Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 37, No. 5, pp. 1209-1234, September 2009.

ARCHITECTURE OF HOT ZONES AND UTILIZATION OF SOLAR ENERGY (CASE STUDY IN ONE OF HADRAMOUT GOVERNORATE – AL –MUCALLA CITY)

AL-Sagaf M.A

Department of Architecture Environmental Planning, Faculty of engineering & Petroleum Hadhramout University of science & Technology

(Received August 27, 2008 Accepted August 2, 2009).

Yemen is one of countries that lie in the hot arid zone near the equator. In spite of the appropriateness of its traditional architecture to this type of climate, the new buildings suffer a lot of problems due to neglecting the climate issue. Large areas of glass have been adopted in many new building with no devices for avoiding high solar radiation. The present study is done of cases on exploring the concepts behind the traditional solutions. It presents examples of traditional architecture in Mukalla. It directs the attention of the important of adopting climatic design approach to avoid the harm effect of intense radiation, and at the same time make are of the abundance of solar radiation.

عمارة المناطق الحارة ومدى الاستفادة والحماية من الطاقة الشمسية

(دراسة حالة المناخ في مدينة المكلا إحدى مدن الساحل في محافظة حضرموت)

د. محمد عبدالله السقاف

قسم الهندسة المعمارية والتخطيط البيئي

كلية الهندسة والبترول – جامعة حضرموت للعلوم والتكنولوجيا

ملخص :

يتناول البحث عمارة المناطق الحارة والتي تنتمي إليها الجمهورية اليمنية والتي تقع بالقرب من خط الاستواء. ونظرا لأهمية هذه الدراسة في علاج مشاكل التنمية المعمارية والعمرانية التي تنتهجها الدولة في المدينة اليمنية وذلك نتيجة لظهور منشآت معمارية حديثة تفتقر الى اساليب الحماية من الطاقة الشمسية وأشعة الشمس حيث صممت مبانيها بفتحات ومسطحات زجاجية كبيرة لا تراعى فيها أسس تصميم المباني. لذلك فان الهدف من البحث هو إظهار وتوضيح اهمية علاج مشاكل الطاقة الشمسية وذلك بالتعرف على الاساليب التي انتهجها الأجداد في العمارة التراثية بالمدن ومدى تحقيق الراحة الحرارية داخل هذه المباني . وتتطرق الدراسة الى التعرف على العمارة التراثية باليمن والمكلا وحالة المناخ بها وطرق العلاج التي ثم اتباعها في المناخ الحار، كذلك التعرف على تجارب البناء الحديث في بعض الدول العربية وطرق العلاج التي استخدمت في

تصميم مبانيها. ويستعرض البحث طرق الحماية وأسس التصميم وكيفية الاستفاده من الطاقة الشمسية. وينتهي البحث بعرض لأهم النتائج والتوصيات.

- **المقدمة:**

تعتبر عمارة المناطق الحارة ذات طابع مميز، وقد تختلف من منطقة إلى أخرى في البلد الواحد ، وتختلف من بلد إلى آخر بالكرة الأرضية ، وذلك طبقاً لمواد البناء والعادات والتقاليد ، ولكن يظل الهدف واحد وهو الحماية من الشمس والإشعاع ومحاولة تحقيق الإظلال وتخفيض درجات الحرارة داخل المباني ، الأمر الذي جعل دراسة هذه النواحي والتعرف عليها والاستفادة منها أمر في غاية الأهمية كذلك فإن محافظة حضرموت خاصة والجمهورية اليمنية عامة تقع في المنطقة الحارة بالقرب من خط الاستواء ، ودراسة عمارة مدينة المكلا عاصمة محافظة حضرموت هو تأكيد لأهمية هذه الدراسة.

- **المشكلة:**

تتعرض المباني في مدينة المكلا مثل مثيلاتها للبناء والتعمير والتوسع العمراني و إنشاء المباني السكنية الحديثة بالخرسانة المسلحة وتتعرض هذه المباني لأشعة الشمس صيفاً مع إرتفاع درجات الحرارة بها و تتسبب في حدوث الإرهاق الحراري للسكان نتيجة لذلك.

وقد أصبح استخدام أجهزة التكييف والتبريد أمراً ضرورياً لعلاج هذه المشكلة والتي تتسبب في زيادة الإنفاق والذي يعد مشكلة حقيقية في هذا العصر وخصوصاً في عمارة المناطق الحارة والبلاد النامية والتي يتعين علينا إيجاد الحلول لها وخاصة أن عمارتها ذات طابع مميز وأن البحث عن حماية المباني من أشعة الشمس والاستفادة من الطاقة الشمسية أصبح أمراً ضرورياً في عمارة المباني الحديثة .

- **الهدف:**

من أجل تحقيق علاج للمشكله البيئية لعمارة المناطق الحارة والتخفيف من حدة الحرارة الناتجة في فصل الصيف في مدينة المكلا عاصمة محافظة حضرموت والقريبة من خط الإستواء الجغرافي فإن دراسة حالة المباني ذات الطابع المميز بها والمباني الحديثة وكيفية تحقيق علاج هذه المشكلة عن طريق الحماية والاستفادة من الطاقة الشمسية هو هدف البحث .

منهجية البحث:

لكي نتمكن من تحقيق الهدف البحثي يتعين علينا :

- التعرف على منطقة الدراسة (مدينة المكلا) إحدى مدن الساحل وعاصمة محافظة حضرموت انظر شكل رقم (1) ، (2)،(3)،(4).
- كذلك يتعين دراسة حالة المناخ ودرجات الحرارة والإشعاع الحراري صيفاً وأثره على البيئة السكنية .

- وتنتقل الدراسة إلى طبيعة البناء السكني بالمدينة (المكلا كمثال) وهو البناء التقليدي ذو الطابع المحلي المميز وكيفية علاج مشاكل المناخ .
- ثم نأتي إلى مشكلة البناء الحديث ومواد البناء وأثر الطاقة الشمسية والإشعاع الحراري عليها وطرق الحماية منه ثم الطابع المعماري الحديث للمباني ومشاكله .
- وأخيراً تتعرض الدراسة الى كيفية الاستفادة من الطاقة الشمسية لتحقيق الاهداف المرجوة .

وينتهي البحث باستعراض لأهم النتائج وأهم التوصيات .

شكل رقم (1) يوضح جانب من منطقة وسط المدينة والمباني الحديثة التي انشئت بارتفاعات تصل حتى عشرة طوابق وبعضها بمسطحات زجاجية كبيرة.

شكل رقم (2) يوضح جانب اخر من منطقة وسط المدينة ليلا ومنطقة الخور (مجرى مياه صناعي من ماء البحر) تم انشاؤة عام 2005 والمباني بارتفاعات مختلفة.

أولا: موقع مدينة المكلا محافظة حضرموت (موقع دراسة الحالة):

1-1: محافظة حضرموت:

تقع محافظة حضرموت على ساحل البحر العربي، وتبعد عن العاصمة صنعاء بحوالي (794 كم)، ويشكل سكان المحافظة ما نسبته (5.2%) من أجمالي سكان الجمهورية، وعدد مديريتها (30) مديرية، أكبر محافظات الجمهورية مساحة. ومدينة المكلا مركز المحافظة، وأهم مدنها سيئون، الشحر، تريم، شبام، القطن ومن الأنشطة الرئيسة التي يمارسها سكان المحافظة الزراعة والاصطياد السمكي والثروة الحيوانية، حيث تصل نسبة المحاصيل الزراعية إلى (5%) من إجمالي الإنتاج الزراعي في الجمهورية، وأهمها التمور والحبوب والمحاصيل النقدية، ويعد قطاع الأسماك الرافد الاقتصادي الأول لسكان المحافظة كونها تقع على شريط ساحلي طويل يمتد على شاطئ البحر العربي، ويمتاز بكثرة وتنوع الأسماك والأحياء البحرية، وتضم أراضي المحافظة بعض الثروات المعدنية منها حقول النفط وموارد معدنية أهمها الذهب.

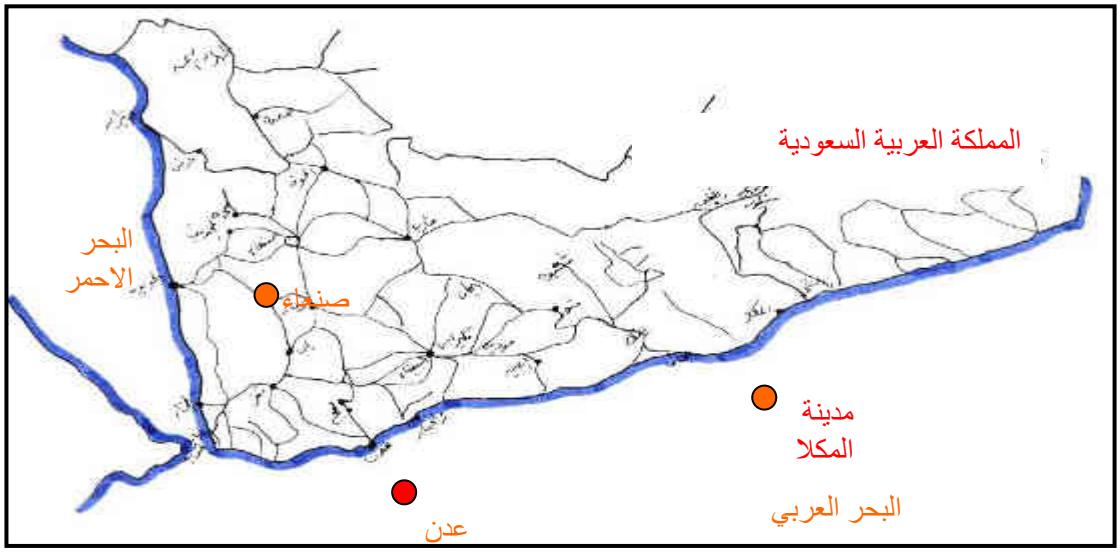
ومن معالم السياحة في محافظة حضرموت المساجد والمدارس ومكتبات مدينة تريم وحصون وحدائق مدينة سيئون وناطحات السحاب في مدينة شبام. وتتميز المحافظة بتنوع مناخها نتيجة مساحتها الكبيرة ويصل متوسط درجة الحرارة خلال أيام السنة إلى (27) درجة مئوية تقريباً[4].

