3	2	-4	19h

الشكل (IV – 33) يبين تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم لجميع النماذج المدروسة .



الشكل (IV – 33) تغير الفرق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية بدلالة ساعات اليوم

في النموذج P_{2-1} نلاحظ أن الفرق و اضح في درجة الحرارة الداخلية و الخارجية و هذا يدل على مدى تأثير الجدران و السقف على عملية منع انتقال الحرارة من الخارج إلى الداخل و هذا ما نود تحقيقه في بناءاتنا الصحراوية حيث وصل الفرق حتى 15,10 درجة مئوية .

ما يلاحظ في النموذج P_3 أن هنالك فرق واضح بين درجة الحرارة الداخلية و الخارجية و هذا إن دل على شيئ فإنه يدل على مدى الدور الذي لعبه السقف المكون من البوليستران الذي يملك مقاومة حرارية كبيرة و كذلك الجدران المكونة من لبنات تملك مقاومة حرارية كبيرة . و هذا هو الشيئ الذي نفتقده في بناءاتنا .

في النموذج P_{2-2} نلاحظ أن هنالك تناسب طردي بين ارتفاع درجة الحرارة الخارجية و الداخلية لذا فالعناصر المركبة لهذا النموذج لم تلعب دورها في منع الانتقال الحراري ومن ثم التأثير على إستهلاك الطاقة الكهربائية .

في النموذج P_{4-1} هنالك تناسب طردي بين التغير في درجة الحرارة الداخلية و الخارجية حيث نلاحظ هنالك تحسين في أداء العزل الحراري عند استعمال لبنات البوليستران مقارنة مع لبنات التربة المحروقة .

في النموذج P_4 هنالك تناسب طردي بين ارتفاع درجة الحرارة الداخلية و الخارجية حيث كلما ارتفعت الحرارة الخارجية ارتفعت معها الداخلية . كذلك ما يلاحظ في هذا النموذج أن درجة الحرارة الداخلية منذ الثامنة صباحا فاقت 30م° أي يجب استعمال المكيف الهوائي و هذا له تأثير على استهلاك الطاقة الكهربائية .

ما يلاحظ في النموذج P_2 أن الفرق بين درجة الحرارة الداخلية و الخارجية واضح و السبب يعود إلى المقاومة الحرارية الجيدة للبنات الجدران و اللبنات الجبسية النصف اسطوانية المنجز منها السقف . كذلك راجع لفقدان الجبس للحرارة الممتصة بسرعة و كذلك لبنات الجدار وكذا شكل اللبنات المستعملة في السقف أعطى تحسنا في الأداء الحراري .

في النموذج P_1 نلاحظ خلال الساعات الأولى تكون درجة الحرارة في الداخل أكبر من الخارج وذلك لأن البلاطة و الجدران كانت خلال النهار تمتص و تخزن الحرارة و مع انعدام الإشعاع الشمسي تبدأ في فقدان الحرارة (الحرارة تنتقل من الوسط الساخن إلى الوسط البارد) . أما خلال منتصف النهار حتى الساعة 17:00 فإن درجة الحرارة الخارجية تبقى أكبر من الداخلية (الإشعاع الشمسي) . بعد الساعة الخامسة مساءا يصبح العكس السبب ذكر سابقا و هو اختزان عناصر البناية الحرارة (البلاطة و الجدران)

IV . الخلاصة:

من خلال الدراسة التجريبية تبين أن اللبنات المنجزة من التربة المحروقة هي التي تصلح في بناياتنا الصحراوية وذلك لأن مقاومتها الحرارية جيدة بالإضافة إلى توفرها في السوق (مصانع تقرت و جامعة).

حقيقة أن لبنات البوليستران مقاومتها الحرارية هي الأكبر بين اللبنات المختبرة وكذا وزنها الخفيف جدا مما يؤدي إلا التفكير حتى في نقص أبعاد العناصر الحاملة للبلاطة و هذا له تأثير على الجانب الاقتصادي إلا أن عدم تواجدها بالسوق له تأثير كذلك مالي .

