مفهوم المبانى المتنفسة لمواجهة التغير المناخي

إعداد

منى رزق جاد السيد

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة – جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم
في
الهنـــدســـة المعمـــاريــة

كليــة الهندســة- جامعــة القاهــرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـرالعربيــة

٢٠١٥

مفهوم المبانى المتنفسة لمواجهة التغير المناخي

اعداد

مني رزق جاد السيد

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة – جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم

في

الهنـــدســـة المعمـــاريـــة

تحت إشراف

أ.د. بهاء الدين حافظ بكرى (رحمه الله)

أستاذ التصميم البيئي وإيكولوجيا العمران

كلية الهندسة- جامعة القاهرة

أم.د. إيهاب محمد عبد المجيد الشاذلى

أستاذ مساعد العمارة – كلية الهندسة

جامعة القاهرة

د. أحمد صلاح الدين شيبة

مدرس العمارة – كلية الهندسة

جامعة بنى سويف

كليـــة الهندســـة- جامعـــة القاهـــرة

الجيزة - جمهوريـة مصـر العربيـــة

٢٠١٥

مفهوم المبانى المتنفسة لمواجهة التغير المناخي

اعداد

مني رزق جاد السيد

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة – جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم

في

الهنـــدســـة المعمـــاريـــة

يعتمد من لجنة الممتحنين:

الأستاذ الدكتور: إيهاب محمد عبد المجيد الشاذلي (المشرف الرئيسى).....

الأستاذ الدكتور: محمد مدحت حسن درة (الممتحن الداخلي).....

الأستاذة الدكتورة : ماجدة إكرام عبيد (الممتحن الخارجي).....

أستاذ العمارة - معهد الدراسات البيئية – جامعة عين شمس

كليـــة الهندســـة- جامعـــة القاهـرة

الجيزة - جمهوريـة مصـرالعربيـة

٢٠١٥

مهنـــــــــــدسة: منى رزق جاد السيد

تاريـخ الميـــلاد: ١ / ٩ / ١٩٨٢

الجنسيـــــــــة: مصرية

تاريخ التسجيل: ١ / ١٠ / ٢٠٠٨

تـــاريخ المنـــح: / / ٢٠١٥

القســـــــــــم: **الهندسة المعمارية**

الدرجـــــــــة: **ماجستير العلوم**

المشرفون : **أ.د بهاء الدين بكرى حافظ** (رحمه الله)

أ.د إيهاب محمد عبد المجيد الشاذلي

د أحمد صلاح الدين شيبة " دكتور العمارة – كلية الهندسة – جامعة بن سويف"

الممتحنـــــون : **أ.د محمد محت حسن درة**

أ.د ماجدة إكرام عبيد " أستاذ العمارة – معهد الدراسات والبحوث البيئية– جامعة عين شمس "

أ.د. إيهاب محمد عبد المجيد الشاذلي

عنـــوان الرسالـة :

مفهوم المبانى المتنفسة لمواجهة التغير المناخي

الكلمات الدالة : -

العمارة – الحركية – المستجيبة – المتكيفة – المتنفسة

ملخـــص البحـــث :

ناقش البحث مشكلة التغير المناخي مفهومه ، أسبابه و سيناريوهاته وتأثيره على المبانى والصحة العامة لمستخدميها ، كما ناقش كيفية مواجهة مظاهر هذا التغير من الإرتفاع فى درجات الحرارة بالمبانى عن طريق دراسة التكيف و أشكاله فى الطبيعة و محاكاة هذه الأشكال فى المبانى للوصول إلي الأنظمة و الإستراتيجيات التى تعمل علي تكيف المبنى و إستجابته لهذه المتغيرات . ثم تمت دراسة نوع من المبانى المتكيفة و المستجيبه للتغيرات البيئية والمعروفة بالمبانى المتنفسة و من خلال هذه الدراسة تم وضع منهجية لتصميم هذا النوع من المبانى لتساعد المعماري على تطبيقها مستقبلا ، لكي يتم التأكد من فعَالية هذا النوع من المبانى تم تطبيق المنهجية على أحد المبانى الإفتراضية و تقييم آداؤه و تحليل النتائج لنصل فى النهاية إلي فعالية هذا النظام فى الحفاظ على جودة الهواء الداخلي و بالتكامل مع وسائل تبريد الهواء السالبة يستطيع أن يوفر الراحة الحرارية بالمبانى طبقا للتغيرات التى تحدث بالمناخ الخارجي وما تتطلبه إحتياجات فراغات المبنى الداخلية .

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ ﴾

صدق الله العظيم

[سورة التوبة: ١٠٥]

إهـــداء

إلي من وقفت بجانبي وتحملتنى و شجعتنى بكل ما تملك من قوة إلي **والدتي العزيزة/سامية محمد** فلولاها ما استطعت أن أكمل هذا المشوار الطويل .

إلي من غرس في الطموح والعزيمة والإصرار **والدي (رحمه الله)**، مما ساعدنى على مقاومة كل العقبات التى واجهتنى .

إلي من كان الداعم الأول لموضوع البحث و كان لتوجيهاته أثرا كبير فى الوصول للغاية من الدراسة ، **أستاذي أ. د/ بهاء الدين بكري حافظ (رحمه الله)** ، جعلها الله في ميزان حسناته .

إلى كل من ساعدني ووقف بجانبي .. أهدي هذا الجهد المتواضع راجية من المولى عز وجل أن ينفع به من بعدي و أن يجعله فى ميزان حسناتي.

شكر و تقـدير

الشكر والحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات.

أتقدم بالشكر الجزيل إلى أستاذي الفاضل الدكتور **إيهاب محمد عبد المجيد الشاذلي**
الذي تفضل بالإشراف على البحث
عرفاناً لكل ما قدمه لي من توجيهات لإخراج هذا البحث بالصورة المطلوبة.

أتقدم بالشكر **للدكتور/ أحمد صلاح الدين شيبه**
الذي تفضل بالمساهمة في الإشراف على هذا البحث
لما قدمه لي من جهد علمي و إرشاد مستمر لإخراج هذا البحث بالصورة المطلوبة

وأتقدم بالشكر إلى كل من ساعدني
وقدم لي يد العون وزودني بالمعلومات اللازمة لإتمام هذا البحث
وأخص بالذكر
دكتور مصطفي ربيع عبد الباسط و **مهندس أيمن وجدي** على دعمهم لي فى إستخدام برامج
المحاكاة و التصميم البارامتري " Grasshopper"
مهندس Chris Mackey أحد مطوري أدوات تقييم آداء المبنى الحراري " Ladybug & "
Honeybee Plug-ins على تواصله الدائم و تذليل المشكلات التى واجهتنى فى إستخدام هذه
الأدوات.

و لن أنسى أن أشكر أخوتى **شريف و أشرف** على دعمهم المستمر ، **جدتى و خالاتى** لدعائهم
المستمر وتمنياتهم لي بالتوفيق والنجاح . كما أشكر جميع أصدقائي على تشجيعهم المستمر
وأمنياتهم لي بالتوفيق

قائمة المحتويات

إهداء ..... أ

شكر و تقدير ..... ب

قائمة المحتويات ..... ج

قائمة الأشكال ..... ح

قائمة الجداول ..... ع

قائمة الاختصارات ..... ص

ملخص البحث ..... ق

المقدمة البحثية ..... ر

الفصل الأول : التغير المناخي

تمهيد :..... ١

(١-١)مفهوم التغير المناخى :..... ٤

(١-١-١) تعريف : ٤

(١-١-٢) أسباب التغير المناخى : ٤

(١-١-٢-١) الأسباب الطبيعية لتغير المناخ : ٥

(١-١-٢-٢) الأسباب البشرية المنشأ لتغير المناخ : ١٠

(١-١-٣) ملاحظات تغير المناخ العالمى : ١٨

(١-٢) سيناريوهات التغير المناخى : ٢٢

(١-٢-١) نماذج المناخ : ٢٢

(١-٢-٢) سيناريوهات تغير المناخ فى الأرض : ٢٥

(١-٢-٢-١) سيناريوهات تغير انبعاثات غازات الدفيئة والأيروسولات : ٢٦

(١-٢-٢-٢) سيناريوهات التغير فى درجات الحرارة : ٣١

(١-٢-٣) التغير المناخى فى أفريقيا : ٣٣

(١-٢-٣-١) ملاحظات تغير المناخ فى أفريقيا : ٣٣

(١-٢-٣-٢) سيناريوهات تغير درجات الحرارة فى أفريقيا : ٣٤

(١-٣) سيناريوهات تغير درجات الحرارة فى مصر :..... ٣٦

(١-٣-١) ملاحظات تغير المناخ فى مصر : ٣٧
(١-٣-٢) سيناريوهات التغير المناخى فى مصر : ٤١
(١-٣-٣-١) التغير في درجات الحرارة في مصر : ٤٢
(٢-٣-٣-١) التغير في معدل هطول الأمطار في مصر : ٤٣
(١-٤) التغير المناخى والبيئة المشيّدة :..... ٤٥
(١-٤-١)آثار تغير المناخ على البيئة المشيّدة : ٤٦
(٢-٤-١)تأثير التغير المناخى على المبانى : ٤٧
(٣-٤-١)تأثير التغير المناخى على الراحة الحرارية : ٤٩
(١-٤-٢-١)التغير المناخى وجودة الهواء الداخلى : ٥٨
الخلاصة :..... ٦٣
الفصل الثانى : التكيُّف مع التغير المناخى
تمهيد :..... ٦٥
(٢-١) التكيُّف مع التغير المناخى :..... ٦٨
(٢-١-١)مفهوم التكيُّف مع التغير المناخى : ٦٨
(٢-١-٢)أنواع التكيُّف مع التغير المناخى : ٦٩
(٢-١-٣)القدرة على التكيُّف مع التغير المناخى : ٧٠
(٢-٢) التكيُّف بيولوجيا ومعماريا :..... ٧١
(٢-٢-١)التكيُّف فى الطبيعة : ٧٢
(١-١-٢-٢) مفهوم التكيُّف فى الطبيعة : ٧٢
(٢-٢-١-٢)أشكال التكيُّف فى الكائنات الحية : ٧٣
(٢-٢-٢)التكيُّف في المبانى : ٧٩
(١-٢-٢-٢) أساليب التكيُّف فى المبانى :..... ٨٠
(٢-٣) أنظمة التكيُّف فى المبانى :..... ٨٧
(٢-٣-١)الأنظمة الحركية " Kinetic Systems " : ٨٨
(١-١-٣-٢) أنواع الأنظمة الحركية : ٨٩
(٢-٣-١-٢)نظم التحكم فى الأنظمة الحركية : ٩٣
(٢-٣-٢)الأنظمة المستجيبة " Responsive Systems " : ٩٥

(٢-٣-٣)شبكة الأعصاب الإصطناعية "Artificial Neural Networks" : ٩٧
(٢-٤-٣)الأنظمة الحركيّة المستجيبة : ١٠٠
(٢-٤) تصميم المبانى للتكيُّف مع تغيّر مناخى قدره ٣ درجات مئوية: ١٠٥
(٢-٤-١)الوضع الراهن وتحديّات المستقبل : ١٠٥
(٢-٤-١-١)إرتفاع درجات الحرارة ١° س ، حالة من الإنكار Denial : ١٠٦
(٢-٤-١-٢)إرتفاع درجات الحرارة ٢° س ، مجتمعات مفككة : ١٠٦
(٢-٤-١-٣)إرتفاع درجات الحرارة ٣° س ، حالة الإنهيار : ١٠٦
(٢-٤-٢)التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخى (إرتفاع درجات الحرارة): ١٠٧
(٢-٤-٢-١)منهج التكيُّف " نهج الإدراك والعلم ": ١٠٧
(٢-٤-٢-٢)متطلبات التصميم لتكيُّف المبانى مع التغيّر المناخى : ١٠٩
(٢-٤-٣)إستراتيجيات التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخى : ١١٤
الخلاصة ١١٧

الفصل الثالث : المبانى المتنفِّسة فى مواجهة التغيّر المناخى

تمهيد :..... ١١٨
(٣-١)مفهوم المبانى المتنفِّسة :..... ١١٩
(٣-١-١)التنفس من الناحية البيولوجية : ١١٩
(٣-١-١-١) مفهوم التنفس بيولوجيا : ١١٩
(٣-١-١-٢)أنظمة التنفس البيولوجية : ١١٩
(٣-١-٢)التنفس من الناحية المعمارية : ١٢٣
(٣-١-٢-١) مفهوم التنفسية فى المبانى : ١٢٤
(٣-١-٢-٢) الأنظمة التنفسية المعمارية :..... ١٢٥
(٣-٢)تصميم المبانى المتنفِّسة لمواجهة التغيّر المناخى :..... ١٣٥
(٣-٢-١)دراسة تحليلية لبعض المبانى المتنفِّسة : ١٣٥
(٣-٢-٢)إستراتيجيات تصميم المبانى المتنفِّسة : ١٤٩
(٣-٢-٣)منهجية تصميم المبانى المتنفِّسة لمواجهة التغيّر المناخى : ١٥٥
الخلاصة ١٥٩

الفصل الرابع: تطبيق معايير تصميم المبانى المتنفّسة لمواجهة التغيّر المناخى

تمهيد ١٦٠

(٤-١) دراسة الظروف المناخية للموقع :..... ١٦١

(٤-١-١)تحديد البيانات المناخية : ١٦١

(٤-١-١-١)الأنواع الشائعة لملفات الطقس :..... ١٦١

(٤-١-١-٢)إستنباط البيانات المناخية للتغيّر المناخى: ١٦٣

(٤-١-٢)تحليل البيانات المناخية للموقع الحالية والخاصة بالتغيّر المناخي: ١٧٠

(٤-١-٢-١)تحليل البيانات المناخية للموقع الناتجة عن ملفات الطقس: ١٧١

(٤-١-٢-٢)مقارنة البيانات المناخية للموقع الناتجة عن ملفات الطقس: ١٧٣

(٤-٢) إعداد متطلبات التصميم :..... ١٧٦

(٤-٢-١)وصف المبنى : ١٧٦

(٤-٢-٢)تحليل ومقارنة الأداء الحراري للمبنى : ١٧٨

(٤-٢-٢-١) دراسة فترات عدم الراحة " Discomfort period " بالمبنى : ١٧٨

(٤-٢-٢-٢)دراسة كمية الحرارة المكتسبة صيفا :..... ١٨١

(٤-٢-٢-٣)دراسة كمية الحرارة المكتسبة / المفقودة شتاءا : ١٨٤

(٤-٢-٢-٤)تحليل الراحة الحرارية داخل فراغات المبنى :..... ١٨٧

(٤-٢-٣)تحليل ومقارنة أداء التهوية بالمبنى :..... ١٩٦

(٤-٣) تحديد متطلبات الراحة الحرارية بالمبنى :..... ٢٠٨

(٤-٤)تحديد متطلبات التهوية بالمبنى :..... ٢٠٩

(٤-٥) غلاف المبنى المتنفس :..... ٢١٣

(٤-٥-١)إستخدام أنظمة التكيّف : ٢١٣

(٤-٥-١-١)تزويد غلاف المبنى بأنظمة حركية: ٢١٣

(٤-٦) تحليل و تقييم أداء المبنى المتنفّس :..... ٢١٩

الخلاصة..... ٢٢٦

الفصل الخامس: النتائج و التوصيات

(٥-١)نتائج الجزء النظري : ٢٢٧

(٥-٢)نتائج الجزء التطبيقي : ٢٣٠

(٥-٣)التوصيات : ٢٣١
(٥-٤)الدراسات المستقبلية : ٢٣١
المراجع ٢٣٢
الملحقات ٢٣٧

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال **رقم الصفحة**

الفصل الأول : التغير المناخي :

شكل أ الإتزان بين الإشعاعات الواردة للأرض والمنعكسة منها..... ١

شكل ب مكوّنات النظام البيئي وعملها وتفاعلاتها..... ٣

شكل (١-١) تصور للقارات قبل إنفصالها وأماكن الحفريات ٥

شكل (١-٢) القارات قبل وبعد الإنفصال ٦

شكل (١-٣) بركان تامبورا بأندونيسيا..... ٧

شكل (١-٤) بركان جبل بيناتوبو بالفلبين..... ٧

شكل (١-٥) يوضح ميول محور الأرض ٨

شكل (١-٦) الآثار المناخية العالمية للإحترار الناجم عن النينيو..... ٩

شكل (١-٧) أسباب الإحتباس الحراري ١٠

شكل (١-٨) ظاهرة الإحتباس الحراري ١١

شكل (١-٩) يوضح إنبعاثات الدفيئة " البيت الزجاجى ١١

شكل (١- ١٠) تركيزات ثانى أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز
خلال الـ١٠,٠٠٠ سنة الماضية ومنذ عام ١٧٥٠..... ١٣

شكل (١- ١١) نسب انبعاثات غازات الدفيئة عام ٢٠٠٤ ..... ١٣

شكل (١- ١٢) الانبعاثات الكلية السنوية من غازات الدفيئة البشرية المنشأ
حسب مجموعات الغازات في الفترة ١٩٧٠- ٢٠١٠ ..... ١٤

شكل (١-١٣) نصيب القطاعات فى إنبعاثات غازات الدفيئة عام ٢٠٠٤ ..... ١٥

شكل (١-١٤) انبعاثات ثانى أكسيد الكربون الناشئة عن استهلاك الطاقة فى المبانى،٢٠٠٤..... ١٥

شكل (١-١٥) انبعاثات غازات الدفيئة حسب القطاعات الاقتصادية، ٢٠١٠ ..... ١٦

شكل (١-١٦) المتوسط العالمى للمؤثرات الإشعاعية عام ٢٠٠٥ مقارنا بعام ١٧٥٠ ..... ١٧

شكل (١-١٧) ذوبان الجليد فى القطب الشمالي..... ١٨

شكل (١-١٨) التغيرات فى درجة الحرارة ،مستوى البحار والغطاء الثلجى فى نصف الكرة الشمالى..... ١٩

شكل (١-١٩) تغيرات درجات الحرارة القارية والعالمية للفترة بين عامي ١٩٠٦ و ٢٠٠٥..... ٢٠

شكل (١-٢٠) ملاحظات تغير المناخ ، ٢٠١٠..... ٢١

شكل (١-٢١) إستخدام سيناريو الإنبعاثات لغازات الدفيئة ونماذج المناخ للحصول
على توقعات للمناخ فى المستقبل..... ٢٣

شكل (١-٢٢) درجة حرارة سطح الأرض العالمية على مر القرن العشرين ٢٤

شكل (١-٢٣) الإنبعاثات الناشئة عن ممارسات الإنسان التى تشملها الستة
سيناريوهات التوضيحية لـ (SERS)..... ٢٦

قائمة الأشكال | **رقم الصفحة**

شكل (١-٢٤) تركيزات الغازات N_2O & CH_4 , CO_2 فى الغلاف الجوى

تبعا للسيناريوهات الست لـ (SERS) ولسيناريو (IS٩٢a)..... ٢٧

شكل (١-٢٥) الإنبعاثات العالمية لغازات الدفيئة فى غياب السياسات المناخية الإضافية..... ٢٩

شكل (١-٢٦) إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن قطاع المبانى..... ٣٠

شكل (١-٢٧) توقعات إرتفاع درجات الحرارة حتى عام ٢٠١٠..... ٣١

شكل (١-٢٨) ملاحظات تغير المناخ للفترة بين عامى (١٩٠٦ : ٢٠٠٥)

والتوقعات المستقبلية للفترة بين عامى (٢٠٠١ : ٢٠٥٠) ٣٢

شكل (١-٢٩) التغيرات فى درجات الحرارة فى قارة إفريقيا على مدار ١٠٠ عام..... ٣٣

شكل (١-٣٠) الإختلافات بين درجات الحرارة بين الفترة (١٩٠١ :١٩٥٠م)

و الفترة (١٩٠٦ : ٢٠٠٥م) للأربعة مناطق بقارة إفريقيا..... ٣٤

شكل(١- ٣١) التوزيع الجغرافى لمتوسط مجموعات الإحترار المتوقعة للسيناريو A١B بالتفصيل..... ٣٥

شكل (١- ٣٢) متوسط الاتجاهات العقدية لمتوسطات درجات الحرارة الموسمية

في مصر والمناطق المحيطة خلال الفترة بين عامي (١٩٦٠ و ٢٠١٠)..... ٣٧

شكل (١-٣٣) التغير في الليالي الباردة والليالي الدافئة في مصر خلال الفترة

من ١٩٦٠- ٢٠٠٣ بالنسبة للفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠ من مجموعة بيانات HadEX..... ٣٨

شكل (١-٣٤) التغير في الأيام الباردة والأيام الدافئة في مصر خلال الفترة

من ١٩٦٠- ٢٠٠٣ بالنسبة للفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠ من مجموعة بيانات HadEX ٣٨

شكل (١-٣٥) توزيعات إنحرافات متوسط درجة الحرارة لأشهر يونيو ويوليو

وأغسطس (في الفترة ٢٠٠٠ - ٢٠٠٩ بالنسبة للفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠)..... ٣٩

شكل (١-٣٦) إجمالي التهاطل السنوي على مصر خلال الفترة

من ١٩٦٠ إلى ٢٠٠٣ بالنسبة للفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠ من مجموعة البيانات HadEX ٤٠

شكل (١-٣٧) نسبة التغير في متوسط درجات الحرارة السنوي

بحلول عام ٢١٠٠بالنسبة للفترة (١٩٦٠-١٩٩٠)..... ٤٣

شكل (١-٣٨) الإنخفاضات المتوقعة فى معدل هطول الأمطار..... ٤٤

شكل (١-٣٩) تأثير الجزر الحرارية فى الأماكن الحضرية..... ٤٦

شكل (١-٤٠) تأثير إستخدام أجهزة التكييف على إرتفاع درجات الحرارة ٤٨

شكل (١-٤١) التبادل الحراري بين جسم الإنسان ومحيطه البيئي ٥٠

شكل (١-٤٢) علاقة درجة حرارة الراحة الحرارية بمتوسط درجة الحرارة داخل المبنى ٥٢

شكل (١-٤٣) التغير فى درجة حرارة الراحة بالنسبة لمتوسط درجات الحرارة الشهرية للمناخ الخارجى..... ٥٣

شكل (١-٤٤) أعراض الإجهاد الحرارى وأشكاله..... ٥٥

شكل (١-٤٥) أمراض الجهاز التنفسى نتيجة إنخفاض درجات الحرارة..... ٥٦

قائمة الأشكال **رقم الصفحة**

الفصل الثاني : التكيف مع التغير المناخي

شكل (٢-١) دراسة معدل خفض الإنبعاثات الأساسية بجميع القطاعات التي درستها
الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC بحلول سنة ٢٠٣٠..... ٦٧
شكل (٢-٢) تأقلم نبات البرسيم إستجابة مع إتجاه الضوء..... ٧٣
شكل (٢-٣) كهف الدب القطبى ٧٤
شكل (٢-٤) يوضح ذوبان الجليد وتأثيره على الدب القطبى..... ٧٤
شكل (٢-٥) تكيف الفراشات المسماة بـ "white peppered moths "..... ٧٥
شكل (٢-٦) تكيف سحالي "Anoles" مع تغير البيئة المحيطة..... ٧٦
شكل (٢-٧) طائر الغراب ٧٧
شكل (٢-٨) طائر القبعة السوداء و طريق الهجرة القديم والجديد..... ٧٨
شكل(٢-٩) مراحل تطور تصميم مبني Millennium Tower ، اليابان..... ٨١
شكل (٢-١٠) المحكمة الفيدرالية بالولايات المتحدة الأمريكية و توزيع درجة حرارة الهواء
ببهو قاعة المحكمة بمنتصف البرج ٨٢
شكل (٢-١١) مبنى برج اللؤلؤ بالصين وإستخدام برنامج ECOTECT
للتنبؤ بكمية من الإشعاع الشمسي على الأسطح المختلفة في البرج ٨٣
شكل (٢-١٢) مبنى معهد العالم العربى بباريس، الواجهة الجنوبية للمبنى من الخارج..... ٨٤
شكل (٢-١٣) مبنى معهد العالم العربى بباريس من الداخل وتفاعلها مع محيطها البيئى..... ٨٤
شكل (٢-١٤) المبنى المتكيف ، الواقع فى Marshall, Colorado ٨٥
شكل (٢-١٥) غرفة المعيشة بالمبنى المتكيف، وأماكن أجهزة الإستشعار الداخلية ٨٦
شكل (٢-١٦) أماكن أجهزة الإستشعار " sensors " خارج المبنى..... ٨٦
شكل (٢-١٧) واجهة مبنى شركة Kiefer technic بأستراليا
والوضعيات المختلفة للواجهة أثناء الحركة..... ٨٩
شكل (٢-١٨) نموذج Chuck Hoberman للهياكل المتحولة ٩٠
شكل (٢-١٩) الأوضاع المختلفة لـ Hoberman Arch بمسرح بلازا الميداليات الأوليمبية،
الولايات المتحدة ٢٠٠٢..... ٩٠
شكل (٢-٢٠) المظلات الموجودة بساحة المسجد النبوي الشريف بالمدينة المنورة ٩١
شكل (٢-٢١) الحركة الديناميكية لواجهة مبنى Design Hub إستجابة لحركة الشمس..... ٩٢
شكل (٢-٢٢) مكونات أجهزة الإستشعار التقليدية..... ٩٥
شكل (٢-٢٣) مكونات أجهزة الإستشعار الذكية..... ٩٦
شكل (٢-٢٤) طريقة عمل الخلايا العصبية الصناعية ٩٧
شكل (٢-٢٥) مثال لشبكة أعصاب صناعية بسيطة..... ٩٨
شكل (٢-٢٦) شبكة بنظام (FNN) و شبكة بنظام(RNN) ٩٩

قائمة الأشكال **رقم الصفحة**

شكل (٢-٢٧) الأنظمة الحركية المستجيبة للقوي المناخية المختلفة..... ١٠٠
شكل (٢-٢٨) إستخدام نظام The Flare فى واجهة المبنى وطريقة حركته..... ١٠١
شكل (٢-٢٩) مكونات نظام The Flare..... ١٠٢
شكل (٢-٣٠) تأثير حركة الرقائق المعدنية المكونة لنظام The Flare
وإختلاف تأثير حركة أجزاء النظام مع تغير الزمن..... ١٠٢
شكل (٢-٣١) سقف البهو الرئيسى بمبنى محكمة الإستئناف
و طريقة حركة وحدات التظليل فى السقف..... ١٠٣
شكل (٢-٣٢) تفاعل وحدات التظليل بسقف مبنى محكمة الإستئناف مع حركة الشمس..... ١٠٣
شكل (٢-٣٣) سقف فناء مبنى المحكمة العليا ، وحركته على مدار اليوم..... ١٠٤
شكل (٢-٣٤) تدفقات الحرارة داخل المبنى ١١٢

الفصل الثالث : المبانى المتنفسة :

شكل(٣-١) يوضح أنف الجمل..... ١٢٠
شكل(٣-٢) الجهاز التنفسي للطائر مشيرا إلي الأكياس الهوائية
وسريان الهواء النقى بالجهاز التنفسي للطائر..... ١٢١
شكل (٣-٣) صمام التحكم لخروج الهواء المحمل بثانى أكسيد الكربون وغلقه لمنع دخول
الهواء النقى فى الأكياس الهوائية الامامية وتوجيهها نحو الأكياس الهوائية الخلفية..... ١٢١
شكل (٣-٤) الجهاز التنفسى للإنسان..... ١٢٢
شكل (٣-٥) دور عضلة الحجاب الحاجز فى عملية التنفس..... ١٢٢
شكل (٣-٦) حركة الهواء حول المبنى..... ١٢٦
شكل (٣-٧) توجيه حركة الهواء داخل فراغات المبنى نتيجة فروق الضغط..... ١٢٦
شكل (٣-٨) آليات نظم التهوية الطبيعية فى المبانى..... ١٢٧
شكل (٣-٩) قطاع فى قاعة محب الدين الشافعى..... ١٢٨
شكل(٣-١٠) التهوية الميكانيكية..... ١٢٩
شكل(٣-١١) التهوية المختلطة..... ١٣٠
شكل(٣- ١٢)السقف المتحرك لمبنى إستاد ويمبلدون..... ١٣١
شكل(٣-١٣) نظام التهوية المتكامل مع السقف المتحرك للملعب الرئيسي بإستاد ويمبلدون..... ١٣٢
شكل(٣-١٤) الواجهات الخارجية لمبنى " KfW Headquarters "..... ١٣٣
شكل(٣-١٥) نظام النوافذ الآلية الحركة بمبنى " KfW Headquarters "..... ١٣٣
شكل(٣-١٦) إستراتيجية تصميم نظام التهوية بمبنى " KfW Headquarters "..... ١٣٤
شكل(٣-١٧) مبنى Larkin Building للمعماري فرانك لويد رايد ١٩٠٦..... ١٣٥
شكل(٣-١٨) مبنى The Centrosoyuz بموسكو للمعماري لوكوربوزييه..... ١٣٦
شكل(٣-١٩) إسكتش يوضح نظامي Respiration exact ، Mur neutralisant ١٣٧
شكل(٣-٢٠) مبنى "Queens building" بجامعة "De Montfort University"..... ١٣٨

قائمة الأشكال | **رقم الصفحة**

شكل (٣-٢١) إستراتيجية التهوية الطبيعية بمبنى Queens building ١٣٨
شكل (٣-٢٢) مبنى The Contact Theater ١٣٩
شكل (٣-٢٣) إستراتيجية التهوية الطبيعية بقاعة المسرح الرئيسية..... ١٤٠
شكل (٣-٢٤) خروج الهواء الساخن المتصاعد من قاعة المسرح من H-Pot Chimney..... ١٤٠
شكل(٣-٢٥) الموقع العام لأبراج البحر..... ١٤١
شكل (٣-٢٦) المسقط الأفقي لأبراج البحر..... ١٤٢
شكل (٣-٢٧) الواجهات الخارجية لأبراج البحر..... ١٤٢
شكل (٣-٢٨) الوحدات المكونة لغلاف الأبراج الخارجي "المشربية "..... ١٤٣
شكل(٣-٢٩) وضعيات الفتح والغلق بالغلاف الخارجى للأبراج إستجابة لحركة الشمس..... ١٤٣
شكل (٣-٣٠) الواجهات الجنوبية لأبراج البحر وأماكن الحدائق..... ١٤٤
شكل (٣-٣١) حركة الهواء بالأبراج لتهوية الفراغات وتبريد الغلاف ١٤٤
شكل(٣-٣٢) تكامل النظم المعمارية والبيئة المستخدمة بالأبراج..... ١٤٥
شكل (٣-٣٣) الوحدات المتحركة التى تحاكي عمل الرئتين فى الانسان
وآلية عملها فى محاكاة عمليتى الشهيق والزفير لتحريك الهواء بالفراغ..... ١٤٦
شكل (٣-٣٤) تكامل الوحدات مع غلاف المبنى..... ١٤٧
شكل (٣-٣٥) هيكل مشروع "Bloom ١٤٨
شكل (٣-٣٦) حركة الوحدات المعدنية إستجابة لحركة الشمس..... ١٤٨
شكل(٣-٣٨) المبنى الإداري Commerzbank Headquarters للمعماري نورمان فوستر..... ١٤٩
شكل (٣-٣٩) إستخدام الحدائق فى الواجهات لترطيب الهواء..... ١٥٠
شكل (٣-٤٠) حركة الهواء فى التجويف بين النوافذ الداخلية والجزء الخارجى لغلاف المبنى..... ١٥١
شكل (٣-٤١) الواجهة الجنوبية لمبنى San Francisco Federal Building ١٥٢
شكل (٣-٤٢) الغلاف المعدنى ونظام النوافذ الآلية الفتح والغلق للمبنى ١٥٣
شكل (٣-٤٣) نظام " Cross ventilation" بفراغات للمبنى ١٥٣
شكل (٣-٤٤) نظام التهوية الليلية لتبريد مبنى San Francisco Federal Building ١٥٤

قائمة الأشكال | **رقم الصفحة**

الفصل الرابع : تطبيق منهجية تصميم المبانى المتنفسة :

شكل (٤-١) واجهة أداة (CCWorldWeatherGen) ١٦٤

شكل (٤-٢) تعديل خواص برنامج " Microsoft Excel " للسماح بعمل أداة
إنشاء ملفات الطقس للتغير المناخي..... ١٦٦

شكل (٤-٣) موضع وجود ملفات "HadCM٣" داخل أداة إنشاء ملفات الطقس للتغير المناخي..... ١٦٦

شكل (٤-٤) أعلى تحميل وفتح الملف المناخى بصيغة (EPW)
وظهور المعلومات الأساسية الخاصة بملف الطقس..... ١٦٧

شكل (٤-٥) تحديد و تحميل المجموعة الزمنية لسيناريو التغير المناخى A٢
و ظهور النتائج و ملخص للبيانات الخاصة بسيناريو التغير المناخى..... ١٦٨

شكل (٤-٦) مواضع إجراء عملية Morphing للملف الأصلى بواسطة
سيناريو التغير المناخى الذى تم تحميله مسبقا..... ١٦٩

شكل (٤-٧) واجهة برنامج إيكوتيكت "Ecotect analysis "
وواجهة برنامج أداة الطقس " Weather tool "..... ١٧٠

شكل (٤-٨) الإرتفاع المتزايد فى درجات الحرارة العظمي لموقع الدراسة تبعا لملفات
الطقس للتغير المناخى (٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠) بالنسبة لملف الطقس الحالي..... ١٧٣

شكل (٤-٩) الإرتفاع المتزايد فى درجات الحرارة الصغري لموقع الدراسة تبعا لملفات
الطقس للتغير المناخى (٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠) بالنسبة لملف الطقس الحالي..... ١٧٤

شكل (٤-١٠) يمثل متوسطات الرطوبة النسبية لموقع الدراسة تبعا لملفات
الطقس للتغير المناخى (٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠) بالنسبة لملف الطقس الحالي..... ١٧٤

شكل (٤-١١) يمثل متوسط سرعة الرياح لموقع الدراسة تبعا لملفات
الطقس للتغير المناخى (٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠) بالنسبة لملف الطقس الحالي..... ١٧٥

شكل (٤-١٢) المسقط الأفقي للدور الأرضي، المسقط الأفقي للدور الأول للمبنى محل الدراسة..... ١٧٦

شكل (٤-١٣) كتلة المبنى محل الدراسة..... ١٧٧

شكل (٤-١٤) مقارنة عدد ساعات عدم الراحة الحرارية داخل المبنى
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٧٩

شكل (٤-١٥) مقارنة عدد ساعات عدم الراحة الحرارية داخل المبنى تبعا
لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٨٠

شكل (٤-١٦) مقارنة كمية الحرارة المكتسبة عن طريق غلاف المبنى
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ..... ١٨٢

شكل (٤-١٧) مقارنة كمية الحرارة المكتسبة عن طريق التهوية
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٨٣

شكل (٤-١٨) مقارنة كمية الحرارة المكتسبة أوالمفقودة عن طريق غلاف المبنى
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٨٥

قائمة الأشكال **رقم الصفحة**

شكل (٤-١٩) مقارنة كمية الحرارة المكتسبة أوالمفقودة عن طريق التهوية
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٨٦
شكل (٤-٢٠) تحليل و مقارنة الراحة الحرارية بالدور الأرضي صيفا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٩١
شكل (٤-٢١) تحليل و مقارنة الراحة الحرارية بالدور الأول صيفا تبعا لملف
الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٩١
شكل (٤-٢٢) تحليل و مقارنة الراحة الحرارية شتاءا بالدور الأرضي
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٩٥
شكل (٤-٢٣) تحليل و مقارنة الراحة الحرارية بالدور الأول شتاءا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٩٥
شكل (٤-٢٤) مقارنة متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأرضي
صيفا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ..... ١٩٧
شكل (٤-٢٥) مقارنة متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأول
صيفا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ١٩٨
شكل (٤-٢٦) مقارنة متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأرضي شتاءا
لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ٢٠٠
شكل (٤-٢٧) مقارنة متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأول شتاءا
لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ٢٠١
شكل (٤-٢٨) معدل التهوية م٣/ث بفراغات الدور الأرضي صيفا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ٢٠٣
شكل (٤-٢٩) معدل التهوية م٣/ث بفراغات الدور الأول صيفا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ..... ٢٠٤
شكل (٤-٣٠) معدل التهوية م٣/ث بفراغات الدور الأرضي شتاءا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ٢٠٦
شكل (٤-٣١) معدل التهوية م٣/ث بفراغات الدور الأول شتاءا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ..... ٢٠٧
شكل (٤-٣٢) مسقط أفقي للمبنى محل الدراسة يوضح مسار تدفق الهواء ٢١١
شكل (٤-٣٣) الفتحات المتحركة بالواجهة الشمالية بغلاف المبنى الخارجي..... ٢١٢
شكل (٤-٣٤) الوحدة المكونة لغلاف المبنى المتنفس وآلية عملها ٢١٤
شكل (٤-٣٥) مكونات الوحدة المتحركة المكونة لغلاف المبنى..... ٢١٥
شكل (٤-٣٦) مراحل رسم الوحدة المتحركة بإستخدام برنامج Grasshopper ٢١٦

قائمة الأشكال **رقم الصفحة**

شكل (٤-٣٧) الوحدة المتحركة بعد رسمها بإستخدام برنامج Grasshopper..... ٢١٦
شكل (٤-٣٨) دراسة آلية حركة غلاف المبنى المتنفس ٢١٧
شكل (٤-٣٩) دراسة نسب الفتحات خلال حركة غلاف المبنى المتنفس..... ٢١٨
شكل (٤-٤٠) تقييم آداء المبنى الحراري بإستخدام Ladybug & Honeybee..... ٢١٩
شكل (٤-٤١) أداة Ladybug تستخدم ملف الطقس كمدخل وبعض التحليلات
التى تمثل المخرجات..... ٢٢٠
شكل (٤-٤٢) أداة Honeybee و البرامج التى تستخدم لتقييم
أداء المبنى الحراري و اداء الإضاءة..... ٢٢٠
شكل (٤-٤٣) إستخدام " Ladybug & Honeybee" لتحليل
وتقييم أداء المبنى محل الدراسة..... ٢٢١
شكل (٤-٤٤) إختلاف معدلات التهوية بالدور الأرضي
كل ساعة مع إختلاف فتحات غلاف المبنى المتنفس..... ٢٢٢
شكل (٤-٤٥) إختلاف معدلات التهوية بالدور الأول
كل ساعة مع إختلاف فتحات غلاف المبنى المتنفس..... ٢٢٣

قائمة الجداول رقم الصفحة

الفصل الأول : التغيّر المناخي

جدول (١-١) توقعات النماذج لمتوسط التغير فى درجات الحرارة فى مصر..... ٤٢

جدول (١-٢) معدل هطول الأمطار فى مصر..... ٤٣

الفصل الثاني : التكيّف مع التغير المناخي

جدول (٢-١) الخصائص الممكنة لأساليب التنمية على المستويات المختلفة..... ١٠٥

جدول (٢-٢) متطلبات التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخي..... ١١٣

جدول (٢-٣) إستراتيجيات التصميم للتكيُّف مع ارتفاع درجات الحرارة الناتج عن التغيّر المناخي..... ١١٦

الفصل الثالث : المبانى المتنفَّسة لمواجهة التغيّر المناخي

جدول(٣-١) منهجية تصميم المبانى المتنفسة..... ١٥٦

الفصل الرابع : تطبيق معايير تصميم المبانى المتنفّسة

جدول (٤-١) البيانات المناخية للموقع طبقا لملف الطقس
الحالي من خلال أداة الطقس ببرنامج الإيكوتيكت..... ١٧١

جدول (٤-٢) البيانات المناخية للموقع طبقا لملف الطقس ٢٠٢٠
من خلال أداة الطقس ببرنامج الإيكوتيكت ١٧٢

جدول (٤-٣) البيانات المناخية للموقع طبقا لملف الطقس ٢٠٥٠
من خلال أداة الطقس ببرنامج الإيكوتيكت ١٧٢

جدول (٤-٤) يوضح عدد ساعات عدم الراحة بالمبنى (حار جدا)
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٧٩

جدول (٤-٥) يوضح عدد ساعات عدم الراحة بالمبنى (بارد جدا)
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٨٠

جدول (٤-٦) كمية الحرارة المكتسبة عن طريق غلاف المبنى (وات)، صيفا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٨١

جدول (٤-٧) كمية الحرارة المكتسبة عن طريق التهوية (وات)،صيفا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٨٣

جدول (٤-٨) كمية الحرارة المكتسبة أوالمفقودة عن طريق غلاف المبنى (وات)، شتاءا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٨٤

قائمة الجداول **رقم الصفحة**

جدول (٤-٩) كمية الحرارة المكتسبة أوالمفقودة عن طريق التهوية (وات)، شتاءا
تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠..... ١٨٦
جدول (٤-١٠) دراسة الراحة الحرارية لكل ساعة من ساعات العمل بالمبنى صيفا
تبعا لملفات الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ..... ١٨٧
جدول (٤-١١) دراسة الراحة الحرارية لكل ساعة من ساعات العمل بالمبنى شتاءا
تبعا لملفات الطقس الحالي وملفات الطقس للتغير المناخي ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ..... ١٩٢
جدول (٤-١٢) متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأرضي ، صيفا
تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ١٩٧
جدول (٤-١٣) متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأول، صيفا
تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ١٩٨
جدول (٤-١٤) متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأرضي ، شتاءا
تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ١٩٩
جدول (٤-١٥) متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأول ، شتاءا
تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ٢٠٠
جدول (٤-١٦) متوسطات معدل التهوية (م٣/ث) بفراغات الدور الأرضي ،صيفا
تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ٢٠٢
جدول (٤-١٧) متوسطات معدل التهوية (م٣/ث) بفراغات الدور الأول، صيفا
تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ٢٠٣
جدول (٤-١٨) متوسطات معدل التهوية (م٣/ث) بفراغات الدور الأرضي، شتاءا
تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠..... ٢٠٥
جدول (٤-١٩) متوسطات معدل التهوية (م٣/ ث) بفراغات الدور الأول ،شتاءا
تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ..... ٢٠٦
جدول (٤-٢٠) جزء من جدول متطلبات التهوية فى المبانى التجارية..... ٢١٠
جدول (٤-٢١) نسب الفتحات لغلاف المبنى المتنفس..... ٢٢٢
جدول (٤-٢٢) متوسط سرعات الرياح لكل ساعة صيفا طبقا لملف الطقس ٢٠٢٠..... ٢٢٤
جدول (٤-٢٣) عدد مرات تغير حجم الهواء لكل ساعة صيفا طبقا لملف الطقس ٢٠٢٠..... ٢٢٥

(CCWeatherGen) : The climate change weather file generator.

(CCWorldWeatherGen) : Climate Change World Weather File Generator for world-Wide Weather Data.

(Environet) : The Network on Environment and Development Co-operation of the Development Co-operation Directorate.

(EPW) : Energy Plus Weather files .

(HadCM٣ A٢) : Hadley Centre Coupled Model, version ٣

(IPCC DDC) : The IPCC Data Distribution Centre.

(OCED) : Organization for Economic Co-operation and Development.

UNFCCC: The United Nations Framework Convention on Climate Change

(UKCIP): The UK Climate Impacts Programme .

(SRES): the IPCC Special Report on Emission Scenarios**.**

(WPGSP) : The Working Party on Global and Structural Policies of the Environment Directorate.

ملخص البحث

تُعتبر قضية التغيّر المناخي من أهم القضايا التى تواجه العالم بأسره ، تناول البحث أسبابها الطبيعية و البشرية المنشأ ، التى من أهمها قطاع المبانى المسئول عن ٣/١ الانبعاثات المسببة لظاهرة الإحتباس الحرارى البشرية المنشأ فى كل من الدول المتقدمة والدول النامية . و ملاحظات التغيّر التى بدأنا نلمسها الآن ، بالإضافة إلى السيناريوهات المتوقعه للتغير المناخي فى العقود القادمة . و لهذه التغيرات المناخية مجموعة كبيرة من الآثار على حياة الأفراد داخل المبانى في جميع أنحاء العالم ، والتى من أهمها الإجهاد الحراري و تأثر جودة الهواء الداخلي . فالمناخ الداخلى يتغير بتغيُّر المناخ الخارجى . لذا ينبغي تصميم البيئة الداخلية والتحكم بها بحيث يتم ضمان الراحة الحرارية وجودة الهواء الداخلي لتوفير الصحة لشاغلى المبانى .

ولمواجهة مشكلة التغيَر المناخي لابد من إتخاذ إجراءات التخفيف و التكيَف . لذا تناول البحث كيفية تكيُّف المبنى مع التغيّر المناخي ، من خلال دراسة مفهوم التكيُّف فى الطبيعة "مفهومه وأشكاله التى تلخصت فى المرونة ، التأقلم و التعلم " وما يناظرها فى المبانى التى يُمكِنها أن تستلهم من الطبيعة حلول التكيُّف مع المناخ ومتغيراته بنفس أشكال التكيُّف فى الطبيعة "المرونة ، التأقلم و التعلم" . و بدراسة الأنظمة التى تساعد المبنى على التكيّف ، كانت الأنظمة الحركية المستجيبة من الحلول الفعَالة فى تكيُّف المبنى مع التغيّرات المناخية حيث أنها تُمكن المبنى من تغيير سلوكه " أداؤه " أو شكله تأقلماً و إستجابةً مع تغيّرات محددة قد تحدث بالبيئة المحيطة . ومن خلال هذا الجزء من البحث تم تحديد إستراتيجيات التكيف فى المبانى فى عدة نقاط مهمة للمعماري فى مرحلة التصميم .

تضمّنت إستراتيجيات التكيف التهوية الطبيعية و التى يجب أن تكون الخيار الأول لتزويد المبنى بالهواء النقى و كوسيلة لتوفير الراحة الحرارية به أيضا . وهنا تطرّق البحث إلي مفهوم جديد هو "مفهوم المبانى المتنفّسة " ، هذا النوع من المبانى الذى يحتوي على أنظمة تُمكِنها من تجديد الهواء داخل الفراغات بطريقة مشابهه لكيفية عمل الأجهزة التنفّسية لبعض الكائنات كالرئتين فى الإنسان مثلا. ومن خلال دراسة بعض النماذج والأفكار المعمارية لهذا النوع من المبانى تم وضع منهجيّة لتصميم المبانى المتنفّسة لتكون نقطة بداية المصممين والمعماريين لتطوير أفكارهم والخروج بأفكار جديدة تستطيع مواجهة تحديات العصر. وبتطبيق هذه المنهجيّة على أحد المبانى الإدارية بجمهورية مصر العربية ، والاستعانه بسيناريوهات التغيّر المناخي المتوقعه فى مصر مع إستخدام برامج محاكاة آداء المبانى تمّ تقييم آداء المبنى المتنفّس و مدي تكيُّفه مع التغيّرات المناخية وقد وُجد أنه من الحلول الفعّالة فى الحفاظ علي جودة الهواء الداخلي بالمبنى و التقليل من آثار إرتفاع الحرارة الناتج عن التغيُّرات المناخية فى مصر.

المقدمة

لقد أصبح التغير المناخى حقيقة واقعة تنبّه إليها الكثير . وقد اتفق العلماء فى شتى أنحاء العالم أن ٩٠% من التغيّر المناخى يحدث بسبب ممارسات الإنسان فى إنتاج الطاقة. ففى منتصف القرن العشرين أدت الزيادة السريعة فى عدد السكان والتى تبعها الزيادة فى عدد السيارات والمبانى المكيفة إلى زيادة تركيزات بعض الغازات التى تلعب دورا رئيسيا فى ظاهرة الاحتباس الحرارى وهى : ثانى اكسيد الكربون (CO_2)، أكسيد النيتروز (N_2O) و الميثان (CH_4). و تتزايد علامات التغير المناخى بشكل مثير للقلق كل عام ، فكان ارتفاع درجات الحرارة صيفاً فى عامى ٢٠٠٣ و ٢٠٠٥ تحذيراً للعلماء من أن خطى الاحتباس الحرارى أسرع مما كان متوقعاً فى أسوأ سيناريوهات التغير المناخى التى وضعوها . وبدلاً من التصرف للحد من تلك الانبعاثات يتعمد البعض جعل الموقف أسوأ ، ويتضح ذلك أكثر فى البيئة المشيدة حيث تعد المبانى مسئولة عن ٥٠% من الانبعاثات المسببة لظاهرة الاحتباس الحرارى ، حيث الإسراف فى إستهلاك الطاقة عاماً بعد عام من قبل المبانى الحديثة .

وكان للإسراف فى إستخدام الطاقة وأجهزة التكييف فى المبانى ظهور مشكلة عالمية أخرى تنتشر فى كلا من الدول المتقدمة والنامية ، وهى " المبانى المريضة " والتى تتسبب فى ظهور بعض الأعراض المرضية على مستخدمى المبنى عرفت بما يسمى " متلازمة المبانى المريضة " . ويعد السبب الرئيسى فى ظهور متلازمة المبانى المريضة هو تلوث الهواء الداخلى والذى لا يقل خطورة عن تلوث الهواء الخارجى بل ويعد أخطر منه نظرا لتأثيره المباشر على السكان والمتواجدين داخل تلك المباني التي يوجد فيها هواء يحتوي على ملوثات بتركيز يفوق المسموح به. فهذه المبانى المريضة لا تؤثر على صحة مستخدميها فحسب ولكنها أيضا تزيد من ظاهرة الإحتباس الحرارى والتى بدورها تؤدى إلى التغيّر المناخى . وللحد من ظاهرة الإحتباس الحرارى لابد من القضاء على تلك المبانى المريضة . فكل منهما يرتبط بالآخر ارتباطاً وثيقاً .

ومن هنا جاءت مسئولية المعمارى الذى لابد أن يعى هذا الخطر الذى يواجهه . فقد أصبحت المبانى فى مجتمعاتنا مجموعة من التكوينات الهندسية التى تعتمد كليا على الوسائل الميكانيكية للإضاءة والتهوية والتدفئة والتى جعلتها آلة تفتقر للحياة . **لذا** كان لابد من دراسة كيف يتم تصميم مبانى تتكيف مع التغيرات المناخية ، تتنفس الهواء و تستطيع أن تتخلص من قيود تلك الوسائل التى تستهلك الطاقة وتدمر صحة مستخدمى المبنى .

المشكلـة البحثيـة :

الإسراف فى إستهلاك الطاقة و الإعتماد على أجهزة التكييف فى معظم المبانى على مستوى العالم كان له تأثير مباشر وهو ظهور ما يسمى بالمبانى المريضة ، وتأثير غير مباشر وهو زيادة الانبعاثات المسببه لظاهرة الإحتباس الحرارى . فلابد من مراعاة الإعتبارات البيئية فى تصميم المبانى بالإضافة إلى توفير الطاقة المستهلكة داخلها .

إشكـاليـة البحـث :

يعانى المجتمع من مبانى مريضة فى ظل تغيّر مناخى ، كيف لها أن تواجه هذه التغيرات المناخية القاسية وكيف لها أن تساعد فى التقليل من تفاقم مشكلة التغير المناخى مستقبلا ؟ يأتى هنا دور المعمارى حيث لابد من تحسين الأداء البيئى للمبنى وإنتاج جيل جديد من المبانى يتنفس الهواء ، يتفاعل مع محيطه البيئى فيحدد إحتياجاته ويقدم الراحة والصحة لمستخدميه ، متكيفا مع بيئته متغيّرة المناخ . وبذلك يتم التخلص من المبانى المريضة والتقليل من ظاهرة الإحتباس الحرارى وبالتالى تقل ظواهر التغير المناخى .

ويعد المطلب الأساسى لتصميم مبنى متنفّس هو تزويده بأنظمة ذكية للتهوية الطبيعية ، لذا من الضرورى أن نبحث فى الطبيعة للإستفادة من استراتيجيات التنفس المختلفة للكائنات وكيفية تكيفها مع بيئاتها المختلفة ومع تغير الظروف المناخية لتلك البيئات فى تصميم المبنى وتزويده بأنظمة ذكية تحسن من أداؤه وتفاعله مع البيئة المحيطة .

فرضية البحث :

المبنى كالكائن الحى يستطيع أن يتنفس من خلال تصميم يستمد من الطبيعة ، وتزويده بأنظمة ذكية قادرة على الاستجابة للتغيرات المناخية مما يسهم فى تكيفه وتأقلمه مع محيطه البيئى .

المقصد من البحث :

وضع استراتيجية لتصميم مبنى يحاكى الكائن الحى فى تنفسيته وتكيفه مع المحيط البيئى . وتقييم أداؤه خلال سيناريوهات التغير المناخي المتوقعة . " دراسة حالة المبانى الإدارية فى مصر "

الأهداف :

- دراسة غلاف المبنى كوسيلة من وسائل التهوية الطبيعية وكيفية تكاملها مع التصميم لإنتاج مبنى متنفس .
- دراسة استراتيجيات تصميم نظم التهوية التى تعتمد على توزيع الفراغات وتأثير ذلك على مدى تنفسية المبنى .
- قياس مدى نجاح تنفسية المبنى وإستجابته للتغيرات المناخية بإستخدام برامج المحاكاة .
- تحسين الأداء البيئى للمبانى و تحسين كفاءة إستهلاك الطاقة .
- الإرتقاء بالصحة العامة لمستخدمى المبانى .

التساؤلات البحثية :

- ما مدى إمكانية وضع نظام تنفّسى للمبنى ؟ وما نسبة نجاحه ؟
- كيف تؤثر المبانى المتنفسة على البيئة المحيطة ؟
- ماهو المردود الإقتصادى من تطبيق فكرة المبانى المتنفسة ؟

حدود البحث :

يهتم البحث بدراسة استراتيجيات التهوية الطبيعية بإستخدام التكنولوجيا Intelligent Ventilation ، وكيفية استجابة المبنى للتغيرات المناخية المحيطة بإستخدام التطبيقات المعمارية الذكية المختلفة. ولا يتطرق إلى تفاصيل اقتصاديات تطبيق الأنظمة محل الدراسة أو مواد البناء المستخدمة .

من يهمه البحث:

يسعى البحث إلى توجيه رسالة إلى الفئات التالية :

- أولا: المعماريين الذين لابد لهم من إدراك أهمية تصميم مبنى صحى يوفر لمستخدميه الراحة الكامله نفسيا وحراريا ، والحد من إستهلاك الطاقة فى المبانى للحفاظ على البيئة .
- ثانيا : طلاب العمارة الذين لابد أن يدرسوا كيفية تصميم التهوية الطبيعية ووسائل التكنولوجيا الحديثه المستخدمة لتحسين أداء المبانى وترشيد إستهلاك الطاقة .
- ثالثا : المستثمرين الذين لابد أن يكون لديهم وعى بيئى لإدراك مدى أهمية توفير بيئة صحية آمنه لمستخدمى المبانى ، وعدم الإسراف فى إستهلاك الطاقة بغرض الترفيه والتباهى .

- رابعا : الهيئات الحكومية التى تشيد المبانى دون دراسة إحتياجات مستخدمى تلك المبانى وبالتالى تنتج مبانى مريضة .
- خامسا : شاغلى المبانى بأنواعها والذين لابد أن يحرصوا على صحة المبانى للمحافظة على صحتهم وحياتهم .

عينة البحث :

تم إختيار دراسة حالة أحد المبانى المريضة فى جمهورية مصرالعربية والتى تمثلها بعض المبانى الإدارية التى تعتمد كليا على أجهزة التكييف .

منهجية البحث :

تعتمد الدراسه علي مدخلين لدراسة موضوع البحث وهما المدخل النظرى والمدخل التطبيقى :

أولاً: المدخل النظري: يعتمد المدخل النظرى على منهجين أساسيين وهما :

١- **المنهج الإستقرائى** ، ويشمل :

- دراسة للمفاهيم الأساسية المتعلقة بموضوع البحث والتعريف بالتغير المناخى وتأثير ظاهرة المبانى المريضة .
- دراسة سيناريوهات التغير المناخى المتوقعة فى جمهورية مصر العربية.
- دراسة أنظمة التنفس فى الكائنات الحية وكيفية تكيفها مع المحيط البيئى فى بيئاتها المختلفة .
- دراسة أمثلة للمبانى التى تحاكى الطبيعة من حيوانات أو نباتات وكيف نجحت فى تحويل الأنظمة البيئية إلى أنظمة معمارية .

٢- **المنهج الاستقرائى النقدى :**

وفيه يتم إستعراض المعلومات والتقارير المتاحة عن المبنى محل الدراسة ، وتقييم العناصر التصميمية للأنظمة المستخدمة فيه وتوضيح نقاط الضعف ونقاط القوة من خلال المعلومات المتاحة و استخدام الحاسب الآلى عن طريق برامج المحاكاة .

ثانيا : المدخل التطبيقى :

١- المنهج الاستنباطى : ويشمل :

- استنباط الملفات المناخية اللازمة لتصميم وتقييم أنظمة المبنى المتنفس من خلال السيناريوهات المتوقعة للتغير المناخى فى مصر والملفات المناخية المتاحة للمدينة التى يقع بها المبنى محل الدراسة .
- استنباط الأنظمة المعمارية التى تساعد المبنى على التنفس والتكيف مع المحيط البيئى من خلال الأنظمة التنفسية للكائنات التى تم دراستها .

٢- المنهج الاستنتاجى :

وفيه يتم وضع منهجية لتصميم المبانى المتنفّسة و تطبيقها على المبنى ثم إعادة تقييم آداؤه بعد إضافة أنظمة التنفس المناسبة ، لدراسة مدى نجاحها فى التكيف مع المحيط البيئى فى ظل سيناريوهات التغير المناخى المتوقعة بإستخدام برامج الحاسب الآلى للمحاكاة .

بنية البحث

تم تقسيم البحث إلى أربعة فصول رئيسية، بالإضافة إلى جزء خامس يتناول النتائج والتوصيات ، وتتلخص محتويات البحث فيما يلي:

الفصل الأول : التغيّر المناخى :

يهدف إلى التعرف على التغيّر المناخى ،مفهومه، أسبابه ، مظاهره وسيناريوهات تغيّر المناخ المستقبلى العالمى والإقليمى (قارة إفريقيا)، و ماهية السيناريوهات المتوقعة لجمهورية مصر العربية ودراسة تأثير التغيّر المناخى على الراحة الحرارية فى المبانى .

الفصل الثانى : التكيّف مع التغير المناخي :

يهدف إلى دراسة الإستعداد للتغيّر المناخى وماهية التكيُّف مع مظاهر هذا التغيّر من إرتفاع درجات الحرارة . كما يتناول التكيُّف فى الطبيعة للإستفادة منه فى المبانى و دراسة كيفية تكيّفها مع مظاهر التغيّر المناخي بإستخدام أنظمة التكيُّف فى المبانى ومناقشة استراتيجيات التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخي .

الفصل الثالث : المبانى المتنفّسة :

يهدف إلى دراسة كيفية تطبيق أنظمة التهوية الذكية التى تحرر المبنى من الوسائل الميكيانيكية للتبريد وتجعله يتنفّس ويتكيف مع محيطه البيئى . مع بحث عن المبانى التى حققت هذا المطلب فى تصميمها ومكونات أنظمتها التنفسية و إستنتاج منهجية لتصميم المبانى المتنفّسة لتيسير مهمة المعماري للوصول غلى هدفه التصميمي .

الفصل الرابع : الدراسة التطبيقية :

يدرس إمكانية تطبيق استراتيجيات تصميم المبانى المتنفّسة للتكيُّف مع التغيّرات المناخية المتوقعة فى مصر . بحيث تتم الدراسة من خلال عدة خطوات تتلخص فى التالى :

١. إستخلاص بيانات الطقس اللازمة للدراسة لمدة معينة من خلال سيناريوهات تغير المناخ المتوقعة فى مصر ، لإستخدامها فى تقييم نموذج الدراسة .
٢. اختيار أحد المبانى الإدارية وتقييم أداؤه من خلال المعلومات والتقارير المتاحة إستخدام برامج برامج الحاسب الآلى للمحاكاة.
٣. عمل نموذج ديناميكى لدراسة أداء أنظمة التنفس للمبنى خلال السيناريو المتوقع للتغير المناخى . من خلال الملف المناخى المستنبط من تلك السيناريوهات .
٤. مقارنة النتائج لمعرفة مدى نجاح النظام التنفسى للمبنى فى التكيف مع التغيرات المناخية .

الفصل الخامس : النتائج والتوصيات .

هيكل البحث

الفصل الأول
- التغير المناخي

الفصل الثاني
- التكيف مع التغير المناخي

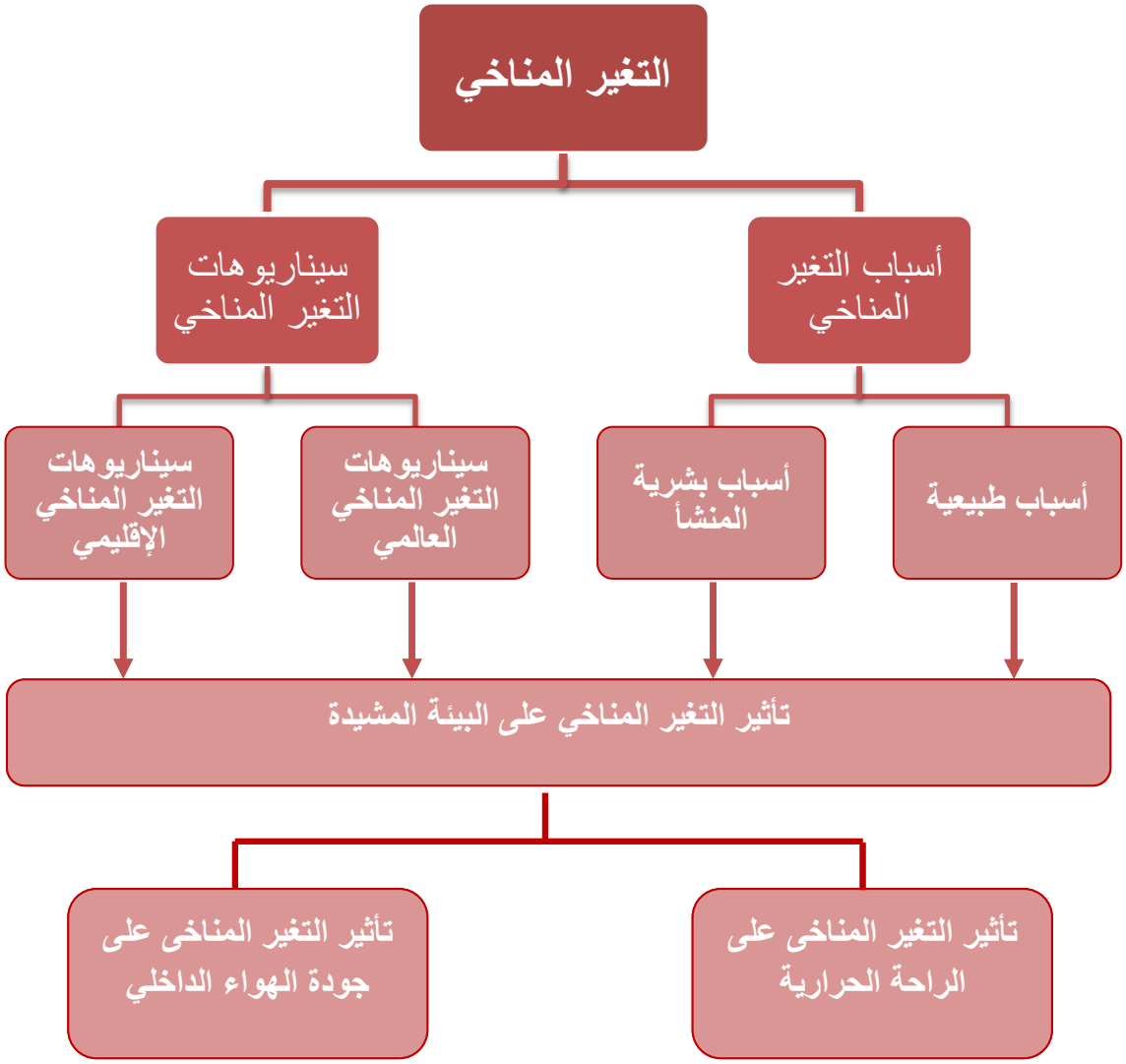
الفصل الثالث
- المبانى المتنفسة لمواجهة التغير المناخي

الفصل الرابع
- تطبيق معايير تصميم المبانى المتنفسة

الفصل الخامس
- النتائج والتوصيات

الفصل الأول : التغير المناخي

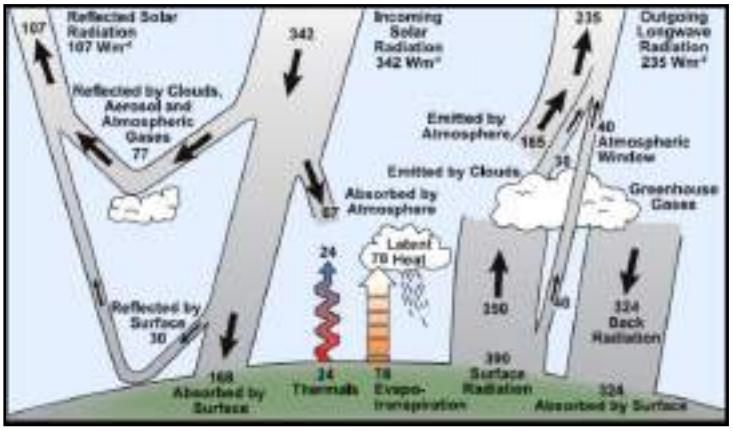
يناقش هذا الفصل مشكلة التغير المناخى ، مفهومها، أسبابها ، مظاهرها وسيناريوهات تغير المناخ المستقبلى العالمى والإقليمى، بالإضافة إلى ماهية السيناريوهات المتوقعة لجمهورية مصر العربية . كما يتطرق إلى مناقشة تأثير التغير المناخى على الراحة الحرارية فى المبانى ، جودة الهواء الداخلي وبالتالى على الصحة العامة لمستخدمي تلك المبانى .



الفصل الأول : التغير المناخي

تمهيد :

إن النظام المناخي نظام معقد ومتفاعل يتألف من الغلاف الجوي واليابسة والثلج والجليد والمحيطات وأجزاء أخرى من الماء، بالإضافة إلى كائنات حية مختلفة. وأكثر ما يميز الغلاف الجوي هو المناخ . ويتم وصف المناخ بالنظر إلى التغير فى درجات الحرارة والمطر والهواء، وإلى نسبتها خلال فترة زمنية محددة تمتد من أشهر إلى ملايين السنين (المدة التقليدية هي ٣٠ عاماً) . يتطور النظام المناخي مع الوقت تحت تأثير عوامل داخلية وبفعل التغيّرات في العوامل الخارجية التي يتأثر المناخ بها (Forces) ،وتشمل التأثيرات الخارجية الظواهر الطبيعية كالثوران البركاني والتقلبات الشمسية إلى جانب التقلبات في الغلاف الجوي البشرية المنشأ.



شكل أ: الاتزان بين الإشعاعات الواردة للأرض والمنعكسة منها[١].

الأرض والغلاف الجوي يوازنان على مدار السنة كمية الإشعاعات الشمسية الواردة، ويمتصانها من خلال تصدير الكمية ذاتها من خلال إشعاع طويل الموج. تمتص الأرض حوالى نصف الإشعاع الشمسي الوارد. ويتم نقل هذه الطاقة إلى الغلاف الجوي عبر تسخين الهواء المتصل بالسطح ومن خلال التبخر – النتح ومن خلال الإشعاع الطويل الموج الذي تمتصه السحب وغازات الدفيئة. ويقوم الغلاف الجوي بإرسال طاقة الموج الطويل مجدداً إلى الأرض وإلى الفضاء[٢]. ويصل مجموع الطاقة الواردة إلى سطح الغلاف الجوي للأرض على مساحة متر مربع مواجه للشمس خلال النهار إلى ١،٣٧٠ وات في الثانية. أما مجموع الطاقة الواردة إلى المتر المربع الواحد في الثانية حول الكرة الأرضية فيبلغ ربع هذا الرقم (شكل أ). والجدير بالذكر أن ٣٠% من ضوء الشمس الوارد إلى الغلاف الجوي ينعكس مجدداً إلى الفضاء. ويعود مرتد ثلثي

[١] التقرير التقييمى الرابع ٢٠٠٧ للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC
[٢] التقرير التقييمى الرابع ٢٠٠٧ للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC

هذا الانعكاس تقريباً إلى الغيوم وإلى الجزئيات في الغلاف الجوي التي تعرف بالهباء الجوي أو الأيروسولات ، أما الثلث المتبقي فتعكسه بقع الأرض الفاتحة اللون، وهي الثلج والجليد والصحارى على وجه التحديد. وينبغي أن تعكس الأرض كمية الطاقة عينها التي تصلها إلى الفضاء بهدف إقامة توازن مع الطاقة الواردة إليها. وتنفذ الأرض هذه العملية من خلال إرسال إشعاع طويل الموج. ويمتص الغلاف الجوي والأرض الطاقة التي لا تنعكس مجدداً إلى الفضاء. ويبلغ مجموع هذه الطاقة تقريباً ٢٤٠ وات / م٢.

وينتج التغيّر الأخطر في انعكاس الهباء الجوي من جراء المواد التي تقذفها البراكين عالياً جداً في الغلاف الجوي. وينظّف المطر الهباء الجوي للغلاف الجوي خلال أسبوع أو أسبوعين، غير أن المواد المنبعثة من بركان قوي متخطية أعلى السحب، تؤثر بشكل كبير على المناخ قرابة سنة أو إثنتين قبل أن تسقط إلى الطبقة السفلى من الغطاء الجوي وتنتقل بعدها إلى الأرض مع المطر. وبالتالى، يمكن أن تؤدي البراكين الكبيرة إلى نقص درجة الحرارة السطحية العالمية النسبية بنسبة نصف درجة مئوية، ومن الممكن أن يدوم هذا النقص عدة أشهر أو سنوات. بالإضافة إلى ذلك أن بعض أنواع الهباء الجوي البشرية المنشأ تعكس الضوء الشمسي . ويجب أن تبلغ حرارة الأرض – ١٩ درجة مئوية كي تتمكن من إصدار ٢٤٠ وات / م٢ . وفي حقيقة الأمر، إن هذه الدرجة أبرد من الشروط المتوفّرة على سطح الأرض (حيث تبلغ درجة الحرارة السطحية العالمية ١٤ درجة مئوية). غير أن الحرارة الضرورية – ١٩ درجة مئوية تتواجد على ارتفاع خمسة كيلومتر عن سطح البحر .

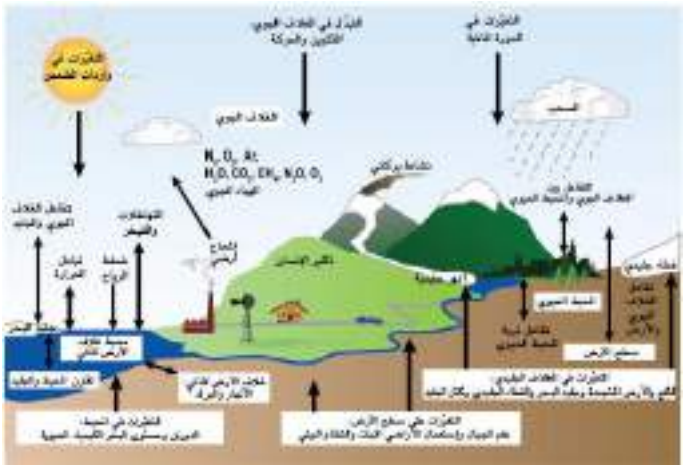
<u>ويمكن أن يتغيّر توازن الأرض الإشعاعي من خلال ثلاثة أساليب أساسية :</u>

- عبر تغيير ورود الإشعاع الشمسي (كالتغيّرات في حلقات الأرض أو في الشمس بحد ذاتها).
- من خلال تغيير إنكسار الإشعاع الشمسي (المسمّى البياض Albido)، (ونذكر، على سبيل المثال، التغيّرات في غطاء السحب وفي جزئيات الغلاف الجوي أو النباتات).
- عبر تعديل إشعاع الموجات الطويلة من الأرض في إتجاه الفضاء (أي، من خلال تعديل تركيزات غاز الدفيئة).

ويستجيب المناخ بدوره مع مثل هذه التغيّرات بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من خلال عدة آليات إرتدادية.[٣]

[3] http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/ar/faq-1-1.html

وتشير الدراسات إلى أن هناك تغيّرات قد طرأت على المناخ. ويمكن تحديد التغيّرات في المناخ من خلال التغيّرات في عدة عوامل منها التغيّرات فى تكوين الغلاف الجوي. و يبذل علماء الأرصاد الجوية جهوداً جبارة لدراسة التطور اليومي لأنظمة الطقس من أجل التوصل إلى إمكانية التنبؤ بها. ويستطيع علماء الرصد الجوي التنبؤ بالطقس من خلال استخدام المبادئ الفيزيائية التي تحدد كيفية تحرك الغلاف الجوي وكيفية ارتفاع حرارته أو انخفاضها، بالإضافة إلى تساقط الأمطار والثلوج وتبخر المياه. ويمكن النظر إلى المناخ من خلال دراسة نظام الأرض بشكل عام (شكل ب) ، بما فيه الغلاف الجوي والأرض والمحيطات والجليد والكائنات الحية التي تشكل الشروط العامة لتحديد أنماط الطقس ، تتضح توقعات المناخ المستقبلي من خلال التغيّرات الأساسية في الطاقة الحارة لنظام الأرض ، وعلى وجه التحديد من خلال المفعول المتزايد لآثار الدفيئة التي تحجز الحرارة قرب سطح الأرض بسبب كمية ثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى المنبعثة منها في الغلاف الجوي .



شكل ب: مكوّنات النظام البيئي وعملها وتفاعلاتها[4].

لقد توصل العلماء إلى القول بأنّ تصرفات الإنسان باتت عاملاً أساسياً ومسؤولاً عن الإحتباس الحراري الملحوظ في السنوات الخمسين الأخيرة، إلى جانب عدة عوامل أخرى ما زالت تؤثر على المناخ. أما التغيّرات المناخية الناتجة عن الإنسان فتأتى من التغيّرات الحاصلة في كميات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي ومن الجزئيات الصغيرة (الهباء الجوي) ومن التغيّر في إستعمال الأراضي مثلاً. ويتسبب تغيّر المناخ بتأثر التوقعات حول بعض أشكال الطقس. وعلى سبيل المثال، بسبب ارتفاع حرارة الأرض،أصبحت بعض ظواهر الطقس أكثر تواتراً وأكثر قوة (كالموج الحار والأمطار الغزيرة) على عكس ظواهر أخرى باتت أقل تواتراً وحدة (كموجات البرد الشديد)[5].

[4] http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/ar/faq-1-1.html
[5] http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/ar/faq-1-2.html

(١-١) مفهوم التغير المناخى :

(١-١-١) تعريف :

بالنسبة لمفهوم التغيُّر المناخى لدى الفريق العامل الأول بالهيئة الحكومية الدولية المعنيَة بتغيُّر المناخ " IPCC " ، فإنه يعبر عن تغيُّرات إحصائية متعددة إما فى متوسط حالة المناخ أو فى التقلبات المناخية والتى تستمر لفترة طويلة (عادة ما تكون عدة عقود أو أكثر). والتغيُّر المناخى يمكن أن يحدث إما بسبب عوامل طبيعية داخلية أو مؤثرات خارجية أو أنشطة بشرية مستمرة تُغير من تكوين الغلاف الجوى ، كما تُغير أيضاً فى إستخدامات الأراضى . ويختلف هذا المصطلح عما ورد فى إتفاقية الأمم المتحدة بشأن تغير المناخ (UNFCCC)[٦] ، حيث يشير مفهوم تغيُّر المناخ إلى " تغيُّر فى المناخ يرجع بشكل مباشر أو غير مباشر إلى نشاط بشرى يُغيّر تكوين الغلاف الجوى العالمى بالإضافة إلى التقلبات الطبيعية المرصودة على فترات زمنية متماثلة" [٧].

(١-١-٢) أسباب التغير المناخى :

مناخ الأرض عبارة عن عملية ديناميكية ومتغيرة دائما من خلال دورة طبيعية . و يتم تحديد المتوسط العالمي لمناخ الأرض بواسطة الطاقة الواردة من الشمس وخصائص الأرض وغلافها الجوي من انعكاس ، امتصاص وانبعاثات الطاقة فى الغلاف الجوى وعند سطح الأرض . فالتغيُّرات التى تحدث فى الطاقة الشمسية الواردة (على سبيل المثال ، بسبب الاختلافات في مدار الأرض حول الشمس) تؤثر على مخزون الأرض من الطاقة ، خصائص الغلاف الجوى وخصائص السطح . وقد حدثت تغيُّرات في عدة جوانب من الغلاف الجوي والسطح من شأنها أن تغير المخزون العالمى للطاقة فى الأرض وتتسبب بالتالى قى تغير المناخ . من بين هذه التغيُّرات الزيادة فى تركيزات الغازات الدفيئة والتى تتسبب فى زيادة امتصاص الغلاف الجوى للإشعاع الصادر وهو ما يسمى بظاهرة الإحتباس الحرارى ، والزيادة فى الأيروسولات التى تتسبب فى امتصاص وانعكاس الإشعاع الشمسى وتغيير خصائص السحب الإشعاعية . مثل هذه التغييرات تتسبب في التأثير الإشعاعي للنظام المناخي والذى بدوره يؤثر على ارتفاع أو انخفاض درجات حرارة سطح الأرض . و يمكن تقسيم أسباب تغير المناخ إلى فئتين، الأولى نتيجة لأسباب طبيعية والثانية تنشأ نتيجة الممارسات البشرية .

---

[6] UNFCCC: The United Nations Framework Convention on Climate Change.

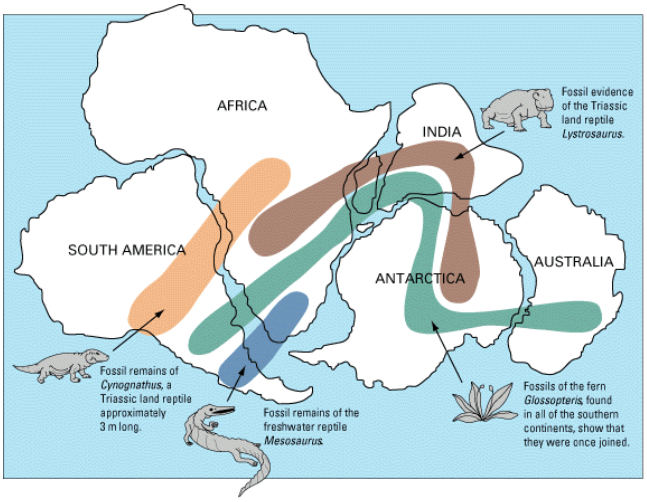
[7] IPCC ، Working Group I: Fourth Assessment Report 2007, The Scientific Basis, Annex I - Glossary.

(١-١-٢-١) الأسباب الطبيعية لتغير المناخ :

هناك عدد من العوامل الطبيعية المسئولة عن تغيُّر المناخ أكثرها أهمية هي الإنجراف القاري ، البراكين، تيارات المحيطات، الميل الأرضى . وسوف نتطرق إلى كل منها بشئ من التفصيل فيما يلى [٨] :

أ- الإنجراف القاري :

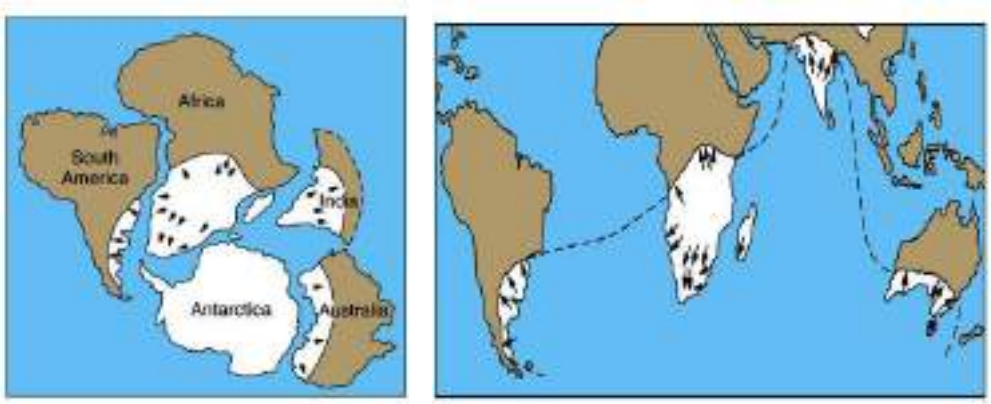
يعرف بتحرّك القارات أي تحرّك كتل قارية ضخمة من مواضعها وتغيُّر النسب بين المساحات القارية والبحرية ، فعلى سبيل المثال قارتى أمريكا الجنوبية وأفريقيا ، قبل حوالى ٢٠٠ مليون سنة كانت منضمة معا ، ويعتقد العلماء أن في ذلك الوقت، كانت الأرض مختلفة عما نراه اليوم، ولكن كانت القارات كلها جزء من يابسة واحدة كبيرة. والدليل على ذلك يأتي من التشابه بين النبات والحيوان الحفريات وأحزمة واسعة من الصخور وجدت على الساحل الشرقي من أمريكا الجنوبية وغرب ساحل أفريقيا، وقد حدث فصل على نطاق واسع على المحيط الأطلسي.



شكل (١-١) تصور للقارات قبل انفصالها وأماكن الحفريات التى تدل على ذلك[٩].

وتشكلت القارات عندما بدأت اليابسة بالإنجراف بعيداً تدريجياً، منذ عدة ملايين من السنين السابقة. وكان لهذا الانجراف تأثير على المناخ لأنه أدى إلى تغيير الخصائص الفيزيائية لليابسة، موقع كلا منها وموقع المسطحات المائية. أدى الفصل بين اليابسة إلى تغير تدفق التيارات المائية فى المحيط والرياح، والتي أثرت على المناخ . وهذا الإنجراف للقارات لا يزال حتى اليوم، فمجموعة جبال الهيمالايا ترتفع بنحو ١ مم (مليمتر) من كل عام وذلك لأن كتلة اليابسة الهندية تتجه نحو اليابسة الآسيوية، ببطء ولكن بثبات.

[8] http://edugreen.teri.res.in/explore/climate/causes.htm
[9] http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/continents.html



شكل (١-٢) القارات قبل وبعد الإنفصال[١٠]

ب- <u>البراكين :</u>

عندما يثور بركان يلقي بكميات كبيرة من ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وبخار الماء والغبار، والرماد في الغلاف الجوي، وعلى الرغم من أن النشاط البركاني قد يستمر بضعة أيام فقط ، لكن يمكن للكميات الكبيرة من الغازات والرماد أن تؤثر على الأنماط المناخية على مدى سنوات. فتعمل الغازات وجزيئات الغبار منع الأشعة القادمة من الشمس جزئيا ، مما يسبب البرودة . وقد تصل ملايين الأطنان من ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) إلى الطبقات العليا من الغلاف الجوي " الستراتوسفير " من ثوران بركانى هائل . ويتحد ثاني أكسيد الكبريت مع الماء لتكوين قطرات صغيرة من حمض الكبريتيك ، هذه القطرات صغيرة جدا لدرجة أن العديد منهم يمكن أن يبقى محلقا لعدة سنوات وتعمل كعاكسات لأشعة الشمس ، وتحجب بعض الطاقة التى تحصل عليها الأرض عادة من الشمس . تحمل الرياح فى المستويات العليا من الغلاف الجوى " الستراتوسفير " الهباء الجوي " الأيروسولات " بسرعة في جميع أنحاء العالم إما فى الاتجاه الشرقي أو الاتجاه الغربي . فحركة الأيروسولات بطيئة فى الاتجاهين الشمالى والجنوبى [١١].