1-2: مدينة المكلا:

تقع المكلا شكل رقم(4) عند تقاطع دائرة العرض(12 _ 32) شمال خط الاستواء مع خط الطول (40.08) شرق جرينيتش. جغرافياً تقع المدينة جنوب شرق اليمن على الشريط الساحلي لمحافظة حضرموت.

تبعد المكلا عن العاصمة السياسية صنعاء(794كم) وعن العاصمة التجارية عدن(620كم) شكل رقم(4). وتتألف مدينة المكلا من ثلاثة قطاعات رئيسية وهي: المكلا والديس والشرج[2].

شكل رقم (3) يوضح صورة لمدينة المكلا



شكل رقم(4) يوضح موقع مدينة المكلا

ثانيا: مناخ اليمن ومدينة المكلا (منطقة الدراسة) :

2-1: مناخ اليمن :

تقع اليمن في المنطقة الحارة وتعتبر من البلدان ذات الإشعاع الشمسي الكبير والطاقة الحرارية العالية بحكم تعامد الشمس عليها معظم أيام السنة إلا أن تنوع تضاريسها يؤدي أيضاً إلى تنوع في المناخ ويتصف المناخ بالآتي : -

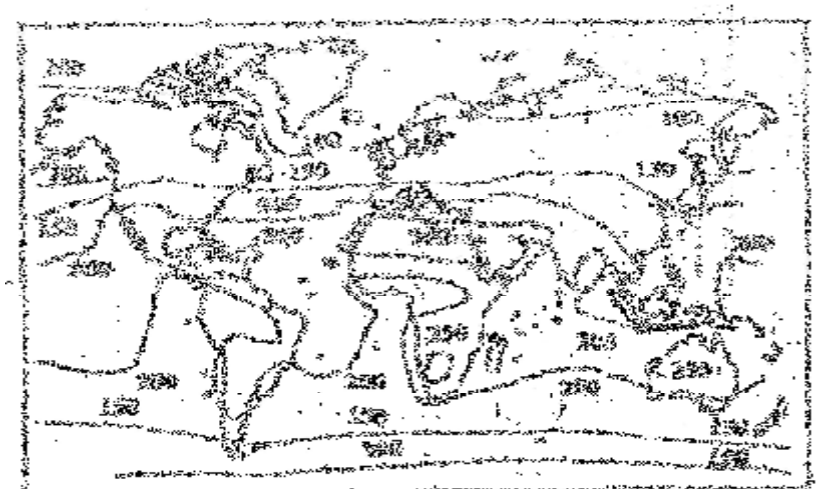
- في المناطق الساحلية بإرتفاع درجات الحرارة ونسبة الرطوبة صيفاً وبالإعتدال شتاءً .
- أما في المناطق الداخلية والجبلية فيتميز بالإعتدال صيفاً والبرودة شتاءً .
- كما يسود المناخ المعتدل في المنحدرات والهضاب والمسطحات الغربية .

المناطق	درجات الحرارة صيفاً	درجات الحرارة شتاءً	الأمطار
المناطق الغربية	**10-30**درجة مئوية	تنخفض الى مادون الصفر	من300-1000ملم في السنة
المناطق الشرقية	تتجاوز 40 درجة مئوية	10-15 درجة مئوية	50-100 ملم في السنة
المناطق الإنتقالية	تقع بين هذين الإقليمين المناخيين من شمال وشرق صنعاء حتى غرب مأرب		

جدول رقم (1) يوضح حالة المناخ في اليمن[4]

وتتأثر كامل مساحة اليمن بالرياح الموسمية الآتيه من الشرق وبالمنخفضات الجوية من الغرب والتي تأتي مصحوبة بالأمطار في موسم الصيف وبكمية أقل في الشتاء .

والشكل رقم (5) يوضح المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض ويلاحظ أن منطقة الجزيرة العربية واليمن وشمال أفريقيا (الدول العربية) تقع في أعلى معدل للإشعاع 300 واط / متر مربع **[12]**



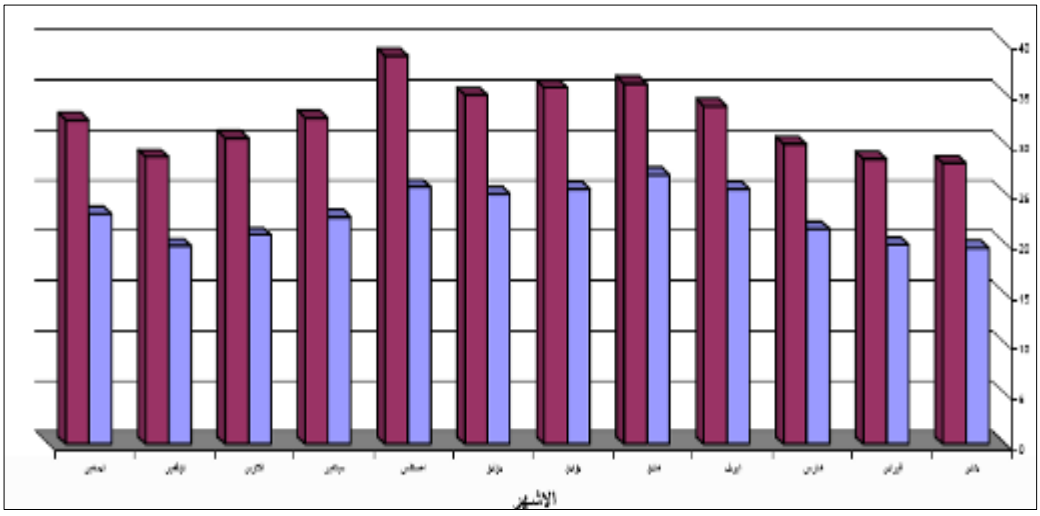
شكل رقم (5) المتوسط السنوي للاشعاع الشمسي الساقط على سطوح افقية على سطح الارض (واط/متر مربع متوسط 24 ساعة) [12]

2-2: مناخ مدينة المكلا :

2-2-1: الحرارة :

مناخ حضرموت حار صيفا في المنطقة الساحلية ومعتدل في الهضاب كما تؤثر الرياح الموسمية الصيفية على تلطيف درجة حرارة المناطق الساحلية حيث تصل درجة الحرارة في المكلا (وهي منطقة ساحلية)في شهر يوليو 29.6 درجة مئوية ، أما في فصل الشتاء فإن درجات الحرارة تميل إلى الدفاء حيث تصل درجة حرارة المكلا في شهر يناير 23.3 درجة مئوية .شكل رقم (6).

وعلى الرغم من الإرتفاع العام في درجات الحرارة خلال السنة لم يظهر إلا تباين محدود في مديات الحرارة اليومية والشهرية والفصلية إذ لا يزيد متوسط المدى الحراري في مابين أشهر الصيف واشهر الشتاء على 5.7 درجة مئوية وفي مابين أحر أشهر السنة أغسطس وأبردها يناير على 19.2 درجة مئوية .

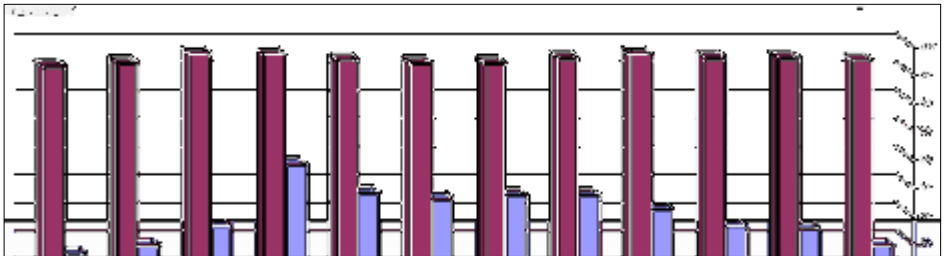


شكل رقم (6) يوضح الرسم البياني لمعدلات درجة الحرارة[1]

وما يسوغ إنخفاض المدى الحراري في المكلا هو قربها من المؤثرات البحرية المتمثلة بنسيم البحر البارد نهاراً من جهة، وسيادة الرياح الموسمية الصيفية الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية القادمة من البحر العربي والمحيط الهندي والحاملة معها صفات الرطوبة النسبية من جهة أخرى.

2-2-2:الرطوبة:

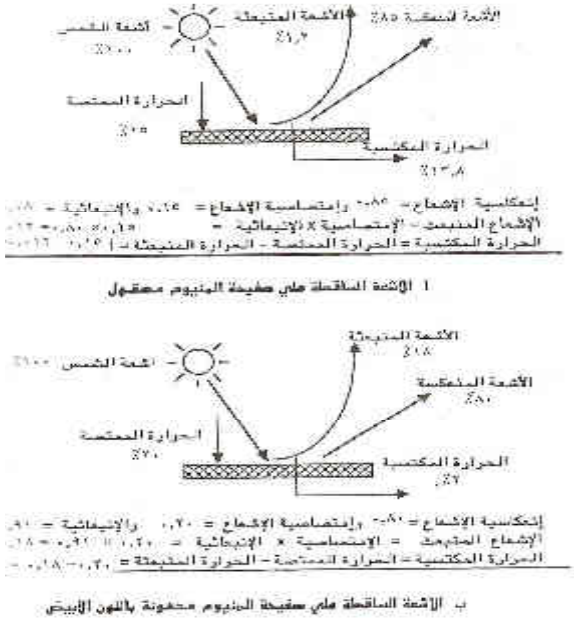
تتصف المكلا بارتفاع الرطوبة النسبية إذ تتراوح معدلاتها العظمى بين(96.92%) ومعدلها السنوي (94.3%) في حين تقل معدلاتها الشهرية الدنيا إذ تتراوح بين(57.25%) شكل رقم (7).