مقارنة بين لبنات التربة المحروقة و لبنات البوليستران:

عناصر المقارنة	المقاومة الحرارية $m^2.k/W$	الوزن غرام (g)	العدد اللازم لتغطية 1 م^2 (m^2)	الثمن (دج) (DA)
لبنات التربة المحروقة	0,278	10890	حوالي 08	50
لبنات البوليستران	4,575	200	10	150

لبنات البوليستران لها أهمية من حيث العمل بها في الورشات (آمنة) و كذلك سهلة الوضع (خفة الوزن) . عكس اللبنات الأخرى .

اللبنات الجبسية منجزة من مادة محلية متوفرة في السوق إلا أن وزنها كبير مقارنة باللبنات الأخرى إلا أنها لها فوائد عديدة من حيث توفير الراحة الحرارية وذلك راجع لشكها النصف الأسطواني .

بامكاننا إعتبار النموذجين P_{2-1} و P_3 مثاليين و بالقرب منهما النموذج P_{2-2} بشرط تحسين الأداء الحراري لكل من الجدران والبلاطة (لبنات التربة المحروقة) مع مراعاة الجانب الإقتصادي .

الجدول التالي يبين النتائج المحصل عليها من خلال التجارب الحرارية التي أجريت :

اللبنات	شكلها	λ (w/m.k)	R (m^2.K/W)	C_{SP} ($KJ/m^3.k$)	V (m/s) ultrasonic
الخرسانية		$1.0866 \pm 0,0916$	0.147 ± 0.0018	10487.40 ± 733.466	581.354 ± 1.209

التربة المحروقة		0.575 ±0, 0082	0.278±0. 003	5630.40 ±292. 049	1075.756 ±12, 968
الجبسية		0.849 ± 0, 0019	0.058 ±0. 0012	9706.66 ± 690. 408	2325.681 ±14. 094
البوليسترينية		0.045	4.571	1450	448.458 ±1. 307

الخلاصة العامة

و

التـــوصيـات

خلاصة عامة :

الغرض من هذه الدراسة هو معرفة الخصائص الميكانيكية و الحرارية للبنات المستعملة في أسقف بناءاتنا الصحراوية ، حيث الدراسة شملت أنواع أربع حسب مادة الإنجاز وهي :

- لبنات خرسا نية.
- لبنات التربة المحروقة (الأجور).
- لبنات جبسيه.
- لبنات بوليسترينية .

اللبنات المدروسة تم إستعابها من السوق عدا اللبنات الجبسية تم إنجازها يدويا داخل المخبر.

من خلال دراستنا يمكن إستخلاص النقاط التالية :

المناطق الصحراوية تتميز بمناخ حار جدا صيفا و بارد شتاءا تم القيام بهذه الدراسة بغرض توفير الراحة الحرارية للإنسان و كذا وضع حد للاستهلاك المفرط للطاقة الكهربائية و كذا تثمين استعمال المواد المحلية كالجبس مثلا.

أثناء الدراسة وجد أن المقاومة الميكانيكية للبنات المنجزة من التربة المحروقة اكثر مقاومة للشد (σ_{T}=1.016 Mpa)

و ذلك لوجود و كثرة الفواصل التي تعطي للبنة شكلها المميز و التي تتقارب من بعضها البعض مما يزيد في إعطاء اللبنة قوة تحمل أكثر ، بالإضافة إلى أن اللبنات المختبرة كانت خالية من التشققات.

البنات الخرسانية كانت أقل مقاومة للشد من التربة المحروقة وذلك كون أهم عيوب الخرسانة ضعف مقاومتها لقوى الشد علما أن اللبنات المختبرة كانت خالية من التشققات.