وقد كان الثوران الهائل لبركان تامبورا في إندونيسيا شكل (١-٣) ، عام ١٨١٥، تأثيرا كبيرا على المناخ حيث شهدت أوروبا فى أواخر عام ١٨١٦ والذى سمي "عام بلا صيف " ، حيث حدثت اضطرابات كبيرة بالطقس في نيو إنجلاند وفي أوروبا الغربية مع صقيع صيفى قاتل في الولايات المتحدة وكندا[١٢].

[10] https://calaski.wordpress.com/continental-drift/
[11] http://www.almisnid.com/almisnid/article-5.html
[12] http://www.ibtesamh.com/showthread-t_92785.html

شكل (١-٣) بركان تامبورا بأندونيسيا[١٣].

كما كان ثوران بركان جبل Pinatoba شكل (١-٤) ، في الجزر الفلبينية في أبريل ١٩٩١، والذى تسبب فى انبعاث آلاف الأطنان من الغازات في الغلاف الجوي، تقدر بحوالى ٢٠ مليون طن من ثاني أكسيد الكبريت وصل إلى طبقة الستراتوسفير وامتدت عبر مئات الأميال، مما ساهم في حجب الإشعاع الشمسي كلياً أو جزئياً ، مؤدياً إلى تبريد الأرض والغلاف الجوي السفلي، كما أثر هذا الإنفجار على طبقة الأوزون واستمر تأثيره لعدة سنوات.حيث تراجعت درجات الحرارة الكونية في المعدل بواقع نصف درجة مئوية[١٤].

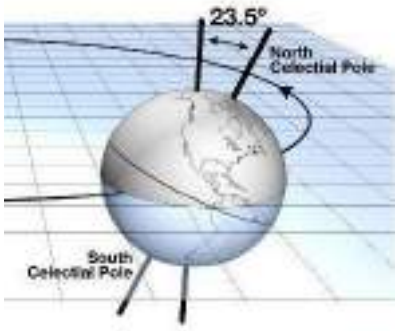
شكل (١-٤) بركان جبل بيناتوبو Pinatubo ، بالفلبين[١٥].

فالثورات البركانية من هذا الحجم تعمل على تقليل كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى سطح الأرض، وخفض درجات الحرارة في المستويات الدنيا من الغلاف الجوي " التروبوسفير" ، وتغيير أنماط دوران الغلاف الجوي .

[13] http://www.ibtesamh.com/showthread-t_92785.html
[14] http://edugreen.teri.res.in/explore/climate/causes.htm
[15] http://volquake.weebly.com/mt-pinatubo-1991.html

ج- **التغير في ميول الأرض :**

تقوم الأرض بدورة واحدة حول الشمس كل عام حيث تدور فى مدار بيضاوى الشكل مما يجعل المسافة بين الأرض والشمس متغيرة على مدار السنة . ويميل محور الأرض بمقدار ٢٣,٥ ° على المستوى العمودى من مسارها المدارى . فى فصل الصيف يميل محور الأرض فى الاتجاه الشمالى كما يميل فى الاتجاه الجنوبى فى فصل الشتاء[١٦] .



شكل (١-٥) ميول محور الأرض [١٧].

قد يبدو محور الأرض ثابتا ولكنه فى الحقيقة على غير ذلك ، حيث يتحرك محور الارض حوالى نصف درجة كل قرن ، هذا التغير التدريجى المسمى " precession " يعتبر من ضمن أسباب التغير المناخي . حيث أنه يؤثر على شدة المواسم ، فزيادة الميل يعنى صيفاً أكثر دفئاً وشتاء أكثر برودة. أما فى حالة الميل الأقل، فذلك يعني صيفاً أكثر برودة وشتاء أكثر اعتدالاً.

د- تيارات المحيطات و ظاهرة النينو :

تمثل المحيطات عنصراً رئيسياً في النظام المناخي .حيث أنها تغطي حوالى ٧١٪ من الأرض وتمتص حوالى ضعف أشعة الشمس التى يمتصها الغلاف الجوي أو سطح الأرض . تنقل تيارات المحيطات كميات هائلة من الحرارة فى جميع أنحاء الأرض يصل تقريبا لنفس المقدار الذى ينقله الغلاف الجوى .و يمكن لتيارات المحيط أن تؤثر على المناخ بشكل كبير حيث أن الكثير من الحرارة الذى يهرب من المحيطات يكون في شكل بخار الماء، الذى يمثل أحد غازات الدفيئة الأكثر وفرة على سطح الأرض . وحتى الآن، يسهم بخار الماء أيضاً فى تشكيل الغيوم التى تظلل سطح الأرض والتى يرجع لها صافي تأثير التبريد[١٨] . وظاهرة النينو هى ظاهرة تحدث نتيجة لتغير مؤقت في مناخ المنطقة الاستوائية بالمحيط الهادي، ففي العادة تهب الرياح التجارية تجاه

[16] http://edugreen.teri.res.in/explore/climate/causes.htm
[17] http://www.fortworthastro.com/beginner3.html
[18] http://edugreen.teri.res.in/explore/climate/causes.htm

الغرب على طول خط الاستواء، وهذه الرياح تجمع مياه السطح الدافئة غرب المحيط؛ فيرتفع السطح حوالى نصف متر عما في الشرق. وعندما تتجمع مياه السطح في الغرب، تصعد المياه الباردة فتحل محلها آتيةً بالمواد الغذائية من قاع المحيط إلى السطح؛ فتكثر الأسماك عند ساحل الإكوادور، وبيرو، وكولومبيا. أما المياه الدافئة المتجمعة، فتُسخن الهواء الذي يعلوها. وتكون كمية بخار الماء الكبيرة سحبًا تأتي بالأمطار لجنوب شرق آسيا، ويبقى الساحل الغربي لأمريكا اللاتينية خاليا من الأمطار. أما عندما تبدأ «النينو»، فإن الرياح التجارية تفشل في إزاحة مياه السطح الدافئة. وهو ما يعكس النظام الجوي لهذه المنطقة الواسعة بالكامل، فيظهر الجفاف في جنوب شرق آسيا، وتعم الفيضانات أمريكا اللاتينية، كما تقل الثروة السمكية على شواطئ بيرو، والإكوادور، وكولومبيا [١٩].

شكل (١-٦) الآثار المناخية العالمية للاحترار الناجم عن النينيو.

يشير حرف جـ. إلى الجفاف ، مـ. إلى الأمطار الغزيرة بصورة غير عادية ، د إلى الفترات الحارة الاستثنائية [٢٠].

فظاهرة النينو تشمل كلا من المحيطات والغلاف الجوي ، وإننا حين نتحدث عن ظاهرة النينو، فإننا لا ننظر فقط لدرجات حرارة المحيطات ، بل نتحدث أيضاً عن ضعف الرياح التجارية في جميع أنحاء المناطق المدارية من المحيط الهادي وتغيرات هائلة في معدل هطول الأمطار في المناطق المدارية. وإن آثار ظاهرة النينو(التذبذ الجنوبي)، وخصوصاً الأقوى منها، قد تبين أنها مرتبطة بالآثار التي تحدث في كل جانب من جوانب الحياة البشرية تقريباً من تفشي الأمراض،انخفاض وارتفاع كمية المحاصيل الزراعية ، الفيضانات والجفاف ،التغيرات في الطلب على الطاقة وتعطيل توليد الطاقة الكهرمائية ، وتقلب نتاج عمليات صيد الأسماك ، تحركات الحيوانات ، حرائق الغابات والإنتعاش الاقتصادي للدول الضعيفة[٢١] .

[١٩] محمد سالم مطر ، النينو.. والنينا.. والناو : ثلاثي مناخي حيَّر العلماء ، مايو ٢٠١٢، مجلة العربى العدد٦٤٢.
[٢٠] محمد سالم مطر ، النينو.. والنينا.. والناو : ثلاثي مناخي حيَّر العلماء ، مايو ٢٠١٢، مجلة العربى العدد٦٤٢.
[21] http://iipdigital.usembassy.gov/st/arabic/texttrans/2009/09/20090903164156amiwahar0.7968103.html#axzz2QruGD9NT

(١-١-٢-٢) الأسباب البشرية المنشأ لتغير المناخ :

شهد كوكبنا حقبة تقلبات في الماضي البعيد (العصور الجليدية وموجات الحرارة) . إلا أن هذه التغيرات حدثت بشكل طبيعي ، وخلال فترات زمنية تمتد على مدى آلاف أو حتى مئات الآلاف من السنين. أما اليوم، فكوكبنا يتعرض لارتفاع في درجة الحرارة بمعدلات غير مسبوقة ، حيث ارتفعت حرارة الأرض خلال السنوات المئة الأخيرة بنحو ٧٥،٠ درجة حرارية ، وستسمر الحرارة بالارتفاع بنحو ٤،١ إلى ٥,٨ درجة حرارية حتى العام ٢١٠٠ ما يشكل تغييراً سريعاً وعميقاً.

شكل (١-٧) أسباب الإحتباس الحراري [٢٢].

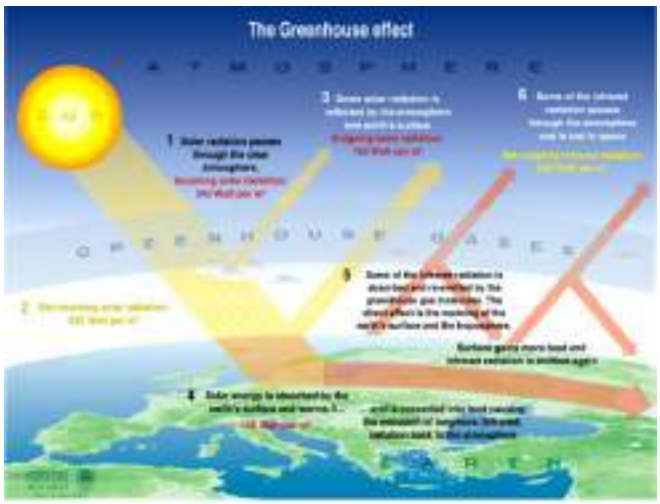
و يشكل النشاط البشري السبب الرئيسي وراء هذا التغيير ، بفعل انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري في الغلاف الجوي ، وخصوصا غاز ثاني أكسيد الكربون (CO2) والميثان (CH4) وهذه الغازات هي طبيعية وضرورية للحياة لأنها تحافظ على الحرارة من خلال "الاحتباس الحراري."إلا أن انبعاثها بكميات متزايدة وغير منضبطة ، يؤدي إلى زيادة الحرارة بطريقة غير طبيعية وبالتالى إلى تغيير في نظام المناخ كله[٢٣].

أ- انبعاثات غازات الدفيئة :

تمد الشمس الأرض بالطاقة التى تحرك الطقس والمناخ من الإشعاع الشمسى الذى يصل الأرض ، والذى ينعكس ثلثه مرة أخرى إلى الفضاء فى حين يمتص الباقى من قبل الأرض، الكائنات الحية ،المحيطات ، القمم الجليدية و الغلاف الجوى، فى الظروف العادية تكون الطاقة الشمسية الممتصة بواسطة هذه العناصر فى حالة اتزان مع الإشعاع الصادر من الأرض و الغلاف الجوى. وهذا الأشعاع الأرضى يكون فى شكل موجات طويلة وأشعة تحت حمراء يتم

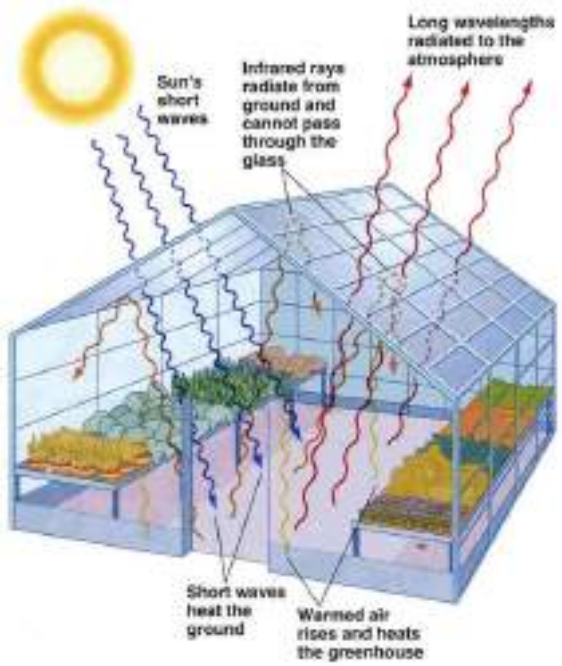
[22] http://mariamrida.blogspot.com/2012/06/blog-post.html
[23] http://mariamrida.blogspot.com/2012/06/blog-post.html

تحديده بواسطة درجة حرارة الغلاف الجوى للأرض شكل (١-٢). وقد يتغير الاتزان بين الإشعاع و الامتصاص لأسباب طبيعية مثل دورة الشمس كل ١١ عام.



شكل (١-٨) ظاهرة الإحتباس الحراري [٢٤].

فى حين تعمل مجموعة من الغازات على تكوين ما يشبة المظلة فوق الأرض و تقوم بانعكاس الإشعاع الشمسى مرة أخرى من الغلاف الجوى للأرض، مما يزيد من حرارة سطح الأرض . وتسمى هذه الخاصية الطبيعية بظاهرة الإحتباس الحراري)، شكل (١-٨).كما تسمى تلك الغازات بـ غازات الدفيئة (البيت الزجاجى)، شكل (١-٩).



شكل (١-٩) انبعاثات الدفيئة " البيت الزجاجى " [٢٥].

[24] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.

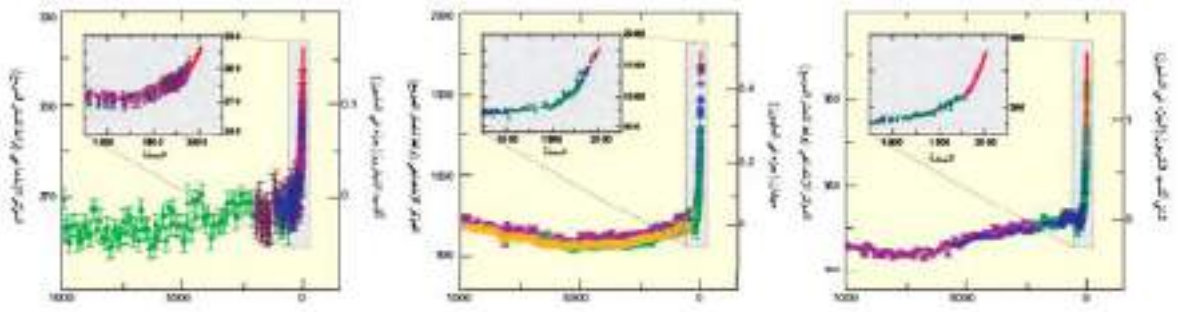
ينشأ معظم هذه الغازات بطريقة طبيعية فى الغلاف الجوى ولكن الزيادة فى تركيزات هذه الغازات فى الـ ٢٥٠ سنة السابقة يرجع إلى حد كبير إلى الأنشطة البشرية . يتم تحديد مساهمة كل غاز من غازات الدفيئة في التأثير الإشعاعي على مدى فترة معينة من الوقت عن طريق التغيير في تركيزه في الغلاف الجوي خلال تلك الفترة وفعالية الغاز في إحداث بلبلة في التوازن الإشعاعي ومن هذه الغازات هى بخار الماء،غاز ثانى أكسيد الكربون CO2 ، غاز الميثان CH4 ، أكسيد النيتروز NO وغاز الأوزون O3 [٢٦].

وقد وجد العلماء أن التأثير الإشعاعي في بداية الحقبة الصناعية و المتوقع حصوله في الوقت الحاضر بسبب تغيّرات الإشعاع الشمسي والبراكين هو أقل بكثير من تغيّر التأثير الإشعاعي المتوقع حصوله بسبب النشاطات البشرية. وفي المحصلة، يمكن القول إن التأثير الإشعاعي في الغلاف الجوي الناتج عن النشاط البشري أكثر تأثيرا على المناخ الحالى والمستقبلي من التأثير الإشعاعي المتوقع حدوثه من جراء التغيّر في العمليات الطبيعية [٢٧].

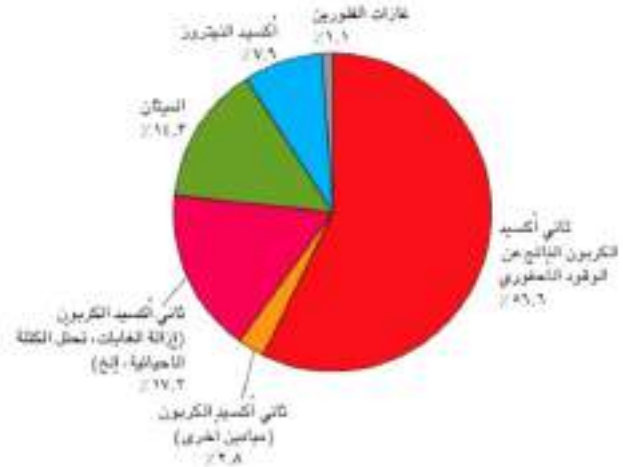
فقد زادت التركيزات العالمية من غازات الدفيئة عن الأنشطة البشرية منذ مرحلة ما قبل الثورة الصناعية . ويعد ثانى أكسيد الكربون من أهم الغازات الدفيئة البشرية المنشأ ، فبلغت الزيادة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون من ٢٨٠ إلى ٣٧٩ جزء فى المليون فى عام ٢٠٠٥ . وبذلك زاد معدل الزيادة السنوية لتركيز لثانى أكسيد الكربون بشكل أكبر فى الفترة بين (١٩٩٥ : ٢٠٠٥ بمعدل ١,٩ جزء فى المليون / سنة) . وترجع هذه الزيادات بشكل أساسى إلى استخدام الوقود الأحفورى فى إنتاج الطاقة ، النقل و الصناعة . ويأتى غاز الميثان فى المكانة الثانية حيث زادت التركيزات العالمية من الميثان منذ الثورة الصناعية من ٧١٥ إلى ١٧٣٢ جزء فى البليون فى أوائل التسعينات ، وبلغت ١٧٧٤ جزء فى البليون عام ٢٠٠٥. أما أكسيد النيتروز فقد زادت التركيزات العالمية له من ٢٧٠ إلى ٣١٩ جزء فى البليون عام ٢٠٠٥، شكل (١-١٠) و(١-١١). وترجع الزيادات لتركيز الميثان وأكسيد النيتروز أيضاً إلى استخدام الوقود الأحفورى ، الزراعة و الأنشطة البشرية. وكنتيجة لهذه الزيادة فى تركيزات الغازات الدفيئة ، زاد التأثير الإشعاعى (Radiative Forcing) بمعدل +٢,٠٧ إلى +٢,٥٣ وات / م -٢ [٢٨].

---

[25] http://greengreendailylife.blogspot.com.eg/2009/06/what-is-greenhouse-effect.html
[26] IPCC, Fourth Assessment Report, 2007.
[27] Peter F. Smith ,second edition 2005, Architecture in a Climate of Change .Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK
[28] IPCC, Fourth Assessment Report, 2007.



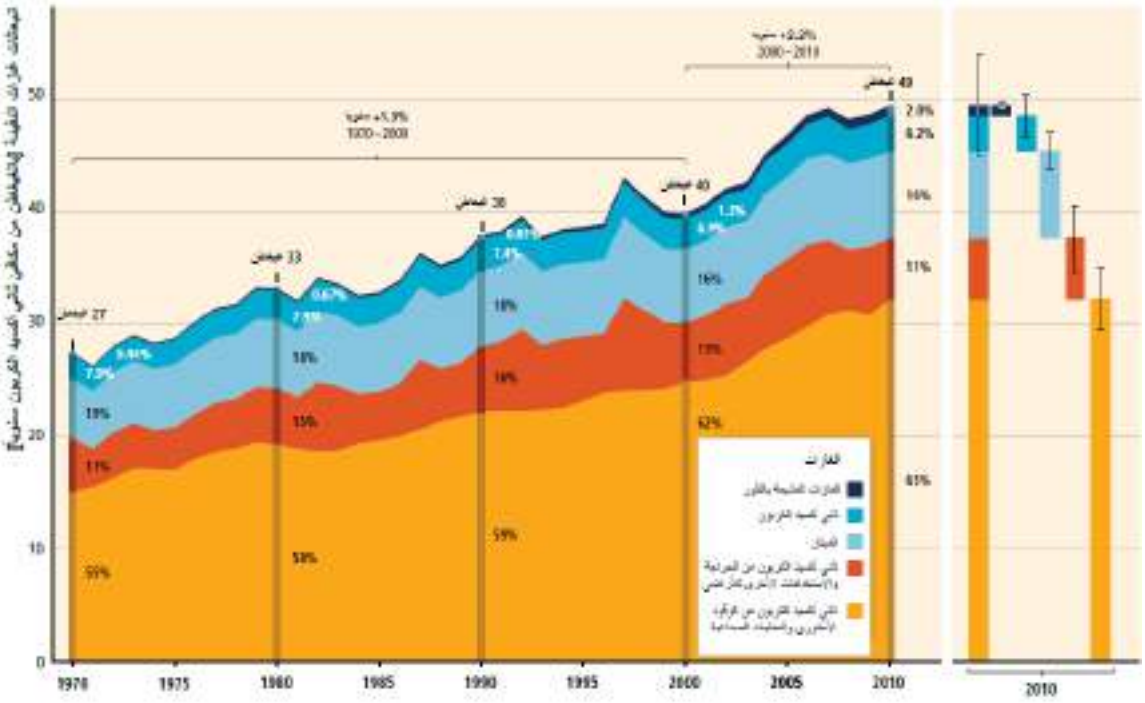
شكل (١- ١٠) تركيزات ثانى أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز خلال الـ١٠,٠٠٠ سنة الماضية (اللوحات الكبيرة) ومنذ عام ١٧٥٠ (اللوحات الصغيرة) ،الزمن قبل٢٠٠٥ [٢٩].



شكل (١- ١١) نسب انبعاثات غازات الدفيئة عام ٢٠٠٤ [٣٠].

كما أسهمت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من حرق الوقود الأحفوري ومن العمليات الصناعية بنحو ٧٨ % من الزيادة الكلية في انبعاثات الدفيئة خلال الفترة من عام ١٩٧٠ إلى عام ٢٠١٠ ، مع إسهامها بنسبة مئوية مماثلة خلال الفترة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠١٠ فقد بلغت إ نبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالوقود الأحفوري ٣٢ جيجاطن سنوياً في عام ٢٠١٠ وزادت زيادة إضافية بنحو ٣ % خلال الفترة من عام ٢٠١٠ إلى عام ٢٠١١ وبنحو ١ إلى ٢ % خلال الفترة من عام ٢٠١١ إلى عام ٢٠١٢ . ويظل ثاني أكسيد الكربون، بين الانبعاثات الإجمالية لغازات الدفيئة التي بلغت ٤٩ جيجاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام ٢٠١٠ ، هو أكبر غاز من غازات الدفيئة البشرية المنشأ بحيث كان يمثل ٧٦ % من الانبعاثات الكلية لغازات الدفيئة البشرية المنشأ في عام ٢٠١٠ . ويتأتى ١٦ % من الميثان (CH4) ، ويتأتى 6.2 % من أكسيد النيتروز N2O ، ويتأتي ٢ % من الغازات المشبعة بالفلور شكل (١- ١٢) [٣١].

[29] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.
[30] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.
[31] Climate change 2014 , Mitigation of Climate Change , contribution of WG III TO THE 5TH assessment Report of the IPCC, 2015.

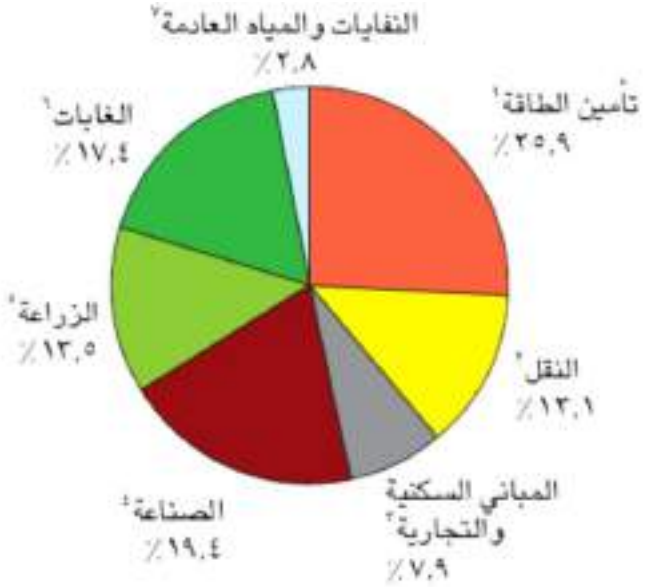


شكل (١- ١٢) الانبعاثات الكلية السنوية من غازات الدفيئة البشرية المنشأ حسب مجموعات الغازات في الفترة ١٩٧٠- ٢٠١٠ [٣٢].

ويمثل قطاع المبانى أحد أهم مصادر انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ ، حيث أن المبانى مسئولة عن ٣/١ الانبعاثات المسببة لظاهرة الإحتباس الحرارى البشرية المنشأ فى كلا من الدول المتقدمة والدول النامية . فقد أشار التقرير التقييمى الرابع لـ IPCC أن الانبعاثات المسببة للاحتباس الحرارى الصادرة من المبانى عام ٢٠٠٤ (بإستثناء انبعاثات استخدام الكهرباء) بلغت حوالى ٥ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة (٣ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة للكربون، ٠,١ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة لأكسيد النيتروز، ٠,٤ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة للميثان، و١,٥ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة للهيدروكربون) ، وحوالى ٠,١ : -٠,٢ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة لغازات الهيدروفلوروكربون . ومع إدخال الانبعاثات الناتجة عن استخدام الكهرباء، بلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة على مستوى قطاع المباني ٨,٦ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة أي حوالى ٣٣% من المجموع العالمي للعام ٢٠٠٤ شكل (١-١٣) [٣٣].

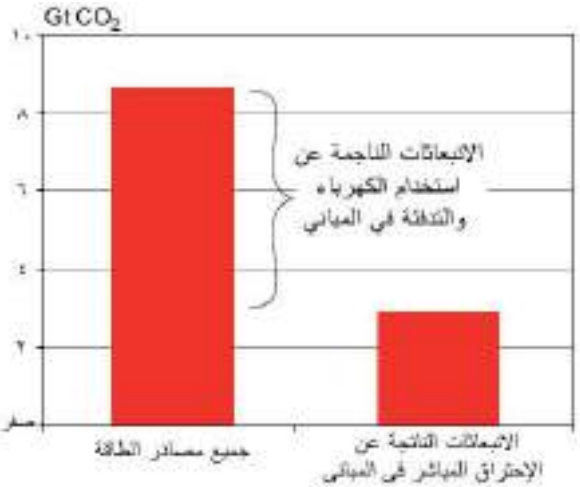
[32] Climate change 2014 , Mitigation of Climate Change , contribution of WG III TO THE 5TH assessment Report of the IPCC, 2015.

[33] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.



شكل (١-١٣) نصيب القطاعات فى انبعاثات غازات الدفيئة عام ٢٠٠٤[٣٤].

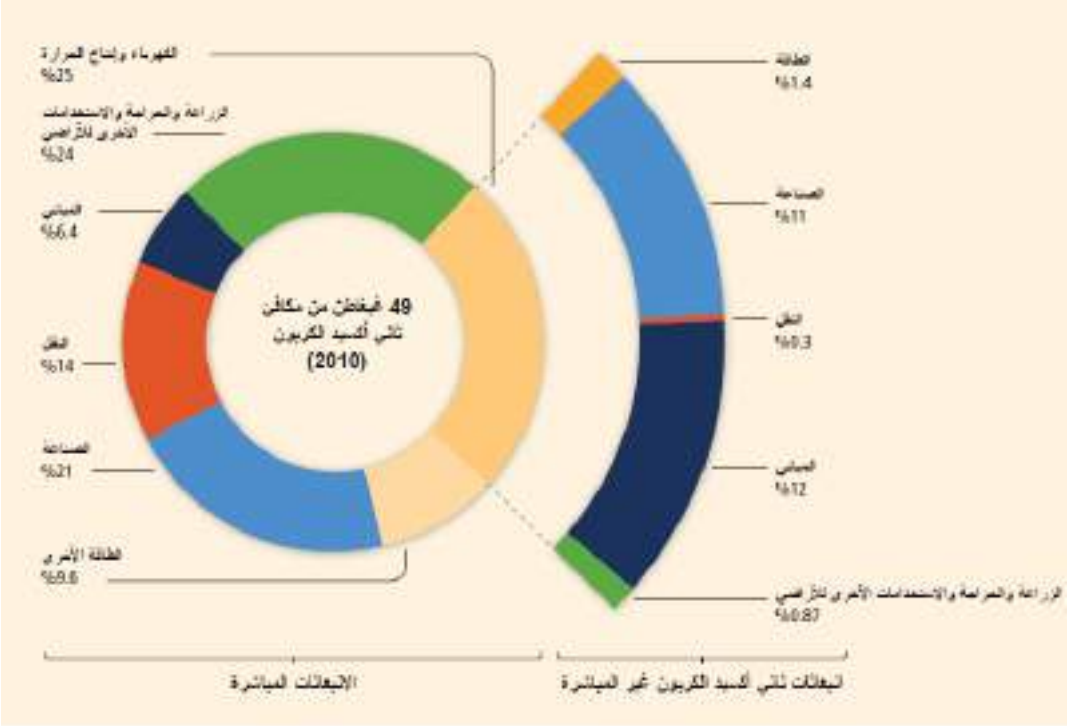
ويقدّر مجموع انبعاثات غازات الدفيئة، بما في ذلك الانبعاثات الناتجة عن استخدام الكهرباء، بحوالى ١٠,٦ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة ، ما يثير القلق بشكل خاص هو معدل نمو الانبعاثات بين عامي ١٩٧١ و ٢٠٠٤ ، فنسبة ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن استخدام الكهرباء تزيد بمعدل ٢,٥% كل عام للمبانى التجارية و ١,٧% للمبانى السكنية [٣٥].



شكل (١-١٤) انبعاثات ثانى أكسيد الكربون الناشئة عن استهلاك الطاقة فى المبانى،٢٠٠٤[٣٦].

[34] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.
[35] Climate change 2007, Mitigation of Climate Change , contribution of WG III TO THE 4TH assessment Report of the IPCC.
[36] Climate change 2007, Mitigation of Climate Change , contribution of WG III TO THE 4TH assessment Report of the IPCC.

وقد زادت انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ السنوية بمقدار ١٠ جيجاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة ما بين عامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٠ ، وتأتي هذه الزيادة مباشرةً من قطاعات الإمداد بالطاقة ٤٧% ، الصناعة ٣٠% ، النقل ١١%، و المباني ٣% ، وإذا احتُسبت الانبعاثات غير المباشرة فإنها تؤدي إلى زيادة مساهمات قطاعي المباني والصناعة. ومنذ عام ٢٠٠٠ ، أخذت انبعاثات غازات الدفيئة في التزايد في جميع القطاعات ، ومن الانبعاثات البالغة ٤٩ جيجاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في الصناعة، كان ١٤% في قطاع النقل، و ٦,٤% في قطاع المباني . أما الانبعاثات من الكهرباء وإنتاج الحرارة ترجع إلى قطاع الصناعة وقطاع المباني حيث أن حصتيهما في الانبعاثات العالمية لغازات الدفيئة تزيد بنسبة قدرها ٣١% وبنسبة قدرها ١٩% ، على الترتيب، شكل (١- ١٥) . و يظل النمو الاقتصادي والنمو السكاني أهم عاملين دافعين للزيادات في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة حرق الوقود الأحفوري . وجدير بالذكر أن مساهمة النمو السكاني خلال الفترة ما بين عامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٠ بقيت مماثلة تقريباً للعقود الثلاثين السابقة، بينما ارتفعت مساهمة النمو الاقتصادي ارتفاعاً حاداً [٣٧].

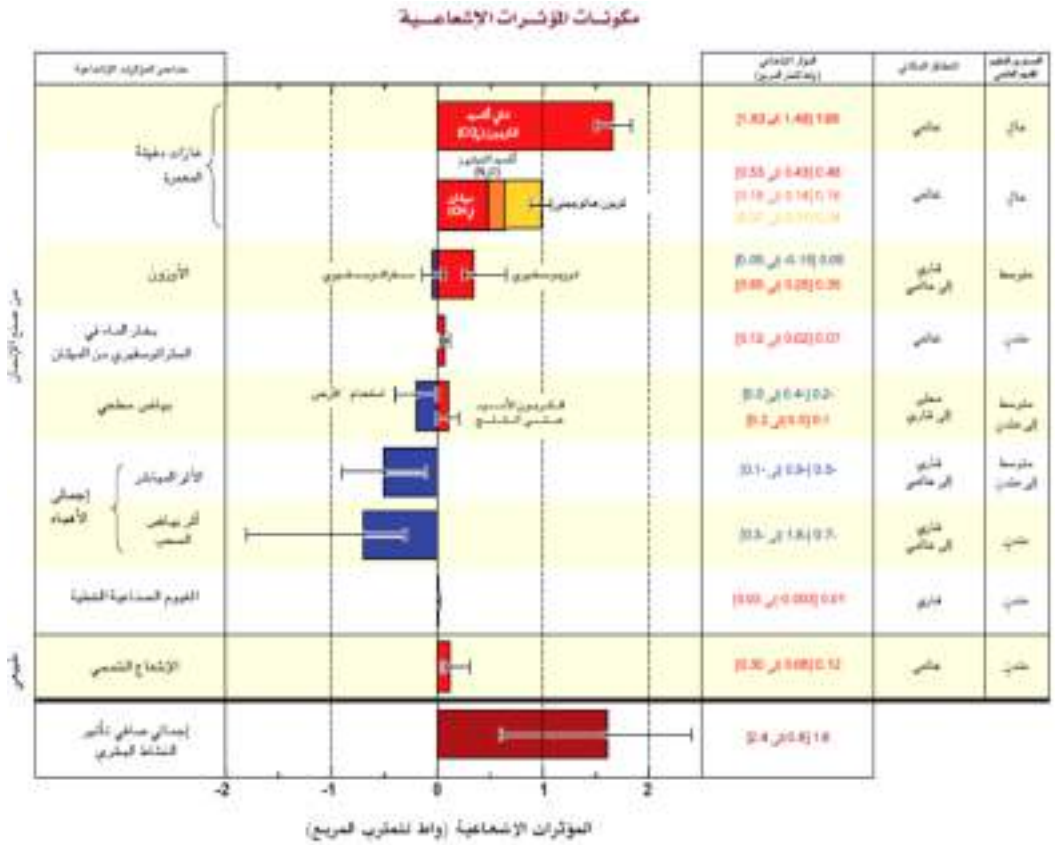


شكل (١-١٥) انبعاثات غازات الدفيئة حسب القطاعات الاقتصادية، ٢٠١٠ [٣٨].

[37] Climate change 2014 , Mitigation of Climate Change , contribution of WG III TO THE 5TH assessment Report of the IPCC, 2015.

[38] Climate change 2014 , Mitigation of Climate Change , contribution of WG III TO THE 5TH assessment Report of the IPCC, 2015.

وقد زاد التأثير الإشعاعى (Radiative Forcing) الناتج عن الزيادة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون بنسبة ٢٠% فى الفترة بين عامى ١٩٩٥ و ٢٠٠٥ ، وهى أكبر زيادة حدثت فى أى عقد خلال الـ ٢٠٠ عام الماضية . وهناك أيضاً تأثير الأيروسولات الناتجة عن الأنشطة البشرية مثل (nitrate and dust، black carbon، organic carbon،Primarily sulphate) ، معا تسبب تأثير البرودة بنسبة -٠,٥٠ وات/م-٢ لمجموع التأثير الإشعاعى المباشر . وتتسبب الأنشطة البشرية أيضاً فى التغير المناخى بطرق أخرى كالتغير فى طبقة الأوزون الناتج عن الانبعاثات (مثل أكاسيد النيتروز وأحادى أكسيد الكربون و الهيدروكربونات) ينتج عنها تأثير إشعاعى +٠,٣٥وات/م-٢ ،أيضاً التأثير الإشعاعى الناتج عن انبعاثات الهالوكربونات +٠,٣٤ وات/م-٢ والتى تنشأ عن استخدام المبردات وأجهزة التكييف شكل (١-١٦) [٣٩] .



شكل (١-١٦) المتوسط العالمى للمؤثرات الإشعاعية عام ٢٠٠٥ مقارنا بعام ١٧٥٠ بجانب الإطار المكانى للمؤثر [٤٠].

[39] Climate change 2007, Mitigation of Climate Change , contribution of WG III TO THE 4TH assessment Report of the IPCC.

[40] Climate change 2007, Mitigation of Climate Change , contribution of WG III TO THE 4TH assessment Report of the IPCC.

(١-١-٣) ملاحظات تغير المناخ العالمى :

أصبحت التغيرات المناخية حقيقة واضحة ، وتتضح من خلال ارتفاع متوسط درجات حرارة الهواء والمحيطات فى مختلف أنحاء العالم بالإضافة إلى ذوبان الجليد على نطاق واسع وارتفاع منسوب سطح البحر .

شكل (١-١٧) ذوبان الجليد فى القطب الشمالى[٤١] .

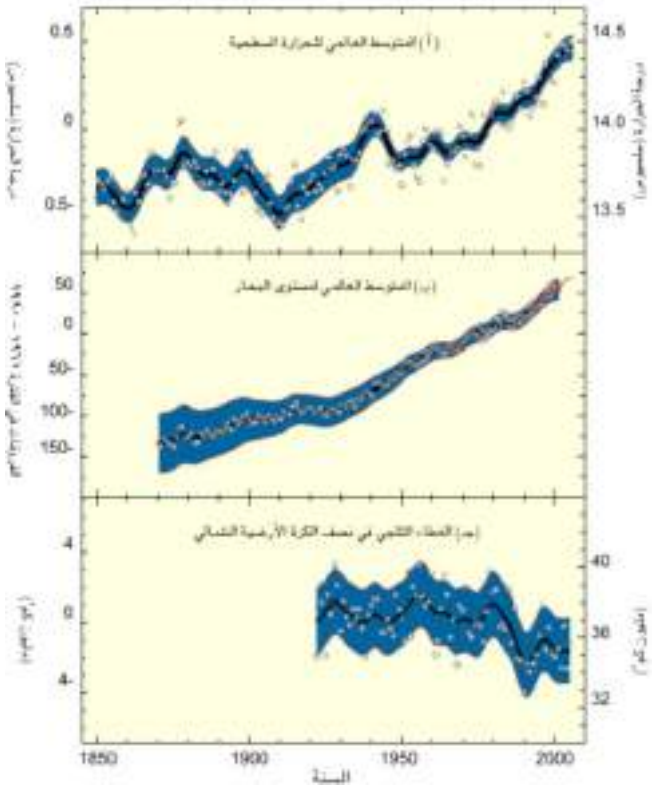
وارتفعت درجة الحرارة السطحية نحو ٠,٧٥ ° س كمعدّل عام خلال السنوات المئة الفائتة (بين عامى ١٩٠٦ و ٢٠٠٥). غير أن هذا الاحترار لم يكن ثابتاً في مختلف المواسم ومختلف الأمكنة.. وقد ارتفع مستوى الحرارة العالمي بنسبة ٠,٣٥ ° س بين العامين ١٩١٠ و١٩٤٠ ومن ثم تلاه انخفاض مبرد بسيط (٠,١° س) وحصل بعده احترار سريع (بلغ ٠,٥٥ ° س) واستمر حتى العام ٢٠٠٦ [٤٢].

أما الفترة بين عامى ١٩٩٥ و ٢٠٠٦ فتعد الفترة الأشد حرارة فى سجل أجهزة قياس درجات الحرارة العالمية منذ عام ١٨٩٠، ينتشر ارتفاع درجات الحرارة فى جميع أنحاء العالم خاصة فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية .

فقد ارتفعت درجات حرارة الهواء على اليابسة فى نصف الكرة الشمالى حوالى ضعف قيمتها على المحيطات بعد عام ١٩٧٩ (٠,٢٧° س بدلا من ٠,١٣ °س فى العقد الواحد) ، وارتفاع الحرارة أكثر فى الشتاء (من ديسمبر إلى فبراير) والربيع (مارس إلى مايو). كما أدى هذا الاحترار إلى تقلص رقعة الجليد التى ترصدها الأقمار الصناعية منذ عام ١٩٧٨ .

[41] http://www.middle-east-online.com/?id=152326
[42] http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/ar/faq-3-1.html

وتشـير البيانـات المرصـودة إلـى أن رقعـة الجليـد فـى القطـب الشـمالى تناقصـت بمعـدل ٢,٧%(٢,١:٣,٣ %) فى العقد ، وبنسبة تنافص أكبر فى الصيف ٧,٤ %(٥,٠ : ٩,٨ %) فى العقد . فقد زادت درجة الحرارة على القمم الجليدية فى القطب الشمالى ٣ ° س منذ ١٩٨٠[٤٣].



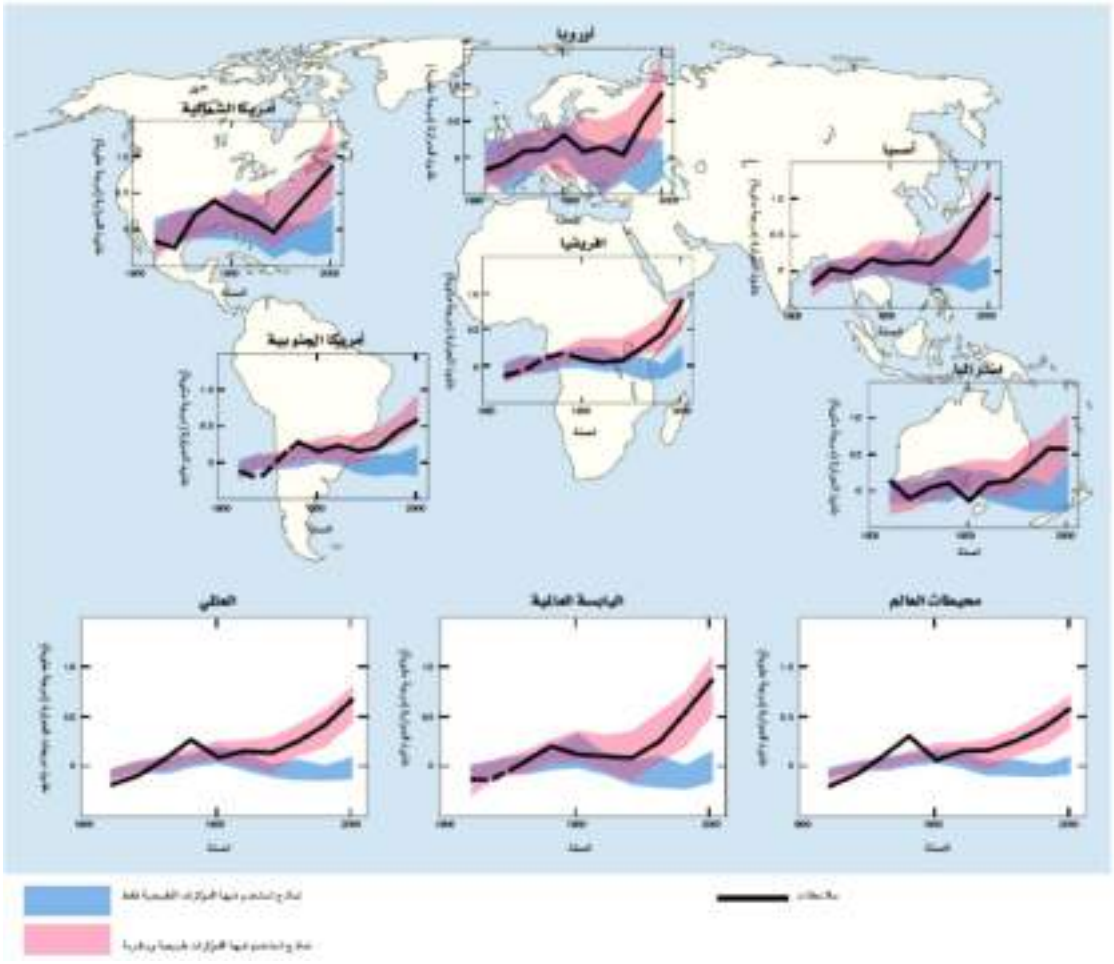
شكل (١-١٨) التغيرات فى درجة الحرارة ومستوى البحار والغطاء الثلجى فى نصف الكرة الشمالى وتمثل المنحنيات التغيرات العقدية والدوائر تمثل التغيرات السنوية[٤٤].

أيضاً يرجع الارتفاع فى منسوب سطح البحر إلى الارتفاع فى درجات الحرارة ، فالمتوسط العالمى لمنسوب سطح البحر إرتفع بمعدل ١,٨ مم /سنة (من ١,٣ إلى ٢,٣ مم / سنة) فى الفترة من ١٩٦١ إلى ٢٠٠٣ . وبمتوسط ٣,١ مم /سنة (من ٢,٤ إلى ٣,٨ مم /سنة) فى الفترة من ١٩٩٣ إلى ٢٠٠٣ وهو المعدل الأسرع والذى لم يتضح بعد إذا كان يعكس إختلافا عقديا أم زيادة فى المعدلات على المدى البعيد.

وتباينت نسب هطول الأمطار فى الفترة بين عامى ١٩٠٠ و ٢٠٠٥ حيث زادت زيادة كبيرة فى الأجزاء الشرقية من أمريكا الشمالية ، أمريكا الجنوبية ،شمال أوروبا ،شمال آسيا و آسيا الوسطى . فى حين إنخفضت على سواحل البحر المتوسط وجنوب أفريقيا وأجزاء من جنوب أسيا . وقد زادت المساحة التى تأثرت بالجفاف منذ السبعينات . أما الرياح فهناك زيادة في نشاط

[43] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.
[44] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.

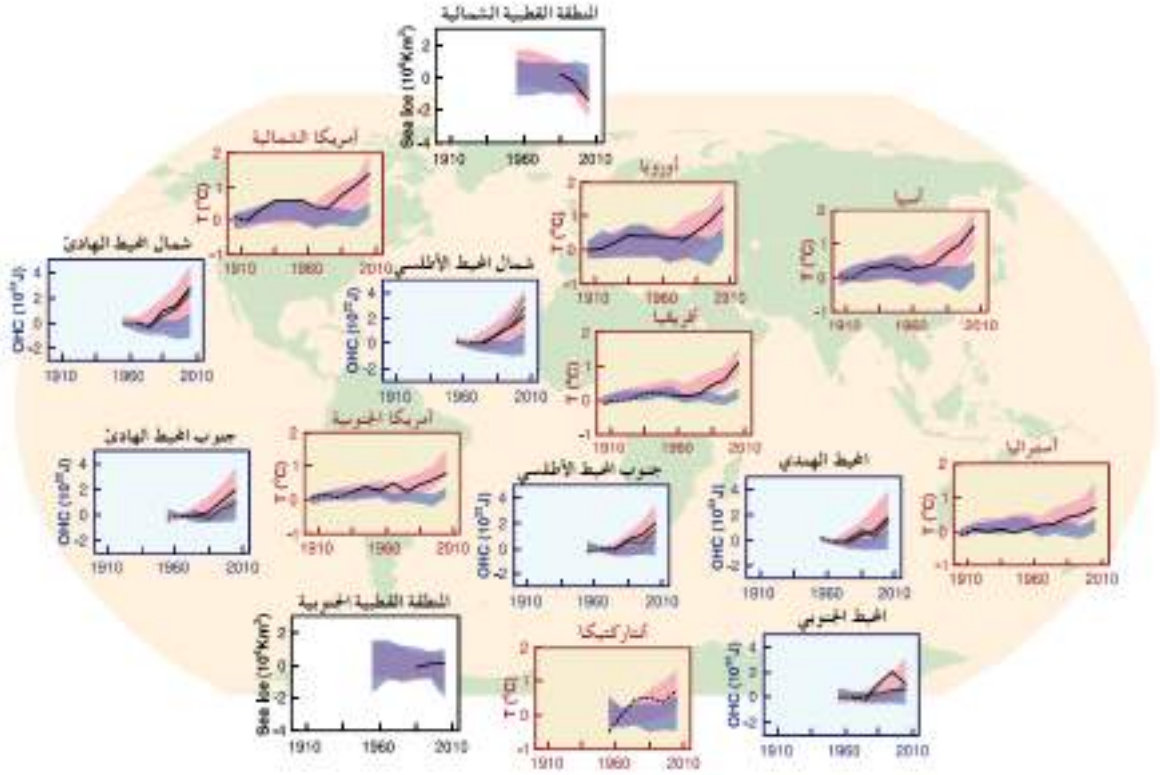
الأعاصير المدارية الشديدة في شمال المحيط الأطلسي منذ عام ١٩٧٠ تقريبا. ويوضح شكل (١-١٩) التغيرات الملحوظة فى حرارة اليابسة والمحيطات بنتائج المحاكاة للنماذج المناخية التى تستخدم التأثيرات الطبيعية أو البشرية أو كلاهما . والخط الأسود يعبر عن متوسطات الملاحظات المرصودة فى الفترة بين عامى ١٩٠٦ إلى ٢٠٠٥ ، الخطوط الزرقاء تعبر عن الملاحظات المرصودة عن التأثيرات الطبيعية من الإشعاع الشمسى والبراكين أما الخطوط الحمراء تعبر عن الملاحظات المرصودة عن التأثيرات الطبيعية و البشرية المنشأ [٤٥].



شكل (١-١٩) تغيرات درجات الحرارة القارية والعالمية للفترة بين عامي ١٩٠٦ و ٢٠٠٥[٤٦].

[45] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.
[46] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.

و قد إتضح أن أكثر من نصف الزيادة الملحوظة في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية في الفترة من عام ١٩٥١ إلى عام ٢٠١٠ كان بسبب الزيادة في تركيزات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن عوامل بشرية . فغازات الاحتباس الحراري التي ساهمت في احترار السطح بمتوسط عالمي كانت في نطاق يتراوح بين ٠,٥ درجة مئوية و ١,٣ درجة مئوية أثناء الفترة من عام ١٩٥١ إلى عام ٢٠١٠ ، في حين أن المساهمة من التأثيرات الطبيعية كانت في نطاق يتراوح من-٠,١ درجة مئوية إلى٠,١ درجة مئوية ، وهذه المساهمات المقدّرة تتسق مجتمعة مع الاحترار الملحوظ الذي يتراوح من ٠,٦ درجة مئوية إلى ٠,٧ درجة مئوية تقريباً خلال هذه الفترة ، شكل (١-٢٠) [٤٧] .



شكل (١-٢٠) ملاحظات تغير المناخ ، ٢٠١٠ [٤٨].

[47] Climate change 2013 , the physical science basis of climate change , contribution of WG I TO THE 5TH assessment Report of the IPCC, 2013

[48] Climate change 2013 , the physical science basis of climate change , contribution of WG I TO THE 5TH assessment Report of the IPCC, 2013

(١-٢) سيناريوهات التغير المناخى :

إن فهم الآثار المحتملة للتغيّر المناخي بات يمثل ضرورة تنير الطريق أمام إستراتيجيات وإجراءات التكيف مع تلك الآثار بما يجنبنا الوصول إلى مستويات خطرة من مستويات تغيّر المناخ. وقد أجريت في هذا الصدد ونشرت مجموعة قيِّمة من الدراسات ، قامت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC بالتوفيق فيما بينها وأعدت التقارير حول آثار تغيّر المناخ على الصعيدين العالمي والإقليمي، غير أن عملية تقييم هذه الآثار مازالت تشوبها التحديات من الناحية العلمية، ولا تزال حتى الآن، تجري على أصعدة متفرقة ومشتتة[٤٩] .

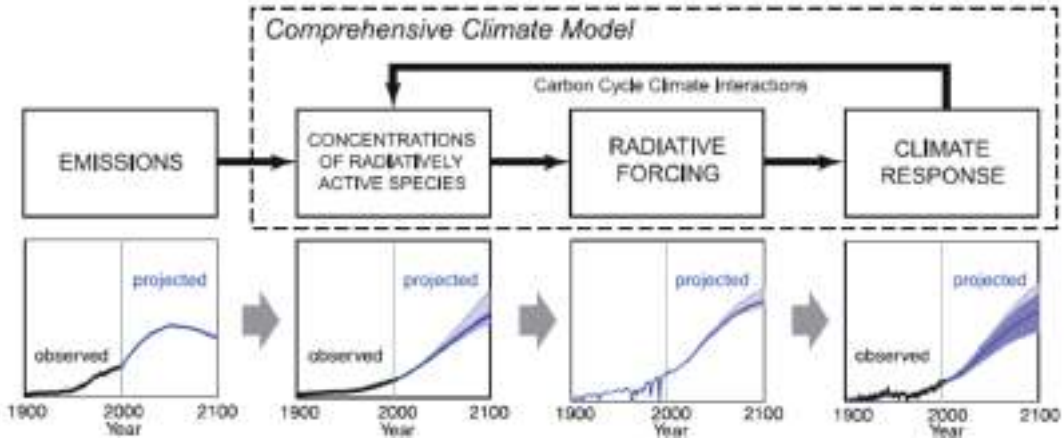
ولكى نتعرف على هذه السيناريوهات المتوقعة للتغيّر المناخى لابد أولا من معرفة كيفية إعدادها ، ثم ماهي السيناريوهات المتوقعة عالمياً وإقليميا .

(١-٢-١) نماذج المناخ :

تُستخدَم النماذج المناخية في فهم كيفية تحول المناخ عبر الزمن، وتمثل عادةً الغلاف الجوي والمحيطات وسطح اليابس والغلاف الجليدي والعمليات البيوچيوكيميائية ، كما تستخدم في حل المعادلات التي تحكُم تحولاتها على الشبكة الجغرافية التي تغطي الكرة الأرضية.ويتم تمثيل بعض العمليات صراحة في النماذج المناخية ، مثل حالات large-scale circulations ، بينما يتم تمثيل عمليات أخرى من خلال عمليات مبسطة لتحديد البارامترات "parameterisations" . واستخدام عمليات تحديد البارميترات يعود أحياناً إلى حدوث عمليات على نطاقات أصغر من حجم الشبكة المعتاد لأحد النماذج المناخية (نموذج مناخي عالمي) وتكون دقتها الأفقية horizontal resolution المعتادة تقع بين ٢٥٠ و ٦٠٠ كم، أو أحياناً يعود إلى الفهم الحإلى المحدود لهذه العمليات. وتستخدم مؤسسات وضع النماذج المختلفة تمثيلات مقبولة للنظام المناخي، وهو السبب في إختلاف الإسقاطات/التوقعات المناخية لأحد سيناريوهات انبعاثات غازات الدفيئة بين مؤسسات وضع النماذج[٥٠].

كما تستخدم نماذج المناخ مع السيناريوهات المستقبلية للعوامل المؤثرة (انبعاثات الغازات الدفيئة والأيروسولات) كمدخلات للحصول على مجموعة من التغيرات المناخية المتوقعة في المستقبل التى تبين الاحتمالات التى تكمن فى المستقبل ، شكل (١-٢١).

[49] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.
[50] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.



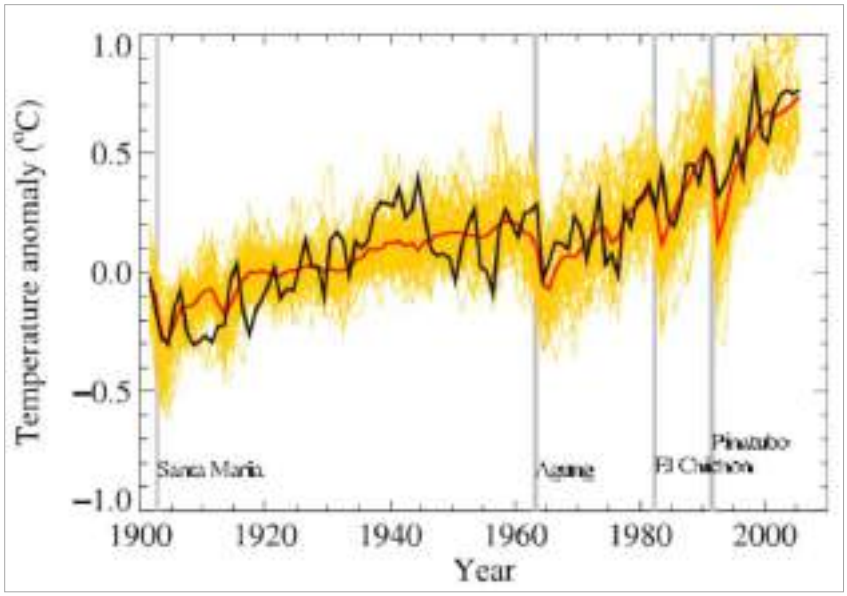
شكل (١-٢١) استخدام سيناريو الانبعاثات لغازات الدفيئة ونماذج المناخ للحصول على توقعات المناخ فى المستقبل[٥١].

تعتمد أساسيات النماذج المناخية على قوانين فيزيائية رسمية كالمحافظة على الكتلة والطاقة وكمية الحركة بالترافق مع وفرة في المراقبات. و يمكنها نقل الخصائص التي رصدت في تغيّرات المناخ الحالية والسابقة . وتقدم نماذج المناخ تقديرات عددية موثوقة لتغيّر المناخ في المستقبل خاصة على المستويات القارية وعلى نطاق أوسع .وتعتبر نسبة الثقة في تقديرات النموذج أعلى بالنسبة إلى التقلبات المناخية كدرجة الحرارة مثلاً، أكثر من الأخرين كمعدل هطول الطر مثلاً. وعلى مر عدة عقود من التطور، قدمت النماذج دوماً صورة كبيرة وواضحة عن احترار المناخ من جراء إزدياد غازات الدفيئة. ويتم تقييم النماذج بشكل روتيني ومكثف عبر مقارنة المحاكاة مع مراقبات الغلاف الجوي والمحيط والكرايوسفير وسطح الأرض. وقد تم إجراء مستويات تقييم لا سابق لها خلال العقد الماضي، أتت على شكل مقارنات منظمة لنموذج متعدد. وتظهر النماذج مهارة واضحة ومتزايدة في نقل خصائص المناخ الهامة كالتوزيعات في نطاق واسع لدرجة حرارة الغلاف الجوي ومعدل هطول الأمطار والإشعاع والرياح فضلاً عن درجة حرارة المحيطات والأنهار وغطاء الجليد البحري. وتستطيع النماذج أن تحاكي خصائص هامة لعدد من الأمثلة المتعلقة بتقلب المناخ الذي رصد على مدى أطر زمنية.

تأتي الثقة في النماذج من جراء قاعدتها الفيزيائية ومهارتها في إظهار صورة المناخ المرصود وتغيّرات المناخ السابقة. وأظهرت النماذج أنها أدوات هامة للغاية لمحاكاة المناخ وفهمه. وبرزت الثقة بها لأنها قادرة على تقديم تقديرات عددية حقيقية لتغيّر المناخ في المستقبل خاصة على المستويات الأوسع. ولا تزال النماذج تعاني من تقييدات هامة كنقل صورة السحب التي تؤدي إلى شكوك على صعيد المدى والتوقيت فضلاً عن التفاصيل الإقليمية لتغيّر المناخ المتوقع. ولكن على

[51] IPCC ، Fourth Assessment Report, 2007.

مر عقود عدة من تطوير النموذج، قدمت النماذج صورة كبيرة و واضحة لاحترار المناخ بسبب زيادة غازات الدفيئة ، يوضح شكل (١-٢٢) درجة حرارة سطح الأرض العالمية على مر القرن العشرين من المراقبات (اللون الأسود) كما تم الحصول عليها من المحاكاة الـ٥٨ الناتجة من ١٤ نموذجاً مختلفاً عن المناخ تسبب بها العوامل البشرية والطبيعية التي تؤثر على المناخ (الأصفر) ، متوسط هذه التقيمات (الخط الأحمر). ويظهر تبايناً في درجة الحرارة بين العام ١٩٠١ والعام ١٩٥٠. وتدل الخطوط العمودية الرمادية إلى توقيت الفورات البركانية المهمة[٥٢].



شكل (١-٢٢) درجة حرارة سطح الأرض العالمية على مر القرن العشرين[٥٣].

[52] http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/ar/faq-8-1.html
[53] http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/ar/faq-8-1.html

(١-٢-٢)سيناريوهات تغير المناخ فى الأرض :

بدأت منظمة (IPCC) عام ١٩٩٦ ، فى تطوير مجموعة جديدة من سيناريوهات الانبعاثات لتحديث واستبدال سيناريوهات (IS92)[٥٤] . وقد وضعت مجموعة السيناريوهات الجديدة بعد اعتمادها فى التقريرالخاص بسيناريوهات الانبعاثات (SRES)[٥٥] .

تم تطوير أربعة تصورات مختلفة (A1، A2، B2 & B1)[٥٦]، لوصف العلاقات بين القوى الطاردة للانبعاثات وتطورها الدائم ، وإضافة سياق لوضع مقاييس للسيناريوهات. المجموعة الناتجة عبارة عن ٤٠ سيناريو (٣٥ سيناريو من الذى يحتوى على المجموعه الكاملة من الغازات اللازمة لدفع نماذج المناخ) تغطى نطاقا واسعا من القوى الديموجرافية(السكانية) ، الإقتصادية و التكنولوجية الطاردة للغازات الدفيئة و الانبعاثات الكبريتية فى المستقبل ، كل سيناريو يمثل مقياساً محدداً لواحد من التصورات الأربعة. وكل السيناريوهات التى تستند لنفس التصور تشكل Scenario Family . ولا تشمل سيناريوهات (SRES) أيا من المبادرات المتعلقة بالمناخ ، بمعنى أن لا تشمل أياً من السيناريوهات تطبيق اتفاقية الأمم المتحدة لتغير المناخ ولا أهداف خفض الانبعاثات الواردة فى اتفاقية كيوتو [٥٧] . حيث تستطيع السياسات الحكومية أن تؤثر بدرجات متفاوتة فى انبعاثات الغازات الدفيئة ومنها التغير الديموجرافى (السكانى) ،التطور الإقتصادى والبنائى ، التغيير التكنولوجى ،استخدام الموارد وإدارة التلوث وبالتالى سيظهر هذا التأثير فى التصورات والسيناريوهات الناتجه عنها . وأختير سيناريو محدد من كل ٤ من مجموعات السيناريوهات التى تستند للتصورات (A1B، A2، B2 & B1) ، وتم هذا الاختيار على أساس المقاييس الأولية التى تعكس هذه التصورات وملامح النماذج المحددة بشكل أفضل ،هذه السيناريوهات لا تختلف كثيراً عن بقية السيناريوهات ولكنها تعتبر توضيحية لتصور محدد. ثم تم إختيار سيناريوهات أخرى لتوضح المجموعتين (A1T،A1FI) ضمن " A1 Family " التى تدرس على وجه الخصوص تطورات الطاقة البديلة مع إبقاء القوى الطاردة للانبعاثات الأخرى ثابتة.

---

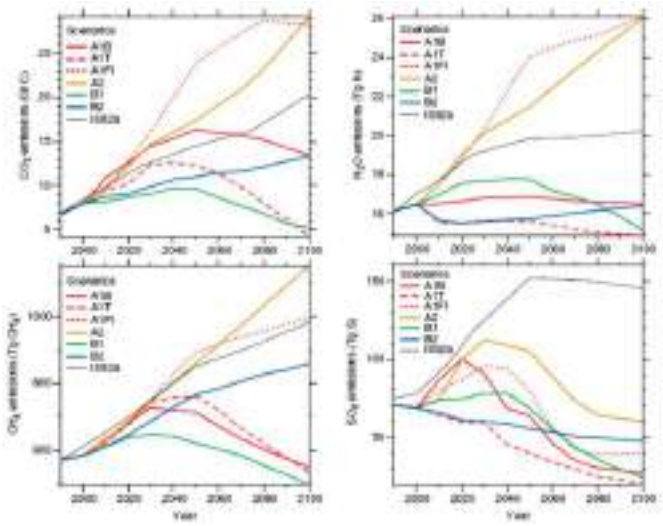
[٥٤] هى عبارة عن ٦ سيناريوهات (IS92a to f) نشرت كتقرير تكميلى للتقرير التجميعى لـ (IPCC) عام ١٩٩٢، المزيد من المعلومات عن (IS92) خلال الموقع : http://sedac.ipcc-data.org/ddc/is92/index.html

[55] (SRES): the IPCC Special Report on Emission Scenarios.

[٥٦] ملحق (١-١)

[٥٧] صدَّق ١٩١ بلداً على اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ والتزمت تلك البلدان بوضع استراتيجيات وطنية لمواجهة الاحترار العالمي. وصدَّق ١٧٤ بلداً على بروتوكول كيوتو الملحق بالاتفاقية، الذي يحدد أهدافاً وجداول زمنية للحد من الانبعاثات في البلدان الصناعية. وقد اتفقت البلدان على الاتفاقية في ٩مايو ١٩٩٢، وبدأ نفاذ الاتفاقية في ٢١مارس ١٩٩٤ . وبعد عامين ونصف العام من مفاوضات مكثفة، اعتُمد تمديد كبير للاتفاقية في كيوتو، باليابان، في كانون الأول/ديسمبر ١٩٩٧. وملحق كيوتو هذا حدد أهدافاً للانبعاثات ملزمة قانوناً بالنسبة للبلدان الصناعية، وأوجد آليات مبتكرة لمساعدة هذه البلدان في تحقيق هذه الأهداف. وقد بدأ نفاذ بروتوكول كيوتو في ١٨ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٤، بعد تصديق ٥٥ دولة طرفاً في الاتفاقية عليه، منها عدد كاف من البلدان الصناعية ـ التي توجد لديها أهداف محددة ـ لكي تشمل ٥٥ في المائة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في تلك الفئة من البلدان في عام ١٩٩٠. ولمزيد من المعلومات عن الإتفاقية وبروتوكول كيوتو: http://www.un.org/ar/climatechange/the-un-climate-change-convention-and-the-kyoto-protocol.shtml

وقد استخدمت الانبعاثات من الغازات الدفيئة الثلاث (ثانى أكسيد الكربون CO2، ثانى أكسيد النيتروز N2O و الميثان CH4) بالإضافة إلى انبعاثات الكبريت التى نشأت عن الممارسات الإنسانية جميعها فى إعداد السيناريوهات التوضيحية لـ (SRES) شكل(١-٢٣) ، وهوما يعد دليلا على أن هذه السيناريوهات تشمل نطاق واسع من الانبعاثات [٥٨].



شكل (١-٢٣) الانبعاثات الناشئة عن ممارسات الإنسان التى تشملها الستة سيناريوهات توضيحية لـ (SERS) (A1FI&A1T،B2،A2،A1B) ويشمل الشكل سيناريو (IS92a) على سبيل المقارنة [٥٩].

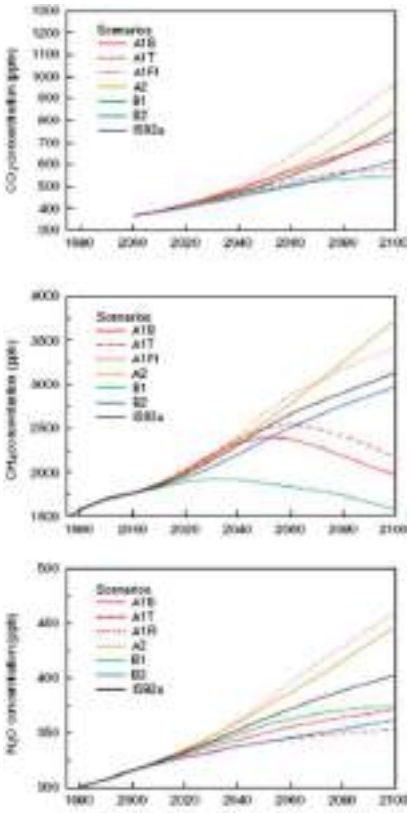
(١-٢-٢-١) سيناريوهات تغير انبعاثات غازات الدفيئة والأيروسولات :

تبعاً للتقرير التجميعى الثالث للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، تشير النماذج إلى أن السيناريوهات التوضيحية الواردة فى التقرير الخاص (SRES) تؤدى إلى مسارات مختلفة لتركيزات ثانى أكسيد الكربون CO2. فنماذج دورة الكربون تتوقع أن تبلغ تركيزات ثانى أكسيد الكربونCO2 في الغلاف الجوي عام ٢١٠٠ مقدار ٥٤٠ إلى ٩٧٠ جزء فى المليون (ppm) تبعاً للسيناريوهات التوضيحية الواردة فى التقرير الخاص (SRES) (أى ما يعادل ٩٠% إلى ٢٥٠ % زيادة على التركيز البالغ ٢٨٠ جزء فى المليون لعام ١٧٥٠ م) ، التأثير الصافى لمردودات مناخ اليابسة والمحيطات على النحو المبين بالنماذج هو إحداث زيادة فى تركيزات ثانى أكسيد الكربون المتوقعة من خلال خفض إستيعاب اليابسة والمحيطات لثانى أكسيد الكربون .

[58] IPCC, The third assessment report .2001
[59] IPCC, The third assessment report .2001

وتشمل هذه التوقعات المردودات المتوقعة لمناخ اليابسة والمحيطات، فهناك شكوك خاصة عن حجم مردودات المناخ الناتجة عن المحيط الحيوى للأرض أن تسبب تباينا يتراوح بين ١٠% : ٣٠% فى كل سيناريو ، لتصبح القيمة الكلية لتركيزات ثانى أكسيد الكربون تتراوح بين ٤٩٠ إلى ١٢٦٠ جزء فى المليون (أى ما يعادل من ٧٥ % إلى ٣٥٠% من قيمتها عام ١٧٥٠ م) .

ويمكن أن تؤثر الأعمال اللازمة لزيادة تخزين ثانى أكسيد الكربون فى النظم البيئية الأرضية على تركيزات ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى ، ولكن الحدود القصوى لخفض تركيزات الكربون بهذه الطريقة تتراوح بين ٤٠ : ٧٠ جزء فى المليون . فإذا تم إختزان الكربون المنبعث مسبقا نتيجة تغييرات استخدام الأراضى فى المحيط الحيوى على مدار القرن (مثال : التشجير) سوف تقل تركيزات ثانى أكسيد الكربون بمعدل ٤٠ : ٧٠ جزء فى المليون [٦٠].



شكل (١-٢٤) تركيزات الغازات CO2، N2O & CH4 فى الغلاف الجوى تبعاً للسيناريوهات الست لـ (SERS) ولسيناريو (IS92a) محسوبه بالمنهجية الحالية [٦١].

[60] IPCC, The third assessment report .2001
[61] IPCC, The third assessment report .2001

ومن المؤكد أن تظل انبعاثات ثانى أكسيد الكربون الناشئة عن استخدام الوقود الأحفورى تمثل العنصر المهيمن على إتجاهات تركيز CO2 خلال هذا القرن . فى حين تتباين تركيزات انبعاثات الغازات الدفيئة الأخرى بحلول عام ٢١٠٠ م تبعاً للسيناريوهات التوضيحية الستة الواردة فى التقرير الخاص (SRES) ، وعموما السيناريوهات A1B،(A1T&B1) تنبئ بزيادة فى التركيزات أقل من السيناريوهات A2،A1FI .

و تتراوح التغيرات فى تركيز غاز الميثان CH4 فى الفترة من عام ١٩٩٨ إلى عام ٢١٠٠م بين −١٩٠ إلى +١٩٧٠ جزء فى البليون (ppb) (ما يعادل −١١% :١٢%). وتتراوح الزيادة فى تركيز غاز ثانى أكسيد النيتروجين بين ٨٣ إلى ١٤٤ جزء فى البليون (يعادل ١٢ % : ٤٦ %) ، أما تركيزات مركبات الهيدروفلوروكربون HFCs (134a،125&143) تتراوح بين بضع مئات إلى آلاف من جزء لكل ألف(ppt) من مستويات لا تذكر اليوم ، شكل (١−٢٤) .

أيضاً تبعاً للتقرير (SRES)، انبعاثات الغازات الدفيئة الغير مباشرة مثل (NOx،CO، VOC)[٦٢] المتوقعة بالإضافة الى التغيرات فى تركيز غاز الميثان (CH4)، من المتوقع أن تغير المتوسط العالمى لنسبة مجموعة الهيدروكسيل فى طبقة التروبوسفير(OH) من −٢٠% إلى ٦ % خلال القرن القادم . أيضاً تتراوح التغيرات (المحسوبة فى الفترة بين عامى ٢٠٠٠ إلى ٢١٠٠ م) فى الأوزون فى طبقة التروبوسفير O3 من −١٢% إلى +٦٥ % .

وتعد أكبرزيادة متوقعة للانبعاثات فى القرن الـ ٢١ التى تمثلها سيناريوهات A1FI و A2 أكبر من ضعف التى حدثت منذ فترة ما قبل الثورة الصناعية . وهذه الزيادة القصوى تنتج عن الانبعاثات من الميثان و أكاسيد النيتروجين الناتجة عن الممارسات الإنسانية . والنمو الكبير فى انبعاثات الغازات الدفيئة والملوثات كما هومتوقع يتسبب فى تدهور البيئة العالمية بشكل يتجاوز تغير المناخ (مثل تدهور نوعية الهواء)[٦٣] .

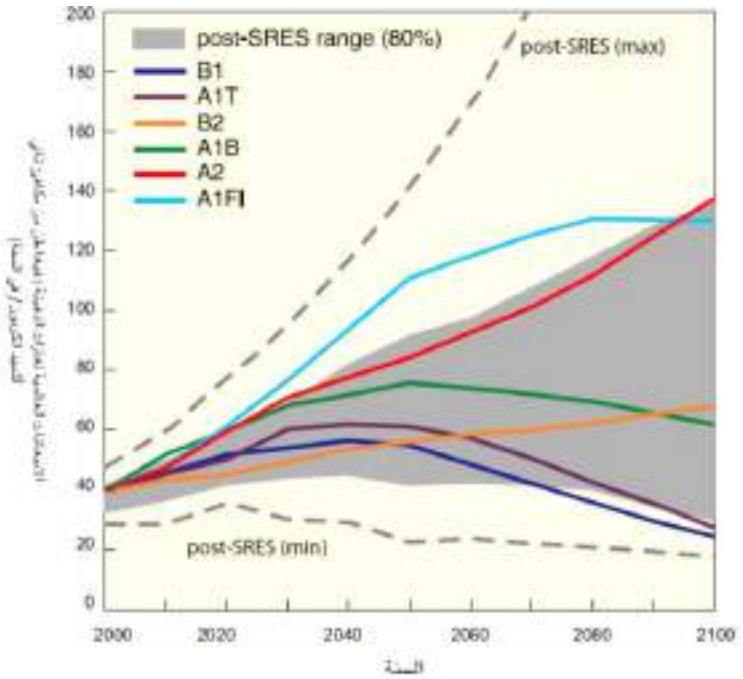
وقد استخدمت الدراسات التي نشرت منذ SRES (Post-SRES) قيماً أقل لبعض محركات انبعاثات غازات الدفيئة ، ولاسيما التوقعات السكانية. ومع ذلك ، فتلك الدراسات المتضمنة للتوقعات السكانية الجديدة ، والتى تغير من بعض القوى الطاردة للانبعاثات كالنمو الإقتصادى ، تؤدى إلى تغير طفيف فى إجمالى مستويات الانبعاثات . فتوقعات النمو الإقتصادى فى أفريقيا

[٦٢] NOx هو مصطلح عام لأحادى أكاسيد النيتروجين NO , N2O ، VOC المركبات العضوية المتطايرة ، CO أول أكسيد الكربون .

[٦٣] التقرير التقييمى الثالث للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠١.

وأمريكا اللاتينية والشرق الأوسط أقل فى سيناريوهات ما بعد التقرير الخاص (Post-SRES) منها فى التقرير الخاص (SRES- 2000) ، ولكن لها تأثيرات طفيفة على توقعات النمو الإقتصادى العالمى وبالتالى على إجمالى الانبعاثات .

أيضاً انبعاثات الأيروسولات والتى تتضمن " ثانى أكسيد الكبريت و الكربون الأسود و الكربون العضوى " تحسنت فى الدراسات ما بعد التقرير الخاص فمن المتوقع أن تقل نسبة هذه الانبعاثات عما ورد فى التقرير الخاص عام ٢٠٠٠ [٦٤].

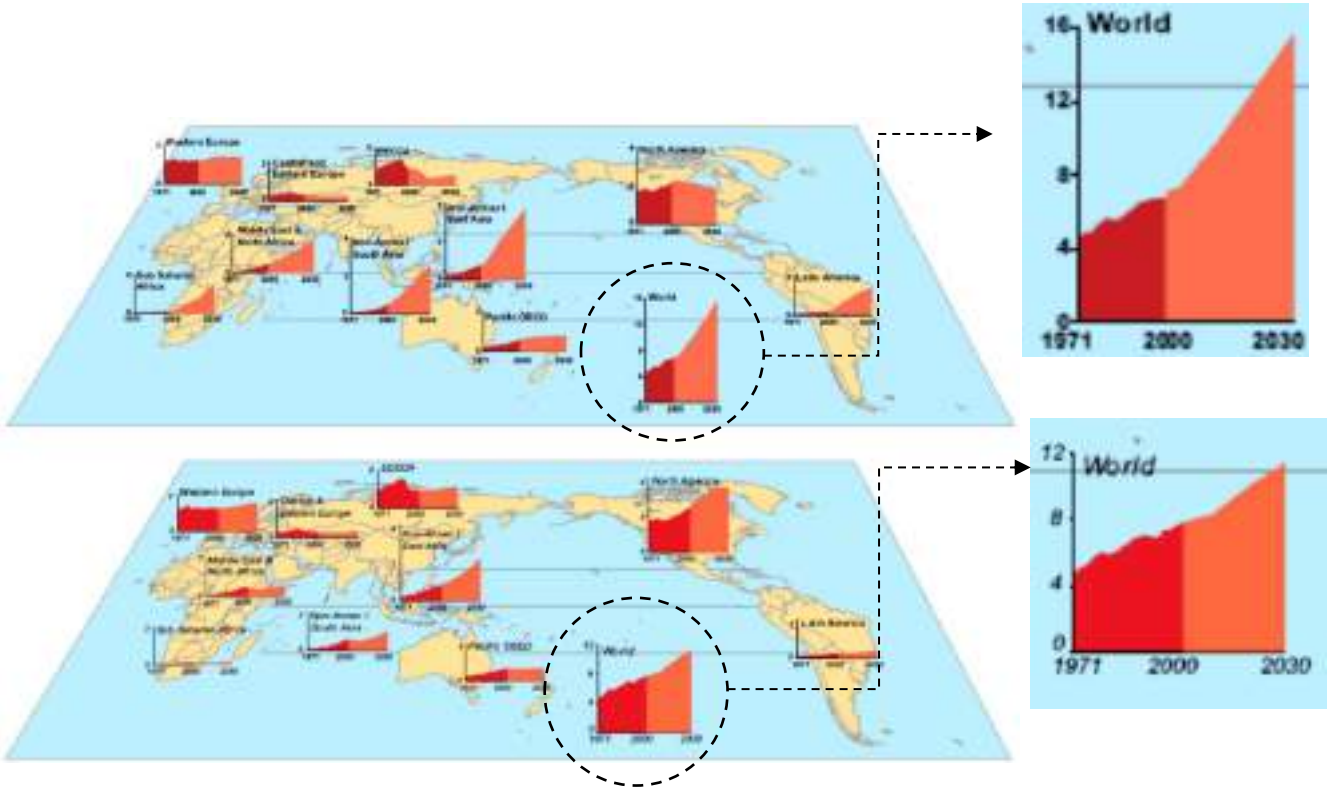


شكل (١-٢٥) الانبعاثات العالمية لغازات الدفيئة (مكافئ ثانى أكسيد الكربون GtCO2-eq / سنة) فى غياب السياسات المناخية الإضافية [٦٥].

الخطوط الملونة تعبر عن السيناريوهات التوضيحية الست للتقرير الخاص ، الجزء المظلل بالون الرمادى يمثل ٨٠% من السيناريوهات المتوقعة التى نشرت منذ التقرير الخاص (Post-SRES). تبين الخطوط المتقطعة نطاق كامل لسيناريوهات ما بعد التقرير الخاص وتشمل الانبعاثات " غاز ثانى أكسيد الكربون ، غاز الميثان ،أكسيد النيتروز ، الغازات الفلورية.

[٦٤] التقرير التجميعى للتقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.
[٦٥] التقرير التجميعى للتقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.

ويسهم قطاع المبانى بدور كبير فى سيناريوهات انبعاثات غازات الدفيئة ، حيث يوضح شكل (١-٢٦) نتائج سيناريوهات A1B ، B2 لانبعاثات غازات الدفيئة لـ ١٠ مناطق فى العالم ، هذه السيناريوهات تظهر سيناريوهات الانبعاثات من ثانى أكسيد الكربون المتوقعة الناتجة عن قطاع المبانى (بما فى ذلك اللانبعاثات الناتجة عن استهلاك الكهرباء) . ويشير سيناريو B2 إلى زيادة كمية الانبعاثات من ٨,٦ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ ،عام ٢٠٠٤ إلى ١١,٤ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ عام ٢٠٣٠ ،أما السيناريو A1B يشير إلى وصول كمية الانبعاثات إلى ١٥,٦ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ فى عام ٢٠٣٠، وهو ما يمثل حوالى ٣٠% من إجمالى الانبعاثات فى كلا من السيناريوهات A1B ، B2.