شكل رقم (7) يوضح الرسم البياني لمعدلات الرطوبه النسبية [1]

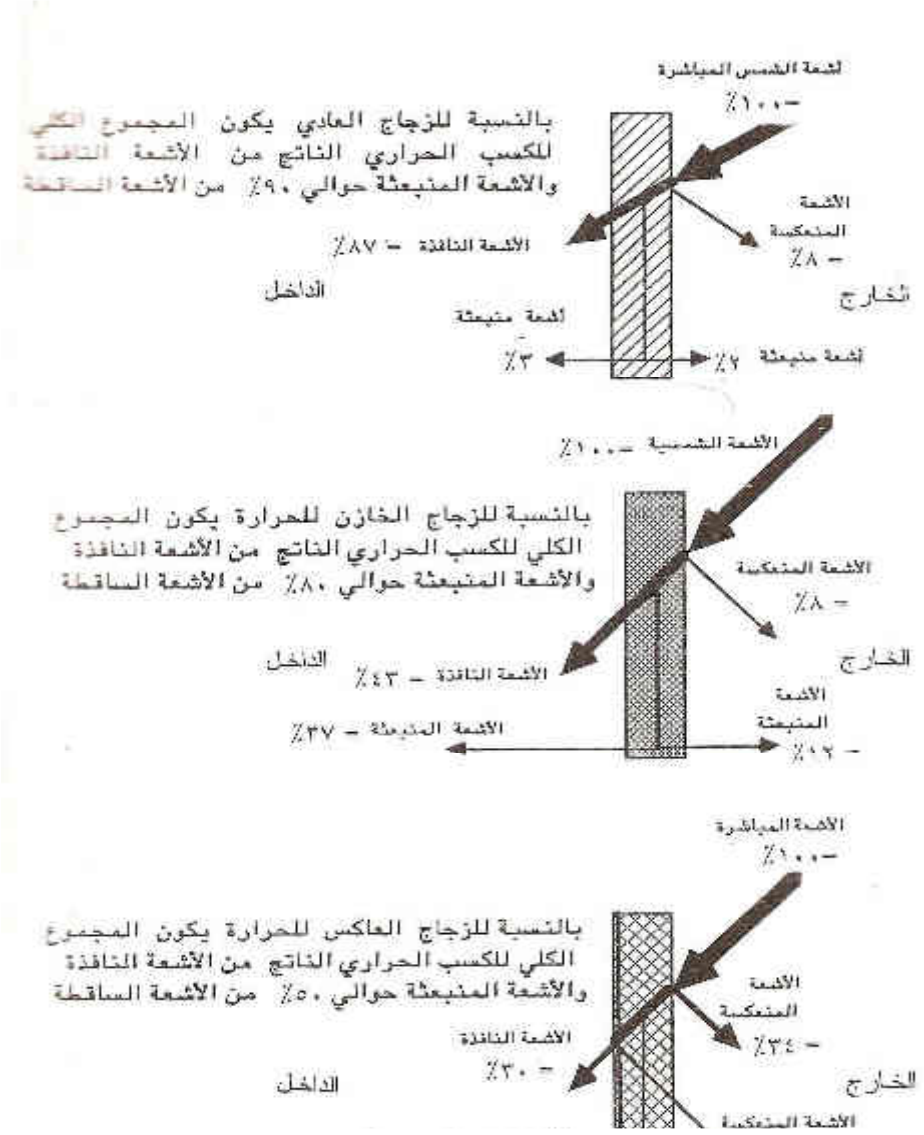
2-3: الأشعاع الحراري والطاقة الشمسية :

إن الإشعاع الحراري هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تولدها الحركة الحرارية للجزيئات المكونة للمادة وتضم الطاقة المنبعثة من الجسم المشع بجسم آخر فيمتصها محولاً هذه الطاقة الإشعاعية إلى طاقة حرارية وهكذا يتم انتقال الحرارة من مكان إلى آخر بواسطة الاشعاع عند سقوط أشعة الشمس المباشرة على سطح غير منفذ للأشعاع ، وقد يتم إمتصاص هذه الأشعة بواسطة السطح أو يتم انعكاسها ، ويتم الامتصاص بالكامل عندما يكون السطح أسود اللون تماما ، وفي المقابل يتم عكس الاشعة بكاملها عندما تسقط على سطح عاكس تماماً ، ولكن معظم الأسطح تمتص جزا من هذه الأ شعة وتعكس الجزء الاخر أنظر الشكل رقم (8) [6].

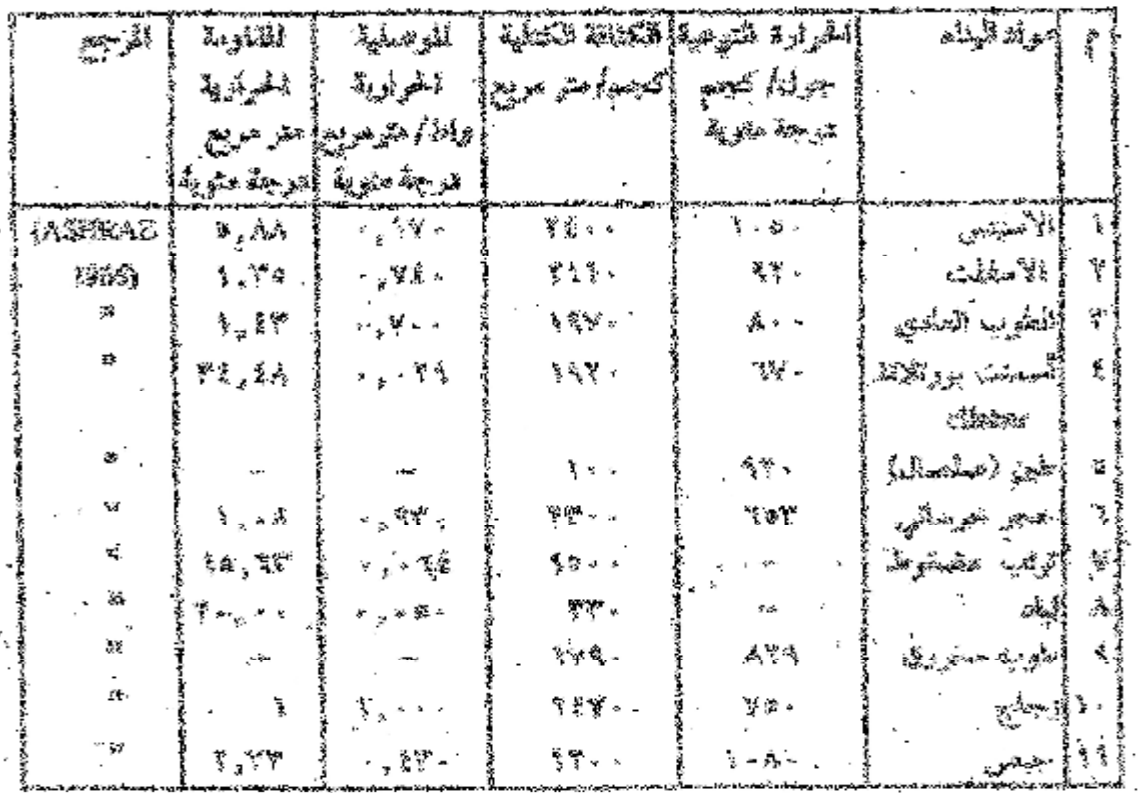


شكل رقم (8) الاشعة الساقطة على الاسطح غير الشفافة [6]

كما يؤثر على عملية امتصاص أو أنعكاس الأشعة الحرارية نوع مادة البناء ونوع الأسطح والتشطيبات الخارجية لها والتي تؤدي ألى عزل او انعكاس جزء من الحرارة الناتجة أو الكامنة داخل مادة البناء إلى الفراغ الداخلي للمبنى شكل رقم (9) ، جدول رقم (2) [6].