بخصوص اللبنات البوليسترينية كانت في المرتبة الثالثة و هي أحسن من لبنات الجبس ذلك راجع لطبيعة البنية الحبيبية للمادة المكونة لها مما أدى إلى قلة مقاومتها لقوى الشد مقارنة بالخرسانة و التربة المحروقة أما اللبنات الجبسية فماومتها أقل من اللبنات الأخرى .

أما بخصوص مقاومة هذه اللبنات لقوى الإنضغاط فكانت لبنات التربة المحروقة أكثر مقاومة (σ_{c}=0.222 Mpa) وذلك راجع للفواصل التي تعطي للبنة شكلها المميز و التي تعتبر على شكل مساند وهي متقاربة من بعضها و هي كثيرة مما زاد في مقاومتها للانضغاط و كذلك اللبنات المختبرة كانت خالية من التشققات .

اللبنات الخرسانية كانت مقاومتها لقوى الانضغاط أقل مقارنة باللبنات التربة المحروقة علما أن الخرسانة تمتلك مقاومة كبيرة للانضغاط و ذلك راجع أن الفواصل التي تعطى الشكل المميز للبنات الخرسانية متباعدة من بعضها مقارنة بلبنات التربة المحروقة .

لبنات البوليسترين كانت مقاومتها لقوى الإنضغاط أقل من البنات الأخرى راجع ذلك لبنيتها الحبيبية .

الدراسة الحرارية للبنات المختبرة بينت أن مادة البوليستران تمتلك مقاومة حرارية كبيرة ($R = 4.571\ m^2.K/W$) وذلك راجع لكتلته الحجمية الصغيرة تليه التربة المحروقة وذك راجع كذلك لكتلتها الحجمية الأقل من الخرسانة والجبس يأتي في المرتبة

الثالثة الجبس ثم الخرسانة التي لها خاصية التوصيل السريع للحرارة وكذلك سرعة الفقدان لها مما يجعل استخدامها في بناء المباني بدون عوازل حرارية أو أجهزة تكييف غير مريحة للإنسان .

أثناء دراسة تأثير درجات الحرارة الخارجية على النماذج الثمانية (08) المنجزة وجد أن النماذج التي أنجزت بلاطتها من لبنات البوليستران كانت النموذج الأحسن (النموذج P_3) و النموذج P_{2-1} حيث لوحظ وجود فرق واضح بين درجة الحرارة الداخلية و الخارجية (وصل حتى 15,10م °) و هذا إن دل على شيئ فإنه يدل على مدى الدور الذي لعبه السقف المكون من البوليستران الذي يملك مقاومة حرارية كبيرة و كذلك الجدران المكونة من لبنات تملك مقاومة حرارية كبيرة ، و هذا هو الشيئ الذي نفتقده في بناءاتنا إلا أن لبنات البوليستران تبقى إنتاج غير محلي و غالية الثمن رغم مميزاتها الجيدة ، كتلتها الحجمية الصغيرة جدا مقارنة باللبنات الأخرى .

حتى النموذج P_{2-2} أعطى نتائج لا بأس بها (السقف مكون من لبنات التربة المحروقة) حيث وصل الفارق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية حتى 11 م ° .

النماذج التي كان سقفها منجز من لبنات التربة المحروقة أعطت نتائج لا بأس بها و هي متوفرة في السوق (وجود مصانع بمدينة تقرت و جامعة) بشرط أن تستعمل مع جدران منجزة من لبنات ذات مقاومة حرارية عالية .

في النموذج (P_2) المواد المستعملة في إنجاز اللبنات سواء المستعملة في الجدران أو السقف قد لعبت دورا هاما و النتائج المحصل عليها تبين ذلك علما أن اللبنات المنجز منها الجدران نافليتها الحرارية صغيرة وكذلك السقف المنجز من اللبنات الجبسية النصف أسطوانية ففي هذه الحالة يكون السقف مظللا دائما إلا وقت الظهيرة وتزيد السقوف المقوسة من سرعة الهواء المار فوق سطوحها المنحنية مما يزيد من فاعلية رياح التبريد في خفض درجة حرارة هذه السقوف وكذا راجع لفقدان الجبس للحرارة الممتصة بسرعة .