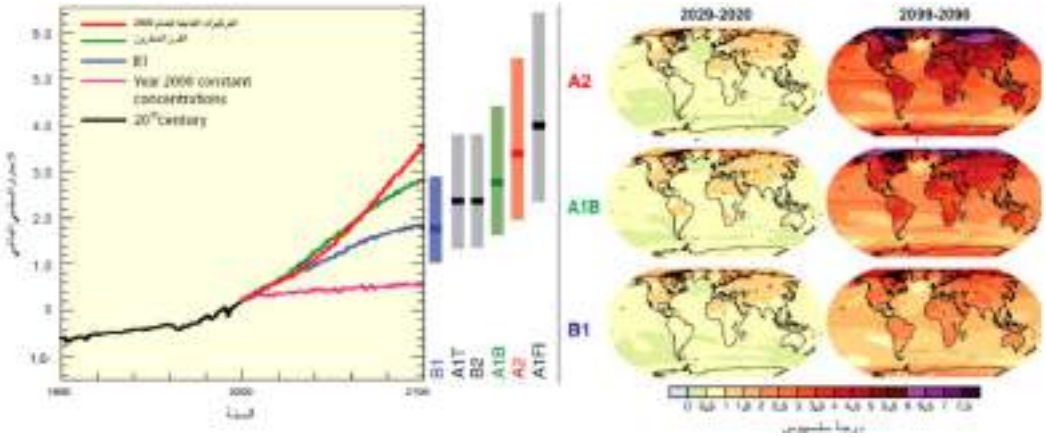
الشكل (١-٢٦) انبعاثات ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن قطاع المبانى ، بما فى ذلك الانبعاثات الناتجة عن استهلاك الكهرباء . بالأعلى سيناريو A1B ، بالأسفل سيناريو B2 [٦٦].
اللون الأحمر الداكن يشير إلى الانبعاثات السابقة فى الفترة من عام ١٩٧١ إلى عام ٢٠٠٠ ، اللون الأحمر الفاتح يشير إلى التوقعات للفترة بين عامى ٢٠٠١ إلى ٢٠٣٠ لانبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن قطاع المبانى .

[٦٦] التقرير التجميعى للتقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.

(١-٢-٢-٢) سيناريوهات التغير فى درجات الحرارة :

أشار التقرير الأول للهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC عام ١٩٩٠ إلى تزايد متوسطات درجات الحرارة بمعدل ٠,١٥:٠,٣° س/عقد فى الفترة بين عامى١٩٩٠ و ٢٠٠٥ ، وبمقارنته بالقيم المرصودة التى تقارب ٠,٢° س فى العقد يزيد الثقة فى هذه السيناريوهات . و من المتوقع أن يزيد الاحترار بمعدل ٠,٢° س / عقد تبعاً لسيناريوهات التقرير الخاص SRES ، حتى لو ظل تركيز انبعاثات غازات الدفيئة والبروسولات ثابتا عند مستويات عام ٢٠٠٠ ، فمن المتوقع أن تزيد درجات الحرارة بمعدل ٠,١° س / عقد . فيما عدا ذلك فتوقعات درجات الحرارة تعتمد بشكل كبير على سيناريوهات محددة للانبعاثات .

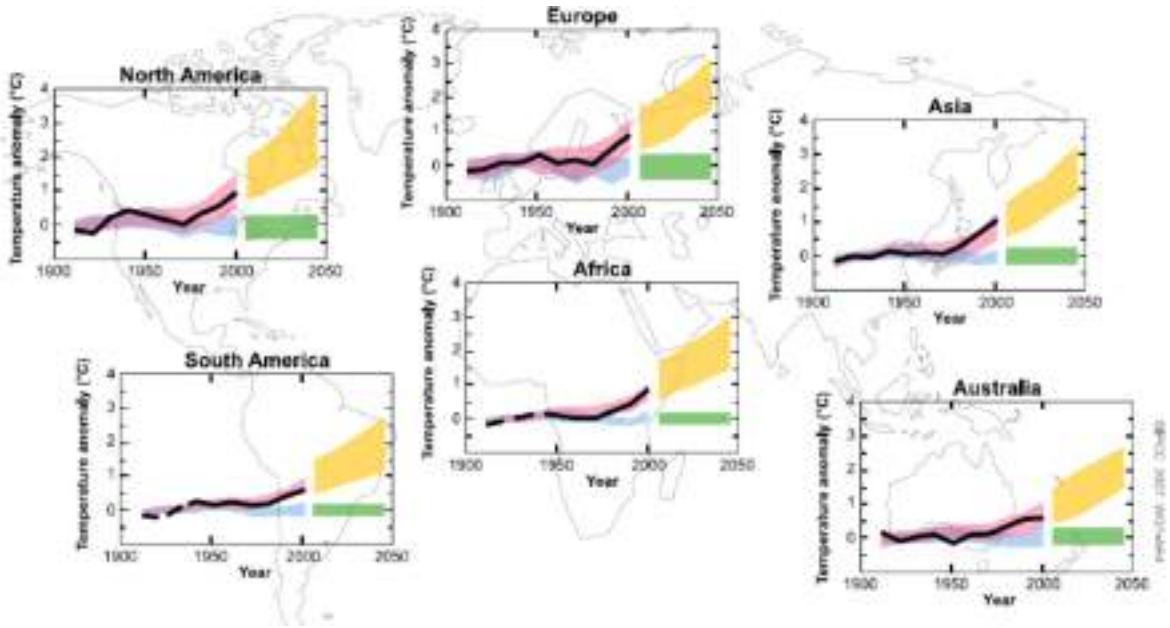
ويتوقع أن يكون ارتفاع درجات الحرارة فى القرن الـ ٢١ أكبر على سطح الأرض فى معظم خطوط العرض الشمالية العليا ، وأقل على المحيط الجنوبى بالقرب من القارة القطبية الجنوبية و شمال المحيط الأطلسى ، وإستنادا إلى مجموعة من النماذج المناخية يتوقع أن تشتد حدة الأعاصير المدارية و يزداد إلى جانب ذلك الحد الأقصى لسرعة الرياح و معدل هطول المطر المرتبطة بالزيادات المستمرة فى درجات حرارة سطح البحر المدارية .



شكل (١-٢٧) توقعات ارتفاع درجات الحرارة حتى عام ٢١٠٠ [٦٧] .

يوضح شكل(١-٢٧) فى الجهة اليمنى تغيرات درجات الحرارة السطحية المتوقعة فى سيناريوهات أوائل وأواخر القرن الحادى والعشرين ، فى الجهة اليسرى تمثل الخطوط متوسطات عالمية للاحترار السطحى لنماذج متعددة ، مقارنة بالفترة بين عامى ١٩٨٠ و ١٩٩٩ لسيناريوهات التقرير الخاص B1، A1B،A2 كاستمرار لعمليات محاكاة القرن العشرين [٦٨].

[٦٧] التقرير التجميعى للتقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.
[٦٨] التقرير التجميعى للتقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.



شكل (١-٢٨) ملاحظات تغير المناخ للفترة بين عامى ١٩٠٦ : ٢٠٠٥ والتوقعات المستقبلية للفترة بين عامى ٢٠٠١ : ٢٠٥٠ (بالنسبة للفترة ١٩٠١ : ١٩٥٠) [٦٩].

الخطوط السوداء تمثل الملاحظات ،الظلال الوردية تمثل التغير فى درجات الحرارة نتيجة المؤثرات الطبيعية والبشرية المنشأ. الظلال الزرقاء تمثل التغير فى درجات الحرارة نتيجة المؤثرات الطبيعية فقط . الظلال الصفراء التغير فى درجات الحرارة المتوقعة فى السيناريو A1B للتقرير الخاص SERS . الظلال الخضراء تمثل متوسط الشذوذ العقدى فى القرن ٢٠ نتيجة المؤثرات الطبيعية فقط .

[٦٩] التقرير التجميعى للتقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.

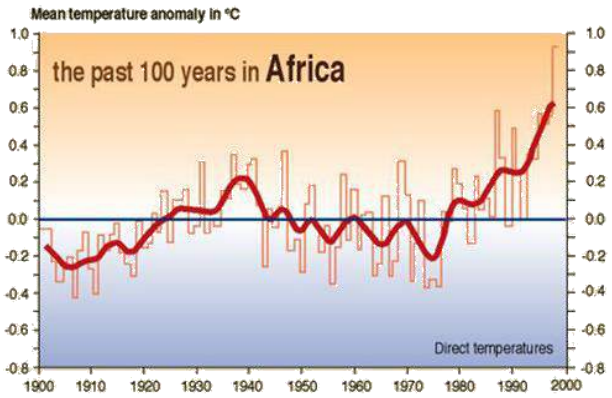
(١-٢-٢) التغير المناخى فى أفريقيا :

أفريقيا قارة عظمى فهي ثاني أكبر قارات العالم من حيث المساحة وعدد السكان، تأتي في المرتبة الثانية بعد آسيا.تبلغ مساحتها ٣٠,٢ مليون كيلومتر مربع (١١,٧ مليون ميل مربع)، وتتضمن هذه المساحة الجزر المجاورة، وهي تغطي ٦% من إجمالى مساحة سطح الأرض، وتشغل ٢٠,٤% من إجمالى مساحة اليابسة .

تحتوى على أنظمة مناخية مختلفة ، فموقع وحجم وشكل القارة الأفريقية تلعب جميعها دورا رئيسيا في تحديد المناخ . ويتراوح المناخ في أفريقيا ما بين المناخ الاستوائي ومناخ المناطق شبه القطبية على أعلى قمم الجبال.ويتسم الجزء الشمالى من القارة بأنه يتكون بشكل أساسي من صحراء ومناطق القاحلة، في حين أن المناطق الوسطى والجنوبية على حد سواء، تغطيها سهول السافانا والأحراش الكثيفة (غزيرة الأمطار).وبين هذا وذاك، هناك مناطق متوسطة، حيث تنمو أنماط الحياة النباتية، مثل منطقة الساحل، والمناطق التي تسيطر عليها السهول[٧٠].

(١-٢-٣-١) ملاحظات تغير المناخ فى أفريقيا :

تبين سجلات الرصد أن قارة أفريقيا أكثر احترارا عنها قبل ١٠٠ سنة ، فقد زادت درجات الحرارة بمعدل ٠,٠٥° س/عقد خلال القرن العشرين . مع ارتفاع درجات الحرارة قليلا فى الفصول : يونيو ، يوليو و أغسطس (JJA) و سبتمبر ، نوفمبر عن الفصول يناير ، فبراير وديسمبر (JFD) و مارس و مايو [٧١]. فالملاحظات تشير إلى أن متوسط درجات الحرارة زادت فى الـ٥٠ سنة الماضية بمقدار ١° س مقارنة بمتوسط درجات الحرارة فى الفترة بين عامى١٩٠٦: ١٩٥٠م .



شكل (١-٢٩) التغيرات فى درجات الحرارة فى قارة أفريقيا على مدار ١٠٠ عام [٧٢].

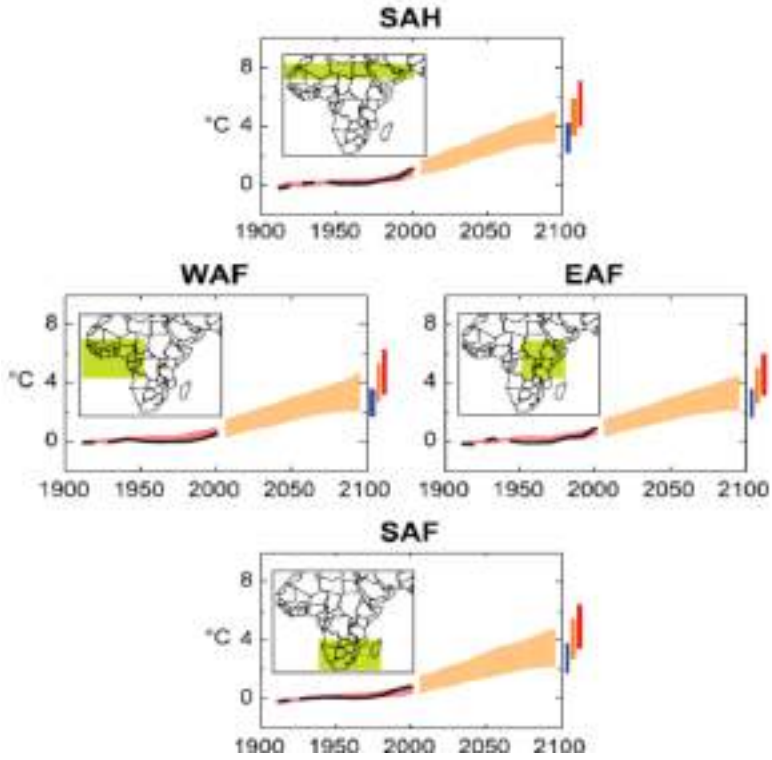
[70] http://ar.wikipedia.org

[٧١] التقرير التقييمى الثالث للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠١.

[72] http://www.grida.no/publications/vg/africa/page/3102.aspx

(١-٢-٣-٢) سيناريوهات تغير درجات الحرارة فى أفريقيا :

من المتوقع أن يكون معدل الاحترار فى قارة أفريقيا أكبر من المعدل العالمى ، ويتضح من المعدل السنوى للاحترار فى كافة أنحاء القارة وفى كل الفصول أن الاحترار فى المناطق المدارية الجافة أعلى منه فى المناطق الإستوائية الرطبه . ويتوقع أن تزيد متوسط درجات الحرارة من ٣ ° س إلى ٤ ° س تبعاً لسيناريوهات متوسطة الارتفاع للانبعاثات (ما يعادل ١,٥ من المعدل العالمى، مقارنة بالمتوسط فى الفترة بين ١٩٨٠ : ١٩٩٩)[٧٣] . وجاءت سيناريوهات الانبعاثات العالية A1FI أشد قسوة حيث تتوقع ارتفاع درجات الحرارة يصل إلى ٩ ° س فى شمال أفريقيا (ساحل البحر الأبيض المتوسط) فى الفترة من يونيو إلى أغسطس ويصل إلى ٧ ° س فى جنوب أفريقيا فى الفترة من سبتمبر إلى نوفمبر .[٧٤]



شكل (١-٣٠) الاختلافات بين درجات الحرارة بين الفترة (١٩٠١ :١٩٥٠م) و الفترة (١٩٠٦ : ٢٠٠٥م) (يمثلها الخط الأسود) للأربعة مناطق بقارة أفريقيا (الصحراء الكبرى SAH، غرب أفريقيا WAF، شرق أفريقيا EAF ، جنوب أفريقيا SAF) كما تمت محاكاتها بواسطة النماذج MMD [٧٥] (باللون الأحمر) وكما هو متوقع للفترة بين عامى ٢٠٠١ : ٢١٠٠م بواسطة النماذج MMD للسيناريو A1B (اللون البرتقالى) [٧٦].

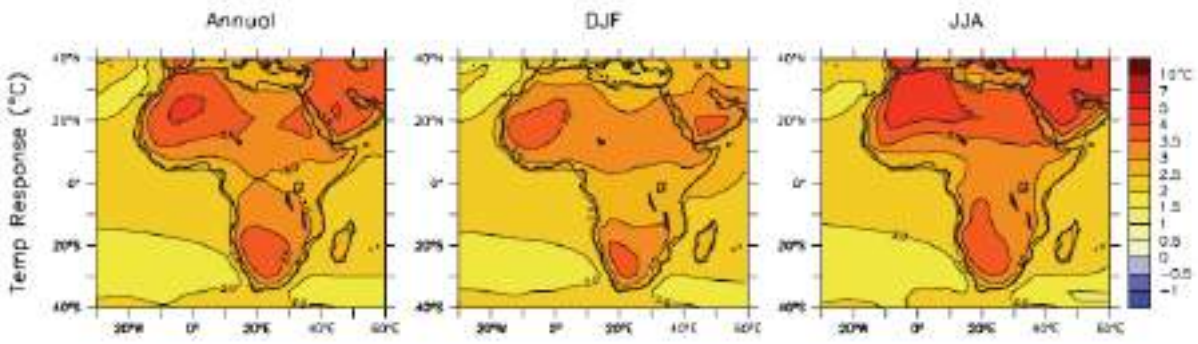
---

[٧٣] التقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧

[74] Harmeling, Bals & Burck, Adaptation to climate change in Africa & The European Union's Development Cooperation, Germanwatch e.V. Bonn , 2007.

[75] MMD: Multi Model Dataset .

[٧٦] التقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.



شكل(١- ٣١) التوزيع الجغرافى لمتوسط مجموعات الاحترار المتوقعة للسيناريو A1B بالتفصيل[٧٧].

نجد في شكل(١- ٣١) أن الزيادة الأقل فى درجات الحرارة (ما يقرب من ٣° س) تتواجد فى المناطق الأستوائية والساحلية ، أما الزيادة الأكبر فى درجات الحرارة (ما يقرب من ٤° س) تتواجد فى الصحراء الغربية . ويوضح أيضاً أن أعلى معدل لدرجات الحرارة فى شمال أفريقيا يكون فى يونيو ، يوليو و أغسطس (JJA) وأعلى معدل لدرجات الحرارة فى جنوب أفريقيا يكون فى سبتمبر ،أكتوبر و نوفمبر (SON)[٧٨].

[٧٧] التقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.
[٧٨] التقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.

(١-٣) سيناريوهات تغير درجات الحرارة فى مصر :

المناخ في جمهورية مصر العربية شبه صحراوي ، يتميز بصيف حار جاف، شتاء معتدل، والأمطار قليلة جدا.و لديها مناطق ذات الرياح القوية، وخصوصا على طول البحر الأحمر وسواحل البحر الأبيض المتوسط. وتتمثل العوامل الأساسية التي تؤثر على مناخ جمهورية مصر العربية في تواجدها في نطاق خط العرض شبه المداري ٢٢-٣٢° شمالاً ، وموقعها بالقرب من نطاق الحزام العرضى العالمى الذي يتميز بارتفاع الضغط الجوي، وكذلك موقعها بين الكتل الأرضية القارية بين قارتي أفريقيا وآسيا. وتجعل هذه العوامل مصر من أكثر البلدان حرارةً وسطوعاً للشمس في العالم، وتنخفض فيها معدلات الرطوبة انخفاضاً كبيراً. ويقتصر حدوث الاضطرابات الإعصارية على المناطق الواقعة على طول الشريط الساحلي الشمالى والتي تتحرك شرقاً بمحاذاة البحر المتوسط متسببة في سقوط قدر غير قليل من الأمطار، وقد تمر سنوات عدة على مناطق وسط وجنوب مصر بلا سقوط لأي أمطار تذكر. وعندما تسقط الأمطار فإنها تكون عادة في صورة انهمار قصير الزمن ومدمر أحياناً.

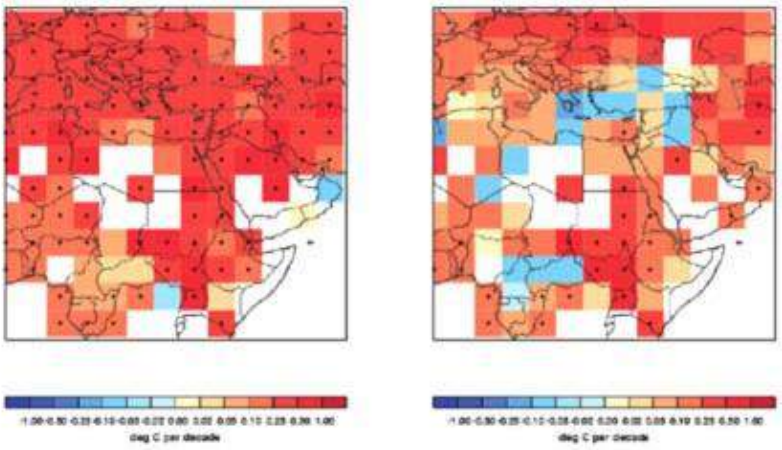
ويزداد متوسط درجات الحرارة من حوالى ٢٠ °س على الشريط الساحلي للبحر المتوسط إلى ٢٤ °س على الشريط الساحلي للبحر الأحمر و٢٥ °س عند القاهرة و٢٦ °س عند أسوان جنوباً، مع تذبذب موسمي يزيد أو يقل ٧ °س تقريباً. وتتراوح الدرجات العظمى المعتادة لدرجات الحرارة نهاراً في منتصف الصيف من ٣٠ °س عند الإسكندرية إلى ٤١ °س جنوباً عند أسوان؛ بينما تتراوح هذه الدرجات العظمى في منتصف الشتاء ما بين ١٨ °س شمالاً و٢٣ °س جنوباً؛ وهو ما يجعل المناخ حتى في نهار فصل الشتاء في الجنوب دافئ ومشمس على نحو ممتع، ولكن يكون ذلك مصحوباً ببرودة أثناء الليل كلما اتجهنا شمالاً.

أما الأخطار المناخية التي تتعرض لها البلاد فتشمل العواصف الترابية وموجات الحر والسيول محددة المواقع والتساقط غير المعتاد للثلوج في الشمال. ولكن الظاهرة المزعجة على وجه الخصوص، والخطرة أحياناً، هي هبوب رياح ترابية جافة في فصل الربيع ومطلع فصل الصيف فيما يعرف بظاهرة "رياح الخماسين" التي تهب من وقت لآخر حاملة معها تيارات هواء شمالية ساخنة للغاية إلى المناطق الشمالية في مصر قبيل حدوث موجة ضعيفة من الاضطرابات الإعصارية في البحر المتوسط [٧٩].

[79] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.

(١-٣-١) ملاحظات تغير المناخ فى مصر :

استخدمت بيانات CRUTEM3[٨٠] في توفير تحليل لمتوسط درجات الحرارة من عام ١٩٦٠ إلى عام ٢٠١٠ في مصر باستخدام طريقة متوسط الانحدارات المتزاوجة "pair-wise slopes" ، ومنها تتضح إشارات الاحترار فى مصر فى كلا من فصلى الصيف والشتاء ، إلا أن هناك مزيد من المربعات الشبكية "grid boxes" التي تظهر إشارات على الاحترار فى فصل الصيف ، بصورة أكبر منها في فصل الشتاء. فالاحترار أقوى في فصل الصيف حيث يبلغ ٠,٣١°س لكل، منه في فصل الشتاء حيث يبلغ ٠,٠٧ °س لكل عقد .



شكل (١- ٣٢) متوسط الاتجاهات العقدية لمتوسطات درجات الحرارة الموسمية في مصر والمناطق المحيطة خلال الفترة بين عامي ١٩٦٠ و ٢٠١٠[٨١].

وقد تضمن عام ٢٠٠٧ بعض الظواهر الشديدة التي وقعت منذ عام ٢٠٠٠ والتي وردت في تقارير المنظمة العالمية للأرصاد الجوية " WMO "عن حالة المناخ العالمي . فقد شهدت منطقة حوض المتوسط موجات حارة في شهري يونيو ويوليو عام ٢٠٠٧، وهو ما تسبب في مستويات قياسية من الطلب على الكهرباء. وفى مصر وصلت درجات الحرارة إلى ٤٥ °س في أواخر شهر يوليو، مع زيادة قياسية في استهلاك الكهرباء أدت بدورها إلى إنقطاع الكهرباء مرات عدة. فبالتوافق مع المتوسط المتزايد لدرجة الحرارة، أصبحت الليالى الدافئة أكثر تكرارا بينما أصبحت الليالى الباردة أقل تكرارا عبر الإقليم . أما بالنسبة للأيام الدافئة والباردة، فتكون إشارتها أكثر تداخلاً ومع هذا، تشير الأبحاث السابقة إلى زيادة عدد الأيام الحارة والأيام شديدة الحرارة[٨٢].

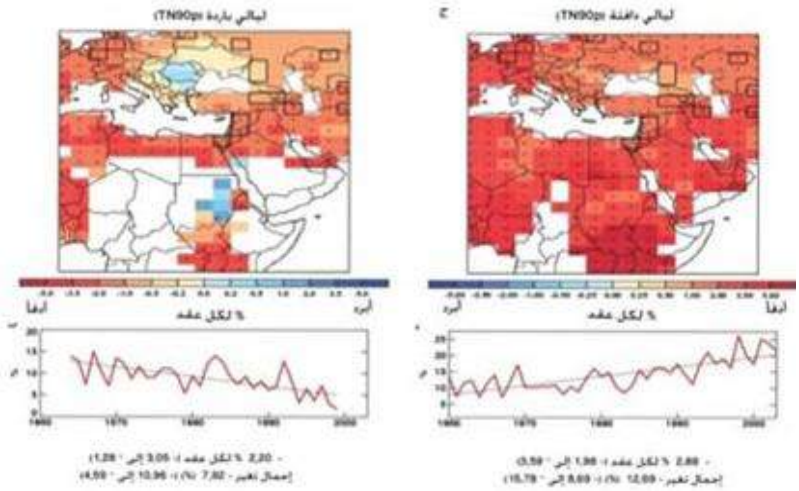
---

[٨٠] CRUTEM3 هو مجموعة من البيانات الشبكية للتغيرات فى درجات الحرارة العالمية التاريخية لسطح الأرض .وهى متاحة لكل شهر منذ يناير عام ١٨٥٠ ، وهذه المجموعة من البيانات نتاج التعاون المشترك بين مركز هادلي وحدة أبحاث المناخ في جامعة إيست أنجليا. وتتألف مجموعة البيانات CRUTEM3 مما يزيد على ٤٠٠٠ تسجيل من محطات قياس الطقس حول العالم. وقد احتسبت متوسطاتها جميعا لإنشاء مجالات شبكية gridded fields مساحتها ٥ o x ٥ o بدون استيفاء interpolation من المربعات الشبكية grid boxes التي لا تحتوي على محطات. وقد تم حساب المتوسطات الموسمية عن كل مربع شبكي للفترة من ١٩٦٠ إلى ٢٠١٠، وتم التوفيق بين الاتجاهات الخطية باستخدام متوسط المنحنيات المتزاوجة median of pair-wise slopes. (http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/crutem٣/)

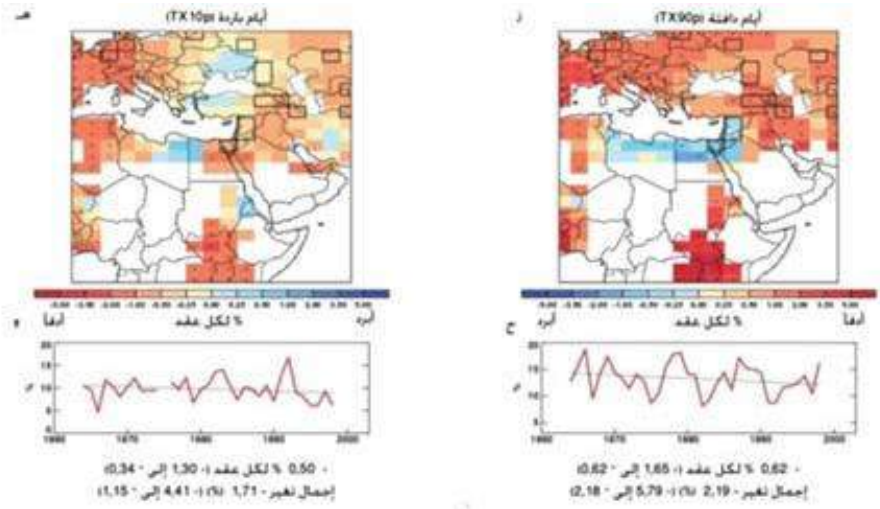
[81] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.

[82] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.

وتشير درجات الحرارة الليلية (الدرجات الصغرى اليومية) إلى تحول إيجابي واسع النطاق في التوزيع، يصحبه انخفاض في الليالى الباردة وزيادة في الليالى الدافئة. كما تشير المتوسطات الإقليمية إلى إشارات ذات معامل ثقة مرتفع لانخفاض الليالى الباردة وزيادة الليالى الدافئة. أما درجات الحرارة النهارية (الدرجات العظمى اليومية) فتشير إلى دلائل مختلطة تفتقر إلى الثبات الإقليمي[٨٣].



شكل (١-٣٣) التغير في الليالى الباردة (أ، ب) والليالى الدافئة (ج، د) في مصر خلال الفترة من ١٩٦٠- ٢٠٠٣ بالنسبة للفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠ من مجموعة بيانات HadEX[٨٤].

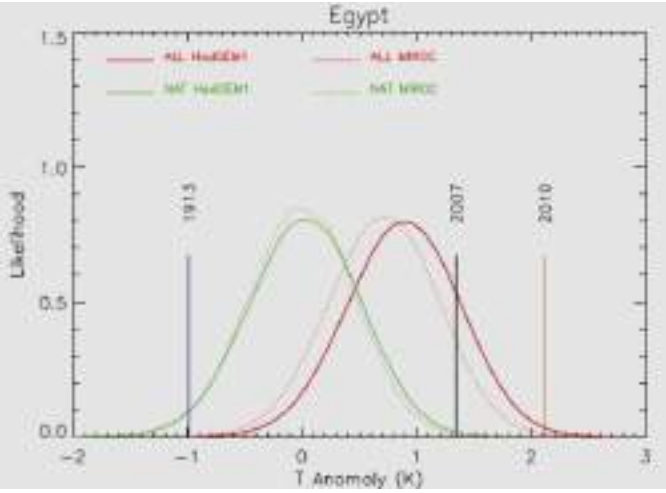


شكل (١-٣٤) التغير في الأيام الباردة (أ، ب) والأيام الدافئة (ج، د) في مصر خلال الفترة من ١٩٦٠- ٢٠٠٣ بالنسبة للفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠ من مجموعة بيانات HadEX[٨٥].

[٨٣] HADEX: مجموعة من البيانات المناخية ، تتكون من ٢٧ مؤشراً خاصة بفريق الخبراء المعني بكشف تغيرات المناخ ومؤشراته ETCCDI محتسبة من بيانات المحطات التي يتم التوفيق فيما بينها بعد ذلك وتقسيمها في صورة مربعات شبكية مساحة كل منها ٢،٥ ^{o} x ٣،٧٥ ^{o}، ويتم اختيارها بحيث تتلاءم مع المخرجات الناتجة عن تشكيلة النماذج الخاصة بمركز هادلي. ولتحديث مجموعات البيانات حتى اليوم، يتم حساب المؤشرات من بيانات المحطات الفردية باستخدام البرنامج الحاسوبي RClimDex / FClimDex، الذي يقوم بتطويره وصيانته فرع البحوث المناخية التابع لجهاز الأرصاد الكندي بالنيابة عن فريق الخبراء المعني بكشف تغيرات المناخ ومؤشراته. http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadex/

[84] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.

وبدراسة توزيعات لمتوسط درجة الحرارة الإقليمي الصيفي في السنوات الأخيرة في وجود المؤثرات البشرية المنشأة وفي غيابها ،شكل (١-٣٥)، تشير التحليلات الخاصة بكل من النموذجين إلى أن التأثيرات البشرية على المناخ قد تسببت في تغيير توزيع درجات الحرارة إلى درجات أعلى . ومنه يتضح أن صيف عام ٢٠٠٧ كان صيفاً ذو حرارة مرتفعة ، حيث يقع على المنحنى الذى يمثل توزيعات درجة الحرارة للمناخ المتأثر بالمؤثرات البشرية المنشأ (التوزيعات الحمراء) ، ولكنه لم يكن بنفس درجة الشدة التي كان عليها صيف عام ٢٠١٠، الذي كان هو الأكثر حرارة منذ عام ١٩٠٠ بحسب مجموعة بيانات وحدة البحوث المناخية CRUTEM3.



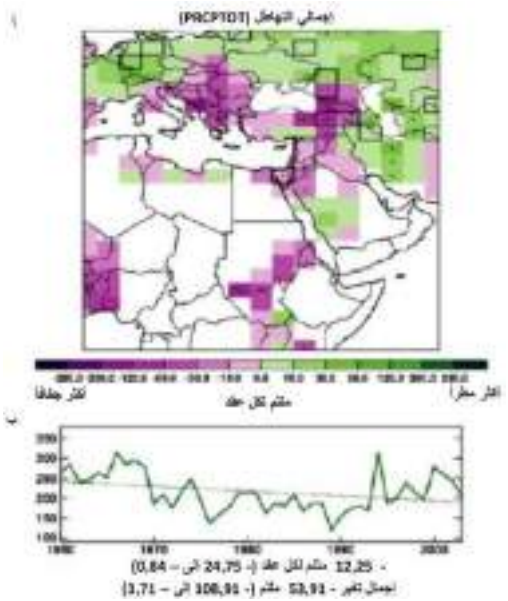
شكل (١-٣٥) توزيعات انحرافات متوسط درجة الحرارة لأشهر يونيو ويوليو وأغسطس (في الفترة ٢٠٠٠ – ٢٠٠٩ بالنسبة للفترة ١٩٦١ – ١٩٩٠) محتسبة على منطقة مُركزة على مصر (١٨ – ٤٠ شرقاً، ١٥ –٣٥ شمالاً).

يتضمن شكل (١-٣٥) (خطوط حمراء) تمثل تغير المناخ المتأثر بالمؤثرات البشرية (الخطوط الخضراء) تستبعد المؤثرات البشرية . وتعتمد على التحليلات مع نماذج HadGEM1 (الخطوط السادة) ونماذج MIROC (الخطوط المنقوطة). ويشير الخط الأسود الرأسي إلى الانحراف الملاحظ عام ٢٠٠٧، بينما تشير الخطوط الرأسية البرتقالية والزرقاء إلى الانحراف الأكبر والأصغر في مجموعة بيانات وحدة البحوث المناخية CRUTEM3 منذ ١٩٠٠ على التوالي [٨٦].

[85] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.
[86] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.

وبالنسبة للأمطار ، فتشير الأبحاث السابقة إلى دلائل تفيد أن شدة وتواتر السيول العارمة على مصر قد زادت بالفعل في الأعوام الأخيرة . وارتباطاً بهذه التغيرات وبالاتجاهات المسيطرة على الضغط الجوي، يلاحظ أن قد تم تسجيل زيادة في شدة وتواتر العواصف الرملية والغبار(الجهاز المصري لشؤون البيئة – وزارة الدولة لشؤون البيئة، ٢٠١٠).

ويبلغ معدل التغير فى نسبة هطول المطر – ٢,٢٥ مم / عقد (– ٢٤,٧٥ : – ٠,٨٤ مم /عقد)، كما يبلغ إجمالى التغير –٥٣,٩١مم (– ١٠٨,٩١ : – ٣,٧١ مم) فى الفترة بين ١٩٦٠ إلى ٢٠٠٣ ، شكل (١–٣٦) . و برغم التقدم المحرز حديثاً ، لا يتوافر تحليل منتظم مستند إلى مشاهدات للعواصف لأنه لا تزال البيانات حول العواصف غير كافية لإجراء تحليل سليم على المستوى العالمي. تتعرض مصر لرياح قوية (تعرف باسم رياح الخماسين) وعواصف رملية عادة في الفترة من شهر فبراير إلى إبريل .



شكل (١–٣٦) إجمالى التهاطل السنوي على مصر خلال الفترة من ١٩٦٠ إلى ٢٠٠٣ بالنسبة للفترة ١٩٦١ – ١٩٩٠ من مجموعة البيانات HadEX [٨٧].

ومن الظواهر التى حدثت فى إبريل ٢٠٠٧، هبت عاصفة رملية مصحوبة برياح الخماسين على مصر في ١٧ أبريل، وهي الظاهرة التي وصفت بأنها أسوأ عاصفة تضرب البلاد خلال الثلاثين عاماً الماضية، حيث بلغت سرعة الرياح ١٧ م/ث، بينما وصلت درجة الحرارة إلى ٣٦ درجة مئوية، وهي ما كانت تزيد عن درجة الحرارة الطبيعية بـ ٨ درجات. وانخفضت القدرة على الرؤية الأفقية إلى ١٠٠ متر مما تسبب في إغلاق منظومة وسائل النقل بأكملها لمدة يوم ونصف[٨٨].

[87] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.
[88] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.

(١-٣-٢) سيناريوهات التغير المناخى فى مصر :

ضم مشروع التنمية والتغير المناخى Development and Climate Change Project التابع لمنظمة التعاون الإقتصادى والتنمية "OECD" [٨٩] والذى أشرف علىه بصورة مشتركة من قبل فريق " WPGSP "[٩٠]من مديرية البيئة "Environet" [٩١] عام ٢٠٠٤ تقرير دراسة حالة متكاملة لمصر التي تنفذ في إطار مشروع OECD على التنمية وتغير المناخ ويتضمن هذا التقرير توجهات المناخ والسيناريوهات المتوقعة للتغيّر المناخى فى مصر . وفي هذا التقرير جرى تقييم درجات الحرارة وهطول المطر على مصر على أساس أكثر من اثني عشر[٩٢] GCMs لإصدارات حديثة لـ MAGICC/SCENGEN[٩٣] ، وكان الناتج ١٧ نموذج منذ ١٩٩٥ تم اختبارها وتم إختيار ٨ نماذج منها لمحاكاة المناخ ،وقد استخدمت هذه النماذج السيناريو B١ من سيناريوهات التقرير الخاص SERS٢٠٠٠ لهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC [٩٤].

وفي إبريل ٢٠٠١، طلب وزير الدولة البريطاني لشئون الطاقة وتغير المناخ من مركز هادلي التابع لهيئة الأرصاد البريطانية جمع معلومات سليمة وحيادية حول الآثار المادية المترتبة على تغير المناخ عما يزيد على ٢٠ بلد. وعليه، قام المركز بتلبية هذا الطلب واستخدم في ذلك مجموعة متسقة من السيناريوهات، واعتُبِرت هذه المبادرة نموذجاً إرشادياً يمهد الطريق لدراسة أشمل عن تأثيرات المناخ. ومن ثم، تم إعداد تقرير حول المشاهدات والإسقاطات والآثار المرتبطة بتغير المناخ عن كل بلد. وتوفر هذه التقارير معارف ومعلومات حديثة حول الكيفية التي تغير بها المناخ بالفعل والعواقب المحتملة من التغيرات المستقبلية، كما إنها تمثل امتداداً للتقارير التي نشرتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC وللدراسات الأكثر تفصيلاً حول تغير المناخ وآثاره . و إستجابة لأحد الأنشطة المقترحة للفريق العامل المعني بوضع النماذج المزدوجة WGCM التابعة للبرنامج العالمي لبحوث المناخ (WCRP's)[٩٥]، تطوع برنامج تصميم ومقارنة النماذج المناخية (PCMD)[٩٦] للقيام بجمع مخرجات النماذج التي أسهمت بها المراكز الرائدة في إعداد النماذج حول العالم. فتم جمع مخرجات النماذج المناخية الناتجة عن أعمال المحاكاة المناخية في الماضي والحاضر والمستقبل والتي أجراها برنامج تصميم ومقارنة النماذج المناخية

---

89 (OCED) Organization for Economic Co-operation and Development.

90 (WPGSP) The Working Party on Global and Structural Policies of the Environment Directorate.

91 (Environet) The Network on Environment and Development Co-operation of the Development Co-operation Directorate.

٩٢ "GCM" يعرف بنموذج المناخ العالمي، ويصف سلوك المناخ من خلال دمج مجموعة متنوعة من معادلات ديناميكية السوائل، كيميائية أو حتى البيولوجية.

٩٣ MAGICC هو نموذج مناخي بسيط أن يحسب متوسط درجة حرارة الهواء السطحي العالمي وارتفاع مستوى سطح البحر لسيناريوهات انبعاثات غازات الدفيئة و ثاني أكسيد الكبريت ، SCENGEN هو قاعدة بيانات الذي يحتوي على نتائج عدد كبير من تجارب GCM.

94 OECD,REPORT , 2004 , DEVELOPMENT AND CLIMATE CHANGE IN EGYPT .

95 http://www.wcrp-climate.org

96 http://www-pcmdi.llnl.gov

في الأغلب خلال عامي ٢٠٠٥ و٢٠٠٦. وتمثل البيانات نتيجة هذه العملية المرحلة الثالثة من مشروع مقارنة النماذج المزدوجة CMIP3. ويعرف هذا المزيج غير المسبوق لمخرجات النماذج الحديثة بمجموعة البيانات المتعددة النماذج الخاصة بـ CMIP3 . ونظراً لأنها لا تزال أكثر مجموعات الإسقاطات المتاحة استخداماً ، استخدمت الآثار المناخية مخرجات مجموعة نماذج CMIP3 الخاصة بدرجات الحرارة والتهاطل في إطار سيناريو الانبعاثات A1B لمصر والمنطقة المحيطة .[٩٧]

(١-٣-٣-١) التغير في درجات الحرارة في مصر :

بالنسبة لنتائج تحليلات MAGICC/SCENGEN التى استخدمت سيناريو B1 لتوقعات التغير المناخى فى مصر وتتلخص توقعات النماذج لمتوسط التغير فى درجات الحرارة فى مصر فى الجدول (١-١) :

العام	متوسط التغير فى درجات الحرارة		
	سنوى	الشتاء (DJF)	الصيف (JJA)
٢٠٣٠	١,٠° س	٠,٨° س	١,١° س
٢٠٥٠	١,٤° س	١,٢° س	١,٧° س
٢١٠٠	٢,٤° س	٢,١° س	٢,٩° س

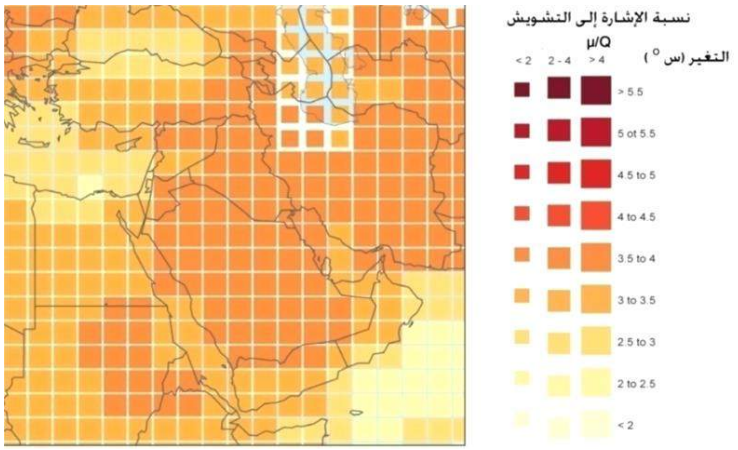
جدول (١-١) توقعات النماذج لمتوسط التغير فى درجات الحرارة فى مصر[٩٨].

وقد أشارت نماذج GCM إلى الزيادة المستمرة فى درجات الحرارة بمصر ، ويزيد معدل الاحترار بفصل الصيف عنه فى فصل الشتاء . حيث يتراوح متوسط الارتفاع فى درجات الحرارة السنوى من ١ : ٢,٤ ° س ، ويتراوح بين ٠,٨ : ٢,١ ° س شتاءا و بين ١,١ : ٢,٩ ° س صيفا[٩٩].

أما تقرير مركز هادلى التابع لهيئة الأرصاد البريطانية ، يعرض نسبة التغير في متوسط درجات الحرارة السنوي بحلول عام ٢١٠٠ بالنسبة للفترة ١٩٦٠ – ١٩٩٠، التي يحتسب متوسطها في ٢١ نموذجاً من نماذج CMIP3 مستخدما السيناريو A1B، حيث تتوقع جميع النماذج في مجموعة أعمال المحاكاة الخاصة بـ CMIP3 ارتفاع درجات الحرارة في المستقبل، شكل(١-٣٧).

[97] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.
[98] OECD,REPORT , 2004 , DEVELOPMENT AND CLIMATE CHANGE IN EGYPT .
[99] OECD,REPORT , 2004 , DEVELOPMENT AND CLIMATE CHANGE IN EGYPT .

وتتراوح الارتفاعات في درجات الحرارة المتوقعة على مصر بين ٣ و٥,٣ ° س ، مع استمرار التوافق بين النماذج الخاصة بمنطقة الشرق الأوسط بوجه عام . ولكن يشير مقاس كل بيكسل إلى مدى توافق النماذج من حيث حجم الارتفاع فى درجات الحرارة [١٠٠] .



شكل (١-٣٧) نسبة التغير في متوسط درجات الحرارة السنوي بحلول عام ٢١٠٠ بالنسبة للفترة ١٩٦٠ - ١٩٩٠[١٠١].

(١-٣-٣-٢) التغير في معدل هطول الأمطار في مصر:

جاءت نتائج تحليلات MAGICC/SCENGEN التى استخدمت سيناريو B١ لتوقعات التغير المناخى فى مصر لتتوقع الانخفاض فى معدل هطول الأمطار فى مصر فى الشتاء تلغى الزيادة فى فصل الصيف [١٠٢].

العام	متوسط التغير فى معدل هطول الأمطار		
	سنوى	الشتاء (DJF)	الصيف (JJA)
٢٠٣٠	٥,٢-	٨,٩-	١٠,٧
٢٠٥٠	٧,٦-	١٢,٨-	١٥,٤
٢١٠٠	١٣,٢-	٢٢,٣-	٢٦,٩

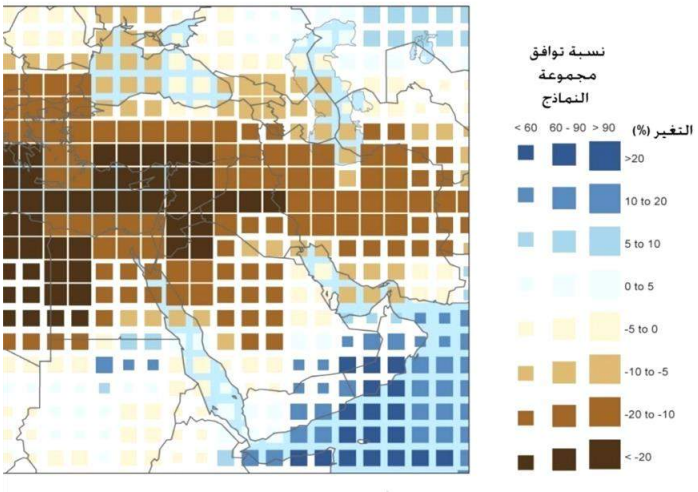
جدول (١-٢) معدل هطول الأمطار فى مصر [١٠٣].

أما تقرير مركز هادلى التابع لهيئة الأرصاد البريطانية، فعلى عكس درجات الحرارة، تختلف النماذج أحياناً حول ما إذا كان التهاطل في تزايد أم في تناقص على منطقة ما، وبالتالى في هذه

[100] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.
[101] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.
[102] OECD,REPORT , 2004 , DEVELOPMENT AND CLIMATE CHANGE IN EGYPT .
[103] OECD,REPORT , 2004 , DEVELOPMENT AND CLIMATE CHANGE IN EGYPT

الحالة يشير مقاس كل بيكسل إلى النسبة المئوية للنماذج داخل مجموعة النماذج الواحدة التي تتفق على دلائل التغير في معدل هطول المطر.

ومن المتوقع أن تشهد مصر بصورة أساسية انخفاضات في التهاطل، مشتركة في ذلك مع مناطق حوض البحر المتوسط وأغلب مناطق الشرق الأوسط، كما يُتوقع أن تتجاوز الانخفاضات ٢٠% في غرب البلاد، مع توافق كبير في مجموعة النماذج، مع إسقاطات بحدوث تغيرات أقل على المناطق الجنوب الشرقي للبلاد. وتتراوح التغيرات من −٥ إلى −٢٠ لمعدل هطول الأمطار تبعاً للسيناريو B١A ، شكل (١−٣٨)[١٠٤].



شكل (١−٣٨) الانخفاضات المتوقعة فى معدل هطول الأمطار [١٠٥].

[104] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.

[105] The UK's Met Office Hadley Centre report, 2011, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.

(١-٤) التغير المناخى والبيئة المشيّدة :

تتلخص سيناريوهات تغيّر المناخ المستقبلية وآثارها ، فيما يلى[١٠٦]:

- احتمالية ارتفاع متوسط درجات الحرارة من ١,٨° : ٤° س .
- من المرجح الزيادة فى الموجات الحارة.
- احتمالية زيادة شدة العواصف المدارية .
- مستوى سطح البحر في الارتفاع على الأرجح من ٢٨ حتي ٤٣ سم .
- إختفاء الجليد البحري فى القطب الشمالى في الصيف في النصف الثاني من القرن.

وكنتيجة لهذه التغيّرات المناخية ، هناك مجموعة كبيرة من الآثار التى تعطي مؤشرا على مدى تأثير تغير المناخ على حياة الأفراد داخل المبانى في جميع أنحاء العالم ، لما لها من تأثير مباشر على المبانى ليس فقط من حيث الشعور بالراحة داخلها بل أيضاً على صحة الإنسان.

حيث أكدت دراسة من قِبل العلماء في منظمة الصحة العالمية (WHO) في عام ٢٠٠٣ أن هناك ١٦٠,٠٠٠ شخص يموتون بسبب الآثار الجانبية لظاهرة الإحتباس الحرارى وهي [١٠٧] :

- الإجهاد الحرارى :

عدم توافر الراحة الحرارية لمستخدمى المبانى يؤثر على حالتهم الصحية ، يؤثر على معدل إنتاجية الأفراد أيضاً، نظرا لتصميمات المبانى الغير متوافقة مع البيئة والتى تزيد المناخ الداخلى للمبنى سوءا .

- إزدياد معدل تلوث الهواء :

يؤثر تلوث الهواء على جودة الهواء الداخلى ، فهو يمثل بالفعل مشكلة صحية متزايدة في العديد من المدن، وسيزداد سوءا في المناطق الحضرية الكبيرة في ظل ظروف تغير المناخ .

ولمَا كانت البيئة المبنية من أهم مسببات ظاهرة الإحتباس الحرارى التى تؤدى بدورها إلى التغير المناخى ، فلابد لها من أن تتأثر هى الأخرى بالتغير المناخى وآثاره المختلفة .

و السؤال الذى يطرح نفسه هنا ،ما هو تأثير التغيّر المناخى وما يتبعه من آثار على البيئة المبنية ؟ وسوف يناقش هذا الفصل تأثير المناخ على الراحة الحرارية لشاغلى المبانى وجودة الهواء الداخلى وكيف يمكن أن يتغير هذا التأثير بتغير المناخ وما يتبع ذلك من تأثير على صحة الإنسان .

---

[١٠٦] التقرير التقييمى الرابع ٢٠٠٧ للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC.

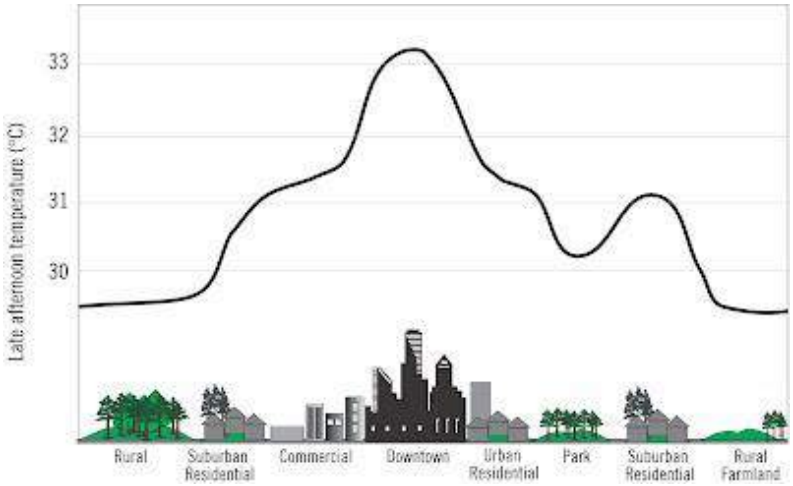
[107] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

(١-٤-١) آثار تغير المناخ على البيئة المشيَّدة :

قد تكون آثار التغير المناخى على البيئة المبنية مباشرة أو غير مباشرة ، يمكن أن تكون الآثار المباشرة، على سبيل المثال. من خلال البيوت التي فقدت بسبب ارتفاع منسوب المياه والفيضانات. أما الآثار غير المباشرة تتضح من خلال التغيرات في إمدادات المياه والإنتاجية الزراعية والهجرة البشرية نتيجة عدم ملائمة الظروف البيئية للحياة . فالبشر لديهم نتائج معينة للتمثيل الغذائى من الراحة الحرارية والإجهاد الحرارى ، ففى المناطق الصحراوية ارتفاع بسيط فى درجات الحرارة قد يجعل الظروف المناخية داخل المبانى شديدة الحرارة على التواجد فيها ، مما يجبر شاغلى المبنى على اللجوء إلى استخدام أجهزة التكييف أو الوسائل المختلفه للحماية من أشعة الشمس وإن لم يستطيعوا ذلك ينتقلون إلى مكان آخر أكثر برودة [١٠٨] .

وبالإضافة إلى الارتفاع المتوقع لمتوسط درجات الحرارة للقرن القادم (١ : ٦ ° س) و الذى يعد أكبر معدل للإحترار يحدث فى مناطق خطوط العرض العليا ، هناك إعتبار آخر من شأنه أن يجعل المناخ في المستقبل أسوأ إلى حد كبير فى المناطق الحضرية، وهو تأثير الجزر الحرارية.

فتأثير الجزر الحرارية يجعل من مراكز المناطق ذو الكثافة البنائية العالية أكثر دفئا من المناطق النائية. والجزر الحرارية متغيرة ، فهى تزداد حدة فى الليل وتضعف مع الزيادة فى شدة الرياح والبعد عن مركز المدينة [١٠٩] ، شكل(١-٣٩) .



شكل (١-٣٩) تأثير الجزر الحرارية فى الأماكن الحضرية [١١٠].

[108] Susan Roaf , School of Architecture, Oxford Brookes University,2011, Designing for Climate Change.
[109] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK.
[110] http://www.urbanheatislands.com/

وتمثل وسائل تكييف الهواء، التدفئة الصناعية ، الطبخ و العمليات الصناعية مصدرا إضافيا لإنتاج الحرارة بالمدن والتى تتسبب فى تغيرات إسبوعية واضحة فى شدة الجزر الحرارية. ويزيد معدل تلوث الهواء خلال موجات الحر وذلك لأن ارتفاع درجات الحرارة والإشعاع الشمسي يعمل على تحفيز إنتاج الضباب الدخاني الفوتوكيميائى وكذلك المركبات العضوية المتطايرة الناتجة عن بعض النباتات[١١١] . مما سبق يتضح أن الآثار المختلفة للتحضر والاحترار العالمى تعمل على زيادة شدة الجزر الحرارية ويزيد من خطر تعرض المواطنين لعدم الراحة الحرارية وما يترتب علىه من مخاطر صحية ، بالإضافة إلى زيادة استهلاك الطاقة اللازمة للتبريد، وما يتبع ذلك من انخفاض جودة الهواء الداخلى بالمبنى وبالتالى تتأثر صحة شاغليه .

(١-٤-٢) تأثير التغيّر المناخى على المبانى :

يؤثر التغيّر المناخى على المحيط البيئى للمبانى والذى يؤثر بدوره على البيئة الداخلية للمبانى. وتعد جودة البيئة الداخلية للمبنى عنصرا مهما حيث أنها تؤثر على الإنسان بشكل مباشر، فالتغير المناخى مع سوء تصميم المبنى يؤثر بشكل سلبى على صحة شاغلى تلك المبانى.

ونظرا لأهمية تأثير التغيّر المناخى على البيئة الداخلية للمبانى ، كلفت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة (EPA) معهد الطب ، بتكوين لجنة من الخبراء لتحديد الحقائق العلمية لآثار التغير المناخى على البيئة الداخلية للمبانى من حيث جودة الهواء الداخلى والصحة العامة لشاغلى المبانى ، وحددت اللجنة خمسة أنواع رئيسية من المشاكل البيئية داخل المبانى الناجمة عن تغيّر المناخ والتى تتلخص فى الآتى [١١٢] :

أ-الإجهاد الحرارى " Thermal stress " .

ب-جودة الهواء الداخلى " Indoor air quality" .

ج-الرطوبة .

د-الآفات ،الحشرات وعوامل العدوى.

هـ- معدل استهلاك الطاقة .

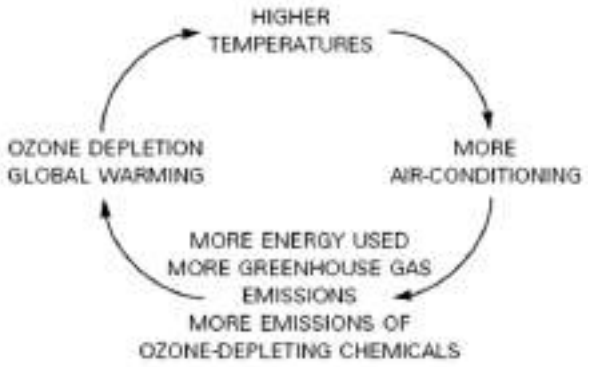
---

[111] R.L. WILBY, 2007, Review of Climate Change Impacts on the Built Environment.

[112] Institute of Medicine of the National academies , REPORT BRIEF JUNE 2011, Climate Change, the Indoor Environment, and Health

وقد استخلصت اللجنة أن للتغيّر المناخى تأثير كبير على جودة البيئة الداخلية للمبانى ، بطريقة تستدعى الإهتمام والعمل على التصدى لهذا التأثير .فسوء البيئة الداخلية للمبنى يؤثر على صحة شاغلى المبنى، و تؤثر على قدرتهم على التعلم والعمل . كما تؤثر على الإقتصاد نتيجة تكلف الدول أموال طائلة سنويا لتفاقم الأمراض وقلة الإنتاجية [١١٣] .

فى حين أنه من المهم تجنب الظروف الخطرة داخل المبانى ، إلا أنه أيضاً من المهم تجنب عدم الشعور بالراحة . فإذا كان الأشخاص يشعرون بالراحة أو بعدم الراحة أو حتى كانوا فى خطر فهذا كله يعتمد على جودة تصميم المبنى الذى يشغلونه[١١٤] . ولقد أصبح رد الفعل المعمارى المعتاد لمواجهة التغيرات المناخية ، ليس بذل الجهود لجعل المبنى يوفر أفضل مأوى من تلك التغيرات ، ولكنه يتمثل فى استخدام أجهزة التكييف التي هي عنصر أساسي في هذه الحلقة المفرغة التي تتسبب فى ظاهرة الإحتباس الحراري ، حيث أنها من أكبر مصادر انبعاثات غازات الدفيئة وبزيادة درجة الحرارة الناتجة عن التغيّر المناخي يزداد استخدام اجهزة التكييف وهكذا تستمر الحلقة ، شكل (١-٤٠) [١١٥] .



شكل (١-٤٠) تأثير استخدام أجهزة التكييف على ارتفاع درجات الحرارة [١١٦] .

[113] Institute of Medicine of the National academies , REPORT BRIEF JUNE 2011, Climate Change, the Indoor Environment, and Health

[114] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

[115] Sue Roaf , M. Fuentes, S. Thomas, first edition 2001, Echo House: a Design Guide , Architectural Press ,Oxford.UK

[116] Sue Roaf , M. Fuentes, S. Thomas, first edition 2001, Echo House: a Design Guide , Architectural Press ,Oxford.UK

(١-٤-٣) تأثير التغيّر المناخى على الراحة الحرارية :

إن الحرارة والبرد الشديدة تُحدث العديد من الآثار السلبية على الصحة. و ارتفاع الرطوبة النسبية يؤدي إلى تفاقم هذه الآثار في الظروف المناخيّة الحارة . ويؤدى زيادة تكرار الأحداث الجوية المتطرفة فى تكرار إنقطاع التيار الكهربائي والذى يعرض الأشخاص لظروف يحتمل أن تكون خطرة داخل المبانى . كبار السن، المرضى ، والفقراء، وأولئك الذين يعيشون في المدن هم أكثر عرضة لكلا من الارتفاعات القصوى فى درجات الحرارة والآثار المترتبة عليها . وهؤلاء الأشخاص يعانون من تلك الارتفاعات فى درجات الحرارة بشكل خاص داخل المبانى[١١٧] . لذا فالراحة الحرارية داخل المبانى لها أهمية قصوى فى التصميم خاصة فى وقت يواجه فيه العالم بأكمله خطر التغير المناخى .

أ- مفهوم الراحة الحرارية وأهميتها فى المبانى :

الراحة الحرارية للإنسان كما تعرِفها ASHRAE 55-74 standard : " أنها هى الحالة الذهنية التى تعبر عن الرضا عن البيئة الحرارية " ، وتعرّف منطقة الراحة بأنها مجموعة من الظروف المناخية التى لن يشعر غالبية الناس بالإنزعاج الحراري فى وجودها ، سواء فى الحرارة أو البرودة، و تتلخص أهمية توفير الراحة الحرارية فى تصميم المبانى فى ثلاث أسباب [١١٨]:

- الراحة وخاصة الراحة الحرارية جانب هام من رضا المستخدمين .
- درجة حرارة الفراغات الداخلية للمبنى عامل مهم في تحديد كمية الطاقة المستهلكة.
- إذا فشل مبنى فى توفير الراحة ، يقوم شاغلي المبنى بإتخاذ إجراءات لتوفيرها . وهذه الإجراءات عادة ما تنطوي على الزيادة فى استهلاك الطاقة .

ولكى يشعر الإنسان بالراحة ويحافظ على صحته ، لابد أن تبقى درجة حرارة الجسم الداخلية ثابتة عند ٣٧ ° س تقريبا ، ولكى يتم ذلك لابد ان يكون مجموع كمية الحرارة المنتجة بواسطة الجسم تعادل مجموع كمية الحرارة المفقودة منه .

وهو ما تعبر عنه معادلة الاتزان الحرارى [١١٩]:

$$M - W = Ev + Ra + K + Co + Re + S\ (Wm^{-2})$$

---

[117] Institute of Medicine of the National academies , REPORT BRIEF 2011, Climate Change, the Indoor Environment, and Health, Washington, USA

[118] Ali Sayigh, A. Hamid Marafia , chapter 1, ARCHITECTURE:COMFORT AND ENERGY, First Edition, 1988, ELSEVIER SCIENCE Ltd, Oxford, UK

[119] Ali Sayigh, A. Hamid Marafia , chapter 1, ARCHITECTURE:COMFORT AND ENERGY, First Edition, 1988, ELSEVIER SCIENCE Ltd, Oxford, UK

M : معدل الحرارة المنتجة عن عملية الأيض ، W: الطاقة المستخدمة فى العمل .

Ev: الطاقة المفقودة عن طريق البخر من الجلد. وتعتمد على نسبة الرطوبة فى الهواء وسرعته .

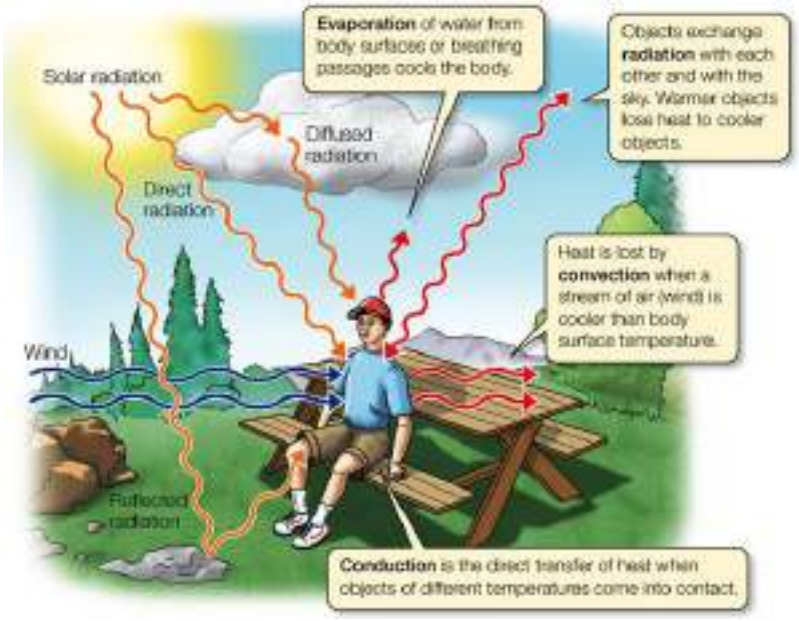
Ra : الطاقة المفقودة بالإشعاع. تعتمد على الفرق في درجة الحرارة بين جسم الإنسان والأسطح المحيطة به.

K : الحرارة المفقودة بالتوصيل عن طريق لمس الأجسام.

Co : الحرارة المفقودة بالحمل. ويعتمد على الاختلاف في درجات الحرارة بين جسم الإنسان والهواء المحيط به، بالإضافة لإعتماده على سرعة الهواء.

Re: الحرارة المفقودة بالتنفس (والفقد جزء منه يكون عن طريق البخر وجزء عن طريق الحمل)

S : الحرارة المختزنة داخل الجسم .



شكل (١-٤١) التبادل الحراري بين جسم الإنسان ومحيطه البيئي[١٢٠].

و يتحكم في تلك العمليات لإنتاج أو فقد الحرارة عوامل مناخية كدرجات الحرارة والرطوبة النسبية وحركة الهواء والإشعاع وعوامل أخرى ترجع للإنسان، كالتأقلم والسن ونوع الجنس وشكل الجسم والدهون المختزنة والحالة الصحية ونوعية النشاط الذي يمارسه والنظام الغذائي. ولأنه من الضرورى للجسم الحفاظ على ثبات حرارته الداخلية ، فإن الجسم يلجأ لبعض الوسائل التى تتحكم فى فقدان أو اكتساب الجسم للحرارة ، وهذه الوسائل ترجع إلى ما يسمى التنظيم الحرارى " Thermoregulation" .

[120] https://www.pinterest.com/pin//٨٠٢٢١٠٥٥٦٢٠٥٤٤٣٢

وفى حالة عدم توفر الراحة الحرارية يتم إجراء التنظيم الحرارى السلوكى . وعدم الراحة الحرارية تنشأ نتيجة التغير فى درجة الحرارة المحيطة بالإنسان إلى جانب المعلومات من الإحساس الحرارى للجلد التي تشير إلى إختلال التوازن الحراري للجسم " مثال الانتقال إلى غرفة باردة " .
و يتفاعل شاغلو المبنى مع البيئة الحرارية على ثلاث مستويات[١٢١]:

- من خلال التغيرات الفسيولوجية اللاإرادية : التعرق، الارتعاش ، توتر العضلات وتغيرات في تدفق الدم.
- من خلال الاستجابات السلوكية الواعية كإضافة أو إزالة الملابس، أو شبه واعية مثل تغيير وضعية الجسم أو الانتقال إلى مكان أكثر راحة.
- استخدام عناصر التحكم التي يوفرها المبنى الذى يشغلونه ، فبعضهم من دون استخدام الطاقة يقوم بفتح الشبابيك أو الاستفادة من الستائر ، والبعض الآخر يستخدم وسائل التحكم الميكانيكية كالمراوح ، وأجهزة تدفئة أو تبريد الهواء.

ب- <u>تأثير المناخ على الراحة الحرارية داخل المبانى :</u>

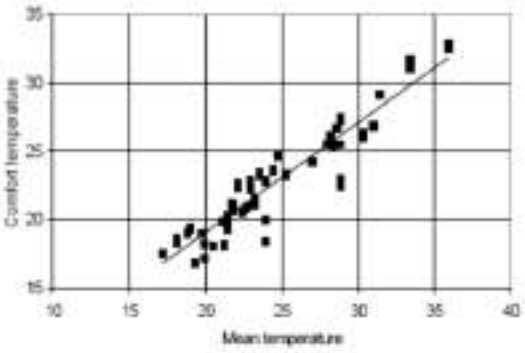
من خلال بعض الدراسات التى أجريت على الراحة الحرارية ، وجد أن للمناخ تأثير شامل على الثقافة وردود الفعل الحرارية لأى مجموعة من الأشخاص وأيضاً على تصميم المبانى التى يشغلونها ، وهو يمثل العامل الأساسى والمتغير الذى يؤثر على الراحة الحرارية . وفي حين أن الآليات الأساسية لتفاعل الإنسان مع البيئة الحرارية قد لا تتغير مع المناخ ، إلا أنه هناك مجموعة من الأساليب التفصيلية لكيفية تأثر البشر بالمناخ الذى يعيشون فيه والتى لها دورا تراكمياً فى كيفية استجابتهم مع المناخ الداخلى للمبنى . والعامل المؤثر الثانى هو المبنى ، نوعيته وخدماته. أما العامل الثالث فهو الزمن ، ففى البيئات المختلفة والتى من شأنها أن تحدث فى معظم المبانى يتفاعل شاغلى المبنى بالتغيرات فى البيئة ، حيث تجعلهم هذه التغيرات يتخذوا إجراءات من شأنها جعل البيئة المحيطه ملائمة لهم أو يقوموا بالتغيير من أنفسهم لملائمة المناخ، وهذا يعنى أن درجة حرارة الراحة تتغير باستمرار. ويعد مدى هذه التغيرات والمعدل الذي ستحدث به ، هو أحد الاعتبارات الهامة إذا كانت شروط الراحة محددة بشكل صحيح[١٢٢].
من الدراسات التى أجراها "Humphreys" عام ١٩٧٣م وأكدها عام ١٩٧٦ م ، وجد أن الراحة الحرارية تتأثر بشكل قوى بدرجة حرارة المناخ الداخلى للمبنى، شكل (١-٤٢) [١٢٣].

---

[121] Ali Sayigh, A. Hamid Marafia , chapter 1, ARCHITECTURE:COMFORT AND ENERGY, First Edition, 1988, Elsevier science Ltd, Oxford, UK

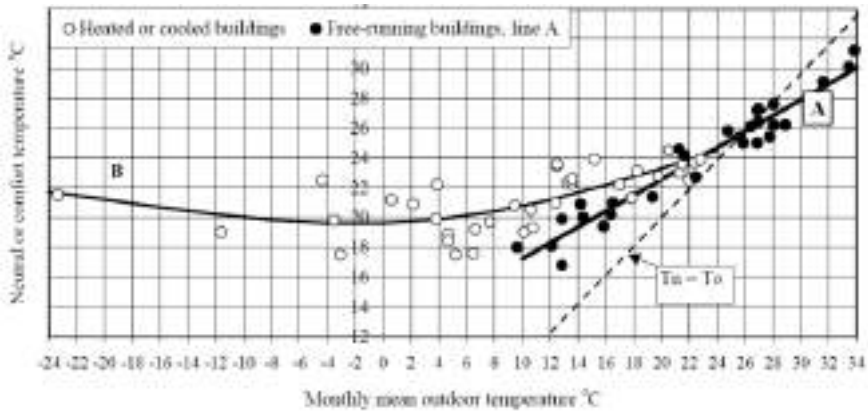
[122] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

[123] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK



شكل (١-٤٢) علاقة درجة حرارة الراحة الحرارية بمتوسط درجة الحرارة داخل المبنى من خلال عدد من الدراسات الاستقصائية التي أجريت في جميع أنحاء العالم[١٢٤] .

وفى عام ١٩٧٨ م أخذ "Humphreys" درجات حرارة الراحة داخل المبانى التى تم تحديدها من خلال عدد من الدراسات الاستقصائية التي أجريت في جميع أنحاء العالم ، وقام برسم العلاقة بين درجة حرارة الراحة داخل المبنى بالنسبة لمتوسط درجات الحرارة الشهرية للمناخ الخارجى . وقد وجد فرق واضح بين شاغلى المبانى الذاتية التشغيل "Free-Running Buildings"[١٢٥] وبين شاغلى المبانى التى تعتمد على الوسائل الميكانيكية فى التبريد والتدفئة شكل (١-٤٣) ، فالعلاقة فى حالة المبانى التى تعتمد على الوسائل الطبيعية علاقة طردية أما العلاقة فى حالة المبانى التى تعتمد على الوسائل الميكانيكية كانت معقدة[١٢٦] .



شكل (١-٤٣) التغير فى درجة حرارة الراحة بالنسبة لمتوسط درجات الحرارة الشهرية للمناخ الخارجى كل نقطة تمثل القيمة المتوسطة لدراسة واحدة[١٢٧] . العلاقة A تعبر عن المبانى التى تعتمد على الوسائل الطبيعية، المنحنى B يعبر عن المبانى التى تستخدم التبريد أو التدفئة الميكانيكية وقت الدراسة .

---

[124] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

[١٢٥] Free-Running Buildings : هى المبانى التى لا يتم تبريدها أو تدفئتها ميكانيكيا .

[126] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

[127] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

ففى المبانى الذاتية التشغيل "Free-Running Buildings" يرتبط المناخ الداخلى للمبنى بالمناخ الخارجى عن طريق غلاف المبنى ، أما عندما يتم التحكم فى البيئة الداخلية للمبنى عن طريق استخدام الوسائل الميكانيكية للتبريد أو التدفئة تتغير العلاقة حيث أن المناخ الداخلى للمبنى تم فصله عن المناخ الخارجى[١٢٨].

أيضاً يعتمد عزل الملابس على درجات حرارة المناخ الخارجى كما هو الحال مع عناصر التحكم بالمبنى ، ثمة أشياء أخرى تتأثر بدرجات الحرارة الخارجية للمبنى كوضعيات الجسد و الطاقة الأيضية التى ينتجها الجسم لأداء نشاط معين. فهى تمثل ردود فعل وسائل تكيف الإنسان مع المناخ والتى تدل على أن درجات الحرارة الخارجية هى المؤثر الرئيسى الذى لابد ان يؤخذ فى الاعتبار لتوفير الراحة الحرارية داخل أى مبنى [١٢٩]. ولكن تلك الدراسات اعتمدت على متوسط درجات الحرارة الشهرية لذلك الوقت الذى أجريت فيه الدراسات ، فى حين أن الطقس يتغير بشكل كبير خلال الشهر وبالتالى التغير فى معدل الراحة الحرارية لشاغلى المبانى لن تكون انعكاسا لمتوسط درجات الحرارة الشهرية فالظروف التى كانت مريحة قد تكون غير مريحة خلال الشهر والعكس بالعكس . فالوسائل التى يتخذها الإنسان للتكيف مع بيئته لتوفير الراحة الحرارية تحتاج وقت لتتحقق ، فهى تتميز بأن معدل تغيرها أسرع من التقلبات التى تحدث بالطقس من فصل إلى فصل ولكنه أطول من التقلبات التى تجرى من دقيقة إلى دقيقة فى مناخ البيئة المحيطة .
ويعد معدل تغير درجة الحرارة القياسى بالنسبة للشعور بالراحة داخل المبنى هو ٠,٦ ° س/ساعة، شرط ألا يتعدى التباين فى درجات الحرارة الشروط اللازمة لتوفر الراحة الحرارية أو يستمر لمدة طويلة [١٣٠].

[128] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK
[129] J. Fergus, Nicol and M. A Humphreys, Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings.
[130] http://courses.washington.edu/me333afe/Comfort_Health.pdf

ج- تأثير التغيّر المناخى على الراحة الحرارية داخل المبانى :

ستظل درجات الحرارة تزداد خلال القرن الـ٢١ حسب سيناريوهات التغير المناخى السابق ذكرها ، ويتأثر المناخ الداخلى للمبنى بالمناخ الخارجى تأثراً واضحاً كما تم إيضاحه فى النقطة السابقة حيث تربطهما علاقة طردية (فى حالة المبانى التى لا تعتمد على التبريد او التدفئة الميكانيكية) فيتغير المناخ الداخلى بتغير المناخ الخارجى . ويقضى الإنسان ٩٠% من حياته داخل البيئة المشيدة ، لذا ينبغي تصميم البيئة الداخلية والتحكم بها بحيث يتم ضمان الراحة الحرارية والصحة لشاغلى المبانى .

و يقع شاغلو المبانى ضحية للتغيّرات المناخية بكل آثارها من ارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها وأيضاً الظروف القصوى من موجات حارة وموجات باردة وغيرها ، حيث تحدث الوفيات بسبب هذه الظروف القصوى للتغيّر المناخى وتتغير هذه الآثار من منطقة إلى أخرى . ويعد أكبر سبب للوفيات من آثار التغير المناخى هو الارتفاع التدريجي أو السريع فى درجات الحرارة . فعلى سبيل المثال ، كانت الموجه الحارة التى ضربت غرب أوروبا عام ٢٠٠٣ سببا فى وفاة ٣٥٠٠٠ شخص خلال ١٠ أيام فى شهر أغسطس . أيضاً لابد أن يؤخذ الانخفاض فى درجات الحرارة فى الاعتبار حيث تعد نسب الوفيات بسبب انخفاض درجات الحرارة أكبر من ارتفاعها بسبب أمراض الجهاز التنفسى فى دول عدة ولكن بنسب متفاوتة [١٣١].

وفيما يلى التأثيرات المختلفة للتغيّر فى درجات الحرارة على صحة الإنسان [١٣٢]:

أولا : تأثير الارتفاع فى درجات الحرارة :

يتميز جسم الإنسان بوجود آليات منظمة للحرارة لمواجهة ارتفاع درجات الحرارة المحيطة حتى حد معين ، فيستطيع الجسم فقدان الحرارة بالإشعاع ، الحمل و البخر عن طريق اتساع الأوعية الدموية بالجلد وزيادة إفراز العرق . ولكن ارتفاع درجات الحرارة يمكن أن يزيد من لزوجة الدم بالجسم . ففى تجربة أجريت على مجموعة من الأشخاص الأصحاء عند تعرضهم لدرجة حرارة ٤١ ° س لمدة ٦ ساعات متواصلة أصيبوا بزيادة عدد الصفائح الدموية وزيادة لزوجة الدم ، ويتفاوت التأثر حسب الحالة الصحية والمرحلة العمرية . وقد يحدث ما يسمى بالإجهاد الحرارى نتيجة أداء التمرينات فى طقس حار وقد تحدث مشاكل صحية أيضاً حتى فى حالة السكون، شكل(١-٤٤).

[131] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

[132] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

يحدث النوع الجهدى من ضربات الحرارة عند بذل مجهود بدنى زائد فى أجواء حارة

شكل (١-٤٤) أعراض الإجهاد الحرارى وأشكاله سواء عند بذل مجهود أو فى حالة السكون[١٣٣].

الظروف القصوى لارتفاع درجات الحرارة والتى تتمثل فى موجات الحر تختلف اختلافا كبيرا في مدى تأثيرها على الصحة ، حيث يختلف تأثيرها تبعاً لمدة حدوثها والفصل التى تحدث فيه من العام ، فموجات الحر التى تحدث فى شهرى يونيو ويوليو تتسبب فى الوفيات أكثر من موجات الحر التى قد تحدث فى الأشهر اللاحقة [١٣٤]. و أظهرت دراسات أجريت بالولايات المتحدة العوامل المؤثرة على معدل الوفيات نتيجة ارتفاع الحرارة ، وتتمثل فى [١٣٥]:

- خصائص الإسكان (مثل نوع المبنى ، الطابق ، مواد البناء والتشطيب و استخدام أجهزة تكييف الهواء).
- الأشخاص الذين يعيشون وحدهم ،عدم ترك المنزل مرة واحدة على الأقل فى اليوم .
- الحرمان أو الفقر .

ويزداد معدل الوفيات نتيجة التأثر بالموجات الحارة فى المدن عنها فى الريف ، وتبعاً لخرائط أعدت فى سانت لويس عام ١٩٦٦ لنسب الوفيات المتأثرة بالموجات الحارة أظهرت زيادة الوفيات فى المدن عنها فى المناطق المحيطة رغم انخفاض الظروف الإجتماعية والإقتصادية فى تلك المناطق المحيطة . وفى شيكاغو أدت الموجة الحارة عام ١٩٥٥ إلى وفاة حوالى ٧٠٠ شخص خاصة فى شققهم بالتجمعات السكنية ، حيث أدت مخاوف المسنين من فتح النوافذ والأبواب إلى وفاتهم بمنازلهم نتيجة عدم وجود تهوية طبيعية تساعد فى التخفيف من ارتفاع درجات الحرارة . فشاغلى المبانى هم أكثر عرضة للإجهاد الحرارى بسبب سوء تصميم مبانيهم .

---

[133] http://www.sehha.com/medical/injuries/HEH3.htm

[134] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

[135] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

ثانيا : تأثير الانخفاض فى درجات الحرارة :

أثبتت معظم الدراسات المرتبطة بانخفاض درجات الحرارة وأمراض الجهاز التنفسى ، أن الجهاز التنفسى للإنسان يتأثر بالظروف المعيشية الرطبة والبكتيريا أكثر من تأثره بانخفاض درجات الحرارة داخل المبانى . وقد تم تحديد العديد من العوامل المصاحبة لفصل الشتاء كمؤشرات خطر لمرض القلب والأوعية الدموية بما في ذلك ارتفاع الكوليسترول فى البلازما ، ضغط الدم وعدد كرات الدم الحمراء والبيضاء ، وهذه التغيرات في تكوين الدم تحدث أيضاً خلال التعرض للبرد الحاد . وقد شملت أحد الدراسات أن التغير الموسمى فى ضغط الدم يتأثر بكلا من درجات الحرارة الخارجية والداخلية للمبنى ، إلا أن درجات الحرارة فى البيئة الداخلية للمبنى لها التأثير الأقوى بسبب سوء العزل والإفتقار إلى وسائل التدفئة .

ففى دراسة أجريت فى نيوزيلندا على الإسكان أظهرت أن العزل الجيد للمبانى يقى شاغلى المبنى من أمراض الجهاز التنفسى حيث أنها تبقى المبنى دافئا وتحميه من الرطوبة التى تساعد على نمو البكتيريا . وقد يحدث ما يسمى بإجهاد البرودة " Cold Stress " نتيجة الانتقال من غرفة دافئة إلى غرفة باردة أو العكس[١٣٦] .

شكل (١-٤٥) أمراض الجهاز التنفسى نتيجة انخفاض درجات الحرارة[١٣٧] .

[136] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

[137] http://www.alamatonline.net/١٣.php?id=١٤٣٣٠

وقد تم تحديد درجات الحرارة المؤثرة داخل المبانى على صحة الإنسان [١٣٨]:

- درجات الحرارة ما بين ١٨ °س و ٢٤ °س لا تمثل خطر على الأشخاص الأصحاء.
- درجات الحرارة أقل من ١٦ °س يمكن أن تتأثر مقاومة الجهاز التنفسي للإلتهابات .
- درجات الحرارة أقل من ١٢ °س يزيد خطر حدوث النوبات القلب والأوعية الدموية، وذلك بسبب ارتفاع ضغط الدم.
- يتسبب التعرض لفترات طويلة من البرد فى انخفاض درجة حرارة الجسم ويزيد الخطر بشكل ملحوظ لدرجات الحرارة أقل من ٥ ° س .

وتلعب الرطوبة دورا هاماً مع التغير فى درجات الحرارة سواء فى حالة ارتفاعها أو انخفاضها ، حيث أن الحرارة العالية مع الرطوبة المرتفعة تزيد توصيل الحرارة من الجو إلى الجسم وفي نفس الوقت تعيق التبخر مما يجعل الجسم لا يبرد بسرعة وتصبح حرارته مزعجة. أما خلال الطقس البارد فإن الرطوبة العالية تزيد من توصيل الحرارة من الجسم إلى الجو المحيط مما يجعل الجسم يخسر جزءاً من حرارته في الوقت الذي هو بحاجة لمثل هذه الحرارة.

وسوف يكون على المبانى تحمُل الأحداث المناخية المتطرفة المتكررة على نحو متزايد ، مع عواقب ذلك على درجات الحرارة داخل المبانى وبالتالى الشعور بالراحة وصحة شاغلى تلك المبانى . فالمبانى الغير مصممة لتوفير الراحة الحرارية فى الوقت الراهن كيف لها أن تتحمل الزيادة درجات الحرارة مستقبلا ، وسوف يتناول البحث كيفية تحقيق ذلك فى الفصول التالية .

