الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر مهني

الميدان: العلوم التطبيقية

الشعبة: هندسة مدنية

تخصص دراسة ومراقبة العمارات والطرق

من إعداد الطالبين:

بركات علاوة

بدوي كلثوم

بعنوان:

المساهمة في الدراسة الحرارية والميكانيكية للطوب الأرضي عن طريق التجفيف

مناقشة امام لجنة مكونة من:

د. عباني السعيد	رئيس اللجنة	أستاذ محاضر أ	جامعة ورقلة
د. شعيب هاشم	أستاذ مناقش	أستاذ محاضر أ	جامعة ورقلة
د. مخرمش ع. السلام	المشرف	أستاذ محاضر أ	جامعة ورقلة

السنة الجامعية: 2024/2023

إهـــــــــــــــــــــداء:

أهدي هذا العمل المتواضع الى روح أعز انسانة من علمتني وربتني من غرست فيا طيب الخلق الى ملاكي الطاهر الى جدتي رحمها الله.

الى من كلل العرق جبينه وعلمني أنّ النجاح لا يأتي إلا بالصبر والإصرار الى النور الذي انار دربي والسراج الذي لا ينطفأ نوره في قلبي ابدا من بذل الغالي والنفيس و استمديت منه قوتي واعتزازي بنفسي، والدي العزيز.

الى من جعل الجنة تحت أقدامها وسهلت لي الشدائد بدعائها الى الانسانة العظيمة التي لطالما تمنت أن تقر عينها لرؤيتي في يوم كهذا، أمي جنتي.

الى ضلعي الثابت وأمان أيامي الى من شددت عضد بها فكانت لي ينابيع أرتوي منها الى خيرة ايامي وصفوتها الى قرة عيني الى أختي غاليتي.

الى صغيري سرّ سعادتي ومبعث ابتسامتي وشغفي في الحياة، أخي الغالي.

الى نفسي التي ناضلت وضحت بزهراتها لتحقيق هاته الغاية لاقف وقفة شموخ واعتزاز وفخر بذاتي التي لم تنهزم ولم تنكسر رغم الفشل أحيانا لكنها في كل مرة تكابر لتصل وها هي اليوم تصل.

لكل من كان عونا وسندا في هذا الطريق الأصدقاء الاوفياء ورفقاء السنين لأصحاب الشدائد والأزمات الى من أفاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة اليكم عائلتي.

أهديكم هذا الإنجاز وثمرة نجاحي الذي لطالما تمنيته، ها أنا اليوم أكملت واتممت أول ثمراته بفضله سبحانه وتعالى، فالحمد لله على ما وهبني وأن يجعلني مباركا وأن يعينني أينما كنت، فمن قال أنا لها قالها فانا لها وان ابت رغما عنها اتيت بها.

فالحمد لله شكرا وحبا وامتنانا على البدء والختام.

شكر وتقدير:

بعد أعوذ بالله من الشيطان الرجيم، بسم الله الرحمان الرحيم وصلى الله على خاتم الأنبياء والمرسلين أما بعد:

نحمد الله الذي وفقنا الى هذا وسدد خطانا ووفقنا لجني ثمرة مجهود سنين الكد والجد والتعب والسهر والسعي نحو تحقيق هاته الغاية.

نرحب بتوجيه أسمى عبارات الشكر والامتنان والتقدير الى كل من ساهم من قريب او بعيد في إنجاح هذه المذكرة بمستوى ماستر2. لقد كانت رحلة تعلم مليئة بالتحديات والالهام، ولولا الدعم والتوجيه الثمين من قبل الأستاذ الفاضل الدكتور عبد السلام مخرمش لما حققنا هذا الإنجاز فله منا جزيل الشكر وعظيم الثناء.

ونتقدم كذلك بالشكر الى كل عمادة كلية العلوم التطبيقية ورؤساء قسم الهندسة مدنية والري وكل الأساتذة والاداريين الذين سهلوا لنا الصعاب ولم يبخلوا علينا بتقديم يد العون وتوجيهنا بالنصائح والارشادات الثمينة التي وجهتنا الى النسق الصحيح في هاته المذكرة.

ونشكر المساهمون في انجاز الاختبارات التجريبية من فتحوا لنا قلوبهم قبل أبواب المخبر الى إدارة وعمال ومهندسي مخبر الاشغال العمومية بالجنوب في ولاية ورقلة على رأسهم السيد حفصي عبد اللطيف الذي سهل لنا السبل ووضع المخبر بين أيدينا وواكب مراحل تقدم هاته المذكرة الى آخر مرحلة، ولكل عمال مخبر الطرقات وقاعة التحريفات ومخبر الخرسانة في مخبر الاشغال العمومية بالجنوب ولاية ورقلة.

الفهرس

إهداء I
شكر وتقدير II
الفهرس..... III
قائمة الأشكال..... IV
قائمة الجداول..... V
قائمة الصور..... VI
الملخص..... VII
مقدمة عامة: 10

الفصل الأول: مواد البناء في المناطق الصحراوية وخصائصها الحرارية والميكانيكية

1- مقدمة :..... 3
2- الفرع الأول: الطوب الطيني: 3
2-2- صناعة الطوب الطيني: 3
2-3- خصائص الطوب الفخاري(الطيني):..... 7
2-4- المنتجات: 9
3- الفرع الثاني: طوب silico-calcaire:..... 11
3-1- Silico-calcaire كثيفة: 12
3-2- silico-calcaire خفيفة: 12
3-3- ماهي عملية الاوتوكلاف؟..... 12
3-5- خصائص الطوب silico-calcaire: 13
4- طوب الطين الخام:..... 13
4-1- تعريف:..... 13
4-2- طوب الدوب (La dobe): 14
4-3- الطوب الرملي (Les pisés): 14
4-4- الطوب(كتل) الطيني المضغوط(BTC): 15
4-5- خصائص طوب الطين الخام (الدوب، الرملي، طوب الطين المضغوط): 16
الخلاصة: 16

الفصل الثاني: الخواص المناخية وطرق قياس انتقال الحرارة

1- المقدمة:..... 16
2- المناخ والراحة الداخلية: 16
2-1- مقدمة: 16
2- 2- المناخ:..... 16

2-3- الراحة الداخلية: 17
3- النقل الحراري: 20
1-التوصيل الحراري: 21
2-الاشعاع: 21
4- تحليل لمناخ مدينة ورقلة: 22
4-1- مقدمة: 22
4- 2- عرض لحالة الطقس المتوسطة في مدينة ورقلة: 24
4. 3. مدى استهلاك الطاقة في ولاية ورقلة: 28

الفصل الثالث : طرق الاختبار الميكانيكي والحراري وخصائص المواد المستخدمة

المقدمة: 29
2-الخصائص الحرارية: 29
2-1-طرق قياس التوصيل الحراري: 29
2-2-طريقة السلك الساخن: 29
-3-الخصائص الميكانيكية: 30
-3-1-اختبار الموجات فوق الصوتية: 30
-3-2- تجربة شدة الانحناء: 31
-3-3-اختبار الضغط: 32
-3-4- كثافة الطوب: 32
4-المواد المستخدمة: 32
-4-1-الرمال (الكثبان الرملية): 32
4-2-خصائص الكثبان الرملية: 33
4-3-خصائص الطين: 37
4-4-تركيبة الماء: 42

الفصل الرابع: تصنيع الطوب الأرضي وتحليل النتائج ومناقشتها

الخلاصة: 42
1-المقدمة: 43
2-تصنيع الطوب: 43
3-تحليل النتائج ومناقشتها: 44
3-1- الاختبارات الحرارية: 44
3-2-الاختبارات الميكانيكية: 47
الخلاصة: 50
الخاتمة: 51

قائمة الاشكال

قائمة الاشكال	الصفحة
الجزء الاول:	
الفصل الأول: مواد البناء في المناطق الصحراوية وخصائصها الحرارية والميكانيكية.	
الشكل[1-1]: يوضح مراحل تصنيع الطوب.	2
الشكل[1-2]: يوضح مراحل تصنيع الطوب الطيني.	3
الشكل[1-3]: يوضح تشكيل الطوب الطيني.	5
الشكل[1-4]: يوضح تجفيف المنتجات المشكلة.	5
الشكل[1-5]: طوب صلب.	8
الشكل[1-6]: الطوب المثقوب.	9
الشكل[1-7]: طوب بلوك مثقوب	9
الشكل[1-8]: طوب فارغ من الطين المحروق type C	10
الشكل[1-9]: طوب فارغ من الطين المحروق type R.J.	10
الشكل[1-10]: طوب silico-calcair.	10
الشكل[1-11]: منتوج طوب الدوب.	13
الشكل[1-12]: القالب المستخدم في تصنيع جدران الطوب المضغوط.	14
الشكل[1-13]: طوب من الطين الخام المضغوطة ثم انتاجها باستخدام مكبس يدوي.	14
الفصل الثاني: الخواص المناخية وطرق قياس الانتقال الحراري.	
الشكل[2-1]: يوضح تبادل الحرارة بين الجسم والوسط.	20
الشكل[2-2]: يوضح النقل الحراري بواسطة التوصيل الحراري.	21
الشكل[2-3]: يوضح النقل الحراري بواسطة الاشعاع .	22
الشكل[2-4]: يوضح موقع مدينة ورقلة في الخارطة الجغرافية للجزائر.	23
الشكل[2-5]: يوضح تصنيف المناطق المناخية لفصل الصيف في الجزائر المصدر(ENAG ,1993)	23
الشكل[2-6]: يوضح تصنيف المناطق المناخية لفصل الشتاء في الجزائر. (ENAG ,1993)	24
الشكل[2-7]: يوضح تسجيلات درجات الحرارة المتوسطية الشهرية لولاية ورقلة.	25
الشكل[2-8]: يوضح معدلات متوسط الرطوبة الشهرية لولاية ورقلة.	25
الشكل[2-9]: يوضح متوسط سرعة الرياح الشهري لولاية ورقلة.	26
الشكل[2-10]: يوضح معدلات متوسط التبخر الشهري لولاية ورقلة.	26
الشكل[2-12]: يوضح معدل متوسط التساقط الشهري لولاية ورقلة.	27
الجزء الثاني:	
الفصل الثالث: طرق الاختبار الميكانيكي والحراري وخصائص المواد المستخدمة.	

الشكل[1-1]: يوضح مبدأ القياس باستخدام السلك الساخن.	29
الشكل[1-2]: يوضح تجربة الضغط على الطوب الترابي.	32
الشكل[1-3]: يوضح مخطط الاشعة السينية لعينة من الكثبان الرملية منطقة سيدي خويلد بورقلة.	34
الشكل[1-4]: يوضح مخطط التدرج الحبيبي للرمل.	36
الشكل[1-5]: يوضح مبدأ تجربة مكافئ الرمل.	36
الشكل[1-6]: يوضح مخطط التدرج الترسبي للطين.	39
الشكل[1-7]: يوضح تفسير نتائج التدرج الحبيبي الترسبي.	39
الشكل[1-8]: يوضح مجالات حدود أتربارغ.	40
الشكل[1-9]: يوضح خرائط كازاغراندي من الطين.	40
الشكل[1-10]: يوضح نتائج الاشعة السينية للطين.	42
الفصل الرابع: تصنيع الطوب الأرضي وتحليل النتائج ومناقشتها.	
الشكل[2-1]: يوضح نتائج تجربة الكتلة الحجمية.	44
الشكل[2-2]: يوضح نتائج التوصيل الحراري.	45
الشكل[2-3]: يوضح نتائج اختبار الحرارة النوعية.	46
الشكل[2-4]: يوضح نتائج المقاومة الحرارية.	47
الشكل[2-5]: يوضح نتائج اختبار انتقال الصوت.	47
الشكل[2-6]: يوضح نتائج تجربة شد الانحناء.	48
الشكل[2-7]: يوضح نتائج تجربة الضغط.	49

قوائم الجداول

قوائم الجداول	الصفحة
الجزء الأول:	
الفصل الأول: مواد البناء في المناطق الصحراوية وخصائصها الحرارية والميكانيكية.	
الجدول[1-1]: يوضح خصائص الطوب الفخاري من الطين الأحمر.	6
الجدول[1-2]: يوضح خصائص الطوب المجوف (الفارغ).	6
الجدول[1-3]: يوضح مقاومة الطوب الاجوف.	7
الجدول[1-4]: يوضح المقاومة الحرارية للطوب الاجوف.	7
الجدول[1-5]: يوضح الخصائص المميزة للطوب الصلب والطوب الاجوف.	7
الجدول[1-6]: يوضح المقاومة الحرارية للطوب الصلب والطوب الاجوف.	8
الجدول[1-7]: يوضح خصائص طوب silico-calcair بنوعيه.	12
الجدول[1-8]: يوضح خصائص الطوب الطيني الخام بأنواعه.	15
الجزء الثاني:	
الفصل الثالث: طرق الاختبار الميكانيكي والحراري وخصائص المواد المستخدمة.	
الجدول[1-1]: يوضح النتائج المخبرية لتجربة الكتلة الحجمية.	34
الجدول[1-2]: يوضح التركيب الكيميائي للرمل.	35
الجدول[1-3]: يوضح نتائج تجربة التدرج الحبيبي للرمل.	35
الجدول[1-4]: يوضح نتائج التدرج الحبيبي عن طريق الغربلة والترسيب للطين.	38
الجدول[1-5]: يوضح نتائج تجربة حدود أتربارغ.	40
الجدول[1-6]: يوضح تصنيف بورميستر للطين.	41
الجدول[1-7]: يوضح تصنيف أتربارغ للطين.	41
الجدول[1-8]: يوضح التحليل الكيميائي للرمل.	41
الجدول[1-9]: يوضح نتائج التحليل الكيميائي للماء.	42
الفصل الرابع: تصنيع الطوب الأرضي وتحليل النتائج ومناقشتها.	
الجدول[2-1]: يوضح نسب التراكيب المعتمدة في تصنيع الطوب	44

قائمة الصور

قائمة الصور	الصفحة
الجزء الأول:	
الفصل الأول: مواد البناء في المناطق الصحراوية وخصائصها الحرارية والميكانيكية.	
الصورة[1-1]: تعدين الطين منطقة بلدة عمر- تقرت -	4
الجزء الثاني:	
الفصل الثالث: طرق الاختبار الميكانيكي والحراري وخصائص المواد المستخدمة.	
الصورة[1-1]: توضح جهاز الاشعة المقطعية	30
الصورة[1-2]: توضح جهاز الموجات فوق الصوتية وكيفية عمل الجهاز.	31
الصورة[1-3]: توضح جهاز شد الانحناء.	32
الصورة[1-4]: توضح الكثبان الرملية.	33
الصورة[1-5]: توضح جهاز الكتلة الحجمية الظاهرية.	33
الصورة[1-6]: توضح جهاز الكتلة الحجمية المطلقة.	33
الصورة[1-7]: توضح طين منطقة بلدة عمر- تقرت -	37

الملخص:

للتقليل من الاستهلاك الكبير للطاقة في صحراء الجزائر خاصة منطقتي تقرت وورقلة مع التأثيرات المناخية عليهما، وبما أن المناخ الصحراوي قاسٍ بطبيعته، فهدفنا في هذه الدراسة هو الوصول الى مستوى من الراحة الحرارية الداخلية تسمح للفرد بالقيام بنشاطاته اليومية مع التقليل من استهلاك الطاقة لتخفيض التكلفة الاستهلاكية.

قمنا بصنع طوب يوفر خصائص حرارية جيدة جدا وخصائص ميكانيكية مقبولة الى حد كبير وذلك باستخدام مواد خام محلية (الطين + الرمل + الماء) بالنسب التالية25 % ,30% , 40%, 50% من الرمل، و75%, 70%, 60%, 50% من الطين.

كلمات مفتاحية: المناطق الصحراوية، خصائص ميكانيكية، خصائص حرارية، رمل الكثبان، الراحة الحرارية، طين.

Résumé :

Dans le but de réduire la consommation énergétique élevée dans les régions désertiques d'Algérie, notamment à Touggourte et Ouargla, compte tenu de leurs conditions climatique, notre objectif dans cette étude est d'atteindre un niveau de confort thermique intérieur permettant aux individus d'effectuer leurs activités quotidiennes tout en réduisant la consommation d'énergie pour diminuer les coùts. Nous avant fabriqué une brique offrant d'excellentes propriétés thermiques et des propriétés mécaniques acceptables en utilisant des matériaux locaux (argile + sable + eau) selon les proportions suivantes : 25%, 30%, 40% et 50% de sable, et 75%, 70%, 60% et 50% d'argile.

Mots clés : régions désertique, propriétés mécaniques, propriétés thermiques, sable de dunes, confort thermique, argile.

Abstrat :

In order to reduce the high energy consumption in the desert regions of Algeria, particularly in Touggourte and Ouargla, given their climatic conditions, our objective in this study is to achieve a level of indoor thermal comfort that allows individual to carry out their daily activities while reducing energy consumption to decrease costs. We have manufactured a brick with excellent thermal properties and acceptable mechanical properties using local materials (clay + sand + water) in the following proportions: 25%,30%,40% and 50% sand, and 75%,70%,60%and 50% clay.

Keywords : desert regions, thermal proportions, mechanical proportions, dune sand, thermal comfort, clay.

مقدمة عامة:

تزخر بلادنا الجزائر بالعديد من الثروات الطبيعية منها الباطنية والسطحية التي تجعلها من اغنى الدول على النطاق العالمي والقاري، وفي مجال البناء نعتمد على الكثير من هاته الثروات كمواد أولية لتحقيق معايير مميزة، جودة جيدة ومقاومة عالية للبنايات. في حين ان الصحراء الجزائرية تعاني ومنذ فترة طويلة من قساوة المناخ الحار والجاف بها، فأصبحت البنايات الخرسانية لا تلبي متطلبات الفرد في هاته المناطق، فتظهر هاته الأخيرة خصائص حرارية سيئة وتكلفة غالية وكبيرة. من جهة أخرى تتمتع الصحراء الجزائرية بالعديد من المواد المحلية مثل: الطين والجبس والرمال الكثيفة ...الخ، هذه المواد المحلية خدمت بإخلاص في بناء المساكن الاجتماعية منذ تاريخ البشرية.