مادة الجبس متوفرة في السوق و بالإمكان توفير هذه اللبنات ، في هذا النموذج نستطيع إستعمال مكيفات الهواء بعد الثانية زوالا .

نستطيع تصنيف النماذج المنجزة من الأحسن إلى الأسوأ إعتمادا على عاملين هما :

- ❖ مجال الراحة الحرارية .
- ❖ الفارق في درجات الحرارة الداخلية و الخارجية ,

الرتبة	النموذج	مجال الراحة الحرارية	الفارق في درجات الحرارة (م °)
1	P_{2-1}	16:00 – 06:00	15,10
2	P_3	14:00 – 06:00	15,00
3	P_{2-2}	13:00 – 06:00	11,40
4	P_{4-1}	12:30 – 06:00	10,40
5	P_2	10:00 – 06:00	11,50
6	P_4	07:00 -06:00	10,10
7	P_1	—	08,10

التوصيات

✓ **مواد البناء**

يجب إستعمال مواد بناء تتميز بما يلي :

- محلية قدر الإمكان .(إستعمال الأحجار و ضمان ربطها بالمواد التالية : التمشمت ، الجير ، الطين أو إستعمال لبنات مقولبة منجزة من الطين مدعم بألياف النخيل مثلا.)
- مواد مقاومة .
- قليلة الآثار السيئة على البيئة .
- طبيعية قدر الإمكان و تجنب المواد الصناعية .
- عازلة للحرارة و للصوت .
- في حالة إستعمال الطين يجب العمل به شتاءا لتجنب ظاهرة الإنكماش .

من خلال دراستنا ننصح باستعمال لبنات التربة المحروقة أو الجبسية لأن المادة الأولية متوفرة و إمكانية تحسين خصائصهما من خلال الأبحاث ممكنة .

✓ النموذج المعماري

يجب أن يتلاءم مع المناخ الجاف والحار هو الذي يسمح بتوفير حد أدنى من الكسب الشمسي صيفا ومن الضياع الحراري شتاء، ولهذا السبب يتم توجيه المساكن نحو الجنوب الشرقي للاستفادة من أشعة الشمس شتاء والحماية منها صيفا. بالنسبة للأسطح المكشوفة فمن الأفضل أن تكون خاضعة لدراسة متأنية تسمح بتكييف أفضل لحجمها و شكلها بحيث تسمح بتوفير أقصى تظليل مما يزيها جمالا مميزا .

من الأحسن إستعمال القبب في آخر طابق لما في ذلك من فوائد منها العزل الحراري و كذلك كون القبب توفر ظلا دائما إلا وقت الظهيرة و نعلم أن السقوف المقوسة تزيد من سرعة الهواء المار فوق سطوحها مما يزيد من فاعلية رياح في خفض درجة حرارة هذه السقوف .

✓ **التصميم البيوميناخي**

- نشر ثقافة التصميم البيوميناخي و إدراجه كمادة تدرس في الجامعات و الهدف من ذلك ضمان أكبر قدر من الراحة والرفاهية للساكني المباني .
- العمل من طرف المهندسين المعماريين إستغلال الظروف الطبيعية في تصميم المبنى و الإستفادة من التكيف الطبيعي و الإنارة الطبيعية قدر المستطاع .

✓ **العزل الحراري** :

- وضع قوانين تلزم على استعمال العزل الحراري في المباني و ذلك للحد من الإسراف في الطاقة الكهربائية و توفير أكبر قدر من الراحة والرفاهية للسكان .
- توعية الناس بفوائد إستعمال العزل الحراري في المباني من خلال و ضع نماذج تعكس ذلك .