شكل رقم (9) نفاذ الاشعة خلال المسطحات الزجاجية والتي تؤكد على قوة النفادية لاشعة الشمس من الزجاج العادي 90% وتبلغ حوالي 50% من الزجاج العاكس [6]



م	مواد البناء	الحرارة النوعية جول/كجم درجة مئوية	الكثافة الكتلية كجم/متر مربع	الموصلية الحرارية وات/متر مربع درجة مئوية	المقاومة الحرارية متر مربع درجة مئوية	المرجع
١	الاسبستس	١٠٥٠	٢٤٠٠	٠,١٧٠	٥,٨٨	ASHRAE
٢	الاسفلت	٢٢٠٠	٢١١٠	٠,٧٤٠	١,٣٥	(1985)
٣	الطوب الطيني	٨٠٠	١٩٧٠	٠,٧٠٠	١,٤٣	"
٤	الاسبستس بورتلاند سمنت	٧٠٠	١٩٢٠	٠,٠٢٩	٣٤,٤٨	"
٥	طين (صلصال)	٩٢٠	١٠٠٠	—	—	"
٦	حجر جيري	٩٥٣	٢٣٠٠	٠,٩٣٠	١,٠٨	"
٧	تربة مضغوطة	٠	١٥٠٠	٠,٠٦٥	١٥,٣٨	"
٨	رمل	٠	٣٣٠	٠,٠٣٥	٢٠,٠٠	"
٩	طوب حجري	٨٢٩	٢٧٩٠	—	—	"
١٠	زجاج	٧٥٠	٢٤٧٠	١,٠٠٠	١	"
١١	جبس	١٠٥٠	١٣٠٠	٠,٤٣٠	٢,٣٢	"

للطوب العادي 1،43 للاسبستس 5،88 وللزجاج الموصلية الحرارية1 [6]

ثالثا : الأسس التصميمية للمباني للمناطق الحارة :

نظرا لما تتعرض له المباني بالمناطق الحارة من إرتفاع كبير في درجات الحرارة صيفا فضلاً عن الإشعاع الحراري المباشر على المباني وغير المباشر الصادر من الأسطح الأخرى للمباني المجاورة أو من سطح الأراضي المجاورة وقد إهتم بهذا الأمر المختصون في مجال العمارة والبيئة وأعدت دراسات مستفيضة في هذا المجال وبإختصار شديد يمكن أن نعرض الأسس التصميمية للمباني بالمناطق الحارة تؤكد ضرورة الاقتداء بهذه الأسس لتحقيق الأهداف التصميمية للمباني طبقا للظروف البيئية والجغرافية المؤثرة ولتحقيق أفضل مناخ للبيئة الداخلية بالمباني المنشأة والمصممة للأغراض والوظائف المختلفة من سكنية وإدارية وخدمية وتعليمية وصحية .. الخ وذلك فيما يلي :-

3-1: حماية الواجهات الخارجية من أشعة الشمس :

تعتبر من أهم الأسس التصميمية للمباني ، ان يتحقق فيها حماية واجهاتها من الأشعة الشمسية المباشرة وذلك عن طريق التوجيه المناسب لحركة الشمس اليومية خصوصاً في فصل الصيف والتشكيل المعماري لكتل المبانى بما يحقق نسبة معقولة من التظليل للواجهات على بعضها البعض وإستخدام البيئة الخارجية

والتشجير والمساحات الخضراء لزيادة التظليل والتخفيف من الأشعاع الشمسي الغير مباشر على واجهات المباني .

3-2: استخدام مواد البناء المناسبة :

لاشك أن مواد البناء لها دور فعال في تحقيق تخفيض الإشعاع الحراري داخل المباني .. ففي العصر الحديث تنوعت وتعددت مواد البناء بشكل ملحوظ سواء في خاماتها وتشكيلاتها وإستخداماتها مما جعلها تستخدم في البناء طبقاً للظروف المناخية والبيئية التي يتم البناء فيها وفي المناطق الحارة والباردة وتهدف إلى تحقيق الراحة الحرارية داخل تلك المباني ...كذلك فان سماكة الحوائط الخارجية لها تأثير كبير في تأخير توصيل الحمل الحراري إلى داخل المبنى أو عزله .

3-3: تحقيق التهوية الطبيعية الجيدة داخل المباني :

تعتبر التهوية الطبيعيه أمر أساسيا عند تصميم المباني بصفة عامة وفي المناطق الحارة بصفة خاصة والتهوية الجيدة لغرض نقل الهواء البارد داخل المباني وطرد الهواء الساخن الناتج من ارتفاع درجات الحرارة داخل المباني وتعتبر التهوية الطبيعية أساسية في تصميم المباني بالمناطق الحارة وعناصرها الفتحات (الأبواب والنوافذ) ومساحتها مع مقابلتها لبعضها لتحقيق التهوية الطبيعية (cross ventilation)

3-4: استخدام الأفنية الداخلية :

استخدام الأفنية الداخلية التي تحقق التهوية الجيدة والفضاء الداخلي المزود بالمساحات الخضراء ونوافير المياة للتخفيف من ارتفاع حرارة المناخ داخل المباني بصفة عامة فضلاً عن تجميل البيئة الداخلية للمباني .

3-5: استخدام البروزات :

استخدام البروزات للخارج بالشكل المناسب لتحقيق التظليل والتخفيف من الأشعاع المباشر لأشعة الشمس على أسطح وواجهات المباني (كاسرات الشمس).

3-6: استخدام الممرات :

إستخدام الممرات المظللة خارجية وداخلية ودورها الفعال في التخفيف من شدة الحرارة وسقوط أشعة الشمس على المباني وبالتالي حماية الفضاءات الداخلية لعناصر المبنى من ارتفاع درجات الحرارة بها.

رابعاً : عمارة المناطق الحارة:

4-1 المعالجات البيئية في اليمن:

4-1-1 العمارة اليمنية التقليدية:

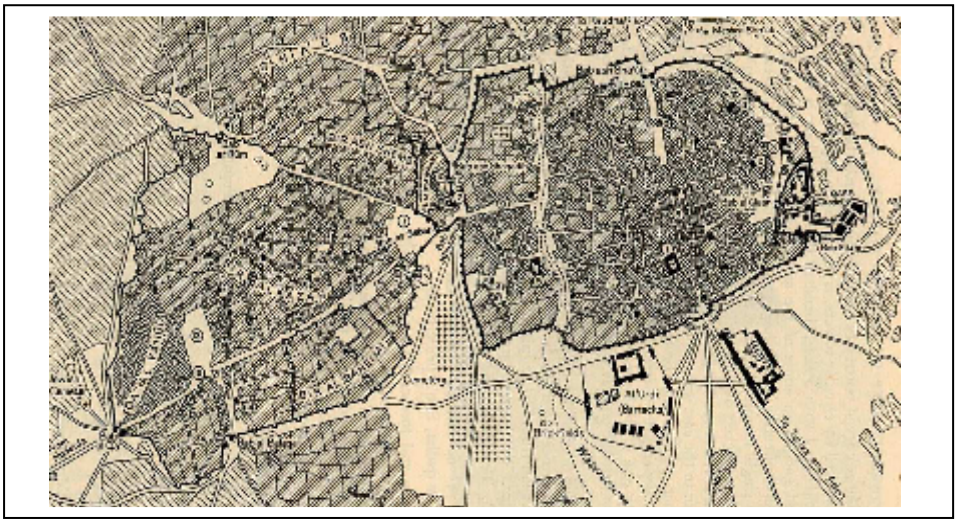
تنفرد المدن اليمنية عموماً بخصوصية تميزها عن المدن الإسلامية، فهي حصيلة الخبرات الجمة للآباء والأجداد الذين خبروا الحياة وتفاعلوا بكفاءة عالية مع بيئتهم من كافة الأوجه اجتماعيا وبيئياً والتي أثمرت عن التراث المعماري المميز في اليمن والذي يعتبر بحق واحداً من العلامات المعمارية الخالدة في تاريخ العمارة.

وأهم الخصائص البيئية للمدن اليمنية هي كالتالي:

1. المنزل البرجي (تعدد الطوابق).
2. القمرية.
3. تنوع وتعدد الفتحات.
4. الشوارع الضيقة والتي تسمح بمرور الهواء خلالها.
5. إطلالة واجهات المباني الخلفية على حدائق صغيرة.

4-1-2 مدينة صنعاء القديمة:

إن مدينة صنعاء القديمة شكل رقم (10) تعتبر من أهم المدن اليمنية التي ممكن أن نضعها أحد الأمثلة للمعالجات البيئية في اليمن بالإضافة إلى مدينة شبام التاريخية، وأهم المعالجات البيئية لمدينة صنعاء القديمة كالتالي:



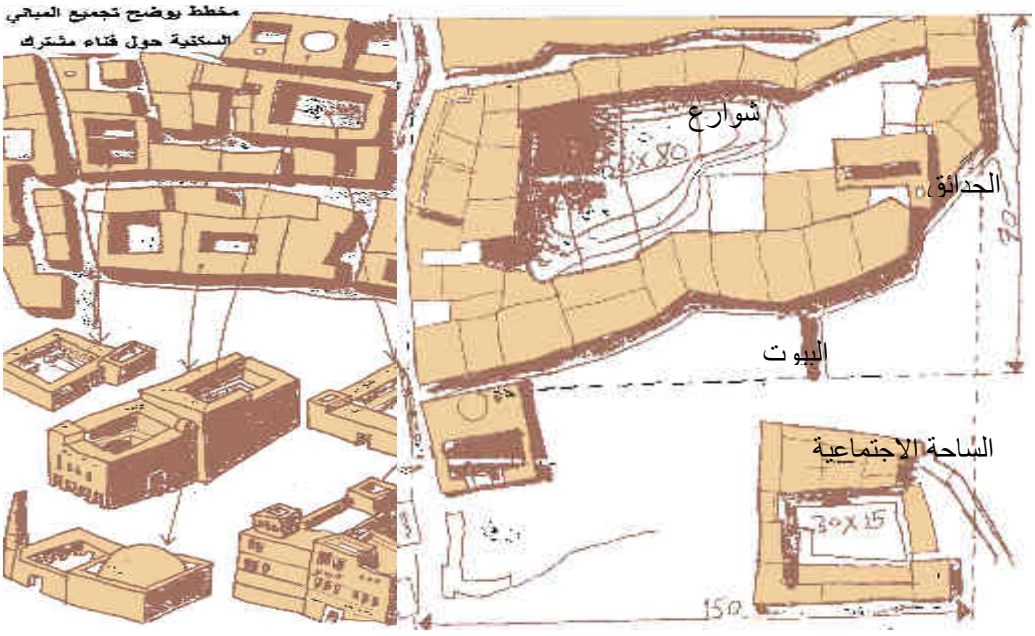
شكل رقم (10) يوضح مدينة صنعاء القديمة

أ . تجمع الكتل حول الأفنية:

تميز المسكن والذي تميز بالارتفاع وضيق رقعة الأرض التي يشغلها والذي يتم تجمعه حول فراغات وحدائق عامة، يظهر مدى الخصوصية والتميز التي تتمتع بها مثل هذه المدينة العريقة.

