بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا

كلية الدراسات العليا

استراتيجيات التصميم السلبي لتبريد المباني السكنية في المناخ الحار

(حالات دراسية عالمية و محلية)

Passive Design Strategies For Cooling Residential Buildings In Hot Climate

(International And Local Case Studies)

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في العمارة (تخصص تصميم معماري)

اعداد:

دعاء الفاضل عبد الله القاضي

اشراف :

أ.د. سعود صادق حسن

قال تعالى:

﴿ وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ أُنِيبُ ﴾

[سورة هود: 88]

صدق الله العظيم

إهداء الى عائلتي و أساتذتي المحترمين

شكر و عرفان

الحمد لله أولا و أخيرا , الذي هداني و وفقني بقدرته الى اكمال هذا البحث , حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه ...

ثم ...

أشكر أساتذتي الأفاضل لمدهم لي بالعلم و المعرفة طوال فترة دراستي .

خصوصا أتوجه بالشكر الجزيل لمشرفي الفاضل أ.د. سعود صادق حسن لتوجيهه الممتاز لي و دعمي بالنصائح و الإرشادات و اهتمامه و صبره معي في اتمام هذا البحث ...

و أشكر عائلتي التي دعمتني , و خصوصا أختي رفاء التي أمدتني بالعون و الدعم النفسي و النصائح التي أفادتني كثيرا ...

المستخلص

التصميم السلبي المناخي هو تصميم المبنى بأساليب و طرق تساعد في جعل هذا المبنى مناسب للعيش مناخيا في بيئته الداخلية و مريح حراريا مع اقل استخدام للطاقة الكهربائية فيه حيث يشمل تصميم المبنى سلبيا الأخذ بالاعتبار تصميم كافة عناصره من جدران و اسقف و ارضيات و فتحات حتى تساعد في التقليل من الكسب الحراري داخل المبنى بحيث يجعل التصميم السلبي المبنى متأقلما مع الظروف الجوية الخارجية بدون الاعتماد على الطاقة الكهربائية و الإضرار بالبيئة الخارجية . تم في هذا البحث التعريف بالتصميم السلبي و ما هي اهدافه و الراحة الحرارية التي هي الهدف الرئيسي الذي يجب تحقيقه من خلال التصميم السلبي ثم دراسة و استعراض طرق و استراتيجيات التصميم السلبي التي تساعد في توفير تبريد سلبي للبيئة الداخلية للمباني السكنية في المناطق التي تتسم بالمناخ الحار لتقليل الاعتماد على التكييف الميكانيكي .حيث يعرض البحث هذه الاساليب و الاستراتيجيات بطريقة مفصلة . ثم اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي في دراسة الحالات بناء على المعلومات النظرية و استراتيجيات التصميم السلبي التي تم عرضها في البحث و تم عمل دراسة على حالتين عالميتين هما منزل اندرو سيبرز ومجموعة منازل جيمس كوبر في استراليا في مناطق تتسم بالمناخ الحار و تضمنت الحالات بعض من استراتيجيات التصميم السلبي لتوفير تبريد للمنازل . و تم اخذ حالة محلية هي منزل عثمان الخير في مدينة الخرطوم الذي تضمنت ايضا استراتيجيات تبريد سلبي . بعدها تم عمل مقارنة بين حالات الدراسة العالمية و المحلية لمعرفة ما هو الاختلاف في الاستراتيجيات السلبية عالميا و محليا و ما هي اسبابه. بعدها توصل البحث على عدد من النتائج و الخلاصات التي من اهمها الاهتمام بتطبيق استراتيجيات التصميم السلبي في المباني السكنية في المناخ الحار و الاهتمام بدراسة و تصميم كافة العناصر وفق المعطيات البيئية للمنطقة .و قدم البحث عدد من التوصيات لزيادة الوعي بأهمية التصميم السلبي في المباني و الحث على تصميم كافة المباني بطرق سلبية لتوفير الراحة الحرارية و التقليل من استهلاك الطاقة .

ABSTRACT

Passive design is designing the building in ways and methods that helps to make this building thermally comfortable with the least use of electric power. passive design includes considering the design of all building's elements " walls ceilings and floors" and that to help reduce thermal gain in the building. The objective of this research is first identify passive design and its objectives and the meaning of thermal comfort which is the main goal to be achieved through passive design. Then review the study of passive design strategies that helps to provide passive cooling. And presents these methods and strategies in a detail. The study adopted the analytical descriptive method in the case study. based on the theoretical information's and the methods and strategies of passive design that have been presented in the research. The study was conducted on two global cases Andrew Severs House and James Cooper Group of Houses. in Australia in areas characterized by warm climate And included some of passive design strategies to provide cooling for the houses. A local case was taken Othman al-Khair's house in Khartoum city, which also included passive cooling strategies. Then a comparison was made between the global cases and the local case to find out what's the difference in passive strategies for cooling that have been used globally and locally and what are the reasons. Then the research reached a number of results and abstracts, the most important is to attention to application of passive design strategies in residential buildings in hot climate and the importance of studying and design all elements according to the environmental data of the region. Also the research presented a number of recommendations to raise awareness about the importance of passive design in Buildings.

قائمة المحتويات

		رقم الصفحة
-	استهلال	I
-	اهداء	II
-	شكر و عرفان	III
-	المستخلص	IV
-	Abstract	V
-	قائمة المحتويات	VI
-	قائمة الأشكال	VIII
-	قائمة الجداول	X
الفصل الأول : مقدمة		
1.1	تمهيد	1
2.1	أسباب اختيار موضوع البحث	2
3.1	أهمية البحث	2
4.1	أهداف البحث	3
5.1	مشكلة البحث	3
6.1	فرضيات البحث	4
7.1	النتائج المتوقعة من البحث	4
8.1	منهجية البحث	4
9.1	حدود البحث	5
10.1	هيكل البحث	5
الفصل الثاني : التصميم السلبي في تبريد المباني		
1.2	مقدمة	6
2.2	التصميم السلبي	6
1.2.2	تعريف التصميم السلبي	6
3.2	التصميم السلبي عبر التاريخ	7
4.2	أهداف التصميم السلبي	9
5.2	الراحة الحرارية	9
1.5.2	العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية للإنسان	10
6.2	الخلاصة	12
الفصل الثالث : عناصر و إستراتيجيات التصميم السلبي		
1.3	مقدمة	13
2.3	عناصر و إستراتيجيات التصميم السلبي الأساسية	13
1.2.3	التوجيه	13
2.2.3	التظليل	16
3.2.3	العزل	21
4.2.3	مواد البناء والكتلة الحرارية	29
5.2.3	النوافذ و التزجيج	32
3.3	أساليب و إستراتيجيات تصميمية الثانوية تساعد في تحقيق التبريد السلبي للمنزل	38
1.3.3	حديقة السطح	38

2.3.3	النجيل الخارجي	39
3.3.3	الحائط الأخضر	39
4.3.3	الألوان	40
5.3.3	الإضاءة الداخلية	40
4.3	تقنيات التبريد السلبي في تصميم المباني	41
1.4.3	الفناء الداخلي	41
2.4.3	أبراج الرياح	43
3.4.3	أنفاق التهوية الأرضية	44
4.4.3	التبريد التبخيري	44
5.4	الخلاصة	46
الفصل الرابع : دراسة الحالات العالمية و المحلية		
1.4	مقدمة	47
2.4	منهجية الدراسة	47
1.2.4	مصادر جمع البيانات	47
2.2.4	تسلسل منهجية الدراسة	48
3.4	معايير اختيار حالات الدراسة العالمية و المحلية	49
4.4	مناخ الخرطوم	49
1.4.4	درجات الحرارة	49
2.4.4	الأمطار	49
3.4.4	حركة الرياح	50
5.4	الأهداف التصميمية الخاصة بالمنطقة المناخية لمدينة الخرطوم	51
1.5.4	النوافذ و التظليل	51
2.5.4	العزل	51
3.5.4	التبريد	51
6.4	حالات الدراسة العالمية	52
1.6.4	منزل أندرو سيبرز	52
2.6.4	مجموعة منازل جيمس كوبر	55
7.4	حالة الدراسة المحلية : منزل بالخرطوم,قام بتصميمه صاحبه عثمان الخير....	59
1.7.4	نبذة عن المنزل	59
2.7.4	الوصف المعماري	60
3.7.4	تحليل المبنى	61
8.4	مقارنة بين الحالات العالمية و المحلية	69
9.4	النتائج	71
الفصل الخامس : الخلاصة و التوصيات		
1.5	مقدمة	74
2.5	الخلاصات	74
3.5	التوصيات	76
	قائمة المراجع	77

قائمة الأشكال

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
(1-2)	مجال الإرتياح الحراري المتعلق بدرجة حرارة الهواء و الرطوبة النسبية	11
(2-2)	مجال الارتياح الحراري المتعلق بسرعة حركة الهواء	11
(3-2)	مجال الارتياح الحراري داخل الحيز و علاقته بدرجة سطح الجدران المحيطة و الهواء الداخلي	12
(1-3)	الإشعاع الشمسي اليومي على السطوح العمودية	14
(2-3)	الشكل المستطيلي يحقق أفضل تهوية و أقل مباشرة للشمس	15
(3-3)	فلتره الهواء و تبريده عن طريق الحديقة و المياه	16
(4-3)	التظليل عن طريق التشجير و إمتدادات السقف	17
(5-3)	وجود شرفة عميقة توفر ظل داخلي و تسمح بدخول الضوء الطبيعي	18
(6-3)	تظليل الواجهه الزجاجية بمظلة قماشية و زراعة	19
(7-3)	تظليل النوافذ و الشرفات بالستائر الخارجية	19
(8-3)	التظليل الخارجي القابل للتعديل للنوافذ	20
(9-3)	المظلات القماشية	20
(10-3)	واحد من أشكال تظليل السطح	20
(11-3)	توضيح الاكتساب الحراري للمبنى الغير معزول عبر الغلاف الخارجي للمبنى ...	21
(12-3)	اشكال بعض العوازل الحرارية	23
(13-3)	نظام عزل الأسطح التقليدي (العازل المائي فوق العازل الحراري)	24
(14-3)	نظام عزل الأسطح المقلوب (العازل الحراري فوق العازل المائي)	24
(15-3)	نظام الجدار الواحد في عزل الحوائط	25
(16-3)	نظام الجدار الواحد من الطوب الإسمنتي المعزول	26
(17-3)	النظام التقليدي الذي فيه جدارين متوازيين بينهما المادة العازلة	26
(18-3)	نظام العزل من الخارج و تكسية الواجهه فوقه	27
(19-3)	نظام عزل الجدران من الداخل	28
(20-3)	نظام عزل الأرضيات	28
(21-3)	امتصاص الكتلة الحرارية للحرارة في النهار و أطلاقها في الليل في الشتاء	29
(22-3)	امتصاص الحرارة في النهار و اطلاقها في الليل مع السماح بانسائم الليلية باستخلاص الحرارة	29
(23-3)	مسبح منزلي داخلي يمثل كتلة حرارية	30
(24-3)	استخدام العناصر النباتية لتوجيه التهوية داخل الفراغ	35
(25-3)	منسوب النوافذ داخل الفراغ و تأثيره على حركة الرياح داخل الفراغ	36
(26-3)	منظومة الزجاج العازل (Insulated glazing)	36
(27-3)	الزجاج العازل للأشعة فوق البنفسجية	37
(28-3)	طريقة عمل الزجاج ذو الطبقات الكهربائية	37
(29-3)	بعض التصاميم لحديقة السقف	39
(30-3)	استخدام النجيلة في الفراغات الخارجية (الحوش)	39
(31-3)	تفاصيل الحائط الأخضر الحي , و صور لحوائط خضراء	40
(32-3)	اضاءة LED	41
(33-3)	الوان داخلية مريحة	41
(34-3)	الفناء الداخلي و دوره في تعزيز التهوية و التبريد	42

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
(3-35)	أشكال و تصاميم مختلفة و عصرية لفناء داخلي	42
(3-36)	برج الرياح ,للقبض على الرياح لأغراض التبريد السلبي	43
(3-37)	طريقة عمل أنفاق التهوية	44
(3-38)	مثال لتبريد تبخيري مصمم مع أبراج الرياح لتبريد الهواء الداخل	45
(3-39)	رشاشات السطح لتوفير تبريد تبخيري	45
(4-1)	متوسط درجات الحرارة و هطول الامطار في مدينة الخرطوم2017	50
(4-2)	صورة لمنزل أندرو سيبرز	52
(4-3)	صورة لغرفة المعيشة	54
(4-4)	صورة من داخل المنزل	55
(4-5)	منظر لمنزل من المنازل	56
(4-6)	منظور للمنازل	57
(4-7)	منظور لغرفة المعيشة و التراس الخارجي المظلل	57
(4-8)	يوضح تصميم الاضاءة و المراوح و الالوان الداخلية الباردة	58
(4-9)	منظر خارجي للمنزل	59
(4-10)	الموقع العام	60
(4-11)	site plan	60
(4-12)	الحديقة الخارجية و مظلة المدخل	61
(4-13)	يبين فناء المدخل (رئة المنزل) و تفاصيله	62
(4-14)	المساحات الداخلية و انفتاحها على بعضها	63
(4-15)	يبين الفرق بين السطح العادي و النصف اسطواني في الاداء الحراري	64
(4-16)	مقطع رأسي يبين ارتفاع المبنى عن الارض و السقف النصف الاسطواني	64
(4-17)	توزيع العنصر النباتي في المنزل	65
(4-18)	الألوان و الإضاءة	66
(4-19)	ملقف الهواء و طريقة عمله	67
(4-20)	منظر لملقف الهواء	67
(4-21)	منافذ خروج الهواء	67
(4-22)	أنفاق التبريد الارضية	68
(4-23)	نظام الطاقة الشمسية	69

قائمة الجداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
(1-3)	أوقات التأخير للمواد الشائعة	31
(2-3)	الكتلة الحرارية لبعض المواد المختلفة	32
(3-3)	معامل الانتقال الحراري للنوافذ في الاتجاهات المختلفة	33
(4-3)	العلاقة بين موقع النوافذ و حركة الرياح داخل الفراغ الداخلي	34
(1-4)	متوسط درجات الحرارة و هطول الامطار في مدينة الخرطوم 2017	50
(2-4)	نبذة عن الحالة	59
(3-4)	مقارنة الحالات الدراسية المحلية و العالمية	69

الفصل الأول

مقدمة

1.1 تمهيد

ظهرت المباني منذ نشأتها لتحمي الإنسان من قوى الطبيعة الخارجية والتي لا يستطيع التحكم فيها أو في تأثيرها السلبي عليه , وتلخصت فكرة المباني في كونها المأوى بالنسبة للإنسان لتحقيق رغبته في البقاء وتوفير الأمان , إلا أن احتياجات الإنسان تتعدى ذلك إلى آفاق أوسع , ومع تطور المواد والتكنولوجيا بدأ المعماري في البحث من خلالها عن ما يمكن للبيئة المحيطة أن تقدمه للفراغات الداخلية بالمبنى لتحقيق احتياجات وظيفية ونفسية متنوعة , ومع الوقت أصبح التعامل مع البيئة الخارجية لتحقيق راحة الإنسان الحرارية والصوتية والضوئية في الفراغات الداخلية أحد أساسيات التصميم المعماري.

ان العمارة المستدامة الخضراء تعزز وتتبنى هذا الارتباط الوثيق بين البيئة والاقتصاد والسبب في ذلك أن تأثيرات الأنشطة العمرانية والمباني على البيئة لها أبعاد اقتصادية واضحة والعكس صحيح، فاستهلاك الطاقة الذي يتسبب في ارتفاع تكلفة يتم الاعتماد بشكل كبير على أجهزة التكييف الاصطناعية مع إهمال التهوية الطبيعية، مما يقلل من الفوائد البيئية والصحية.

إن تصميم المبنى بطريقة خاطئة و عشوائية قد يؤدي لنفاذ الحرارة إلى داخل المبنى بصورة كبيرة , مما يؤدي الى الاعتماد الكلي على اجهزة التكييف و التبريد التي تستهلك كما عاليا من الطاقة الكهربائية , لذلك لاشك من أن الحد من تسرب الحرارة يعتبر من أهم الاهداف لتحقيق الراحة الحرارية في المباني , و بالتالي فإنه لابد من تصميم المبنى بطريقة تساعد على تحقيق هذا الهدف و تسليط الضوء على أهمية التصميم المناخي , و ذلك بعدة طرق و استراتيجيات تساعد في تصميم المبنى تصميما يؤدي الى الراحة الحرارية الداخلية بدون استعمال اجهزة التبريد و التكييف الميكانيكية الضارة بالبيئة و التي تهدر كل هذا الكم من الطاقة الكهربائية .

2.1 أسباب اختيار موضوع البحث

إن تـوفير الراحـة الحراريـة لمسـتخدم الفـراغ يعـد مـن أهـم الأمـور و خصوصـا فـي المنـاطق ذات الأجـواء الصـعبة , وفـي هـذا تشـكل كميـة اسـتهلاك الكهربـاء خـلال السـنة و خصوصـا فـي عمليـات التبريـد و التكييـف فـي المنـازل مشـكلة كبيـرة جـدا , اذ أن اسـتهلاك القطـاع السـكني للكهربـاء يصـبح أعلـى مـن كميـة الكهربـاء المنتجـة مـن محطـات الكهربـاء , إذ تصـبح هـذه مشـكلة لشـركات الكهربـاء و التـي تـؤدي الـى الإنقطاعـات المتكـررة فـي الكهرباء .

أيضـا الاعتمـاد الكلـي علـى التكييـف الميكـانيكي فـي عمليـة التبريـد هـو أمـر ضـار جـدا بالبيئـة , ويزيـد مـن درجـة التلـوث الحـراري فـي المنطقـة , لـذا لابـد مـن تقليـل الحوجـة للطـرق الميكانيكيـة و الكهربائيـة لإيجـاد الراحـة الحراريـة داخـل المنـزل , و ذلـك بـاللجوء الـى التصـميم السـلبي فـي المبـاني لتـوفير الراحـة الحراريـة بطـرق طبيعيـة و مـن البيئـة المحيطـة , لـذا لابـد مـن دراسـة اسـتراتيجيات و اسـاليب التصـميم السـلبي الـذي يـؤدي الـى ايجـاد بيئـة داخليـة مريحـة للسـاكن مـن دون الصـرف الزائـد للطاقـة الكهربائيـة و اسـتعمال اجهزة التكييف الميكانيكية .

3.1 أهمية البحث

تقـديم و إضـافة دراسـة تلخـص أسـس و اسـتراتيجيات الـتحكم السـلبي فـي المنـاخ فـي التصـميم المعمـاري , و التـي بـدورها تسـاعد فـي خلـق تصـميم يـوفر الراحـة الحراريـة داخـل المبـاني باسـتخدام أقـل طاقـة ممكنـه , وهـذا بفضـل تصـميم كافـة عناصـر المبنـى مـن "حـوائط , اسـقف , ارضـيات , نوافـذ , ابـواب .. الـخ" , ممـا يـؤدي فـي النهايـة الـى تـوفير الطاقة الكهربائية , و تجنب اخطار الأجهزة الميكانيكية في التكييف و التبريد .

توضـيح أسـاليب الاسـتغلال الأمثـل للبيئـة المحيطـة فـي تـوفير بيئـة داخليـة مريحـة و بطـرق صـديقة للبيئـة , مثـال لـذلك اسـتغلال أشـعة الشـمس و حركـة الريـاح و التشـجير و النباتـات و المياه و غيرها.

دراسـة دور تصـميم المبنـى مـن ناحيـة الشـكل و التكـوين و الفتحـات و أختيـار المـواد علـى تحسين البيئة الداخلية و الخارجية للمبنى و خاصة في المناطق الحارة .

توضـيح أنــه يمكـن للمبنــى بحـد ذاتــه أن يـوفر الراحــة الحراريــة التــي تناسـب المسـتخدم بـدون الأعتمـاد الكلـي علـى التكييـف الميكـانيكي , و الـذي سـيؤدي بشـكل عـام الـى خفـض استهلاك الكهرباء مما سيساعد هذا بشكل كبير في الاقتصاد العام على مر الزمن .

تسـليط الضـوء علـى أهميـة التصـميم السـلبي للمبـاني , فـي الجوانـب الماليـة الخاصـة و الاقتصادية العامة و الصحية و البيئية و الراحة النفسية لمستخدمي الفراغ .

4.1 أهداف البحث

نظـراً للتكـاليف العاليـة للطاقـة وعـدم فاعليـة والتهويـة والتكييـف , ففـي المنـاخ الاسـتوائي ، يمكـن أن تكـون لأنظمـة التهويـة والتكييـف آثـاراُ ضـارة ، خصوصـاً إذا تـم تشـغيلها بصـفة مسـتمرة . يهـدف البحـث لدراسـة و رصـد اسـتراتيجيات التصـميم السـلبي للمبنـى , و كيفيـة تطبيـق هـذه الإسـتراتيجيات فـي عناصـر المبنـى المختلفـة حتـى تلعـب دورهـا علـى حـدة فـي تحسـين الراحـة الحراريـة داخـل المنـزل , و إقتـراح حلـول مسـتدامة لتحقيـق هـذه الغايـة , عن طريق دراسة حالات محددة من المنطقة المقترحة للدراسة .

5.1 مشكلة البحث

تـتلخص مشـكلة البحـث فـي الاهتمـام الكـافي بأسـس ومعـايير التصـميم السـلبي للمنـاخ خاصـة فـي السـودان الـذي يغلـب عليـه المنـاخ الحـار الجـاف. إن الاسـتخدام العـالي لأنظمـة التبريـد و التكييـف الميكانيكيـة يسـبب اسـتهلاك كميـة هائلـة مـن الكهربـاء, و بعـض الأحيـان هـذه الطـرق قـد لا تكـون مجديـة بشـكل فعـال بسـبب الحـرارة العاليـة و ايضـا الرطوبـة فـي بعـض الفصـول , كمـا يـؤدي الاعتمـاد الكلـي علـى الأجهـزة الميكانيكيـة فـي التبريـد و التكييـف الـى مشـاكل اقتصـادية بشـكل خـاص (نظـرا لتكلفـة الكهربـاء العاليـة , و أيضـا اسـعار هـذه الأجهـزة الغاليـة الـثمن , اضـافة الـى تكـاليف الصـيانة) , و بشـكل عـام تـؤدي لصـعوبة تـوفير الكهربـاء مـن قبـل محطـات الطاقـة , و الحاجـة الـى مشـاريع جديـدة لتوليـد الطاقـة , أيضـا اسـتخدام انظمـة التبريـد الميكانيكيـة قـد تـؤدي الـى مشـاكل صـحية و نفسـية لـبعض الأفـراد , و مشـاكل بيئيـة , لتأثيرهـا السـلبي علـى المنـاخ العـام ,هـذا لأن أجهـزة التكييـف الميكانيكيـة تطلـق حـرارة عاليـة للخـارج تـؤدي الـى زيـادة حـرارة الجـو العـام كمـا تطلق غاز الفريون الذي يسبب ارتفاع نسبة الاحتباس الحراري في المنطقة .

6.1 فرضيات البحث

عدم تصميم و تشييد المباني بطريقة صحيحة تساعد في توفير الراحة الحرارية , وهذا يكون بالتحكم بتكوين و شكل الكتلة لتلعب دورا في انقاص درجة حرارة المبنى داخليا . و الاستفادة من المصادر الطبيعية في توفير الراحة الحرارية مثل الرياح و المياه و الاشجار و نسيم الليل و الصباح الباكر و اختيار الألوان المناسبة لمناخ المنطقة . و الاهتمام باستخدام عوازل الحرارة في المباني و تصميم الاسقف و الحوائط بشكل يعكس الحرارة الخارجية . و الاهتمام الشديد بالزراعة و التشجير و النباتات داخليا و خارجيا و استغلال المياه بشكل يساعد في تلطيف و تبريد البيئة الداخلية او الخارجية . و تصميم الفتحات و الشبابيك وتوجيهها بطريقة صحيحة .

