

توفير السكن الصحي البيئي - رخيص الكلفة يلبي متطلبات اقتصاد البناء والتنمية
المستدامة

Provision of Affordable, Environmentally Healthy Housing to
Meet the Requirements of Construction Economy and Sustainable
Development

ثابت سالم العزب¹
thabtalazab@gamil.com جامعة عدن , اليمن¹

Date de soumission : 13/10/2024 Acceptation : 14/11/2024 Publication : 31/12/2024

Abstract:

The low-cost eco-friendly house has become an urgent necessity. Consequently, a comparative study on construction economics was conducted, revealing that earthen houses are the most cost-effective and environmentally compatible. These houses are considered green buildings that promote sustainability and development. Yemeni civilization has been described as a "civilization of clay," as the Yemeni people have, since ancient times, mastered the use of their land's soil, crafting magnificent and artistic mudbrick structures that reflect their creativity and ingenuity. The traditional Yemeni expertise in earthen construction is among the most significant worldwide, given its deep-rooted cultural and historical knowledge accumulated over centuries.

As a comprehensive traditional system, the earthen house is built from a natural, healthy material that significantly conserves energy, making it a suitable and comfortable dwelling adapted to human nature and environmental conditions. Earthen architecture, with its deep historical roots, has established its unique characteristics and highlighted the importance of this simple yet essential construction material. It is eco-friendly, abundant across the Earth's surface, and seamlessly integrates into the environment, being both formed from and decomposed back into it.

Clay is an energy-efficient material. While one cubic meter of concrete requires 500 kW of energy, clay requires only 1% of that amount. Furthermore, clay is dried using solar energy, making it energy-efficient in both production and use. Earthen houses provide economic advantages due to their poor thermal conductivity, ensuring comfortable thermal insulation suitable for the human body.

Yemen is rich in vast and diverse natural resources, reflecting the variety of its geographical location and climate. Its population is steadily growing, with individuals under 15 years old comprising 49% of the total population. Studies indicate a continuous increase in population despite ongoing local conflicts. As a result, reducing the cost of living has become a necessity, particularly regarding housing as a fundamental aspect of life.

Earthen buildings are the most environmentally adaptable and the healthiest for human habitation. No other construction material is as compatible with human well-being as clay. It is inexpensive, widely available, easy to extract and use, energy-efficient, and highly durable. As a green, sustainable material, it accommodates the environmental and climatic conditions of every geographical region in Yemen. Examining these models demonstrates the Yemeni people's ability to harness and adapt natural elements to meet their needs.

Reducing the cost of earthen housing units is now a crucial issue in making soil-based housing more affordable. A comparative study was conducted between earthen walls and other types of walls, such as cement blocks, stone, and fired bricks, to evaluate their economic viability.

Keywords: Low cost, earthen house, cost comparison, construction economics.

المخلص:

البيت البيئي رخيص الكلفة اضحى مطلباً ملحا، ومنه قد تمت دراسة مقارنة لاقتصاد البناء وتوصلت الدراسة الى ان البيت الطيني هو البيت الأقل كلفة والأكثر تناسبا مع الظروف البيئية والمناخية بل يعد من المباني الخضراء التي تعزز الاستدامة والتنمية، وقد وصفت الحضارة اليمنية بأنها حضارة الطين، ذلك أن الإنسان اليمني استطاع ومنذ القدم أن يستغل ويتكيف مع تراب أرضه في آيات وروائع من فنون العمارة الطينية الجميلة، التي تجسد قدرته على الخلق والإبداع، إن خبرة اليمنيين في مجال البناء بالطين بالأسلوب التقليدي تعد من أهم الخبرات العالمية نظرا للمخزون الثقافي والحضاري وتراكم الخبرات عبر القرون و باعتبار البيت الطيني - نظاما تقليديا متكاملا كونه مبني من مادة صحية ذات وفر عظيم للطاقة، لتجعل منه سكنا لائقا يتناسب مع طبيعة الإنسان وظروف بيئته، إن العمارة الطينية الضاربة بجذورها في عمق التاريخ البشري قد حددت في الواقع تلك الخصائص وأبرزت الأهمية لهذه المادة البنائية البسيطة والهامة وهي بيئية ومتوفرة على طول وعرض القشرة الأرضية تنشأ منها وتقوم عليها وتتحلل فيها، والطين موفر

للطاقة فإذا كلف المتر المكعب من الخرسانة (KW 500) من الطاقة فإن الطين لا يكلف إلا (1%) من تلك الطاقة وتستخدم الطاقة الشمسية لتجفيفه من الماء فلذا نجده موفر للطاقة في الإنتاج والاستخدام كون البيت الطيني رديء التوصيل للحرارة وموفر اقتصاديا لتوفيره للراحة الحرارية المتناسبة مع جسم الانسان.

تكتنز اليمن بثروات طبيعية هائلة ومتنوعة كتنوع موقعها وظروفها المناخية، ويزداد تعداد سكانها حيث يصل عدد السكان أقل من 15 سنة إلى 49% من جملة السكان وتشير الدراسات الى الازدياد المضطرد لعدد السكان بالرغم من تواصل الحروب المحلية منذ سنوات، وعليه فان خفض تكاليف الحياة أضحت مسألة حتمية ولاسيما المسكن كأهم عنصر اساسي للحياة، ان المباني الطينية هي الأكثر تكيفا مع البيئة والأكثر تناسبا مع صحة جسم الإنسان، حيث لا توجد أية مادة بنائية صالحة لجسم الإنسان كمادة الطين، والطين رخيص الكلفة متوفر في كل مكان سهل الاستخراج وسهل الاستخدام وموفر للطاقة وذات ديمومة عالية وهو من المواد الخضراء ذات التنمية المستدامة، الذي يستوعب الظروف البيئية والمناخية لكل منطقة جغرافية في اليمن، وعند دراسة تلك النماذج يتضح جليا مدى قدرة الإنسان اليمني على تطويع عوامل الطبيعة وقهرها من خلال استخدام موادها الطبيعية لتلبية راحته، إن تخفيض كلفة وحدات البناء الطينية يعد الآن مسألة مهمة لتخفيض كلفة السكن المصنوع من التربة كمادة بناء وقد تم عمل دراسة مقارنة بين الجدران الطينية والجدران الأخرى مثل: البلك الاسمنتي، الحجر، الطوب المحروق وغيرها.

الكلمات المفتاحية: رخص الكلفة، المنزل الطين، مقارنة الكلفة، اقتصاديات البناء

1. المقدمة:

1.1 أهمية التربة كمادة بناء أساسية: يعتبر البحث العلمي الوسيلة المثلى نحو بلوغ الأهداف ومن أهم الوسائل الناجحة في التطور والتقدم في مختلف المجالات بما في ذلك مجال البناء الاقتصادي والتنمية المستدامة، وبدونه لن يحدث النهوض نحو بناء الأمة ونجاحها، اذ قال تعالى "يرفع الله الذين آمنوا منكم والذين اوتوا العلم درجات، والله بما تعملون خبير" صدق الله العظيم. (المجادلة 11) ويعد السكن مطلباً هاماً لتحقيق السلم والأمن الاجتماعي حيث يكمن ذلك في وجود الغذاء (الزراعة) والسكن (البيت) ولقد تم اختيار التربة الطينية (Soil) نظرا لخصائصها البيئية المتناسبة مع الحياة الطبيعية للإنسان وكونه رخيص الكلفة ومتوفرا في كل مكان كما تعد التربة الطينية أساس الامن الغذائي في كل دول العالم الطين الذي يجعل كل مواد البناء جانبا لأهميته: AL_2O_3 , $2SiO_2$, $2H_2O$ كما تعد تلك العمارة امتداد للأرض نحو السماء كما يقول يحي وزيري ولعل ما جسده من تحف معمارية وقصور فخمة إلا نتاج للإحساس بالجمال والشعور الروحاني بالاستئناس والسكينة إليه، إن ماضي أي أمة هو تراثها وحضارتها وأي انقطاع للماضي يؤثر بالسلب على الحاضر والمستقبل [1] إن خبرة اليمنيين في مجال البناء بالطين بالأسلوب التقليدي تعد من أهم الخبرات العالمية نظرا للمخزون الثقافي والحضاري وتراكم تلك الخبرات عبر القرون [4] .