قسمت مدينة صنعاء القديمة على عدد من القطاعات ، وقسم القطاع الواحد إلى عدد من المجمعات السكنية حيث يضم القطاع الواحد البيوت السكنية التي تطل الواجهات الخلفية منها على حديقة خاصة بالمسكن الواحد كمتنفس للسكان، أما الواجهات الرئيسية لهذه المباني تطل على الساحات الإجتماعية شكل رقم(11) ترتبط هذه القطاعات ببعضها البعض عن طريق الشوارع الضيقة، قد جعل وجود الحدائق أو المزارع والساحات الإجتماعية في وسط هذة التجمعات إلى جانب الطرقات والأزقة أساسيا وضرورياً لتقييم القيمة السكنية لهذه المنازل ويساعد على إدخال الضوء والتهوية إلى المكان المساكن.

ثم يأتي بعد ذلك المسجد الذي يعتبر من سمات المدينة اليمنية وباقي المدن العربية ، ثم بتعدد وظائفها (الخان و الوكالة في الحضارة الإسلامية)، الأبيار والحمامات التي تختلف إشكالها في اليمن عنها في المدن العربية ، ثم الأسواق المفتوحة والمغلقة وربما كانت أكثر شيوعاً في صنعاء لاعتدال المناخ شكل رقم(12).

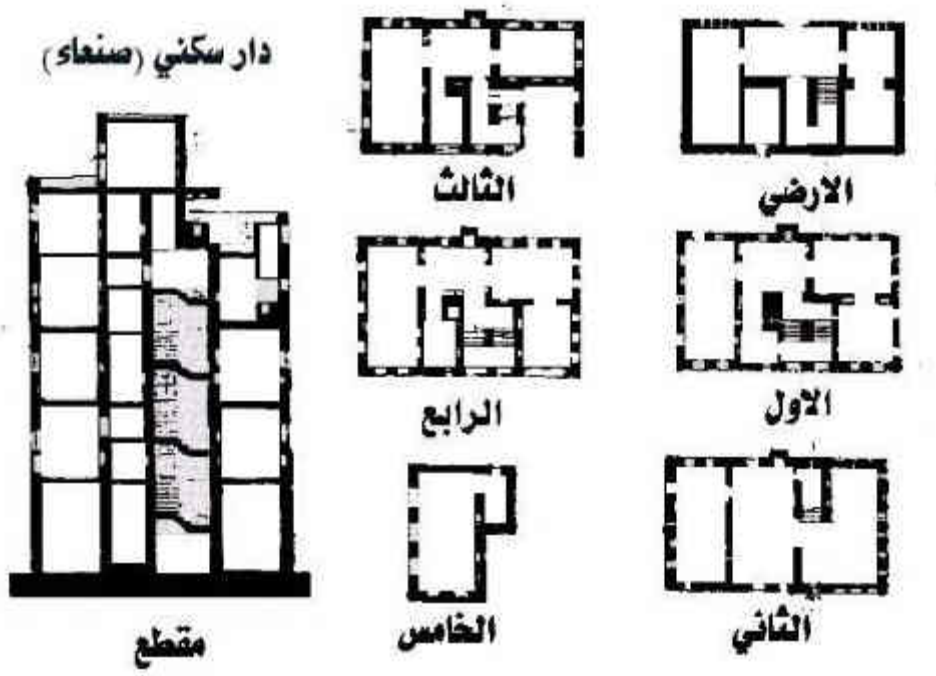


شكل رقم(11) يوضح القطاع السكني الواحد بمدينة صنعاء السكنية [3]

شكل رقم(12) يوضح تجمع الكتل حول أفنية وتوضح الأسواق المفتوحة والمساجد [3]

ب . الإتجاه الرأسي للمباني(تعدد الطوابق):

نلاحظ أن الاتجاة الرأسي للبيت اليمني شكل رقم (13) وإعتماده المباشر على الاتجاهات التي تتبع حركة الشمس للحصول على الإضاءة والتهوية المطلوبة للخدمات الرئيسية للبيت كالغرف والمطابخ والحمامات والأدراج. حيث كان التجمع السكاني يعتمد على إستقلالية صحن البيت باعتباره فراغاً خاصاً ، وهو ما لا يلبي الوظيفة الاجتماعية الخصوصية (والتي عولجت بالبيئة اليمنية باسلوب متميز) .



شكل رقم (13) يوضح الإتجاه الرأسي للمباني (تعدد الطوابق) بمدينة صنعاء وفتحات التهوية لاموجوده في جميع الاتجاهات الاربعة للمبنى

جـ . المعالجات على الواجهات:

1. إستخدام القمرية:

الوظيفة الأساسية للقمرية هي إدخال الضوء الطبيعي إلى داخل الفضاء، علاوة على إضفاء مسحة جمالية على المبنى سواء من الداخل أو الخارج. والقمرية على هيئة قرص دائري أو نصف دائري مصنوعة من حجر الألباستر سمك (0.1م) شكل رقم(14). ويعود السبب في تسميتها بالقمرية لبياضها الناصع ولأن النور ينفذ خلالها يكون هادئاً أشبه بضوء القمر.

شكل رقم(14) يوضح القمرية فوق النوافذ وتفاصيل الزخرفة بالواجهات

2. تنوع وتعدد الفتحات:

تتميز الفتحات في صنعاء بانها صغيرة في الأدوار السفلى وتزداد إتساعاً في الأدوار العليا، وتتكون النافذة من خمسة عناصر وهي:

أ) الجزء العلوي (القمرية).

ب) الجزء السفلي(النافذة).

ج) الشواقيص:

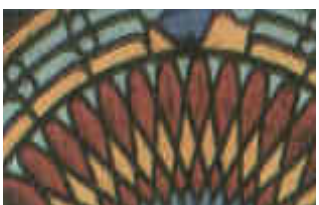
تقع عادة بين النوافذ مع الجزء العلوي ووظيفتها تفيء بالتهوية وعادة يكون أبعادها(0.2×0.5م).

د) الكنة:

تقع في مكان متوسط بين الجزء العلوي والجزء السفلي وتصنع من الخشب عرضها أكبر قليلا ضمن النافذة وبروزها حوالي (0.25م) ووظيفتها حجب أشعة الشمس المباشرة من الدخول الى الفضاء الداخلي.

هـ) المشربيات:

غالباً تصنع من الخشب واحياناً من الجبس والفائدة منها هي لتهوية الفضاء بدون إضاءة شديدة وحفظ الخصوصية شكل رقم(15).



شكل رقم(15) يوضح عناصر النافذة الخمسة(القمرية وتفاصيلها، النوافذ، الشواقيص، الكنة، المشربية)

د . معالجة أسطح المباني (زراعة أسطح المباني):

يستعمل في مدينة صنعاء القديمة زراعة أسطح المباني للحد من نفاذ أشعة الشمس إلى الفراغات الداخلية بالإضافة إلى زيادة نسبة الرطوبة بالهواء القريب من تلك الأسطح شكل رقم(16). كما يستعمل للغرف العلوية فتحات في السقف للتهوية[3].

شكل رقم(16) يوضح زراعة أسطح المباني والفتحات العلوية للتهوية

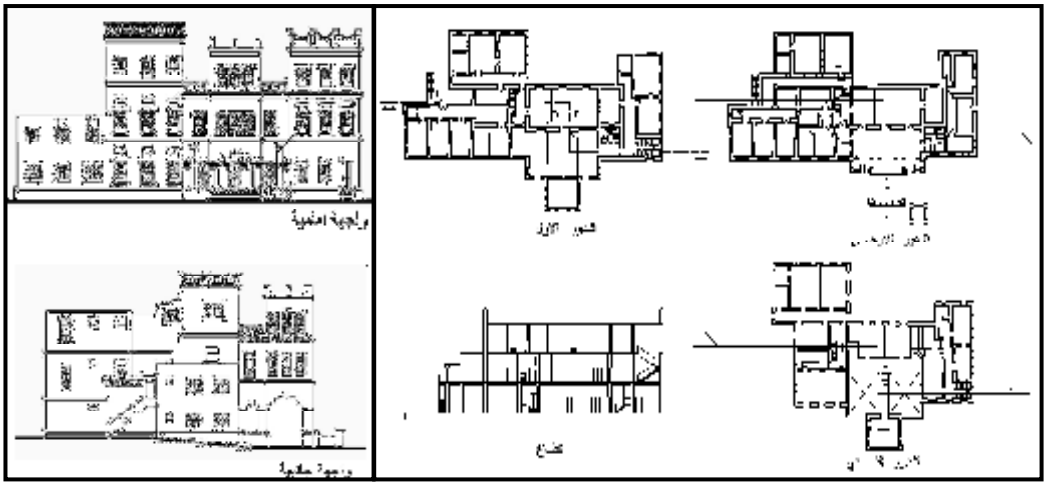
4-2: دراسة حالة المباني في مدينة المكلا والمعالجات المعمارية والبيئية بها:

ونعرض فيما يلي بعض الأمثلة للمباني المميزة بيئياً:-

4-2-1 مبنى الإدارة المحلية بمدينة المكلا:

من مباني مدينة المكلا التي يمكن أن تؤخذ بنظر الإعتبار هي المباني القديمة التي بنيت في مدينة المكلا والتي تعطي أهم ما توصل المعمار اليمني الحضرمي من إبداع في ملاءمة المباني معمارياً

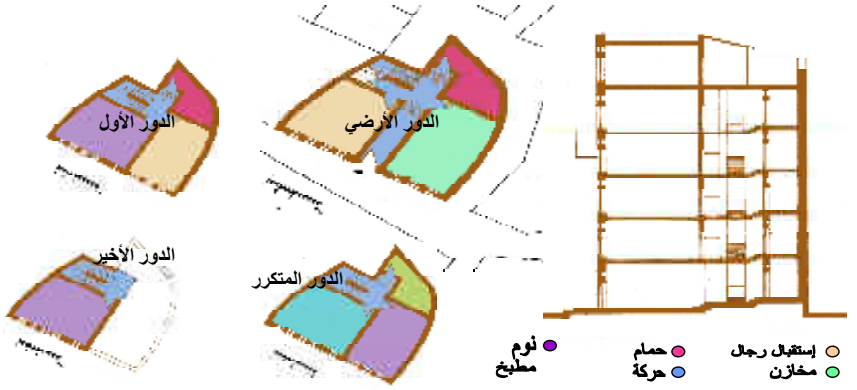
وبيئياً بحيث تتلاءم مع المناخ الحار الرطب بمدينة المكلا ويشعر الإنسان في داخلها براحة حراريةشكل رقم (17) .