ولتحقيق هاته الغاية قمنا بعمل دراسة مخبرية على المواد المحلية (الطين، الرمل) وتصنيع طوب أرضي (طيني)فأحضرنا كمية من الطين من منطقة بلدة عمر بتقرت، وكمية من الرمل الكثيف من منطقة سيدي خويلد بورقلة والماء، ثم القيام بتصنيفها الفيزيائي والميكانيكي. [1]

في إطار المشروع المشترك بين تونس جامعة قابس والجزائر جامعة ورقلة، وبالتنسيق مع مخبر EVRNEA وتحت عنوان المساهمة في التحكم في جوانب الطاقة والعمليات المرتبطة بعمليات التجفيف والحرق في خطوط تصنيع الطوب الطيني تم تنظيم العمل على النحو التالي:

عملنا يتضمن جزأين رئيسيين يسبقهما مقدمة عامة، وينتهي بختام عام وتوصيات. الجزء الأول يتعلق بالعموميات يتألف من فصلين. الفصل الأول سيتناول المواد البنائية في المناطق الصحراوية وخصائصها الحرارية والميكانيكية. الفصل الثاني مخصص للخواص المناخية وطرق قياس الانتقال الحراري. اما الجزء الثاني سيخصص للدراسة التجريبية التي تنقسم الى فصلين، حيث يتناول الفصل الأول طرق الاختبار الميكانيكي والحراري وخصائص المواد المستخدمة. ويعرض الفصل الثاني المرحلة التجريبية لعملنا التي تنقسم الى ثلاثة أجزاء وهي:

1. الجزء الأول يتضمن طريقة تحضير العينات، وفيها حضرنا 24عينة مختلفة النسب. عيّنا نسبة (25% رمل و75% طين) كشاهد، ونسبة (30% رمل و70% طين) ونسبة (40% رمل و60% طين) وكنسبة أخيرة اخدنا (50% من الرمل و50% من الطين) باستخدام قالب خشبي طوله 20 سم وعرضه 10 سم وارتفاعه 5 سم.
2. الجزء الثاني يتمثل في تصنيع الطوب الطيني.
3. الجزء الثالث هو عبارة عن تحليل وتفسير النتائج المتحصل عليها ومناقشتها.

وفي الختام يتم اتخاذ الاختيار الأكثر ملائمة الذي يستجيب لمتطلبات المقاومة المناسبة للضغط والعزل الحراري.

الجزء الأول:

الدراسة النظرية

الفصل الأول:

مواد البناء في المناطق الصحراوية و خصائصها الحرارية والميكانيكية

1 ـ مقدمة :

تقدم المظاهر الخارجية للمبنى دورا في فصل الحرارة بين البيئة الداخلية والخارجية، وبالمقابل تعمل كذلك على تخزين الحرارة في المبنى وتوزيعها في الهواء الطلق بداخله نتيجة استخدام مواد ذات خصائص ميكانيكية وحرارية سيئة ولا تتماشى مع قساوة المناخ الصحراوي. يعد الطوب من الأهم العناصر الأساسية في بناء المبنى، فقد مرت صناعة الطوب بعدة مراحل بدا من الطوب الخام الى الطوب المحروق، وأخيرا الطوب المستقر. تتيح التقنيات الحالية انتاج أنواع متعددة من الطوب بأداء إضافي لأغراض مختلفة مثل: الطوب الزجاجي، والطوب الخلوي، والطوب الأحادي القطعة ...الخ. [1]

في هذا الجزء من العمل نتناول مختلف أنواع الطوب وعمليات تصنيعها، وأخيرا خصائصها الفيزيائية والميكانيكية.

2 ـ الفرع الأول : الطوب الطيني

الطوب الطيني هو المادة الأولية للبناء التي يتم تشكيلها مسبقا، من خلال تجفيفه في درجات حرارة طبيعية لمدة أسبوع او أكثر، ثم تعريضه للحرق في درجات حرارة مناسبة. حيث تنصهر حبيبات الطين وتتماسك لتشكل كتلة صخرية، بعد الحرق يحتفظ الطوب ببعض المسامية مما يمنحه خصائص مميزة تميزه عن غيره من مواد البناء. [2] [3]

تم استخدام مادة الطين في البناء منذ عدة قرون، وقد تكيف مع تطور البناء ومتطلباته، سواء في المجال التقليدي او الصناعي. تتألف الأراضي المستخدمة في صناعة الطوب الطيني عادة من الطين وهو مادة بلاستيكية بلون بني وبتنوع رمادي ويصبح في العديد من الأحيان احمر عند الحرق، حسب درجة الحرارة وتركيبة الطين. تمر عملية انتاج الطوب الطيني من مراحل مختلفة كما هو موضح في الشكل [1-1].[4]

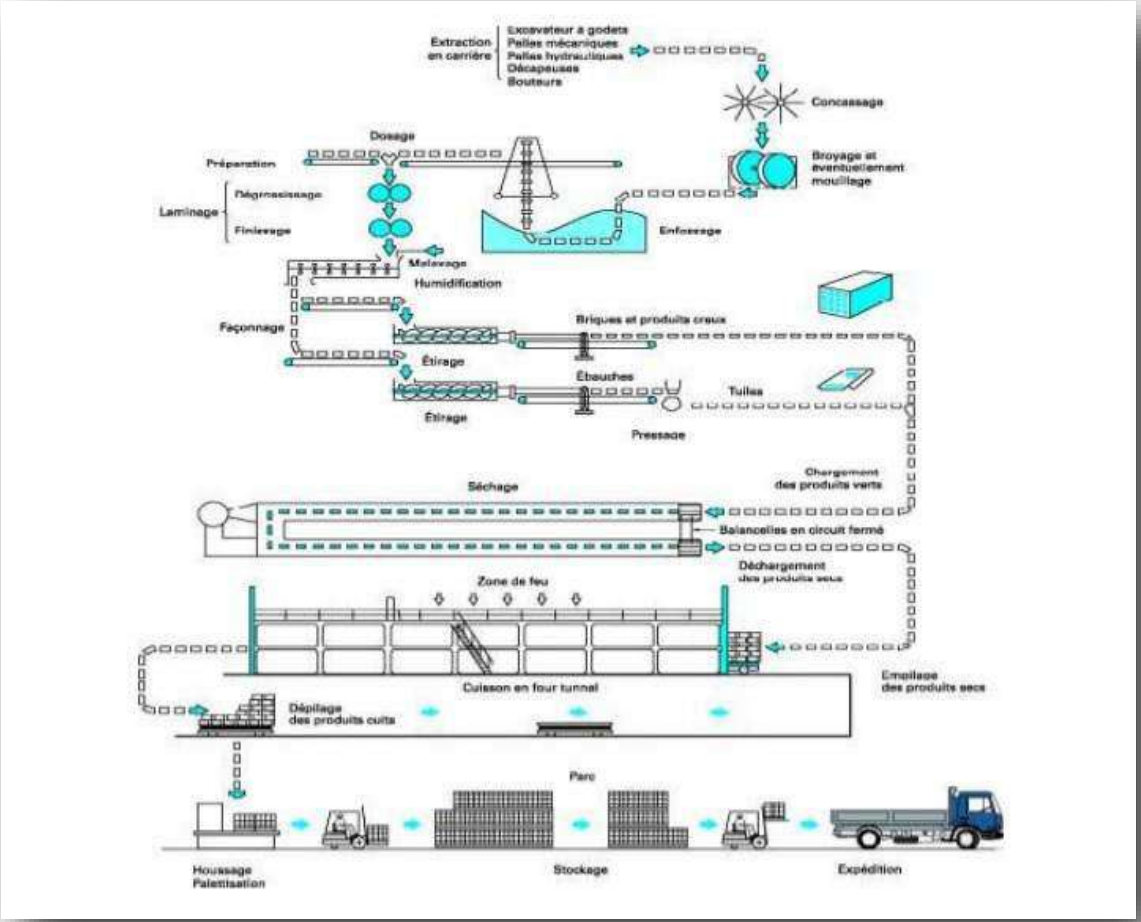
الشكل [1-1]: يوضح مراحل تصنيع الطوب.

2 ـ 1 مكونات الطوب الأرضي (الطيني):

يتكون الطوب الطيني من الطين كعنصر أساسي، والرمل، الذي ينتج عن تحلل الصخور الأولية مثل الغرانيت بفعل التفاعلات الكيميائية (التأكسد، الكربونات) والتأثيرات الطبيعية (تغيرات في درجة الحرارة، تأثير الماء والصقيع والتآكل).

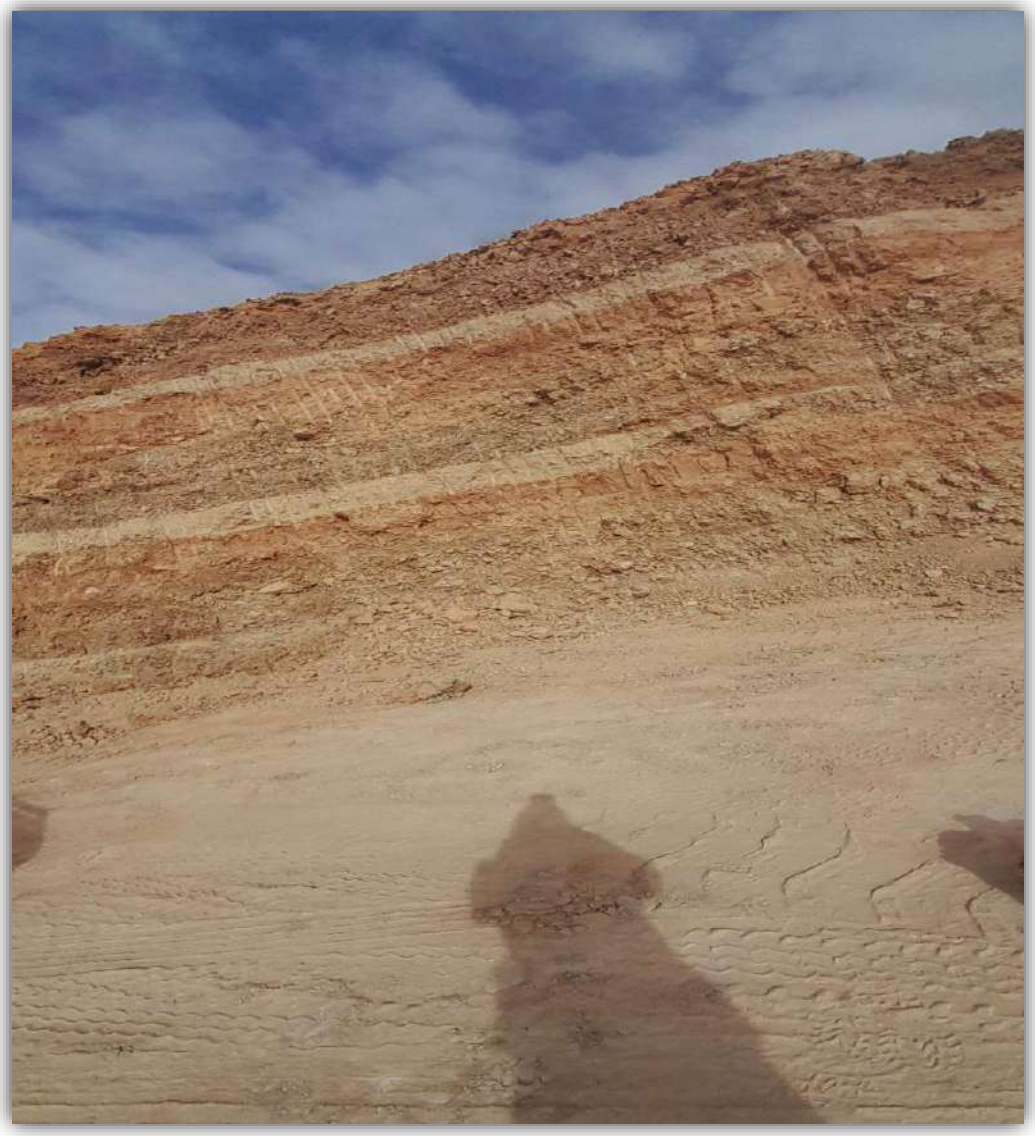
2-2 ـ صناعة الطوب الطيني :

يتم تصنيع الطوب الطيني من خلال الخطوات الرئيسية التالية:



الشكل[1-2]: يوضح مراحل تصنيع الطوب الطيني. [5]

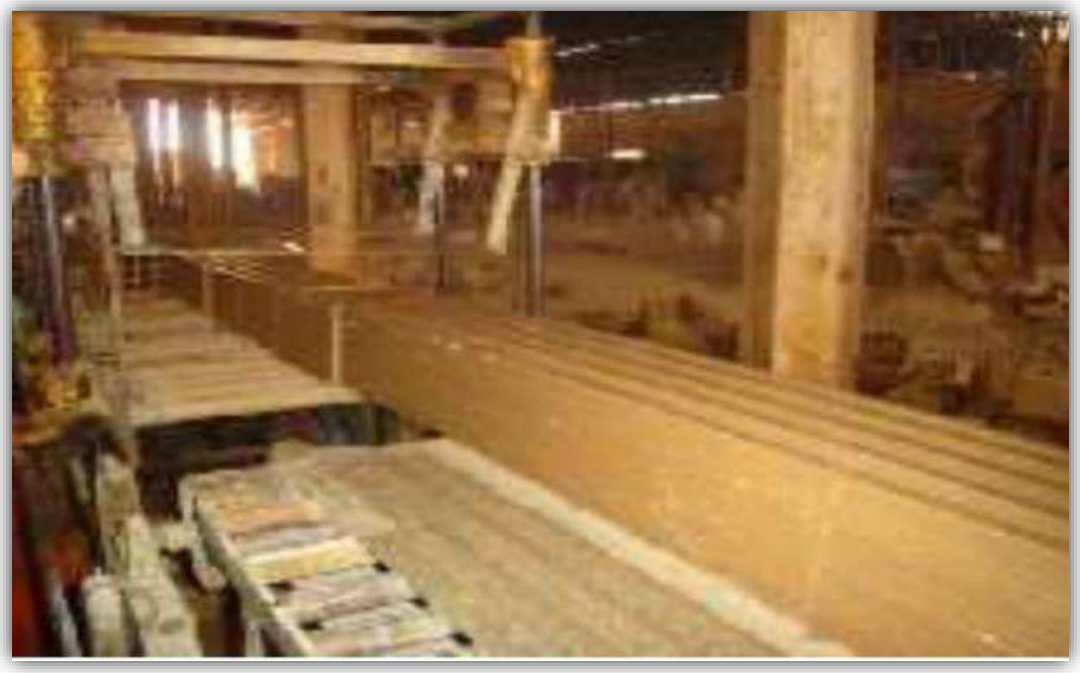
❖ **الاستخراج**: تتم عملية الاستخراج باستخدام آليات ميكانيكية مثل الجرافات والحفارات، تنقل المواد الخام المستخرجة الى المصنع عن طريق الشاحنات او السكك الحديدية او السيور الناقلة.



صورة[1-1]: تعدين الطين ـ منطقة بلدة عمر ولاية تقرت[1]

❖ **الاستخراج:** تتم عملية الاستخراج باستخدام آليات ميكانيكية مثل الجرافات والحفارات، تنقل المواد الخام المستخرجة الى المصنع عن طريق الشاحنات او السكك الحديدية او السيور الناقلة.

❖ **التشكيل: :** يتم تشكيل المنتجات (المجوفة، المثقوبة والكاملة) عن طريق عمليات السحب والضغط.



الشكل[1-3]: الشكل يوضح تشكيل الطوب الطيني. [1]

❖ **التجفيف:** يتم تشكيل الطوب بنسبة مائية تتراوح ما بين 15%الى30% (الأرقام معبرة بالنسبة المئوية بالنسبة للوزن الجاف). من الضروري قبل الخبز(الحرق) إزالة معظم هذه المياه عن طريق تنظيم جيد لأفران التجفيف.

الشكل[1-4]: الشكل يوضح تجفيف المنتجات المشكلة. [1]

- **الحرق:** هو العملية الأخيرة التي يجب ان تمر بها كتلة الطين المشكلة والمجففة لتصبح بعد ذلك صوانا محروقة، لذلك فهي مرحلة مهمة للغاية يجب ان تتم ببطء شديد، وهذا يعني ان الدفعة تتعرض للتسخين بانتظام حتى درجة حرارة الخبز (التي تتراوح بين 850 و 1200 درجة مئوية) حسب كمية الطين المستخدمة، ثم يجب ان تبرد ببطء أيضا.[98]

3-2- خصائص الطوب الفخاري(الطيني):

خصائص ومميزات الطوب الفخاري موضحة في الجداول التالية، وهي تتغير حسب نوع الطين المستخدم:

✓ **خصائص الطوب من الطين الأحمر:**

الجدول[1-1]: الجدول يوضح خصائص الطوب الفخاري من الطين الأحمر. [6]

الوزن النوعي (kg/m^3)	**حوالي 1800**
المقاومة الميكانيكية	**الضغط (MPa) من 5 الى 18**
	الحرارة (MPa) من 0 الى 20
استقرار الابعاد	**التمدد الحراري0.005 (mm/m.k)**
	الرطوبة 0.1 (mm/m) >
	الانكماش عند المعالج (mm/m) من 0.2 الى 1.1
	المسامية (%) من 5 الى 18
التعامل مع الحريق ضعيف جدا	

✓ **خصائص الطوب الأجوف (الفارغ):**

الجدول[1-2]: يوضح خصائص الطوب الأجوف (الفارغ). [6]

الكثافة (kg/m^3)	1750 - 2050
امتصاص الماء(%)	<15%
العزل الصوتي (dB)	41- 58
قوة الضغط (MPa)	4 - 8

✓مقاومة الطوب الأجوف:

الجدول[1-3]: يوضح مقاومة الطوب الأجوف. [6]

النوع	البعد(سم)	الكتلة(كغ)	المقاومة الحرارية RC (ميجا باسكال)
5 خلايا	20*30*05	2	4
8 خلايا	20*30*10	3.8	4
12 خلية	20*30*15	5.8	5

✓المقاومة الحرارية للطوب الأجوف:

الجدول[1-4]: يوضح المقاومة الحرارية للطوب الأجوف. [3][7]

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

✓الخصائص المميزة للطوب الصلب والطوب المجوف:

✓الجدول[1-5]: يوضح الخصائص المميزة للطوب الصلب والطوب الأجوف. [3][7]

الكثافة (kg/m^3)	2000 - 1650
امتصاص الماء (%)	80 - 30
العزل الصوتي (dB)	54 - 41
قوة الضغط (MPa)	40 - 12.5

✓**المقاومة الحرارية للطوب الصلب والأجوف:**

✓**الجدول[1-6]: يوضح المقاومة الحرارية للطوب الصلب والطوب الأجوف.[11][12][13]**

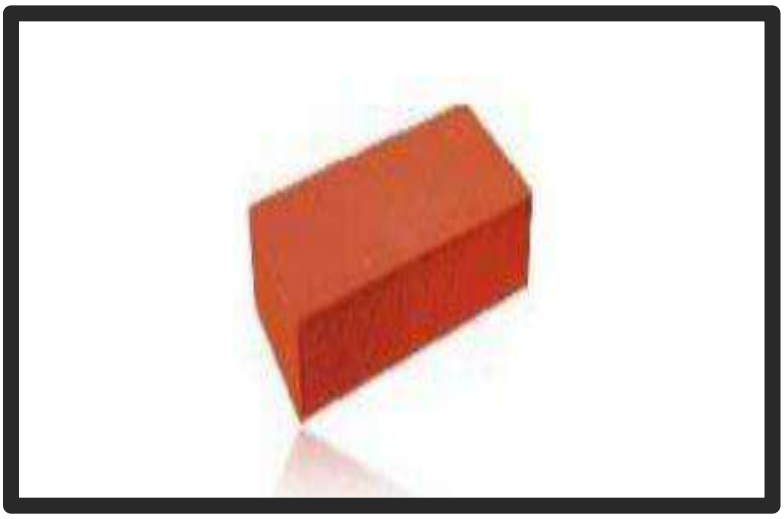
مثقوب		ممتلئ	
المقاومة الحرارية (m^2 .°C/W)	السمك(cm)	المقاومة الحرارية (m^2.°C/W)	السمك (cm)
0.52	20	0.05	5.5
1.00	30	0.09	10.5
1.21	35	0.20	22

توصيلية الحرارة للطوب الطيني تقدر ب: 1,15 w/m. °C

2-4- المنتجات:

وهم: طوب كامل او مثقوب من الطين المحروق وفقا للمعيار (XP P 13-305)، حيث تنقسم هاته المنتجات الى ثلاثة اقسام وهي: [14][15][16]

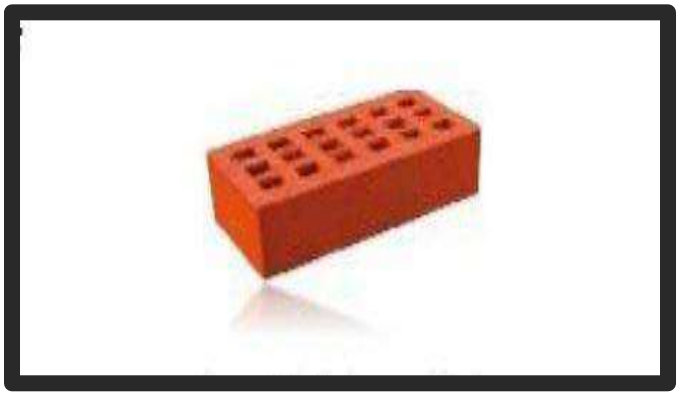
- **الطوب الصلب:**



الشكل[1-5]: طوب صلب. [1]

وهو طوب لا يحتوي على أي ثقوب او فتحات والذي يكون متوترا بحجم 6×11×22 سم.