[138] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

(١-٤-٢-١) التغيّر المناخى وجودة الهواء الداخلى :

تتشارك جميع الكائنات الحية الغلاف الجوي للأرض كمورد للغازات الضرورية لاستمرار الحياة، وكنظام لمعالجة نفايات التلوث المنبعث من عملية التمثيل الغذائي للكائنات الحية .وتمتد الاستفادة البشرية من الغلاف الجوي للتخلص من النفايات إلى حد ما و بشكل فريد يتجاوز عملية الأيض البيولوجية لتشمل التمثيل الغذائي التكنولوجي / الصناعي لدينا كذلك.[١٣٩]

فيصبح الهواء مستودع للغازات والرطوبة والجسيمات الصادرة من شاغلي المبانى والمواد المستخدمة فيه . وتختلط المكونات المختلفة في البيئة الداخلية للمبنى لتتفاعل مع بعضها وتكون أشكال جديدة من الملوثات، فعلى سبيل المثال عند اتصال المواد والغازات فى البيئة الداخلية للمبنى يقوم الأوزون بالتفاعل مع المواد الكيميائية لينتج ملوثات إضافية داخل المبنى . وقد تتراوح نسبة الملوثات فى البيئة الداخليه للمبانى من ٢ : ٥ مرات أكثر من نسبتها فى المحيط الخارجى للمبنى و تصل نسبتها إلى ١٠٠ مرة فى بعض الأحيان[١٤٠].

و تلوث الهواء الداخلى لا يقل خطورة عن تلوث الهواء الخارجى بل ويعد أخطر منه نظراً لتأثيره المباشر على السكان والمتواجدين داخل تلك المباني التي يوجد فيها هواء يحتوي على ملوثات بتراكيز تفوق المسموح به ، من ثم ظهرت أعراض مرضية مختلفة عرفت بما يسمى " متلازمة المبانى المريضة " . ولعل من أهم المسببات لظاهرة المبانى المريضة ما يلى[١٤١]:

- سوء التهوية الطبيعية .
- مستوى الرطوبة سواء عالية أو منخفضة فالرطوبة المنخفضة تزيد من نسب الغبار وتراكم الملوثات والجفاف أما الرطوبة العالية توفر بيئة مناسبة لنمو الفطريات والميكروبات .
- التذبذب فى درجات الحرارة الذى يتسبب فى ظهور المواد العضوية المتطايرة (VOCs) و الفطريات .
- الانبعاثات والملوثات التي تنتجها الطابعات وآلات النسخ فى المكاتب .
- عدم الاهتمام بصيانة الأجهزة وخاصة أجهزة التكييف .
- الملوثات الناتجة عن إطلاق الغازات من بعض أنواع مواد البناء كالدهانات و المواد المستخدمة من منظفات وغيرها .

---

[139] Hal Levin, Indoor Air 2008, Indoor climate and global climate change: Exploring connections, Copenhagen.

[140] University of Connecticut Health Center,2010, Climate Change, Indoor Air Quality and Health,USA

[141] University of Connecticut Health Center,2010, Climate Change, Indoor Air Quality and Health,USA

وقد أجريت دراسات من قبل .Woods et'al على ٦٠٠ من موظفى المكاتب فى الولايات المتحدة الأمريكية ووجد أن ٢٠% منهم يعانى من أعراض " متلازمة المبانى المريضة " وأكد معظمهم أن ذلك يقلل من كفائتهم فى العمل ، أيضاً ذكرت بعض التقارير الأخرى أن ٣٠% من المبانى الجديدة والمعاد تجديدها حديثا فى شتى أنحاء العالم قد تسبب تلك الأعراض . كما كشفت دراسة أجريت في المملكة المتحدة على ٤٣٧٣ من العاملين فى ٤٦ مبنى أنهم يعانون من ٥ أو أكثر من أعراض متلازمة المبانى المريضة [١٤٢] .

وها نحن فى عصر أصبح فيه التغير المناخى حقيقة واقعة ، وله تأثير قوى على المبانى والراحة الحرارية لمستخدميها وأيضاً له تأثير على جودة الهواء الداخلى للمبانى . تلك المبانى المريضة التى يعتمد معظمها على أجهزة التكييف أو لم يتم تصميم وسائل التهوية الطبيعية بشكل يتناسب وطبيعة البيئة المحيطه بها، وفيما يلى سوف نستعرض أبعاد هذا التأثير:

أ- **أوجه تأثير التغيّر المناخى على جودة الهواء الداخلى** [١٤٣]:

إن البيئات الداخلية فى المبانى يمكن أن تكون ملوثة بملوثات من مواد كيميائية ، عضوية وجسيمات ، تهاجر تلك الملوثات من الهواء الطلق أو تنجم عن مواقد الغاز وغيرها من مصادر الانبعاثات داخل المبانى مثل مواد البناء، أجهزة التبريد و التكييف ، وتغير المناخ يؤثرعلى هذه االملوثات بطرق مختلفة منها على سبيل المثال :

- يتسبب التغيّر المناخى فى التغير في تركيزات الملوثات فى الهواء الطلق والذى سوف يسبب تغيرات في كيمياء الغلاف الجوي وبالتالى يؤثر على تركيزات الملوثات فى البيئات الداخلية للمبانى . و يتسبب انخفاض معدلات التهوية داخل المبانى فى التعرض الشديد للملوثات المنبعثة من مصادر داخلية . كما تتسبب الزيادة فى استخدام أجهزة التكييف فى زيادة نسبة الملوثات داخل المبانى خاصة إذا كان مصحوبا بانخفاض معدل التهوية الطبيعية .
- انقطاع التيار الكهربائي، بسبب موجات الحرارة أوظروف الطقس المتطرفة و غيرها من الأحداث التى من شأنها أن تؤدي إلى استخدام مولدات الكهرباء المحمولة التي تحرق الوقود الأحفوري وتسبب انبعاث غاز أول أكسيد الكربون السام.

[142] EUROPEAN CONCERTED ACTION , Report No. 4, Sick Building Syndrome

[143] Sue Roaf , D.Crichton and F.Nicol , Second Edition 2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE) . Linacre House, Oxford.UK

- تغير المناخ قد يؤثر على تطور وظهور أمراض مُعدية، (عن طريق التأثير في النطاق الجغرافي لنواقل الأمراض) و يؤدى انتشار الحشرات الناقلة للأمراض لزيادة استخدام المبيدات داخل المبانى أيضاً مما يؤثر على الصحة .
- يؤدى سوء التهوية الطبيعية داخل المبانى إلى مشاكل صحية لشاغلى تلك المبانى وانخفاض الإنتاجية . وقد جعل تغيُّر المناخ مشكلة التهوية الطبيعية أكثر سوءاً حيث أصبح معظم المبانى محكم الغلق بحيث لا يوجد تبادل بين الهواء فى البيئة الداخلية والمحيط الخارجى للمبانى . وتلعب الرطوبة دورا هاماً فى تدهور حالة البيئة الداخلية للمبانى حيث أنها توفر بيئة جيدة لنمو البكتيريا والفطريات ، ويتسبب سوء تصميم واستخدام وسائل التهوية الميكانيكية وأجهزة التكييف إلى ظهور الرطوبة فى البيئة الداخلية عن طريق التكثيف على أسطح المبانى الداخلية . بالإضافة إلى الخطر الذى يمثله سوء صيانة أجهزة التكييف والذى يؤدى إلى تكون الفطريات التى تضر بصحة الإنسان[١٤٤].

ب- <u>تأثير التغيّر المناخى على ملوثات الهواء فى البيئة الداخلية للمبنى :</u>

فيما يلى بعض ملوثات الهواء فى البيئات الداخلية للمبنى وتأثير التغيّر المناخى عليها[١٤٥] :

- **<u>الملوثات البيولوجية :</u>**

تنمو بعض الكائنات الفطرية في البيئة الداخلية للمبانى وعند مصادر الرطوبة التى لا تخضع لمراقبة أو صيانة (من أماكن التسريبات في السقوف ، الجدران ، النوافذ والتركيبات الصحية وتسريبات طابق البدروم بالإضافة إلى زيادة درجة الرطوبة والتكاثف) ، وتلك الكائنات الفطرية تنتمي إلى أجناس: فطر Aspergillus ، كلادوسبوريوم، البنسليوم وغيرها . تلك الفطريات تتكاثر في المناطق الرطبة فى مبانى المنازل والمكاتب التجارية . والتى تؤدى إلى مختلف أمراض الجهاز التنفسي ، في بعض الأفراد وعند التعرض لمواد بيولوجية تساهم في توتر وحساسية ، ضيق التنفس، وتهيج العين والأنف ، إلتهاب الحنجرة وبحة في الصوت، وأعراض تشبه الانفلونزا، والصداع وحساسية الجلد وصولا إلى إلى الربو وتفاقم حالات الربو الموجودة من قبل .

والتغيّر المناخى سيؤدى إلى الزيادة فى درجات الحرارة والرطوبة بنسب تختلف من منطقة إلى أخرى ، والتى توفر بيئة صالحة لنمو تلك الفطريات بالإضافة إلى زيادة استخدام أجهزة التكييف وبالتالى توفير جيل جديد من الملوثات البيولوجية داخل المبانى . ويؤثر التغير المناخى

[144] Institute of Medicine of the National academies , REPORT BRIEF 2011, <u>Climate Change, the Indoor Environment, and Health</u>, Washington, USA

[145] University of Connecticut Health Center,2010, <u>Climate Change, Indoor Air Quality and Health</u>,USA

المتزامن مع التغيّرات البيولوجية على تطور الأمراض المُعدية ، خاصة فى المبانى المحكمة الغلق " المعتمدة كليا على التكييف المركزى " حيث تزيد احتمالية العدوى المحمولة عن طريق الهواء بين شاغلى تلك المبانى حيث لايحدث تجديد للهواء الداخلى .

- **<u>الغازات الناتجة عن الاحتراق :</u>**

أول أكسيد الكربون ، أكاسيد النيتروجين وثانى أكسيد الكبريت كلها تنتج عن مواقد الغاز و المدافئ التى تستخدم حرق الأخشاب أو الغاز ، الأفران و الشموع المضاءة ومصادر الاحتراق المختلفة داخل المبنى . وتمثل هذه الغازات خطورة على صحة الإنسان لا يمكن إهمالها فعلى سبيل المثال ، يتسبب أول أكسيد الكربون فى التسمم وظهور أعراض تشبة الأنفلونزا بالإضافة إلى أن التعرض الشديد له يؤدى إلى الحالات العصبية ، الغيبوبة والموت . ويتسبب سوء التهوية إلى تعرض شاغلى المبنى إلى أمراض الحساسية والتأثير على وظائف الرئة وزيادة عدوى الجهاز التنفسى. و المبانى المحكمة الغلق والمعتمدة على أجهزة التكييف يزيد بها نسبة التعرض لهذه الغازات وبالتالى تمثل خطورة على شاغلى تلك المبانى ، فالتهوية الطبيعية تقلل من تراكم هذه الغازات داخل المبانى .

- **<u>الملوثات الناتجة عن مواد البناء والتشطيب :</u>**

المواد الداخلة فى البناء والتشطيب قد ينتج عنها بعض أنواع الملوثات مثل مواد العزل الحرارى الليفية ، الدهانات التى يدخل بها مادة الرصاص والحوائط التى تتكون من ألواح خشبية مضغوطة والتي تحتوي على راتنجات اليوريا فورمالديهايد . وكلها تمثل خطرا على صحة الإنسان خاصة فى المبانى سيئة التهوية .

- **<u>الأوزون :</u>**

هناك مصدران رئيسيان للأوزون فى البيئة الداخليه للمبانى هما ماكينات الطباعة و الأجهزة الكهربائية الأخرى كأجهزة تنقية الهواء وغيرها من الأجهزة الإليكترونية ، و تسريبات الهواء الخارجى لداخل المبانى فى شهور الصيف الحارة . وتزيد مستوبات الأوزون فى المحيط البيئى للمبانى فى المدن بارتفاع درجات الحرارة بسبب تأثير " الجزر الحرارية "، حيث أن حدوث الأكسدة الفوتوكيميائية للهيدروكربونات مع أكاسيد النيتروجين لتشكيل الأوزون على مستوى الأرض يتم إلى حد كبير في درجات الحرارة المرتفعة . وللأوزون تأثير سلبى على صحة الإنسان عند تفاعله مع الملوثات الأخرى مثل أكاسيد النيتروجين و الجسيمات الدقيقة و الفورمالدهايد ، حيث يؤثر على أداء الرئتين فى كلا من الأصحاء والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسى. ويعد الأطفال وكبار السن الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسى وأمراض القلب والأوعية الدموية هم أكثر عرضة لتأثير الأوزون .

- **الأدخنة والجسيمات الدقيقة :**

توجد فى الهواء الطلق وتمثل المواقد ، مواد البناء ، الأتربة و المنتجات الاستهلاكية مصدراً آخر لها داخل المبانى . والآثار الصحية المرتبطة بالجسيمات الدقيقة تشمل أعراض الجهاز التنفسي، تفاقم الربو وعدم انتظام ضربات القلب . ومع التصحر المتوقع لبعض المناطق فى العالم يمكن أن تزيد مستويات الجسيمات فى الغلاف الجوي .

- **المركبات العضوية المتطايرة (VOCs):**

توجد المركبات العضوية المتطايرة فى كل من المبانى السكنية والإدارية، و تعمل على زيادة درجات الحرارة المحيطة . وتنتج هذه المركبات عن التنظيف الجاف للملابس ، المكانس، الدهانات، مواد الصقل ، المذيبات ، المواد اللاصقة ، طلاء الأثاث ، العطور والسجاد، بخاخات و مبيدات الآفات و تخزين الوقود ويؤدى وجود الرطوبة إلى إنتاج المركبات العضوية المتطايرة عن طريق الفطريات . وفى المبانى المحكمة الغلق يزيد تركيز المركبات العضوية المتطايرة وباقى الإنبعاثات الكيميائية الأخرى . وتؤثر هذه المواد الكيميائية على صحة الإنسان بشكل كبير حيث تسبب الحساسية وتؤثر على الجهاز التنفسى بالإضافة إلى أن بعض المواد لها خواص سامة و مسرطنة .

إذن فالتغيّر المناخي له آثار جسيمة على جودة الهواء الداخلي للمباني ، ولابد من التصدى لها للحفاظ على صحة مستخدمى تلك المبانى بل وعلى صحة المبانى نفسها . فتلك المبانى المريضة لابد أن تعالج لتستطيع مواجهة تلك التغيرات المناخية الحالية والمستقبلية .

الخلاصة :

ناقش هذا الفصل مفهوم التغيّر المناخى والدراسات التى أجريت لتحديد أسبابه وسيناريوهاته المستقبلية . لما له من خطر يهدد صحة الإنسان بل ويهدد حياته أيضاً ، فعلامات التغيّر المناخى تتزايد بشكل مثير للقلق كل عام ، فنظرا لارتفاع درجات الحرارة صيفا (كما فى عامى ٢٠٠٣ و ٢٠٠٥) حذر العلماء من أن خطى التغيّر المناخى أسرع مما كان متوقعاً فى أسوأ السيناريوهات التى وضعوها . وبدلا من التصرف للحد من تلك الانبعاثات يتعمد البعض جعل الموقف أسوأ ويتضح ذلك أكثر فى البيئة المبنية فعاماً بعد عام يتزايد الإسراف فى استهلاك الطاقة من قبل المبانى الحديثة .

يعبر مفهوم التغيّر المناخى عن تغيرات إحصائية متعددة إما فى متوسط حالة المناخ أو فى التقلبات المناخية والتى تستمر لفترة طويلة. والتغيّر المناخى يمكن أن يحدث إما بسبب عوامل طبيعية داخلية أو مؤثرات خارجية أو أنشطة بشرية مستمرة تغير من تكوين الغلاف الجوى وأيضاً التغيّر فى استخدامات الأراضى. و ترجع الزيادة فى تركيزات هذه الغازات فى الـ ٢٥٠ سنة السابقة إلى حد كبير إلى الأنشطة البشرية حيث زادت انبعاثات غازات الدفيئة نتيجة استخدام الوقود الأحفورى فى إنتاج الطاقة ، النقل و الصناعة. كما أن المبانى مسئولة عن ٣/١ الانبعاثات المسببة لظاهرة الإحتباس الحرارى البشرية المنشأ فى كلا من الدول المتقدمة والدول النامية .

وكانت النتيجة ما شهده العالم من ملاحظات تغير المناخ من ارتفاع درجة الحرارة السطحية ، تقلص رقعة الجليد ، ارتفاع المتوسط العالمى لمنسوب سطح البحر كما تباينت نسب هطول الأمطار حيث زادت زيادة كبيرة فى الأجزاء الشرقية من أمريكا الشمالية ، أمريكا الجنوبية ،شمال أوروبا ،شمال آسيا و آسيا الوسطى فى حين إنخفضت على سواحل البحر المتوسط وجنوب أفريقيا وأجزاء من جنوب أسيا .بالإضافة إلى زيادة في نشاط الأعاصير المدارية الشديدة في شمال المحيط الأطلسي منذ عام ١٩٧٠ تقريبا.

زاد متوسط درجات الحرارة فى الـ٥٠ سنة الماضية بقارة أفريقيا بمقدار ١° س . وفى جمهورية مصر العربية الاحترار أقوى في فصل الصيف حيث يبلغ ٠,٣١ °س لكل عِقد ، منه في فصل الشتاء حيث يبلغ ٠,٧ °س لكل عقد . ومن المتوقع أن يزيد الاحترار العالمي بمعدل ٠,٢°س/ عقد تبعاً لسيناريوهات التقرير الخاص SRES . و فى قارة أفريقيا ، من المتوقع أن يكون معدل الاحترار أكبر من المعدل العالمى، فيتوقع أن تزيد متوسط درجات الحرارة من ٣ ° س إلى ٤° س

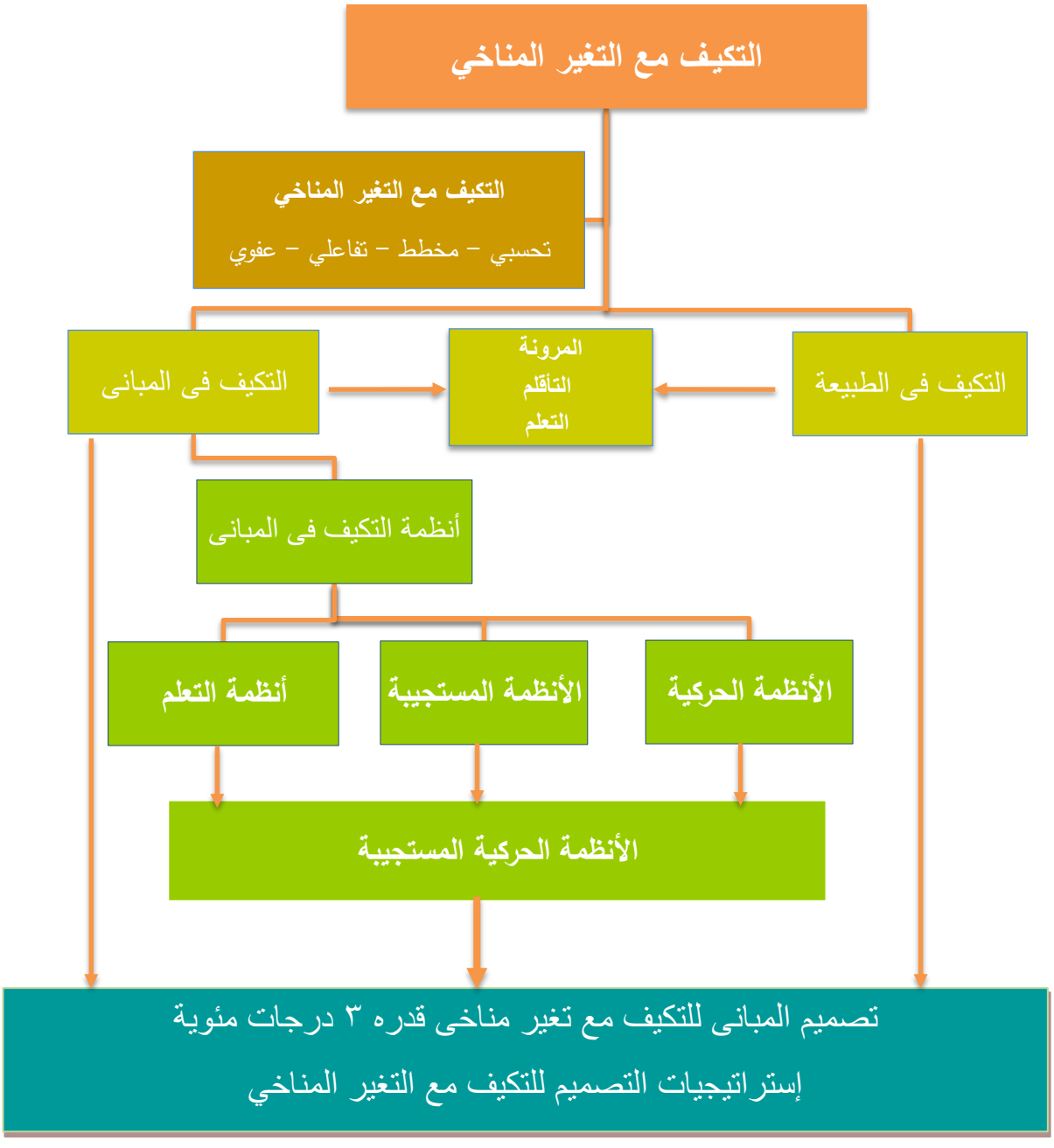
تبعاً لسيناريوهات متوسطة الارتفاع للانبعاثات ، أما فى جمهورية مصر العربية ، تبعاً لتقرير OECD عام ٢٠٠٤ من المتوقع أن يزيد معدل الاحترار بفصل الصيف عنه فى فصل الشتاء . حيث يتراوح متوسط الارتفاع فى درجات الحرارة السنوى من ١ : ٢,٤ ° س ، ويتراوح بين ٠,٨ : ٢,١ ° س شتاءا و بين ١,١ : ٢,٩ ° س صيفا.

وكنتيجة لهذه التغيرات المناخية ، هناك مجموعة كبيرة من الآثار التى تعطي مؤشرا على مدى تأثير تغيّر المناخ على حياة الأفراد داخل المبانى في جميع أنحاء العالم . حيث يقع شاغلو المبانى ضحية للتغيّرات المناخية بكل آثارها من ارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها وأيضاً الظروف القصوى من موجات حارة وموجات باردة بالإضافة إلى انخفاض جودة الهواء الداخلى ، و تحدث الوفيات بسبب هذه الظروف القصوى للتغيّر المناخى وتتغير هذه الآثار من منطقة إلى أخرى.

ومن هنا جاءت مسئولية المعمارى الذى لابد أن يعى هذا الخطر الذى يواجهه . فبدلا من أن يصمم المبنى ليكون ملجأ للإنسان يحتمى به من التغيّرات المناخية ، أصبحت معظم المبانى فى مجتمعاتنا عبارة عن مجموعة من التكوينات الهندسية التى تعتمد كلياً على الوسائل الميكانيكية للإضاءة والتهوية والتدفئة والتى جعلتها آلة تفتقر للحياة وأنشأت مبانى مريضة تتسبب فى مرض شاغليها . لذا ينبغى دراسة كيف تتكيف تلك المبانى مع ذلك التغير ، لتستطيع أن تتخلص من قيود تلك الوسائل التى تستهلك الطاقة وتدمر صحة مستخدميها.

الفصل الثاني :التكيف مع التغير المناخي

يناقش هذا الفصل الإستعداد للتغير المناخى وماهية التكيف مع مظاهر هذا التغير من إرتفاع درجات الحرارة . كما يتناول التكيف فى الطبيعة للإستفادة منه فى المبانى و دراسة كيفية تكيفها مع مظاهر التغير المناخي بإستخدام أنظمة التكيف فى المبانى ومناقشة إستراتيجيات التصميم للتكيف مع التغير المناخي .



الفصل الثاني : التكيُّف مع التغيّر المناخي

تمهيد :

المباني هي في الخط الأمامي للمعركة ضد تغيّر المناخ، ونضال البشرية من أجل البقاء. إما أنها تتغيّر بسرعة وإلا نخسر الحرب. فيجب علينا ، وبكل سرعة أن نستخدم المبانى لـ :

- التخفيف : حيث التخفيض الجذري في إنتاج الغازات المسببة للاحتباس الحراري للحد من المخاطر.
- التكيُّف : حيث تكيُّف المباني والمدن لتقليل تعرض المجتمعات لتأثيرات تغيّر المناخ .
- الحماية : حماية الأفراد والمجتمعات الأكثر عرضة لآثار تغيّر المناخ لمواجهة عدد كبير من المخاطر الإجتماعية والإقتصادية والبيئية التى نواجهها سويا .

ففي كل بلد على كوكب الأرض، بغض النظر عن الطبقة أو العقيدة أو الثروة ،لا بد من إنشاء مباني أكثر مرونة وتفاعلا مع التغيّرات المناخية . فالمعدل المتوقع لحجم تغيّر المناخ يجب الآن أن يحدد الجهود والإستثمارات التى توضع في إعادة تصميم المبانى والمدن تحسبا لمستقبل مختلف تماما[١٤٦]. و قد إتجهت الدول لوضع إستراتيجيات للحد من التغيّر المناخى مستقبلا و التعامل مع مظاهره الحالية . وتستخدم إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ (UNFCCC) إثنين من المصطلحات الهامة فى مواجهة التغيّر المناخى ، هما :

التخفيف: الذي يهدف إلى الحد من الإنبعاثات المسببة لظاهرة الإحتباس الحراري أو "تجنب ما يصعب التحكم به " [١٤٧]، والتخفيف يشير إلى تلك السياسات والتدابير التي تستهدف تقليل إنبعاثات غازات الدفيئة. وقد تشمل التدابير المعنية الحد من الطلب على السلع والخدمات ذات الإنبعاثات المكثفة، وتعزيز مكاسب الكفاءة، وزيادة إستخدام التكنولوجيات المنخفضة الكربون. وثمة طريقة أخرى لتخفيف آثار تغيّر المناخ تتضمن تشجيع "بالوعات الكربون" أي مواطن التخزين التي تمتص غاز ثاني أكسيد الكربون، كالغابات أو المستنقعات[١٤٨].

التكيُّف : وهو " إدارة ما لا مفر منه " [١٤٩]. ففي حين أن التخفيف يعالج أسباب تغيّر المناخ، فإن التكيُّف يركز على آثار هذا التغيّر[١٥٠].

---

[146] Sue Roaf , D.Crichton & F. Nicol ,2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE (Second Edition) . Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK

[147] M. Snow and D. Prasad. February 2011, Climate Change Adaptation for Building Designers, EDG 66 MSa.

[148] http://www.un.org/ar/climatechange/mitigation.shtml

[149] M. Snow and D. Prasad, . February 2011, Climate Change Adaptation for Building Designers,EDG 66 MSa .

[150] http://www.un.org/ar/climatechange/adaptation.shtml

ولا يمكن لإجراءات التخفيف أو تدابير التكيُّف أن تقلل من تأثير التغيّر المناخى أو حد هذا التغيّر، ولكنها مجتمعة تتكامل مع بعضها تقلل إلى حد كبير من مخاطر التغيّر المناخى . ففي دراسة لتغيّر المناخ و الآثار الصحية والقدرة على التكيُّف في المناطق الحضرية أجراها Baum et. al (٢٠٠٩) في كوينزلاند – جولد كوست ، وجدت الدراسة فرقا بسيطا بين التخفيف والتكيُّف، حيث الإجراءات الصديقة للمناخ (التخفيف) تؤدي إلى إنخفاض إنبعاثات غازات الدفيئة وبالتالى تقليل ظاهرة الإحتباس الحرارى المؤدية لتغيّر المناخ ، وإجراءات المناخ الآمن (التكيُّف) يؤدي إلى إنخفاض نسبة التعرض للآثار المباشرة (ارتفاعدرجة الحرارة والجفاف) والآثار الغير مباشرة (الفيضانات، تسرب المياه المالحة) لتغيّر المناخ . فبالرغم من أن جهود التخفيف هامة و خاصة فيما يتعلق بإبطاء معدل تغيّر المناخ ، نجد أن نظام المناخ قد تغيّر بالفعل، وسوف يواصل القيام بذلك بغض النظر عن جهود التخفيف ، على الأقل في الأجل القصير إلى المتوسط ، لذا يعد تفعيل إجراءات التكيُّف لمواجهة تغيّر المناخ مسار حكيم للتعامل مع مظاهر هذا التغيّر ، حيث أنه سوف تكون هناك حاجة للتكيُّف مع التغيّر المناخى الذى لا مفر منه . فالتخفيف يعالج أسباب تغيّر المناخ، والتكيُّف يركز على آثار هذا التغيّر[١٥١].

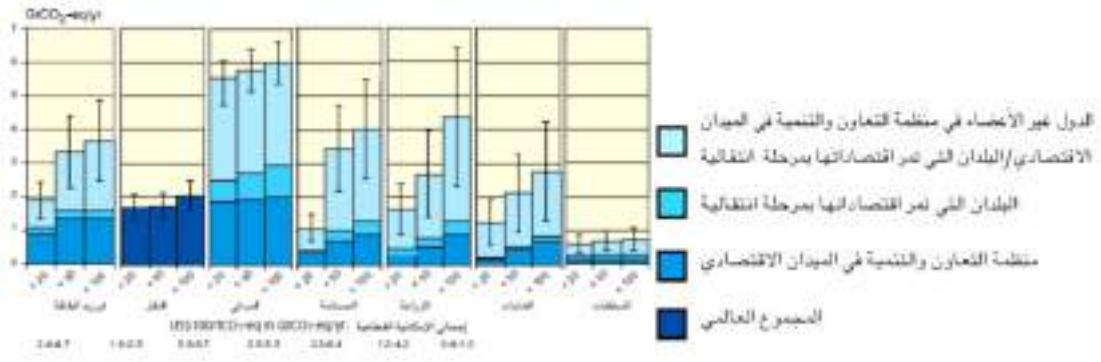
المخاطر المرتبطة بالتغيّرات ذات الصلة بالمناخ ، مخاطر حقيقية وتحدث فعلاً في كثير من النظم والقطاعات الأساسية لحياة الإنسان، ومن بينها موارد المياه، والأمن الغذائي، والصحة. والبلدان النامية هي الأكثر عرضة لهذه المخاطر. وفي أشد المجتمعات قابلية للتأثر، تشكل تأثيرات تغيّر المناخ تهديداً مباشراً لبقاء الإنسان نفسه على قيد الحياة. والتأثيرات المدمرة التي تنجم عن الظواهر المتطرفة، وللزيادات في درجات الحرارة ، وللإرتفاع في مستوى سطح البحر ستزداد سوءًا بحيث تكون لذلك عواقب بالنسبة للجميع، وبخاصة بالنسبة للفقراء. لذا التبكير بإتخاذ تدابير التكيُّف يمكن أن يؤدي إلى تحسين التنبؤات المناخية الموسمية وغيرها ،مما يؤدي إلى الوصول للحد الدني من الضرر الذي ينجم عن تغيّر المناخ مستقبلاً مع تحقيق فوائد عملية كثيرة مباشرة [١٥٢].

وتعد المبانى من أكثر القطاعات فاعلية فى خفض إنبعاثات غازات الدفيئة " إجراءات التخفيف" بشكل كبير بالمقارنة مع غيرها من القطاعات. حيث من الممكن خفض حوالي ٣٠% من الإنبعاثات الأساسية المتوقعة في قطاعي الإسكان والمبانى التجارية التي تمثل أعلى معدل بين جميع القطاعات التي درستها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ IPCC بحلول سنة ٢٠٣٠ شكل (٢-١) ، مع تحقيق فائدة إقتصادية صافية. فمن الممكن خفض إستهلاك الطاقة والطاقة الكامنة في المباني عن طريق زيادة إستخدام التكنولوجيات القائمة من التصميم الشمسي

[151] M. Snow and D. Prasad, . February 2011, Climate Change Adaptation for Building Designers, EDG 66 MSa .

[152] http://www.un.org/ar/climatechange/living-with-climate-change.shtml

السالب، والإضاءة والأجهزة ذات الكفاءة العالية، ونظم التهوية والتبريد ذات الكفاءة العالية، وسخانات المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية، والعزل، ومواد البناء التي تعكس حرارة الشمس إلى حد كبير، والتزجيج المتعدد. ومن الممكن أن توفر السياسات الحكومية المتعلقة بمعايير الأجهزة ومدونات الطاقة الخاصة بالمباني مزيداً من الحوافز والمعلومات لإتخاذ تدابير تجارية في هذا المجال[١٥٣] .



شكل (٢- ١) دراسة معدل خفض الإنبعاثات الأساسية بجميع القطاعات التي درستها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ IPCC بحلول سنة ٢٠٣٠[١٥٤].

وبإستخدام النماذج المناخية التى تعطينا صورة تقريبية للزيادات فى درجات الحرارة " سيناريوهات تغيّر درجات الحرارة " يمكننا وضع إستراتيجيات التكيُّف من أجل البقاء " النجاة " . فالإنسان من الناحية الفسيولوجية لديه حد معين يمكن تحمله من درجات الحرارة للبقاء على قيد الحياة ولكن عند الوصول لحد معين من الحرارة بالنسبة للفرد أو مجموعة من السكان يحدث الإجهاد الحراري ثم الإرتفاع فى درجة حرارة الجسم ، وتحدث إحتمالية الوفاة . فعلى جيلنا أن يعيد تعلم تقدير وتحسين نظم ومهارات التصميم السلبى التقليدية لنوفر لأنفسنا الملجأ " المأوي " . والتحدي الذي يواجهنا هو كيفية الجمع بين أفضل التكنولوجيات ذات التأثير المنخفض لإنتاج مبانى محلية تقليدية تناسب القرن الواحد والعشرين. ونظرا لحجم ماهو متوقع والإرتفاع المقبل فى درجات الحرارة فنحن بحاجة إلى أن نتبع مسار أو خارطة طريق للحد والتعامل مع الأضرار التى يتسبب بها التغيّر المناخى [١٥٥]، وهذا ما سوف نناقشه فى هذا الفصل.

[153] http://www.un.org/ar/climatechange/reducing-emissions.shtml

[١٥٤] التقرير التجميعى للتقرير التقييمى الرابع لـ IPCC ، تغير المناخ ٢٠٠٧

[155] Sue Roaf , David Crichton and Fergus Nicol ,2009 , **ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE (Second Edition)** . Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK

(٢-١) التكيُّف مع التغيّر المناخى :

(٢-١-١) مفهوم التكيُّف مع التغيّر المناخى :

لقد دأب البشر على التكيُّف مع تغيّر الأحوال المناخية منذ قرون إلا أن التغيّر المناخي الذي يشهده العالم حالياً يحدث بسرعة أكبر كثيراً من أي شيء شهده كوكب الأرض خلال العشرة آلاف سنة الماضية.[١٥٦]

يعرّف التكيُّف مع التغيّرات المناخية بأنه " إدارة التغيّر الذى لا مفر منه " ، فمن المتوقع أن تضمن الإنبعاثات الماضية بعض الإحترار غير الممكن تجنبه (حوالي ٠,٦درجة مئوية في نهاية القرن المتعلق بالعام١٩٨٠- ١٩٩٩) حتى لو بقيت تركيزات غازات الدفيئة الموجودة في الغلاف الجوي على المستويات التي سجلت في العام(٢٠٠٠) فهناك بعض التأثيرات حيث يكون التأقلم الأمر الوحيد المتوفر والاستجابة المناسبة ، حيث ترتفع التأثيرات مع ارتفاع معدل درجات الحرارة العالمية[١٥٧].

و التكيُّف عملية تسعى بها المجتمعات إلى جعل نفسها أقدر على مواجهة مستقبل غير مضمون . كمايشير إلى إتباع سياسات وممارسات تستهدف الاستعداد لآثار تغيّر المناخ، حيث يتعذر اليوم تقبل تجنب هذه الآثار بالكامل.

يتضمن منهج التكيُّف ، الحفاظ على النظم الإيكولوجية السليمة و البيئة المشيّدة من حيث المناطق الحضرية الصالحة للسكن و المبانى . فخيارات التكيُّف كثيرة وتتراوح من الخيارات التكنولوجية من قبيل زيادة الإرتفاعات البحرية أو المنازل المحصنة ضد الفيضانات أو الركائز المقامة تحت سطح الأرض، إلى تغيير السلوكيات على مستوى الفرد، من حيث الإقتصاد في إستخدام المياه في أوقات الجفاف. كما تشمل إستراتيجيات التأقلم الأخرى نظم الإنذار المبكر فيما يتعلق بالظواهر المتطرفة، وتحسين إدارة المخاطر، والخيارات التأمينية ، والحفاظ علي التنوع الأحيائي للحد من تأثيرات تغيّر المناخ على الناس. فيجب على البلدان المتأثرة أن تضع إستراتيجيات للتكيُّف بفعالية مع تأثير تغيّر المناخ ، حالياً وفي السنوات المقبلة. ولهذا السبب أعطت بلدان نامية كثيرة أولوية عالية، بل وحتى عاجلة لتدابير التكيُّف. ويحدد المجتمع الدولي ما يلزم من موارد وأدوات ونهج لدعم هذا المسعى .[١٥٨]

---

[156] http://www.un.org/ar/climatechange/living-with-climate-change.shtml

[١٥٧] التقرير التقييمى الرابع، للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧ .

[158] http://www.un.org/ar/climatechange/living-with-climate-change.shtml

(٢-١-٢) أنواع التكيُّف مع التغيّر المناخى :

حدد الفريق الحكومي الدولي المعني بتغيّر المناخ (IPCC 2008) أربعة أنواع من التكيُّف هى[١٥٩]: هى[١٥٩]:

(٢-١-٢-١) التكيُّف التحسبى " Anticipatory (proactive) adaptation " :

هو التكيُّف الذي يحدث قبل حدوث التأثيرات الفعلية تغيّر المناخ. هذا التكيُّف هو تدبير وقائي لمنع أو للحد من الآثار المحتملة لتغيّر المناخ. يتضح فقط فى النظم البشرية كتدعيم الشواطئ ، إنفاذ قوانين المبانى و معايير التصميم ، إستخدام نظم الإنذار المبكر و الإرتحال إلى مناطق جديدة .

(٢-١-٢-٢) التكيُّف المخطط " Planned adaptation " :

وهو التكيُّف التي هي نتيجة لقرار سياسي متعمد، استنادا إلى الوعي بأن الظروف قد تغيّرت أو على وشك أن تتغيّر وأنه يلزم العمل للعودة إلى المحافظة على أو تحقيق الحالة المطلوبة.

(٢-١-٢-٣) التكيُّف التفاعلي " Reactive adaptation " :

هو التكيُّف الذي يحدث بعد آثار تغيّر المناخ . ويتضح فى النظم الطبيعية من خلال التغيّرات فى تكوين النظام الأيكولوجى وإرتحال الأراضى الرطبة ، وفى النظم البشرية يتضح على سبيل المثال من خلال الزيادة فى طلب الطاقة نظرا للإعتماد على أجهزة التكييف فى المبانى.

(٢-١-٢-٤) التكيُّف التلقائى"Autonomous (spontaneous) adaptation":

هو التكيُّف الذي لا يمثل إستجابة واعية للمؤثرات المناخية ولكن يتم تشغيلها من قِبل التغيّرات الإيكولوجية في النظم الطبيعية وتغيّرات السوق أو الرفاهية في النظم البشرية.

ويتضح أنه في النظم الطبيعية تتسم عملية التكيُّف برد الفعل " التكيُّف التلقائى " في حين يمكن أن تكون تحسبية في النظم البشرية "التكيُّف التحسبى " .

و يمكن أن تكون لتدابير التكيُّف ، في بعض الحالات ،عواقب غير مقصودة بما في ذلك الضرر البيئي. كما أن التكاليف الإيكولوجية والاجتماعية والاقتصادية للإعتماد على عملية التكيُّف التلقائية كرد فعل مع الآثار التراكمية لتغيّر المناخ تعتبر كبيرة. ويمكن تجنب كثير من هذه

[159] M. Snow and D. Prasad, February 2011, Climate Change Adaptation for Building Designers: An Introduction, EDG66 MSa .

التكاليف عن طريق التكيُّف التحسبي المدروس، فكثير من إستراتيجيات التكيُّف إذا ما صممت بشكل ملائم يمكن أن توفي فوائد متعددة في الأجلين القريب والبعيد. حيث أن عملية التكيُّف التحسبية المدروسة تنطوي على إمكانية خفض سرعة التأثر وتحقيق فرص مرتبطة بتغيّر المناخ بغض النظر عن التكيُّف التلقائي.

ويعتبر التكيُّف الذي تساعد الهيئات العامة على تيسيره جزءاً هاما من استجابة المجتمع لتغيّر المناخ. ويؤدي تعزيز القدرة على التكيُّف إلى خفض سرعة تأثر القطاعات والمناطق بالتغيّر المناخي بما في ذلك التقلبية والظواهرالمتطرفة.وعادة ما يكون لتنفيذ سياسات وبرامج وتدابير التكيُّف فوائد عاجلة وفوائد أخرى في المستقبل. كما أن عمليات التكيُّف مع المناخ الحالي والأخطار المتصلة بالمناخ (على سبيل المثال نوبات الجفاف المتكررة والعواصف والفيضانات والظواهر المتطرفة الأخرى) تعتبر عموماً متوافقة مع التكيُّف مع الظروف المناخية المتغيّرة والتي تغيّرت فعلاً. [١٦٠]

(٢-١-٣) القدرة على التكيُّف مع التغيّر المناخى :

عرّف الفريق العامل الثانى التابع للهيئة الحكومية المعنية بتغيّر المناخ IPCC قدرة التكيُّف على أنها : هي قدرة نظام ما على التكيُّف مع تغيّر المناخ(بما في ذلك تقلبيّة المناخ والظواهر المناخية المتطرفة) من أجل التخفيف من وطأة الأضرار المحتملة أو الإستفادة من الفرص المتاحة أو التأقلم مع التداعيات[١٦١].

وتتباين القدرة على التكيُّف تبايناً كبيراً فيما بين المناطق والبلدان والفئات الاقتصادية الاجتماعية، وسوف تتغيّر على مر الزمن. وتعتبر المناطق والمجتمعات المحلية الأسرع تأثراً معرضة بدرجة كبيرة لآثار التغيّر المناخي الخطيرة، ولا تتوفر لديها سوى قدرة محدودة على التكيُّف . حيث تعتمد القدرة على التكيُّف ومواجهة تأثيرات التغيّر المناخي على الثروة والمعارف العلمية والفنية والمعلومات والمهارات والبنية الأساسية والمؤسسات والإنصاف. فالبلدان ذات الموارد الاقتصادية المحدودة بمستويات التكنولوجيا المنخفضة وضعف المعلومات والمهارات ورداءة البنية الأساسية والمؤسسات غير المستقرة أو الضعيفة والقدرات التأهيلية غير المنصفة والنفاذ للموارد، إنما لديها قدرة قليلة على التكيُّف وتعتبر سريعة التأثر بدرجة عالية. كما أن الجماعات والمناطق التي لديها قدرة محدودة على التكيُّف إزاء أي من هذه الأبعاد تعتبر أسرع تأثراً بأضرار التغيّر المناخي .[١٦٢]

---

[160] http://www.junksciencearchive.com/ipcc_tar/vol4/arabic/152.html

[١٦١] التقرير التقييمى الرابع، للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧ .

[162] http://www.junksciencearchive.com/ipcc_tar/vol4/arabic/152.html

(٢-٢) التكيُّف بيولوجيا ومعماريا :

إن الأرض تزخر بالحياة ، وهناك عامل مشترك رئيسى بين كل صورها التى لا تعد ولا تحصى، هو أن جميع الكائنات تستخدم معطيات البيئة المحيطة من ماء ، هواء وطاقة لكى تحيا وتنمو. ولكن ما يمثل لنا أهمية خاصة هو أن تكوينها الشكلى والتركيبى والسلوكى، جميعها متكيُّف مع البيئة المحيطة .

ويشترك المبنى مع الكائن الحى فى وجود تكوين شكلى وتركيبى وأنظمة تحدد أداء المبنى الذى لابد أن يتوافق مع البيئة المحيطة لتوفير الراحة لمستخدميه ، كما يشترك المبنى مع الكائن الحى أيضا فى الإحتياج للطاقة ، فالنباتات تمتص ضوء الشمس وتستخدم طاقته فى عملية البناء الضوئى لتنتج غذائها الذى تحتاجه للنمو ، هذه العملية التى تتطلب إمتصاص ثانى أكسيد الكربون من الهواء وإمتصاص الماء من الأرض ، أما الإنسان والحيوان فيستمد الطاقة ، الماء والهواء من البيئة المحيطة لتستفيد منها وينتج عنها الفضلات ، و المبنى لا يختلف عن الإنسان و الحيوان فى هذا الشأن فهو يأخذ الطاقة والماء والهواء وينتج الفضلات، ولكنه أيضا كالنباتات يمتد بجذوره فى الأرض ويعلو ليستفيد من الهواء والضوء. فيمكن للمرء أن يرى نفس الظواهر فى مستويات مختلفة ، من الكائن الحى إلى الأرض ، ومن المبنى إلى المدينة . ويرجع ذلك إلى تطبيق نفس قوانين الطبيعة التى تعد بالنسبة للمصممين ، خادمة للتصميم ، أما بالنسبة للعالم البيولوجى تعد هى الأساس .

ولكى يتكيُّف المبنى مع محيطة البيئى لابد أن تكون قوانين الطبيعة هى الأساس أيضا ، فنحن هنا بصدد وضع عنصر الإحساس "sensibility " فى تصميم المبنى لكي يستند إلى قدر أكبر من الحساسية أو الإدراك " sensitivity " للبيئة الخارجية . فالمبنى فى البيئات المختلفة المناخ لابد أن يوفر الراحة لمستخدمية ولكن فى البيئات ذات الظروف المناخية المتطرفة تعد المبانى أساسية للنجاة من تلك الظروف . وفى ظل التغيّرات المناخية التى نواجهها لابد للمصمم أن يراعى هذه التغيّرات فى التصميم ويوفر سبل وأنظمة التكيُّف اللازمة لمواجهة تلك التغيّرات لتوفير مأوي صالح لحياة الإنسان [١٦٣].

أيضا فى الإنسان والحيوان يكون الإحتياج للغذاء للحصول على الطاقة إلى حدا ما للحفاظ على درجة حرارة الجسم الداخلية ، وبالمثل فإن المبانى أيضا تحتاج للطاقة لتوفير الراحة الحرارية لمستخدميها سواء للتدفئة أو التبريد ، بالإضافة إلى الضوء والهواء . ويعد مصدر الطاقة الرئيسى للمبانى ، كما فى الإنسان والحيوان ، هو النبات المتمثل في الوقود الأحفوري من الفحم ، البترول والغاز الطبيعى ، ويعد إحتراق الوقود الأحفورى المسئول الرئيسى عن ارتفاع نسبة ثانى أكسيد

---

[163] R .Thomas , T. Gernham , The environments of architecture , taylor & francis group , London.

الكربون وبقية غازات الدفيئة المسببة لظاهرة الإحتباس الحراري [١٦٤]، والذى يعد بدوره أحد أهم أسباب التغيّر المناخى . لذا فقد سعت التكنولوجيا لجعل المبانى كالنباتات فى إنتاج الطاقة من الإشعاع الشمسى و البحث فى النظم الايكولوجية للإستفادة من الكائنات وأدائها فى التكيُّف مع المحيط البيئى فى تصميم المبانى .

ويشمل هذا الجزء دراسة تكيُّف الكائنات وأشكاله وكيف يمكن أن يتكيُّف المبنى وأشكال هذا التكيُّف ، وتعد هذه المناظره هامة جدا بالنسبة لمصممى المبانى لتوفير أنظمة تجعل المبنى قادرا على التكيُّف مع محيطه البيئى فى ظل مناخ متغيّر .

(٢-٢-١) التكيُّف فى الطبيعة :

لطالما كان علم البيولوجيا مصدر إلهام للعمل المعماري لما له من أنظمة معقدة يتوافق أداؤها مع المحيط البيئى على مدى أجيال[١٦٥] . فيما يسمى بالتكيُّف أو التأقلم والذى عرَفته إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ بأنه هو عملية تكيُّف في النظم الطبيعية أو البشرية إستجابة لمحفزات مناخية فعلية أو متوقعة أو إستجابة لتأثيراتها ، تخفف من الأذى أو تستغل الفرص المفيدة[١٦٦] . وهذا ما نسعي لتحقيقه فى المجال المعماري ، تصميم مبنى يحاكى الكائن الحى فى تكيُّفه مع البيئة وإستجابته للمتغيّرات المناخية التى تحدث بها .

(٢-٢-١-١) مفهوم التكيُّف فى الطبيعة :

التكيُّف في علم الأحياء هو عملية تطورية تصبح فيها الكائنات الحية متكيّفة أكثر للعيش والتكاثر في بيئتها [١٦٧]، والتكيُّف يتضمن تغيّرات تركيبية، وظيفية ، أو سلوكية تحدث للكائن الحي حتى يصبح ملائما للظروف البيئية المحيطة [١٦٨].

---

[164] R .Thomas , T. Gernham , The environments of architecture , taylor & francis group , London.

[165] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

[166] http://www.un.org/ar/climatechange/living-with-climate-change.shtml

[167] http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%83%D9%8A%D9%81

[168] http://www.biology-online.org/dictionary/Adaptation

(٢-٢-١-٢) أشكال التكيُّف فى الكائنات الحية :

تتكيّف الكائنات بعدّة طرق مختلفة مع محيطها البيئي وما يحدث به من متغيرات وفيما يلي سرد لطرق و أشكال التكيّف فى الكائنات الحيّة :

أ- التأقلم:

التأقلم هو قدرة الكائن الحي على ضبط سلوكه إستجابة للتغيّرات التى تحدث فى محيطه البيئى ، للتكيُّف مع هذه التغيّرات كالتغيّر فى درجة الحرارة مثلا . فأفضل كائن حى قادر على التأقلم مع بيئته وهو أكثر إحتمالا للبقاء على قيد الحياة . والتغيير يحدث على مدى عمر الكائن الحي حيث أن الكائنات تكيُّف سلوكها مع التغيّرات التى تحدث في بيئتها.

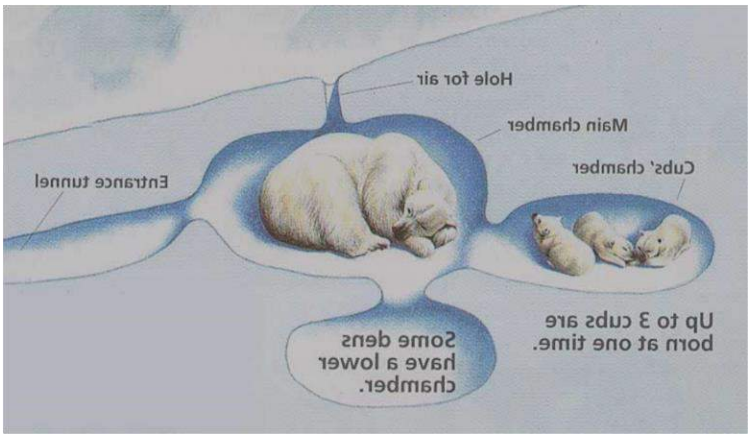
فعلى سبيل المثال تعمل النباتات على ظبط إتجاه النمو نحو الإتجاه الذى يواجه مصدر الضوء ، لتكون قادرة على تحسين كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها. فعند إجراء تجربة على نبات البرسيم وتسليط الضوء من ناحية واحدة قامت النباتات بالنمو ناحية مصدر الضوء لكى تستطيع إمتصاص أكبر قدر من الضوء التى تحتاجه لعملية البناء الضوئى[١٦٩].

شكل (٢-٢) تأقلم نبات البرسيم إستجابة مع إتجاه الضوء[١٧٠].

أيضا يظهر التأقلم فى الحيوانات كما فى الدببة القطبية ، حيث تقوم الأنثى بحفر مسكن لها وصغارها داخل الجليد على جانب التلال لتنعم بشتاء هادئ ، يبلغ طول النفق المؤدى للغرف ١,٨م تقريبا و متوسط قطر الغرفة الرئيسية يبلغ ١,٨ : ٢,٤ م قد يصل إرتفاعها من ٠,٩: ١,٠٠ م فى المنتصف ، وخلال هذه الفترة تبطؤ عملية الأيض بشكل كبير وتقل درجة حرارتها نوعا ما وبالتالى يقل معدل فقدها للحرارة [١٧١].

---

169 Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.
170 Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.
171 R .Thomas , T. Gernham , The environments of architecture , taylor & francis group , London.



شكل (٢-٣) كهف الدب القطبى [١٧٢].

وفى فصل الصيف نجد أن الدببة القطبية قادرة على الصيام لعدّة شهور تمتد من أواخر الصيف لأوائل الخريف، عندما لا تعود قادرة على صيد الفقمات بسبب ذوبان جليد البحر .

شكل (٢-٤) ذوبان الجليد وتأثيره على الدب القطبى[١٧٣] .

فقد كانت تأثيرات الإحتباس الحراري واضحة أشد الوضوح في القسم الجنوبي من موطن الدببة القطبية، مثل جمهرة غربي خليج هدسون، التى تعتبر إحدى أكثر الجمهرات التي تمت دراستها في العالم. تقتات هذه الجمهرة على الفقمات المطوقة بشكل مكثّف خلال فترة أواخر الربيع، وينتهي موسم الصيد الربيعي المتأخر هذا عندما يبدأ الجليد البحري بالذوبان والتفكك، فتقوم الدببة بالصيام طيلة الصيف أو تأكل قليلا حتى يعود البحر ليتجمد مجددا[١٧٤] .

[172] http://www.zworld2.com/MRSZWORLD/polarbearz/cubs_2.htm
[173] http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AF%D8%A8_%D9%82%D8%B7%D8%A8%D9%8A
[174] http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AF%D8%A8_%D9%82%D8%B7%D8%A8%D9%8A

ب- المرونة :

المرونة هي القدرة على تغيّر التركيب الوراثي على مدى أجيال ، مما يجعل الكائنات الحية أكثر ملائمة لبيئاتها . ويحدث التغيّر على مدى الأجيال عن طريق التزاوج والإنجاب وطفرات الحمض النووي "DNA" .وتشير المرونة ليس فقط إلى التحول الوراثي المستمر للصفات ولكن أيضا لقدرة الكائن الحي ، مع وجود مجموعة معينة من الجينات ، على التكيُّف عن طريق تطور خصائصه الفيزيائية إستجابةً للتغيّرات البيئية المحيطة به .

فعلى سبيل المثال بعض أنواع الفراشات المسماة بـ "white peppered moths " والتى واجهت الثورة الصناعية فى إنجلترا بما سببته من تلوث وما أدى إليه من تغيّر لون الأشجار إلى الأسود ، مما جعل تلك الفراشات عرضة للإفتراس الأمر الذى جعلها تتكيُّف مع هذه البيئة الملوثة والمظلمة بالتحول إلى اللون الأسود شكل (٢-٥) ، وحدث هذا التحول على مر عدة أجيال. ثم عادت هذه الفراشات الى لونها الأصلى بعد السيطرة على نسب التلوث فى بيئتها [١٧٥].

شكل (٢-٥) تكيُّف الفراشات المسماة بـ "white peppered moths" [١٧٦].

أيضا عندما كان العالم الامريكي "Jonath Losos" يدرس ما الذي يحدث عندما ينقرض أحد الانواع. عام ١٩٧٧ آسر مجموعة من السحالي يدعى "Anoles" في جزيرة صغير تسمى "Stanley Cay" من مجموعة جزر بهاما. هذه الجزيرة تتميز بخصوبتها وممتلئة بالاشجار، ممايسمح للسحالي النحيفة والطويلة أن تستلقي على جذوع الاشجار بالعشرات، شكل (٢-٦) أعلى.

[175] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.
[176] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

شكل (٢-٦) تكيُّف سحالي "Anoles" مع تغيّر البيئة المحيطة[١٧٧].

نقل العالم لوسوس مجموعة من هذه السحالي الى جزيرة قريبة، خالية من هذه السحالي سابقا. البيئة في الجزيرة الجديدة كانت تتميز بالجفاف وإرتفاع حرارتها، الطعام كان صعب الحصول عليه، واضافة لذلك لم يكن هناك اشجار التي تشكل أساسا لحياة هذا النوع من السحالي. كانت ظروف الحياة من الصعوبة بحيث كان العالم ينتظر موت السحالي المحتم في البيئة القاسية. غير أن السحالي كان لهم رأي اخر ، ليس فقط تمكنوا من التأقلم بل تمكنوا من أن يغيّروا نمط حياتهم ليصبح بيتهم الجديد أفضل.

وبعد عشرين عاما عندما جاء لوسوس لمعاينتهم في بيئتهم الجديدة ظهرت له حقائق لم يتخيلها. فالسحالي أصبحت أصغر حجما ورجليها أصبحت أقصر بالنسبة للمجموعة الأخرى التي بقيت على جزيرتها الأصلية. من خلال الحجم الأقل تمكنت السحالي من التلائم مع البيئة الجديدة الأفقر شكل (٢-٦) أسفل ، ومن خلال الأرجل الأقصر تمكنوا من التمسك بالنباتات الأرضية القصيرة عوضا عن التسلق على الأشجار[١٧٨] .

[177] http://www.alzakera.eu/music/vetenskap/Biologia/bio-0009-9.htm
[178] http://www.alzakera.eu/music/vetenskap/Biologia/bio-0009-9.htm

ج- التعلم :

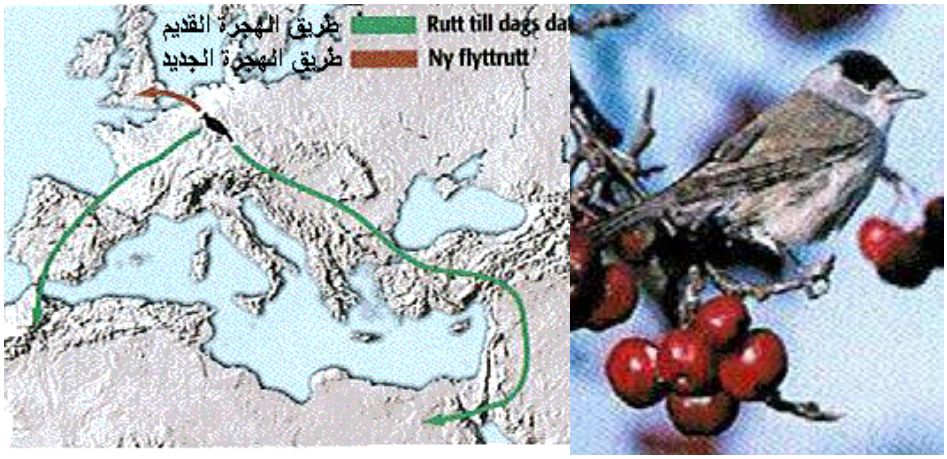
النوع الأخير من التكيُّف وهو الأقل شيوعا ، يعتمد على كل من التأقلم والمرونة . وهو يعبر عن إكتساب الكائن للخبرة فى البيئة المحيطة من خلال التعرف على أنماط التغيّر أو العلاقات بين الأسباب والنتائج للتغيّرات التى تحدث فى المحيط البيئى للكائن . والتعلم بالنسبة للإنسان جزء من حياته اليومية[١٧٩] .

وهناك العديد من الكائنات الأخرى أيضا قادرة على هذا النوع من التكيُّف ، فعلى سبيل المثال يقوم طائر الغراب فى اليابان بإنتظار إشارات المرور لتتحول للون الأحمر لكى تضع الجوز فى طريق السيارات كى يتم كسرها وعندما تتحول الإشارات للون الأخضر تمر مع المارة لتلتقط الجوز الذى تم كسره[١٨٠] .

شكل (٢-٧) طائر الغراب [١٨١].

أيضا طائر القبعة السوداء وهو من الطيور المهاجرة بين شمال أوروبا وشمال إفريقيا عند قدوم الشتاء ، حيث إعتاد طائر القبعة السوداء الهجرة الى السواحل الشمالية لإفريقيا، غير أنه لوحظ عام ٢٠٠٥ أنه في السنوات الثلاثين الماضية ، وهي فترة تقابل حوالي ستة أجيال لهذا الطير، جرت تغييرات كبيرة على عادات الهجرة. عوضا عن الهجرة الى إفريقيا أصبح الطائر يذهب الى الشمال الغربي، أي إلى جنوب إنجلترا ، شكل (٢-٨) .

[179] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin: Designing with the Concepts of Biological Adaptation, Master of Science in Design Computing, University of Washington.
[180] http://www.pbs.org/lifeofbirds/brain/
[181] http://www.pbs.org/lifeofbirds/brain/



شكل (٢-٨) شكل طائر القبعة السوداء ، طريق الهجرة القديم والجديد[١٨٢].

وهذا الطائر لايتعلم طريق هجرته الشتوية أو الصيفية عن أبويه أو بقية الطيور، بل إن المعلومات كامنة في الموروثات نفسها، لذلك فإن التغيير في العادات لايمكن أن يفسر إلا بالتغيير في مصادر المعلومات الكامنة أي المورثات. ولقد جرت طفرة غيرت خريطة سير الهجرة إلى مناطق جديدة حيث يحدث أن بعض الطيور تختار طريق أخر، معاكس تماما للطريق الطبيعي الإعتيادي، فكان أغلبيتهم يموتون . أما الآن وبسبب التغيّر المناخي فإن هؤلاء الأقلية أصبحوا أكثرية ، فلقد وجدوا منطقة تعطيهم مميزات أفضل عن البقية الذين لازالوا مضطرين للسفر الى إفريقيا، ساعدهم على ذلك تغيّر المناخ نحو الدفء[١٨٣].

وأخيرا نجد أن مفتاح هذه الأشكال من التكيُّف هو علاقة الكائنات بالبيئة المحيطة بها ، والقوى التى تشكل تطورها وسلوكها .

[182] http://www.alzakera.eu/music/vetenskap/Biologia/bio-0009-9.htm
[183] http://www.alzakera.eu/music/vetenskap/Biologia/bio-0009-9.htm

(٢-٢-٢) التكيُّف في المبانى :

قطاع المبانى من أكثر القطاعات تأثيرا فى التغيّر المناخى وتأثرا به أيضا ، فلابد للمبنى أن يمثل المأوي الذى يحمى الإنسان من تلك التغيّرات المناخية التى أصبحت أمرا واقعا تعانى منه البشرية الآن . وقد أوضحت سيناريوهات التغيّر المناخى تزايد مستمر لمظاهر هذا التغيّر من ارتفاع فى درجات الحرارة وما يتبعه من ارتفاع منسوب سطح البحر و أعاصير مدارية وغيرها ، ولكننا هنا بصدد مواجهة الارتفاع المستمر فى درجات الحرارة وكيف يمكن للمبنى التكيُّف مع هذا الإرتفاع وما يتعلق به من مؤثرات على الراحة الحرارية داخل المبانى .

لكى يتم التكيُّف مع التغيّرات البيئية يمكن إستخدام ودمج أكثر من نوع للتكيُّف مع التغيّرات المناخية(تكيُّف تحسبى ، مخطط ، تفاعلى وتكيُّف تلقائى) ، فقد تشمل كل مرحلة من مراحل إنشاء المبنى بدءا من إختيار الموقع مرورا بالتصميم وحتى تشغيل المبنى أنواع مختلفه من التكيُّف ولكنها تتكامل مع بعضها لتنتج لنا مبنى قادر على التفاعل مع المتغيّرات المناخية مستجيبا لمتطلبات الراحة داخل المبنى . ففى مرحلة التصميم يتطلب إتخاذ إجراءات التكيُّف التحسبى من إنفاذ قوانين البناء ومعايير تصميم المبنى و فى مرحلة التشغيل يجب إستخدام إجراءات التكيُّف التلقائى فى المبانى والتى تتميز بها النظم الطبيعية وتعد رفاهية فى النظم البشرية إلا أنها أصبحت ضرورة .

فالحاجة الآن إلى مبنى متكيُّف ، مستجيب للتغيّرات المناخية " ذكي" تتبع من الطلبات الزائدة لتوفير الراحة التى واكبت تطور أشكال أكثر تعقيدا من المبانى الذى رافقه زيادة الطلب على الطاقة. ولما كانت الظروف البيئية متغيّرة بين النهار والليل وخلال الفصول المختلفة وأيضا تختلف من مكان لآخر ، هذا وما يرافقه من دواعى الإحترار الذى نواجهها الآن ، فالمهمة الأساسية للمبنى هو حماية شاغليه من تلك التقلبات الجوية والظروف المناخية القصوي . فهو بمثابة المنسق بين الظروف البيئية الخارجية والظروف البيئية الداخلية للمبنى . فالمبانى يجب أن تقاوم هذه الظروف القصوي للمناخ لإنتاج البيئة الداخلية التى تتنوع فقط ضمن حدود تعتبر مريحة لشاغليها . وتعد عملية التنسيق هنا عملية صعبة ، ولكن الاستجابة " الذكاء " تستخدم لتحسين أداء غلاف المبنى من خلال جعله أكثر قدرة ، فمزيج من التحكم الآلي مع إستجابة شبه تلقائية لهذه الظروف المتغيّرة يمكنها أن توفر متطلبات شاغلى المبنى من الراحة والحد من الطاقة المستهلكة فى التدفئة، التبريد ، الإضاءة والتهوية [١٨٤].

[184] M. Wigginton, J. Harris, 2002, Intelligent skins, Linacre House, Oxford.

(٢-٢-٢-١) أساليب التكيُّف فى المبانى :

يُعد التغيّر فى علم الأحياء قاعدة ، أما فى مجال العمارة يعد التغيّر شئ مستحدث يرتبط بالتغيّر فى أفكار الموضة ، المواد أو أمور تتعلق بالزمن وتعاقب العصور . فالتغيّر عامل مهم في التصميم حيث أن الأطر الثقافية والبيئية والتكنولوجية للعمارة في تغيّر مستمر . و التكيُّف فى علم البيولوجيا هو التعديل فى الكائن الحي أو أجزائه التي تجعله أكثر ملاءمة للوجود في ظل ظروف بيئته المحيطة والمتغيّرة ، فإذا تم إستبدال كلمة الكائن الحى بكلمة نظام فإن التعريف السابق سيكون معبرا عن النهج الذى يتبع فى تصميم أنظمة المبنى ، حيث تتأثر المبانى بمجموعة من القوى فى مراحلها التصميمية والتنفيذية ، هذه القوى بدءا من القضايا البيئية وحتى تأثير البيئة الطبيعية التى تتغيّر بإستمرار[١٨٥].

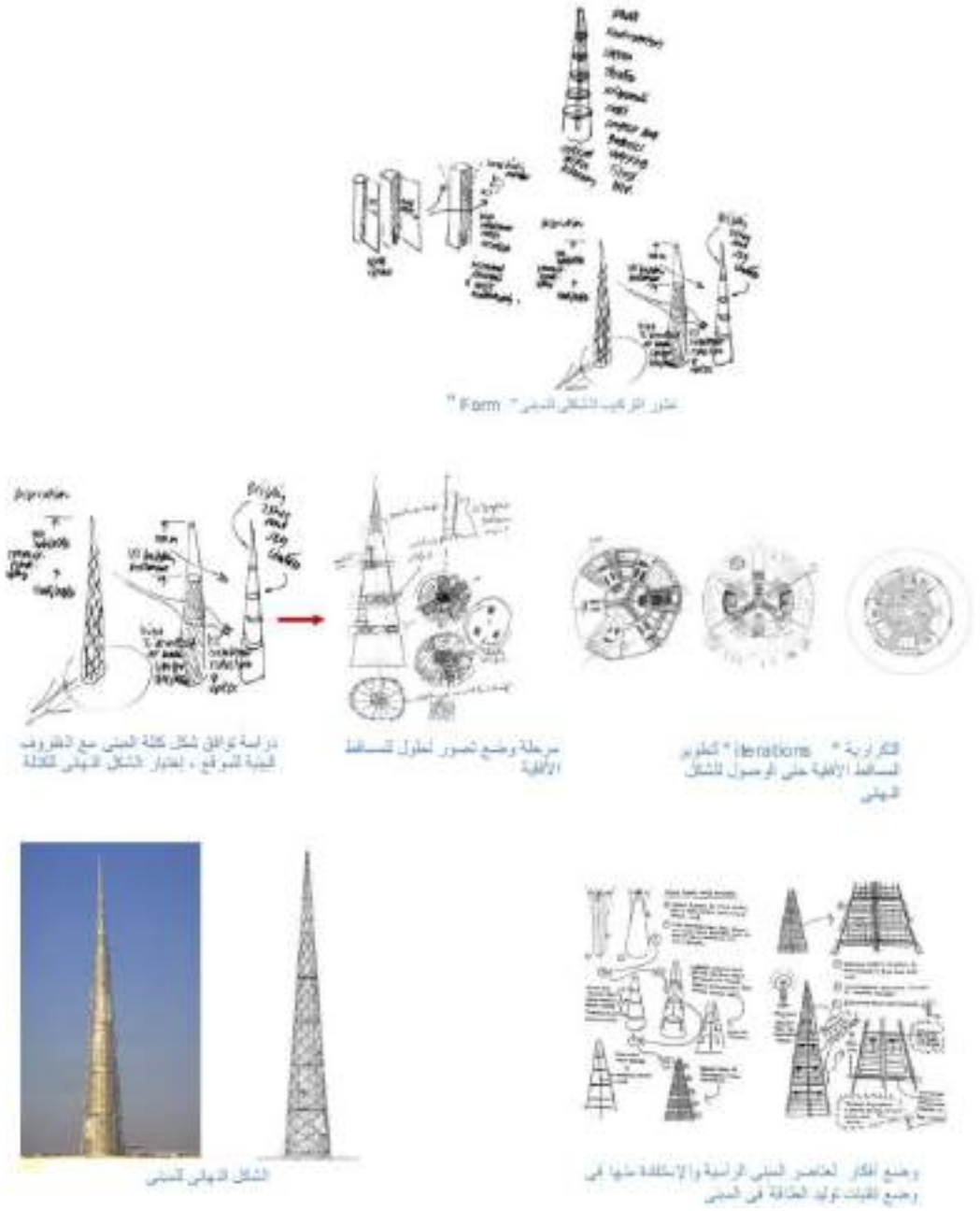
و بتطبيق أساليب التكيُّف فى الطبيعة على المبانى نجد أن هناك أوجه للتشابه بين المبنى والكائن الحى فى تلك الأساليب لكى يتمكن من التكيُّف مع البيئة المحيطة والتغيّرات الى تحدث بها، وأساليب التكيُّف تتمثل فى ثلاثة أشكال نتناولها فيما يلى :

أ- المرونة :

تُعد العملية التصميمية للمبنى والأدوات المستخدمة فيها تعادل التركيب الوراثى للكائنات حيث أنها المرحلة التى توضع فيها محددات المشروع وإمكانياته وصفاته التى سوف تستمر معه طيلة دورة حياته ، مثل التكوين الكتلى للمبنى وشكله الخارجى ، النظم المستخدمة بالمبنى وكيفية التفاعل بينها ، مواد البناء المستخدمة وأساليب الإنشاء . فإذا كانت العملية التصميمية محدودة المرونة ، مقاومة للقدرة على التغيّر يصبح الناتج تصميم ذو رؤية محدودة . فالتغيّر الذى لابد أن يتكيُّف معه التصميم هو التطور المستمر للعلاقة بين أنظمة المبنى ومحيطها البيئى ، لذا فالعملية التصميمية تمر بمرحلة المحاولات التصميمية المتكررة حتى الوصول للتصميم النهائى وهو ما يماثل الأجيال فى علم الأحياء[١٨٦] ، (شكل ٢-٩) .

[185] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin: Designing with the Concepts of Biological Adaptation, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

[186] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.



شكل(٢-٩) مراحل تطور تصميم مبنى Millennium Tower ، اليابان[١٨٧] .

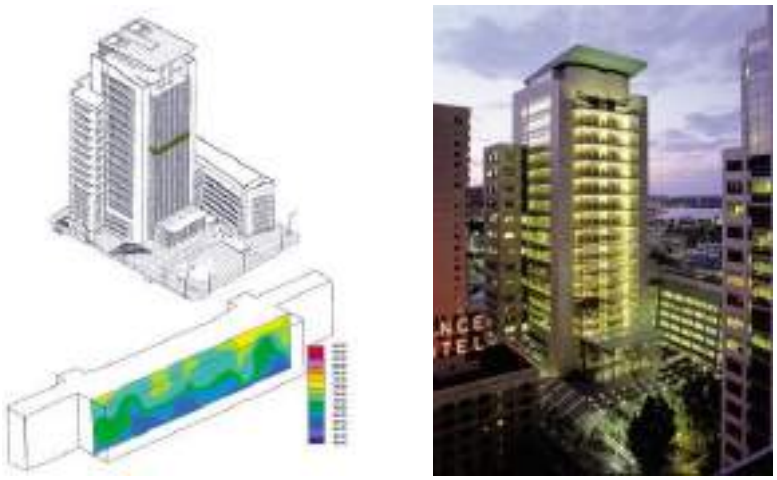
وقد كان لبرامج النمذجة الرقمية وبرامج المحاكاة دورا كبيرا فى زيادة عدد المحاولات" Iteration" التى يمكن إستكشافها أثناء المرحلة التصميمية ، مما يؤدى إلى الوصول إلى علاقات أكثر تعقيدا بين أنظمة المبنى[١٨٨]. فبرامج النمذجة تتيح الإنتقال بالتصميم من المرحلة ثنائية الأبعاد إلى المرحلة ثلاثية الأبعاد ، وهذه البرامج تعطى صناعة البناء أداة قوية للتعامل مع نطاق واسع من التفاصيل بالمبنى .

[187] http://www.fosterandpartners.com/projects/millennium-tower/

[188] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin: Designing with the Concepts of Biological Adaptation, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

ومع توفر المعلومات من برامج المحاكاة لأداء المبنى يتم عمل التعديلات اللازمة للمبنى للوصول لكفاءة أعلى فى الأداء . فعلى سبيل المثال برامج محاكاة الطاقة فى المبانى عند تكاملها مع أدوات التصميم وبرامج النمذجة تزيد المرونة فى تصميم المبنى بحيث أنه عندما يحرك المعمارى حائط ، أو أضاف نافذة ،أو غيَر فى مواصفات الإضاءة ، يقوم البرنامج تلقائيا بالتنبؤ بآداء المبنى ، حيث أن هذه البرامج تتيح التنبؤ بكيفية إستقبال المبنى لضوء النهار ، تأثير عناصر المبنى ومواد البناء المستخدمة على الأداء الحرارى للمبنى وتكلفة عملية البناء وبالتالى توفر الوقت وتحسن من أداء المبنى فى مرحلة التنفيذ والتشغيل .

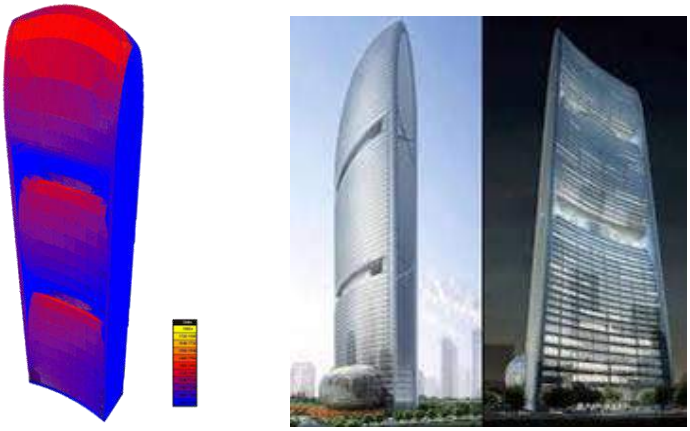
على سبيل المثال إستخدام برامج النمذجة والمحاكاة لتحليل توزيع درجة حرارة الهواء لتقييم أداء التهوية في بهو قاعة المحكمة الفيدرالية بالولايات المتحدة شكل (٢-١٠) ، و إستخدام برنامج ECOTECT للتنبؤ بكمية من الإشعاع الشمسي على الأسطح المختلفة في برج اللؤلؤ بالصين تمهيدا لإستخدام الخلايا الضوئية لتوليد الطاقة بالمبنى شكل (٢-١١)[١٨٩].



شكل (٢-١٠) المحكمة الفيدرالية بالولايات المتحدة الأمريكية، توزيع درجة حرارة الهواء ببهو قاعة المحكمة بمنتصف البرج كما هو موضح باللون الأخضر[١٩٠] .

[189] http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2007/5/1/Building-Information-Modeling-and-Green-Design/

[190] http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2007/5/1/Building-Information-Modeling-and-Green-Design/



شكل (٢-١١) مبنى برج اللؤلؤ بالصين ، إستخدام برنامج ECOTECT للتنبؤ بكمية من الإشعاع الشمسي على الأسطح المختلفة في البرج [١٩١].

فالمرونة تعد جزأ لا يتجزأ من تصميم عناصر المبنى حيث أنها إما أن تكون قد تم تغييرها أثناء التصميم لتتكيُّف مع المحيط البيئي للمبنى ، أو أن تكون مصممة لتتكيُّف ماديا " تتفاعل " مع محيطها [١٩٢].

ب- التأقلم :

إن التأقلم ليس فقط هام جدا للكائنات كى تتكيُّف مع التغيّرات البيئية ، لكنه أيضا يعد وظيفة أساسية لعناصر المبنى . فالكائنات الحية كما ذكرنا يمكن أن يختلف سلوكها لتتوافق مع الظروف البيئية المحيطة كنمو النبات بإتجاه الضوء أو صيام الدببة فى أوقات عدم توفر الغذاء أو حفر بيوتها تحت الثلوج لتنعم بالراحة . كذلك يمكن للمبانى أن تتأقلم مع الظرف البيئية المحيطة عن طريق إستخدام من المواد و الأنظمة التكنولوجية المختلفة التى تساعدها على ذلك . فالتكنولوجيا الحديثة لها أثرا كبيرا فى تطور سبل التأقلم فى المبانى .

ولعل من أبرز الأمثلة على إمكانية تصميم أنظمة المبنى لتتكيُّف مع التغيّرات البيئية هو قدرة غلاف المبنى على فتح أو غلق النوافذ للتحكم فى تدفق الهواء ودرجة الحرارة الداخليه للمبنى ، كما فى معهد العالم العربى بباريس ، والذى صمَمه المعمارى " Jean Nouvel " . وتم تصميم الواجهة بحيث يتم التحكم فى كمية الضوء داخل المبنى ومقدار الشفافية عن طريق إستخدام ٣٠٠٠٠ فتحة تتحرك كفتحة العدسات شكل (٢-١٢) ، يتم التحكم فيها بواسطة ٢٤٠ موتور بحيث تمكنها من تغيّر مساحة الفتحة وشكلها كل ساعة حسب شدة الإضاءة الخارجية المُقاسة .

[191] http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2007/5/1/Building-Information-Modeling-and-Green-Design/

[192] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin: Designing with the Concepts of Biological Adaptation, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

شكل (٢-١٢) مبنى معهد العالم العربى بباريس ، الواجهة الجنوبية للمبنى من الخارج[١٩٣].

شكل (٢-١٣) مبنى معهد العالم العربى بباريس من الداخل وتفاعلها مع محيطها البيئى[١٩٤].

وقد إستخدمت وحدة واحدة وتم تكرارها فى الواجهة الجنوبية بأكملها لتوفير الضوء وكمصدر للتدفئة. وهذه الفتحات لم تصمم لتُغيّر أوضاعها بشكل ثابت ولكن بدلا من ذلك تم إنشاء فواصل زمنية للتحكم فى نتائج قياس أجهزة الإستشعار وبالتالى تغيير وضع الفتحات سواء بالفتح أو الغلق لإدخال كمية الضوء المناسبة داخل الفراغات، شكل (٢-١٣).

ويتطلب التأقلم فى المبانى إلى وجود أنظمة تتغيّر والتى بدورها تتطلب أجزاء متحركة وهذه الأنظمة تسمى "Kinetic systems" . وتحتاج هذه الأنظمة إلى إشارة تخبرها بالوقت المناسب للإستجابة وهنا يطلق عليها "Responsive system" . وهذه الإشارة يمكن أن تكون فى منتهى السهولة كالضغط على مفتاح تشغيل المصباح أو أن تكون عبارة عن سلسلة من الأحداث التى تؤدى إلى هذه الإشارة . و تعطى أجهزة الإستشعار النظام القدرة على الشعور بالتغيّرات البيئية بحيث يمكن تغيير سلوك النظام حتى بدون وجود شخص يتحكم به[١٩٥]، وسوف يتم شرحها بالتفصيل فيما بعد.

193 http://econoclasm.blogspot.com.eg/2006/03/institut-du-monde-arabe.html
194 http://www.despiertaymira.com/index.php/2012/11/instituto-del-mundo-arabe/
195 Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

ج- التعلم :

فى السبعينات إقترح تشارلز إيستمان وضع ما يسمى بالتكيُّف المعمارى الشرطي "adaptive-conditional architecture "، حيث تقوم أجهزة الإستشعار بتسجيل التغيّر الذى يحدث ثم تقوم آليات التحكم علي حثْ المشغل الميكانيكي "actuator " لإحداث تغييرا فى النظام . وفى عام ١٩٨٣ أختُرعت الثرموستات ، الأمر الذى جعل فكرة إيستمان كانت ممكنة ولكن بعد ١٠٠ عام ، ولكن إيستمان إقترح آلية مختلفة للتحكم وهى الكمبيوتر . ومع تطور أجهزة الكمبيوتر ،أصبح هناك زيادة فى كمية المعلومات التى سوف يتم معالجتها مما يؤدى إلى الإهتمام بتطوير أنظمة المبنى الموزعة والتى يمكنها أن تستجيب للتغيّرات البيئية بطريقة مباشرة وأسرع من الأنظمة المركزية .

والآن أصبح التعلم الحاسوبى " الرقمى " جزءا هاما من التصميم المعماري بشكل كبير بإستخدام اللوغاريتمات الجينية "Genetic Algorithms" ، وهى عمليات محاكاة حاسوبية لعملية التطور، وشبكات الأعصاب الإصطناعية "Artificial Neural Networks" والتى سميَت بهذا الإسم لتشابهها مع قدرة العقل على التعرف على الظروف الناتجة عن التعرض المتكرر لمجموعة من المؤثرات. وهذه الأدوات الرقمية توضح إمكانيات خروج أنماط متطورة من السلوك تبعا لمجموعات من الإرشادات " المعايير" مع قدرة النظام على التطوير الذاتى لفهم المحيط الخارجى.

ويعد المنزل المتكيُّف " The Adaptive House " شكل (٢-١٤)، هو ذلك النوع من المبانى التى تستطيع أن تكيُّف سلوك أنظمتها من خلال إدراك طبيعة أنشطة شاغلى المبنى و إستهلاك الطاقة. فالفكرة الرئيسية لهذا المشروع أن هذا المنزل الذكى ليس قادرا فقط على أن يقوم ببعض الوظائف مثل الإضاءه أو التدفئة بدون وجود شخص يقوم بهذه الأشياء ، ولكن المنزل قادر أيضا على إتخاذ القرارات بل والتعلم من القرارات الخاطئة أيضا [١٩٦].

شكل (٢-١٤) المبنى المتكيُّف ،الواقع فى "Marshall, Colorado" [١٩٧]

[196] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

[197] Michael Mozer , 2005 , Lessons From An Adaptive House, University of Colorado .

