Journal of Advanced Engineering Trends
ISSN : 2682 - 2091

Vol.43, No.1. January 2024

http://jaet.journals.ekb.eg

نحو تحقيق تصميم بيئي مستدام باستخدام مواد إنشائية بديلة "طوب التربة المضغوطة "

د. ريهام حمدي عمر
مدرس بقسم الهندسة المعمارية – معهد المستقبل العالي للهندسة – الفيوم
-remoo2020@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:
Received:
Accepted:
Online:

كلمات مفتاحية :
1- التوافق مع البيئة
2- طوب التربة المضغوطة CEB
3- توفير الطاقة

ملخص

الاقتصادية و السياسية ركزت الدولة في الفترات الأخيرة على تنمية الريف كأحد محاور رؤية مصر 2030. و التي تواجه العديد من التحديات على المستويين المحلي و العالمي ، بالإضافة إلى محدودية الموارد، و ارتفاع أسعار مواد البناء و استهلاك الطاقة . لذا اهتم البحث بتسليط الضوء على " طوب التربة المضغوطة " و الدعوة لاستخدامه في تنمية الريف المصري باعتباره مادة إنشائية مستدامة تعتمد على التربة الطبيعية كمكون أساسي . حيث يتميز عن غيره من مواد الإنشاء بالجمع بين استغلال الموارد الطبيعية المتاحة و توفير المياه و الطاقة ، بالإضافة إلى تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات، وتميزه بالمتانة و مقاومة المياه و سهولة و سرعة التنفيذ مما يساعد في توفير فرص عمل و دعم النظام التعاوني مما يجعله من أفضل أساليب الإنشاء التي تحقق الاستدامة و خاصة في المناطق الصحراوية. و قد تم إثبات كفاءته و تميزه من خلال رصد لبعض التجارب و الخبرات المحلية في مجال التصنيع و تشييد. و على الرغم من امتلاكنا لمادة إنشائية مستدامة ، لها كود خاص ينظم العمل بها بالإضافة إلى الخبرات العلمية و التقنية إلا أنه لا يتم استخدامها على نطاق واسع . لذا خرج البحث باقتراح منهجية تعتمد على وعي مجتمعي شامل بهدف تفعيل البناء بالمواد المحلية الطبيعية و الترويج لها.

1. مقدمة :

مع ارتفاع تكلفة البناء والتوسع في توظيف التقنيات الحديثة في الإنشاء لم يعد بمقدور قطاع كبير من السكان تشييد مساكنهم نظرا لارتفاع التكاليف وضعف القدرات التقنية، خاصة في المناطق الريفية والبلدات الصغيرة، لذا كان لا بد من إيجاد بدائل مستدامة للأنظمة والمواد الإنشائية بحيث تكون متوافقة بيئيا و إقتصاديا و اجتماعيا لضمان كفاءة آداء المبنى طوال فترة الاستخدام . فجاء الحل من خلال تقنية البناء بطوب التربة المضغوطة كمادة إنشائية مستدامة طبيعية متوافرة محليا و متميزة بمقاومة الأحمال و الحرارة ، بالإضافة إلى خفض تكلفة إنشاء المبنى و توفير الطاقة .

1-1 إشكالية البحث :

تتمثل إشكالية البحث في ضرورة توفير المسكن الملائم اجتماعيا و إقتصاديا لسكان القرى و الريف دون الإضرار بالبيئة الطبيعية و استغلال مواردها . و التي تتبلورمن خلال مجموعة من التساؤلات :

- ماهي الأسباب التي أدت إلى استخدام طرق إنشاء و مواد بناء دخيلة وغير ملائمة إقتصاديا في إنشاء أغلب المساكن في الريف ؟
- إلى متى تستمر عمليات التشييد و البناء في استهلاك قدر كبير من الطاقة والإضرار بالبيئة الطبيعية و تدميرها ؟
- لماذا لا يتم نشر المعرفة الكافية حول استخدام تقنية طوب التربة المضغوط على نطاق واسع ؟

2-1 الهدف من البحث

يتمثل الهدف الرئيسي للبحث في " اقتراح منهجية لتفعيل تطبيق تقنية البناء بطوب التربة المضغوط (طوب اللوجو) من خلال خطة التنمية العمرانية " – و خاصة تنمية وتطوير القرى المصرية في الريف الصحراوي – .
كما يحمل البحث مجموعة من الأهداف الثانوية كما يلي :

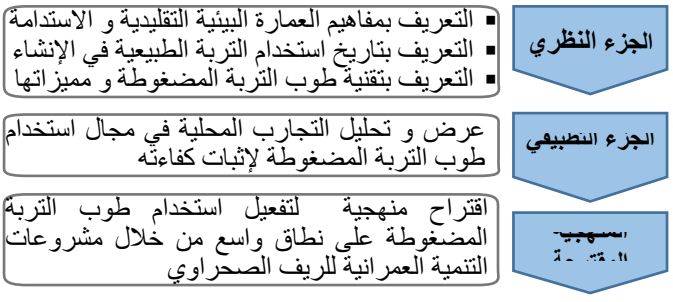
- التعريف بتقنية طوب التربة المضغوطة كمادة إنشائية بديلة طبيعية و مستدامة .
- تسليط الضوء على مميزاتها و خصائصها مقارنة بمواد البناء الأخرى لتوضيح المردود البيئي و الاقتصادي و الاجتماعي لاستخدامها.

و ذلك لتحقيق كل مما يلي :

- حلول متكاملة لتوفير المسكن المستدام إقتصاديا واجتماعيا و بيئيا .
- حماية البيئة وتقليل الضرر الناتج عن طرق و مواد الإنشاء الحديثة .
- دعم خطط التنمية العمرانية للمناطق المتهالكة و النائية .
- استغلال و إدارة الموارد الطبيعية المحلية المتاحة ، و توفير الطاقة .
- مشاركة المجتمعات المحلية و إيجاد فرص عمل مناسبة.

3-1 منهجية البحث :

يطبق البحث المنهج النظري لاستقراء مفاهيم البناء التقليدي و التعريف بتقنية البناء بطوب التربة المضغوطة ، ويلي ذلك المنهج التحليلي المقارن لمراجعة خصائص طوب التربة المضغوطة بالمقارنة مع مواد البناء الشبيهة ، و من ثم يستعرض البحث مجموعة من التجارب المحلية الرائدة . و يشمل البحث ثلاث أجزاء رئيسية كما يلي:



2. خلفية نظرية :

2-1 العمارة التقليدية و الاستدامة :

Revised:9 June, 2022, Accepted:7 August , 2022

الاستدامةٍ Sustainability هي الاستغلال الأمثل للموارد والإمكانات المتاحه سواء كانت ماديه أو بشريه أو طبيعيه بشكل فعال ومتوازن بيئيا وعمرانيا لضمان الاستفادة منها دون إهدار لمكتسبات الأجيال القادمه. و قد حددت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)- Organization of Economic Cooperation and Development أربعة أهداف رئيسية للأبنيه المستدامة تشمل كلاً من كفاءة المصادر، كفاءة الطاقة، التوافق مع البيئة و التكامليه وتنظيم المناهج ومن ضمنها تنظيم إدارة البيئة . و هو ما استطاعت العمارة التقليدية Traditional Architecture تحقيقه من خلال المزج بين القيم والاحتياجات بمختلف أنواعها بالإضافة إلى مراعاة البيئة المحيطة و التكيف مع عناصرها واستغلال الموارد المتاحة بشكل تلقائي . و ذلك من خلال الجمع بين البساطة في الشكل و المواد المستخدمة -المتاحه في البيئه المحيطه - و طريقة البناء ، و بين التعقيد في المضمون الذي يراعي مجموعه متشابكة من المعايير و الأبعاد والاحتياجات والأنشطة كما يلي : [1، 2، 3]

1- التكيف مع الظروف المناخية و تحقيق الراحة الحرارية : من خلال التركيز على محورين أساسيين تمثلا في كل من :
- الحماية و الحد من تأثير ظروف البيئة الطبيعية القاسية – الحارة أو الباردة -
- التكيف و الاستغلال للإمكانيات الكامنة لهذه الظروف القاسية والتعامل معها بما يحقق الراحة الحرارية للمستخدمين.

من خلال تشكيل الغلاف الخارجي للمبنى باستخدام مواد إنشاء طبيعية مستدامة تحكمت على كمية الحرارة المنتقلة من وإلى المبنى بشكل فعال.

2- الحفاظ على الطاقة : بداية من توفير الطاقة المطلوبة في تصنيع مواد البناء ومرحلة التشييد ، و وصولا إلى توفير الطاقة المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية للمستخدمين . فكما نجحت المجتمعات التقليدية في استغلال الطاقات الطبيعية للتدفئة و التبريد والإضاءة ؛ فقد اعتمدت عليها أيضا خلال مراحل تصنيع مواد البناء المتوافرة في البيئة المحلية (تجفيف الطوب اللبن بأشعة الشمس دون حرق).

3- الاعتماد على الموارد الطبيعية المحلية المتاحة : لتحقيق تكامل الفكر التصميمي مع عناصر التصميم البيئي

4- احترام الموقع : و تحقيق التكامل مع الظروف المحيطه دون إحداث تغييرات سلبية في معالم الموقع الأصلي (ماديا أو معنويا) أو الإضرار بالبيئة الطبيعية.

5- احترام المتعاملين والمستعملين : و الربط بين النمط الاجتماعي للمستخدمين وبين البيئة المحيطة بشكل منظم غير عشوائي .

6- تحقيق الاقتصادية : من خلال الاعتماد على الموارد المتاحة للبناء ، توفير الطاقة المستهلكة قبل و بعد تشغيل المبنى و التوافق مع البيئة المحيطة .

لذا أدرك خبراء العمارة الحديثة مدى أهمية الارتباط التفاعلي بين الإنسان والبيئة لإصلاح ما أفسده الدهر، خاصة مع الظروف الاقتصادية و السكانية و العمرانية الحالية. مما جعل من توفير بديل مستدام متوافق بيئيا أمرا ضروريا و ملحا .
و بالتالي كان التوجه لإيجاد بدائل إنشائية مستدامة متوافقة بيئيا للتغلب على السلبيات الناتجة عن طرق الإنشاء و المواد المستخدمة حاليا والتي تسببت في استنزاف الطاقه والموارد ، تلوث البيئة ، والتأثير السلبي على صحة مستعملي المبنى . بالإضافة إلى ارتفاع معدلات التكلفة و الأسعار .

