# من تقنيات التصميم المستدام للعمارة المحلية الجبلية

## الاداء الحرارى للتربة_نموذج بيت الحفر بمدينة نالوت

**م.لميس محمد بوكر**

محاضر /المعهد العالي للعلوم والتقنية -الشموخ

lamees_buker@hotmail.com

**د.معتز علي خليفة**

محاضر /كلية الهندسة_جامعة الزاوية

M.Khalifa@ly

**م.محمد ابراهيم بانون**

شركة الاتحاد العربي للمقاولات

mohamed.banoun@gmail.com

**الملخص /**

هذا البحث محاولة لتجميع ولدراسة وتحليل نمط البناء المحمي بالتربة ، حيث يمثل هذا النمط واحداً من الخبرات الإنسانية المكتسبة. وذلك من خلال دراسة الفلسفة والفكر الكامن في استخداماته. وسرد للخبرات والتجارب المختلفة له مع التعرض للإيجابيات والسلبيات المرتبطة به. و الاشارة الي مساهمته في خفض الطاقة من خلال قدرته على توفير الراحة الحرارية دون الحاجة لأي وسائل صناعية. فتلخصت السلبيات في الاعتبارات الاقتصادية باحتمال زيادة تكلفة الإنشاء والتي يمكن خفضها من خلال التصميم الكفء ، و التطرق لتحديد الاعتبارات التصميمية الواجب مراعاتها عند استخدام نمط البناء المحفور تحت الارض، ومن أهمها أن يحقق التصميم الاتصال البصري المباشر مع البيئة الخارجية وتوفير أكبر قدر من الإضاءة الطبيعية مع ربط الفراغات الداخلية بعناصر الطبيعة و وضع ضوابط اختيار المواقع.

وقد أوضح البحث التقنيات البسيطة التي تجعل من التربة مصدراً للتبريد السالب وكذلك بعض المعالجات التي توفر التهوية الطبيعية مع هذه النوعية من المباني والتي أثبتت نجاحها في كثير من المناطق منذ سنوات طويلة وحتى وقتنا هذا حيث يخلص البحث إلى أن استخدام التربة يعتبر حل متكامل للمشكلات البيئية مثل التلوث والنقص في الطاقة وكذلك تتميز المباني المقامة تحت مستوى التربة بتصميمها الغني الناجح وظيفياً ونفسياً.

**الكلمات المفتاحية :**

التصميم المستدام/ مباني الحفر/ التقنيات المستدامة /التبريد السالب

**Abstract**

This research is an attempt to collect, study and analyze the pattern of construction sheltered with earth, as this pattern represents one of the human experiences gained. This is done through the study of philosophy and thought underlying its uses. And a list of the different experiences and experiences of it with exposure to the pros and cons associated with it. Referring to its contribution to reducing energy through its ability to provide thermal comfort without the need for any industrial means. The negatives were summarized in the economic considerations with the possibility of increasing the cost of construction, which can be reduced through efficient design, and addressing the determination of design considerations to be taken into account when using the excavated underground building pattern, the most important of which is that the design achieves direct visual contact with the external environment and provides the largest amount of natural lighting while linking the internal spaces with the elements of nature and setting site selection controls. The research has clarified the simple techniques that make the soil a source of negative cooling as well as some treatments that provide natural ventilation with this type of buildings, which have proven successful in many areas for many years and until the present time, where the research concludes that the use of soil is an integrated solution to environmental problems such as pollution and lack of energy, as well as buildings built below the soil level are characterized by their rich design that is successful functionally and psychologically.

Key wards: Sustainable Design /Excavation Buildings /Sustainable Technologies/ Passive Cooling.

**1- المقدمة :**

يمثل نمط البناء المحفور بالتربة نمطا فريدا فى مجال التعامل الانسانى مع الظروف البيئية وجاءت التجارب التقليدية معبرة عن مدى فهم السكان لطبيعة هذه البيئة و محاولتهم التوافق معها حيث استعمل الانسان منذ القدم بيوت الحفر , وقد كانت الكهوف تعتبر صورة مبسطة لبيوت الحفر هى اول مأوى للانسان وجد فيها الامان و ملائمة الظروف البيئية المختلفة و فى الوقت الحالى بذلت محاولات عالمية عديدة لتطبيق هذا النمط سواء فى صورة افكار معمارية او مشروعات منفذة فعليا.

**2- الدراسات السابقة :**

**2-1 .دراسة البكوش مفتاح الازهري/ مارس 2012 (تقييم الراحة الحرارية للانماط السكنية بمنطقة الجبل الغربي) / مجلة العلوم الهندسية العدد (16) – جامعة طرابلس.**

استنتج الباحث أن انماط المباني السكنية التقليدية (بيوت الحفر) ملائمة جدا للظروف المناخية بالمنطقة الجبلية بفصل الصيف وتقع ضمن نطاق الراحة الحرارية , كما تحتاج الى مصادر طاقة حرارية بسيطة في فصل الشتاء يمكن تغطيتها بمصادر الطاقة الداخلية حيث تكون مشغولة بالسكان وذلك من خلال الطاقة المنبعثة من الافراد ومصابيح الاضاءة الداخلية و مصادر الطاقة المستعملة في المطابخ.

درجات الحرارة ببيوت الحفر في فصل الشتاء مستقرة ولا تتغير بتغير درجة الحرارة الخارجية ,نتيجة لان درجة الحرارة بأعماق التربة مستقرة نسبياً.

وأوصى بالعمل على استخدام التقنيات السالبة في تدفئة الفضاءات السكنية للتقلبل من الهدر في الموارد , كما اوصى بتطوير نمط المباني المحمية بالتربة (بيوت الحفر) ليلائم الجياة الحديثة.