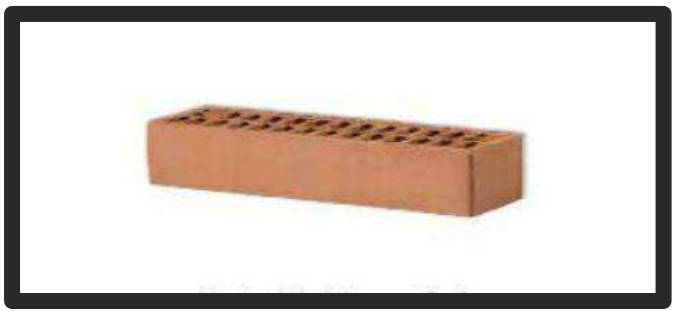
- **الطوب المثقوب:**



الشكل[1-6]: الطوب المثقوب.

هو طوب به فتحات على سطحه، حيث يكون مجموع مقاطع الفتحات اقل من او يساوي 50% من المقطع الكلي، وعرض الفتحات اقل من14 سم. [14][15][16]

- **بلوك مثقوب:**



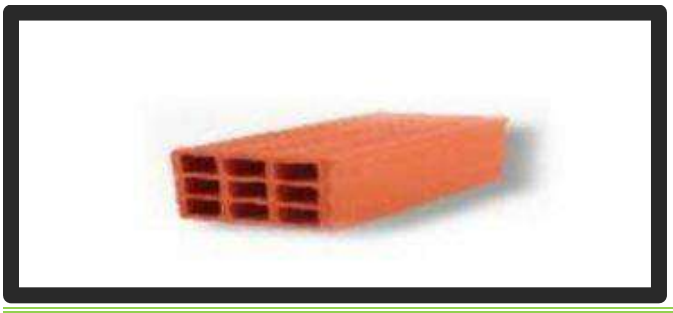
الشكل[1-7]: طوب بلوك مثقوب.

هو عبارة عن لبنة بحجم كبير، تستخدم لبناء سمك الجدار الخام بعنصر واحد، تحتوي على ثقوب متقاطعة بزاوية قائمة مع السطح، يكون عرضها على الأقل 14 سم، وارتفاعها يكون اقل من او يساوي 30 سم وطولها لا يتجاوز 60 سم. [14][15][16]

- **طوب فارغ من الطين المحروق (NF P 13-301):**

وتتميز بنوعين من الطوب هما:

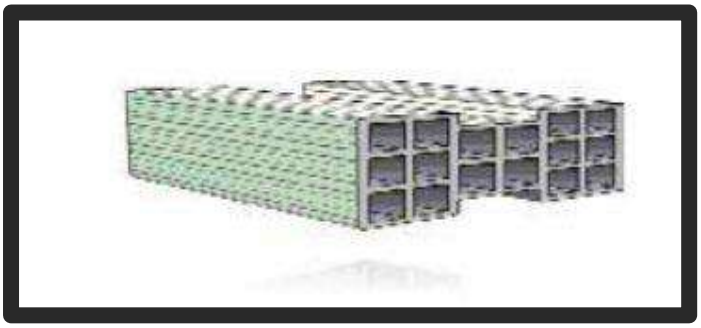
طوب type C :



الشكل[1-8]: طوب فارغ من الطين المحروق type C.

وهو طوب ذو وجوه تم تصميمها لتركيبها بجوانب مستمرة، معدة لتركيبها بمفاصل افقية من الطين.

طوب type R.J:



الشكل[1-9]: طوب فارغ من الطين المحروق type R.J.

وهو معروف بطوب "تكسير المفصل"، مصمم ليتم تركيبه مع مفاصل افقية متقطعة مع الطين. [14][15][16]

3- الفرع الثاني: طوب silico-calcaire:

الشكل[1-10]: يوضح منتوج طوب silico-calcaire.

طوب "silico-calcaire" هو عبارة عن مزيج من المواد السليكاتية المطحونة بدقة والجير المائي Ca(OH)2 المعروف أيضا باسم الجير الدهني (او اسمنت البورتلاندي)، والذي يخضع عادة لعملية المعالجة بالاوتوكلاف. [17]

يتجزأ هذا النوع من الطوب الى فئتين اثنين، تصنع وتستخدم كمواد للبناء.

1-3- Silico-calcaire كثيفة:

عادة هو مزيج بين مادة السيلسكا والجير حيث انه لا يشكل مواد رابطة هيدروليكية عند درجة الحرارة العادية، فالجمع بينهما لا يحدث الا إذا كانت مادة السيليكا زجاجية و بوزولانية، في حين ان هاته القاعدة تختل في وجود بخار الماء والضغط.

2-3- silico-calcaire خفيفة:

يصنع هذا النوع من الطوب بنفس المواد التي يصنع منها النوع الأول مع إضافة مكون يولد فجوات هوائية اصطناعية مغلقة، على شكل فقاعات ناتجة عن التفاعل الكيميائي.

3-3- ماهي عملية الاوتوكلاف؟

في الظروف العادية يصلب الجير المخلوط مع الرمل ببطء شديد، والعناصر الناتجة عن هذا التصلب لها قوة ميكانيكية من (1-2 ميجا باسكال) ويمكن ان تتفاقم بسهولة في وجود الماء، على عكس ما يحدث في وجود بخار مشبع (100% رطوبة) عند درجة حرارة 170 درجة مئوية، حيث تصبح مادة السيليكا في الرمل نشطة كيميائيا وتبدأ في التفاعل بسرعة مع الجير. باتباع التفاعل(1.1) المكون لهيدروسيليكات الكالسيوم (منتج صلب ومقاوم للماء):

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + (n-1)H_2O \longrightarrow x\,CaO + y\,SiO_2 + n\,H_2O \quad (1.1)$$

حيث انه كلما ارتفعت درجة الحرارة زادت سرعة التفاعل. تحدث هذه العملية في الاوتوكلاف تحت ضغط بخار مشبع (0,8 -1,2 ميجا باسكال). ينتج عن ارتفاع درجة الحرارة وضغط بخار الماء ذوبان المكونات الأولية، وتتغير قابلية الذوبان مع تغير درجة الحرارة، أي ان قابلية ذوبان هيدروكسيد الكالسيوم (Ca(OH)2) تنخفض مع زيادة درجة الحرارة، بينما تزداد قابلية ذوبان SiO و[19][18][14]. H_2O (H_4SiO_4)[20]

4-3- عملية تصنيع الطوب silico-calcaire :

✓ **Silico-calcaire الكثيفة:**

تتم عملية تصنيعها بواسطة مزيج من الجير الحي (CaO) من 5 الى 12%، والرمل النظيف بقطر 0,8 مم والماء بنسبة تتراوح ما بين 4الى 8% من كتلة المواد الجافة. وتمر عادة على خلاطات مستمرة بانتظام حسب المعايير المتفق عليها، تحت ضغوط تتراوح ما بين 15 الى 45 ميغاباسكال، بعد إخراجها من القوالب. وتتم معالجة المنتوجات بالاوتوكلافات لمدة تتراوح من 6 الى 14 ساعة تحت ضغط0,8 و1,2 ميغاباسكال عند درجة حرارة 170 الى 190 درجة مئوية. [21][22][23]

✓ **Silico-calcaire الخفيفة:**

نحصل على هاته المواد عن طرق معالجتها في الاوتوكلاف، بمزج الرمل السيلوكوسي (60 الى 65%) والكالس بإضافة الاسمنت (35 الى 40% للمجموع)، حيث تنشا العديد من الخلايا الصغيرة في المزيج عن طريق انطلاق الغاز الناتج عن إضافة مسحوق الالمنيوم اثناء الخلط.

5-3- خصائص الطوب silico-calcaire:

في الجدول التالي تظهر الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للطوب silico-calcaire:

الجدول[1-7]: يوضح خصائص طوب silico-calcaire بنوعيه. [21][22]

نوع الطوب(SC)	الطوب الرملي الجيري الكثيف	الطوب الرملي الجيري الخفيف
الكثافة (kg/m^3)	2200 - 600	800 - 300
قوة الضغط (MPa)	60 - 6	7 - 1.5
المقاومة الحرارية (m^2 .°C/W)	1.63 - 1.16	0.08
امتصاص الماء (%)	8-4	-
عازل الصوت (dB)	48	-

طوبsilico-calcaire بشكل عام يظهر سلوكا جيدا جدا امام التجمد، وعدم قابليته لها يمنحه مقاومة جيدة للحرارة التي تصل الى 550درجة مئوية. يعد من مواد البناء غير قابلة للاشتعال مثل الطوب المحروق، ويستخدم كذلك لنفس الأغراض التي يستخدم لها الطوب المحروق، لكن مع بعض القيود. ويمنع استعماله لوضع الاساسات والقواعد لأنه اقل مقاومة للماء من الطوب المحروق. [24]

4- طوب الطين الخام:

4-1- تعريف:

الطين هو مادة بناء تقليدية بامتياز، يعود تاريخ استخدامه الى عصور زمنية قديمة، فسور الصين يحتوي على أجزاء مبنية من الطين. كما هناك العديد من المعالم المدرجة في التراث العالمي للإنسانية هي منشآت طينية مثل القلاع المغربية، واهرامات مصر. [4]

حتى اليوم يعيش حوالي 40% من البشر في منازل مبنية بالطين. ويمكن استخدامه بسهولة في المناطق الصحراوية التي لا تتوفر فيها كميات كافية من الصخور والاخشاب، حيث ان استخدامه سهل وبسيط ولا يتطلب معدات معقدة. ولا يحتاج في صنعه الى تكلفة او تحويل صناعي مما يجعل له بصمة بيئية وتقييم انبعاث ثاني أكسيد الكربون استثنائي.

2-4- طوب الدوب (La dobe):

اول العناصر المستخدمة من قبل الانسان كان الطوب المصنوع من الطين المعروفب "الدوب" او " التوب". فهي تقنية تستخدم منذ آلاف السنين في جميع انحاء العالم.

الدوب هو مادة مصنوعة من خليط الرمل والطين وكمية من القش المسحوق او الياف أخرى، تكون طبيعتها طينية بشكل كافي (تصل الى 30% من الكسور الدقيقة) ولكنها رملية للغاية، يتم إضافة الماء حتى تصبح عجينة نصف صلبة (15 الى 30% من الماء). فلكل عنصر في الخليط دورا مهما، فالرمل يقلل من احتمال حدوث الشقوق الصغيرة في الطوب الطيني، ويجمع الطين بين الجزيئات، بينما يعطي القش المسحوق درجة من المرونة. [25]

يوضع بعد ذلك هذا الخليط يدويا في قالب خشبي لصنع عناصر البناء الصغيرة، ليتم نزعه من القالب وتجفيفه مباشرة على الأرض. تختلف ابعاد طوب الدوب من (15×25×10) سم الى (30×60×10) سم. فالبناء بالدوب منتشر بشكل كبير في جميع انحاء العالم، من الصين الى بلدان الشرق الأوسط، ومن افريقيا الى أمريكا اللاتينية، وفرنسا والولايات المتحدة الامريكية.

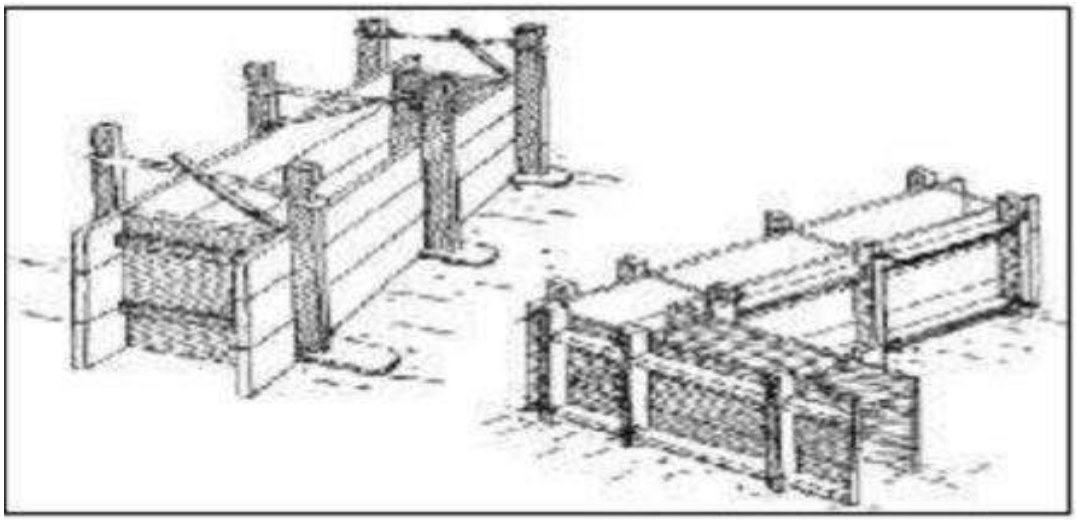
الشكل[1-11]: منتوج طوب الدوب. [26]

3-4- الطوب الرملي (Les pisés):

الطين المضغوط، تقنية تقليدية لاستخدام الطين الخام، حيث توفر استقرار وتكيف استثنائي، لكنه يتطلب اهتماما ومتابعة منتظمة عند بنائه بشكل جيد وحمايته، حيث تمتد ديمومة الطين المضغوط الى عدة قرون ويتكيف بشكل طبيعي مع احتياجات البشر المتنوعة.

تعالج القواعد البنيات التي من الطين المضغوطة بطريقة تمنع امتصاص الماء، غالبا ما يتم استخدام الحصى او الحجارة او الطوب المخلوط بالطين. ويتم توفير توسعة كافية لتجنب تسرب المياه على الواجهة.

الطين المضغوط، هو عبارة عن ضغط حجم من التربة داخل قالب يدوي باستخدام مدقة او معدات متخصصة. الشكل الموالي يظهر مثالا على القوالب التي يمكن استخدامها لتصنيع جدران الطين المضغوط. [27]



الشكل[1-12]: القالب المستخدم في تصنيع جدران الطوب المضغوط. [1]

4-4- الطوب(كتل) الطيني المضغوط(BTC):

كتل الطين المضغوطة هي عناصر صغيرة الابعاد وذات خصائص منتظمة ومتحكم فيها، نحصل عليها بالضغط الاستاتيكي او الديناميكي على التربة في حالتها الرطبة، تليها عملية فك القالب على الفور. تكون الكتل الطينية المضغوطة عادة بصيفة مستطيلة متوازية الاضلاع وتكون ممتلئة او مثقبة، بتقليم رأسي او افقي.

تتكون الكتل الطينية المضغوطة أساسا من التربة الخام ويعتمد تماسكها في حالتي الرطوبة والجفاف على الجزء الطيني المكون للتربة (الحصى، الرمل، الطمي والطين)، ويمكن إضافة مواد إضافية مثل (الاسمنت، الجير، والبوزولان...الخ) الى التربة لتحسين او تطوير خصائص المنتجات. تعتمد الخصائص النهائية للكتل الطينية المضغوطة على جودة المواد الخام (التربة، المواد الإضافية) وجودة تنفيذ مراحل الإنتاج المختلفة (التحضير، الخلط، الضغط، والعلاج).

الشكل[1-13]: طوبة من التربة الخام المضغوطة تم انتاجها باستخدام مكبس يدوي. [1]

5-4. خصائص طوب الطين الخام (الدوب، الرملي، طوب الطين المضغوط):

الجدول التالي يوضح خصائص الطوب الطيني الخام:

الجدول[1-8]: يوضح خصائص الطوب الطيني الخام بأنواعه.

النوع	الدوب	الرملي الجيري	المضغوط
الكثافة (kg/m^3)	1700 - 1200	2200 - 1700	2200 - 1700
قوة الضغط(MPa)	5 - 2	<2.4	<2.4
المقاومة الحرارية (m^2. °C/W)	0.81 - 0.46	0.93 - 0.81	1.04 - 0.81
الانكماش عند التجفيف (mm/m)	1.00	1 2 -	0.2 - 1

الخلاصة:

قدمت لنا هاته الدراسة الببليوغرافية فرصة لدراسة العديد من أنواع الطوب الموجودة في مجال البناء، بما في ذلك: الطوب المحروق، الطوب الخام، والطوب المستقر، بالإضافة الى تطوراتها في مجال البناء على النحو التالي:

-الإجراءات المختلفة لعمليات التصنيع: الفرن (طوب من الطين المحروق)، وفرن الضغط (طوب silico-calcaire).

-الخصائص الميكانيكية والفيزيائية الرئيسية لكل نوع من أنواع الطوب المذكورة سابقا.

-تقديم عدة طرق لتثبيت واستقرار الطوب كالضغط، تصحيح النسيج، إضافة الالياف، وما الى ذلك.

كما استنتجنا من هذه الدراسة انه لا يوجد طوب مثالي بل نختار على حسب:

- ❖ المقاومة الميكانيكية.
- ❖ العزل الحراري.
- ❖ المتانة.

فكل نوع من أنواع الطوب لديه فوائد كما لديه عيوب.

الفصل الثانى:

الخواص المناخية وطرق قياس انتقال الحرارة

1- المقدمة:

يلعب الجو المحيط دورا كبيرا في سير حياة الافراد، فله تأثيرات مباشرة على عاطفة الانسان، وبالتالي يحتل مكانة مركزية في تصميم المباني. فدور المهندس المدني هو خلق بيئة داخلية وخارجية مناسبة لجميع الأنشطة البشرية واحتياجاتهم من الراحة.