إن العمارة الطينية الضاربة بجذورها في عمق التاريخ البشري قد حددت في الواقع تلك الخصائص وأبرزت الأهمية لهذه المادة البنائية البسيطة والهامة وهي بيئية ومتوفرة على طول وعرض القشرة الأرضية تنشأ منها وتقوم عليها وتتحلل فيها، والطين موفر للطاقة فإذا كلف المتر المكعب من الخرسانة (500) KW من الطاقة فإن الطين لا يكلف إلا (1%) من تلك الطاقة وتستخدم الطاقة الشمسية لتجفيفه من الماء فلذا نجده



موفر للطاقة في طريقة تصنيع مواد البناء وكذلك في عزله الحراري إذ يوفر حوالي 40% من استهلاك الطاقة في التكييف [3]

شكل 1 – المباني الطينية في حضرموت تعد انموذجا رائعا لكل المباني الطينية بالعالم صناعة وتنفيذا

1.2. إشكاليات البحث:

لقد اضحى اقتصاد البناء أساس الاعمار والتنمية وتعد التربة (Soil) أساس الصناعات المختلفة – صناعة مواد البناء والصناعات التكميلية الأخرى – حيث تعد صناعة مواد البناء واحدة من أهم المشاكل الوطنية ذات المنحى الاقتصادي للجمهورية اليمنية في الوقت الراهن حيث تعتبر المشكلة الاسكانية هي المشكلة الأكثر إلحاحا وأهمية، نظرا لتزايد عدد السكان المستمر، حيث تكمن المشكلة في التالي: عدم وجود القاعدة التكنولوجية لمواد البناء الصناعية المتطورة، قلة الوسائل التكنولوجية الحديثة في مجال البناء والتشييد، شحة الكادر المؤهل ولاسيما في مجال استخدامات التربة كمادة بناء محلية، غياب البحث العلمي الجاد، وعدم وجود قاعدة علمية في الجوانب النظرية والعملية والتي تتطلب ضرورة البحث العلمي المتكامل في ايجاد حلول لتلك المشاكل الاسكانية في الجمهورية اليمنية، مع الاخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية، وتوفر المواد الخام المحلية والعادات والتقاليد الراسخة في المجتمع في مجال البناء والتشييد، لا توجد سبل مقارنة بين المباني من حيث الكلفة والخصائص والتنمية المستدامة فلذا عمليا لا توجد قاعدة بيانات يتم الاستناد اليها عند اجراء المقارنة الاقتصادية في مجال الاعمار، ناعيك عن حصر المواد الخام المتوفرة في مواقع الانشاء واحتساب كلفة النقل بناء على المسافات المنقول منه

1.3 هدف البحث: يهدف البحث إلى تحقيق الاقتصاد للمنشآت ولاسيما السكنية فيعد حجر الأساس في اختيار

السكن الرخيص والأمن والبيئي – المتناسب مع الظروف المناخية والبيئية والذي يوفر الراحة الحرارية المطلوبة للسكان.

1.4 منهجية البحث: أعتمد البحث على الدراسة النظرية والتطبيقية ودراسة مقارنة بين عدة مواد بناء شائعة

ومستخدمة في كثير من بلدان العالم وقد تم عمل دراسة مقارنة بين العديد من الجدران مختلفة التكوين وقد تم التركيز على المواد المحلية والمتوفرة والرخيصة.

2. الفرص الاستثمارية في مجال صناعة مواد البناء منخفضة الطاقة.

2.1 الحالة الراهنة لصناعة مواد البناء محلية المنشأ:

تفتقد اليمن الى قاعدة صناعية و انتاجية في مجال صناعة مواد البناء المحلية، مما أدى ذلك الى فتح باب الاستيراد الواسع الذي ساعد على اهمال استخدام الموارد الطبيعية ذات الأهمية الكبيرة في بناء الاقتصاد الوطني عدا مصانع الاسمنت الوطنية التي تشكل أساس عملية البناء في الجمهورية اليمنية وتحديد جانب مهم من الخبرات المحلية في استخدام مواد البناء محلية المنشأ، تلك المواد التي تشكل عصب الحياة المتناسبة مع الظروف المناخية والبيئية والحياتية للإنسان في اليمن، بل وفتح مجالات واسعة للاستيراد لمواد لا تتناسب مع الظروف المناخية والبيئية، مما يسبب مشكلات اقتصادية معقدة حيث تضر بالاقتصاد الوطني كهدر للموارد الوطنية والسيولة النقدية، وفي هذه الدراسة سيتم التركيز على الفرص الاستثمارية الممكنة في مجال صناعة مواد البناء المحلية المتناسبة مع الظروف المناخية والبيئية وأهم تلك الفرص: استخراج وصناعة مواد البناء محلية المنشأ مثل: انتاج الطوب الطيني المجفف تحت أشعة الشمس، استخراج أحجار البناء الطبيعية، صناعة الطوب الرملي الجيري والطوب الرملي الطيني، صناعة الطوب المضغوط المثبت بالإسمنت والجدران المدكوك، صناعة الخرسانة الخضراء لمباني خضراء مستدامة، حيث توجد دراسات وتجارب عملية وأبحاث علمية أثبتت إمكانية صناعة تلك المواد والتي اظهرت نتائجها الجودة العالية لتلك المواد المراد تصنيعها، وعلى الدولة تسهيل اجراءات الاستثمار وسن القوانين والتشريعات الكفيلة باستغلال ثرواتنا الطبيعية لإنشاء قاعدة انتاجية تستوعب حركة البناء والمقاولات المتسارعة واعادة الاعمار لما سببته الحروب والصراعات .

3.1 خامات مواد البناء المتوفرة محليا:

في إطار التوجه الوطني والعالمي صوب الاستدامة فان مواد البناء المحلية تعد المرتكز الأقوى لتسهم العمارة بوصفها عنصرا فاعلا في التنمية المستدامة، وذلك من خلال تأصيل مفهوم العمارة الخضراء وتوفير موادها في متناول المستهلك، وتؤكد أهمية هذا الاسهام من خلال استغلال الثروات والموارد الطبيعية لا سيما إذا كانت منطقة الدراسة كاليمن لاتزال ارضا بكر وتحتاج لمزيد من الدراسة والاهتمام باستغلال تلك الموارد الطبيعية والثروات الكبيرة في مجال صناعة مواد البناء وبما يتناسب مع خصائص المواد الخام المراد استغلالها والاستفادة من خصوصيتها المحلية وأخذ الظروف الطبيعية بعين الاعتبار، في ضوء المقومات الاقتصادية المتاحة كما تمثل تكاليف التشييد للمباني المستدامة حدا أساسيا في تلك المنظومة فقد وجهت الدراسة العلمية الحالية نحو تناول استخدام مادة التربة الطينية كمادة خام أساسية لصناعة مواد البناء ومحاولة تطوير تناولها كخطوة داعمة لاستدامة بيئة الدراسة، من خلل إمكانية استخدامها بشكل فعال في بناء قاعدة إنتاجية لصناعة مواد البناء المحلية وتوفيرها في متناول المستهلك.

2. 3 خفض استهلاك الطاقة باستخدام مواد بناء محلية لخلق بيئة مستدامة:

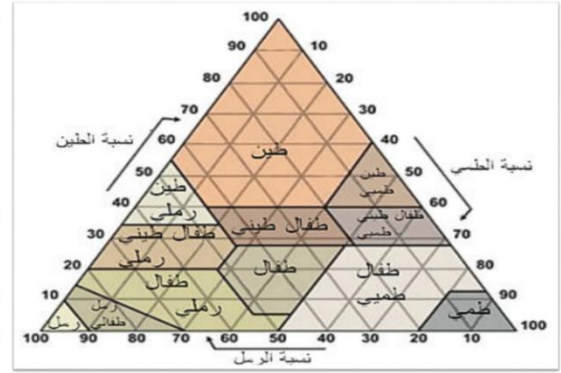
الأرض اليمنية حبلى بالموارد غير المستغلة وهي غنية بثرواتها الطبيعية المختلفة وأهمها الثروات المعدنية حيث تعد معادن التربة من أهم الموارد الطبيعية التي تشمل على العديد من الصناعات والتي

تتوفر موادها الخام بكميات تجارية تكفي لإقامة مصانع لمختلف أنواع مواد البناء، مثل صناعة الطوب بأنواعه، صناعة القرميد صناعة البلاستيك، صناعة الألمنيوم، صناعة مواسير المجاري، صناعة الرخام والسيراميك، صناعة الزجاج، صناعة الحديد، صناعة الطلاء الخ. لقد حصرت هيئة الاستكشافات النفطية الكثير من المواقع الاستثمارية والثروات المصانة في باطن الأرض وأظهر المخزون حيث تعد اليمن ظاهريا من الدول الفقيرة نظرا لعدم استغلال تلك الموارد واستثمارها لكن حينما يحين وقت الاستثمار فان اليمن ستكون من أغنى بلدان الجزيرة العربية، نظرا لتنوع تضاريسها ومناخها ومواردها ففيها المناخ البارد والمعتدل والحر وفيها السهل والجبل والصحراء والبحر وفيها كل أنواع الثراء غير المستغل وتعد ارض بكر تختزن فيباطنها كل أنواع الثروات الطبيعية الغالية والنفيسة.