**2-2 .دراسة ميلود محمد / 2018 (العمارة المحلية في ليبيا: حالة دراسية المساكن في منطقة جبل نفوسة) / رسالة دكتوراه - جامعة سالفورد/ المملكة المتحدة.**

استنتج الباحث ان متوسطات درجات الرطوبة النسبية ببيوت الحفر شبه مستقرة صيفاً وشتاء وذلك لأن التربة بأعماق كبيرة بها نسبة رطوبة تساهم بشكل كبير في استقرار الرطوبة النسبية في نسب مريحة. يعتبر الأداء الحراري لمباني الحضر صيفا وشتاء من أنسب الأنماط السكنية ملائمة للظروف المناخية وتعتبر المساكن الشعبية أسوأ أنماط المباني السكنية بمنطقة الجبل الغربي صيفا.

وأوصى باستخدام مواد البناء ذات السعة الحرارية العالية والتخلف الزمني الكبير وخاصة بالحوائط الخارجية واستخدام العوازل الحرارية في الأسقف الخارجية بما يكفل تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني السكنية.

كما اوصى باستحداث أفكار جديدة لتطوير نمط مساكن الحفر لما أثبته من كفاءة عالية في تحقيق الراحة الحرارية بالمنطقة الجبلية.

**3- مشكلة البحث :**

الحداثة لاتكون الا على اساس المحافظة على الاصالة و الاستفادة من الخبرة الماضية, حيث اهملت كل الاساليب المختلفة التى استعملت فى عمارتنا المحلية لمقاومة الظروف البيئية القاسية و كانت النتيجة مبانى حديثة باساليب جديدة و باستعمال مواد بناء لا تناسب الظروف البيئية كالخرسانة المسلحة , وكذلك كانت فراغات غير مريحة مما ادى للجواء الى استعمال وسائل التبريد و التدفئة الكهربائية و الميكانيكية لميسورى الدخل مع تأثيرها المباشر علي البيئة .

فتوجب علينا اعادة دراسة هذه المشروعات لبيان امكانية استخدام هدا النمط من البناء فى مجال توفير اسكان ملائم مستدام .

**4- هدف البحث :**

في البحث تبرز اهمية البناءالمقام تحت مستوى التربة لعدم احتياجها لأنظمة تبريد ميكانيكية فى الصيف بينما تتطلب قدر بسيط من التدفئة فى الشتاء و هدا نتيجة للفارق الزمنى الدى يحصل عند انتقال البرودة او الحرارة من سطح الارض الى باطنها والعكس , وتزداد قدرة التربة على الاحتفاظ بالحرارة المعتدلة مع زيادة العمق و حتى الوصول الى مرحلة تصبح فيها درجة الحرارة ثابتة على مدار السنة.

**5- فرضيات البحث :**

أستقرار الاداء الحراري للتربة يعتبر أهم الاسباب للجؤ لهده النوعية من البناء تحت الارض وهى ملاءمتها للمناخ وإمكانية بناءها بمواد محلية وحسن استغلال طبوغرافية المواقع فى بنائها و توفير الخصوصية الى جانب وجود سابقة لهذه المبانى فيالعمارة التاريخية المحلية.

**6- منهجية البحث:**

المنهج التحليلي (الدراسة النظرية) تجميع البيانات المتعلقة بمشكلة البحث عبر طرح دراسات سابقة تناولتها بأشكال مختلفة, والتي تتعلق بايضاح المفاهيم الاساسية مع المعايير و الاعتبارات التصميمية ببيوت الحفر مع محاولة طرحها علي عمارتنا المحلية و بيئتنا الجبلية باسقاطها على بيت حفر بنالوت ( الدراسة التطبيقية ) وتطبيق النقاط الخمس الاساسية للتصميم المستدام (LEED).

**7- فلسفة البناء تحت الارض :**

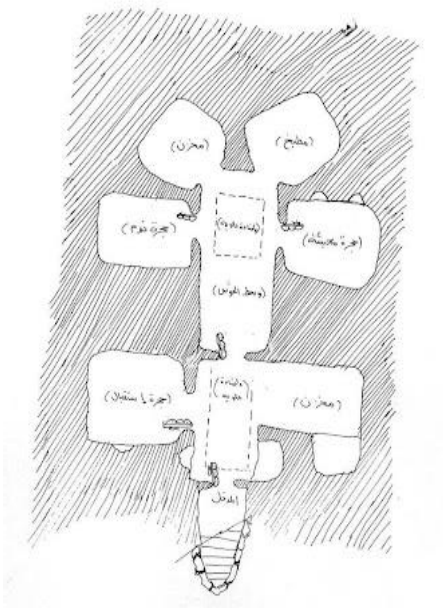
رغم أن فكرة البناء المحمي بالتربة هي فكرة قديمة إلا أنه مع منتصف السبعينات برز هذا الاتجاه كأحد المداخل التصميمية ، وفد اتسع استخدامه ليشمل المباني العامة بالإضافة للسكن، وتكمن فلسفة البناء المحمي بالتربة في التجارب الحديثة في نقطتين أساسيتين:-

**7-2 .التوافق مع الطبيعة:** باعتبار أن هذا النمط من البناء يحمي الأرض بدلاً من تدميرها، كما أنه يتكامل بصرياً مع الأرض ويعطي نوعاً من الاندماج بين المبنى والمحيط.

**7-3 .الأداء البيئي:** من خلال توفير العزل الحراري والصوت وتوفير الطاقة، وهو الاتجاه الذي شهد اهتماماً متزايداً بعد1973/ واعتبر البناء المحمي بالتربة ذو ميزة مزدوجة من خلال إمكانية توفير الطاقة في الفترات الحارة والباردة.

ومع زيادة الاهتمام بقضايا البيئة تمت إعادة تقديم وتعريف هذا النمط من البناء، فبدلاً من كونه يهدف أساساً إلى الحماية المناخية أو مجرد توفير السكن في المناطق التي لا تتوافر فيها مواد البناء، أصبح ينظر أليه كأحد التقنيات التي تخفف من الضغط الذي تسببه التطورات المتسارعة للعالم على الأنظمة البيئية.