شكل رقم(17) يوضح مساقط أفقية وقطاع وواجهات لمبنى الإدارة المحلية بمدينة المكلا

4-2-2 نموذج بيت سكني بمدينة المكلا:

نتيجة لضيق المساحة البنائية في مدينة المكلا أضطر أهلها إلى التوسع الرأسي لمبانيهم وعدم استخدام التوسع الأفقي و بالتالي نشاهد أن مبانيهم تتميز بالارتفاع العالي. غالباً ما تكون الأدوار الأرضية من بيوت مدينة المكلا القديمة مخصصة لخزن المؤن والمعدات و الأسلحة و أحياناً المواشي. ويستخدم الدور الأول لاستقبال الرجال و جلوسهم.و الدور الثاني للنساء و جلوس العائلة ولتناول طعامهم أيضاً أما الدور الثالث و المتكرر لغرف النوم ويستخدم الدور الأخير للنوم في أيام الصيف شكل رقم(18).



شكل رقم(18) يوضح مساقط وقطاع لبيت سكني بمدينة المكلا

4-3 المعالجات المعمارية والبيئية للمباني بمدينة المكلا:

4-3-1 معالجة الفتحات والشبابيك:

أسلوب الفتحات والشبابيك المستخدم في مدينة المكلا يعتبر من أحد اهم المعالجات المناخية للمناطق الحارة الرطبة، حيث تساعد على التقليل من أشعة الشمس وتتحكم بكمية الضوء النافذ الى داخل الفضاء وتعمل على تلطيف درجة الحرارة من خلال النسيم الذي يمر بين الفتحات والفتحات العليا القريبة من السقف.

الشبابيك في مدينة المكلا فتتكون من جزئين: الجزء السفلي وهو عبارة عن مشبكات ذات أشكال هندسية يطلق عليه(الجالي) وله مصاريع خاصة به أما الجزء العلوي من الشباك فهو بدون أي مشبكات وإنما يغطى من الخارج بستائر التترون ذات اللون الأبيض للحفاظ على الخصوصية وكذلك للحماية من اشعة الشمس. وفوق هذا الشباك فتحة علوية بعرض الشباك تسمى (المنور) ذات ارتفاع (0.2–0.4 م) وتعمل هذه الفتحة مع أجزاء الشباك على خلخلة الهواء وتحريكه وهناك فتحة تأتي فوق مدخل المنزل عبارة عن شباك يسمح لأهل المنزل بالنظر فوق المدخل من دون أن يراهم احد وبه بروز حوالي(0.3م) وارتفاع(0.6 م) وتوجد فتحات خاصة بالدرج وهي عبارة عن شمسيات من الحجر أو الجص المفرغ بزخارف هندسية ونباتية.

أما أبعاد الشباك التقليدي في ساحل حضرموت(0.75 – 0.90م) العرض أما الارتفاع (1.40–1.60 م) ويرتفع الشباك عن مستوى أرضية الغرفة ما بين(0.1 – 0.25 م) ويوضح الشكل رقم(19) نماذج من الفتحات والشبابيك التقليدية في مدينة المكلا.

4-3-2 معالجة الحوائط:

أ – الحوائط وعروضها ومواد بنائها:

استعمال مادة الحجر في البناء سمك الجدار يتراوح ما بين (0.4–0.5م) شكل رقم(18،19) و التي توجد في الجبال المحيطة بالمدينة، مما أعطى قوة في المباني و زاد من فترة بقائها و هو احد الأسباب التي ساعدت على استخدام الشكل العمودي في البناء. بعض البيوت وهي نادرة بنيت بالطين امتازت بكثير من الصفات التي توافق مناخ المنطقة، والتي استطاعت من خلالها خلق إبداع في التصميم و خاصة بالتدرج بسمك الجدران حيث و جدت الأشكال التي أدت إلى عدم استخدام التوازي في ارتفاع المبنى الأمر الذي أدى إلى زيادة حجم القاعدة و قلته كلما

ارتفعنا إلى أعلى البيت، وقد وجدت هذه الصفة أيضاً في البيوت القديمة للمدن الأثرية القديمة مثل شبام. تم استخدام النورة (الجير المطفأ) كمادة رابطة بين الأحجار بعد خلطها ببعض الأصداف و الحصى الصغيرة التي تزيد من قوتها وترابطها. و كما معلوم أن النورة لها مقاومة عالية للملوحة والرطوبة و خاصية المدينة ساحلية تتوافق مع مادة البناء والربط هذه. كما استخدمت بعض الأعشاب الصغيرة (القش) وهو ما يسمى(التبل).

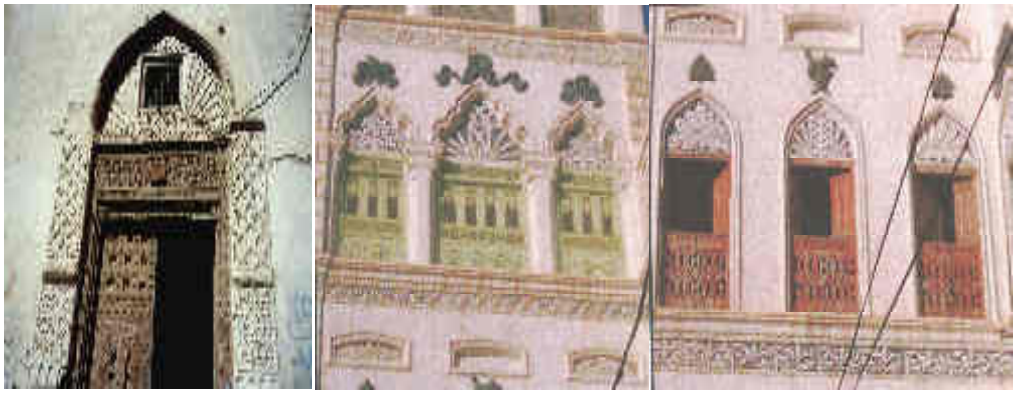
ب – العزل الحراري للجدران:

إستخدام الجدران السميكة شكل رقم (17،18) التي تصل الى نصف متر، وتطلى المنازل من الخارج بالنورة شكل رقم (20) وهو عامل جمالي يكسب المدينة لون أبيض ناصع تسحر العيون خاصة عندما تأتي من البحر. إذا لم يطلى البيت ككل يلاحظ طلاء الجزء العلوي و السفلي منة. ويرجع السبب في طلاء البيت بالنورة لحمايته من الأمطار و عدم تسرب المياه من خلاله إلى الجدران و كذلك لعكس أشعة الشمس و تقليل امتصاصها للجدران، حيث يعكس اللون الأبيض حوالي(80%) من الأشعة الشمسية الساقطة على المبنى.

4-3-3 نمط البناء المتلاصق وتعدد الطوابق وتوجية المباني:

تمتيز مدينة المكلا بتقارب المباني شكل رقم (20) من بعضها البعض مما أدى إلى وجود أزقة كان دليلاً واضحاً على الترابط و التلاحم في الخصائص الاجتماعية للمدينة. وساهم في التقليل من تأثير الإشعاع الشمسي على الأسطح الخارجية للمباني. وساعد استخدام الشكل العمودي شكل رقم (20) في المنازل (تعدد الطوابق) و ذلك لصغر مساحة المبنى بسبب التقارب و الذي أدى إلى وجود ظلال في الشوارع و على المباني بعضها البعض على مدى ساعات النهار تقريباً. كذلك ساعدت طبيعة الطرق الضيقة والمتعرجة على الإحتفاظ بالهواء البارد لفترات طويلة اثناء النهار في فصل الصيف والعكس في فصل الشتاء، وكذلك إعاقة حركة الرياح المحملة بالأتربة والرمال وايضاً الحد من سرعتها.

من المعالجات المناخية أيضاً التوجية للمباني، بجعل الواجهة تفتح على باتجاه الشرق والجنوب للإستفادة من أشعة الشمس المباشرة[3].