✓ **مكان إنجاز المباني** :

❖ في صحرائنا يجب أن تنجز البنايات داخل واحات النخيل حيث تعطي منظر جمالي بالإضافة إلى توفير الظل الواقي من الإشعاع الشمسي .

❖ يجب أن تكون البنايات قريبة من بعضها لتوفير الظل الدائم في الشوارع .

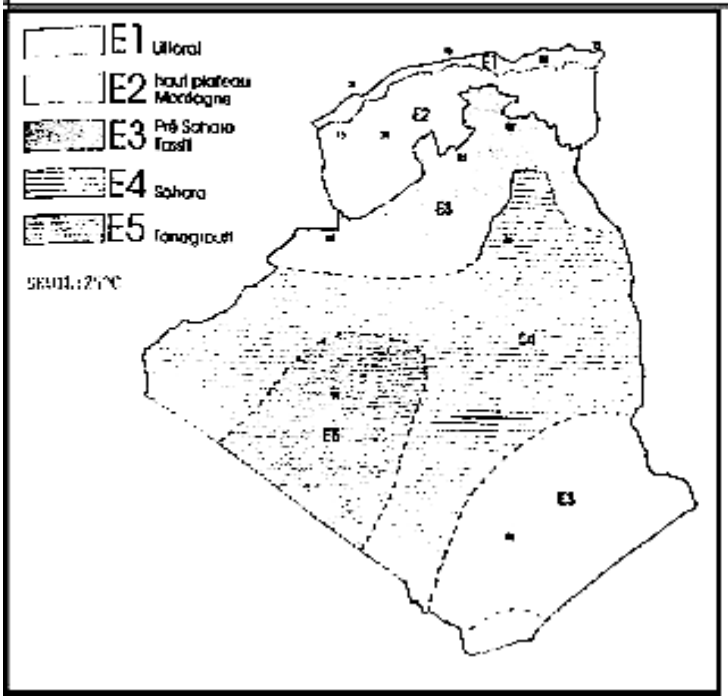
وفي الأخير نرجو أن نكون قد وفقنا في عملنا من خلال هذا البحث في إعطاء خصائص اللبنات المختبرة و المستعملة في أسقف البنايات الصحراوية ، وكذا المساهمة في تثمين وتطوير المواد المحلية ، كما نتمنى أن تقام أبحاث أخرى في هذا المجال لما له من انعكاسات إيجابية على محيطنا العمراني الصحراوي و كذا اقتصادنا.

الملحق

المنطقة المناخية الصيفية بالجزائر	A 1

TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES CLIMATIQUES PAR ZONE
Données ONM[1] période 1974-1984

DONNEES CLIMATIQUES MOYENNES ONM / ZONE	JUILLET : MOIS LE PLUS CHAUD								ETE				
	TEMPERATURE (C°)			HUMIDITE RELATIVE (%)			DEGRES-JOURS CHAUDS BASE 25°C		IRRADIATION ASA[2] GLOBAL (Wh/m²)				VENT DOMINANT
									VERTICAL			Horiz.	
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Juil.	Année	Sud	S/E ou S/O	Est ou Ouest		Vitesse m/s
E_1	24.2	18.4	30.6	68.7	40.8	91,2	39	95	2312	3362	3857	6936	Nord-Est
E_2	24.9	14.7	34.5	54.4	27.0	83,8	70	171	2548	3773	4408	7494	Nord
E_3	32,5	24.5	40.4		16.9	55,8	95	394	2634	3723	4296	6924	Est
E_4	33.4	24.3	42.0	24.1	10.8	42.5	171	621	2072	3523	4439	7516	Nord-Ouest
E_5	36,5	26.8	44,9	12,7	9.1	20,5	210	880	2374	3953	4940	8108	Est