**3-7 .تعريف البناء المحمي بالتربة :** هو استخدام باطن الارض فى انشاء المبانى لتوفير المسكن بالإضافة الى تحسين الخواص الحرارية و الجمالية وزيادة كفاءة العزل الحرارى .



الشكل رقم (1)
منزل حفر نموذجي
بمنطقة نالوت ..

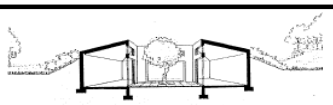
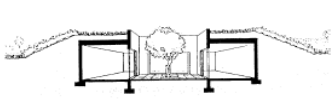
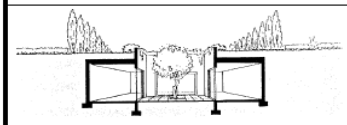
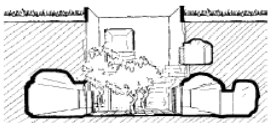
**8- <u>تصنيف انماط البناء المحمى بالتربة (بيوت الحفر)</u>**

i. <u>تصنيف يعتمد على علاقة المبنى بالتدرج الطبيعي</u> لسطح الارض و ما اذا
ii. كان المبنى مدفونا بالكامل او مغطى بالتربة فى بعض الاجزاء.
iii. <u>تصنيف يعتمد على نمط و اسلوب التصميم</u> باحتواء المبنى على فناء داخلى مركزى كمصدر وحيد للعلاقة بالفراغ الخارجى ,او من خلال علاقة المبنى بالفراغ الخارجى باكثر من واجهة.
iv. <u>تصنيف يعتمد على استخدام التربة كعازل حرارى</u> من خلال تغطية السقف بطبقة رقيقة من التربة كعازل حرارى و المبنى معرض من جميع الجهات للخارج .
v. <u>تصنيف يعتمد على اسلوب الانشاء</u> بصفة عامة و يرتبط هذا الاسلوب بنوعية التربة و يحوى نمطين من البناء :

<u>الاول</u> **:** و هو الاكثر انتشارا فى النماذج التاريخية عن طريق الحفر فى تربة متماسكة (لا تحتاج لدعم انشائى اضافى ) و غالبا ما تكون المساكن على اعماق كبيرة فى الارض.

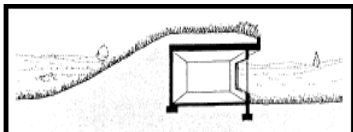
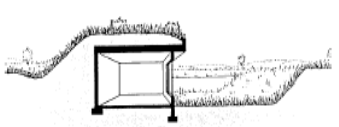
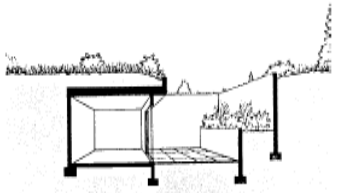
<u>الثانى</u> **:** و يستخدم فى الانشاءات الحديثة من خلال نظام انشائى يتحمل وزن التربة و الضغط الناتج منها على الحوائط.

يوضح الجدول التالى نماذج تعتمد على فكرة الفناء المركزى..

| | |
|---|---|
|  | **النوع الأول:**<br>المبنى غير مدفون بالكامل.<br>يستخدم في التربة غير المتماسكة.<br>يحتاج إلى تماسك في هيكله الإنشائي حيث يتعرض إلى ضغط التربة. |
|  | **النوع الثاني:**<br>مدفون جزئيا تحت الأرض ومضاف إليه طبقة فوق السقف.<br>يستخدم في التربة غير المتماسكة التي تحتاج إلى دعم إنشائي.<br>يوفر حماية حرارية أعلى نسبيا من النوع السابق لوجود تربة أعلى السقف. |
|  | **النوع الثالث:**<br>مدفون بالكامل تحت الأرض.<br>يستخدم مع التربة المتماسكة.<br>يوفر حماية حرارية متكاملة نظرا لحماية الحوائط والأسقف. |
|  | **النوع الرابع:**<br>مدفون بالكامل تحت الأرض.<br>يستخدم مع التربة المتماسكة وخاصة الصخرية.<br>يوفر حماية حرارية عالية نظرا لعمقه في باطن الأرض حيث درجة الحرارة الثابتة تقريبا. |

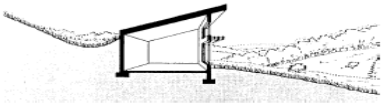
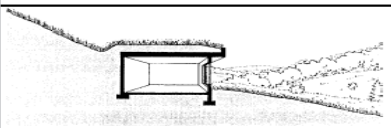
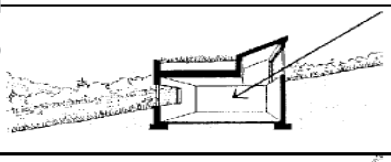
الشكل رقم (2) جدول يبين تصنيف البيوت حسب وضع الفناء ..

يوضح الجدول التالى نماذج تعتمد على فكرة الواجهة بمواقع مستوية..

| | |
|---|---|
|  | **النوع الأول:**<br>المبنى على سطح الأرض مع تغطية جزئية للحوائط والأسقف للحماية المناخية.<br>يحتاج إلى تماسك في هيكله الإنشائي حيث يتعرض لأحمال التربة.<br>يستخدم في التربة غير المتماسكة. |
|  | **النوع الثاني:**<br>المبنى مدفون جزئيا تحت الأرض مع تغطية جزئية للحوائط والأسقف.<br>يستخدم في التربة غير المتماسكة.<br>يحتاج إلى تماسك في هيكله الإنشائي لتعرضه لأحمال من التربة. |
|  | **النوع الثالث:**<br>المبنى مدفون بالكامل تحت الأرض مع حفر جزء فناء أمام المبنى.<br>يستخدم في التربة غير المتماسكة.<br>يحتاج إلى تماسك في هيكله الإنشائي لتعرضه لأحمال التربة. |

الشكل رقم (3) جدول يبين تصنيف البيوت حسب استواء الموقع ..