في الجزائر يبدو ان العديد من المساكن لا تستجيب لمتطلبات الراحة الحرارية والاقتصاد في الطاقة. فيفسر ذلك بغياب تشريعات محددة تارة، وبنقص المهارات تارة أخرى، او يذهب الموضوع الى جهل المقاولين للتقنيات والاساليب الحديثة.

فاليوم ما وصلت اليه مواد البناء من تطور وتحسين في جودتها (العزل الحراري، والمقاومة الميكانيكية) يسمح بإنشاء مبان تجمع بين الجمال والخصائص الحرارية وتوفير بيئة حياة أكثر راحة مع استهلاك اقل للطاقة. [1][2]

2- المناخ والراحة الداخلية:

2-1- مقدمة:

تواجه الجزائر ازمة حادة في مجال السكن، حيث لا تتوفر المباني على الراحة الحرارية، ولكنها تعتبر من الأولويات في التصميم. منذ الاستقلال الى اليوم شهد المجتمع الحضري والهندسي للمدن الجزائرية تغييرا غير مسبوق، حيث انه لم يترك مدينة ولا قرية الا ودخلها وعم فيها التغيير للنمط البنائي (السكن الجماعي). وما يميز هاته الظاهرة هو الاقبال الكبير ما جعل الكمية تفوق الجودة. يسبب هذا النوع من المساكن مشكلة التكيف المناخي التي تتطلب استهلاكا كبيرا للطاقة. وابرزت ازمة الطاقة بشكل حاد أهمية استهلاك الوقود في التدفئة والتكييف، بسبب هذا الاستهلاك الذي يؤثر على تكاليف تشغيل المباني وكذا على اقتصاد البلاد بأكملها. لذا يأخذ التوجه نحو احترام الجوانب المناخية وجعلها معيار لعوامل الموقع التي يمكن ان تكون مفيدة: الاتجاه، وانحدار التضاريس، التعرض لأشعة الشمس، التعرض للعواصف، والرياح السائدة.

تشدد العمارة البيوكليماتية على تحسين علاقة المسكن مع المناخ من اجل خلق بيئات مريحة من خلال اختيار وسائل محددة للبناء. ويهدف التوجه الى هذا النوع من العمارات الى الاستغلال.

تأخذ العمارة البيوكليماتية الفوائد المناخية بالاعتبار مثل: امتصاص اشعة الشمس في الشتاء والتهوية في الصيف، مع توفير حماية ضد الاثار السلبية مثل: الحر الزائد في الصيف، والتعرض للرياح السائدة في الشتاء. [1][2]

2- 2- المناخ:

2-2-1- تعريف:

يدخل المناخ في العوامل الأساسية في تشكيل النظم المعمارية والحضرية، فهو نتيجة تفاعل لعدة مسببات بما في ذلك درجة الحرارة، الرياح، بخار الماء، واشعة الشمس، ونسبة التساقط (الامطار والثلوج) في منطقة معينة وفي فترة زمنية معينة.

اصطلاحا: يعرّف المناخ على انه تعميم لظروف واحوال الطقس من يوم لآخر وعبر السنة بأكملها.

امّا فيزيائيا: فهو ظاهرة فيزيائية نتيجة عدد كبير من العناصر التي تتفاعل مع بعضها البعض.

-وفي هذا الصدد كم المعترف به انّ المعرفة الجيدة بالظواهر المناخية ومتغيراتها واستخدامها بشكل حكيم، يمكن ان يكون له تأثير كبير على شروط الراحة بشكل عام، وراحة الأماكن الداخلية بشكل خاص. [1][2]

2-2-2- العناصر المناخية:

يمكن تمييز مجموعة من العناصر والعوامل المناخية مصنفة كما يلي:

* العوامل الطّاقوية: الاشعاع، الضوء، درجة الحرارة.

* العامل الهيدرولوجي: نسبة التساقط، والرطوبة.

* العوامل الميكانيكية: الرياح والثلوج.

-يحدد مناخ أي منطقة بتغيرات أنماط التفاعلات وعدة عناصر. فالعناصر المناخية الرئيسية التي يجب النظر اليها في التصميم الحضري بشكل عام وعند تصميم أي مبنى بشكل خاص، والتي تؤثر على راحة الانسان هي:

1. الشمس(الاشعاعات).
2. درجة الحرارة.
3. الرطوبة.
4. الرياح.
5. نسبة التساقط (الامطار، الثلوج).

نظرا لان الظروف المناخية يمكن ان تتغير من يوم الى آخر او من عام الى آخر، فمن الضروري ان نأخذ بعين الاعتبار نسبة متوسطة لهذه التغيرات للحصول على رؤية واضحة وواقعية. [1][2]

2-3- الراحة الداخلية:

الهدف من التركيز على الراحة الحرارية في المبنى هو توفير الراحة في الأماكن الداخلية في المناطق الصحراوية ذات المناخ الحار والجاف في الصيف، والبارد والجاف في الشتاء. فالراحة الداخلية تعطي للأفراد الرفاهية بالإضافة الى راحة المادية والفكرية، والاجتماعية.

الراحة الداخلية هي الجو الذي يمنع الجسم من التفاعل مع الظروف الخارجية والتوفير في الطاقة أيضا. ببساطة الراحة هي عدم الشعور بالإزعاج، وتأسيس الراحة الفيزيولوجية يتم من خلال تحقيق توازن حراري يتطلب كمية دنيا من التنظيم الحراري، وهذا يرجع الى قدرة الجسم البشري على الحفاظ على درجة حرارته الثابتة على الرغم من ظروف الجو. [1][2]

2-3-1- الراحة الحرارية:

الجو المحيط له تأثيرات جسدية وعاطفية على الانسان، لذلك يحتل مكانة مركزية عند تصميم المباني. يسهر المهندس على خلق بيئة داخلية وخارجية تكون مناسبة لجميع الأنشطة البشرية التي من المحتمل ان تحدث داخلها.

يمكن تعريف الراحة على انّها شعور بالصحة الجسدية والنفسية المطلقة. ووفقا لهذا التعريف تكون محدودية المهندس في توفير البيئة المناسبة ضعيفة بتدخل العوامل البيولوجية والعاطفية والفيزيائية للساكنين أيضا. لذلك فتعرض مجموعة من الأفراد لنفس المناخ لا يعني انّهم جميعا راضيين في نفس الوقت على الجو وسط المكان المتواجدين بداخله. دور المصمم هنا هو ان ينشأ وسط ذو راحة حرارية مثلى ترضي جميع الافراد، أي انه يجب ان يضمن شروطا تجعل معظم الأشخاص في المجموعة يشعرون بالراحة.

الحصول على الحياد الحراري شرط ضروري (حيث لا يرغب الفرد منا ان يتواجد في بيئة أكثر حرارة او برودة) للراحة الحرارية. ومع ذلك لا يضمن الحصور على الحياد الحراري الراحة الكاملة على سبيل المثال نرض شخص لحقل اشعاعي غير متماثل، يمكن ان يكون في حالة من الحياد الحراري، في معظم الحالات تتزامن هاتان الحالتان. الحصول على الراحة البشرية مهم للغاية في المباني ذات الإضافة الطبيعية. الطريقة التي يتم بها تجميع الطاقة الشمسية وتخزينها وتوزيعها يمكن ان يؤثر بشكل كبير على راحة سكان المنزل. [1][2]

2-3-2- الاحساس الحراري:

يترجم الإحساس الحراري الحالة الحرارية الشخصية للأفراد ومدى احساسها بالجانب النوعي من الحرارة والبرودة (موقع الإحساس)، انّه مرتبط برسائل الحس الحراري من مستقبلات الحرارة المختلفة التي تبلغ الغدة النخامية، فتترجمها الى معلومات شاملة قادرة على تقديم معلومات حول الحالة الحرارية للفرد، ويمكن التمييز بين الحالة الداخلية والحالة الخارجية.

-يتم إدراك البيئة بوسائل اقل تكاملا مثل المناطق المكشوفة (اليدين، الرأس، القدمين...الخ)، في حين انّ الادراك الحسي الشامل ينشأ من الجانب الحسي المتكامل، فمن المهم التفريق بين الإحساس الحراري والتقدير العاطفي الذي يعتمد على الاعجاب والتفضيل مثلا: بعد تعرض شخص ما للبرد لفترة طويلة من الزمن ثم يعود الى منزله ليجلس امام المدفئة فهنا الشخص يتعرض للدفء او الحرارة، لكن احساسه الحراري سيظل يشعره بالبرد بالرغم من تواجده بالمنزل وامام المدفئة، هذا بسب تعرضه للبرد لفترة أطول من الفترة التي تعرض فيها للحرارة.

أظهرت الأبحاث المختلفة انّ الشعور البرودة يعتمد على درجة حرارة الجلد، اما بالنسبة لإحساسه بدرجة الحرارة فيعتمد على درجة حرارة الجلد في لبداية ثمّ على درجة الحرارة الداخلية. بينما عدم الراحة مرتبط بالرطوبة الجلدية. [1][2]

2-3-3- الراحة في المسكن:

كان البحث عن الراحة في المساكن في وقت سابق لا يعد من الضروريات، حيث كانت المتطلبات تركز بشكل أكبر على سرعة التنفيذ وتوفير الوصول الى مرافق صحية أساسية لجميع السكان. كانت السعادة والراحة تتعلق بالأنشطة الترفيهية.

اليوم تجاوزت التوقعات المتعلقة بالإقامة سقف المعاني اللغوية المعتادة، لم يعد المسكن مجرد إيواء نتيجة التحول في المتطلبات مع السعي لتحقيق توفير في الطاقة ما يدفع المصممين للتفكير في التغيير.

يختلف السكن حسب طريقة الراحة والوسائل التقليل من الإهدار في الطاقة، يمكن ان يؤدي عدم الراحة متعلق بالحرارة الزائدة الى حدوث مواقف مأساوية. تصميم مبانٍ توفر الراحة والرفاهية للجميع مع الحد بشكل كبير من استخدام الطاقة، هو التحدي الذي يواجه جميع الفاعلين في مجال البناء. واحد من أبرز أدوار المسكن هو تقليل هذه التبادلات أي حماية الجسم البشري من اعتداءات المناخ. [1][2]

2-3-4- العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية:

يقوم الجسم البشري بتحويل الطعام الى طاقة، يعتمد معدل هذا التحويل بشكل أساسي على شدة النشاط. تتوزع الطاقة التي ينتجها الجسم بشكل حرارة وتستخدم للعمل الخارجي. الشعور بالراحة نتيجة قدرة الجسم على تحقيق التوازن بين استهلاك الطاقة والاستفادة الحرارية من جهة وفقدان الحرارة من الجهة الأخرى بحيث يتم الحفاظ على درجة حرارة الجسم الداخلية 37 درجة مئوية.

العوامل التي تؤثر على الراحة الحرارية يمكن تقسيمها الى متغيرات شخصية (مثل النشاط واللباس)، ومتغيرات بيئية (مثل درجة حرارة الهواء، درجة حرارة الاشعاع المتوسطة، سرعة الهواء، ونسبة الرطوبة في الهواء). يعتمد الصنف الثاني بصفة مباشرة على تصميم المبنى وأنظمة التدفئة والتبريد.

العوامل الاخرى التي تؤثر على الراحة بالإضافة الى درجة الحرارة الفعالة (مجموعة من درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة الاشعاع المتوسطة) هي كالآتي:

- العمل الميكانيكي: الطاقة المنطلقة من الجسم البشري اثناء قيامه بالعمل الميكانيكي عادة ما تعتبر غير ملموسة بالنسبة للأنشطة التي تقام داخل المباني السكنية.

- اللباس: فقدان الحرارة عن طريق التبخر يحدث عادة عند انتشار بخار الماء عبر الجلد والتبخر عن سطحه، ونقل الحرارة عبر الملابس بالانتشار، واشعاع سطح الشخص(الجلد-الملابس) نحو الاسطح المجاورة (النوافذ، الجدران...الخ). بالإضافة الى ذلك تبادل سطح الملابس وسطح الجلد الحرارة عن طريق التمديد اعتمادا على درجة الحرارة وسرعة الهواء. بمعنى آخر يعتبر اللباس عازلا حراريا للإنسان.

- درجة حرارة الهواء: درجة حرارة الهواء داخل حيز ما مهمة جدا لتحقيق التوازن الحراري وراحة شاغري هذا الحيز.

- درجة حرارة الاشعلع المتوسطة: هي متوسط درجة حرارة الاسطح المحيطة (الجدران، السقف، الأرضية، والنوافذ) وهي تحدد فقدان الحرارة من الجسم عن طريق الاشعاع نحو الاسطح المجاورة، وتؤثر بشكل كبير على راحة الانسان.

- سرعة الهواء: تؤثر سرعة الهواء على فقدان الحرارة من الجسم، عندما يكون الهواء بسرعة عالية وأكثر برودة. لذلك من الضروري ان تبقى سرعة الهواء منخفضة في الشتاء للحصول على راحة حرارية عند أدنى درجة حرارة ممكنة. الأشخاص الذين يعملون في وظائف ثابتة يكونون حساسين بشكل خاص للتيارات

الهوائية، أي التبريد المحلي غير مرغوب فيه. من الضروري وجود تنظيم دقيق للهواء للحصول على الراحة حرارية. يجب تجنب سرعات الهواء عالية التوتر كما يجب إيلاء اهتمام خاص لتركيب المراوح ومراعاه احجامها على حسب الحيز المستعملة فيه.

- نسبة الرطوبة النسبية في الهواء: انّ نسبة الرطوبة النسبية في الهواء لها تأثير ضعيف على الشعور بالحرارة، بالمقابل زيادة تقدر بنحو 10% في نسبة الرطوبة النسبية ستكون لها نفس التأثير الذي تسببه زيادة 0,3 درجة مئوية في درجة حرارة الهواء. ومع ذلك في الظروف الانتقالية يمكن ان يكون التأثير الحراري للتغيير في نسبة الرطوبة أكبر بمعدل 2او3 مرات. عندما تتجاوز درجة الحرارة 30 درجة مئوية يمكن ان يكون لتغيرات نسبة الرطوبة النسبية كبير على الراحة الحرارية. تسبب مستويات عالية من الرطوبة مشاكل مثل: الكهرباء الساكنة ونمو الكائنات الدقيقة والعفن. فمن المهم الحفاظ على معدل نسبة الرطوبة النسبية الذي يتراوح بين 30% الى 60% لتفادي الوقوع في هاته المشاكل.

الشكل[2-1]: يوضح تبادل الحرارة بين الجسم والوسط.

3- النقل الحراري:

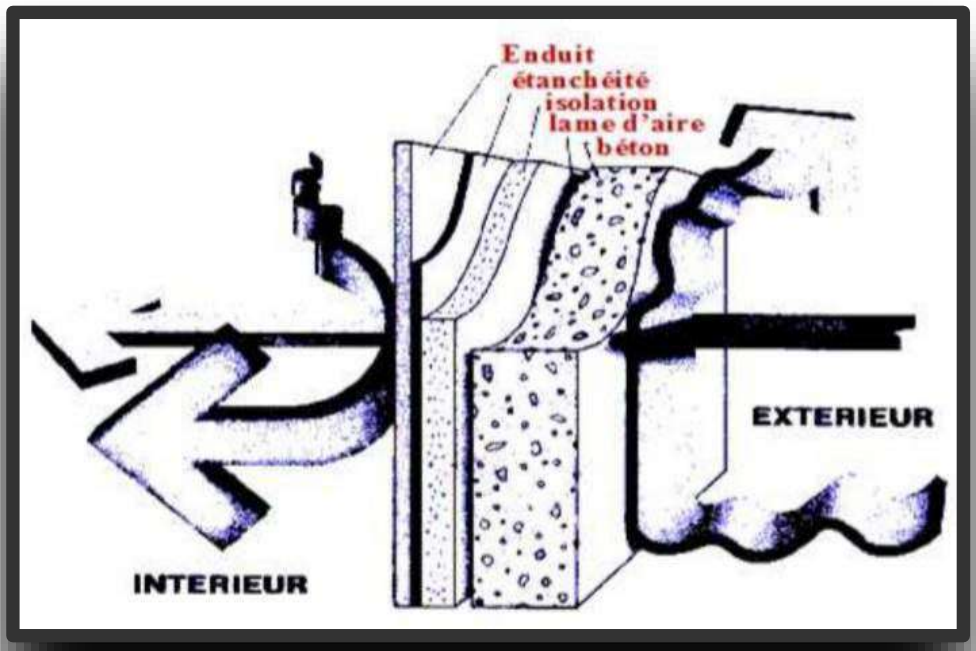
يتيح الديناميك الحراري بتوقع كمية الطاقة الاجمالية التي يجب على النظام تبادلها مع الوسط الخارجي للانتقال من حالة توازن الى حالة توازن أخرى. تهدف الحركة الحرارية في الحيز الى تقدير تطور القيم الخاصة بالنظام خاصة في درجة الحرارة. في حالة التوان الابتدائية والنهائية.

-المعايير الأساسية في نقل الحرارة هما: درجة الحرارة والحرار. تميز درجة الحرارة حالة الجسم، بينما تعبر الحرارة عن تبادل الطاقة. تنقل الحرارة من الاجسام الساخنة الى الاجسام الأقل حرارة منها.

- تدرس هاته التحولات ضمن إطار الديناميكية الحرارية باعتماد الوسيلتين التاليتين:

1-التوصيل الحراري:

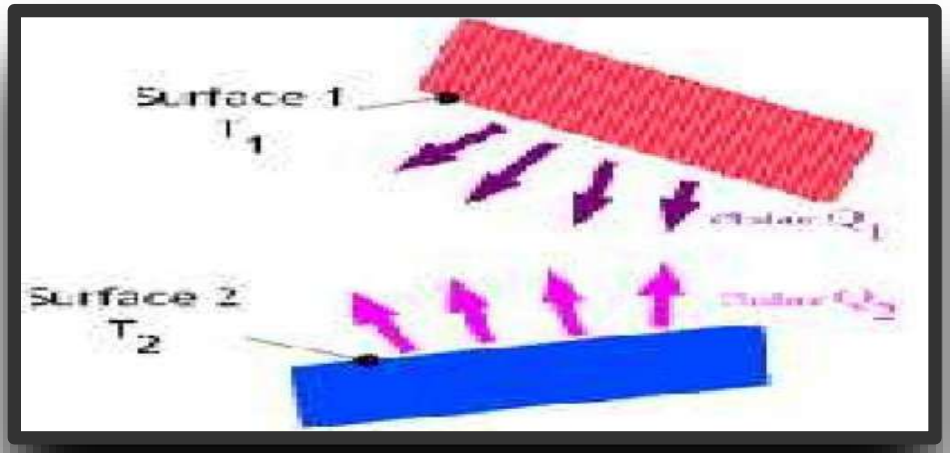
وهو تبادل الحرارة بين نقطتين في جسم صلب او سائل (او غازي)، يكون سكان وغير شفاف في حالة ثبات.



الشكل[2-2]: يوضح النقل الحراري بواسطة التوصيل الحراري. [1]

2-الاشعاع:

نقل حراري بين جدارين مفصولين بوسط شفاف.