مثلث لتحديد خصائص التربة الأساسية: حيث تتكون التربة من الرمل والغضار والطين، وتمثل نسبة الرمل – Sand حوالي 50% بينما الطين Clay حوالي 15% والغضار الرابط.



خارطة الجمهورية اليمنية المحافظات المدروسة



شكل - 2. خصائص التربة الأساسية (The basic characteristics of the)

Soil

3. نماذج مقارنة لمواد البناء محلية المنشأ ببنية ورخيصة الكلفة:

1.3 الطين المضغوط المثبت بالإسمنت:

تقدم العمارة الطينية نفسها بقوة كأحد أهم الحلول لمشكلة الإسكان والتنمية المستدامة في عالمنا المعاصر، وأحد أهم الجوانب التطبيقية لربط التراث العمراني مع الحياة المعاصرة. وأحد أفضل المداخل لحل معضلة الإسكان، والتخفيف من مشكلات تصنيع مواد البناء [5]، 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 وإمكانات فنية قابلة للتوارث والتفاعل والتطبيق في مجتمعاتنا وخاصة الريفية منها.



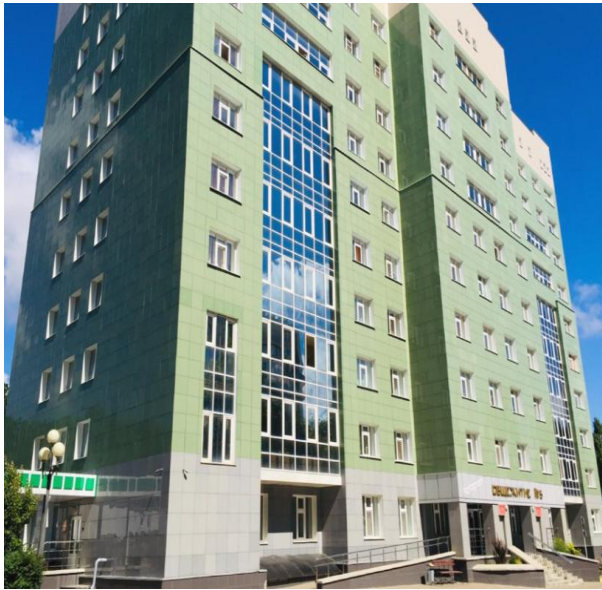


شكل - 3. الطوب المضغوط المثبت بالإسمنت بنسبة (6%) تجربة ناجحة للباحث تحت اشراف د. علوي جعفر زين - ومن اهم خصائص هذا الطوب بانه لا يتأثر بالماء مطلقا وان غمر.

2.3 صناعة الطوب الرملي الجيري: تشكل مواد البناء عصب الحياة للمشاريع السكنية والاقتصادية في كل بقاع العالم، كما تمثل المواد البيئية المتوفرة محليا، أساسا مهما لإنشاء المباني الخضراء التي تؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة، الاسمنت البوزولاني، البناء بالطين، استخدام الركام البركاني - حجر الهشاش أو ما يسمى (البوز ولانا الطبيعية)، تكامل مكونات المباني لخلق الراحة الحرارية ولاسيما المصنوعة من مواد محلية، إن تلك المواد لا تعمل فقط على خفض استهلاك الطاقة وتقليل الأثر البيئي، ولكنها أيضاً تقلل من تكاليف الإنشاء وتكاليف الصيانة، وخلق بيئة عمل سارة ومريحة، فالخرسانة الخضراء، الجير والبوزولانا، مواد البناء التكاملية لإنشاء مباني متجانسة مع البيئة والمناخ.



الطوب الرملي الجيري الملون - روسيا الاتحادية مدينة بالجراد الروسية (مبنى مكون من 9 ادوار) من دون اعمدة



شكل - 4. الطوب الرملي الجيري - وامكانية صناعة الطوب الرملي الجيري في اليمن - حيث يشكل نسبة 90% رمل ولاسيما رمل الرجاء و10% جير (نورة) وقد تم دراسة ذلك من قبل الباحث في مختبرات روسيا الاتحادية - ومختبرات كلية الهندسة جامعة عدن - وكانت النتائج ايجابية.

مواد خام الطوب الرملي الجيري: (Sand Lime Bricks)

وهو مصنوع من الرمل الكوارتز (SiO_2 - Sand) بنسبة 90% وجير هيدروكسيد الكالسيوم (Ca(OH)_2) والتي تسمى محليا (نورة) بنسبة 10% حيث يتم صناعة الطوب الرملي بطريقة خلط الرمل مع النورة المائية بنسب 9/1 مع اضافة الماء وبعد عملية الخلط يتم الضغط مع الخلطة اوتوكلاف من خلال بخار الماء الساخن في غرف خاصة عند درجة حرارة تصل الى 200 درجة وضغط جوي من 8 - 12 وهذا ينتج الطوب الرملي الابيض، والطوب الرملي الملون يتم اضافة مادة التلوين المناسبة للزبون ويستخدم لأسطح الأوجه في جدران المباني [8].

مقاسات الطوب الرملي: الطول المعتمد 250مم، والعرض 120مم، والسماكة ممكن تكون 65مم أو 88مم، وربما يصل الى 138x120x250 مم، الطوب الرملي الجيري بمقاس 88x120x250 مم - وهذه المواصفات للمباني الكبيرة التي تتطلب وجود عزل حراري وقوة كسر أكبر فتكون ذات سماكة أكبر، والطوب المجوف منه يعد تقليل لمواد التصنيع، زيادة في العزل، خفيف في الوزن وسهولة في البناء. ويمكن تصنيع الطوب الرملي بحسب المقاسات المطلوبة الطوب الصم ويتم استخدامه للجدران الحاملة التي ممكن تصل الى تسعة ادوار بدون أعمدة والطوب الخفيف (المفرغ) لقواطع الجدران والجدران غير الحاملة والحواجز (المردات) وما شابهها، فالطوب الرملي مثلا في روسيا يستخدم للمئة السنة الثانية بعد المئة في بناء العمارات والمباني المختلفة

3.4 الطوب الأحمر المحروق – Red Bricks

ان التربة في اليمن تعد من أجود أنواع التربة في مجال صناعة الطوب الأحمر والطوب الرملي والطوب (الاوٹوکلاف) والطوب المضغوط المثبت بالإسمنت، وتتكون التربة من مركبات نشطة، يمكن نشاطها في عمليات تجفيف – خلطاتها المتكونة من التربة والإسمنت والمتعلقة في خواص التربة – الكيميائية ومكوناتها المعدنية – تلك الخواص التي تؤثر مباشرة بالتسريع أو الإبطاء في فترة التجفيف، فقد تم إجراء تجارب على نشاط تفاعل التربة المستخدمة في البناء والمأخوذة من محافر مختلفة للتربة في اليمن وتفاعلها مع أكسيد الكالسيوم، وكانت النتائج مشجعة جداً بأن التربة متفاعلة مع المواد الكيميائية مثل الإسمنت والجير(النورة).



شكل – 5. الطوب الأحمر – Red Bricks قد شكل صناعة متقدمة لمواد البناء محلية المنشأ من خلال وجود مصانع متطورة في مدنا اليمنية (عدن، ولحج، وصنعاء، وحضرموت).

ولهذا سيتم في هذه الدراسة التحليلية استعراض إمكانية الفرص الاستثمارية الممكنة وهي فرص كبيرة وواسعة لاسيما وان اليمن ارض بكر لم يتم استغلال ثرواتها في مجال البناء والمقاولات، ولاتزال الفرص سانحة للمستثمرين الجادين خاصة وان صناعة مواد البناء المحلية تعد من أهم الصناعات الوطنية لبناء الاقتصاد الوطني، ومن المهم الإشادة بأن القطاع الخاص لعب دورا بارزا في استغلال الفرص الاستثمارية في شتى مجالات الحياة، ولكنها لاتزال في خطواتها الأولى فيما يخص الاستثمار في مجال صناعة مواد البناء والمقاولات، فاليمن بحاجة الى تأهيل وتدريب الكادر وتعزيز دور البحث العلمي للتنمية الاقتصادية وانشاء قاعدة إنتاجية تشمل مختلف الصناعات في مجال مواد البناء.