**يوضح الجدول التالى نماذج تعتمد على فكرة الواجهة بمواقع منحدرة..**

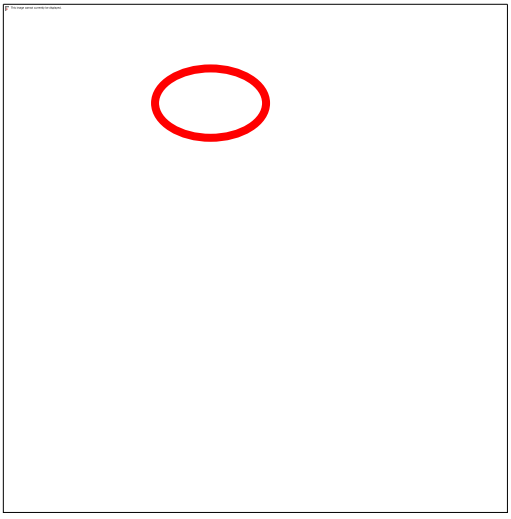
| | |
|---|---|
|  | **النوع الأول:**<br>المبنى مدفون جزئيا في التربة<br>من الممكن استخدامه في حالة التربة غير المتماسكة.<br>يحتاج إلى تماسك هيكله الإنشائي لتعرض حوائطه لضغط من التربة<br>يتيح فرصة لتواصل الفراغ الداخلي مع الفراغ الخارجي<br>يستخدم في حالة الاتجاه المفضل مع اتجاه انحدار الأرض. |
|  | **النوع الثاني:**<br>المبنى مدفون جزئيا في التربة<br>من الممكن استخدامه في حالة التربة غير المتماسكة.<br>يحتاج إلى تماسك هيكله الإنشائي لتعرض حوائطه لضغط من التربة<br>يتيح فرصة لتواصل الفراغ الداخلي مع الفراغ الخارجي<br>يستخدم في حالة الاتجاه المفضل مع اتجاه انحدار الأرض.<br>يوفر حماية حرارية أعلى نتيجة لتغطية السقف بالتربة. |
|  | **النوع الثالث:**<br>يستخدم في حالة التربة غير المتماسكة.<br>يحتاج إلى تماسك هيكله الإنشائي.<br>يوفر مطلات أمامية وخلفية<br>من الممكن استخدامه في حالة الاتجاه المفضل عكس انحدار الأرض، مع إمكانية استخدام فكرة الشخشيخة ( شكل أ ) أو تكوين فناء أمامي (شكل ب) |

الشكل رقم (4) جدول يبين تصنيف البيوت حسب انحدار الموقع ..

## 9- التعريف بمنطقة الدراسة و الحالة الدراسية

الجبل الغربى /

جبل نفوسة (أو الجبل الغربي) هي سلسلة جبال صخرية تقع في المنطقة الشمالية الغربية لليبيا، حيث تبدأ من جنوب شرق تونس وتجتاز الحدود حتى نالوت ويستمر وصولًا إلى غريان وتنتهي عند شرقي غريان وتستمر سلسلة الجبل بشكل متقطع حتى الخمس. ويبلغ ارتفاع أعلى قمة بالجبل 968 متر.



الشكل رقم (5) خريطة ليبيا

نالوت /

تقع مدينة نالوت في غرب ليبيا، على بعد 276 كيلومترا جنوب غرب العاصمة طرابلس، وتعد من أكبر مدن النطاق الجبلي.شديدة البرودة شتاء مع مناخ معتدل صيفا.

الشكل رقم (6) قصر نالوت

حوش الحفر بنالوت /

ذو طابع معمارى فريد حيث يكون تحت الارض وهذه المنازل بطبيعة الحال تكون ملائمة فى المناطق ذات الهواء الجاف وتاريخها يرجع الى ما يقرب من 1500 سنة و توجد على رقعة ممتدة من مزدة الى جادو وقد جدت بيوت الحفر فى معظم مناطق الجبل الغربى على هيئة مجاورات سكنية متقاربة مع بعضها البعض تربطها طرق و مسالك مشاة , يكون بنائها عشوائيا غير منظم , وقد وجدت اغلب المجاورات على ضفاف الوديان و بارض منحدرة حيث تخصص الاراضى المنحدرة للسكن الاراضى المنبسطة للزراعة البعلية.

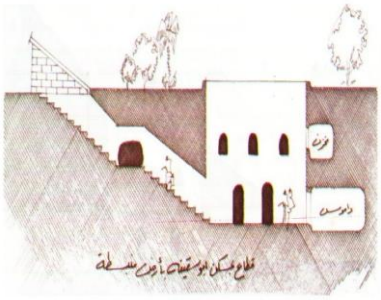
تعددت انماط بيوت الحفر بالجبل الغربى وجاء هدا التعدد لسببين اساسيين هما :

- ✓ طوبغرافية الموقع و مكونات التربة .
- ✓ التغيرات الاقتصادية و الاجتماعية للاسرة و المجتمع

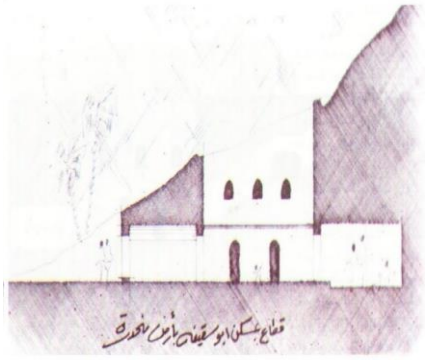
و يمكن تقسيم بيوت الحفر الى ثلاثة انماط رئيسية بتسميات مختلفة و هى :

1. بيت ابو سقيفة .
2. بيت الفصيل .
3. البيت المعلق .