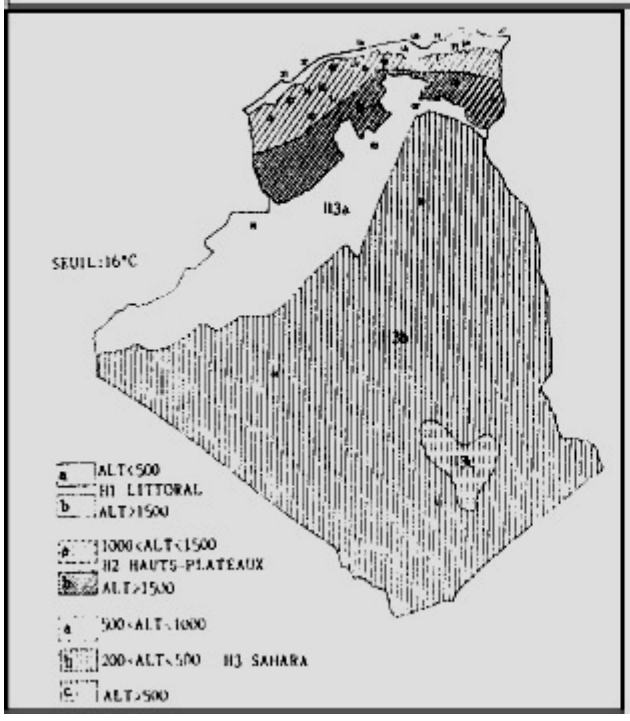


المنطقة المناخية الشتوية بالجزائر

A 2

TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES CLIMATIQUES PAR ZONE
Données ONM[1] période 1974-1984.

ZONE	DONNEES CLIMATIQUES MOYENNES ONM	JANVIER : MOIS LE PLUS FROID						HIVER				
		TEMPERATURE (c°)			HUMIDITE RELATIVE (%)			DEGRES-JOURS FROIDS BASE 16°C		IRRADIATION ASA[2] GLOBAL (WH/M²) VERTICAL			HORIZ.	VENT DOMINANT
		Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Janv.	Année	Sud	S/E ou S/O	Est ou Ouest		Vitesse (m/s)
H_1	H_1a alt<500m	10.5	5,4	16.5	77.1	51.2	93.5	151	649	3602	2798	1545	2196	Sud-Ouest 3.4 m/s
	H_1b alt >500m		5.4	14.4				189	742					
H_2	H_2a alt > 1000m alt < 1500m	4,9	1,7	10,4	75,4	47,0	96,6	308	1447	4966	3844	2114	2976	Nord 3m/s
	H_2b alt > 1500m	4,6	-0,8	9,3	73,5	49,1	92,0	364	1800	4444	3472	1976	2800	Nord-ouest 3.2 m/s
H_3	H_3a alt > 500m alt < 1000m	9,8	3,6	16,6	45,8	26,3	66,5	183	589	5878	4589	2604	3716	Nord 2.5 m/s
	H_3b alt > 200m alt < 500m	12,1	3,5	21,2	48,0	25,0	72,9	137	391	6440	5131	3138	4340	Nord-est 5.7 m/s
	H_3c alt > 200m	12,6	5,3	20,5	27,3	13,9	45,5	116	334	6342	5207	3461	4960	Nord-est 2.4 m/s



A 3

A 3 - 1

تجارب حساب الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic)

A 3 – 2

جهاز قياس الناقلية الحرارية –CTmétre–

A 3 – 3

تجربة الشد بواسطة الإنحناء– آلة من نوع

A 3 – 4

تجربة الإنضغاط – آلة الإنضغاط من نوع (CONTROLS)

A 4

A 4- 1

صب الخرسانة للبلاطات الأرضية المستقبلة للنماذج

A 4- 2

القولبة المستعملة في إنجاز الجدران

A 4- 3

إنهيار الجدران بسبب ظاهرة الإنكماش

A 4- 4

عملية تحضير الملاط الإسمنتي لإنجاز الجدران (آجر + ميلاط إسمنتي) .