2-2 استخدام التربة الطبيعية في الإنشاء – خلفية تاريخية :

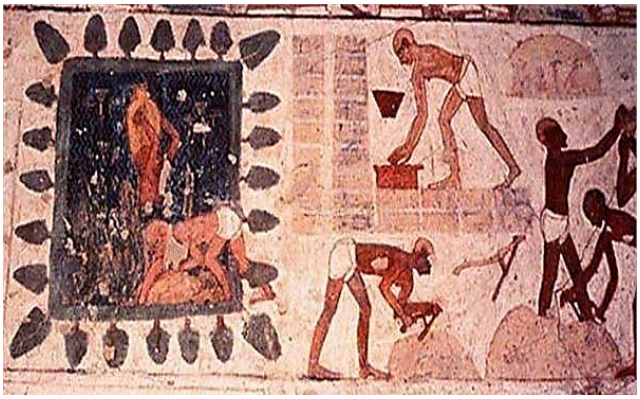
يعد استخدام التربة الطبيعية كمادة إنشائية من أقدم و أنجح الطرق التقليدية عبر فترات زمنية متتابعة في شتى أنحاء العالم . و فيما يلي رصد لأهم تلك التقنيات :

أ. تقنية الطوب اللبن: Adobe [4، 5]

من أهم طرق البناء في الحضارات القديمة و أكثرها سهولة ومتانة ، و الذي يصنع بخلط الطين مع الرمال و الماء و يصب في شدات بالأبعاد المطلوبة و يترك ليجف بالشمس حتى يتصلب. و قد كان قدماء المصريين أول من استخدم هذه الطريقة التي تم توثيقها على جدران المقابر (كما يوضح الشكل رقم1). ولدينا أقدم سور مبني من الطوب اللبِن في شونة الزبيب بالعرابة المدفونة بالوجه القبلي و الذي ما زال قائما حتى الآن منذ خمسة آلاف عام .
وفي العصر الحديث أدرك بعض المعماريين أهمية استعمال الطوب اللبِن في البناء وذلك لقلة تكلفته و سهولة التعامل معه و مناسبته للأماكن الصحراوية. و كان أهمهم و أشهرهم عالميا المعماري " حسن فتحي" المعروف باسم «معماري الفقراء» ، والذي تميز بفكر و طراز معماري فريد تبلور من خلال أعماله و على رأسها مشروع قرية القرنة (كما في الشكل رقم 2)

ب. تقنية أكياس التربة Earthbags Buildings [6، 7]

بدأ استخدامها منذ القرن الثامن عشر و تطورت من قبل الجيش الألماني ، و تعتمد على حفر خندق يملأ بأكياس منسوجة – من الخيش أو الألياف الطبيعية - مملوءة بالتربة كأساس ، ثم ترص طبقات متتالية من أكياس التربة . و توالت الدراسات بهدف التطوير حتى عام 1984م عندما قام المعماري الإيراني نادر خليلي بتدعيم الطبقات بالأسلاك الشائكة لربط الصفوف و تقوية الحوائط .
و تتميز هذه الطريقة بكونها توفر بناءا صحيا دون الإضرار لأي نظم بيئية ، إلى جانب أنها منخفضة التكاليف و سهلة و سريعة التنفيذ ، بما يتناسب مع المناطق الصحراوية النائية . كما تتميز بالمرونة من خلال امكانية تنفيذ تصميمات متنوعة تشمل الحوائط الدائرية و الأسقف المخروطية و القباب و الأقبية ، و لا تحتاج عمالة مدربة . لذا كانت فعالة في إقامة مساكن للاجئين في كل من جنوب إيران عام 1995م ، و غزة عام 2010م ، و سوريا عام 2013م.(كما يوضح الشكل 3)



شكل رقم 1- نقوش فرعونية في مقابر أبيدوس تدل على البناء بالطوب اللبن(5)

شكل رقم 2- قرية القرنة الجديدة – 1947م- كنموذج رائد لمباني حسن فتحي(4)

شكل رقم 3- بناء مساكن اللاجئين من أكياس التربة – سوريا (7)

ج. *تقنية التربة المدكوكة: Rammed earth [3]*

من الطرق القديمة المستخدمة منذ أكثر من 5000 عام قبل الميلاد من قبل الآشوريين ، و لا زالت مستخدمة من قبل عدد من الدول النامية حتى الآن . و من أهم الأمثلة سور الصين العظيم الممتد لأكثر من 20 كلم . و تعتمد هذه الطريقة على صب التربة الرطبة المخلوطة بمادة مثبتة في فرم قوية متحركة تثبت في مواضعها أثناء الإنشاء ، و تقسم التربة على هيئة طبقات بسمك 15 سم و تدك كل طبقة حتى اكتمال الحائط بشكل متجانس . وبتطور هذه التقنية باستخدام الميكنة للدك و نظم الشدات الحديثة أمكن توفير الكثير من الوقت والجهد و زيادة تحمل الجدار للصدمات.

و من نماذج المباني المستخدمة لهذه التقنية مباني الإقامة الأكاديمية – جامعة تشارلز ستورت - نيو ساوث ويلز- أستراليا عام 1993م Charles Sturt University -Wodonga Campus [8] (كما في شكل رقم 4)

شكل رقم 4- مباني الإقامة بتقنية التربة المدموكة–جامعة تشارلز ستورت –أستراليا (8)

3. تقنية نظام التربة المثبتة المضغوطة Compressed Earth Blocks(طوب الليجو) :

3-1 مفهوم عام :

ظل التحدي الأساسي لسنوات طويلة لتطوير مواد البناء و خاصة الطوب الذي يمثل العنصر الأكثر استخداما في المباني ، بهدف الوصول لمنتج يحقق مفهوم الاستدامة بالإضافة إلى القوة و التماسك . فكان نظام (طوب التربة المضغوطة CEB) من أهم التقنيات المستخدمة للتربة الطبيعية - كأحد الموارد البيئية و أكثرها انتشارا -. و الذي أطلق عليه اسم (طوب الليجو Lego Blocks) تشبيها بلعبة الأطفال الشهيرة و إشارة إلى سهولة التعامل معه و استخدامه (كما في شكل رقم 5) [9]

شكل رقم 5- طوب التربة المضغوط – طوب الليجو (9)

و على الرغم من الاستخدام المبكر لطوب التربة المضغوط مع بدايات القرن العشرين في إطار مشاريع التنمية العمرانية في أمريكا اللاتينية، والقارة الأفريقية ، و توافر المادة الأساسية في التصنيع و التي تتمثل في المساحات الشاسعة من الصحاري و الرمال ، إلا أن استخدامه لازال محدودا جدا في منطقة الشرق الأوسط .

و قد ظهرت الفكرة بوضوح في مصرلأول مرة مع بداية عام 2015 عندما تفاقمت مشكلة تراكم الرمال المشونة الناتجة عن أعمال الحفر الجاف و الرطب لقناة السويس الجديدة ، فكان اقتراح دكتور مهندس معماري وائل محمد عادل توفيق الذي يعمل بالإدارة الهندسية في هيئة قناة السويس باستغلالها في إقامة منشآت ومجتمعات موفرة للطاقة، وقليلة التكلفة، بطريقة البناء بالتربة المثبتة المضغوطة [10]. وتزامن ذلك مع رؤية المركز القومي المصري لبحوث البناء الذي أصدر المسودة الأولى لكود البناء بنظام التربة المثبتة المضغوطة – الجزء الأول – عام 2015

3-2 أسلوب البناء : [11، 12، 13]

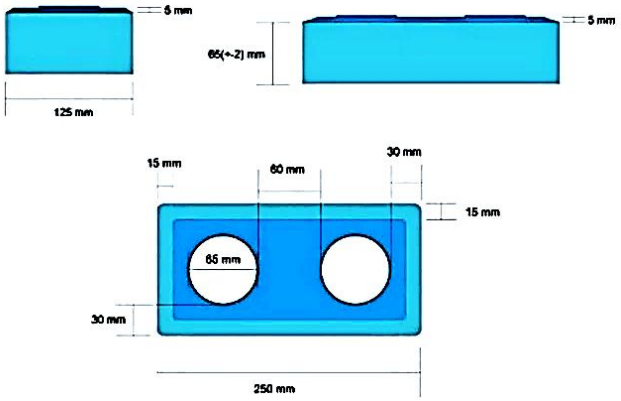
يعتمد تصنيع طوب الليجو على خليط مكون من التربة الرطبة و مادة تثبيت يتم ضغطه بمكبس هيدروليكي يدوي أو آلي ، لتتكون وحدات متماسكة بأبعاد قياسية (25× 12.5 × 4.5- 8 سم) قابلة للاستخدام في عمليات البناء بنفس الطرق المعروفة للبناء بالطوب . (كما في الشكلين رقم 6، 7) . و فيما يلي رصد للمواد المستخدمة و تقنية التنفيذ :

3-2-1 المواد المستخدمة :

أ- التربة الطبيعية :

التربة المستخدمة في تصنيع الطوب لا بد أن يتم اختيارها لتحقق مجموعة من الاعتبارات كما يلي : (كما يوضح الجدول 1)

1- أن تكون التربة قابلة للإنضغاط تبعا لمعامل إنضغاط معتمد
2- تدرج حبيبات التربة بالنسب المعتمدة لضمان تماسك الطوبة .
3- خلو التربة من المواد العضوية و الأملاح ، و التي تحول دون تماسك الطوبة كما تؤخر عمل الإضافات و المثبتات (و التي لا تشمل المواد العضوية الطبيعية كعصائر الأشجار ، أو السماد العضوي - مخلفات الحيوانات)



شكل رقم 6- الأبعاد القياسية طوب الليجو (الباحث – تبعا لمعلومات الكود المصري)

شكل رقم 7- البناء بطوب التربة المضغوطة بنفس الطرق التقليدية للبناء (9)

جدول 1- الخصائص القياسية للتربة الطبيعية المعتمدة (11)

و يتم تحديد التربة الصالحة للاستخدام من خلال مجموعة من الاختبارات كما يلي :

- الاختبارات المعملية : Sensitive Analysis تحتاج إلى أجهزة و أدوات ومواد كيميائية خاصة فلا يمكن إجراؤها إلا بواسطة المتخصصين .
- الاختبارات الحقلية : يمكن القيام بها في الموقع بعد التدريب عليها . و رغم أنها غير دقيقة كالاختبارات المعملية إلا أنها كافية لتحديد سلوك التربة و معرفة مدى ملاءمتها للاستخدام .