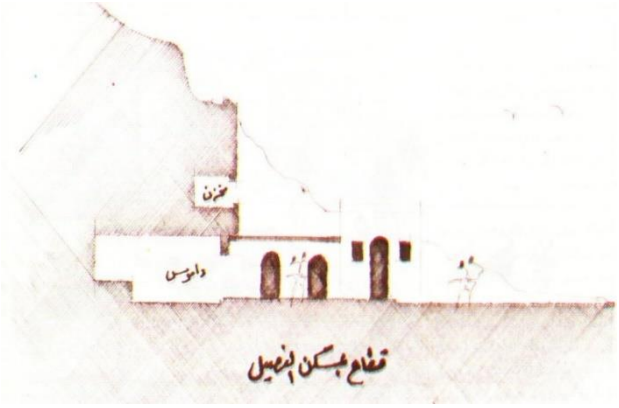
ويعتبر النمط الاول و الثانى هما الشائعان بالاستعمال فى المنطقة نظرا لملائمة هذان النمطان لطوبوغرافية المنطقة على العكس النمط الثالث الذي لايلائمها.



الشـكل رقم (7) يوضــح نمط المســكن ابو



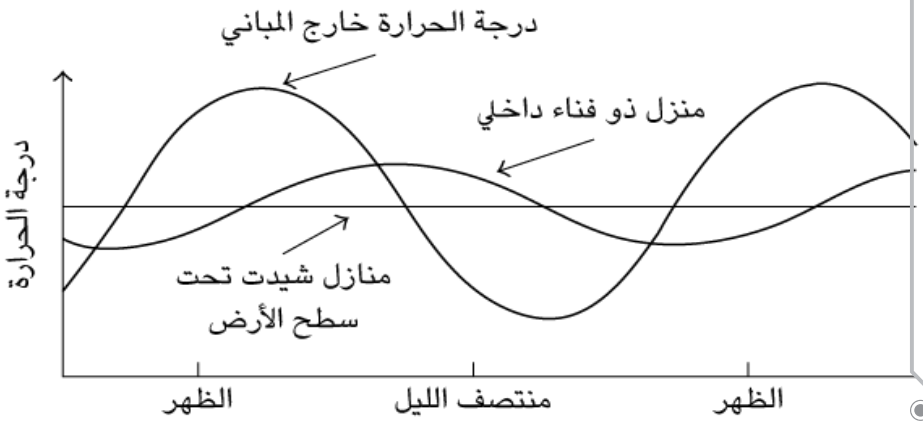
الشـكل رقم (8) يوضـح نمط المسـكن ابو




الشكل رقم (9) يوضح نمط المسكن الفصيل ..

**10- المناقشات :**

**10-1 .الحرارة و الرطوبـة** : تعتمـد درجـة الحرارة بـالفراغـات الـداخليـة لبيوت الحفرعلى مسـتوى فقدان و اكتسـاب الحرارة لهذه الفراغات فكلما زاد هدا المسـتوى او نقص تغيرت درجـة الحرارة بهذا الفراغ , و تنتقل الحرارة من و الى الفراغات الداخليـة بعدة طرق من اهمها فى هدا النوع من المبانى الانتقال الحرارى بواســطة التهوية والتبادل الاشــعاعى بين المســطحات المختلفة الحرارة و التســرب الحرارى خلال الحوائط الاســقف لدى يجب الحد من وســائل فقدان او اكتســاب الحرارة لهذه الفراغات للحصول على درجة حرارة و رطوبة مريحة على مدار السنة .



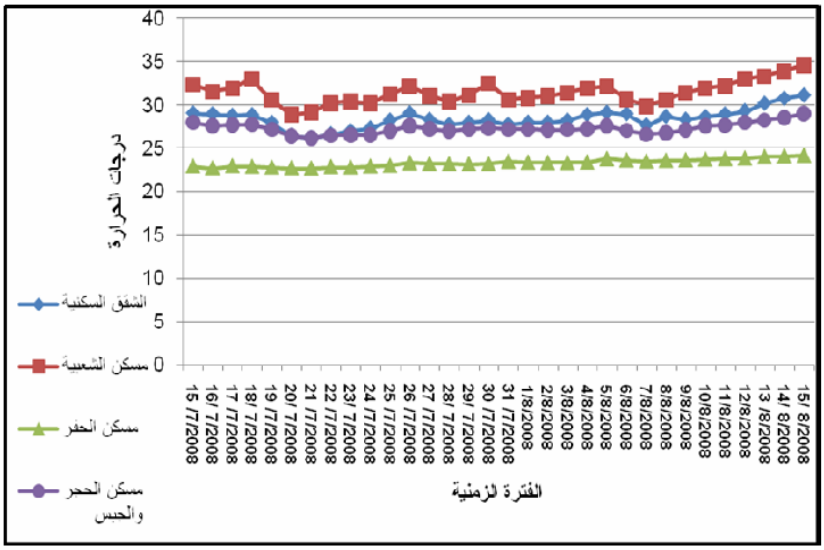

الشكل رقم (10)

مقارنة نسبة استقرار درجة الحرارة بين منزل ذو فناء مع منزل شيد تحت الارض.

تعتمد فكرة نجاح بيوت الحفر و بشـكل كبير على ثبات درجة حرارة التربة بأعماق معينة , فتؤثر حرارة الشـمس و بشـكل كبير على الطبقة الرقيقة العلوية من التربة و ينقص هدا التأثير حتى تسـتقر بأعماق معينة و يعتمد هذا العمق على مكونات و لون سـطح التربة هذا واضـح من الدراسـات التي تمت بالولايات المتحدة , فقد وجد من خلال الدراسات بمدينة مانيوسوتا إن درجة حرارة التربة تكون شبه ثابتة طوال السنة بعمق اكبر من (5 متر).

