بسم الله الرحمن الرحيم

استـهلال

" كمهندس، طالما أملك القدرة و الوسيلة لإراحة الناس فإن الله لن يغفر لي مطلقا أن أرفع الحرارة داخل البيت ١٧ درجة مئوية متعمدا"

"إن أي معماري يجعل من مبناه فرنا شمسيا و يعوض عن ذلك بوضع آلة ضخمة للتبريد؛ إنما ينتهج نهجا خاطئا لحل المعضلة، و يمكننا أن نستدل على مدى فشل هذا الحل بآلاف السعرات الحرارية الفائضة التي تدخل إلى المبنى دون فائدة."

المعماري: حسن فتحي

كتاب الطاقات الطبيعية و العمارة التقليدية ١٩٨٨م

الإهـــــداء

إلى روح أبـي الغالي

أمي، أختي، إخوتي، صديقاتي

كل من علمني حرفًا في حياتي

الشكر و التقدير

أتقدم بجزيل الشكر و الامتنان إلى أستاذي ومشرفي الفاضل الأستاذ الدكتور: **سعود صادق حسن** لما منحه لي من وقت و جهد و توجيه و إرشاد، فله مني الشكر كله والتقدير والعرفان.

و أتوجه بالشكر الجزيل إلى المهندس/ **حسين كناني** الذي لم يبخل في مد يد العون لي ودعمه المتواصل دون كلل فله مني كل التقدير والامتنان.

كما أتوجه بالشكر لكل من قدم لي يد العون و زودني بالمعلومات اللازمة لإتمام هذا البحث و أخص بالذكر م/ **مضر الحفني**، شركة سنتيكس للأعمال الهندسية ، و المهندس/ **هناء نمر**، شركة مرتضى معاذ الاستشارية.

كل الشكر الى اسرتي و كل من لم يدخر جهدًا في مساعدتي و تشجيعي.

ختامًا أسأل الله العلي القدير أن يكون هذا العمل علماً ينتفع به.

مستخلص البحث

تعتبر الطاقة الكهربائية الدعامة الرئيسية لمختلف جوانب الحياة، و السودان كبقية الدول النامية يعاني من نقص حاد في الطاقة الكهربائية أدى إلى عجز في إمدادات الطاقة الكهربائية و إرتفاع ملحوظ في قيمة الإستهلاك، و نظرا لطبيعة مناخ المنطقة الحار فإن جزء كبير من الطاقة المستهلكة في المباني يكون لأغراض تحقيق الراحة الحرارية عن طريق أجهزة التبريد؛ لذلك يهدف البحث إلى تقديم الأساليب اللازمه لتحقيق الراحة الحرارية دون اللجوء الى الإعتماد الكلي على استخدام الوسائل الميكانيكية بعد تشييد المبنى وذلك من خلال عدة بدائل تراعى الظروف المناخيه للمنطقة.

انطلق البحث من الفرضية التي مفادها أن الاستهلاك الكبير للطاقة في المباني المحلية ناتجة عن عدم الاهتمام بتطبيق الأسس التصميمية المناخية على عناصر غلاف المبنى الخارجي، الذي يمثل المنظومة الحرارية للمبنى والمعرضة لجميع الأحمال الحرارية الخارجية. وللتحقق من فرضية البحث تم اعتماد المنهج الوصفي للمناخ الحار الجاف، ثم التعريف بالتصميم المناخي و أهم أهدافه و المعوقات التي تواجهه، ومن ثم دراسة الخلفية النظرية للراحة الحرارية للإنسان وشروط تحقيقها، وكذلك استعراض لأهم أسس و أساليب التصميم الحراري لعناصر الغلاف الخارجي للمبنى بما يتوافق مع مناخ المناطق الحارة– الجافة التي يمكنها السيطرة على التأثيرات المناخية القاسية و التقليل من الأحمال الحرارية المكتسبة، كما يعرض البحث نماذج لمباني مصممة وفقا لطبيعة المناخ المحيط بها، ثم اعتمد البحث المنهج التحليلي للحالات الدراسية وذلك بناءًا على المعلومات النظرية و أسس و معايير التصميم المناخي التي تم عرضها، تم اختيار نموذجين لمباني إدارية لمقارنتهما، (مبنى شركة هجليج للبترول و الإستثمار، و مبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية) و معرفة مدى مطابقتها أو انحرافها عن المعايير النظرية.

توصل البحث من خلال الفصول النظرية و تحليل حالات الدراسة لعدد من الخلاصات أبرزها أهمية استخدام أسس التصميم المناخي لعناصر الغلاف الخارجي للمبنى في الحد من استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة لأغراض التبريد، كما يقدم البحث عدد من التوصيات لتقليل استهلاك الطاقة و ذلك من خلال إيجاد البدائل التصميمية التي تناسب متطلبات المناخ الحار – الجاف وتعمل على تقليل الإستهلاك وتوفير الطاقة ، مع مراعاة الجماليات في المباني المصممة مناخيا.

Abstract

Electrical energy is considered the anchor of the various aspects of life, and Sudan, like other developing countries, is suffering from an extreme shortage of power which has led to a deficit in the electric power supply and a noticeable increase in the value of consumption. Due to the nature of the hot-dry region climate, a large part of the energy consumed in buildings is for the purposes of achieving thermal comfort by cooling devices. Therefore, this research aims to provide a guide and means to know the energy needed to achieve thermal comfort without resorting to total reliance on the use of mechanical means after the construction of the building, and that's through several alternatives that take into account the climatic conditions of the area.

The research hypothesis states that the large consumption of energy in local buildings is due to the lack of applying the fundamentals of climatic design elements on the exterior envelope of the buildings, which represents the thermal suit of the building that is exposed to all the external thermal loads. The research then investigates the hypothesis using a descriptive approach for warm dry climates; then climatic design was defined as well as its objectives and the obstacles it faces; and then a theoretical background study for thermal comfort of humans and the conditions of achieving it was conducted. The study also reviews important foundations and techniques for thermal design elements of external building envelopes that are compatible with hot-dry climates, and that can control harsh climatic effects and reduce thermal loads gained. Also, several examples of buildings that were designed according to its surrounding climate were reviewed. The research then reviews two case studies that were analysed using an analytical and comparative method based on theoretical information and the foundations and standards of climatic design that were mentioned earlier. Two administrative buildings were chosen as case

studies (Higleig Petroleum & Investment Company, and Sudan Airways Headquarter Building); they were compared and analysed to know if their design was based on the discussed climatic theoretical standards or not.

The results of the study provided several conclusions that highlighted the importance of using climatic design standards and foundations on the design of exterior envelopes of buildings in order to reduce the energy consumption used for cooling purposes. The study also offered several recommendations for reducing energy consumption by providing design alternatives that fit the requirements of hot-dry climates and tend to reduce consumption and save energy, taking into account the aesthetic values of climatic building designs.

قائمة المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
استهلال	أ
الإهـــداء	ب
الشكر و التقدير	ج
مستخلص البحث	د
Abstract	هـ
قائمة المحتويات	ز
قائمة الأشكال	ك
قائمة الجداول	ن
الفصل الأول: المقدمة	
١-١ تمهيد	١
١-٢ مشكلة البحث	٢
١-٣ هدف البحث	٢
١-٤ أهمية البحث	٣
١- ٥ سؤال البحث	٣
١-٦ منهجية البحث	٣
١-٧ حدود البحث	٤
١-٨ هيكل البحث	٤
الفصل الثاني: التصميم المناخي في العمارة	
٢-١ مقدمة	٦
٢-٢ المناخ	٦
٢-٣ مناخ المناطق الحارة الجافة	٧
٢-٣-١ عناصر المناخ	٧
٢-٣-١-١ الإشعاع الشمسي	٨

٢-٣-١-٢ درجة حرارة الهواء ٨
٢-٣-١-٣ الرطوبة النسبية ٨
٢-٣-١-٤ الرياح ٩
٢-٤ التصميم المناخي..... ٩
٢-٤-١ مفهوم التصميم المناخي و أهدافه..... ٩
٢-٤-٢ التصميم المناخي في العمارة الإسلامية ١٠
٢-٤-٣ المعوقات التي تواجه التصميم المناخي ١٣
٢-٤-٤ المساهمون في عملية التصميم المناخي..... ١٤
٢-٤-٥ الجدوى الإقتصادية للتصميم المناخي ١٥
٢-٤-٦ التصميم المناخي بمساعدة تطبيقات تكنولوجيا المعلومات..... ١٦
٢-٥ الراحة الحرارية ١٦
٢-٥-١ مفهوم الراحة الحرارية ١٦
٢-٥-٢ العوامل المؤثرة على الارتياح الحراري للإنسان ١٧
٢-٥-٣ مقياس عدم الراحة ١٨
٢-٥-٤ التهوية الطبيعية لتحقيق الراحة الحرارية..... ٢٠
٢-٥-٥ الوسائل المحققة للإرتياح الحراري..... ٢٠
٢-٥-٦ التكامل بين المعالجات المعمارية و الميكانيكية لتحقيق الراحة الحرارية داخل المبنى..... ٢١
٢-٦ الطاقة ٢٢
٢-٦-١ مصادر الطاقة..... ٢٣
٢-٦-٢ الاتجاهات المعمارية المرشدة لاستهلاك الطاقة..... ٢٣
٢-٦-٣ استهلاك الطاقة في المباني ٢٣
٢-٦-٤ الطاقة في السودان..... ٢٤
٢-٧ الخلاصة ٢٦

الفصل الثالث: المناخ و الغلاف الخارجي للمبنى

٣-١ مقدمة ٢٧
٣-٢ الغلاف الخارجي للمبنى..... ٢٧
٣-٢-١ عناصر الغلاف الخارجي للمبنى ٢٨

٣-٢-٢ الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخلي للمبنى ٢٨
٣-٢-٣ التصميم الحراري لغلاف المبنى ٢٩
٣-٢-٣-١ أهداف التصميم الحراري لغلاف المبنى ٣٠
٣-٣ المعالجات المناخية المعمارية للمباني في المناطق الحارة – الجافة ٣١
٣-٣-١ معالجات الكتلة ٣١
٣-٣-٢ معالجات عناصر غلاف المبنى (الأسقف-الحوائط-الفتحات الخارجية) ٣٣
٣-٣-٢-١ مواد إنشاء عناصر الغلاف الخارجي ٣٤
٣-٣-٢-٢ المعالجات المعمارية للأسقف ٣٥
٣-٣-٢-٣ المعالجات المعمارية للحوائط ٣٩
٣-٣-٢-٤ المعالجات المعمارية للفتحات الخارجية و الواجهات الزجاجية ٤٠
٣-٣-٣ معالجات أنظمة التهوية الطبيعية ٤٤
٣-٥ نماذج ٤٨
٣-٥-١ برج Menara Mesiniaga – ماليزيا ٤٨
٣-٥-٢ مبنى مؤسسة أبحاث البناء BRE، بريطانيا ٥٢
٣-٥-٣ مباني جامعة قطر، الدوحة ٥٤
٣-٥-٤ منزل د. عثمان الخير، الخرطوم ٥٥
٣-٦ الخلاصة ٥٧

الفصل الرابع: عرض و تحليل حالات الدراسة

٤-١ مقدمة ٥٨
٤-٢ مناخ الخرطوم ٦٠
٤-٢-١ درجات الحرارة ٦٠
٤-٢-٢ الرطوبة النسبية ٦١
٤-٢-٣ الأمطار ٦١
٤-٢-٤ سرعة واتجاه الرياح ٦٢
٤-٣ الحالة الدراسية الأولى: مبنى شركة هجليج للبترول و الإستثمار ٦٤
٤-٣-١ نبذة عن المبنى ٦٤
٤-٣-٢ الوصف المعماري و وظائف المبنى ٦٥

٤-٣-٣ وظائف المبنى ٦٦
٤-٣-٤ تحليل المبنى..... ٦٨
٤-٣-٤-١ توجيه المبنى و تشكيله..... ٦٨
٤-٣-٤-٢ الغلاف الخارجي للمبنى..... ٦٨
٤-٣-٤-٣ التظليل ٧٠
٤-٣-٤-٤ التهوية الطبيعية..... ٧١
٤-٣-٤-٥ قيمة استهلاك الطاقة الكهربائية..... ٧١
٤-٣-٥ خلاصة الحالة الدراسية الأولى: ٧٢
٤-٤ الحالة الدراسية الثانية: مبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية ٧٣
٤-٤-١ نبذة عن المبنى ٧٣
٤-٤-٢ الوصف المعماري و وظائف المبنى ٧٤
٤-٤-٣ وظائف المبنى ٧٥
٤-٤-٤ تحليل المبنى..... ٧٧
٤-٤-٤-١ توجيه المبنى و تشكيله..... ٧٧
٤-٤-٤-٢ الغلاف الخارجي للمبنى..... ٧٧
٤-٤-٤-٣ التظليل ٧٨
٤-٤-٤-٤ التهوية الطبيعية..... ٧٩
٤-٤-٤-٥ قيمة استهلاك الطاقة الكهربائية..... ٧٩
٤-٤-٥ خلاصة الحالة الدراسية الثانية..... ٨٠
٤-٥ الخلاصة: مقارنة الحالات الدراسية ٨٠

الفصل الخامس: الخلاصات و التوصيات

٥-١ مقدمة ٨٢
٥-٢ الخلاصات ٨٢
٥-٢-١ خلاصات عامة..... ٨٢
٥-٢-٢ خلاصات حالات الدراسة..... ٨٤
٥-٣ التوصيات ٨٦

المراجع ٨٧

قائمة الأشـكال

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة
شكل (٢- ١)	يوضح دور الفناء الداخلي في التبريد	١١
شكل (٢- ٢)	مقطع رأسي يوضح طريقة عمل الملقف	١١
شكل (٢- ٣)	يوضح الملقف في العمارة الإسلامية	١١
شكل (٢- ٤)	يوضح استخدام النافورة في العمارة الإسلامية	١٢
شكل (٢- ٥)	يوضح السلسبيل	١٢
شكل (٢- ٦)	يوضح الشخشيخة	١٢
شكل (٢- ٧)	مقطع رأسي يوضح عمل الشخشيخة مع الملقف	١٢
شكل (٢- ٨)	يوضح استخدام المشربية في العمارة الإسلامية	١٣
شكل (٢- ٩)	يوضح مجال الارتياح الحراري المتعلق بالعوامل المناخية المحيطة	١٩
شكل (٢- ١٠)	يوضح القطاعات المستهلكة للطاقة في السودان	٢٥
شكل (٣- ١)	يوضح انتقال الحرارة عبر الغلاف الخارجي للمبنى	٢٨
شكل (٣- ٢)	يوضح التوجيه الأمثل للمباني في المناطق الحارة – الجافة	٣٢
شكل (٣- ٣)	يوضح النسب المئوية للحرارة المتسربة خلال غلاف المبنى صيفا و شتاءا	٣٣
شكل (٣- ٤)	يوضح استخدام الحدائق السطحية لتظليل الأسقف	٣٧
شكل (٣- ٥)	يوضح معالجات الأسقف لتجنب الأحمال الحرارية الزائدة	٣٨
شكل (٣- ٦)	استخدام البروزات و كاسرات الشمس و الألوان الفاتحة كمعالجات للحوائط	٣٩
شكل (٣- ٧)	الحوائط المزدوجة في واجهات المبنى	٤٠
شكل (٣- ٨)	يوضح نموذج لتظليل واجهات زجاجية باستخدام كاسرات أفقية	٤١
شكل (٣- ٩)	يوضح نموذج لاستخدام كاسرات الشمس الرأسية	٤٢
شكل (٣- ١٠)	يوضح كاسرات الشمس المزدوجة	٤٢
شكل (٣- ١١)	يوضح أنواع كاسرات الشمس	٤٣
شكل (٣- ١٢)	يوضح كمية الحرارة النافذة خلال طبقات الزجاج	٤٣
شكل (٣- ١٣)	يوضح واجهة زجاجية مزدوجة	٤٤
شكل (٣- ١٤)	يوضح طريقة عمل أبراج الرياح (الملقف)	٤٥

شكل (٣- ١٥) استخدام التوربينات الهوائية في أعلى الملقف لزيادة سرعة تسرب الهواء.....٤٦
شكل (٣- ١٦) برج Menara Mesiniaga.....٤٨
شكل (٣- ١٧) يوضح المساقط الأفقية لبرج Menara Mesiniaga.....٤٩
شكل (٣- ١٨) استخدام كاسرات الشمس و المظلات.....٥٠
شكل (٣- ١٩) يوضح موقع الخدمات في الجهة الشرقية من المبنى ٥١
شكل (٣- ٢٠) يوضح منظور خارجي لمبنى BRE.....٥٢
شكل (٣- ٢١) يوضح تغير اتجاه الشرائح الزجاجية الدوارة حسب زاوية الاشعاع الشمسي.....٥٢
شكل (٣- ٢٢) يوضح طريقة عمل أبراج التهوية بالواجهة الجنوبية لمبنى BRE ٥٣
شكل (٣- ٢٣) يوضح الملقف و المشربية بمباني جامعة قطر ٥٤
شكل (٣- ٢٤) يوضح استخدام التشجير و النوافير لترطيب الجو ٥٤
شكل (٣- ٢٦) يوضح استخدام الملقف بالمبنى ٥٥
شكل (٣- ٢٥) منظور خارجي لمنزل د. عثمان الخير ٥٥
شكل (٣- ٢٧) يوضح تشكيل السقف لتقليل الكسب الحراري.....٥٥
شكل (٣- ٢٨) قطاع رأسي يوضح المعالجات المعمارية المستخدمة بمنزل د. عثمان الخير ٥٦

شكل (٤- ١) يوضح معدلات درجات الحرارة الصغرى والعظمى في ولاية الخرطوم ٦١
شكل (٤- ٢) يوضح معدلات الرطوبة النسبية في ولاية الخرطوم.....٦١
شكل (٤- ٣) يوضح معدلات سرعة الرياح في ولاية الخرطوم ٦٢
شكل (٤- ٤) يوضح معدلات الأمطار الشهرية لولاية الخرطوم ٦٢
شكل (٤- ٥) يوضح منظور خارجي لمبنى شركة هجليج للبترول و الإستثمار ٦٤
شكل (٤- ٦) يوضح موقع مبنى شركة هجليج ٦٥
شكل (٤- ٧) المسقط الأفقي للدور الأرضي.....٦٥
شكل (٤- ٨) يوضح الفراغ الداخلي (Atrium) و المصاعد البانورامية.....٦٦
شكل (٤- ٩) يوضح المساقط الأفقية لمبنى شركة هجليج.....٦٧
شكل (٤- ١٠) يوضح الواجهة الشرقية (الرئيسية) لمبنى شركة هجليج ٦٨
شكل (٤- ١١) يوضح بروز الأدوار في الواجهة الشرقية لمبنى شركة هجليج.....٦٩
شكل (٤- ١٢) يوضح كاسرات الشمس الأفقية في أعلى مبنى شركة هجليج ٦٩
شكل (٤- ١٣) يوضح استخدام المسطحات الخضراء و المائية أمام المدخل ٧٠
شكل (٤- ١٤) يوضح منظور خارجي لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية.....٧٣

شكل (٤– ١٥) يوضح موقع مبنى الخطوط الجوية السودانية ٧٤
شكل (٤– ١٦) يوضح المسقط الأفقي العام لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية ٧٤
شكل (٤– ١٧) يوضح المداخل الرئيسية لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية ٧٥
شكل (٤– ١٨) يوضح المساقط الأفقية لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية.....٧٦
شكل (٤– ١٩) يوضح توقيع النوافذ ضمن سمك الحائط للحماية من أشعة الشمس المباشرة.....٧٨
شكل (٤– ٢٠) يوضح استخدام المسطحات الخضراء حول المبنى.....٧٨
شكل (٤– ٢١) يوضح مقارنة متوسط قيم معدل الإستهلاك الشهري للكهرباء للحالات الدراسية ٨١

قائمة الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
جدول (٢- ١)	يوضح الحرارة الصادرة عن جسم الإنسان حسب نوع النشاط المبذول	١٧
جدول (٣- ١)	يوضح الكثافة، السعة الحرارية، و التوصيل الحراري لبعض مواد البناء	٣٥
جدول (٤- ١)	يوضح العلاقة بين الإرتفاع و سرعة الرياح	٦٣
جدول (٤- ٢)	الوظائف الداخلية لمبنى شركة هجليج	٦٦
جدول (٤- ٣)	متوسط قيمة الاستهلاك الشهري للكهرباء بمبنى شركة هجليج	٧١
جدول (٤- ٤)	يوضح الوظائف الداخلية لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية	٧٥
جدول (٤- ٥)	متوسط قيمة الاستهلاك الشهري للكهرباء بمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية	٧٩
جدول (٤- ٦)	مقارنة الحالات الدراسية	٨٠

الـفصل الأول

الـمقدمـة

١-١ تمهيد

لا شك أن للمناخ الطبيعي دوره الأساسي في حياة الإنسان، فمنذ بدء الخليقة حرص الإنسان علي أن يتضمن بناءه للمأوى على عنصرين رئيسيين هما :الحماية من المناخ، ومحاولة إيجاد بيئة داخلية ملائمة لراحته، بمرور الزمن تطورت حياة الإنسان فنمت المجتمعات الحضرية و انتشرت المجمعات السكنية و ازدادت متطلبات الحياة نتيجة لهذا التطور، صار الإنسان يهتم ببناء المستشفيات، المصانع، المدارس، الأسواق التجارية، المكاتب، الأماكن الترفيهية و الخدمات الأخرى... استطاع الإنسان أن يتفهم بيئته و يقلل من تأثير المناخ المحيط عليه و ينشيء مباني متوافقة مع الظروف المناخية الخاصة بمواقعها. إلا أن الإنسان المعاصر لم يراع الظروف البيئية المحيطة به في بناء المباني الحديثة على الرغم من ظهور تقنيات جديدة وتقدم مجالات صناعة المباني؛ فقد أوجد هذا التقدم مشكلة في معظم المباني، فظهرت عمارة الطراز الدولي International Style التي تنطوي مبادئها على عدم اعتبار البيئة كعنصر محدد لعملية التصميم المعماري، مع انتشار هذه الحركة في العالم أنتجت مباني لا تتوافق مع البيئة المحيطة ولا الظروف المناخية. يتجلى ذلك بوضوح في المباني الرأسية التي انتشرت في مدن العالم كأحد أوجه مباديء الطراز الدولي. أدى ذلك إلى اعتماد أغلب المباني اعتمادا كليا على التكييف الميكانيكي للبيئة الداخلية، اقتصر دور كثير من المعماريين على تصميم المبنى في حين أن المهندس الميكانيكي يقوم بتحديد احتياجات المبنى الحرارية و ما يرتبط بها من معدات و أجهزة، هذا الأمر يحتاج إلى تقويم فلا بد للمعماري أن يؤدي دوره كاملا من خلال الدراسة و التحليل المتقن لكل عوامل و عناصر المناخ التي تؤثر على المبنى و تتفاعل معه و بالتالي تحدد مستوى أدائه الحراري، على ضوء هذه الدراسات يمكن للمعماري التوصل للقرارات التصميمية المناسبة التي تؤدي إلى التصميم الذي يحترم المناخ الخارجي و يتفاعل معه و يستفيد من خصائصه و يساعد في تخفيض كلفة التحكم الميكانيكي في المناخ الداخلي أو إلغائها نهائيا.

يتفاعل المبنى مع المناخ الخارجي فيحدد هذا التفاعل المناخ الداخلي بالتالي تتحدد نوعية المعالجة التي يحتاجها المبنى لتوفير المناخ الملائم لحياة الإنسان؛ يعتمد تفاعل المبنى مع المناخ المحيط به على عدة عوامل أهمها تنسيق الفراغات المحيطة بالمبنى، شكل المبنى، توجيه المبنى، الألوان الخارجية لغلاف المبنى، الخصائص الحرارية للمواد المستعملة و الفتحات؛ مساحتها و موقعها و شكلها.

يعرف التصميم المعماري الذي يعالج خصائص العناصر المناخية و يتفاعل معها لتحقيق الراحة الحرارية و يساعد على ترشيد استهلاك الطاقة في المباني **بالتصميم المناخي** ، إن معظم أساليب التصميم المناخي قليلة التكلفة و تعتمد على مقدرة المعماري في فهم هذه الأساليب و من ثم اختيار الحلول التصميمة المناسبة.

١-٢ مشكلة البحث

أصبحت مسألة استهلاك الطاقة في مختلف قطاعات الحياة وخاصةً قطاع المباني الذي يمثل الجزء الأكبر من هذا الاستهلاك مسألة جوهرية تشغل دول العالم كافة ومن ضمنها السودان. كما أن طبيعة مناخ السودان المتمثلة بفترتين رئيستين هما فصلي الشتاء والصيف، وطول فترة الصيف جعل الاستعانة بالمنظومات الخدمية الميكانيكية والكهربائية وبشكل مكثف في المباني أمراً ضرورياً ومهماً لضمان بيئة داخلية ملائمة للشاغلين وخاصةً في فترة الصيف الحار، فأدى إلى استهلاك الطاقة في تلك المباني.

وبذلك تحدد مجال المشكلة التي تتعامل معها الدراسة، **مشكلة زيادة الإنفاق على طاقة تبريد المباني نتيجة تنامي الاعتماد على تقنيات التبريد الميكانيكية لتوفير الراحة الحرارية للشاغلين.**

١-٣ هدف البحث

يهدف البحث بشكل أساسى إلى تلخيص أهم المعايير والأسس التصميميه للغلاف الخارجى للمبنى بهدف توفير الطاقة المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لمستخدمي المباني دون اللجوء الى الإعتماد الكلي

على استخدام الوسائل الميكانيكية بعد تنفيذ المبنى وذلك من خلال عدة بدائل تراعي الظروف المناخية للمنطقة.

١-٤ أهمية البحث

رغم دراية معظم المعماريين بأهمية الجوانب المناخية فى التصميم لحد كبير، واهتمام الأكاديميين به الذي تجسد فى العديد من الدراسات الأكاديمية القيمة، ورغم وجود عدد محدود من المبانى التى تم تطبيق أسس التصميم المناخي القائمة على أهمية توفير تبريد طبيعي ما أمكن في تصميماتها؛ إلا أن معظم المبانى الحديثة في الخرطوم غير مصممة مناخيًا لتوفير الراحة الحرارية و تقليل استهلاك الطاقة في التبريد، وتكاد عملية التصميم المناخى للمبانى أن تختفى عمليًا من النظام السائد للتصميم المعمارى والعمراني فى المكاتب الهندسية السودانية.

لذلك تكمن أهمية البحث في دراسة أساليب و معالجات التصميم المناخي المستخدمة في تصميم الغلاف الخارجي للمباني لتسهم في قدرة هذه المباني على توفير الراحة الحرارية لمستخدميها و توفير الطاقة و الاستفادة من المعطيات البيئية حولها، و سرد أمثلة عالمية و محلية في هذا المجال بغية الاستفادة منها و أخذها بالحسبان أثناء عملية التصميم المعماري لتأتي بمردود ايجابي على الوضع البيئي الاقتصادي و الناتج المعماري و تطوره باتجاه انتاج عمارة مناخية موفرة للطاقة.

١- ٥ سؤال البحث

هل تطبيق أسس التصميم المناخي لعناصر الغلاف الخارجي للمبنى يؤدي إلى الحد من استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض التبريد؟

١-٦ منهجية البحث

تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي للمناخ الحار الجاف، ومن ثم دراسة الخلفية النظرية للتصميم المناخي و أهم أهدافه، و مفهوم الراحة الحرارية للإنسان وشروط تحقيقها، وكذلك استعراض الاعتبارات النظرية للتصميم المعماري المناخي في المناخ الحار الجاف، كما يعرض بعض النماذج

العملية ، و يجري دراسة تحليلية على مبنى شركة هجليج للبترول و الإستثمار، و مبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية، و إجراء مقارنة بينهما، وذلك بناءًا على المعلومات النظرية عن المعالجات التصميمية المناخية المناسبة لمناخ منطقة الدراسة الحار– الجاف، و معدل الطاقة الكهربائية المستهاكة لأغراض التبريد، لمعرفة مدى مطابقتها أو انحرافها عن المعايير النظرية وتحديد أسباب الانحراف.

تم جمع المعلومات من الكتب ، المراجع العلمية ، المجلات العلمية المتخصصة، الأوارق العلمية، الدراسات السابقة ، و المواقع الالكترونية، و المقابلات الشخصية، بالإضافة لدراسة حالات محددة و تحليلها.

١–٧ حدود البحث

يركز البحث على المباني الإدارية في ولاية الخرطوم، و تشمل الدراسة تلك المباني التي شيدت خلال فترة أواخر التسعينيات من القرن الماضي حتى تاريخ الدراسة، يقتصر البحث على دراسة الوسائل و الأساليب المستخدمة في التصميم المناخي للغلاف الخارجي للمبنى (الأسف، الحوائط و الفتحات الخارجية) و دوره في تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستخدمي المبنى، و الحد من استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة لتحقيق الراحة الحرارية.

١–٨ هيكل البحث

يحتوي البحث على خمسة فصول بالإضافة لقائمة المراجع.

الفصل الأول: المقدمة

تحتوي مقدمة البحث على مشكلة البحث ، الهدف من البحث ، أهمية البحث، سؤال البحث، إلى جانب المنهجية المتبعة في الدراسة.