4.4 الطوب التقليدي المجفف تحت اشعة الشمس – Adobe

الطين هو جزء من التربة – ويتكون أساسا من معادن طينية مختلفة منها (كاؤلونيت، مونتومورلونيت، فليسبار، وأكاسيد أخرى)، ويرمز كيميائيا: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ومن خواصه الطبيعية

– اللزوجة عند إضافة الماء إليه لتشكيل خليط مرن وبالمفاهيم التكنولوجية – الأطنان تسمى – أنواع الأطنان الصخرية، تحتفظ بشكلها عند الجفاف، معطية قوة، متماسكة نوعاً ما بعد الجفاف، وبعد الحرق تزداد قوتها – معطية خصائص أحجار البناء، ويتكون الطين من رقائق دقيقة جداً ذات خاصية بلاستيكية عالية، والرمل يتكون من جزيئات كبيرة غير متلاحمة وله احتكاك داخلي عال، أما الغرين يكون وسطاً بين الطين والرمل ويعتبر مادة رابطة لهما [7].



شكل – 6 تخمر الطين لفترة 24 ساعة لتشرب الرقائق الطينية وتلينها.

لرفع فعالية تلك المواد المركبة على أساس التربة الطينية يتم إضافة الألياف النباتية، وخاصة التبن والهدى (الأثل)، لقد استخدم ذلك بالأسلوب التقليدي منذ زمن بعيد تقريباً للـ 1م3 من التربة الطينية تضاف 20 – 25 كجم والتي تمثل حوالي 1.5 % من وزن التربة الجافة، وكانت القاعدة العلمية لكمية المادة المضافة غير متوفرة بقدر اعتمادهم على الخبرة العملية المتوارثة دون أي تحليل علمي، وما تزال هذه الطريقة التقليدية هي السائدة منذ آلاف السنين إلى يومنا هذا.

يهدف البحث إلى الوصول إلى القوة الفيزيائية – ميكانيكية المثلى لطبيعة الانتلاف على أساس التربة الطينية لمختلف مواقع الطين في اليمن، حيث تم جدول – 1. طرق إضافة المادة المثبتة (التبن والهدى)

نسبة الهدى المضاف من وزن التربة الجافة %	الطريقة ١ -			الطريقة ٢ -			معامل التوصيل الحراري Bt/(m.K)
	قوة الكسر عند الضغط MPa	قوة الكسر عند الانحناء MPa	متوسط الكثافة kg/m³	قوة الكسر عند الضغط MPa	قوة الكسر عند الانحناء MPa	متوسط الكثافة kg/m³	
0,5	9,23	2,55	1950	9,74	2,70	1870	0,32
1,0	7,91	2,8	1910	8,84	2,85	1815	0,31
1,5	7,91	2,82	1860	8,30	2,87	1795	0,30

استخدام طريقتين لإنتاج الطوب بتقييس المادة المضافة إلى نسب 0,5، 1,0، 1,5% من وزن الطين الجاف [8]، وتمثل الطريقة الأولى بمزج الطين والماء وإضافة المادة المثبتة ثم يترك 24 ساعة يتخمّر، وبعدها يتم الخلط حتى الوصول إلى التجانس التام، ثم تتم القوالب للمكعبات الطينية، إما الطريقة الثانية يتم تخمير الطين والماء فقط لفترة 24 ساعة وبعدها تضاف المادة

نسبة التبن المضاف من وزن التربة الجافة %	الطريقة ١ -			الطريقة ٢ -			معامل التوصيل الحراري Bt/(m.K)
	قوة الكسر عند الضغط MPa	قوة الكسر عند الانحناء MPa	متوسط الكثافة kg/m³	قوة الكسر عند الضغط MPa	قوة الكسر عند الانحناء MPa	متوسط الكثافة kg/m³	
0,5	3,52	3,05	1760	4,31	3,28	1810	0,32
1,0	3,56	3,16	1710	5,1	3,52	1710	0,29
1,5	4,54	3,28	1690	4,6	3,10	1700	0,28

المثبتة ويتم الخلط حتى الوصول إلى التجانس التام، ثم تتم قوالب المكعبات مباشرة، وبعد الانتهاء يتم التجفيف

في لفترة 28 يوما.

ومن خلال الفحوصات المجهرية يتضح أن التربة في اليمن والألياف ذات المنشأ الزراعي (التبن) تصلح كمادة مثبتة بل هي فعالة من خلال رفع كفاءة الجدران الطينية للمباني السكنية والعامة، ومن خلالها يتم المحافظة على التجربة البنائية المحلية والأسلوب المعماري المتوارث في الجمهورية اليمنية، وعلى فان التلاصق يتم بين التربة ومادة السيلولوز في مكونات التبن أو الهدي (الأثل)، حيث تنشأ بينهما قوة التصاق كبيرة، ومن خلال الكسر للمكعبات المصنوعة بنسب مختلفة اتضح أن نسبة 0,5% من وزن التربة الجافة كافية للطوب الخاص بالجدران، إما الطوب التسقيف والكرنيسات فيحبذ أن تكون النسبة ما بين 1 – 1,5%. وقد تم اعداد تصاميم حضرية لبناء مركز العمارة الطينية في محافظة حضرموت كما هو بالشكل ادناه شكل (7) وقد تم استغلال المواد المحلية في تشكيل العمارة وبالطرق التقليدية.

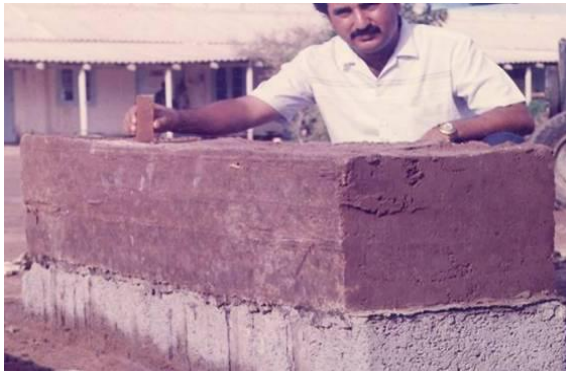


شكل – 7. مركز العمارة المنجز منذ عشرات السنين ولم يستغل الى يومنا هذا.

5.4 صناعة الجدران المدكوكة والمثبتة بالإسمنت بنسبة 3% أو بالقش (على ان يكون الخلط يدويا):

بعد تنفيذ الأساس (من الحجر او الخرسانة) بحيث يتم رفع الكرسي كحد أدنى 75 سم عن مستوى سطح الارض ثم يتم تنفيذ طبقة عازلة، ثم طبقة من الأجر كحماية للعزل وتوزيع حمولة الجدران الطينية، وبعده يتم تركيب الفرمات بحسب مسقط الجدران للدور الأرضي – حيث يتم استخدام أليات الخرسانة في التنفيذ.

اما بالنسبة لاستخدام التبن او الاثل كمادة مثبتة حيث يتم تحضير التربة ومزجها مع الماء لفرض التخمر ثم تركها يوما كاملا ليتخمر الطين مع الماء والقش، ثم تخلط المواد بالأقدام والايدي ويمكن استخدام الاحذية الخشبية او الاقدام ويمكن ايضا استخدام حيوانات في عملية الخلط، وكذا استخدام الخلط الآلي



سيكون له فائدة أكبر، ويعتمد نسب الطين والقش على مواصفات الطين فالطين الدسم يحتاج الى قصب أكثر مما لو كان طينا رمليا أو خفيفا وفي حالة الطين المتوسط الكثافة نحتاج لنسبة 0.5 - 1.5 من القش من وزن التربة الجافة ويمكن الاستعاضة عن القش او القصب في حالة عدم توفره ببعض النباتات الأخرى المتوفرة، ان العناصر الليفية النباتية تحتوي على حامض اللبنيك الذي يتفاعل مع الطين مما يساعد على

تقوية ترابط جزيئاته وتزيد نسبت حامض اللبن في تبن الشعير او الذرة عن تبن القمح.