قد اخذت قياسـات لدرجة الحرارة و الرطوبة للفراغات الداخلية لبيوت الحفر في نالوت و ذلك لفترة أسبوع صيفا من 8 إلي_7_97 و شتاء من 6 إلى 13_1_97 و اتضـح من خلال الدراسـة هذه القياسـات بأنها داخل نطاق الراحة بالرغم من ان هذه الدرجات تعتبر الحرجة صيفا و شتاء , و قد سجلت طوال اسبوع الصيف درجة حرارة شبه ثابتة (27) وأيضا رطوبة نسبية (30_40 %) و قد سجلت درجة حرارة (18) و رطوبة نسبية 40 % طوال اسابيع الشتاء.

كما تم اخذ متوسط قياسات لدرجة الحرارة داخل بيوت الحفر و البيوت الحديثة لمدة ثلاثة ايام كل شـهر لمدة سـنة كاملة و قد اتضـح من هذه الدراسـة ان درجة الحرارة داخل بيوت الحفر تعتبر مريحة و اكثر اسـتقرار طوال السـنة على عكس ما سـجل بالبيوت المبنية فوق الارض بالطرق الحديثة.




الشكل رقم (11)

مخطط متوسطات درجات الحرارة اليومية الداخلية لنمط بيوت الحفر مقارنة بأنماط بناء

## 2-10 .الأداء الحراري للتربة كمصدر للتبريد السالب :

تتعرض المباني تحت مستوى سطح الأرض لبيئة حرارية مستقرة حيث لا تتأثر بالتغيرات الموسمية للأحوال المناخية.

### أساليب خفض درجات الحرارة في التربة:

### خفض حرارة سطح التربة:

يتحكم في درجة الحرارة الطبيعية لسطح التربة عاملين: التوازن الإشعاعي الصافي بين الحرارة المكتسبة والمفقودة والانتقال الحراري بالتبادل مع الهواء المحيط.

### التوازن الإشعاعي الصافي بين الحرارة المكتسبة والمفقودة :

يتم معرفة متوسط درجات الحرارة عند مستوى سطح التربة من خلال التوازن الإشعاعي وبالرغم من وصول الإشعاع الشمسي على التربة في فصل الصيف إلى أقصى معدل له، فإن امتصاص التربة لهذا الإشعاع يعتمد على طبيعة الطبقة التي تغطي التربة (الخضرة أو وجود مظلة) وهذا يساعد على الإقلال من التأثير الحراري للشمس إلى حد كبير. ويصل الإشعاع المفقود طويل الموجة في الصيف لأعلى معدل

له أيضـــاً، ولذلك فإن التوازن الإشـــعاعي بين المكتســـب والمفقود في المناطق الحارة الجافة يكون موجباً. أما في الشتاء، فيصبح معدل الإشعاع المفقود أكثر من المكتسب نتيجة لارتفاع الشمس وقصر اليوم. ولأن التظليل التام للتربة يقلل التغيرات الإشعاعية على ســـطح الأرض فإن المعالجة المطلوبة تكمن في خفض درجة حرارة التربة عن طريق تظليلها بالكامل في فصل الصيف و كشفها جزئياً للسماء في فصل الشتاء (على سـبيل المثال باسـتخدام الأشـجار متسـاقطة الأوراق في فصـل الشـتاء) يمكن خفض درجات الحرارة إلى حد كبير.

**الانتقال الحراري بالتبادل مع الهواء المحيط:**

في المناطق الحارة يكون متوســـط درجة حرارة الهواء في فصـــل الصـــيف أقل من متوسط درجة حرارة سطح التربة، فتفقد التربة المكشوفة حرارتها من خلال الانتقال الحراري إلى الهواء المحيط. ويعتمد معامل الانتقال الحراري على ســـرعة الرياح الملامسة لسطح الأرض ويمكن تعديل هذا العامل بمعالجات لسطح التربة:

**عن طريق التظليل والتبخير:** في حالة التربة المظللة – عندما يقل التغير الإشـــعاعي، خاصـــة مع توفير بعض الرطوبة التي تتبخر عن ســـطح الأرض يمكن خفض درجة حرارة السطح عن درجة الهواء المحيط في فصل الصيف

**عن طريق تغطية التربة بمادة منفذة للبخار:** يتم تغطية التربة بطبقة من مادة منفذة للبخار كالحصـــى والتي توفر مقاومة حرارية بين ســـطح الأرض و الهواء المحيط الأكثر حرارة فتقلل معدل الانتقال الحراري بين سطح الأرض والهواء المحيط مما له أكبر الأثر على التبريد.

**خفض درجة حرارة التربة تحت الأرض عن طريق الري:**

إذا تم ري التربة خلال الليل أو في الصباح الباكر تنخفض درجة الحرارة تحت السطح عن معدلاتها وذلك على عمق 60 ســـم فأكثر. يمكن الجمع بين التظليل والري، فعندما تتبخر المياه عن ســـطح الأرض المظللة، تنخفض درجة حرارتها عن متوســـط درجة حرارة الهواء المحيط. كذلك يمكن تغطية الأرض بالحصـــى أو الزلط بســـمك 10 ســـم وتروى بالماء، فيتم امتصـاص الإشـعاع الشـمسـي خلال 3 سم إلى 5 سم من قمة طبقة الحصى ويكون التوصيل الحراري إلى أسفل طبقة الحصى ضعيف للغاية.