الشكل[2-3]: يوضح النقل الحراري بواسطة الاشعاع. [1]

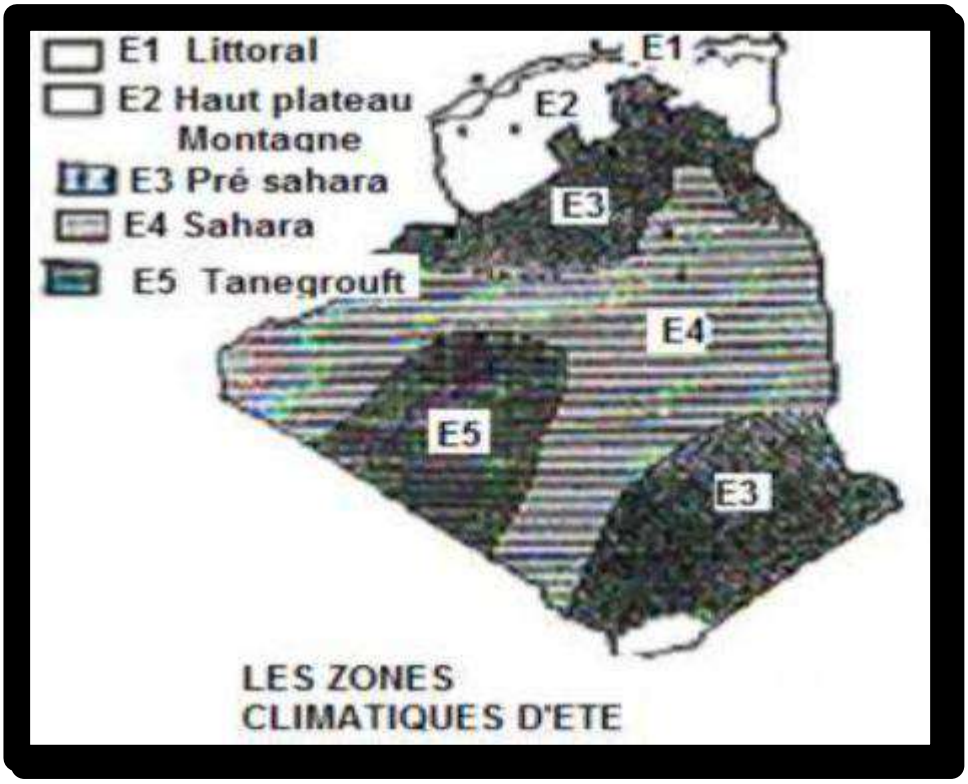
4- تحليل لمناخ مدينة ورقلة:

4-1- مقدمة:

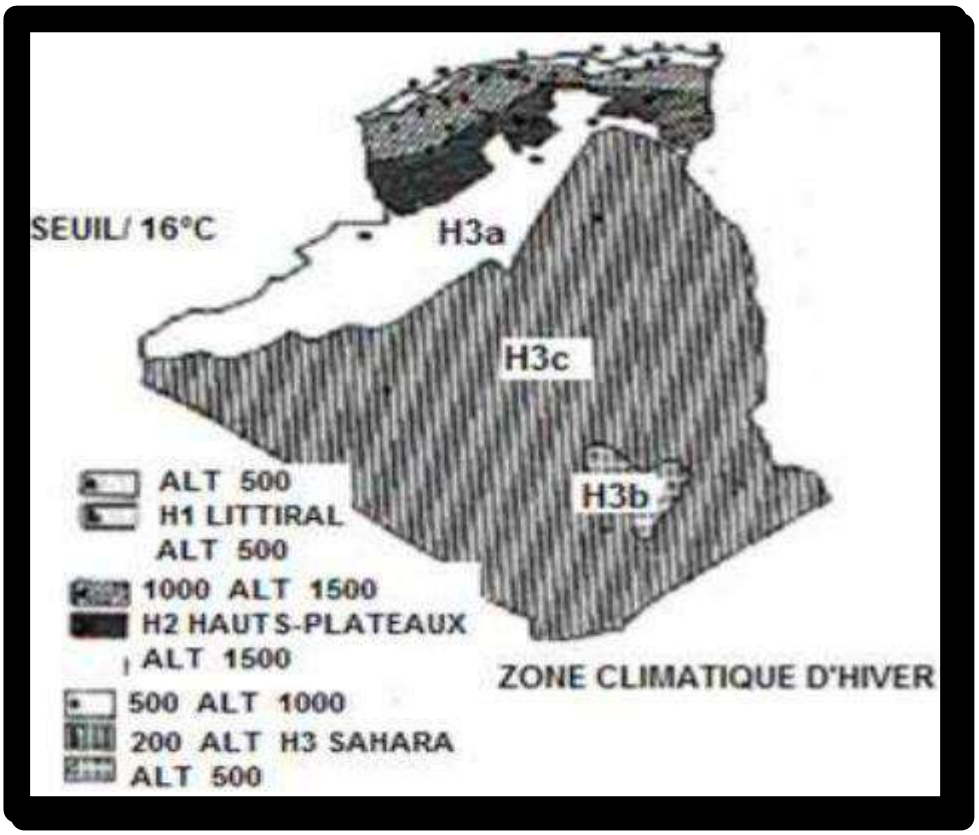
تشتهر بلادنا الجزائر بحجمها القاري أي ان مساحتها شاسعة ما منحها تنوع تراثي وطبيعي. تحظى صحرائنا بأكبر نصيب من هاته المساحة ما يميز مدنها عن المدن الساحلية والمدن الوسطى، وهذا اكسبها مناخا قاسيا نوعا ما فهو حار وجاف صيفا وبارد وجاف في الشتاء. حيث تمتد مدينة ورقلة الصحراوية الجزائرية على مساحة تبلغ 270030 كيلو متر مربع وتقع عند خط عرض3157°N وخط الطول 5°21'E، وعلى ارتفاع يبلغ 142مترا تبعد عن العاصمة الجزائرية ب 780 كيلوا متر.

تنتمي مدينة ورقلة الى المنطقة المناخية الرابعة (E4) في الصيف و H3c في الشتاء، التي تتميز بصيف اكثرا حرارة وجفاف وشتاءً باردا وجاف. وهذا وفقا للتصنيف المعطى من قبل التوصيات المعمارية كما هو موضح في الشكلين 5و 6.

الشكل[2-4]: يوضح موقع مدينة ورقلة على الخارطة الجغرافية الجزائرية. [1]



الشكل[2-5]: يوضح تصنيف المناطق المناخية لفصل الصيف في الجزائر المصدر (ENAG,1993). [1]

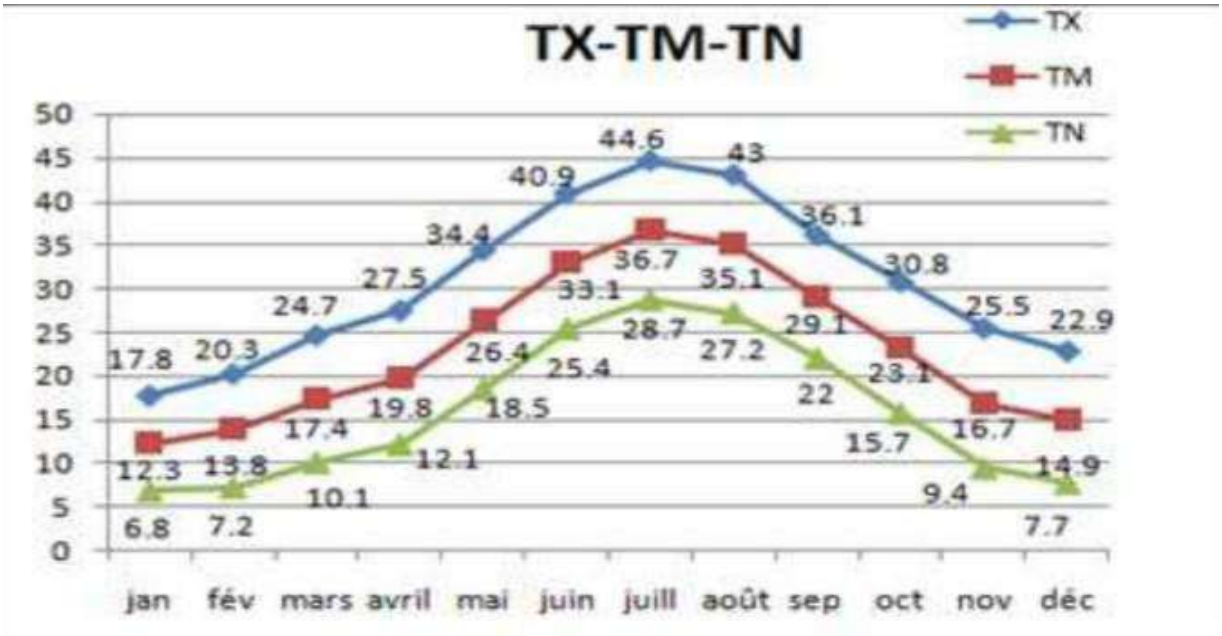


الشكل[2-6]: يوضح تصنيف المناطق المناخية لفصل الشتاء في الجزائر المصدر(ENAG,1993). [1]

4- 2- عرض لحالة الطقس المتوسطة في مدينة ورقلة:

✓ **درجات الحرارة:**

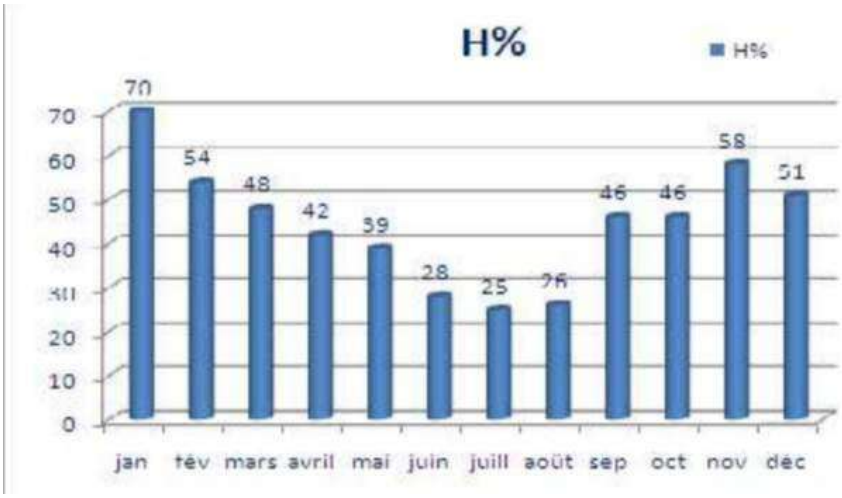
الحرارة تشكل العنصر الأكثر أهمية في المناخ، وما يوضحه الشكل[7] فانّ منطقة ورقلة تتميز بدرجات حرارة مرتفعة جدا حيث يسجل شهر جوان أكثر درجات الحرارة تصل الى 44-68 درجة مئوية، وفي شهر جانفي مع درجة حرارة متوسطة دنيا تبلغ15 درجة مئوية. تبلغ درجة الحرارة السنوية المتوسطة 30-70 درجة مئوية.



الشكل[2-7]: يوضح تسجيلات درجات الحرارة المتوسطية الشهرية. [1]

✓ **الرطوبة المتوسطة:**

على العموم الهواء في ورقلة جاف جدا، ويتغير معدل الرطوبة من موسم الى آخر. يبلغ متوسط الرطوبة 42,06%. اقصى مستوى للرطوبة هو 59,92% لشهر ديسمبر، وادنا مستوى هو 23,33% لشهر جوان.



الشكل[2-8] يوضح معدلات متوسط الرطوبة الشهرية لولاية ورقلة. [1]

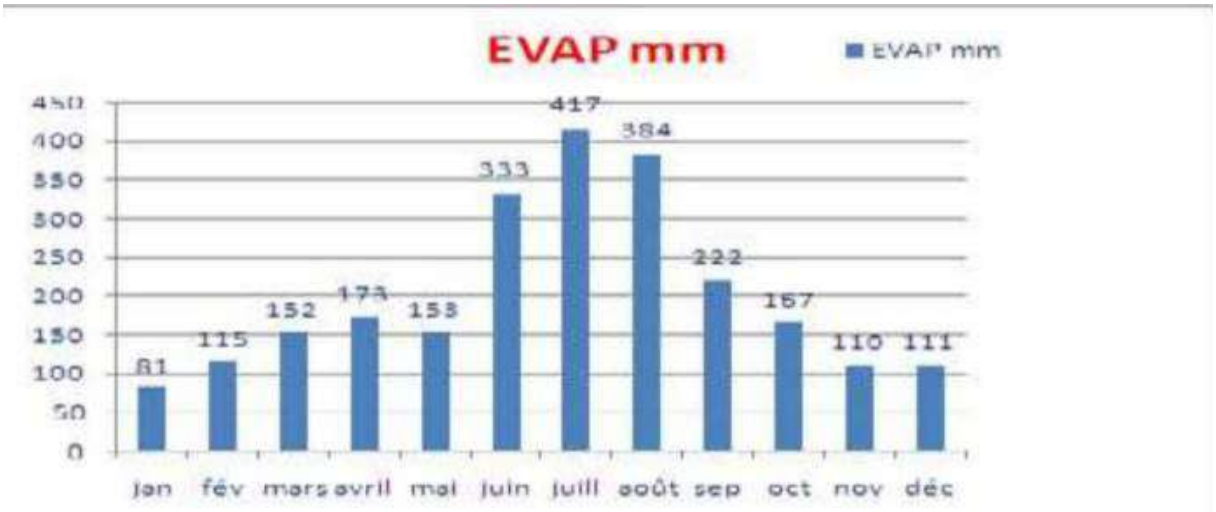
✓ **الرياح:**

في منطقة ورقلة يتغير معدل هبوب الرياح بشكل كبير خلال السنة (اتجاه هبوب الرياح من الشمال الى الجنوب(سيروكو)). تسيطر الرياح على منطقة ورقة وتتجلى خلال فصل الصيف وقد تسبب اضرار كبيرة خاصة مع غياب الغطاء النباتي، حيث تصل سرعتها القصوى الى 4,61 متر في الثانية. سجل متوسط سرعة الرياح السنوي في المدينة بمعدل 3,62 متر في الثانية.

الشكل[2-9]: يوضح متوسط سرعة الرياح الشهري لولاية ورقلة. [1]

✓ **التبخر:**

متوسط التبخر في ورقلة يبلغ 417 ملم في شهر جوان وفي شهر جانفي، ما يعادل متوسطا سنويا يبلغ 222 ملم. بهذه المعدلات نعتبر التبخر في ورقلة مرتفعا جدا، ولكنه يتغير للغاية من حيث السنوات والشهور والاسابيع.



الشكل[2-10]: يوضح معدلات متوسط التبخر الشهري لولاية ورقلة. [1]

✓ **الاشعاع الشمسي:**

تتميز مدينة ورقلة بإشعاع شمسي قوي، الحد الأقصى يسجل في شهر جوان بواقع 331,83 ساعة والحد الأدنى بواقع 208,17 ساعة في شهر ديسمبر. المتوسط السنوي 270,63 ساعة.

الشكل[2-11]: يوضح متوسط مدة الاشعاع الشمسي الشهري لولاية ورقلة. [1]

✓ **التساقط:**

تتميز ولاية ورقلة بندرة سقوط الامطار وعدم الانتظام عبر الزمن والمكان، حيث اننا نلاحظ معظم حلات التساقط سجلت خلال أشهر الشتاء، بينما تمتد فترة الجفاف على مدار باقي السنة.

الشكل[2-12]: يوضح معدل متوسط التساقط الشهري لولاية ورقلة. [1]

- ✓ وتبعا لما ورد واستنادا على التحليل السابق، فانّ مناخ مدينة ورقلة قاسٍ للغاية خاصةً في الصيف بسبب الاشعاع الشمسي الشديد وارتفاع دراجات الحرارة، اما في الشتاء فهو بارد وذو رطوبة نسبية ضعيفة ومنخفضة جدا في الفصلين ومعدل متوسط للتساقط في الشتاء وانادر تقريبا في الصيف.

4. 3. مدى استهلاك الطاقة في ولاية ورقلة:

في مناطق الجنوب الجزائري يصل في بعض الأحيان مقياس درجات الحرارة الى درجات تتراوح ما بين 45 الى 47 درجة مئوية تحت الظل في فصل الصيف وقد يزيد، وكثرة الطلب سبب ازمة طاقة بهذه المناطق، الفترة التي يكثر فيها الطلب والاستهلاك هي الفترة ما بين 13:00 ظهرا الى غاية 18:00 مساءا وفي حالات قليلة قد يتواصل ليلة كاملة او يوم كامل. تسجل الذروة في الاستهلاك من الساعة 14:00 ظهرا الى غاية 16:00 مساءا، يكون تشغيل أجهزة التكييف خلال هذه الفترة هو السبب في الطلب الكبير على الطاقة المطلوبة ما يؤدي الى انقطاع التيار بسبب قلة الوفرة او سخونة الاسلاك الناقلة التي تتسبب في حرائق وحوادث سواء في الخارج او داخل المباني (اتلاف الأجهزة الالكترونية). [1]

الخلاصة:

الدراسة التي أجريت في هذا الفصل تهدف الى تقديم بعض الخصائص الحرارية والميكانيكية، بالإضافة الى تقديم لمحة عامة عن المناخ السائد في مدينة ورقلة وبعض الاحصائيات حول استهلاك الطاقة في المدينة.

تظهر الدراسات انّ المدن الصحراوية تستهلك كميات هائلة من الطاقة الكهربائية المستخدمة في تكييف الهواء في فصل الصيف، وهذا ما أحدث ازمة طاقة التي تؤدي الى حوادث كبيرة.

الجزء الثاني:

الدراسة التجريبية

الفصل الثالث:

طرق الاختبار الميكانيكي والحراري

وخصائص المواد المستخدمة

المقدمة:

الطوب الترابي هو عبارة عن خليط من الكثبان الرملية والطين والماء، وترتبط جودته بلا شك بخصائصه. وبناء على هذا سنقدم في هذا الفصل مبدأ الطرق المستخدمة في تحديد الخصائص الحرارية والميكانيكية ثم نقدم خصائص المواد المختلفة والمستعملة في تركيبة الطوب.

2-الخصائص الحرارية:

2-1-طرق قياس التوصيل الحراري:

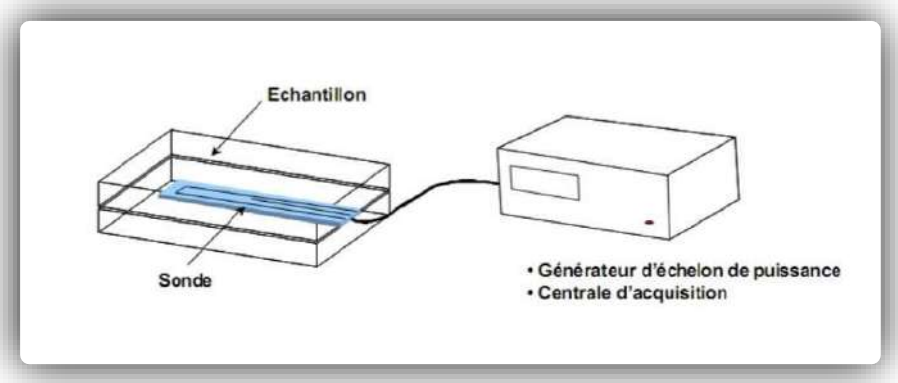
يتم استخدام العديد من الطرق لقياس التوصيل الحراري، حيث تتكون هاته الطرق من اخضاع العينة لتدفق حراري ثم نقوم بقياس ملف تعريف درجة الحرارة او التدفق الحراري. نذكر بعض الطرق المستخدمة مثل:

1. طريقة التسخين المحمي.
2. طريقة السلك الساخن.
3. طريقة فلاش الليزر.