الفصل الثاني: التصميم المناخي في العمارة

يعرض المفاهيم الخاصة بالمناخ وأهم عناصره ذات التأثير المباشر على تصميم المباني و مستخدميها، كما يتناول مفهوم التصميم المناخي وأهم أهدافه، المشاكل التي تواجهه، تعريف

الراحة الحرارية و أهم العوامل المؤثرة عليها، كما يعرض مشكلة استهلاك الطاقة الكهربائية كمصدر رئيسي للتبريد في السودان.

الفصل الثالث: المناخ و الغلاف الخارجي للمبنى

يعرض مفهوم الغلاف الخارجي للمبنى و عناصره، أهم الحلول و المعالجات المناخية المعمارية لعناصر الغلاف الخارجي للمباني و دورها في تقليل الكسب الحراري لداخل المبنى. كما يعرض نماذج متعددة عالمية و محلية و يدرس المعالجات التي تم تطبيقها في تلك النماذج.

الفصل الرابع: عرض و تحليل حالات الدراسة

يعرض حالات الدراسة و يتم إجراء مقارنة بينها و تحليلها و تقييمها من خلال المعايير التصميمية التي تم عرضها في الفصل الثالث. تم اختيار نموذجين لمباني إدارية هما: مبنى شركة هجليج للبترول و الإستثمار، و مبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية.

الفصل الخامس: الخلاصات و التوصيات

يقدم أهم الخلاصات و النتائج التي توصل إليها البحث و ترجمتها إلى مجموعة من التوصيات.

الفصل الثاني

التصميم المناخي في العمارة

٢-١ مقدمة

يتناول هذا الفصل الإطار النظري للبحث، حيث يعرض مجموعة المفاهيم الخاصة بالمناخ- خاصة مناخ المناطق الحارة الجافة- وأهم عناصره ذات التأثير المباشر على المباني باعتبارها من أهم المؤثرات الخارجية على المستخدم و تصميم المباني، كما يتناول المفهوم الشامل للتصميم المناخي وأهم أهدافه، و المشاكل التي تواجهه، و يعرف الراحة الحرارية و أهم العوامل المؤثرة عليها، و يتناول مشكلة استهلاك الطاقة كمصدر رئيسي لتحقيق الراحة الحرارية بواسطة المعالجات الميكانيكية.

٢-٢ المناخ

يعرف المناخ بأنه "تكامل الأحوال الطقسية خلال فترة زمنية؛ تختص بها المنطقة الجغرافية المعينة" (*حسن ٢٠٠٠، ص١٩*).

فالمناخ هو معدل حالة الطقس فى منطقة معينة لعدة سنين متتالية تزيد عن عشر سنوات، يعبر عن هذه المعدلات بأرقام تدون فى جداول خاصة تصدرها هيئة الأرصاد الجوية، بالمناخ العام أما المناخ الداخلى فيعرف بأنه المناخ الخاص بالفراغات الداخلية للمبانى وتتحكم فية عدة عوامل، منها أسلوب توجية المبنى وخصائص مواد الإنشاء وأساليب التهوية والتبريد المستخدمة.

تقسم الأقاليم المناخية في الكرة الأرضية وفق تصنيف (Koppen)[١] إلى سبعة أقاليم رئيسية هي: الإقليم الإستوائي، الإقليم المعتدل (المعتدل و البارد)، الإقليم القطبي الشمالي و الجنوبي، الإقليم الصحراوي، الإقليم الموسمي(البارد و الدافئ)، و إقليم البحر المتوسط. *(Wikipedia, 2014 Koppen climate classification)*

[١] **تصنيف كوين للمناخ** من أكثر التصنيفات استخداما للمناخ، نشر من قبل عالم المناخ الروسي فلاديمير كوين عام١٨٨٤

التصنيف السابق للمناخ يستعمل كتصنيف جغرافي يمكن الاستفادة به بطريقة عامة، أما بالنسبة لأغراض تصميم المباني و اعتبارات الراحة الحرارية للإنسان فيمكن تصنيف المناخ إلى أربعة مناطق رئيسية هي: المناخ البارد (القطبي)، المناخ المعتدل، المناخ الحار الرطب، و المناخ الحار الجاف (*الوكيل ١٩٨٥، ص٢٦*) ، و هو مناخ منطقة الدراسة.

٢-٣ مناخ المناطق الحارة الجافة

إن الخصائص الرئيسة للمناطق الحارة – الجافة بوجه عام عبارة عن خليط من الرطوبة المنخفضة ودرجة الحرارة النهارية العالية، كما أن من خصائص المناخ الحار الجاف تكون السماء صافية معظم أيام السنة، مما يزيد التسخين الشمسي خلال ساعات النهار والفقد الإشعاعي طويل الموجات أثناء ساعات الليل، و انعكاس ضوء الشمس للأرض المكشوفة قد يحدث وهجًا شديدًا مما يسبب مع انعكاس أشعة الشمس من جدران المباني إزعاجًا للبصر وحمولة حرارية إشعاعية كبيرة على النوافذ والجدران.

٢-٣-١ عناصر المناخ

أهم عناصر المناخ هي: الإشعاع الشمسي، درجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية، و الرياح. عند تصميم المباني بكافة أنواعها لابد من دراسة العموامل المناخية المحيطة بالمبنى و تأثير هذه العوامل على الاكتساب الحراري للغلاف الخارجي للمبنى، فيعمل المصمم المعماري على فهم العناصر المناخية المحيطة للمبنى من أجل الحصول على الحلول التصميمية المناسبة التي توفر الراحة الصحية والفسيولوجية والنفسية التي تربط الإنسان بالمناخ الخارجي الذي يتفاعل معه ، ونتيجة لهذا التفاعل يتحدد المناخ الداخلي وبالتالي تحدد نوعية المعالجة التي يحتاجها المبنى لتوفير المناخ الملائم لحياة الإنسان.

فالمؤثر الرئيسي في المناخ الداخلي هو المعماري، حيث ينتج المناخ الداخلي بصورة مباشرة من التبادل الحراري عن طريق الغلاف الخارجي للمبنى.

٢-٣-١-١ الإشعاع الشمسي

يعد اهم مؤثر في مناخ البيئة الحضرية، وتمتاز الأقاليم الحارة الجافة بارتفاع معدلاته، و يكون مباشرا ، و يزداد بالإشعاع المنعكس عن التضاريس القاحلة ذات الألوان الفاتحة، مما يحتم ايجاد وسائل الحماية منه قدر الامكان.

تتحكم عدة عوامل في تحديد قوة تأثر الاشعاع الشمسي على الموقع و هي التي ينبغي دراستها قبل البدء في أي تصميم، تتلخص تلك العوامل في مدة سطوع الشمس (عدد الساعات الفعلية لظهور أشعة الشمس من الشروق حتى الغروب)، شدة أشعة الشمس، و زاوية سقوط الشمس (الزاوية الرأسية– الزاوية الأفقية). (حسن ٢٠٠٠، ص٤٥)

٢-٣-١-٢ درجة حرارة الهواء

يتميز المناخ الحار الجاف بالمدى الحراري اليومي ، حيث يتراوح متوسط الفرق بين أعلى و أقل درجة حرارة على مدى اليوم ١٤,٢°م في يناير و ١٧°م في مايو ويبلغ متوسطة السنوي ١٥ درجة مما يدل على التباين المناخي الشديد على مدار اليوم وعلى مدار العام.

يلاحظ أن فصل الصيف يمتد من شهر يونيو إلى شهر سبتمبر. يتراوح المعدل الشهري لدرجة الحرارة الهواء الجافة للنهاية الصغرى من ٢٢ ° م إلى ٢٥,٤ ° م أما المعدل الشهري لدرجة الحرارة القصوى فتتراوح من ٤٤ ° م إلى ٤٧,٤° م. (ابن عوف ١٩٩٤، ص٦)

٢-٣-١-٣ الرطوبة النسبية

ينخفض معدل الرطوبة النسبية بصفة عامة، فالمعدلات العليا تتراوح من ٣٢ إلى ٦٦ % والمعدلات الصغرى تتراوح من ٢ إلى ٣% مما يؤدي إلى تزايد معدل التبخر.

٢-٣-١-٤ الرياح

من الخصائص المألوفة في العديد من المناطق الحارة – الجافة هي العواصف الترابية، و التي تشكل سببا لعدم الراحة والإزعاج، و يمكن تخفيض حدتها والمشاكل التي تسببها عن طريق المعالجات التصميمية الصحيحة للمباني والمدن.

٢-٤ التصميم المناخي

إن مشكلة التحكم المناخي وخلق جو مناسب لحياة الإنسان قديمة قدم الإنسانية نفسها، فقد حرص الإنسان على أن يتضمن بناؤه للمأوى عنصرين رئيسيين هما : الحماية من المناخ، ومحاولة إيجاد جو داخلي ملائم لراحته، في اللحظة التي ينتهي فيها البناء يصبح جزءا من البيئة، كشجرة أو حجر، ويصبح معرضا لنفس تأثيرات الشمس أو الأمطار أو الرياح كأي شيء آخر متواجد في البيئة و يجب أن يتكيف المبنى مع المناخ وعناصره المختلفة و أن يواجه الضغوط والمشكلات المناخية وفي نفس الوقت يستعمل جميع الموارد المناخية والطبيعية المتاحة من أجل تحقيق راحة الإنسان داخل المبنى.

يعد التصميم المناخي جانب مهم في العمارة و هو قديم قدم العمارة ذاتها ، و إن كان يمارس قديما بصورة تلقائية ناتجة عن التجربة و الخطأ و المعلومات المتوارثة من الأجيال السابقة، و لكنه بدأ يتبلور في أواخر القرن العشرين في صورة تخصص هندسي واضح ذو أسس و مناهج علمية يتم إدماجه في عملية التصميم المعماري منذ البدء.

٢-٤-١ مفهوم التصميم المناخي و أهدافه

عرف واطسون التصميم المناخي بأنه "جانب من عملية تصميم البيئة المبنية، يهتم بتوفير الظروف المناخية الآمنة و المريحة للانسان بأقل قدر من التكاليف " (*الزعفراني ٢٠٠٠، ص٣*).

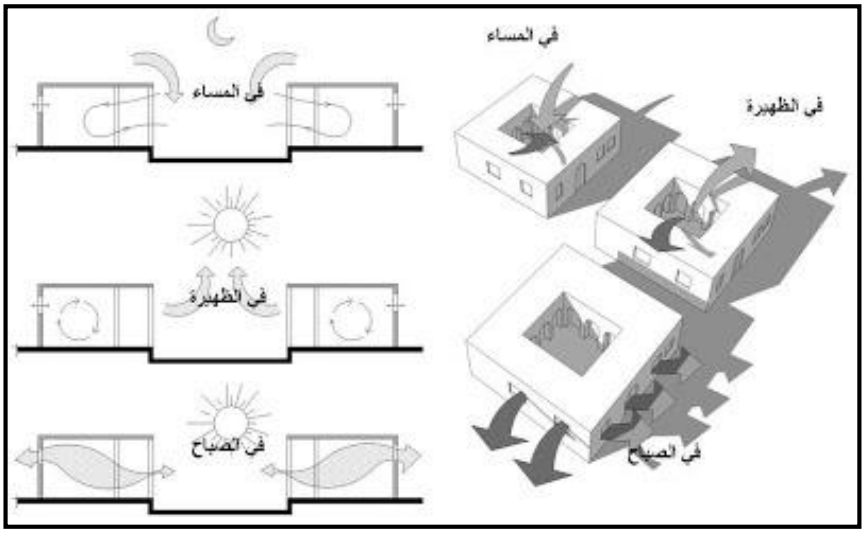
يتضح من التعريف أن الهدف الأساسي للتصميم المناخي هو توفير ظروف مناخية مريحة و آمنة لحياة و صحة مستخدمي المبنى، و ذلك لتأثيره المباشر على كفاءة المستخدمين في أداء أنشطتهم و انتاجيتهم، ويهدف أيضا إلى تحقيق الراحة الحرارية، و استخدام حلول تكييف الهواء و التهوية الطبيعية بدلا من حلول التكييف و التهوية الصناعية، و الحد من استهلاك الطاقة، فمن الممكن تحقيق الظروف المناخية المثالية طوال العام لأى مبنى مهما بلغ تصميمه من السوء، عن طريق استخدام المعدات الميكانيكية الكافية للتحكم فى ظروفه المناخية ولكن ذلك يكون على حساب الطاقة، حيث يستهلك المبنى كمية كبيرة من الطاقة لهذا الغرض، مما يكون له آثار سيئة على المستوى الإقتصادي و البيئي حيث يزيد من تهديد موارد الأرض من الطاقة بالنفاذ، كما يؤدى إلى إنبعاث الملوثات نتيجة حرق الوقود.

التصميم المناخي هو عملية تهدف لاستغلال كل الطرق المتاحة للوصول بالفراغات المعمارية و العمرانية إلى حالة الراحة الحرارية، سواء كانت هذه الطرق معمارية صرفة مثل تقنيات العمارة الشمسية السالبة، أو كانت معدات ميكانيكية، فمهمة المصمم المناخي أن يختار الحل الذي يضمن التكامل بين هذه الوسائل لتحقيق الراحة بأقل مقابل ممكن.

٢-٤-٢ التصميم المناخي في العمارة الإسلامية

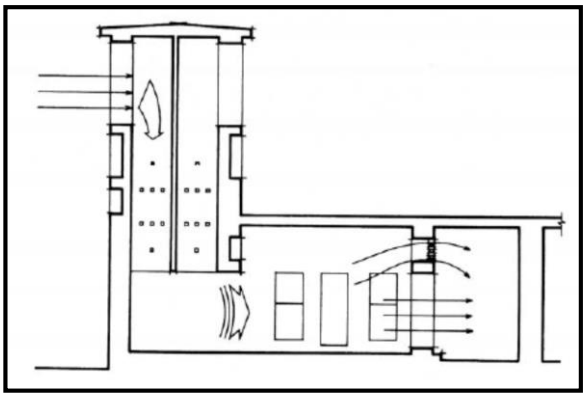
ظهر مبدأ التصميم المناخي في العمارة في الحضارات القديمة في صورة محاولة الإنسان للتأقلم والتعايش في بيئته، وتباينت صور هذا التأقلم من استخدام المواد المتاحة في البيئة المحلية في العمران مرورا بطرق استخدامها وانتهاء بالأساليب التي اتبعها للتعامل مع عناصر البيئة ومحدداتها من الأمطار والرياح والحرارة وضوء الشمس وغيرها. و يظهر ذلك جليًا في مباني العمارة الإسلامية التي استخدم في تصميمها العديد من المعالجات المناخية التي تتناسب مع مناخ المنطقة الصحراوي، و فيما يلي بعض تلك المعالجات:

الفناء الداخلي : يقوم بتخزين الهواء البارد ليلا لمواجهة الحرارة الشديدة نهارا. أنظر الشكل (٢-١)



شكل (٢- ١) يوضح دور الفناء الداخلي في التبريد
المصدر: الوكيل ١٩٨٥

الملقف: أو(البادجير) 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. أنظر الشكل (٢-٢)

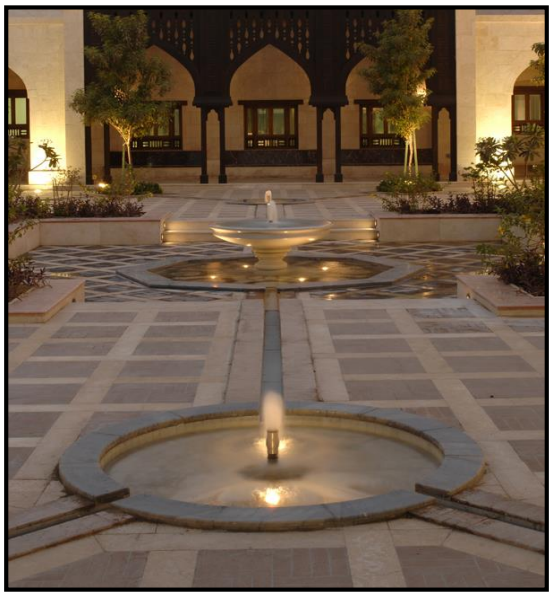


شكل (٢-٣) مقطع رأسي يوضح طريقة عمل الملقف
المصدر: فتحي ١٩٨٨، ص١١٣

شكل (٢- ٢) يوضح الملقف في العمارة الإسلامية
المصدر: *en.wikipedia.org/wiki/Windcatcher*

النافورة : توضع في وسط الفناء الخاص بالمنزل ويقصد بالنافورة إكساب الفناء المظهر الجمالي , و امتزاج الهواء بالماء وترطيبه ومن ثم انتقاله إلى الفراغات الداخلية كما يوضح الشكل (٢-٤)

السلسبيل : عبارة عن لوح رخامي متموج مستوحى من حركة الرياح أو الماء يوضع داخل فتحة من الجدار في موضع الجلوس للسماح للماء أن يتقطر فوق سطحه لتسهيل عملية التبخر وزيادة رطوبة الهواء هناك. ومن ثم تنساب المياه في مجرى رخامي حتى تصل إلى موضع النافورة. كما يوضح الشكل (٢-٥)

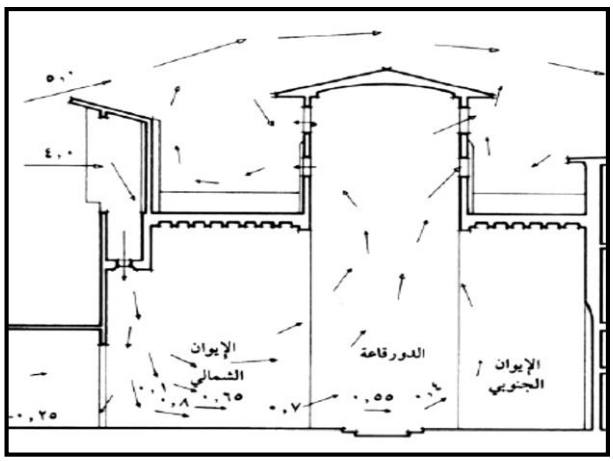


شكل (٢- ٥) يوضح استخدام النافورة في العمارة الإسلامية
المصدر :www.theismaili.org

شكل (٢- ٤) يوضح السلسبيل
المصدر : www.flickr.com

الشخشيخة : تستخدم في تغطية القاعات الرئيسية وتساعد على توفير التهوية والإنارة غير المباشرة ،كما تعمل مع الملقف على تلطيف درجة حرارة الهواء وذلك بسحب الهواء الساخن الموجود في أعلى الغرفة كما يوضح الشكل (٢-٧).

شكل (٢- ٦) يوضح الشخشيخة
المصدر : www.flickr.com/photos/10807466



شكل (٢- ٧) مقطع رأسي يوضح عمل الشخشيخة مع الملقف
المصدر : *فتحي ١٩٨٨، ص١٠٩*

المشربية : عبارة عن فتحات منخلية شبكية خشبية ذات مقطع دائري تفصل بينها مسافات محددة ومنتظمة بشكل هندسي زخرفي دقيق وبالغ التعقيد وتعمل على ضبط الهواء والضوء إضافة لتوفيرها الخصوصية. أنظر الشكل (٢-٨)

شكل (٢- ٨) يوضح استخدام المشربية في العمارة الإسلامية
المصدر :www.wikimedia.org/wikipedia/commons

كان هذا الاتجاه سائدا على مر العصور والأزمان، فلم يتجه الإنسان إلى تجاهل بيئته مطلقا، وإنما حاول بشتى الطرق التأقلم مع عناصرها. إلى أن قامت الثورة الصناعية و ظهرت في السبعينات مباني صندوقية محاطة بالزجاج و الفولاذ لا تعير انتباها للمناخ المحيط بها ما تطلب أنظمة تبريد و تدفئة مكلفة أدت إلى استهلاك قدر كبير من الطاقة غير المتجددة .

٢-٤-٣ المعوقات التي تواجه التصميم المناخي

على الرغم من أهمية التصميم المناخي و دوره الفعال في إكساب المشروع المعماري النجاح المطلوب في تحقيق الراحة المناسبة لمستخدمي الفراغ، إلا أنه يتم إهمال عملية الدراسات المناخية و التصميم المناخي في مراحل التصميم للمشروع و ذلك لأسباب عديدة أبرزها صعوبة عملية التصميم المناخي، فهو يتعامل مع عدد كبير جدا من المتغيرات و قواعد الفيزياء و المناخ مما يجعل من تعلمه و ممارسته عملية شديدة الصعوبة، بالإضافة إلى عدم كفاية المعماريين المتخصصين في مجال التصميم المناخي. كما

تؤدي محاولة المالك لتخفيض تكلفة التصميم لحذف بند الدراسات المناخية، و محاولة تقليل التكلفة الابتدائية للمشروع باختيار الوسائل الميكانيكية لقلة تكلفتها، رغم أن تكلفة الحلول الميكانيكية على المدى الطويل قد تكون ذات تكلفة أكبر بكثير من الحلول المناخية.

و من أهم المعوقات عدم وجود قوانين ملزمة بتوفير ظروف مناخية جيدة داخل المباني في السودان، بعكس الدول المتقدمة ، حيث تنص قوانين البناء بها على وجوب توفير درجات حرارة معينة تلائم حياة المستخدمين، و تلزم تلك القوانين مصممي المباني بتوفير هذه الطروف باستهلاك أقل قدر ممكن من الطاقة مما يعني إجبار المصمم المعماري على التصميم المناخي الجيد للمبنى و عدم إلقاء حمل التحكم المناخي على عاتق مهندس التكييف وحده.

لا يعتبر التصميم المناخي اتجاها معماريا أو عمرانيا، بل هو عملية منهجية لتصميم المباني و التجمعات العمرانية لضمان توافقها مع المناخ و توفير الظروف المناخية الملائمة لشاغليها. (*الزعفراني٢٠٠٠، ص١٨*)

و نلاحظ وجود مدارس و اتجاهات معمارية تتبنى التصميم المناخي كملهم لفلسفتها التصميمية، فالتصميم المناخي السليم لا يتعارض مع أي طابع شكلي أو رمزي تتبناه أي مدرسة معمارية – إلا لو فرض هذا الطابع أخطاءا تصميمية تتنافى مع الراحة الحرارية– و من هذه الاتجاهات المعمارية وثيقة الصلة بالتصميم المناخي العمارة الشمسية السالبة، العمارة الشمسية الموجبة، العمارة الإقليمية، العمارة المحلية، العمارة التراثية، و غيرها...

٢-٤-٤ المساهمون في عملية التصميم المناخي

في العصور القديمة كانت تقع مسؤولية توفير الظروف المناخية الآمنة و المريحة عل البنائين والمعمارين، فلم يكن هناك تمايز بين التخصصات التي نشهدها اليوم، و مع بداية عصر الصناعة و ظهور معدات التكييف و التبريد و التدفئة بدأت المسؤولية تنتقل لمهندسي هذه المعدات الجديدة، و فيما يلي أهم المساهمين في عملية التصميم المناخي:

أ. مهندس التدفئة و التبريد و التكييف

ب. علماء فيزياء المباني، يهتم هذا التخصص بدراسة تفاعل الحرارة و الهواء و الإضاءة و الصوت و غيرها من العناصر مع المباني.

ج. استشاري توفير الطاقة في المباني و هو تخصص جديد، ظهر بغرض توفير استهلاك الطاقة.

د. المصمم المعماري، يفضل أن يكون هو استشاري الطاقة والتصميم حتى يستطيع الموازنة بين الجوانب المختلفة للتصميم دون إهمال التصميم المناخي و الإلقاء به لمهندس التكييف.

نصت وزارة الطاقة الأمريكية على و جوب أن يكون رئيس فريق التصميم المعماري على دراية بمبادئ التصميم المناخي و توفير الطاقة، و بررت هذه التوصية بقولها: "إن معماريا غير مدرك أو مهتم بتوفير الطاقة في مبناه غير قادر على إنتاج مبنى مثالي، حتى لو استعان بفريق هندسي معصوم من الخطأ". (*الزعفراني ٢٠٠٠، ص٢٠*)

فالمصمم المناخي مهني يتعامل مع عدد من التخصصات، و يمكن أن ينتمي كبداية إلى أي منها، و لكن يفضل أن يكون معماريا أو مصمما عمرانيا ملما بالجوانب الأخرى من التصميم المناخي نظرا لقدرته على الرؤية الأشمل للمباني و التجمعات العمرانية و مختلف جوانبها المناخية ، خاصة في الدول النامية و في المشروعات الصغيرة حيث يصعب توفير التمويل اللازم لمساهمة عدد كبير من المتخصصين.

٢-٤-٥ الجدوى الإقتصادية للتصميم المناخي

إن التصميم المناخي المعماري يحتاج إلى إضافات معينة كالمواد العازلة وكذلك إضافات إنشائية لازمة للتصميم، ومن البديهي أن هذه الإضافات تزيد من التكلفة الإبتدائية لإنشاء المبنى، لكن مقدار ما يوفره نظام معماري مناخي من طاقة يعوض هذه الزيادة في التكلفة.

وقد وجد أن المبنى الذي صمم ليتلاءم مع التوصيات المعمارية المناخية يسترجع الزيادة في التكلفة في خلال ٥ سنوات فقط وذلك من خلال توفيره في استهلاك الطاقة. (*الشيمي ٢٠١٣*)

٢-٤-٦ التصميم المناخي بمساعدة تطبيقات تكنولوجيا المعلومات

مما لاشك فيه أن عصر العولمة و ما صاحبه من ثورة معلوماتية و تطور رقمي، أثر بشكل كبير في مجال العمارة المعاصرة، إن نظم المعلومات الرقمية المتخصصة و المبنية علي قواعد البيانات و المعلومات متنوعة المدخلات، ساعدت المصمم المعماري المعاصر علي اتخاذ العديد من القرارات التصميمية المعقدة ، و التي كانت تشكل له حيرة كبيرة فيما مضي، و ذلك لاعتمادها علي نتائج تتطلب الدقة الحسابية لعدة متغيرات رقمية تؤثر بدورها في اختياره لمواد و تقنيات البناء للمشروعات المتنوعة من خلال الاستعانة بتطبيقات تكنولوجيا المعلومات، يتمكن المصمم المعماري من اتخاذ قرارات تصميمية عالية الدقة والكفاءة، بسهولة ودون انفاق الكثير من الجهد كبير في الحسابات الرياضية، مما يسهل استخدام عملية التصميم المناخي في مراحل مبكرة من التصميم المعماري و العمراني.

٢-٥ الراحة الحرارية

تعد الراحة الحرارية من أهم العوامل الفسيولوجية التي تؤثر بشدة في حالة الانسان العامة و انتاجيته. لا يمكن قياسها بطريقة مباشرة، حيث أنها لا تتوقف على الحالة الفسيولوجية فقط، إنما يدخل في تحديدها عوامل نفسية و مؤثرات تختلف من شخص لاخر، فالإحساس بالراحة هو شعور شخصي للفرد الواحد، فنجد أنه لا يمكن جمع كافة الظروف دفعة واحدة لتحقيق الراحة لكافة الأشخاص بالفراغ الواحد.

٢-٥-١ مفهوم الراحة الحرارية

عرفها واطسون على أنها " حالة ذهنية يشعر معها الإنسان بالرضى عن ظروف البيئة المحيطة به".

تعريفها من قبل الباحثين ماركوس و أولجاي أن "الراحة الحرارية أو التعادل الحرارى هى حالة لا يشعر معها الإنسان بالبرد أو بالحر، أو يشعر بأى مضايقة نتيجة لخلل فى البيئة الحرارية". (*العيسوي ٢٠٠٣، ص٣٢*)

٢-٥-٢ العوامل المؤثرة على الارتياح الحراري للإنسان

أ. عوامل مرتبطة بالإنسان نفسه

نوع النشاط والعمل الذي يمارسه، و الملابس، حيث تزداد المقاومة الحرارية التي يبديها الجسم أمام فقدانه للطاقة التي ينتجها إلى الجو المحيط بزيادة بسماكة هذه الملابس ومقدرتها على عزل الحرارة، بالإضافة لعوامل ذاتية تختلف من شخص لآخر مثل : التأقلم، السن، الجنس، شكل الجسم، الدهون المختزنة تحت الجلد، الحالة الصحية، و النظام الغذائي.

يوضح الجدول (٢-١) بعض نشاطات الإنسان و كمية الطاقة الحرارية التي تنتج عن هذه النشاطات.