7.1 النتائج المتوقعة

تحقيق الوصول لمقترح يشمل جميع الاستراتيجيات و الضوابط السلبية التي تؤدي الى التصميم الأمثل الذي يحقق درجة حرارة مريحة داخل المبنى دون اللجوء الى اي من الطرق الميكانيكية للتبريد و ذو استهلاك منخفض للكهرباء . و الوصول الى تصميم يشمل جميع العناصر المساعدة في تحقيق هذا الهدف , عن طريق الأستفادة من المصادر الطبيعية و من هذه العناصر توظيفها بطرق ذكية تؤدي الى تحقيق جو مريح و بارد و صحي لمستخدمي الفراغ .

8.1 منهجية البحث

أتباع منهج وصفي تحليلي يعتمد على جمع البيانات من مصادر موثوق بها مثل " الكتب و المراجع و البحوث السابقة و الأوراق العلمية مواقع الإنترنت الموثوقة و آراء الخبراء و الدارسين " , ثم تحليل هذه البيانات للوصول لفكر و معلومات واضحة . و بناء أساس نظري واضح للوصول الى اسس التصميم السلبي للمباني . و دراسة نماذج عالمية و محلية و تحليلها و تحديد نقاط الاختلاف بينها و بين المباني العادية . مع القيام بدراسات ميدانية لحالة أو حالات دراسية . بعدها إثبات الفرضيات و استنباط النتائج و التوصيات و الخلاصة التي يهدف البحث للوصول اليها .

9.1 حدود البحث

الحدود الزمانية : يناير 2018 – ديسمبر 2018

الحدود المكانية : ولاية الخرطوم - السودان

10.1 هيكل البحث

اولا : مقدمة عامة و تمهيد , و ذكر أهمية البحث و أهدافه و المشاكل مع ذكر فرضيات البحث و النتائج المرجوة منه , و حدوده الزمانية و المكانية , و المنهج المتبع في الوصول لهذه النتائج .

ثانيا : نبذه تاريخية عن التصميم السلبي و تعريف القاريء بماهية التصميم السلبي و أهدافه العامة و ما هي الراحة الحرارية , و ما هي اعتبارات التصميم السلبي لتحقيق هذه الراحة الحرارية .

ثالثا : تفصيل لعناصر و استراتيجيات التصميم السلبي و شرح كل عنصر من عناصر المبنى على حده بشكل مفصل مع تحديد المعايير المطلوبة للتصميم السلبي .

رابعا : شرح منهجية الدراسة , ثم عرض و تحليل لحالات الدراسة و الخروج بالنتائج

خامسا : عرض خلاصة البحث و الدراسة و التوصيات .

الفصل الثاني
التصميم السلبي في تبريد المباني

1.2 مقدمة

الهدف من هذا الفصل هو شرح و تعريف التصميم السلبي في المباني , و سرد مقدمة تاريخية عن بداية ظهوره , و ما هو التبريد السلبي التلقائي للمباني , و ما هي الراحة الحرارية , و كيف نستطيع أن نصل اليها عن طريق التصميم السلبي في المباني السكنية في المناطق الحارة , و ما هي أهداف هذا التصميم السلبي .

2.2 التصميم السلبي

يعتبر توفير الراحة الحرارية في المباني من أكثر القضايا أهمية في المجال المعماري , لأن المباني ظهرت في الأصل لحماية ساكنيها من الظروف البيئية الخارجية مثل الحرارة و البرودة , و المطر و الرياح و غيرها . و مع تقدم الزمن و التطور , ظهرت طرق جديدة لتحقيق الراحة الحرارية للإنسان داخل المبنى , وهذه هي الطرق الميكانيكية أو اجهزة التكييف , التي أصبحت لا غنى عنها في المباني , خصوصا في المناطق الحارة , مما أظهر معها مشكلة الاستهلاك العالي للطاقة , و هذه تعتبر مشكلة على الصعيد الاقتصادي , و البيئي , لأن فيها استنزاف حاد للمصادر البيئية. ولهذا ظهرت فكرة التصميم السلبي "Passive Design" أو ما يعرف بالتصميم المناخي .

1.2.2 تعريف التصميم السلبي

التصميم السلبي هو التصميم الذي يستفيد من المناخ للحفاظ على درجة حرارة مريحة في المبنى السكني. و يقلل التصميم السلبي أو يلغي الحاجة إلى التدفئة أو التبريد الإضافي "الميكانيكي" ، وهو ما يمثل نسبة كبيرة لاستخدام الطاقة في المباني السكنية . يستخدم التصميم السلبي المصادر الطبيعية للتدفئة والتبريد ، مثل الشمس و النسيم البارد . ويتحقق ذلك من خلال توجيه المبنى بشكل مناسب على موقعه وتصميم غلاف المبنى "السقف والجدران والنوافذ والأرضيات ", وهذا للتقليل من كسب او خسارة الحرارة غير المرغوب فيها . (https://ar.wikipedia.org/wiki-2018)

ان التصميم السلبي يعتمد على عدد من الاستراتيجيات التي يجب و ضعها في الاعتبار عند تصميم المنزل مثل التوجيه والعزل الحراري والكتلة الحرارية ، والتظليل و التزجيج ، حيث ان التحكم بهذه الاستراتيجيات يساعد في تحويل المصادر الطبيعية الى مصادر قابلة للاستخدام "ماء , هواء , شمس " في التبريد مثلا استخدم حركة الهواء في التهوية ، مع استخدام القليل من مصادر الطاقة الأخرى . حيث يشمل التصميم السلبي ايضا عدد من التقنيات التي تستخدم هذه المصادر الطبيعية لتوفير التبريد السلبي التلقائي في المنزل .

لذلك فان المنزل السلبي هو منزل ذو استهلاك منخفض للطاقة , لأنه يضمن الراحة الحرارية لسكان المسكن دون اللجوء الى الطرق الميكانيكية . و يسمى المنزل السلبي بهذا الاسم لأن مجموع الحرارة التي تأتي من اشعة الشمس ، و من الأجهزة المنزلية ومن نفس شاغلين المبنى تعوض الحرارة التي يخسرها المبنى خلال موسم البرد ، بالتالي هو سلبي لأن مجمل استهلاكه للطاقة خلال العام قليل مقارنة مع المنازل التقليدية. لذلك فإن الاهتمام بمبادئ التصميم السلبي الجيد والمناسب لمناخ المنطقة يؤدي الى تأمين راحة حرارية لسكان المنزل ، و تخفيض فواتير التبريد و التدفئة و الصيانة، وتخفيض انبعاث الغازات الدفيئة طوال فترة حياة المبنى .

أما التبريد السلبي فهو عبارة عن تقنيات تصميم مستخدمة لتبريد المباني من خلال التحكم بالتبادل الحراري , و من خلال تحسين الارتياح الحراري بإستهلاك قليل أو معدوم للطاقة (https://ar.wikipedia.org/wik-2018).

3.2 التصميم السلبي عبر التاريخ

في عصر ما قبل التاريخ و منذ بدء الخليقة بدأ الإنسان بالتكيف مع البيئة بالتوجيه المناسب و إضافة الفتحات للتهوية , والاستفادة من الاشجار لحمايته من الحر و العوامل الجوية . و في زمن العصور الوسطى في اوربا و الحضارة الإسلامية ظهر التكيف مع البيئة المحيطة بتقنيات في التصميم مثل ملاقف الهواء , و استخدام الوسائل الطبيعية في الإضاءة . و أيضا ظهر مبدأ التخطيط و الاسلوب المتراص والأزقة المتعرجة و الابنية السكنية المتقاربة ببعض مما قلص من الحرارة المكتسبة.

بعدها ولدت فكرة المنزل السلبي في السويد وانتشرت بصورة رئيسية في ألمانيا والنمسا وهولندا وفي بلدان أخرى في شمال أوروبا و إيطاليا ,ثم أصبح المنزل السلبي معيارا لجميع المباني في النمسا و استراليا و نيوزلندا (https://ar.wikipedia.org/wik-2018).

بعدها انتشرت فكرة المنزل السلبي لتصبح الاسلوب الشائع في تشييد المباني الحكومية والمدارس والمكاتب في أوروبا . وقد أصبحت ألمانيا رائدة في مجال تصميم المنازل السلبية . ويقدر عدد المباني السلبية في ألمانيا حتى الآن بنحو 6 ألاف مبنى .

من المعالجات البيئية القديمة :

الفناء الداخلي الذي يقوم بتخزين الهواء البارد ليلا لمواجهة الحرارة الشديدة نهارا في المناخ الحار الجاف.

الملقف و هو عبارة عن مهوى يعلو عن المبنى وله فتحة مقابلة لاتجاه هبوب الرياح السائدة لاقتناص الهواء المار فوق المبنى والذي يكون عادة أبرد ودفعه إلى داخل المبنى.

النافورة بحيث توضع في وسط الفناء الخاص بالمنزل , ويقصد بالنافورة إكساب الفناء المظهر الجمالي وامتزاج الهواء بالماء وترطيبه و من ثم انتقاله إلى الفراغات الداخلية.

السلسبيل و هو عبارة عن لوح رخامي متموج مستوحى من حركة الرياح أو الماء يوضع داخل كوة أو فتحة من الجدار المقابل للإيوان أو موضع الجلوس للسماح للماء أن يتقطر فوق سطحه لتسهيل عملية التبخر وزيادة رطوبة الهواء و تبريده .

الإيوان وهو عبارة عن قاعة مسقوفة بثلاثة جدران فقط، ومفتوحة كليا من الجهة الرابعة , وتطل على صحن مكشوف ، وقد يتقدمها رواق. وربما اتصلت بِقاعات وغرف متعددة حسب وظيفة البناء الموجودة فيه.

الشخشيخة وهي تستخدم في تغطية القاعات الرئيسية وتساعد على توفير التهوية والإنارة غير المباشرة

للقاعة التي تعلوها آما تعمل مع الملقف على تلطيف درجة حرارة الهواء و ذلك بسحب الهواء الساخن الموجود في أعلى الغرفة.

المشربية و هي عبارة عن فتحات منخلية شبكية خشبية ذات مقطع دائري تفصل بينها مسافات محددة ومنتظمة بشكل هندسي زخرفي دقيق وبالغ التعقيد و تعمل على ضبط الهواء و الضوء إضافة لتوفيرها الخصوصية.

الأسقف أو السقوف المقببة على شكل نصف كرة أو نصف اسطوانة التي يميزها شكلها الذي يزيد من سرعة الهواء المار فوق سطوحها المنحنية مما يعمل على خفض درجة حرارة هذه السقوف.

4.2 أهداف التصميم السلبي

الحد من انتقال الحرارة عبر العناصر الإنشائية الخارجية لغلاف المبنى سواء كان ذلك على شكل فقدان حراري من داخل المبنى إلى خارجه في حال تدفئة المبنى في الشتاء أو على شكل كسب حراري من الخارج إلى الداخل في فصل الصيف.

و توفير في الطاقة المستخدمة لأغراض التدفئة والتبريد.

و رفع مستوى الارتياح الحراري وتوفير الجو الصحي الداخلي لشاغلي المبنى طيلة فصول السنة.

حماية المبنى من تأثيرات البيئة الخارجية والاجهادات الحرارية والأضرار الناتجة عن ذلك.

منع أو التقليل من حدوث التكثف الداخلي في المباني وتجنب الأضرار الناجعة عن ذلك.

تخفيض تكاليف الصيانة الناتجة عن أضرار الرطوبة والاجهادات الحرارية للمباني.

تخفيض الكلفة الرأسمالية لأجهزة التدفئة والتبريد وتكاليف صيانتها.

يتضح من الأهداف المذكورة أن التصميم المناخي السلبي للمباني هو استثمار اقتصادي يؤدي إلى توفير الطاقة والمال بالإضافة إلى كونه ضرورة لا يمكن الاستغناء عنها لتحقيق متطلبات السكن الصحي المريح ، كما يؤدي إلى رفع القيمة السكنية للمبنى ويزيد من العمر التشغيلي له بحمايته من أضرار الرطوبة وتأثيرات البيئة الخارجية (عالم الكهرباء و الطاقة 2013).

5.2 الراحة الحرارية

الراحة الحرارية وتأمين جو الصحي مريح من أهم الأهداف التي يسعى إليها التصميم السلبي للمبنى . وتعرف الراحة الحرارية بأنها "الحالة الذهنية التي يشعر فيها الإنسان بالرضى والنشاط في البيئة الحرارية المحيطة به" (المواصفات الدولية (ISO-7730)- 2018) .

ويتحدد مستوى الراحة الحرارية بمجموعة من العوامل المؤثرة على الحالة الفسيولوجية للإنسان في الحيز الذي يعيش فيه . ويصبح الشخص في حالة ارتياح حراري إذا كانت معدلات الطاقة التي ينتجها الجسم بما يتناوله من غذاء أو ما يسمى بالتفاعل الحيوي تعادل تلك التي يفقدها إلى الجو المحيط ، ويعبر عن هذه الحالة أيضا بالاتزان الحراري .

و يعرف واطسون الراحة الحرارية بأنها " حالة عقلية يشعر معها الانسان بالرضى عن الظروف البيئية المحيطة به " , و يفضل بعض الباحثين مثل ماركوس و أولجاي تعريفها بطريقة عكسية "انها حالة لا يشعر معها الانسان بالبرد أو بالحر , أو اي ضيق نتيجة خلل في البيئة الحرارية " , و التعريف الثاني قد يكون أقرب للفهم , فالانسان نادرا ما يلفت انتباهه انه مرتاح حراريا ,ولكن قد يثير اهتمامه احساسه بالحرارة أو البرودة أو سطوع أشعة الشمس المباشرة في عينيه , عندها ينتقل أهتمام الانسان الى الظروف الحرارية المحيطة به , وبهذا تبدأ حالة من الضيق من هذاه الظروف .

ويرتبط الارتياح الحراري بدرجة حرارة الهواء المحيط والرطوبة النسبية وحركة الهواء ومتوسط الحرارة الإشعاعية ونوع الألبسة وطبيعة النشاط البشري ودرجة حرارة التدفئة التصميمية ودرجة حرارة التبريد التصميمية .

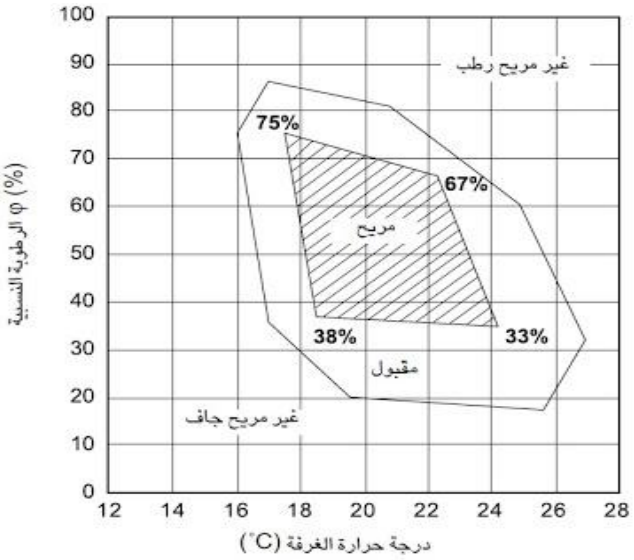
1.5.2 العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية للإنسان

هناك عوامل مرتبطة بالانسان نفسه و عوامل أخرى مرتبطة بالظروف المحيطة . العوامل المرتبطة بالإنسان تمثل :

- نوع النشاط : حيث تتعلق معدلات الطاقة الحرارية الناتجة عن جسم الانسان والتي يقوم بتبديدها في الجو المحيط بنوع النشاط والعمل الذي يمارسه .
- الملابس : أيضا يحدد نوع اللباس الذي يرتديه الإنسان مدى المقاومة الحرارية التي يبديها الجسم أمام فقدانه للطاقة التي ينتجها إلى الجو المحيط. وتزداد هذه المقاومة بسماكة هذه الملابس ومقدرتها على عزل الحرارة بحيث تعمل الملابس هنا كعازل لحرارة جسم الانسان من الخروج للجو . أما العوامل المرتبطة بالبيئة المحيطة تمثل في : درجة حرارة الهواء و الرطوبة النسبية و حركة أو سرعة الهواءو متوسط الحرارة الإشعاعية .

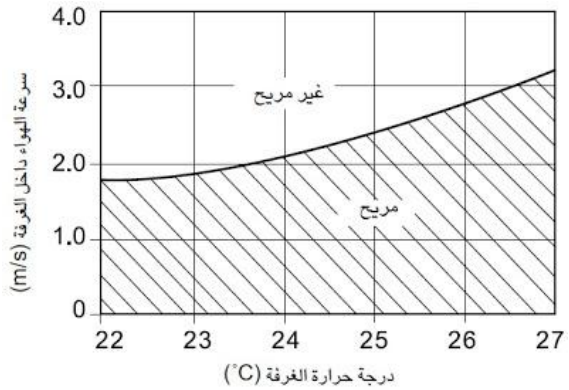
يمكن التحكم عمليا بالعوامل الثلاثة الأولى بواسطة أجهزة التدفئة والتكييف والتهوية الصناعية للوصول إلى المستويات المرغوب فيها. إلا أن درجة الحرارة الإشعاعية تتعلق مباشرة بدرجة حرارة العناصر الإنشائية المحيطة بحيز الإقامة كالجدران والسقف والنوافذ والتي لا يمكن التحكم بها وتقليل أثرها السلبي إلا عن طريق التصميم الحراري لهذه العناصر بعزلها حراريا بطريقة مناسبة. و يجري تحديد مستوى الارتياح الحراري للعوامل المؤثرة المذكورة أعلاه بأشكال بيانية تبين المجال الذي يقع فيه هذا المستوى والذي يسمى مجال الارتياح الحراري.

يبين الشكل رقم (2-1) مجال الارتياح الحراري المتعلق بدرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية , كما يبين الشكل رقم (2-2) المجال المتعلق بحركة الهواء . أما الشكل رقم (2-3) فيظهر مجال الارتياح الحراري المتمثل بالعلاقة بين متوسط درجة حرارة الهواء داخل حيز الاشغال ومتوسط درجة حرارة السطوح الداخلية للعناصر الإنشائية.



الشكل رقم (2-1) مجال الإرتياح الحراري المتعلق بدرجة حرارة الهواء و الرطوبة النسبية

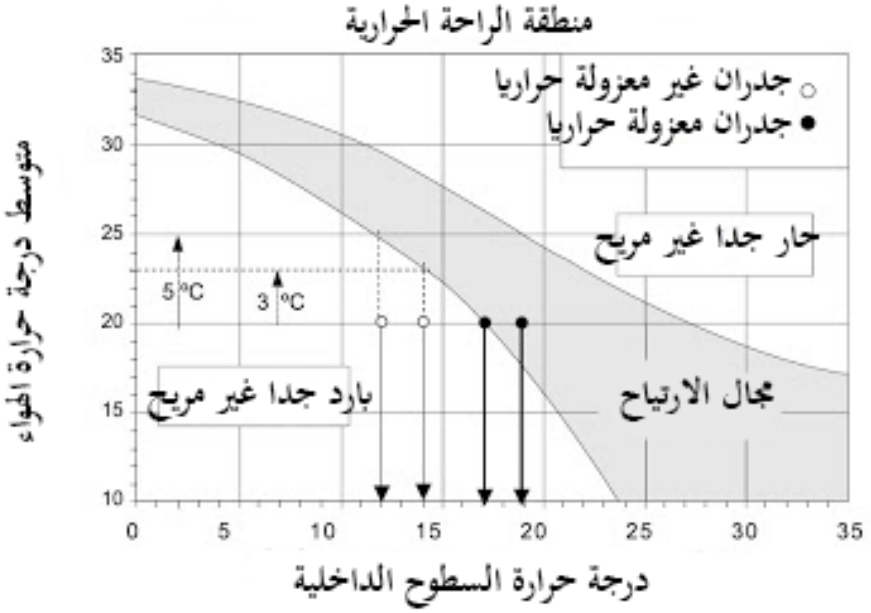
المصدر : (عالم الكهرباء و الطاقة 2018)



شكل رقم (2-2) مجال الارتياح الحراري المتعلق بسرعة حركة الهواء

المصدر : (عالم الكهرباء و الطاقة 2018)

يتبين من الشكل (2-3) أن متوسط درجة حرارة السطوح الداخلية لغرفة في مبان غير معزولة حراريا والتي يعبر عنها بمتوسط الحرارة الإشعاعية تقل بشكل ملموس عند درجة حرارة هواء الغرفة المدفأة في الشتاء.



شكل (2-3) مجال الارتياح الحراري داخل الحيز و علاقته بدرجة سطح الجدران المحيطة و الهواء الداخلي

المصدر : (عالم الكهرباء و الطاقة 2018)

6.2 الخلاصة

خلاصة هذا الفصل هو أن التصميم السلبي قد بدأ منذ القدم مع احتياج البشر لخلق بيئة مصغرة يمكن العيش فيها و مناسبة حراريا , حيث تطور بعدها و أصبح أسلوبا يهدف لاعتماده معظم الدول المتقدمة في تصميم مبانيهم و من اهم جوانبه :

- ان التصميم السلبي هو تصميم المبنى لتوفير بيئة داخلية مريحة حراريا و استغلال الطاقات الطبيعية من رياح , و شمس, وشجر , و مياه لتحقيق الراحة الحرارية .
- و الراحة الحرارية هي الحالة الذهنية الفيزيائية التي يشعر فيها الشخص بالرضى عن البيئة الحرارية المحيطة به.
- يتحقق تصميم المبنى سلبيا من خلال تصميم كافة عناصره بطريقة تقلل من الكسب الحراري ,حيث يشمل ذلك توجيه المبنى وتصميم غلافه "السقف والجدران والنوافذ والأرضيات" و الاهتمام بالعزل الجيد و التظليل و التزجيج و اختيار كتلة حرارية مناسبة .
- ان التصميم السلبي يقلل أو يلغي الحاجة إلى التدفئة أو التبريد الإضافي الميكانيكي مما سيؤدي الى الاقتصاد و التوفير في استهلاك الطاقة الكهربائية
- و ايضا من فوائده حماية المبنى من تأثيرات البيئة الخارجية والإجهادات الحرارية والأضرار الناتجة عن ذلك و تخفيض تكاليف الصيانة و تكاليف اجهزة التبريد ,كما انه يوفر سكن صحي مريح و يزيد من عمر المبنى و جودته .

الفصل الثالث

عناصر و إستراتيجيات التصميم السلبي

1.3 مقدمة

يتطلب التبريد السلبي تصميم المنازل أو تعديلها لضمان أن يظل سكانها مرتاحين حرارياً بأقل قدر ممكن من الطاقة الاضافية , في المناخ الذي يتم بناؤه فيه . والتصميم السلبي هو العمل مع المناخ المحلي ، وليس ضده لذا من المهم فهم استراتيجيات التصميم السلبي للتبريد و طرق عملها و لذلك لتحسين الفهم والسلوك الذكي من قبل السكان . ان الهدف من هذا الفصل هو تفصيل و دراسة استراتيجيات و أنظمة التصميم السلبي للمباني و شرح مفاهيمها و طرق عملها .