- ✓ في دراستنا هاته قمنا باستخدام طريقة السلك الساخن.

2-2-طريقة السلك الساخن:

في الثلاثينات من القرن العشرين، طورB.STALHANE وSPYK طريقة لقياس التوصيل الحراري تسمى بالسلك الساخن، التي تمكننا من تقدير التوصيل الحراري للمادة عن طريق تطوير درجة الحرارة المقاسة بواسطة ازدواجية الحرارة الموضعية بالقرب من سلك مقاوم. حيث يتم وضع المسبار الذي يتكون من مقاوم وازدواجية الحرارة في دعامة كابتون عازلة بين العينتين من المادة المراد دراسة خصائصها الحرارية.



الشكل[1-1]: يوضح مبدأ القياس باستخدام السلك الساخن. [28]

يتم الحصول على الموصلية عن طريق حل معادلة الحرارة في الهندسة الاسطوانية اللانهائية.

تقنية الاسلاك الساخنة بواسطة مقياس CT المعيار المرجعي (NF EN 993 – 15) تم تطوير CT-MTRE بهدف تمكين اجراء تقييم دقيق للخصائص الحرارية لعدد من المواد المتجانسة.

- ✓ مبدأ التشغيل:

نقوم بتوصيل العنصر الساخن بجهاز استشعار درجة الحرارة، وقياس ارتفاع درجة الحرارة التي يتعرض لها المستشعر خلال فترة التسخين التي يختارها المستخدم.

- ✓ مكونات الجهاز:

:يتكون جهاز قياس الاشعة المقطعية من عنصرين هما

عضو التحكم المسؤول عن توليد الطاقة الحرارية للتسخين وارتفاع درجة الحرارة اللازمة في المواد المراد اختبارها، والمسبار المحمل لنقل طاقة التسخين وجمع الحرارة اللازمة.

الصورة[1-1]: توضح جهاز الاشعة المقطعية[1].

3-الخصائص الميكانيكية:

3-1-اختبار الموجات فوق الصوتية:

هو تجربة غير تحطيمية ومهمة للغاية، حيث تسمح لنا باكتشاف عدة خصائص للطوب مثل: درجة الاكتناز، معدل التشققات والاضرار الناجمة عن اختلاف درجات الحرارة .... الخ.

تعمل هاته التجربة على قياس سرعة الصوت في الطوب باستخدام جهاز يحتوي على صندوق قياس وجهاز ارسال واستقبال لموجات الرؤية. مبدأ التجربة هو الضغط على رأسي القياس على وجهي العينة باستخدام معجون تلامسي يسهل انتقالها. كما انه يجب ان يكون سطح الطوب مسطحا بشكل معقول. (معيار NF P18-418)

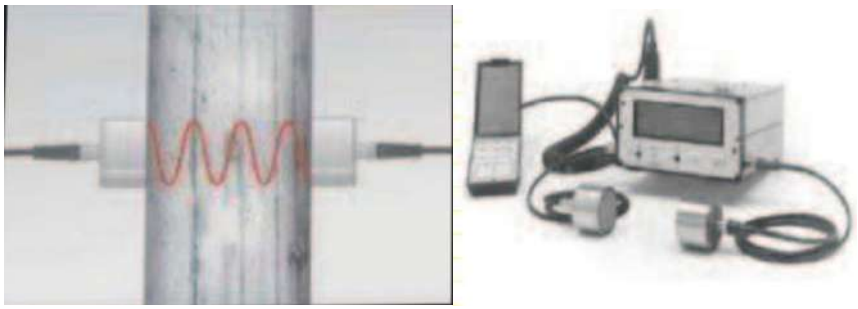
بمجرد تشغيل الجهاز يمكن قراءة وقت الانتشار بالميكروثانية، ثم تعطى سرعة الانتشار بالمعدلة التالية:

$$V = S/t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1\text{-}3)$$

V: سرعة الانتشار (m/S).

S: المسافة بين الرؤوس (m).

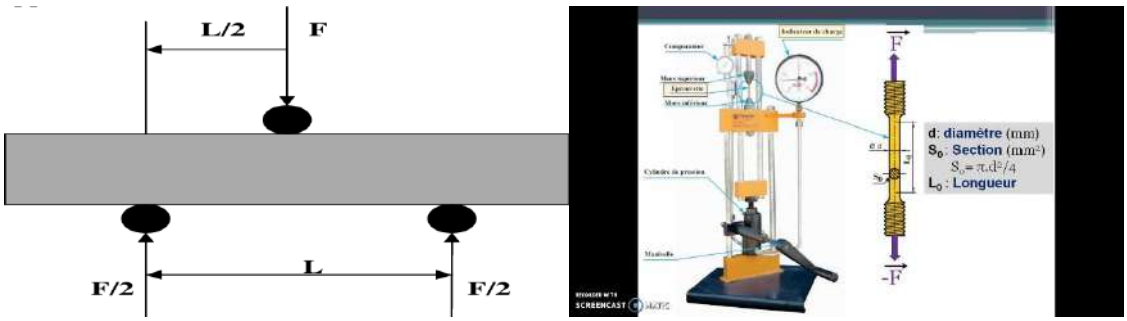
T: الوقت بالميكروثانية.



الصورة[1-2]: توضح صورة جهاز الموجات فوق الصوتية وكيفية عمل الجهاز. [1]

2-3- تجربة شدة الانحناء:

يتم اجراء تجربة شد الانحناء ذو ثلاث نقاط على جهاز ثنى الضوابط، ويعمل بنظام الضغط الهيدروليكي حيث تتكون وحدة التحميل من إطار صلب يدعم اثنين من النقاط، ويمكن تعديل مدى الوصول بدقة عن طريق تحريك الدعامات نحوه الى الخارج او الى الداخل. ثم يتم التحميل عن طريق الضغط الهيدروليكي الذي يحرك الجزء العلوي الى الأسفل حتى تتلامس مع التحميل الموجود في الجزء العلوي من العينة في وسط الدعامات وتتم قراءة قيمة التحميل مباشرة على الجهاز.



الصورة[1-3]: توضح جهاز شد الانحناء. [1]

- ✓ تم اختباره وتنفيذه في مخبر الاشغال العمومية بالجنوب بورقلة (LTPS).

3-3-اختبار الضغط:

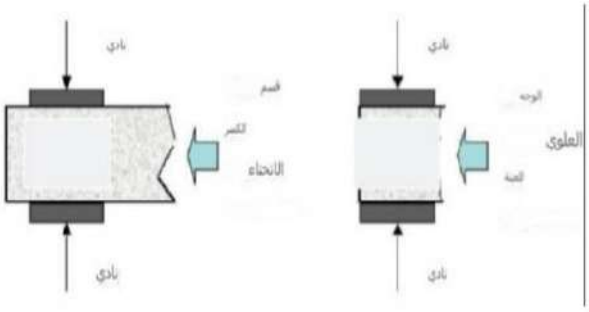
تجرى تجربة الضغط على جهاز ضغط عالمي نوع OEHLGASS يعمل بنظام الضغط الهيدروليكي. يتكون من إطار صلب يدعم لوحي التحميل، ويتم ذلك بواسطة الضغط الهيدروليكي الذي يحرك الجزء السفلي للأعلى حتى الانفصال.

قطع اختيار الضغط عبارة عن (10×10×10 سم) يتم تحضيرها من عينات الانحناء، تتمركز العينة بين اثنين من الصواني المعدنية بحيث يتطابق المحور الرأسي مع محور العينة ويطبق الحمل على العينة بشكل مستمر مع سرعة KN/min4.5 .

FC: الاجهاد الضاغط.

F: قوة الكسر الضاغطة.

S: المقطع العرضي للعينة.



الشكل[1-2]: يوضح تجربة الضغط على الطوب الترابي. [1]

3-4- كثافة الطوب:

يتم تحديد متوسط الكثافة الجافة للطوب بواسطة الصيغة ادناه نعبر عنها ب (Kg/m3).

4-المواد المستخدمة:

سنتطرق في هذا الجزء من الفصل الثالث الى دراسة خصائص المواد المستخدمة في تكوين الطوب الطيني.

4-1-الرمال (الكثبان الرملية):

تتكون نتيجة التآكل والترسيب لصخور مختلفة يتبعها النقل النهري والرياح، تتميز بحجم حبيباتها الضيق جدا وهي ناعمة. استخدمنا في دراستنا كثبان رملية من منطقة سيدي خويلد بمدينة ورقلة.

الصورة[1-4]: توضح الكثبان الرملية. [1]

2-4خصائص الكثبان الرملية:

- ✓ الكتلة الحجمية: لدينا الكتلة الحجمية الظاهرية (Pa) هي الكتلة لكل وحدة حجم من المادة التي تشكل الرمل دون مراعاة الفراغات. اما الكتلة الحجمية المطلقة (Ps) هي الكتلة لكل وحدة حجم من المادة التي تشكل الرمل مع مراعاة الفراغات.

الصورة[1-5]: توضح جهاز الكتلة الحجمية الظاهرية. [1]

الصورة[1-6]: توضح صورة جهاز الكتلة الحجمية المطلقة. [1]

كانت نتائج الاختبار كالتالي:

الجدول[1-1]: يوضح النتائج المخبرية لتجربة الكتلة الحجمية.

الكتلة الحجمية الظاهرية (kg/m3)	الكتلة الحجمية المطلقة (kg/m3)
1490	2700

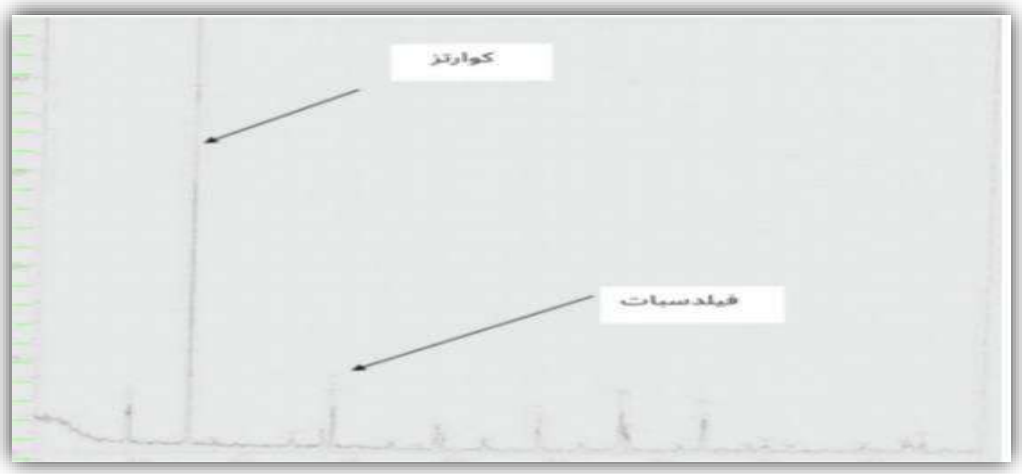
- ✓ التحليل المعدني لرمل الكثبان: من القياسات التي تم اجراؤها حسب مخطط الاشعة الصينية المنجزة علةى مستوى مخبر الفيزياء بجامعة ورقلة نلاحظ ما يلي:

ـ وجدنا ان مادة الكوارتز تشكل جزءا كبيرا من المعادن المتواجدة بنسبة 80%.

ـ الجبس بنسبة 3% وعلى شكل حبيبات دقيقة ذات لون أبيض مائل الى البياض.

ـ مادتي الفلسبار والكالسيت بنسبة منخفضة جدا تقدر ب10%.

تعرض النتائج في الشكل التالي حسب المخطط التالي:



الشكل[1-3]: يوضح مخطط الاشعة السينية لعينة من الكثبان الرملية منطقة سيدي خويلد ـورقلةـ [1]

✓ التحليل الكيميائي: تم اجراء هاته التجربة بمخبر الاشغال العمومية بالجنوب بمدينة ورقلة، لخصنا النتائج التي تحصلنا عليها في الجدول التالي:

الجدول[1-2]: يوضح التركيب الكيميائي للرمل.

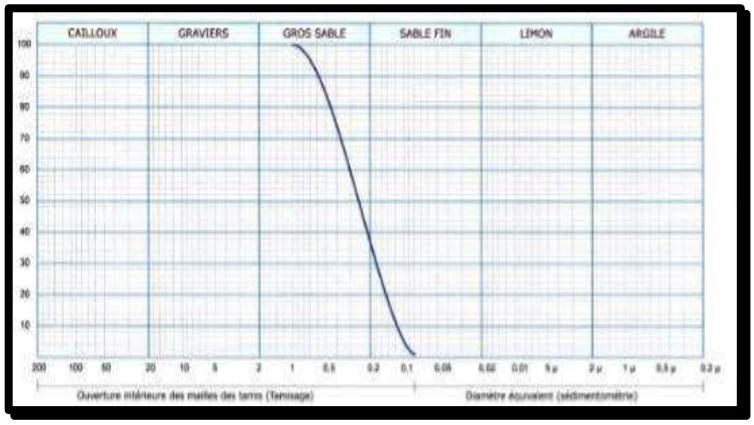
العناصر	النسب (%)
الحديد (Fe2 O3 – AL2 O3)	0.25
الكالسيوم (Ca SO4 2H2O)	2.78
SO4	0.51
CO3	1.30
لا يتحلل في الماء	93.23
في الكل	-
التفاعل مع الحريق	1.16

➢ نلاحظ ان نسبة SO4 وCa SO4 اقل من الحد الموصي به، اذن الرمال المستخدمة غير عدوانية.

الجدول[1-3]: يوضح نتائج تجربة التدرج الحبيبي للرمل.

قطر الغربال(mm)	نسبة التراكم المرفوض (%)	النسب (%)
5	0	100
2	0	100
1	0	100
0.4	0.8	99
0.2	79.12	21
0.1	98.73	1
0.08	98.92	1

✓ التدرج الحبيبي للرمل: تهدف تجربة التدرج الحبيبي للرمل الى معرفة حجم حبيبات الرمل وتحليل خصائصها الفيزيائية والهندسية. تتراوح كتلة العينة بين (200 الى 600 D)، حيث ان D هو البعد الأكبر للركام.



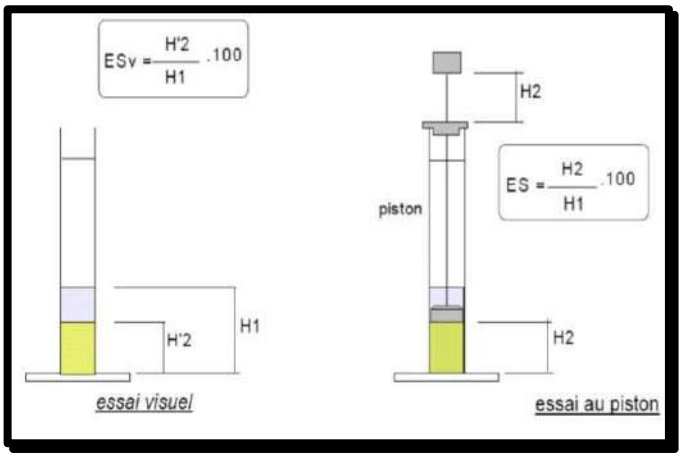
الشكل[1-4]: يوضح مخطط التدرج الحبيبي للرمل [1]

ـ من خلال منحنى التدرج الحبيبي للرمل نلاحظ انه يقع تقريبا خارج المنطقة المرجعية الموصي بها بموجب معيار تصنيع الخرسانة. يعود هذا الى طبيعة الكثبان الرملية التي هي جيدة جدا.

- ✓ تجربة مكافئ الرمل: تعتبر تجربة مكافئ الرمل طريقة شائعة لتقييم نقاوة ونظافة الرمال، حيث يتم تمير عينة من الرمل المغربلة في غربال cm5 . تعتمد هاته التجربة على فصل الجزيئات الدقيقة المستمرة في التربة عن العناصر الرملية الخشنة. يتيح الاجراء الموحد الذي تم اجراؤه على جزء(mm 0/5) من المادة مراد دراستها، وتغسل العينة وفق عملية موحدة وتترك لترتاح مدة 20 دقيقة ثم تقاس العناصر التالية:

H1 : الرمال النظيفة + العناصر الناعمة.

H2: الرمال النظيفة فقط.



الشكل[1-5]: يوضح مبدأ تجربة مكافئ الرمل [1]

3-4 خصائص الطين:

الطين هو صخرة رسوبية تتكون الى حد كبير من المعادن، وبشكل عام من معدني الكلسيليكات والالمينيوم أكثر وأقل رطوبة التي توجد في هيكل مصفح يفسر اللدونة، هيكل ليفي الذي يعبر عن صفحات الامتصاص الخاص بهم. في دراستنا استخدمنا طين بلدة عمر بمدينة تقرت.

الصورة[1-7]: توضح طين منطقة بلدة عمر. [1]

في دراستنا قمنا بإجراء التجارب التالية على الطين في مخبر الاشغال العمومية بالجنوب لمدينة ورقلة (LTPS):

1. التدرج الحبيبي الترسبي.
2. حدود اتربارغ (حد السيولة وحد الدونة).
3. التحليل الكيميائي للطين.

- ✓ التدرج الحبيبي الترسبي: وهو تجربة مكملة لتجربة التدرج الحبيبي عن طريق الغربلة، والغرض منها هو تحديد التوزيع لوزن وحجم الجزيئات الدقيقة في التربة.

مبدأ التجربة:

مبدأ قياس الرواسب يعتمد على قانون الأسهم الذي يقيس سرعة ترسب الجزيئات في وسط لزج تحت تأثير قوة الجاذبية ومقاومة البيئة,

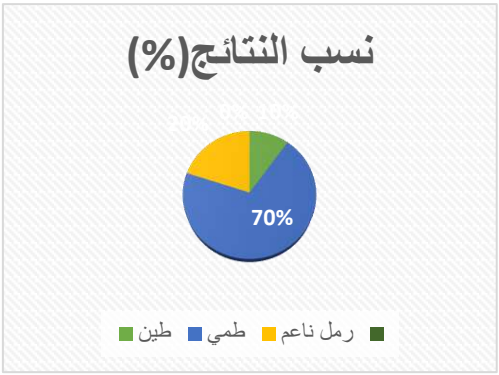
ـ الجدول التالي يوضح نتائج التدرج الحبيبي عن طريق الترسيب:

الجدول[1-4]: يوضح نتائج التدرج الحبيبي عن طريق الغربة والترسيب للطين.