جدول (٢- ١) يوضح الحرارة الصادرة عن جسم الإنسان حسب نوع النشاط المبذول

نوع النشاط	الطاقة الحرارية (واط/شخص)
النوم	حد أدنى ٧٠
الجلوس مع حركة خفيفة	160-130
الوقوف مع عمل خفيف	190-160
الجلوس مع حركة كثيفة	230-190
الوقوف مع عمل معتدل و حركة خفيفة	290-230
المشي مع حمل أو رفع أشياء خفيفة	410-290
عمل كثيف متقطع	580-440
عمل شاق بأقصى حد لمدة ٣٠ ثانية	حد أقصى ١١٠٠

المصدر :www.electricity-world.blogspot.com

ب. عوامل مؤثرة ذات ارتباط مباشر بالظروف المناخية المحيطة

توجد أربعة عوامل مناخية حرارية ذات تأثير مباشر على الإكتساب أو الفقد الحراري لجسم الإنسان وبالتالي على شعوره بالراحة الحرارية، ويمكن إيجاز تلك العوامل فيما يلي: (*عبد العظيم ٢٠٠٨، ص٨*)

- **درجة حرارة الهواء**، و تتراوح الدرجة التي يشعر معها الإنسان بالراحة الحرارية ما بين ٢٢,٥-٢٨ °م

- **الرطوبة النسبية**، و تتراوح الرطوبة النسبية التي يشعر معها الإنسان بالراحة الحرارية ما بين٢٠-٥٠%

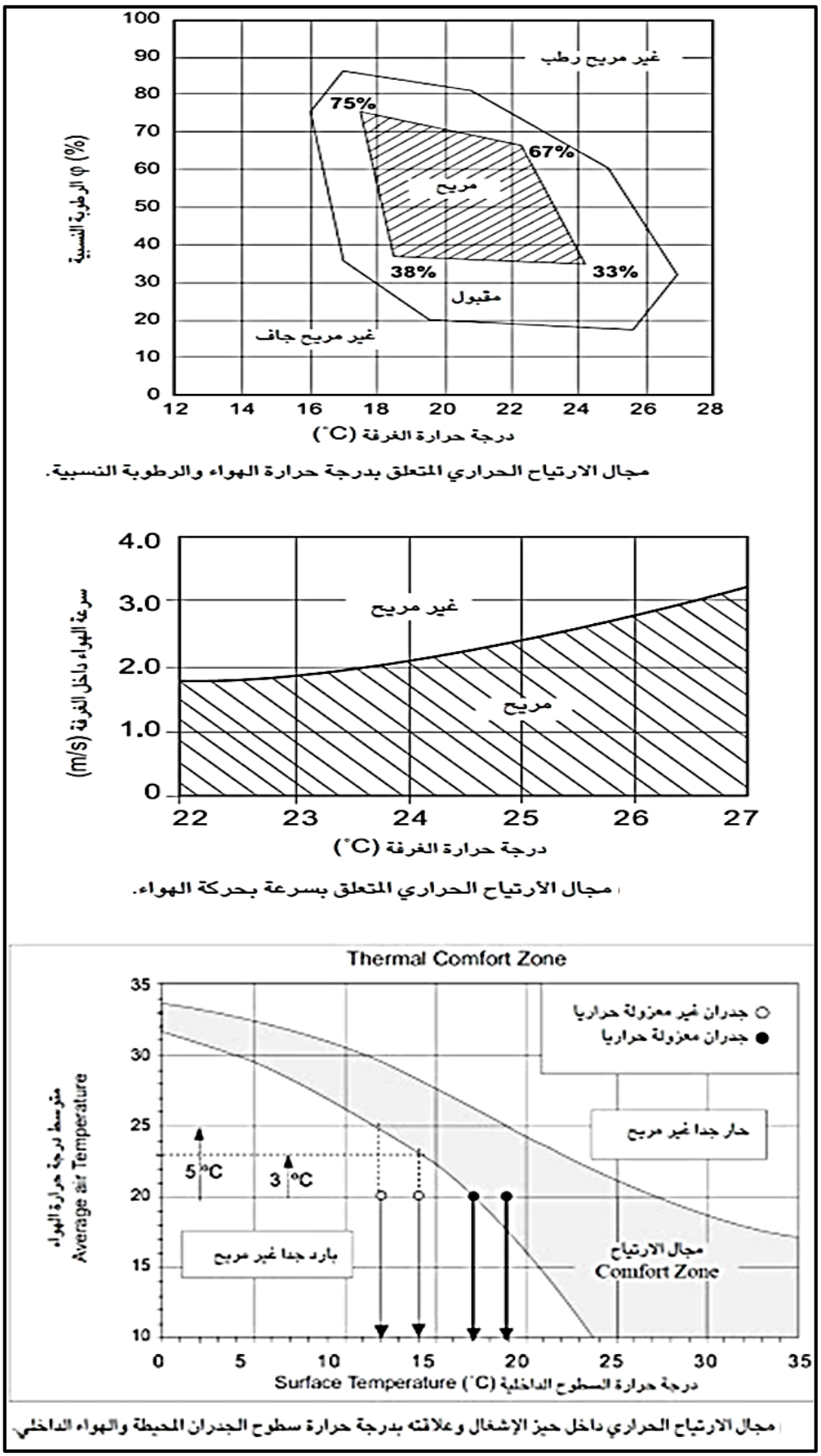
- **حركة أو سرعة الهواء:** سرعة الهواء الأقل من ١ م/ث تؤدي إلى الإحساس بالضيق الملحوظ، بينما تكون سرعة الهواء ١م/ث مرضية للمستعمل في حالة إحتياجه لحركة الهواء داخل الفراغات.

- **متوسط الحرارة الإشعاعية**، لا تتحقق الراحة الحرارية إذا زادت درجة حرارة الكرة الأرضية عن٢٨ ° م أو كانت أقل من ١٦ ° م. قد يتعرض الإنسان لأشعة الشمس بطريقة غير مباشرة، كالتعرض للإشعاع الصادر من جسم مختزن للحرارة طوال النهار.

يتم تحديد مستوى الارتياح الحراري للعوامل السابقة بأشكال بيانية تبين المجال الذي يقع فيه هذا المستوى و يسمى مجال الراحة الحراري. أنظر الشكل (٢-٩)

٢-٥-٣ مقياس عدم الراحة

مقياس عدم الراحة يعبر عن عدم رضا مستخدم المبنى عن الظروف الحرارية في فترة زمنية معينة، و كلما زاد عدم الراحة أو طالت فترة التعرض لها؛ كان ذلك مؤشرا على ضعف التصميم المناخي. عموما فقدان الراحة الحرارية داخل المباني يؤدي إلى اللجوء الى الوسائل الصناعية للوصول إلى الظروف الحرارية المناسبة، غير أن هذه الوسائل غير مناسبة لصحة الإنسان العضوية و النفسية، و تسبب العديد من الأمراض المزمنة.



مجال الارتياح الحراري المتعلق بدرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية.

مجال الارتياح الحراري المتعلق بسرعة بحركة الهواء.

مجال الارتياح الحراري داخل حيز الإشغال وعلاقته بدرجة حرارة سطوح الجدران المحيطة والهواء الداخلي.

شكل (٢- ٩) يوضح مجال الارتياح الحراري المتعلق بالعوامل المناخية المحيطة

المصدر : http://electricity-world.blogspot.com/

٢-٥-٤ التهوية الطبيعية لتحقيق الراحة الحرارية

يتبادل الإنسان الحرارة مع المحيط الخارجي بواسطة تيارات الحمل و الإشعاع، و يتم فقدان الحرارة نتيجة لتبخر العرق من على سطح الجسم، و للتهوية الطبيبعبة دورها المهم في عملية الاتزان الحراري للانسان، و ذلك لأنها تؤثر على سرعة و درجة حرارة الهواء الداخلي و درجة حرارة الأسطح الداخلية للفراغات الداخلية كالحوائط و الأسقف و الأرضيات.

تتم عملية تبادل حراري بين الأسطح الداخلية للمباني و الهواء، و بالتالي يكون للهواء أثره في تحديد معدلات درجة حرارة الأسطح الداخلية، و في حالة عدم وجود تهوية طبيعية للفراغ الداخلي فإن درجة حرارة الهواء الداخلي تتأثر بدرجة حرارة الأسطح الداخلية، أما عندما تتوفر التهوية الطبيعية فإن الهواء الخارجي يختلط بالهواء الداخلي. (ابن عوف١٩٩٤، ص١٧١). لتوفير حركة الهواء اللازمة لفقدان الحرارة بواسطة تيارات الحمل و التبخر يمكن الاستفادة من عدة عناصر معمارية قبل اللجوء إلى الوسائل الميكانيكية من هذه العناصر ملاقف الهواء لتهوية للفراغات ووصول الهواء إلى عدة طوابق دون الحاجة إلى استخدام التهوية الصناعية، يتم توجيه هذه الملاقف ناحية الهواء السائد بالمنطقة للحصول على أقصى تهوية للفراغات الداخلية، و استخدام الأفنية الداخلية التي تساعد على حركة الهواء داخل الفراغات الداخلية للمبنى وأيضا تساعد على التخلص من الهواء الساخن داخل المبنى، واستخدام المشربيات التي لها خاصية دخول الهواء النقي دون دخول الأتربة التي يكون محمل بها الهواء بهذه المنطقة ومراعاة أن تكون الفتحات ضيقة وموجهة ناحية الرياح السائدة.

٢-٥-٥ الوسائل المحققة للإرتياح الحراري

يمكن بصورة عامة تقسيم الوسائل المحققة للراحة الحرارية لمستخدمي الفراغ العمراني إلى:

أ. **المعالجات المناخية المعمارية:** بدءا من المعالجات المناخية المعمارية البسيطة بالمواد المتاحة في البيئة المحيطة، وحتى تطورها وتنفيذها على أسس مدروسة. و تعمل المعالجات المناخية بصورة أساسية في المناخ الحار- الجاف على تقليل الاكتساب الشمسي، و توفير التهوية الطبيعية.

ب. المعالجات المناخية الميكانيكية:

مع التطور التكنولوجي الهائل والمستمر، وتغير مفاهيم الحياة؛ لجأ أغلب المستعملين لتحقيق الراحة الحرارية للمباني بإستخدام الوسائل الميكانيكية، الأمر الذي وصل إلى حد إهمال المصمم تمام لأية معالجات مناخية معمارية بالمباني و الاعتماد كليا على الوسائل الميكانيكية، مما أدى إلى الزيادة الاقتصادية المستمرة في تكلفة تشغيل المباني إضافة إلى كونها عبئا ثقيلا على استهلاك مصادر الطاقة غير المتجددة . وبنظرة متأملة للمباني الحديثة نجد أن أغلبها يعتمد تماما في عمليات التدفئة أو التبريد على المعالجات الميكانيكية بالرغم من السلبيات المتعلقة بها، و التي يمكن إيجازها فيما يلي:

- تساعد المكيفات على دخول البكتيريا و الأتربة إلى المباني، كما أن إغلاق الغرف المكيفة إغلاقا محكما يؤدي إلى زيادة نسبة الملوثات المختلفة في هذه الأماكن المغلقة مقارنة بالأماكن جيدة التهوية.
- عملية صيانة المكيفات مكلفة، كما ينتج عن عدم تنظيفها و تبديل الفلترات نمو البكتيريا و الفطريات.
- يحتاج التكييف الميكانيكي على مستوى المدن لمجهودات و تكاليف كبيرة من ناحية توفير الطاقة الكهربائية لتشغيل هذه المكيفات.

٢-٥-٦ التكامل بين المعالجات المعمارية و الميكانيكية لتحقيق الراحة الحرارية داخل المبنى

من المفهوم أن الظروف المناخية الملائمة داخل المبنى يمكن الوصول إليها بسهولة اعتمادا على المعدات الميكانيكية للتدفئة و التكييف، و لكن قد يؤدي الاعتماد الكلي عليها إلى قرارات معمارية تتناقض مع طبيعة المناخ، مما يرفع من الأحمال على النظم الميكانيكية و يتسبب في زيادة كبيرة في تكاليفها، كما أن رفض استخدام الوسائل الميكانيكية تماما و محاولة الاعتماد المطلق على المعالجات المعمارية التي تتبناها العمارة الشمسية السالبة قد يؤدي إلى حلول معقدة تفرض الجانب المناخي على بقية جوانب التصميم و تتانقض مع وظائف و جماليات و اقتصاديات المبنى.

التصميم المناخي السليم لا ينحاز لأي من النقيضين، بل يختار الأفضل منهما في كل حالة على حدا و يكامل بينهما إذا تعذر أن يفي أحدهما بالغرض، فمثلا إذا افترضنا أن المبنى سيخلو تماما من المعدات

الميكانيكية ، فيصبح من الأهمية توفير طريقة لمرور الهواء بسرعة كافية عبر المبنى، في هذه الحالة يصبح معظم المجهود التصميمي مركزا على الفتحات و الملاقف و الأفنية التي ستتيح حركة الهواء، بينما لو افترض أنه يمكن استخدام مروحة أو نظام متكامل(معماري– ميكانيكي) يسمح بمرور الهواء عبر المبنى سنجد أن الحلول المعمارية ستصبح أبسط، و ينصب التركيز في هذه الحالة على تقليل درجة الحرارة داخل المبنى بتقليل اكتساب المبنى للحرارة عن طريق الإظلال و تقليل انتقال الحرارة عبر الحوائط. وشجع على هذا التطور فى الدول المتقدمةعلى ظهور القوانين البنائية الملزمة بأداء بيئى و مناخي معين للمبنى؛ مما جعل العامة مضطرين للتعامل مع التصميم المناخي للمبانى بشكل أو باخر.

٢–٦ الطاقة

تعتبر الطاقة واستخداماتها المتعددة هي الدعامة الرئيسية التي تقوم عليها الحضارات المختلفة منذ العصور القديمة وحتى الآن. انتشر تعبير "أزمة الطاقة" عالميا منذ السبعينات، وبالتحديد منذ عام ١٩٧٣ الذي عانت فيه الدول الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية من أزمة طاحنة في الطاقة ، وظلت الطاقة ومصادرها وأساليب وتقنيات الحفاظ عليها منذ ذلك الحين هي الشغل الشاغل للعالم أجمع، الذي يزداد يوماً بعد يوم وعياً بالمشاكل المتعلقة بالطاقة وبضرورة البحث عن حلول لها سواء في اتجاه إيجاد مصادر بديلة للطاقة، أو ترشيد استهلاكها في كافة القطاعات كالصناعة والزراعة والمباني وغيرها. ومن أهم الآثار والنتائج الإيجابية لأزمة الطاقة هو القيام بالعديد من الأبحاث والدراسات بهدف التقليل من الاعتماد على البترول في توليد الطاقة، والبحث عن مصادر جديدة بديلة. وكان من نتائج هذه الدراسات ضرورة مواصلة الجهود في ثلاثة اتجاهات متوازية وهي : دراسة الوسائل الكفيلة بترشيد استهلاك الطاقة، البحث عن مصادر جديدة للطاقة و تخزين الطاقة.

٢-٦-١ مصادر الطاقة

وتقسم الطاقة طبقاً لمصادرها إلى نوعين :

أ. مصادر الطاقة التقليدية: وهي تلك المصادر التي تنضب نتيجة الاستخدام. يطلق عليها اسم "مصادر الطاقة غير المتجددة" فهي مصادر محدودة العمر، مثل الفحم، والبترول، والغاز الطبيعي. وهذه الأنواع تعرف "بالوقود الأحفوري".

ب. مصادر الطاقة المتجددة: وهي تلك المصادر التي يمكن أن تتجدد باستمرار في البيئة، ومن أمثلتها : المياه، والرياح، و الأشعة الشمسية... وغيرها

٢-٦-٢ الاتجاهات المعمارية المرشدة لاستهلاك الطاقة

في أواخر القرن العشرين تزايد الاهتمام بترشيد استهلاك الطاقة لما يسببه من أضرار بيئية وتحولات مناخية تؤثر سلباً على أداء الإنسان وصحته. كما أن توفير الطاقة يعد من أساسيات التنمية الاقتصادية. ومن هنا ظهرت العديد من الاتجاهات المعمارية للحفاظ على الطاقة وترشيد استهلاكها والمساهمة في حل المشاكل البيئية الناتجة عنها، ومن أهم هذه الاتجاهات العمارة الخضراء، العمارة ذاتية الإمداد بالطاقة، المبنى صفري الطاقة Zero energy building، العمارة الموفرة للطاقة...الخ

٢-٦-٣ استهلاك الطاقة في المباني

إن التقدم التقني جعل من مسألة توفير البيئة الملائمة في المباني أمرا ممكناً، وخاصة بعد ظهور وسائل السيطرة الميكانيكية والتي اعتمدت وبشكل كبير من قبل المعماري في تصميم مبانيه، ويشكل قطاع المباني نسبة مهمة من إجمالي الاستهلاك.

تفرض احتياجات الطاقة في المناطق الحضرية عبئاً ضخماً على الاقتصاد والبيئة، فالمباني في البلاد الصناعية تستهلك من ٥٠—٥٣% من ميزانيات الطاقة القومية، معظمها لتدفئة وتبريد الفراغات العمرانية

وتسخين المياه والتبريد، والإضاءة والطهي، وفي معظم العالم النامي غالباً ما يكون نصيب المباني من إجمالي الطاقة أعلى بكثير فنجد قطاع البناء يستهلك نصف استهلاك الطاقة الكلي.

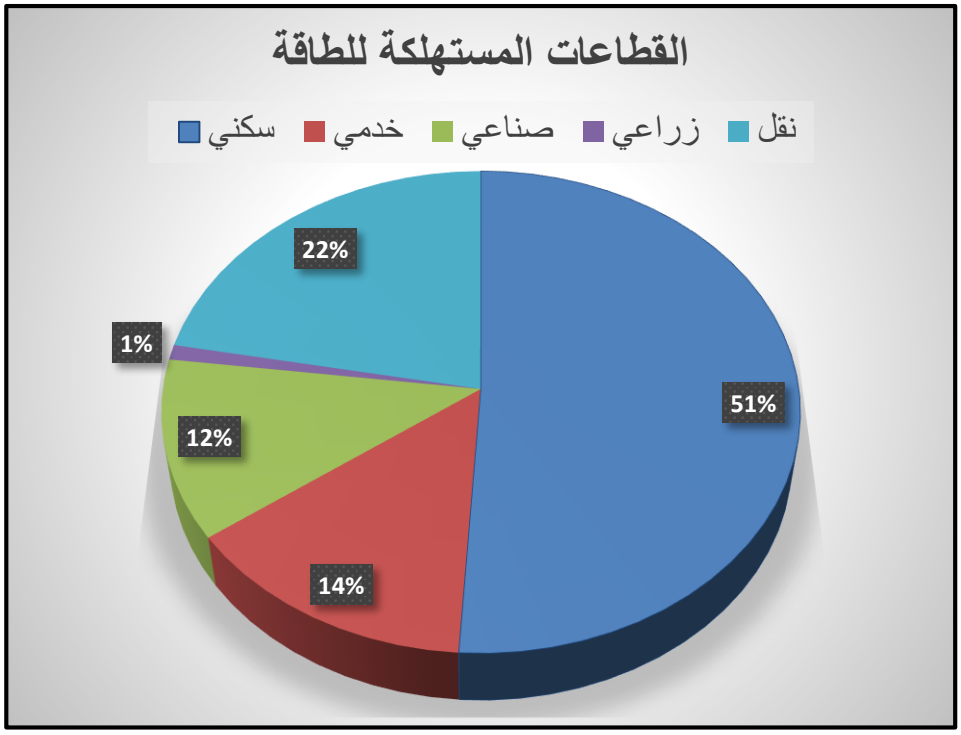
من العوامل الهامة التي تؤثر على استهلاك الطاقة في المباني ويجب مراعاتها عند التصميم هي: تصميم المبنى، ومواد انشائه، وكيفية معالجة الخدمات (أداء المبنى)، وسلوك المستخدمين.

٢-٦-٤ الطاقة في السودان

يقع السودان في الجزء الشمالي الشرقي من القارة الأفريقية، بين دائرتي العرض ٤ و٢٢ شمال خط الاستواء وخطي الطول ٢٢ و٣٨. يحتل مساحة قدرها ١,٨٦٥,٨١٣ كيلو متر مربع ، يبلغ عدد سكانه ٣٣,٤١٩,٦٢٥ نسمة.

يمتاز السودان بتعدد مصادر الطاقة الطبيعية غير ان معظمها لم يستغل حتى الآن، ومن أهم مصادر الطاقة هو وقود الكتلة الإحيائية (حطب، فحم، مخلفات زراعية ...الخ)، و يتمتع بمخزون هائل من المصادر المائية اللازمة لتوليد الطاقة الكهربائية، وكذلك الحال بالنسبة لمصادر الطاقات المتجددة (طاقة شمسية، طاقة رياح، والمساقط المائية الصغيرة، مصادر المياه الجوفية ... الخ). يشكل وقود الكتلة الإحيائية (حطب، فحم، مخلقات زراعية) اكبر المصادر للطاقة حيث يشكل ٦٧% من إجمالي إمداد الطاقة لعام ٢٠٠٥ للطاقة.

يوضح الشكل (٢-١٠) القطاعات المستهلكة للطاقة في السودان و التي تتمثل في :القطاع الصناعي١٢%، القطاع السكني٥١%، قطاع النقل٢٢%، قطاع الخدمات١٤% والقطاع الزراعي١%. (وزارة الطاقة و التعدين ٢٠١٢، ص١٦)



شكل (٢- ١٠) يوضح القطاعات المستهلكة للطاقة في السودان

المصدر: الباحث

نتيجة للنهضة العمرانية التي تشهدها مدينة الخرطوم، فقد انتشر استخدام الزجاج في بناء واجهات المباني – خاصة الإدارية منها– حتى أصبحت معظم المباني الإدارية التي شيدت خلال السنوات الأخيرة ذات واجهات زجاجية تمامًا، أو يكسو معظم واجهاتها الرئيسية الزجاج، تبرز سلبية استخدام الزجاج في واجهات المباني في ارتفاع تكلفته مقارنة بمواد البناء الأخرى إلى جانب حاجته المستمرة إلى التنظيف وكونه يزيد من الحمل الحراري داخل المبنى خاصة في بيئة الخرطوم و مناخها الحار.

واقع استهلاك الطاقة في المباني في الخرطوم يشير إلى إن معظم الطاقة المستهلكة تكون لأغراض التبريد وذلك بسبب طبيعة مناخ الخرطوم المتميز بكبر نطاق الأشهر الحارة على الباردة، ومع تنامي الطلب على وسائل التبريد الميكانيكية والتي تستهلك طاقة كهربائية كبيرة نسبيا ظهرت مشكلة في زيادة معدلات استهلاك الطاقة في المباني لتوفير الراحة الحرارية .

٢-٧ الخلاصة

إن عدم مراعاة المصمم لتفاعل المبنى مع الظروف المناخية المحيطة به وتأثيرها على تحديد المناخ الداخلي ونوعية المعالجة التي يحتاجها، كذلك عدم مراعاة العوامل التي يعتمد عليها ذلك التفاعل والتي من أهمها عناصر الغلاف الخارجي للمبنى والخصائص الفيزيائية؛ جعلت الفراغات الداخلية للمباني تعتمد على الوسائل الميكانيكية لتوفير الراحة الحرارية المطلوبة للإنسان. هذه الوسائل الميكانيكية أدت إلى ارتفاع معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية وخصوصا لأغراض التبريد، وبالتالي ازدادت تكلفة الطاقة على المستخدم وعلى الشركات المنتجة للطاقة، لذلك فإن ترشيد استهلاك الطاقة يجب ان يكون في قمة سلم الأولويات عند البدء بتصميم أي مشروع معماري.

الفصل الثالث

المناخ و الغلاف الخارجي للمبنى

٣-١ مقدمة

يتم في هذا الفصل عرض لمفهوم الغلاف الخارجي للمبنى، و عناصره، و كيفية تأثره بالمناخ المحيط به و دوره في تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في التكييف. و يعرض أساليب المعالجات المناخية- المعمارية التي يمكن تطبيقيها لعناصر الغلاف الخارجي للمبنى (الحوائط- الأسقف – الفتحات) في المناطق ذات المناخ الحار –الجاف، كما يعرض نماذج متعددة لمباني طبقت فيها المعالجات المناخية- المعمارية المختلفة.

٣-٢ الغلاف الخارجي للمبنى

تعتبر المباني بصورة عامة منشآت ثابتة، في حين يمكن لغلافها البنائي أن يصبح ديناميكيًا وحساسا لتغيير المتطلبات والظروف البيئية، فيسمح تارة بدخول المصادر البيئية الخارجية كالحرارة، والضوء، والهواء، والصوت، ويحجبها تارة أخرى.

يعمل كل عنصر في الغلاف البنائي كحاجز مستقر مثل الجدران المألوفة، وكعنصر تحول وانتقال مثل النوافذ والأبواب، أو كمنظم معدل مثل الكاسرات الشمسية المتحركة، وإذا كانت الظروف المناخية الخارجية شديدة ومزعجة، فإن غلاف المبنى الملائم يكون بهيئة حاجز مستقر .أما في الظروف المناخية التي تكون مرغوبة أحيانا، وغير مرغوبة أحيانا أخرى، فإن الغلاف البنائي يفترض أن يكون ديناميكيا يمكن ضبطه والتحكم فيه، فيصبح ببساطة إطار بنائي مفتوح لذا يمكننا تشبيه المبنى بكائن حي يتفاعل مع البيئة المحيطة من خلال سلوكه الحراري إذ يؤثر فيها وتؤثر فيه، ويحقق المبنى توازنا حراريا من خلال تصميمه بطريقة مرنة ومن خلال غلافه البنائي الذي له الدور الأساس في عمليات السيطرة الحرارية للبيئات الداخلية للمبنى، ويمتاز الغلاف البنائي بديناميكة ومرونة عالية وتغيير مستمر والتي تحدث كرد فعل وإستجابة للتأثيرات المناخية الخارجية والمتقلبة في المناطق الحارة – الجافة وصولا لتخفيض الأحمال الحرارية المسلطة على المبنى، ومن ثم تحقيق أقصى حالات الراحة الحرارية في بيئته الداخلية.

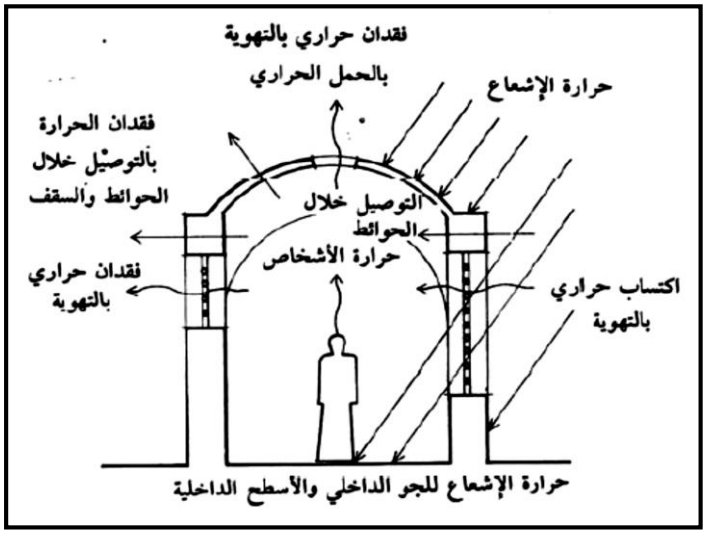
٣-٢-١ عناصر الغلاف الخارجي للمبنى

الغلاف الخارجي لأى مبنى أو فراغ عمراني ما هو إلا تعبير مباشر عن العنصر الوظيفى خلف هذا الغلاف، وكذلك العنصر الإنشائى المستخدم فى المبنى سواء كان فى الخرسانة المسلحة أو الزجاج أو غير ذلك من مواد الإنشاء المختلفة، ويعتبر الغلاف الخارجي للمبنى حلقة الوصل ما بين الداخل والخارج سواء اتصال الداخل بالخارج كالرؤية أو دخول وخروج المبنى واتصال الخارج بالداخل سواء بالتأثر بالضوضاء أو الحرارة أو ما غير ذلك من العوامل الخارجية التى تؤثر على الفراغ الداخلي.

يتكون الغلاف الخارجي للمبنى من ثلاثة عناصر رئيسة و هي الأسقف، الحوائط الخارجية، و الفتحات الخارجية (الأبواب و الشبابيك و الواجهات الزجاجية)، لهذه العناصر دور في الانتقال الحراري بين خارج و داخل المبنى و توفير بيئة داخلية جيدة، لذلك يجب مراعاة تصميمها بصورة تقلل الانتقال الحراري من و إلى الفراغ و بالتالي المساعدة في خلق بيئة مريحة لمستخدمي المبنى.

٣-٢-٢ الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخلي للمبنى

تنتقل الحرارة بين المبنى والبيئة المحيطة به من خلال مختلف عناصر ومكونات الغلاف البنائي (الحوائط و الأسقف و الفتحات الخارجية)، حيث يتعرض المبنى يوميًا لكافة أنواع الإنتقال الحراري وبأطوراه المعروفة والتي قسمت إلى أطوار الحرارة المحسوسة (التوصيل الحراري- الحمل الحراري- الإشعاع الحراري)، و أطوار الحرارة الكامنة (التبخير و التكثيف). أنظر الشكل (٣-١).



شكل (٣- ١) يوضح انتقال الحرارة عبر الغلاف الخارجي للمبنى
المصدر: فتحي ١٩٨٨، ص ٦٣

وتلعب طبيعة ونوعية و سمك الجدار الخارجي للمبنى دورًا أساسيًا في التأثير على كمية الحرارة المكتسبة الى داخل المبنى صيفًا أو تسربها الى خارج المبنى شتاءا، لذا فإن فاعلية أداء الغلاف البنائي تعد أحد العوامل الأساسية في التحكم في درجات الحرارة داخل المبنى ويعتمد التجاوب الحراري لأي غلاف بنائي على قابلية عناصره في كسب أو فقدان الحرارة لمختلف فصول السنة.

ويحدث الإنتقال الحراري عبر غلاف المبنى بسبب إختلاف درجات حرارة السطحين الخارجي والداخلي للغلاف، فتنتقل الحرارة من السطح ذي درجة الحرارة الأعلى الى السطح ذي درجة الحرارة الأقل، واعتمادًا على الإنتقالية الحرارية بين السطحين و التي تأخذ شكلين أساسيين هما الكسب الحراري من خارج المبنى الى داخله والفقدان الحراري من داخل المبنى الى خارجه وصولا إلى الموازنة الحرارية بين البيئتين الداخلية والخارجية .وكفاءة أداء الغلاف البنائي الذي يقوم بدور المنظم والصمام الحراري بين البيئتين الخارجية والداخلية للمبنى تتحقق من خلال تصميمه الصحيح الذي يضمن توفير درجات حرارة ملائمة داخل فضاء المبنى وتقليل الحمل الحراري المرتبط مباشرًة بعمليات الكسب والفقدان الحراري عبر مكونات الغلاف البنائي.