وتمت برمجة المنزل مع مجموعة من السلوكيات الأولية التي يمكن تغييرها في محاولة للعثور على مجموعة أكثر كفاءة من الإستجابات ، وتبع ذلك تغيّر في السلوك حسب تقييم أداء هذا التغيير إما من خلال تحليل إستهلاك الطاقة الناتجة أو من خلال ردود الفعل من السكان. يقوم المبنى بعمل إستدلالات من تلك التحليلات وردود الأفعال كمرجع لمدى ملائمة الإستجابات المستقبلية . فعلى سبيل المثال ، إذا قام المبنى بغلق جهاز التدفئة وقام شاغلى المبنى بإعادة تشغيلة فيتعلم المبنى أن درجة الحرارة تلك والدرجات الأقل غير مقبولة لمستخدمى المبنى خلال نفس الظروف المناخية المستقبلية . ويتم ذلك بإستخدام شبكة أعصاب إصطناعية Artificial Neural Networks (ANN) لدعم خاصية التعلم لدى المبانى [١٩٨].

شكل (٢-١٥) غرفة المعيشة بالمبنى المتكيِّف، وأماكن أجهزة الإستشعار الداخلية[١٩٩].

شكل (٢-١٦) أماكن أجهزة الإستشعار " sensors " خارج المبنى[٢٠٠].

198 Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.
199 Michael Mozer , 2005 , Lessons From An Adaptive House, University of Colorado .
200 Michael Mozer , 2005 , Lessons From An Adaptive House, University of Colorado .

(٢-٣) أنظمة التكيُّف فى المبانى :

أدى التطور فى مجالات النمذجة وبرامج المحاكاة إلى ظهور العمارة التفاعلية "Interactive Architecture " ، فالكلمات : متكيّف Adaptive ، مستجيب Responsive ، حركى Kinetic و مرن Flexible تُستخدم جميعا للتعبير عن ذلك النوع الصاعد من العمارة ولكن وراء معنى كل من هذه الكلمات يظهر تأثير التغيّر . فنحن الآن بحاجة إلى مبانى تستجيب للتغيّرات المناخية للبيئة المحيطة وتتكيُّف معها ولكى يتم ذلك لابد أن تتسم بالمرونة كى تستطيع مواجهة خطر التغيّر المناخى الذى يواجهه العالم بأكمله [٢٠١].

هذا النوع من العمارة والذى يشار إليه بالعمارة المستجيبة "Responsive Architecture " والتى يمكن تعريفها بأنها هي تلك التي تقيس الظروف البيئية الفعلية (عن طريق أجهزة الاستشعار sensors) لتمكن المباني من أن تكيُّف تكوينها ، شكلها ، لونها أو طابعها إستجابةً لتلك الظروف البيئية (عبر المحركات actuators) ، فى تلك المبانى المستجيبة يتم دمج التقنيات الذكية والمستجيبة مع بقية عناصر المبنى ، فعلى سبيل المثال يمكن للمعمارى أن يقوم بدمج تلك التقنيات المستجيبة مع الهيكل الإنشائي للمبنى وبذلك يكون قد ربط شكل المبنى بالبيئة المحيطة يتغيّر بالتغيّرات الحادثة فى بيئته [٢٠٢].

ويحتاج هذا المبنى المتكيُّف " المستجيب " لوجود مجموعة من التقنيات الذكية والمستجيبة التى تمكنه من التفاعل أو الاستجابة مع التغيّرات البيئية ، والتى تتكامل مع تصميم المبنى وبقية عناصره ليوفر الراحه لمستخدميه . وسوف نتعرف على هذه التقنيات والأنظمة فيما يلى .

---

[201] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

[202] http://en.wikipedia.org/wiki/Responsive_architecture

(٢-٣-١) الأنظمة الحركية " Kinetic Systems " :

ترجع كلمة Kinetic فى اليونانية إلى (kinesis) التى تتعلق بالحركة والتى تشير أيضا إلى إستجابة الكائن الحي إلى نوع معين من العوامل المحفزة فى علم الأحياء [٢٠٣]. والحركة أمر ضروري لجميع أشكال الحياة .ومن خلال الحركة يمكن للكائنات الحية (على حد سواء الحيوانية والنباتية) تغذية أنفسهم، والتكيُّف مع البيئة والتكاثر وبالتالي استمرار بقاء كل الأنواع . على سبيل المثال الحركة فى النباتات تنشأ نتيجة مؤثرات خارجية تعمل على حركة أجزاء معينه من النبات للتفاعل مع هذه المؤثرات، كإستجابة النبات للضوء والنمو فى إتجاه مصدر الضوء ،شكل (٢-٢).

أما على المستوى المعماري ، عرَف ميشيل فوكس ومجموعة من الباحثين فى

"MIT's Kinetic design group"، العمارة الحركية على أنها المبانى ذات العناصر المتغيّرة الموقع أو الشكل الهندسى كحركة ميكانيكية[٢٠٤] .

فالأنظمة الحركية هى أنظمة ميكانيكية تستخدم فى تصميم المبنى بحيث تعطي القدرة لأجزاء معينة من هيكل المبنى على الحركة دون التأثير على سلامة الهيكل ككل. وتستخدم هذه الأنظمة بالمبنى إما لتعزيز الصفات الجمالية للمبنى أو الاستجابة للظروف البيئية أو أداء مهام أخرى غير متاحة بالأنظمة الثابتة لهيكل المبنى وهذه الأنظمة يمكن أن تكون عناصر أو فراغات معمارية يمكنها أن تعيد تشكيل نفسها لتلبية إحتياجات التغيّر[٢٠٥] . و عند إختيار الحلول الهيكلية الحركية بالمبنى لابد من الأخذ فى الإعتبار، طرق ووسائل تشغيل الأنظمة الحركية . فالطرق يتم وصفها بالحركات الميكانيكية والتى يمكن أن تؤديها الحلول الهيكلية الحركية ، وقد تكون من بين هذه الطرق : الطيَ " folding" ، الإنزلاق "sliding" ، التمدد "expanding" أو التحول " transforming " من حيث الحجم أو الشكل .

أما الوسائل فيمكن وصفها كمصدر التحكم فى التشغيل والتى يمكن أن تؤدي بواسطة الحلول الهيكلية الحركية ، وقد تكون من بين هذه الوسائل : التى تعمل بالهواء المضغوط ، كيميائية ، مغناطيسية ، طبيعية أو ميكانيكية ، وقد تكون وسائل حسابية [٢٠٦].

---

[203] http://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_architecture
[204] http://www.adifitri.com/kinetic/kine01.html
[205] http://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_architecture
[206] http://www.adifitri.com/kinetic/kine03.html

(٢-٣-١-١) أنواع الأنظمة الحركية :

تصنف الأنظمة الحركية إلى ثلاثة أنواع هى :

أ- الهياكل الحركية الضمنية " Embedded Kinetic Structure " :

هى أنظمة توجد ضمن مجموعة معمارية كبيرة فى مواقع ثابتة ، ومهمتها الأساسية هى التحكم فى النظام المعماري الأكبر إستجابة للعوامل المتغيّرة [٢٠٧].

ويعد المبنى الإداري لشركة Kiefer technic بأستراليا ، والذى تم تصميمه بواسطة Ernst Giselbrecht + Partner ، مثالا على " Embedded Kinetic Structures " والذى تم تصميم واجهة المبنى كهيكل حركى يتضمن محركات طولية تتحكم فى حركة الوحدات المكونة للواجهة وهى عبارة عن وحدات شريطية من ألواح الألومنيوم المثقبة والتى تغيّر من شكلها أوتوماتيكيا كل يوم وكل ساعة إستجابة لشدة الاشعاع الشمسى لتوفير كمية إضاءة طبيعية مناسبه داخل الفراغ والحماية من أشعة الشمس ، متكيّفة بذلك مع البيئة الخارجية للمبنى ويمكن أيضا أن تتكيّف الوحدات بشكل فردي مع الظروف والإحتياجات المتغيّرة [٢٠٨].

شكل (٢-١٧) واجهة مبنى شركة Kiefer technic بأستراليا ، والوضعيات المختلفة للواجهة أثناء الحركة[٢٠٩].

---

207 http://www.adifitri.com/kinetic/kine03b.html

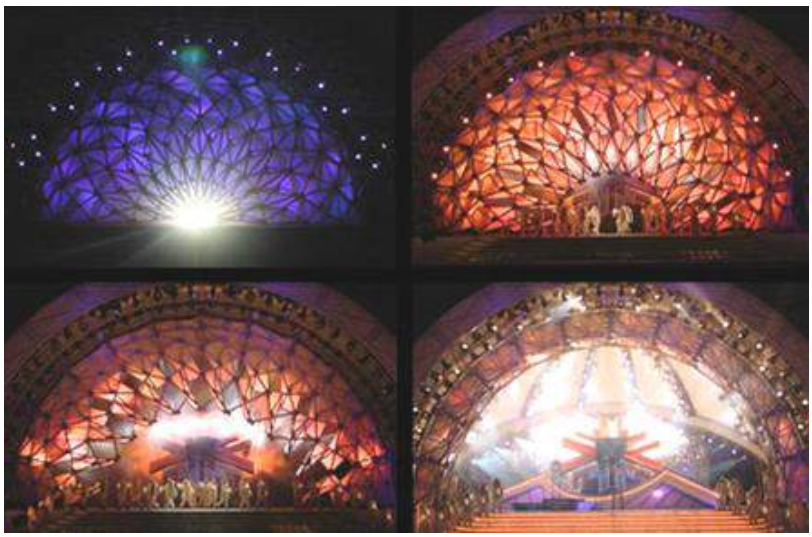
208 http://www.dailytonic.com/dynamic-facade-kiefer-technic-showroom-by-ernst-giselbrecht-partner-at/

209 http://www.dailytonic.com/dynamic-facade-kiefer-technic-showroom-by-ernst-giselbrecht-partner-at/

ب- الهياكل الحركية المتحولة " Deployable Kinetic Structures " :

الهياكل الحركية المتحولة عادة ما توضع في موقع مؤقت وتكون قابلة للنقل بسهولة، و مثل هذه الأنظمة لها القدرة على أن يتم إنشاؤها أو تفكيكها والعكس بالعكس ، حيث أنها قادرة تغيير شكلها من الشكل المضغوط أو المدمج إلى شكل أكبر حجما[٢١٠]. و يوضح شكل (٢-١٨) نموذج "Chuck Hoberman" للهياكل المتحولة وكيفية تغيّر شكلها وحجمها تدريجيا نتيجة وجود وصلات أشبه بالمقص تمكنها من التحول .

شكل (٢-١٨) نموذج Chuck Hoberman للهياكل المتحولة [٢١١].



شكل (٢-١٩) الأوضاع المختلفة لـ Hoberman Arch بمسرح بلازا الميداليات الأوليمبية Stage at Olympic Medals Plaza ، الولايات المتحدة ٢٠٠٢[٢١٢].

[210] http://www.adifitri.com/kinetic/kine03a.html
[211] http://www.hoberman.com/

ويعد "Hoberman Arch" ، شكل (٢-١٩) من الأمثلة الهامة على الهياكل الحركية المتحولِة Deployable Kinetic Structures ، وهو عبارة عن هيكل ضخم متحرك تم إنشاؤه فى مقدمة مسرح بلازا الميداليات الأوليمبية بالولايات المتحدة عام ٢٠٠٢ م . تتحرك كل الوحدات فى هذا الهيكل لتكشف عن الشعلة الأوليمبية وراءها [٢١٣].

شكل (٢-٢٠) المظلات الموجودة بساحة المسجد النبوي الشريف بالمدينة المنورة ، يمين المظلات مغلقة – يسار المظلات تبدأ بالحركة – أسفل المظلات بعد فتحها [٢١٤] .

أيضا مظلات المسجد النبوي الشريف بالمدينة المنورة ، شكل (٢-٢٠) تعد مثال آخر على الهياكل الحركية المتحولةDeployable Kinetic Structures ، فالهيكل الحديدي للمظلة الواحدة يتكون من أسطوانة علوية تحتوي على التلسكوب ووحدة التشغيل، ثماني دعامات علوية، ثمانية أذرع داخلية، ثماني دعامات سفلية، أربعة أذرع قطرية، ثمانية أذرع مساندة للأذرع القطرية، أربعة أذرع وسطية وثمانية أذرع مساندة للأذرع الوسطية، تعمل بنظام آلي لفتحها وإغلاقها [٢١٥].

---

212 http://www.adaptivebuildings.com/past-collaborations.html
213 http://www.adaptivebuildings.com/past-collaborations.html
214 http://wmn.gov.sa/index.cfm?do=cms.conarticle&contentid=7875&categoryid=401
215 http://wmn.gov.sa/index.cfm?do=cms.conarticle&contentid=7875&categoryid=401

ج- الهياكل الحركية الديناميكية " Dynamic Kinetic Structures " :

الأنظمة الحركية الديناميكية ، هى أنظمة توجد ضمن مجموعة معمارية كبيرة أيضا ، و لكنها تعمل بشكل مستقل مع مراعاة التحكم فى المحتوى الأكبر . وقد تشمل كاسرات الشمس ، الأبواب ، الأسقف أو الحوائط ، فعلى سبيل المثال يمكن أن يكون سقف أحد المسارح مصمم بحيث يمكنه التغيّر بشكل مستقل فوق الحضور للحصول على أفضل خواص صوتية داخل الفراغ [٢١٦].

وهناك العديد من الأمثلة من المبانى التى إستخدمت هذه الأنظمة من أهمها مبنىDesign Hub بالمعهد الملكى للتكنولوجيا بميلبورن (RMIT) من تصميم Sean Godsell Architects . صُمم غلاف المبنى من طبقتين ، تتكون الطبقة الخارجية مما يقرب من ١٦٢٥٠ قرص من الزجاج الشفاف المتكررة على أربعة مستويات بالمبنى الرئيسى المكون من ٨ طوابق . وتقوم مجموعات معينة من تلك الأقراص بالحركة إستجابة لحركة الشمس ، فتقوم الأقراص بالدوران حول محور عمودى فى ثلاث واجهات وحول محور أفقى فى الواجهة الرابعة لتقليل الحرارة المكتسبة من الشمس على مدار اليوم [٢١٧].

شكل (٢-٢١) الحركة الديناميكية لواجهة مبنى Design Hub (المعهد الملكى للتكنولوجيا بميلبورن (RMIT) إستجابة لحركة الشمس[٢١٨].

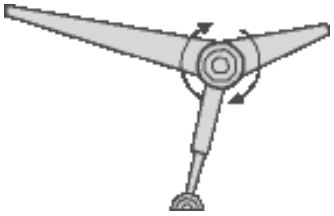
[216] http://www.adifitri.com/kinetic/kine03a.html
[217] http://archrecord.construction.com/projects/portfolio/2013/05/1305-RMIT-Design-Hub-Sean-Godsell-Architects.asp
[218] http://archrecord.construction.com/projects/portfolio/2013/05/1305-RMIT-Design-Hub-Sean-Godsell-Architects.asp

(٢-٣-١-٢) نظم التحكم فى الأنظمة الحركية :

التحكم فى الأنظمة الحركية هى وظيفة لملائمة والاستجابة للإحتياجات المتغيّرة . ويعد التحكم فى حركة الأنظمة الحركية أمر أساسى للمسائل المتعلقة بأساليب التصميم والإنشاء ، القدرة التشغيلية والصيانة بالإضافة إلى المسائل المتعلقة بالتفاعل مع الإنسان والمحيط البيئى .

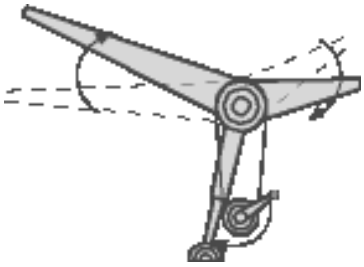
و يتم التحكم فى الأنظمة الحركية بطرق مختلفة ، نخص بالذكر منها ستة أنواع عامة هى [٢١٩] :

أ- التحكم الداخلى " Internal Control " :



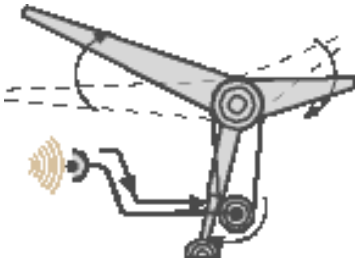
الأنظمة فى هذا التصنيف تحتوى على الرقابة الداخلية فيا يتعلق بالمعوقات الملازمة للدوران أو الإنزلاق الإنشائي . ويقع فى هذا التصنيف الهياكل الحركية المتحولة Deployable Kinetic Structures والقابلة للإنتقال ، تلك الأنظمة تمتلك إمكانية الحركة الميكانيكية من الناحية الإنشائية ولكن ليس لديها أى آداة أو آلية للتحكم المباشر .

ب- التحكم المباشر " Direct Control " :



فى هذا التصنيف يتم تشغيل الحركة عن طريق أحد مصادر الطاقة المتعددة سواء كان محركات كهربائية أو طاقة بشرية ، إستجابة للظروف البيئية .

ج- التحكم الغير المباشر " In-Direct Control " :

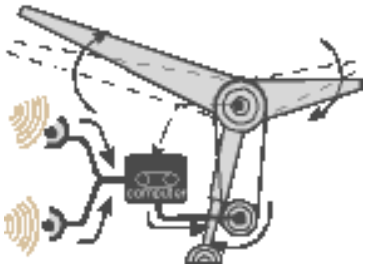


فى تلك الأنظمة ، يتم تشغيل الحركة نتيجة معلومات تأتى من أجهزة الإستشعار بالمبنى . حيث يبدأ النظام الأساسى للتحكم مع مدخل خارجى لجهاز الإستشعار ، ثم يقوم جهاز الإستشعار بنقل رسالة إلى جهاز التحكم، ويولى جهاز التحكم تعليمات تشغيل أو توقف الحركة إلى مصدر الطاقة . وبذلك يمكن تعريف نظام التحكم الغير مباشر بأنه تحكم ذاتى فردي إستجابة لحافز فردي.

---

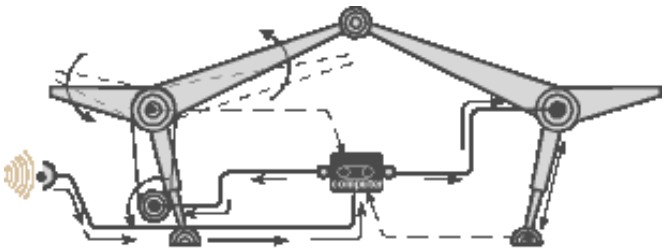
[219] http://www.adifitri.com/kinetic/kine03b.html

د- التحكم الغير مباشر المستجيب "Responsive In-Direct Control " :



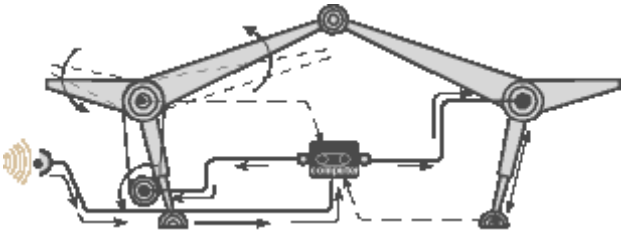
النظام الأساسي للعملية كما هو فى انظمة التحكم الغير مباشر ، ولكن قد يأخذ جهاز التحكم بعض القرارات بناءا على مدخلات العديد من أجهزة الإستشعار وإتخاذ القرار الأمثل وإرساله لمصدر الطاقة لتشغيل حركة عنصر ما بالمبنى .

هـ- التحكم الغير مباشر المستجيب الكلى " Ubiquitous Responsive In-Direct Control "



الحركة في هذا النظام هى نتيجة للعديد من أجهزة الاستشعار و المحركات ، حيث يعمل كل زوج معا ككل فى شبكة واحدة . وهنا يحتاج نظام التحكم إلى ملاحظات أو تحكم حاسوبى يقوم بالتنبؤ و التكيُّف أوتوماتيكيا .

و- التحكم الغير مباشر المستجيب الموجّه " Heuristic Responsive Indirect Control ":



الحركة في هذا النظام تقوم على حركة مستجيبة ذاتية التعديل إما فردية أو كلية ، مثل هذه الأنظمة تدمج قدرة التوجيه أو التعلم فى آلية التحكم . ويتعلم النظام من خلال تكيّف ناجح تم تجربته لتحسين نظام فى بيئة تستجيب للتغيّر .

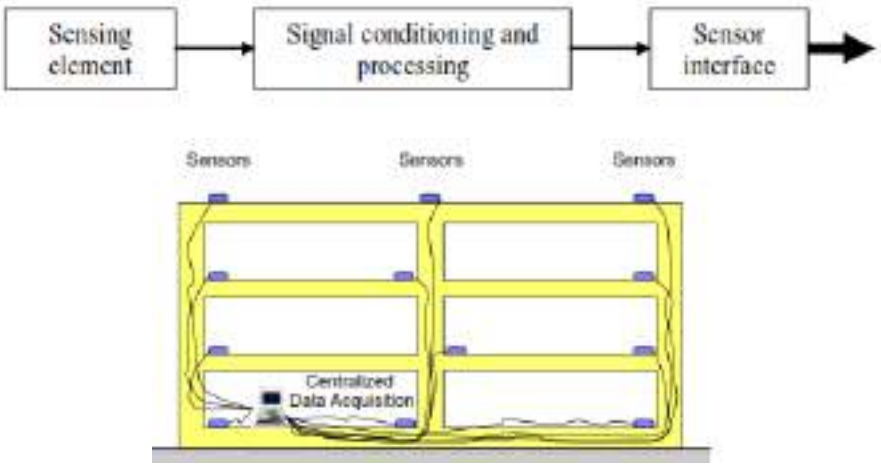
ويمكن الجمع بين نظامين أو أكثر من أنظمة التحكم للحصول على أفضل أداء للأنظمة الحركية فى التكيُّف مع التغيّرات البيئية وملائمة إحتياجات مستخدمي المبنى من الراحة .

(٢-٣-٢) الأنظمة المستجيبة " Responsive Systems " :

الاستجابة "Responsiveness" كمفهوم يتبع علوم الحاسب الآلى يشير إلى قدرة النظام على أداء مهام معينة فى فترة زمنية محددة [٢٢٠] . أما على المستوى المعماري يمكن تعريف الاستجابة على أنها هى الاستجابة للتقلبات البيئية الديناميكية لتحقيق أقصى قدر من التعايش البشرى مع الطبيعة ، خلق فراغات أكثر إنتاجية وإنتعاشا .بالإضافة إلى التقليل من إستهلاك الطاقة المستنفذه فى وحدات تكييف الهواء والإضاءة [٢٢١]. والأنظمة المستجيبة بالمبانى هى أنظمة تستخدم تقنيات ذكية تعطى النظام القدرة على الشعور بالتغيّرات البيئية مما يعطى إشارة للنظام لتغيير سلوكه تلقائيا ليتوافق مع تلك التغيّرات ، ويطلق عليها أجهزة الإستشعار "Sensors" [٢٢٢] . و أجهزة الإستشعار عامة ، عبارة عن جهاز تم تصميمه للحصول على معلومات من وحدة ما وتحويلها إلى إشارة كهربائية . وهى إما تقليدية " Traditional Sensors " ، أو ذكية " Smart Sensors " [٢٢٣].

وتتكون أجهزة الإستشعار التقليدية " Traditional Sensors " المتكاملة من ثلاث أجزاء هى :

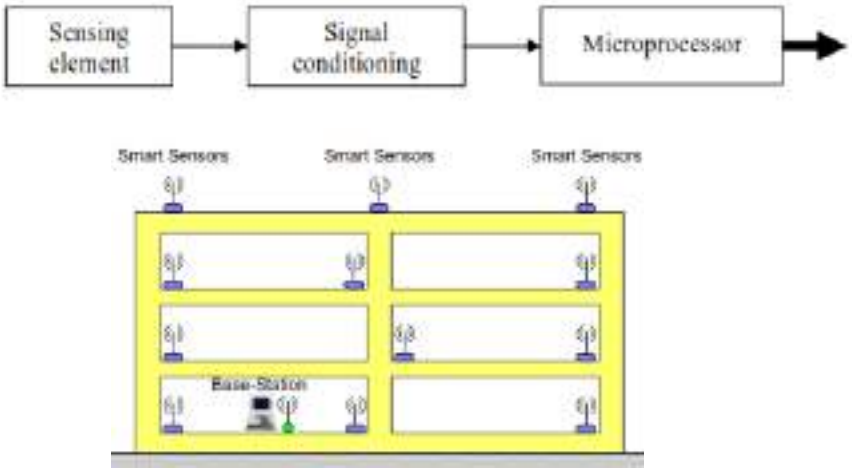
١. عنصر الاستشعار عن بعد " the sensing element " كالمقاومات ، المكثف، الترانزستور.
٢. تجهيز الإشارة وتكييفها " signal conditioning and processing " .
٣. وصلة الإستشعار "Sensors Interface " كالأسلاك ، المقابس ومآخذ التواصل مع المكونات الإلكترونية الأخري .



شكل (٢-٢٢) مكونات أجهزة الإستشعار التقليدية [٢٢٤] .

220 http://en.wikipedia.org/wiki/Responsiveness
221 Y. Kodama,2008, Responsive Building Elements in architecture, IEA ECBCS program, Delft .
222 Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington
223 http://sstl.cee.illinois.edu/papers/Smart_Sensing_Technology.pdf
224 http://sstl.cee.illinois.edu/papers/Smart_Sensing_Technology.pdf

أما أجهزة الإستشعار الذكية فتختلف عن التقليدية بوجود microprocessor ، والذي يعطيها قدرات الذكاء . فهذه المعالجات عادة ما تستخدم فى المعالجة الرقمية ، الحسابات و ربط الوظائف والتى يمكنها أن تسهل عمليات التشخيص الذاتى ، التحديد الذاتى ،التكيُّف الذاتى (صنع القرار). تستطيع أيضا أن تقرر متى تقوم بتفريغ أو تخزين البيانات ، وتتحكم بالوقت التى تعمل به بشكل كامل لتوفير الطاقة والفترة التى تلزم لذلك [٢٢٥].



شكل (٢-٢٣) مكونات أجهزة الإستشعار الذكية [٢٢٦] .

لتحقيق إستجابة النظام ،يمكن إستخدام جهاز إستشعار واحد للسيطرة على نظام بأكمله ، أو إستخدام عدد من أجهزة الإستشعار إذا كان النظام يحتوى على عدد أكبر من العناصر ، هذا القرار يتأثر بكيفية إستجابة النظام المحددة مع التغيّرات التى تحدث بالبيئة المحيطة . وإذا كان كل عنصر بالنظام لديه مجموعة من أجهزة الإستشعار يمكن أن يعمل بشكل مستقل عن العناصر الأخرى ، يكون هناك تساؤل عما إذا كانت الاستجابة الإجمالية للنظام سوف تكون موفقة أم لا ، فلابد من التكامل فيما بين الأنظمة المختلفة بالمبنى لكي يصل إلى النتيجة المرجوة وهى التكيُّف مع التغيّرات البيئية المختلفة . وعند تصميم أى نظام لابد أن يتم تحديد سرعة وكيفية إستجابة النظام ، ومدى إحتياج المبنى لوجود أنظمة مستجيبة ، حيث لابد من الإتزان بين تحسين أداء النظام وبين الطاقة اللازمة لتحسين ذلك الأداء.[٢٢٧]

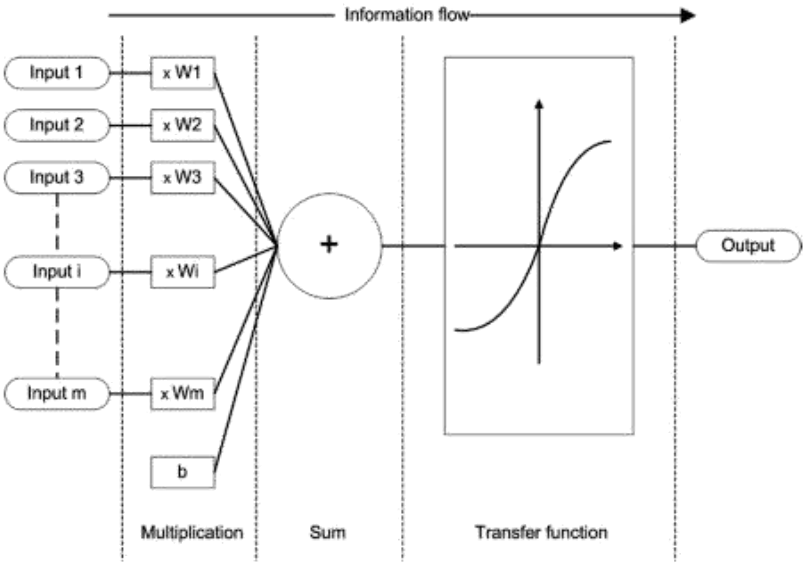
[225] http://sstl.cee.illinois.edu/papers/Smart_Sensing_Technology.pdf
[226] http://sstl.cee.illinois.edu/papers/Smart_Sensing_Technology.pdf
[227] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin: Designing with the Concepts of Biological Adaptation, Master of Science in Design Computing, University of Washington

(٢-٣-٣) شبكة الأعصاب الإصطناعية "Artificial Neural Networks" :

يستخدم الذكاء الاصطناعى " Artificial Intelligence " كنظام يحاكى قدرة عقل الإنسان على معالجة المعلومات عن طريق التعلم ، الإستنتاج وإتخاذ القرارات . وعلى الرغم من الجهود المبذولة فى هذا المجال إلا أن هذه العمليات لا تزال لا تقترب من التعقيد الحقيقي للذكاء الطبيعى ، الإدراك ، الشعور اللاإرادي الحسي ، الراحة وردود الفعل .

وجاءت شبكات الأعصاب الإصطناعية " ANN" لتقترب من الهدف حيث أنها قادرة على التعامل مع المشاكل الأكثر تعقيدا والتي لا يمكن ببساطة أن توصف من قِبل مجموعة من القواعد المحددة سلفا أو أنماط السلوك. فتلك الشبكة العصبية هى محاولة لإعادة إنشاء شبكات صناعية تقوم بمحاكاة وظائف معالجة المعلومات من قِبل خلايا العقل ، كإدراك وتحمل الخطأ[٢٢٨].

شبكة الأعصاب الصناعية عبارة عن نموذج حسابى يحاول محاكاة هيكل ووظائف شبكة الأعصاب البيولوجية ، وتمثل الخلايا العصبية الصناعية البنية الأساسية لكل شبكة أعصاب صناعية . كل خليه لديها ثلاث أدوار هى : الضرب ، الجمع والتفعيل ، فعند مدخل كل خلية يتم تقييم المدخلات ثم تأتى عملية الجمع ثم التفعيل والتى تسمى أيضا بعملية النقل ،شكل (٢-٢٤). ولا يعطى هذه الخلايا القدرة على القيام بمهمتها إلا عند ربطها لتكوين شبكة الأعصاب الصناعية، شكل (٢-٢٥) [٢٢٩].

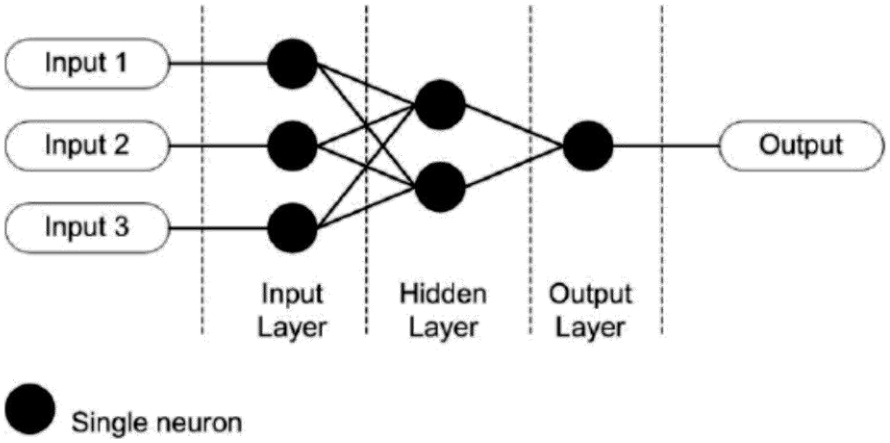


شكل (٢-٢٤) طريقة عمل الخلايا العصبيّة الصناعية[٢٣٠] .

[228] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Oxford.

[229] A. Krenker, J. Bešter and A.Kos, Introduction to the Artificial Neural Networks, University of Ljubljana, Slovenia.

[230] A. Krenker, J. Bešter and A.Kos, Introduction to the Artificial Neural Networks, University of Ljubljana, Slovenia.



شكل (٢-٢٥) مثال لشبكة أعصاب صناعية بسيطة[٢٣١].

وتقوم مجموعة الخلايا العصبية الصناعية بوظائف الضرب، الإجمال والتفعيل لتحديد ما هى المخرجات الخاصه بهم ، ثم يتم تصفية المدخلات وتعديلها بواسطة الوصلات البينية ، وتعمل سلسلة من عوامل الترجيح إلى تضخيم أو تخفيف الإشارة الناتجة . وتوفر أنظمة شبكات الأعصاب الصناعية " ANN" القدرة على التعلم ، تحديد البيانات وتصنيفها ، مهارة التعامل مع الأخطاء الثانوية أو المدخلات غير المكتملة ،والأهم من ذلك التكيُّف بإيجاد حلول مع مرور الوقت للتوازن مع الظروف المتغيّرة[٢٣٢] .

ويتم دمج الخلايا العصبية الصناعية بعدة طرق يمكن تقسيمها إلى تصنيفين أساسيين هما[٢٣٣]:

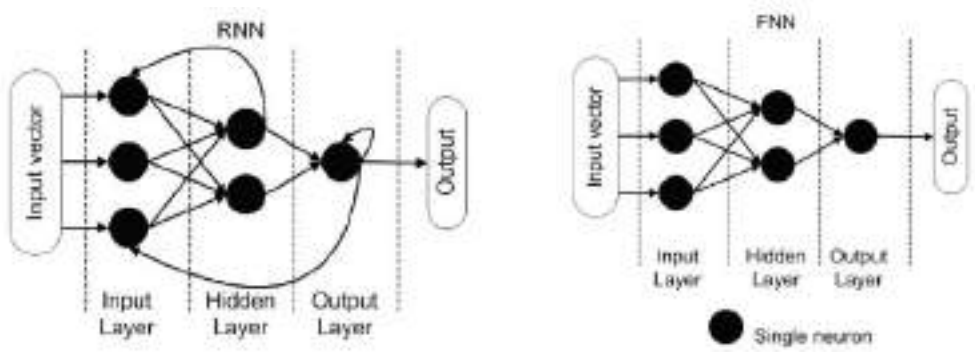
أ- **Feed-forward topology (FNN) :**

وفيه تتدفق المعلومات من المدخلات إلى المخرجات فى إتجاه واحد ، شكل (٢-٢٦) يمين . وأبسط شبكة بنظام (FNN) هو مستقبل فردي قادر فقط على تعلم مشاكل خطية منفصلة ، والشبكى متعددة الطبقات بنظام (FNN) تستخدم لغرض الوصف التحليلي .

[231] A. Krenker, J. Bešter and A.Kos, Introduction to the Artificial Neural Networks, University of Ljubljana, Slovenia.
[232] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House, Oxford.
[233] A. Krenker, J. Bešter and A.Kos, Introduction to the Artificial Neural Networks,University of Ljubljana, Slovenia.

ب- **Recurrent topology (RNN) :**

وفيه يكون بعض من تدفق المعلومات ليس فقط في إتجاه واحد من المدخلات إلى المخرجات ولكنه يكون أيضا فى الإتجاه المعاكس، شكل (٢-٢٦) يسار . مما يسمح للنظام أن يُظهر سلوك زمنى ديناميكى ، ويمكن لهذا النظام إستخدام الذاكرة الداخلية لمعالجة أى تسلسل من المدخلات.



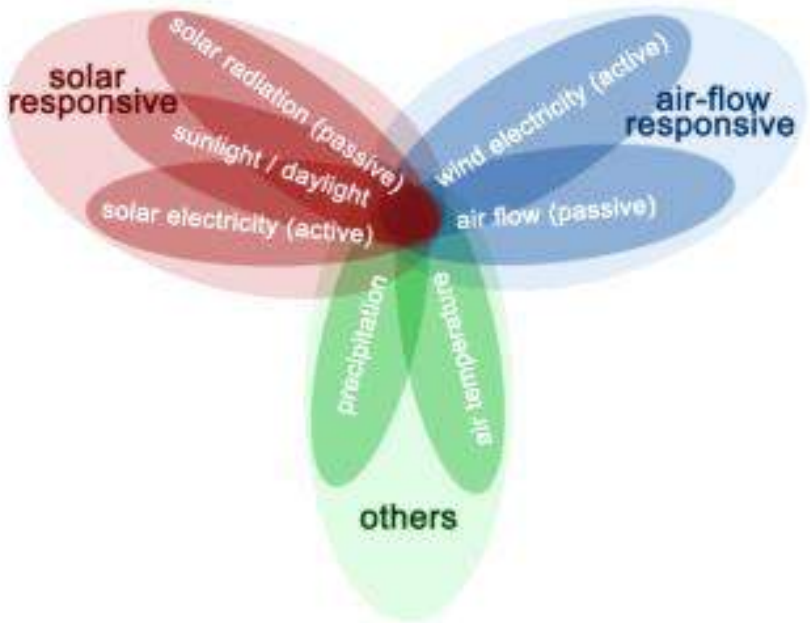
شكل (٢-٢٦) يمين شبكة بنظام (FNN) ، يسار شبكة بنظام(RNN) [٢٣٤] .

فعند إختيار الطريقة الملائمة لبناء شبكة الأعصاب الصناعية ، نكون قد أنجزنا نصف المهمة قبل أن نتمكن من إستخدام هذه الشبكة العصبية الإصطناعية من أجل حل مشكلة معينة. ومثلما تحتاج شبكات الأعصاب البيولوجية لتعلم إستجاباتها لمدخلات معينة من البيئة المحيطة فشبكة الأعصاب الصناعية فى حاجة إلى أن تفعل الشئ نفسه إستجابة للتغيّرات البيئية .

[234] A. Krenker, J. Bešter and A.Kos, Introduction to the Artificial Neural Networks,University of Ljubljana, Slovenia.

(٢-٣-٤) الأنظمة الحركيّة المستجيبة :

نخلص مما سبق أن الاستجابة هنا هى الاستجابة للمتغيّرات المناخية بالبيئة المحيطة عن طريق سلوكيات مادية واضحة لمكونات المبنى ، حيث يتكامل أنظمة التكيُّف من أنظمة حركيّة و أنظمة التحكم المختلفة و أنظمة مستجيبة مع بعضها لتنتج لنا ما يسمى بالأنظمة الحركيّة المستجيبة لتتكيُّف مع التغيّرات البيئية المحيطه لتحسين أداء المبنى . و تتغيّر الأنظمة الحركية إستجابة لقوى المناخ لذا يمكن تصنيفها إلى أنظمة مستجيبة ذات خواص تتعلق بالإستجابه للإشعاع الشمسى ، ضوء النهار ، حركة الهواء، درجة حرارة الهواء أو أى ظروف مناخية أخري ، ويمكن أن قد توجد هذه الخواص بشكل منفصل في النظام أو يتم الجمع بين عدة أنظمة فى تصميم المبنى[٢٣٥] .



شكل (٢-٢٧) الأنظمة الحركية المستجيبة للقوي المناخية المختلفة [٢٣٦].

[235] J. Wang, L.O. Beltrلn, Ph.D., J. Kim, From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes , A&M University, Texas.

[236] J. Wang, L.O. Beltrلn, Ph.D., J. Kim, From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes , A&M University, Texas.

وهناك العديد من الأمثلة من المبانى المزودة بأنظمة حركية مستجيبة منها :

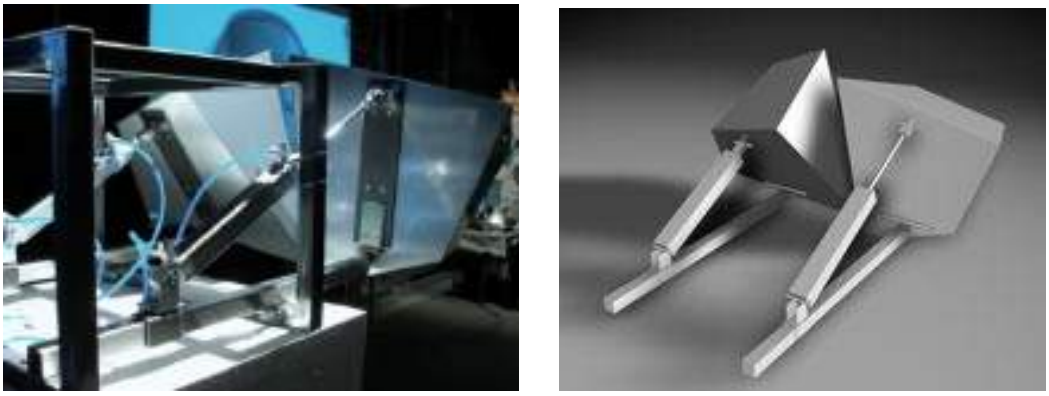
أ- مبنى **The FLAR** [٢٣٧] **:**

يعد مبنى " The Flare " (تصميم" Staab Architects " ، برلين) أحد الأمثلة التى توضح آلية عمل الأنظمة الحركية المستجيبة . حيث تم تصميم هيكل المبنى من رقائق معدنية عاكسة للضوء ، قادرة على الدوران فى إتجاهات مختلفة متفاعلة مع ضوء النهار.

شكل (٢-٢٨) إستخدام نظام The Flare فى واجهة المبنى وطريقة حركته [٢٣٨].

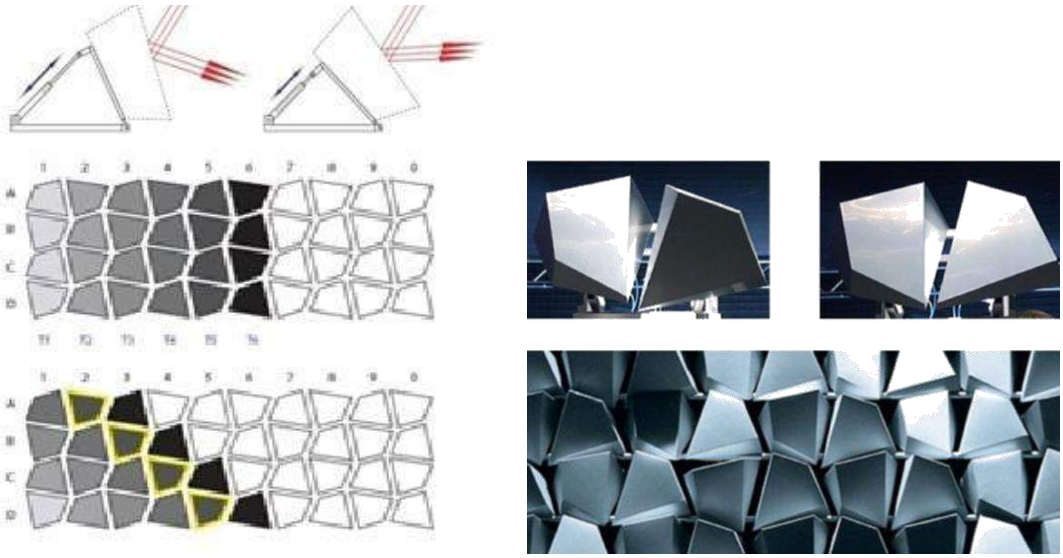
ويتكون نظام واجهة The Flare من عدد من الرقائق المعدنية القابلة للإمالة مدعومة بإسطوانات من الهواء المضغوط ، يمكن التحكم بها كل على حدى. ويتم التحكم فى الرقائق بواسطة أجهزة الحاسب الآلي التى تغيّر شكل حركة تلك الرقائق مع وجود أجهزة إستشعار بالداخل والخارج ليتم التواصل بين الأنشطة التى تقام بالمبنى ونظام الواجهة The Flare والبيئة الخارجية .

[237] http://www.flare-facade.com
[238] http://www.flare-facade.com



شكل (٢-٢٩) مكونات نظام The Flare [٢٣٩] .

تقوم الرقائق المعدنية بعكس منظر السماء أو ضوء النهاء عندما تكون فى الوضع الرأسي ، وعند إمالة الرقائق للأسفل بواسطة أجهزة الحاسب الآلي المتحكمة فى مكبس الهواء الخلفى ليتم تظليلها وتبدو كوجه مظلم . وفى نفس الوقت التى تتحرك فيه الرقائق لتعكس أشعة الشمس تقوم بتحويل واجهة المبنى من الشكل الثابت الصلب إلى غلاف مفرغ يمكن إختراقه .



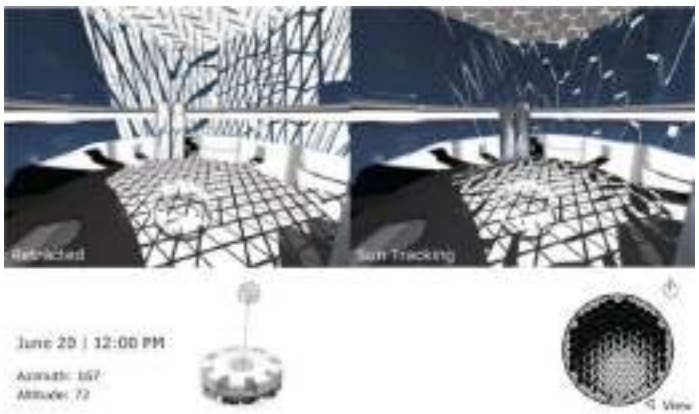
شكل (٢-٣٠) تأثير حركة الرقائق المعدنية المكونة لنظام The Flare (يمين)، إختلاف تأثير حركة أجزاء النظام مع تغيّرالزمن (يسار) ، حيث وجود أجزاء مظلمة فى حين وجود أجزاء تعكس ضوء النهار وكأنها قطعة من السماء [٢٤٠].

239 http://www.flare-facade.com
240 http://www.flare-facade.com

ب- مدينة العدالة فى مدريد " Madrid's City of Justice " [٢٤١] :

مبنى محكمة الإستئناف"Audiencia Provincial" ، من تصميم فوستر وشركاه ،وقد تم تصميم المبنى بحيث يكتسب أقل كمية إشعاع شمسى مع السماح بالإضاءة الطبيعية به ، حيث تم إستخدام وحدات تظليل فى الفناء المركزي للمبنى جنبا إلى جنب مع الثمانية أفنية الجانبية . فالسقف مغطى بمجموعة من الألواح السداسية الشكل من تنفيذ Hoberman، بإمكانها أن تمتد لتغطى السقف أو تختفى فى النظام الهيكلى للسقف ،وذلك عن طريق أنظمة الإستشعار لشدة سطوع الشمس وكمية الإضاءة فى الفراغ وبالتالى تتحكم فى حركة وحدات التظليل ، لتتفاعل بذلك مع البيئة المحيطة وتستفيد من معطياتها الطبيعية من إضاءة طبيعية وتوفر الراحة مع كفاءة إستهلاك الطاقة بالمبنى، شكل (٢-٣٠).

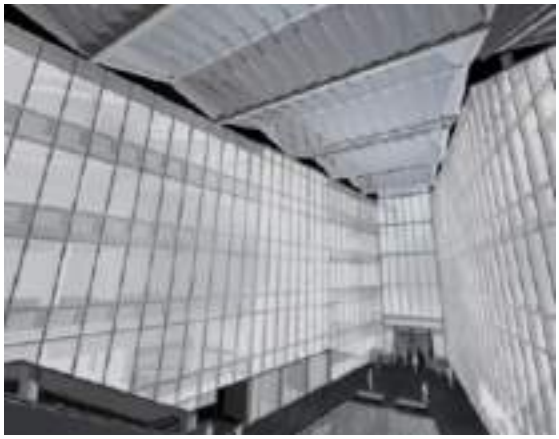
شكل (٢-٣١) يمينا سقف البهوالرئيسى بمبنى محكمة الإستئناف ، يسارا طريقة حركة وحدات التظليل فى السقف[٢٤٢].



شكل (٢-٣٢) تفاعل وحدات التظليل بسقف مبنى محكمة الإستئناف مع حركة الشمس[٢٤٣].

241 www.hoberman.com/soq/HobermanSOQ.pdf
242 www.hoberman.com/soq/HobermanSOQ.pdf
243 www.hoberman.com/soq/HobermanSOQ.pdf

مبنى المحكمة العليا " **Tribunal Superior de Justicia** " ، من تصميم فوستر وشركاه . وكما هو فى مبنى الإستئناف تم تصميم المبنى بحيث يكتسب أقل كمية إشعاع شمسى مع السماح بالإضاءة الطبيعية به ، حيث تم إستخدام وحدات تظليل فى الفناء المركزي للمبنى ذو المسقط شبه المنحرف وتم تغطية السقف بمجموعة من الألواح ذات اربعة جوانب من تنفيذ Hoberman ، بإمكانها أن تمتد لتغطى السقف أو تختفى فى النظام الهيكلى للسقف ، وذلك عن طريق أنظمة الإستشعار لشدة سطوع الشمس وكمية الإضاءة فى الفراغ وبالتالى تتحكم فى حركة وحدات التظليل .



شكل (٢-٣٣) سقف فناء مبنى المحكمة العليا ، وحركته على مدار اليوم [٢٤٤].

[244] www.hoberman.com/soq/HobermanSOQ.pdf

(٢-٤) تصميم المبانى للتكيُّف مع تغيّر مناخى قدره ٣ درجات مئوية:

(٢-٤-١) الوضع الراهن وتحديّات المستقبل :

لتكون هناك رؤية واضحة للمضى قدما فى تكيُّف البيئة المبنية مع التغيّر المناخى ، يمكن أن نركز على التصميم لتغيّر مناخى مقدارة ٣ درجات مئوية . فمن خلال بعض السيناريوهات المتوقعة لتغيّر المناخى تم وضع الجدول التالى كنموذج أولى من الإتجاهات التى قد تشارك فى التنبؤ بمناهج مختلّة وظيفيا أو متكيُّفة " الجزء المظلل " مع الإرتفاع فى درجات الحرارة فى البيئة المشيدة جدول (٢-١) [٢٤٥].

درجة الحرارة	المبانى Buildings	المجتمعات Communities	البنية التحتية Infrastructure	قدرة النظام System capacity
حتى ١ ° س	الأعمال المعتادة	الأعمال المعتادة	الأعمال المعتادة : المركزية	الأعمال المعتادة : الأسواق العالمية
حالة من الإنكار Denial	• ضعف تكوين ونسيج المبانى . • الترويج لإستخدام أجهزة التكييف	• إنتشار عدم المساواة • الإنعزال	• طرق / توسيع النطاق الجوي • صيانة سيئة	• معوقات قليلة • عدم التكافؤ
المبانى منخفضة الكربون	• مواد بناء ذات إنبعاث منخفض للكربون • تطوير نظم الطاقة المتجددة	• التخطيط لتغيّر المناخ • مدن شمسية ذات إنبعاثات كربون منخفضة – مدن تمر بمرحلة إنتقالية	• مواصلات عامة جديدة • إنتشار شركات خدمات الطاقة المحلية – معالجة المياة المحلية.	• حركة الأغذية المحلية • حساب كمية الكربون . • نماذج مجتمعية
حتى ٢ ° س	• مبانى ميتة	• إحتجاجات مدنية متزايدة	• طرق / فشل الكباري	• ندرة الموارد
حالة من إختلال الوظائف Dysfunctional	• مبانى مظلمة • قضايا أمنية	• إنهيار المجتمع • الصراع بين الجماعات	• إنخفاض معدل السفر الجوي ، إرتفاع معدل إستخدام المواصلات العامة	• سوء الإتصالات • عدم التكافؤ
الإدراك + العلم	• مبانى خالية من إنبعاثات الكربون . • تخزين الطاقة والمياة • لوائح جيدة وقوية	• حماية الأكثر عرضة لمخاطر التغيّر المناخى • الإستثمار فى المجتمعات المحلية. • تقليل التعرض لمخاطر التغيّر المناخى .	• شبكات النقل المحلية • الملكية المحلية للبنية التحتية • أولوية الصيانة	• تخطيط الموارد • حصاد الموارد • التكافؤ
حتى ٣ ° س	• كثرة المنطق المهجورة	• الطقس يحرك الإضطرابات الأهلية	• إنهيار الأنظمة	• عدم التكافؤ
حالة الإنهيار Collapse	• مناطق غير آمنة • توفر المأوي غير كافي	• إنهيار الحكومات • نزاعات إقليمية	• مخاطر الطقس • عدم التكافؤ	• ندرة الموارد • إنتقال السكان
المبانى كمولدات ومخازن	• مبانى ثقيلة ، قوية وذات كتلة حرارية عالية – مبانى ذات مصادر متجدده للطاقة متكاملة مع بعضها • يسود التبريد السلبى والتهوية الطبيعية و التظليل	• تجنب عدم المساواة • مناطق حضرية ذات مناخ معتدل • إمكانية التجول بالمدن .	• تعزيز البنية التحتية الأساسية موزعة • تحكم محلى	• تخزين الطاقة والمياة على مستوي كلا من المبانى والمدن • المساواة فى المخصصات

جدول (٢-١) الخصائص الممكنة لأساليب التنمية سواء كانت مختلة وظيفية أو متكيُّفة " الجزء الرمادي " على المستويات المختلفة [٢٤٦] .

[245] Sue Roaf , David Crichton and Fergus Nicol ,2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE (Second Edition) . Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK

[246] Sue Roaf , David Crichton and Fergus Nicol ,2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE (Second Edition) . Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK

(٢-٤-١-١) إرتفاع درجات الحرارة ١ °س ، حالة من الإنكار Denial :

نحن الآن نعانى ارتفاع فى متوسط درجة الحرارة السطحية العالمية بحوالي **١ °س** عن متوسطها للفترة بين ١٨٦٠ : ١٩٩٠ م ، ولكن معظم المصممين ومتخذى القرار غافلين عن أو فى حالة إنكار للحاجة إلى تحسين جذري للمبانى وتطوير المجتمعات ، فى حين أن هناك من تبنى موضوع " التنمية المستدامة " ويعمل على تفعيلها . حيث يعمل بعض الأفراد ، المصممين والجمعيات الغير حكومية على الحد من إنبعاثات الكربون وتطوير نظم الطاقة المتجددة .

(٢-٤-١-٢) إرتفاع درجات الحرارة ٢ °س ، مجتمعات مفككة :

حيث تواجة المجتمعات المشكلات من نقص الطعام والمياه والطاقة والتى تزيد حدتها مع الظواهر الجوية المتطرفة ، وحجم الأخطار التي تشكلها مثل هذه الظروف تشير إلى الحاجة الملحّة إلى التحرك بسرعة للحد من احتمال إنهيار المجتمع المدني ، من أجل حماية الأرواح والممتلكات في وقت الندرة المتزايدة .

(٢-٤-١-٣) ارتفاع درجات الحرارة ٣ °س ، حالة الإنهيار :

يعد ارتفاع درجات الحرارة ٣ درجات مئوية تغيّر يحتاج إلى تخطيط جاد من قبل كل الأطراف المعنية ، فلابد من تعاون كافة المخططين والمعماريين والمهندسين مع الحكومة والمجتمعات المحلية للإستعداد لهذا الوضع وإجراء التغييرات اللازمة للتكيُّف معه .

(٢-٤-٢) التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخي (إرتفاع درجات الحرارة):

هنا لابد أن نطرح تساؤلا هاما وهو : لماذا تحتاج البيئة المشيدة للتكيُّف مع التغيّرات المناخية؟ تواجه البيئة المشيدة العديد من آثار التغيّر المناخى التى تؤثر عليها وعلى حياة قاطنيها ،هذه الآثار هى :

- ارتفاع درجات الحرارة .
- الجفاف نقص الموارد المائية و الحرائق .
- العواصف ، الفيضانات وارتفاعمنسوب سطح البحر .
- نقص موارد الطاقة وإنقطاع التيار الكهربي .

وبالنظر إلى العمر الطويل والتكلفة العالية للبيئة المشيّدة ، فمن الضروري أن نخطط لخلق مجتمعات قوية تستطيع مواجهة تغيّر المناخ . لذا يجب أن تصمم البيئات الحضرية ومبانيها للتعامل مع المستقبل بدلا من المناخات التاريخية، وعلى التحديّات الجديدة التي سوف نواجهها . ويجب على المصممين والمستثمرين النظر في الآثار المالية المترتبة على تغيّر المناخ باعتبارها عنصرا أساسيا من دراسة الجدوي الخاصة بالمبانى ، والاستثمار فيها. فكلما كان هناك وعى بآثار تغيّر المناخ أكثر ، والمباني قابلة للتكيُّف ومصممة تصميما جيدا ، و محمية بشكل صحيح من مخاطر تغيّر المناخ، وليس فقط من الفيضانات، تزيد إحتمالية ارتفاع أسعار الوحدات ، ويزيد الإستثمار فى قطاع المبانى [٢٤٧].

(٢-٤-٢-١) منهج التكيُّف " نهج الإدراك والعلم ":

ظهر نهج الإدراك والعلم من خلال التقرير الذي أعده جاك هاكر Jake Hacker، ستيفين بليشر Stephen Belcher بعنوان (Beat the Heat) يتضمن مجموعة من المبانى المختلفة الإستخدام تشمل مدارس ، مستشفيات و منازل والتى تم عمل نماذج لها فى مناخات مستقبلية وتم تعديلها وإعادة تشكيلها للحصول على العائد على الطاقة والتكاليف نتيجة إستخدام العديد من إستراتيجيات التكيُّف المختلفة . وذلك من خلال مراجعة الحرارة المكتسبة أو المفقودة ، الحرارة المكتسبة بالإشعاع ، النوافذ ، التهوية ، درجات الحرارة ، الرطوبة ، سرعة الرياح ، الكتلة الحرارية ، العزل و آداء غلاف المبنى والمواد المستخدمة فى البناء [٢٤٨].

---

[247] Climate Change Adaptation, Good Practice Guide 3, www.islington.gov.uk

[248] Sue Roaf , David Crichton and Fergus Nicol ,2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE (Second Edition) . Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK.

أثبتت المبانى التى تم تعديلها أنها يمكنها أن تظل صالحة للسكن فى مستقبل أكثر دفئا . ولكي يتم تحقيق ذلك ، أفضل المبانى يكون ذو شكلا ملائما للمحيط البيئى ، كتلة حرارية ، مزود بالتهوية الطبيعية ومظلل من أشعة الشمس صيفا ، و يولد الكثير من الطاقة التى يستهلكها . وتعد الأجهزة الموفرة للطاقة جزءا من هذا المزيج ولكن ليس بنفس أهمية الحصول على حق توفير الأسس المعمارية فى التصميم المعماري ، تعلم كيف نوفر المبانى الراحة والمأوي فى الواقع ، وإستخدام معايير التكيُّف التى تصمم بها المبانى السلبية الفعلية .

نهج الإدراك والعلم هو النهج الذى لابد له أن يُطبَّق اليوم ، فهى التى سوف تمهد الطريق للحلول التى يمكن تطبيقها على مستوي المبانى والمجتمعات فى ظل تغيّر مناخى مقدارة ٣ °س .فيمكن لهذا النهج أن يمكن متخذى القرار ومصممى المبانى من أن يبدأوا بتصميم مبانى لمواجهة التغيّر المناخى خاصة مع إقتصاد ما بعد إنتهاء النفط ، موارد سريعة التضاؤل وعالم أكثر تلوثا . لذا فهم يعدون من أهم الأشخاص فى هذا العالم لأن قرارتهم سوف تلون كل حياتنا فى العقود المقبلة ، وهذا يضع مسئولية كبيرة على عاتقهم لابد أن يدركوها جيدا [٢٤٩].

[249] Sue Roaf , David Crichton and Fergus Nicol ,2009 , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE (Second Edition) . Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK.

(٢-٤-٢-٢) متطلبات التصميم لتكيُّف المبانى مع التغيّر المناخى :

لكي يتكيّف المبنى مع التغيّر المناخى من ارتفاع فى درجة الحرارة لابد من إتباع خطوات ممنهجة فى المرحلة التصميمية وما قبلها من إعدادات ، يمكن تلخيص هذه الخطوات فيما يلى [٢٥٠] :

أ- تحديد العوامل المستهدفة وأدائها :

لكى يتم تحديد كيفية مواجهة المبنى للتغيّر المناخى منارتفاعفى درجات الحرارة ، لابد من مراعاة عدة عوامل فى التصميم والتى من أهمها :

- تحقيق الراحة الحرارية :

هناك نسب معينه لشعور الأفراد بعدم الراحة الحرارية داخل الفراغات ، ولكن معظم الأشخاص يشعرون بالراحة بين درجتى ٢٥ ْس و ٢٨ ْس ، فدرجة ٢٥ ْس هى حد الشعور بالدفء و درجة ٢٨ ْس هى حد الشعور بالحرارة . و لابد أن تؤخذ درجة الحرارة التى يشعر عندها الفرد بالراحة الحرارية فى الإعتبار عند تصميم المبانى لتوفير ظروف مناسبة ومريحة لشاغلى الفراغ و حتى لا تعلو درجة حرارة الفراغات الداخلية للمبنى وبالتالى يتعرض شاغليه للإجهاد الحراري وتمثل درجة الحرارة ٣٥ ْس خط الخطر للإصابة بالإجهاد الحراري عندما تكون الرطوبة النسبية ٥٠% تبعا للجمعية الأمريكية لمهندسى التدفئة والتبريد وتكييف الهواء ، وتنخفض درجة الحرارة المسببة للإجهاد الحراري معارتفاعمستويات الرطوبة النسبية أو بالنسبة للفئة الأكثر عرضة لمخاطر الإجهاد الحراري من المسنين والمرضي .

- إستهلاك الطاقة و إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون :

يرتبط معدل إستهلاك الطاقة فى المبانى بزيادة أو نقصان إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون ، وقد وجدنا فى الفصل الأول مدى تأثير قطاع المبانى على زيادة نسب ثانى أكسيد الكربون ، لذا لابد من وضع إستراتيجية لتقليل إستهلاك الطاقة فى المبانى والتى يتبعها دون شك إنخفاض فى معدل إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون . ولابد من مراعاة نسب الإنبعاثات التى تحددها الأكواد الخاصة بكل نوع من أنواع المبانى .

[250] Hacker, JN, Belcher, SE & Connell, RK (2005). Beating the Heat: keeping UK buildings cool in a warming climate. UKCIP Briefing Report. UKCIP, Oxford.

ب- إستخدام سيناريوهات التغيّر المناخى المتوقعة :

يهتم البحث بارتفاع درجات الحرارة كأحد أهم آثار التغيّر المناخى ، فالتغيّر فى درجات الحرارة يعد فى قلب التغيّر المناخى والاستجابة لهذا التغيّر يعد عنصرا أساسيا فى أى إستراتيجية للتكيُّف مع التغيّر المناخى . حيث يواجه العالم موجات حارة أطول، وأكثر سخونة، وأكثر تواترا، زيادة الطلب على تكييف الهواء وزيادة الوفيات والإصابات الناجمة عن الحرارة .

وعند تصميم مبنى جديد، يتم أخذ المناخ المحلي للموقع في الإعتبار لتحديد إحتياجات التدفئة والتبريد للمبنى ويستخدم فريق التصميم أيضا هذه المعلومات لدراسة الخيارات المختلفة للحد من إستخدام الطاقة في المبنى بقدر الإمكان ، ولابد هنا الإستفادة من سيناريوهات التغيّر المناخى المتوقعة والخاصة بالإرتفاع فى درجات الحرارة لتحديد إحتياجات المبنى المستقبلية فى ظل التغيّر المناخى من التدفئة والتبريد والطاقة .

ج- دراسة المسائل المتعلقة بتصميم المبنى :

تنشأ درجة حرارة الفراغ عن طريق تدفقات طبيعية للحرارة تتعلق بالمناخ الخارجى ومدخلات الحرارة بالأماكن المغلقة والتى لا ترتبط مباشرة بالمناخ الخارجى . ويقوم التصميم السلبى على تحسين هذه التدفقات الحرارية و تحقيق أفضل إستفادة من المناخ الخارجي . وفيما يلى وصف للجوانب الهامة التى يجب مراعاتها عند تصميم المبانى :

- **عناصر التصميم المتعلقة بالمناخ :**

وهى عناصر تتعلق بأحد خواص المناخ ويمكن لوجودها أن يؤثر سلبا على تصميم المبنى والشعور بالراحة الحرارية داخله ، و فيما يلى سرد لبعض هذه العناصر المؤثرة فى التصميم وعوامل المناخ التى تتعلق بها فيما بين القوسين :

- الزجاج (أشعة الشمس) :

تدخل أشعة الشمس فراغات المبنى لتدفئ الأسطح منتجة حرارة الإشعاع ، وتحاصر هذه الحرارة بواسطة النوافذ حيث أن للزجاج خاصية فعالة فى إمتصاص الأشعة تحت الحمراء . وبالتالى تعد النوافذ الغير مظللة مصدرا رئيسيا لتراكم الحرارة داخل المبانى وإرتفاع درجة حرارة الفراغات .

•التهوية الطبيعية (درجة الحرارة ، الرطوبة و سرعة الرياح) :

التهوية هي واحدة من أهم الإحتياجات الأساسية للمبنى حيث أنها تحافظ على جودة الهواء في الأماكن المغلقة و اللازمة لصحة ورفاهية شاغلى المبنى . كما تعد التهوية واحدة من أكبر مصادر تدفُّقات الحرارة داخل المبنى ، ففى فصل الشتاء يتم إستخدام الحد الأدنى من التهوية الطبيعية داخل المبنى للحد من معدل تدفئة الهواء البارد القادم من خارج المبنى ،أما فى فصل الصيف تعتبر التهوية الطبيعية واحده من أهم وسائل تبريد المبنى وذلك عندما تكون حرارة الهواء الخارجى أقل من حرارة الهواء الداخلى للمبنى وإلا تصبح التهوية الطبيعية مصدرا للحرارة داخل الفراغات . وللتهوية أيضا دورا كبيرا وهاما فى تحديد نسبة الرطوبة داخل فراغات المبانى والتى لها تأثير على عدم الشعور بالراحة الحرارية والإصابة بالإجهاد الحراري مع ارتفاع درجة الحرارة .

•الكتلة الحرارية (درجة الحرارة) :

تأثير "الكتلة الحرارية"، هو ما يتسبب في إختلاف درجة الحرارة في الأماكن المغلقة حيث تكون أقل من درجة حرارة المناخ الخارجي ويظهر فى مواد البناء الثقيلة كالحجر . فتأثير الكتلة الحرارية هو أحد الأسباب التى تجعل المناخ الداخلى للمبانى القديمة ذات الكتله الحرارية العالية كالمساجد والكنائس باردا فى الأيام شديدة الحرارة من العام . وتأثير الكتلة الحرارية لا يقتصر فقط علي الحد من ارتفاع درجات الحرارة الداخليه للمبنى بل له تأثير مضاد وهو الحفاظ على الفراغ الداخلى دافئا أثناء الليل .

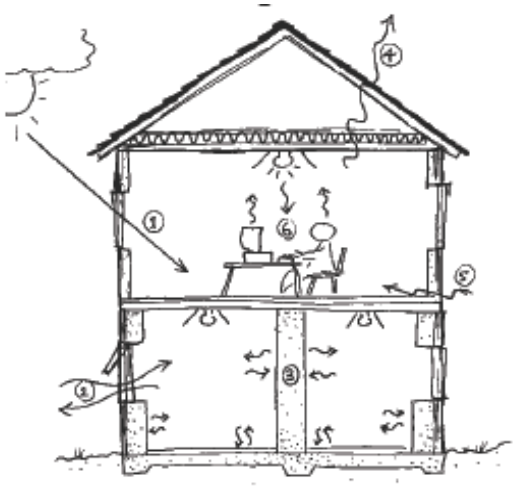
•العزل (الحرارة – الإشعاع الشمسى):

العزل الحراري في المباني يلعب دورا هاما في الحد من فقدان الحرارة في فصل الشتاء من خلال محاصرة الحرارة في الداخل .أما في الصيف، يمكن أن يكون لها تأثيران: إحداها مفيد وهو الوقاية من دخول الحرارة إلى المبنى خلال النهار والآخر سلبي حيث منع هروب الحرارة ليلا. في فصل الصيف، و العزل أيضا لديه تأثير مفيد للوقاية من الحرارة التي تتراكم في الواجهة الخارجية للمبنى والتى تتعرض لأشعة الشمس والتى تنتقل الحرارة من خلالها إلى الداخل .

•معدل تسرب الهواء (درجة الحرارة – سرعة الرياح) :

جميع المباني لديهم ميل طبيعي لتبادل الهواء مع محيطهم الخارجي من خلال الشقوق الصغيرة في غلاف المبنى، وهذا ما يسمى تسرب الهواء مما يؤثر على تدفقات الحرارة ويقلل من

فعالية العزل بالمبنى . لذا لابد من التحكم فى تسرب الهواء عن طريق زيادة إحكام غلق هذه الشقوق وأماكن تسرب الهواء بالمبنى .



شكل (٢-٣٤) تدفقات الحرارة داخل المبنى [٢٥١] .

- **عناصر التصميم الغير متعلقة بالمناخ :**
  - إهدار الطاقة :

المبانى الحديثة غالبا ما يكون فيها الكثير من مدخلات الحرارة التى تفقد من الأشخاص ، أجهزة الكمبيوتر والإضاءة والمعدات الكهربائية الأخرى.

- وسائل التبريد والتدفئة :

بعض المناطق تستخدم وسائل التدفئة فى حين أنه يمكن مع وجود المعايير الحديثة من العزل وإحكام المبنى محاصرة الحرارة المفقودة من الأجهزة ومستخدمى المكان وبالتالى تخفيض الطلب على التدفئة بطريقة مستدامة . وفى بعض المناطق خاصة المناطق الحارة ، تعد وسائل التبريد الطبيعية هى التهوية الطبيعية والكتلة الحرارية وهى فعالة ، لكنها لا تستطيع إبقاء المبنى باردا على مدار العام . لهذا السبب، يتجه العديد من مصممى المباني للإستفادة من أنظمة التبريد الميكانيكي " تكييف الهواء " ولكن هناك أيضا خيارات أخرى أكثر كفاءة في إستخدام الطاقة المتاحة، مثل ترطيب الهواء ، تبريد غلاف المبنى بالماء .

[251] Hacker, JN, Belcher, SE & Connell, RK (2005). Beating the Heat: keeping UK buildings cool in a warming climate. UKCIP Briefing Report. UKCIP, Oxford.

ويمكن تجميع ما سبق بالجدول التالي :

متطلبات التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخي					
تحديد العوامل المستهدفة وآدائها	**إستخدام سيناريوهات التغيّر المناخى المتوقعة**	**دراسة المسائل المتعلقة بتصميم المبنى**		**إختيار أنظمة التكيُّف الملائمة لتصميم المبنى**	
تحقيق الراحة الحرارية	إستخدام بيانات الطقس المحلي للموقع	**عناصر التصميم المتعلقة بالمناخ:**	الزجاج (أشعة الشمس)	**الأنظمة الحركية المستجيبة**	الأنظمة الحركية
			التهوية الطبيعية (درجة الحرارة ، الرطوبة و سرعة الرياح)		
			الكتلة الحرارية (درجة الحرارة)		
جودة الهواء الداخلي			العزل (الحرارة – الإشعاع الشمسى)		أنظمة التحكم
			معدل تسرب الهواء (درجة الحرارة)		
ترشيد إستهلاك الطاقة	إستخدام بيانات الطقس المتوقعة للتغيّر المناخي على فترات زمنية محددة	**عناصر التصميم الغير متعلقة بالمناخ**	إهدار الطاقة		الأنظمة المستجيبة
الحد من إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون			وسائل التبريد والتدفئة		أنظمة التعلم

جدول (٢-٢) متطلبات التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخي ، الباحثة .

(٢-٤-٣) إستراتيجيات التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخى [٢٥٢]:

تختلف إستراتيجيات التكيُّف مع ارتفاع درجات الحرارة بإختلاف الموقع وظروفه البيئية والمناخية . وفيما يلى بعض الخطوات العامة التى قد يستفاد منها فى وضع إستراتيجية للتكيُّف مع ارتفاع درجات الحرارة :

(٢-٤-٣-١) إتخاذ تدابير التصميم لتقليل أحمال التبريد فى المبانى :

ويمكن تحقيق ذلك عن طريق :

- إستخدام توجيه و شكل كتلة المبنى لتقليل إكتساب المبنى للحرارة عن طريق الإشعاع الشمسى خاصة فى الواجهتين الشرقية والغربية .
- إستخدام تأثير الكتلة الحرارية لمواد البناء ، حيث يتم إختزان الحرارة فى الفترات الحارة وتبديدها فى الفترات الباردة من اليوم ، وعادة ما تستخدم التهوية الطبيعية لذلك .
- تقليل إستخدام الزجاج فى الواجهتين الشرقية والغربية ، وإستخدام نوعية زجاج ذو معامل إكتساب حراري قليل .
- التظليل سواء كان عن طريق كتل المبنى او عن طريق التشجير وعناصر تنسيق الموقع .
- إستخدام كافة وسائل العزل الحراري المناسبة لتقليل الحرارة المكتسبة بالتوصيل عن طريق غلاف المبنى .
- إستخدام وسائل التبريد الطبيعية كترطيب الهواء بإستخدام عناصر تنسيق الموقع من النوافير والمسطحات المائية أو ترطيب غلاف المبنى من واجهات أو أسقف مباشرة بالماء.

(٢-٤-٣-٢) تصميم سبل التهوية الطبيعية بالمبنى :

لابد من تصميم المبنى وتوجيهه لتيسير التهوية الطبيعية والتخلص من الحرارة الزائدة داخل فراغاته، وتختلف سبل الهوية الطبيعية حسب المناخ المحلى ففى بعض المناطق ذات المناخ الذي يتميّز برطوبة نسبية منخفضة يمكن تصميم المباني بحيث تعتمد كليا على التهوية الطبيعية . أما المناطق ذات رطوبة نسبية عالية يمكن إستخدام التهوية الطبيعية كإستراتيجية تبريد إحتياطية يمكن إستخدامها عند إنقطاع التيار الكهربي كإجراء سلبى للبقاء على قيد الحياة أو فى الفترات التى لا يكون فيه الهواء الخارجى محمل برطوبة زائدة .

[252] http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2009/8/28/Design-for-Adaptation-Living-in-a-Climate-Changing-World/#continuing-education

(٢-٤-٣-٣) الحد من الحرارة الداخلية المكتسبة :

وذلك عن طريق إستخدام وحدات إضاءة ومعدات ذات كفاءة عالية . فكلما كانت الإضاءة ، الأجهزة ، المعدات المكتبية والمعدات الميكانيكية ذات كفاءه عالية كلما قلت الحرارة المفقودة الناتجة عنها ، وعموما إختيار الأجهزة أقل أهمية من إتخاذ القرارات التصميمية حيث يمكن إستبدالها فى أى وقت .

(٢-٤-٣-٤) توفير المسطحات الخضراء :

المسطحات الخضراء وعناصر تنسيق الحدائق حول المبنى وعلى الأسطح النهائية للمبنى تعمل على تقليل إكتساب المبنى للحرارة وتقليل أحمال التبريد بالمبنى ، فالمسطحات الخضراء المنسّقة بحيث تتكامل مع عناصر المبنى يمكنها توجيه نسائم الهواء الباردة لتعزيز التهوية الطبيعية داخل المبنى وبالتالى توفير الطاقة المستهلكة فى التبريد .

(٢-٤-٣-٥) نمذجة آداء الطاقة بالمبنى :

إستخدام برامج محاكاة آداء الطاقة فى المبانى مع إستخدام درجات حرارة أعلى تتناسب مع سيناريوهات التغيّر فى درجات الحرارة المتوقعة كمدخلات لدراسة المبنى ، يفيد فى تحديد إستراتيجيات التبريد الملائمة للمبنى وتفادى أحمال التبريد العالية مستقبلا .

ولكى نواجه التغيّر المناخى المستقبلى لا يمكن الإعتماد على عنصر من عناصر التصميم دون الآخر فلابد من تكامل كل العناصر التصميمية للحصول على إستراتيجية فعّالة للتكيُّف مع التغيّر المناخى من ارتفاع درجات الحرارة . فإذا إعتمدت إستراتيجية تصميم المبنى على التهوية الطبيعية فقط فإننا نحصل على فراغ درجة حرارته مساويه لدرجة حرارة الهواء الخارجى ، وفى ظل التغيّر المناخى وارتفاع درجات الحرارة يكون المبنى هنا غير مريح حراريا وقد يتعرض شاغليه للإجهاد الحراري . فى حين أنه إذا اعتمدت فقط على الكتلة الحرارية فقد يكون المبنى مريح حراريا فى أوقات معينه من اليوم ثم يكون أكثر دفئا مع مرور الوقت ، مع وجود الحرارة المفقودة من الأجهزة وشاغلى المبنى يكون الوضع أسوأ . لذا لابد من إستخدام العنصرين سويا ومراعاة بقية العناصر فى التصميم وتكاملها مع بعضها للحصول على أفضل الحلول التصميمية لمبنى متكيّف مع التغيّرات المناخية المستقبلية . ثم إختبار آداؤه فى ظل درجات الحرارة المستقبلية عن طريق برامج محاكاة آداء الطاقة بالمبانى للحصول على صورة تقريبية لآداء المبنى ومدى نجاح التصميم فى التكيُّف مع التغيّر المناخى مستقبلا .

ويمكن تجميع إستراتيجيات التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخي بالجدول التالي :

إستراتيجية التصميم للتكيُّف مع التغيّر المناخي (ارتفاع درجات الحرارة)				
إتخاذ تدابير التصميم لتقليل أحمال التبريد فى المبانى	**تصميم سبل التهوية الطبيعية بالمبنى**	**الحد من الحرارة الداخلية المكتسبة**	**إستخدام أنظمة التكيُّف " الأنظمة الحركية المستجيبة"**	**نمذجة آداء الطاقة بالمبنى**
التوجيه	تحديد إستراتيجية التهوية الطبيعية للتبريد	إستخدام وحدات إضاءة ذو كفاءة عالية	تحديد نوع النظام الحركي المستخدم وآلية الحركة	إستخدام برامج محاكاة آداء الطاقة فى المبانى مع إستخدام سيناريوهات التغيّر المناخي و درجات الحرارة المتوقعة كمدخلات لدراسة المبنى
التشكيل الكتلي للمبنى			تحديد نوعية الاستجابة " الاشعاع الشمسي – حركة الهواء – ضوء النهار" والأنظمة اللازمة لذلك.	
إستخدام تأثير الكتلة الحرارية لمواد البناء	معدل التهوية الطبيعية لجودة الهواء الداخلي	إستخدام معدات مكتبية وميكانيكية ذات كفاءة عالية	توفير أنظمة الاستجابة لمتطلبات مستخدمى المبنى	
التظليل			أنظمة التحكم	
• إختيار نوعية الزجاج بالواجهات • العزل الحراري • منع تسرب الهواء • تـوفير المسـطحات الخضراء	• تصـميم مسـارات التهوية • تحديـد معـدلات التهوية المناسبة	مراعاة الأنشطة التى يتم ممارستها بكل فراغ ومتطلباتها	أنظمة الذكاء الصناعي و التعلم	

جدول (٢-٣) إستراتيجيات التصميم للتكيُّف مع ارتفاع درجات الحرارة الناتج عن التغيّر المناخي ، الباحثة .

الخلاصة :

إنّ إتجاه الدول لوضع إستراتيجيات الحد من التغيّر المناخى مستقبلا و التعامل مع مظاهره الحالية من إجراءات التخفيف ، الذي يهدف إلى الحد من الإنبعاثات المسببة لظاهرة الإحتباس الحراري . غير كافى لذا تم الإتجاه إلى إجراءات التكيُّف للتصدي لما لا مفر منه من المتغيّرات المناخية ، فهي تتكامل مع بعضها لتقلل من مخاطر التغيّر المناخى.

فالتكيُّف مع التغيّرات المناخية يجعل المجتمعات أقدر على مواجهة مستقبل غير مضمون بإتباع سياسات وممارسات تستهدف الحفاظ على النظم الإيكولوجية السليمة و البيئة المشيدة من حيث المناطق الحضرية الصالحة للسكن و المبانى .

و يعد قطاع المبانى من أكثر القطاعات التى تؤثر و تتأثر بشكل كبير بالتغيّرات المناخية ، حيث يمكن خفض حوالي ٣٠% من الإنبعاثات الأساسية المتوقعة في قطاعي الإسكان والمبانى التجارية " التي تمثل أعلى معدل بين جميع القطاعات التي درستها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ IPCC " بحلول سنة ٢٠٣٠ مع تحقيق فائدة إقتصادية صافية بخفض إستهلاك الطاقة والطاقة الكامنة في المباني.

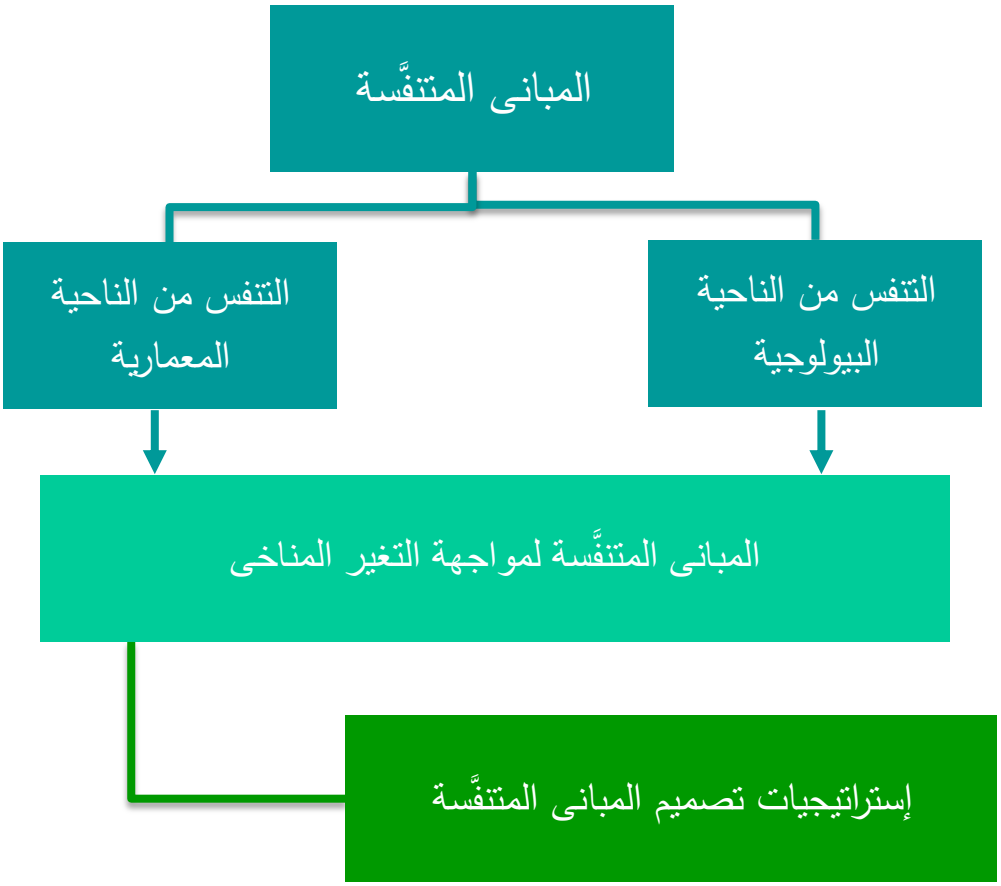
عند تطبيق أساليب التكيُّف فى الطبيعة على المبانى نجد أن هناك أوجه للتشابه بين المبنى والكائن الحى فى تلك الأساليب لكى يتمكن من التكيُّف مع البيئة المحيطة والتغيّرات الى تحدث بها مما يجعل تكيُّف المبانى مع الظروف المناخية توجها ليس جديدا ولكن لابد من إستخدام تقنيات أحدث للتكيُّف و الاستجابة للتغيّرات المناخية من ارتفاع فى درجات الحرارة .