2.3 عناصر و إستراتيجيات التصميم السلبي الأساسية

1.2.3 التوجيه

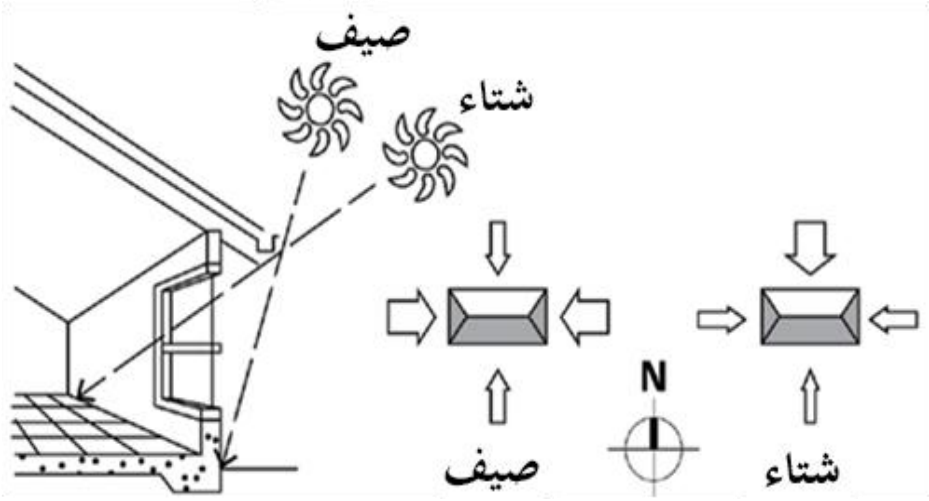
توجيه المبنى يقصد به التوجيه المناسب للمبنى بالنسبة للجهات الأساسية (شمال,جنوب,شرق,غرب), في توجيه المبنى يجب الأخذ في الاعتبار موقع المبنى في المنطقة المعنية و شكل وارتفاع المباني المحيطة به بالنسبة لمسار الشمس في الشتاء والصيف ، من أجل تحديد المناطق المظلة و المشمسة .

التوجيه هو تحديد اتجاه المبنى بالنسبة للتغيرات الموسمية في مسار الشمس بالإضافة إلى أنماط الرياح السائدة . يؤدي التوجيه الجيد لزيادة كفاءة استهلاك الطاقة في المنزل ، مما يجعله أكثر راحة للعيش وأوفر للتشغيل. يجب أيضا تصميم وتوزيع المساحات الداخلية بنفس المنطق من أجل ضمان الراحة الحرارية (Caitlin McGee, 2013).

(أ) مبادئ التوجيه الجيد

يمكن للتوجيه الجيد ، جنبا إلى جنب مع أساليب التصميم السلبي الأخرى ، أن يقلل أو حتى يلغي الحاجة إلى التبريد الإضافي ، مما يؤدي إلى خفض فواتير الطاقة وخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتحسين الراحة الحرارية . لأنه يأخذ في الاعتبار التغيرات الصيفية والشتوية

في مسار الشمس وكذلك اتجاه ونوع الرياح , و النسائم الباردة . حيث يهدف التوجيه في المناخ الحار الرطب والمناخ الحار الجاف إلى استبعاد أشعة الشمس المباشرة عن طريق استخدام الأشجار والمباني المجاورة لتظلل كل واجهة على مدار السنة مع التقاط النسائم الباردة, و يساعد معرفة موقع شعاع الشمس بمعرفة الواجهات التي تحتاج لتظليل . حيث تتلقى الجدران والنوافذ التي تواجه الشرق و الغرب المزيد من الإشعاع الشمسي في فصل الصيف وكما هو موضح في الشكل (3-1) ،لذا من المفيد أن تكون جدران المنزل أطول في الواجهة الشمالية و الجنوبية لتقليل التعرض للشمس (Caitlin McGee, 2013).

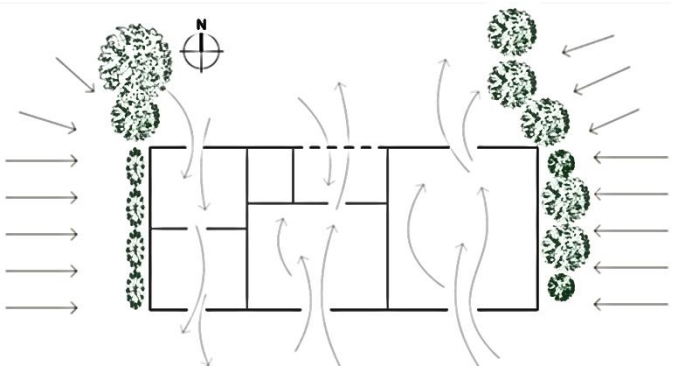


الشكل (3-1)الإشعاع الشمسي اليومي على السطوح العمودية.

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

(ب) اختيار أفضل توجيه

لتحديد أولويات التوجيه , يجب أولا تحديد متطلبات التصميم بالنسبة للمناخ المحلي للمنطقة . بالنسبة للمناطق ذات المناخ الحار يفضل توجيه الضلع الأطول للمنزل جهة الشمال و الجنوب مع ميلان زاوية 20 درجة للاستفادة من الرياح و النسائم الباردة الجنوبية و خلق أفضل تهوية طبيعية . و يفضل أن يكون شكل المبنى مستطيلي كما في الشكل (3-2) مع توجيه الضلع الأطول ناحية الشمال و الجنوب , و هذا لخلق واجهة جاذبة للرياح داخل المنزل , و فراغات داخلية ذات تهوية جيدة , مع تقليل المساحة المعرضة للشمس المباشرة . و يجب الاخذ في الاعتبار التظليل و اختيار ألوان فاتحة و عاكسة في الواجهات الشرقية و الغربية للتقليل من نفاذ الحرارة للداخل.



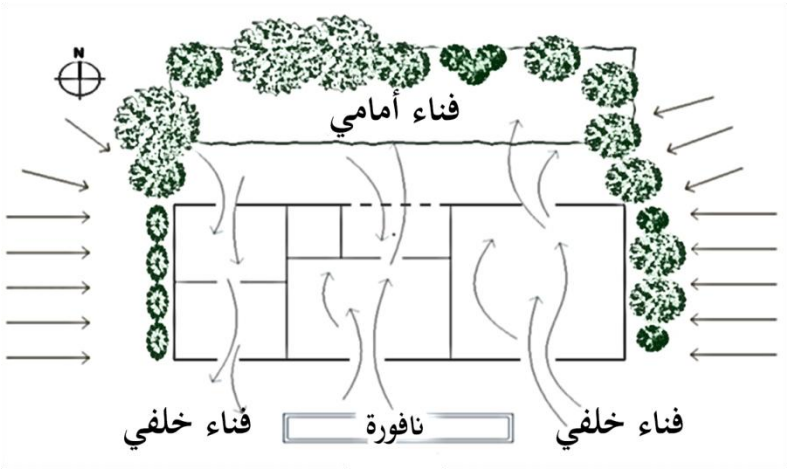
شكل (3-2)الشكل المستطيلي والتوجيه ناحية الشمال و الجنوب يحقق أفضل تهوية و أقل مباشرة للشمس

المصدر : (الباحث)

وعمل معالجات للغلاف الخارجي للواجهات المواجهه مباشرة للشمس (الشرقية و الغربية) عن طريق العوازل , و عمل فراغ هوائي عازل .مع عمل معالجات لفتحات التهوية الشمالية و الجنوبية لردع دخول الاشعاع الشمسي داخل المنزل , عن طريق الكاسرات الرأسية و الافقية . و في حالة التزجيج الكامل يفضل اختيار الواجهة الجنوبية للتقليل من دخول الشمس .

اما بالنسبة للفراغات الداخلية , يفضل توجيه فراغات المعيشة ناحية الشمال " لأنها تحتاج لقدر واف من التهوية الطبيعية و الاضاءة الطبيعية غير المباشرة" , أما فراغات النوم يفضل توجيهها ناحية الجنوب " لأنها تحتاج الى قدر واف من التهوية الطبيعية و قدر مناسب من الاضاءة الطبيعية غير المباشرة , أما الفراغات التي لا تحتاج الى تهوية طبيعية مثل الفراغات الخدمية (حمامات , سلالم .. غيرها) فيفضل توجيهها نحو الناحية الشرقية و الغربية "مع عمل معالجات لها" , بالنسبة للمداخل يفضل أن تكون ناحية الشمال أو الجنوب " للتقليل من دخول الاشعاع و الحرارة الشمسية" مع عمل مظلة لها أو مساحة مقدرة قبل مدخل المنزل .

بالنسبة لتوزيع الفراغات الخارجية , يفضل عمل حديقة من ناحية الشمال أو الجنوب " لفلترة و تحسين جودة الهواء القادم من الرياح و تبريده عند دخوله داخل المنزل" ,أيضا يجب زراعة الأشجار و عمل مظلات في النواحي الشرقية و الغربيه " لتوفير ظل للواجهات الشرقية و الغربية"كما في الشكل (3-3) واستخدام المياه (نوافير , برك , مسبح) في النواحي الشمالية و الجنوبية لتبريد هواء الرياح عند المرور بها , ودخول هذا الهواء باردا الى داخل المنزل .



شكل (3-3) فلتره الهواء و تبريده عن طريق الحديقة و المياه

المصدر : (الباحث)

2.2.3 التظليل

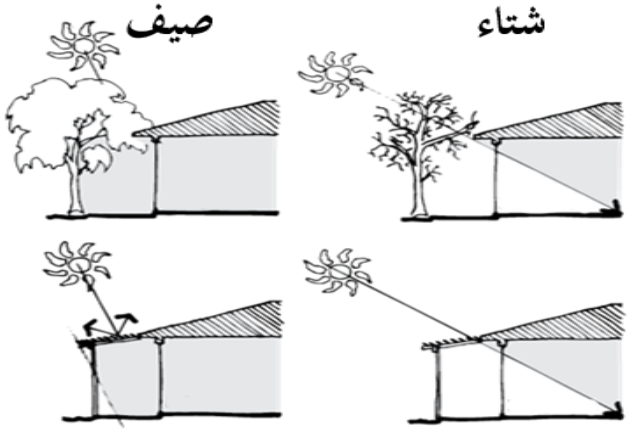
التظليل هو تظليل و حجب المبنى من الأشعة الشمسية المباشرة و يكون بتظليل الجدران والنوافذ من حرارة الشمس المباشرة التي يمكن أن تولد حرارة داخل الفراغ ، ولكن التظليل الفعال يمكن أن يمنع ما يصل إلى 90٪ من هذه الحرارة .و من خلال تظليل مبنى ومساحاته الخارجية ، يمكننا تقليل درجات الحرارة الصيفية وتحسين مستوى الراحة وتوفير الطاقة .

يمكن لمجموعة متنوعة من تقنيات التظليل ، من مظلات ثابتة أو قابلة للتعديل و الأشجار والنباتات مع التوجيه الصحيح للمبنى على المساعدة في الحد من الحرارة الداخلة للمنزل .

(أ) تظليل النوافذ و الزجاج

ان تظليل النوافذ و الزجاج يقلل من اكتساب الحرارة غير المرغوب فيها ،لأن الزجاج غير المحمي غالباً ما يكون أكبر مصدر للحرارة الداخلة إلى المنزل . لذلك يجب تصميم مواقع امتدادات أفقية فوق النوافذ في الواجهات الشمسية . و عمل كاسرات شمس رأسية في النوافذ و الفتحات للتقليل من دخول الاشعاع الشمسي للداخل. حيث من المهم عدم السماح لأشعة الشمس المباشرة بالدخول من خلال المساحات الزجاجية مباشرة إلى مكان العيش ,لذا يجب ارجاع الواجهة الزجاجية للداخل و تظليلها من فوق بمظلة وعمل شرفات أرضية عميقة و بلكونات تعطي تظليلا جيدا للواجهات. ومن المفضل أن تكون أجهزة التظليل ذات الألوان الفاتحة حتى تعكس قدرًا أكبر من الحرارة . ويفضل

استخدام النباتات و الأشجار في التظليل و ذلك للحد من زيادة الوهج والحرارة غير المرغوب فيها , , كما في الشكل (3-4). و امتدادات الأسقف لها دور كبير في التظليل فهي تعمل كمظلة واقية للواجهه الشمسية من أشعة الشمس و حرارتها , أنظر الشكل (3-4).



شكل (3-4) التظليل عن طريق التشجير و إمتدادات السقف

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

التظليل لا يكون خارجي فقط , بل من المهم أيضا عمل تظليل داخلي للفتحات و النوافذ و الزجاج , مثل الستائر , و النباتات الداخلية .

من أنواع التظليل المهمة جدا و التي يجب و ضعها في الاعتبار ,هي تظليل الزجاج نفسه أو استعمال زجاج مظلل من الأساس ,حيث يمنع الزجاج المظلل 60% من الحرارة الداخلة اكثر مقارنة بالزجاج الشفاف. (Caitlin McGee, , 2013)

(ب) تصميم وسائل التظليل

إن تصميم وسائل التظليل له أثر كبير في التحكم في الحرارة و الاشعاع الشمسي , وذلك حسب اختلاف زاوية سقوط الشمس لذا يجب تصميم وسائل التظليل لتحقيق الاستفادة القصوى منها .

- استخدام وسائل التظليل المتدلية (overhang) أو الأفقية في الواجهة الجنوبية للسيطرة على أشعة الشمس المباشرة .

- يجب التقليل من وضع الفتحات الزجاجية في الواجهة الشرقية والغربية لأن تظليلها أصعب , وذلك لأن الشمس تكون فيها عمودية و مباشرة , من أفضل الوسائل لتظليل الواجهة الشرقية والغربية استخدام المسطحات الخضراء بكثرة في تلك المناطق .
- الاهتمام بوسائل التظليل الداخلية مثل الستائر القماشية أو الخشبية لأنها تساهم في توفير الراحة الحرارية و البصرية وتقليل الوهج .
- دراسة وفهم زوايا سقوط الشمس أمر بالغ الأهمية لمختلف جوانب التصميم الأساسية بما في ذلك تحديد اتجاه المبنى واختيار وسيلة التظليل المناسبة لمعرفة أماكن وضعها وأماكن وضع العناصر الأخرى.
- اختيار وسائل التظليل بتمعن وكفاءة لأنه مع مرور الوقت يمكن لوسائل التظليل أن تتطلب قدر كبير من الصيانة والإصلاح .
- عند اعتماد المسطحات الخضراء في المباني كوسائل تظليل لا بد من النظر في الاعتناء بها و دورة حياتها .
- و جود بلكونة و شرفات داخلية مغلقة توفر تظليل جيد و عزل فراغي ممتاز للمساحة الداخلية , كما يوضح الشكل (3-5).

شكل (3-5) وجود شرفة عميقة توفر ظل داخلي و تسمح بدخول الضوء الطبيعي

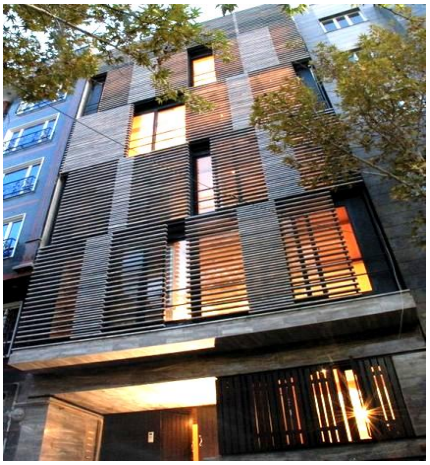
المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

- تظليل مساحة أمام الواجهات الزجاجية ,أو واجهة المعيشة ,بمظلة كاملة الارتفاع من الخشب أو القماش أو مزيج بينهما ,أو الزراعة المتسلقة ,كما في الشكل (3-6).

شكل (3-6) تظليل الواجهه الزجاجية بمظلة قماشية و زراعة

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

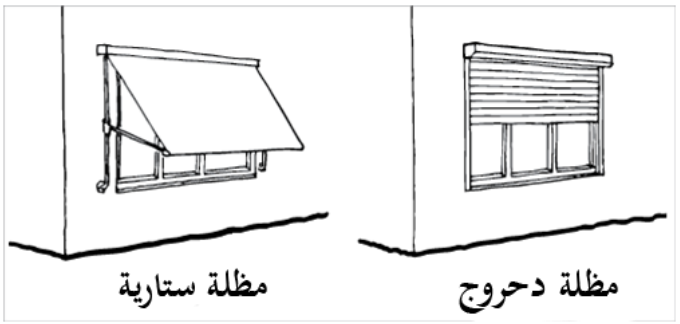
- يجب حماية المناور وزجاج السقف بالستائر الخارجية أو(louvers) وهذا أمر بالغ الأهمية حيث أن زجاج السقف يتلقى ما يقرب من ضعفي الحرارة التي تتلقاها النافذة .
- أيضا حماية النوافذ و الشرفات بالستائر الخارجية أو (louvers) لمنع الاشعاع الشمسي المباشر من الدخول و تقليص الحرارة الداخلة مع السماح للهواء بالدخول ,شكل (3-7).



شكل (3-7) تظليل النوافذ و الشرفات بالستائر الخارجية

المصدر : (www.homedit.com-2018)

- يمكن توفير المظلات المتحركة والستائر الدوارة لتظليل قابل للتعديل للنوافذ , شكل (3-8).



شكل (3-8) التظليل الخارجي القابل للتعديل للنوافذ

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

- يمكن أستعمال المظلات القماشية , فهي مرنة خفيفة و منخفضة التكلفة ,شكل (3-9) .

شكل (3-9)المظلات القماشية

(المصدر :www.pinterest.com-2018)

- يجب الوضع في الاعتبار تظليل سطح المنزل لانه يؤدي الى تقليل دخول الحرارة لمنزل عن طريق الاشعاع الشمسي الساقط على السطح , وتظليله يكون بعمل مظلات معروشة بالقماش أو الخشب أو النباتات المتسلقة مما يخلق أيضا (جلسة سطح) جذابة , أنظر الشكل (3-10) .

الشكل (3-10) واحد من أشكال تظليل السطح

المصدر :(www.nmaarchitects.com-2018)

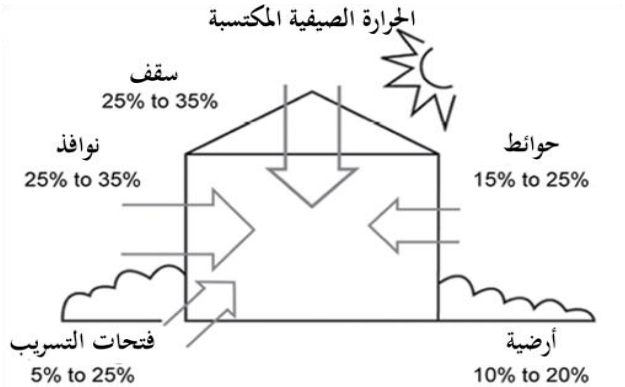
(ج) بعض اعتبارات التظليل

ان التظليل المناسب يقلل من فرص التعرض للأشعة فوق البنفسجية الضارة, و التظليل عن طريق الزراعة عبارة عن تظليل منخفض التكلفة يحسِّن من نوعية الهواء عن طريق فلترته , و اضافة منظر جميل. و يجب اختيار طرق التظليل التي تسمح بكميات كافية من ضوء النهار و الاضاءة الطبيعية لدخول المبنى مع منع دخول الحرارة غير المرغوب فيها الى الداخل . ويجب اختيار زجاج يسمح بدخول نسبة مناسبة من الضوء مع دخول أدنى نسبة من الحرارة . أيضا يجب الأخذ في الاعتبار أن الأسطح الخارجية ذات الألوان الفاتحة أو أجهزة التظليل تعكس المزيد من ضوء الشمس في المبنى بالنسبة لموضعها ، حيث يمكن أن يكون هذا مفيدًا ، و يمكن أن يؤدي إلى وهج غير مرغوب فيه (Caitlin McGee, 2013).

3.2.3 العزل

العزل الحراري هو استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة بحيث تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى وإلى داخله صيفاً، ومن داخله إلى خارجه شتاءً. ويعمل العزل كحاجز لتدفق الحرارة داخل المنزل, وهو ضروري للحفاظ على المنزل باردًا في الصيف, ويوفر العزل الجيد الراحة الحرارية على مدار العام ، مما يقلل من فواتير التبريد والتدفئة بنسبة تصل إلى 50%, وهذا بدوره يقلل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري . (Caitlin McGee, 2013)

الحرارة المكتسبة للمبنى الغير معزول قد تصل الى , و كما يوضح الشكل (3-11) :



شكل (3-11) توضيح الاكتساب الحراري للمبنى الغير معزول عبر الغلاف الخارجي للمبنى

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design -2018)

(أ) خصائص مواد العزل الحراري

إن اختيار مادة العزل يستلزم معرفة خصائصها الحرارية وخصائصها الأخرى كامتصاص الماء وقابليتها للاحتراق وصلابتها.

الخصائص الحرارية :

هي قدرة المادة على العزل الحراري ، ويتم قياس هذه القدرة عادة بمعامل التوصيل الحراري ،فكلما قل المعامل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة لنقل الحرارة والعكس صحيح ،ومن ذلك يتضح أن المقاومة الحرارية تتناسب عكسياً مع معامل التوصيل الحراري (عزل حراري/Wikipedia/wiki-2018) .

(ب) اختيار مواد العزل الحراري المناسبة

إن من أهم العوامل التي تؤثر على اختيار مواد العزل الحراري المناسبة ما يلي:

1- أن تكون المادة العازلة ذات مقاومة توصيل حراري منخفض.

2- أن تكون على درجة عالية من مقاومتها لنفاذ الماء والإشعاع.

3- أن تكون على درجة عالية في مقاومتها لامتصاص بخار الماء.

4- ان تكون على درجة عالية في مقاومتها للإجهادات الناتجة عن الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة

5- أن تكون ذات خواص ميكانيكية جيدة كارتفاع معامل مقاومة الانضغاط ومعامل المقاومة للكسر .

6- أن تكون مقاومة للبكتيريا والعفن والحريق خاصة في الأماكن المعرضة للحريق بسهولة .

7- أن تكون ثابتة الأبعاد على المدى الطويل ذات معامل تمدد حراريقليل .

8- أن تكون مقاومة للتفاعلات الكيمائية .

9- ألا ينتج عنها أي أضرار صحية .

(ج) مواد العزل الحراري

يمكن تقسيم مواد العزل الحراري حسب مصادرها إلى أربعة أقسام :

1- المواد العازلة من أصل حيواني :مثل صوف الحيوانات ،ويعتبر استخدامها كمواد عزل محدوداً.

2- المواد العازلة من أصل جمادي : كالصوف المعدني و الالياف الزجاجيه ، وهو من أفضل مواد العزل الحراري.

3- المواد العازلة الصناعية : وتشمل المطاط والبلاستيك الرغوي الذي هو الأكثر شيوعاً ،وأكثر ما يستخدم هو نوع البولي ستيرين والبولي يورثين الرغوي.

4- المواد العازلة من أصل نباتي :وتشمل الألياف أو المواد السيلولوزية مثل القصب والقطن وخلافه (عزل حراري/Wikipedia/wiki-2018) . انظر الشكل (3-12)

شكل (3-12)اشكال بعض العوازل الحرارية

المصدر :(http://www.al-jazirah.com-2018)

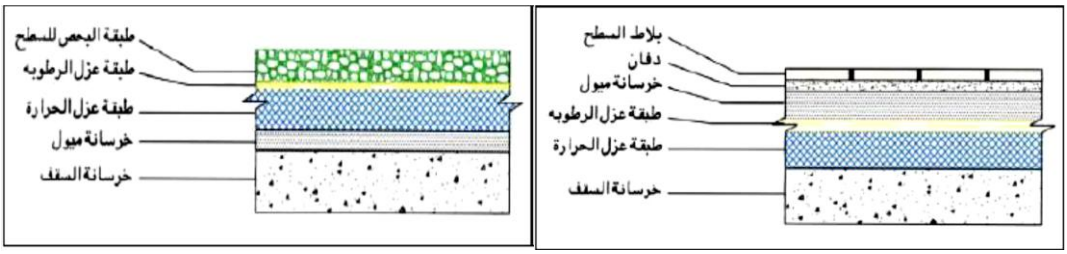
(د) طرق و نظم العزل الحراري

أولا : نظم عزل الأسطح : يكون عزل الأسطح بنظامين

I. نظام عزل السطح التقليدي

في هذا النظام تكون طبقة العازل المائي فوق طبقة العازل الحراري , وهذا لحماية العازل الحراري من الماء , و خاصة مواد العزل الحراري التي تكون فيها نسبة امتصاص الماء مرتفعة نسبيا . و في

هذا النظام يتعرض العازل المائي الى الاجهادات الحرارية المتواصلة و الناتجة عن التفاوت الكبير في درجات الحرارة بين الليل و النهار ,و بالتالي يقل العمر الافتراضي للعازل المائي ,وقد يتعرض العازل الحراري بالضرر نتيجة وصول الماء اليه , انظر الشكل (3-13) المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011) .