شكل رقم (19) يوضح نماذج من الفتحات والشبابيك

شكل رقم(20) يوضح طلاء واجهات المباني بالنورة ونمط البناء المتلاصق وتعدد الطوابق

خامساً: الحماية والاستفادة من الطاقة الشمسية :

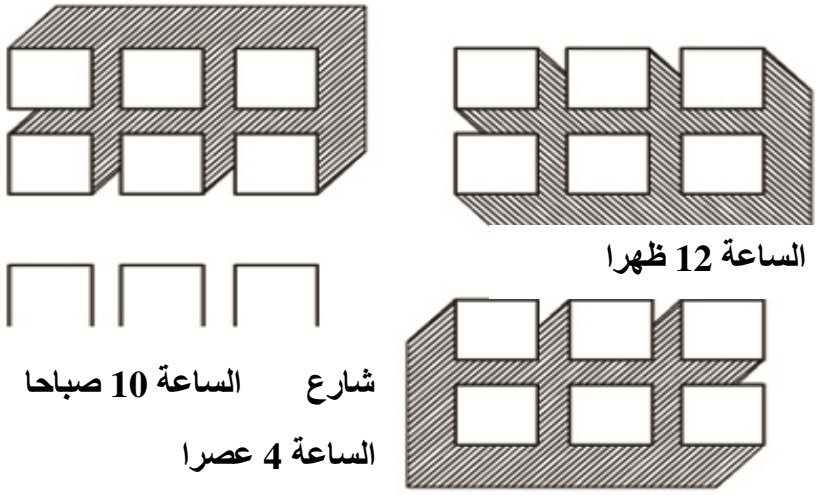
تعتبر المناطق الحارة وخصوصا بمنطقة اليمن تتعرض للإشعاع الشمسي المباشر وذلك لصفاء الجو معظم شهور السنة وخصوصا في فصل الصيف مما يعرض المباني للحرارة الشديدة .

5-1 مدى الحماية من الطاقة الشمسية :

عملية حماية المباني من أشعة وحرارة الشمس هو الهدف الأساسي في المناطق الحارة عامة واليمن ومدينة المكلا خاصة وقد تم عرض أساليب الحماية من أشعة الشمس في المباني في البند السابق وأورده كما يلي :

- استخدام الأفنية الداخلية (التوجيه للداخل): والذي يحقق عزل أشعة الشمس عن معظم عناصر المبنى فضلاً عن الإطلالة الجميلة للفناء المزروع والذي يساعد على التخفيف من شدة الحرارة وإمتصاص أشعة الشمس .
- استخدام البروزات بالأدوار المتكررة : وهو ما يحقق تظليل نسبة كبيرة من الحوائط الخارجية للمبنى ويحقق التخفيف من حرارة الشمس .
- استخدام المشربيات : كإسلوب عربي إسلامي لعزل أشعة الشمس والحماية منها من جهة وتحقيق الخصوصية من جهة أخرى .
- استخدام القمرية : والتي تستخدم كطابع معماري للمباني في العمارة اليمنية بصفة عامة وقي مدينة المكلا بصفة خاصة لتسمح بإدخال الضوء للفراغ الداخلي للمباني وعزل أشعة الشمس فضلاً عن إضفاء نوع من الجمال والراحة النفسية للسكان[16] .
- استخدام فتحات متنوعة وصغيرة لتحقيق التهوية : مثل الشواقيص ولحجب أشعة الشمس مثل الكنة .
- استخدام الحوائط السميكة : والتي تحجب أشعة الشمس المباشرة وتؤخر زمن وصول الحرارة الكامنة بها إلى الفراغ الداخلي (وبمعنى آخر عزل الحرارة الخارجية) مدينة شبام كمثال .

- صغر مساحة النوافذ بالمباني : والتي تساعد على التقليل من أشعة الشمس النافذة إلى داخل المباني بصفة عامة ، وفي المباني الحديثة تم وضع زجاج عاكس لأشعة الشمس وذلك للتخفيف من كمية الحرارة النافذة إلى الفراغ الداخلي .
- تحقيق الإظلال للمباني على بعضها البعض بنظام النسيج المتضام : وهو نظام تقسيم الأراضي المتبع للقطع المتجاورة والذي يتحقق بين المباني بترك مسافات صغيرة من 2–3 متر مما يجعل الإظلال واردا على واجهات المباني فترات أطول مع حركة الشمس نهاراً شكل (21) .



شكل رقم(21) يوضح نظام تقسيم الاراضي والبناء المنفصل بالمدينة (المكلا) كمثال للمدينة اليمنية والاظلال الواقع على المباني المنشأه بها [14]

- نظام التهوية الطبيعية باستخدام فكرة الفتحات المتقابلة للنوافذ بالمباني : وهي التي تحقق تحريك الهواء الطبيعي من الجهة الباردة (فناء داخلي) ومن اتجاه الهواء البارد إلى داخل المبنى نتيجة لخروج الهواء الساخن من الجهة الأخرى وهذه الفكرة تستخدم في المباني الحديثة والتي تعددت طوابقها حتى بلغت عشرة طوابق بمدينة المكلا والمدن اليمنية .
- استخدام مواد البناء المحلية المناسبة : بغرض الحماية من أشعة الشمس مثل البناء بالطوب الطيني (مدن وادي حضرموت ومدينة شبام بصفة خاصة) وكذلك إستخدام الحجر الطبيعي الجيري واللذان أثبتا قدرة عالية على حجز الحرارة الخارجية وعدم السماح لها بالدخول في الفضاء الداخلي مما يساعد في تحقيق الراحة الحرارية .
- استخدام كاسرت الشمس : في المباني الحديثة بالمدينة تم إستخدام مواد أخرى من الخرسانة المسلحة والطوب الإسمنتي والمفرغ ولكن بإستخدام مواد عازلة للحرارة وإستخدام طرق العزل الحديثة

لأشعة الشمس (كاسرات الشمس) والتي تطبق في المنشآت الجديدة بأساليب مختلفة رأسية وأفقية ومركبة .

- ملاقف الهواء : وهو أسلوب قديم لتهوية المباني للبلاد العربية ولكن يستخدم في بعض المباني الحديثة وخصوصاً بالمساكن في المناطق الصحراوية مع استخدام الماء لتبريد الهواء إلى الفضاء الداخلي .

5-2 مدى الاستفادة من الطاقة الشمسية في المناطق الحارة:

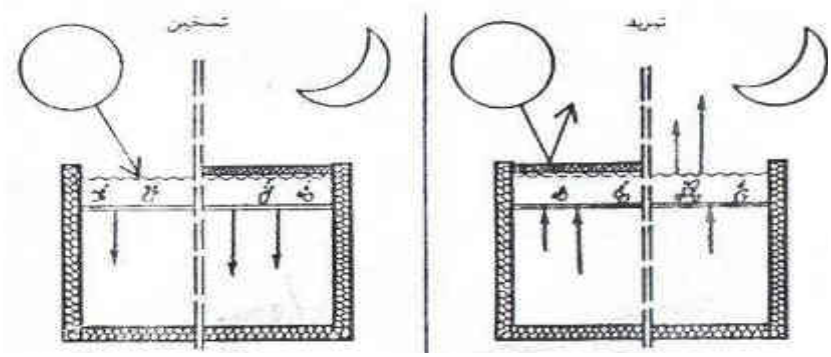
تعتبر أشعة الشمس ذات تأثير سلبي يتحتم تجنبه أو على الأقل التحكم فيه بدرجة كبيرة إلا أنه من الأهمية الاستفادة من الناحية الإيجابية لأشعة الشمس وما تمثله من طاقة يمكن استعمالها في كثير من الأنشطة أو بذلك يمكن الاقتصاد أو التنوع في مصادر الطاقة. ولذلك اتجهت معظم الدول وخاصة الدول الصناعية في استخدام الطاقة الشمسية لخدمة المجالات المختلفة من الحياة. كما أن الدراسات والأبحاث تعطي مؤشرات جيدة على الاستخدامات العديدة لها في مجال العمارة. ومن الطرق التي يمكن استخدامها للاستفادة من الطاقة الشمسية في المناطق الحارة (اليمن، المكلا) تدفئة وتبريد المباني(طريقة بركة مياه السطح) .

5-2-1 تدفئة وتبريد المباني(طريقة بركة مياه السطح):

تستخدم الطاقة الشمسية سلباً في تدفئة وتبريد المباني أي خفض درجة حرارة الجو الداخلي. ففي حالة التدفئة يتم تجميع الطاقة الشمسية وتخزينها ثم إعادة توزيعها بواسطة الوسائل الثلاث الأساسية للانتقال الحراري وهي: الانتقال والتوصيل والإشعاع. أما التبريد فهو ببساطة التحكم في الحرارة الخارجية قبل اختراقها بغلاف المبنى يكون ذلك في مصلحة التصميم.

وفي هذه الطريقة يوضع الماء المختزن للحرارة على سطح المبنى (واحد) أو في أثناء تدفئة المبنى شتاء تتعرض كتلة الماء على السطح لأشعة الشمس مباشرة أثناء النهار لامتصاص الطاقة الحرارية واختزانها وفي أثناء الليل يتم تغطية بركة الماء المختزنة للطاقة بواسطة أجزاء متحركة عازلة للحرارة وبذلك يوجه الإشعاع الحراري إلى داخل المبنى شكل رقم(22).

وفي الصيف تعكس هذه العملية حيث تمتص الحرارة الداخلية نهاراً بواسطة الماء الذي تتم تغطيته من الشمس ويكشف الغطاء عن الماء ليلاً للسماح بإشعاع الحرارة إلى الفضاء الخارجي[5] .



شكل رقم(22) يوضح فكرة طريقة بركة مياه السطح

5-2-2 استخدام المجمعات الشمسية :

أ – في تسخين المياة : ويتم ذلك باستخدام الطاقة الحرارية ، تلك الطاقة التي يتم الحصول عليها من الطاقة الشمسية بواسطة إستعمال المجمعات المسطحة لتسخين المياة وتدفئة المساكن وذلك برفع درجة حرارة المياة إلى قرابة 60 درجة مئوية تستعمل المجمعات الشمسية المسطحة ذات التكلفة الإقتصادية المنخفضة نسبياً والتي تعمل بكفاءة عالية على هذه الدرجات من الحرارة [13].

ب – في التدفئة : وذلك بإستخدام التدفئة بالطاقة الشمسية وهي نفوذ الحرارة المكتسبة إلى الأبنية السكنية وغير السكنية ويتم ذلك عن طريق اللواقط (المجمعات) اللواقط السلبية لالتقاط الطاقة الشمسية ثم تخزينها واستخدامها عند الحاجة واللواقط الإيجابية لتدفئة الهواء عن طريق تسخين الهواء في المجمعات الشمسية ومن ثم رفعة بواسطة مروحة لتدفئة الأبنية أو الحيز موضوع الاهتمام [13].