وبهذا فإن غلاف المبنى يمثل المنظومة الحرارية للمبنى والمعرضة لجميع الأحمال الحرارية الخارجية، فهو يتحكم ويسيطر على جميع أساليب السيطرة الحرارية المنظمة للبيئة الداخلية للمبنى وصولا الى حدود الراحة الحرارية لشاغليه، إذ تحدث خلاله جميع صيغ إنتقال الحرارة من الداخل للخارج والعكس، ومن خلال كفاءته الأدائية تتم السيطرة المناخية بمستوياتها المختلفة داخل المبنى.

٣-٢-٣ التصميم الحراري لغلاف المبنى

إن استعمال وسائل وأساليب التصميم المناخي يحسن الأداء الحراري للمبنى مما يزيد من توفير الطاقة ورفع مستوى الارتياح الحراري، و أهم هذه الأساليب هو التصميم الحراري المناسب لغلاف المبنى والذي يشمل كافة العناصر الإنشائية الخارجية التي تحده بالبيئة الخارجية من أهم الوسائل المتبعة في ترشيد استهلاك الكهرباء. ويؤدي التصميم الحراري الصحيح إلى خفض الأحمال الحرارية والتبريدية والتي يتحدد

بموجبها استخدام أجهزة تكييف ذات كلفة رأسمالية وتشغيلية منخفضة تحقق الهدف في توفير الجو الصحي المريح داخل المبنى. ويشكل العزل الحراري للعناصر الإنشائية الخارجية واختيار النوافذ الخارجية المناسبة من حيت النوع والمساحة والاتجاه الجغرافي واحكام إغلاق فواصلها أمام تسرب الهواء من خلالها عاملا مهما في التصميم الحراري للوصول إلى هذا الهدف بطريقة اقتصادية فعالة.

٣-٢-٣-١ أهداف التصميم الحراري لغلاف المبنى

يهدف التصميم الحراري للمباني إلى تحقيق ما يلي:

- 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.
- توفير الطاقة المستخدمة لأغراض التدفئة والتبريد.
- 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 الناتجة عن ذلك.
- تخفيض تكاليف الصيانة الناتجة عن أضرار الرطوبة والاجهادات الحرارية للمباني.
- تخفيض تكلفة أجهزة التدفئة والتبريد وتكاليف صيانتها.

يتضح من الأهداف المذكورة أعلاه أن التصميم الحراري للغلاف الخارجي للمباني هو استثمار اقتصادي يؤدي إلى توفير الطاقة والمال، بالإضافة إلى كونه ضرورة لا يمكن الاستغناء عنها لتحقيق متطلبات الراحة الحرارية لمستخدمي المباني، كما يؤدي إلى رفع القيمة الانتاجية للمبنى ويزيد من العمر التشغيلي له بحمايته من أضرار وتأثيرات البيئة الخارجية. (*عالم الكهرباء و الطاقة ٢٠١٣*)

٣-٣ المعالجات المناخية المعمارية للمباني في المناطق الحارة – الجافة

تعتبر عمارة المناطق الحارة ذات طابع مميز، وقد تختلف من منطقة إلى أخرى في البلد الواحد، وتختلف من بلد إلى آخر بالكرة الأرضية ، وذلك طبقاً لمواد البناء والعادات والتقاليد ، ولكن يظل الهدف واحد وهو الحماية من الشمس والإشعاع ومحاولة تحقيق الإظلال وتخفيض درجات الحرارة داخل المباني. و فيما يلي تجميع لطرق المعالجات المناخية المعمارية التي تحقق هذا الهدف ، و يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أجزاء: معالجات الكتلة، معالجات عناصر غلاف المبنى (الأسقف- الحوائط- الفتحات الخارجية)، و معالجات أنظمة التهوية الطبيعية.

٣-٣-١ معالجات الكتلة

أ. **التوجيه:** تنحصر محددات اختيار توجيه المبنى في المناطق الحارة – الجافة بعاملين أساسيين الإشعاع الشمسي الساقط على عناصر المبنى الخارجية، و سرعة الرياح السائدة واتجاهها وأثرها على معدل التهوية بالفراغات الداخلية للمبنى. فالتوجيه الأمثل يعمل على تقليل كمية الإشعاع إلى أقل ما يمكن أثناء فترات الحرارة الزائدة في السنة بينما يسمح في الوقت نفسه بأكبر كمية إشعاع تدخل فراغات المباني أثناء الفترة الباردة. وللتوجيه دور أساسي في الحماية من العواصف الترابية والرملية التي تهب على الإقليم، ويتم ذلك بتحديد الواجهات المقابلة لهذه العواصف وتصميمها بطرق خاصة، مع تقليل الفتحات التي تتسبب في دخول الأتربة وتسربها داخل المبنى.

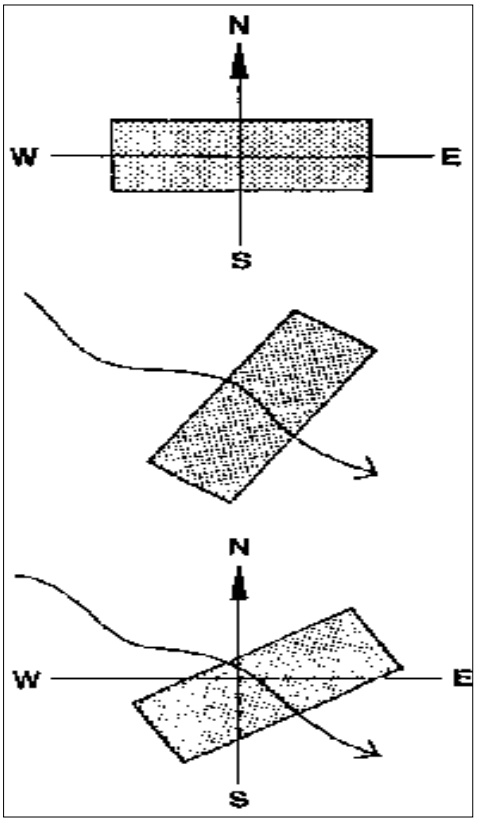
في حالة المباني منخفضة الارتفاع فإن الحوائط تتعرض للاشعاع الشمسي بنسبة أقل من السقف؛ فيكون التوجيه وفقا لاتجاه الرياح هو المستحسن، أما في حالة المباني المرتفعة فيكون التوجيه وفقا لعامل الحماية من الإشعاع الشمسي. التوجيه الأفضل في المناطق الحارة – الجافة يكون باتجاه الشمال و الجنوب مع ميلان بزاوية ٢٥° باتجاه الجنوب الشرقي، كما يوضح الشكل (٣-٢).

and Ackerknecht 1993 (*Gut*)

الواجهة الشمالية هي الأقل تعرضا للشمس، فإنها لا تتعرض للشمس إلا في ساعات النهار المبكرة و المتأخرة من أيام الصيف التي تكون فيها زاوية عن الأفق منخفضة، و من مزايا الفراغات التي تقع في الواجهة الشمالية أن التنوير ينتشر فيها بشكل متساو، مما يجعلها مثالية لغرف العمليات و الفصول المدرسية.

أما الواجهة الجنوبية في فصل الصيف، الشمس تكون عالية جدا فوق الأفق فيمكن بالتالي تظليل الواجهة بسهولة باستخدام مظلات بارزة منخفضة. أما في فصل الشتاء فتنفذ أشعة الشمس إلى الداخل مباشرة لأن زاوية الارتفاع عن الأفق تكون صغيرة، فتدفئ الفراغ الداخلي. من مساوئ التعرض الجنوبي عدم هبوب الرياح عليه لأن الرياح في نصف الكرة الأرضية الشمالي يكون شماليا.

تتعرض الواجهة الشرقية لأشعة الشمس منذ شروق الشمس و حتى الظهر فقط، و تفقد الجدران الكثير من حرارتها بحلول المساء مما يجعلها أكثر ملاءمة من الجهة الغربية لحجرات النوم في المساكن. أما الواجهة الغربية تتعرض للإشعاع المباشر في الوقت الذي يكون فيه الإشعاع الشمسي في ذروته.



شكل (٣- ٢) يوضح التوجيه الأمثل للمباني في المناطق الحارة – الجافة

(Gut and Ackerknecht, 1993)

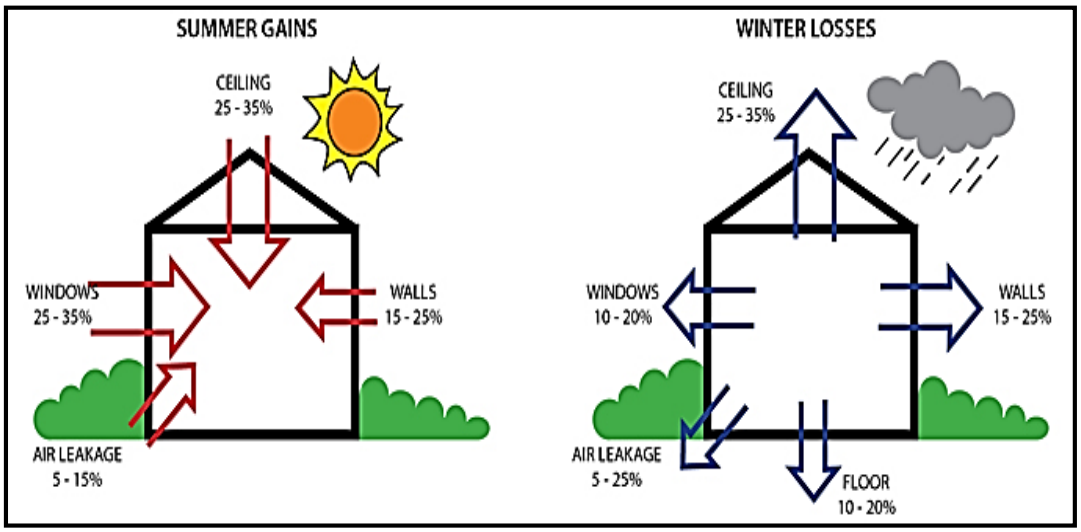
التشكيل: يؤثر شكل المبنى الهندسي سلبا أو إيجاباً على كسب الحرارة وفقدانها من خلال العناصر الخارجية، فكلما زادت المساحة المعرضة للعوامل الخارجية إزداد معها الفقد والكسب الحرارى. وعلى المصمم أن يراعي اختيار الشكل المناسب للمبنى بتقليل مساحة الجدران الخارجية قدر الإمكان مقابل حجم المبنى. وجد Olgyay من خلال حساباته لطاقة الإشعاع الشمسي في الظروف البيئية المختلفة أن الشكل المربع ليس الشكل الأمثل حيث يكون له النصيب الأقل من الإظلال، و يعد الشكل المستطيل و ما يقترب منه هو أقل الأشكال تأثرا بالأحمال الحرارية الصيفية، و أكثرها اكتسابا للأحمال الحرارية شتاءا باعتماد التوجيه الصحيح. (*الموسوي ٢٠٠٧، ص٥٧*)

لا يمكن اعتبار الأشكال المعمارية المناسبة في اتجاه ما هي مناسبة دائما لأن كفاءة الشكل المعماري يعتمد في كفاءته على التوجيه الجغرافي لذا فان الشكل والتوجيه غالبا ما يكونا متلازمين.

٣-٣-٢ معالجات عناصر غلاف المبنى (الأسقف-الحوائط-الفتحات الخارجية)

تقدر كمية الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة ٦٠ -٧٠% وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية. أنظر الشكل (٣-٣).

وتقدر نسبة الطاقة الكهربائية المستهلكة في الصيف لتبريد المبنى بنسبة حوالي ٦٦% من كامل الطاقة الكهربائية. (*Wikipedia, Thermal insulation 2015*)



شكل (٣- ٣) يوضح النسب المئوية للحرارة المتسربة خلال غلاف المبنى صيفا و شتاءا

المصدر: www.tipsasa.co.za/insulation-basics

٣-٣-٢-١ مواد إنشاء عناصر الغلاف الخارجي

تتعلق كمية الحرارة المتنقلة عبر عناصر المبنى الخارجية بشكل رئيسي بالخصائص الحرارية للمواد التي تتكون منها هذه العناصر وسماكاتها وتعرض سطوحها الخارجية للعوامل الجوية المؤثرة. ويمكن الحكم على مدى فقدان الحرارة من المبنى ومستوى أدائه الحراري بقيم الانتقالية الحرارية لعناصره الإنشائية التي تشكل الغلاف الخارجي، لذلك يجب بذل عناية كبيرة في اختيار مواد الحوائط والاسقف وسمكها بحيث يتناسب ذلك مع خواصها الفيزيائية من حيث الكثافة، و الموصلية الحرارية: و هي مقياس لقابلية انتقال الحرارة بالتوصيل خلال المادة. و السعة الحرارية: و هي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة، فهي مؤشر على قدرة المواد على تخزين الطاقة.

وقد اثبتت التجارب ان الطوب الطيني ملائم جدا لتوفير شروط الراحة المتعلقة بالمحيط الحراري، و تشكل المواد الثقيلة كالحجارة و الرخام والطوب الإسمنتي أمثلة للمواد ذات الاختزان العالي للحرارة وهي بذلك مواد ذات كتلة حرارية عالية، فنجد أن الجدران التقليدية ذات الواجهات الحجرية وجدران الطوب الاسمنتية من العناصر ذات الاختزان العالي للحرارة، إلا أن هذه العناصر الإنشائية في نفس الوقت عالية التوصيل للحرارة بحيث تتطلب عزلا حرارياً في حال تزويدها بأنظمة تدفئة أو تبريد لتحسين أدائها الحراري في حفظ الطاقة.

إن حسن اختيار مادة انشائية مناسبة للغلاف الخارجي للمبنى لا يعني التخلص كليا من الحرارة النافذة عبر العناصر الإنشائية، و على المهندس اختيار وسائل مساعدة و معالجات للحد من الحرارة النافذة إلى داخل المبنى، ويعتبر العزل الحراري للعناصر الخارجية من أهم العوامل المؤثرة في زيادة المقاومة الحرارية وبالتالي خفض قيمة الانتقالية الحرارية لهذه العناصر. فكلما قلت هذه القيمة كلما زادت قدرة العزل الحراري للمبنى بتقليل الحرارة المفقودة من المبنى في فترة التدفئة والحرارة المكتسبة في الصيف.

يبين الجدول (٣-١) بعض مواد البناء من حيث الكثافة، و السعة الحرارية، و التوصيل الحراري.

جدول (٣- ١) يوضح الكثافة، السعة الحرارية، و التوصيل الحراري لبعض مواد البناء

مواد البناء	الكثافة كغم/م^3 10^3X^3	السعة الحرارية جول/م^3/كغم (بالمليون)	التوصيل الحراري واط/م^2/م.
الاسفلت	2.11	1.94	0.75
الاسمنت	2.40	2.11	1.51
الحجر	2.68	2.25	2.19
الاجر	1.83	1.37	0.83
الطين	1.92	1.77	.84
الخشب	0.52	0.90	0.20
الحديد	7.85	3.93	53.3
الزجاج	2.48	1.66	0.74
الجبص	1.28	1.40	0.46
البوليسترين	0.02	0.02	0.03
الفلين	0.16	0.29	0.05

المصدر: (عالم الكهرباء و الطاقة ٢٠١٣)

٣-٣-٢-٢ المعالجات المعمارية للأسقف

يعتبر السقف المصدر الرئيسي للإنتقال الحراري بين داخل و خارج المبنى حيث أنه يكون أكثر عرضة لأشعة الشمس المباشرة طوال اليوم بعكس الحوائط التي تكون معرضة في أوقات لأشعة الشمس خلال عدة ساعات من اليوم و ليس اليوم كله مقارنة بالسقف طبقا للجهة التي يواجهها الحائط و حركة الشمس خلال النهار صيفا و شتاءا. و تختلف نسبة الإنتقال الحراري للمبنى من خلال السقف باختلاف مادة إنشاء السقف، فكلما كانت مواد الإنشاء ذات خاصية إكتساب و نفاذ الحرارة بسرعة مثل المواد المعدنية بصفة عامة، تكون كمية الحرارة النافذة للفراغ أكبر من كمية الحرارة النافذة خلال مواد ذات خاصية إكتساب و فقد الحرارة ببطء مثل الخرسانة أو الطوب ذات السمك الكبير.

أ. استخدام مواد عازلة للحرارة

هناك العديد من المواد التي يتم استخدامها في عزل الأسقف، و من أكثرها كفاءة في العزل الحراري هي المواد ذات الكثافة الأقل نسبة للحجم. أنظر الشكل (٣-٥) أ

ب. استخدام مواد عاكسة للتخلص من أشعة الشمس و طاقتها الحرارية

يمكن دهان الأسقف بألوان فاتحة لتعكس أشعة الشمس و بالتالي تقليل الحرارة النافذة للسقف. أنظر الشكل (٣-٥) ب. و بشكل عام فالمواد العاكسة للحرارة تكون فعالة فقط في المناطق الحارة و بدرجة محدودة.

ج. تكوين فراغ هوائي عازل

يعتبر الهواء عازل حراري جيد، و عليه يمكن الاستفادة من هذه الخاصية بترك فراغ هوائي بين السقف الأساسي للمبنى و سقف آخر ثانوي ليقلل من انتقال الحرارة لداخل المبنى، و من المهم في هذه الطريقة عمل فتحات لمرور التيارات الهوائية لتغيير الهواء بين الطبقتين حتى يستبدل الهواء المحمل بالحرارة بهواء خارجي، مثال على هذه الطريقة استخدام الطوب الإسمنتي المفرغ على سقف المبنى فيعمل على العزل الحراري و تعتمد على سمك الطوب المستخدم. أنظر الشكل (٣-٥) ج

د. تكوين السقف من بلاطتين منفصلتين

يتم في هذه الحالة إنشاء السقف من بلاطتين منفصلتين مما يؤدي إلى حركة الهواء بينهما، حيث تقوم البلاطة العلوية بدور المظلة فتؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الهواء أسفلها عن الهواء الخارجي مما يولد منطقة ضغط منخفض أسفل البلاطة العلوية و منطقة ضغط مرتفع في الخارج، مما يؤدي لحركة الهواء من منطقة الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض، و بالتالي التخلص من أي حرارة نافذة عبر السقف العلوي و عدم نفاذيتها خلال البلاطة السفلية. أنظر الشكل (٣-٥) د

هـ. تظليل السقف بوسائل مختلفة كالحدائق السطحية

تكمن فائدة طريقة الحدائق السطحية في أن التربة عازل جيد للحرارة، و من ناحية أخرى أن النباتات تظلل السقف و برشها بالماء تبرد الهواء الملامس للسقف. تتطلب هذه الطريقة بنية إنشائية خاصة لضمان تحمل السقف لهذه الأثقال و منع تسرب الماء. أنظر الشكل (٣-٤)

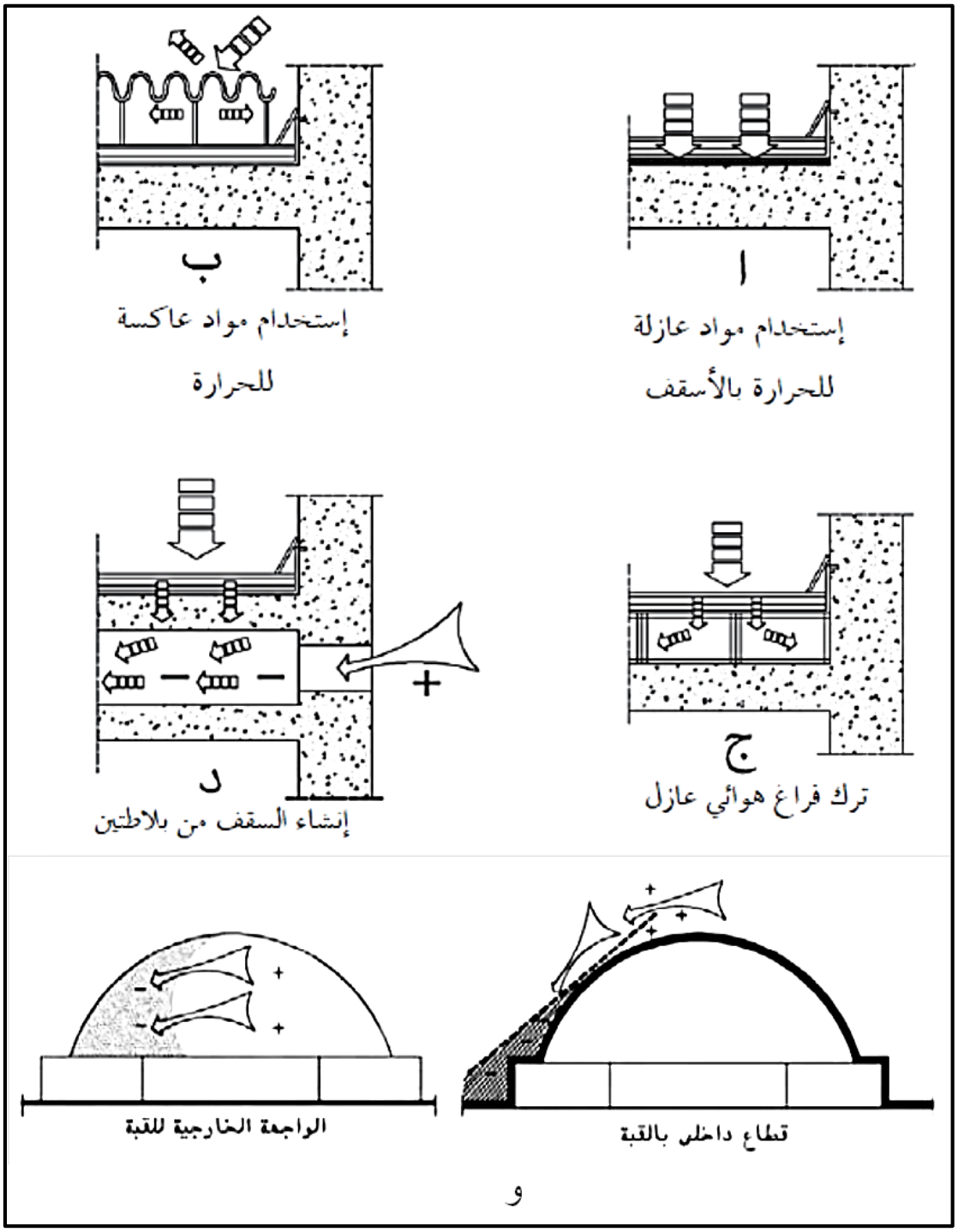
كما بالإمكان استخدام رشاشات المياه فوق السقف، حيث يتم خفض درجة حرارة السقف نتيجة للتبخر.

شكل (٣- ٤) يوضح استخدام الحدائق السطحية لتظليل الأسقف
(*عالم الكهرباء و الطاقة ٢٠١٣*)

و. **تشكيل السقف**

للسقف المائل أو المنحني مزايا عديدة تجعله أفضل من السقف المنبسط، أولها الزيادة الملحوظة في ارتفاع جزء من المساحة الداخلية مما يوفر مكانا لحركة الهواء الدافئ الصاعد من أسفل، و ثانيها الزيادة في مجمل مساحة السقف مما يؤدي إلى توزيع شدة الإشعاع الشمسي على مساحة أكبر فيقل بالتالي متوسط الزيادة في حرارة السقف، و متوسط انتقال الحرارة إلى الداخل، بالإضافة إلى أن جزء من السقف يكون مظللا في معظم ساعات النهار، فيعمل كمشع للحرارة إذ يمتص الحرارة من الجزء المعرض لأشعة الشمس و من الهواء في الداخل، ثم يشعها للهواء الخارجي الأكثر برودة الواقع في ظل السقف، يكون هذا

الأمر فعالا بشكل خاص في الأسقف التي تكون على شكل نصف اسطوانة أو الأسقف المقببة، في هذه الحالة يكون جزء من السقف مظللا دائما إلا في وقت الظهيرة. أنظر الشكل (٣-٥) و



شكل (٣- ٥) يوضح معالجات الأسقف لتجنب الأحمال الحرارية الزائدة

المصدر: العيسوي ٢٠٠٣، ص ٧٣

٣-٣-٢-٣ المعالجات المعمارية للحوائط

تتعرض الحوائط لكمية أشعة شمسية أقل من السقف نظرا لاختلاف زاوية تعرضها لأشعة الشمس حسب اختلاف ساعات النهار و فصول السنة، بالإضافة لكونها رأسية فتكون الحرارة المكتسبة في هذه الحالة أقل مما يكتسبه السقف من الحرارة ذاتها، تشمل المصادر الحرارية التي تتعرض لها الحوائط الخارجية أشعة الشمس المباشرة، و أشعة الشمس المنعكسة من الأرض و الأسطح المحيطة بالمبنى، و الحمل الحراري الناتج من الهواء الساخن القريب من سطح الأرض. معالجات الحوائط تشبه إلى حد كبير معالجات الأسقف، و من أمثلتها:

أ. استخدام المواد العازلة للحرارة مثل الصوف و اللباد و الفلين و غيرها.

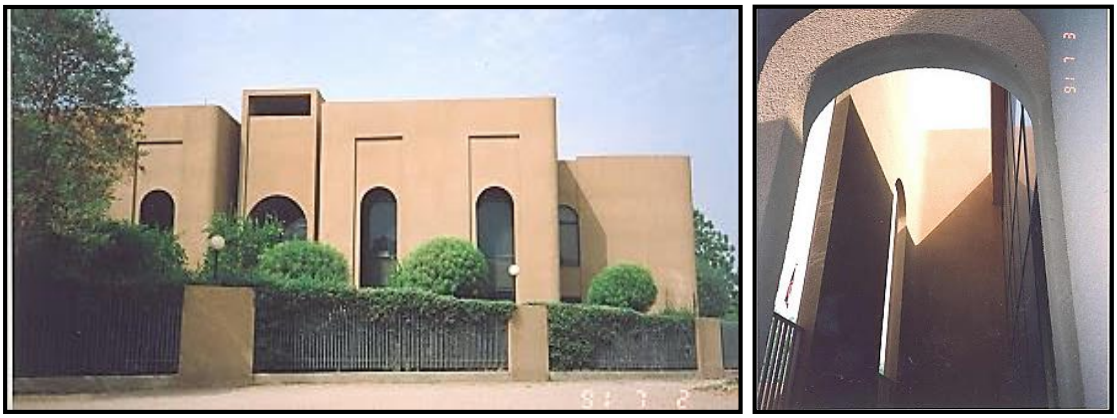
ب. التظليل باستخدام الأشجار و النباتات الطبيعية.

ج. استخدام البروزات في الأدوار، و التراجعات و كاسرات الشمس، و مواد ذات ألوان فاتحة و سطح خشن. أنظر الشكل (٣-٦)

شكل (٣- ٦) استخدام البروزات و كاسرات الشمس و الألوان الفاتحة كمعالجات للحوائط

المصدر: http://images.adsttc.com

د. إنشاء الحوائط من مواد بطيئة الإكتساب و الإنتقال الحراري، و استخدام حوائط مزدوجة تسمح بمرور الهواء بينها و تجديده و تقليل الحمل الحراري النافذ إلى داخل الفراغ.



شكل (٣- ٧) الحوائط المزدوجة في واجهات المبنى
المصدر: http://fathibashier.blogspot.com

٣-٣-٢-٤ المعالجات المعمارية للفتحات الخارجية و الواجهات الزجاجية

يحتاج الإنسان لإدخال الإضاءة الطبيعية و التهوية للمبنى عبر النوافذ، و لتحقيق ذلك يستخدم الزجاج في الواجهات كفاصل بين الداخل و الخارج، مما يسبب إشكالية عدم عزل الزجاج للحرارة و البرودة لقلة سماكته و كثافته العالية فيكون العزل ضعيفا عبر النوافذ، لذلك تعتبر الفتحات الخارجية هي المصدر الرئيسي لنفاذ الحرارة إلى داخل الفراغ نظرا لرقة سمكها حيث أن غالبيتها من الألواح الزجاجية مما يستوجب معه مراعاة تصميمها بصورة شاملة، فنسبة الفتحات في الواجهة تختلف تبعا لتوجيه هذه الواجهة، فيجب تقليل مساحة الفتحات في واجهات معينة و زيادتها في واجهات أخرى طبقا لحركة الشمس صيفا و شتاءا.

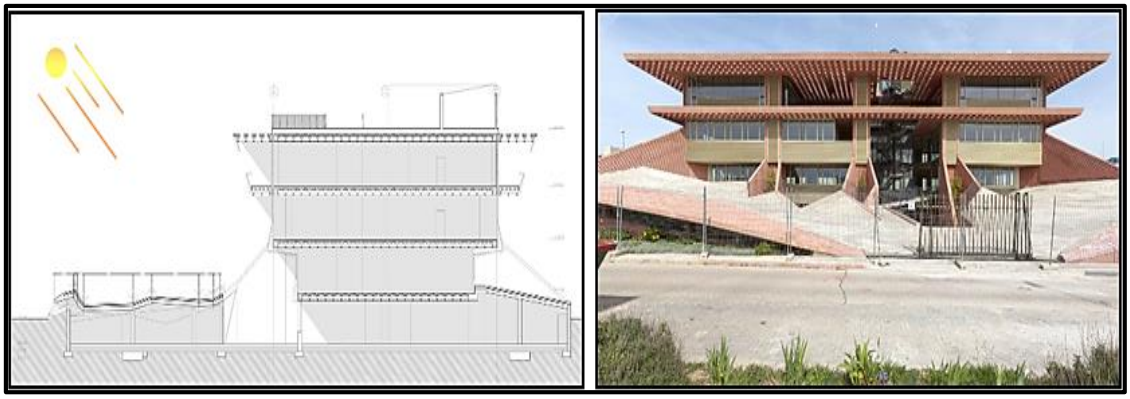
يجب على المعماري دراسة الواجهات و الحمل الحراري على كل واجهة من واجهات المبنى و تصميم الفتحات طبقا لهذه الدراسة ليقلل الحمل الحراري النافذ لداخل أو خارج المبنى، فالتوزيع الذكي للنوافذ والفتحات السماوية واستخدام الزجاج العاكس والعازل للحرارة والأبواب والجدران العازلة واعتماد التقنيات الحديثة للتدفئة والتكييف، يمكن أن يوفر ما بين ٢٥% إلى ٥٠% من استهلاك الطاقة. (*الشيمي٢٠١٣*)

فيما يلي عرض للمعالجات المعمارية التي يمكن استخدامها للفتحات الخارجية لتقليل الحرارة النافذة خلالها لداخل المبنى:

أ. اختيار المواقع المناسبة للنوافذ الأفقية والطولية، و توقيع النوافذ داخل سمك الحائط، و تقليل مساحة الواجهات الزجاجية في الواجهتين الشرقية و الغربية.