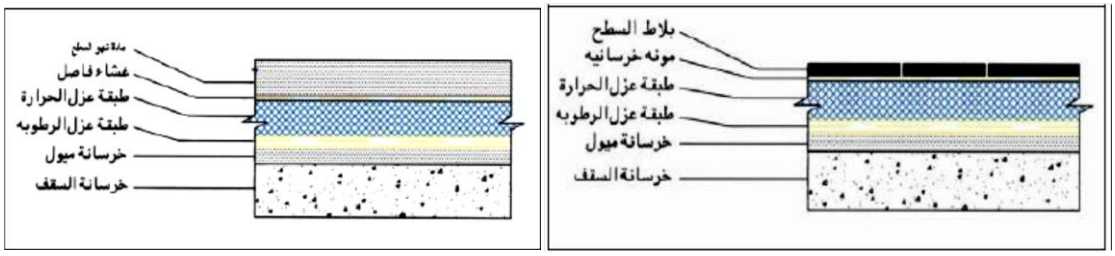


شكل (3-13) نظام عزل الأسطح التقليدي (العازل المائي فوق العازل الحراري)

المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011)

II. نظام عزل السطح المقلوب

هذا النظام يكون فيه طبقة العزل الحراري فوق طبقة العزل المائي ,و يقوم العازل الحراري بحماية العازل المائي من الإجهاد الحراري و التعرض للأشعة فوق البنفسجية ,كذلك الإجهاد الميكانيكي أثناء التركيب و بعده ,و عليه يزيد العمر الافتراضي للعازل المائي ,يجب أن تكون مقاومة مادة العزل الحراري لامتصاص الماء و الرطوبة كبيرة , بحيث يجب الا تزيد نسبة امتصاص مادة العزل الحراري للماء عن (0.2 %) بالنسبة للحجم . شكل (3-14)



شكل (3-14) نظام عزل الأسطح المقلوب (العازل الحراري فوق العازل المائي)

المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011)

ثانيا : نظم عزل الجدران

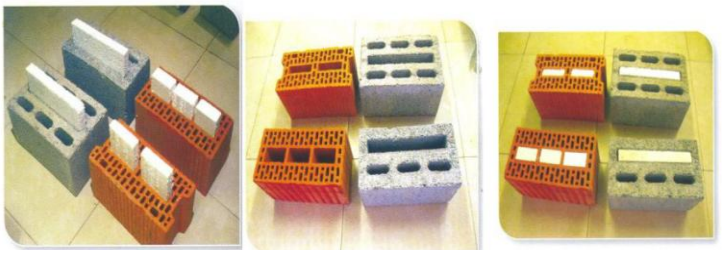
يوجد أربعة أنواع من الأنظمة التي تستعمل في عزل الجدران الخارجية و نظام لعزل الجدران من الداخل

I. النظام الأول

يعرف بنظام الجدار الواحد المبني من الطوب الأحمر أو الطوب الأسمنتي , الذي توضع بداخله شرائح متوازية الأضلاع من العزل الحراري مثل البولسترين الممبثوق أو الصوف الصخري أو غيرها , و في هذا النظام يوجد نوعين من الجسور الحرارية التي تصنف كاللآتي :

- الجسور الحرارية الناتجة عن الأجزاء الموصلة بين نهايتي جسم الطوبة أو البلوك .
- الجسور الحرارية الناتجة عن إستخدام المونة الإسمنتية بين البلوك أثناء التركيب .

و هذه الجسور تسيء الى نظام العزل , حيث لا تؤمن الحد الأدنى من متطلبات توفير الطاقة الكهربائية . شكل (3-15)

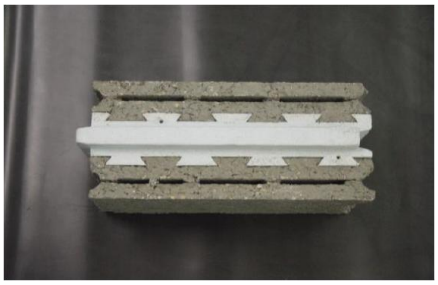


شكل (3-15) نظام الجدار الواحد في عزل الحوائط

المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011)

II. النظام الثاني

هو نظام الجدار الواحد من الطوب الأسمنتي المعزول بشريحة واحدة من مادة البولسترين المبثوق أو الممدد .و في هذا النظام يوجد جسور حرارية ناتجة عن استخدام المونة الأسمنتية بين البلوك أثناء التركيب ,و عليه فهو أفضل من النظام الأول , و لكن نسبة تسرب الحرارة في هذا النظام قد تصل الى 49% تقريبا , لوجود الجسور الحرارية السابقة الذكر . شكل (3-16)



شكل (3-16) نظام الجدار الواحد من الطوب الإسمنتي المعزول بشريحة واحدة من مادة البولسترين

المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011)

III. النظام الثالث

وهو النظام التقليدي ,و يعتبر هذا النظام الحل الأفضل في عزل الجدران , و في هذا النظام يتم بناء جدارين متوازيين ,بحيث تركب أنواع العزل الحراري بين فراغ الجدارين ,حيث تفصل هذه الألواح بين الجدار الخارجي و الجدار الداخلي للمبنى بشكل كامل و تلغى الجسور الحرارية الموجودة في الأنظمة السابقة الذكر ,و يؤخذ في الاعتبار عامل التكلفة و الصيانة ,و كذلك الجسور الحرارية الموجودة في الكمرات و الأعمدة و الامتدادات الأرضية التي لا تغطيها مادة عازلة للحرارة في الجدران الخارجية , كما يبين الشكل (3-17).

شكل (3-17) النظام التقليدي الذي فيه جدارين متوازيين بينهما المادة العازلة

المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011)

IV. النظام الرابع :

و هو نظام العزل من الخارج , حيث يتم تثبيت العوازل الحرارية على الجدران الخارجية للمبنى , و حين يتم تغليفه تماما يتم تركيب التشطيبات الخارجية مثل الزجاج أو الحجر . و في هذا النظام يتم التغلب على جميع الجسور الحرارية . و هو النظام الوحيد الذي يعزل الأعمدة و يلغي عمل الجسور

الحرارية , و لكن يجب مراعاة مراجعة طريقة تثبيت فتحات التهوية للمبنى , و التكلفة الاجمالية لهذا النظام ,انظر الشكل (3-18).

شكل (3-18) نظام العزل من الخارج و تكسية الواجهه فوقه

المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011)

V. عزل الجدران من الداخل :

يمكن استخدام نظام العزل من الداخل في المباني ذات التشطيب الخارجي الخاص , أو في عزل المباني القائمة المبنية سابقا و غير معزولة حراريا .و في هذا النظام يمكن تركيب ألواح العزل الحراري على جميع الجدران الداخلية كما في الشكل (3-19) ,و المواجهة للمحيط الخارجي باستخدام مادة لاصقة أو طريقة تثبيت تتناسب مع مادة العزل الحراري المستخدمة .ثم يجب بعد ذلك تغطية السطح الداخلي للعازل الحراري بالتشطيبات الداخلية المناسبة ,شكل (3-19) , مثل :

- لياسة أسمنتية بسماكة 20 ملم على أن يتم تركيبها على شبك معدني مثبت ميكانيكيا في الحائط
- لوح من الجبص بسماكة لا تقل عن 9.5 ملم
- لوح اسمنتي بسماكة لا تقل عن 8 ملم

المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011)

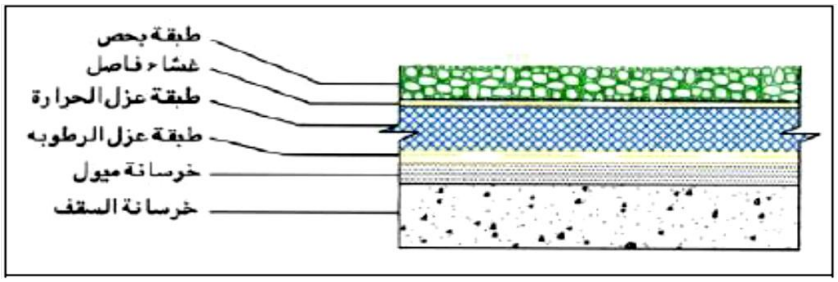
شكل (3-19) نظام عزل الجدران من الداخل

المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011)

ثالثا : نظم عزل الأرضيات :

قد تصل درجة حرارة التربة على عمق 3 أمتار الى 33 درجة تقريبا , و عليه فإن عزل الأرضيات هام في حالة التصميم السلبي ,و من شأن عملية العزل الجيد للأرضيات أن يقلل من تدفق الحرارة من الأرضيات الى داخل المنزل. و يجب أن تتوفر في مادة العزل الحراري للأرضيات شروط أساسية و هي :

- أن تكون ذات قوة ضغط عالية
- أن تكون مقاومة لامتصاص الماء و الرطوبة
- أن تكون ذات معامل توصيل حراري منخفض , أي انه لابد ان يتوفر الحد الادنى المطلوب للعزل الحراري . انظر الشكل (3-20)



شكل (3-20) نظام عزل الأرضيات

المصدر : (وزارة الكهرباء السعودية,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية,2011)

4.2.3 مواد البناء والكتلة الحرارية :

الكتلة الحرارية هي قدرة المادة على امتصاص وتخزين الحرارة . يمكن أن يؤدي الاستخدام المناسب للكتلة الحرارية في المنزل إلى إحداث فرق كبير في الراحة الحرارية و فواتير التبريد. و يمكن للكتلة الحرارية تخزين الطاقة الشمسية خلال النهار وإعادة إشعاعها ليلاً. لذلك ان الاستخدام الخاطئ للكتلة الحرارية يمكن أن يؤدي إلى تدهور في المناخ الداخلي للمنزل و يصبح الحمل ضخم على الطاقة. ولكي يكون استخدام الكتله الحرارية في التبريد السلبي فعالا يجب دمجها مع تقنيات التصميم السلبي الاخرى , وهذا يعني و توجيه المساحات الزجاجية في اتجاه مناسب ,مع مستويات مناسبة من التظليل والتهوية والعزل . الكتلة الحرارية ليست بديل عن العزل , فالكتلة الحرارية تخزن الحرارة وتعيد اطلاقها ,أما العزل فيوقف تدفق الحرارة الى الداخل. و تكون الكتلة الحرارية مفيدة بشكل خاص عندما يكون هناك فرق كبير بين درجات الحرارة في الهواء ليلا ونهارا، (Caitlin McGee, 2013) . انظر الشكل (3-21) والشكل (3-22)

شكل (3-21) امتصاص الكتلة الحرارية للحرارة في النهار و أطلاقها في الليل في الشتاء

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

شكل (3-22) امتصاص الحرارة الداخلية في النهار و اطلاقها في الليل مع السماح بانسائم الليلية الباردة باستخلاص هذه الحرارة

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

(أ) استخدام الكتلة الحرارية في التبريد السلبي

في حالة استخدام الكتلة الحرارية للتبريد السلبي , يجب حماية الكتلة الحرارية من شمس مع التظليل والعزل الجيدين. و من المهم السماح بالتهوية الجيدة و عبور للنسائم الليلية الباردة وتيارات الهواء فوق هذه الكتلة الحرارية ،و هذا لاستخلاص جميع الطاقة و الحرارة المخزنة. و يجب تجنب استعمال الكتلة الحرارية في حالة المباني غير المعزولة ,و المساحات المعرضة للشمس ,لأن في هذه الحالة سيصبح تأثير الكتلة الحرارية عكسيا ,و ستزيد من حرارة المنزل في حالة بروده الجو . و يمكن أن تزيد الكتلة الحرارية من استخدام الطاقة ,عند استخدامها في الغرف التي يكون فيها التبريد المساعد هو الوسيلة الوحيدة لضبط درجة الحرارة لأنها تؤدي إلى إبطاء أوقات الاستجابة. بصفة عامة و في المناخات الحارة ,يجب التأكد من عزل و تظليل الكتلة الحرارية من الحرارة المباشرة في المنزل ,لأن الكتلة الحرارية ستمتص هذه الحرارة ,وتطلقها ليلا في حالة انخفاض درجات الحرارة في الفراغ الداخلي ,و هذا امر غير مرغوب .من المهم الاستفادة من الكتلة الحرارية بجعلها تمتص الحرارة فقط من الحرارة النسبية داخل المنزل (مثل الحرارة الصادرة من الأشخاص و الأجهزة وغيره) حتى تحافظ على مستوى حراري مريح ,في هذه الحالة ستكون امتصت حرارة قليلة نسبيا و ستكون حافظت على درجة حرارة داخلية مريحة حتى في الليل و مع نسيم الليل البارد الذي سيتخلص من هذه الحرارة النسبية نكون قد حققنا الهدف من استخدام الكتلة الحرارية للتبريد. يمكن أن توفر المسطحات المائية المغلقة مثل المسابح كما في الشكل (3-23) كتلة حرارية جيدة ولكنها تتطلب تهوية جيدة . (Caitlin McGee 2013)

شكل (3-23) مسبح منزلي داخلي يمثل كتلة حرارية

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

(ب) خصائص الكتلة الحرارية

الخصائص التالية تحدد أداء الكتلة الحرارية.

I. الكثافة العالية : كلما كانت المادة أكثر كثافة (أي الهواء داخلها الأقل) ،كلما زادت كتلتها الحرارية .على سبيل المثال ،الخرسانة لديها كتلة حرارية عالية ،أما الخرسانة الخلوية لديها كتلة حرارية معتدلة إلى منخفضة.

II. الموصلية الحرارية الجيدة : يجب على الكتلة الحرارية لكي تكون فعالة , أن تكون لها درجة توصيل جيدة للحرارة ,و القدرة على امتصاص وإعادة بث الحرارة بدرجة قريبة من سعة تخزينها الحرارية الكاملة.

على سبيل المثال ، المطاط ذو كثافة عالية ولكنه موصل فقير للحرارة .الطوب والخرسانة ذوات كثافة عالية و توصيل حراري جيدة إلى حد معقول.

III. التأخر الحراري المناسب : يشار إلى المعدل الذي يتم عنده امتصاص الحرارة وإعادة إطلاقه بواسطة مواد غير معزولة (بالتأخر الحراري) . يعتمد التأخر على درجة التوصيل الحراري ، والسماكة ، ومستويات العزل ، واختلافات درجة الحرارة على جانبي الجدار. ويعتبر النظر في أوقات التأخر مهماً عند تصميم الكتلة الحرارية . انظر الجدول (3-1)

الجدول (3-1) يوضح أوقات التأخير للمواد الشائعة .

المصدر : (Baggs et al. 1991 (YourHome-2013)

سمك المادة (ملم)	الفجوة الزمنية (ساعة)
طوب مزدوج (220 ملم)	6.2
خرسانة (250 ملم)	6.9
خرسانة خلوية (200 ملم)	7.0
طوب طيني \ طين (250 ملم)	9.2
حصى الأرض (250 ملم)	10.3
البلوكات الأرضية المضغوطة (250 ملم)	10.5
الطين الرملي (1000 ملم)	30 days

IV. درجة انعكاس منخفضة : تقوم الأسطح الداكنة أو غير اللامعة بامتصاص وإعادة إشعاع الحرارة أكثر من الأسطح الفاتحة والناعمة والانعكاسية . انظر الجدول (3-2)

الجدول (3-2) يبين الكتلة الحرارية لبعض المواد المختلفة

المصدر : (Baggs et al. 1991 (YourHome-2013)

المادة	الكتلة الحرارية (السعة الحرارية الحجمية, $KJ/m^3.k$)
ماء	4186
خرسانة	2060
حجر رملي	1800
بلوكات أرضية مضغوطة	1740
حصى الأرض	1673
اسمنت ليفي مضغوط	1530
طوب	1360
Earth wall (adobe)	1300
خرسانة خلوية	550

5.2.3 النوافذ و التزجيج

(أ) النوافذ

النوافذ هي عناصر معقدة في نسيج المنزل ,فهي تسمح بدخول التهوية الطبيعية ،ومع ذلك ، يمكن أن تكون النوافذ مصدرا رئيسيا للزيادة الحرارية غير المرغوب فيها .

تجعل النوافذ المصممة بفعالية البيئة الداخلية للمنزل أكثر راحة ،وتخفّض تكاليف الطاقة بشكل كبير وتساعد على خلق بيئة أكثر إشراقاً ونظافة وصحة .ان تصميم النوافذ و الزجاج يأخذ في الاعتبار درجة الحرارة والرطوبة وأشعة الشمس والرياح و الاتجاه وشكل وتخطيط المبنى و مواد البناء و حجم وموقع النوافذ والتظليل و الخصائص الحرارية لأنظمة التزجيج .

التصميم السيئ و العشوائي للنوافذ في المنزل قد يسبب عبئا حراريا على البيئة الداخلية له نظرا للاستعمال الخاطئ للزجاج و التوجيه , حيث يصل تصبح النافذة أو الزجاج لها قيمة انتقالية للحرارة كبيرة مقارنتا بالحائط أو السقف . انظر الجدول (3-3)

الجدول (3-3) يوضح معامل الانتقال الحراري للنوافذ في الاتجاهات المختلفة

المصدر : (محمد عبدالفتاح ,تأثير تصميم الغلاف الخارجي على الحرارة المكتسبة , بحث ماجستير2013)

اتجاه النافذة	نوع الزجاج	الإنتقالية الحرارية (واط / متر^2)
جنوبية محمية	زجاج مفرد	3.97
	زجاج مزدوج بينهم (0.6 سم)	2.67
	زجاج مزدوج بينهم (2.0 سم)	2.32
جنوبية عادية / غربية	زجاج مفرد	4.48
جنوبية غربية	زجاج مزدوج بينهم (0.6 سم)	2.90
جنوبية شرقية	زجاج مزدوج بينهم (2.0 سم)	2.50
جنوبية شديدة التعرض / غربية	زجاج مفرد	5.00
جنوبية غربية عادية	زجاج مزدوج بينهم (0.6 سم)	3.06
شمالية غربية / شمالية	زجاج مزدوج بينهم (2.0 سم)	2.67
شمالية شرقية / شرقية محمية		
غربية / جنوبية غربية	زجاج مفرد	5.67
جنوبية شرقية / شمالية غربية	زجاج مزدوج بينهم (0.6 سم)	3.29
شمالية شرقية / شمالية عادية	زجاج مزدوج بينهم (2.0 سم)	2.84

يتضح من الجدول أن أقل معامل انتقال حراري هو 2.32 واط/متر^2 و هو معامل انتقال حراري عالي نسبيا و يؤدي الى ارتفاع قيمة الانتقال الحراري عبر النافذة ,لذا لابد من الاهتمام الكبير في تصميم النافذة في حالة التصميم السلبي في المناطق الحارة. و هذا يشمل موضع النافذة ,و حجمها , و التحكم بحركة الهواء من خلالها ,و اختيار نوع الزجاج . لذا يجب تحديد موقع وحجم النوافذ والتظليل , لاستبعاد درجة الحرارة غير المرغوبة .

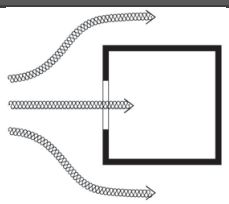
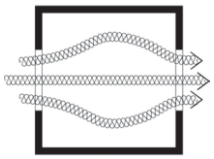
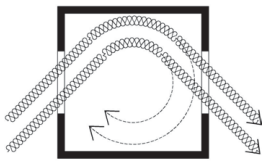
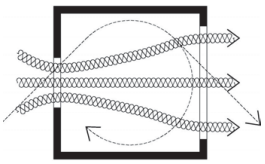
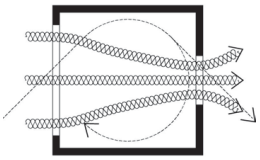
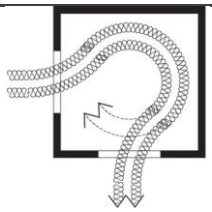
التحكم بحركة الهواء من خلال النافذة :

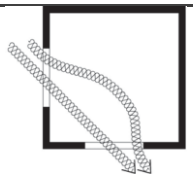
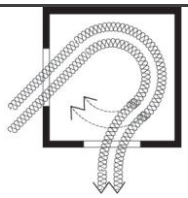
أن الهدف الرئيسي من الفتحات و النوافذ في حالة التصميم السلبي التبريدي هو التهوية الطبيعية , لذا يجب معرفة أسلوب التحكم في حركة الهواء عن طريق موضع النافذة في المسقطين (الأفقي و الرأسي) و حجم النافذة .أولا علينا معرفة أنه لابد من وجود فتحتين على الأقل , أحداهما تعتبر مدخل للهواء , و الأخرى مخرج للهواء . انظر الجدول (3-4)

أولا : موضع الفتحات في المسقط الأفقي:

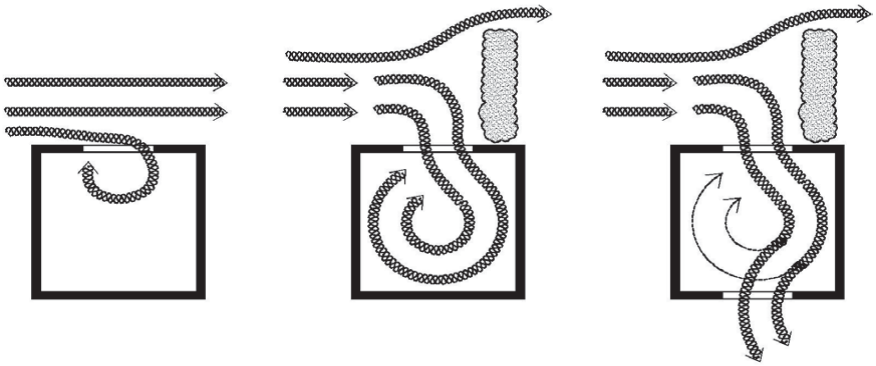
الجدول (3-4) العلاقة بين موقع النوافذ , و حركة الرياح داخل الفراغ الداخلي

المصدر : (محمد عبدالفتاح ,تأثير تصميم الغلاف الخارجي على الحرارة المكتسبة , بحث ماجستير 2013)

موضع النافذة و اتجاه الرياح	المسقط الافقي	وضع التهوية
نافذة واحدة		التهوية داخل الفراغ ضعيفة الى حد ما و غير كافية
نافذتين متقابلتين و لهما نفس العرض , اتجاه الرياح عمودي عليهما		الهواء يتدفق مباشرة من الفتحة الى الفتحة المقابلة لها مكونا تيار هوائي مزعج الى حد ما , اضافة الى عدم تجانس التهوية
نافذتين متقابلتين لهما نفس العرض , و اتجاه الرياح مائل عليهما		معظم الهواء يمر و يتحرك داخل الفراغ , و يزيد التدفق عند الاركان , مما يحقق تهوية أكثر تجانس داخل الفراغ
نافذتين متقابلتين , عرص المدخل أصغر , و اتجاه الرياح عمودي و مائل		يتدفق الهواء داخل الفراغ الى الفتحة الخارجية , ويكون الهواء أكثر سرعة عند الفتحة الأصغر , سواء كانت فتحة المدخل أو المخرج .
نافذتين متقابلتين , عرص المدخل أكبر , و اتجاه الرياح عمودي و مائل		
نافذتين متجاورتين , واتجاه الرياح عمودي على المدخل		يمكن الحصول على تهوية متجانسة داخل الفراغ

نافذتين متجتورتين و اتجاه الرياح مائل على المخدخل باتجاه المخرج .		يمر الهواء من نافذة المدخل الى نافذة المخرج دون تحقيق تهوية متجانسة , خاصة عند الاركان الاخرى .
نافذتين متجاورتين , واتجاه الرياح مائل على الدخل , و معاكس لاتجاه المخرج.		يمكن الحصول على تهوية متجانسة داخل الفراغ .