و يمكن تحديد مدى كفاءة التربة من خلال نوعين من الاختبارات كما يلي : [12]

- التدرج الحبيبي – الخصائص الطبيعية و الفيزيائية للتربة grain soil – distribution – soil texture (كما في الشكل 8)
- أشعة توضح نوعية التربة و ما تحويه من المواد العضوية و الأملاح x-ray analysis- qualitied test - (كما في الشكل 9)

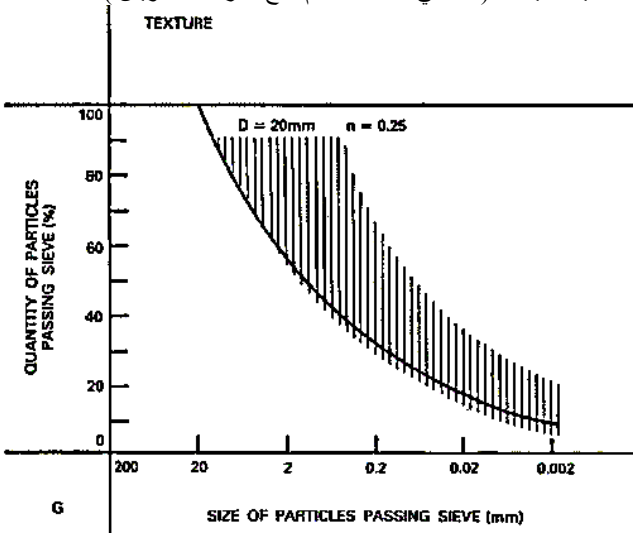
ب- الإضافات المثبتة :

هدفها اكتساب الطوب لخاصية الديمومة و تحسين الآداء و الخواص و مقاومة العوامل المناخية . و يتمثل أهمها فيما يلي :

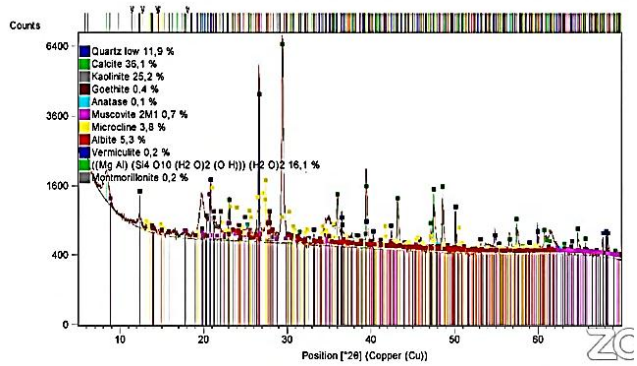
1-الأسمنت : يضاف الأسمنت البورتلاندي للتربة الرملية كرابط لحبيبات الرمل و الزلط بنسبة تتراوح بين 3-8 % .

2-الجير : يعمل على تكوين روابط كيميائية قوية بين الطين و الرمل .

3-إضافات خاصة : يتم إضافة بعض المواد المقاومة للأملاح أو غيرها تبعا لحالة التربة الطبيعية ونسب ما تحويه من أملاح أو مواد عضوية تبعا لنتائج تحليل العينات. (كما في حالة استخدام ناتج حفر قناة السويس)



شكل رقم 8- التدرج الحبيبي Grain soil distribution (12)



شكل رقم 9- x-ray analysis- qualitied test - لتحليل محتويات التربة من المواد العضوية و الأملاح (12)

التدرج	زلط رفيع 15% - رمل50% - طمي 15% - طين 20%
اللدونة	معامل اللدونة 12- 22 % (النسبة المفضلة) حد السيولة 30- 35 % (النسبة المفضلة)
محتوى الكبريتات	أقل من 2%
محتوى الكلوريدات	أقل من 1%
المواد العضوية	أقل من 1%

2-2-3 مراحل و خطوات العمل: [12، 13]

تشمل عملية تصنيع طوب التربة المضغوطة عدة مراحل كما يلي :

1- التكسير و الطحن : نحتاج إليها في حالة الحصول على التربة الطبيعية من خلال المحاجر (عرق طفلة) بحيث يتم تكسيرها باستخدام كسارات خاصة إلى أحجار متوسطة الحجم ، و من ثم طحنها (كما في شكل رقم 10)

2- غربلة المكونات : يتم تحضير مكونات الخلطة الجافة تبعا لنسب التدرج الحبيبي المطلوب مع إضافة المثبتات و الصبغات حسب اللون المطلوب .

3- الخلط (تحضير الخلطة) : توضع المكونات الجافة في ماكينة الخلط مع الماء بنسبة تتراوح بين 12-15% - (كما في شكل رقم 11)

4- الضغط (تشكيل الوحدات) : يتم صب الخلطة في قادوس المكبس الهيدروليكي – سواء كان يدويا أو أوتوماتيك - لكبس المكونات بالشكل المطلوب . و في المتوسط يستغرق تشكيل الوحدة ما بين 12- 15 ثانية في الماكينة النصف أوتوماتيك ذات قدرة إنتاجية 1400- 1500 قطعة خلال 8 ساعات عمل . (كما في الشكلين 12 و 13)

5- التخزين : يتم تخزين الوحدات و تجفيفها في مكان جيد التهوية على منصات خشبية مفرغة، (بحد أقصى 6 صفوف – حوالي 350 قطعة)، مع تغطيتها بالبلاستيك لضمان الاحتفاظ بالحرارة و تكثيف مياه التبخير الضرورية لتفعيل الخواص الهندسية و الفيزيائية للوحدات ، و تترك لمدة تتراوح بين 2-3 أسابيع ليكون جاهزا للبناء (كما في شكل رقم14)

شكل رقم 10- مرحلة طحن المكونات للحصول على التدرج الحبيبي المطلوب (12)

شكل رقم 11- مرحلة خلط المكونات و التجهيز للكبس (12)

شكل رقم 12- ماكينة الكبس الهيدروليكية نصف أوتوماتيك (13)

شكل رقم 13- ماكينة كبس هيدروليكية مميكنة بالكامل (9)

شكل رقم 14- طريقة تجفيف و تخزين وحدات الطوب (13)

6- عملية التشييد : يتم تحديد الخطوط الأساسية للتصميم و تجهيز الأساسات من الخرسانة أو الحجر ، و من ثم رص الصف الأول من الطوب باستخدام الأدلة وترص باقي الصفوف بسهولة عن طريق الاسترشاد بالفتحات في كل وحدة . و يتم التثبيت باستخدام كميات قليلة من المادة اللاصقة – دون الحاجة لمونة ربط - حيث تحتاج كل 500 قطعة لـ 25 كيلوجرامًا.من الغراء (كما في شكل رقم 15). و بذلك يمكن تلافي الأخطاء التقليدية ، مع تحقيق سرعة البناء بنسبة 2-3 مرات مقارنة بمواد البناء المشابهة. و في حالة ارتفاع المبنى لأكثر من دور يمكن تقوية الأركان بأسياخ الحديد (التي لا يقل قطرها عن 12مم) مع صب الخرسانة في الثقوب المركزية.(كما في الشكل رقم 16)

شكل رقم 15 - طريقة تثبيت الصفوف باستخدام كميات قليلة من الغراء (13)

شكل رقم 16- تدعيم الأركان بحديد التسليح و الخرسانة (13)

3-3 مميزات طوب التربة المضغوطة كمادة إنشاء بديلة مستدامة :

تنفرد تقنية طوب التربة المضغوطة بالعديد من الخصائص التي تميزها عن مواد البناء الشبيهة ، مما يجعلها الاختيار الأمثل للتنمية السكنية في المناطق الصحراوية. و هو ما أوصت به الهيئة العليا لتطوير الرياض عام 2008 و تم استخدامه بالفعل في العديد من المباني ومنها مسجد «المدى» الذي يعد من أوائل المنشآت المعمارية في المملكة باستخدام تقنية الطوب المضغوط. ***[14]*** . و تتمثل مميزاته فيما يلي :

أ. التوافق مع البيئة : [2]

- مادة إنشائية طبيعية محلية صديقة للبيئة لا يدخل في تكوينها مواد اصطناعية تعرض مستخدميها لأي أضرار صحية .
- عدم استخدام مصادر الطاقة البترولية و بالتالي حماية البيئة من نواتج الاحتراق
- مخلفات البناء من المواد الطبيعية التي يمكن إعادة تدويرها ، ولا تؤدي إلى أي مشكلات بيئية بعد انتهاء العمر الافتراضي للمنشأ .
- استغلال نواتج الحفرالمشون في العديد من المشروعات مما يساعد على توفير المساحات في أنشطة مختلفة دون التسبب في مشكلات بيئية .

ب. توفير الطاقة و تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات [15، 16]

- تقليل الطاقة اللازمة في تصنيع وحدات البناء
- تقليل الطاقة اللازمة لتحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات نظرا لتميزه بكتلة حرارية كبيرة تسمح بزيادة زمن التخلف الحراري و مقاومة عالية للتوصيل الحراري، مما يحقق الموازنة بين حرارة الظهيرة و برودة الليل و توفير بيئة حرارية معتدلة داخل المبني .

ج. النواحي الاقتصادية : [12، 16]

- سهولة التصنيع في موقع العمل يوفر تكلفة النقل .
- إمكانية البناء في الأراضي الصحراوية النائية و الاعتماد علي مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء و تشغيل الماكينات
- الطاقة المستخدمة في إنتاج وحدات التربة المضغوطة توازي10% من الطاقة المستخدمة في إنتاج الطوب الأسمنتي
- عدم الاحتياج لعمالة مدربة يوفر فرص للعمل و يساهم في حل مشكلة البطالة
- المساهمة في حل مشكلة الإسكان من خلال توفير مساكن منخفضة التكلفة نظرا لانخفاض تكلفة البناء و انخفاض سعر العمالة غير المدربة
- في حالة استخدام نظام الحوائط الحاملة بطوب التربة المضغوطة يمكن خفض التكلفة الإجمالية للمنشأ بنسبة 35% ، و توفير60% من استهلاك الحديد ، كما يمكن خفض التكلفة بنسبة 45-50% في حالة استخدام الطوب المضغوط في كامل عناصر المبنى بما فيها الأسقف حيث تمثل الأسقف حوالي 60% من تكلفة المبنى .

د. النواحي الاجتماعية و الإنسانية:

- سهولة التنفيذ تتيح مشاركة السكان مما يدعم الانتماء للمسكن و الحفاظ عليه
- تشجيع جميع فئات العمالة بداية من العمالة المتوسطة و وصولا إلى العمالة المدربة من البنائين خاصة في الأجزاء الخاصة بإنشاء الأسقف
- العودة للهوية و الشخصية البصرية للعمران المصري خاصة في القرى من خلال استخدام مادة متوافقة بشكل كبير مع الخلفية الثقافية للسكان

ه. النواحي التقنية : [17]

- إمكانية إنشاء مباني تصل لارتفاع 3-4 أدوار – و هو مناسب للاستعمال السكني
- الثقوب المتواجدة في تصميم الطوبة يمكن استخدامها لمد كابلات الكهرباء وتوصيلات الصحي دون تكسير
- إمكانية التدعيم بأسياخ حديد من خلال تلك الثقوب و صب خليط من التربة والأسمنت للتأكيد على المتانة (خاصة في الأركان)
- إمكانية الحصول على ألوان مختلفة من الطوب تبعا لاحتياجات التصميم مما يوفر أبعادا جمالية تمكن من الاستغناء عن عملية التشطيب و النهو الخارجي و الداخلي.