طريقة الدرج الحبيبي	قطر الغربال(mm)	النسب (%)
طريقة الغربلة	5	100
	2	100
	1	100
	0.4	99
	0.2	94
	0.1	74
	0.08	74
طريقة الترسيب	0.075	74
	0.055	74
	0.038	67
	0.025	63
	0.017	59
	0.012	57
	0.008	56
	0.006	54
	0.004	37
	0.003	1
	0.002	1
	0.001	1
	0.0005	1

الشكل[1-6]: يوضح مخطط نتائج التدرج الحبيبي الترسبي. [1]

ـ بناءً على المنحنى أعلاه اظهرت نتائجه ما يلي:



الشكل[1-7]: يوضح تفسير لنتائج التدرج الحبيبي الترسبي. [1]

- ✓ تجربة حدود أتربارغ (حد السيولة وحد اللدونة): يهدف هذا الاختبار الى تحديد حدي السيولة واللدونة، حيث ان حدود أتربارغ هي معلومات جيوتقنية تهدف الى تحديد سلوك التربة وحالتها باستخدام فهرسها، فهي تعبر عن محتوى الماء والوزن المطابق لحالات معينة من التربة.

نعرف ما يلي:

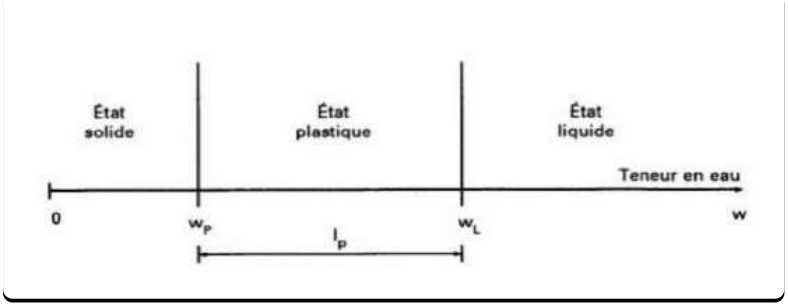
WL: حد السيولة وهو المحتوى المائي للتربة المضطربة عند نقطة التحول من الحالة السائلة الى اللدنة (الآستيكية).

WP: حد اللدونة وهو المحتوى المائي للتربة المضربة عند نقطة التحول من الحالة اللدنة الى الحالة الصلبة (البلاستيكية).

IP: مؤشر اللدونة وهو الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة الذي يحدد مدى المجال البلاستيكي.

$$IP= WL –WP \qquad (2\text{-}1)$$

يتم التعبير عن المحتوى المائي للحدين بنسبة مئوية، اما مؤشر اللدونة فهو رقم دون ابعاد.

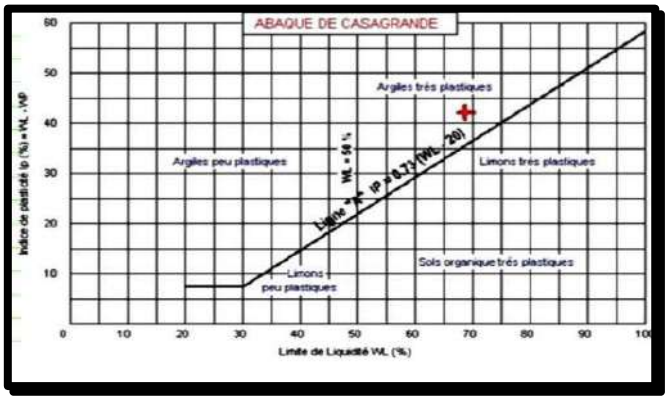


الشكل[1-8]: يوضح مجالات حدود أتربارغ. [1]

عند قيامنا بالتجربة تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول[1-5]: نتائج تجربة حدود اتربارغ.

مؤشر اللدونة (%)	حد اللدونة (%)	حد السيولة (%)
31.95	20.45	52.45



الشكل [1-9]: يوضح خرائط كازاغراندي من الطين. [1]

تصنيف الطين حسب حدود اتربارغ:

تصنف الطين حسب اللدونة. حيث قدم بورميستر سنة 1967 تصنيف مفصل لمرونة الطين حسب مؤشر اللدونة:

الجدول[1-6]: يوضح تصنيف بورميستر للطين.

مؤشر اللدونة (%)	0	من1الى 5	من 5 الى 10	من 10 الى 20	من 20 الى 40	>40
اللدونة	غير لدنة	خفيفة	ضعيف	مرتفع	متوسط	مرتفع

وأعاد اتربارغ تصنيفها سنة 1973 في ثلاث مستويات كالتالي:

الجدول[1-7]: يوضح تصنيف اتربارغ للطين.

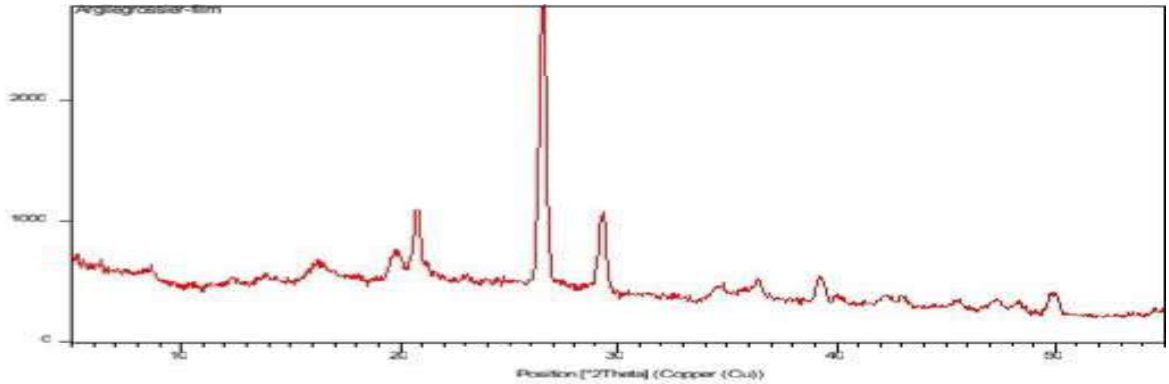
مؤشر اللدونة (%)	<7	من 7 الى 17	>17
اللدونة	ضعيف	متوسط	مرتفع

الاستنتاج: ومما سبق وحسب الشكل [1-9] الجداول [1-5]، [1-6]، [1-7] نستنتج ان نوع الطين المستخدم هو طين لدن (بلاستيكي) للغاية.

- ✓ تجربة التحليل الكيميائي للطين: الطين والمواد الخام الأخرى يتم اخضاعها للعديد من التحاليل الكيميائية، والجدول الموالي يوضح التحاليل الكيميائية التي تم اجراؤها في مركز البحث العلمي بجامعة ورقلة القطب الثالث:

الجدول[1-8]: يوضح التحليل الكيميائي للطين.

	العناصر	النسب المئوية (%)
غير قابلة للذوبان (NF P15-416)	لا يتحلل في الماء	63.18
كبريتات (BS 1377)	SO3	0.45
	SO3/2H2O	2.46
كربونات (NF P15-461)	CaCO3	18
الكلوريدات طريقة MOHR	Cl	0.42
	NaCl	0.68



الشكل[1-10]: يوضح نتائج الاشعة السينية للطين. [1]

4-4-تركيبة الماء:

المياه المستخدمة في هاته الدراسة من صنبور ورشة الحرفي السيد عبد الحميد أبي مولود بمنطقة النزلة ولاية تقرت، دوره هو تسهيل خلط المكونات وعجنها بسهولة فهو يساعد في لدونة الطين ويسمح لنا من التمكن منها.

أجرينا التحليل الكيميائي للمياه في مخبر معالجة المياه في جامعة قاصدي مرباح بورقلة، وكانت النتائج كالتالي:

الجدول[1-9]: يوضح نتائج التحليل الكيميائي للماء.

العنصر	Mg	K	Na	Cl	NO 3	SO 4	HCO 3	PH	Ca
النسبة (%)	125	31	536	755	14.5	755	124	7.75	242

الخلاصة:

الدراسة التي قمنا بها في هذا الفصل هي عبارة عن جملة من الاختبارات المقامة علة المواد المستخدمة في الدراسة (رمل الكثبان، طين، ماء)، التي تمكننا في النهاية من معرفة خصائص كل مادة بغرض معرفة سلوكها وحالتها لنتمكن من التعامل معها في الوسط الذي أجريت به الدراسة.

الفصل الرابع:

تصنيع الطوب الأرضي وتحليل النتائج ومناقشتها.

1ـالمقدمة:

تتمثل الدراسة التجريبية لعملنا في تحديد ودراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية للطوب الترابي المجفف بالطريقة الطبيعية، تمت صناعة هذا الطوب من التربة المحلية بقالب خشبي ذو الابعاد (5×10×20 cm). باستخدام الطين من منطقة بلدة عمر بتقرت والرمل من منطقة سيدي خويلد بورقلة. بعد تصنيع الطوب وتجفيفه قمنا بإجراء جملة من التجارب الحرارية والميكانيكية المتمثلة في:

1- الاختبارات الحرارية:

ـ الكتلة الحجمية.

ـ التوصيل الحراري.

ـ الحرارة النوعية

2- الاختبارات الميكانيكية:

ـسرعة انتقال الصوت.

ـ مقاومة شد الانحناء.

ـ قوة الضغط.

تم إجراء هاته التجارب في مخبر الاشغال العمومية بالجنوب في مدينة ورقلة(LTPS).

2ـتصنيع الطوب:

لتحضير عينات الطوب الترابي المستخدم في هذه الدراسة قمنا بالخطوات التالية (الصور موجودة في ملحق الصور التوضيحية):

1) نقوم بوزن كمية من الطين وكمية من الرمل وهي جافة دون خلطها.

2) ثم ننقع كمية من الطين في الماء لمدة 24 ساعة حتى تتشبع وتتحلل وتصبح خليط متجانس.

3) اثناء خلط المكونات نضع كمية من الطين ثم نضيق لها كمية من الرمل ونقوم بعجنها يدويا مع إضافة الماء وإزالة جميع الشوائب التي قد تتواجد في الطين او الرمل (عبارة عن الحجارة الكبيرة من الطين التي لم تتحلل) حتى تتجانس المكونات وتصبح متناسقة مع بعضها البعض.

4) بعد عجن الخليط نقوم بتعبئة القوالب الخشبية وتفريغها من فوقعات الهواء الناتجة عن وضع الخليط في القالب بضربه وتسوية سطح العينة.

5) بعد نزع القالب نضع العينة تجف لمدة أسبوع او أكثر في مكان يحتوي على رطوبة معتدلة وليس تحت أشعة الشمس، ثم نرش عليها القليل من الرماد ليساعدها على ان تجف وامتصاص الماء في أقل فترة ممكنة.

اقترحنا لعملنا هذا 4 تركيبات بنسب مختلفة من الطين والرمل من ضمنهم التركيبة المرجعية المأخوذة من مصنع الاجور ببلدية بلدة عمر بتقرت. التركيبات موضحة في الجدول التالي:

الجدول[2-1]: يوضح نسب التركيبات المعتمدة في تصنيع الطوب.

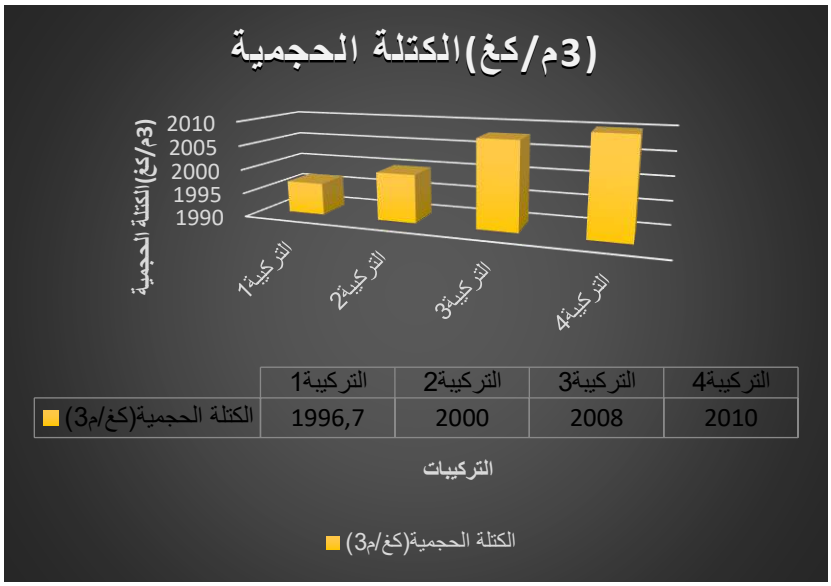
التركيبات	C1	C2	C3	C4
كمية الطين (%)	75	70	60	50
كمية الرمل (%)	25	30	40	50

ـ استعملنا الماء بنسبة تقارب 15%، وبعد ان جفت العينة لاحظنا بعض الإنكماشات التي تقدر ب (1 mm/cm).
قمنا بالتحضير وتصنيع العينات وتجفيفها في ورشة الحرفي السيد عبد الحميد أبي ميلود بتقرت. وبعد ان جفت تماما نقلنا العينات الى مركز البحث العلمي بجامعة ورقلة القطب الثالث واجرينا هنالك الاختبارات الحرارية، ثم توجهنا الى مخبر الاشغال العمومية بالجنوب (LTPS) في ورقلة لإجراء الاختبارات الميكانيكية.

3ـتحليل النتائج ومناقشتها:

3-1- الاختبارات الحرارية:

- ✓ **الكتلة الحجمية:**



الشكل[2-1]: يوضح نتائج تجربة الكتلة الحجمية.

ـ تحليل النتائج:

من خلال مخطط الاعمدة نلاحظ انّ القيم المتحصل عليها تتزايد نسبيا مع نسبة الرمل المستعملة في كل تركيبة، وهذا التزايد يعود الى عدة أسباب منها:

1- الكتلة الحجمية للرمل أكبر مقارنة بالكتلة الحجمية للطين.

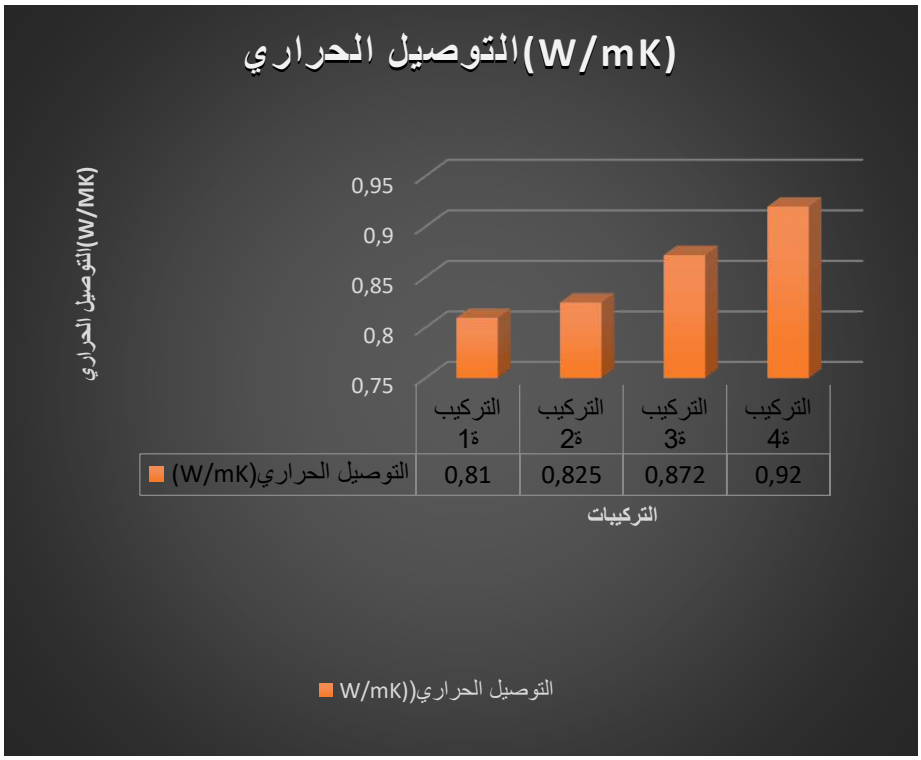
2- التغير في المسامية بسبب الزيادة في نسبة الرمل لان الرمل يمتص الماء بكميات كبيرة لاحتوائه على الفراغات.

نلاحظ انّ التركيبة 1 هي أقل قيمة والتركيبة 3 والتركيبة 4 يحملان قيم متقاربة وهي الأكبر بالنسبة للتركيبات الأخرى وذلك يدل على تزايد نسبة الرمل في العينتين ففي التركيبة 4 نسبة الرمل تتساوى نسبة الطين.

✓ **التوصيل الحراري:**

يجرى هذا الاختبار بجهاز قياس الاشعة المقطعية، الذي يهدف الى قياس التوصيل الحراري، استخدمنا مسبار حلقي للطاقة تقدر ب 0.509 W، وقمنا بوضع المسبار بين عينتين من نفس التركيبة وشغلنا الجهاز (الصورة موجودة في ملحق الصور التوضيحية).

الشكل التالي يوضح النتائج المتحصل عليها من الاختبار:

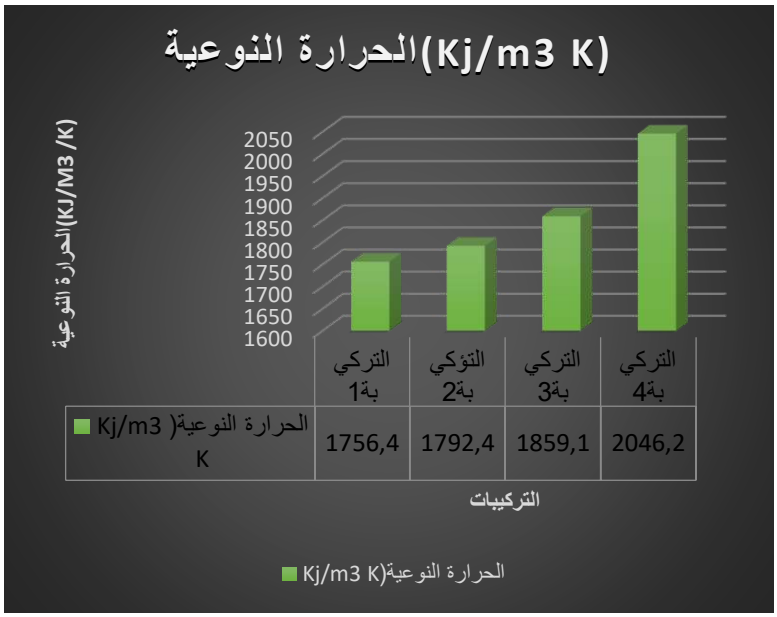


الشكل [2-2]: يوضح نتائج التوصيل الحراري.

ـ تحليل النتائج:

من خلال مخطط الاعمدة نلاحظ انّ القيم متباينة ومتزايدة، بسب نسب الرمل المتزايدة في كل تركيبة ما يؤكد لنا بانّ للرمل توصيل حراري جيد جدا. وبالمقارنة بين التركيبات الأربعة نلاحظ انّ هناك زيادة للتوصيل الحراري واضحة دلالة على نسبة الرمل في التركيبة ما يؤكّد لنا انّ للرمل توصيل حراري جيد جدا.