تمثل العمارة المستجيبة Responsive Architecture ، أحد سبل التكيُّف المبنى مع محيطة الخارجى و ما يحدث فيه من متغيّرات حيث تقوم بقياس الظروف البيئية الفعلية (عن طريق أجهزة الاستشعار sensors) لتُمكِّن المباني من أن تُكيّف تكوينها ، شكلها ، لونها أو طابعها إستجابةً لتلك الظروف البيئية (عبر المحركات actuators) .

المبنى المتكيُّف " المستجيب " مع البيئة المحيطة والتغيّرات التى تحدث بها ، يحتاج لوجود مجموعة من الأنظمة والتقنيات الذكية المستجيبة التى تمكنه من التفاعل أو الاستجابة مع التغيّرات البيئية ، مثل الأنظمة الحركية " Kinetic Systems " ، نظم التحكم فى الأنظمة الحركية و الأنظمة المستجيبة " Responsive Systems " والتى يطلق عليها جميعا **الأنظمة الحركية المستجيبة** .

الفصل الثالث : المبانى المتنفَّسة فى مواجهة التغيّر المناخي

نتعرف فى الباب الثالث عن مفهوم المبانى المتنفَّسة وكيف يمكنها أن تواجه التغيّر المناخى وتتكيّف مع مظاهره ، ودراسة أمثلة من المبانى المتنفّسة القائمة للتوصل لمنهجية تصميم هذا النوع من المبانى .



الفصل الثالث : المبانى المتنفَّسة فى مواجهة التغيّر المناخى

تمهيد :

فى الفصول السابقة تمّ دراسة مشكلة التغيّر المناخى التى يوجهها العالم ، وكان الحل فى التكيّف مع تلك التغيّرات ، فالمبنى يجب أن يكون الملجأ والمأوي الذي يحمي شاغليه من مخاطر هذا التغيّر من إرتفاع فى درجات الحرارة . ومن خلال دراسة إستراتيجيات التكيّف كانت التهوية الطبيعية من أهم الأنظمة المستخدمة فى تصميم المبنى لمواجهة خطر الإرتفاع فى درجات الحرارة سواء بتزويد المبنى بالهواء النقى والمتجدد أو تبريد المبنى وتوفير الراحة الحرارية لشاغليه ، هذا النوع من المبانى التى تعتمد بشكل أساسي على نظم التهوية الطبيعية في تصميمها يطلق عليه "المبانى المتنفَّسة ".

إن التكيّف هو مصدر الإلهام الرئيسى لفكرة المبانى المتنفَّسة والتى تحتوي على أنظمة تمكنها من تجديد الهواء داخل الفراغات بطريقة مشابهه لكيفية عمل الأجهزة التنفسية لبعض الكائنات كالرئتين فى الإنسان مثلا ، تصميم هذا النوع من المبانى مبني على أفكار معمارية ناشئة تتعلق بآداء التهوية وتكامل أنظمة المبنى المختلفة ، فالتهوية الطبيعية يجب أن تكون الخيار الأول لتزويد المبنى بالهواء النقى و كوسيلة لتوفير الراحة الحرارية به أيضا ، نظرا لإنخفاض متطلباتها للطاقة ، ولكن تصميم سبل التهوية الطبيعية يعتمد على بعض الشروط الأساسية مثل سرعة الرياح ، إختلاف الضغط و حجم الفراغ . وعندما تكون هذه الشروط غير متناسبة أو عدم تشغيل المبنى بما يتناسب مع متطلبات النظم المستخدمة فى التصميم من قبل شاغليه ، يزيد ذلك من تركيزات ثانى أكسيد الكربون بالمبنى وخلق بيئة تؤثر سلبا على راحة وصحة شاغلى المبنى ، لذا تشترط بعض معايير البناء وجود بعض من أشكال التهوية الميكانيكية فى المبانى[٢٥٣].

ولكي يكون المبنى متنفسا متكيّفا مع التغيّرات المناخية يجب تزويده بنظم ذكية للتهوية تمكنه من الإستجابة لتلك التغيّرات التى قد تحدث مستقبلا بدلا من إستخدام سبل التهوية الميكانيكية التى تزيد كلا من إستهلاك الطاقة وإنبعاثات الكربون معا. وسوف يستعرض هذا الفصل مفهوم المبانى المتنفَّسة والمتطلبات المعمارية لتصميم هذا النوع من المبانى .

[253] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin: Designing with the Concepts of Biological Adaptation, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

(٣-١) مفهوم المبانى المتنفَّسة :

لفهم ماهية التنفس فى المبانى كان لابد من التطرق أولا إلي التنفُّس البيولوجي وما يقابله من التنفس المعماري و أوجه التشابه بينهما . مع دراسة الأنظمة التنفسية البيولوجية التى تمثل مرجعا هاما لتصميم المبانى المتنفَّسة والأنظمة الداعمة للتنفس فى هذا النوع من المبانى إستجابة للتغيرات المناخية والتكيّف معها .

(٣-١-١) التنفس من الناحية البيولوجية :

سيتم إستعرض مفهوم التنفس البيولوجي ، مع دراسة أنظمة التنفس لبعض الكائنات وكيفية تكيفها إستجابة للظروف البيئية المحيطة بها .

(٣-١-١-١) مفهوم التنفس بيولوجيا :

التنفس عملية ديناميكية ، فيزيائية وحيوية هامة للكائنات الحية والتى لابد منها لإستمرار الحياة و هى من أكثر الأمثلة الدالة على التفاعل بين الكائن ومحيطه الحيوى . و التنفس فى الكائنات هى عملية إنتقال الهواء من وإلى أجهزة التنفس المختلفة فى الكائنات ، والأكسجين فى الخياشيم بالنسبة للأسماك ، فعملية التنفس من شأنها أن توفر الأكسجين الذى يحتاجة الجسم وطرد ثانى أكسيد الكربون و بخار الماء . وعملية التنفس هامة أيضا لتوفير الطاقة اللازمة لكافة العمليات الحيوية والحفاظ على درجة حرارة جسم الكائن الحي[٢٥٤].

(٣-١-١-٢) أنظمة التنفس البيولوجية :

تتنوع أنظمة التنفس فى الكائنات بدءا من الكائنات أحادية الخلية والتى تتبادل الغازات مع محيطها عن طريق الغلاف إلى أن أصبح الجهاز التنفسى أكثر تعقيدا وأكثر أهمية لتزويد الجسم بالأكسجين والطاقة اللازمة لإتمام العمليات الحيوية المختلفة التى يتضمنها الحفاظ على درجة الحرارة الداخلية للكائن . ويعتمد عدد من الأنظمة التنفسية ،على سبيل المثال الحشرات ، على نشر الأكسجين الخارجى بها [٢٥٥].

حيث تقوم بتدوير الأكسجين عبر نظام تفرعي يضم أنابيب مملوءة بالهواء تسمي القصبات التي تصل لعمق جسم الحشرة وتصل لكل الخلايا وهي متصلة بالهواء الخارجي بفتحات دائرية دقيقة تسمى ثغور، ويتم تنظيم عملية التنفس عن طريق فتح وقفل الثغور التنفسية حسب حاجة الحشرة للأكسجين[٢٥٦].

---

[254] http://en.wikipedia.org/wiki/Breathing

[255] Peter F. Smith 2nd edition 2005, Architecture in a Climate of Change. Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK.

[256] http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D8%B4%D8%B1%D8%A9

ولكى تنمو الحياة بشكل أكبر تحتاج تكوينات وأنظمة أكثر تعقيدا، وهذه التكوينات البيولوجية الجديدة إشتملت على أنظمة تنفسية غنية، معقدة و متكيفة مع محيطها البيئي ،مثل النظام التنفسى للجمل والذى لديه القدرة على تنقية الهواء ، ترطيبه و التحكم فى معدل تدفقه، كل يعمل بكفاءة ودقة عالية . فتقوم الأنف بتنقية الهواء من رمال الصحراء عن طريق وجود شعيرات على محيط فتحتى الأنف والتى تتعلق بها ذرات الرمال ليدخل الهواء نظيفا إلى الرئتين،شكل(٣-١) [٢٥٧].

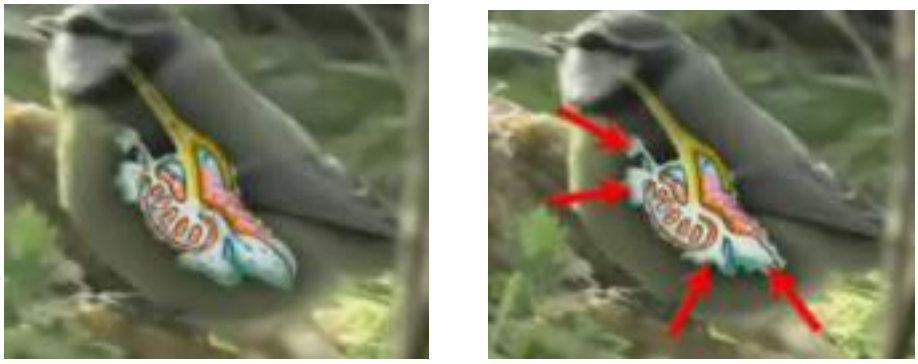
شكل(٣-١) أنف الجمل[٢٥٨].

كما تقوم الأنف بترطيب الهواء حيث أن فتحتى الأنف مزودة بعظام إسفنجية مغطاة بإفرازات رطبة وبها ممرات ضيقة وطويلة (تصل مساحتها إلى ١٠٠٠سم مربع) لمرور الهواء مما يساعد على عملية التبادل الحراري وترطيب الهواء الداخل كما تقوم بإمتصاص بخار الماء من هواء الزفير ، ففى الأيام الصحراوية الجافة حيث تجف أنف الجمل تعمل هذه الخاصية بإمتصاص بخار الماء من هواء الزفير لترطيب الهواء المستنشق ، كما يتم تدفق الدم إلى فتحتى الأنف التى تقوم بترطيبه قبل أن يصل إلى المخ وبالتالى تعمل على حماية مخ الجمل من الإرتفاع الزائد فى درجات الحرارة [٢٥٩].

وفى الطيور تضرب لنا الأنظمة التنفسية مثالا عظيما فى التحكم فى تدفق وسريان الهواء وإستخدام هواء التنفس للتخلص من حرارة الجسم . حيث يتكون الجهاز التنفسى فى الطيور من الرئتين و هى صغيرة الحجم حيث تمثلان حوالى ١٢ % من حجم الجهاز التنفسى ، الممرات التنفسية التى يمر منها الهواء من وإلى الرئتين و الأكياس الهوائية ، شكل(٣-٢) يمينا . وتتم عملية التنفس على ٤ خطوات ، شكل(٣-٢) يسار، الخطوة الأولى يدخل الهواء الى الأكياس الهوائية الخلفية لتمتلئ بالهواء النقي ثم إلى الخطوة الثانية حيث يمر الهواء عبر الممرات التنفسية إلى الرئتين لتحدث عملية التبادل الغازي بين الأكسجين وثانى أكسيد الكربون ومنها إلى

[257] Peter F. Smith 2nd edition 2005, Architecture in a Climate of Change . Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK.
[258] Peter F. Smith 2nd edition 2005, Architecture in a Climate of Change . Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK.
[259] http://www.asknature.org/strategy/c1eb0f25d3e091f568ce26c0c6f8646f

الخطوة الثالثة حيث يخرج الهواء المحمل بثانى أكسيد الكربون إلى الأكياس الهوائية الأمامية منتظرا الخطوة الرابعة التى يخرج فيها عبر صمامات تحكم، شكل(٣-٣) والتى تفتح ليخرج الهواء الغير نقي ثم تغلق لتتم العملية من جديد[٢٦٠].



شكل(٣-٢) "يمينا" الجهاز التنفسي للطائر مشيرا إلي الأكياس الهوائية ، "يسارا" سريان الهواء النقى بالجهاز التنفسي للطائر[٢٦١].

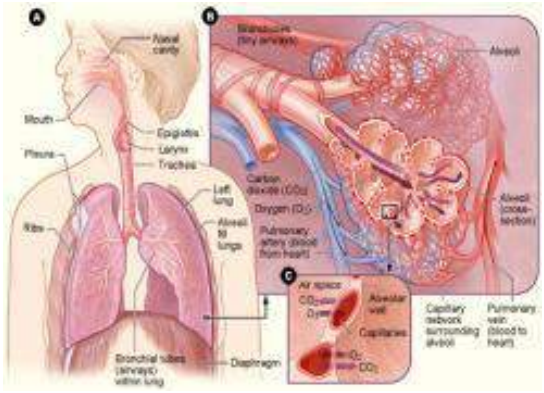
شكل (٣-٣) فتح صمام التحكم لخروج الهواء المحمل بثانى أكسيد الكربون ثم غلقه لمنع دخول الهواء النقى فى الأكياس الهوائية الامامية وتوجيهها نحو الأكياس الهوائية الخلفية[٢٦٢].

وتعمل هذه الخطوات الأربعة على زيادة معدل إتصال السطوح التنفسية بالرئة مع الهواء النقى مما يجعل الطائر يستبدل كل الهواء الموجود بالرئتين تقريبا فى كل نفس ، ومع نقل المزيد من الهواء وزيادة نسبة الأكسجين أثناء كل نفس تكون الطيور قد حققت معدل تبادل للغازات أكثر فعالية عنها فى الثدييات [٢٦٣] .

أما النظام التنفسى للإنسان فيعد أكثر نظام وظيفي تفاعلي مع المحيط البيئي ، و يبدأ الجهاز التنفسى بالأنف والتى هى المدخل الأول للهواء حيث يتم تنقيته من ذرات الغبار عن طريق الشعيرات الموجوده داخل الأنف كما يتم تدفئته قبل أن ينتقل إلى البلعوم ثم إلى القصبه

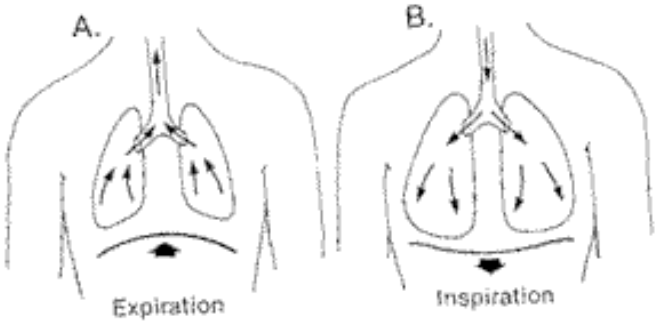
260 http://www.asknature.org/strategy/36325543f2778c96dd2a8730a8bd2bbf
261 http://www.asknature.org/strategy/36325543f2778c96dd2a8730a8bd2bbf
262 http://www.asknature.org/strategy/36325543f2778c96dd2a8730a8bd2bbf
263 http://www.asknature.org/strategy/36325543f2778c96dd2a8730a8bd2bbf

الهوائيه التى هى الممر الرئيسى لمرور الهواء اللازم لعملية التنفس ومنها إلى القصيبات الهوائيه اليمنى واليسرى ثم الى الشعب الهوائية والتى تنقسم إلى شعب أصغر فأصغر إلى أن تنتهي داخل الرئة في أكياس هوائية تسمى الحويصلات الهوائية شكل (٣-٤)،حيث يتم تبادل الغازات بينها وبين الدم لتزوديه بالأكسجين والتخلص من ثانى أكسيد الكربون.



شكل (٣-٤) الجهاز التنفسى للإنسان[٢٦٤].

كل ذلك يتم فى حركة ديناميكية مستمرة يتم التحكم بها عن طريق العقل وهو سريع جدا فى إستشعار التغيّرات فى تركيز الغازات . وتتولى عضلة الحجاب الحاجز إنجاز المهمة الفعلية لعملية التنفس ، فتتقوس هذه العضلة و تتسع الرئتين لإدخال الهواء " عملية الشهيق " وترتخى لتفريغ الرئتين من الهواء " عملية الزفير "[٢٦٥] شكل (٣-٥) .



شكل (٣-٥) دور عضلة الحجاب الحاجز فى عملية التنفس[٢٦٦].

ومن خلال ما تطرقنا إليه من الأنظمة التنفسية لبعض الكائنات والتى يمكن أن تعطينا أفكار يمكن تطبيقها فى المجال المعماري للوصول لنوع متطور من المبانى يتنفس الهواء متفاعلا مع بيئتة ومتكيفا مع التغيّرات التى قد تحدث بها .

[264] http://www.eehealthbook.com/health_topic.php?id=YXMz
[265] http://science.nationalgeographic.com/science/health-and-human-body/human-body/lungs-article.html#
[266] http://www.anxieties.com/57/panic-step4#.U_45MvmSyQU

(٣-١-٢) التنفس من الناحية المعمارية :

تُعرّف حركة الهواء فى المبانى بالتهوية ، وهى الطريقة التى يتنفس بها المبنى فكما فى الكائنات تمثل عملية التنفس إنتقال الهواء من المحيط البيئي إلى الأجهزة التنفسية للكائن لتمده بالأكسجين وتطرد ثانى أكسيد الكربون وبقية الغازات الغير مرغوبة ، فالتهوية هى حركة الهواء من المحيط البيئى للمبنى إلى الفراغات الداخلية وبقية أجزاء المبنى لتمده بالهواء النقي وتخلصه من الملوثات والحرارة الزائدة .

و يتشابه المبنى والكائن الحى فى أمور عدة ، فإذا قمنا بالمقارنة بين إنتقال الهواء فى المبنى والكائن الحى نجد أن الهواء ينتقل من الفراغات ذات الضغط المرتفع إلى الفراغات ذات الضغط الأقل كما هى فى عملية الشهيق والزفير فى معظم الكائنات الحية كالحيوان والإنسان حيث ينتقل الهواء من وإلى الرئتين نتيجة فروق الضغط .

أيضا كما فى جسم الإنسان ، عندما يستنشق الهواء النقى الذى يحتوي على ٢١% أكسجين و ٠,٠٤ % ثانى أكسيد الكربون يخرج هواء يحتوي على ١٥% أكسجين و ٤% ثانى أكسيد الكربون. فالهواء الداخل للمبنى بالطبع يحتوي على نفس مكونات الهواء الداخل لجسم الإنسان ، والهواء الخارج منه ربما يحتوي على ٢٠,٥ : ٢١ % أكسجين و ٠,٠٤ : ٠,١ % ثانى أكسيد الكربون و يمكن التحكم بمعدلات ثانى أكسيد الكربون عن طريق فتح وغلق نوافذ المبنى . وكما تختلف معدلات التهوية فى المبانى حسب الحاجة ، فإن الرئتين فى الإنسان يمكنها أن تزيد معدل ضخ الهواء بـ ٢٥ مرة وأكثر فى حالة القيام بأعمال شاقة من المعدل الطبيعى فى وقت الراحة [٢٦٧].

[267] R .Thomas , T. Gernham , 2007,The environments of architecture , taylor & francis group , London .

(٣-١-٢-١) مفهوم التنفسية فى المبانى :

فى المجال المعمارى نجد أن المبانى أيضا يمكنها أن تتنفّس ، فلقد أصبح مفهوم التنفس جزأً لا يتجزأ من تكنولوجيا البناء، حيث أن المبنى يتنفس كأى كائن حى وعلى المصمم المعمارى أن يوفر سبل هذا التنفس ليجعل منه مبنى صحى ملائم لراحة الانسان . وعندما نتكلم عن التنفس فى المبانى فإننا لا نتكلم فقط عن الهواء ولكن نتكلم أيضا عن إنتقال الماء ، فهما يمثلان أكثر العلاقات بين المبنى ومحيطه البيئى تأثيرا على صحة المبنى وآداؤه. وتنفس المبنى معماريا يمكن إيضاحه من خلال مفهومين[٢٦٨]:

أ- إنتقال الهواء " Natural Ventilation " : ويعنى بالتهوية الطبيعية للمبانى والوسائل المعمارية المستخدمه لتحسين آداءها . ويأتى ذلك من خلال تنظيم وإستغلال فراغات المبنى نفسه بالإضافة إلى إستخدام الحلول المعمارية المتكاملة مع غلاف المبنى أسقف وحوائط وأرضيات .

ب-إنتقال الماء : والمقصود هنا الماء كغاز "بخار الماء" ، الماء كسائل ، الماء خارج المبنى وداخله " أسقف و أرضيات وحوائط ". حيث إنتقال بخار الماء من خلال عناصر المبنى " نفاذية بخار الماء " بالإضافة إلى إمتصاص وطرد الخامات والمواد المستخدمة فى البناء للماء كبخار(الرطوبه) و إمتصاص وطرد الخامات والمواد المستخدمة فى البناء للماء كسائل (الخاصيه الشعريه).فالماء يؤثر على المبنى بداية من جودة غلافه والمواد المستخدمة فى البناء مرورا بكفاءة الآداء الحرارى للمبنى وحتى صحة مستخدميه.

ويهتم البحث بإنتقال الهواء فى المبانى مع عدم إهمال تأثير الرطوبة على جودة الهواء الداخلى والشعور بالراحة داخل المبنى .

[268] http://www.ecotimberframe.ie/pdf/BreathabilityinbuildingsNBT.pdf

(٣-١-٢-٢) الأنظمة التنفسية المعمارية :

ينشأ سريان تيار الهواء داخل الفراغات الداخلية بالمبانى نتيجة التهوية الطبيعية ، التهوية الإصطناعية الميكانيكية أو تكييف الهواء .ولقد أصبح تصميم المبانى بإستخدام نظامين أو أكثر من هذه الأنظمة أكثر شيوعا ، ويطلق على هذه المبانى إسم "Hybrid Ventilation Buildings ". ولكن المبدأ الأساسي يجب أن يكون لتقليل الحاجة إلى نظم المناخ الإصطناعي ، وهناك طريقة واحدة لتحقيق ذلك هي الإستفادة القصوى من التهوية الطبيعية جنبا إلى جنب مع تقنيات التصميم الذكية والحساسة للمناخ بغلاف المبنى [٢٦٩].

أ- التهوية الطبيعية " NATURAL VENTILATION " :

هى حركة الهواء من خارج إلى داخل المبنى ،حيث تعمل قوى الطبيعة مثل الرياح ، فروق الضغط ودرجات الحرارة على حركة الهواء من خارج المبنى إلى الفراغات الداخلية عبر الفتحات الموجودة بغلاف المبنى والتى تشمل النوافذ ، الأبواب ، ملاقف الهواء وغيرها ثم يتم توزيع الهواء عبر مسارات توزيع تمثلها الفراغات المختلفة للمبنى إلى أن تصل إلى المخرج والذى قد يكون النوافذ ، الأبواب ، الشخشيخة وغيرها . وتعتمد التهوية الطبيعية على المناخ ، تصميم المبنى و سلوك مستخدمى المبنى ، وتتمثل أهمية التهوية الطبيعية فى [٢٧٠] :

- توفير هواء نقى متجدد اللازم لتنفس مستخدمى الفراغ .
- التخلص من الروائح والملوثات .
- لتوفير الراحة الحرارية عن طريق تبريد أو تدفئة مستخدمى الفراغ.
- التخلص من الرطوبة داخل الفراغات .
- تقليل إستهلاك الطاقة اللازمة للتبريد أو التدفئة فى المبانى .

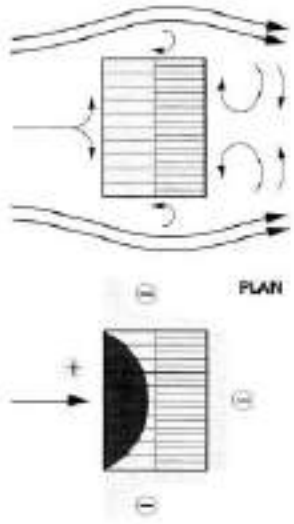
ويمكن عن طريق التصميم المعماري بالمبنى ضمان حركة الهواء الطبيعية بإستخدام أحد هذين المبدأين :

- يعتمد المبدأ الأول على التباين فى ضغط الهواء الناجم عن الإختلاف فى سرعات الرياح الأمر الذى يؤدى إلى تدفق الهواء من منطقة الضغط العالى إلى منطقة الضغط

[269] Peter F. Smith, 2nd edition 2005, Architecture in a Climate of Change. Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK

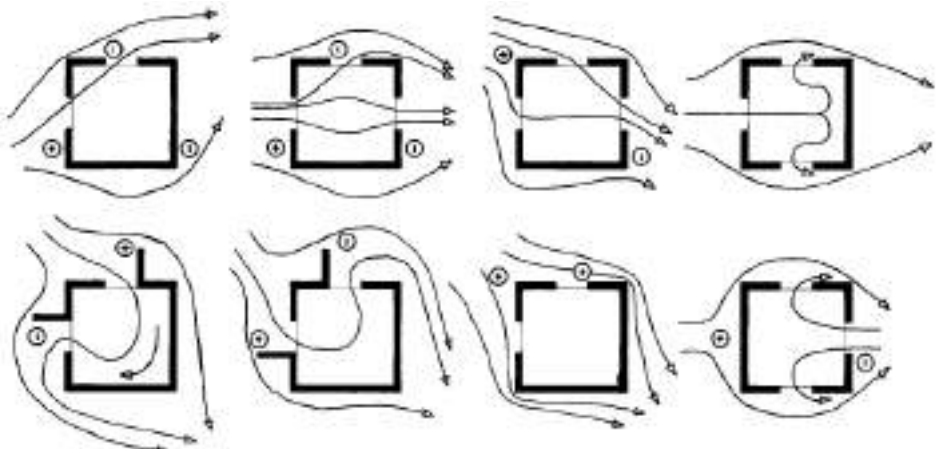
[270] J.Atkinson, Y.Chartier,C.Lúcia ,P. Jensen, Y. Li and W.Seto,2009, Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings, World Health Organization WHO , Switzerland.

المنخفض[٢٧١] ، وذلك خارج المبنى حيث يكون الضغط على الجانب المواجه للريح من المبنى عالي في حين يكون الضغط منخفض على الجانب الآخر من المبنى والغير مواجه للرياح[٢٧٢] ، شكل (٣-٦) .



شكل (٣-٦) حركة الهواء حول المبنى[٢٧٣].

وداخل المبنى حيث تتدفق تيارات الهواء من خارج المبنى إلى الفراغات الداخلية وبين الفراغات وبعضها نتيجة فروق الضغط نتيجة إختلاف درجات حرارة الهواء [٢٧٤] .



شكل (٣-٧) توجيه حركة الهواء داخل فراغات المبنى نتيجة فروق الضغط [٢٧٥].

---

[٢٧١] حسن فتحى ، ١٩٨٨ ، الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية ، المؤسسة العربية للدراسات والنشر ، بيروت.

[272] Sue Roaf, M. Fuentes, S. Thomas, first edition 2001, ECOHOUSE, Architectural Press, Oxford.UK .

[273] Nick Baker, K. Steemers , second edition 2005, Energy and Environment in Architecture. the Taylor & Francis Group , London.

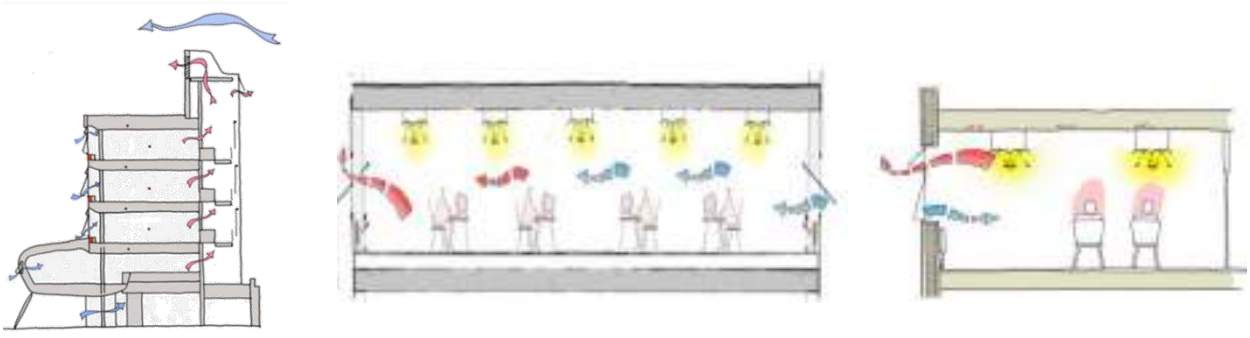
[274] Sue Roaf, M. Fuentes, S. Thomas, first edition 2001, ECOHOUSE, Architectural Press, Oxford.UK.

[275] Sue Roaf, M. Fuentes, S. Thomas, first edition 2001, ECOHOUSE, Architectural Press, Oxford.UK.

- ويعتمد المبدأ الثانى على حركة الهواء بتأثير الحمل " Convection " الناتجة عن تسخين الهواء وصعوده إلى أعلى مما يقتضي حلول هواء أكثر برودة منه فى مكانه ، وهكذا يتكون تيار معتدل البرودة بين المنطقة الدافئة و فتحة دخول الهواء المعتدل البرودة ويتحدد معدل تدفق الهواء داخل الأبينة بفعل الحمل بالفرق بين مناسيب الفتحات المختلفة. فكلما زاد الفرق بين المناسيب زاد تدفق الهواء، وقد إستخدم هذان المبدآن فى التصميم المعماري وتخطيط المدن بعدة طرق إستعملت فيها إبتكارات عديدة [٢٧٦].

و أنظمة التهوية الطبيعية داخل المبانى لها ثلاث آليات رئيسية هى [٢٧٧]:

- Single Sided : حيث يدخل الهواء من جهة واحدة من الفراغ عن طريق النوافذ، شكل(٣-٨) (أ) .
- Cross Ventilation : حيث يخترق الهواء الفراغ حيث يدخل من جهة ويخرج من جهة اخري ، شكل (٣-٨) (ب).
- Stack Effect : حيث تعمل الأحمال الحرارية بالفراغ على تدفئة الهواء وبالتالى تقل كثافتة ليصعد إلى العلى ويحل محله الهواء البارد من الخارج، شكل (٣-٨) (ج).



(أ) (ب) (ج)

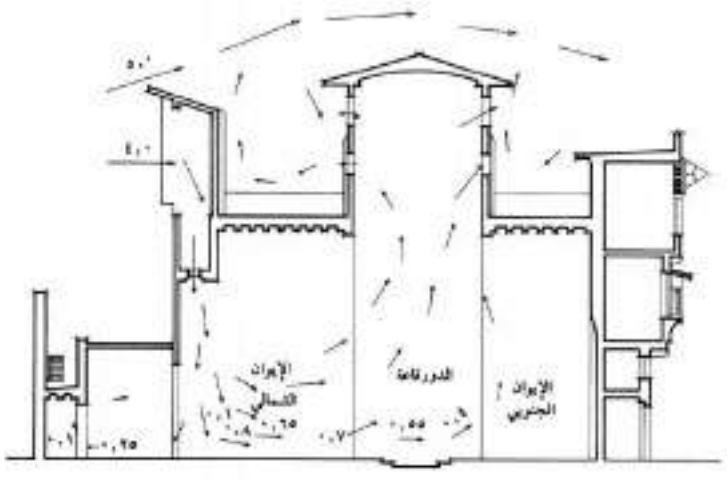
شكل (٣-٨) آليات نظم التهوية الطبيعية فى المبانى [٢٧٨] .

[٢٧٦] حسن فتحى ، ١٩٨٨ ، الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية ، المؤسسة العربية للدراسات والنشر ، بيروت.

[277] R .Thomas , T. Gernham ,2007, The environments of architecture , taylor & francis group , London .

[278] http://www.switchnewmedia.com/clients/Carbon_Trust/9_Andrew_McDowell/thumbs.html#

هذه الآليات لها ميزة كبيرة فى أنها لا تحتاج كمية الطاقة العالية التى تحتاجها تحريك المراوح فى المبانى ذات نظم التهوية الميكانيكية كما أنها هامة جدا لمبانى المستقبل الصديقة للبيئة ، وتكون نظم التهوية الطبيعية فى المبانى أكثر فاعلية عندما يكون الهواء الخارجي نقيا فالمبانى المستدامة تحتاج محيط مستدام [٢٧٩]، وتعد قاعة محب الدين الشافعي مثالا هاما على إستخدام الآليات المختلفة لنظم التهوية الطبيعية بالمبنى ، حيث يعمل الملقف ومخرج الهواء " الشخشيخه " على تكوين حركة للهواء داخل المبني ، شكل (٣-٩) .



شكل (٣-٩) قطاع فى قاعة محب الدين الشافعى[٢٨٠].

وتعتمد جودة التهوية على ثلاثة عناصر أساسية تتمثل فى [٢٨١]:

- معدل التهوية " Ventilation Rate " : وهو كمية الهواء الخارجى الذى يزود به فراغات المبنى و جودة هذا الهواء .
- إتجاه سريان تيار الهواء " Airflow Direction " : هو إتجاه تيار الهواء الإجمالى فى المبنى ، ولابد أن يكون الإتجاه من الفراغات النظيفة " مدخل الهواء " إلى الفراغات الملوثة " مخرج الهواء " .
- توزيع الهواء " Air Distribution " : حيث لابد ان يتم توزيع الهواء الداخل للفراغات بطريقة فعالة بحيث يصل الهواء النقى لكل جزء داخل الفراغ لنقل الهواء المرتد " المحمل ببخار الماء وثانى أكسيد الكربون وأى ملوثات أخري " من هذه الأجزاء وطرده خارج الفراغ .

---

279 R .Thomas , T. Gernham ,2007, The environments of architecture , taylor & francis group , London .

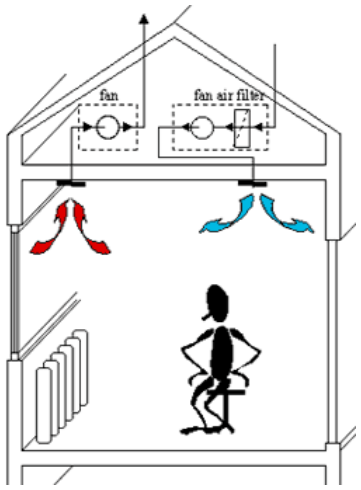
٢٨٠ حسن فتحى ، ١٩٨٨ ، الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية ، المؤسسة العربية للدراسات والنشر ، بيروت.

281 J.Atkinson, Y.Chartier,C.Lúcia ,P. Jensen, Y. Li and W.Seto,2009, Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings, World Health Organization WHO , Switzerland.

ب- التهوية الميكانيكية "MECHANICAL VENTILATION" :

تعتمد حركة الهواء فى التهوية الميكانيكية على المراوح ، حيث يتم تثبيت هذه المراوح مباشرة على النوافذ أو الحوائط أو خلال ممرات هوائية لتعمل على إمداد الفراغ بالهواء أو سحب الهواء من الفراغ . ويتم إستخدام هذا النوع من التهوية حسب ظروف المناخ ، فعلى سبيل المثال فى المناخ الدافئ الرطب يتم إستخدام التهوية الميكانيكية لتقليل الرطوبة داخل الفراغات [٢٨٢].

أيضا يستخدم هذا النوع من التهوية عندما تكون القوي الطبيعية غير قادرة على تحقيق معدل التهوية المطلوب أو وجود مشكلات تلوث الهواء الخارجي للمبنى ، وتختلف نظم وأساليب التهوية الميكانيكية بدءا من إستخدام المراوح وصولا إلى أجهزة تكييف الهواء ، ويمكن أن تعتمد على وحدة مركزية أو وحدات منفصله لكل فراغ على حدي ، ويتم إختيار النظام المناسب حسب إحتياجات التهوية المناسبة و التكلفة .



شكل(٣-١٠) التهوية الميكانيكية [٢٨٣].

و تعتمد التهوية الميكانيكية على ثلاث تقنيات أساسية [٢٨٤] :

- أنظمة طرد الهواء "Exhaust -Only Systems" ، تعتمد على طرد الهواء الموجود بالفراغات مما يجعل الضغط داخل الفراغ سالب ، مما يجبر الهواء النقي على الدخول.
- أنظمة ضخ الهواء "Supply-Only Systems" ، تعتمد على تزويد الفراغ بالهواء النقي من خارج المبنى مما يجعل الضغط داخل الفراغ موجب ، مما يعمل على طرد الهواء للخارج.
- الجمع بين كل الأنظمة السابقة فى نفس الفراغ أو فى فراغات مختلفة بحيث يتم وضع أنظمة ضخ الهواء فى فراغ وأنظمة طرد الهواء فى فراغ آخر لخلق تيار هوائي يسري فى المسار المحدد له بين الفراغين .

---

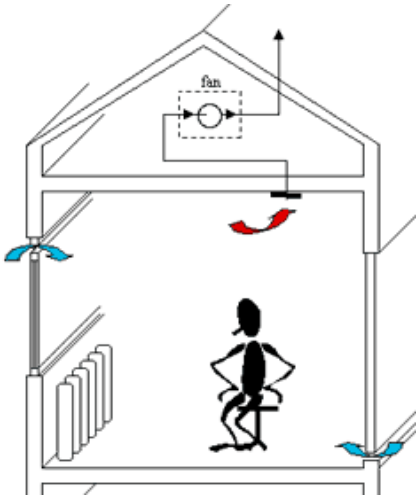
[282] J.Atkinson, Y.Chartier,C.Lúcia ,P. Jensen, Y. Li and W.Seto,2009, Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings, World Health Organization WHO , Switzerland.

[283] http://www.new-learn.info/packages/clear/thermal/buildings/active_systems/mv/index.html

[٢٨٤] شريف محمد نبيل ، ٢٠٠٥ ، **المبانى الواعية لحركة الهواء** ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة جامعة القاهرة .

ج- التهوية المختلطة "HYBIRD VENTILATION" :

فى هذا النوع من التهوية تعتمد حركة الهواء على القوي الطبيعية لتحقيق معدل التهوية المطلوب للفراغ ، ويتم إستخدام التهوية الميكانيكية عندما يكون معدل التهوية الطبيعية منخفض جدا لذا يسمى هذا النظام "Mixed-Mode " . حيث يتم إستخدام مراوح لطرد الهواء للخارج لتجديد الهواء داخل الفراغات ويتم تحديد عدد المراوح المستخدمة حسب معدل التهوية المطلوب فى كل فراغ . ولكن إستخدام مراوح طرد الهواء يواجه مشكلة فى التركيب فى حالة المراوح الكبيرة الحجم ، الضوضاء الصادرة عنها ولا يمكن التحكم بحرارة الفراغ حيث تعمل على زيادة أو إنخفاض درجة الحرارة داخل الفراغ بالإضافة إلى إستهلاك الطاقة الكهربائية [٢٨٥].



شكل(٣-١١) التهوية المختلطة [٢٨٦]

وتعتبر نظم التهوية المختلطة إستراتيجية ذكية للتهوية والتى تجمع القوي الميكانيكية والطبيعية فى نظام ذو وضعين عند إستخدام تحكم أتوماتيكى للتحول بين كلا من الوضعين للتقليل من إستهلاك الطاقة، هذه الآلية تعتمد على مستوي التكنولوجيا المستخدمة والتى تشمل أجهزة الإستشعار "Sensors" وأجهزة التحكم "Controllers" . وتختلف وضعيات التشغيل بإختلاف الطقس ، مستوي الإشغال بالفراغ و الوقت على مدار اليوم ، و تحقق هذه الإستراتيجية رضا مستخدمى المبنى لأنها توفر الهواء النقى من الخارج كما فى التهوية الطبيعية فى حين المحافظة على معدل التهوية ميكانيكيا [٢٨٧] .

---

[285] J.Atkinson, Y.Chartier,C.Lúcia ,P. Jensen, Y. Li and W.Seto,2009, Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings, World Health Organization WHO , Switzerland.

[286] http://www.new-learn.info/packages/clear/thermal/buildings/active_systems/mv/index.html

[٢٨٧] شريف محمد نبيل ، ٢٠٠٥ ، المبانى الواعية لحركة الهواء ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة جامعة القاهرة .

إذن يمكن أن نضيف لهذه الأنظمة نظم التهوية الذكية والمستجيبة للتغيرات المناخية والتى تساعد المبنى على التكيّف مع تلك التغيّرات وسوف نتعرف عليها فيما يلى :

د-التهوية الذكية :

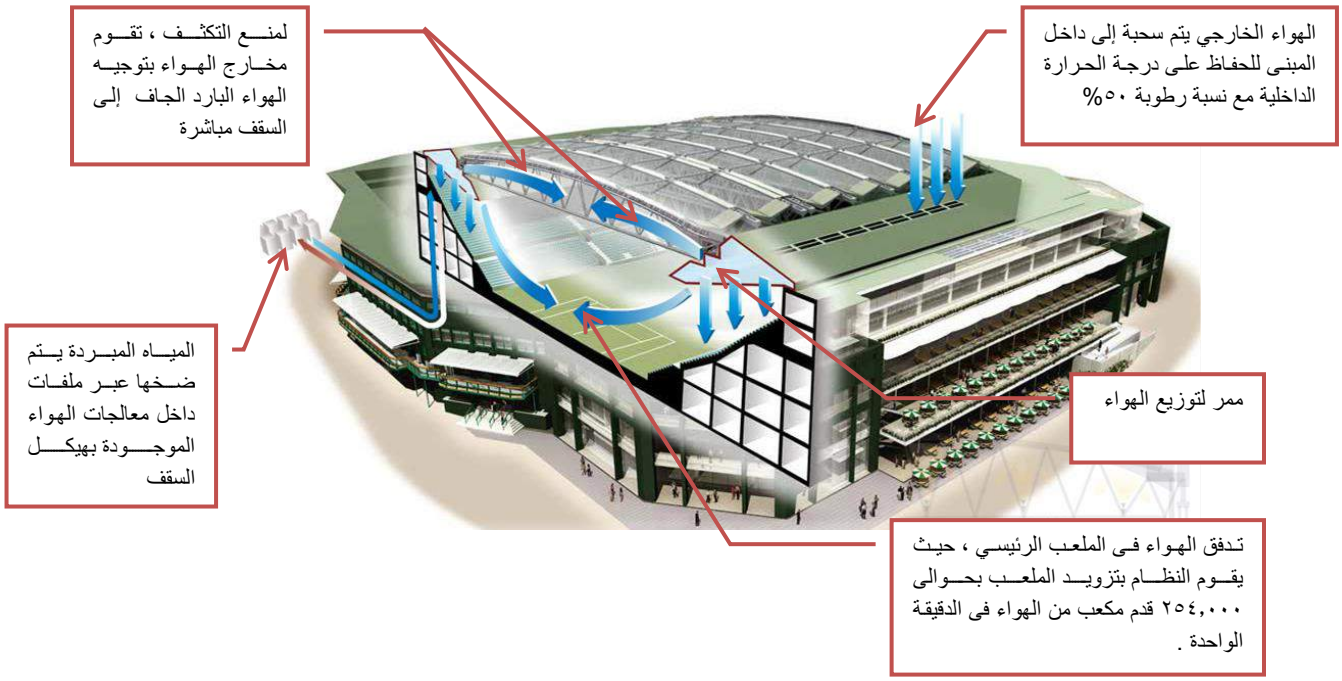
التهوية يمكن أن تنظم أتوماتيكيا لزيادة الفعالية وتحكم أكبر لشاغلى المبنى بواسطة العناصر القابلة للفتح فى غلاف المبنى ، مثل الأسقف المتحركة والقابلة للطي " Retractable Roofs " ، النوافذ الآلية "Motorized windows " و الصمامات الهوائية "Pneumatic dampers" . فهذه العناصر القابلة للحركة يمكن أيضا أن يتم غلقها أتوماتيكيا فى الظروف المناخية الغير مناسبة مثل الأجواء المناخية السيئة من الرياح والأمطار . و تساعد آليات التحكم الذكي على التغلب على بعض المشاكل المتأصلة التي تواجهها التهوية الطبيعية ، مثل تلوث الهواء والضوضاء . ويمكن أن تعتمد التهوية الذكية على نظم التهوية المختلطة أو على نظم التهوية الطبيعية فى تصميم المبنى [٢٨٨].

من أمثلة المبانى التى تم إستخدام الأسقف المتحركة بها متكاملة مع نظم التهوية لتوفير الراحة لشاغلى المبنى هو الملعب الرئيسى بإستاد ويمبلدون " Wimbledon's Centre Court "، حيث تم إضافة سقف متحرك للملعب لحمايتة من الأمطار والتى كانت تعمل على تأجيل المباريات وتعطيل العمل بالإستاد ، وتم تزويدة بنظام للتهوية حيث يقوم النظام بالتأكد من أن يتم ضخ ما يكفي من الأوكسجين في الملعب. كما يتحكم فى نسبة الرطوبة لتوفير الراحة للاعبين والجماهير و عدم التكثيف على أرضية الملعب أو على الأسطح بالإضافة إلى رؤية أفضل أثناء المباراة شكل(٣-١٢)[٢٨٩].

شكل(٣- ١٢) السقف المتحرك لمبنى إستاد ويمبلدون[٢٩٠].

[288] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House,Oxford
[289] http://inhabitat.com/wimbledon-set-to-debut-innovative-retractable-roof/wimbledon-roof-4/
[290] http://inhabitat.com/wimbledon-set-to-debut-innovative-retractable-roof/wimbledon-roof-4/

فعندما يهطل المطل يتم غلق السقف الذي يأخذ حوالى من ٨ : ١٠ دقائق كي يتم غلقه ، و يأخذ نظام التهوية من ٢٠ : ٣٠ دقيقة كي يهيئ ظروف البيئة الداخلية للملعب . ويتم سحب الهواء الخارجى عن طريق فتحات فى السقف للمحافظه على نسبة الرطوبة داخل فراغ الملعب ويتم توزيعها عن طريق ممر توزيع الهواء فى هيكل السقف . في حين يتم تزويد الفراغ بالهواء البارد عن طريق الماء البارد الذى يتم سحبه من مبردات اسفل سطح الأرض إلى ملفات موجودة بمعالجات الهواء الموجوده بهيكل السقف ، وبالتالى يتم تزويد فراغ الملعب بالهواء البارد . وتم تزويد السقف بمخارج تقوم بتوجية الهواء البارد الجاف للسقف مباشرة لمنع التكثف على السطح الداخلى للسقف او على أرضية الملعب .



شكل (٣-١٣) نظام التهوية المتكامل مع السقف المتحرك للملعب الرئيسي بإستاد ويمبلدون[٢٩١].

أما من أمثلة المبانى التى إستخدمت فيها النوافذ الآلية "Motorized windows " مبنى "KfW Headquarters" [٢٩٢] ، شكل (٣-١٤) . وهو أحد البنوك المملوكة للحكومة الألمانية . حيث يمكن لشاغلى المبنى الإستمتاع بنسائم الهواء المتجددة والتى تقوم بتبريد المبنى عن طريق غلاف مبنى مزدوج فريد من نوعة تتألف من آلاف النوافذ التى يتم التحكم بها عن طريق الكمبيوتر والتى تسمح فقط بمرور الكمية المناسبة من الهواء خلالها .

[291] http://i.usatoday.net/sports/graphics/2009/wimbledon_roof/flash.htm
[292] http://inhabitat.com/kfw-headquarters-aims-to-be-the-most-energy-efficient-office-tower-in-europe/

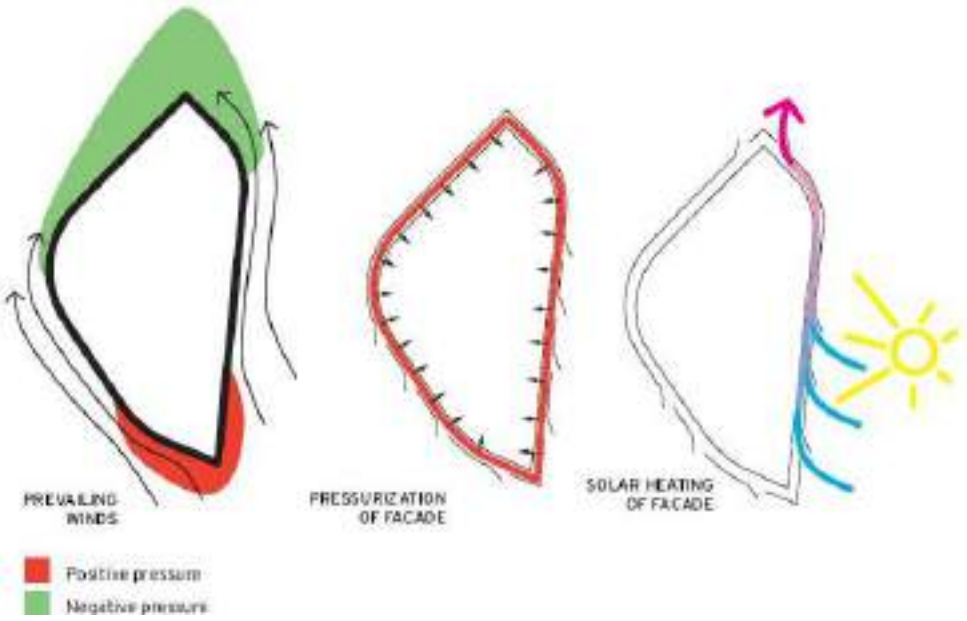
شكل (٣-١٤) الواجهات الخارجية لمبنى " KfW Headquarters "[٢٩٣].

فبالإضافة إلى شكل المبنى الذى يأخذ زاوية تسمح بإنسياب الرياح ، تم تزويد المبنى بأجهزة رصد داخل المبنى وخارجه تقوم بتحديد الوقت اللازم لفتح النوافذ الخارجية وحساب كم يجب أن تفتح هذه النوافذ تبعا لإتجاه ، درجة حرارة و سرعة الرياح.

شكل(٣-١٥) نظام النوافذ الآلية الحركة بمبنى " KfW Headquarters " ، يمين الواجهة الخارجية للنوافذ ، يسار النوافذ الداخلية بالأدوار[٢٩٤].

293 http://inhabitat.com/kfw-headquarters-aims-to-be-the-most-energy-efficient-office-tower-in-europe/
294 http://inhabitat.com/kfw-headquarters-aims-to-be-the-most-energy-efficient-office-tower-in-europe/

يقوم الهواء القادم من الخارج بالضغط على غلاف المبنى ليرسل الهواء النقى من خلال فتحات أرضية موجودة بكل طابق بالتساوي على طول الواجهة الخارجية للمبنى ، ويمكن لشاغلى المبنى فتح النوافذ الداخلية أيضا للحصول على الهواء . وبالتالى يتم تهوية المبنى طبيعيا دون تيارات هوائية مضطربة خاصة بجانب النوافذ .



شكل (٣ – ١٦) إستراتيجية تصميم نظام التهوية بمبنى " KfW Headquarters "[٢٩٥].

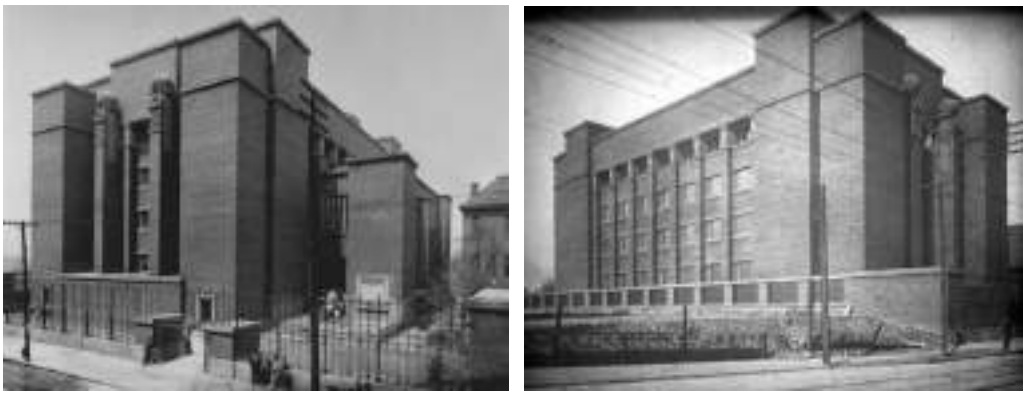
[295] http://inhabitat.com/kfw-headquarters-aims-to-be-the-most-energy-efficient-office-tower-in-europe/

(٣-٢) تصميم المبانى المتنفَّسة لمواجهة التغيّر المناخى :

تناول البحث مفهوم المبانى المتنفَّسة والأنظمة التى تدعم هذا التنفس ، وسوف يتناول فى هذا الجزء على المبانى المتنفَّسة قديما وكيف بدأت فكرتها . كما يدرس البحث إستراتيجيات و منهجية تصميم المبانى المتنفَّسة لتستطيع مواجهة التغيّر المناخى من إرتفاع درجات الحرارة و توفير الراحة الحرارية داخلها .

(٣-٢-١) دراسة تحليلية لبعض المبانى المتنفَّسة :

فكرة أن المدن والمبانى تحتاج إلى أن تتنفس ليست بجديدة ، ففي القرن التاسع عشر والقرن العشرين كان العديد من الإصلاحيون فى المجال الطبى على دراية تامة بأهمية التهوية الطبيعية الجيدة للتقليل من الإصابة بالأمراض . وقد كان النتاج الطبيعى لنادى الإصلاح عام ١٩٠٦ على مستوي كلا من الشكل والخدمات هو المبنى الإداري " Larkin building " من تصميم المعماري فرانك لويد رايت ، وكان هذا المبنى الواقع بجوار خط السكة الحديد فى بافالو بمدينة نيويورك ، محكم الغلق ويعتمد على التهوية الميكانيكية لحماية نفسه من التلوث والضوضاء ولهذا أعتبر خطوه هامة فى تطور المبانى الدفاعية [٢٩٦].



شكل (٣-١٧) مبنى Larkin Building للمعماري فرانك لويد رايد ١٩٠٦[٢٩٧].

أيضا إهتمام المعماري لوكوربوزييه بما أسماه " Controlled Respiration for Buildings " التحكم بتنفس المبانى أو " Respiration exact "," Exact air " , والذي جاءت فكرته من التنفس فى الإنسان ، وهى من الأفكار التى طوّرها لوكوربوزييه فى الفتره بين ١٩٢٦ و ١٩٣٣ م . فقد كان عصر الآله الذي إتخذ طريقه إلى التقدم والذى أحدث إرتباك فى كل شئ دون أن يقدم وسيلة إلى النجاة ، من وجهة نظر لوكوربوزييه ، مع إختلاف المناخات على سطح الأرض وإختلاف

[296] R .Thomas , T. Gernham ,2007, The environments of architecture , taylor & francis group , London
[297] R .Thomas , T. Gernham ,2007, The environments of architecture , taylor & francis group , London

الفصول مصدر إلهام ليبحث عن العلاج على حد قوله ، وفى بحثه عن الثوابت وجد رئة الإنسان بما يميزها من القدرة على التكيّف والذكاء . والثابت الذى يمثل الشرط الأساسي لأداء الرئة هو الهواء " Exact Air "ويمكن الحصول على " Exact Air " صناعيا بواسطة : الفلاتر ، المجففات، وحدات الترطيب ، أجهزة التعقيم . و إرسال هذا الهواء " Exact Air " لرئة الإنسان فى المنزل ،المكتب ، المصنع ، النادي و المسرح ، فأجهزة التهوية تستخدم كثيرا ولكنها غالبا ما تستخدم بشكل سيئ [٢٩٨].

وقد زوّد المعماري لوكوربيزييه مبنى " The Centrosoyuz " بموسكو بهذا النظام بهدف توفير الراحة بالبيئة الداخلية بالمبنى طول العام وفى كل المجالات المناخية بالإضافة إلى ترشيد إستهلاك الطاقة بالمبنى.

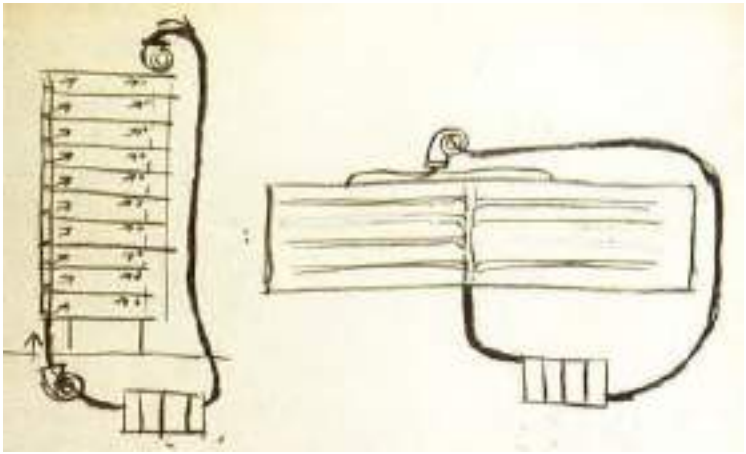
شكل (٣-١٨) مبنى **The Centrosoyuz** بموسكو للمعماري لوكوربوزييه [٢٩٩].

و كان لابد من توفير ثلاث جوانب أساسية فى التصميم فى وقت واحد هي [٣٠٠]:

- إحكام غلاف المبنى وإحكام غلق النوافذ لتقليل تسرب الهواء والحرارة من الداخل للخارج والعكس .
- نظام ميكانيكي للتحكم فى التهوية قادر على ضبط كلا من درجة حرارة الهواء والرطوبة كنموذج تقريبي لنظام تكييف الهواء ، وهى الفكرة وراء مفهوم "Respiration exact" .
- إستخدام الواجهات الزجاجية كأغلفة حرارية خارجية و كعنصر نشط فى تحييد تدفقات الطاقة فى كلا من الصيف والشتاء إستخدم نظام أسماه " Mur Neutralisant " ، والذي يعمل على تجنب تسرب الحرارة من الداخل للخارج شتاءا ومن الخارج للداخل صيفا . وقد قام المعماري

[298] http://thecharnelhouse.org/2010/09/17/exact-air
[299] http://en.wikipedia.org/wiki/Tsentrosoyuz_building.
[300] http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html

لوكوربوزييه بإستخدام مواسير وإدخالها فى تجويف من الزجاج المزدوج لتمرير الهواء المعالج بها حيث يتم ضخ الهواء الساخن شتاءا والبارد فى الصيف، وبالتالي تحييد الظروف الخارجية بالمبنى . وهذا ما يجعل نظام "Respiration exact" يحافظ على درجة حرارة الفراغ الداخلى عند ١٨ ° س .



شكل (٣-١٩) إسكتش يوضح نظامي **Respiration exact** ، **Mur Neutralisant** ، عام ١٩٢٩.[٣٠١]

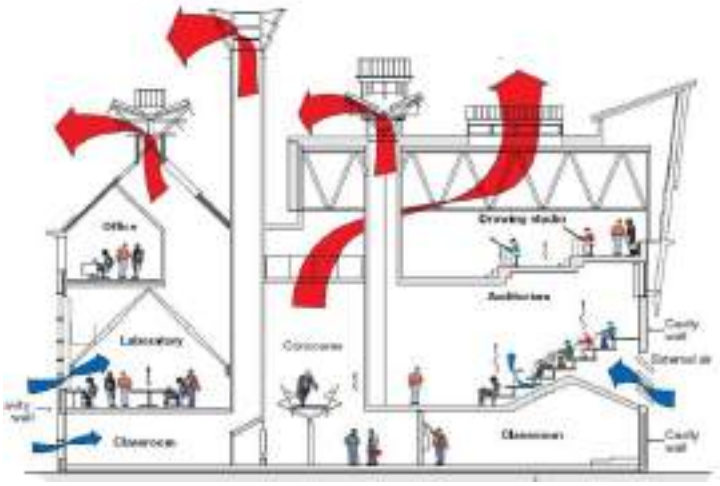
وعندما طوَر كارير " Carrier " وآخرون أجهزة التكييف للمبانى كانت كل عناصر المبنى جاهزة تماما لتكوِن مبنى محكم الغلق يعتمد على التهوية ، التبريد و التدفئة الميكانيكية . والتى كانت تمثل رمزا لجانب كبير من الحداثة فى القرن العشرين . وسواء كان جماليا أم لا فإنه يستهلك كمية ضخمة من الطاقة و ينتج كمية هائلة من ثانى أكسيد الكربون وقد كانت هذه الأجهزة متجهة إلى الفناء ولكن البديل الذى لابد أن يتخذ مكانها كان غير واضح .

ثم جاء الجيل التالى من المبانى الذى يعتمد فى تصميمه على إستغلال القوي الطبيعية فى التصميم بتقليل إستهلاك الطاقة ولعل من أهم أمثلة هذا الجيل مبنى "Queens building" بجامعة "De Montfort University" من تصميم Short Ford وشركاه (إكتمل إنشاؤه عام ١٩٩٣ م)، والذي أنشئ بدافعين هامين أحدهما هو الإعلان عن إنشاء جامعة جديدة فى منطقة عمرانية جديدة بمدينة Leicester بالمملكة المتحدة والآخر هو تقليل إستهلاك الطاقة . لذا إتجه المصممون إلى تشكيل كتلى يعظم الإستفادة من التهوية الطبيعية والإضاءة النهارية [٣٠٢].

[301] http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html
[302] R .Thomas , T. Gernham , 2007,The environments of architecture , taylor & francis group , London .

شكل (٣-٢٠) مبنى "Queens building" بجامعة "De Montfort University"[٣٠٣].

ويعد مبنى Queens building دراسة لكيفية إستخدام التنظيم الفراغى الداخلى ، التشكيل الخارجى و مواد البناء المستخدمة لتقليل الأثر البيئي للمبنى . فهو يشبه حيوان ثابت (الجمل الساكن) ولكن لديه الوعى التام بأنه يحتاج إلى الحفاظ على درجة حرارته وتنظيم أنظمة التوزيع به وخاصة المتعلقة بالتهوية الطبيعية . وقد شمل التصميم إستراتيجية لتهوية الفراغات الداخلية بالمبنى والأماكن ذات الكثافة العالية مثل قاعات المحاضرات ولتقليل الإحتياج إلى التبريد الصناعى ، حيث يتم دخول الهواء البارد من مستويات منخفضة فى الواجهات الخارجية والتى تقوم بتبريد الفراغات وتصعد لتخرج من الأبراج تبعا لخاصية " Stack effect " شكل (٣-٢١) . متكاملا مع بقية عناصر المبنى من غلاف ذو كتله حرارية عالية ، العزل الجيد ، إرتفاع الفراغات الداخلية والتظليل مما يحسن آداء التهوية الطبيعية بالمبنى[٣٠٤].



شكل (٣-٢١) إستراتيجية التهوية الطبيعية بمبنى Queens building [٣٠٥].

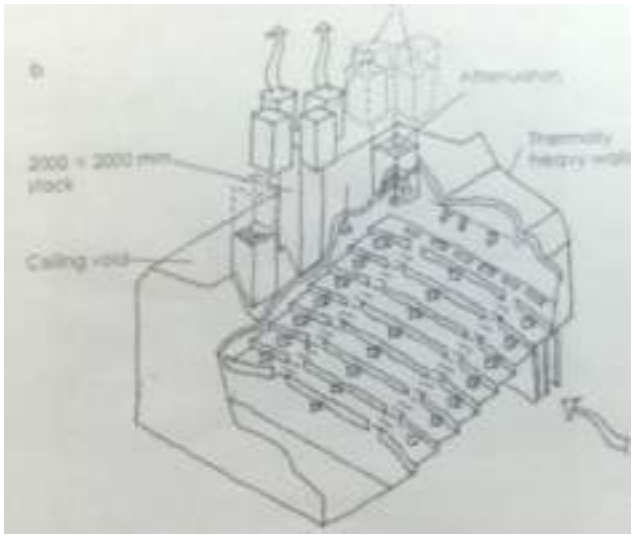
[303] http://brickmasonry.blogspot.com/2010/11/queens-building-short-and-associates-de.html
[304] R .Thomas , T. Gernham , 2007,The environments of architecture , taylor & francis group , London .
[305] R .Thomas , T. Gernham , 2007,The environments of architecture , taylor & francis group , London .

وكما ذكرنا فيما سبق أنه كما تختلف معدلات التهوية فى المبانى حسب الحاجة تختلف أيضا معدلات التنفس فى الكائنات ، فعلى سبيل المثال ، الرئتين فى الإنسان تضخ حوالى ٦ لتر/ دقيقة من الهواء وهو المعدل الطبيعى فى وقت الراحة ولكن يمكن لهذا المعدل أن يزيد بـ ٢٥ مرة وأكثر فى حالة القيام بأعمال شاقة .وقد إتخذت هذه الحقيقة فى الإعتبار فى مبنى The Contact Theater من تصميمShort وشركاه عام ١٩٩٩م ، والذى جاءت إستراتيجية تصميمه متبنية تقنيات ترشيد إستهلاك الطاقة و التهوية الطبيعية [٣٠٦].

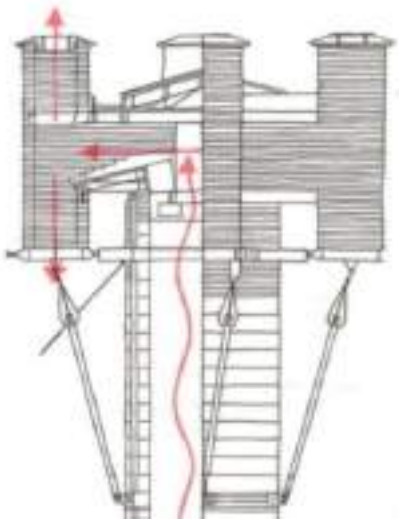
شكل (٣-٢٢) مبنى The Contact Theater من تصميم Short وشركاه عام ١٩٩٩[٣٠٧].

إعتمد المصممون على وحدات ضخمة من" H-Pot Chimney " فى إستراتيجية التهوية بالمبنى وقد صممت أحجام هذه الوحدات طبقا لحسابات دقيقة لضمان الراحة لرواد المسرح . يأتى الهواء من فناء مغلق ناحية الغرب حيث تم وضع مداخل الهواء فى جانب المبنى المواجه له ، يؤخذ الهواء خلال ممرات طويلة، عميقة ومعزولة صوتيا . ويتم تحويل مسار الهواء ٩٠ درجة قبل دخوله للقاعة لتفادى هبوب أى رياح غير متوقعة والتقليل من الضوضاء ، ثم يمرر الهواء أسفل كل صف من مقاعد المسرح الرئيسي ليخرج من فتحات فى قوائم المدرجات ليقوم بتبريد فراغ المسرح وإزاحة الهواء الساخن للأعلى ليخرج من المداخن المتصله بسقف المسرح والمزودة بمراوح قليلة الإستهلاك للطاقة ذات سرعات محدوده لتسعد فى سحب الهواء الساخن لأعلى، شكل(٣-٢٣) . وتعمل " H-Pot Chimney " على تقليل التدفق المنعكس للهواء الناتج عن ضغوط الرياح كما تُنتج ضغط سالب لتحفيز حركة الهواء [٣٠٨] ، شكل (٣-٢٤) .

[306] R .Thomas , T. Gernham , 2007,The environments of architecture , taylor & francis group , London .
[307] http://manchesterhistory.net/manchester/tours/tour8/area8Bpage20.html
[308] http://thecontacttheatre.weebly.com/case-study-description.html



شكل (٣-٢٣) إستراتيجية التهوية الطبيعية بقاعة المسرح الرئيسية [٣٠٩].



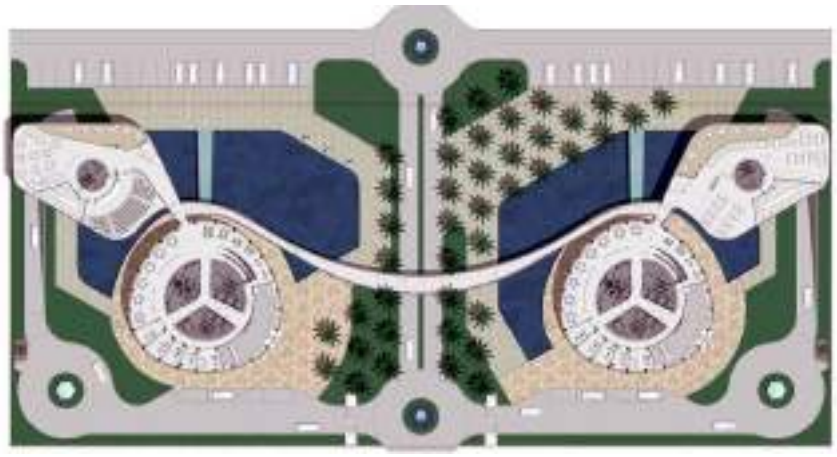
شكل (٣-٢٤) خروج الهواء الساخن المتصاعد من قاعة المسرح من H-Pot Chimney [٣١٠].

وكما فى الفقاريات والذى يعد الإنسان واحدا منها حيث أن سطح المخ لديه حساسية خاصة لإرتفاع مستويات ثانى أكسيد الكربون بالجسم ، فعند إرتفاع المستوي عن الحد المسموح به تقوم الرئتين بالزيادة فى معدل ضخ الهواء للجسم ، نجد ان فى مبنى The Contact Theater مزود بأجهزة إستشعار لمراقبة مستوي ثانى أكسيد الكربون بالهواء وعند زيادتها عن الحد المسموح تقوم المراوح بزيادة سرعتها ليزيد معدل التهوية داخل الفراغ [٣١١].

[309] R .Thomas , T. Gernham , 2007,The environments of architecture , taylor & francis group , London.
[310] http://howtobecomeanarchitect.wordpress.com/tag/contact-theatre/
[311] R .Thomas , T. Gernham , The environments of architecture , taylor & francis group , London.

وحديثا من المبانى المتنفَّسة والمستجيبة لتغيرات المناخ القائمة والتى يمكن دراستها والإستفادة منها، مبانى المقر الرئيسي لمجلس الإستثمار المحلى بإمارة أبو ظبى (أبراج البحر) ،الإمارات العربية المتحدة "Abu Dhabi Investment Council Headquarters" ،٢٠٠٦م .

وقد صمم المبنى بتصميم معماري فريد ليتفق مع خطة التنمية في دولة الإمارات '٢٠٣٠ ' ، ويعمل المشروع المكون من برجين يصل إرتفاع كل منهما إلى ١٤٥ م كبوابة للمدينة . وإستند التصميم على الرغبة في إنشاء مبنى تاريخي من شأنه أن يعكس التقاليد الثقافية الكامنة لإمارة أبوظبي، جنبا إلى جنب مع مكانة مجلس الاستثمار [٣١٢].



شكل(٣-٢٥) الموقع العام لأبراج البحر[٣١٣].

وإستمدت فكرة التصميم من أنماط العمارة الإسلامية التقليدية حيث تم إستحداث غلاف خارجى للمبنى على الواجهة الجنوبية والغربية والشرقية وهو مستوحى من فكرة المشربية ، هذا الغلاف مصنع من مواد شفافة يعمل على حماية أجزاء المبنى الأكثر تعرضا للشمس من شدة الإشعاع الشمسى ويحافظ فى نفس الوقت على الإستفادة من ضوء النهار الطبيعى ، مما يسهم في تخفيض أحمال التبريد المتوقعة ٢٠٪ لضمان الحصول على مبنى مستدام ذو كفاءة عالية يوفر الطاقة ويقلل من إنبعاث الكربون بمعدل ٤٠% . ويقوم هذا الغلاف الخارجي " المشربية " بحركة ديناميكية حيث تُفتح وتُغلق إستجابة لحركة الشمس .

المسقط الأفقى لكلا من البرجين ، شكل (٣-٢٦) مكون من عدة أقواس ترتبط ببعضها لتكون كتلة المبنى التى تحوي داخلها جزء مركزي دائري بالمنتصف ، مما يوفر قدرا كبيرا من المرونة فى توزيع الفراغات وتوجية المبنى . وتمتد القواطيع الى تفصل الفراغات من المركز حتى

[312] http://dezzzme.com/2012/12/15/2221/
[313] http://www.e-architect.co.uk/dubai/abu-dhabi-investment-council-hq

تلتقي بغلاف المبنى الداخلى لتوفير ممرات توزيع مناسبة لحركة الهواء وشاغلى المبنى أيضا بالإضافة إلى توزيع جدي للإضاءة الطبيعية بالمبنى . والمبنى مزود بحديقة داخلية بإرتفاع ٤ طوابق تتكرر كل ٧ أدوار [٣١٤].

شكل (٣-٢٦) المسقط الأفقي لأبراج البحر [٣١٥].

هيكل كلا من البرجين مكون من طبقتين شكل (٣-٢٧) ، الداخلية عبارة عن حائط زجاجى ظاهر نسبيا يمثل الغلاف الداخلى للمبنى ، وعلى بعد ٢ م من الغلاف الداخلى تأتي الطبقة الخارجية التى تضم وحدات تظليل ذكية آلية الحركة حيث يتم فتحها وغلقها عن طريق محركات خطية مركزية تستجيب لحركة الشمس[٣١٦].

شكل (٣-٢٧) الواجهات الخارجية لأبراج البحر [٣١٧].

[314] http://dezzzme.com/2012/12/15/2221/
[315] http://aedasresearch.com/features/view/advanced-modelling/project/al-bahar-towers
[316] http://dezzzme.com/2012/12/15/2221/
[317] http://www.aedas.com/Al%20Bahr%20Towers

شكل (٣-٢٨) الوحدات المكونة لغلاف الأبراج الخارجي "المشربية " [٣١٨].

هذا الغلاف الديناميكى الحركة يعمل كالمشربية من حيث تظليل من ٨٠ :٩٠ % من الواجهات وبالتالى تقليل الأحمال الحرارية الناتجة عن الإشعاع الشمسى المباشر ، توفير إضاءة طبيعية وبالتاللى تقليل الحاجة إلى الإضاءة الصناعية نهارا ، رؤية جيدة للمحيط البيئي الخارجي من قبل شاغلى المبنى حيث وفر وجود المشربية إستخدام زجاج ذو شفافية عالية بالإضافة إلى ان المشربية تفتح وتغلق مع حركة الشمس وبالتالى الواجهات غير مصمتة تماما طوال النهار [٣١٩].

شكل(٣-٢٩) وضعيات الفتح والغلق بالغلاف الخارجى للأبراج إستجابة لحركة الشمس [٣٢٠].

الشكل الإيروديناميكى لكتلة المبنى يسمح بتدفق أكثر إنتظاما للهواء والذى يساعد على تبريد الغلاف بغض النظر عن التوجيه . ثم يأتى دور الحدائق السماوية التى تم تزويد المبنى بها من أجل مواصلة تخفيض الإكتساب الحراري الشمسي، و توجد هذه الحدائق بالجزء الجنوبى من الأبراج وهى المنطقة الأكثر تعرضا للإشعاع الشمسى لتعمل كأفنية تبريد للمبنى نتيجة تأثير "Stack" الذي يسببه الغلاف المزدوج للمبنى مع حركة الغلاف الخارجي[٣٢١]، شكل (٣-٣٠).

[318] http://www.aedas.com/Al%20Bahr%20Towers
[319] http://dezzzme.com/2012/12/15/2221/
[320] http://www.aedas.com/Al%20Bahr%20Towers
[321] http://aedasresearch.com/features/view/all/project/abu-dhabi-investment-council-hq

شكل (٣-٣٠) الواجهات الجنوبية لأبراج البحر وأماكن الحدائق [٣٢٢].

وقد تكون الفكرة الرئيسية لحركة الوحدات المكونة لغلاف المبنى الخارجي هو التظليل إستجابة لحركة الشمس لكنها أيضا تعمل على تهوية باقى فراغات المبنى حيث تعمل حركة هذه الوحدات الخارجية عمل الرئة فى الشهيق والزفير فعند فتح النوافذ بالغلاف الداخلى للمبنى يتدفق الهواء بشكل إنسيابى داخل الفراغات ليزودها بالهواء النقي من الخارج ويطرد الهواء الملوث الذي يتصاعد إلى الأعلى لينتج مبنى متنفس يوفر الصحة لمستخدميه ، شكل (٣-٣١).

شكل (٣-٣١) حركة الهواء بالأبراج لتهوية الفراغات وتبريد الغلاف (وضعية فتح وحدات الغلاف الخارجي) [٣٢٣].

كما يقوم المبنى بإنتاج الطاقة اللازمة للتشغيل ذاتيا نتيجة إستخدام الخلايا الشمسية المثبته على سطح المبنى بشكل مائل ناحية الجنوب للإستفادة القصوي من الإشعاع الشمسى .

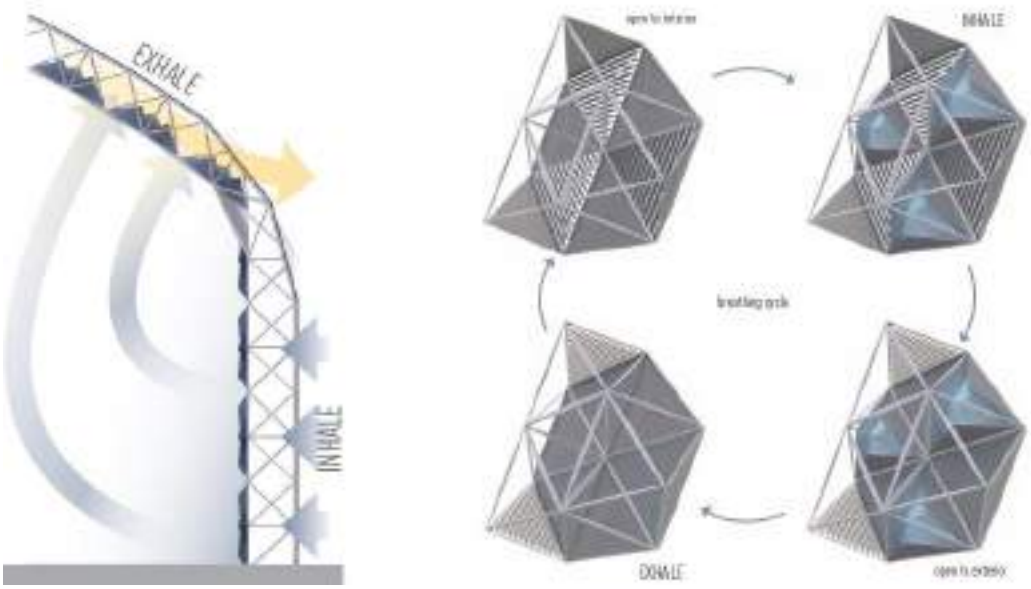
[322] http://www.e-architect.co.uk/dubai/abu-dhabi-investment-council-hq
[323] http://aedasresearch.com/features/view/all/project/abu-dhabi-investment-council-hq

شكل(٣-٣٢) تكامل النظم المعمارية والبيئة المستخدمة بالأبراج[٣٢٤].

قام أيضا أحد الباحثين بجامعة واشنطن يدعى " Scott Crawford "، بدراسة فكرة غلاف المبنى المتنفس المتكيف مع التغيّرات المناخية . حيث قام بتطوير نظام يعمل على تحريك الهواء بنفس الطريقة التى تتحرك بها الرئتين فى الإنسان عن طريق تبادل كميات من الهواء من خلال تمدد وإنكماش الغلاف . وقد كانت الأشكال الثلاثة للتكيف من المرونة ، التأقلم و التعلم هي النقاط الرئيسية التى إستند إليها هذا النظام . ويتكون هذا النظام من وحدات قابلة للفتح والغلق أوتوماتيكيا تتكامل مع هيكل المبنى لتعمل على حركة الهواء سواء لإدخال الهواء أو طرده من الفراغات [٣٢٥].

[324] http://aedasresearch.com/features/view/all/project/abu-dhabi-investment-council-hq

[325] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

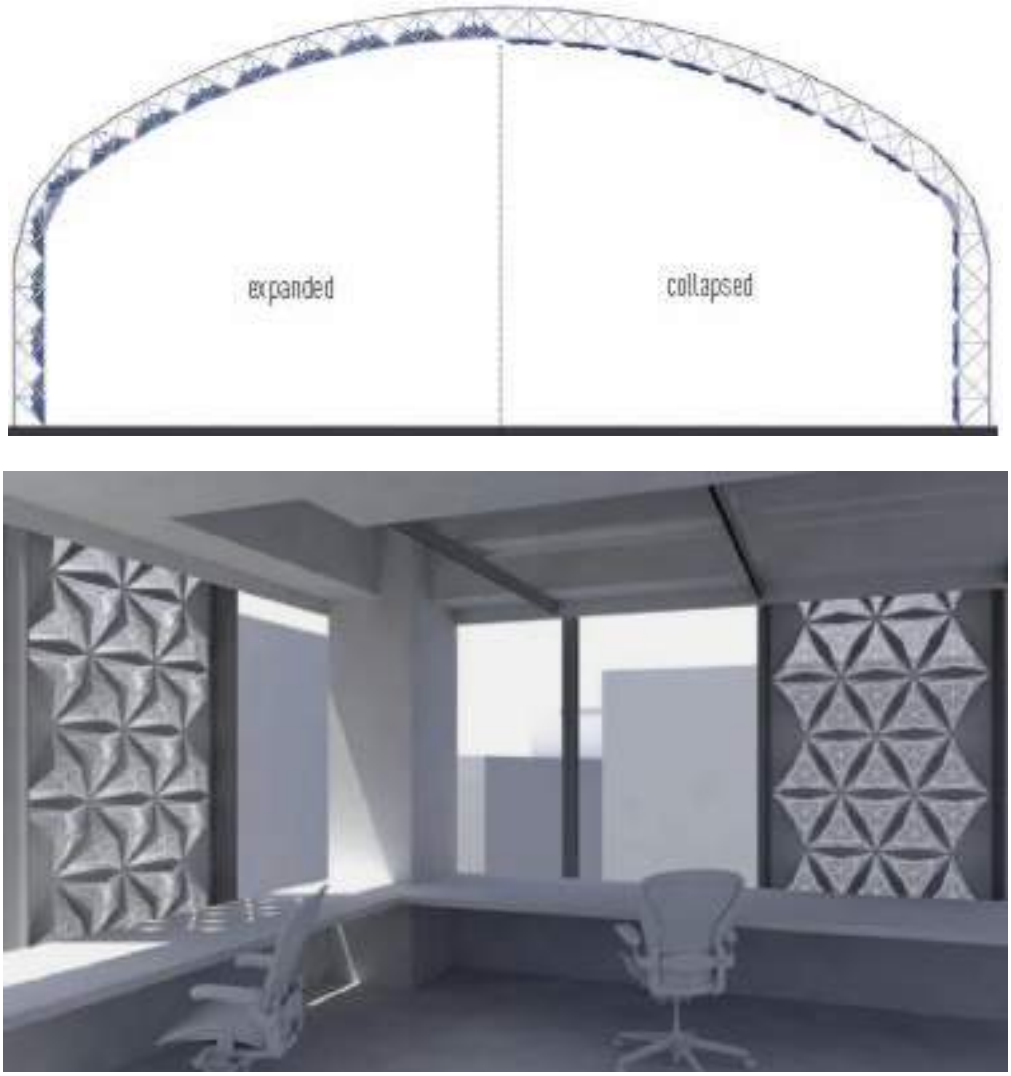


شكل (٣-٣٣) الوحدات المتحركة التى تحاكي عمل الرئتين فى الانسان (يمين) وآلية عملها فى محاكاة عمليتى الشهيق والزفير لتحريك الهواء بالفراغ (يسار) [٣٢٦].