و. الخصائص الفيزيائية : [11، 17]

- مقاومة ضغط تصل إلى200كجم/سم^2، حسب نسب المكونات و قدرة ماكينة الضغط مما يؤهله للاستخدام في كافة عناصر المبنى
- كثافة عالية – الوزن الحجمي- تصل إلى 2000 كجم/م3
- امتصاص الماء لا يتخطى 5-6٪ ، و بالتالي مقاوم للرطوبة و التزهير.
- مقاومة درجات الحرارة و الحريق و الصقيع مهما تعرض لتغيرات مفاجئة
- مقاومة الزلازل أكثر مرة و نصف من الأنواع الأخرى
- متوسط وزن الوحدة 3.5 – 4 كجم (تبعا للمكونات المضمنة في المنتج)

4-3 مقارنة طوب التربة المضغوطة مع باقي التقنيات :

تتشابه التقنيات المستخدمة للتربة الطبيعية في مميزاتها بشكل عام ، إلا أنها تتفاوت من حيث توافقها مع البيئة ، مقاومة الظروف البيئية و درجات الحرارة العالية وتوفير التكلفة (كما في الجدول رقم 2)

جدول 2 – مقارنة طوب التربة المضغوطة مع التقنيات الأخرى المستخدمة للتربة الطبيعية (الباحث)

	طوب التربة المضغوط
الطوب اللبن	طوب التربة المضغوطة يحتاج كمية أقل من الماء و وقت أقل للتجفيف . بالإضافة إلى عدم الإحتياج لشدات و الحصول على منتج أكثر تجانسا و دقة و كثافة نتيجة للضغط المميكن .
أكياس التربة	طوب التربة المضغوطة يحقق كفاءة أعلى في العزل الحراري ومقاومة درجات الحرارة لنفس سمك الحائط ، حيث نحتاج لزيادة سمك الحوائط بأكياس الرمل لتحقيق قدر عالي من العزل الحراري
التربة المدموكة	طوب التربة المضغوطة يدعم تنفيذ تصميمات أكثر مرونة (المنحنيات أو الدوائر) بالإضافة إلى عدم الاحتياج للشدات التي تتطلب عمالة مدربة ، كما أن تقنية التربة المدكوكة غير كفء في التسقيف أو الأساسات.

أما في حالة المقارنة بين طوب التربة المضغوطة و طرق التشييد التقليدية (خرسانة و طوب طفلي أو أسمنتي) نجد التفاوت الكبير فيما بينهما (كما في الجدول رقم 3)

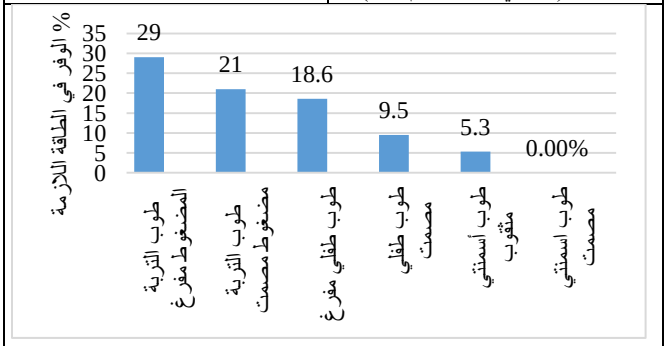
جدول 3 – مقارنة طوب التربة المضغوطة مع مواد الإنشاء المشابهة (الباحث)

الشكل و الأبعاد	
طوب التربة المضغوطة	الطوب الطفلي

250 ×125× 65 ملم
لها فتحتين قطر كل منها 75 ملم
1م^3 يحوي 500 قطعة

250 ×125× 65 ملم
1م^3 يحوي 455 قطعة

الخصائص الفيزيائية [12، 18]	
طوب التربة المضغوطة	الطوب الطفلي
●مقاومة ضغط تصل إلى 200 كجم/سم^2 و هو ما توفره الخرسانة ●امتصاص الماء 5-6٪ ، و بالتالي مقاومة التزهير ●مقاومة درجات الحرارة و الحريق و الصقيع ●كثافة 1550 كجم لكل 1م^3 ●وزن الوحدة حوالي 3 كجم ●مقاومة الزلازل مرة و نصف أكثر من الأنواع الأخرى	●مقاومة ضغط تتراوح بين 25-30 كجم / م^2 ●غير مقاوم الماء - و نسبة الامتصاص لا تقل عن 30٪ ●غير مقاوم للبكتيريا و العفن والتزهير ●مقاومة درجات الحرارة و الحريق ●وزن الوحدة من 4 كجم للمصمت إلى 2.3 للمفرغ ● غير مقاوم للزلازل
التوافق مع البيئة	
طوب التربة المضغوطة	الطوب الطفلي / الخرسانة
●المواد المستخدمة طبيعية من البيئة المحيطة و الموارد المتاحة ●مخلفات البناء يمكن إعادة تدويرها ولا تؤدي إلى أي مشكلات بيئية	●مواد مصنعة غير طبيعية مخلفاتها لا تتحلل و تسبب مشاكل تلوث للتربة ●نواتج مصانع الأسمنت و الطوب من عوادم تسبب التلوث الجوي ●استنزاف التُربة الخصبة مما يؤثر سلباً على الأراضي الزراعية.
توفير الطاقة [16]	
طوب التربة المضغوطة	الطوب بأنواعه
●توفير الطاقة البترولية اللازمة في التصنيع ●توفير الطاقة اللازمة لتحقيق الراحة الحرارية للمسكن و التي تقل عن أنواع الطوب الأخرى بنسبة تصل إلى 30%(كما في الشكل رقم 17)	●إهدار للطاقة البترولية من خلال عمليات التصنيع ●تتطلب الفراغات طاقة كبيرة لتحقيق الراحة الحرارية في الفراغات



شكل رقم 17- نسب الوفر في استهلاك الطاقة المطلوبة لتحقيق معدلات الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الأسمنتي المصمت (16)

العزل الحراري و مقاومة الحرارة [8]	
طوب التربة المضغوطة	الطوب بأنواعه

يتميز طوب التربة المضغوطة بالوزن الحجمي الكبير مما زاد السعة الحرارية و بالتالي زيادة زمن التخلف الحراري (كما في الجدول رقم4)

جدول 4- الفرق في السعة الحرارية و التوصيل الحراري بين المواد المختلفة (12)

	السعة الحرارية ك جول/ م3	التوصيل الحراري وات/م
طوب التربة المضغوطة	1740	0.81
طوب طفلي مصمت	1360	0.65
طوب أسمنتي مصمت	550	1.389

النواحي التقنية – التنفيذ	
طوب التربة المضغوطة	الطوب الطفلي / الخرسانة
●سرعة الإنجاز ●لا يحتاج مونة ربط و يكتفى بكمية قليلة من الغراء للربط بين الصفوف ●مد مواسير الصحي و كابلات الكهرباء من خلال ثقوب الطوبة ● يمكن الاستغناء عن التشطيب الخارجي و استغلال تشكيل الطوب و ألوانه لتحقيق الشكل الجمالي للواجهات	●يستغرق البناء وقتاً أكبر بسبب احتياجه لدقة ضبط الصفوف و تثبيتها بمونة الربط ، بالإضافة إلى شدات الأعمدة و الأسقف ●يحتاج لتكسير في الحوائط لمد توصيلات الكهرباء و الصحي ●ضرورة تشطيب للواجهات بهدف إخفاء المظهر غير المرغوب فيه
النواحي الإنسانية	
طوب التربة المضغوطة	الطوب الطفلي / الخرسانة
●سهولة التنفيذ تتيح مشاركة السكان و تدعم النظام التعاوني ●تشجيع جميع فئات العمالة بداية من العمالة المتوسطة و حتى العمالة المدربة من البنائين المهرة المتخصصين في إنشاء الأسقف ●العودة للهوية و الشخصية البصرية للعمران المصري خاصة في القرى من خلال استخدام مادة شبيهة بشكل كبير للخلفية الثقافية للسكان	●التنفيذ يتطلب عمالة مدربة من الحدادين و البنائين و بالتالي يصعب مشاركة الأهالي في عملية البناء ●تجاهل العمالة المدربة من البنائين المهرة في بناء العناصر المعمارية المختلفة (قباب ، أقبية،عقود) مما يهدد هذه الحرفة بالاندثار ●مواد مصنعة غريبة على ثقافة المجتمع الريفي و دخيلة عليه
النواحي الاقتصادية [12، 18]	
طوب التربة المضغوطة	الطوب الطفلي / الخرسانة
●التوفير في تكلفة التصنيع ، استهلاك المياه و الطاقة ، تكلفة النقل حيث يمكن التصنيع في الموقع نفسه ●توفير تكلفة و وقت عمل وفك الشدات، ● توفير تكلفة التشطيب ●توفير فرص عمل لأعداد كبيرة من العمال غير المهرة	●ارتفاع تكإلف التصنيع ، استهلاك الطاقة ، وتكلفة النقل و التشوين ●زيادة التكلفة و الوقت لعمل الشدات التي تتطلب عمالة مدربة ●الاحتياج للتشطيب الداخلي والخارجي للمبنى

و يوضح (الجدول رقم 5) نسبة الوفر في تكلفة التصنيع لطوب التربة المضغوط في عام 2020

جدول 5 – نسبة الوفر في تكلفة تصنيع 1000 وحدة (12)

المنطقة	أسوان		المملكة العربية السعودية	
المادة المستخدمة	طوب التربة المضغوط	الطوب الأحمر	طوب التربة المضغوط	الطوب الأحمر
التكلفة	518 ج	900ج	475 ريال	1000 ريال
نسبة الوفر في تكلفة التصنيع	%42		%52	

كما يمكن زيادة الوفر في التكلفة الإجمالية للإنشاء باستخدام طوب التربة المضغوط لكافة عناصر المبنى شاملة الأسقف (كما يوضح الجدول رقم 6)

جدول 6- اختلاف إجمالى التكلفة /م2 باختلاف مواد و نظام الإنشاء(2020) (12)

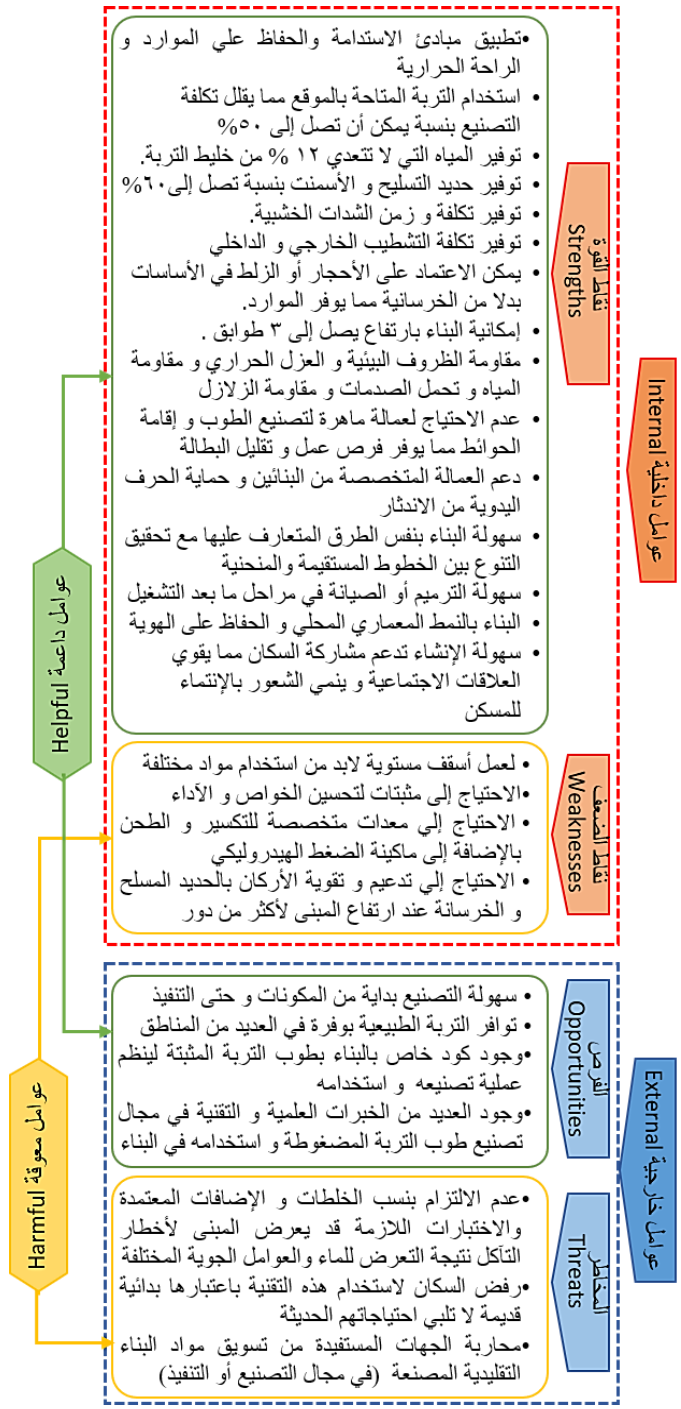
طريقة الإنشاء		التكلفة لكل 1م2	نسبة الوفر في التكلفة
مبنى هيكلي خرساني سقف بلاطة خرسانية حوائط طوب أحمر		1370	-
حوائط حاملة من الطوب الأحمر، السقف قبوات من الطوب الأحمر مدعمة بكمرات خرسانية		1200	%12.4
حوائط حاملة من الطوب الأحمر، الأسقف قباب و أقبية من الطوب الأحمر		855	%37.6
حوائط و أسقف من طوب التربة المضغوطة دون استخدام أسياخ حديد للتدعيم		500	%60