**الأسلوب السالب لاستخدام التربة التي تم تبريدها:**

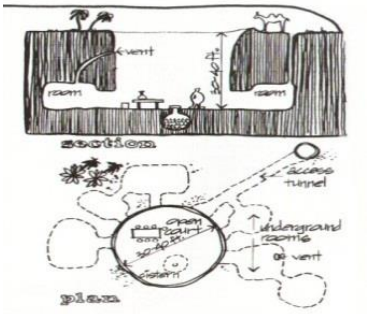
يغطى سطح المبنى بتربة مظللة عن طريق مظلة عن طريق طبقة من الحصى ولا يتم عزله حرارياً وتغطى الحوائط بالتربة ما عدا الفتحات (الأبواب والنوافذ) على ألا تؤثر التغطية على التهوية والإضاءة الطبيعية.وبهذا التصميم تلتصق كل مساحة السقف والحوائط تقريباً بالتربة التي تم تبريدها بدون عزل حراري بينهما لتربة البيئة المحيطة للمبنى على أن تكون مواد البناء للعناصر الملاصقة لها مواد موصلة للحرارة مثل الخرسانة أو الطوب الكثيف المصمت ويجب استخدام عازل للرطوبة بين المبنى والتربة وفي هذه الحالة تصبح البيئة المحيطة للمبنى هي التربة التي تم تبريدها وليس الهواء المحيط الأكثر حرارة.

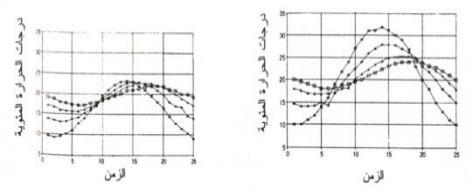
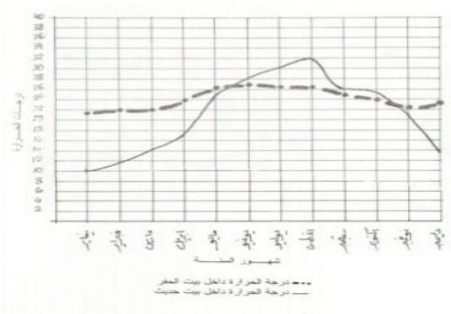
## 11- تحليل بيت الحفر في مدينة نالوت

المنزل التقليدي بجبل نفوسة ذو طابع معماري فريد يجمع بين الكفاءة البيئية والراحة النفسية وسنوضح هنا مدى تطابق استراتيجيات التصميم المستدام لنموذج البحث.

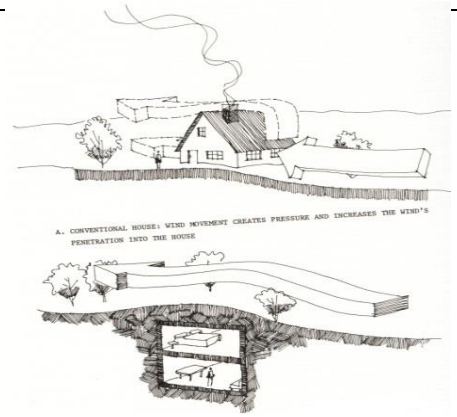
**الفكرة التصميمية:** الاداء الحرارى للتربة كمصدر تبريد سالب .

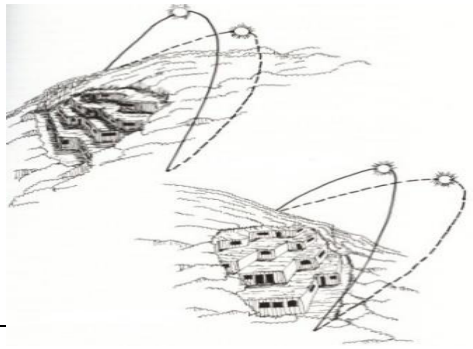
**جدول يوضح /اهم استراتيجيات التصميم المستدام للعمارة الجبلية جبل نفوسة (نالوت)**

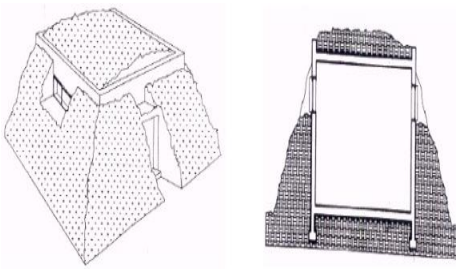
| | | |
|---|---|---|
| **استدامة الموقع** | تكمن فلسفة البناء المحمي بالتربة في التجارب الحديثة في نقطتين أساسيتين:<br>1. <u>التوافق مع الطبيعة:</u> يتكامل بصرياً مع الأرض ويعطي نوعاً من الاندماج بين المبنى والمحيط.<br>2. <u>الأداء البيئي:</u> اعتبر البناء المحمي بالتربة ذو ميزة مزدوجة من خلال إمكانية توفير الطاقة في الفترات الحارة والباردة. | <br>  |
| **كفاءة المياه** | افتقار بيوت الحفر للمرافق الصحية كالمجاري والمياه وبأسلوب علمي حديث لذا يجب إيجاد طريقة لتوفير هذه المتطلبات وبأساليب تتناسب مع هذه البيوت. | |
| **المواد و المصادر** | يعتمد على نوعية التربة و ينقسم , الى نظامين اساسيين :<br>بيت الحفر بالأرض الطينية .<br>بيت الحفر بالأرض الصخرية السميكة (القرو)<br>كما تكسى الحوائط المقابلة لسقوط الامطار بالحجارة و مونة الجبس مع عمل اروقة بجدوع | |

| | | |
|---|---|---|
| | الاشجار المحمولة على اقواس و اعمدة حجرية و دلك لتفادى تأثير الرطوبة على الحوائط و خاصة بالتربة الطينية .<br><br>و يتم تسـقيف الفراغات المبنية بـالحجر و مونة الجبس بواسـطة قبو من الحجر او جدوع الاشجار ولا يزيد بحر هده الفراغات عن 3.5م. |  <br>المتوسط الشهري لدرجات الحرارة في فصل الصيف في اقليم حار جاف صحراوي لتربة مكشـوفة وأخـ<br>لتربة مغطاه بالحصى تم حسابها في أربعة أعماق ±صفر، -١٠سم ، -٣٠سم ، -٦٠سم |
| **كفاءة الطاقة** | **أسـاليب خفض درجات الحرارة في التربة:**<br><br>**خفض حرارة سطح التربة:**<br><br>يتحكم في درجة الحرارة الطبيعية لسـطح التربـة عـاملين: التوازن الإشـعاعي الصـافي بين الحرارة المكتسـبـة والمفقودة والانتقـال الحـراري بـالتبـادل مع الـهواء المحيط .<br><br>**التوازن الإشـعاعي الصـافي بين الحرارة المكتسبة والمفقودة .** |  <br> |