شكل - 8. اختبارات نهائية لاستخدام الطين المدكوك جدار تجريبي (موديل) تم تنفيذه أمام المختبر المركزي لوزارة الانشاءات عدن

كما في الشكل - 8. يمكن أن يتم وضع تجربة نهائية في موقع البناء وهي عبارة عن دك حائط تجريبي لطول 1.5-2.5م وارتفاع 0.30-0.70م حيث يتوجب أن يكون العرض بعرض الحائط للجدار الحامل 0.40-0.60م وبعدها يعرض الحائط فوراً للعوامل الطبيعية ويراقب لمدة أسبوع واحد فإن لم يبرز الحائط أية عيوب فنية تذكر مع مراعاة أن ظهور أية تشققات شعيرية سطحية متناثرة على الحائط لا تعتبر عيباً فنياً، فإنه يمكن البدء الفوري بأعمال تنفيذ المباني المزمع إنشاؤها.

ان طريقة بناء جدران الدك الطينية هي من أفضل الطرق البنائية حيث تؤدي الى توفير 50% من الوقت مقارنة بطرق البناء الأخرى، وخاصة في المناطق الحارة حيث تقلل من فترة الجفاف خاصة وانه لا يمكن البدء بالمرحلة التالية الا بعد جفاف الأولى وبعد الانتهاء من ارتفاع الدور يترك الجدار مدة 4 أسابيع لتنفيذ طبقة الاكساء الخارجية.

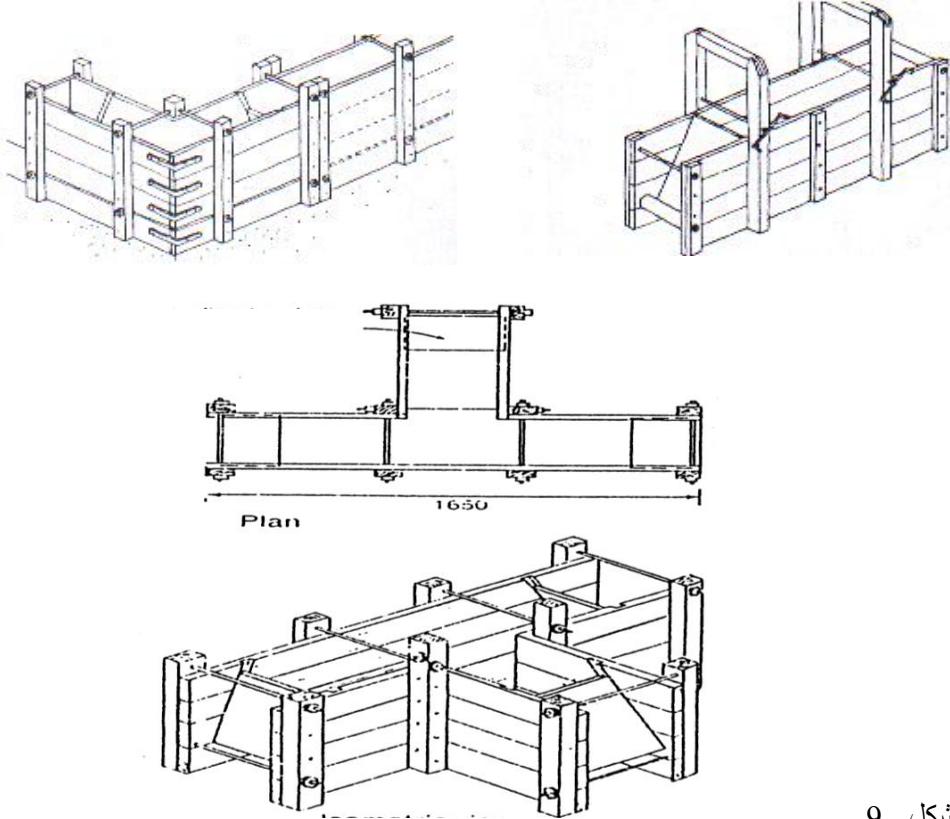
ان تجربة الطين المدكوك في قوالب التي نفذت في منطقة العرائس م/ لحج والتي استخدم فيها الاسمنت كمادة مثبتة بنسبة 3% وكان من الممكن استخدام اية مادة مثبتة اخرى كالتين او الهدي (الاثل) او غيرها الى ان التجربة كانت ناجحة بكل المقاييس الفنية ولا يعيبها سوى التقييم الاقتصادي الغير عادل، حيث تم التقييم لتلك الدراسة مؤخرا واتضح ان اسباب رفع الكلفة غير مبرر نتيجة تحميل المشروع صريفات اضافية لفترات التوقف وتدريب العمالة وتكديس آليات وصريفات اخرى لسنا هنا بصدها وبعد اجراء سلسلة من الاختبارات لاختيار الطين الصالح للبناء وتحديد نسبة ماء الخلط , كان من الضروري اقامة حائط نموذج لمعرفة العيوب المحتملة مستقبلا للجدران .

الآلات ووسائل العمل:

- القوالب: القالب يعتبر الصانع الرئيسي لنوعية الجدران ويحدد مقاساتها ويضبط اركانها فهو المسؤول عن جمال الجدران وبشاعتها فلذا يجب ان نوليها أهمية خاصة اثناء الصنع واثناء التركيب والتأكد من ثباته اثناء الصب والدك، حيث يتم تجهيز القوالب الخشبية حسب الرسومات المعدة لها وهي عبارة عن قوالب

توفير السكن الصحى البيئى - رخيص الكلفة يلبي متطلبات اقتصاد البناء والتنمية المستدامة

للأركان (شكل- 9) وقوالب للحوائط الطولية (شكل-10) وقوالب لتقاطعات الحوائط (شكل-11)، ويمكن ان تكون تلك القوالب أيضا حديدية وأهم شيء فيها ان تكون مثبتة ولا تعطي مجال للحركة او الاهتزاز لان ذلك سيؤثر على استقامة الجدران والسماكة، وربما تظهر هناك عيوب في الجدران متعلقة بالتشكيلة الخاصة بالفرمة وكلما كانت التشكيلة مضبوطة الاركان المقاسات كلما كانت الجدران جيدة. ويمكن استخدام ليحان التربلاي ذات السماكة 1.5 سم على الاقل مع تقويتها بشدادات خشبية لتجنبها الانحناء وان الارتفاع لا يجب ان يتجاوز ال 1م.



شكل - 9

قوالب خشبية للأركان

قوالب خشبية للجدران الطولية (شكل - 10) قوالب خشبية لتقاطع الجدران (شكل - 11)

الخلط للجدران المدكوكة: لخلط الطين او المونة حسب النسب المقررة يتم استخدام اي خلاطة عادية للخرسانة (tilting drum mixer) سعة 250 لتر، الا انه يفضل استعمال الخلاطة الاجبارية او القصرية (forced mixer) لأنها تعطي خلطة متجانسة، وهذه مخصصة لخلطات الطين حيث تكون الخلطة شبه جافة ويتم تحريكها اتوماتيكيا بالخلطة ذات الثلاث الشفرات، اما الخلاطة المخصصة للخرسانة فإنها تتطلب زيادة من الماء وتصفية لجوانب الجدران الداخلية باستمرار حتى لا تبقى فيها كميات من الطين تتراكم مع الاستخدام المتكرر (انظر الشكل - 12)



شكل - 12 استخدام خلاطة الخرسانة في خلط الطين والقوالب الخشبية في بناء الجدران الطينية المدكوكة.

الدكاكات: يتم صنع وسائل الدك اليدوية ذات وزن لا يزيد عن 7 كجم وذات ممسك تمكن العامل



من الدك بسهولة ويسر انظر شكل - 14، ويفضل استعمال الدكاك الآلي الذي يعمل بواسطة الهواء المضغوط نظرا لأنه يعطي حوائط ذات نوعية عالية تكون طبقاتها المختلفة متجانسة تماما علاوة على زيادة انتاجية العمل وتخفيض الجهد البشري (انظر شكل - 13).

شكل - 13 الدك بالكمبريشن (الدكاك الآلي) المضغوط بالهواء

توفير السكن الصحى البيئى - رخيص الكلفة يلبي متطلبات اقتصاد البناء والتنمية المستدامة

ادوات العمل اليدوية (المقاييس): يتم توفير ادوات الكيل او القياس (الفارة - مكيال خشبي بمقاس داخلي للقاعدة 25 x 40 سم وبارتفاع داخلي مقداره 25 سم اي بحجم 25 لتر للمكيال الواحد. كما يجب توفير العدد الكافي للمكايل والعربات اليدوية والمجارف للكيل ولجرف الخلطة وتحريكها، وفي حالة الدك على ارتفاع أكبر يتم توفير الجرادل الحديدية المربوطة بالحبال لتعبأتها بالخلطة ورفعها الى المستويات المطلوبة، الا انه يستحسن استعمال رافعات صغيرة لمثل هذه العملية لتقليل العمالة والعمل اليدوي من اجل زيادة الانتاج.