و بالتالي نجد أن تقنية طوب التربة المضغوطة هي الأكثر ملاءمة للاستخدام في مجال التنمية العمرانية للريف و المناطق الصحراوية و النائية . و مما سبق من المقارنات والدراسات النظرية يمكن عمل SWOT Analysis لتقييم مدى إمكانية تطبيق تقنية طوب التربة المضغوطة من خلال التنمية العمرانية في الريف (كما في الشكل 18) :

4. نماذج تطبيقية : تجارب محلية رائدة في مجال تصنيع و استخدام طوب التربة المضغوطة CEB

4-1 المعماري حسن فتحي - تجربة ميت النصارى – الفيوم [4، 19، 20]

إن اختزال المعماري حسن فتحي في القبة و القبو خطأ فادح ، فلم يكن حسن فتحي فقط أول من ربط بين العمارة و التنمية الشاملة ، و إنما كان أيضا أول من استخدم تقنية طوب التربة المضغوطة في مصرعام 1954م . و كان ذلك في قرية ميت النصارى التي تعرضت لحريق كبير تسبب في تشريد 200أسرة ، فأرادت الحكومة



شكل رقم 18- SWOT Analysis لتقييم آداء و كفاءة طوب التربة المضغوطة (الباحث)

تسكينهم بأقصى سرعة و بأقل تكلفة ممكنة (و التي تمثلت في 100 جنيه مصري، و 100 أخرى كقرض) ، و تم إسناد المهمة للمعماري حسن فتحي الذي نجح في تحقيق التكامل بين الفكر المتطور و تلبية احتياجات السكان بمختلف مستوياتها في حدود الإمكانات و الوقت المتاح (كما في شكل رقم 19) ، و ذلك من خلال مواجهة مجموعة من التحديات كما يلي :

1- عدم تفرغ القرويين و التزامهم بأعمالهم لكسب قوت يومهم – من تجارة أو زراعة – مما تسبب في صعوبة توفير الوقت للبناء كعمل تطوعي .

- الحل : تم تقسيم الأسر إلى 10 مجموعات و لكل منها مندوب للتفاوض ، و كل مجموعة تلتزم بتوفير نصيبها من العمالة و اختيار الوقت المناسب لها بالتناوب.

2- رفض السكان لفكرة البناء بالطوب اللبن باعتباره مادة إنشاء بدائية

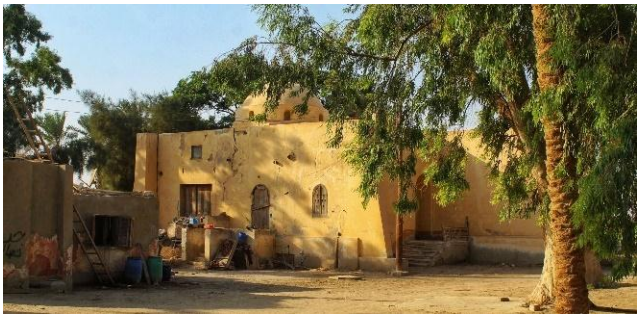
- الحل : تم التعريف بأنها الوسيلة الوحيدة التي تضمن توفير مسكن مريح في نطاق الميزانية المتاحة ، بالإضافة إلى مقاومته للحريق . مع ترتيب زيارات ميدانية لقرية القرنة كنموذج مشابه .

3- المطلوب توفير المساكن بأقصى سرعة ممكنة بسبب الظروف الطارئة بينما يتطلب البناء بالطوب اللبن وقتا طويلا

- الحل : اقتراح د. يتزار – مستشار ميكانيكا التربة لشركة بوم ماربن- باستخدام خلطة المكونات الجافة و ترطيبها بالتبخير في خلاط الأسمنت الميكانيكي ، ومن ثم كبسه بمكبس ميكانيكي لأول مرة . و خرج المنتج ليحقق فكر حسن فتحي و طرازه المميز و يتوافق مع البيئة و يلبي احتياجات السكان

و قد اثبت اختبار و تحليل العينات الجديدة في معامل جامعة القاهرة ما يلي :

- أن الترطيب بالتبخير يتخلل التربة بشكل أفضل من الماء و يقلل زمن التجفيف
- أن إضافة الرمل يحسن درجة التماسك و يزيد تحمل الضغط إلى40 كجم/سم^2
- أن الكبس الميكانيكي تسبب في زيادة الكثافة و التوصيل الحراري للطوبة إلا أنه زاد السعة الحرارية و زمن التخلف الحراري . و بالتالي زيادة معدل العزل الحراري و تحقيق الإتزان الحراري بين فترات الليل و النهار .



شكل رقم 19- نموذج للمباني الباقية من قرية ميت النصارى – الفيوم (4)

2-4 المعماري محمد مختار الرافعي (مجموعة متميزة من التجارب)

يعد المعماري محمد مختار الرافعي من أبرز المعماريين الذين تبنوا فكر البناء بطوب التربة المضغوطة و التي تم استخدامها و توظيفها من خلال العديد من الأعمال التي عبرت عن العمارة الصادقة . بداية من تأسيس " شركة أديم " عام 1998م أول شركة محترفه ومتخصصة في مصر والعالم العربي لتطوير وتصنيع طوب التربة المضغوطة CEB ، بالإضافة إلى تصنيع كافة المعدات المطلوبة للتصنيع بخامات وعمالة محلية . كما أقام العديد من المحاضرات وحلقات النقاش في العديد من البلاد العربية و الأوروبية حول العمارة الصادقة واستخدام خامات تربة الأرض في البناء ، بالإضافة إلى العديد من الدراسات و الأبحاث العلمية. وذلك لتحقيق عدد من الأهداف كما يلي [21] :

- البحث والتطوير لتوطين تقنية طوب التربة المضغوطة كبديل هندسي حديث للطوب الطيني التقليدي Adobe الذي كان سائدا في قرى مصر .
- إنشاء صناعة وطنية بخامات وعمالة محلية حتى تدخل مصر السوق العالمي تأكيدا على مفهوم الدعم الذاتي والتنمية من خلال الموارد المتاحة.
- تطوير تقنيات الإنشاء والتسقيف باستخدام الطوب وتوطين تقنية ال Jack Arch System كتقنية تصلح لمجال واسع من الاحتياجات الفراغية والتصميمية.
- دراسة كافة النقاط المتعلقة بالجوانب الفنية والاقتصادية الخاصة بإنتاج طوبCEB في مختلف مناطق توافر التربة الطفلية بمصر.
- تطوير التصاميم المعمارية المتوافقة مع خامة البناء وأسلوب الإنشاء مع التركيز على قطاع الإسكان بالصحاري المصرية ومناطق الاستصلاح الزراعي .

فكان تصنيع أول مكبس يدوي محلي - يعمل بتقنية الروافع- عام 1999م ، و الذي تم استخدمه في عمل التجارب الأولى للخلطات وإنتاج العينات التجريبية من الطوب، بتكلفة توازي ثلث مثيله المستورد من بلجيكا بإنتاجيه 1500 طوبه / يوم لو عمل عليه عاملان لمدة 8 ساعات في اليوم (كما في الشكل 20) . و توالت خطوات التطوير في تصنيع الماكينات وصولا إلى تصنيع خط إنتاج مميكن بالكامل بالتعاون مع شركة تصنيع تركية متخصصة . و فيما يلي رصد لأهم أعماله :

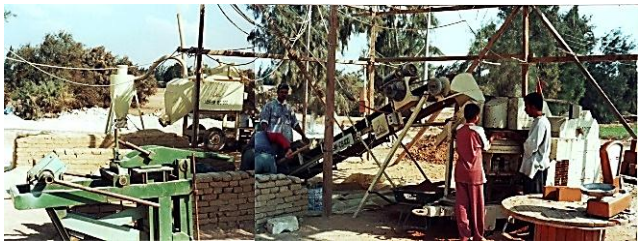
أ- *مشروع مبنى شركة سيكم للأعشاب الطبية – بلبيس (1999) [12]*

على الرغم من بساطة المبنى الذي يتكون من دور أرضي على مساحة 70م^2 ، إلا أن أهميته تكمن في النقاط التالية : (كما في شكل 21)

- أول مشروع يتم تنفيذه بعد الانتهاء من تصنيع كافة معدات خط الإنتاج الأول لتصنيع طوب التربة المضغوطة (و الذي شمل كسارة ، مطحنة طفلة ، ماكينة خلط ، مكبس هيدروليكي) فكان بمثابة الاختبار الحقيقي لخط الإنتاج الجديد (كما في شكل رقم 22) .
- الخروج بكم هائل من المعلومات الاسترشادية و التي شملت الجوانب الفنية ، التكإليف والصيانة ومشاكل العمالة والإدارة والتسويق.
- له بعد تنموي من خلال تدريب كم كبير من العمال داخل شركة سيكم وخارجها على عمليات إنتاج الطوب و البناء به بأسلوب الحوائط الحاملة
- يعد نموذجا حيا لنشر استخدام هذه التقنية في القرى المجاورة حيث قرر سكانها بناء بعض المباني الصغيره باستخدام تلك التقنية بدلا من الخرسانه

شكل رقم 20- أول مكبس يدوي من انتاج شركة أديم- 1999 (21)

شكل رقم 21- مبنى شركة سيكم بعد انتهاء الإنشاء – بلبيس (21)



شكل رقم 22- خط الإنتاج الكامل أثناء العمل بمبنى شركة سيكم (21)