ليس بالضرورة أن تكون النافذة مقابلة لحركة الرياح للحصول على تهوية داخلية جيدة , ففي حالة الفراغات الغير مواجهه لحركة الرياح , اي موازية له , يجب في هذه الحالة , استخدام العناصر النباتية للمساعدة في توجيه الرياح داخل الفراغ , و الحصول على حركة هواء مطلوبة . كما يبين الشكل (3-24) (محمد عبدالفتاح ,تأثير تصميم الغلاف الخارجي على الحرارة المكتسبة , بحث ماجستير 2013)

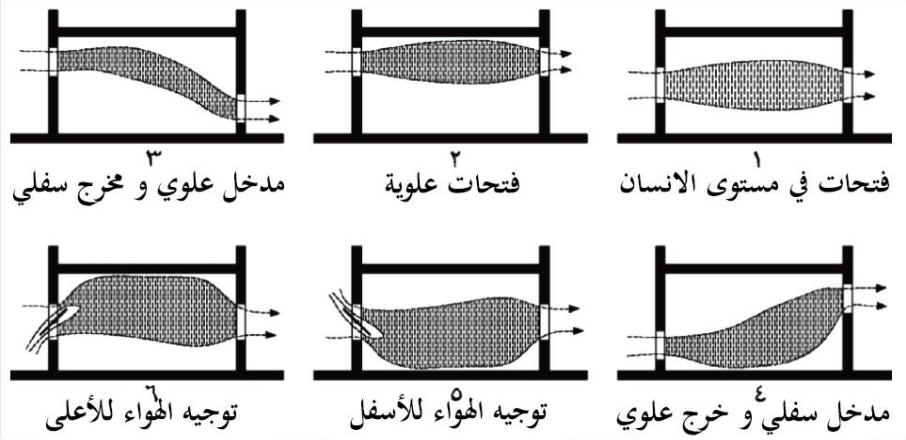


شكل (3-24) استخدام العناصر النباتية لتوجيه التهوية داخل الفراغ

المصدر : (محمد عبدالفتاح ,تأثير تصميم الغلاف الخارجي على الحرارة المكتسبة , بحث ماجستير 2013)

ثانيا : موضع الفتحات في القطاع الرأسي :

ان لارتفاع النافذة تأثير كبير على التهوية و حركة الرياح داخل الفراغ , ايضا تؤثر على منسوب حركة الرياح داخل الفراغ .الشكل (3-25) يوضح العلاقة بين منسوب النوافذ داخل الفراغ و تأثيره على حركة الرياح داخل الفراغ.



شكل (3-25) منسوب النوافذ داخل الفراغ و تأثيره على حركة الرياح داخل الفراغ.

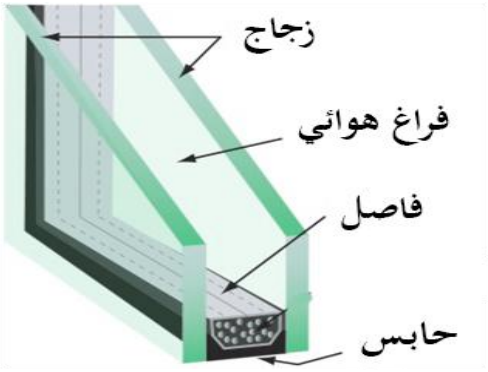
المصدر : (محمد عبدالفتاح ,تأثير تصميم الغلاف الخارجي على الحرارة المكتسبة , بحث ماجستير 2013)

(ب) التزجيج

الإختيار الدقيق للألواح الزجاجية في النوافذ يحسن إلى حد كبير الراحة الحرارية ، خاصة النوافذ الكبيرة, لان الزجاج يتمتع بنسبة نفاذية عالية للحرارة و أشعة الشمس لذا لابد من اختيار زجاج عازل للحرارة للحد من النفاذية العالية للحرارة التي يتمتع بها الزجاج العادي . (wikipedia.org/wiki/تزجيج_عازل-2018)

الزجاج العازل للحرارة

الزجاج العازل "Insulated glazing "، هو عبارة عن وحدة زجاج تستعمل للعزل الحراري ، وهي مكونة من طبقتين أو أكثر من الزجاج متباعدتين عن بعضها ومختومة بإحكام لتشكيل وحدة زجاجية تحتوي كمية من الهواء بين كل طبقتين من الزجاج , انظر الشكل (3-26) . حيث تقوم هذه التركيبة (الهواء وطبقات الزجاج) بإعطاء المنظومة قدرة عزل حراري كبيرة .

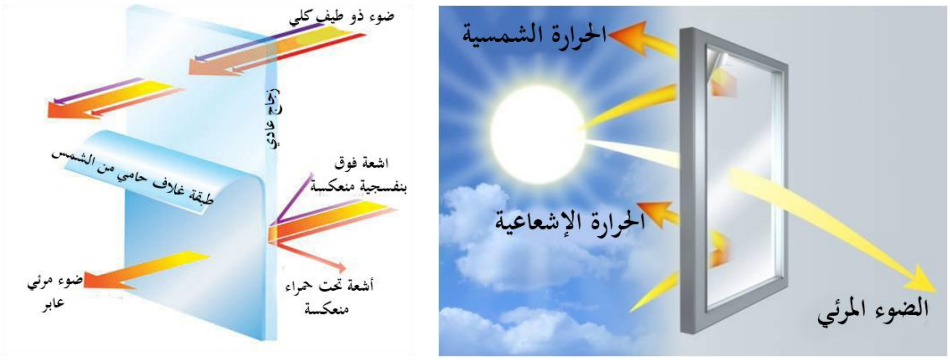


شكل (3-26) منظومة الزجاج العازل (Insulated glazing)

المصدر : (http://www.hadi4glass.com-2018)

تختلف قدرة ألواح الزجاج في العزل باختلاف " السُمك ، اللون ، والتركيب " حيث أنه كلما زادت قتامة وسمك الزجاج كلما قلت نفاذيته للحرارة . ويمكن زيادة كفاءة الوحدة بدمج أنواع مختلفة من الزجاج في الوحدة العازلة. أيضا تعتمد قدرة الزجاج في العزل على " نوع الإطار ، السمك ، الغاز المحقون " (سواءً كان هواء أو أرجون أو أي غاز اخر غير موصل للحرارة) و أيضا لون الزجاج ونوعه (شفاف ، ملون ، مطلى) .و يوجد أنواع اخرى للزجاج العازل منها :

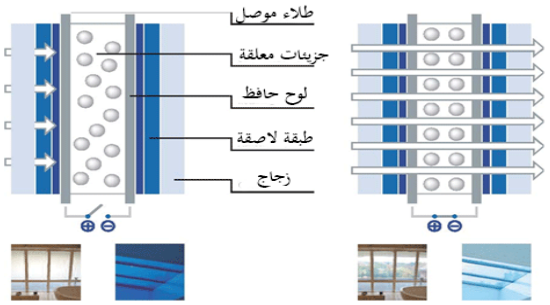
أولا : الزجاج العازل للأشعة فوق البنفسجية : وهو نوع من الزجاج الملون أو العاكس , يستطيع حجب ٩٩،٥٪ من الأشعة الفوق البنفسجية . انظر الشكل (3-27)



شكل (3-27) الزجاج العازل للأشعة فوق البنفسجية

المصدر : (http://www.kentspecialridingprogram.org-2018)

ثانيا : زجاج ذو طبقات كهربائية (Electro optic layers) : يتميز هذا النوع بسهولة ضبط خصائصه يدوياً حيث يستطيع هذا النوع من الزجاج أن يتغير بضغطة زر بسيطة للسماح بنفاذ أكبر قدر ممكن من أشعة الشمس حين تكون الحاجة إليها ، ثم التحول فوراً مرة أخرى إلى خصائص التظليل حين تكون قوة أشعة الشمس في ذروتها. انظر الشكل (3-28)



شكل (3-28) طريقة عمل الزجاج ذو الطبقات الكهربائية

المصدر : (https://www.google.com-2018)

(ج) بعض الاعتبارات الخاصة بتصميم النوافذ

- جوانب فتحات النافذة : عادة ماتكون النافذة مركبة في حائط بسمك (12- 25 سم) أو أكبر بالتالي يوجد سمك من الحائط قد يساعد في عملية تظليل النافذة , و تقليل المساحة المعرضة للشمس ,لذا من الافضل تركيب النافذة عند السطح الداخلي للحائط للاستفادة من سمك الحائط في القاء الظلال على النافذة .
- بالنسبة للزجاج الشفاف المسبق التركيب ,يمكن في حالته تظليل هذا الزجاج بطبقة تظليل تقلل نسبة الاشعاع الشمسي الداخل الى الفراغ (مثل طبقة التظليل التي تستخدم في السيارات).
- كاسرات الشمس : هي عبارة عن أسطح رأسية أو افقية ,تركب باتجاه عمودي أو مائل على الواجهة ,بحيث تقوم بتظليل النافذة من أشعة الشمس المباشرة .
- المشربيات ,المخرمات : و هي من المعالجات الحرارية القديمة الاستعمال كما سبق ذكرها ,وهي تستعمل بغرض حجب اشعة الشمس المباشرة ,و تحقيق الخصوصية و توزيع الاضاءة , و تصنع من مواد خفيفة كالخشب و الجبص .

3.3 أساليب و إستراتيجيات تصميمية الثانوية تساعد في تحقيق التبريد السلبي للمنزل

1.3.3 حديقة السطح

هي عبارة عن حديقة (نجيل و شجيرات ,و نباتات) في سطح المنزل ,بالإضافة الى العنصر الجمالي الخلاب الذي توفره حديقة السطح ,و جلسة السطح الجذابة في الهواء الطلق و الصحية لساكني المنزل ,فإن حديقة السطح تعمل كعازل طبيعي لسقف المنزل ,حيث أن الحرارة و الشعاع الشمسي لا يكون مباشر على سطح المنزل بسبب وجود الأشجار المظللة و المظلات الاخرى ,أما النجيل فهي عازل ممتاز للسقف ,بل يوفر برودة ترطيبية للسقف ,انظر الشكل (3-29), و لكن يجب في حالة عمل حديقة سقف أو نجيل سقف الحرص الشديد على العزل المائي لها.

شكل (3-29) بعض التصاميم لحديقة السقف و تفصيل لطبقاتها

المصدر : (worldhousedesign.com)-2018)

2.3.3 النجيل الخارجي

ان استخدام النجيل في المساحة الخارجية للمنزل (الحوش) , بدلا من الرصف , يوفر برودة و يقلل من درجة حرارة الأرض و الحرارة المنعكسة , و يمتص جزء من الحرارة الخارجية . انظر الشكل (3-30)

شكل (3-30) استخدام النجيلة في الفراغات الخارجية (الحوش)

المصدر : (www.pinterest.com-2018)

3.3.3 الحائط الأخضر

هو عبارة عن جدار مغطى بالنباتات جزئيا أو كليا , و يمكن عمله داخليا أو خارجيا ,و يسمى أيضا بالجدار الحي ,و يساعد في العزل و تلطيف و تنقية الهواء , عوضا عن شكله الجذاب الرائع .و يعمل الجدار الأخضر بنفس طريقة حديقة السطح , حيث يوفر عزلا طبيعيا للحائط الذي هو فيه , بل يحافظ عليه باردا بسبب وجود نباتات و ماء عليه , في حالة هبوب الرياح عليه فانه ينتج عنه برودة

و تساعد الجدران الخضراء في توفير الظل و الحماية من تأثيرات أشعة الشمس المباشرة. و يساعد الحائط الاخضر على تبريد الهواء من خلال عملية تسمى التبخر. و الحائط الأخضر إما يكون جدار طبيعي مغطى بالنباتات المتسلقة أما مباشرة مع الحائط أو مصمم خصيصا , و النوع الاخر هو الجدار الحي , و هو عبارة عن حديقة رأسية تكون بمواصفات خاصة , مصنوعة من ألواح الفولاذ المقاوم للصدأ ،و مواد تكسيه أرضية ، ونظم ري رأسي . شكل (3-31)

(مصدر :Sean Heffernan ,2016)

شكل (3-31) تفاصيل الحائط الأخضر الحي , و صور لحوائط خضراء

المصدر :(agreenerlifeagreenerworld.net-2018t)

4.3.3 الألوان

من المهم الاخذ في الاعتبار اختيار ألوان باردة و مريحة ,لأن الالوان تؤثر نفسيا في البيئة الداخلية , و تعمل على تقليل امتصاص الحرارة ,من الافضل اختيار الالوان مثل (الابيض ,الاخضر الفاتح ,الازرق الفاتح ,اي لون فاتح و بارد) ,انظر الشكل (3-32)

5.3.3 الإضاءة الداخلية

اختيار اضاءة باردة (نوع لمبات غير منتجة لحرارة مثل لمبة LED) ,انظر الشكل (3-33) ,و الوان اضاءة باردة و مريحة (مثلا اضاءة بيضاء او سماوية)

شكل (3-32) الوان داخلية مريحة

شكل (3-33) اضاءة LED

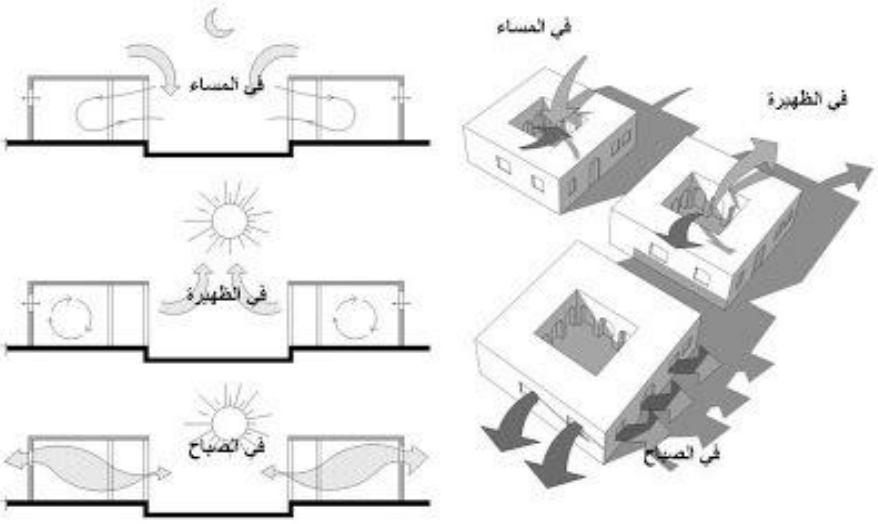
المصدر : (www.pinterest.com-2018)

4.3 تقنيات التبريد السلبي في تصميم المباني

هي عدد من الانظمة و التقنيات التي تساعد على تبريد البيئة الداخلية للمنزل و زيادة كفاءة التصميم السلبي فيه ,و هي تقنيات أقل كلفة من وسائل التبريد الميكانيكية .حيث تعتمد هذه التقنيات على مبادئ فيزيائية طبيعية لإزالة الحرارة من المبنى ,و تستمد التبريد عن طريق التبخر والحمل الحراري والإشعاع .و من هذه التقنيات ,الفناء الداخلي ,أبراج التهوية ,أنفاق التهوية الأرضية ,التبريد التبخيري .

1.4.3 الفناء الداخلي

الفناء الداخلي هو من الأساليب القديمة في التصميم لتبريد البيئة الداخلية للمسكن و تحقيق جو مريح ,و هو عبارة عن , فراغ أو مساحة مفتوحة السقف تقع داخل المنزل ,أو في وسطه . ويوفر الفناء الداخلي تهوية ممتازة للفراغات الداخلية ,و هو أسلوب جيد في طرد الحرارة ,خاصة اذا تم تصميمه بطريقة جيدة ,و من المفضل أن يحتوي على عنصر نباتي "أشجار ,شجيرات ,نجيل" لأن الأشجار توفر تظليلا للفناء و فلتره و تبريد للهواء الداخل عبر الفناء .ايضا استخدام العنصر المائي في الفناء الداخلي يساعد في تبريد الهواء لأن الماء يعمل ككتلة حرارية تمتص الحرارة و تعمل على تبريد الهواء المار بها الى داخل الفراغات . انظر الشكل (3-34)

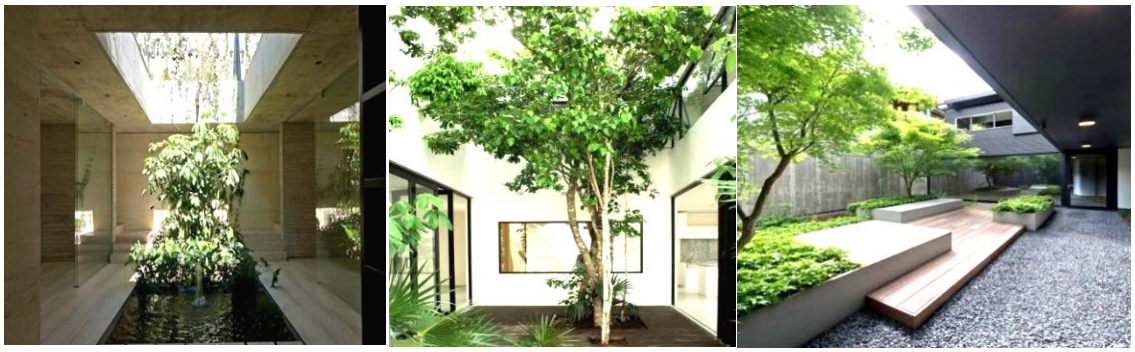


شكل (3-34) الفناء الداخلي و دوره في تعزيز التهوية والتبريد

المصدر: (tasmeemblog.wordpress.com-2018)

و يعتبر الفناء منفذا للهواء الحار من داخل المسكن الى الخارج عن طريق الحمل الحراري ,و ايضا يعزز التهوية الطبيعية عن طريق تدفق الهواء من خلال فتحات الغرف المحيطة بالفناء .

مع ذلك يجب التصميم المناسب في حالة عمل فناء داخلي حتى لا يؤدي الى نتائج عكسية و مكاسب حرارية داخل المنزل ,لذا يجب تصميم الفتحات منخفضة المستوى في اتجاه الفناء حتى يدخل من خلالها الهواء البارد الى داخل المنزل ,و عمل فتحات عالية المستوى لطرد الهواء الساخن الذي داخل الغرفة الى الخارج , و اختيار مواد مناسبة . انظر الشكل (3-35)

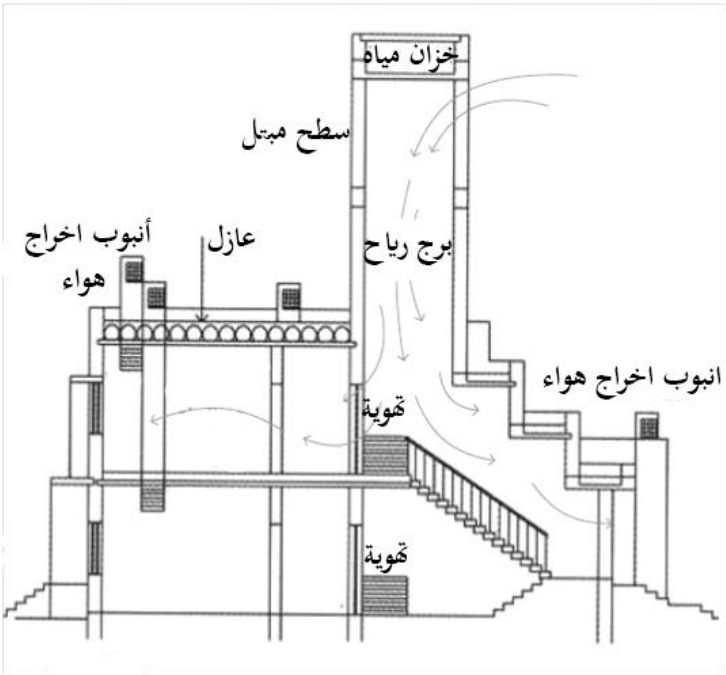


شكل (3-35) أشكال و تصاميم مختلفة و عصرية للفناء الداخلي

المصدر : (www.pinterest.com-2018)

2.4.3 ابراج الرياح

هي عبارة عن أبراج تعلو المنزل بها فتحات مقابلة للاتجاه السائد للرياح ,حيث تعمل على اقتناص و سحب الهواء الذي اعلى المنزل و يدخله داخل المنزل . وتصمم أبراج التهوية لتعمل كتقنية تبريد سلبية ,بعمل خزانات مياه اعلى البرج ,هذه الخزانات تقوم بتمرير المياه على جدران البرج عن طريق مواسير علوية ,ثم تعمل الفتحات العلوية في البرج بسحب الهواء الخارجي ,وبدخوله للداخل يتم تبريده عن طريق مروره بالجدران المبتلة فيصبح باردا ,ثم يصبح الهواء أثقل و يغوص الى داخل المسكن ,ويدخل الغرف عبر مداخل محدده .في حالة وجود رياح ،يتم تبريد الهواء بشكل أكثر فعالية ويتدفق بشكل أسرع من البرج وإلى منطقة المعيشة.و بطريقة عكسية يطرد الهواء الحار الى أعلى و يخرج عبر الفتحات العلوية في البرج , مع دخول الهواء البارد الليلي عبر النوافذ و الابواب . انظر الشكل (3-36)



شكل (3-36) برج الرياح في "Jodhpur Hostel" للقبض على الرياح لأغراض التبريد السلبي

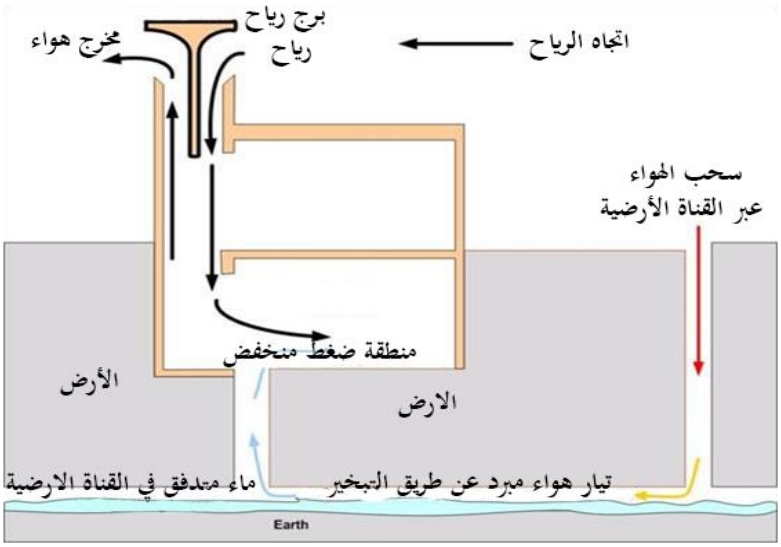
المصدر : (www.slideshare.netEktaSharma21passive-energy-2018)

هذا النظام يعمل بفعالية أكثر في المناخات الحارة الجافة,و في المناطق الحضرية الكثيفة و عالية المباني يجب أن يكون البرج طويلا بما يكفي لكي يتمكن من التقاط ما يكفي من الهواء.

3.4.3 أنفاق التهوية الأرضية

هي عبارة عن أنفاق تحوي أنابيب مياه تحت الأرض مرتبطة بفتحة في الخارج تعمل على سحب الهواء و تمريره في هذه الانابيب الارضية حتى يتم تبريده ,ثم يخرج هواءا باردا عبر منافذ داخل فراغات المنزل . انظر الشكل (3-37)

تبقى درجة حرارة هذه الانابيب ثابتة تقريبًا بسبب وجودها عميقا تحت الارض مما يجعلها معزولة عن الحرارة الخارجية و الشمسية ,لذلك يتم تبريد الهواء المار من خلال هذا النفق في الصيف ويتم تدفئته في الشتاء ويمكن استخدام هذا الهواء للتبريد في الصيف والتدفئة في فصل الشتاء.