الحرارة النوعية:



الشكل[2-3]: يوضح نتائج اختبار الحرارة النوعية.

ـ تحليل النتائج:

من خلال النتائج التي يوضحها مخطط الاعمدة تبين أنّ الحرارة النوعية في تزايد وهي متناسبة طردا مع التوصيل الحراري فكلما زاد التوصيل الحراري زادت الحرارة النوعية.

✓ **المقاومة الحرارية:**

الشكل[2-4]: يوضح نتائج المقاومة الحرارية.

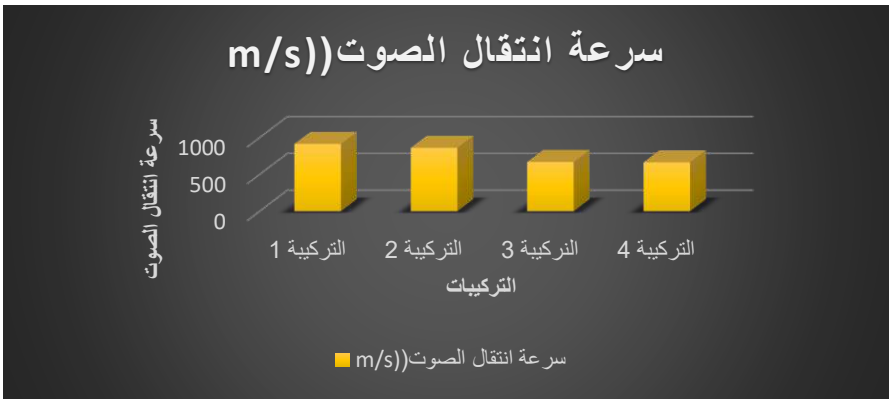
ـ تحليل النتائج:

من خلال النتائج الموضحة في مخطط الاعمدة نلاحظ أنّ المقاومة الحرارية في تناقص مستمر فهي تتناسب عكسا مع الحرارة النوعية والتوصيل الحراري. اعلى مقاومة حرارية سجلت عند التركيبة 1 التي تحتوي على اقل نسبة من الرمل في الخلطة، وتبدأ في التناقص كلما زادت نسبة الرمل لانّ للرمل توصيل حراري جيد جدا. فنعتبر التركيبة 1 سجلت أفضل نتيجة للمقاومة الحرارية.

2-3-الاختبارات الميكانيكية:

الانتقال الصوتي:

قمنا بهذا الاختبار في مخبر الاشغال العمومية بالجنوب في مدينة ورقلة (LTPS)، أخذنا العينة الواحدة من تركيبة ووضعناها قطبي جهاز الاشعة فوق الصوتية بالطريقة المباشرة على العينة بعد أن وضعنا مادة لزجة لتسهل العملية. وقام الجاز بإعطائنا مجموعة قيم ترجمناها على شكل أعمدة بيانية كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل[2-5]: يوضح نتائج اختبار انتقال الصوت.

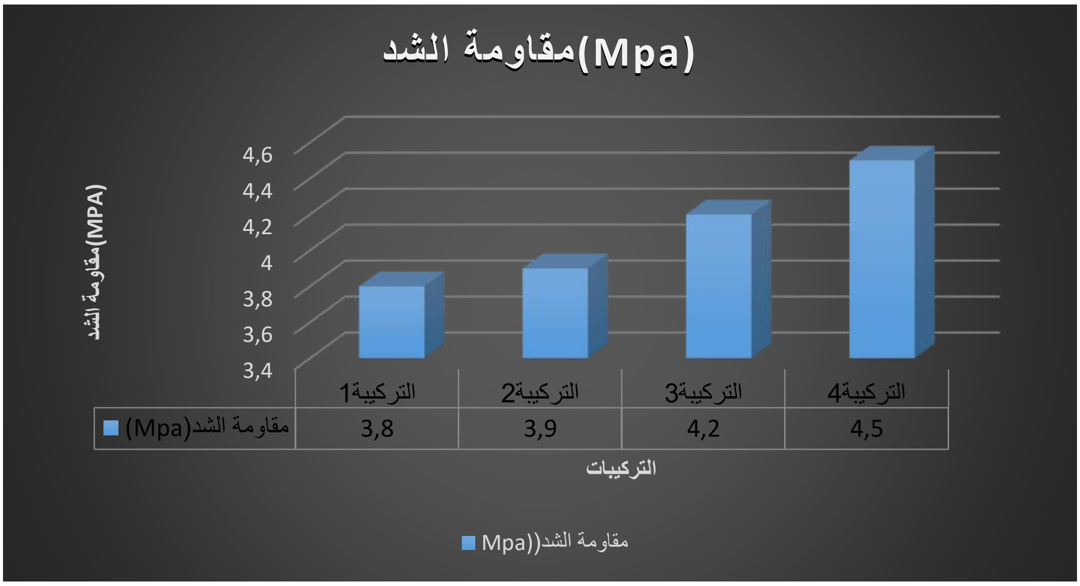
ـ تحليل النتائج:

من خلال النتائج التي يوضحها الشكل[2-5] نلاحظ انّ هناك تباين في القيم المتحصل عليها وسجلت أعلى قيمة في التركيبة 1أما أقل قيمة سجلت في التركيبة 4.

يعود هذا التباين في النتائج الى حجم الفرغات وكميتها الموجودة في كل عينة حسب ظروف القولبة وظروف عملية التجفيف التي قمنا بها وزيادة نسبة الرمل.

✓ **مقاومة شد الانحناء:**

$$Rf = 1.5 . Ff .L/b^3 \qquad (2\text{-}1)$$



الشكل[2-6]: يوضح نتائج تجربة شد الانحناء.

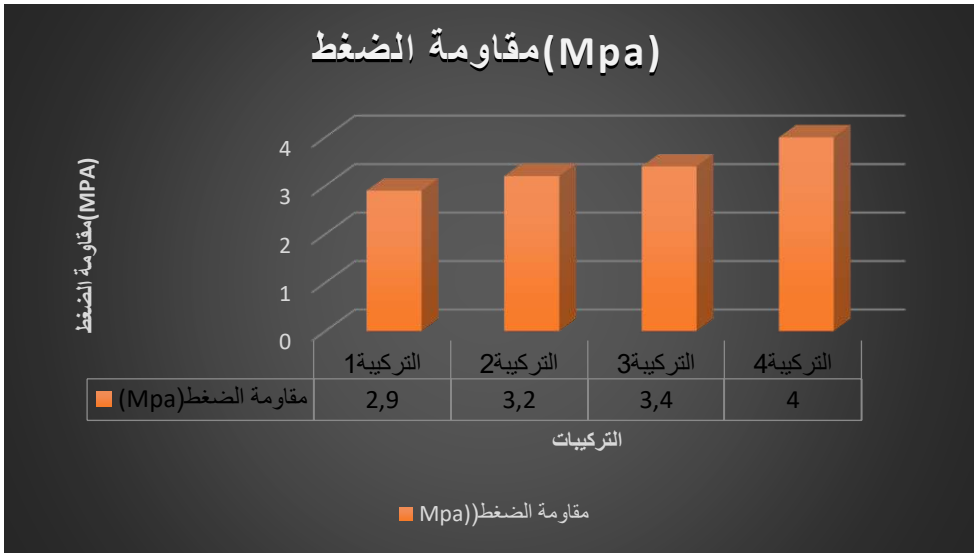
ـ تحليل النتائج:

من الخلال النتائج الممثلة في مخطط الاعمدة نلاحظ أنّ القيم في تزايد وأعلى نسبة سجلت عند التركيبة 4 بسبب عدم وجود الفراغات بعد التجفيف الجيد ما يزيد من مقاومة الطوب. في حين أنّ نتائج التركيبات الأخرى كانت ضعيفة مقارنة بالتركيبة 4، يمكننا القول أنّ الرمل أعطى للطوب تماسك جيد.

نستنتج أن نتائج تجربة مقاومة الشد مقبولة الى حد كبير بل نستطيع القول انّها جيدة نسبيا.

✓ **مقاومة قوة الضغط:**

$$Rc = Fc/ b^2 \quad \text{(2-2)}$$



الشكل[2-7]: يوضح نتائج تجربة الضغط.

ـ تحليل النتائج:

من خلال النتائج الموضحة في الشكل أعلاه نلاحظ أنّ هناك تباين قليل في النتائج ولكنها متقاربة جدا. سجلنا أكبر قيمة عند التركيبة 4 وأقل قيمة عند التركيبة 1 بفارق ضئيل بين جميع التركيبات.

نستنتج أن نتائج تجربة مقاومة الضغط مقبولة جدا بالنسبة للتركيبات التي قمنا بتصنيعها، فهي إذن ذات مقاومة جيدة ومقبولة للضغط بسبب زيادة نسبة الرمل الذي حسن مقاومة الضغط للطوب بالتقليل من وجود الفراغات.

الخلاصة:

قمنا في هذا الفصل بالاختبارات الحرارية والميكانيكية التي من خلالها نعرف سلوك وخصائص المواد التي صنعنا بها عينات الطوب الأرضي لنتمكن من التعامل معها في الوسط الذي أجريت به الدراسة.

من خلال الدراسة التجريبية للخصائص الحرارية والميكانيكية توصلنا الى الاستنتاجات التالية:

1)إضافة رمل الكثبان له تأثير على التوصيل الحراري والحرارة النوعية، لكنه يقلل من المقاومة الحرارية للطوب، فزيادة الرمل تعطينا توصيل حراري كبير جدا ما يجعل المقاومة الحرارية ضعيفة وعزل حراري ضعيف.

2)بالنسبة لمقاومة الضغط والانحناء كانت النتائج المتحصل عليها مقبولة بشكل كبير ما يؤكّد لنا حسن جودة الخصائص الحرارية للطوب بهذه التركيبات،

الخاتمة:

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو المساهمة في استخدام مادة محلية ذات خواص حرارية ممتازة، لهذا قمنا بتصنيع الطوب الترابي بمواد محلية (طين ورمل) وبعد إجراء سلسلة من الاختبارات الحرارية والميكانيكية على هذا الطوب استنتجنا ما يلي:

- الجزء النظري الذي يقدم لمحة عامة عن المواد الخام المستخدمة في تصنيع الطوب الأرضي وأنوعه والتقنيات المستعملة في صناعته.

- الجزء التجريبي يتكون من قسمين:

ـ القسم الأول مخصص لتقديم الخصائص العامة للمواد المستخدمة (طين + رمل + ماء).

ـ الرمال المستخدمة هي رمال كثبان المستخرجة من منطقة سيدي خويلد بورقلة والتي تتميز بما يلي:

1) معامل النعومة MF= 1.23.

2) حجم الجسيمات ضيق.

ـ الطين المستخدم هو طين مستخرج من منطقة بلدة عمر بتقرت يتميز بحجم جسيمي يحتوي على نسبة كبيرة من الطمي (65%)، وكتلة حجمية جافة قيمتها تعادل 1.49g/cm3. ومؤشر اللدونة يبلغ حوالي 31.95% وطبيعتها بلاستيكية.

ـماء الخلط هو ماء الصنبور من ورشة الحرفي أبي مولود في منطقة النزلة ولاية تقرت ذو ملوحة مقبولة.

ـ القسم الثاني خصص لدراسة مجموعة من التجارب أجريت على عينات من الطوب ذات التراكيب المختلفة (اختلاف نسب الطين والرمل):

- التركيبة 1 (75% طين،25% رمل).

- التركيبة 2 (70% طين، 30% رمل).

- التركيبة 3 (60% طيب، 40% رمل).

- التركيبة 4 (50% طين، 50% رمل).

التي تؤثر بدورها على الخصائص الحرارية والميكانيكية للطوب فكانت النتائج المتحصل عليها كالآتي:

ـ تؤدي الزيادة في نسبة الرمل الى تزايد في التوصيل الحراري والحرارة النوعية ما قلل من المقاومة الحرارية، تدبدب في سرعة انتقال الصوت، وتزايد في مقاومة شد الانحناء ومقاومة الضغط.

وبعد التجربة توصلنا الى النتيجة التالية:

1) إضافة رمل الكثبان بنسب كبيرة للطوب الترابي يقلل من المقاومة الحرارية، حيث أعطت التركيبة 4 (50% طين، 50% رمل) أكبر قيمة نتيجة الزيادة في نسبة الرمل لان لديه توصيل حراري جيد جدا.

2) أعطت كل التركيبات نتائج جيدة بالنسبة للتوصيل الحراري والحرارة النوعية في حين انّها تضافت بالنسبة للمقاومة الحرارية.

3) أعطت كل التركيبات أداء ميكانيكي مقبول في مقاومة شد الانحناء ومقاومة الضغط.

وكنتيجة لهذا العمل نتمنى أن نكون قد ساهمنا في تثمين المواد المحلية العامة والرمل والطين خاصة وذلك لتوفرهم بكثرة في الصحراء الجزائرية.

وفي الأخير نأمل أن نكون قد وفقنا في عملنا هذا الى حد ما، ونأمل أن يتواصل البحث في هذا المجال والاهتمام به.

في ضوء النتائج التي توصل اليها هذا البحث، وبهدف الاستخدام الفعال للمواد المحلية نوصي ب:

1) يساعد الاختبار الجيد لمواد البناء على تقليل درجات حرارة الهواء والسعة الحرارية المحيط داخل المبنى، وتعتمد تأثيراته الحرارية على خاصيتين هما المقاومة الحرارية.

2) دراسة تأثير إضافة مواد محلية أخرى او تغيير عملية التصنيع لزيادة قوة ضغط الطوب مع الحفاظ على الخواص الحرارية.

3) التشجير إلزامي في المنطقة الصحراوية للحد من تأثير الحرارة.

4) استخدام أجهزة الحماية المعمارية مثل السقف غير الشفاف، والغطاء، وقبة CTC.

5) تشجيع فكرة البناء باستخدام المواد المحلية بناءً على استراتيجية التصميم المناخي الحيوي.

قائمة المراجع:

[1]: د. مخرمش عبد السلام "الدراسة الحرارية للطوب الطيني المخصص للبناء في المناطق الصحراوية"، رسالة الدكتورة، جامعة ورقلة، 2017.

[2]: د. هشام شعيب "المساهمة في دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية للطوب الطيني المصنوع من الالياف المحلية (منطقة ورقلة)"، رسالة الدكتورة، جامعة ورقلة، 2017.

[3]: الاتحاد البلجيكي للطوب "صناعة الطوب"، WWW.briq.be.

[4]: د. مخرمش عبد السلام "المساهمة في دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية للطوب الطيني المستخدم في ترميم القصور الصحراوية"، رسالة ماجيستر، جامعة ورقلة، 2012.

[5]: جان جيلين، "التربة (الدعم، الأسس)"، 2010.

[6]: هوغو هربن، هوبير غيو، CRATerre، معاهدة البناء بالطين، مرسيليا،2006.

[7]: مواد الطين المحروق، "تقنية المهندس 1994".

[8]: KOMARA "مواد وعناصر البناء"، طباعة MIR، موسكو 1978.

[9]: ميشيل ديوف، الطين المحروق، دليل الاستخدام، ايرويلز 2007.

[10]: جيوفاني.ب، "الطوب: التصنيع والتقاليد البنائية"، طباعة ايرويلز2005.

[11]: بول غراهام ماكهينري، "المباني الطينية المضغوطة، التصميم والبناء، 1989".

[12]: ميرتل ستيدمان، ويلفريد ستيدمان، "عمارة الطين، صفحة الشمس، 1987".

[13]: بول غراهام ماكهينري، "منزل الطين الذي يبنيه صاحبه"، جامعة نيو ميكسيكو بريس، 2001.

[14]: كارين ويتينسكي، جوبي كار، "تفاصيل الطين: ناشر غيبس سميث"، 2002.

[15]: دفيد ايستون، سينثيا رايت، دفيد ايتون، "المنزل المضغوط من الطين: إعادة إكتشاف أقدم مادة بناء"، شركة تشيلسي جرين للنشر،1998.

[16]: مجموعة مذكرة تقنية، "البلاط والطوب الطيني"، طباعة مونيتور، باريس، 1994.

[17]: VENUATMM، "المنتجات السيليكوكلسية"، تقنية المهندس 1994.

[18]: E. OLIVER، "تقنية مواد البناء"، طباعة ISBN،1976.

[19]: بنجامي.ب، "مساعدة ـ مرجع معدات المباني"، دونودبومرداس1977.

[20]: إ. أوليفر، البناء، طباعة ISBN1974.

[21]: م. دورويز، جارامبيد، "معالجة جديدة لمواد البناء"، طباعة دونود، 1962.

[22]: OPMV، "صيانة وترميم واجهات المباني التقليدية في وادي ميزاب "،2011.

[23]: ر.ديليبيك، عناصر البناء "المباني"، طباعةديلاغراف1990.

[24]: مجموعة من المعايير الفرنسية، "البناء، البناء بالطوب"، AFNOR 1984.

[25]: ه.رينوا، "الجدران والاعمدة والارضيات"، إيرويلز،2002.

[26]: ه.جيلو، CRATerre، المركز الدولي للبناء بالطين، مدرسة المهندسين المعماريين في غرونوبل، موسوعة البناء، المجلد 2، وايك1997.

[27]: شريتوف ـ زيجت، بناء بالتربة الطبيعية: بناء، ترميم، تشطيب، مونيتور2006.

تييري[28]: بن حليلو.ك، "تأثير النباتات المتسلقة على الراحة الحرارية والرطوبية في الصيف للمباني": دراسة حالة المناخ شبه جاف، رسالة ماجيستر، جامعة قسنطينة، 2008.

[29]:" كتل الطين المضغوطة"، المجلد 1: دليل CRATerre، وفنسنت ريغاسي EAG، الإنتاج فيدريش فيويجوشون، مارس2011.

[30]: EAG، CRATerre، هوبير غيو، تييري جوفروي، باسكال أودول، كتل الطين المضغوطة، المجلد 2: دليل التصميم والبناء، فيدريش فيويج وشون، مارس2011.

ملحق الصور التوضيحية:

صور توضيحية لطريقة تصنيع عينات الطوب تجفيفها:

الصورة[1]: الطين المغمور في الماء.

الصورة [2]: صورة خلط التراكيب.

الصورة[3]: صنبور الماء

الصورة[4]: عجن الخليط

الصورة[5]: قولبة الطوب

الصورة[6]: تجفيف العينات.

الصورة[7]: العينات بعد التجفيف.

صور توضيحية للاعمال المخبرية بمخبر الاشغال العمومية بالجنوب في مدينة ورقلة:

الصورة[7]: الكتلة الحجمية الظاهرية.

الصورة[8]: ظهور الشعاع لتجربة ازرق الميثيلين.

الصورة[9]: ميزان

الصورة[10]: تجربة ازرق الميثلين.

الصورة[11]: جهاز كازاقروند

الصورة [12]: الكتلة الحجمية المطلقة.

بعض الصور التوضيحية للتجارب الحرارية والميكانيكية:

الصورة[13]: تجربة سرعة انتشار الصوت.

الصور[14]: تجربة انتقال الحراري.

الصورة[15]: جهاز السلك الساخن.

الصورة [16]: تجربة مقاومة شد الانحناء.

الصورة[17]: تجربة مقاومة الضغط