ب. استخدام كاسرات الشمس، وهي شرائح خارجية ثابتة أو متحركة، افقية أو رأسية، توضع على فتحات المبنى وفقا لحسابات ميل أشعة الشمس لمنع الأشعة من النفاذ للمبنى ساعة الظهيرة و اشتداد درجات الحرارة، و تنقسم كاسرات الشمس إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي: (*Wikipedia, passive solar building design, 2016*)

- **كاسرات الشمس الأفقية** وتستعمل بنجاح للفتحات الجنوبية التي تتعرض لاشعة الشمس المباشرة في فترة منتصف النهار وتكون زاوية سقوط الشمس مرتفعة في الصيف ومنخفضة في الشتاء. يوضح الشكل (٣-٨) كاسرات أفقية لتظليل واجهات زجاجية كاملة.



شكل (٣- ٨) يوضح نموذج لتظليل واجهات زجاجية باستخدام كاسرات أفقية
المصدر: www.archdaily.com

- **كاسرات الشمس الرأسية** و تستعمل للفتحات الغربية، وهي من أصعب الواجهات في معالجتها الحرارية حيث انها تتعرض لاشعة الشمس المباشرة في أعلى درجات حرارتها لذلك. أفضل الوسائل المعمارية هو استعمال كاسرات شمس رأسية تتحرك مع زوايا الشمس مع إمكانية أن تأخذ ميلا ناحية الشمال لإعطاء حماية أكبر من الشمس. أنظر الشكل (٣-٩)

شكل (٣- ٩) يوضح نموذج لاستخدام كاسرات الشمس الرأسية

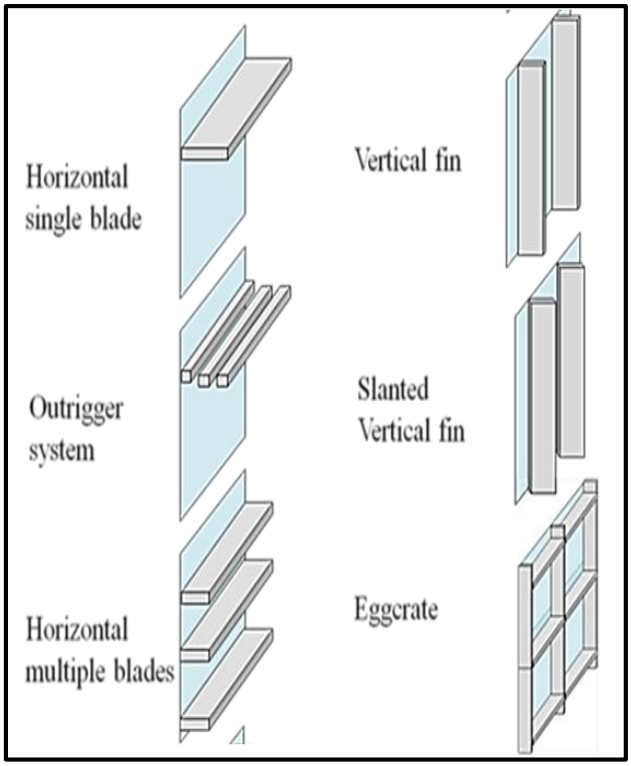
المصدر : www.aaaid.org

- **كاسرات الشمس المزدوجة**، وتستعمل عادة في الواجهة الجنوبية الشرقية، و الواجهة الجنوبية الغربية. أنظر الشكل (٣-١٠) .

شكل (٣- ١٠) يوضح كاسرات الشمس المزدوجة

المصدر :http://gbtech.emsd.gov.hk/englishl

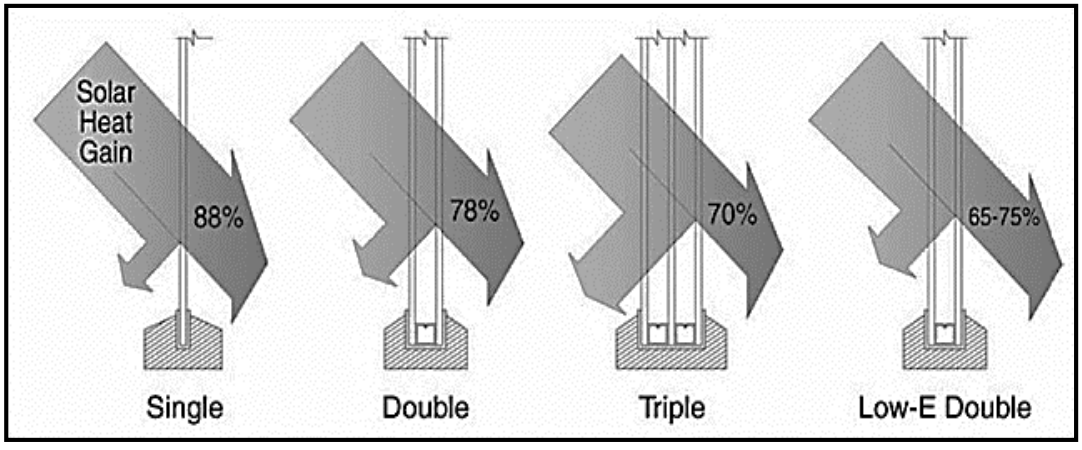
يوضح الشكل (٣-١١) أنواع كاسرات الشمس و الإتجاهات التي تستخدم فيها.



شكل (٣- ١١) يوضح أنواع كاسرات الشمس
http://gbtech.emsd.gov.hk/ green solar

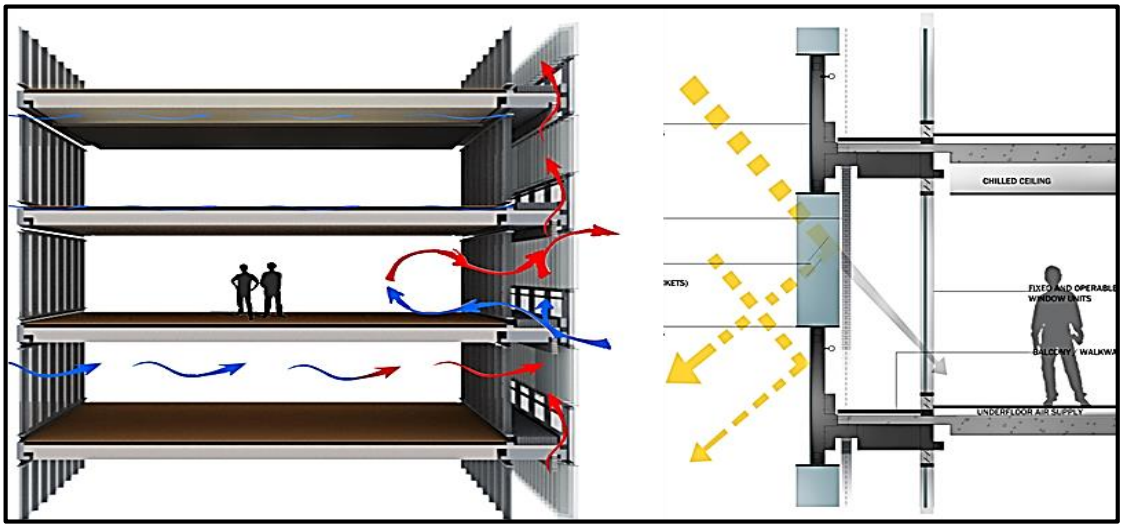
ج. استخدام البروزات لحماية الفتحات من أشعة الشمس.

د. استخدام زجاج ثنائي أو ثلاثي الطبقات للتحكم في كمية الحرارة النافذة إلى داخل الفراغ، و يمكن ملء أحد الفراغات بين طبقات الزجاج بغاز خامل. و توقيع الشباك ضمن سمك الجدار للتقليل من الطاقة المكتسبة والمفقودة. يوضح الشكل (٣-١٢) كمية الحرارة النافذة خلال طبقات الزجاج المختلفة.



شكل (٣- ١٢) يوضح كمية الحرارة النافذة خلال طبقات الزجاج
http://what-when-how.com/energy-engineering

هـ. استخدام الواجهات الزجاجية المزدوجة Double skin Facade: في الواجهة المزدوجة الغلاف الخارجي للمبنى يتكون من جزئين منفصلين بواسطة ممر فراغي من الهواء يتراوح من ١٥- ٩٠سم ، وغالباً ما تستخدم الكاسرات الشمسية بين جزئي الغلاف، ويتميز غلاف المبنى المزدوج بأنه يعمل كمنطقة حاجزة لعزل المبنى و تظليله، و يوجه الإضاءة الطبيعية داخل المبنى، و يزود كل الفراغات المحيطة بالتهوية الطبيعية من خلال الممر الفراغي الهوائي.أنظر الشكل(٣-١٣)



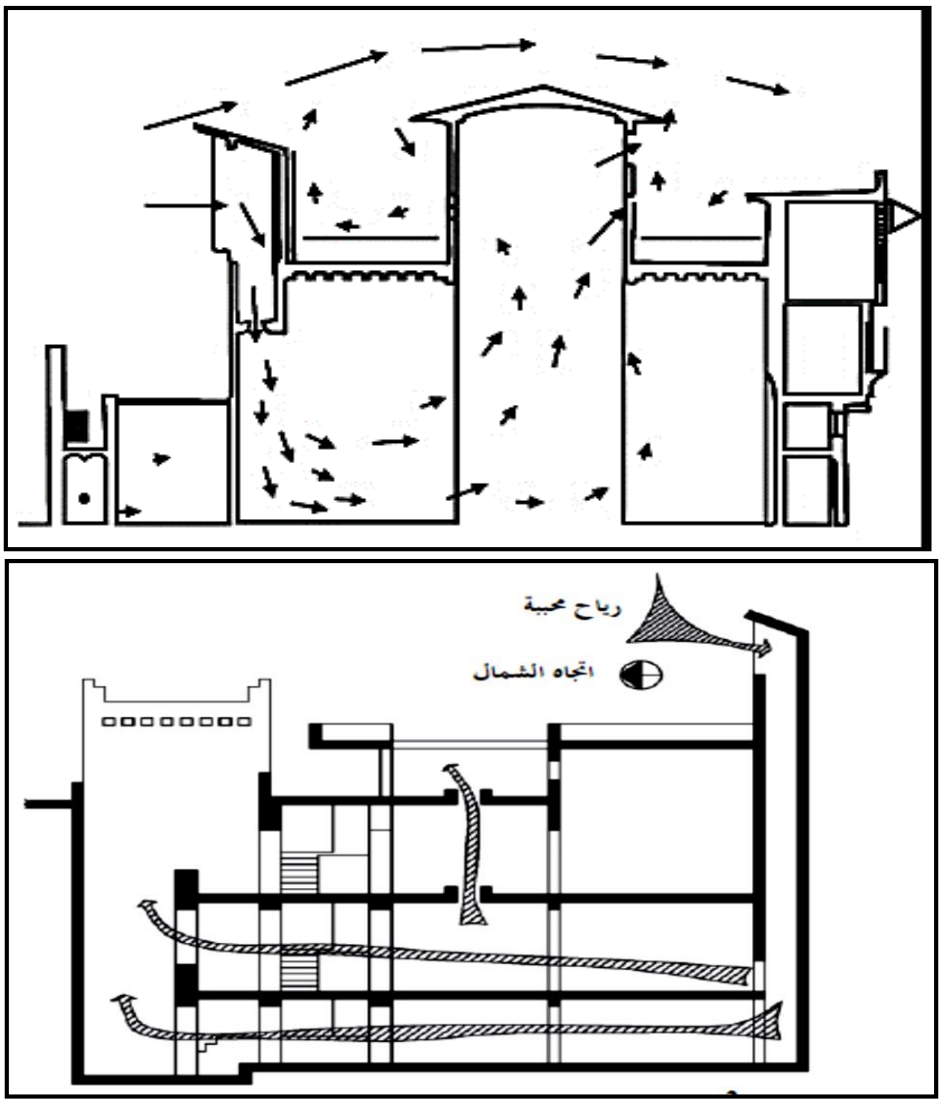
شكل (٣- ١٣) يوضح واجهة زجاجية مزدوجة
www.kanseidesign.wordpress.com

٣-٣-٣ معالجات أنظمة التهوية الطبيعية

كفاءة البيئة الداخلية للمبنى لا تكتمل بدون جودة نوعية وصفات الهواء الداخلى للمبنى من حيث سلامته صحيا، التهوية الطبيعية ضرورية لتغيير الهواء المتواجد فى المبنى و تجديده، للمحافظة على صحة المستخدمين ، و تحقيق الراحة الحرارية وتبريد المبنى.

تختص معالجات أنظمة التهوية الطبيعية بالوسائل التي تتفاعل بواسطة الهواء مع كل من البيئة الخارجية و الداخلية، إن دراسة أنظمة الهواء تؤثر في تحديد الخواص المناخية للمبنى، و عند استعمال حركة الهواء بغرض التبريد فإن التأثير المطلوب لا يأتي نتيجة معدل تغيير هواء الفراغ، و إنما يكون نتيجة لسرعة الهواء، و من العوامل المؤثرة على زيادة سرعة الهواء استخدام عناصر تصميمية مثل أبراج الرياح (الملقف)، و الشخشيخة، اللذان يعملان على خلق تيار هواء طبيعي للتهوية و التبريد داخل المبنى.

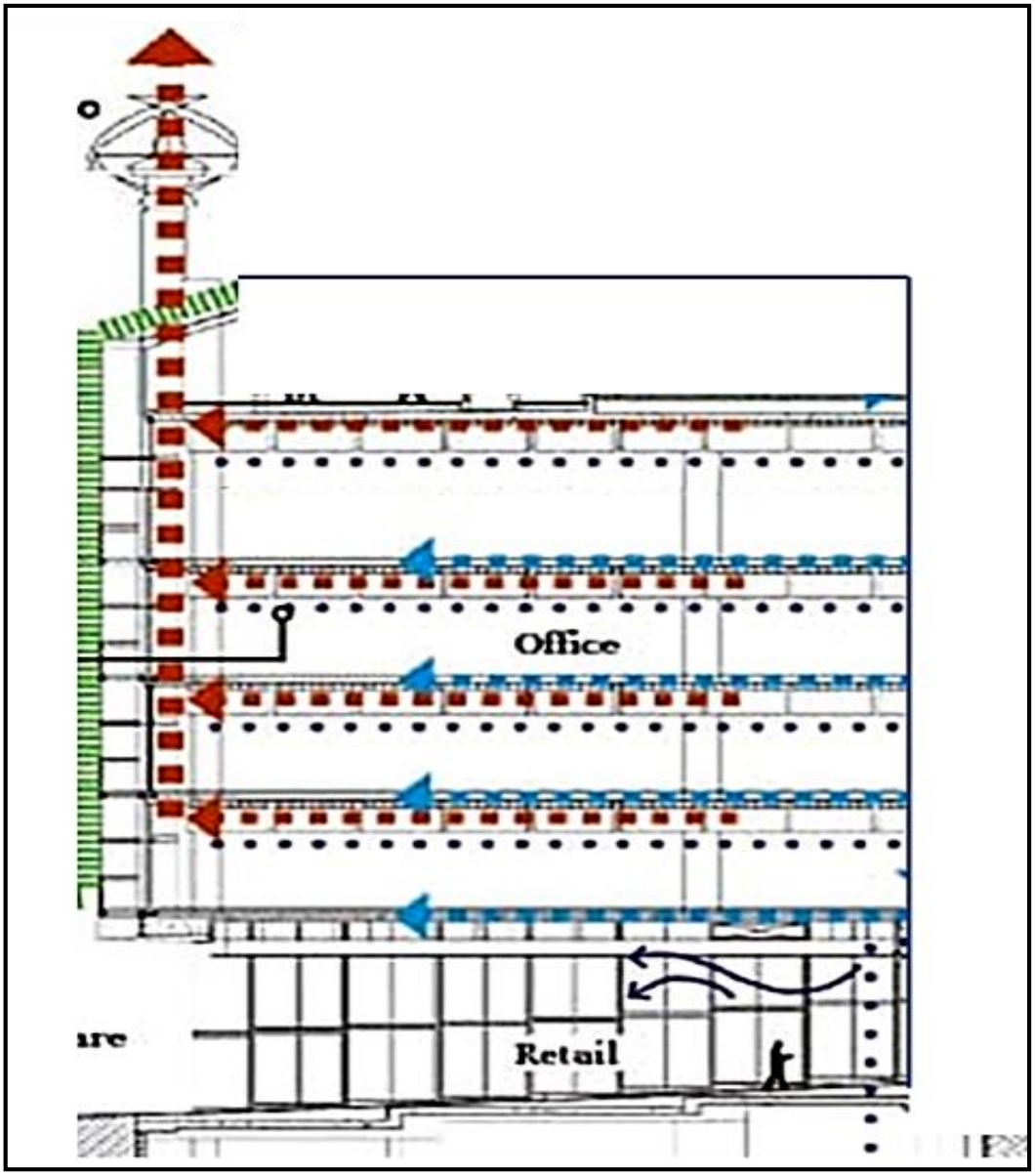
تعمل أبراج الرياح بفرق ضغط الهواء و هي تعمل بإحدى طريقتين، الطريقة الأولى سحب الهواء البارد لداخل الفراغ، ففي النهار تتواجد منطقة ذات ضغط مرتفع عند فتحة البرج الموجهة في اتجاه الرياح السائدة، في حين تكون منطقة الضغط المنخفض في الفراغ الداخلي الذي مازال الهواء به ساخنا مما يؤدي إلى انتقال الهواء إلى المنطقة منخفضة الضغط، و الطريقة الثانية طرد الهواء الساخن من داخل الفراغ، و هي تعمل بنفس فكرة المدخنة التي تسحب الهواء الساخن إلى أعلى بينما يدخل الهواء الجديد من فتحة في الجدار الخارجي، و يتم ذلك بتوجيه فتحة البرج في الاتجاه المعاكس للرياح فعندما تصطدم الرياح بحائط الملقف تتولد منطقة ضغط منخفض في الجهة المقابلة حيث فتحة البرج مما يؤدي إلى سحب الهواء من داخل الفراغ إلى أعلى ليحل محله هواء جديد رطب كما يوضح الشكل (٣-١٤)



شكل (٣- ١٤) يوضح طريقة عمل أبراج الرياح (الملقف)

المصدر : فتحي ١٩٨٨

تم تطوير ملاقف هواء مكونة من ابراج بابعاد وارتفاعات تتناسب مع المساحات المراد تبريدها، و لزيادة سرعة الهواء المتسرب إلى الخارج في الحالات التي تكون فيها قوة الدفع الحراري غير كافية يتم استخدام المراوح و التوربينات الهوائية.(ابن عوف ١٩٩٤، ص٢١٤) كما يوضح الشكل (٣-١٥)



شكل (٣- ١٥) استخدام التوربينات الهوائية في أعلى الملقف لزيادة سرعة تسرب الهواء
http://architectureau.com/articles/practice

لا يقتصر دور المعماري على تصميم العناصر المعمارية السابقة فقط بل يمتد دوره إلى تصميم ما يحيط بالمبنى من فراغات خارجية لدورها الأساسي أيضا في تخفيف الحمل الحراري الناشئ من الأشعة الشمسية و الواقع على المبنى، يتم تحقيق ذلك بعدة طرق مثل:

زراعة المسطحات الخضراء التي تساعد على امتصاص أكبر قدر من الأشعة و عدم انعكاسها من على سطح الأرض، و تساعد على ترطيب الهواء، كما يساعد أحاطة المبنى بالأشجار و الشجيرات على إلقاء الظلال و حمايته من أشعة الشمس المباشرة، و تساعد الأشجار أيضا على تنقية الهواء من ذرات الغبار و الرمال المحملة بالرياح حيث تعمل كمرشح للرمال و الأتربة.

إيجاد المسطحات المائية جوار المبنى يعمل على إنكسار أشعة الشمس الساقطة عليها و بعثرتها و بالتالي تخفيف الحمل الحراري الناتج عنها، مع مراعاة أن يكون سطح المياه متموجا (مثل النوافير) حتى لا يعمل كسطح عاكس للحرارة.

٣-٥ نماذج

وفقا لما تقدم سيتم عرض أمثلة من مناطق مختلفة لمشاريع طبق مصمموها أساليب التصميم المناخي، و المعالجات المعمارية – المناخية المختلفة:

٣-٥-١ برج Menara Mesiniaga – ماليزيا

الموقع: مدينة (Subang Jaya) بماليزيا

المصمم :المهندس المعماري (Ken Yeang)

صمم المبنى في عام ١٩٨٩م و انتهى تشييده عام ١٩٩٢م.

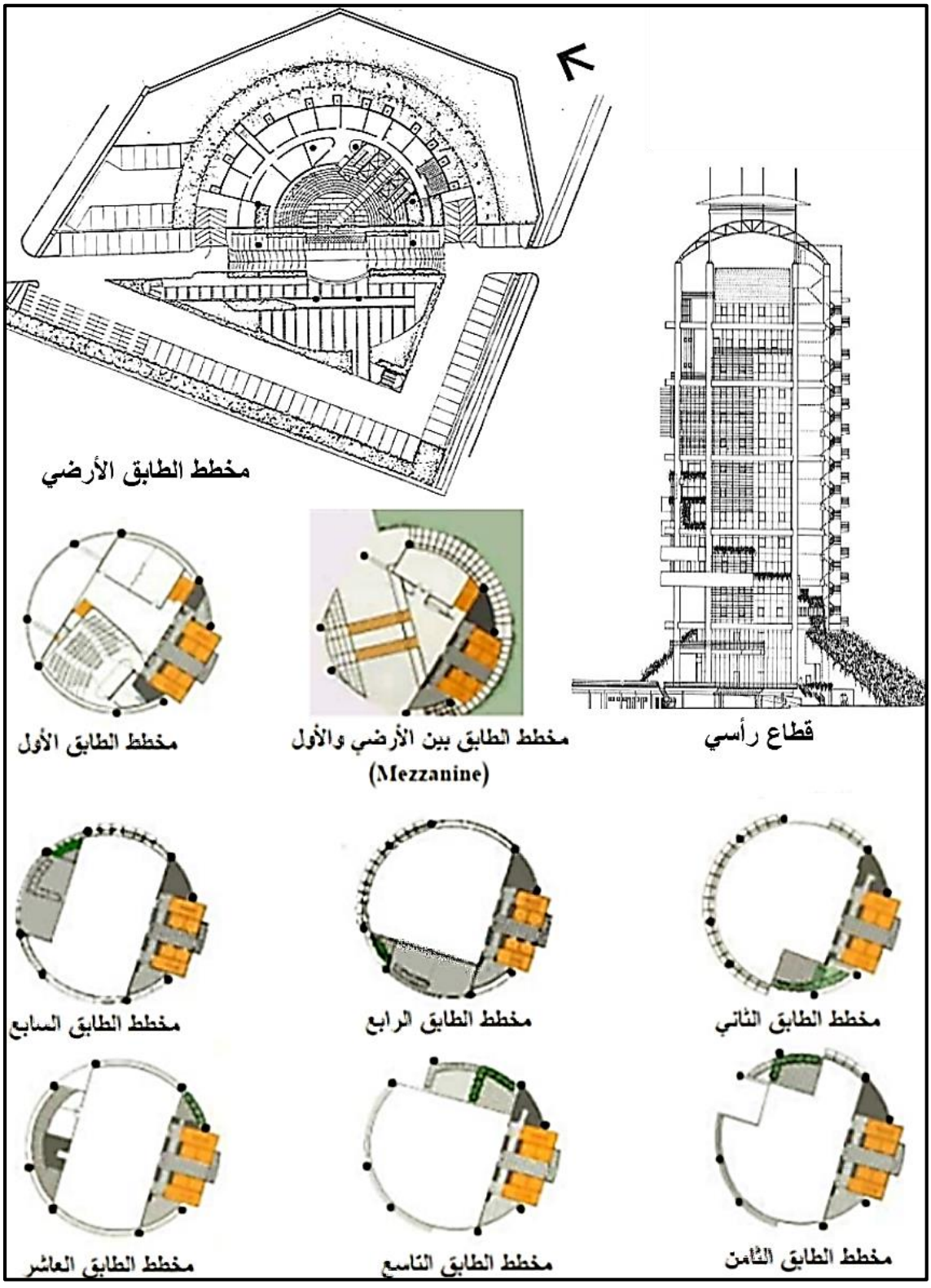
نوع المبنى: تجاري – مكاتب إدارية .

عدد الطوابق١٥ طابقا، والمساحة الإجمالية للطوابق ٦٥٠٣م^{٢}، و يصل ارتفاعه إلى ٦٣م.

شكل (٣- ١٦) برج Menara Mesiniaga
المصدر :www.mesiniaga.com

تعامل المصمم بمحاكاة مع العمارة البايومناخية (تصميم المباني وفقا للمناخ المحيط) وتأثر بأعمال فرانك لويد رايت في تصميمه للأبراج العالية في خطوة جديدة نحو شعار الأبراج البايومناخية (Bioclimatic Skyscraper) فكانت أفكاره باتجاه تعزيز و توطيد فكر الفضاءات الانتقالية، و الفناءات على المستوى العمودي ، والمشهد الحدائقي العمودي، و توفير التهوية والإضاءة الطبيعية للاجزاء المركزية خاصة والمبنى عامة وأخيرًا حفظ الطاقة والسيطرة المناخية، وكحصيلة نهائية فاز تصميم المبنى بجائزة الأغا خان للعمارة عام 1995م.

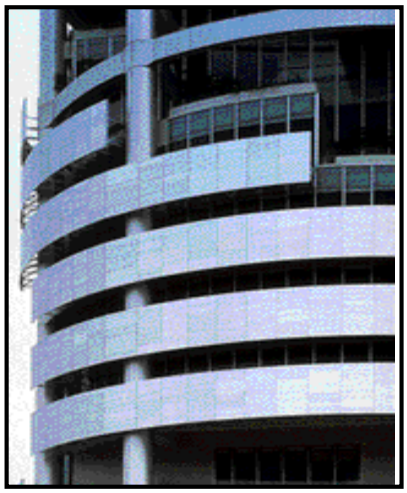
استخدم المصمم الشرفات الحدائقية أو الفناءات السماوية مع النباتات في كل مستوى ليحقق المشهد الحدائقي العمودي لواجهة المبنى كما وفرت بعين الوقت هذه الفضاءات الحلزونية المفتوحة خيارًا للتوسع في المستقبل، كما استخدم الحدائق العمودية كوسيلة للتظليل .