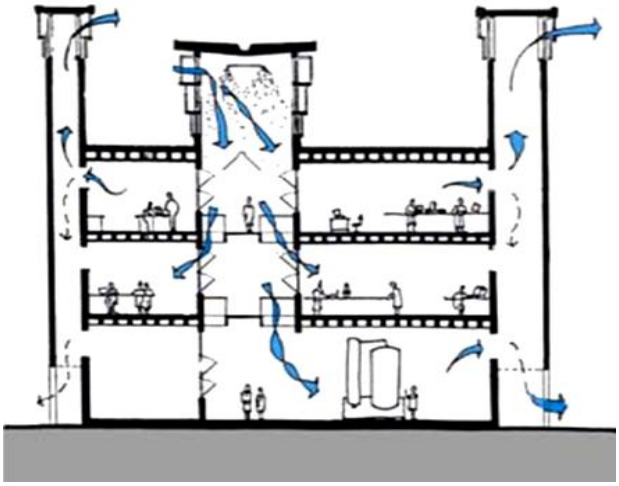
شكل (3-37) طريقة عمل أنفاق التهوية الأرضية

المصدر : (www.muslimheritage.com/articleenvironment-tradition-2018)

4.4.3 التبريد التبخيري

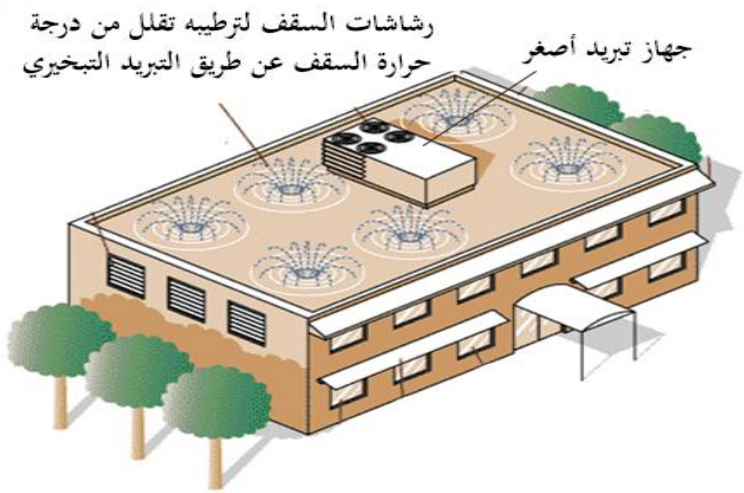
التبريد التبخيري هو تخفيض درجة حرارة الهواء الداخلي عن طريق الماء. في هذه التقنية يتم استخدام حرارة الهواء لتبخير الماء ،وبالتالي تبريد الجو و المساحات الداخلية ,مثل وجود عنصر مائي كالنافورة أو البركة الذي يعطي تأثيرا باردا .مثال لتبريد تبخيري مستخدم بكثرة ,مكيف الماء الذي يشمل الماء و سطح تبخيري و مروحة ,و المراوح المزودة برشاشات ماء .حيث زيادة الاتصال بين الماء و الهواء يزيد من فعالية هذا النوع من التبريد. وهو فعال اكثر في المناخ الحار الجاف. و يستخدم التبريد التبخيري بعدة طرق ,اما عن طريق تبريد الهواء الداخل عن طريق

الماء أو رذاذ الماء ,والطريقة الأخرى هي تبريد الاسطح كالسقوف عن طريق رشها بالماء مما يحافظ على برودتها ,و عند مرور الهواء بها تعمل هذه السطوح المبللة على تبريد هذا الهواء. انظر للشكل (3-38) والشكل (3-39).



شكل (3-38) مثال لتبريد تبخيري مصمم مع ابراج الرياح لتبريد الهواء الداخل

المصدر :(www.dtfmagazine.comblog-2018)



شكل (3-39) رشاشات السطح لتوفير تبريد تبخيري

المصدر : (sellhouseutah.com-2018)

لكن هذا النظام يفرض بعض الاعتبارات ,مثل أن تكون المياه متاحة لتزويد النظام ,ولا تعمل بشكل فعال في المناخات الحارة الرطبة لأنها تزيد من رطوبة .

5.3 الخلاصة

ان التصميم السلبي هو لتحقيق الراحة الحرارية داخل المنزل ,وهذا هو الهدف المطلوب تحقيقه في تصميم المنازل في المناطق التي تتسم بالمناخ الحار. لذا من المهم تصميم المنازل بطرق و أساليب التصميم السلبي التي سبق ذكرها في هذا الباب .و التي يمكن تلخيصها:

- أفضل توجيه للمنزل في هو جهة الشمال و الجنوب مع ميلان زاوية 20 درجة للاستفادة من الرياح و النسائم الباردة الجنوبية و خلق أفضل تهوية طبيعية
- من المفضل ان يكون شكل المبنى مستطيلي والضلع الطويل ناحية الرياح حتى تتم اكبر استفادة من الرياح . واختيار الوان فاتحة و عاكسة في الواجهات الخارجية
- من المهم جدا الاهتمام بالتظليل خصوصا في الجهات الغربية و الشرقية , مع تظليل النوافذ و الفتحات
- من المهم عزل المبنى (حوائط و ارضيات و اسقف) و اختيار النوع الأمثل من العزل الحراري الجيد
- يجب الاخذ بالاعتبار الكتلة الحرارية , ودراستها جيدا حتى يمكن الاستفادة منها في التبريد , و الحد من اثارها السلبية في حالة الاستعمال الخاطئ لها
- اختيار أفضل مكان للنوافذ بالنسبة للفراغ و حجمه و توجيهه ,و يجب توفر نافذتين على الاقل لتعزيز حركة تيار الهواء داخل الفراغ , و استخدام النباتات لتوجيه التيار داخل الفراغ .
- من الضروري اختيار افضل نوع من الزجاج , و يفضل . ان يكون زجاج عازل للحرارة مع طبقتين او أكثر , و ذو تظليل , و الاهتمام بتظليل النافذة و الزجاج الفيها عن طريق الكاسرات و غيرها .
- الفناء الداخلي و النجيل الخارجي و استخدام مصادر مياه و حديقة السقف و الحائط الأخضر , هي طرق فعالة جدا في تبريد المنزل و تلطيف الجو ,مع الاهتمام باختيار الالوان و الاضاءة الداخلية
- التصميم جنبا الى جنب مع تقنيات التبريد السلبي يحقق أقصى كفاءة تبريد سلبية في البيئة الداخلية للمنزل.

الفصل الرابع

دراسة الحالات العالمية و المحلية

1.4 المقدمة

في هذا الفصل سيتم أولا عرض المنهجية التي تم استخدامها في الدراسة للوصول للنتائج المرجوة التي يسعى اليها البحث . ثم عرض معايير اختيار حالات الدراسة ,و يأتي بعد ذلك دراسة مناخ منطقة "مدينة الخرطوم" التي بها حالة الدراسة المحلية . ثم عرض الحالات الدراسية العالمية و المحلية , اولا حالات الدراسة العالمية التي هي , "منزل أندرو سيبرز" و "مجموعة منازل جيمس كوبر" , في استراليا. يأتي بعد ذلك عرض لحالة الدراسة المحلية و التي هي "منزل عثمان الخير" في مدينة الخرطوم ,و تتضمن الدراسة وصف لهذه الحالات و تحليلها و عرض الاستراتيجيات و التقنيات التصميمية التي طبقت فيها لتوفير التبريد السلبي. و أخيرا عمل مقارنة بين حالات الدراسة العالمية " منزل أندرو سيبرز" و "مجموعة منازل جيمس كوبر" و حالة الدراسة المحلية "منزل عثمان الخير" ,و رصد الاختلاف و التشابه بين الاساليب التي استخدمها المصمم في الحالتين ,لتوفير تبريد سلبي. ثم عرض نتائج هذه المقارنة التي تعتبر خلاصة الدراسة

2.4 منهجية الدراسة

تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي في هذه الدراسة و الذي هو عبارة عن وصف الظواهر المراد دراستها و صفا دقيقا كما هي في الواقع , و محاولة تفسيرها ,و جمع أكبر قدر من البيانات حولها بهدف تحليل هذه البيانات و صولا للنتائج المرجوة .

و يعرف المنهج الوصفي التحليلي بأنه المنهج الذي يتناول أحداث و ممارسات قائمة و متاحة للدراسة دون التدخل في مجرياتها ,وعلى الباحث ان يتفاعل مع هذه الاحداث و الممارسات بالوصف و التحليل (الأغا و الاستاذ , 2003) .

1.2.4 مصادر جمع البيانات

- مصادر ثانوية : و التي هي عبارة عن الكتب و المراجع و مواقع الانترنت ذات الصلة بموضوع الدراسة , و بعض البحوث العلمية و الدراسات السابقة , حيث تم التحصل من خلالها على المعلومات النظريه :

- احصائيات المناخ
- وصف لحالات الدراسة العالمية

- مصادر أولية : و التي هي عبارة عن عن جمع بيانات عن طريق المقابلات و الزيارات الميدانية " الملاحظة " , التي تم التحصل من خلالها على المعلومات الميدانية :

- وصف لحالات الدراسة المحلية
- الاستراتيجيات التصميمية التي تم العمل بها في حالات الدراسة المحلية و التي اثرت على الراحة الحرارية .

2.2.4 تسلسل منهجية الدراسة

أولا : عرض معايير اختيار حالات الدراسة المحلية و العالمية

ثانيا : دراسة مناخ مدينة الخرطوم , وهذا حتى نستنتج منه الاهداف التصميمية الخاصة بالمنطقة المناخية لمدينة الخرطوم , ولمعرفة الاستراتيجيات التي يجب التصميم عليها في المباني السكنية في مدينة الخرطوم لتحقيق تصميم سلبي مريح حراريا و اقتصادي في استهلاك الطاقة الكهربائية.
ثالثا : تم أخذ حالات الدراسة العالمية ,في مناطق تتسم بمناخ حار ,وهي ,اولا "منزل أندرو سيبرز",و "مجموعة منازل جيمس كوبر" في استراليا ,ثم وصف هذه الحالات و تحليل الاستراتيجيات التي استخدمت فيها لتوفير تبريد سلبي ,وماهو اثر هذه الاستراتيجيات في تحقيق راحة حرارية في هذه الحالات .
رابعا : أخذ حالة دراسية في مدينة الخرطوم , وهي منزل عثمان الخير , الذي يحتوي على عدد من استراتيجيات التصميم السلبي للتبريد ,ثم وصف الحالة وصفا تفصيليا معماريا , و دراسة الاستراتيجيات التي تم تطبيقها و ما هو تأثيرها على الراحة الحرارية في البيئة الداخلية للمنزل .

خامسا : بعد دراسة الحالات المحلية و العالمية و رصد الاستراتيجيات المنفذه فيها , تم عمل مقارنة بين الحالة المحلية و الحالات العالمية ,و تحديد أوجه الاختلاف و التشابه .

سادسا : عرض النتائج التي تلخص اسباب اختلاف الاستراتيجيات المستخدمة في السودان و خارج السودان .

3.4 معايير اختيار حالات الدراسة العالمية و المحلية

- أن تكون في منطقة مناخية حارة نسبيا .
- أن تكون مباني سكنية "منازل" .
- أن تشمل الحالات استراتيجيات تصميم سلبية هدفها التبريد السلبي .
- أن يكون هدف المصمم تضمين مباديء و استراتيجيات التصميم السلبي لتوفير تبريد للمنزل .

4.4 مناخ الخرطوم

تقع الخرطوم في منطقة وسط السودان على خط عرض 15 و 36 شمال , و خط طول 325:33 شرق على ارتفاع 380 متر فوق سطح البحر ,و تقع معظم ولاية الخرطوم في المنطقة المناخية شبه الصحراوية , بينما المناطق الشمالية تقع في المنطقة الصحراوية , و يتسم مناخ ولاية الخرطوم من حار الى حار جدا صيفا , و حار ممطر خريفا , و دفيء معتدل جاف شتاءا .

1.4.4 درجات الحرارة

قد تتجاوز درجات الحرارة في مدينة الخرطوم 48 درجة مئوية في منتصف الصيف ، إلا أن المتوسط السنوي لدرجات الحرارة القصوى يبلغ حوالي 37.1 درجة مئوية , مع ستة أشهر في السنة يزيد المتوسط الشهري لدرجة الحرارة فيها عن 38 درجة مئوية ،وفي كل الأحوال فأن درجات الحرارة في الخرطوم تهبط خلال الليل ،إلى أدنى من 15 درجة مئوية في شهر يناير كانون الثاني وقد تصل إلى 6 درجات مئوية عند مرور جبهة هوائية باردة (https://ar.wikipedia.org/wiki -2018) . انظر الشكل (4-1) ,و الجدول (1-4)

2.4.4 الامطار

يسود الخرطوم في معظم أشهر السنة المناخ الصحراوي الحار الجاف باستثناء شهري يوليو وأغسطس ،حيث تسقط الأمطار المدارية ،بمعدل يزيد قليلاً على 155 مليمتر (6.1بوصة) سنوياً في المتوسط ،وفي الفترة من ديسمبر وحتى فبراير حيث تنخفض درجة الحرارة نسبياً (https://ar.wikipedia.org/wiki-2018/) . انظر الشكل (4-1) ,و الجدول (1-4)

3.4.4 حركة الرياح

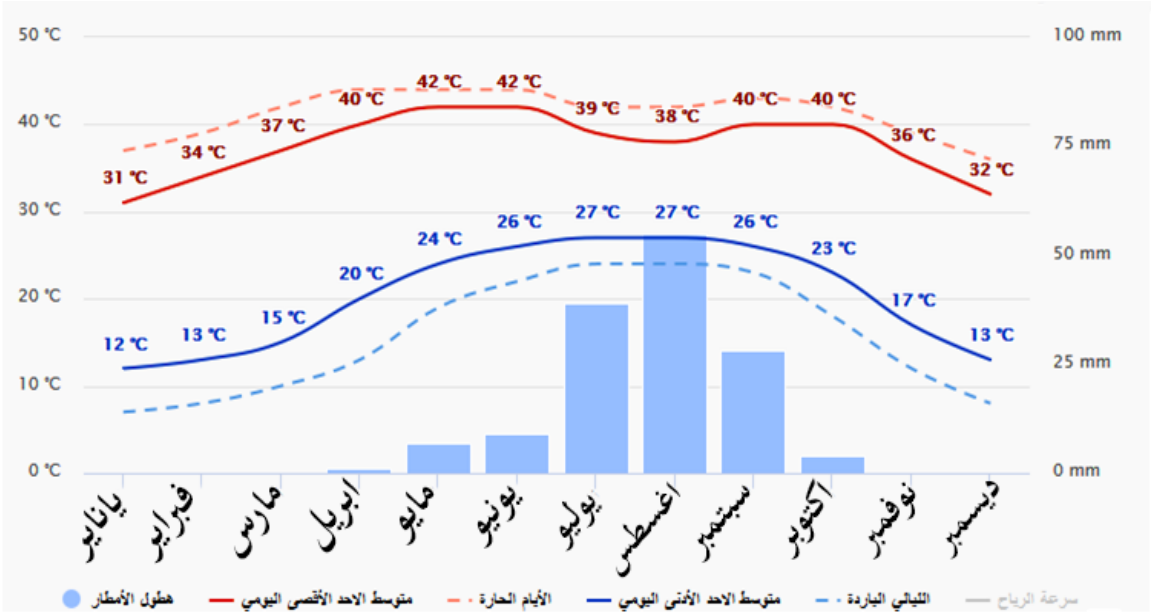
ثمة ظاهرة مناخية في السودان تعرف بالهبوب وهو عبارة عن عاصفة ترابية نشطة تحدث في مناطق وسط السودان بما فيها الخرطوم وذلك عندما تهب رياح جنوبية رطبة في شهري مايو / أيار ويوليو / تموز ويمكن أن تقلل بشكل مؤقت مدى الرؤية إلى الصفر. انظر الشكل (4-1)

(https://ar.wikipedia.org/wiki-2018/)

جدول (4-1) يوضح متوسط درجات الحرارة و هطول الامطار في مدينة الخرطوم 2017

المصدر : (خدمة معلومات الطقس العالمي ,المنظمة العالمية للأرصاد الجوية,2018)

الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
الدرجة القصوى م^0	30,8	33,0	46,8	40,1	41,9	41,3	38,4	37,3	39,1	49,3	35,2	31,8	
المتوسطة م^0	23,2	25,0	28,6	31,8	34,5	34,3	32,2	31,3	32,6	32,4	28,1	24,5	29,9
الصغرى م^0	15,6	17,0	20,5	23,6	27,1	27,3	25,9	25,3	26,0	25,5	21,0	17,1	
الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنوي
متوسط هطول الأمطار	0	0	0	0,4	4,0	5,4	46,3	75,2	25,4	4,8	0,7	0	162,2



شكل (4-1) متوسط درجات الحرارة و هطول الامطار في مدينة الخرطوم2017

(https://www.meteoblue.com-2018)

نستخلص من الدراسة أعلاه ,أن الخرطوم تقع في منطقة مناخية ذات صيف حار جاف ,و شتاء جاف دفيء الى معتدل ,مع بعض المواسم الرطبة ,مع هطول أمطار منخفض نسبيا ,و رطوبة معتدلة.

5.4 الأهداف التصميمية الخاصة بالمنطقة المناخية لمدينة الخرطوم

تتميز المنطقة الخرطوم المناخية باحتياجات عالية من الطاقة التبريدية ولكن مهمة تقليلها من خلال التصميم السلبي هي عملية بسيطة نسبيًا وفعالة , حيث يجب استخدام مستويات عالية من العزل الجيد ,و من المهم تحديد مواقع التعرض للنسائم الباردة , و التصميم الجيد للتهوية الشاملة , مع وضع مناطق المعيشة ذات الكثافة العالية و الغرف ناحية الواجهة الشمالية و الجنوبية , و التقليل من مساحة الجدار الخارجي , وعمل أرضيات مدمجة مع مناور تهوية مركزية قابلة للإغلاق .
و عمل تهوية في السقف أو نوافذ عالية لضمان ارتفاع مستوى تدفق الهواء البارد (الجنوبي) , مع توفير مناطق معيشة خارجية ومظللة ومفتوحة , و استخدام نوافير و برك مياه و حدائق منزلية لتوفير التبريد التبخيري.

1.5.4النوافذ و التظليل

يجب تجنب الإفراط في استخدام الزجاج , و استخدام الزجاج المعزول , او الزجاج المزدوج ,مع تغطية جميع النوافذ والزجاج للواجهات الشرقية و الغربية بالمظلات و الستائر لعزل الحرارة , واستعمال الزجاج المظلل , و تظليل واجهات الزجاج , و ان تكون اطارات النوافذ محكمة الإغلاق و معزولة بشكل جيد.

2.5.4 العزل

استخدام العزل السائب والعاكس في السقوف ، والعزل العاكس في الجدران الخارجية ,مع الاهتمام بتوفير العزل الخارجي لجميع كتلة المنزل , والاهتمام بعزل الطوابق المرتفعة ,و التأكد من أن جميع المساحات الداخلية معزولة و مغلقة المنافذ بشكل فعال.

3.5.4 التبريد

استخدام التبريد التبخيري السلبي في مناطق المعيشة ,و توفير مراوح سقف في جميع مساحات المعيشة والنوم ,و الوضع في الاعتبار التبريد الليلي النشط ,والاهتمام بالزراعة الداخلية و الخارجية .

6.4 حالات الدراسة العالمية

تم اختيار حالتان عالميتان هما ,منزل اندرو سيبرز و مجموعة منازل جيمس كوبر ,حيث ان الحالتين هما مباني سكنية في منطقة مناخية حارة نسبيا و يحتويان على عدد من استراتيجيات التصميم لتحقيق التبريد السلبي .

1.6.4 منزل أندرو سيبرز

(أ) نبذة عن المنزل

المنزل يقع في استراليا , نهر داروين الإقليم الشمالي , و قام بتصميم هذا المنزل أندرو سبيرز "صاحب المنزل" وديفيد بريدج مان .

(ب) المنطقة المناخية للمبنى

تتصف المنطقة بمناخ استوائي يحتوي على فصول صيف رطبة عالية الحرارة وشتاء دافئ ، مع متوسط درجات حرارة قصوى تبلغ 38 درجة مئوية ومتوسط حد أدنى 23.2 درجة مئوية . و موسم الأمطار ، من نوفمبر إلى أبريل ، أما من مايو الى اكتوبر تنخفض كمية الأمطار إلى 1.2 ملم , وأثناء موسم الأمطار تكون المنطقة عرضة للأعاصير والأمطار الموسمية والفيضانات .

(ج) وصف المبنى

تبلغ مساحة المنزل تقريبا $177m^2$,و يحوي على غرفتي نوم و مساحة معيشة و مطبخ و حمامين . و بلغت تكلفة المنزل 000 490 دولار ، بما في ذلك نظام الصرف الصحي وخزانات مياه الأمطار ، انظر الشكل (4-2).

شكل (4-2) صورة لمنزل أندرو سيبرز

المصدر: (www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

(د) تحليل المبنى

ان في هذا المنزل مجموعة مثيرة للإعجاب من مبادئ التصميم السلبي للتبريد في مناخ حار مليء بالتحديات ،الشيء الذي خلق بيئة مريحة ومستجيبة ومنخفضة للصيانة مع الحد الأدنى من التأثيرات البيئية.

التوجيه : تم توجيه المنزل جنوب غرب , شمال شرق , لالتقاط نسائم التبريد في هذا الموقع , مع تظليل منطقة المعيشة الخارجية.

مواد البناء و الكتلة الحرارية : استخدم في البناء في هذه المنزل كتلة حرارية منخفضة ومواد عاكسة , حيث تم اختيار مادة الحديد لأنه مادة خفيفة و منخفضة الكتلة الحرارية , فهو يهدأ و يبرد بسرعة عندما تنخفض درجات الحرارة ولا يحتفظ بالحرارة ، و ساعد استخدام مباديء التبريد السلبي الاخرى ,مثل التعرض لنسائم التبريد وتشجيع حركة الهواء والتبخر و العزل ,الحفاظ عليها باردة .وعلى هذا الاساس تم بناء هذا المنزل بالكامل من الفولاذ الذي يحتوي على كتلة حرارية منخفضة.

تشكيل المبنى و الفراغات الداخلية : يتميز المنزل بسقف مرتفع يقلل من التعرض لأشعة الشمس ويخلق مساحة لزيادة دوران الهواء و التخلص من الحرارة الداخلية, حيث يوجد يوجد فتحات في حافة السقف لطرد الهواء الحار . و يبدو من التصميم أن المنزل ليس سوى غرفة واحدة كبيرة في جميع أنحاءه لتشجيع التهوية المارة و المتحركة , و تم وضع الجدران الداخلية الصلبة على محور شمال غرب / جنوب شرق لأنها تزيد من التهوية الطبيعية من خلال عدم عرقلة مسارات الهواء في المنزل . وقد تم رفع مستوى المنزل من الارض للسماح للهواء بالدوران أسفله ولتمكين غرف النوم ومناطق المعيشة من أن ترفع فوق الغطاء النباتي المحيط مما يجعله أفضل لصيد النسائم الباردة , و تقوم الطبقة العلوية فوق المطبخ بسحب الهواء الساخن عن طريق حركة الهواء الحامل (الهواء الساخن المتصاعد يخرج من الاعلى).

العزل الحراري :السقف مغطى بالحديد ومبطن بالعزل مع فجوة هوائية عازلة تعمل كحاجز إضافي ضد الحرارة .