وقد تم إختبار هذا النظام عن طريق نموذج حاسوبى تم دراسته من قبل الباحث لكى يتم التوصل للتكوين الأمثل للوحدات لتمكنها من الحركة وتمثل مرحلة دراسة هذا النموذج الحاسوبى الشكل الأول من التكيّف وهو المرونة لما صحبه من محاولات عدة للوصول للشكل النهائى للوحدات المكونة للغلاف المتنفس . وتم تزويد هذه الوحدات بالمحركات التى توفر لها الحركة لإدخال الهواء أو لإخراجه تبعا لحاجة الفراغ ، وهذا ما يمثل الشكل الثانى من التكيّف وهو عملية التأقلم .

ومع وجود الأنظمة الذكية التى تمكن المبنى من الإستجابة للتغيرات التى تحدث بالمناخ فى البيئة المحيطة والتى تمكن المبنى من التعلم من الإستجابات الخاطئة فى ظروف سابقة . ويمكن لهذا النظام أن يكون جزء من هيكل المبنى أو يتكامل مع أى من عناصر غلاف المبنى الأخري كالحوائط الزجاجية مثلا [٣٢٧].

[326] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.
[327] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.



شكل (٣-٣٤) تكامل الوحدات مع غلاف المبنى [٣٢٨].

وقد رأت المعمارية " Doris Kim Sung " المبانى المتنفَّسة من وجهة نظر أخري حيث إستخدمت خواص المعادن الحرارية لإنتاج مبنى ذاتى التهوية ، ففي عام ٢٠١١ قامت بإنشاء مشروع أسمته "Bloom" فكرته مستوحاة من الجهاز التنفسي للجراد grasshopper ، و المشروع عبارة عن هيكل للتظليل والتهوية مكون من ١٤٠٠٠ وحدة معدنية متشابكة . وقد إستخدمت مجموعة من المعايير مثل كمية الإشعاع الشمسي الساقط على مناطق معينه من وحدة التظليل ، لإدخالها على مجموعة من برامج الحاسب الآلي لتحديد الشكل الهندسي لكل وحدة معدنية الذى يختلف من وحدة لأخري [٣٢٩].

[328] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

[329] http://www.ozy.com/rising-stars-and-provocateurs/doris-kim-sung-architectures-new-skin/30557.article

شكل (٣-٣٥) هيكل مشروع "Bloom" [٣٣٠].

ومع حركة الشمس على "Bloom " تلتف الوحدات التى تسقط عليها أشعة الشمس لتفتح لإدخال الضوء والهواء وعندما تغيب الشمس عن تلك الوحدات تغلق ذاتيا ، فى حين انه عندما تغلق الوحدات يقوم الهواء الساخن المختزن بالأسفل بفتح بعض الوحدات لإخراج الهواء الساخن وبالتالي يكون هناك حركة مستمرة للهواء داخل الهيكل [٣٣١].

شكل (٣-٣٦) حركة الوحدات المعدنية إستجابة لحركة الشمس[٣٣٢].

330 http://www.archdaily.com/215280/bloom-dosu-studio-architecture/
331 http://www.ozy.com/rising-stars-and-provocateurs/doris-kim-sung-architectures-new-skin/30557.article
332 http://www.archdaily.com/215280/bloom-dosu-studio-architecture/

(٣-٢-٢) إستراتيجيات تصميم المبانى المتنفَّسة :

تطرّقت الدراسة إلى العديد من الأمثلة التى توضح فكرة التنفس فى المبانى والتى تمكِّن من فهم وإدراك أهمية هذا النوع من المبانى المستجيبة و المتكيّفة لمواجهة التغيّر المناخي من إرتفاع درجات الحرارة . ومن خلالها تم التوصل إلي أنَّ نظم التهوية الذكيّة العنصر الرئيسي فى تصميم المبانى المتنفَّسة والتى تمكِّنها من الإستجابة للتغيرات المناخية التى قد تحدث بالمحيط البيئى للمبنى . وتتبع نظم التهوية الذكية إحدى إستراتيجيات التصميم الآتية :

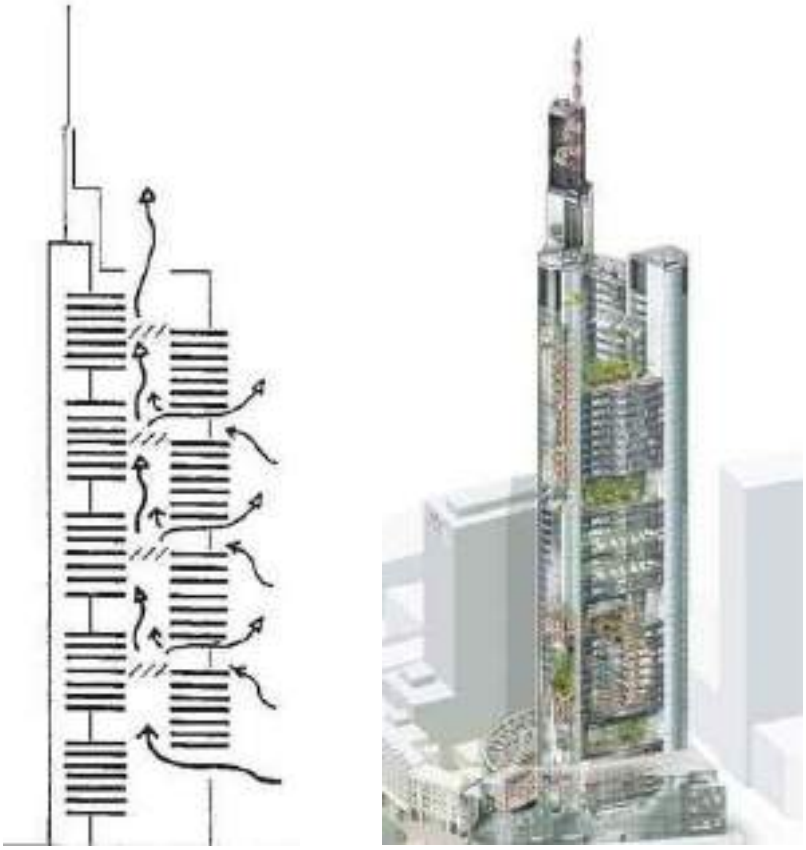
(٣-٢-٢-١) نظم التهوية المختلطة الذكية :

تقوم معظم المبانى على نظام التهوية المختلطة "Mixed-Mode" مع إستخدام نظم التحكم الذكية لتحديد الوقت المناسب لتشغيل التهوية الميكانيكية بالمبنى ، فهى مبرمجة على إستخدام التهوية الميكانيكية فقط فى الظروف الجوية القاسية وبالتالي تحقيق أقصى قدر من التهوية الطبيعية والتقليل من إستخدام الطاقة. ويقدم المبنى الإداري للمصمم نورمان فوستر " Commerzbank Headquarters " (شكل ٣-٣٨) مثالا جيدا لهذا النوع من المبانى .

شكل(٣-٣٨) المبنى الإداري Commerzbank Headquarters للمعماري نورمان فوستر [٣٣٣].

[333] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House,Oxford

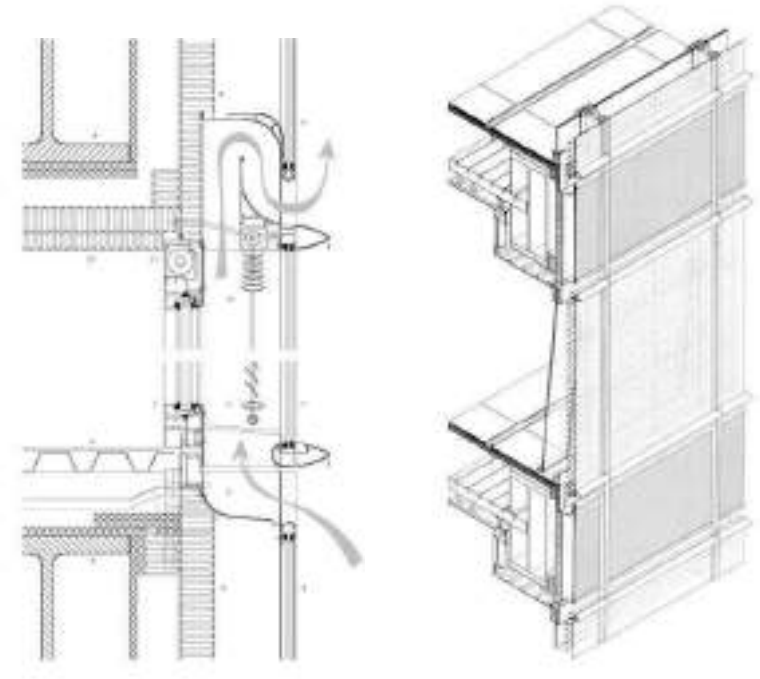
حيث يتم تهوية المبنى طبيعيا بواسطة نوافذ يتم التحكم بها عن طريق الحاسوب ، أيضا يتم فتح واجهات الحدائق (يصل إرتفاعها إلى ١٤ متر) فى الظروف الجوية الجيدة لتهوية الفناء الذي يتصل بحديقتين أخرتين ، وبالتالى يتم تزويد فراغات المكاتب المواجهة للفناء بالهواء النقي بطريقة غير مباشرة [٣٣٤].



شكل (٣-٣٩) إستخدام الحدائق فى الواجهات لترطيب الهواء الذى يستخدم فى تهوية الفناء الداخلى وفراغات المكاتب المطله عليه [٣٣٥].

أما المكاتب المواجهة لغلاف المبنى يتم تهويتها مباشرة من الخارج عن طريق النوافذ الداخلية الآلية التى تقع خلف الجزء الواقى الخارجى بغلاف المبنى المزود أيضا بستائر تتحرك أتوماتيكيا . تصنع المسافة بين النوافذ و الجزء الخارجى تجويفا عرضة ٢٠٠ مم و يزيد معدل تغير الهواء فى هذا التجويف مع زيادة اللإشعاع الشمسى على الواجهات ، حيث يتم تسخين الزجاج ، إطارات النوافذ و الستائر المعدنية مما يعمل على تسخين لهواء المحيط فيرتفع إلى أعلى وبالتالى يتم تجديد الهواء داخل التجويف وكلما زادت الحرارة كلما تم تحريك الهواء بشكل أسرع وبالتالى يتم تبريد الغلاف الخارجى للمبنى والستائر المعدنية شكل (٣-٤٠) [٣٣٦].

[334] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House,Oxford
[335] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House,Oxford
[336] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House,Oxford



شكل (٣-٤٠) حركة الهواء فى التجويف بين النوافذ الداخلية والجزء الخارجى لغلاف المبنى[٣٣٧].

وكل المكاتب بالمبنى مزودة بتلك النوافذ الأوتوماتيكية والتى يمكن التحكم بها بواسطة شاغلى المبنى أو عن طريق نظام الإدارة المركزي للمبنى . وقد صمم فريق التصميم هذا النظام الأتوماتيكى للنوافذ لتوفير وسيلة فعالة للتهوية لما يقرب من ٦٠٪ من مجموع ساعات الإستخدام . أما أثناء الظروف الجوية السيئة من الحرارة أو البرودة الشديدة ، يتم غلق النوافذ أتوماتيكيا وتشغيل نظم التهوية الميكانيكية بالمبنى ، حيث أن كل ١٢ طابق من المبنى مزود بوحدة معالجة للهواء خاصة بها لتوفير الهواء النقى ميكانيكيا [٣٣٨].

[337] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House,Oxford
[338] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House,Oxford

(٣-٢-٢-٢) نظم التهوية الطبيعية الذكية :

هناك عدد من المبانى يشمل أنظمة توزيع الهواء من خلال هيكل المبنى[٣٣٩]، عن طريق تزويد غلاف المبنى بنظم حركية ذكية " Intelligent kinetic Systems " تعمل على إدخال الهواء الخارجى للفراغات الداخلية . وعلى عكس نظم التهوية الميكانيكية و المراوح ، يمكن إعتبار هذه الأنظمة الحركية جزءا من نظم التهوية الطبيعية بالمبنى رغم أنها آلية . فهى تساعد على توفير الراحة الحرارية داخل المبنى ، جودة الهواء الداخلى للفراغات الداخلية للمبنى و تيسير سبل الإضاءة الطبيعية بالمبانى فى بعض الحالات[٣٤٠].

ويعد المبنى الإداري " San Francisco Federal Building " للمعماري Thom Mayne ، شكل (٣-٤١) ، من أهم الأمثلة على إستخدام النظم الحركية مع نظم التحكم الذكية لتوفير التهوية الطبيعة بالمبنى ، فهو أول مبنى إداري في الولايات المتحدة يقوم على التخلي عن تكييف الهواء من أجل إستخدام التهوية الطبيعية . فالمبنى يوفر تهوية طبيعية لحوالى ٧٠% من مسطح المساحة المخصصة للعمل ، وذلك نتيجة تشكيل المبنى والتكامل الإستراتيجي بين أنظمة المبنى الهيكلية ، الميكانيكية والكهربائية .

شكل (٣-٤١) الواجهة الجنوبية للمبنى الفيدرالى بسان فرانسيسكو[٣٤١].

على مستوي المبنى ككل ، واجهة المبنى الجنوبية عبارة عن وحدات تظليل معدنية مثقبة قابلة للحركة تظلل نظام نوافذ بكامل إرتفاع الحوائط و الغلاف قابل للتغير عن طريق لوحات تحكم تقوم بالتكيّف مع التقلبات المناخية اليومية والموسمية . وقد إعتمد المصمم فى الأدوار الخمس الأولى للمبنى على نظام التهوية المختلطة " Hybrid Ventilation " حيث أنها تحتوي على عدد كبير من شاغلي المبنى و الأجهزة ، وبالتالى إستخدمت نظم تكييف الهواء . أما الأدوار التى تلى

---

339 M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House, Oxford

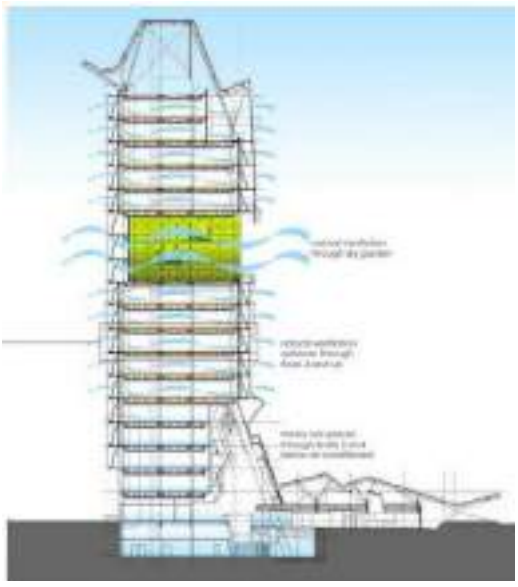
340 J. Wang, L.O. Beltrá, Ph.D., J. Kim, From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes , A&M University, Texas.

341 J. Wang, L.O. Beltrá, Ph.D., J. Kim, From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes , A&M University, Texas.

الدور الخامس ، يتم ضبط النوافذ تلقائيا مما يسمح بدخول الهواء النقى مباشرة إلى المبنى للقيام بعملية التهوية الطبيعية ويعمل كنظام تبريد للمبنى أيضا شكل (٣-٤٢) . ويخلق النظام الحركى للنوافذ غلاف حيَ يسمح للمبنى بالتنفس.

شكل (٣-٤٢) الغلاف المعدنى ونظام النوافذ الآلية الفتح والغلق لمبنى San Francisco Federal Building[٣٤٢].

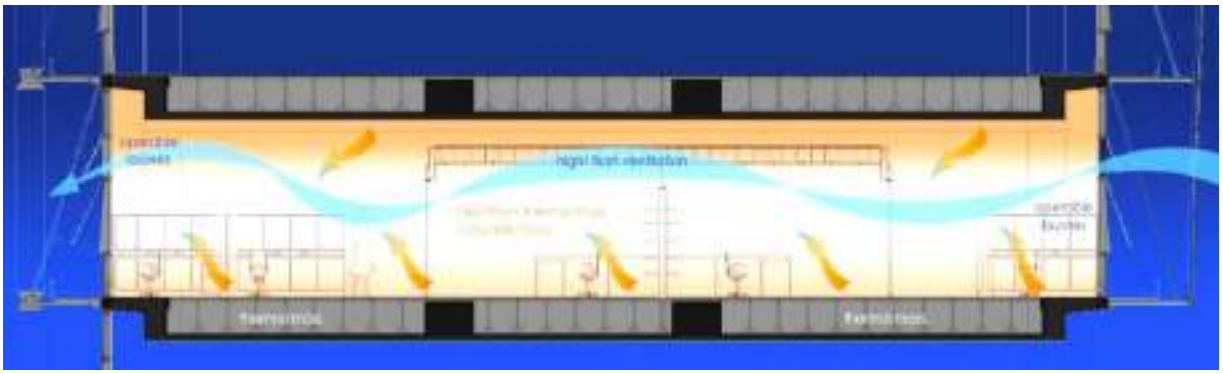
تمر نسائم الهواء من خلال الفتحات على الجانب المواجه للريح لتخرج من الحائط غير المواجه للريح، ويعتمد التحكم فى حركة النوافذ على سرعة الرياح وإتجاهها شكل (٣-٤٣). ويقوم نظام الكمبيوتر بفتح وغلق النوافذ ، الفتحات و وحدات التظليل إستجابة لدرجة الحرارة داخل المبنى بالإضافة إلى الظروف الجوية الخارجية ، ويشتمل نظام النوافذ على نوافذ يتم فتحها أو غلقها يدويا عن طريق شاغلى المبنى للسيطرة على البيئة الداخلية [٣٤٣].



شكل (٣-٤٣) نظام "Cross ventilation " بفراغات مبنى San Francisco Federal Building[٣٤٤].

[342] J. Wang, L.O. Beltrá, Ph.D., J. Kim, From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes , A&M University, Texas.
[343] http://morphopedia.com/projects/san-francisco-federal-building
[344] http://mllepapillon.blogspot.com/2011/05/case-study-san-francisco-federal.html

كما يقوم نظام التحكم بالمبنى بفتح النوافذ ليلا لطرد الحرارة المتراكمة داخل المبنى ويسمح للهواء الليلى بتبريد الفراغات الداخلية للمبنى شكل (٣-٤٤)، ليتكامل مع نظام الكتلة الحرارية المستخدم بالمبنى والأعمدة الخرسانية الضخمة ليعمل على تبريد الفراغات نهارا وشعور شاغلى المبنى بالراحة الحرارية [٣٤٥].



شكل (٣-٤٤) نظام التهوية الليلية لتبريد مبنى San Francisco Federal Building [٣٤٦].

أما الواجهات الشمالية فهى مزودة بنظام تظليل من وحدات رأسية شفافة تعمل على كسر أشعة الشمس لتظليل النوافذ ، وقد قامت هذه المنظومة المعمارية المتكاملة على تقليل إستهلاك الطاقة بالمبنى بالإضافة إلى تقليل إنبعاثات الكربون نتيجة تقليل إستخدام أجهزة التكييف بالإضافة إلى إستخدام مواد بناء مستدامة .

ويُمثل هذا المبنى مثال تطبيقى هام لمبنى متنفس متكيف مع التغيّرات البيئية المحيطة . فنظم التهوية الطبيعية الذكية يجب أن تكون الإختيار الاول عند تصميم المبانى المتنفَّسة فالتنفس حالة طبيعية تحدث تلقائيا فى الكائنات وسعي المعماريون بإستخدام التقنيات الحديثة والذكية فى المجال المعماري إلى تطبيق ذلك فى المبانى لتوفير مبنى متنفس صحى مع توفير إستهلاك الطاقة فى مبانيهم ومن ثم تقليل إنبعاثات الكربون . لذا من خلال ما تتم تناوله سابقا من أمثلة معمارية لمبان متنفسة ، سوف ندرس فيما يلى منهجية تصميم المبانى المتنفَّسة بإستخدام نظم التهوية الطبيعة الذكية .

[345] http://morphopedia.com/projects/san-francisco-federal-building
[346] http://mllepapillon.blogspot.com/2011/05/case-study-san-francisco-federal.html

(٣-٢-٣) منهجية تصميم المبانى المتنفَّسة لمواجهة التغيّر المناخى :

من خلال دراسة المبانى السابقة يمكن أن نحصل علي بعض المعايير التى يمكن الإستعانة بها فى تصميم المبانى المتنفَّسة . و يعد المطلب الرئيسى من تصميم ذلك النوع من المبانى " المبانى المتنفَّسة" هو تدفق تيار الهواء من وإلى المبنى حتى تحدث عملية التنفس و لكي يتم هذا التدفق لابد من إتخاذ تدابير التصميم التى تشجع سريانه بالمبنى لتيسير سبل التهوية الطبيعية وبالتالى عملية تنفس المبنى وتبريده.

و تدابير التصميم تشمل جميع عناصر المبنى من غلاف المبنى الذي يزود المبنى بالهواء اللازم والذي يجب أن يحاكى غلاف المبنى الجلد البشري وهو من الأجزاء الحيوية فى جسم الانسان حيث أنه الجزء الوحيد الذي عن طريقه تنتقل جميع المؤثرات الخارجية التي تؤثر على الجسم فيشعر بها الإنسان ، وبنفس الطريقة غلاف المبنى المتنفس هو غلاف حركي مستجيب للتغيرات المناخية "Responsive Kinetic Skin" (الفصل الثاني) والذي لابد أن يزود ببعض السمات والعناصر التى تمكنه من الشعور بالمؤثرات الخارجية والإستجابة لها وتغيير سلوك المبنى للتكيف معها وتوفير الراحة لشاغلى المبنى . كما تشمل تصميم وترتيب الفراغات التى تمثل مسارات التنفس فى المبنى ، بالإضافة إلى إختيار مواد البناء المناسبة وغيرها من عناصر التصميم .

ولابد من تكامل تصميم جميع عناصر المبنى لتحقيق الغاية منه وهى إنتاج مبنى متنفس يوفر الراحه لشاغليه. لذا تم وضع منهجية لتصميم المبانى المتنفَّسة تجمع بين تصميم مسارات الهواء و متطلبات فراغات المبنى و متطلبات غلاف المبنى المتنفس ، كما هو موضح بالجدول التالي :

<table>
<tr><td colspan="3">منهجية تصميم المبانى المتنفَّسة</td></tr>
<tr><td colspan="3">الإستفادة من أنظمة التنفس بالطبيعة (Biomimic)</td></tr>
<tr><td rowspan="10">دراسة الظروف المناخية للموقع</td><td rowspan="3">تحديد البيانات المناخية للموقع الحالية .</td><td>درجات الحرارة</td></tr>
<tr><td>معدلات الرطوبة</td></tr>
<tr><td>إتجاهات الرياح السائدة وسرعتها .</td></tr>
<tr><td rowspan="3">تحديد البيانات المناخية لسيناريوهات التغير المناخي المتوقعة .</td><td>التغير في درجات الحرارة .</td></tr>
<tr><td>التغير فى معدلات الرطوبة .</td></tr>
<tr><td>التغير فى إتجاهات الرياح السائدة وسرعتها .</td></tr>
<tr><td rowspan="3">تحليل البيانات المناخية</td><td>تحديد الظروف القصوي التى قد يتعرض لها المبنى و أوقات حدوثها . و التي قد تؤدي إلى إكتساب الحرارة المفرطة و تقلل من إحتمال التبريد بالوسائل الطبيعية .</td></tr>
<tr><td>تحديد القوي الدافعة التى من المرجح أن يتعرض لها المبنى بما فى ذلك الرياح وسرعتها، طبيعة حركة الهواء بالموقع التي يستفاد منها فى تصميم مسارات التهوية بالمبنى.</td></tr>
<tr><td>تحديد الأوقات التى يحتاج فيها المبنى لوسائل مساعدة للتهوية الطبيعية كنظم التهوية الميكانيكية وتكييف الهواء (للتغلب مثلا على عدم كفاية القوي المحركة للتهوية الطبيعية من سرعة الرياح وغيرها أو فى حالة الظروف المناخية القصوي والمتطرفة).</td></tr>
<tr><td rowspan="11">إعداد متطلبات التصميم</td><td colspan="2">تحديد متطلبات الفراغ التصميمية .</td></tr>
<tr><td colspan="2">تحديد إستخدامات فراغات المبنى (الأنشطة – عدد الأفراد بكل فراغ)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">تحديد متطلبات الراحة الحرارية لمستخدمى المبنى</td><td>درجات حرارة الراحة بالفراغات الداخلية بالمبنى.</td></tr>
<tr><td>الإكتساب الحراري الداخلى</td></tr>
<tr><td>مستويات الرطوبة الملائمة</td></tr>
<tr><td>معدلات التهوية المناسبة للشعور بالراحة</td></tr>
<tr><td colspan="2">معايير جودة الهواء الداخلي</td></tr>
<tr><td colspan="2">تحديد مستويات التلوث بالبيئة المحيطة ومصادرها .</td></tr>
<tr><td rowspan="4">تحديد العناصر التى لها متطلبات خاصة والتى يمكن أن تؤثر على سلوك أو فعالية نظام التهوية الطبيعية بالمبنى.</td><td>وجود فراغات ذو معدل إكتساب حراري عالي نسبيا .</td></tr>
<tr><td>وجود عوائق داخلية لتدفق الهواء بفراغات المبنى (حالة تطوير مبنى قائم).</td></tr>
<tr><td>مصادر تلوث داخلية او خارجية .</td></tr>
<tr><td>متطلبات العزل الصوتى .</td></tr>
<tr><td rowspan="4">تحديد متطلبات التهوية</td><td rowspan="2">تحديد معدلات تدفق الهواء اللازمة لتلبية متطلبات التصميم التى سبق تحديدها</td><td>مراجعة قوانين البناء و معايير التهوية بها لتحديد معدلات تدفق الهواء اللازمة لجودة الهواء الداخلي</td></tr>
<tr><td>إستخدام بيانات الطقس والأحمال الداخلية لتحديد معدلات التدفق المطلوبة خلال المواسم المختلفة من السنة لأغراض التبريد المباشر وغير المباشر على حد سواء.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">إختيار إستراتيجيات تبريد الهواء</td><td>التبريد المباشر</td></tr>
<tr><td>التبريد الغير مباشر (التبريد بإختزان الهواء البارد ليلا)</td></tr>
<tr><td>تحديد االعناصر المطلوب</td><td>عناصر التظليل</td></tr>
</table>

	إضافتها على تصميم عناصر المبنى لتحسين أداء التهوية بالمبنى .	تأثير الكتلة الحرارية	
		عناصر تنسيق الموقع من المسطحات الخضراء أو النوافير .	
إختيار إستراتيجيات التهوية المناسبة	التهوية الطبيعية الذكية		
	التهوية المختلطة الذكية		
تصميم مسارات تدفق الهواء	**على المصمم مراعاة بعض العناصر التى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار عند تصميم هذه المسارات**	توجيه المبنى ناحية الرياح السائدة.	
		التضاريس والعوائق المحيطة.	
		مصادر التلوث الخارجية.	
		إستخدام التأثيرات طبيعية لحركة الهواء داخل المبنى .	
	إختيار القوي الدافعة (إتجاه الرياح ، سرعتها وطبيعة حركة الهواء بالموقع) التى من المرجح أن يتعرض لها المبنى التى تحقق الهدف من التصميم		
إختيار نوعية عناصر التهوية وحجمها	يقوم المصمم بالرجوع إلي مخطط مسارات تدفق الهواء الذى تم إعداده مسبقا لتحديد المواقع التى تحتاج لعناصر التهوية (مداخل ومخارج الهواء).		
	تحديد نوعية عناصر التهوية التى سوف تستخدم فى كل موقع (النوافذ – الأبواب – فتحات التهوية – الملاقف – المداخن المستخدمة لخروج الهواء "الشخشيخة".		
	تحديد أحجام عناصر التهوية المناسبة لمتطلبات التصميم والتى تحقق معدلات التهوية المطلوبة .		
	تحديد خصائص تدفق الهواء من خلال هذه العناصر ومعدلاته وطرق التحكم بها.		
إستخدام أنظمة التكيف " الأنظمة الحركية المستجيبة"	**تزويد غلاف المبنى بأنظمة حركية**	**تحديد مكان النظم الحركية**	النوافذ.
			الأسقف .
			الواجهات بالكامل .
		تحديد نوع النظم الحركية	نظم حركية ميكانيكية: نظم حركية ضمنية
			نظم حركية ميكانيكية: نظم حركية متحولة
			نظم حركية ميكانيكية: نظم حركية ديناميكية
			نظم حركية ذاتية تبعا لخواص المواد المستخدمة (خواص حرارية وغيرها) .
	أنظمة التحكم بالأنظمة الحركية	**أنظمة التحكم بالتهوية**	معدل التهوية تبعا للتغير فى سرعات الرياح خارج المبنى.
			توزيع تيارات الهواء داخل الفراغات .
		أنظمة التحكم بنظم التبريد	إستخدام أنظمة للتحكم فى التبريد عن طريق التهوية الليلية التى تستخدم فى تبريد الكتلة الحرارية لغلاف المبنى ليلا.
			إستخدام أنظمة للتحكم فى التبريد عن طريق عنصر تبريد يتكامل مع التهوية النهارية فى أوقات إرتفاع الحرارة كالنوافير ووسائل التبريد الغير مباشرة
		أنظمة تحكم شاغلى المبنى	تزويد الفراغات ببعض لوحات التحكم التى يمكن إدراتها يدويا حسب متطلبات مستخدم الفراغ أو عن طريق وسائل التحكم عن بعد لفتح وغلق النوافذ على سبيل المثال .
	أجهزة تجميع البيانات المناخية	**توفير أجهزة قياس البيانات المناخية الخارجية**	سرعة الرياح و إتجاهها .
			درجة الحرارة الخارجية .
			درجة حرارة واجهات المبنى .
			الرطوبة الخارجية .
			الإشعاع الشمسى .

			توفير أجهزة قياس البيانات المناخية الداخلية	درجة حرارة الهواء الداخلى بالفراغات الداخلية
				معدلات الرطوبة الداخلية
		نظم إدارة المبنى (BMS) وهو وحدة المعالجة الرئيسية التى تستقبل المعلومات من كافة أجهزة الإستشعار بالمبنى ، وتحدد الإستجابة المناسبة للتحكم فى عناصر الحركة	متابعة أجهزة تجميع البيانات المناخية وتحليل المتغيرات .	
			التكامل بين الأنظمة البيئية السلبية والإيجابية لتوفير كفاءة أفضل لإستهلاك الطاقة بالمبنى .	
			تنظيم الآداء الحراري للمبنى بواسطة تفعيل كل العناصر التى يمكن التحكم بها بالمبنى للقيام بذلك بطريقة طبيعية .	
		أنظمة الذكاء الإصطناعى والقدرة على التعلم	القدرة على تعلم وضع الطاقة .	
			تحديد السمات الحرارية ، وربطها بأي ظروف مناخية مشابهة قديما أو حديثا.	
			حفظ الظروف المناخية المحركة لإستراتيجيات التشغيل السابقة .	
			حفظ أى تعديلات على النظام من قبل مستخدمي المبنى وإستعادته فى مثل الظروف البيئية التى تطلبت إجراء هذا التغيير .	
		مصدر للطاقة	يجب أن يتوافر بالمبنى نظم لحساب كمية الطاقة اللازمة لتشغيل المبنى وإختيار الطريقة المناسبة للحصول على الطاقة .	
	تحليل التصميم	**يجب على المصمم عمل تقييم شامل لمدى فعالية التصميم فى توفير معدلات التهوية اللازمة لتلبية متطلبات التصميم بإستخدام أدوات التحليل وبرامج محاكاة أداء المبانى المناسبة**	تقييم التصميم في ظل ظروف الطقس الحالية ودراسة الأحمال الحرارية المختلفة .	
			تقييم التصميم في ظل ظروف الطقس المستقبلية المتوقعة من سيناريوهات التغير المناخي ودراسة الأحمال الحرارية المختلفة .	
			تحديد الحالات المحتملة التي قد لا تتحقق بها أهداف التصميم.	
			تقييم إستخدام أنظمة التحكم بعناصر التهوية .	
			تقييم إستخدام أنظمة التكيف بالمبنى .	
		تقديم محاكاة تفصيلية لـ:	درجات الحرارة بفراغات المبنى .	
			سلوك تصميم المبنى	معدلات تدفق الهواء .
				سريان تيارات الهواء داخل المبنى .
				كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة .
				نسب إنبعاثات ثاني اكسيد الكربون والملوثات إن وجدت .
			معدلات إستهلاك الطاقة .	
			آداء أنظمة التكيف بالمبنى (الأنظمة الحركية المستجيبة)	سلوك التكيف
				إستجابة الأنظمة لمتغيرات المناخ الخارجي .
				إستجابة الأنظمة لمتغيرات البيئة الداخلية للمبنى ومستخدميه .
			آداء أنظمة المبنى خلال الفترات الزمنية للسلوك التكيفي .	

جدول (٣-١) منهجية تصميم المبانى المتنفسة [٩٤،٩٣] .

[93] S. J. Emmerich ,W. S. Dols , J. W. Axley ,2001, Natural Ventilation Review, Architectural Energy Corporation Boulder, Colorado.

[94] M. Wigginton, J. Harris ,2002 , Intelligent skins , Linacre House, Oxford

الخلاصة :

يعد التكيّف هو مصدر الإلهام الرئيسى لفكرة المبانى المتنفَّسة ، هذا النوع من المبانى الذى يحتوي على أنظمة تمكنها من تجديد الهواء داخل الفراغات بطريقة مشابهه لكيفية عمل الأجهزة التنفسية لبعض الكائنات كالرئتين فى الإنسان مثلا ، لتستجيب وتتفاعل مع التغيّرات المناخية خلال السنوات المقبلة . وقد يصمم المبنى المتنفس بإحدي إستراتيجيات التهوية سواء كانت التهوية المختلطة الذكية أو التهوية الطبيعية الذكية حسب الظروف القصوي التى قد يمر بها المبنى خلال سنوات التغيّر المناخي.

من خلال دراسة بعض النماذج والأفكار المعمارية لهذا النوع من المبانى تم وضع منهجية لتصميم المبانى المتنفَّسة لتكون نقطة بداية المصممين والمعماريين لتطوير أفكارهم والخروج بأفكار جديدة تستطيع مواجهة تحديات العصر . وقد إشتركت تصاميم تلك المبانى فى كونها تجمع فى تصميمها أسس التصميم السالب " passive design " و معايير تصميم المبانى الذكية .

يلعب غلاف المبنى المتنفس دورا هاما فى تفعيل آداء المبنى وتكيفه وإستجابته للمتغيرات البيئية لذا لابد من تصميمه بالكيفية التى تحقق المطلب الرئيسى منه وهو الإستجابة والتكيّف مع التغيّرات المناخية من الإرتفاع فى درجات الحرارة متكاملا مع بقية عناصر المبنى لتحقيق أعلى كفاءة .

تطبيق معايير تصميم المبانى المتنفسة
دراسة الظروف المناخية للموقع
إستنباط البيانات المناخية للتغيّر المناخى
مقارنة و تحليل البيانات
إعداد متطلبات التصميم
تحليل ومقارنة الآداء الحراري للمبنى
تحليل و مقارنة آداء التهوية بالمبنى
تحديد متطلبات الراحة الحرارية للمبانى الإدارية
تحديد متطلبات التهوية الطبيعية بالمبنى
تطبيق أنظمة التكيّف بالمبنى
تحليل و تقييم آداء المبنى المتنفّس

الفصل الرابع: تطبيق معايير تصميم المبانى المتنفَّسة لمواجهة التغيّر المناخى

تمهيد :

بعد أن تم تحديد المشكلة المتمثلة فى التغيّر المناخي وآثاره على البيئة المشيدة وتم تتبع سبل الحل المتمثلة فى التكيف مع التغيّر المناخي ثم تسليط الضوء على سبل التكيف ومنهجيته تم الوصول إلى نوع من المبانى المتكيفة مع التغيّر المناخي وهى المبانى المتنفَّسة، ومن خلال الأمثلة والدراسات من الفصل الثالث تم وضع منهجية لتصميم المبانى المتنفَّسة على مستوي التصميم الفراغي و غلاف المبنى .

ويُعد هذا الفصل محاولة لتطبيق تلك المنهجية على أحد المبانى الإدارية التى تم إفتراض وجوده فى منطقة القاهرة الجديدة بجمهورية مصر العربية من قبل الباحثة لإيضاح فكرة المبنى المتنفس وتقييم أداؤه ومدي نجاحه فى التكيف مع التغيّرات المناخية تبعا لسيناريوهات التغيّر المناخي فى مصر .

وقد تم إختيار نوع المبنى الإداري نظرا لطول الفترة التى يقضيها المستخدم بالمبنى بالإضافة إلى أن معظم المبانى غير مصممة لتوفير الراحة الحرارية لمستخدمي المبنى ، هذه المبانى المريضة التى تؤثر سلبا على الصحه البدنية والنفسية للمستخدمين . أما إفتراض موقع المبنى بمنطقة القاهرة الجديدة يعطيه شيئا من الأهمية حيث أنها منطقة واعدة مليئة بالخدمات و المبانى الإدارية الهامة ، ويتجه الفكر العام نحو عمران المناطق الجديدة و الخروج بالمبانى الإدارية والشركات خارج العاصمة التى أصبحت مكدّسة بالمبانى.

(٤-١) دراسة الظروف المناخية للموقع :

تُعد دراسة الظروف المناخية لموقع المبنى محل الدراسة الخطوة الأولى و الأهم لتطبيق معايير تصميم المبنى المتنفَّس . حيث أن خواص المناخ بالموقع يتيح للمصمم إختيار المعالجات المعمارية المناسبة والتى تمكن المبنى من التكيف مع محيطة البيئي و التغيّرات المناخية المتوقعة مستقبلا ، و هذا ما سوف يتم دراسته فيما يلى من خلال بعض الخطوات .

(٤-١-١) تحديد البيانات المناخية :

تحتاج برامج محاكاة أداء المبانى إلى ما يمثل مناخ الموقع المحدد ، لإنتاج قيم تمثل إستهلاك الطاقة و كيفية أداء كافة أنظمة المبنى ، لذا سوف نتناول بإختصار نبذة عن أنواع ملفات الطقس المتوفرة وكيفية إستنباط ملفات الطقس للتغيّر المناخي للإستفادة منها فى تصميم المبانى الجديدة وتقييم أداء المبانى القائمة .

(٤-١-١-١) الأنواع الشائعة لملفات الطقس :

يتم إختيار سنة مرجعية للطقس" Reference Weather Year " لتُمثل مجموعة من الأحوال الجوية والتي عادة ما تحدث على مدار عدة سنوات . وتعريف تلك السنة المرجعية يعتمد على إجراء مجموعة من الاختبارات الإحصائية المرتبطة ببيانات الطقس الرئيسية المأخوذه على مدار عدة سنوات ، وفيما يلى بعض الأنواع الشائعة من السنة المرجعية وخصائصها [٣٤٧]:

أ- **ملف الطقس (EWY) :**

(EWY) هى إختصار لـ The Example Weather Year ، و تُعد من أول أُسس السنة المرجعية للمملكة المتحدة وتم تطويرة بواسطة منظمة CIBSE [٣٤٨] (Holmes and Hitchen, 1978) ، وملفات (EMY) تناسب خصائص سنة كاملة من حيث الوسائل والانحرافات المعيارية لبياناتها الشهرية مع قيم المتوسط الشهري لبيانات عدة سنوات . وقد تم إختيار عام كامل متصل لتفادى أى ثغرات فى تسلسل الطقس .

ولكن تحديد عام كامل كمتوسط ، لا يجعل هناك سوى فرصة ضئيلة لإيجاد سنة نموذجية صحيحة بين ما يقرب من ٢٠ عاما من البيانات التي تمثل أنماط الطقس بدقّة في المستقبل . ومازالت الملفات متاحة لعدد كبير من المواقع حول العالم .

---

347 *Weather Files* and *Future Climate* -University of Exeter.pdf

348 (CIBSE) The Chartered Institution of Building Services Engineers.

ب- ملف الطقس (TMY) :

(TMY) هى إختصار " The Typical Metrological Year " ، وقد أُعدت مبدئيا للولايات المتحدة ، وتمّ إعداد المجموعة الأصلية لبيانات (TMY) عام ١٩٧٨ لـ ٢٤٨ موقع بإستخدام بيانات الطقس طويلة المدى والبيانات الشمسية (solar data) من عام ١٩٥٢ : ١٩٧٥ ، وتمّ تحديثها عام ١٩٩٤ بإستخدام البيانات المناخية خلال ٣٠ عام من عام ١٩٦١ : ١٩٩٠ .

ومنها ملفات (TMY3) ، التي تمّ إعدادها بإستخدام البيانات المناخيه خلال الفترة من عام ١٩٧٦: ٢٠٠٥، متوفرة لـ ٢٣٩ موقع ومنها ما تمّ إعداده بإستخدام البيانات المناخية خلال الفترة من عام ١٩٩١ : ٢٠٠٥ متوفرة لـ ٩٥٠ موقع أخر . كما تمّ إعداد الملفات بإستخدام طرق إحصائية لإختيار أكثر الأشهر تمثيلا لبيانات الطقس من ١٥ : ٣٠ عام ، ثم يتم دمج هذه الأشهر لتكون سنة تجميعية لبيانات الطقس .

ج- ملف الطقس (IWECs) :

(IWECs) هى إختصار "International Weather Years for Energy Calculations"، وتتوفر هذه الملفات لـ ٢٢٧ موقع خارج أمريكا الشمالية وتم أعدادها بتجميع بيانات أكثر من ١٨ عاما حسب الموقع. وإختيار البيانات يشبه عملية الاختيار فى ملفات الـ (TMY) .

د-ملفات الطقس (TRY) ، (DSY) :

(DSY) هى إختصار "Test Reference Years (TRY) and Design Summer Years" ، وتمّ إعدادها بواسطة منظمة CIBSE لـ ١٤ موقع داخل المملكة المتحدة ، تتكون ملفات الـ (TRY) من بيانات ١٢ شهر، كل منها تم إختياره ليمثل المتوسط لـ ٢٣ عاما من البيانات من عام ١٩٨٣: ٢٠٠٥ ، حسب توفر البيانات . إختيار هذه الأشهر على أساس معادلات خاصة بمتوسطات القيم اليومية للمعايير

(Wind Speed، The Global Solar Horizontal Irradiation ، Dry Bulb Temperature) . كما تمّ الحصول على متوسطات القيم اليومية من القيم لكل ساعة لتلك المعايير على مدار الأشهر فى السنوات المحددة . و قد تكون تلك الملفات مناسبة لبرامج التنبؤ بإستهلاك الطاقة ولكنها غير ملائمة لتقييم أداء المبنى فى ظل ظروف جوية قاسية ، للحصول على ذلك يتطلب وجود عام به فترات ذات درجات حرارة أعلى من المتوسط . لمعالجة هذه المسألة قدمت منظمة الـ CIBSE فكرة الـ " Design Summer Year(DSY) " .

فعلى النقيض من الطريقة المعقدة نسبيا من إعداد ملفات (TRY) ، تعد طريقة إعداد ملفات الـ (DSY) بسيطة جدا . فهو عبارة عن سنة واحدة متصلة ، أسلوب الـ CIBSE فى إختيار الـ (DSY) عن طريق حساب المتوسط اليومى لـ Dry Bulb Temperature خلال الفترة من إبريل إلى سبتمبر لكل سنة من الـ ٢٣ سنة و تكون الـ (DSY) هى السنة التى تحوى الفترة الثالثة الأشد حرارة حسب متوسط درجة الحرارة فى الفترة من إبريل إلى سبتمبر . ومن المفترض إستخدام ملفات الـ (DSY) لتقييم مخاطر إرتفاع درجات الحرارة لذا يجب إستخدامها تحت إشراف منظمة الـ CIBSE لتقييم أداء نظم التهوية الطبيعية فى المبانى[٣٤٩].

(٤-١-١-٢) إستنباط البيانات المناخية للتغيّر المناخى:

يتضح أن الشئ المشترك بين كل الملفات المناخية التى يستخدمها المصممون هو أن بيانات منظمة الـ CIBSE تعبر عن الماضى ، ولكن بالنسبة للتصميم المستدام لابد من تكوين تصور عن كيفية أداء أنظمة المبنى خلال دورة حياته . للقيام بذلك لابد من الحصول على بيانات مناخية تمثل المستقبل ، لذا لابد من أخذ التغيّر المناخى فى الإعتبار .

أ- طرق الحصول على الملفات المناخية للتغيّر المناخى :

وللحصول على هذه الملفات المناخية التى تمثل المستقبل هناك طريقتان[٣٥٠] :

- الطريقة الأولى الـ (morphing) : وهى طريقة حسابية لتحويل البيانات المناخية السابقة بالنسبة لسيناريوهات التغيّر المناخى ، فعلى سبيل المثال البيانات المناخية فى الفتره بين عامى ١٩٦١ : ١٩٩٠ يمكن تحويلها بطريقة حسابية بإستخدام التوقعات الشهرية للتغيّر المناخى المتاحة . ومن عيوب هذه الطريقة هو أن الظروف المناخية الأساسية كانت حارة أو باردة بشكل خاص ، فإن عملية التحول (morphing) يمكن أن تبالغ لدرجة أن البيانات المناخية الناتجة تكون غير واقعية .
- الطريقة الثانية (The weather generator) : وهو عبارة عن ملف يقوم بإنتاج الملفات المناخية لسنوات مقبلة على مدار الفترات الزمنية المختلفة في المستقبل ، وهو يبدأ من علاقات إحصائية بين المتغيّرات المناخية المرصودة و تستخدم التوقعات المناخية بعد ذلك لإطالة هذه العلاقات لانتاج متواليات زمنية مستقبلية على أساس يومى وفى كل ساعة . وقد قام أعضاء فريق بحوث الطاقة المستدامة (SERG)[٣٥١] بكلية الهندسة والبيئة ، جامعة ساوثامبتون بالمملكة المتحدة ، بإستخدام هذه الطريقة لإنتاج ملفات الطقس

---

[349] Michael J. Holmes , Jacob N. Hacker , 2007, Climate change, thermal comfort and energy, Arup, London W1T 4BQ, UK

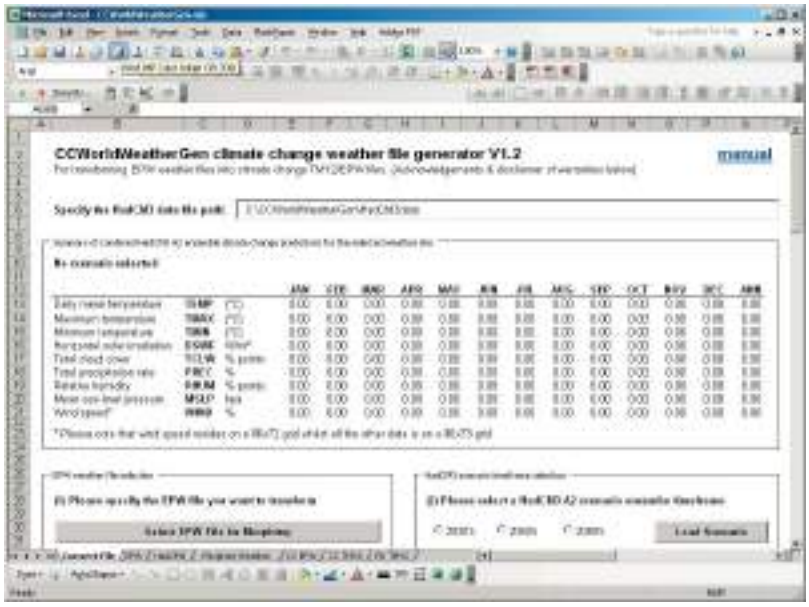
[350] Weather Files and Future Climate -University of Exeter.pdf

[351] http://www.serg.soton.ac.uk/index.html

الخاصة بالمملكة المتحدة بإستخدام سيناريوهات تغير المناخ الخاصة بـ UKCIP[٣٥٢] لعام ٢٠٠٢، بإستخدام (CCWeatherGen)[٣٥٣] وهذه الأداة خاصة بالمدن التابعة للولايات المتحدة فقط . لذا تم تحديث أداة أخرى لإنشاء الملفات المناخية للمدن فى كافة أنحاء العالم (CCWorldWeatherGen) . وسوف نستخدم فى إنشاء ملفات الطقس المستقبلية الطريقة الثانية نظرا لسهولة التعامل معها .

ب- أداة إنشاء ملفات الطقس للتغيّر المناخى لمدن العالم (CCWorldWeatherGen)[٣٥٤] :

هى أداة تسمح بإنشاء ملفات الطقس للتغيّر المناخى لكافة مدن العالم لإستخدامها فى برامج محاكاة أداء المبانى . وتقوم منهجية عمل هذه الأداة على عملية تحول " Morphing " لملفات الطقس المتاحة وهى تطبيق لعمل " Belcher et al "[٣٥٥] ، بإستخدام ملخص نموذج بيانات التقرير التقييمى الثالث لـ (IPCC) لتجارب توقعات التغيّر المناخى HadCM3A2 [٣٥٦] ، وهى متاحة من (IPCC DDC)[٣٥٧] . والأداة عبارة عن ملف ميكروسوفت أوفيس إكسيل (Microsoft® Excel) والذى يقوم بتحويل ملفات المناخ ('present-day' EPW)[٣٥٨] إلى ملفات مناخية للتغيّر المناخى بصيغة (EPW) أو (TMY2) والتى يمكن إستخدامها مع معظم برامج محاكاة أداء المبانى[٣٥٩] .



شكل (٤-١) واجهة أداة (CCWorldWeatherGen) .

[352] (UKCIP)The UK Climate Impacts Programme .
[353] (CCWeatherGen) The climate change weather file generator.
[354] (CCWorldWeatherGen) Climate Change World Weather File Generator for World-Wide Weather Data
[355] Sustainable Energy Research Group, October 2013, CCWorldWeatherGen v.1.8 manual, University of Southampton, UK.
[356] (HadCM3 A2) : Hadley Centre Coupled Model, version 3 .
[357] (IPCC DDC): The IPCC Data Distribution Centre.
[358] (EPW) Energy Plus Weather files .
[359] http://www.serg.soton.ac.uk/ccworldweathergen/index.html

ج- **طريقة تحويل ملفات الطقس الحالية لملفات الطقس للتغيّر المناخى :**

تحتاج أداة إنشاء ملف الطقس للتغيّر المناخى (CCWorldWeatherGen) المدخلات التالية[٣٦٠]**:**

١. يتطلب وجود نسخة من برنامج Microsoft Excel (إصدار ٢٠٠٣ أو ٢٠٠٧ أو ٢٠١٠) على القرص الصلب .

٢. توفر ملف المناخ ('present-day' EPW) للمدينة المحددة وتوفر إدارة الطاقة ، كفاءة الطاقة و الطاقة المتجددة بالولايات المتحدة هذه الملفات لحوالى ٢١٠٠ موقع حول العالم . ويمكن الحصول عليها من مواقع عدة أهمها:
http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm

٣. توفر بيانات سيناريو التغيّر المناخى A2 (HadCM3) ، ويتم تحميلها من (IPCC DDC) من خلال موقعها : http://www.ipcc-data.org/sres/hadcm3_download.html

ثم تبدأ خطوات عملية إنشاء ملف الطقس الخاص بالتغيّر المناخى كما يلي [٣٦١]**:**

١. تحميل بيانات سيناريو التغيّر المناخى A2 (HadCM3) السابق ذكرها ، حيث يتم تحميل الملفات التالية فقط :

A2a Experiment, column 1	A2a Experiment, column 2
HADCM3_A2a_PREC_1980.tar.gz HADCM3_A2a_WIND_1980.tar.gz	HADCM3_A2a_DSWF_DIF.tar.gz HADCM3_A2a_MSLP_DIF.tar.gz HADCM3_A2a_PREC_DIF.tar.gz HADCM3_A2a_RHUM_DIF.tar.gz HADCM3_A2a_TMAX_DIF.tar.gz HADCM3_A2a_TMIN_DIF.tar.gz HADCM3_A2a_TMP_DIF.tar.gz HADCM3_A2a_WIND_DIF.tar.gz
A2b Experiment, column 1	**A2b Experiment, column 2**
HADCM3_A2b_PREC_1980.tar.gz HADCM3_A2b_WIND_1980.tar.gz	HADCM3_A2b_DSWF_DIF.tar.gz HADCM3_A2b_PREC_DIF.tar.gz HADCM3_A2b_RHUM_DIF.tar.gz HADCM3_A2b_TCLW_DIF.tar.gz HADCM3_A2b_TEMP_DIF.tar.gz HADCM3_A2b_TMAX_DIF.tar.gz HADCM3_A2b_TMIN_DIF.tar.gz HADCM3_A2b_WIND_DIF.tar.gz
A2c Experiment, column 1	**A2c Experiment, column 2**
HADCM3_A2c_PREC_1980.tar.gz HADCM3_A2c_WIND_1980.tar.gz	HADCM3_A2c_DSWF_DIF.tar.gz HADCM3_A2c_PREC_DIF.tar.gz HADCM3_A2c_RHUM_DIF.tar.gz HADCM3_A2c_TCLW_DIF.tar.gz HADCM3_A2c_TEMP_DIF.tar.gz HADCM3_A2c_TMAX_DIF.tar.gz HADCM3_A2c_TMIN_DIF.tar.gz HADCM3_A2c_WIND_DIF.tar.gz

[360] Sustainable Energy Research Group, October 2013, CCWorldWeatherGen v.1.8 manual, University of Southampton, UK.

[361] Sustainable Energy Research Group, October 2013, CCWorldWeatherGen v.1.8 manual, University of Southampton, UK.

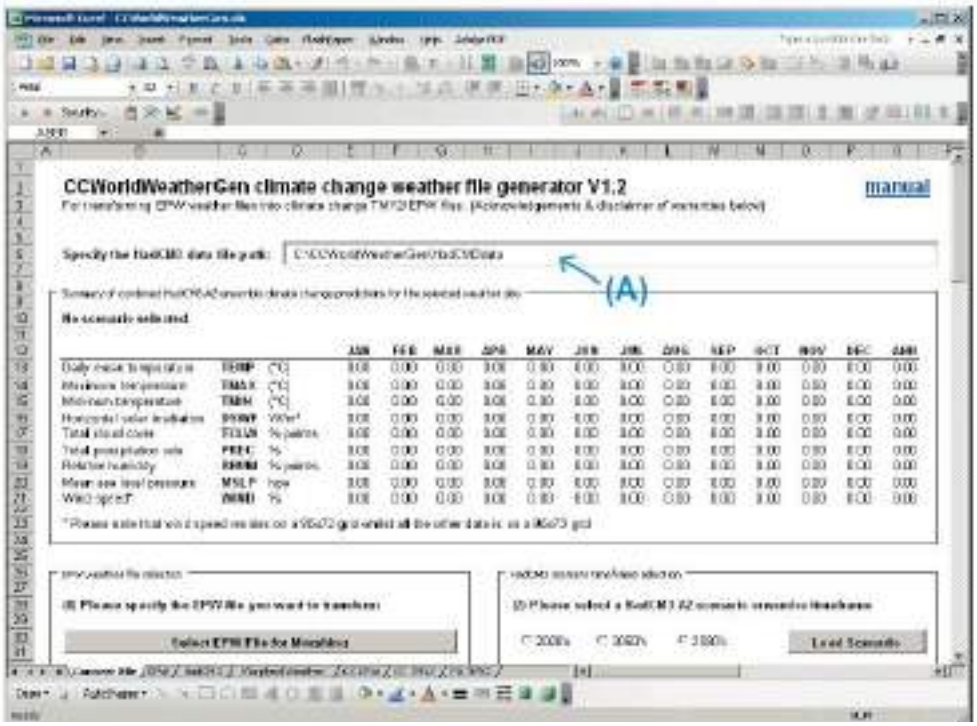
ثم يتم فك الملفات المضغوطة ونقلها إلى الملف الخاص بالبرنامج على القرص الصلب (C:\CCWorldWeatherGen\HadCM3data) ، ثم إعادة تسمية بعض الملفات كما يلى :

HADCM3_A2a_TMP_2020.dif TO => HADCM3_A2a_TEMP_2020.dif
HADCM3_A2a_TMP_2050.dif TO => HADCM3_A2a_TEMP_2050.dif
HADCM3_A2a_TMP_2080.dif TO => HADCM3_A2a_TEMP_2080.dif

٢. عند فتح الملف الخاص بأداة إنشاء ملف الطقس على برنامج مايكروسوفت إكسيل لابد من التأكد من إختيار Enable content من options فى إصدار ٢٠٠٧ من الإكسيل لكى يعمل البرنامج ، شكل (٤-٢) .

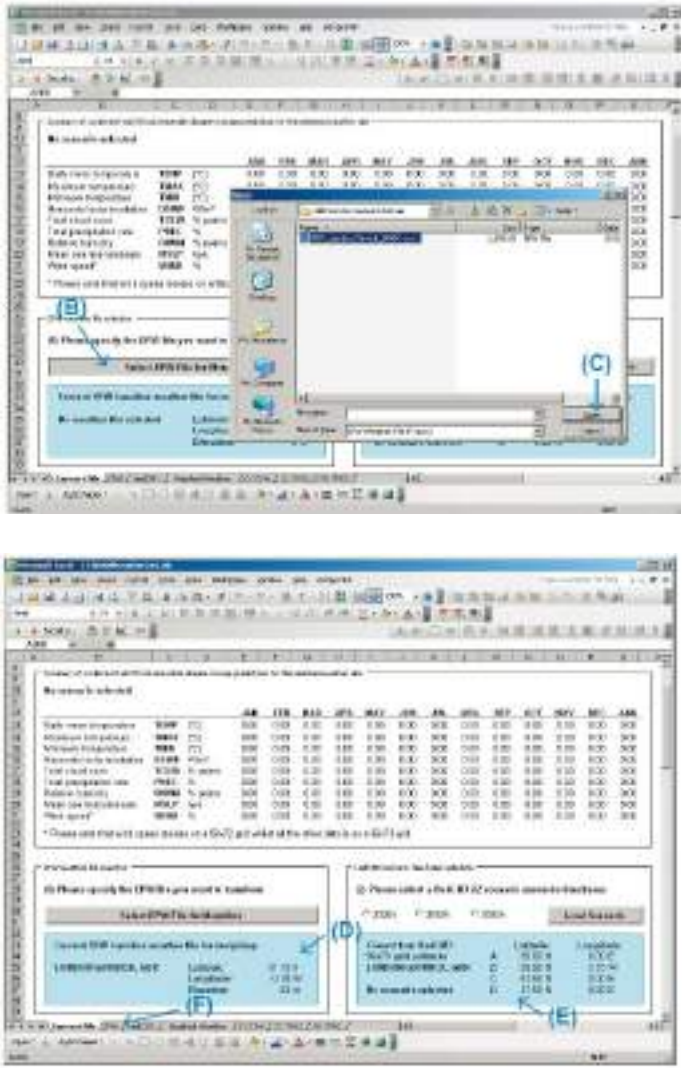
شكل (٤-٢) تعديل خواص برنامج " Microsoft Excel " للسماح بعمل أداة إنشاء ملفات الطقس للتغيّر المناخي.

٣. التأكد من وجود ملفات HadCM3 فى مكانها على القرص الصلب من داخل الأداة ، بالضغط فى الموضع (A)، شكل (٤-٣) .



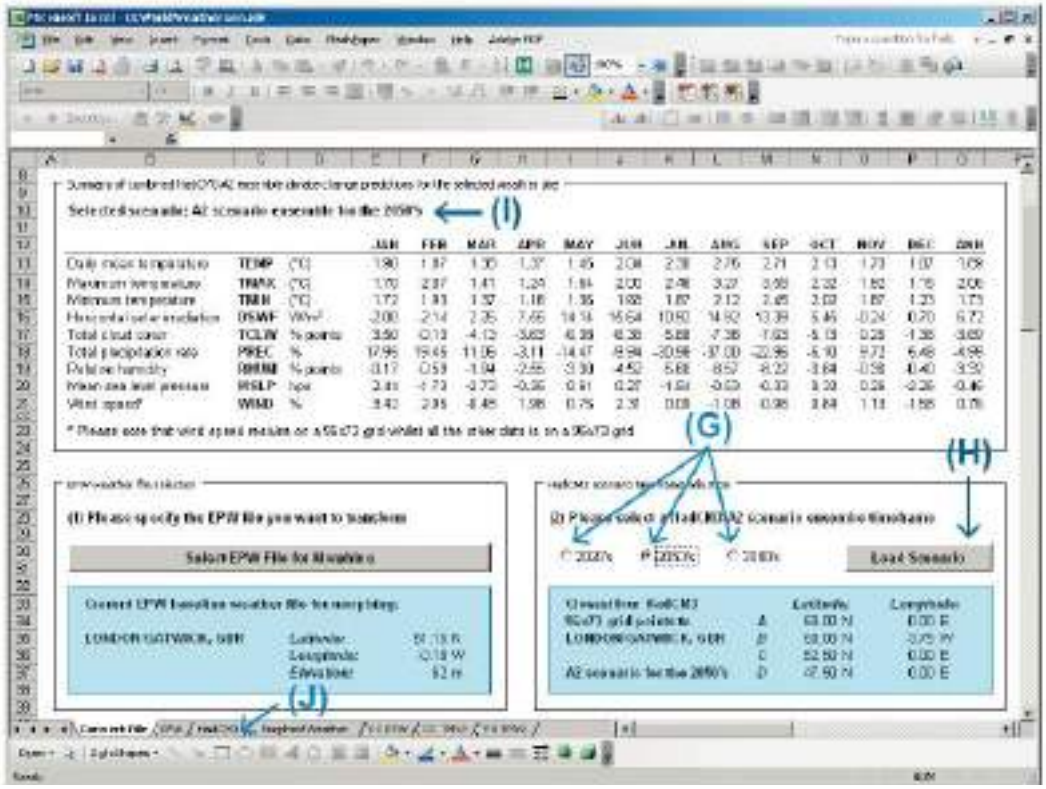
شكل (٤-٣) موضع وجود ملفات "HadCM3 " داخل أداة إنشاء ملفات الطقس للتغيّر المناخي.

٤. تحميل الملف المناخى بصيغة (EPW) الذى تم تحميلة سابقا بالضغط على الموضع (B) ،ثم إختياره وفتحه من الموضع (C) ، وسوف يستغرق التحميل بضع ثوان لإجراء العمليات الحسابية اللازمة ، شكل (٤-٤) أعلى . عند إتمام التحميل تظهر المعلومات الأساسية الخاصة بالملف كإسم محطة الأرصاد و بيانات الموقع من (latitude, longitude, elevation) فى الجزء الخاص بـ 'EPW weather file selection' فى الموضع (D) . وتظهر البيانات الخاصة بإحداثيات النقاط الأربع لشبكة HadCM3 الأقرب لمحطة الأرصاد التى تم إختيارها فى الجزء الخاص بـ " HadCM3 scenario timeframe selection " بالموضع (E) . ويمكن إستعراض البيانات المناخية الى تم تحميلها بالضغط أسفل الملف (شريط المهام) المسمى (EPW) فى الموضع (F) ، شكل (٤-٤) أسفل .



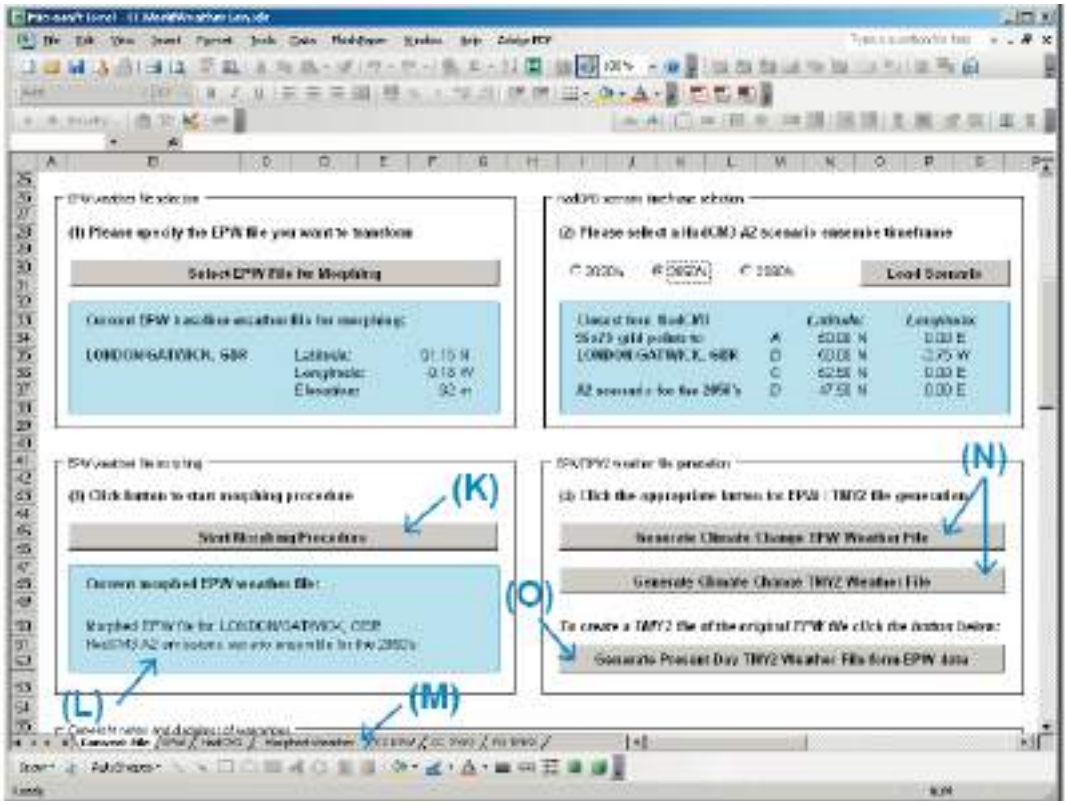
شكل (٤-٤) أعلى مواضع (B) ، (C) تحميل وفتح الملف المناخى بصيغة (EPW) ، أسفل مواضع (D)، (E) ظهور المعلومات الأساسية الخاصة بملف الطقس و البيانات الخاصة بإحداثيات النقاط الأربع لشبكة HadCM3 الأقرب لمحطة الأرصاد.

٥. تحديد المجموعة الزمنية لسيناريو التغيّر المناخى A2 المراد إستخدامها من الجزء الخاص بـ HadCM3 scenario timeframe selection بالموضع (G) وتشمل الفترات الزمنية ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ، ٢٠٨٠ م ثم الضغط على Load scenario من الموضع (H) . فتظهر النتائج الخاصة بالفترة الزمنية المحددة لسيناريو التغيّر المناخى HadCM3 فى الموضع (I) ، كما يظهر ملخص للبيانات الخاصة بسيناريو التغيّر المناخى فى أسفل الملف (شريط المهام) بالموضع (J) ، شكل (٤-٥) .



شكل (٤-٥) موضع (G)، (H) تحديد و تحميل المجموعة الزمنية لسيناريو التغيّر المناخى A2 (٢٠٢٠، ٢٠٥٠ أو ٢٠٨٠) ، موضع ظهور النتائج (I) ، موضع ظهور ملخص للبيانات الخاصة بسيناريو التغيّر المناخى (J) .

٦. قبل الحصول على ملف الطقس الخاص بالتغيّر المناخى لابد من إجراء عملية Morphing للملف الأصلى بواسطة سيناريو التغيّر المناخى الذى تم تحميله سابقا وتتم هذه العملية بالضغط على Start Morphing Procedure فى الموضع (K)، وسوف تأخذ عملية التحول بضع دقائق لإتمام العملية . وتظهر البيانات الخاصة بالملف المناخى الذى تمت عملية التحول له Morphing فى أسفل الملف فى الموضعين (M) , (L) ، شكل (٤-٦) .



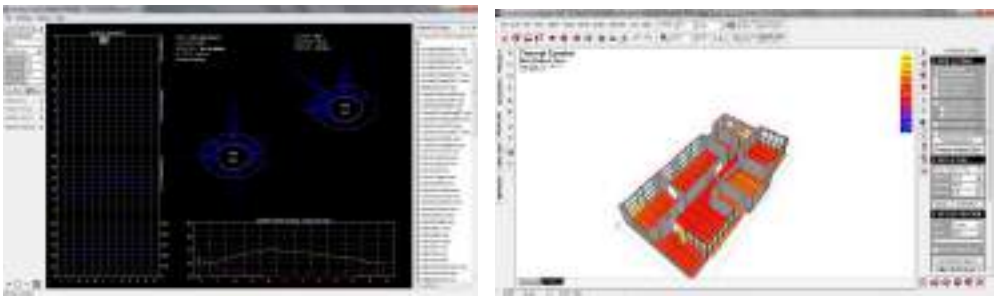
شكل (٤-٦) مواضع إجراء عملية Morphing للملف الأصلى بواسطة سيناريو التغيّر المناخى الذى تم تحميله مسبقا .

٧. بالضغط على Generate Climate Change EPW Weather File' أو 'Generate Climate Change TMY2 Weather File' للحصول على الملف المناخى الخاص بالتغيّر المناخى للفترة الزمنية التى تم تحديدها مسبقا بصيغة (EPW) أو (TMY2) من الموضع (N) ، شكل (٤-٦) . و سوف تأخذ هذه المرحله بضع ثوان لتتم وعند الإنتهاء لابد من حفظ الملفات المناخية كما توصى الرسالة التى تظهر أثناء عملية الحفظ . وهنا الملفات المناخية تكون جاهزه للإستخدامها فى برامج محاكاة أداء المبانى المختلفة .

(٤-١-٢) تحليل البيانات المناخية للموقع الحالية والخاصة بالتغيّر المناخي:

بعد أن تم الحصول على ملفات الطقس الحالية و ملفات الطقس للتغيّر المناخي اللازمة لتحليل وتقييم المبنى محل الدراسة ، يجب أن يتم إختيار برامج النمذجة ومحاكاة أداء المبانى المناسبة . وتوفر شركة أوتوديسك بعض البرامج التى تجعل تصميم المبانى المستدامة بالسهولة والدقة اللازمة لمرونة العملية التصميمية من هذه البرامج ، برنامج الإيكوتيكت "Ecotect analysis" و أداة الطقس " Weather tool " .

وبرنامج إيكوتيكت " Ecotect analysis " هو أداة شاملة لتصميم المبانى المستدامة بدءا من الفكرة حتى التفاصيل ، ويوفر البرنامج مجموعة واسعة النطاق من وظائف تحليل ومحاكاة الطاقة بالمبانى والتى يمكن أن تستخدم لتحسين أداء المبانى القائمة و تصميم المبانى الجديدة ، حيث تتكامل المعلومات المتاحة والتحليلات مع الأدوات التى تمكن من تصوير ومحاكاة أداء المبنى فى محيطه البيئي [٣٦٢]. وسوف يتم إستخدام برنامج الإيكوتيكت فى التعرف على الآداء الحراري للمبنى عن طريق حساب الأحمال الحرارية الناتجة عن عناصر المبنى المختلفة .



شكل (٤-٧) واجهة برنامج إيكوتيكت "Ecotect analysis " ، واجهة برنامج أداة الطقس " Weather tool " .

أما أداة الطقس " Weather tool " برنامج لتصوير و تحليل البيانات المناخية لموقع المبنى ، وهى أداة مهمة فى مرحلة ما قبل التصميم للمعماريين و المخططين للتعرف على مواصفات المناخ المختلفة بالموقع [٣٦٣] .

[362] http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/
[363] http://weathertool.blogspot.com/search?updated-max=2009-06-11T23:04:00-07:00&max-results=7

(٤-١-٢-١) تحليل البيانات المناخية للموقع الناتجة عن ملفات الطقس:

من خلال إستخدام أداة الطقس " Weather tool" تم الحصول على مجموعة من البيانات التى تصف المناخ بالموقع " القاهرة الجديدة " بإستخدام ملف الطقس الحالى و ملفات الطقس للتغيّر المناخى ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ، وفيما يلى سرد لهذه البيانات ثم المقارنة بينهم .

وتتمثل هذه البيانات فى : درجات الحرارة العظمى ، درجات الحرارة الصغري ، المتوسط الشهري الرطوبة النسبية ، بالإضافة الى المتوسط الشهري لسرعة الرياح / الساعة . والتى تم تجميعها فى الجداول التالية :

أ- **البيانات المناخية للموقع طبقا لملف الطقس الحالي :**

	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
درجات الحرارة ° س (Temperature)												
درجات الحرارة العظمي	٢٠,٨٠	٢٦,٢٠	٢٨,٤٠	٣٦,٠٠	٣٧,٤٠	٣٨,٤٠	٤٤,٠٠	٣٦,٠٠	٣٨,٤٠	٣٦,١٠	٣١,٤٠	٢٦,١٠
درجات الحرارة الصغري	٦,٩٠	٩,٣٠	١٠,٠٠	١١,٠٠	١٥,١٠	١٧,٠٠	٢٢,٦٠	٢٢,٩٠	٢٠,٤٠	١٨,٨٠	١٣,١٠	٩,٩٠
المتوسط الشهري للرطوبة النسبية % (Relative Humidity)												
متوسط الرطوبة النسبية	٦٧,٨٣	٥٧,٥٨	٥٥,١٧	٥١,١٧	٤٩,٤٢	٥١,٠٠	٥٨,٨٣	٥٩,٧٥	٦٠,٠٠	٥٩,٠٠	٦٢,٠٨	٦٠,٨٣
المتوسط الشهري لسرعة الرياح كم/س (wind speed)												
متوسط سرعة الرياح	٩,٥٧	١٣,١٧	١٣,٣٤	١٦,١٧	١٥,٠٦	١٢,٧٥	١٢,٥٩	١١,٢٩	١٢,٨١	١١,٩١	١٠,٢١	١١,٦٢

جدول (٤-١) البيانات المناخية للموقع طبقا لملف الطقس الحالي من خلال أداة الطقس ببرنامج الإيكوتيكت، (الباحثة).

ب- البيانات المناخية للموقع للتغيّر المناخى بإستخدام ملف الطقس ٢٠٢٠:

	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
درجات الحرارة ° س (Temperature)												
درجات الحرارة العظمي	٢١,٣٠	٢٦,٥٠	٢٩,٣٠	٣٧,١٠	٣٨,٢٠	٣٩,٤٠	٤٥,٤٠	٣٨,٢٠	٣٩,٤٠	٣٦,٥٠	٣٢,٧٠	٢٧,٠٠
درجات الحرارة الصغري	٧,٨٠	١٠,٢٠	١٠,٩٠	١٢,٠٠	١٦,٤٠	١٨,١٠	٢٧,٠٠	٢٤,٤٠	٢١,٩٠	٢٠,٠٠	١٤,٥٠	١١,٠٠
المتوسط الشهري للرطوبة النسبية % (Relative Humidity)												
متوسط الرطوبة النسبية	٦٧,٨٣	٥٧,٢١	٥٥,١٧	٥٠,١٧	٤٩,٤٢	٥١,٠٠	٥٧,٨٣	٥٨,٧٥	٥٩,٣٠	٥٩,٩٦	٦٠,٩٦	٥٩,٨٣
المتوسط الشهري لسرعة الرياح كم/س (wind speed)												
متوسط سرعة الرياح	٩,٥٧	١٣,١٧	١٣,٣٠	١٦,١٧	١٤,٩٠	١٢,٧٣	١٢,٢٢	١١,٠٧	١٢,٨١	١٢,٢٠	١٠,٢١	١١,٨٣

جدول (٤-٢) البيانات المناخية للموقع طبقا لملف الطقس ٢٠٢٠ من خلال أداة الطقس ببرنامج الإيكوتيكت ، (الباحثة).

ج- البيانات المناخية للموقع للتغيّر المناخى بإستخدام ملف الطقس ٢٠٥٠:

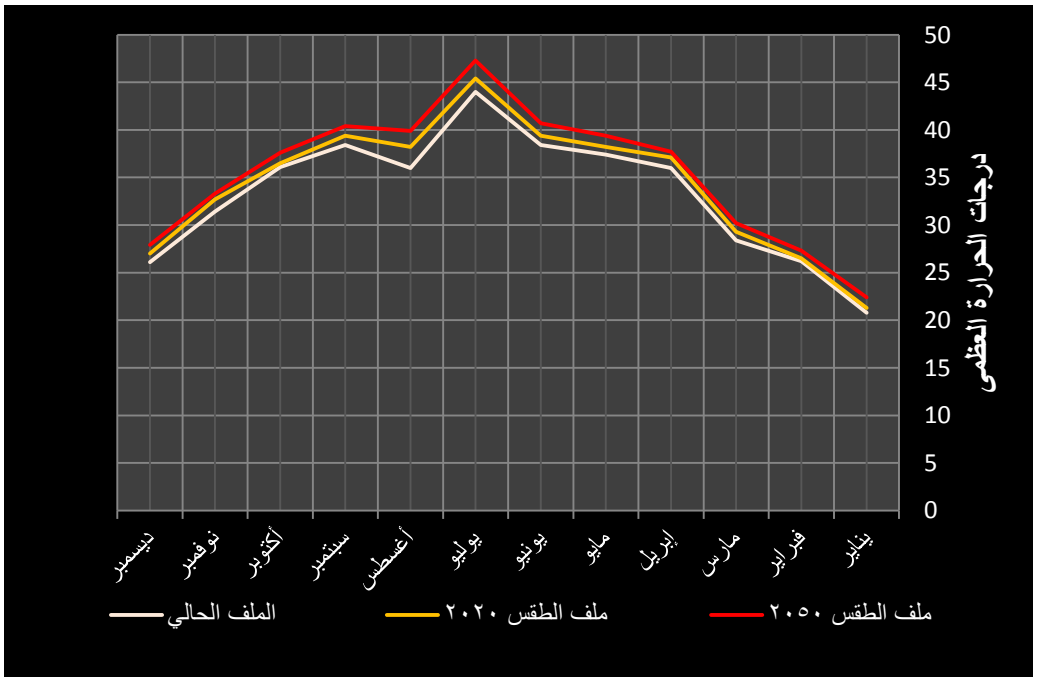
	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
درجات الحرارة ° س (Temperature)												
درجات الحرارة العظمي	٢٢,٤٠	٢٧,٣٠	٣٠,٢٠	٣٧,٧٠	٣٩,٤٠	٤٠,٧٠	٤٧,٣٠	٣٩,٩٠	٤٠,٤٠	٣٧,٦٠	٣٣,٣٠	٢٧,٩٠
درجات الحرارة الصغري	٩,٢٠	١١,٢٠	١١,٦٠	١٣,٠٠	١٧,٢٠	١٩,٢٠	٢٥,٤٠	٢٥,٦٠	٢٣,٢٠	٢٠,٩٠	١٥,٣٠	١٢,١٠
المتوسط الشهري للرطوبة النسبية % (Relative Humidity)												
متوسط الرطوبة النسبية	٦٧,٨٣	٥٧,٥٨	٥٥,١	٥٠,١٧	٤٨,٤٢	٥٠,٠٠	٥٦,٨٣	٥٧,٧٥	٥٩,٩٥	٦٠,٠٠	٦١,٩٦	٥٩,٨٣
المتوسط الشهري لسرعة الرياح كم/س (wind speed)												
متوسط سرعة الرياح	٩,٥٣	١٣,١٤	١٣,٢٢	١٦,١٧	١٥,٠٦	١٢,٣٨	١١,٧٣	١٠,٥٤	١٢,٧٨	١٢,١٠	١٠,٢١	١١,٤٢

جدول (٤-٣) البيانات المناخية للموقع طبقا لملف الطقس ٢٠٥٠ من خلال أداة الطقس ببرنامج الإيكوتيكت ، (الباحثة).

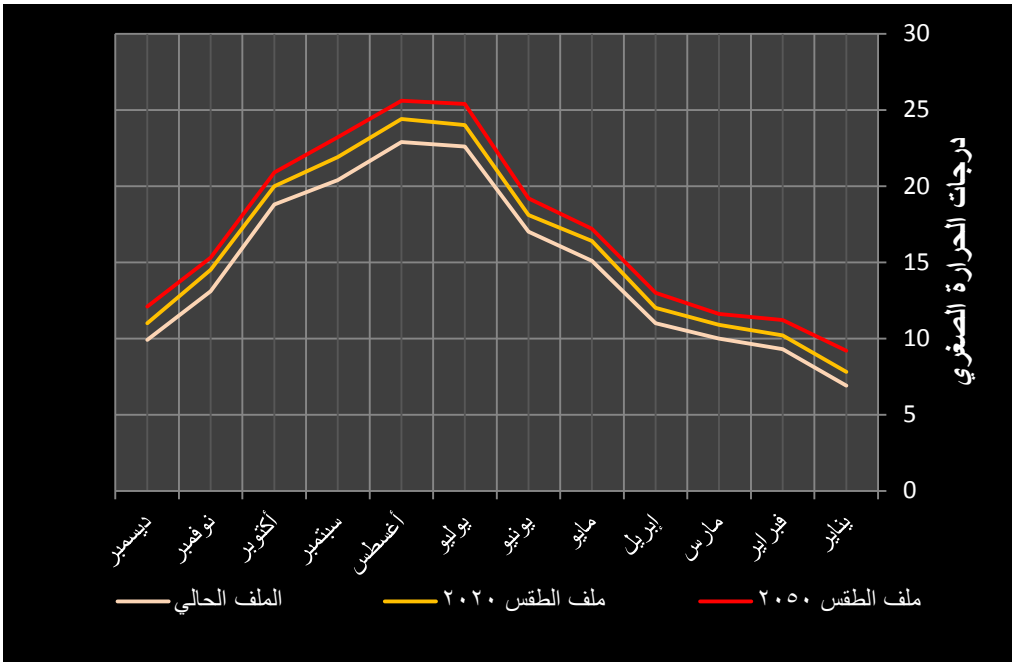
(٤-١-٢-٢) مقارنة البيانات المناخية للموقع الناتجة عن ملفات الطقس:

بمقارنة البيانات المناخية السابقة يمكننا وضع تصور لمواصفات المناخ ومدي تغيرها عبر الزمن نتيجة التغيّر المناخي بموقع الدراسة " القاهرة الجديدة " لتحديد المشكلة وتحديد طرق التعامل معها تصميميا .