الفرمات والسقائل: يتم

توفير السقالات الحديدية أو الخشبية الضرورية لبناء الهيكل كاملاً ومن ثم لتشطيبه أيضاً، ويحبذ ان لا يكون السطح

الخارجي املسا حتى يسبب بعدم التماسك بينه وبين اللباسة الخارجية للجدران والطلاء أيضاً، وعليه يجب ان يقوم أحد العمال بعمل اشارات في الجدران على شكل - 14 الدك بالمندال وزن 7كجم ودك المرحلة الأولى من المدماك.

المستوى السطحي وان لا يتجاوز المدماك يتجاوز في العمق 2-3 مم.

الجدران المدكوكة في قوالب خشبية من التربلاي (شكل-14) وفي الصورة الدكاكات الحديدية ذات وزن 7 كجم المرحلة الأولى من الجدران المدكوكة (بيت العرائس) م/ لحج.

طريقة تجهيز خلطات طين الجدران المدكوكة:

- 1- باستخدام الخلاطة الخرسانية يتم ادخال مواد الخلط بحسب النسب المعتمدة في التجارب المخبرية
- 2- في حالة ان التربة تحتوي على كتل متماسكة الحجم فانه يتوجب اولاً دكها حتى تصبح متجانسة قبل الكيل، ثم يتم الكيل بحسب النسب المقررة الى داخل وعاء تعبئة الخلاطة بحيث لا يزيد حجم حبيبات التربة عن 1سم ويستحسن استخدام طاحون التربة (pulverizing mashin) ويمكن غربلة التربة بغربال 2مم لكي تكون اكثر جودة.
- 3- يتم كيل المواد الى وعاء تعبئة الخلاطة بحسب التسلسل التالي:

● مادة التربة

● المادة المثبتة للتربة (اسمنت، نورة، هدي(اثل) تبن وغيرها)

● الرمل ان كانت التربة دسمة لتتحيفها

ويتوجب ان يكون في برميل الخلاطة (DRUM) قبل سكب المواد ربع كمية الماء المقرر للخلطة بحسب التجارب السابقة.

4- تسكب المواد في برميل الخلطة وتخلط بكمية الماء الذي بداخلها لمدة دقيقة واحدة، ثم يتم سكب الماء المتبقي بحسب المقرر بشكل تدريجي ويتم اختبار الخلطة بين الفينة والفينة باليد حتى يتم الوصول الى صنع كرات ذات قطر 5 سم دون ان تنفقت الكرات باليد اذ ان تفتتها في اليد يعني بشكل واضح ان كمية الماء لازالت غير كافية ودون التصاقها باليد بشكل قوي فان ذلك يعني ان كمية الماء في الخلطة قد تجاوزت المقرر. ان تثبيت مشغل الخلطة دوما تكسبه مهارة أكبر في تحديد كمية الماء المقررة وتثبيتها لديه وذلك من خلال ملاحظته المتكررة لنوعية الخلطة المطلوبة.

5- قد تتأثر كمية الماء المقررة بحالة التربة المستخدمة حيث تعتمد على درجة الرطوبة الطبيعية للتربة فان كانت رطوبة المواد ثابتة، فان كمية الماء المحددة مسبقا ستضل ثابتة، اما إذا تغيرت رطوبة المواد فان على المهندس مراقبة الخلطة لتحديد كمية الماء المطلوبة للحالة القائمة من خلال صنع الكرات الموقعية.

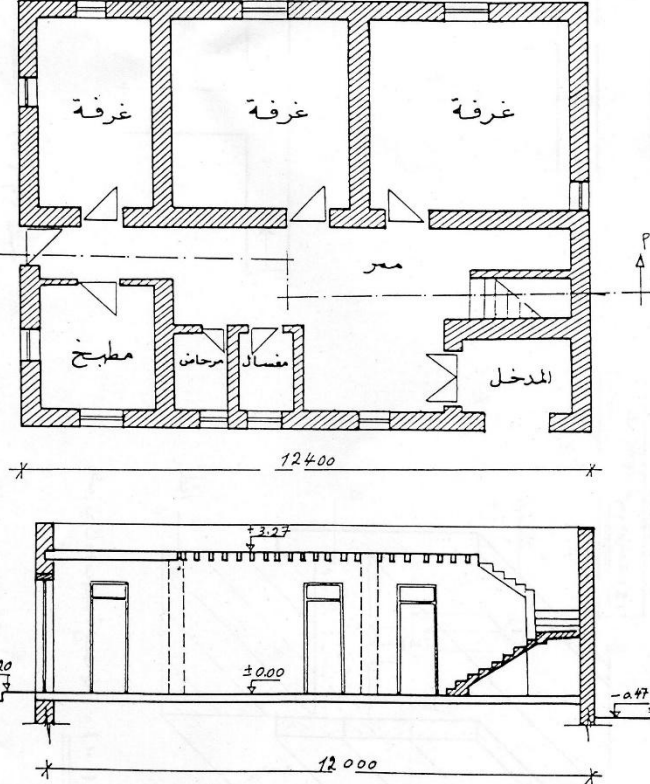
6- بعد اتمام عملية الخلط والتي ربما تستمر الى 7 دقائق، تسكب الخلطة المتجانسة في الدنمبر او العربات اليدوية وتنقل الى مكان الصب، حيث يتم سكبها في القوالب بشكل سريع، وفي حالة التأخير لسبب ما يجب تحريك الخلطة واعادة تجانسها قبل صبها في الفرمان، حيث يتم فرش الخلطة بسماكة لا تتجاوز ال 10 سم ليتمكن العامل من دكها جيدا.

وضع الخلطة في قوالب ودكها: بناء الجدران:

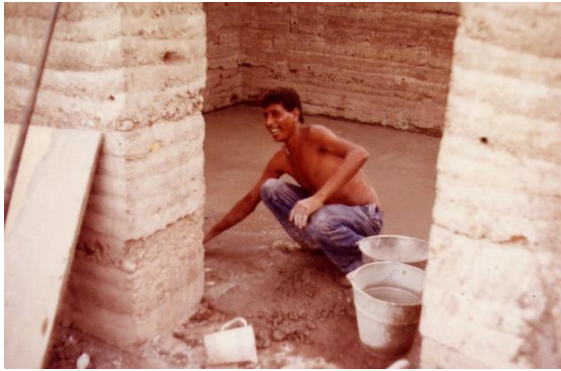
- تسكب الخلطة في القوالب وتفرش على طول القالب بطبقة لايزيد سمكها عن 10 سم وتذك هذه الطبقة حتى تصل سماكتها بعد الدك الى حوالي 5- 6 سم ثم تضاف اليها الطبقة الثانية وبنفس سماكة الطبقة السابقة وتذك بنفس الاسلوب وهكذا تتكرر العملية حتى امتلاء القالب. ان زيادة سماكة الطبقات لأكثر من 10 سم يؤثر سلبا على فاعلية الدك اليدوي حيث لا يصل تأثيره الى الأعماق وبالتالي تكون نوعية الجدران رديئة، ويمكن دق جوانب التشكيلة حتى لا يكون هناك فراغ في بعض اماكن الجدران المدكوكة.
- تبدأ عملية الدك دائما في جوانب الحوائط ثم يتم الدك في وسطها.
- عند دك الأركان والتقاطعات فان الدك يبدأ أولا في الاطراف وينتهي عند الركن أو نقطة التقاطع على ان يتم هنا ايضا الالتزام بأسلوب الدك الموضح في (الشكل-7)
- في حالة الدك الجيد تظهر واجهات الحوائط المدكوكة ناعمة ملساء مثلها مثل الخرسانة الممزوجة جيدا، اما اذا ظهرت الحوائط خشنة ويتخللها بعض الفراغات البسيطة فمعنى ذلك ان الدك لم يكن بالشكل المطلوب.

توفير السكن الصحى البيئى - رخيص الكلفة يلبي متطلبات اقتصاد البناء والتنمية المستدامة

نلاحظ في الفرمة الشدادات الحديدية والتي تضمن ثبات الفرمة اثناء سكب الخلطة وكذلك اثناء الدك اليدوي، كما يجب ان تكون الفرمة للجدران متكاملة بارتفاع 1م حتى يكون التثبيت اكبر مع وضع لوحات الاغلاق عند انشاء الابواب والنوافذ، ويمكن ان تكون العتبات من الخرسانة المساحة او الخشب او حتى الاحجار الطويلة، بحيث يكون الركوب فوق الجدران حوالي 20 سم.