النوافذ و التزجيج : وجود النوافذ الكبيرة الموجهه إلى الشمال والجنوب لتعترف بأقصى قدر من التهوية , و هي مغطى بشاشات تمنع دخول الحشرات بحيث يمكنها ان تبقى مفتوحة طوال الليل . أما النوافذ الصغيرة الموجهه إلى الغرب , مزودة بفتحات من الألمنيوم بها زوايا لإبقاء الشمس خارجا , ولكن لا تزال تعترف بنسائم الليل , و يحمي الحمام الموجود على الجانب الغربي غرفة النوم من حرارة الشمس .

بصرف النظر عن نظام تكييف الهواء المنفصل في غرفة النوم ، فإن هذا المنزل لا يحتوي على تكييف, حيث تحتوي كل غرفة على مروحة سقف واحدة مثبتة مركزيا , اما غرفة المعيشة لديها ثلاثة مراوح السقف هي الطريقة الأكثر فعالية للحفاظ على البرودة في الصيف. انظر الشكل(4-3)

شكل (4-3) صورة لغرفة المعيشة

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

ان انبعاث الغازات الدفيئة في هذا المنزل أقل بكثير من تلك الموجودة في المنازل العادية . حيث لا تنتج مصادر الطاقة المتجددة أي غازات . هذا لان المنزل يحتوى على نظام الطاقة الشمسية لتوفير جميع الاحتياجات الكهربائية ,حيث يوجد في المنزل ألواح طاقة شمسية معلقة على السقف .

هذا المنزل غير متصل بشبكة الكهرباء . ويشمل نظام الطاقة الخاص به القائم بذاته الألواح الشمسية , و معدات التحكم وبطارية التخزين , و لا يحتوي هذا النظام على مولد احتياطي لأن المالكين أرادوا تقليل استخدام الطاقة غير المتجددة في المنزل. انظر الشكل (4-4)

شكل (4-4) صورة من داخل المنزل

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

- لقد أدلى ساكني المنزل ان مزايا التصميم السلبي التبريدي في المنزل ناجحة للغاية لدرجة انهم يفكرون في تركيب سخان للأشهر الباردة !

ويعزى نجاح المشروع إلى حد كبير , إلى رغبة مالك المنزل و المصمم في تناول شيء خارج عن المألوف وفهم مبادئ الاستدامة المضمنة في التصميم . حيث استغرق البحث أربع سنوات لتصميم البناء المناسب , و فاز المنزل بجائزة NTA الوطنية و HIA GreenSmart لكفاءة الطاقة عام 2009 . (Caitlin McGee , 2018)

2.6.4 مجموعة منازل جيمس كوبر

(أ) نبذة عن المبنى

تقع مجموعة منازل كوبر في استراليا سيدني نورث شور ، نيو ساوث ويلز, وهو عبارة عن ستة منازل مستقلة لها نفس التصميم . حيث أن المصمم الرئيسي هو جيمس كوبر ، Sanctum Design , و مهندس المشروع Len Farrugia ، Sanctum Design , والمصمم داخلي فوستر وشركاه.

(ب) المنطقة المناخية للمبنى

تتمتع المنطقة المناخية التي يقع فيها الموقع بصيف حار و شتاء معتدل , ونطاق درجة حرارة يومي عالي نهارا و منخفض ليلا , و يتمتع الموقع بنسائم تبريد من الجنوب الشرقي, أما النسمات الشتوية السائدة تأتي من الغرب إلى الجنوب الغربي ، و الجنوب .

(ج) وصف المبنى

تبلغ مساحة المنازل : 166- 175 م^2 , أربعة منازل من 3 غرف نوم ومنزلين من 4 غرف نوم , مع مساحة كلية بلغت 2584 م ^{2}.و كانت التكلفة من متوسطة إلى عالية ، انظر الشكل (4-5).

شكل (4-5) منظر لمنزل من المنازل

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design)

(د) تحليل المبنى

مواد البناء : كانت الأهداف الرئيسية للمشروع هي العمل بمبادئ البناء البيئي السليم مع الجدوى البيئية الاقتصادية ,حيث تم تحقيق هذه الأهداف بشكل أساسي من خلال اختيار مواد تقليدية محلية وتطبيق تقنيات بناء تقليدية حيثما أمكن لضمان كفاءة التكلفة.

التوجية : يحتوي كل منزل على منطقة معيشة و منطقة تناول طعام و مطبخ و تراس معيشة في الهواء الطلق في جهة الشمال ,و تقع غرف النوم والمرافق على الجانب الجنوبي ,حيث تستفيد مناطق المعيشة التي تواجه الشمال من أقصى استفادة من الطاقة الشمسية في الشتاء و طاقة الرياح في الصيف . و يتم سحب نسائم التبريد القادمة من الجنوب الشرقي من خلال فتحات وأبواب

الشرفة الموجودة في الطابق العلوي , حيث يتم توفير تهوية متقاطعة عبر غرف الطابق الأول من خلال النوافذ , من أجل تحقيق أقصى قدر من التهوية .

النوافذ : النوافذ المواجهة للغرب والجنوب والشرق فهي قليلة العدد وصغيرة الحجم لتخفيض الكسب الحراري الشمسي. يوجد مظلات ثابتة لتظليل النوافذ المواجهة للغرب والشرق و ذلك لتوفير حماية إضافية.

التظليل : يتم تغطية التراس لتوفير الظل للكتلة الحرارية مع نظام تسقيف (louver) القابل للتعديل حيث يمكن فتحه للسماح للشمس بالدخول في فصل الشتاء ، أو غلقه للحفاظ على الكتلة الداخلية من غرفة المعيشة والطعام محمية من الشمس . كل منزل يحتوي على شجرة كبيرة في المقدمة لتوفير التظليل للواجهه ، انظر الشكل (4-6) والشكل (4-7).

شكل (4-6) منظور للمنازل

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

شكل (4-7) منظور لغرفة المعيشة و التراس الخارجي المظلل

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

وساعد انخفاض الحاجة إلى استخدام الكهرباء و التكييف الميكانيكي في هذا المشروع على الحد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري , حيث تم تثبيت مراوح السقف في جميع الأنحاء للمساعدة في التبريد.

الاضاءة و الالوان : تم استخدام مصابيح LED ومصابيح CFL منخفضة الطاقة و الحرارة طوال الوقت في الاضاءة الداخلية ، مع وجود نوافذ شفافة تجمع الضوء الطبيعي في المنزل وتقلل الحاجة إلى الإضاءة الاصطناعية . ويتم التحكم في الإضاءة الخارجية عن طريق جهاز الاستشعار. و ساهمت الدهانات الفاتحة والمنخفضة المركبات العضوية المتطايرة ، و استخدام السجاد الصوفي , في توفير مستوى عالٍ من جودة الهواء الداخلي . انظر الشكل (4-8)

شكل (4-8) يوضح تصميم الاضاءة و المراوح و الالوان الداخلية الباردة

المصدر : (http://www.yourhome.gov.au/passive-design-2018)

التزجيج : استعمل الخشب و الزجاج العازل المزدوج في جميع النوافذ والأبواب الخارجية الذي يعمل على تقليل كسب الحرارة الشمسية خلال فصل الصيف وخسارة الحرارة من خلال الشتاء .

العزل الحراري : تم عمل عزل يعمل كحاجز لتدفق الحرارة الى داخل وخارج المنزل ،حيث تم استخدام مزيج من الرقائق العاكسة وعازل من البوليستر الصخري المعتمد في الجدران و الاسقف.

- لقد تم الإشادة بهذا المشروع وحصل على عدد من الجوائز ,منها جائزة الاستدامة لأخبار منتجات البناء (BPN) للسكن متعدد الكثافة 2013 (Caitlin McGee ,2018) .

7.4 حالة الدراسة المحلية : منزل بالخرطوم ,الجريف غرب ,قام بتصميمه صاحبه عثمان الخير

تـم اختيـار هـذا المنـزل كحالـة دراسـية نظـرا لتميـزه عـن المنـازل الأخـرى بوجـود عـدد مـن الاستراتيجيات و تقنيات التبريد السلبية ,التي اهتم مصمم المنزل و مالكه بتنفيذها لتوفير جو مصغر مـريح حراريـا , و التقليل مـن الاعتمـاد علـى التكييـف الميكـانيكي , و دراسـة هـذه الاسـتراتيجيات المطبقة و أثرها على تحقيق هدف المصمم ، الشكل (4-9) يوضح المنظر الخارجي للمنزل .

شكل (4-9) منظر خارجي للمنزل

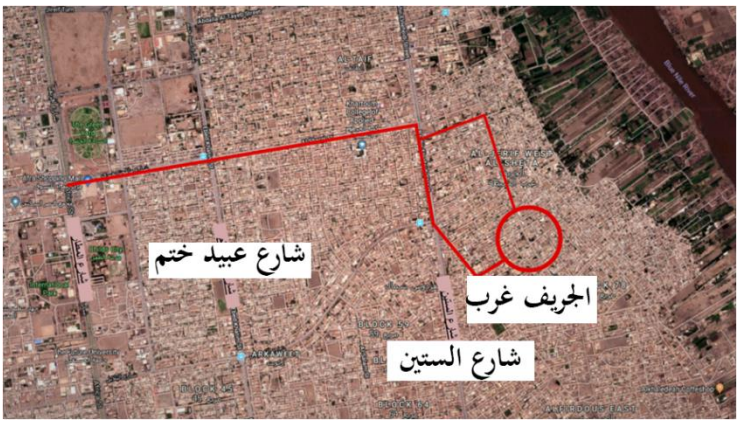
المصدر : (عثمان الخير 2018)

1.7.4 نبذة عن المنزل

جدول (4-2) نبذة عن الحالة

المصدر : (الباحث)

الموقع	يقع المنزل في مدينة الخرطوم , حي الجريف غرب ,شكل (4-10)
المالك	عثمان محمد الخير
المصمم	عثمان محمد الخير
عدد الطوابق	أرضي و طابق أول و طابق ميزانين
تاريخ التصميم	1996 م



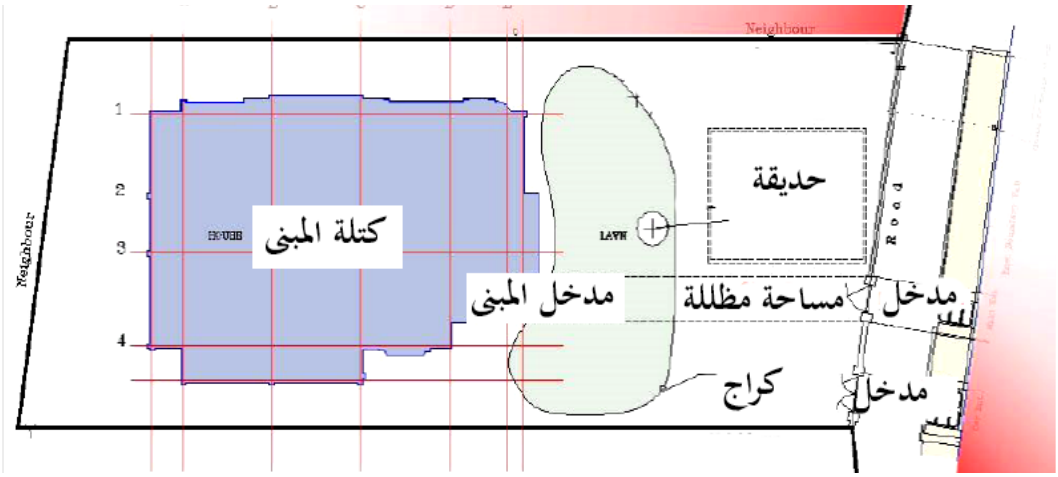
شكل (4-10) الموقع العام

المصدر : (www.google.com/maps-2018)

2.7.4 الوصف المعماري للمبنى

يحتوي المنزل على كتلة المبنى الرئيسية و مساحات خارجية , و تحتوي كتلة المبنى على طابقين "ارضي و طابق أول" بالإضافة الى طابق ميزانين , تحتوي الطوابق على :

ثلاثة غرف نوم "غرفة نوم رئيسية ,غرفة نوم ,غرفة ضيافة" ,و ثلاثة حمامات ,مكتبة ,مخزن ,مطبخ مفتوح ,صالة جلوس ذات سقف مرتفع ,مساحة مدخل مغلقة ذات سقف مرتفع ,حديقة خارجية ,مساحة خارجية مظللة "مدخل , مرآب " انظر الشكل (4-11)



شكل (4-11) site plan

المصدر : (عثمان الخير 2018)

3.7.4 تحليل المبنى

(أ) المساحة الخارجية

يحتوي جزء كبير من المساحة الخارجية على حديقة التي تحوي على نجيل و نباتات و أشجار ظل كبيرة ,حيث وفرت النجيل برودة و قللت من درجة حرارة الارض و الحرارة المنعكسة لأنها تمتص جزء من الحرارة الخارجية ,مع وجود رشاشات النجيل التي أعطت برودة تبخيرية ,ولعبت الاشجار دورا فعالة في توفير ظل خارجي يحمي مساحة الحديقة و جزء من كتلة المنزل من الشمس المباشرة , مع وجود مظلة قماشية كبيرة في مساحة المدخل و المرآب ,أمنت حماية من الشمس المباشرة . انظر الشكل (4-12)

شكل (4-12) الحديقة الخارجية و مظلة المدخل

المصدر : (عثمان الخير 2018)

(ب) المدخل

مدخل المنزل عبارة عن مدخل غير مباشر عبر فناء ذو ارتفاع طابقين وصفه المصمم برئة المنزل ,هذا الفناء عبارة عن مساحة مغلقة بأبعاد (3.5*2.5)م تقريبا , يحتوي هذا الفناء على مزروعات و نباتات أرضية و متسلقة و متدلية من الطابق الأول ,ساعدت هذه النباتات على تنقية و فلترة الهواء الداخل و تبريده قبل دخوله للمنزل ,مع مراوح حائط لتعزيز التهوية الداخلة ,و نوافذ علوية لطرد الحرارة و توفير تهوية متحركة. انظر الشكل (4-13)

أيضا يحتوي الفناء "رئة المنزل" على حائط مائي او شلال "عنصر مائي " ,هذا الحائط المائي يعمل على تبريد الهواء قبل دخوله للمنزل ,عن طريق مرور الهواء بهذا الحائط المبلل يصبح الهواء باردا . و لعب هذا الفناء على ربط البيئة الخارجية بالبيئة الداخلية للمنزل بطريقة جذابة .

مدخل الفناء

مدخل المنزل

الحائط المائي

سطح الفناء المفتوح

شكل (4-13) يبين فناء المدخل (رئة المنزل) و تفاصيله

المصدر : (عثمان الخير 2018)

(ج) المساحات الداخلية

المساحات الداخلية "الصالتين , و المطبخ " في الطابق الارضي عبارة عن فراغات مفتوحة على بعضها البعض , الذي أدى الى تشجيع التهوية الداخلية و تعزيز حركتها حول المنزل ,بسبب عدم وجود حواجز و حوائط تعرقل هذه التهوية . انظر الشكل (4-14)

و في الطابق الاول وجود المكتبة منفتحة على الممر أدى نفس الغرض و هو عدم عرقلة مسار التهوية , مع انفتاح الطوابق على بعضها بوجود فراغ السقف "void " الذي ربط الطوابق مع بعضها و عزز حركة التهوية الطبيعية , و جعل المنزل و كأنه غرفة واحدة كبيره.

وجود النوافذ العلوية ساعدت على طرد الهواء الساخن خارج المنزل "لأن الهواء الساخن يرتفع الى أعلى " ,و جذب الرياح العالية الليلية الباردة الى الداخل.

صالة الجلوس الأولى

صالة الجلوس الثانية

المطبخ المفتوح

فتحة السقف (void)

المكتبة مفتوحة على الصالة

فتحة السقف من الطابق الاول

شكل (4-14) المساحات الداخلية و انفتاحها على بعضها

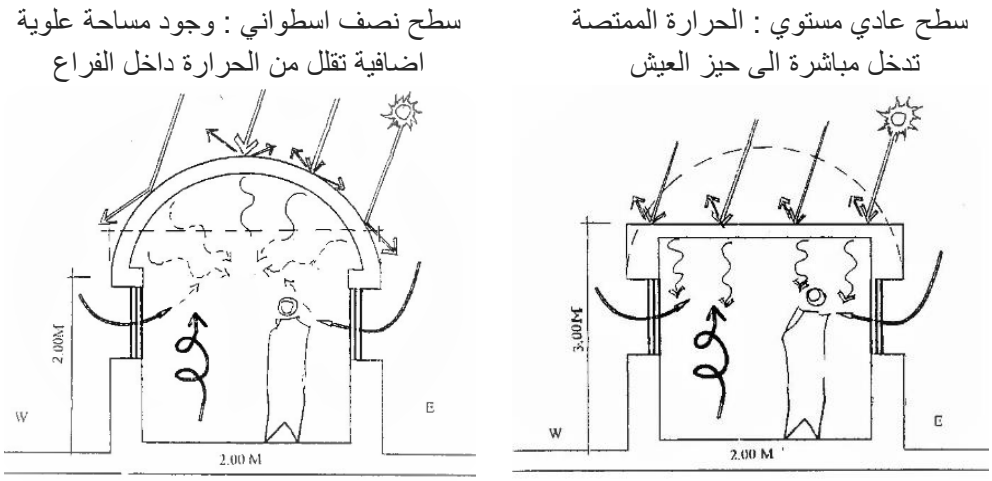
المصدر : (عثمان الخير 2018)

(د) تشكيل المبنى

تشكيل المبنى غير المباشر ,مع وجود الكثير من التداخلات ,اعطى تظليلا جيدا للحوائط الخارجية و المداخل من اشعة الشمس المباشرة ,مما قلل من الحمل الحراري النافذ عبر الغلاف الخارجي.

اختيار الشكل النصف اسطواني في تشكيل السقف أدى دورا مهما في تقليل الاحمال الحرارية في كتلة المبنى , لأن هذا التشكيل يساعد على حركة الهواء أعلى السطح مما يساعد على تقليل حرارته ,و أيضا يعكس الحرارة من اشعة الشمس بشكل اكبر و بطريقة مبعثرة اكثر مقارنتا بالأشكال

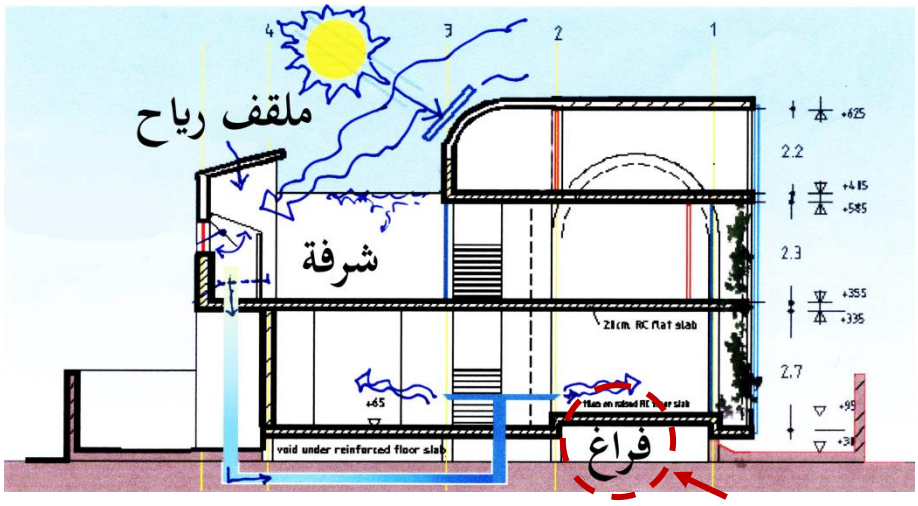
الاخرى ,أيضا يساعد الشكل النصف اسطواني على تحريك الهواء داخل المنزل وذلك لوجود مساحة عالية اضافية تعزز حركة الهواء "مثل تأثير القبة", و تساعد المساحة الأضافية العالية للقبة على تجميع الحرارة الداخلية الى أعلى و بهذا يكون الفراغ باردا . انظر الشكل (4-15)و(4-16)



شكل (4-15) يبين الفرق بين السطح العادي و النصف اسطواني في الاداء الحراري

المصدر : (مجلة جامعة الملك عبد العزيز للعلوم الهندسية 2013)

المبنى مرتفع عن الأرض 0.9م تقريبا مع وجود فراغ يساعد على عزل المنزل من الحرارة الارضية ,انظر الشكل (4-16).



شكل (4-16) مقطع رأسي يبين ارتفاع المبنى عن الارض و السقف النصف الاسطواني

المصدر : (عثمان الخير 2018)

(ه) مواد البناء و الكتلة الحرارية

استخدم الطوب كمادة بناء في هذا المنزل ,لأنه مادة ذات كتلة حرارية منخفضة نسبيا ,وخفيف الوزن و متوفر كمادة محلية ,كما يساعد على الحفاظ على برودة المنزل .

(و) النباتات و التشجير

أهتم المصمم / المالك بالعنصر النباتي في هذا المبنى اهتماما ملحوظا ,فنجد النباتات موجودة في جميع فراغات المنزل تقريبا ,كما يبين الشكل (4-17) , نباتات في أحواض ,و نباتات متسلقة ,ونباتات متدلية عبر البلكونات و ال"void" و الفتحات حيث غطت النباتات تقريبا جميع الفتحات و النوافذ ,و ساعدت هذه النباتات على ترطيب و تلطيف الجو الداخلي , و لعبت دورا في فلترة الهواء الداخل و تبريده عند مروره بها .