شكل (٣- ١٧) يوضح المساقط الأفقية لبرج Menara Mesiniaga

المصدر www.solaripedia.com/files/721.pdf

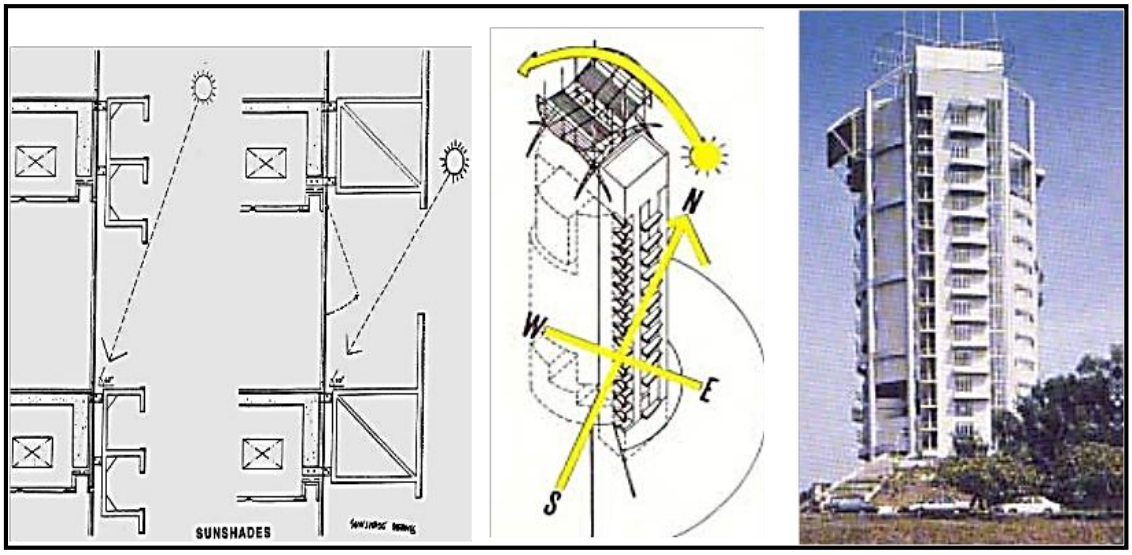
تطل النوافذ على المنظر الحدائقي لتوفير الإضاءة الطبيعية اللازمة بغية تقليل استهلاك الطاقة، و عولجت النوافذ بمظلات استخدمت في الشرق والغرب كاستجابة لمسار الإشعاع الشمسي، حيث وظفت الكاسرات والمظلات للسيطرة على الاكتساب والفقدان الحراري، ومن جهة أخرى وظفت الجدران الستائرية المزججة للتوجيه الشمالي والجنوبي. كما يوضح الشكل (٣- ١٨)



شكل (٣- ١٨) استخدام كاسرات الشمس و المظلات

www.akdn.org/architecture/pdf/1356_Mal.pdf

تقع الخدمات الرئيسية (core) في الواجهة الشرقية الحارة المعرضة للشمس لتوفير الحماية للفراغات الداخلية من أشعة الشمس القوية، كما تسمح بالإضاءة الطبيعية لدورات المياه و ردهات المصاعد، فضلا عن مناطق الخدمة المركزية لتكون مهواة طبيعيًا مقللا استخدام المكيفات. كما يوضح الشكل (٣-١٩)



شكل (٣- ١٩) يوضح موقع الخدمات في الجهة الشرقية من المبنى
www.akdn.org/architecture/pdf/1356_Mal.pdf

تعلو السقف العلوي للمبنى تغطية مفرغة تعلو حوض السباحة مع وجود نظام لتجميع مياه الأمطار على السطح. وبهذا يوفر المبنى سنويا ما يقارب ١٣٥٩٠ دولار فقط من التهوية والتبريد. (*وزيري ٢٠٠٧، ص ١٤٧*)

٣-٥-٢ مبنى مؤسسة أبحاث البناء BRE، بريطانيا

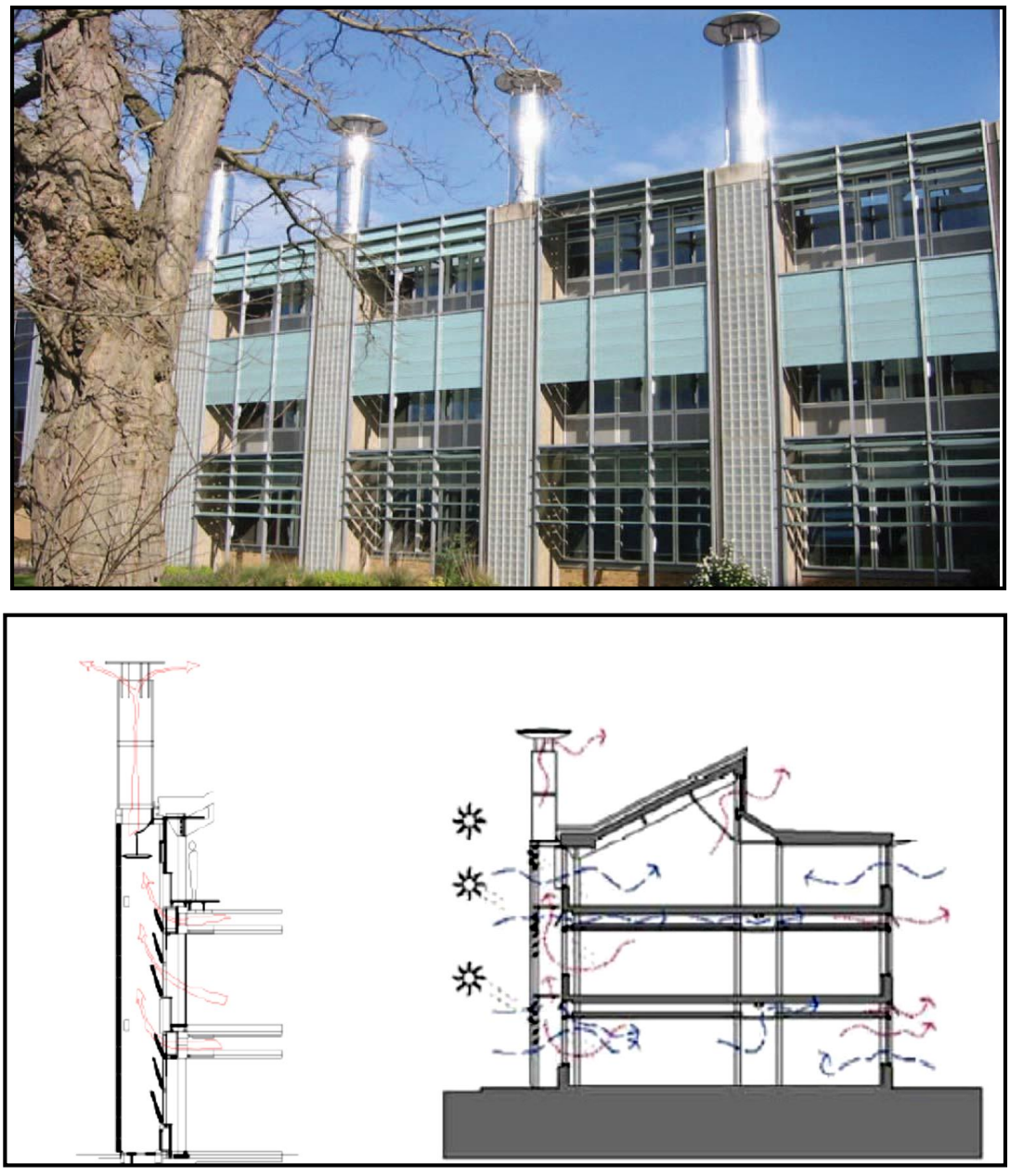
يقع المبنى في مدينة واتفورد بجنوب بريطانيا، صممه المعماري Feilden Clegg، و هو مبنى مكتبي – إداري مكون من ثلاثة أدوار، افتتح المبنى عام ١٩٩٦. ليشكل المبنى مثالا يحتذى به للتصميم المناخي و البيئي.

شكل (٣- ٢٠) يوضح منظور خارجي لمبنى BRE
المصدر: *Wigginton and Harris 2002*

يستخدم بالمبنى نظام تظليل خارجي على الواجهة الجنوبية للتحكم بمستويات الإشعاع الشمسي، حيث يسمح بأقصى حد من الإضاءة الطبيعية مع الحد من الوهج، يتكون نظام التظليل الخارجي من شرائح زجاجية دوارة، يتم تكسية الجانب السفلي من الشرائح بطبقة من السيراميك الأبيض نصف الشفاف، حيث تعمل على عكس أشعة الشمس المباشرة لحجبها عن الداخل، و يتم التحكم فيها عن طريق حساسات تقوم برصد كميات الأشعة و اتجاهها، فيتغير اتجاه الشرائح حسب وضع الشمس. أنظر الشكل(٣-٢١)

شكل (٣- ٢١) يوضح تغير اتجاه الشرائح الزجاجية الدوارة حسب زاوية الاشعاع الشمسي
المصدر: *Wigginton and Harris 2002*

من أهم السمات المميزة للمبنى استخدام خمسة أبراج للتهوية على الواجهة الجنوبية، موضوع أمامها طوب زجاجي، عندما تسقط أشعة الشمس على الطوب الزجاجي تسخن الهواء داخلها؛ فيرتفع الهواء الساخن و يخرج من المداخن الشمسية المصنوعة من الصلب، و يحل محله هواء بارد في الفراغات الهوائية. تشكل هذه الأبراج الجزء الرئيسي للتهوية الطبيعية و الحفاظ على الطاقة في المبنى. أنظر الشكل (٣-٢٢).



شكل (٣- ٢٢) يوضح طريقة عمل أبراج التهوية بالواجهة الجنوبية لمبنى BRE

المصدر : http://projects.bre.co.uk/envbuild/envirbui.pdf

٣-٥-٣ مباني جامعة قطر، الدوحة

يقع المشروع بمدينة الدوحة في قطر، صمم المبنى المهندس المعماري كمال كفراوي، و افتتح المبنى في عام ١٩٧٣م

شكل (٣- ٢٣) يوضح الملقف و المشربية بمباني جامعة قطر
http://en.wikipedia.org/wiki/File:QatarUniversityEastVie

استعمل المصمم عنصر ملقف الهواء (البادجير) اتهوية المباني طبيعيا ، كما استعمل المشربيات التي تعمل ككاسرات شمس للحماية من الشمس و توفير الظل، كما راعى مواد الإنشاء المناسبة لمناخ المنطقة الصحراوي، و استخدم الحوائط المزدوجة، و الألوان الفاتحة لتقليل الكسب الحراري كما يوضح الشكل (٣-٢٤)

و تعتبر النوافير و التشجير أيضا من العناصر التي راعاها المهندس في تصميمه لتقليل نسبة الحرارة في الجو و لتقليل نسبة التراب أيضا و لانعاش الجو و لترطيب المكان. أنظر الشكل (٣-٢٥)

شكل (٣- ٢٤) يوضح استخدام التشجير و النوافير لترطيب الجو
المصدر: www.qu.edu.qa/

٣-٥-٤ منزل د. عثمان الخير، الخرطوم

شكل (٣- ٢٦) منظور خارجي لمنزل د. عثمان الخير
المصدر: د. عثمان الخير

يقع المبنى في الجريف غرب- الخرطوم، صممه المعماري د.عثمان الخير، في الفترة من ١٩٩٦- ١٩٩٩ يتكون المبنى من طابقين. في حالة تصميم المهندسين المعماريين لمنازلهم الخاصة تكون محاولة لإثبات العديد من الميزات ذات الأهمية للمصمم. في هذه الحالة كانت الأساسيات هي البيئة، والتقاليد، والحداثة. و وجه المصمم اهتمامه الأكبر نحو التوجيه الأمثل، والتظليل. و اعتمد على التهوية الطبيعية، فاستخدم الملقف، و قنوات من الطوب تحت الأرض تعمل على توفير هواء بارد و نقي.

شكل (٣- ٢٥) يوضح استخدام الملقف بالمبنى
المصدر: د. عثمان الخير

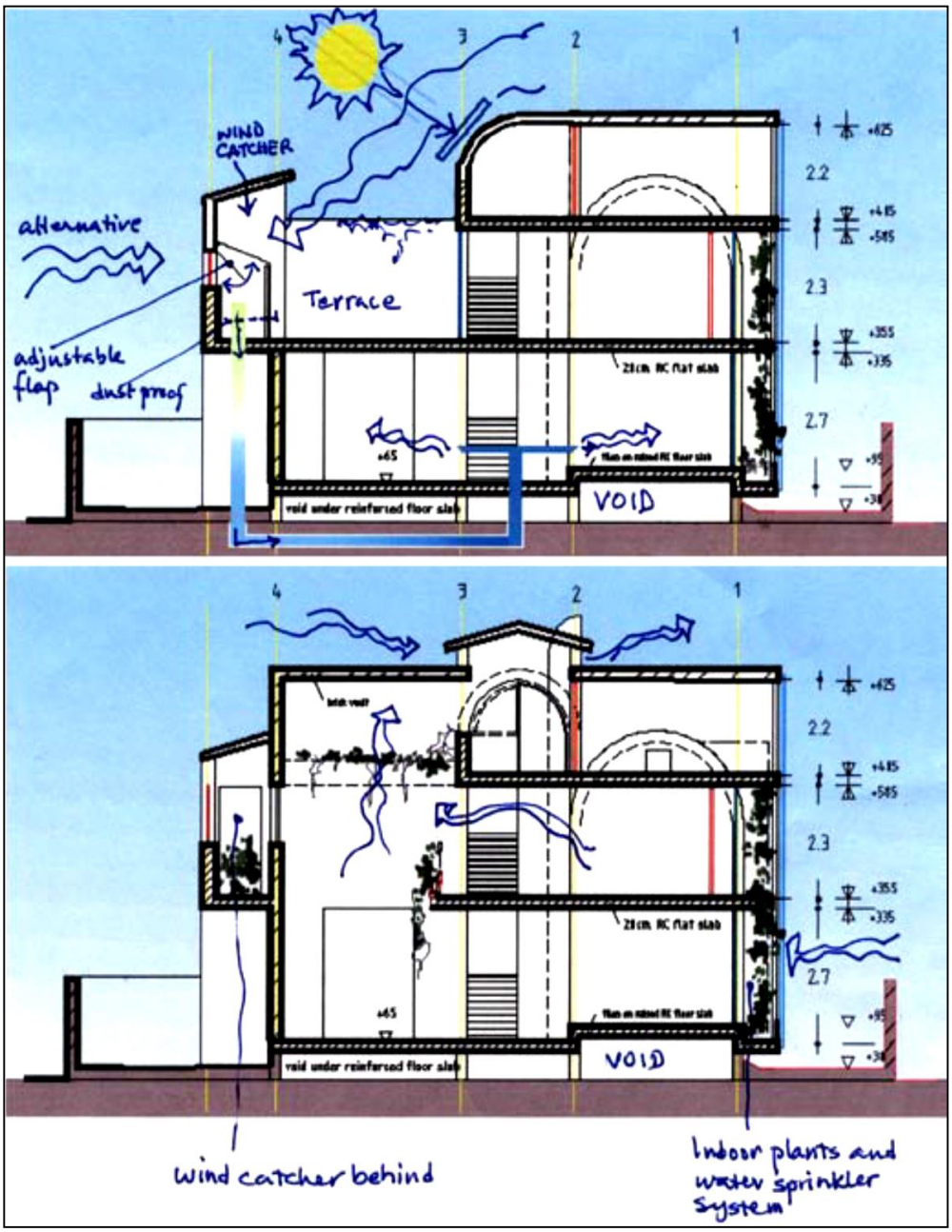
استخدم فتحات خارجية ذات مساحة صغيرة في المستويات العليا ليتم سحب الهواء الحار عبرها ليحل مكانه هواء بارد في الفراغات الداخلية. و اختيار الشكل نصف الاسطواني لتشكيل السقف، و استخدم البروزات و المدخل غير المباشر لتفادي أشعة الشمس المباشرة و الرياح المحملة بالتراب. كما اعتمد اللون الفاتح للحوائط و الأسقف لتقليل الكسب الحراري.

انظر الشكل (٣-٢٧)

شكل (٣- ٢٧) يوضح تشكيل السقف لتقليل الكسب الحراري
المصدر: د. عثمان الخير

و استخدم النباتات في الفراغات الداخلية و الخارجية، فتعمل رشاشات المياه في الداخل على ري النباتات بالإضافة لتلطيف الجو. كما استفاد من التكنولوجيا الجديثة بتوفير خلايا شمسية؛ توفر طاقة كهربائية لأغراض الإضاءة خاصة الليلية، و تسخين المياه.

يوضح الشكل (٣- ٢٨) المعالجات المعمارية التي اعتمدها المصصم في منزله لتوفير تبريد طبيعي و الحد من استهلاك الطاقة الكهربائية



شكل (٣- ٢٨) قطاع رأسي يوضح المعالجات المعمارية المستخدمة بمنزل د. عثمان الخير

المصدر: د. عثمان الخير

٣-٦ الخلاصة

الغلاف الخارجي للمبنى هو حلقة الوصل بين المناخ الخارجي و المناخ الداخلي للفراغات الداخلية، و لكل عنصر من عناصر الغلاف الخارجي (الأسقف، الحوائط، و الفتحات الخارجية) دور في الانتقال الحراري بين الداخل و الخارج، و يجب على المعماري أن يكون ملما بكيفية معالجة تلك العناصر و اختيار أنسب المعالجات التي تحقق الراحة الحرارية و تكلفة اقتصادية مناسبة.

أهم معايير التصميم المناخي للمناطق الحارة الجافة هي:

١. حماية الغلاف الخارجي من أشعة الشمس المباشرة و ذلك بواسطة التظليل أو شكل المبنى أو الأسقف المزدوجة أو الحوائط الساترة...

٢. تحقيق التهوية الطبيعية الجيدة داخل المباني الطبيعية و ذلك للاستفادة من مفعول الهواء البارد ليلا في تخفيض درجة حرارة الحوائط و الأسقف و الهواء الداخلي.

٣. مراعاة خاصية اختزان الحرارة في المواد المستعملة في بناء الجدران الخارجية والأ سقف للمبنى واختيار المواد المناسبة في تركيبة هذه الأجزاء للحصول على الحد الأقصى من الوقاية الحرارية، فمواد البناء من العناصر الأساسية التي لابد من الاعتماد عليها عند تصميم المبنى حراريا.

٤. استعمال الألوان المناسبة بالنسبة للأسطح الخارجية لتخفيض مفعول أشعة الشمس المباشرة.

تستخدم جميع النماذج التي تم عرضها في هذا الفصل من المعالجات المناخية المعمارية ما هو معروف مثل أبراج الرياح (الملاقف)، الجدران السميكة والمزدوجة للعزل الحرارى ، تظليل الواجهات والمساحات المحيطة بالمبنى للحماية من الاشعاع الحرارى المباشر، العناية بالمساحات الخضراء وتقليل المساحات الزجاجية فى النوافذ..الخ. كما تستخدم نماذج الدراسة ، الى جانب المعالجات البيئية التقليدية ، نظام خليط يجمع التبريد الصناعى والتبريد الطبيعى الذى يقلل استهلاك الطاقة ، ويزيد كفاءة التبريد ، ويجعل المبنى رفيقا بالبيئة و متوافق مناخيا بصورة افضل.

الفصل الرابع
عرض و تحليل حالات الدراسة

٤-١ مقدمة

الهدف من هذا الفصل اختيار منطقة الدراسة، و عرض حالات الدراسة، وتحديد المشروعات التي سيتم تحليلها و إجراء المقارنة بينها، مع وصف لهذه المشروعات وتحليلها و تقييمها من خلال المعايير التصميمية و المعالجات المعمارية التي تم عرضها في الفصل السابق، لمعرفة دورها في تقليل استهلاك الطاقة المستخدمة للتبريد.

تم اختيار منطقة الدراسة في مدينة الخرطوم نظرا للنهضة العمرانية التي تشهدها المدينة، واتجاه المصممين لمحاكاة العمارة الدولية، و ظاهرة العمران الرأسي التي ارتبطت بالإكثار من المسطحات الزجاجية في الواجهات الخارجية خاصة في المباني الإدارية.

للحالات الدراسية تم اختيار نموذجين لمباني إدارية هما: مبنى شركة هجليج للبترول و الإستثمار، و مبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية . و ذلك للأسباب التالية:

١. تشابه الوظيفة للمبنيين حيث كلاهما مباني إدارية.
٢. تشابه الظروف البيئية للمبنيين (طبيعة الأرض و المناخ) و ذلك لوقوعهما في ذات المنطقة.
٣. اختلاف تعامل مصمم كل مبنى من حيث:
   أ. التعامل مع الموقع و توجيه كل مبنى.
   ب. المواد الإنشائية المستخدمة.
   ج. التقنيات و المعالجات المستخدمة في واجهات كل مبنى

و يتم إجراء مقارنة بين المبنيين بهدف دراسة أثر الاختلاف في التوجيه و الشكل التصميمي و مواد البناء المستخدمة و معالجات الغلاف الخارجي للمبنى و دورها في تقليل الكسب الحراري من خلال غلاف المبنى و بالتالي الحد من الإعتماد على أجهزة التكييف الميكانيكية لتوفير الراحة الحرارية داخل فراغات المباني. فيما يلي أوجه المقارنة بين حالات الدراسة، و التي تم رصد معاييرها في الفصل السابق و توضح مدى اهتمام المصمم بالتصميم المناخي للمبنى:

١. التحكم بتوجيه كتلة المبنى و تشكيله

التوجيه الأمثل في مدينة الخرطوم يكون باتجاه الشمال و الجنوب مع ميلان بزاوية ٢٠° (*Dunby1977,p.119*) ، و أن الشكل المستطيل و ما يقترب منه هو أقل الأشكال تأثرا بالأحمال الحرارية الصيفية.

٢. مواد الإنشاء و المواد العازلة

يجب مراعاة خاصية اختزان الحرارة في المواد المستعملة في إنشاء المبنى للحصول على الحد الأقصى من الوقاية الحرارية، و استعمال الألوان الفاتحة بالنسبة للأسطح الخارجية لتخفيض مفعول أشعة الشمس المباشرة. ويعتبر العزل الحراري للعناصر الخارجية من أهم العوامل المؤثرة في زيادة المقاومة الحرارية وبالتالي خفض قيمة الانتقالية الحرارية للعناصر الإنشائية للمبنى.

٣. معالجات الأدء الحراري لعناصر الغلاف الخارجي للمبنى.

وضح الفصل السابق أن أهم متطلبات التصميم المناخي للمناطق الحارة الجافة حماية الغلاف الخارجي من أشعة الشمس المباشرة و ذلك بواسطة الحلول المناخية المعمارية المتعارف عليها لكل عنصر من عناصر الغلاف الخارجي للمبنى، و معالجة الأداء الحراري لتلك العناصر بمراعاة المواد و الألوان و الملمس، و استخدام مواد عاكسة للحوائط و الأسقف، ترك فراغ هوائي كعازل للحرارة للحوائط و الأسقف، استخدام أشكال منحنية للأسقف، استخدام البروزات على الحوائط لزيادة نسبة الإظلال عليها، استخدام كاسرات الشمس الأفقية و الرأسية وفقا للتوجيه، مراعاة نسب التزجيج و حجم النوافذ، توقيع النوافذ ضمن سمك الحائط ...و غيرها من الحلول التي تحقق الهدف الأساسي من التصميم الحراري في المناطق الحارة و هو حماية المبنى من الأشعة الشمسية المباشرة.

٤. التظليل و معالجات الموقع من تشجير و مسطحات مائية

استخدام البيئة الخارجية والتشجير والمساحات الخضراء و المسطحات المائية تؤدي لزيادة التظليل والتخفيف من الإشعاع الشمسي غير المباشر على واجهات المباني.

٥. التهوية الطبيعية

تعتبر التهوية الطبيعيه أمرا أساسيا عند تصميم المباني خاصة في المناطق الحارة ، والتهوية الجيدة لغرض نقل الهواء البارد داخل المباني وطرد الهواء الساخن الناتج من ارتفاع درجات الحرارة داخل المباني.

٦. قيمة استهلاك الطاقة الكهربائية

معظم الطاقة المستهلكة في مدينة الخرطوم تكون لأغراض التبريد وذلك بسبب طبيعة المناخ الحار، تستهلك أجهزة التبريد الميكانيكية طاقة كهربائية كبيرة نسبيا خاصة عند الإعتماد عليها كليا لتوفير الراحة الحرارية لمستخدمي المبنى.

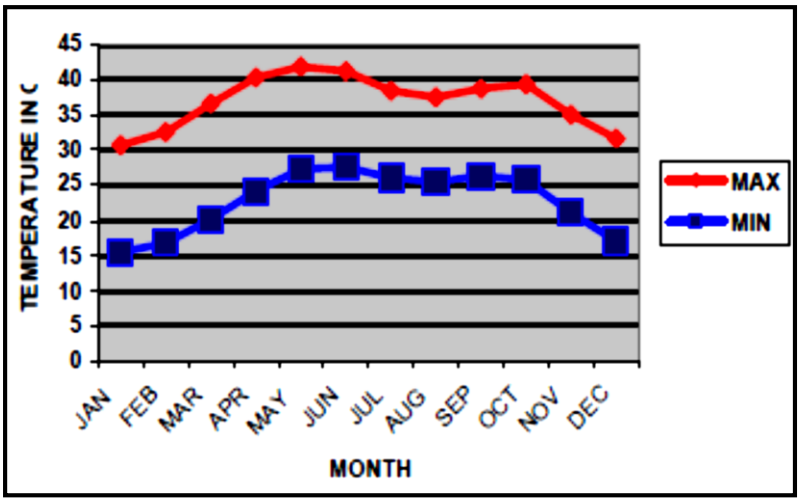
تعتمد المقارنة على المعايير السابقة لمعرفة مدى الإلتزام بها من عدمه.

٤-٢ مناخ الخرطوم

تقع الخرطوم في وسط السودان على خط عرض 15 و 36 °شمال وخط طول325:33 شرق وعلى ارتفاع 380 متر فوق سطح البحر ، تقع معظم ولاية الخرطوم في المنطقة المناخية شبه الصحراوية، بينما المناطق الشمالية تقع في المناطق الصحراوية، ومناخ الولاية حار إلي حار جداً وممطر صيفاً ودافيء إلى بارد وجاف شتاءاً.

٤-٢-١ درجات الحرارة

تتراوح درجات الحرارة العظمى خلال العام في ولاية الخرطوم ما بين ٣١-٤٢ °م ، وقد تصل خلال أبريل –يونيو إلى ٤٧ °م ، وتتراوح درجات الحرارة الصغرى ما بين ١٦ – ٢٨ °م ، وقد تنخفض إلى أدنى مستوى قد يصل إلى ٦ °م خلال شهري ديسمبر ويناير. أنظر الشكل (٤-١)



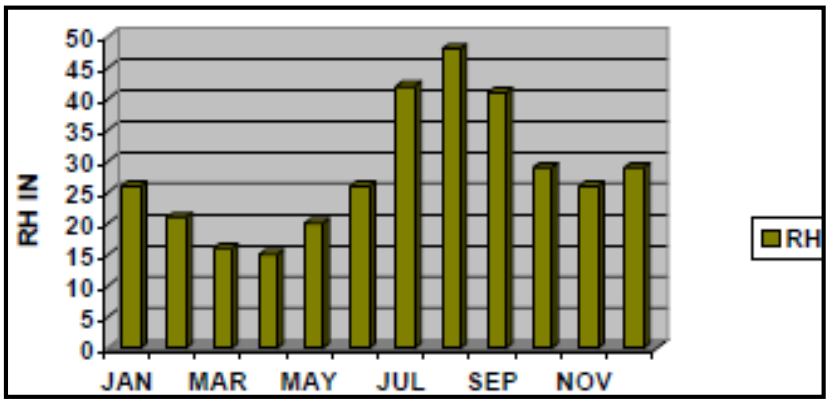
شكل (٤- ١) يوضح معدلات درجات الحرارة الصغرى والعظمى في ولاية الخرطوم

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية – الخرطوم ٢٠١٣

٤-٢-٢ الرطوبة النسبية

تتراوح ما بين ١٥-٤٨ % كمتوسط خلال العام، قد تصل إلى أكثر من ٨٥% خلال الموسم المطري تحت تاثير الرياح الجنوبية الرطبة، والصغرى خلال شهري مارس-أبريل قد تنخفض إلى اقل من ١٠% تحت تأثير الرياح الشمالية الي الشمالية الشرقية الجافة.

أنظر الشكل (٤-٢)

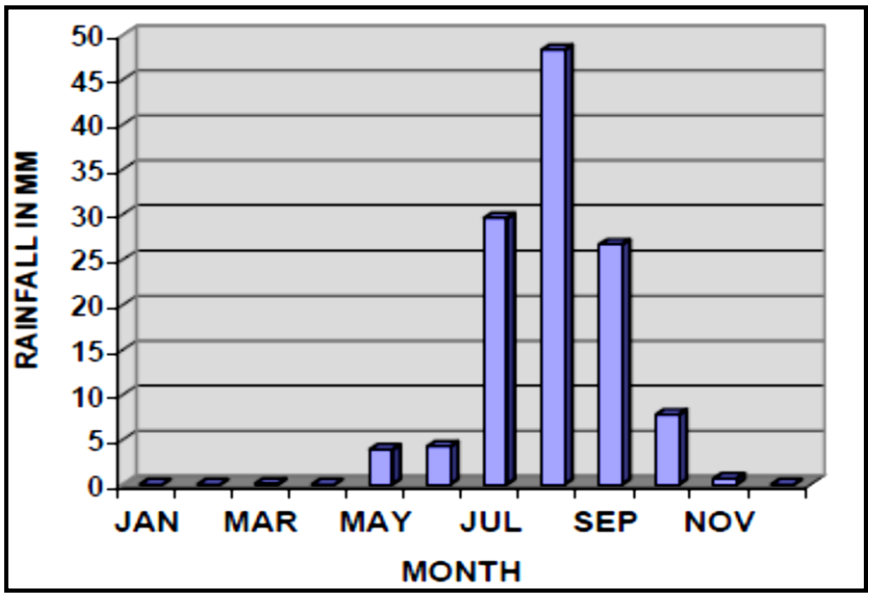


شكل (٤- ٢) يوضح معدلات الرطوبة النسبية في ولاية الخرطوم

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية – الخرطوم ٢٠١٣

٤-٢-٣ الأمطار

تتميز ولاية الخرطوم بموسم مطري ينحصر ما بين شهري يوليو و أغسطس و تبلغ أعلى كمية للأمطار ما بين ٣٠- ٤٨ ملم كما يوضح الشكل (٤-٣)

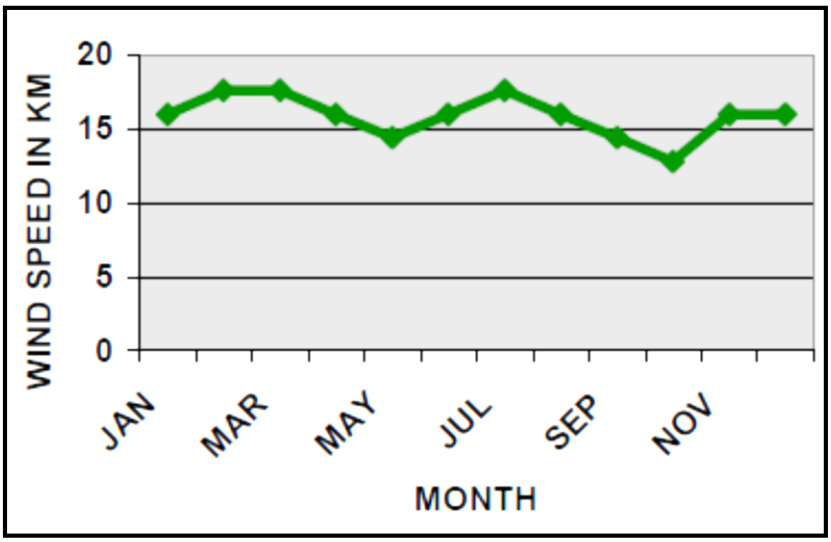


شكل (٤- ٣) يوضح معدلات الأمطار الشهرية لولاية الخرطوم

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية – الخرطوم ٢٠١٣

٤-٢-٤ سرعة واتجاه الرياح

الرياح السائدة من شهر أكتوبر وحتى مايو في الغالب شمالية شرقية إلى شمالية غربية تتراوح السرعة فيها ما بين14 – 17كلم/ساعة كما يوضح الشكل (٤-٤) .