الملحق

A 4- 5

A 4- 6

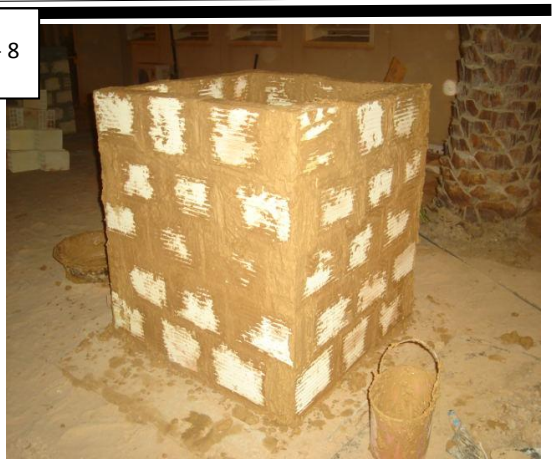
القولبة الخشبية المستعملة لإنجاز لبنات طينية مع ملاحظة ظاهرة الإنكماش

القولبة الخشبية المستعملة في إنجاز الجدران (الطين + رمل + ألياف نخيل)

A 4- 7

اللبنات الجبسية النصف إسطوانية المستعملة في أسقف أحد النمادج

A 4- 8



إنجاز الجدران باستعمال رابط طيني و آجر مملوء + عملية صب الخرسانة (البوليستران + طبقة 4 سم خرسانة) .

A 4- 9

مختلف النماذج المنجزة

المراجع

[1] هيئة السعودية للمهندسين "مشروع اللائحة التنفيذية لاستخدامات العزل الحراري في المباني" ، المملكة العربية السعودية ، http:// www.saudieng.org/ ، 2010/02/17

[2] احمد هلال محمد . ، " العزل الحراري وترشيد الطاقة في عمارة الصحراء" نشر جامعة أسيوط، مصر ، 2008.

[3] خضر عكاوي .، " كودة العزل الحراري " ، مجلس وزراء الإسكان و التعمير العرب .1985

[4] MICHEL M., " ISOLATION " Edition Alternatives ; 2000

[5] شيخة بلقاسم رشيد .، " مبادئ أولية في التبريد الصناعي و التكييف " دار الخلدونية 2008 .

[6] JEAN Pierre O., " l'isolation écologique" conception matériaux mise en œuvre, terre vivante Mens , France 2001, 2007.

[7] RENAUD H.,"Murs Poutres Planchers", Edition Eyrolles ; 2002

[8]FRENOT M., et SAWAYA N .," L'isolation thermique le répertoire des solutions Pour l'habitat existant.", Edition EYROLLES ; 1999

[9] حاثية ميلود و بن ساري أحمد.، " مساهمة في العزل الحراري للبناءات في المناطق الصحراوية " مذكرة مهندس دولة ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، 2009 .

[10] حسين محمد جمعة .، عزل و حماية المنشآت الخرسانية . رقم الإيداع الدولي 6- 0120 - 19 - 977

[11] محمد راتب سطاس – أنزاروس سعود. ، " مواد البناء و اختبارها " – ديوان المطبوعات الجامعية 9 - 92 رقم النشر 3568.03.2 - الساحة المركزية بن عكنون الجزائر - .

[12] قحطان خلف الخزرجي .، " مبادئ هندسية - المواد اللامعدنية- " دار دجلة الطبعة الأولى 2009.

[13] YVES J.," Théorie et pratique de la métrologie thermique ", cours Ecole des Mines Nancy, France, 2008

[14] RIGACCI. A.," La mesure de conductivité thermique " ; cours Ecole des Mines de Paris Centre Energétique et Procédés, http://www.materiatech-carma.net/html/pdf/clubmat32_CEP-ENSMP.pdf, 24/04/2011

[15] "THEORIE ET PRQTIAUE DE LA METROLOGIE THERMIQUE" Séminaire de formation à la Metrologic Projet « Pôles d'Excellence Régionaux » soutenu par l'AUF Laboratoire d'Energétique Appliquée, Dakar, 12-18 novembre 2008

[16] FicheTechnique ., "APPAREIL DE MESURE DE CONDUCTIVITE THERMIQUE PAR RUBAN CHAUD CTRC-100 –" http : //www.aria-electronique.com - 25.03.2011.