ب- *مشروع سكني - نيجيريا :(2010) [19، 21]*

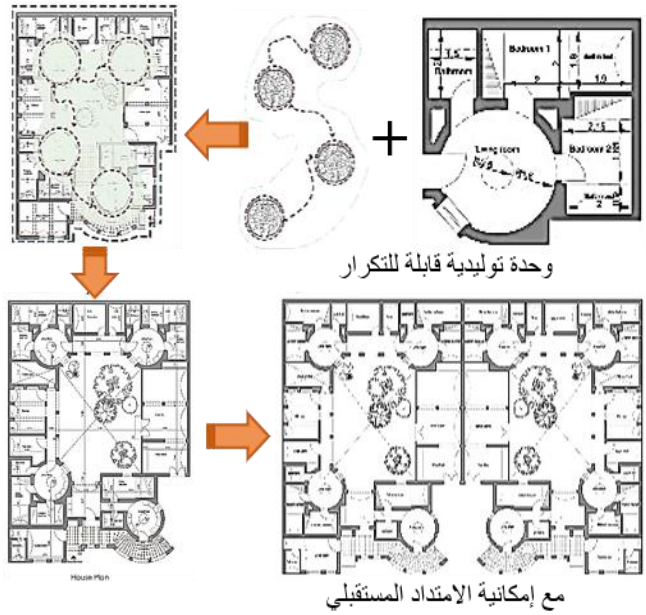
مشروع تنموي متكامل في قرية خاداماري – ولاية بورنو – شمال شرق نيجيريا.
و تمثلت أهدافه في كل مما يلي :

- توفير مجمع سكني لعدد 360 أسرة على مساحة 5 مليون م^2 ، بالإضافة إلى جميع الأنشطة الأساسية الزراعية و التجارية و الاجتماعية .
- توفير الأمان التام لسكان القرية و مواجهة الإرهاب
- تفعيل مشاركة السكان و دعم النظام التعاوني

و بالتالي نجح المشروع في مواجهة مجموعة من التحديات كما يلي :

1. توفير الأمن والأمان : تطلب عمل تصميم مغلق بالكامل متصل بباقي أجزاء المشروع عن طريق بوابات يمكن التحكم في غلقها ، بالإضافة إلى عمل خندق بعرض ثلاثة أمتار يحيط بأرض المشروع مع استخدام ناتج الحفر في صناعة الطوب المضغوط المستخدم في البناء
2. تحقيق الخصوصية و النمط الاجتماعي و العمراني للسكان الذين ينتمون إلى عدة قبائل غير متجانسة : تطلب تصميم نموذج سكني "توليدي" مستدام قابل للتكرار بعمل وحدة مطورة من الكوخ الدائري التقليدي بمساحة 40 م^2 ، بحيث يحقق التوافق مع ثقافة السكان و يلبي احتياجاتهم (كما في شكل 23، 24)
3. المشروع في منطقة نائية بعيدة عن التجمعات المأهولة مما تسبب في ندرة الموارد و الخدمات و الطاقة ، كما سيتم تمويله بدعم من هيئات إغاثية وتبرعات أهلية ، مما تطلب استخدام تقنية طوب التربة المضغوطة لاستغلال الموارد المتاحة في المنطقة و استثمار الطاقات البشرية من السكان من خلال تدريبهم على مراحل العمل (كما في الشكل 25) . فتم التسقيف باستخدام القباب و الأقبية البسيطة على الرغم من كونها عناصر دخيلة على المكان إلا أنها كانت الوسيلة الوحيدة لبناء أسقف من الطوب المصنوع في الموقع مع توفير خصائص الاستدامة و مقاومة الظروف البيئية والأمنية في ظل الظروف الاقتصادية المتاحة (كما في الشكل 26)

شكل رقم 23- المساكن الأصلية لسكان قرية خاداماري – نيجيريا (19)



شكل رقم 24- الفكر التصميمي للوحدات السكنية– خاداماري – نيجيريا (21)

شكل رقم 25- تدريب السكان على مراحل التصنيع و التشييد بالطوب المضغوط (19)

شكل رقم 26- الوحات السكنية المطورة لسكان القرية من طوب التربة المضغوط(19)

ج- دار ضيافة مزرعة القرينة – المملكة العربية السعودية – 2016[19، 22]

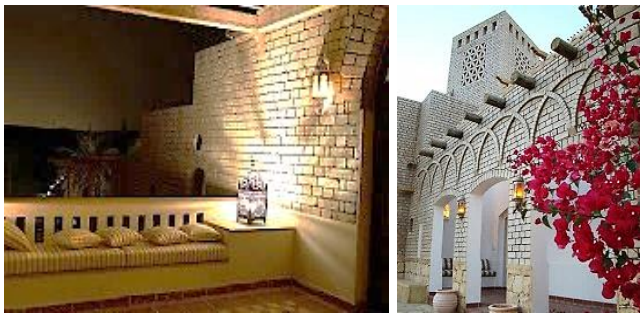
نموذج عالمي بفكر مصري و هو الحائزعلى جائزة المعماري حسن فتحي في دورتها التاسعة عام 2016. يقع المشروع بمنطقة القرينة 80 كلم شمال الرياض على طول وادي حليفة ، في قلب مجموعة من الهضاب الصخرية (كما في الشكل27) و الذي استهدف تصميم مبنى للضيافة و تنفيذه باستخدام مواد محلية مستدامة مع تحقيق التميز و الفخامة . و بالتالي تم تصميم المبنى ليراعي مجموعة من المعايير كالآتي : (كما في الأشكال 28، 29، 30)

- المبنى من دور واحد بنظام الحوائط الحاملة باستخدام طوب التربة المضغوطه المتوفرة بالموقع وبدون أي خرسانات سوى في الأساسات فقط
- الأسقف بالكامل من الطوب المضغوط و الذي شمل القباب و الأقبية و العقود بالإضافة إلى أسقف شبه مستوية من القبوات القطاعية segmental vaults والمثبتة على كمرات معدنية
- الاستغناء عن التشطيب الخارجي بالكامل و أسقف الفراغات الداخلية
- تحقيق قطاع متدرج لتلبية الاحتياجات للفراغات المختلفة

شكل رقم 27- مبنى ضيافة مزرعة القرنة – في قلب مرتفعات وادي حليفة (23)

شكل رقم 28- التصميم المعماري المتكامل لمبنى ضيافة القرينة (23)

شكل رقم 29- تنفيذ الأسقف (قباب و أقبية) بوحدات طوب التربة المضغوطة (23)



شكل رقم 30- الاستغناء عن التشطيب الخارجي و الاعتماد على وحدات البناء فقط (23)

3-4- تجربة جامعة أكتوبر للعلوم الحديثة والآداب MSA : [13، 24]

تجربة رائدة في جامعة مصرية تبنت فكرة البناء بطوب التربة المضغوطة بداية من عام 2016 و توالت الخطوات و النجاحات حتى يومنا هذا . ضمن استراتيجيات الجامعة التي تهدف إلى تشجيع البحث العلمي من مرحلة الفكرة و حتى مرحلة التطبيق على أرض الواقع مع تقديم الدعم المعنوي والمادي بشكل كامل . و يمكن رصد خطوات التجربة فيما يلي :

- بداية الأبحاث العلمية و مرحلة تجميع المعلومات من قبل الفريق البحثي في الجامعة خلال عام 2016
- إنشاء مركز الأرض MSA Center of Earth عام 2017، و المتخصص في دراسات طوب التربة المضغوطة . كما تم شراء ماكينة ضغط هيدروليكي من البرازيل كبداية لإنتاج طوب التربة المضغوطة بثلاث أشكال مختلفة باستخدام التربة المتاحة داخل نطاق الجامعة مما ساعد على استكمال الأبحاث العلمية بصورة عملية تجريبية (شكل رقم 31، 32)
- تنظيم مجموعة من ورش العمل التدريبية لأعضاء هيئة التدريس و طلبة كليات الهندسة و ذلك للتعريف بهذه التقنية و تفاصيل الخلطات و مراحل التصنيع وأسلوب البناء (شكل رقم 33)
- تصنيع و إنتاج ماكينة ضغط مميكنة بالكامل تنتج 4 وحدات في المرة الواحدة بمواصفات قياسية (كما في شكل رقم 34) .
- تصميم و تنفيذ وحدة سكنية تجريبية صديقة للبيئة " Ecofordable House " تم إنشاءها داخل حرم الجامعة باستخدام طوب التربة المضغوطة بالكامل ، و الذي فاز بالجائزة الأولى في معرض القاهرة الدولي الرابع للإبتكار والتعمير الأخضر والعمارة المبتكرة ، الذي نظمته أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا (ASRT) (كما ذكر في الموقع الرسمي للمؤتمر https://goo.gl/opbCYa) . و قد تميز هذا المبنى بما يلي : (كما في الأشكال 35 - 38)

- مبنى من دور واحد ملحق به روف بسلم خارجي تم إنشاءه بطوب التربة المضغوط المصنع في الموقع باستخدام التربة المتاحة في الموقع

- الأسقف من القباب و الأقبية المدعمة بكمرات من الخرسانة
- الاستغناء عن التشطيبات الداخلية و الخارجية بالإضافة إلى استخدام نفس الطوبة في تأثيث الوحدة

- المشاركة في فاعليات المؤتمر القومي للبحث العلمي والمعرض المصاحب له تحت رعاية الرئيس عبد الفتاح السيسي . و الذي أوصى بالتوسع في استخدام طوب التربة المضغوطة من خلال المشروعات السكنية

- المشاركة في فاعليات المؤتمر القومي للبحث العلمي والمعرض المصاحب له تحت رعاية الرئيس عبد الفتاح السيسي . و الذي أوصى بالتوسع في استخدام طوب التربة المضغوطة من خلال المشروعات السكنية

شكل رقم 31- ماكينة الضغط المستوردة من البرازيل (13)

شكل رقم 32- الأشكال المختلفة من الطوب من إنتاج ماكينة الضغط البرازيلية (13)

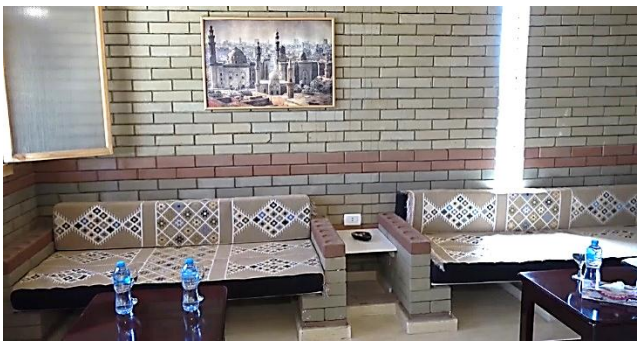
شكل رقم 33- ورش العمل التدريبية – MSA (13)

شكل رقم 34- الماكينة المطورة – انتاج جامعة MSA (24)

شكل رقم 35- الوحدة السكنية التجريبية من طوب التربة المضغوطة (تصوير الباحث)

شكل رقم 36- الأسقف من القباب والأقبية المدعمة بكمرات من الخرسانة (تصوير الباحث)

شكل رقم 37- الاستغناء عن التشطيب الخارجي للمبنى (تصويرالباحث)



شكل رقم 38- الاكتفاء بالطوب كتشطيب داخلي مع استغلاله في التأثيث (تصويرالباحث)

- استقبال الجامعة للعديد من الزيارات الاستطلاعية من قبل المسئولين في القطاعات المختلفة - كوزارة الإسكان و معهد المواد بمركز بحوث الإسكان والبناء- عام 2019، لتفقد موقع تنفيذ الوحدة السكنية التجريبية ومصنع إنتاج الطوب الاقتصادي الصديق للبيئة الملحق بالمركز(كما في الشكل 39) ، مع مناقشة سبل التعاون المستقبلية من خلال تنفيذ مشروعات سكنية بمحافظة الوادي الجديد باستخدام طوب التربة المضغوطة المتوافق مع طبيعة المناخ والحياة الاجتماعية بالمحافظة.