شكل (٤- ٤) يوضح معدلات سرعة الرياح في ولاية الخرطوم

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية- الخرطوم ٢٠١٣

في الأشهر من مايو حتى ويوليو تهب رياح جنوبية رطبة مسببة عاصفة ترابية نشطة ويمكن أن تقلل بشكل مؤقت مدى الرؤية إلى الصفرو تسمى بالهبوب.

تـزداد سـرعة الريـاح كلمـا زاد الإرتفـاع؛ و ذلـك لقلـة الاحتكـاك كلمـا ارتفعنـا لأعلـى. كمـا يوضـح الجدول (٤-١)

جدول (٤- ١) يوضح العلاقة بين الإرتفاع و سرعة الرياح

الشهر	سرعة الرياح في على ارتفاعات مختلفة بالكيلو مترات/ساعة		
	10م	15م	25م
يناير	15	16	19
فبراير	16	17	21
مارس	16	17	21
أبريل	13	14	16
مايو	13	14	16
يونيو	15	16	19
يوليو	16	17	21
أغسطس	15	16	19
سبتمبر	13	14	16
أكتوبر	12	13	16
نوفمبر	15	16	19
ديسمبر	15	16	19

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية- الخرطوم ٢٠١٣

٤-٣ الحالة الدراسية الأولى: مبنى شركة هجليج للبترول و الإستثمار

تم اختيار هذه الحالة الدراسية نظرا لموقع المبنى و توجيهه، و استخدام الواجهات الزجاجية و الألمونيوم بمساحات كبيرة، و الإستهلاك العالي للطاقة الكهربائية بالمبنى، و دراسة مسببات هذا الإستهلاك. كما تبرز أهمية المبنى كونه من أوائل المباني الإدارية ذات الواجهات الزجاجية التي نفذت في الخرطوم.

شكل (٤- ٥) يوضح موقع مبنى شركة هجليج

المصدر: www.google.com/maps

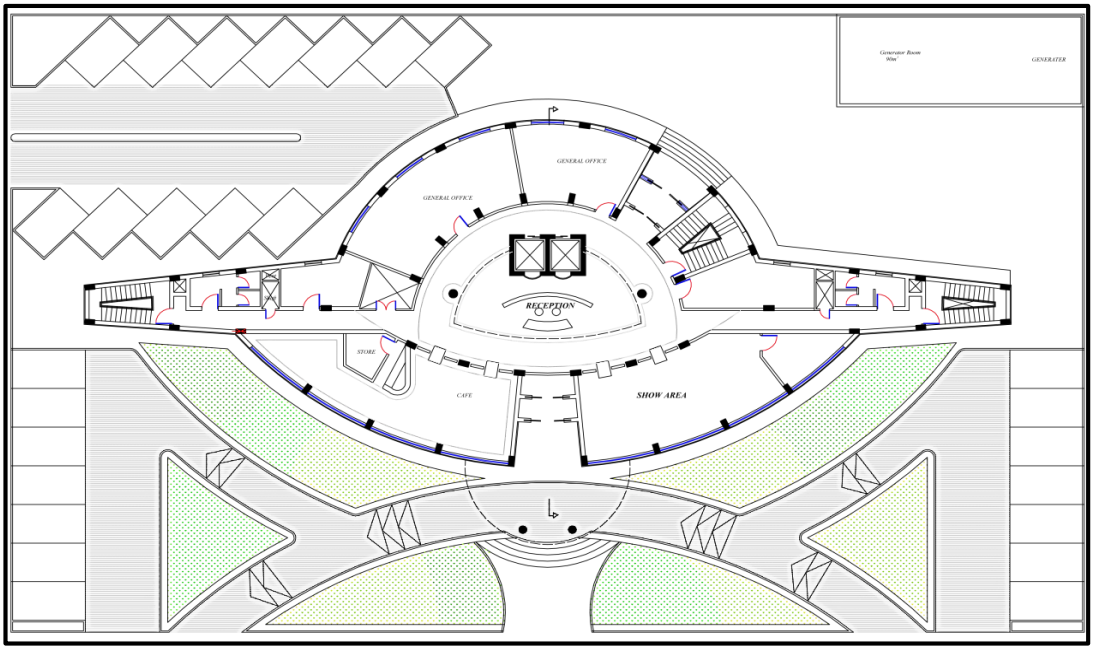
٤-٣-١ نبذة عن المبنى

المالك	شركة هجليج للبترول و الإستثمار Higleig Petrolum & Investmnet
المصمم و المشرف	**شركة مرتضى معاذ الإستشارية**
المقاول و المنفذ	**شركة النصر للمقاولات نفذت الهيكل الخرساني و شركة Moment التركية نفذت الغلاف الخارجي**
الموقع	**الخرطوم، منطقة الطائف، شارع عبيد ختم شرقا، و شارعين فرعيين جنوبا و غربا.** أنظر الشكل (٤-٥)
تاريخ التصميم	**صمم المبنى في سنة 2003 م و تم افتتاحة سنة 2006م**
عدد الأدوار	**Basement، طابق أرضي، 8 أدوار متكررة**

شكل (٤- ٦) يوضح منظور خارجي لمبنى شركة هجليج للبترول و الإستثمار
المصدر: شركة مرتضى معاذ الإستشارية

٤-٣-٢ الوصف المعماري و وظائف المبنى

المبنى ذو مسقط أفقي يقترب للشكل البيضاوي، أنشيء هيكل المبنى من الخرسانة المسلحة. يطل على مساحة خصصت كمسطحات خضراء و نوافير من الجهة الشرقية حيث يوجد المدخل الرئيسي للمبنى، و المدخل الثانوي بالجهة الغربية. تقع فراغات الخدمات و سلالم الهروب في الجهتين الشمالية و الجنوبية. كما يوضح المسقط الأفقي في الشكل (٤- ٧)



شكل (٤- ٧) المسقط الأفقي للدور الأرضي
المصدر: شركة مرتضى معاذ الإستشارية

يتوسط المبنى فراغ داخلي Atrium مسقوف بألواح زجاجية تعمل على توفير الإضاءة الطبيعية، و به مصعدين بانوراميين panoramic lifts.أنظر الشكل(٤- ٨).

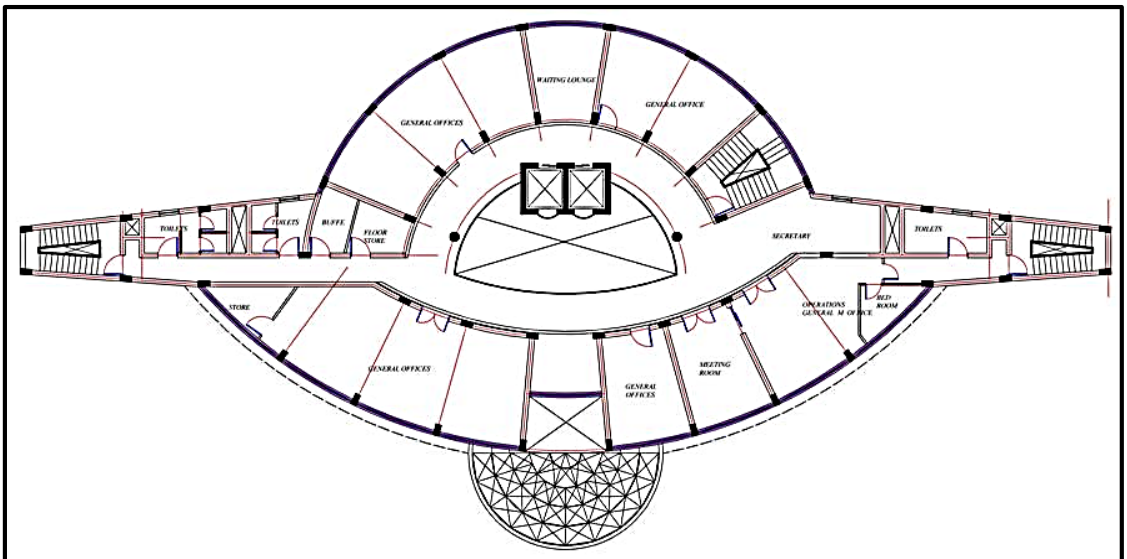
تحيط بالفراغ الداخلي المكاتب من الجهتين الشرقية و الغربية.

شكل (٤- ٨) يوضح الفراغ الداخلي (Atrium) و المصاعد البانورامية
المصدر: www.murtadamaaz.sd

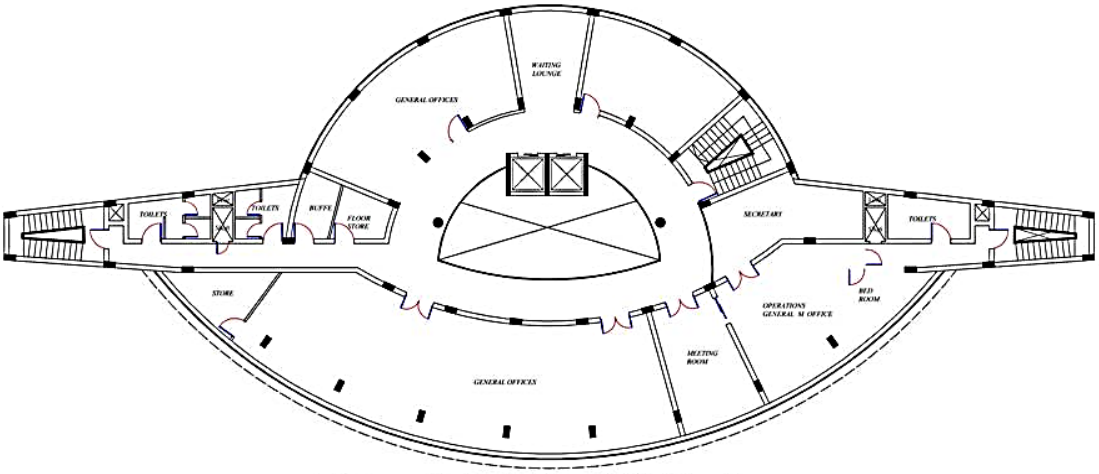
٤-٣-٣ وظائف المبنى

جدول (٤- ٢) يوضح الوظائف الداخلية لمبنى شركة هجليج

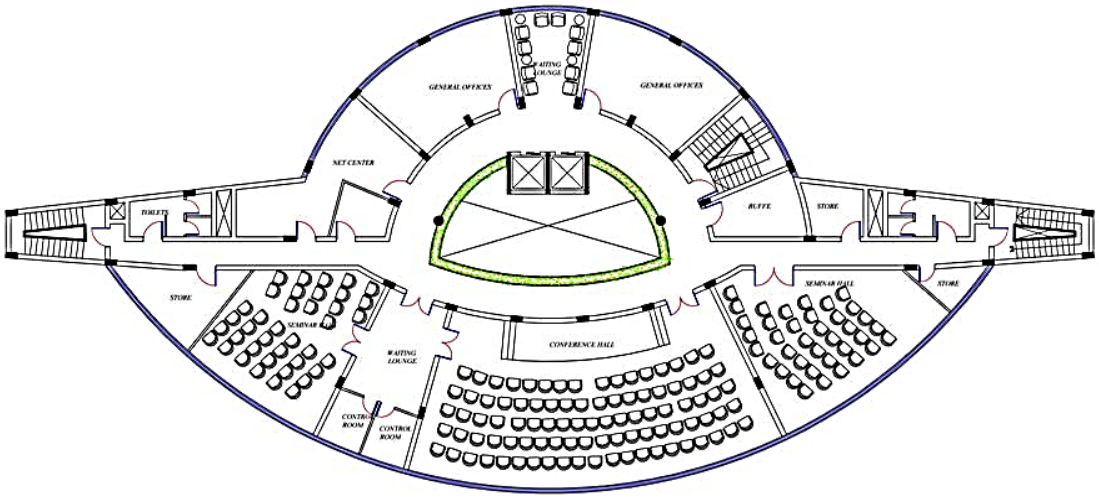
الدور	المساحة	الوظيفة
Basement	٦٧٠ م^2	غرف التكييف و الكهرباء
الأرضي	٦٧٠ م^2	استقبال + مساحة عرض + كافتيريا
المتكررة ١-٧	٦٧٠ م^2- ٧٨٠ م^2	مكاتب + الخدمات
الثامن	٧٨٠ م^2	قاعة مؤتمرات + قاعة سمنارات



المسقط الأفقي للدور الأول



المسقط الأفقي للأدوار المتكررة 2-7



المسقط الأفقي للدور الثامن

شكل (٤- ٩) يوضح المساقط الأفقية لمبنى شركة هجليج

المصدر: شركة مرتضى معاذ الإستشارية

٤-٣-٤ تحليل المبنى

٤-٣-٤-١ توجيه المبنى و تشكيله

المبنى ذو مسقط أفقي يقترب للشكل البيضاوي ، يمتد المحور الطولي للمبنى من الشمال إلى الجنوب، مما أدى لتوجيه الفراغات الرئيسية للمبنى _المكاتب_ إلى الجهتين الشرقية و الغربية، المعرضتان للإشعاع الشمسي المباشر طوال النهار.

توجيه المبنى إلى الجهتين الشرقية و الغربية يعرض المبنى للكسب الحراري العالي من الشمس خاصة في الفترة الصيفية مما يزيد من الأحمال الحرارية المتسربة لداخل المبنى.

٤-٣-٤-٢ الغلاف الخارجي للمبنى

أ. الحوائط

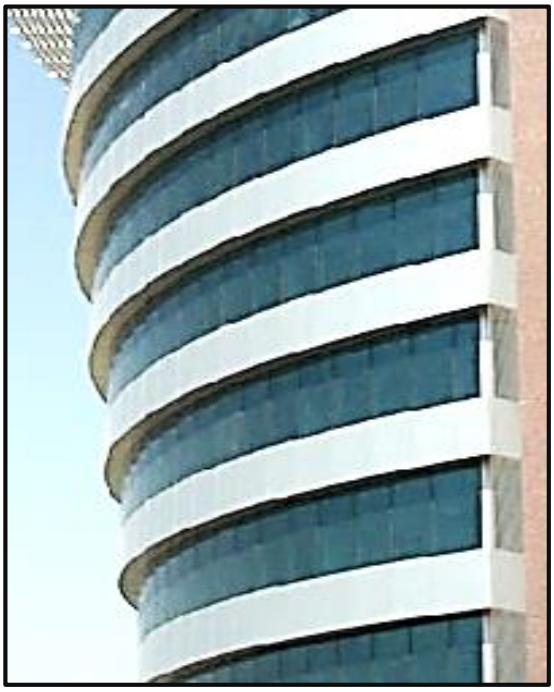
الحوائط المحيطة بسلالم الهروب أنشئت بالبلوكات الإسمنتية و مغلفة بالجرانيت و استخدم فيها مواد عازلة للحرارة ، الواجهة الشرقية استخدمت فيها الحوائط الستائرية Curtain walls و التي تغطي مساحات واسعة من مساحة الغلاف الخارجي، الواجهة الغربية خليط بين الحوائط الستائرية و ألواح الألمونيوم، الزجاج المستخدم في الحوائط الستائرية هو زجاج ثنائي الطبقات double glazed بسمك 6 ملم مع تجويف بين اللوحين بعرض 1 سم يعمل كعازل حراري. ألواح الزجاج مثبتة بإطار عريض من الألمونيوم.أنظر الشكل (٤-١٠).

شكل (٤- ١٠) يوضح الواجهة الشرقية (الرئيسية) لمبنى شركة هجليج

المصدر: www.murtadamaaz.sd

لـم يـتم اسـتخدام كاسـرات الشـمس بصـورة واضـحة و فعالـة، حيـث اسـتخدمت كاسـرات شـمس أفقيـة فـي الـدور الأخيـر فقـط، فـي الجهتـين الشـرقية و الغربيـة، مـع ملاحظـة أن الكاسـرات المناسـبة لهـذه الجهـات هـي الكاسـرات الرأسـية، أمـا الكاسـرات الأفقيـة فتعمـل بفعاليـة فـي الجهـة الجنوبية. أنظر الشكل (٤-١١)

تم عمل بروزات طفيفة في الأدوار في الواجهة الشرقية فقط ليس لها أثر واضح في تظليل المبنى كما يوضح الشكل (٤-١٢)



شكل (٤- ١١) يوضح بروز الأدوار في الواجهة الشرقية لمبنى شركة هجليج

المصدر: www.murtadamaaz.sd

شكل (٤- ١٢) يوضح كاسرات الشمس الأفقية في أعلى مبنى شركة هجليج

المصدر: www.murtadamaaz.sd

ب. السقف

يقسم السقف إلى جزئين، الجزء الذي يعلو المكاتب و هو سطح منبسط من الخرسانة المسلحة و استخدم فيه مادة عازلة للحرارة، أما الجزء الذي يعلو الفراغ الداخلي فهو عبارة عن sky light مصنوع من زجاج حديث ثنائي Double glaze عازل للحرارة، يتسبب الجزء الزجاجي من السقف بانتقال حرارة الأشعة الشمسية المباشرة إلى داخل المبنى.

ج. الفتحات الخارجية

المداخل: مصنوعة من الزجاج المزدوج، كما نلاحظ استخدام المداخل المزدوجة لمنع تسرب الحرارة الخارجية لداخل المبنى. و الحفاظ على درجة الحرارة الداخلية.

النوافذ: تم الاعتماد فقط على الحوائط الستائرية الثابتة غير قابلة للفتح.

٤-٣-٤-٣ التظليل

لا تحيط بالمبنى أي مباني أخري مجاورة تلقى ظلالها عليه، كما يتعرض المبنى للإشعاع المنعكس من المجاورات (الشوارع الإسفلتية و المساحات الخالية).

تتوفر بالجهة الشرقية من موقع المبنى مسطحات خضراء و شجيرات و نافورة، و لكن مساحاتها صغيرة جدا ولا تناسب حجم المبنى. أنظر الشكل (٤-١٣).

لم يتم استخدام أي نوع من النباتات في الحوائط أو السقف أو الفراغات الداخلية.

شكل (٤- ١٣) يوضح استخدام المسطحات الخضراء و المائية أمام المدخل

المصدر: www.murtadamaaz.sd

٤-٣-٤-٤ التهوية الطبيعية

لا تتوفر بالمبنى التهوية الطبيعية، حيث يتم الاعتماد كليا على التكييف المركزي المستخدم في التبريد و خلط الهواء المبرد بهواء خارجي. لا يتم التخلص من الطاقة الحرارية الزائدة بصورة فعالة، فالواجهات الزجاجية و ال sky-light في السقف ثابتة و غير قابلة للتحكم فيها، فلا يمكن استخدامها لسحب الهواء الحار إلى الخارج.

٤-٣-٤-٥ قيمة استهلاك الطاقة الكهربائية

يتم تكييف البيئة الداخلية للمبنى باستخدام التكييف الميكانيكي المركزي، و يوضح الجدول (٤-٣) معدل قيمة الاستهلاك الشهري للطاقة الكهربائية خلال الأشهر الحارة و الباردة من السنة.

جدول (٤- ٣) متوسط قيمة الاستهلاك الشهري للكهرباء

الفصل	متوسط قيمة الاستهلاك الشهري للكهرباء	
	كامل المبنى ٧١٤٠م^2	المتر المربع الواحد
الشتاء (ديسمبر- يناير- فبراير)	٢٣,٠٠٠ جنيه	3.2 جنيه
الصيف (أبريل- مايو- يونيو)	٤٥,٠٠٠ جنيه	6.3 جنيه

نلاحظ من الجدول السابق أن متوسط الاستهلاك الشهري للكهرباء يزداد بما يقارب الضعف في فصل الصيف نسبة لزيادة استخدام التكييف الصناعي.

٤-٣-٥ خلاصة الحالة الدراسية الأولى:

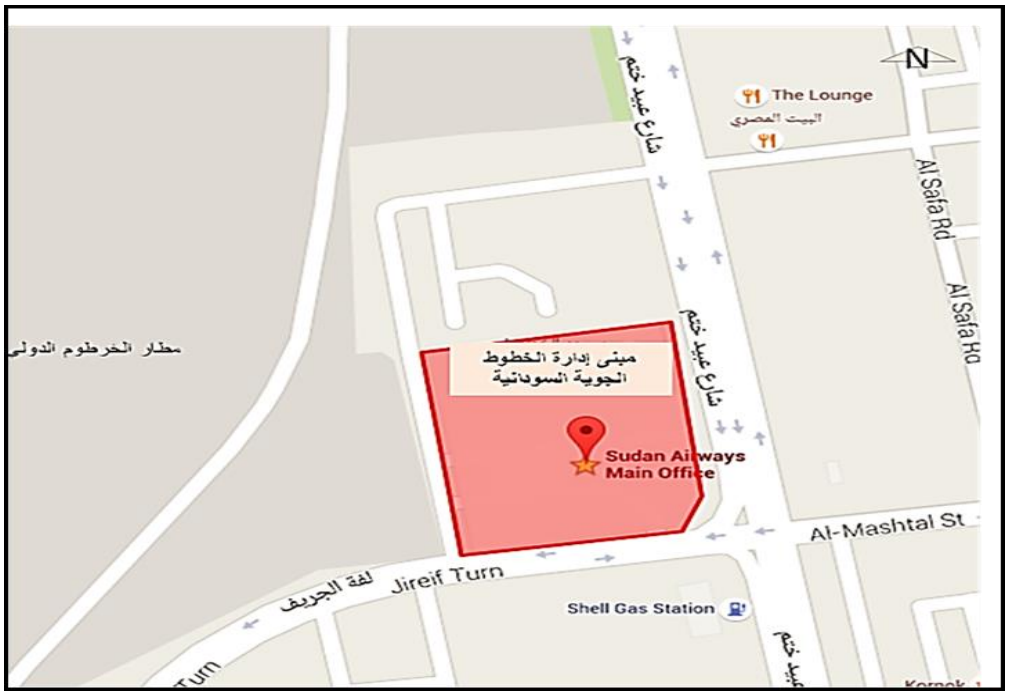
توجيه المبنى ليطل على الشارع الرئيسي دون الأخذ في الإعتبار للتوجيه المناسب لمناخ المنطقة، بالإضافة إلى عدم مراعاة نسب التزجيج ، و اختيار الاتجاهات التي توضع فيها الواجهات الزجاجية الكبيرة؛ أدى لأن تمثل هذه الواجهات الزجاجية عبئا حراريا على المبنى، حيث ينفذ 75% من الإشعاع الشمسي خلال الزجاج، مما يسبب أحمالا حرارية على الفراغ الداخلي، خاصة أن الواجهتين الشرقية و الغربية تتعرضان للإشعاع الشمسي في ذروته. كما افتقد المبنى إمكانية التحكم في الإشعاع الشمسي لعدم وجود كاسرات تعمل على تظليل الواجهات الزجاجية.

توجيه الواجهات الزجاجية نحو الجهتين الشرقية و الغربية حدى بالمستخدمين إلى استعمال الستائر الداخلية للحماية من وهج الشمس، مما أدى لاستخدام الإضاءة الصناعية طيلة ساعات العمل و عدم الاستفادة من الغرض الأساسي لاستخدام الزجاج في الواجهات و هو الحصول على الإضاءة الطبيعية.

نظرا لعدم تصميم المبنى حراريا بما يتناسب مع مناخ مدينة الخرطوم الحار – الجاف؛ فقد تم الإعتماد تماما على استخدام أجهزة التبريد من أجل توفير الراحة الحرارية المطلوبة لمستخدمي المبنى، مما أدى ارتفاع معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية في المبنى، حيث يقدر متوسط مبلغ فاتورة الكهرباء الشهرية في فصل الصيف ب ٤٥,٠٠٠ جنيه لكامل مساحة المبنى (٧١٤٠م^{٢}).

٤-٤ الحالة الدراسية الثانية: مبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية

تـم اختيـار هـذه الحالـة الدراسـية نظـرا لموقـع المبنـى و توجيهـه، و البيئـة المحيطـة بـه، و المعالجـات المناخيـة – المعماريـة المسـتخدمة بـالمبنى، و دراسـة أثـر هـذه المعالجـات علـى إستهلاك الطاقة الكهربائية بالمبنى.



شكل (٤- ١٤) يوضح موقع مبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية

المصدر : www.google.com/maps

٤-٤-١ نبذة عن المبنى

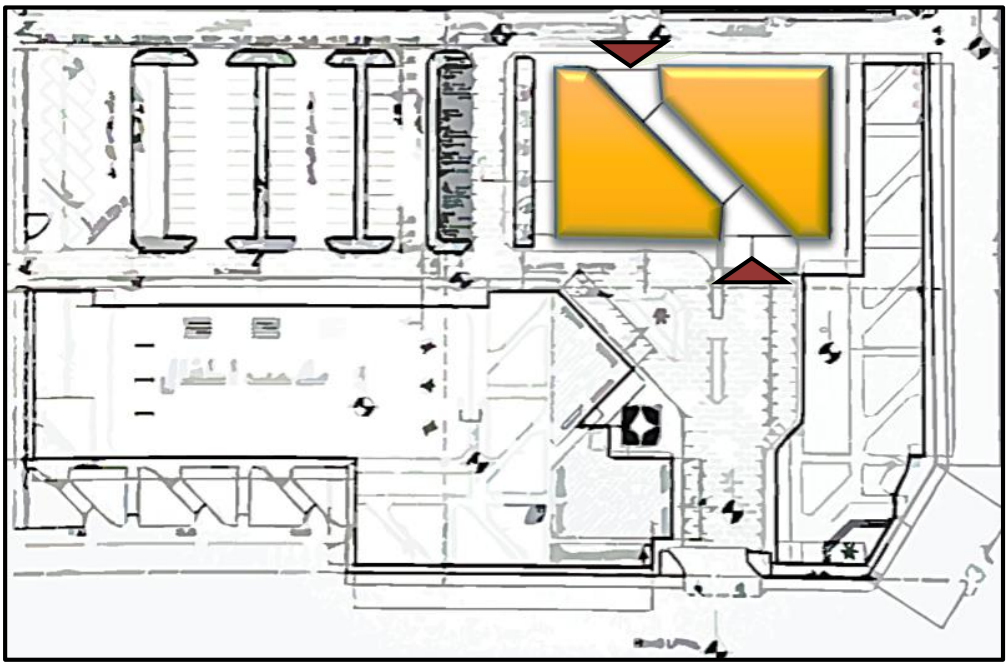
المالك	الخطوط الجوية السودانية
المصمم و المشرف	**شركة سينتكسCENTECS للإستشارات و الأعمال الهندسية، فازت الشركة بالمركز الأول بتصميمها للمبنى في مسابقة طرحت في مايو ١٩٩٧م**
المقاول و المنفذ	**شركة دان فوديو للمقاولات و الطرق و الجسور**
الموقع	**الخرطوم، منطقة الرياض، شارع الشهيد عبيد ختم شرقا، شارع المشتل جنوبا، شارع فرعي غربا. الجهتين الشمالية و الغربية مباني الطيران المدنى، والمطار.**
تاريخ التصميم	**صمم المبنى في سنة 1997 م و تم افتتاحة سنة 2002م**
عدد الأدوار	**طابق أرضي+ ٤ أدوار متكررة + السطح**

شكل (٤- ١٥) يوضح منظور خارجي لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية

المصدر: www.google.com/maps

٤-٤-٢ الوصف المعماري و وظائف المبنى

تم استخدام الشكل المثلث القائم الزواية كجزء من الشكل المستطيل وتحوير له، حيث يتكون المبنى من وحدتين (مثلثين). المدخل الرئيسى للمبنى من ناحية الجنوب وهو مدخل كبار الموظفين وكبار الزوار، و يتوفر مدخل رئيسي اخر من الناحية الشمالية كما يوضح المسقط الأفقي العام. الشكل (٤- ١٦).