5-3 المعالجات المعمارية والبيئية وإستخداماتها المعاصرة في اليمن (المكلا):

من خلال العرض السابق يمكن القول بان هناك نمط تخطيطي واضح وعديد من المفردات المعمارية والبيئية يمكن الأخذ بها في نظر الاعتبار عند تصميم المباني الحديثة (الخرسانية) في اليمن عموماً ومدينة المكلا خصوصاً ذات المناخ الحار الرطب حيث يلاحظ أن سكان هذه المنطقة يوثر هذا المناخ عليهم سلبيا في قدرتهم على العمل والإنتاجية لهم، لذلك لابد من الاهتمام بالراحة الحرارية في هذه المناطق من خلال شكل المبنى أن يتميز بحيث يساعد على الاقتراب بدخول المبنى بمنطقة الراحة الحرارية و التقليل من استخدام الفتحات الخارجية

للمبنى واستخدام الفتحات الضيقة بحيث تعمل على تقليل الحرارة المكتسبة من المناخ الخارجي ولابد من أن يتم استخدام المواد العازلة في الغلاف الخارجي للمبنى وحمايتها من تأثير الرطوبة الخارجية وتضامن المباني مع بعضها لإمكانية الحصول على مسطحات داخلية تسمح بعملية حركة الهواء ومراعاة عدم استخدام الهياكل الخرسانية الثقيلة التي يكون لها توصيلية حرارية كبيرة و استخدام وحدات التكييف بحيث تساعد على الدخول إلى الراحة الحرارية للمبنى.

والتهوية تكون لهذه المباني لها طابع خاص في عملية التهوية وذلك باستخدام ملاقف الهواء للتهوية للفراغات ووصول الهواء إلى عدة طوابق دون الحاجة إلى استخدام التهوية الصناعية، يتم توجيه هذه الملاقف ناحية الهواء السائد بالمنطقة للحصول على أقصى تهوية للفراغات الداخلية. واستخدام الأفنية الداخلية التي تساعد على حركة الهواء داخل الفراغات الداخلية للمبنى وأيضاً تساعد على التخلص من

الهواء الساخن داخل المبنى.

واستخدام العناصر المعمارية وتراثها الذي كان احد الحلول لهذه المناطق وذلك باستخدام المشربيات التي لها خاصية دخول الهواء النقي دون دخول الأتربة. زيادة على ذلك عمل كسرات بالحوائط وكاسرات الشمس على الفتحات والشبابيك تساعد على الحصول على ظلال الواجهات والحد من دخول الأشعة الشمسية إلى داخل المباني. وإختيار مواد البناء ذات العزل الحراري أي لها توصيلية حرارية قليلة حتى تساعد على العزل للمبنى عن المناخ الخارجي وان تكون مواد البناء لها كثافة قليلة حتى تساعد على تقليل التوصيلية الحرارية لمواد البناء وتأثيرها على فراغات المبنى الداخلية[3].

النتائج العامة والتوصيات :

أولاً : أهم النتائج المستخلصة :

- إن عمارة المناطق الحارة عمارة ذات طابع مميز تستخدم فيه الأفنية الداخلية كعنصر أساسي لعلاج حالة المناخ وتهيئة البيئة الداخلية للمسكن بصفة خاصة والمباني العامة والخدمية والإدارية بصفة عامة وكمثال تم عرض من المغرب في مدينة أغادير مثلما يوجد بمدينة المكلا.
- إن المسكن في محافظة حضرموت يتميز باستخدام مواد البناء التقليدية وخاصة مادة الطوب الطيني والذي يعد له أثره الكبير في علاج حالة المناخ الحار والحد من تأثير أشعة الشمس في فصل الصيف.
- إنه يوجد علاج لحالة المناخ الحار في البلاد التي تقع في المنطقة الحارة والقريبة من خط الإستواء شمالاً وجنوباً وذلك باستخدام نظام المشربيات والقمرية في مدن المكلا وشبام بمحافظة حضرموت وفي مصر والمملكة العربية السعودية وغيرها...
- كذلك تم إستخدام معالجات بالواجهات منها بروزات الطوابق للخارج بالطوابق العليا لتحقيق الإظلال على الواجهات وكذلك الشخشيخة العلوية للتهوية وملاقف الهواء وإستخدام كاسرات الشمس الرأسية والأفقية في المباني الحكومية والعامة وكذلك السكنية في مصر والمملكة العربية السعودية.
- كذلك تم عرض كيفية الاستفادة من الطاقة الشمسية الكبيرة في الأغراض الإنسانية مثل تسخين المياه وتوفير الطاقة وكذلك في تشغيل أنظمة التكييف والتبريد وهي ضرورة عصرية مع التطور التكنولوجي الحادث في العالم وخصوصاً عند البناء بمواد البناء الحديثة.
- كما أنه يعد من المؤثر جداً للحماية من أشعة الشمس وتكثيف الإظلال على واجهات المباني هو نظام تقسيم الأراضي وتشريعات البناء بالمدينة (المكلا) والمدن اليمنية حيث يتحقق معها قدر كبير من الإظلال يحقق الحماية من أشعة الشمس والطاقة الحرارية الصادرة منها على المباني السكنية .

ثانياً : أهم التوصيات :

- أن يراعى المعماريون والمختصون في المجالس المحلية تطبيق أسس تصميم المباني وعلاج حالة

البيئة الحارة في وضع العناصر المعمارية المناسبة سواء باستخدام الفناء الداخلي أو في علاج الواجهات وتصميمها بما يناسب الطابع المحلي وحالة المناخ الحار.

- أن تتم المحافظة على استخدام العناصر المعمارية ووحدات ومفردات العمارة البيئية مثل ملاقف الهواء، الشخشيخة والقمرية باعتبارها طابعا محليا يحقق التنمية المستدامة بالمباني الحديثة في مدينة المكلا عاصمة المحافظة وكذلك في المدن الأخرى فضلاً عن نظام الفتحات والمشربيات التي تثري البناء المعماري المتميز للعمارة اليمنية.
- أن يتم إنشاء جهاز متخصص في مراقبة الإنشاءات الحديثة وإعطاء التراخيص مع الالتزام بتحقيق العمارة الحديثة والمناسبة للبيئة الحارة للمدن بالجمهورية اليمنية وطابعها المميز مع الوظائف الجديدة الناشئة عن الخدمات وتنوعها في العصر الحديث.
- أن تتجه الأنظار إلى ضرورة الإهتمام بالطاقة الشمسية المتوفرة للاستفادة منها فعلياً في تسخين المياة وكذلك في التدفئة في المواقع الباردة شتاءً والعمل على الاستفادة منها في تدفئة وتبريد المباني العامة والخدمات بطاقة شمسية اقتصادية ومتاحة .

قائمة المراجع العلمية:

1. الجوهي، محمد سالم، أشهر الراحة ومتطلبات الوصول إلى الراحة وعلاقتها بالعمران – ورقة مقدمة للمؤتمر العلمي الأول:العمارة الطينية على بوابة القرن 21 – سيئون ، جامعة حضرموت،2000م، ص ص 99– 104.
2. السقاف، أحمد محمد، باوزير، نادر عبد الرحيم، المشكلات البيئية في مدينة المكلا ورقة علمية مقدمة للملتقى الثالث للجغرافيين العرب (المدن الكبرى في الوطن العربي) 22/21 أكتوبر 2003م الرياض المملكة العربية السعودية .
3. السقاف، محمد عبدالله، وآخرون، قسم الهندسة المعمارية والتخطيط البيئي– كلية الهندسة والبترول جامعة حضرموت للعلوم والتكنولوجيا – دراسات بيئية لمنطقة وسط صنعاء والمكلا، 2008م.
4. إسماعيل، عبد القادر عساج محمد، مناخ اليمن، مركز عبادي للدراسات والنشر، صنعاء، اليمن،1999م،.
5. الوكيل، شفق العوضي، وسراج، محمد عبد الله، المناخ وعمارة المناطق الحارة، الطبعة الثالثة، القاهرة، مصر ،1989م، ص324.
6. بن عوف، سعيد عبد الرحيم سعيد، العناصر المناخية والتصميم المعماري، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية،1994م، ص240.
7. جيوبروجكتس، أطلس الجمهورية اليمنية والعالم، طبعة أولى، 2003م، ص 59.

8. عبد المنطلب ، محمد علي ،العمارة التلقائية بجنوب الوادي بين النظرية والتطبيق لعمارة الصحراء ، أسيوط ، جمهورية مصر العربية،2004م ، ص 107.
9. عبد المنطلب، محمد علي، المناخ وعمارة الصحراء، مطبعة الاوفست الحديثة، أسيوط ، جمهورية مصر العربية، أكتوبر 2001م، ص 174.
10. مشتت، د.صباح عبداللطيف، العمارة والبيئة المناخية، الأسس النظرية والتطبيقية، 1995م، ص212.
11. موسوعة لمناخ آسيا، لينينقراد، الاتحاد السوفيتي، 1975م، ص448.
12. عبدالرسول حمودي العزاوي ، الطاقة والمباني ، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع ، عمان ، الأردن ، 1996م ،ص 141.
13. زهير جبور ، حسام بركات ، علوم البيئة ، كلية الهندسة ،جامعة البعث ، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ،1998م ،ص 250 .
14. **Shading Analyser Computer programs**, Copyringht, (C) MBS, Lab, School of Architecture USC, Version 1.0.0, 1999.
15. Michele Melaragno:" **Wind In Architectural And Environmental Design**", New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1982.