- حصول الدكتورة نيرمين عبد الجليل الأستاذ المساعد بقسم العمارة جامعة MSA على براءة اختراع من أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا عن تطوير الخليط وإجراءات المعالجة لإنتاج طوب التربة المضغوطة المفرغ بهدف زيادة مقاومته للضغط وتقليل إمتصاصه للمياه .

شكل رقم 39- مصنع كامل لإنتاج طوب التربة المضغوطة ملحق بمركز الأرض (24)

5. منهجية مقترحة لتفعيل تقنية CEB في التنمية العمرانية للريف المصري و المناطق النائية :

اعتمدت المنهجية المقترحة على ثلاث مراحل رئيسية (كما في الشكل 40) :

1- مرحلة التمهيد و المفهوم
2- مرحلة التطبيق
3- مرحلة التنفيذ

والتي تتطلب مشاركة و تعاون العديد من الجهات الحكومية و الرسمية ، المجتمع المدني ، بالإضافة إلى سكان الريف أنفسهم ، من خلال الاعتماد على وعي مجتمعي شامل بهدف تفعيل البناء بالمواد المحلية الطبيعية على نطاق واسع .

6. النتائج البحثية :

أولا : من خلال الدراسة النظرية نجد أن :

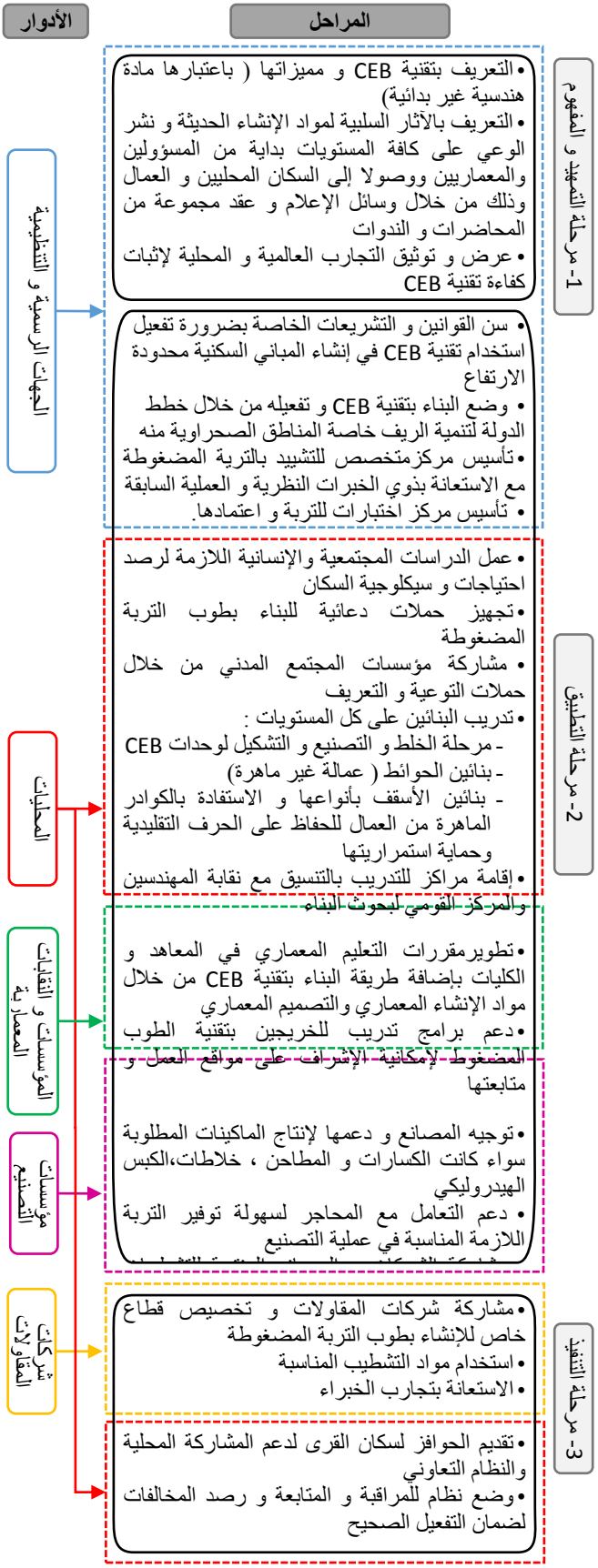
- استخدام التربة الطبيعية للإنشاء يعد من أقدم الطرق في العمارة التقليدية القديمة و التي نجحت في تحقيق مبادئ الاستدامة و التوافق مع البيئة .
- اعتماد تقنية طوب التربة المضغوطة على التربة الطبيعية جعلها مادة إنشاء بديلة مستدامة متوافقة بيئيا تدعم الحفاظ على الطاقه والموارد و البيئة .
- يعد طوب التربة المضغوطة مادة إنشائية مميزة تصلح لبناء جميع عناصر المبنى (بما فيها الأسقف) دون الاحتياج لمواد البناء المصنعة
- الخصائص و المميزات التي ينفرد بها طوب التربة المضغوطة جعلته الحل الأمثل للتنمية العمرانية في المناطق النائية و الريف الصحراوي .

ثانيا : من خلال مقارنة طوب التربة المضغوطة بالتقنيات الأخرى :

- يظهر تميز طوب التربة المضغوطة عن باقي مواد البناء الشبيهة بشكل ملحوظ و ذلك من خلال كل مما يلي :
  - تحقيق التوافق مع البيئة و الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية المتاحة.
  - تحقيق معدلات عالية من المتانة و مقاومة المياه و العوامل المناخية من حرارة و برودة ، إضافة إلى مقاومة الزلازل و الصدمات .
  - تحقيق قدرا عاليا من الراحة الحرارية داخل الفراغات الوظيفية مما يسهم في توفير الطاقة المستهلكة اللازمة لتحقيقها .
  - تحقيق وفر في تكلفة التصنيع و النقل و أعمال التشطيب الداخلي و الخارجي، إضافة إلى خفض التكلفة الإجمالية للمبنى بنسبة 35% و تصل إلى 50% في حالة استخدامه لبناء الأسقف
  - لا يحتاج عمالة مدربة مما يوفر فرص عمل من خلال دعم مشاركة السكان في عمليات البناء مما يزيد من العلاقات الاجتماعية ويرفع الشعور بالانتماء.
  - يتميز بسرعة و سهولة التنفيذ حيث لا يتطلب شدات كما يعتمد رص الصفوف على الفتحات الاسترشادية للوحدات مما يضمن الدقة و الكفاءة و سرعة الإنجاز.

ثالثا : من خلال التجارب المحلية نجد :

- توافر الخبرات المحلية سواء كانت العلمية و البحثية أو العملية و التقنية بداية من تصنيع الماكينات و نسب الخلطات و وصولا إلى طرق التشييد و الإدارة .



شكل رقم 40- المنهجية المقترحة لتفعيل استخدام طوب التربة المضغوطة على نطاق واسع (الباحث)

- ساهم البناء بطوب التربة المضغوطة في توفير مسكن متوافق بيئيا و اجتماعيا و اقتصاديا لسكان المناطق الصحراوية والنائية .
- من أهم التحديات التي تواجهها تقنية الإنشاء بطوب التربة المضغوطة ؛ رفض السكان له باعتباره مادة بدائية و السعي وراء التطور و تكنولوجيا البناء
- إمكانية تنفيذ تصميمات معمارية مميزة تناسب احتياجات السكان باستخدام طوب التربة المضغوطة مما يؤكد أن العمارة الجيدة لا تتوقف على التكلفة الباهظة .

رابعا : من خلال منهجية البناء بطوب التربة المضغوطة :

- إن تفعيل استخدام طوب التربة المضغوطة من خلال التنمية العمرانية في الريف المصري يتطلب الالتزام بخطة متكاملة من ثلاث مراحل بدءا من مرحلة التمهيد ونشر المفهوم و رفع الوعي على كافة المستويات من خلال الجهات الرسمية والحكومية ، و من ثم مرحلة التطبيق التي تتعاون فيها مختلف الجهات الرسمية و المحلية و المؤسسات التعليمية و الصناعية و ذلك من خلال سن القوانين وإعداد الدراسات و البرامج التدريبية المتخصصة مع الاستعانة بذوي الخبرة في المجال ، وصولا إلى مرحلة التنفيذ التي تعتمد على نظام للرقابة و المتابعة بمشاركة المعماريين و شركات المقاولات .

الخلاصة:

مما سبق يتضح أن طوب التربة المضغوطة قد أثبت كفاءة و تميز في العديد من النواحي مما يؤهله ليكون مادة الإنشاء الأكثر استخداما من خلال مشروعات التنمية العمرانية في الريف الصحراوي . و على الرغم من توافر الخبرات المحلية العلمية و التقنية و صدور الكود الخاص بطوب التربة المضغوطة المثبتة إلا أنه لم يحظ بالاهتمام المستحق و لم ينتشر على نطاق واسع ، مما يتطلب مشاركة و تعاون جميع الجهات المعنية من خلال الاعتماد على برنامج توعوي مجتمعي شامل بهدف تفعيل البناء بالمواد المحلية الطبيعية.

التوصيات:

ضرورة وضع خطة متكاملة واضحة الأهداف و محددة التوقيت و قابلة للتنفيذ Integrated Smart Plan ، مع تحديد المهام و المسؤوليات بشكل واضح ودقيق و التكامل بين الأدوار و تفعيل التعاون بين المؤسسات المعنية و التواصل مع المجتمع المحلي ، بالإضافة إلى الاستعانة بالتجارب الناجحة و الخبرات المحلية و العالمية بالاعتماد على مجموعة من الدراسات الميدانية و التي تشمل :

- رصد الوضع الحالي لعمران القرى المصرية وأساليب البناء المستخدمة فيها
- تحديد احتياجات السكان و نمط حياتهم مع التركيز على الجودة و الاستدامة
- رصد كافة التحديات و المشكلات التي قد تعوق تحقيق الأهداف المرجوة
- رصد الإمكانات و الموارد الطبيعية و البشرية المتاحة للاستفادة منها في تحقيق التوازن بين احتياجات السكان و الاستدامة
- رصد نوع و طريقة البناء التي يمكن للمجتمع المحلي ان يتقبلها ويتعامل معها لتجنب التأثيرات السلبية بيئيا و اجتماعيا

و لتحقيق هذه الخطة بكفاءة لا بد من اتخاذ مجموعة من الإجراءات و الخطوات الممنهجة من خلال الجهات المختصة كما يلي :

- الجهات الرسمية و التنظيمية :

- وضع استخدام تقنية البناء بطوب التربة المضغوطة ضمن معايير نجاح مشروعات تنمية الريف المصري -خاصة الصحراوي- دعما لمفهوم الاستدامة
- مخاطبة جميع الأطراف المعنية و تعاون كافة الجهات لتبني هذا التقنية من خلال رؤية تنمية عمرانية متكاملة بهدف مواجهة الظروف الاقتصادية الحالية.
- عقد إتفاقات التعاون الدولية مع الجهات و الشركات ذات الخبرات في المجال
- إنشاء مركز لدراسات البناء بالأرض خاصة مع توافر الخبرات المحلية المتميزة من الباحثين و المعماريين لتكون مصر مركزا متخصصا في مجال البناء بالتربة
- تنظيم برنامج متكامل للدعاية و الترويج للتعريف بطوب التربة المضغوطة ومميزاته و التشجيع على استخدامه .