[17] BOUVENOT.A., " Transferts de chaleur " ; Edition Masson ; 1980

[18] LEAN . C., "Modélisation numérique du transfert thermique " Edition Universitaria, cralova , 2002 .

[19] ABDLKARIM. H ., " Transferts thermiques ", Dar – El – Djazairia" Alger 2001

[20] Nicolas T., "De la notion de confort à la notion d'ambiance", Nicolas Tixier, architecte DPLG, docteur en sciences pour l'ingénieur, option architecture Laboratoire Crsson, UMR CNRS Ambiances architecturales et urbaines Moderne d'Edition, Paris, 1965.

[21] ElZAFARANYAM., "Climatic design of buildings» http://www.egyptarch.com/abbasphd1,3/main.htm , 12/04/2011

[22] Diagnostic de Performance Energétique Guide à l'usage du diagnostiqueur

1er septembre 2006 , Guide « recommandations » pour le DPE .

[23]LIEBARD A., "Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable" EDITION Observer , France ; 2005

[24] CONFORT THERMIQUE., " Mémento technique du bâtiment pour le chargé d'opération de constructions publiques " Certu – Juillet ; 2002

[25] الشركة الوطنية للكهرباء والغاز ، ولاية ورقلة، 19/ 036/ 2011

[26] Donneés climatologique de la station Meteo de ouargla 2008 – 2010.

[27] ALVISET l.," Matériaux de Terre Cuite " ; Techniques de l'Ingénieur ; 1994.

[28] KOMAR A.," Matériaux et Elément de Construction", Edition MIR Mosco ; 1978. [29] OLIVER E .,"Technologie des Matériaux de Construction", Edition ISBN ; 1976

[30] DELEBECQUE R.,"Éléments de Construction Bâtiment", Edition Delagrave; 1990

[31] Michel C. , "Matériaux et Composants (GROS ŒUVRE)" Edition Delagrave1997.

[32] OLIVER E . , " Les Maçonneries ", Edition ISBN 1974

[33] DURIEZ M et JARRAMBIDE., " Nouveau Traite De Matériaux De Construction"

Edition DUNOD ; 1962.

[34] TECHNIQUE DE L'INGENIEUR ., " Plâtre " Doc C 910 , 1991

[35] JEAN – FESTA ., " Techniques et pratique du plâtre " Applications traditionnelles et modernes . Edition EYROLLES , 2001.

[36] CNERIB ., "Recommandations pour la construction en plâtre " Ministère de l'habitat – centre national d'études et de recherche intégrées au bâtiment, 1993.

[37] OLIVER E .,"Technologie des Matériaux de Construction", Edition ISBN ; 1976

[38] JEAN – FESTA ., " le plâtre et ses applications et modernes ." Edition Eyrolles , 1996."

[39] FICHE DE QUALITE ., PLATRE *Ouled Djalal* Biskra Algérie.

[40] CNERIB ., Guide De L'auto Constructeur ENAL Alger 1994.

[41] CT Mètre., "Guide d'Utilisation " ; 2010

[42]GORISSE F ., "Essais et contrôle des béton" , Edition Eyrolles, vol.2, Paris ; 1978

[43] ALBIGE'S. M . , COIN. A ., " Resistance Des Matériaux Appliquée TOME 2 " Edition Eyrolles , 61Boulevard Saint – Germain -75005 paris 1983.

[44] Dupain . R , Lanchon ,. Saint Arroman . J . C ., " GRANULATS , SOLS , CIMENTS ET BETONS " Edition CASTEILLa 25, rue Menge - 75005 PARIS