شكل - 15 تصميم د. علوي جعفر زين اشراف وتنفيذ م. عبد الله محمد متعافي حيث تم التنفيذ من الجدران المدكوكة طين مدكوك ونسبة 3% اسمنت كمادة مثبتة وذلك في منطقة (دار العرائس) م/ لحج 1987م



إن التربة الطينية في اليمن تعد تربة طينية رملية، وتتموضع في الوديان الرئيسية، وتغطي مساحات كبيرة يكفي احتياطها إلى قيام صناعات هامة، ولذا نوصي بإقامة مصانع حديثة لمواد البناء وخاصة الطوب الرملي الطيني والطوب المضغوط المثبت بالإسمنت بنسبة 6%.

إن التربة الطينية في اليمن

و(الألياف) ذات المنشأ الزراعي (التبن والهدى) ذا فائدة كبيرة من أجل الحصول على مركب مؤتلف ذات كفاءة جيدة كمادة بناء، حيث تقرر أن تكون نسبة الإضافة 0.5%.

الانشاءات في منطقة خور مكسر

عند تثبيت مادة التربة الطينية بواسطة معادن قابضة مثل (الإسمنت البورتلاندي العادي، الجير)، يحدث اتحاد (تجلط)، مع الجزيئات الغرينية للطين، تزداد قوة الاحتكاك بين الجسيمات الدقيقة والمجموعة المتكاملة للطين، وهذا بدوره يؤدي إلى رفع قوة الاحتكاك، ومنه إلى رفع قوة الكسر والصلابة. التربة الطينية في اليمن تقل فيها صلاحية الحرق وممكنة فقط لصناعة الطوب الأحمر وتربة حضرموت غير صالحة للحرق حتى لصناعة الطوب الأحمر.

من المعروف بأن التربة الطينية في اليمن مجدية لتكون من أنواع المواد الخام للحصول على الطوب الرملي الجيري، وباستخدام مادة التربة الطينية ممكن اختصار الوقت الخاص بالتفاعل إلى 4 ساعات بدلا عن 6 - 8 ساعات، ويرفع قوة الكسر إلى 2 - 3 مرات.

جدول - 2. تكلفة الطوبة من الطوب الرملي الجيري

تكلفة الطوبة الواحدة	طوبة/سنت	(%)
1- الخام (رمل + جير) (في موقع الخام)	0.35	
2- كلفة الوقود (ديزل) لنقل المواد الخام إلى موقع المصنع	0.09	
كلفة الخام واصل المصنع	0.44	14 %
3- كلفة الطاقة	1.77	57 %
4- الأجور والمرتبآت	0.18	
5- قطع غيار وصيانة	0.15	
		14 %

توفير السكن الصحي البيئي - رخيص الكلفة يلبي متطلبات اقتصاد البناء والتنمية المستدامة

نفقات إدارية	0.12	
7- الإهلاك	0.47	15 %
الإجمالي	3.13	100 %

سعر بيع الطوب الرملي والطوب الأحمر والبلوك الاسمنتي:

1. تم اعتماد سعر بيع الطوبة (باب المصنع) مبلغ 100 ريال يماني وحيث أن سعر الصرف للدولار يعادل 1250 ريال في نوفمبر 2024م، فإن سعر بيع باب المصنع يكون (0.21) دولار أمريكي. سنت أمريكي) وهي مقاس 8x12x25سم
2. أسعار بيع تجزئة المنتجات المماثلة من الطوب الأحمر، والطوب الإسمنتي (بردين) هي على النحو التالي: - (مارس 2024م).

جدول - 3. الطوب الإسمنتي (بردين) أ والطوب الأحمر Bricks (ب):

8 انش ثقيل	وزن	22 كجم	450 ريال
8 انش ضعيف	وزن	12 كجم	440 ريال
8 انش ثقيل عادي		17 كجم	400 ريال
6 انش ثقيل عادي		14 كجم	330 ريال
4 انش ثقيل عادي		9 كجم	250 ريال
(4 × 15)		5 كجم	180 ريال
(4 × 20 × 20)	ضغط مخيش	18 كجم	500 ريال

(ب) الطوب الأحمر (الطوب الطيني):

3 كجم	650 ريال
8 كجم	950 ريال

مواصفات الطوب الرملية الجيري:

- 1- طوب رملي جيرى:
 - رمل (سيليكات أكسيد) 90%
 - جير (هيدروكسيد الكالسيوم) 10%
- 2- الحجم الكلي:
 - طول 250 ملم
 - عرض 120 ملم
 - ارتفاع 88 ملم
- 3- التجايف:
 - (25 - 31) %
- 4- الحجم الفعلي:
 - $0.00182 = 0.69 \times 0.00264$ متر مكعب
- 5- الكثافة:
 - 1800 - 2000 كجم/سم مربع
- 6- وزن الطوبة:
 - 5.14 - 6.21 كيلو جرام
- 7- قوة كسر الطوبة:
 - 15 - 25 MPa (N/mm²)
- 8- سماكة الجدار للطوبة:
 - 150 - 250 كجم/سم مربع
- لا تقل عن 10 ملليمتر

مقارنة تاريخية واستنتاجات واقعية:

1. إن الحضارة اليمنية هي حضارة طينية، كون المدن اليمنية القديمة مبنية أساساً من طين وأهمها: مدينة صنعاء القديمة التاريخية (وهي مدينة سام ابن نوح وتعد من أقدم المدن في العالم)، مدينة شبام التاريخية (أقدم ناطحات السحاب في العالم)، مدينة زبيد التاريخية (مدينة العلم والعلماء)، وغيرها من المدن المسورة الأخرى في أغلب محافظات الجمهورية اليمنية؛
2. تتكون أغلب المدن التاريخية في اليمن من مباني طينية لها خصائص ومميزات فريدة، لا بد من رصدها ضمن التراث الثقافي والإنساني، كونه يمثل سجلاً ثقافياً وتاريخياً يعكس التطور الذي وصلت إليه الحضارة الإنسانية، ولا يخفى على أحد إن هذه الشواهد الحضارية والموروثات الثقافية تتعرض مع مرور الزمن للطمس والتغيير وربما الاندثار، تحت تأثير العوامل الطبيعية والإنسانية كما حدث مؤخراً في وادي حضرموت حيث يحدثنا التاريخ بأن مدينة شبام كانت أكبر مما هي عليه الآن.
3. إن المدن الطينية تشكل عمق حضارتنا القديمة، فهي حية - تنبض فيها الحياة العصرية، ساردة تفاصيل العصور للأجيال دون وجل، معبرة للزائرين بقصص ترويحها جدرانها الصامته، وبلغة تفهمها كل الأمم، إنها لغة العمارة ولغة الحضارة وبصمات التاريخ الواضحة، وعادات وتقاليد الأمم، كما تحكي عن أساليب الحياة والذوق والفكر، إنها كتاب مخلد يجب الحفاظ عليه وصيانته وتطوير محتواه لغرض صناعة

توفير السكن الصحي البيئي - رخيص الكلفة يلبي متطلبات اقتصاد البناء والتنمية المستدامة