- المحليات و المجتمع المدني :

- تنظيم مجموعة من الندوات و المؤتمرات الشعبية لتوعية سكان القرى المصرية و تعريفهم بمميزات طوب التربة المضغوطة من خلال عرض نماذج من الواقع
- إقامة مراكز تدريب و ورش عمل للسكان و الفئات المختلفة من العمال و البنائين بالتنسيق مع المركز القومي لبحوث البناء
- تفعيل دور المشاركة المجتمعية من سكان المنطقة و تشجيعهم على حضور ورش العمل التدريبية و فتح المجال للتطوع و المشاركة بالرأي ، مع وضع نظام للحوافز و الامتيازات المشجعة على المشاركة.
- ضرورة المتابعة و التقييم المرحلي بشكل دوري منتظم لرصد الإيجابيات والسلبيات و المتغيرات و إمكانية إجراء التعديلات بهدف تحسين الآداء

- المؤسسات و النقابات المعمارية :

- العمل على تطوير الكود الخاص بالبناء بطوب التربة المضغوطة من حيث نسب و مكونات الخلطات و تقنية التصنيع و التنفيذ مع الاستعانة بذوي الخبرات العملية و الاستفادة من تجاربهم .
- تطوير المقررات و المناهج المعمارية لتشمل تقنية طوب التربة المضغوطة وتفاصيل تصنيعه و طريقة البناء به و مميزاته .
- العمل على تطوير الفكرالمعماري و النماذج السكنية مع الأخذ في الاعتبار متطلبات البناء بطوب التربة المضغوطة من بداية التصميم ، و التي تشمل أبعاد الفراغات و نسبها ، عروض الحوائط والأكتاف والأساسات و الأسقف ، مع تحقيق المرونة لإمكانية الامتداد المستقبلي من قبل السكان
- العمل على الخروج بعدد من النماذج الاسترشادية Ideal Sample - كوسيلة للترويج – بالتعاون بين المؤسسات المعمارية المختلفة ، و ذلك بهدف :
  - التعريف بمميزات تقنية طوب التربة المضغوطة
  - تغيير الصورة الذهنية والخلفية الثقافية الرافضة لاستخدام الطوب المضغوط في الإنشاء من قبل المهندسين و المستخدمين
- تنظيم دورات تدريبية للمهندسين المتخصصين في مجالات الإنشاءات لإعداد كوادر ذات خبرة في مجال التصميم و التنفيذ و الإشراف على التنفيذ ، بالإضافة إلى تشجيعهم على استخدام تقنية طوب التربة المضغوطة من خلال المباني السكنية منخفضة الارتفاع
- تشجيع المكاتب الاستشارية و شركات المقاولات على تأسيس قطاع خاص للتصميم و التنفيذ باستخدام طوب التربة المضغوطة مع توفير الكوادر المدربة من المهندسين و العمال

- مؤسسات و هيئات التصنيع :

- تشجيع المصانع على تصنيع الماكينات اللازمة لإنتاج طوب التربة المضغوطة بأفضل المواصفات ، و تقديم التسهيلات و الامتيازات اللازمة مما يدعم تفعيل استخدام تقنية الطوب المضغوط و يساعد على انتشاره
- عقد اتفاقات للتعاون مع الجهات المتميزة في مجال تصنيع الماكينات و الآلات و الاعتماد على التبادل المعلوماتي و المعرفي بهدف الدعم و التطوير

المراجع

1- شاهين ، بهجت رشاد – الزبيدي ، مها صباح سلمان ، **"الاستدامه في العمارة التقليدية وفق المنظورالإسلامي"** ، المجلة العراقية لهندسة العمارة والتخطيط ، المجلد 7، العدد 12، بغداد ، 2008
https://www.iasj.net/iasj/download/6f3e837f78398351

2- الفكي، سارة المعز محمد أحمد ، **" تحقيق التصميم البيئي وتقليل التكلفة باستخدام المباني الترابية – دراسة حالة مدينة أم درمان"** ، رسالة ماجستير، جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا ، كلية الدراسات العليا و البحث العلمي ، السودان ، 2015
https://tahmil-kutib-df.info/khly_mn_qwt_ldf_lshby_ktb_lmwlfyn-tqt_ltby_y_wl_mr_ltqlydy_61917.html

3- يوسف ، رامز شوقي موسى ، **" دور العمارة التقليدية في الحد من استهلاك طاقة تشييد المباني – دراسة تطبيقية على إقليم جنوب مصر"** ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة القاهرة كلية الهندسة – قسم الهندسة المعمارية ، القاهرة ، 2015

4- فتحي ، حسن ، **"عمارة الفقراء"** ، ترجمة د. مصطفى إبراهيم فهمي عن كتاب " قصة قريتين" ، دار النشر، مصر ، 1993

5- حواس ، زاهي ، **"الفراعنة أول من بنوا بالطين"** ، جريدة الشرق الأوسط الإلكترونية ، العدد 14331 ، القاهرة ، 22 فبراير ، 2018
https://aawsat.com/home/article/1183086/%D8%B2%D8%A7%D9%87%D9%8A-%D8%AD%D9%88%D8%A7%D8%B3/%D8%A7%D9%84%D9%81%D8%B1%D8%A7%D8%B9%D9%86%D8%A9-%D8%A3%D9%88%D9%84-%D9%85%D9%86-

%D8%A8%D9%86%D9%88%D8%A7-%D8%A8%D8%A7%D9%84%D8%B7%D9%8A%D9%86

6- أبو العلا ، ماجد ، **" البناء بأكياس التربة كمدخل لبناء مساكن اللاجئين"** ، مجلة كلية الهندسة- جامعة الفيوم ، 2019 https://fuje.journals.ekb.eg/article_204965_20a1d5ac1d771d6b4baa7e679deb2fab.pdf

7- **" مشروع بناء بيوت اللاجئين من أكياس الرمل"** ، مختارات من الثورة السورية ، سوريا ، 5 يونيو ، 2013 https://syrianchange.wordpress.com/2013/06/05/%D9%85%D8%B4%D8%B1%D9%88%D8%B9-%D8%A8%D9%86%D8%A7%D8%A1-%D8%A8%D9%8A%D9%88%D8%AA-%D9%84%D9%84%D8%A7%D8%AC%D8%A6%D9%8A%D9%86-%D9%85%D9%86-%D8%A3%D9%83%D9%8A%D8%A7%D8%B3-/%D8%A7%D9%84%D8%B1%D9%85%D9%84

8- https://mapsus.net/AU/charles-sturt-university-albury-wodonga-2022campus-208818 -

9- **" نصنع طوب الليغو: المعدات ، السعر ، تكنولوجيا التصنيع "** ، 12 يونيو 2019 https://valenteshop.ru/ar/delaem-lego-kirpich-oborudovanie-cena-/tehnologiya-izgotovleniya

10- صالح ، سيد ، **" مجتمعات عمرانية موفرة للطاقة "** ، جريدة الأهرام الإلكترونية ، 2 ديسمبر 2015 https://gate.ahram.org.eg/daily/NewsPrint/457441.aspx

11- المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، الكود المصري للبناء بالتربة المثبتة ، الجزء الأول: البناء بوحدات التربة المثبتة المضغوطة ، مصر ، 2017

12- الرافعي ، محمد مختار ، **"المباني الصحية ، الدور الذي يلعبه البناء باستخدام التربة في صناعة مباني صحية ومستدامة"** ، المؤتمر الدولي لمركز الترميم وحفظ التراث ، جامعة السلطان الفاتح محمد ، اسطانبول ، نوفمبر 2020 https://www.youtube.com/watch?v=hkaY02bVQ84

13- **Training Workshop of Interlocking Compressed Stabilized Bricks ISSB** , MSA University , Egypt , 2017

14- **"إحياء عمارة البيئة في البناء بالطين"** ، جريدة العرب الاقتصادية الدولية الإلكترونية ، العدد16 ، 1 مايو 2009 http://www.aleqt.com/2009/05/01/article_87726.html

15- العمايرة ، علي حسين ، **" دورالتصميم المعماري في تحقيق وحدات دورسكنية ميسرة ، المساكن الخضراء"** ، ندوة الإسكان الثانية بعنوان المسكن الميسر ، مجلة تطوير ، العدد 35 ، الهيئة الملكية لمدينة الرياض ، الرياض ، 2004 https://www.rcrc.gov.sa/ar/magazine_topic/006005

16- إبراهيم ، أسامة أحمد – صادق ، دينا محمود – عبد الهادي ، محمد إبراهيم محمد - أحمد ، أيمن سيد محمد ، **" أثراستخدام وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة على الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية"**، المجلة العربية للعلوم و نشر الأبحاث ، العدد الأول ، المجلد الثالث ، مصر ، 2019 https://erj.journals.ekb.eg/article_123876.html

17- Hollock , Jim , **“ Compressed Earth Blocks: Why and How, Here and There”** , Public Lecture , Texas , May 2015 https://www.youtube.com/watch?v=IuQB3x4ZNeA

18- https://www.facebook.com/SCSoultions - 2016

19- الرافعي ، محمد مختار ، **" البناء بالأرض - الفرص والتحديات"** ، محاضرة و حلقة نقاشية ، جمعية بناء باستضافة وتنظيم "عين - عمارة من أجل الإنسان ، مصر ، مارس 2022، https://www.youtube.com/watch?v=tyt2_zu39w8

20- فتحي ، حسن ، **" الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية "** ، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت ، 1988

21- https://www.facebook.com/AdeemConsultantsArchMohamedAlRafei2021 ,

22- الرافعي ، محمد مختار، **"البناء بالطين ، ماضي يتجدد "** ، محاضرة عامة بمدينة العلا، المملكة العربية السعودية ، مارس 2020 https://www.youtube.com/watch?v=F1Ji1ID3UJk&list=PLyiWBsh-oMuRsMyw4hhcL4HOGBlr1Zmtg&index=9

23- http://earth-arch.blogspot.com/2017/03/664.html?m=1 , 2022

24- https://www.facebook.com/MSA.Center.of.Earth , 2021