شكل (٤- ١٦) يوضح المسقط الأفقي العام لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية

المصدر: شركة CENTECS

يميز المداخل الرئيسية الواجهة الزجاجية المخفية بثنيات المثلثين على ارتفاع المبنى والمغطاة من اعلى بإطار فراغى (Space Frame) شبه مظلل بالواح زجاجية مطاوعة. كما يوضح الشكل (٤- ١٧)

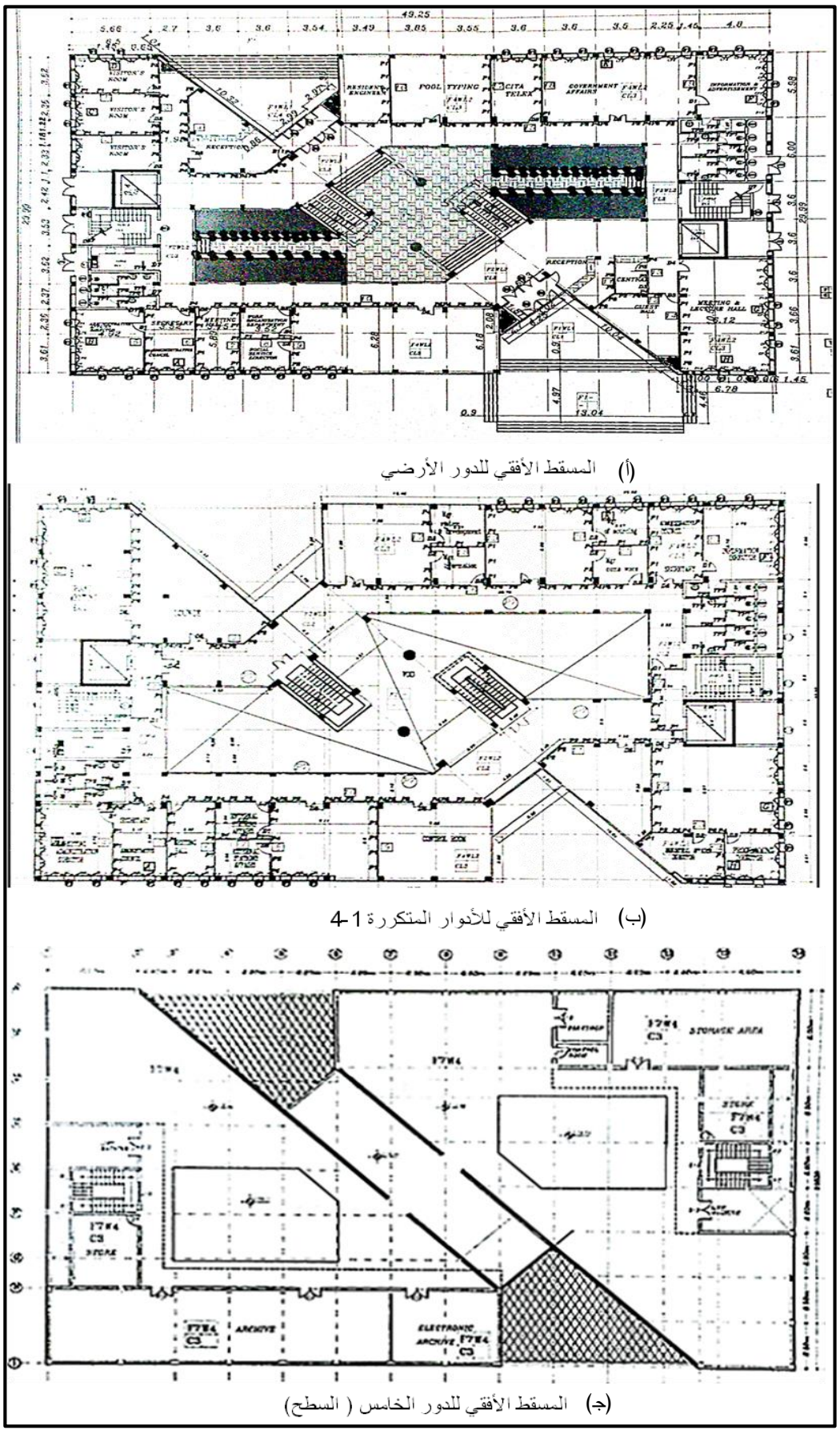
شكل (٤- ١٧) يوضح المداخل الرئيسية لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية

المصدر: الباحث

٤-٤-٣ وظائف المبنى

جدول (٤- ٤) يوضح الوظائف الداخلية لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية

الدور	المساحة(٩٠٠٠ م٢)	الوظيفة
الأرضي	١٥٠٠م٢	استقبال رئيسي + بعض استخدامات الجانب الرسمى أنظر الشكل (٤-١٨-أ)
المتكررة ١-٤	١٥٠٠م٢	مكاتب + الخدمات. أنظر الشكل (٤-١٨-ب)
السطح	١٥٠٠م٢	مخازن + أرشيف+ الجزء الخدمي(التكييف و الكهرباء) أنظر الشكل (٤-١٨-جـ)



(أ) المسقط الأفقي للدور الأرضي

(ب) المسقط الأفقي للأدوار المتكررة 1-4

(جـ) المسقط الأفقي للدور الخامس (السطح)

شكل (٤- ١٨) يوضح المساقط الأفقية لمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية

المصدر: شركة CENTECS

٤-٤-٤ تحليل المبنى

٤-٤-٤-١ توجيه المبنى و تشكيله

يستطيل المبنى باتجاه الشرق و الغرب، حيث تواجه المساحة الأكبر من المبنى الجهتين الشمالية و الجنوبية، وتمت مراعاة ان الفراغات الواقعة فى الجهتين الشرقية والغربية للمبنى تكون للخدمات (درج ، مصاعد ، حمامات، مطابخ ، مخازن ...).

تم استخدام الشكل المثلث القائم الزواية كجزء من الشكل المستطيل.

٤-٤-٤-٢ الغلاف الخارجي للمبنى

أ. الحوائط

تم استخدام بلاطات خرسانيه سابقة التجهيز سميكة و ذات لون و ملمس رملي خشن حيث تتناسب مع المناخ المحلى (منع البهر وعدم الاتساخ بواسطة الاتربة والامطار).

توجد بالمبنى فراغات داخلية من الناحية الشرقية والغربية يتم استخدامهما لعزل المبنى حراريا من هتين الجهتين ولاستخدامهما في تمرير انابيب ومواسير الخدمات (تكييف ، مياه ، صرف صحى، كوابل كهربية رئيسية ... الخ) . وقد صمم المبنى بحيث تكون مناطق الخدمات في الجهتين الشرقية و الغربية، و المكاتب في الجهتين الشمالية و الجنوبية.

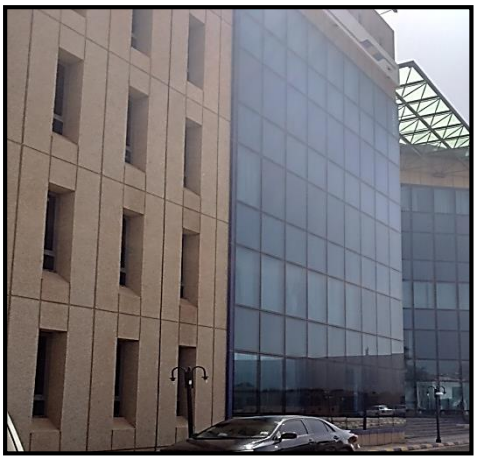
كما أن أرضية الدور الأرضي مرتفعة عن التربة مكونة فراغا يعمل على عزل الحرارة المكتسبة من سطح الأرض.

ب. الأسقف

تم استخدام الخرسانة المسلحة في إنشاء السقف، و تم استخدام عوازل للحرارة و الرطوبة (العوازل البثيومينية)

ج. الفتحات الخارجية

للنوافذ تم استعمال زجاج مزدوج (لعزل الحرارة والصوت من ضوضاء المطار) وذو سطح عاكس من الخارج مثبت على أطر من الالمنيوم، و تركب الاطر في الجزء الداخلي للحوائط لتقليل التعرض لأشعة الشمس المباشرة، مع جلسة خرسانية من الخارج بميل يسمح بانزال المياه.أنظر الشكل (٤-١٩). كما يلاحظ أن مساحة النوافذ محدودة (خاصة في الجهتين الشرقية و الغربية) للتقليل من الكسب الحراري. جدران المدخلين الرئيسيين (الشمالي و الجنوبي) منشأة من نفس نوع زجاج النوافذ.



شكل (٤- ١٩) يوضح توقيع النوافذ ضمن سمك الحائط للحماية من أشعة الشمس المباشرة

المصدر : الباحث

٤-٤-٤-٣ التظليل

تمت معالجة الجهتين الجنوبية و الشمالية من موقع المبنى بمساحة خضراء كبيرة طولها ٥٠ مترا تتوسطها نافورة امامية. أنظر الشكل (٤-٢٠)

شكل (٤- ٢٠) يوضح استخدام المسطحات الخضراء الواسعة حول بالمبنى

المصدر: الباحث

٤-٤-٤-٤ التهوية الطبيعية

عمل تصميم المبنى على توفير تهوية طبيعية بقدر ما ، حيث زودت المبانى بنوافذ محدودة المساحة تسمح بالتهوية وفى نفس الوقت تقلل من الاكتساب الحرارى ، و يمكن فتح النوافذ لتوفير التهوية حيث تم وضع النوافذ فى الواجهتين الشمالية والجنوبية – خدمة لهذه الاغراض وحتى لا تكون معرضة للأشعة الشمسية المباشرة من ناحيتى الشرق والغرب.

نظرا لعمق المبنى فإن المكاتب الداخلية البعيدة من الواجهات لا تتوفر بها تهوية و إضاءة طبيعيتين.

٤-٤-٤-٥ قيمة استهلاك الطاقة الكهربائية

يتم تكييف البيئة الداخلية للمبانى باستخدام التكييف الميكانيكي المركزي، و يوضح الجدول (٤–٥) معدل قيمة الاستهلاك الشهري للطاقة الكهربائية خلال أشهر الصيف الحارة، و أشهر الشتاء الباردة.

جدول (٤– ٥) متوسط قيمة الاستهلاك الشهري للكهرباء بمبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية

الفصل	متوسط قيمة الاستهلاك الشهري للكهرباء	
	كامل المبنى٩٠٠٠م^2	المتر المربع الواحد
الشتاء (ديسمبر – يناير – فبراير)	١٩,٥٠٠ جنيه	2.2 جنيه
الصيف (أبريل– مايو – يونيو)	٣٢,٢٠٠ جنيه	3.6 جنيه

نلاحظ من الجدول السابق أن متوسط الاستهلاك الشهري للكهرباء يزداد في فصل الصيف نسبة لزيادة استخدام التكييف الصناعي، مما يؤكد تأثير عناصر المناخ على استهلاك الطاقة الكهربائية.

٤-٤-٥ خلاصة الحالة الدراسية الثانية

توجيه المبنى باتجاه الشمال و الجنوب و وضع الواجهات الزجاجية في هاتين الجهتين و تصغير مساحة النوافذ في الجهتين الغربية و الشرقية، و استخدام الحوائط الخرسانية السميكة، و استخدام العوازل، و الفراغ الهوائي بين الحوائط في الجهتين الشرقية و الغربية، و التهوية الطبيعية، و استخدام المساحات الخضراء الواسعة؛ كل ما سبق أدى لتقليل الكسب الحراري لداخل المبنى، و بالتالي توفير الراحة الحرارية لمستخدمي المبنى و التقليل من الاعتماد على أجهزة التبريد الميكانيكة و تقليل فترات تشغيلها؛ مما أدى لتقليل معدل الاستهلاك للطاقة الكهربائية، و بالاضافة إلى مراعاة المصمم للأداء الحراري للمبنى، فقد اهتم بجماليات الشكل المعماري للمبنى.

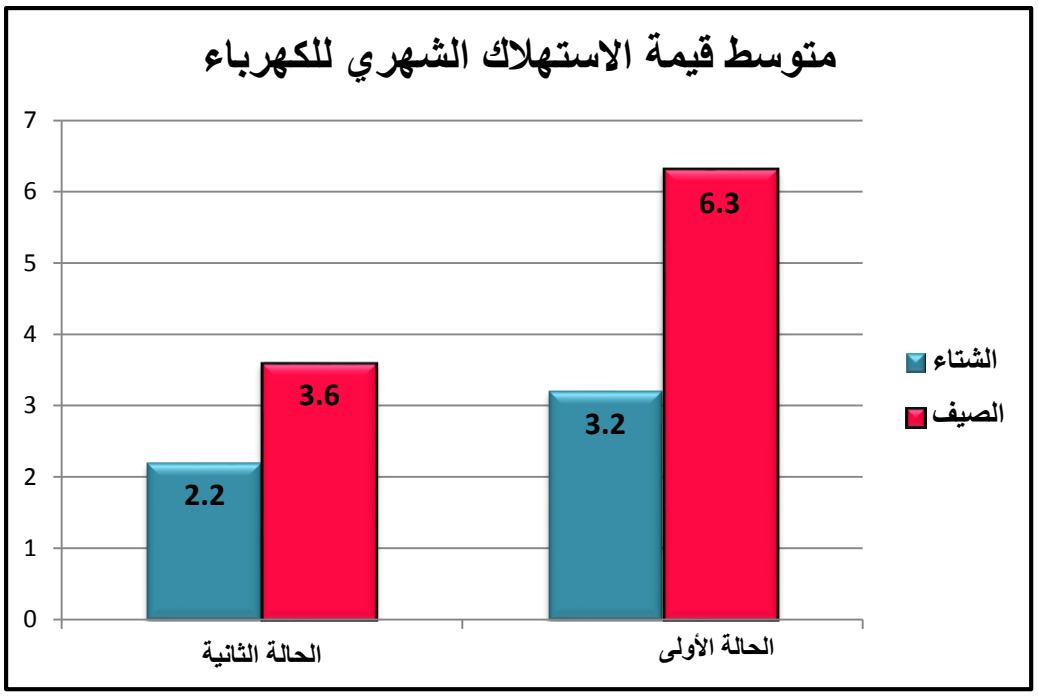
٤-٥ الخلاصة: مقارنة الحالات الدراسية

فيما يلي يلخص الجدول (٤-٦) نتائج المقارنة بين حالات الدراسة وفق المعايير التي تم تحديدها في في بداية هذا الفصل، و يوضح مدى إهتمام المصمم لكل حالة بتطبيق معالجات التصميم المناخي في المبنى و توفير الراحة الحرارية لمستخدمي المبنى و تقليل الإعتماد على التكييف الميكانيكي.

جدول (٤- ٦) مقارنة الحالات الدراسية

	١. مبنى شركة هجليج للبترول	**٢. مبنى إدارة الخطوط الجوية السودانية**
التوجيه	تم توجيه المبنى باتجاه الشرق و الغرب و هو توجيه غير مناسب	تم توجيه المبنى باتجاه الشمال و الجنوب، و هو توجيه مناسب
التشكيل	الشكل البيضاوي، غير مناسب	الشكل المستطيل، و هو مناسب
مواد الإنشاء	تزيد من الكسب الحراري	تقلل من الكسب الحراري
المواد العازلة	مستخدمة	مستخدمة
معالجات الفتحات الخارجية أو الواجهات الزجاجية	- مساحة الواجهات الزجاجية كبيرة. -لم يتم استخدام كاسرات الشمس بصورة فعالة. -الزجاج مزدوج مع تجويف بين اللوحين يعمل كعازل.	- تم تقليل مساحة الفتحات الخارجية و توقيع الشبابيك ضمن سمك الحائط الداخلي. -لم يتم استخدام كاسرات الشمس. - تم استخدام الزجاج المزدوج.
التهوية الطبيعية	غير متوفرة	متوفرة إلى حد ما
التظليل و التشجير	المساحات صغيرة جدا مقارنة بمساحة المبنى	المساحات كبيرة و مناسبة لمساحة المبنى

يوضح الرسم البياني التالي شكل (٤-٢١) المقارنة بين الحالتين في نسبة الإستهلاك الشهري للكهرباء في فصل الصيف و فصل الشتاء، يوضح قيمة اللاإستهلاك لمساحة المتر المربع الواحد من كل مبنى.



شكل (٤- ١٨) يوضح مقارنة متوسط قيم معدل الإستهلاك الشهري للكهرباء للحالات الدراسية

المصدر: الباحث

نلاحظ من الرسم البياني الفرق الكبير بين الإستهلاك الشهري للكهرباء للحالتين في فصلي الشتاء و الصيف، فالحالة الأولى تستهلك صيفا ٦,٣ جنيه ، أما الحالة الثانية فتستهلك ٣,٦ جنيه شهريا للمتر المربع الواحد، أي أن قيمة الكهرباء المستهلكة في الحالة الأولى يشكل تقريبا ضعف قيمة الإستهلاك في الحالة الثانية.

الفصل الخامس

الخلاصات و التوصيات

٥-١ مقدمة

في هذا الفصل تنتهي الدراسة بتقديم أهم النتائج و الخلاصات التي توصل إليها البحث، و التي تعد ملخصا لكل ما تم عرضه في البحث، و ترجمة تلك النتائج و الخلاصات إلى مجموعة من التوصيات بهدف زيادة إهتمام المصممين المعماريين بتطبيق معالجات التصميم المناخي، و مراعاة المناخ و البيئة المحيطين بالمبنى التي تؤثر على الراحة الحرارية لمستخدمي المبنى، و مراعاة التصميم الحراري للغلاف الخارجي للمبنى.

٥-٢ الخلاصات

توصل البحث من خلال الفصول النظرية و تحليل حالات الدراسة إلى أهمية استخدام أسس التصميم المناخي لعناصر الغلاف الخارجي للمبنى في الحد من استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة لأغراض التبريد، كما توصل لمجموعة من النتائج يتم عرضها فيما يلي:

٥-٢-١ خلاصات عامة

١. في مناطق المناخ الحار يزداد الطلب على الطاقة الكهربائية نتيجة للتوسع الكبير في استخدامها لأغراض التبريد خاصة مع التغير الذي ظهر في البيئة العمرانية سواء في مواد البناء أو التكوين أو الشكل العمراني وعدم توافقه مع المناخ المحيط.

٢. أهم أهداف التصميم المناخي تحقيق الراحة الحرارية لمستخدمي المباني بأقل التكاليف، و توفير الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التبريد أو التدفئة وفقا للمناخ.

٣. أبرز المعوقات التي تواجه التصميم المناخي عدم كفاية المعماريين المتخصصين في هذا المجال، بالإضافة لمحاولة المالك تخفيض تكلفة تصميم المشروع بحذف بند الدراسات المناخية، و اختيار

الوسائل الميكانيكية بالرغم من أن تكلفة الحلول الميكانيكية على المدى الطويل أكبر بكثير من الحلول المناخية، و من أهم المعوقات عدم وجود قوانين ملزمة بتوفير الطاقة.

٤. القرارات التصميمية تؤثر بشكل مباشر على كفاءة الأداء المناخي للمبنى و قدرته على توفير الراحة الحرارية لمستخدميه.

٥. تقع على المعماري المسؤولية الأكبر في خلق المناخ الداخلي للمبنى و بالتالي تقليل استهلاك الطاقة.

٦. تتحقق كفاءة البيئة الحرارية من خلال التحكم في مستويات التدفق الحراري من خارج المبنى إلى داخله و العكس صحيح، و يتم توظيف المعالجات المعمارية المناخية لتقليل حمل الطاقة الذي ينتج عن التبريد و التهوية إلى أدنى حد ممكن.

٧. لابد من دراسة العوامل المناخية المؤثرة على المبنى حتى يتمكن المصمم من تشكيل كتل و فراغات المبنى بصورة تجعلها متكيفة مع العوامل المؤثرة عليها.

٨. يرتكز التصميم المناخي في المناطق ذات المناخ الحار – الجاف على حماية المبنى من الأشعة الشمسية المباشرة و المنعكسة من المجاورات.

٩. التصميم المناخي السليم يعمل على التكامل بين المعالجات المعمارية و المعالجات الميكانيكية.

١٠. يعمل الغلاف الخارجي للمبنى كمنظم حراري بضبط التأثيرات الحرارية بين البيئتين الخارجية والداخلية عن طريق سلوك الإنتقال الحراري، فكلما كان تصميم غلاف المبنى متناسا مع المناخ المحيط به يعمل ذلك على تخفيض الأحمال الحرارية المسلطة على المبنى، و بالتالي يحقق أقصى حالات الراحة الحرارية في بيئته الداخلية.

١١. الغلاف الخارجي للمبنى أقل العوامل من حيث قابليته على التغيير والتعديل، و لذلك أي قصور في تصميمه سيؤدي إلى انخفاض الأداء الحراري للمبنى يتم تعويضه بالوسائل الميكانيكية مما يسبب زيادة في التكاليف بالنسبة لقيمة الكهرباء المستهلكة، و صيانة أجهزة التبريد.

١٢. يمكن التحكم في الأداء الحراري لغلاف المبنى من خلال التحكم في الأساليب التالية:

- التحكم بتوجيه كتلة المبنى و تشكيله وأثره على التقليل من الأحمال الحرارية المكتسبة.
- المعالجات المعمارية للأسقف و الحوائط.
- المعالجات المعمارية للفتحات الخارجية و الواجهات الزجاجية، و التحكم في مساحاتها وفقا للاتجاهات و المواقع التي تثبت فيها.
- اختيار مواد الإنشاء وفقا لخصائصها الحرارية و الفيزيائية.
- أنظمة التهوية الطبيعية.
- الاستفادة من االتبريد بواسطة تبخر الماء من المسطحات المائية و الخضراء في محيط المبنى.

١٣. المعالجات المناخية لغلاف المبنى الخارجي لا تتنافى و جماليات التصميم المعماري للمبنى.

٥-٢-٢ خلاصات حالات الدراسة

توصل البحث من خلال عرض و تحليل حالات الدراسة إلى النتائج و الخلاصات التالية:

١. يلعب توجيه المبنى الدور الأهم في التحكم في الأحمال الحرارية التي يكتسبها المبنى و التخلص منها عن طريق التهوية الطبيعية. طبيعة بعض المواقع التي تطل على شارع رئيسي واحد تجبر المصمم على توجيه المبنى باتجاه الشارع حتى إن كانت هذه الواجهة غير مناسبة من ناحية التوجيه.

٢. الاختيار المناسب لمواد الإنشاء و استثمار خصائصها الحرارية يؤدي إلى تخفيض حمل التبريد و بالتالي تقليل كلفة الكهرباء المستهلكة. و العكس صحيح فاختيار مواد انشائية غير مناسبة لمناخ المنطقة يؤدي لزيادة الأحمال الحرارية التي يكتسبها المبنى و بالتالي زيادة حمل التبريد مما يؤدي لزيادة كلفة الطاقة الكهربائية المستهلكة.

٣. استخدام الزجاج و الألمونيوم كمواد للإنشاء غير مناسب للمناخ الحار الجاف نظرا لخصائصها الحرارية.

٤. عدم وضع مناخ المنطقة في الاعتبار عند تصميم المبنى يؤدي إلى اعتماد كلي على أجهزة التبريد الميكانيكية لتحقيق الراحة الحرارية لمستخدمي المبنى.

٥. إن عدم مراعاة المصمم لتفاعل المبنى مع الظروف المناخية المحيطة به وتأثيرها على تحديد المناخ الداخلي ونوعية المعالجة التي يحتاجها، تجعل الفراغات الداخلية للمباني تعتمد على أجهزة التبريد الميكانيكية لتوفير الراحة الحرارية المطلوبة للإنسان، مما أدى إلى ارتفاع معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية و ازدياد تكلفة هذا الاستهلاك، بالإضافة إلى زيادة الضغط على الأجهزة بسبب طول ساعات تشغيلها.

٦. تستهلك المباني في الخرطوم مقدارا كبيرا من الطاقة في الوسائل الميكانيكية لتحقيق البيئة الداخلية الملائمة لمستخدميها للوصول للراحة الحرارية المطلوبة.

٧. المبانى الزجاجية المنتشرة في مدينة الخرطوم ذات المناخ الحار لا تلبى شروط الراحة الحرارية داخل المباني، لذلك يجب التوجه إلى استخدام مواد بناء تتناسب مع المناخ.

٥-٣ التوصيات

١. نشر الوعي بأهمية التصميم المناخي وبالقيمة الاقتصادية التي يمكن توفيرها باستخدام الحلول المعمارية المناخية، حتى وإن كانت التكلفة الإبتدائية مرتفعة. و زيادة الوعى بأهمية ترشيد استهلاك الطاقة و الحفاظ عليها.

٢. تكثيف الجهود في تثقيف وتوعية المالك بالحلول والبدائل المختلفة التي تقلل له تكلفة تشغيل و صيانة أجهزة التبريد الميكانيكة.

٣. إيجاد البدائل التصميمية التي تناسب متطلبات المناخ الحار – الجاف وتعمل على تقليل الإستهلاك وتوفير الطاقة ، مع مراعاة الجماليات في المباني المصممة مناخيا.

٤. الاستفادة من التطور التكنولوجي في مجال برامج الحاسب الآلي و توظيف التقنيات الحديثة و دمجها في مراحل التصميم الأولى لعمل دراسات و تحليل المناخ و اتخاذ القرارات التصميمية وفقا لتلك الدراسات.

٥. دراسة تأثير الموقع المختار للمشروع على توجيه المبنى و ما يترتب على ذلك من قرارات تصميمية.

٦. التعامل مع الزجاج كمادة للنوافذ و الفتحات الخارجية و ليس كمادة أساسية و بديلة للإنشاء، و مراعاة نسبة التزجيج و مواقعه و توجيهه في المبنى.

٧. ايجاد قوانين و ضوابط بنائية خاصة للتصميم البيئي المناخي ملزمة بتوفير ظروف مناخية جيدة داخل المباني في السودان باستهلاك أقل قدر ممكن من الطاقة ، تكون ملزمة للتطبيق كأحد الشروط لمنح تصريح البناء.

٨. تضمين عقود الإنشاء للدراسات المناخية وتأثيرها على المباني.

٩. مساهمة كليات العمارة و مناهجها في توعية الطلاب بأهمية تصميم المشاريع وفقا للمناخ و تضمين تطبيقات برامج الحاسب الالي المتخصصة بالتصميم المناخي ضمن المناهج.

١٠. توجيه البحث العلمي نحو دراسات شاملة لتجارب واقعية للمباني المصممة وفق المناخ، ومعرفة مدى تأثيرها على الراحة الحرارية و الجانب الإقتصادي.

المراجـع

١. ابـن عـوف، د. سـعيد عبـد الـرحيم سـعيد (1994) **العناصـر المناخيـة و التصـميم المعمـاري،** الرياض: جامعة الملك سعود

٢. حسن، د. سعود صادق (2000) **مباديء علوم البيئة العمرانية: الجزء الأول المناخ و التأثيرات الحرارية في المناطق المدارية،** السودان: مكتبة الشريف الأكاديمية.

٣. حسن، سعود صادق (2001) **السكن والبيئة الحرارية: توصيات للتخطيط والتصميم السكني في منطقة الخرطوم** ، المؤتمر العلمي الخامس – الإسكان والتنمية في السودان – المشاكل والحلول، المركز القومي للبحوث، الخرطوم

٤. الزعفراني عباس محمد (2000) **التصميم المناخي للمنشآت المعمارية،** رسالة دكتوراة، جامعة القاهرة. Available: (www.egyptarch.net/abbasphd1,3/cover.htm)

٥. الشيمي، أحمد، (2013)، **تصميم المباني المستدامة، تصميم المباني الموفرة للطاقة.**

Available: (http://sustainablebuildingdesigns.blogspot.com/2013)

٦. عالم الكهرباء والطاقة (٢٠١٣) التصميم الحرارى للمبانى لترشيد استهلاك الكهرباء، [online]

Available: (www.electricity-world.blogspot.com) [Accessed Dec 2015]

٧. عبد العظيم، المعتز بالله جمال الدين(2008) **اقتصاديات تصميم الغلاف الخارجي للمباني الإدارية لتحقيق الراحة الحرارية.** مؤتمر جامعة الأزهر العاشر. القاهرة.

Available: (www.researchgate.net/publication/282849214)

٨. العيسوي، محمد عبد الفتاح (2003) **تأثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى على الاكتساب الحراري والراحة الحرارية للمستعملين،** رسالة ماجستير، جامعة القاهرة.

Available: (www.cpas-egypt.com/pdf/M.Abdel%20Fattah/M.sc.pdf)

٩. فتحي، حسن (1988) **الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية**، بيروت: المؤسسة العربية للدراسات و النشر.

١٠. الموسوي، د.هاشم عبود (2007) **العمارة و المناخ**، عمان: دار الحامد.

١١. وزارة الطاقة والتعدين (2012) **تجربة السودان في إحصاءات الطاقة**.

Available: (www.css.escwa.org/sudan)

١٢. وزيري، د.يحيى (2007) **التصميم المعماري الصديق للبيئة نحو عمارة خضراء**، القاهرة :الهيئة المصرية العامة للكتاب.

١٣. الوكيل، شفق العوضي(1985) **المناخ و عمارة المناطق الحارة**، القاهرة :دار الكتب القومية.

14. Danby,Miles (1977) **Building Design in Hot Dry Climates**, FAO.

15. Gut, Paul and Ackerknecht ,Dieter (1993) **Climate Responsive Building: Appropriate Building Construction in Tropical and Subtropical Regions**, SKAT.

Available:(http://collections.infocollections.org/ukedu/en/d/Jsk02ce/3.2.html)

16. Wigginton, Michael and Harris, Jude (2002) **Intelligent Skins**, Butterworth–Heinemann. Available:

(https://disegnodiezunibe.files.wordpress.com/2011/05/.pdf)

17. Yeang, Ken (1996) **The Skyscraper: Bioclimatically Considered**, Malaysia: Academy Group Ltd. Available: (www.akdn.org/architecture/pdf/1356Mal.pdf)

18. Wikipedia (2009),**Koppen Climate Classifications**, [online], available: (www.ar.wikipedia.org/wiki/koppen_climate_classification) [Accessed Jan 2016]

19. Wikipedia (2016), **Passive Solar Building Design** [online], available: (www.en.wikipedia.org/wiki/passive_solar_building_design) [Accessed Dec 2015]