| | |
|---|---|
| **جودة الهواء الداخلي** | **التهوية الطبيعى :**<br>**عن طريق الحوائط:**<br>يفضل تغطية سقف المبنى بالتربة أما الحوائط فتكون محاطة بالتربة تماماً من جهتي الشرق والغرب ومحاطة بها جزئياً من جهتي الشمال والجنوب لارتفاع 1,5 متر وذلك يتيح توفير تيارات هواء عابرة من خلال الفتحات المتقابلة.<br>**عن طريق السقف:**<br>تستخدم فتحات علوية رأسية من خلال السقف مخترقة طبقة التربة، مما يتيح وجود تيارات هواء عابرة للمبنى المقام تحت مستوى الأرض. وقد استخدمت بعض الأساليب في تحسين مستوى التهوية في المباني ذا الفناء الداخلي والمقامة تحت مستوى الأرض. |





شكل ١١ مناقذ الاضاءة الطبيعية لمبني مغطي جزئيا بالتربة[٤]

**12- النتائج :**

- البيانات المناخية الخارجية لفصل الصيف في متوسطها مريحة وتقع داخل نطاق الراحة الحرارية على العكس من ذلك في فصل الشتاء حيث أن درجات الحرارة الخارجية منخفضة وبعيدة جدا على نطاق الراحة الحرارية.
- درجات الحرارة ببيوت الحفر بفصل الشتاء مستقرة ولا تتغير مع درجات الحرارة الخارجية.
- متوسطات درجات الرطوبة النسبية ببيوت الحفر شبه مستقرة صيفا وشتاء وذلك لأن التربة بأعماق كبيرة بها نسبة رطوبة تساهم بشكل كبير في استقرار الرطوبة النسبية بدرجة مريحة.
- يعتبر الأداء الحراري لمباني الحفر صيفا وشتاءً من أنسب الأنماط السكنية ملائمة للظروف المناخية.

**13- خاتمة البحث :**

يخلص البحث إلى أن استخدام التربة في المناطق الجبلية يعتبر حل متكامل للمشكلات البيئية وكذلك تتميز المباني المقامة تحت مستوى التربة بتصميمها الغني الناجح وظيفياً ونفسياً عن طريق اختيار البديل التصميمي الملائم الذي يوفر الإضاءة الطبيعية والعلاقة المباشرة مع الخارج والبيئة الحرارية الملائمة ويتأتى ذلك عن طريق استخدام نموذج المباني المقامة تحت مستوى الأرض ذات الفناء الداخلي وقد أوضح البحث التقنيات البسيطة التي تجعل من التربة مصدراً للتبريد السالب

**14- التوصيات :**

1. دراسة انماط البناء التقليدية ومواد بنائها والاستفادة من ايجابياتها وتجنب سلبياتها.
2. استحداث افكار جديدة لتطوير نمط مساكن الحفر لما اثبته من كفاءة عالية في تحقيق الراحة الحرارية بالمناطق الجبلية.
3. أن يحقق التصميم اتصالاً بصرياً مباشراً مع البيئة الخارجية من خلال الفراغات المعيشية, ربط الفراغات الداخلية بعناصر الطبيعة من خلال زراعة الفناء واستعمال النباتات في الفراغات الداخلية.
4. أن يطور التصميم نظاماً فعالاً للتهوية ويمكن أن يتم ذلك من خلال دمج الفناء مع عناصر إضافية أخرى كالملقف والشخشخة.

5. تفادي التصميم للفراغات الضيقة المظلمة وغير جيدة التهوية وانخفاض السقف بصورة مبالغ فيها مع توفير أكبر قدر من الإضاءة الطبيعية سواء من خلال النوافذ أو من خلال الإضاءة العلوية.

## 15- المراجع :


**الدوريات:**

1. ابراهيم ،عبدالباقي ،"استخدام التربة في الوقاية المناخية للمساكن"، مجلة عالم البناء، مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، جمهورية مصر العربية، العدد 46، يناير 1984م.
2. عيد، محمد عبد السميع ، دراسة ميدانية غير منشورة لأنماط البناء التقليدي في الوطن العربي، مايو 1997.
3. خواص التربة ومشاكل البناء فيها، مجلة تقنية البناء، العدد الثاني، مارس 2003.
4. البكوش مفتاح الازهري/ مارس 2012 (تقييم الراحة الحرارية للانماط السكنية بمنطقة الجبل الغربي) / مجلة العلوم الهندسية العدد (16) – جامعة طرابلس.

المؤتمرات:

5. بحوث ندوة التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها، الجزء الثاني "العمارة في الصحراء"، الناشر: وزارة الأشغال العامة وللإسكان الرياض، المملكة العربية السعودية، الفترة من 2-2002/11/4.

رسائل علمية:

6. شكر رشا ,2013 , تطوير واقع التصميم المعماري لذوي الإعاقة الحركية في الأبنية التعليمية , جامعة حلب للعمارة.
7. دراسة ميلود محمد / 2018 (العمارة المحلية في ليبيا: حالة دراسية المساكن في منطقة جبل نفوسة) / رسالة دكتوراه - جامعة سالفورد/ المملكة المتحدة.
8. Moreland, (1981), Earth-Covered Building: An Exploratory Analysis for energy Performance, Prepared for the Federal Emergency Management Agency, Washington.