شكل (4-17) توزيع العنصر النباتي في المنزل

المصدر : (عثمان الخير 2018)

(ز) الألوان و الاضاءة

استخدم المصمم اللون الأبيض والأخضر الفاتح في الحوائط الخارجية و هو لون بارد يعمل على عكس الحرارة و عدم امتصاصها للداخل ,و استخدم اللون الأبيض في الفراغات الداخلية ,و هو من أكثر الالوان برودة . اما الاضاءة ,فاهتم المصمم بالاعتماد على الاضاءة الطبيعية ,مع الاهتمام بتوفير الظلال و عدم ادخال اضاءة مباشرة لأنها قد تؤدي الى حمل حراري كبير ,أما الاضاءة الصناعية فقد عمل على تغطيتها لتجنب الجهر و الحرارة الصادرة منها . انظر الشكل (4-18)

اللون الأبيض في الفراغات الداخلية

اللون الاخضر و الأبيض في الواجهه

اضاءة طبيعية غير مباشرة بتظليل الزجاج خارجيا

تغطية الاضاءة الصناعية بلوح خشبي

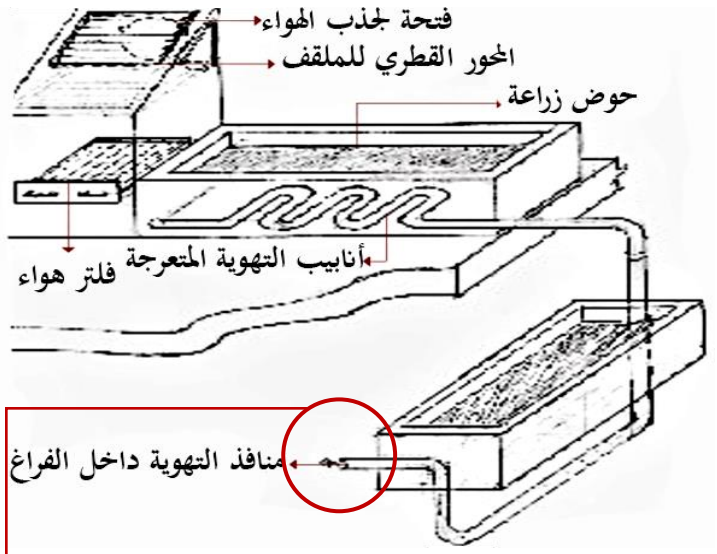
شكل (4-18) الألوان و الإضاءة

المصدر : (عثمان الخير 2018)

(ح) التقنيات المستخدمة في المنزل

i. ملاقف الهواء "wind catchers"

استخدم المصمم في هذا المنزل تقنية ملاقف الهواء ,حيث يوجد ملقف هواء ذو محور قطري في سطح المنزل , يعمل على اقتناص الهواء المار اعلى المنزل و فلترته ثم ادخاله الى الداخل عبر أنابيب ذات شكل متعرج موجودة تحت حوض نباتي يعمل هذا الحوض على عزل الانابيب تبريدها عن طريق الرطوبة و النباتات ,ثم يدخل هذا الهواء باردا مفلترا الى المساحات الداخلية عبر منافذ محددة "غرفة الضيافة , الصالون" .انظر الشكل (4-19) و (4-20) و (4-21)



شكل (4-19) ملقف الهواء و طريقة عمله

المصدر : (عثمان الخير 2018)

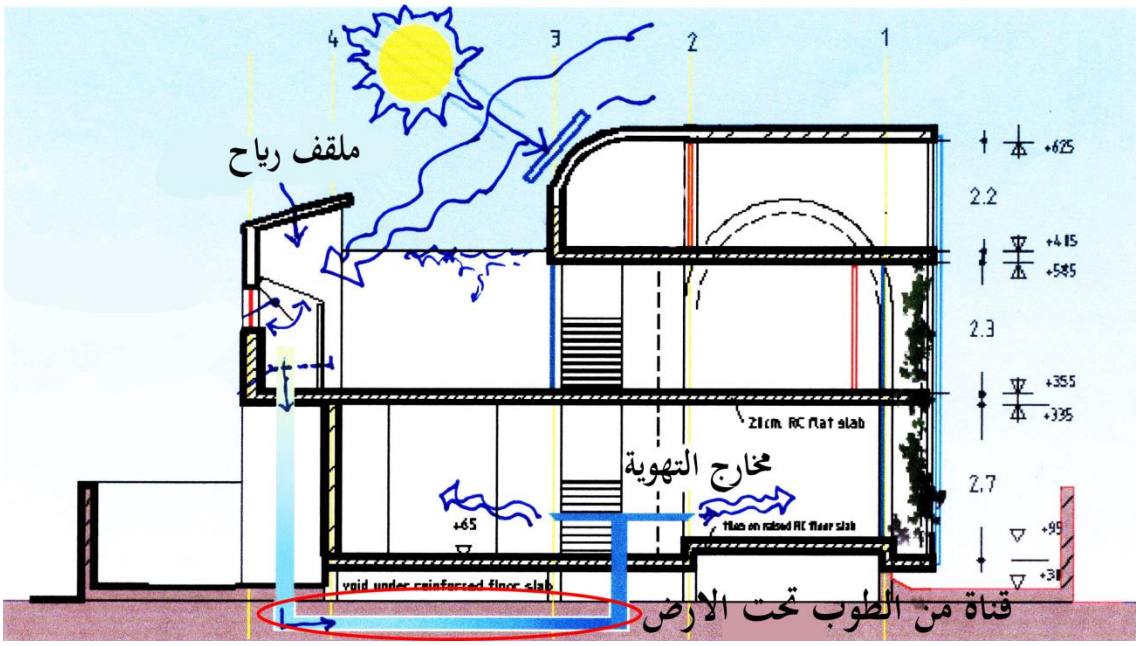
شكل (4-20) منظر لملقف الهواء

شكل (4-21) منافذ خروج الهواء

المصدر : (عثمان الخير 2018)

ii. أنفاق التهوية الأرضية

هي عبارة عن قنوات تحت الأرض مبنية من الطوب الأحمر يمر فيها الهواء الداخل عبر ملقف الهواء العلوي فيصبح باردا قبل دخوله داخل المنزل انظر الشكل (4-22). وجود هذه القنوات تحت الأرض جعلها معزولة و محمية من الحرارة الخارجية ,و مع الرطوبة الأرضية و المسامات الموجودة في الطوب الاحمر جعل سطح هذه القنوات باردا مما ساعد مرور الهواء بها على تبريد هذا الهواء قبل دخوله الى الفراغات الداخلية ,و هذا كان نوعا من التكييف السلبي المستخدم في المنزل .



شكل (4-22) أنفاق التبريد الارضية

المصدر : (عثمان الخير 2018)

iii. نظام الطاقة الشمسية

يوجد نظام طاقة شمسية في أعلى سطح المنزل انظر الشكل (4-23) , يساعد هذا النظام على تزويد المنزل بالطاقة الكهربائية في حالة الحوجة اليه , و يمد هذا النظام المنزل بالكهرباء بطريقة مستدامة و متجددة .

شكل (4-23) نظام الطاقة الشمسية

المصدر : (عثمان الخير 2018)

8.4 مقارنة بين الحالات العالمية و المحلية

الجدول (4-3) أدناه ,يبين و يلخص نقاط المقارنة بين الاستراتيجيات التصميمية السلبية المستخدمة في الحالات المحلية والعالمية ,ما هو الاختلاف و التشابه بين الاساليب التي استخدمها المصمم في الحالتين .

جدول (4-3) مقارنة الحالات الدراسية المحلية و العالمية

المصدر : (الباحث 2018)

نقاط المقارنة	الحالة العالمية	الحالة المحلية
التوجيه	الاهتمام بالتوجيه الصحيح	الاهتمام بالتوجيه الصحيح
مواد البناء و الكتلة الحرارية	- استخدام الحديد كمادة بناء خفيفة و منخفضة الكتلة الحرارية ولأنها تهدأ بسرعة. - أختيار مواد بناء محلية .	- استخدام الطوب كمادة بناء خفيفة و محلية .
تشكيل المبنى	- تشكيل مباشر مع وجود بعض التداخلات و الاهتمام بالتظليل	- تشكيل غير مباشر مع وجود تداخلات و مداخل غير مباشرة

السقف	- اختيار السقف الجملوني المرتفع - اختيار سقف مائل مرتفع	- اختيار سقف نصف اسطواني مرتفع
العزل الحراري	عمل عزل حراري للأسقف و الحوائط	لا يوجد عازل حراري
النوافذ	- نوافذ ذات مساحة كبيرة - وجود نوافذ عالية المستوى - نوافذ شفافة و واسعة لاستيعاب الاضاءة الطبيعية	- نوافذ صغيرة الحجم - وجود نوافذ عالية المستوى - نوافذ مظللة و مغطى لتقليل الحمل الحراري
التزجيج	استخدام الزجاج المعزول ذو طبقتين	استخدام الزجاج المعزول
الفراغات الداخلية	- انفتاح الفراغات الداخلية على بعضها مع وجود حوائط تعزز التهوية	- انفتاح الفراغات الداخلية و الطوابق على بعضها
مستوى ارتفاع المنزل	- مرتفع عن الارض بارتفاع طابق	- مرتفع عن الارض بارتفاع 0.9 متر
التظليل	- التظليل عن طريق امتدادات السقف و مظلات (louver) المتحركة و المظلات الثابتة , و تظليل الفتحات و النوافذ - استخدام الاشجار لتظليل كتلة المبنى	- الاعتماد على النباتات في التظليل
التشجير	- لا يوجد استخدام ملحوظ للعنصر النباتي في المنزل - وجود شجرة كبيرة لتظليل واجهة المنزل	- الاهتمام الملحوظ بالعنصر النباتي داخل و خارج المنزل

المراوح	وجود مراوح سقف في جميع انحاء المنزل	وجود مراوح حائط في جميع انحاء المنزل
الالوان	استخدام ألوان باردة (ابيض)	استخدام ألوان باردة (ابيض)
الإضاءة	الاعتماد على الاضاءة الطبيعية - استخدام اضاءة LED منخفضة الحرارة	الاعتماد على الاضاءة الطبيعية - تغطية الاضاءة الصناعية ,وعمل اضاءة غير مباشرة
العنصر المائي	لا يوجد استخدام ملحوظ للعنصر المائي	يوجد استخدام للعنصر المائي في الحائط المائي في المدخل و رشاشات الحديقة و النباتات
تقنيات التبريد السلبي	لا يوجد استخدام لتقنيات تبريد سلبية	وجود عدد من تقنيات التبريد السلبية - ملقف الهواء - أنفاق التهوية الأرضية - فناء المدخل
نظام الطاقة الشمسية	يوجد	يوجد

9.4 النتائج

- التوجيه الجيد بالنسبة للتهوية الطبيعية و حركة الشمس ,من اهم المطالب التصميمية عالميا أو محليا في السودان , و التوجيه الصحيح هو من أولويات التصميم السلبي .
- استخدام مادة الحديد في الحالة العالمية كان هدفه اختيار مادة ذات كتلة حرارية منخفضة ,ولكي تبرد بسرعة عند انخفاض درجات الحرارة الملحوظ مع حلول الليل ,ولكن هذا أمر صعب العمل به في مناخ السودان لأن درجات الحرارة ليلا لا تنخفض بصورة ملحوظة لتساعد على تقليل حرارة الحديد ,مقارنتا بمناخ الحالة العالمية , لذا من المهم دراسة و اختيار كتلة بناء مناسبة مع درجات الحرارة اليومية و السنوية ,حتى لا تؤثر الكتلة الحرارية سلبا في الاداء الحراري .

- تشكيل المبنى غير المباشر يؤمن توفير تظليل من كتلة المبنى نفسها , وهذا قد يساعد في تحسين الاداء الحراري للمنزل دون اللجوء الى استخدام المظلات الخارجية لتظليل كتلة المبنى ,لأن هذا قد يكون مكلفا , مقارنتا بالحالات العالمية التي كان فيها تشكيل الكتلة مباشرا ,لأن الاعتماد في التظليل كان عن طريق مظلات لتظليل الكتلة .
- ان استخدام سقف مرتفع يساعد بشكل ملحوظ على الاداء الحراري للمبنى , و استخدام الاسقف الجملونية و النصف اسطوانية و القباب و غيرها ,يساعد على تحسين الاداء الحراري للسقف ,و لوحظ ان هذه الانواع من الاسقف مستعملة بكثرة عالميا ,على عكس استعمالها القليل في السودان ,وهذا يعود الى صعوبة تنفيذها ,وقلة وجود عمال مهرة مختصون في هذا النوع من الاسقف .
- مع أهمية عمل عازل حراري ,الا انه لا يوجد اهتمام بعمل عزل حراري في المباني في السودان ,مقارنتا بالمباني عالميا , و قد يكون هذا بسبب قلة الوعي بأهمية العزل الحراري , أو بسبب تكاليف العزل الحراري .
- لوحظ استخدام النوافذ الكبيرة الواسعة في الحالات العالمية ,وهذا لاستيعاب اكبر قدر من الاضاءة الطبيعية , و هذا لا يمكن اعتماده في السودان لأنه قد يشكل منفذا للحرارة الخارجية و حرارة الشمس .
- استخدام الزجاج المعزول مهم جدا في التصميم السلبي الجيد ,لأن جزء كبير من الحرارة ينفذ عبر الزجاج . و من الافضل استخدام الزجاج المعزول ذو الطبقتين مع وجود فراغ بينهم .
- ان انفتاح الفراغات الداخلية على بعضها يساعد و يعزز حركة التهوية الداخلية ,وعدم صدها ,و لكن يجب الوضع في الاعتبار بالنسبة للسودان في تصميم الفراغات الداخلية منفتحة على بعضها , العادات و أسلوب المعيشة المختلف ,لأن هذا قد يسبب بعض المشاكل "الازعاج , و الروائح , و عدم وجود خصوصية " و هذا لا يتناسب مع الاسلوب المعيشي في السودان.
- ارتفاع المنزل عن الارض ارتفاع طابق كامل في الحالة العالمية ,ساعد في تهوية الفراغات و عزل ارضيتها عن الحرارة الارضية , لكن هذا ادى الى وجود فراغ مفتوح تحته , من المفضل في السودان ارتفاع المبنى بنسبة مقدرة لعزل الارضية .
- من المهم جدا عمل تظليل خارجي للنوافذ , و الجلسات الخارجية ,عن طريق المظلات "خشبية , قماشية .. وغيره" او عن طريق الاشجار . بالنسبة للسودان من الأفضل الاهتمام و التكثير من التظليل عن طريق الاشجار ,لأن الاشجار تؤمن ظلا جيدا ,و تساعد على تنقية و

تلطيف الهواء ,و توفر تبريد تبخيري عند ريها بالماء ,و لأنها مظلات طبيعية يمكن أن تتوفر في كل منزل و بكل سهولة .

- وجود مراوح تهوية يعزز من التهوية الداخلية ,و يعطي تبريدا للفراغات الداخلية.
- استخدام ألوان فاتحة داخليا و خارجيا يحسن من الاداء الحراري للمنزل .
- يجب الاخذ في الاعتبار توفير اضاءة طبيعية ,مع الاهتمام بالعزل و التزجيج الصحيح .و تصميم الاضاءة الداخلية حتى لا تزيد من الحمل الحراري الداخلي .
- لوحظ أن التبريد التبخيري عن طريق استعمال عناصر مائية غير مرغوب في التصميم في الحالات العالمية ,وهذا لزيادة درجة رطوبة الجو , أما محليا فهو مرغوب بسبب جفاف الجو ,و لكن يجب الوضع في الاعتبار عند استعمال عنصر مائي ,توفر المياه ,و طرق الصرف الصحيحة حتى لا تؤدي الى مشاكل في المنزل ,و عمل عزل مائي مناسب لها .
- من الملاحظ عدم استخدام تقنيات اضافية للتبريد السلبي في الحالات العالمية , و هذا لأن درجات الحرارة ليست مرتفعه جدا مقارنتا بمناخ السودان مع انخفاضها الملحوظ ليلا ,مما يجعلهم مكتفيين باستراتيجيات التصميم السلبية التي تم ذكرها لتوفير راحة حرارية مناسبة يمكن العيش بها ,و لكن مع الحاجة الملحة للتبريد الاضافي في السودان ,فإن استخدام تقنيات التبريد السلبي الاضافية "فناء , ملاقف هواء , انفاق تهوية أرضية " ,قد يساعد في تبريد الفراغات الداخلية ,و توفير تكييف سلبي ,الشيء الذي قد يقلص او يلغي الحاجة الى استخدام التكييف الميكانيكي .

الفصل الخامس

الخلاصات و التوصيات

1.5 مقدمة

في هذا الفصل سيتم عرض أهم الخلاصات التي توصلت اليها الدراسة ,و تشمل عرض خلاصة دراسة الحالات العالمية و المحلية ,مع عرض لأهم التوصيات التي تهدف لزيادة العلم و الوعي في معرفة اساليب التصميم السلبية التي من شأنها المساعدة في توفير الراحة الحرارية في المباني السكنية .

2.5 الخلاصات

تخلص دراسة الحالتين العالميتين الى الاتي :

- في المناخات الحارة طوال السنة ولا تحتاج الى تدفئة ,يفضل استخدام كتلة حرارية خفيفة منخفضة ,لأنها لا تحتفظ بالحرارة طويلا ,و تهدأ و تبرد سريعا.
- الاسقف العالية تساعد في تدوير الهواء و تعزيز حركته , و وجود فتحات عالية يساعد على التخلص من الهواء الحار لأنه يصعد لأعلى.
- الاهتمام بتصميم الجدران الداخلية حتى لا تعمل على صد و اعاقة التهوية الطبيعية
- الاهتمام بتظليل التراسات و البلكونات يساعد في حماية الفراغات الداخلية من الشمس
- تظليل الواجهات عن طريق التشجير يحمي الواجهة و الفراغات الداخلية من حرارة الشمس المباشرة
- الاهتمام بعزل الاسقف
- عمل مراوح في ارجاء المنزل يعزز التهوية
- استخدام الوان فاتحة و باردة و اضاءة LED و CFL منخفضة الحرارة يساعد في تقليل الاحمال الحرارية الداخلية
- استعمال الزجاج العازل ذو الطبقات و عزل الفتحات ,يقلل من الحرارة النافذة للفراغ
- توفر هذه المبادئ المناخية السلبية في تصميم الحالات الدراسية ادى الى:
  - توفر بيئة داخلية مريحة حراريا اشدى بها سكان المنازل
  - الاقتصاد و التقليل الملحوظ في استهلاك الطاقة الكهربائية
  - الحد من انبعاث الغازات الدفيئة التي تضر بالبيئة و تسبب الاحتباس الحراري

- قلة فواتير الصيانة
- منزل مستدام صحي و مريح نفسيا و حراريا

أما بالنسبة لدراسة الحالة المحلية فتخلص للاتي :

اهتمام المصمم / المالك بتطبيق بعض من استراتيجيات التصميم السلبي و تقنياته ,أدى اي توفير بيئة داخلية مريحة و باردة في مناخ خارجي حار طوال السنة ,هذه الاستراتيجيات التي يمكن تلخيصها في :

- الاهتمام بتظليل المساحة الخارجية عن طريق التشجير و مظلة قماشية مع وجود مساحة كبيرة من النجيل و النباتات و رشاشات النباتات,ساعد في تقليل الحرارة الخارجية و تلطيف الجو.
- ادى فناء المدخل "رئة المنزل" دورا كبيرا في تحسين الجو الداخلي و تعزيز التهوية ,عن طريق النباتات ,الحائط المائي ,فتحة السقف ,النوافذ العلوية .
- عمل فتحات عالية المستوى ساعد في تعزيز التهوية و التخلص من الحرارة الداخلية الصاعدة.
- وجود النباتات داخل المنزل و في الفتحات و الشرفات ,ساعد على تأمين ظل للفتحات ,و تلطيف وتبريد و فلترة الهواء الداخل عبرها
- تصميم المنزل كأنه فراغ واحد كبير ,وانفتاح الفراغات على بعضها ساعد في تعزيز التهوية و عدم عرقلة مسار الهواء.
- تشكيل السقف النصف اسطواني ساعد في تقليل الحرارة الداخلية ,وتحسين الاداء الحراري للمنزل .
- ارتفاع أرضية المنزل عن سطح الارض ساعد على عمل عازل فراغي للارضية من حرارة الارض.
- تشكيل كتلة المنزل بوجود الكثير من التداخلات ,و المدخل غير المباشر ,شاعد على توفير ظلال تحمي الواجهة و المدخل.
- استخدام مادة بناء خفيفة ,و متوفرة محليا .
- استخدام الالوان الفاتحة و الباردة في الواجهة و الفراغات الداخلية ,ساعد على تقليل الحرارة النافذة .
- الاعتماد على الاضاءة الطبيعية ,مع حجب الشمس المباشرة و الاهتمام بتظليل الفتحات ,مع تغطية الاضاءة الصناعية لمنع الجهر و الحرارة ,ساعد في تقليل الكسب الحراري .

- لعب ملقف الهواء دورا أساسيا في توفير تهوية و تبريد سلبي مميز للمنزل.
- وجود انفاق التهوية الارضية ساعدت على تبريد الهواء و توفير تكييف طبيعي سلبي للمنزل.

3.5 التوصيات

- عمل دراسة مناخية عن المنطقة قبل التصميم ,لاختيار افضل توجيه خارجي و داخلي
- استخدام مادة بناء مناسبة مع مناخ المنطقة العام ,وعمل دراسة حول الكتلة الحرارية .
- استخدام تشكيل غير مباشر في الكتلة ,حتى تساعد في تظليل الواجهات الخارجية ,و الاهتمام بتظليل الفتحات و الشرفات .
- استخدام أسقف و فتحات مرتفعة لتعزيز التهوية و التخلص من الحرارة داخل الفراغ.
- الاهتمام بعمل عازل حراري في الحوائط و الأسقف و الأرضيات.
- التصميم الأمثل للنوافذ و الفتحات مواقعها و مواضعها ,و استخدام الزجاج العازل للحرارة.
- عدم المبالغة في انفتاح الفراغات الداخلية على بعضها لأسباب الخصوصية و الازعاج ,حيث لا تتناسب مع أسلوب المعيشة في السودان.
- الاهتمام بتظليل المساحات الخارجية عن طريق مظلات قماشية أو خشبية أو غيرها ,و الاهتمام بالتظليل عن طريق الأشجار.
- توفير مراوح تهوية في جميع الفراغات الداخلية لتعزيز التهوية.
- الوضع في الاعتبار اختيار ألوان باردة و إضاءة قليلة الأحمال الحرارية.
- تضمين تقنيات التبريد السلبي في التصميم يعزز من جودة التصميم السلبي للتبريد في المنزل.
- **توصيات بدراسات و بحوث مستقبلية**

- دراسة استراتيجيات التصميم الايجابي (Active design) للتقليل من استهلاك الطاقة في المباني السكنية .

- دراسة العزل الحراري في المباني و أنواعه المختلفة .

- دراسة تقنيات أخرى للتصميم السلبي في المباني و التفصيل أكثر في التقنيات مثل تأثير المداخن و النوافذ.

- دراسة بعض الاستراتيجيات التي تم ذكرها بطريقة مفصلة أكثر ,مثل الكتلة الحرارية .

- دراسة مفصلة لأسباب الكسب الحراري داخل المنازل في المناخ الحار , و المشاكل التصميمية التي تؤدي الى زيادة درجة الحرارة في الفراغات الداخلية للمنزل .

قائمة المراجع

1. Caitlin McGee ,2013 , Your Home, Australia guid to environmentally sustainable home ,Australian Government , Australia.
2. Caitlin McGee ,2013 , Your Home, Passive design ,Australian Government , Australia.
3. Chris Reardon ,2013 , Your Home, Passive cooling ,Australian Government , Australia.
4. Max Mosher, Caitlin McGee, 2013, Your Home , Insulation, Australian Government , Australia.
5. Dr Peter Lyons, Bernard Hockings, 2013, Your Home , Glazing, Australian Government, Australia.
6. Eric Liang, 2014, Living Walls, Sustainable Real Estate Product Report, International Convention Center, Los Cabos.
7. Prof. J. L. Moro, 2015, Passive cooling, University of Stuttgart, Germany.
8. Michael J. Holtz, 1997, Passive Cooling, The Quarterly of the AIA Research Corporation, Colorado.
9. عالم الكهرباء و الطاقة ,التصميم الحرارى للمبانى لترشيد استهلاك الكهرباء (online) , (مارس 2018)
10. المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (UNI EN ISO 7730/97) ، بيئات حرارية معتدلة- تحديد مؤشرات وشروط الراحة الحرارية (online),(ابريل 2018)
11. الدليل الإسترشادي للعزل الحراري في المباني ,دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية و ازاحة الأحمال ,الاصدار الخامس 1432ه (online), (ابريل 2018)
12. العسيوي, محمد عبدالفتاح ,تأثير تصميم الغلاف الخارجي على الحرارة المكتسبة , رسالة ماجستير, كلية الهندسة, تصميم بيئي, جامعة القاهرة ,مصر 2013.
13. زعب, سمر محمود ,دراسة تقيمية للراحة الحرارية في المباني السكنية ,رسالة ماجستير, كلية الهندسة, تصميم معماري, الجامعة الاسلامية, غزة ,فلسطين 2014.

14. العقيلي, وائل العواد, تقليل حمل التبريد بتطبيق منظومة غلاف المبنى الذكي ,ورقة علمية, كلية الهندسة ,هندسة معمار,الجامعة التكنولوجية, بغداد ,العراق ,2007.

15. Mohammed, Yasmine Osman, Application of sustainable passive cooling in hot - dry climate zones, Master research, Architecture, Sudan University of Science and Technology, 2016.

المواقع الالكترونية

1. http://www.yourhome.gov.au/passive-desi ,(March 2018 July 2018)
2. www.homedit.com (may 2018)
3. www.pinterest.com (July 2018)
4. http://www.al-jazirah.com (July 2018)
5. http://www.hadi4glass.com (September 2018)
6. http://www.kentspecialridingprogram.org (September 2018)
7. http://artsyap.blogspot.com (September 2018)
8. worldhousedesign.com (September 2018)
9. agreenerlifeagreenerworld.net (October 2018)
10. www.slideshare.netEktaSharma21passive-energy (October 2018)
11. www.muslimheritage.com/articleenvironment-tradition (October2018)
12. www.dtfmagazine.comblog (October 2018)
13. (October 2018) sellhouseutah.com