البلك الاسمنت (البردين) Cement Blocks	الطوب الأحمر Red Bricks	الجدران المدكوكة Rammed Earth	الطوب الطيني المضغوط المثبت بالإسمنت 6% %6	الطوب الرمل الجيري Sand Lime Bricks	الخصوصية/ الطوب الطيني التقليدي المجفف تحت أشعة الشمس (Adobe)
يتكون من ركام الخرسانة والاسمنت (خرسانة عادية) مكانن ضغط وهز بالبنزين	يتم تنقية التربة وتخميرها 24 س وتكون شبة جافة	الطين يتم خلطه مع المادة المثبتة 3% اسمنت او مواد عضوية	تربة طينية تحتاج الى غربلة، الاسمنت 1:16 وماء الخلط شبه جاف	الرمل 90%، والجير 10%، متوفر الرمل والجير بحاجة الى تصنيع	يتم تخمير التربة 24 ساعة، رخيص الكلفة – لا يحتاج الى طاقة في الإنتاج ولا في البناء والاستخدام، قابلة الطوب يدويا.
مصنعيا نصف يدوي الإنتاج ربما يصل الى 5000 بلكة يتم الاستخدام بعد أسبوعين.	مصنعيا يعمل على ضغط وقطع الطوب والحرق	يتم الخلط ميكانيكيا اما بواسطة ماكينة 3 شفرات او خلاطة دروم	مكانن هيدروليك تنتج 1000–2000 طوب 24س تزداد قوتها بالماء	مصنعيا يتم الخلط بحسب النسب وبدرجة ضغط وخلخلة ينتج 120 الف/يوم	يتم الخلط بإضافة المادة العضوية (التبن او الهدى) حتى التجانس ومن ثم القابلة لا يحتاج الى عمالة ماهرة يتأثر بالماء.
أنواع مختلفة يتم التجفيف تحت اشعة الشمس مع الرش.	بعد التجفيف يتم الحرق بالتدريج	تجهيز الفرمت على سماكة الجدران ثم الدك	قوة الضغط 4– 10 MPa تجفف في مكان مظلل.	الضغط 2 MPa ودرجة حرارة 180 درجة س 6–8	يتم التجفيف تحت اشعة الشمس لفترة يومين او ثلاث ويتم النقل الى موقع البناء
طاقة كهربائية او بنزين لغرض الهز والضغط.	طاقة 1000 درجة للمنتج	دون طاقة يتم الدك يدويا او ميكانيكيا ضغط	دون طاقة يتم الإنتاج بالظروف الطبيعية مظلل.	استخدام الطاقة حتى 200 درجة فقط 6 – 8 س	لا تستخدم الطاقة مطلقا وتجفف تحت اشعة الشمس مع التقليب لغرض التجفيف
سماكة الجدران 20سم مع الاعمدة	ممكن جدران حاملة او جدران قواطع	جدران حاملة يتم تحديد سماكة الجدران بالفرمة	جدران حاملة 30–45 سم بحسب الأذوار.	سماكة الجدران الحاملة 50سم دون أعمدة.	سماكة الجدار 40– 100 سم ويصل لأكثر جدران حاملة لا تحتاج الى أعمدة مطلقا

المسلحة وقواطع.					
عازل حراري ممتاز 18% بيني - وصحي - ورخيص الكلفة وذات ديمومة	عازل 30% بيئي وصحي رخيص ولا يتأثر بالرطوبة	عازل 24% لا يتأثر بالرطوبة - رخيص	سهولة التنفيذ - عازل للحرارة 20% رخيص	العزل الحراري 47% غير رخيص	موصل للحرارة تصل الى 70% غير رخيص.
الكلفة التقديرية للمبنى بنفس الحجم 55%	70%	60%	55%	100%	90%

1. صروح معمارية أكثر استجابة لتطورات العصر، لكنها امتداد لتلك التاريخ وليس انقطاع عنه.

2. إن خبرة اليمنيين في مجال البناء بالطين بالأسلوب التقليدي تعد من أهم الخبرات العالمية نظرا للمخزون الثقافي والحضاري وتراكم تلك الخبرات عبر القرون [4]. إلا أن الطرق التقليدية في مجال البناء والصيانة أضحت مرهقة ومكلفة، وستظل جهود جيل المستقبل حائرة أمام جبروت الجيل القديم، وربما تعجز حتى عن الحفاظ على هذا الموروث المعماري القائم ناهيك عن تطويره من دون استيعاب التطور المتسارع في مجال تقنيات البناء الحديثة.

جدول - 4. مقارنة اقتصادية بين جدران البناء محلية المنشأ وخصائصها الفنية والبيئية

أظهرت النتائج التحليلية لمواد البناء محلية المنشأ ان استخدام التربة الطينية في بناء المساكن ذات جدوى اقتصادية وبيئية وصحية نظرا لما تتمتع به هذه المادة الطبيعية التي وهبها الله لعبادة ومن خلال جدول رقم (2) فان المميزات العديدة للطين يكسبها افضلية في الاختيار ولاسيما من الناحيتين الاقتصادية والبيئية ولاسيما العزل الحراري وتوفير الراحة الحرارية، أضحت مادة الطين - من المواد الأساسية في مجال البناء والاهتمام بها ربما تزايد في الدول الأكثر تقدما وعليه أرى ضرورة منهجة هذه المادة ضمن مناهج كليات الهندسة في الدول العربية ووضع مناهج متخصصة كمادة بنائية وصناعية.

الخلاصة:

1. التجارب المحلية في مجال البناء بالطين غنية بالدروس، وإيجابيات الحلول المعمارية متناسبة مع البيئة والتقاليد يجب استخلاصها والاستفادة منها في التصميم المعمارية في البيئة العربية، ونبذ العناصر المعمارية الغربية والغير متناسبة مع بيئتنا وعاداتنا.
2. من خلال التحليل الاقتصادي اتضح بأن الطوب التقليدي المجفف تحت اشعة الشمس وهو أرخص وأكثر المواد عزلا للحرارة ومن عيوبه تأثيره بالماء حيث يتأثر بالرطوبة ويجب عزله وصيانته باستمرار واستخدام المواد المتناسبة معه بالمونة الطينية والجير.
3. تقدم الطوب الرملي الجيري في المقارنة بالعديد من الخواص الإيجابية كونه لا يتأثر بالرطوبة صحي وبيئي ويزداد العزل الحراري إذا تم استبدال الرمل بالطين بنسبة 30 - 40% ويتحمل الى تسعة أدوار دون أعمدة ويمكن ان يبقى دون لياسة خارجية ويمكن ان يكون طوبه ملونا.

توفير السكن الصحي البيئي - رخيص الكلفة يلبي متطلبات اقتصاد البناء والتنمية المستدامة

4. تأتي بالمقارنة الثالثة من حيث الاقتصاد والخواص الطوب الطيني المضغوط المثبت بالإسمنت بنسبة 6%، والعزل الحراري الذي يمثل 24%.
5. إن تاريخ البناء بالطين وتنوع تقنياته وصيغ التنفيذ المختلفة والمبسطة، قد أعطت الفرصة المواتية لكل أصناف الظروف والإمكانات البشرية والمادية في تسهيل عملية الاستخدام لهذه المادة المتوفرة محليا والرخيصة، والتي تجتمع فيها كل أقطاب الإيجاب المطلوبة في عصرنا الراهن وهي مادة صحية وبيئية ورخيصة. فلماذا إذا تجاهلها وربما نقول التقليل من شأنها.
6. التربة في اليمن صالحة لصناعة مواد البناء والصناعات الأخرى نظرا لجودة المواد الخام والتي تتوفر بكميات تجارية تغطي اغلب متطلبات تلك الصناعات.
7. الاستثمار في مجال صناعة مواد البناء مثمرة ومربحة وتعد من أهم الصناعات في بلادنا نظرا لتزايد متطلبات البناء في كل مدن اليمن.
8. مواد البناء رخيصة الكلفة وموفرة للطاقة تعد مواد التربة الطينية والبوزولانية من المواد الأكثر تناسبا مع الظروف المناخية لليمن.

المراجع:

1. (العمارة البيئية د. محي الدين سلقيني 1994م). [1]
2. EARTH Construction – A Comprehensive GUIDE
Hugo Houben and Hubert Guillaud – CRATerre – EAG
INTERMEDIATE TECHNOLOGY PUBLICATIONS- 1994 .
3. العزب ثابت سالم – تجارب البناء بالطوب الطيني – المؤتمر الهندسي الأول 16- 18 ديسمبر 2002م – أبحاث كلية الهندسة – جامعة عدن ص 220.
4. رموضه سالم عوض – دراسات في العمارة الطينية في اليمن مطبوعات جامعة حضرموت 2005م ص 20 .
5. - زين علوي جعفر- العزب ثابت سالم- تجربة تطبيقية على تربة وادي خير م/لحج في موقع (معمل البردين) المؤسسة العامة للبناء والإسكان م/لحج اختبارات موقعية يناير 2003 م .
- [5] العزب ثابت سالم/ كتاب البناء بالطين في الجمهورية اليمنية // العزب ثابت سالم/ منهاج دراسي – وزارة التعليم الفني والتدريب المهني – قطاع المناهج والتعليم المستمر – الإدارة العامة للمناهج – أسس عامة للتنفيذ صنعاء 2006. ص. (113).
- [6] كتاب مواد البناء ” تحت الطبع “Building Construction“. كلية الهندسة جامعة عدن – 2023م
العزب ثابت سالم، الدليل المرجعي للبناء بالطين وتقييم تجربة البناء المحلية في وادي حضرموت [7] 2009م.
- [8] (AI- AZAB, T.S, БЕЗОБЖИГОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ЙЕМЕНА: дис. ...канд. архитек. наук /
Alazab Tabet Salem. – Белгород – 2009, – 210 с.
(لعزب ثابت سالم ا- مواد البناء غير المحروقة على أساس التربة في اليمن – رسالة دكتوراه — روسيا الاتحادية - بالجراد 2009م).