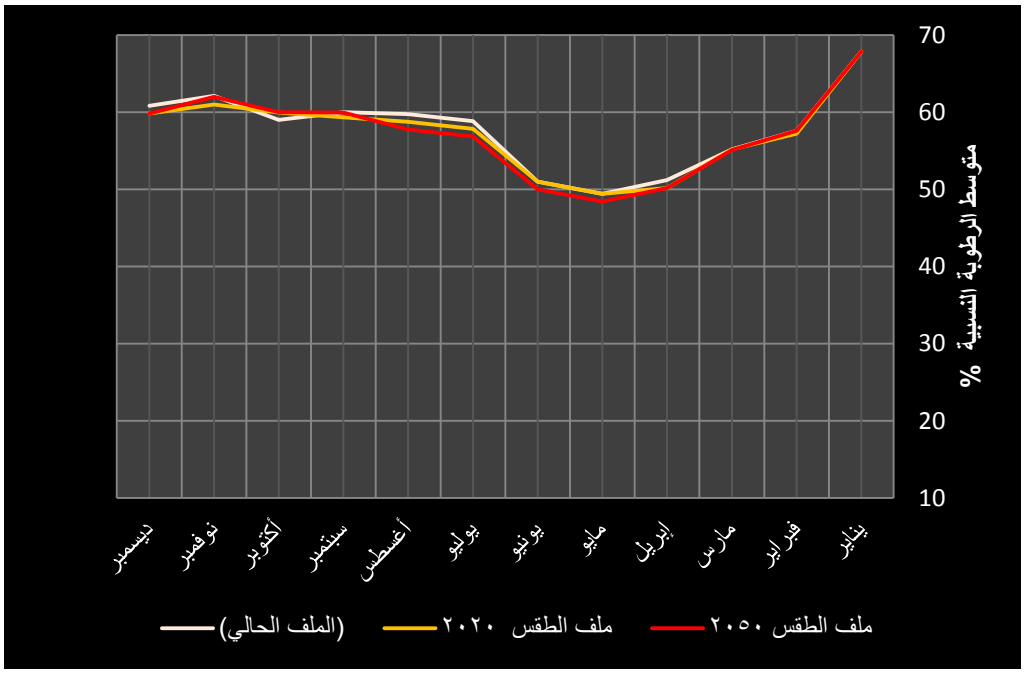
يوضح شكل (٤-٨) ، شكل (٤-٩) التزايد المستمر فى المتوسط الشهري لدرجات الحرارة العظمى والصغري ، فدرجات الحرارة العظمي طبقا لملف الطقس الحالي تصل صيفا إلى ٤٢ °س وتزداد الى ٤٥ °س عام ٢٠٢٠ ومنها إلى أن تصل إلى ٤٧ °س تقريبا فى عام ٢٠٥٠ طبقا لسيناريوهات التغيّر المناخي A2 . وبنفس المعدل تزداد درجات الحرارة شتاءا ليكون الشتاء أكثر دفئا عاما بعد عام ، هذا التزايد الكبير الذي قد يصل إلي ٣ : ٥ درجات مئوية لابد من مراعاته فى تصميم المبانى الجديدة بإتباع منهجية التكيف فى التصميم ومعالجة المبانى القائمة الغير مؤهلة لمواجهة ذلك التغيّر بموقع الدراسة .



شكل (٤-٨) الإرتفاع المتزايد فى درجات الحرارة العظمي لموقع الدراسة (القاهرة الجديدة) تبعا لملفات الطقس للتغيّر المناخى (٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠) بالنسبة لملف الطقس الحالي، (الباحثة).



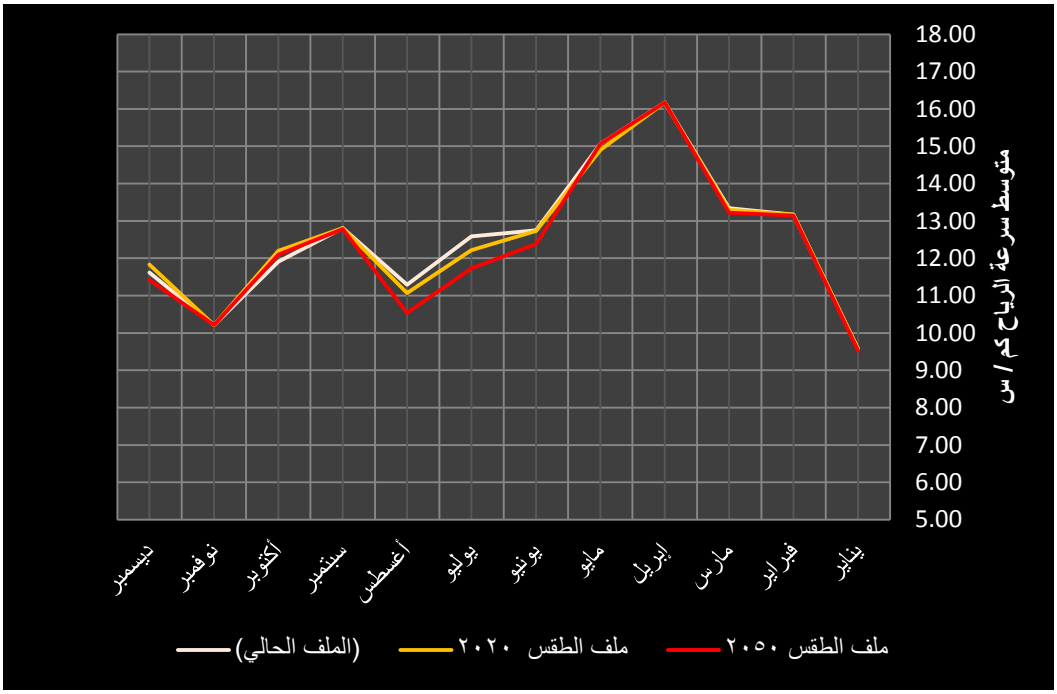
شكل (٤-٩) الإرتفاع المتزايد فى درجات الحرارة الصغري لموقع الدراسة (القاهرة الجديدة) تبعا لملفات الطقس للتغيّر المناخى (٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠) بالنسبة لملف الطقس الحالي ، (الباحثة).



شكل (٤ -١٠) متوسطات الرطوبة النسبية لموقع الدراسة (القاهرة الجديدة) تبعا لملفات الطقس للتغيّر المناخى (٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠) بالنسبة لملف الطقس الحالي ، (الباحثة).

ويوضح شكل (٤-١٠) مقارنة متوسطات الرطوبة النسبية الناتجة عن ملفات الطقس الحالية وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ويتضح منه تغير طفيف فى بعض الشهور يكاد يختفي فى الشهور الأخري ، ولا يهتم البحث بمعدلات الرطوبة ولكن سوف يتم مراعاة تأثيرها فى معدلات الشعور بالراحة الحرارية داخل المبنى .

أما متوسط سرعة الرياح شكل (٤-١١) ، تتغير أيضا تغيرا طفيفا فنجدها ثابتة تقريبا بدءا من شهر يناير وحتى شهر مايو وتقل سرعة الرياح لعامي ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ عن معدلاتها تبعا لملف الطقس الحالي فى الفترة بين شهر يونيو وحتى سبتمبر ثم تعود للتفاوت فى الإرتفاع الطفيف فى أكتوبر ونوفمبر وديسمبر . ولابد أن يراعي هذا الإختلاف الذي يؤثر على معدلات التهوية الطبيعية بالمبنى محل الدراسة صيفا .



شكل (٤ -١١) متوسط سرعة الرياح لموقع الدراسة (القاهرة الجديدة) تبعا لملفات الطقس للتغيّر المناخى (٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠) بالنسبة لملف الطقس الحالي ، (الباحثة).

(٤-٢) إعداد متطلبات التصميم :

هذه الخطوة عبارة عن تحديد متطلبات التصميم التى على أساسها يمكن قياس نجاح تصميم المبنى ، ويجب أن تتم هذه الخطوة فى مرحلة مبكرة ، لتحديد ما إذا كانت إستراتيجية تصميم نظم التهوية الطبيعية بالمبنى مناسبة من الناحية العملية والإقتصادية أم لا . وقد تم إفتراض مبنى إداري بسيط كنموذج لمبنى قائم لم يتم وضع الإعتبارات البيئية فى تصميمه منذ البداية لتقييم أداؤه البيئي ومدي توفيره للراحة الحرارية لمستخدميه فى الوضع الحالي ومقارنة ذلك بسيناريوهات التغيّر المناخي ٢٠٢٠، ٢٠٥٠ ، لتحديد المشكلة ووضع الحلول المعمارية المناسبة لحلها .

(٤-٢-١) وصف المبنى :

يتكون المبنى من طابقين تبلغ مساحة الدور الأرضي ٢٥٠ م٢، ويشمل صالة إستقبال وإنتظار، غرفة سكرتارية ، غرفة إدارة وإجتماعات (٤٥ م٢) ، غرفة موظفين (٢٨ م٢) و الخدمات . أما الدور الأول تبلغ مساحته ٢٤٠ م٢ و يتضمن غرفة إجتماعات رئيسية ، عدد ٤ غرف مكاتب (متوسط مساحة الغرفة ٢٥ م٢) و الخدمات . و تطل جميع الفراغات على الخارج بواسطة حوائط زجاجية بعرض الحائط . ومن الداخل يتم الوصول إلى جميع الفراغات عن طريق ممر رئيسي مزدوج "Double loaded corridor" . ويصل بين الطابقين سلم رئيسي بالواجهة الشرقية من المبني.

شكل (٤-١٢) المسقط الأفقي للدور الأرضي (يمين) ، المسقط الأفقي للدور الأول (يسار) للمبنى محل الدراسة .

و تتكون كتلة المبنى من مجموعة من المكعبات ذات الأحجام المختلفة تتماشي مع طولية المبنى و تتباين بين كتل صماء و واجهات زجاجية كبيرة المساحة فى جميع الواجهات . يقع المدخل فى الواجهة الشمالية وهى الواجهة الرئيسية للمبنى . يصل إرتفاع الدور إلى ٤,٧٥ م و إرتفاع المبنى يصل إلى حوالي ١٢,٥ م . ويلاحظ من تصميم واجهات المبنى الإفتقار إلى وسائل التظليل وزيادة مساحات الواجهات الزجاجية دون مراعاة مواصفات المناخ بالبيئة المحيطة بالمبنى .

شكل (٤-١٣) يوضح كتلة المبنى محل الدراسة.

وصُمم المبنى على أساس إستخدام وسائل التهوية والتبريد الميكانيكية فنجده محكم الغلق مع وجود بعض النوافذ فى الواجهات الشرقية والغربية والجنوبية التى لم يتم مراعاة معدلات التهوية فى تصميمها وترتيبها بالفراغات .

(٤-٢-٢) تحليل ومقارنة الآداء الحراري للمبنى :

تمّ الحصول على بعض التحليلات البيئية للمبنى بواسطة برنامج إيكوتيكت والتى تتمثل في تحليلات الراحة الحرارية بالمبنى ودراسة عدد ساعات فترة عدم الراحة الخاصة بالإرتفاع الشديد فى الحرارة أو الإنخفاض الشديد للحرارة الداخليه بالمبنى ، والتى منها يراعي بالمبنى فترات عدم الراحة و التى تحتاج إلى التبريد أو التدفئة فى الشهور المختلفة من العام لإجراء المعالجات المعمارية اللازمة . كما تمّت دراسة كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة عن طريق عناصر المبنى و التركيز على الكمية المكتسبة أو المفقودة عن طريق غلاف المبنى و التهوية الطبيعية لما لهم من تأثير واضح على الشعور الراحة الحرارية بالمبنى . ثم إجراء مقارنة بين النتائج التى تم الحصول عليها بإستخدام ملف الطقس الحالي وملفات الطقس الخاصة بالتغيّر المناخي ٢٠٢٠، ٢٠٥٠ لتحديد المشكلة وكيفية تطورها مستقبلا في ظل التغيرات المناخية المتوقعة ، وسوف نستعرض تلك النتائج و المقارنات فيما يلى .

(٤-٢-٢-١) دراسة فترات عدم الراحة " Discomfort period " بالمبنى :

تُعد الراحة الحرارية من أهم المعايير التى يتم تقييم المبنى على أساسها والتى لابد أن تراعي فى التصميم منذ البداية فالمبنى هو الملجأ للإنسان من متغيرات البيئة الخارجية ، وعدم الشعور بالراحة الحرارية داخل المبنى إما تكون نتيجة إرتفاع درجة الحرارة داخل المبنى عن معدلات الراحة الحرارية (حار جدا) ، أو نتيجة إنخفاض درجة الحرارة داخل المبنى عن معدلاتها (بارد جدا). وتشترك معها بعض المعايير الأخري مثل سرعة الهواء ، معدلات الأيض و نوعية الملابس و الوظيفة أو النشاط داخل المبنى وقد تم مراعاة ذلك فى المدخلات الخاصة بالمبنى ببرنامج الإيكوتيكت .

وفيما يلي نتائج التحليلات التى تم الحصول عليها :

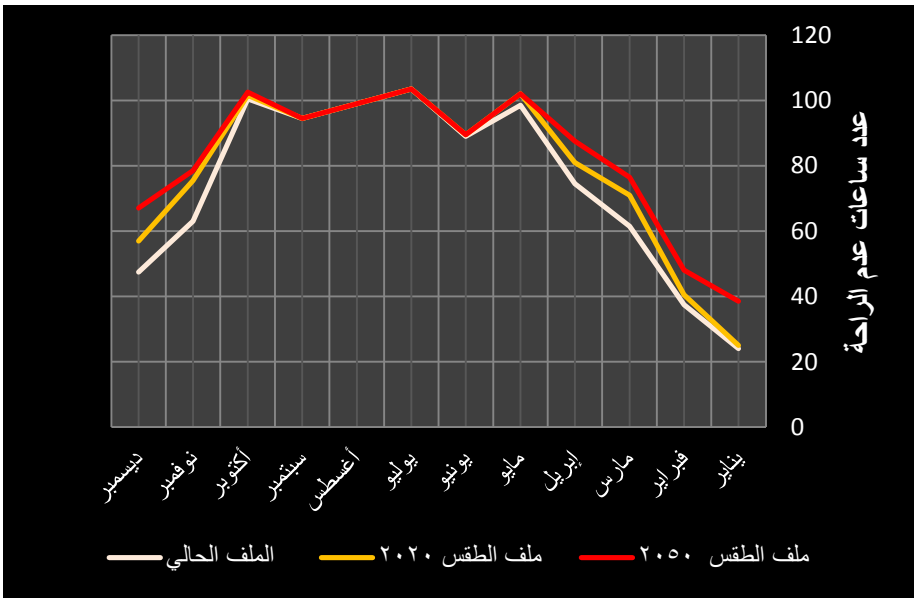
أ- **تحليل عدد ساعات عدم الراحة داخل المبنى " حار جدا(Too Hot (Hrs:**

تصل عدد ساعات الشعور بعدم الراحة الحرارية داخل المبنى نتيجة إرتفاع الحرارة الداخلية أقصاها فى شهر يوليو ١٠٣,٥ ساعة و أكتوبر ١٠٠,٥ ساعة تبعا لملف الطقس الحالي جدول (٤-٤)، أما بالنسبة لعدد ساعات عدم الشعور بالراحة عام ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ أخذ عدد ساعات الشعور بعدم الراحة فى الإرتفاع خاصة فى شهور الشتاء ، ويتفاوت إرتفاعها فى الصيف بين نصف الساعة إلي ساعتين عن معدلاتها الحالية .

	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الملف الحالي	٢٤	٣٧,٥	٦١,٥	٧٤,٥	٩٨,٥	٨٩	١٠٣,٥	٩٩	٩٤,٥	١٠٠,٥	٦٣	٤٧,٥
ملف الطقس ٢٠٢٠	٢٥	٤٠,٥	٧١	٨١	١٠٢	٨٩,٥	١٠٣,٥	٩٩	٩٤,٥	١٠١,٥	٧٥,٥	٥٧
ملف الطقس ٢٠٥٠	٣٨,٥	٤٨	٧٦,٥	٨٧,٥	١٠٢	٨٩,٥	١٠٣,٥	٩٩	٩٤,٥	١٠٢,٥	٧٨,٥	٦٧

جدول (٤-٤) يوضح عدد ساعات عدم الراحة بالمبنى (حار جدا) تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ،(الباحثة) .

ويوضح شكل (٤-١٤) مقارنة تلك النتائج والتى تعلن عن شتاء أكثر إحترارا وكذلك فترات الربيع والخريف حيث تزداد عدد ساعات إرتفاع الحرارة عن معدلاتها الحالية فى الشهور من يناير وحتي يونيو و كذلك من أكتوبر وحتى ديسمبر ، وتبقي شهور الصيف تقريبا فى معدلاتها الحالية بفارق ساعة أو ساعتين على الأقل .



شكل (٤-١٤) مقارنة عدد ساعات عدم الراحة الحرارية داخل المبنى (حار جدا)، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة) .

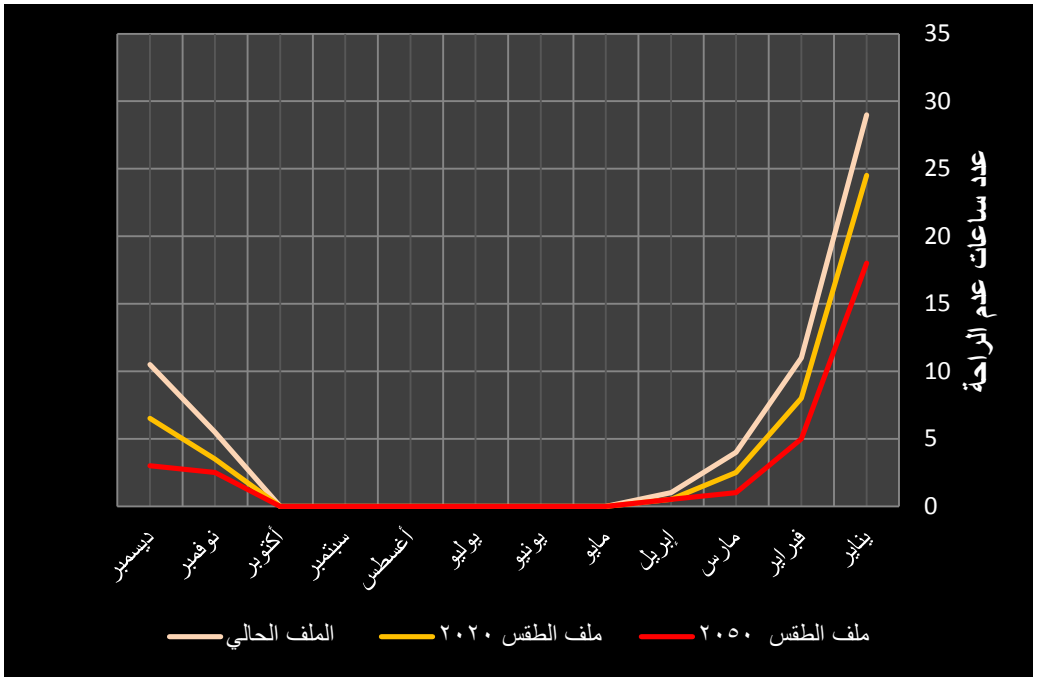
ب- عدد ساعات عدم الراحة داخل المبنى " بارد جدا(Too cool (Hrs" :

تصل عدد ساعات عدم الراحة نتيجة إنخفاض درجات الحرارة داخل المبنى إلى أقصاها فى شهر يناير ٢٩ ساعة تبعا لملف الطقس الحالي ، و تصل الى ٢٤,٥ ساعة تبعا لملف الطقس ٢٠٢٠ و ١٨ ساعة تبعا لملف الطقس ٢٠٥٠ ، جدول (٤-٥) .

	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الملف الحالي	٢٩	١١	٤	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٥,٥	١٠,٥
ملف الطقس ٢٠٢٠	٢٤,٥	٨	٢,٥	٠,٥	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٣,٥	٦,٥
ملف الطقس ٢٠٥٠	١٨	٥	١	٠,٥	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٢,٥	٣

جدول (٤-٥) يوضح عدد ساعات عدم الراحة بالمبنى (بارد جدا) تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ،(الباحثة) .

ومن خلال **شكل (٤-١٥)** ، يتأكد لدينا أن المبنى يواجه شتاءا اكثر إحترارا حيث تقل عدد ساعات عدم الراحة نتيجة البرودة بمعدل يتراوح بين ٥ : ١١ ساعة فى شهور الشتاء .



شكل (٤-١٥) مقارنة عدد ساعات عدم الراحة الحرارية داخل المبنى (بارد جدا)، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة) .

(٤-٢-٢-٢) دراسة كمية الحرارة المكتسبة صيفا :

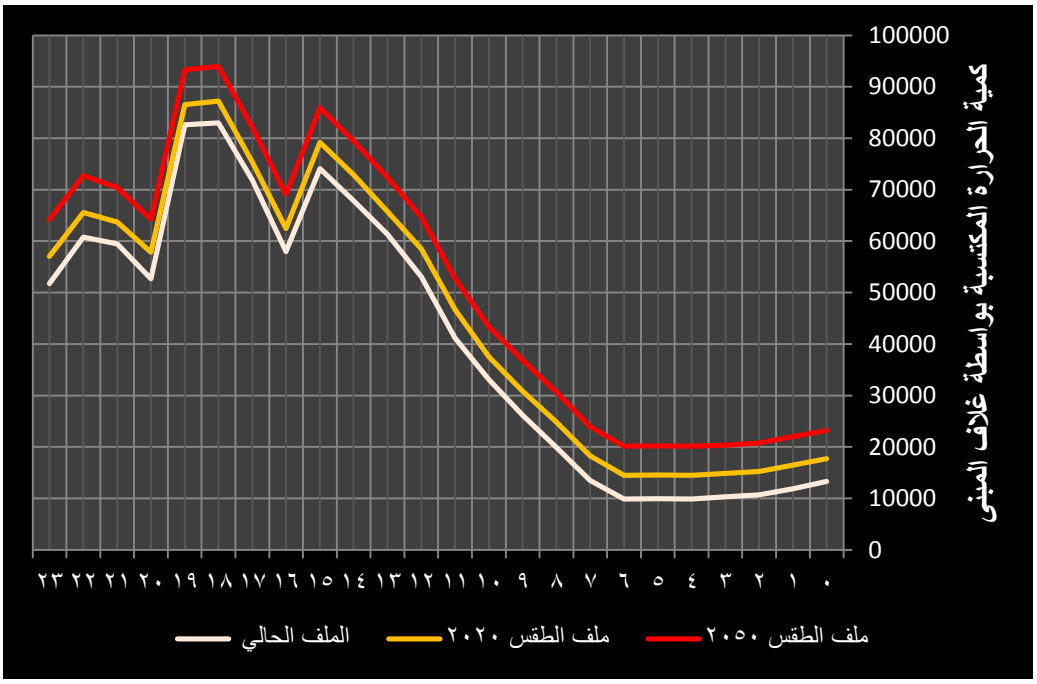
تم دراسة الحرارة المكتسبة " HOURLY GAINS" عن طريق غلاف المبنى و التهوية ، حيث أنهم الأكثر تأثيرا و إرتباطا بموضوع البحث وقد تم إختيار الأول من يوليو للدراسة وهو أشد يوم حرارة طبقا للمعلومات التى تم دراستها ببرنامج الإيكوتيكت ليعبر عن أقصي ظروف بيئية قد يتعرض لها المبنى خلال فترة الصيف .و فيما يلى النتائج التى تم الحصول عليها من برنامج الإيكوتيكت:

أ- كمية الحرارة المكتسبة عن طريق غلاف المبنى:

	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
٠	١٣٢٧٦	١٧٧١٦	٢٣١٩٤
١	١١٨٦٧	١٦٤٩٨	٢١٩٩١
٢	١٠٦٧٢	١٥٢٤١	٢٠٧٣٨
٣	١٠٢٨٤	١٤٨٥٤	٢٠٣٥٣
٤	٩٩٠٤	١٤٤٧٣	٢٠١٦٧
٥	٩٩٥١	١٤٥٢٦	٢٠٢١٨
٦	٩٨٧٩	١٤٤٥٥	٢٠١١٧
٧	١٣٤٧٥	١٨٢٨٦	٢٣٩٥٩
٨	١٩٩٠٤	٢٤٨١٨	٣٠٦٤٩
٩	٢٦١٤٨	٣٠٨٦٧	٣٦٨٨٢
١٠	٣٣٠٨٨	٣٧٤٨٠	٤٣٣٧١
١١	٤١١٩٠	٤٦٧٠٥	٥٢٧٤٤
١٢	٥٣٠٧٢	٥٨٤٦٠	٦٤٧١٩
١٣	٦١٣٢٠	٦٥٧٧٣	٧٢٣٩٠
١٤	٦٧٨٥٦	٧٢٩١٣	٧٩٤٩٢
١٥	٧٤١٠٨	٧٩١٥٩	٨٥٩٣٩
١٦	٥٧٩٦٨	٦٢٤٥٢	٦٩٠٦٠
١٧	٧١٨٥٨	٧٥٣٥٨	٨٢١٢٤
١٨	٨٢٩٩٩	٨٧١٩٥	٩٣٩٤٠
١٩	٨٢٦٢٦	٨٦٥٤٩	٩٣٣٤١
٢٠	٥٢٦٩٨	٥٧٨١٨	٦٤٢٧٧
٢١	٥٩٤٨٩	٦٣٦٧٠	٧٠٣٩٤
٢٢	٦٠٧٥٢	٦٥٥٨٥	٧٢٦٩٥
٢٣	٥١٧٢٥	٥٧٠٤٤	٦٤١٩٩

جدول (٤-٦) كمية الحرارة المكتسبة عن طريق غلاف المبنى (وات) ، الأول من يوليو (أشد يوم حرارة)، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة).

من خلال جدول (٤-٦) يلاحظ أنّ كمية الحرارة المكتسبة عن طريق غلاف المبنى تزداد مع مرور السنوات نتيجة الإرتفاع فى درجات الحرارة الناتج عن التغيّرات المناخية حيث هناك فرق واضح بين نتائج ملف الطقس الحالي و ملفات الطقس لعامي ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ . و تزداد كمية الحرارة المكتسبه على مدار اليوم الواحد وتصل ذروتها من الساعه الواحدة ظهرا وحتى السادسة مساءا ، شكل (٤-١٦) .



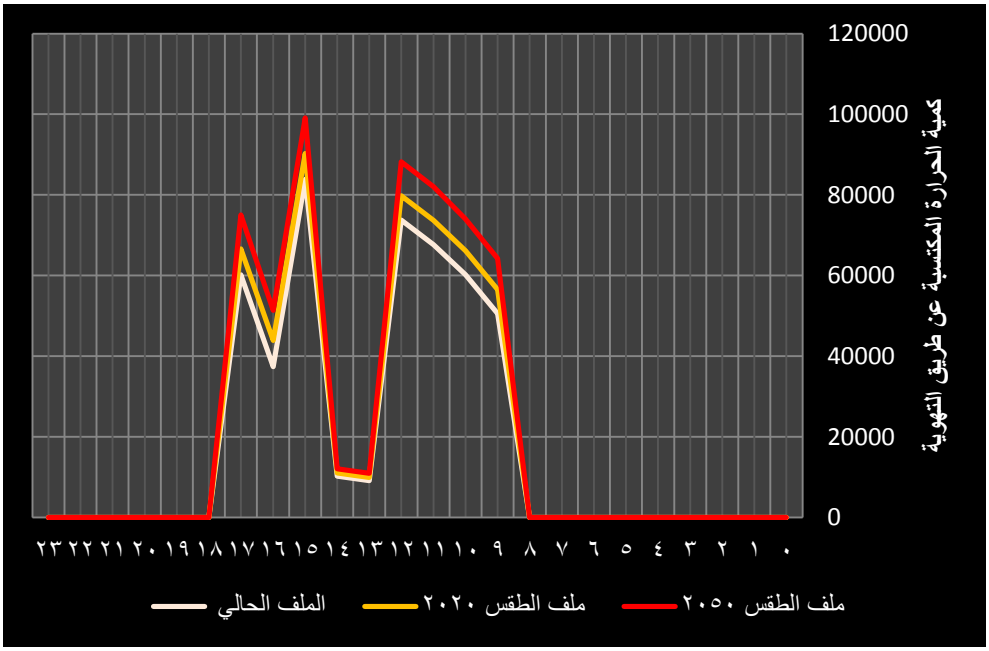
شكل (٤-١٦) مقارنة كمية الحرارة المكتسبة عن طريق غلاف المبنى (وات) الأول من يوليو، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ، (الباحثة).

ب- كمية الحرارة المكتسبة عن طريق التهوية :

بدراسة كمية الحرارة المكتسبة عن طريق التهوية خلال ساعات اليوم من ٩ ص : ٥ مساءا وهى ساعات العمل بالمبنى جدول (٤-٧) ، يلاحظ من خلال النتائج أن كمية الحرارة المكتسبة تزداد بمرور ساعات اليوم ثم تنقص الساعه الواحدة والثانية ظهرا ثم تعود لتزداد من جديد و لكنها تزداد بمرور السنوات حيث هناك زيادة واضحة (٦٠٠٠ : ١٠٠٠٠ وات تقريبا) فى كمية الحرارة المكتسبة الناتجه عن دراسة ملف الطقس الحالى وملفات الطقس ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ شكل (٤-١٧).

	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
٩	٥٠٥٤٥	٥٦٥١٨	٦٤٢٤٧
١٠	٦٠١٥٩	٦٦١٤٩	٧٤٠١٣
١١	٦٧٦٧٨	٧٣٦٧٧	٨١٩٨٨
١٢	٧٣٧٦٢	٧٣٨١٥	٨٨١٦٩
١٣	٩١١١	٩٩٢٠	١٠٩٦١
١٤	١٠٢١٤	١١٠٢٣	١٢٠٦٣
١٥	٨٣٨٠٥	٩٠٢٩٦	٩٩٠٨٧
١٦	٣٧٣٩١	٤٣٩٢٦	٥١٣٦٧
١٧	٦٠١٣٨	٦٦٦٤٥	٧٤٩٩٧

جدول (٤-٧) كمية الحرارة المكتسبة عن طريق التهوية (وات)، الأول من يوليو ، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة).



شكل (٤-١٧) مقارنة كمية الحرارة المكتسبة عن طريق التهوية (وات)،صيفا الأول من يوليو ، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة) .

(٤-٢-٢-٣) دراسة كمية الحرارة المكتسبة / المفقودة شتاءا :

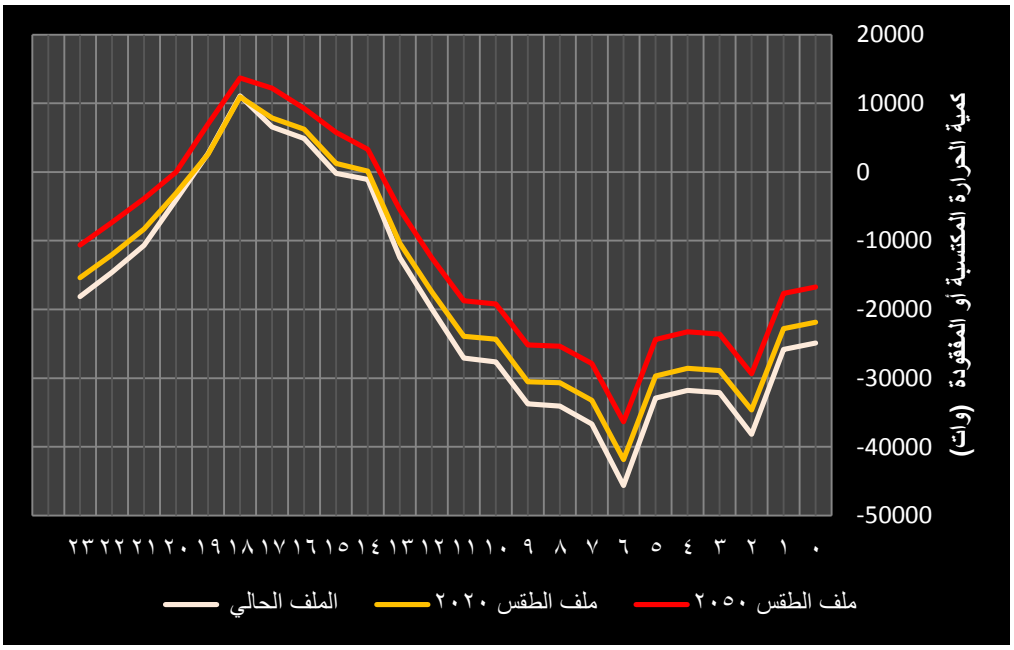
فى الشتاء كان لابد من دراسة كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة " HOURLY GAIN & LOSSES" عن طريق غلاف المبنى والتهوية لتحديد المعالجات المعمارية التى تتناسب مع زيادة درجات الحرارة صيفا مع مرور السنوات و برودة الشتاء . وتحديد الأوقات التى يحتاج المبنى فيها إلى التدفئة شتاءا و تم إختيار اليوم الأشد برودة (٢٢ يناير) ليعبر عن الظروف القصوي التى قد يمر بها المبنى فى الشتاء .

أ- كمية الحرارة المكتسبة / المفقودة عن طريق غلاف المبنى :

	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
٠	-٢٤٨٧٤	-٢١٨٤٥	-١٦٧٤٦
١	-٢٥٨٢٦	-٢٢٧٩٧	-١٧٦٨١
٢	-٣٨١٥٨	-٣٤٦٣٢	-٢٩٣٧١
٣	-٣٢١٣٨	-٢٨٩١٣	-٢٣٥٩٣
٤	-٣١٧٧٩	-٢٨٥٦٧	-٢٣٢٥٣
٥	-٣٢٩٣٣	-٢٩٧١٣	-٢٤٣٩٧
٦	-٤٥١٣	-٤١٨٦٢	-٣٦٣٥٢
٧	-٣٦٦٨٥	-٣٣٢٤٥	-٢٧٨٩٦
٨	-٣٤٠٧٨	-٣٠٦٨٩	-٢٥٣٦٠
٩	-٣٣٧٧٠	-٣٠٥٢٥	-٢٥١٩٠
١٠	-٢٧٦٣٦	-٢٤٣٥٤	-١٩٢٠١
١١	-٢٧١٠٧	-٢٣٩١٨	-١٨٧٤٢
١٢	-١٩٨٨٨	-١٧٤٥٧	-١٢٤٩٥
١٣	-١٢٤٥٦	-١٠٣٣٨	-٥٤٥٦
١٤	-١٠٨٤	١٤٢	٣٣١٢
١٥	-٢١٤	١٢٢٩	٥٧٧٩
١٦	٤٨٨٨	٦٢٣٨	٩٢٧٦
١٧	٦٥٦٩	٧٨٥٠	١٢١٧٣
١٨	١١٠٦٦	١٠٩٢٦	١٣٦٦٤
١٩	٢٦٧٠	٢٥٩٤	٦٩٧٠
٢٠	-٤٠٨١	-٣٠٧١	-٢٩
٢١	-١٠٦٧٧	-٨٢٩٤	-٣٨٨٨
٢٢	-١٤٦١٥	-١٢٠٣٥	-٧٣١٤
٢٣	-١٨١٢١	-١٥٣٨٠	-١٠٦٢٢

جدول (٤-٨) كمية الحرارة المكتسبة أوالمفقودة عن طريق غلاف المبنى (وات)، ٢٢ يناير، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة) .

من خلال جدول (٤-٨) نلاحظ أن المبنى يفقد الحرارة عن طريق غلاف المبنى ولكن يقل معدل الفقد فى الحرارة خلال ساعات النهار من اليوم حتى يبدأ المبنى فى إكتساب الحرارة فى الفترة من الساعه ٤ مساءا وحتى ٧ مساءا ،كما يقل معدل فقد المبنى للحرارة عن طريق الغلاف مع مرور السنوات طبقا لدراسة ملف الطقس الحالى وملفات الطقس ٢٠٥٠،٢٠٢٠،شكل(٤-١٨).



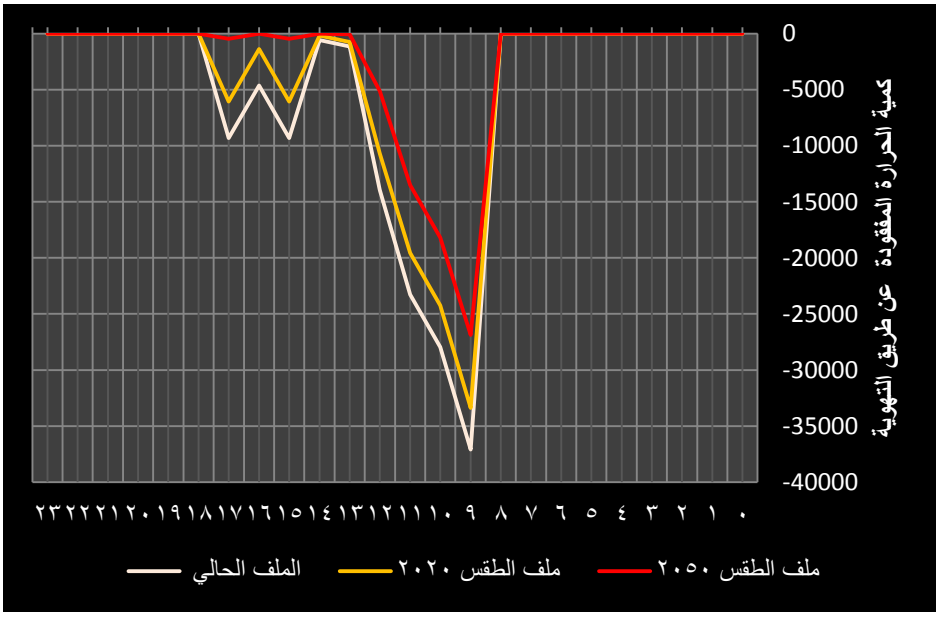
شكل (٤-١٨) مقارنة كمية الحرارة المكتسبة أوالمفقودة عن طريق غلاف المبنى (وات) ، ٢٢ يناير (اليوم الأشد برودة)،تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة) .

ب- الحرارة المكتسبة / المفقودة عن طريق التهوية :

بدراسة كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة عن طريق التهوية فى الفترة من ٩ ص إلى ٥ مساءا بالمبنى جدول (٤-٩) ، نجد أن المبنى يفقد الحرارة نتيج التهوية الطبيعية بالمبنى ولكن يقل معدل الفقد بمرور ساعات النهار على مدار اليوم لتصل إلى أدنى معدل لها الساعة الثانية ظهرا، كما يقل معدل الفقد فى الحرارة بمرو السنوات تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ شكل (٤-١٩) .

	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
٩	-٣٧٠٨٤	-٣٣٣٧٥	-٢٦٨٨٦
١٠	-٢٧٩٧١	-٢٤٢٤١	-١٨١٨٥
١١	-٢٣٢٧٩	-١٩٥٥٤	-١٣٥٠٥
١٢	-١٣٩٤٨	-١٠٦٩٤	-٥١١٤
١٣	-١١٦١	-٧٥٤	-٥٨
١٤	-٥٨٢	-١٧٥	٠
١٥	-٩٣١٢	-٦٠٥٣	-٤٦٦
١٦	-٤٦٤٩	-١٣٩٥	٠
١٧	-٩٣٢٤	-٦٠٦٠	-٤٦٦

جدول (٤-٩) كمية الحرارة المكتسبة أوالمفقودة عن طريق التهوية (وات)، ٢٢ يناير (اليوم الأشد برودة)،تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة) .



شكل (٤-١٩) مقارنة كمية الحرارة المكتسبة أوالمفقودة عن طريق التهوية (وات)، ٢٢ يناير (اليوم الأشد برودة)، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة) .

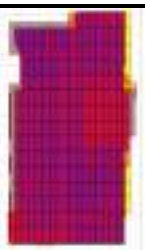
(٤-٢-٢-٤) تحليل الراحة الحرارية داخل فراغات المبنى :

كان لابد من دراسة الراحة الحرارية بالمبنى و مدى توافرها و مقارنة النتائج تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي لمعرفة مدى تأثر الراحة الحرارية بالمبنى بعوامل التغيّر المناخي من الإرتفاع فى درجات الحرارة . وقد تم الحصول على نتائج دراسة الراحة الحرارية بالمبنى صيفا الأول من يوليو والذي يعد " اليوم الأشد حرارة " وشتاءا يوم ٢٢ يناير والذي يعد " اليوم الأشد برودة " واللذان يمثلان الظروف القصوي التى قد يتعرض لها المبنى فى كل فصل ، لتحديد المعالجات المعمارية اللازمة لتوفير الراحة الحرارية مستقبلا .

أ- مقارنة الراحة الحرارية صيفا " الأول من يوليو ":

فيما يلى نتائج دراسة الراحة الحرارية بالمبنى يوم ١ يوليو تبعا لملفات الطقس الحالى ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ فى الفترة من الساعه التاسعة صباحا وحتى الخامسة مساءا وهى فترات العمل بالمبنى :

الدور الأرضي

الوقت	ملف الطقس الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
الساعه ٩، ١٠ صباحا	 تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٣١: ٣٤°س وتصل الى ٣٧°س بالقرب من واجهات المبنى .	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٣١: ٣٤°س وتصل الى ٣٧: ٤٠ °س بالقرب من واجهات المبنى .	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٣٤: و٣٧°س :٤٣°س بالقرب من واجهات المبنى.
الساعه ١٢ مساءا	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٣٧°س و٤٠°س بالممرات الداخلية وتصل الى ٤٣°س بالقرب من واجهات المبنى .	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٣٧°س و٤٠°س بالممرات الداخلية وتصل الى ٤٣°س بالقرب من واجهات المبنى .	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٤٠°س و٤٣°س وتصل الى ٤٦°س بالقرب من واجهات المبنى.

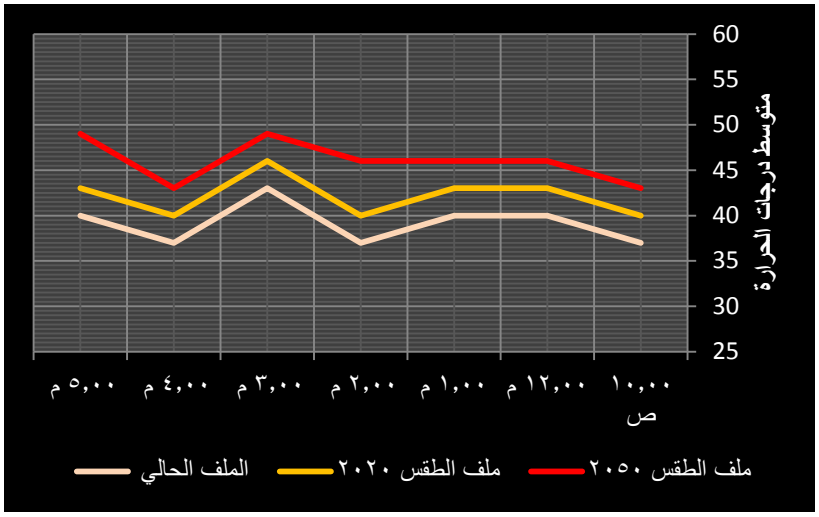
الساعة ١ مساءا	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٤°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى ٣٧°س بالفراغات و الى ٤٠°س و ٤٣ °س بالقرب من واجهات المبنى .	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٤°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى ٣٧°س بالفراغات و الى ٤٠°س بالقرب من واجهات المبنى.	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٧°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى ٤٠°س بالفراغات و الى ٤٣°س و ٤٦ °س بالقرب من واجهات المبنى .
الساعه ٢ مساءا	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٤°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى ٣٧°س بالفراغات و الى ٤٠°س بالقرب من واجهات المبنى .	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٤°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى ٣٧°س بالقرب من واجهات المبنى .	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٧°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى ٤٠°س بالفراغات و الى ٤٣: ٤٦ °س بالقرب من واجهات المبنى .
الساعه ٣ مساءا	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٧°س بالممرات الداخلية للمبنى و تتراوح بين حوالي ٤٣°س الى ٤٦°س بالقرب من واجهات المبنى .	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٧°س بالممرات الداخلية للمبنى و تتراوح بين حوالي ٤٣°س الى ٤٦: ٤٩°س بالقرب من واجهات المبنى .	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٤٠°س بالممرات الداخلية للمبنى و تتراوح بين حوالي ٤٣°س الى ٤٦°س بالفراغات و تقترب من ٤٩ °س بالقرب من واجهات المبنى .
الساعه ٤ مساءا	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٤°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى حوالي ٣٧°س بالفراغات و الى ٤٠°س بالقرب من واجهات المبنى .	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٤°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى حوالي ٣٧°س بالفراغات و الى ٤٠°س بالقرب من واجهات المبنى .	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٧°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى حوالي ٤٠°س بالفراغات و الى ٤٣°س بالقرب من واجهات المبنى .

الساعه ٥ مساءا	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٤°س بالممرات الداخلية للمبنى و تصل إلى ٣٧°س بالفراغات و تصل ٤٠: ٤٣°س بالقرب من واجهات المبنى .	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٤°س بالممرات الداخلية للمبنى و تتدرج بين ٣٧°س :٤٠°س بالفراغات و تصل لحوالي ٤٣°س بالقرب من واجهات المبنى.	تصل درجة الحرارة داخل المبنى الي ٣٤°س: ٣٧°س بالممرات الداخلية للمبنى و تتدرج بين ٤٠°س :٤٣°س بالفراغات و تصل لحوالي ٤٦: ٤٩°س بالقرب من واجهات المبنى .
الدور الأول			
الساعه ١٠ صباحا	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٣٤°س و٣٧°س الممرات الداخلية للمبنى والفراغات و تصل لحوالي ٤٠: ٤٣ °س بالقرب من واجهات المبنى.	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٣٧°س و ٤٠°س بالممرات الداخلية للمبنى و تتراوح بين حوالي ٤٣°س و ٤٦°س بالقرب من واجهات المبنى .	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٤٠°س و ٤٣°س بالممرات الداخلية للمبنى و تتراوح بين حوالي ٤٦°س و ٤٩°س بالقرب من واجهات المبنى .
الساعه ١٢ مساءا	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٤٠°س و ٤٣°س بالممرات الداخلية للمبنى والفراغات و تصل لحوالي ٤٦°س بالقرب من واجهات المبنى.	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٤٣°س و ٤٦°س بالممرات الداخلية للمبنى والفراغات و تصل لحوالي ٤٩°س بالقرب من واجهات المبنى.	تتراوح درجة الحرارة داخل المبنى بين ٤٦°س و ٤٩°س بالممرات الداخلية للمبنى والفراغات و تصل لحوالي ٤٩°س بالقرب من واجهات المبنى.
الساعة ١ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٣٤°س و ٣٧ °س وتصل إلي ٤٠ °س على الواجهة الغربية والجنوبية .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٣٧°س و ٤٠ °س وتصل إلي ٤٣ °س على الواجهة الغربية والجنوبية .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٣٧°س و ٤٠ °س وتصل إلي ٤٣ °س : ٤٦°س على الواجهة الغربية والجنوبية .

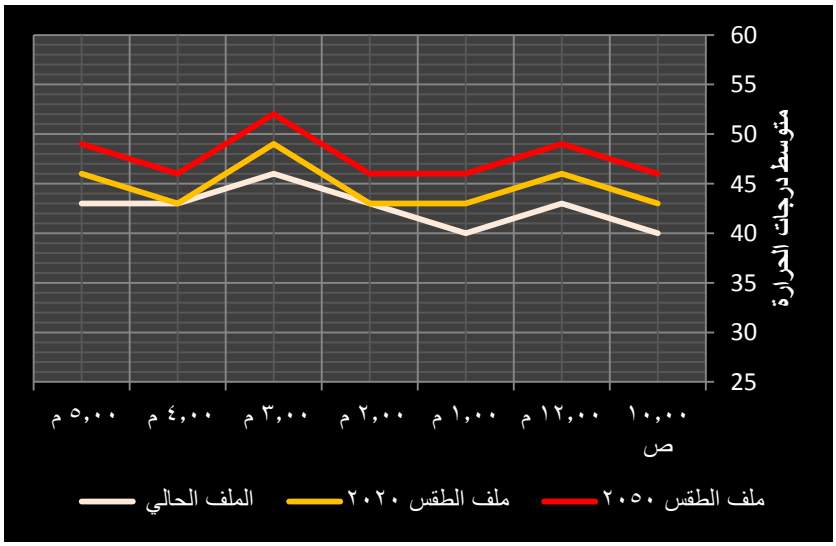
الساعه ٢ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٣٤°س و ٣٧ °س وتصل إلي حوالي ٤٣ °س على بعض أجزاء الواجهة الغربية والجنوبية.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٣٧°س و ٤٠ °س وتصل إلي حوالي ٤٣ °س على الواجهة الغربية ، الجنوبية والشمالية .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٤٠°س و ٤٣ °س وتصل إلي حوالي ٤٦ °س على الواجهة الغربية ، الجنوبية والشمالية .
الساعه ٣ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٤٣°س و ٤٦ °س وتصل إلي حوالي ٤٩ °س على بعض أجزاء الواجهة الغربية والجنوبية.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٤٦°س و ٤٩ °س وتصل إلي حوالي ٥٢ °س في فراغ السلم بالواجهة الغربية.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٤٦°س و ٤٩ °س وتصل إلي حوالي ٥٢ °س بالواجهة الغربية وبعض أجزاء الواجهة الجنوبية والشمالية .
الساعه ٤ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٣٤°س و ٣٧ °س وتصل إلي حوالي ٤٣ °س على بعض أجزاء الواجهة الغربية والجنوبية .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٣٧°س و ٤٠ °س وتصل إلي حوالي ٤٣ °س على الواجهة الغربية ، الجنوبية والشمالية .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٤٠°س و ٤٣ °س وتصل إلي حوالي ٤٦ °س على الواجهة الغربية ، الجنوبية والشمالية .
الساعه ٥ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٤٠°س و ٤٣ °س وتصل إلي ٤٦°س على بعض أجزاء الواجهة الغربية والجنوبية .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٤٣°س و ٤٦ °س وتصل إلي ٤٩°س على بعض أجزاء الواجهة الغربية والجنوبية .	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى الي ٤٦°س و إلي٤٩ °س على بعض أجزاء الواجهة الغربية والجنوبية والشمالية.

جدول (٤-١٠) دراسة الراحة الحرارية لكل ساعة من ساعات العمل بالمبنى يوم ١ يوليو تبعا لملفات الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ، (الباحثة).

من خلال النتائج التى تم الحصول عليها من جدول (٤-١٠) نلاحظ عدم توافر الراحة الحرارية بالمبنى منذ بدء ساعات العمل وحتى نهاية اليوم بل وتزداد درجات الحرارة بالمبنى مع مرور الوقت حتى تصل ذروتها فى الساعة الثالثة مساءا ، كما تزداد درجة الحرارة مع مرور السنوات طبقا لملفات الطقس للتغيّر المناخى ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ مما يدل على عدم توافر الراحة الحرارية بالمبنى حاليا و بالتالى يزداد الوضع سواء مع زيادة درجات الحرارة الناتجة عن التغيّرات المناخية خلال السنوات القادمة، شكل (٤-٢٠) . كما تزداد متوسط درجات الحرارة بالدور الأول مقارنة بالدور الأرضي ، فقد تصل فى الدور الأول إلى ما يقرب من ٥٥ ° س الساعة ٣ ظهرا و غلى ما يقرب من ٤٨ ° س بالدور الأرضي. لذا لابد من توفير الراحة الحرارية بالمبنى والتى تعد ضرورة قصوي لراحة مستخدمى المبنى، شكل (٤-٢١).



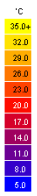
شكل (٤-٢٠) تحليل و مقارنة الراحة الحرارية بالدور الأرضي "الأول من يوليو" ، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، (الباحثة) .



شكل (٤-٢١) تحليل و مقارنة الراحة الحرارية الدور الأول "الأول من يوليو " ، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠،(الباحثة).

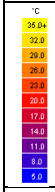
ب- تحليل و مقارنة الراحة الحرارية شتاءا " ٢٢ يناير" :

فيما يلى نتائج دراسة الراحة الحرارية بالمبنى يوم ٢٢ يناير تبعا لملفات الطقس الحالى ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ فى الفترة من الساعه التاسعة صباحا وحتى الخامسة مساءا وهى فترات العمل بالمبنى :



الدور الأرضي

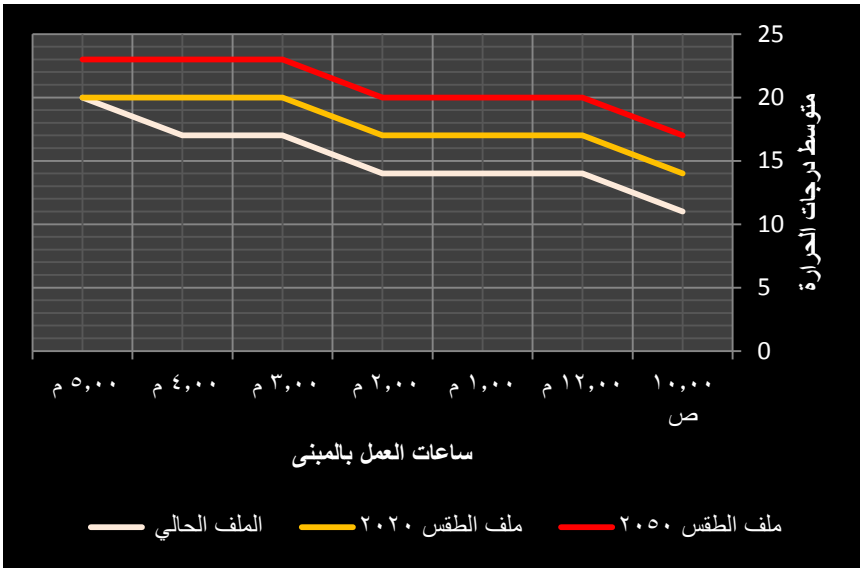
الوقت	ملف الطقس المتاح	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
الساعه ١٠ صباحا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١١°س و ١٤ °س .	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي ١٤ : ١٧°س على الواجهة الغربية.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤: ١٧ °س ، و تصل إلي ٢٠°س على الواجهة الغربية.
الساعه ١٢ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١١°س و ١٤ °س .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤: ١٧°س .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧: ٢٠°س .
الساعة ١ مساءا	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي ١٤°س .	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي ١٤°س .	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧ : ٢٣°س، خاصة بالواجهة الجنوبية.
الساعه ٢ مساءا	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي ١٤°س .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤: ١٧°س .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧: ٢٠°س و تصل إلي ٢٣°س على الواجهة الغربية و الجنوبية.

الساعه ٣ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤: ١٧°س .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤: ١٧°س ، و تقترب من ٢٠ °س على الواجهة الغربية .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧: ٢٠°س ، تصل إلي ٢٣°س على الواجهة الغربية والجنوبية.
الساعه ٤ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤: ١٧°س .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧: ٢٠°س .	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧: ٢٣°س.
الساعه ٥ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤: ١٧°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤: ١٧°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧: ٢٠°س و تصل إلي ٢٣ °س على الواجهة الغربية و الجنوبية.
 الدور الأول			
الساعه ١٠ صباحا	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي١١°س.	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي ١٤°س تقريبا .	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي ١٧°س تقريبا .
الساعه ١٢ مساءا	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي١٤°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين١٧:١٤°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧: ٢٠°س.

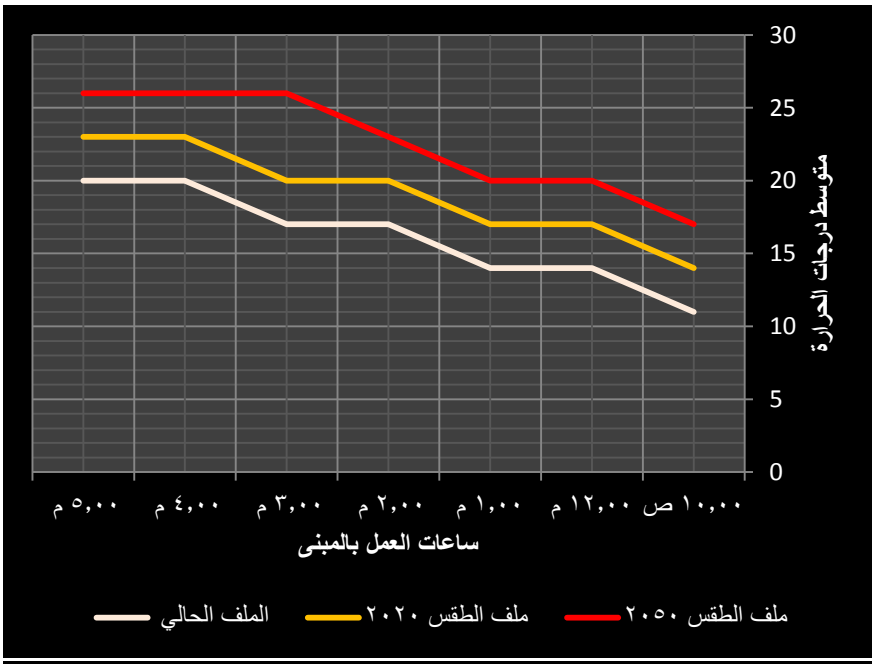
الساعة ١ مساءا	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي ١٤°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤ : ١٧°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧: ٢٠°س .
الساعه ٢ مساءا	تصل درجات الحرارة داخل فراغات المبنى إلي ١٤°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٤ : ١٧°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧ : ٢٣°س
الساعه ٣ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧:١٤°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧ : ٢٠°س	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٢٠: ٢٦°س
الساعه ٤ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٢٠:١٧°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧ : ٢٣°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٢٦:٢٠°س.
الساعه ٥ مساءا	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٢٠:١٤°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ١٧ : ٢٣°س.	تتراوح درجات الحرارة داخل فراغات المبنى بين ٢٦:٢٠°س.

جدول (٤-١١) دراسة الراحة الحرارية لكل ساعة من ساعات العمل بالمبنى يوم ٢٢ يناير تبعا لملفات الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ، (الباحثة).

من خلال النتائج التى تم الحصول عليها من جدول (٤-١١) نلاحظ ان درجات الحرارة نهارا تتراوح بين ١١ : ٢٠°س تبعا لملف الطقس الحالي و تزداد درجات الحرارة تبعا لملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ مما يجعل المبنى يحظى بالراحة الحرارية خلال معظم فترات النهار شتاءا مع ضرورة توفير متطلبات التدفئة صباحا شكل (٤-٢٢) ، شكل (٤-٢٣).



شكل (٤-٢٢) تحليل و مقارنة الراحة الحرارية بالدور الأرضي "الثاني و العشرون من يناير " ، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠،(الباحثة).



شكل (٤-٢٣) تحليل و مقارنة الراحة الحرارية بالدور الأول "الثاني و العشرون من يناير " ، تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠،(الباحثة).

(٤-٢-٣) تحليل ومقارنة أداء التهوية بالمبنى :

نظرا للدور الفعّال الذي تلعبه التهوية الطبيعية بالمبنى كان لابد من دراسة تأثيرها على الوضع الحالي بالمبنى و تأثرها بمظاهر التغيّر المناخى من الإرتفاع فى درجات الحرارة خلال السنوات القادمة ، وقد تم دراسة تأثير التهوية الطبيعية من خلال دراسة درجة حرارة الهواء بالمبنى ومقارنة نتائج ملف الطقس الحالي و ملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ . كما تمت دراسة معدل التهوية (حجم الهواء م٣ / ث) للإستفادة من ذلك فى تحسين الآداء الحراري للمبنى خلال سنوات الدراسة . وقد جاءت نتائج الدراسة كما يلى :

(٤-٢-٣-١) تحليل و مقارنة درجة حرارة الهواء بالمبنى :

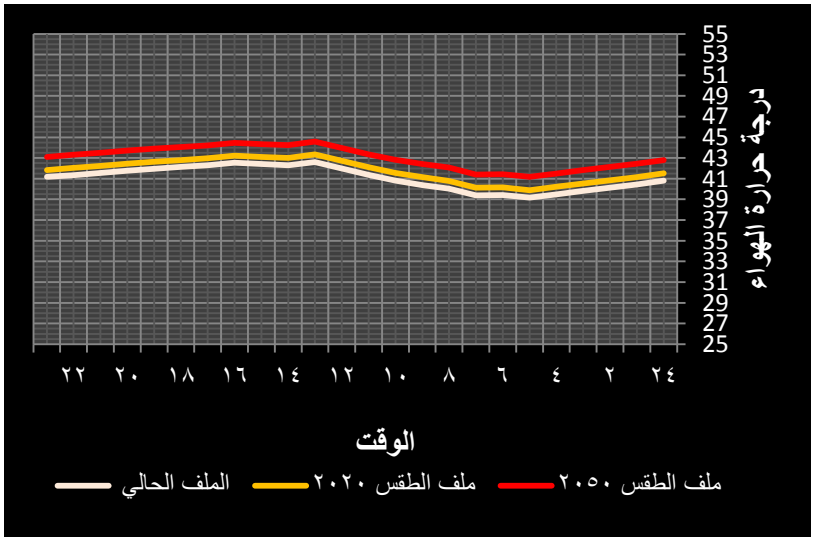
تم دراسة درجات حرارة الهواء صيفا باليوم الأول من يوليو والذي يعد اليوم الأشد حرارة ليعبر عن الظروف القصوي التي قد يتعرض لها المبنى صيفا .و باليوم الثاني والعشرين من يناير الذي يعد أليوم الأشد برودة ليعبر عن الظروف القصوي التي قد يتعرض لها المبنى شتاءا ، وفيما يلى مقارنة البيانات الناتجة عنملف الطقس الحالي و ملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠و ٢٠٥٠.

أ- **تحليل و مقارنة درجة حرارة الهواء صيفا :**

يلاحظ إرتفاع متوسط درجات حرارة الهواء بالمبنى خلال ساعات اليوم المختلفة و على مدار السنوات القادمة تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ، كما تشير الأرقام إلى زيادة درجة حرارة الهواء بالدور الأول عنه فى الدور الأرضي حيث تصل إلي ٤٢ : ٤٦ ° س بالدور الرضي و تصل إلي ٤٧ : ٤٩ ° س بالدور الأول على مدار سنوات التغيّر المناخي ، جدول (٤-١٢) و(٤-١٣) . لذا لابد من ترطيب الهواء قبل دخوله المبنى وإستخدامة فى تبريد الفراغات .

الوقت	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
١	٤٠,٤٤٥	٤١,١٥٦	٤٢,٤٤٢
٢	٤٠,١٣٧	٤٠,٨٥٤	٤٢,١٤٢
٣	٣٩,٨١٢	٤٠,٥٣٦	٤١,٨٢٤
٤	٣٩,٤٨٤	٤٠,٢١٣	٤١,٥٠١
٥	٣٩,١٥٩	٣٩,٨٩٣	٤١,١٨١
٦	٣٩,٤٢٦	٤٠,١٥٧	٤١,٤٤٠
٧	٣٩,٣٧٩	٤٠,١١٥	٤١,٣٩٣
٨	٤٠,٠٤٦	٤٠,٧٩٣	٤٢,٠٦٦
٩	٤٠,٣٨٦	٤١,١٥	٤٢,٤١٦
١٠	٤٠,٨٠	٤١,٥٦٦	٤٢,٨٢٨
١١	٤١,٣٥٤	٤٢,١٠٣	٤٣,٣٦١
١٢	٤١,٩٨٢	٤٢,٧١٥	٤٣,٩٦٧
١٣	٤٢,٦١٨	٤٣,٣٣٩	٤٤,٥٨٤
١٤	٤٢,٢٩١	٤٣,٠٠١	٤٤,٢٤
١٥	٤٢,٤١٥	٤٣,١١٣	٤٤,٣٤٩
١٦	٤٢,٥٤٣	٤٣,٢٢٧	٤٤,٤٦٢
١٧	٤٢,٢٩٥	٤٢,٩٦٨	٤٤,٢٠٣
١٨	٤٢,١٢٨	٤٢,٨٠٥	٤٤,٠٥٤
١٩	٤١,٩٧	٤٢,٦٥١	٤٣,٩٠٩
٢٠	٤١,٧٦٠	٤٢,٤٤٤	٤٣,٧٠٨
٢١	٤١,٥٥٢	٤٢,٢٤٠	٤٣,٥١١
٢٢	٤١,٣٤٠	٤٢,٠٣٤	٤٣,٣١١
٢٣	٤١,١٨٠	٤١,٨٢٧	٤٣,١١٠
٢٤	٤٠,٨٠٥	٤١,٥١٢	٤٢,٧٩٩

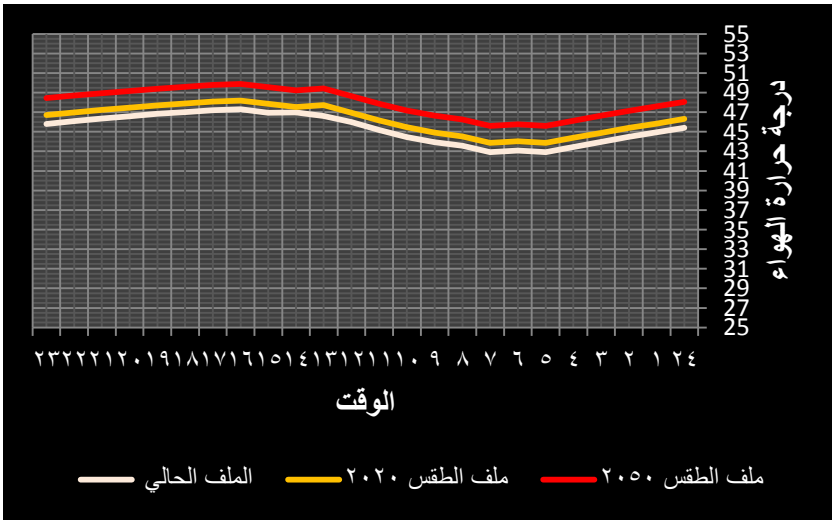
جدول (٤-١٢) متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأرضي ، الأول من يوليو تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠، (الباحثة).



شكل (٤-٢٤) مقارنة متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأرضي " الأول من يوليو " لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ، (الباحثة) .

الوقت	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
١	٤٤,٩٢٨	٤٥,٨٤٢	٤٧,٥٨٠
٢	٤٤,٤٧٠	٤٥,٣٩٣	٤٧,١٣٢
٣	٤٣,٩٦٣	٤٤,٨٩٤	٤٦,٦٣١
٤	٤٣,٤٣٨	٤٤,٣٧٥	٤٦,١١٠
٥	٤٢,٩١٤	٤٣,٨٥٦	٤٥,٥٨٨
٦	٤٣,٠٩٤	٤٤,٠٣٧	٤٥,٧٦٧
٧	٤٢,٩٢١	٤٣,٨٧٣	٤٥,٥٩٧
٨	٤٣,٥٥٨	٤٤,٥٢٧	٤٦,٢٤٣
٩	٤٣,٩٢٧	٤٤,٩٢٤	٤٦,٦٢٩
١٠	٤٤,٤٥٣	٤٥,٤٥٨	٤٧,١٥٦
١١	٤٥,١٧٠	٤٦,١٥٧	٤٧,٨٥٣
١٢	٤٥,٩٧٥	٤٦,٩٤٣	٤٨,٦٣٦
١٣	٤٦,٥٩٥	٤٧,٧٣٦	٤٩,٤٢٤
١٤	٤٦,٩٥٩	٤٧,٥٤٢	٤٩,٢٢٨
١٥	٤٦,٩٣٠	٤٧,٨٥٩	٤٩,٥٤٥
١٦	٤٧,٢٨٩	٤٨,١٩٤	٤٩,٨٨٠
١٧	٤٧,٢٠٤	٤٨,٠٨٦	٤٩,٧٧٣
١٨	٤٧,٠١٣	٤٧,٨٨٩	٤٩,٥٨٣
١٩	٤٦,٨٢٦	٤٧,٧٠٣	٤٩,٤٠٣
٢٠	٤٦,٥٨٦	٤٧,٤٦٥	٤٩,١٧٣
٢١	٤٥,٣٩٦	٤٧,٢٢٤	٤٨,٩٤٠
٢٢	٤٤,٩٢٨	٤٦,٩٧١	٤٨,٦٩٥
٢٣	٤٤,٤٧	٤٦,٧٠٣	٤٨,٤٣٦
٢٤	٤٥,٣٩٦	٤٦,٣٠٥	٤٨,٠٤٢

جدول (٤-١٣) متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأول " الأول من يوليو " تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ، (الباحثة) .



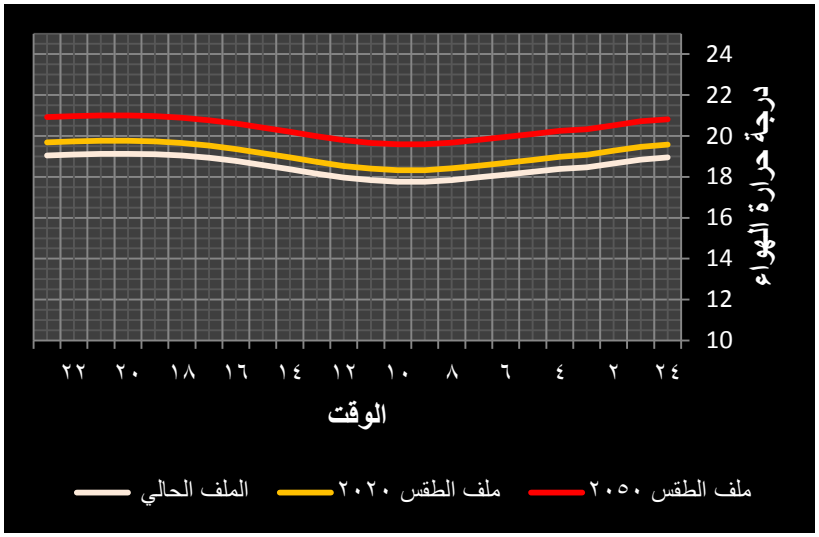
شكل (٤-٢٥) مقارنة متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأول " الأول من يوليو " لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠، (الباحثة) .

ب- **تحليل و مقارنة درجة حرارة الهواء بالمبنى شتاءا " ٢٢ يناير " :**

من خلال جداول (٤-١٤) ،(٤- ١٥) يلاحظ أن متوسط درجات حرارة الهواء بيوم ٢٢ يناير فى كلا من الدور الأرضي و الأول تتصاعد من ١٦ : ٢٠ °س من خلال ملفات الطقس المختلفة . مما يجعل درجة حرارة الهواء مناسبة للتهوية الطبيعية .

الوقت	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
١	١٨,٨٤٤	١٩,٤٧١	٢٠,٧١٢
٢	١٨,٦٥٤	١٩,٢٧٣	٢٠,٥٢٠
٣	١٨,٤٦٧	١٩,٠٧٨	٢٠,٣٣٠
٤	١٨,٣٩١	١٨,٩٨٩	٢٠,٢٤٣
٥	١٨,٢٤٢	١٨,٨٣١	٢٠,٠٨٨
٦	١٨,١٠٧	١٨,٦٨٨	١٩,٩٤٧
٧	١٧,٩٧٦	١٨,٥٤٩	١٩,٨١٢
٨	١٧,٨٤٥	١٨,٤١٢	١٩,٦٧٧
٩	١٧,٧٧٠	١٨,٣٣١	١٩,٥٩٩
١٠	١٧,٧٦٦	١٨,٣٢٦	١٩,٥٩٣
١١	١٧,٨٣٥	١٨,٣٩٨	١٩,٦٦٣
١٢	١٧,٩٦٧	١٨,٥٣٦	١٩,٧٩٩
١٣	١٨,١٥٥	١٨,٧٢٩	١٩,٩٨٧
١٤	١٨,٣٦٧	١٨,٩٤٦	٢٠,٢٠١
١٥	١٨,٥٧٧	١٩,١٥٩	٢٠,٤٠٩
١٦	١٨,٧٧١	١٩,٣٥٨	٢٠,٦٠٣
١٧	١٨,٩٣٨	١٩,٥٣٣	٢٠,٧٧٣
١٨	١٩,٠٤١	١٩,٦٥٠	٢٠,٨٨٧
١٩	١٩,١٠٥	١٩,٧٢٩	٢٠,٩٦٤
٢٠	١٩,١٣٠	١٩,٧٦٧	٢١,٠٠١
٢١	١٩,١٢١	١٩,٧٦٤	٢٠,٩٩٧
٢٢	١٩,٠٨٩	١٩,٧٣٣	٢٠,٩٦٧
٢٣	١٩,٠٤١	١٩,٦٨١	٢٠,٩١٦
٢٤	١٨,٩٤٩	١٩,٥٨٢	٢٠,٨١٩

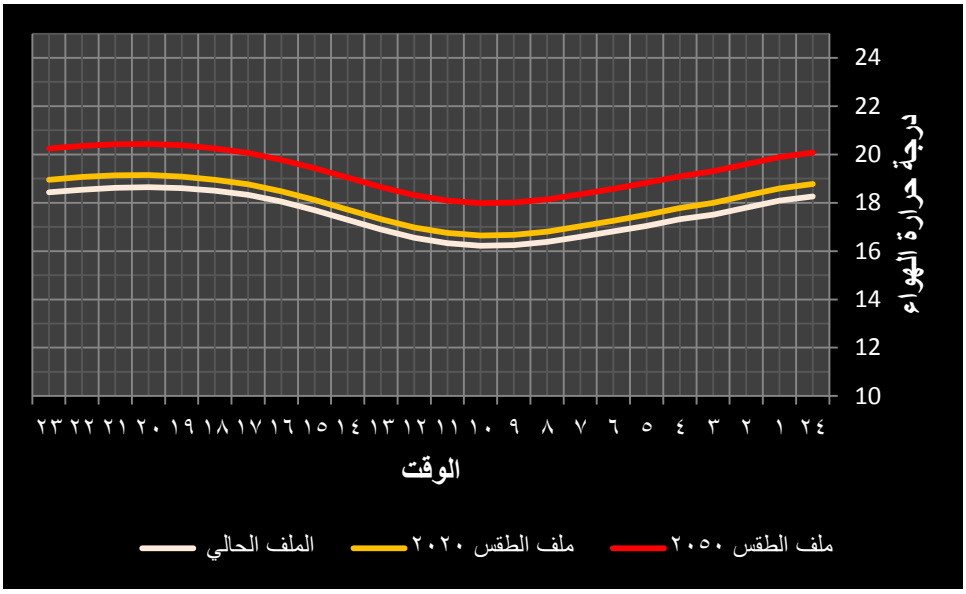
جدول (٤-١٤) متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأرضي " ٢٢ يناير " تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ، (الباحثة).



شكل (٤-٢٦) مقارنة متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأرضي "٢٢يناير " لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠، (الباحثة) .

الوقت	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
١	١٨,٠٨٣	١٨,٥٨٩	١٩,٨٩٠
٢	١٧,٨٠١	١٨,٢٩٥	١٩,٦٠٤
٣	١٧,٥١٢	١٧,٩٩٣	١٩,٣٠٩
٤	١٧,٣١٣	١٧,٧٧٨	١٩,٠٩٩
٥	١٧,٠٤٧	١٧,٤٩٩	١٨,٨٢٥
٦	١٦,٨١١	١٧,٢٥٢	١٨,٥٨٣
٧	١٦,٥٩١	١٧,٠٢٣	١٨,٣٥٨
٨	١٦,٣٨٠	١٦,٨٠٤	١٨,١٤٤
٩	١٦,٢٤٦	١٦,٦٦٥	١٨,٠٠٨
١٠	١٦,٢٢٢	١٦,٦٣٩	١٧,٩٨٣
١١	١٦,٣٢٦	١٦,٧٤٥	١٨,٠٨٧
١٢	١٦,٥٥٦	١٦,٩٧٨	١٨,٣١٦
١٣	١٦,٨٩٧	١٧,٣١٩	١٨,٦٥١
١٤	١٧,٢٩٧	١٧,٧١٧	١٩,٠٤١
١٥	١٧,٦٩٧	١٨,١١٣	١٩,٤٣٠
١٦	١٨,٠٥١	١٨,٤٦٧	١٩,٧٧٦
١٧	١٨,٣٢٩	١٨,٧٥٨	٢٠,٠٥٨
١٨	١٨,٥٠٣	١٨,٩٥٥	٢٠,٢٤٩
١٩	١٨,٦٠٥	١٩,٠٨٧	٢٠,٣٧٦
٢٠	١٨,٦٤٠	١٩,١٤٧	٢٠,٤٣٤
٢١	١٨,٦١٢	١٩,١٣٤	٢٠,٤٢١
٢٢	١٨,٥٣٩	١٩,٠٦٤	٢٠,٣٥٢
٢٣	١٨,٤٣٠	١٨,٩٥٣	٢٠,٢٤٤
٢٤	١٨,٢٦٥	١٨,٧٨٢	٢٠,٠٧٨

جدول (٤-١٥) متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأول " ٢٢ يناير " تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠، (الباحثة) .



شكل (٤-٢٧) مقارنة متوسطات درجة حرارة الهواء بفراغات المبنى بالدور الأول " ٢٢يناير" لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠، (الباحثة).

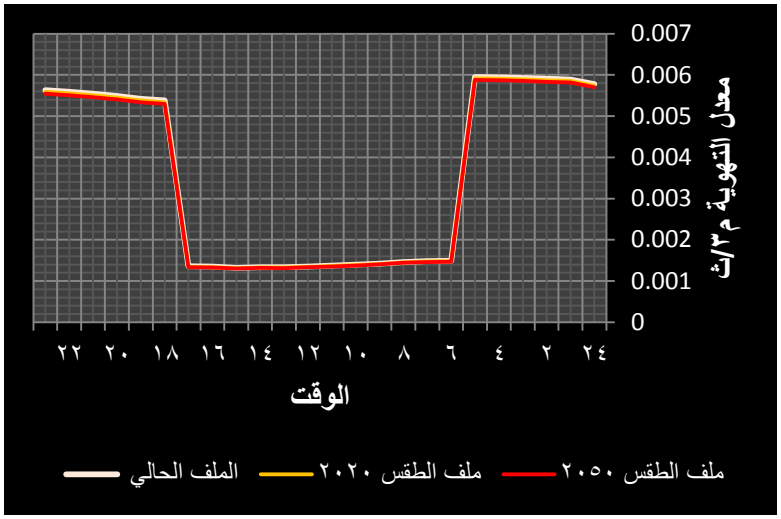
(٤-٢-٣-٢)تحليل و مقارنة معدل التهوية الطبيعية بالمبنى :

أ- تحليل و مقارنة معدل التهوية الطبيعية " م٣ / ثانية " صيفا :

من خلال نتائج دراسة معدل التهوية الطبيعية بفراغات المبنى صيفا يوم "١ يوليو " والذي يعد اليوم الأشد حرارة ، يلاحظ صغر معدلات التهوية بالفراغات المختلفة بالمبنى . كما يقل معدل التهوية خلال السنوات القادمة عن معدلاته الحالية بالمبنى طبقا لملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠و ٢٠٥٠.

الوقت	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
١	٠,٠٠٥٨٩	٠,٠٠٥٨٥	٠,٠٠٥٨١
٢	٠,٠٠٥٩٠	٠,٠٠٥٨٧	٠,٠٠٥٨٣
٣	٠,٠٠٥٩٢	٠,٠٠٥٨٩	٠,٠٠٥٨٥
٤	٠,٠٠٥٩٤	٠,٠٠٥٩٠	٠,٠٠٥٨٦
٥	٠,٠٠٥٩٥	٠,٠٠٥٩١	٠,٠٠٥٨٨
٦	٠,٠٠١٤٨	٠,٠٠١٤٨	٠,٠٠١٤٧
٧	٠,٠٠١٤٨	٠,٠٠١٤٧	٠,٠٠١٤٦
٨	٠,٠٠١٤٦	٠,٠٠١٤٥	٠,٠٠١٤٤
٩	٠,٠٠١٤٢	٠,٠٠١٤١	٠,٠٠١٤٠
١٠	٠,٠٠١٣٩	٠,٠٠١٣٨	٠,٠٠١٣٧
١١	٠,٠٠١٣٧	٠,٠٠١٣٦	٠,٠٠١٣٥
١٢	٠,٠٠١٣٥	٠,٠٠١٣٤	٠,٠٠١٣٣
١٣	٠,٠٠١٣٣	٠,٠٠١٣٢	٠,٠٠١٣١
١٤	٠,٠٠١٣٤	٠,٠٠١٣٣	٠,٠٠١٣٢
١٥	٠,٠٠١٣٢	٠,٠٠١٣١	٠,٠٠١٣٠
١٦	٠,٠٠١٣٥	٠,٠٠١٣٤	٠,٠٠١٣٣
١٧	٠,٠٠١٣٥	٠,٠٠١٣٤	٠,٠٠١٣٣
١٨	٠,٠٠٥٣٧	٠,٠٠٥٣٣	٠,٠٠٥٢٩
١٩	٠,٠٠٥٤٢	٠,٠٠٥٣٨	٠,٠٠٥٣٤
٢٠	٠,٠٠٥٤٩	٠,٠٠٥٤٥	٠,٠٠٥٤٠
٢١	٠,٠٠٥٥٤	٠,٠٠٥٥٠	٠,٠٠٥٤٦
٢٢	٠,٠٠٥٥٩	٠,٠٠٥٥٥	٠,٠٠٥٥١
٢٣	٠,٠٠٥٦٢	٠,٠٠٥٥٨	٠,٠٠٥٥٤
٢٤	٠,٠٠٥٧٨	٠,٠٠٥٧٤	٠,٠٠٥٦٩

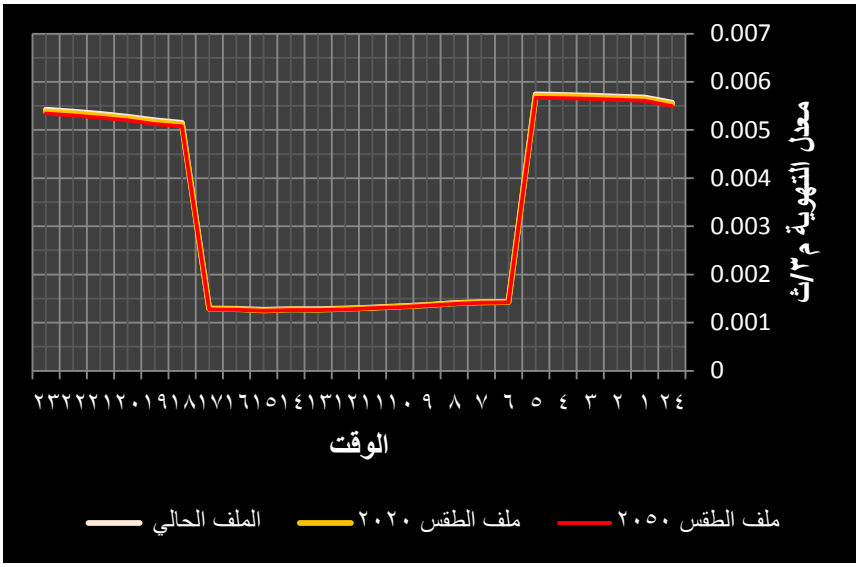
جدول (٤-١٦) متوسطات معدل التهوية (م٣/ث) بفراغات الدور الأرضي " ١ يوليو " تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠،(الباحثة) .



شكل (٤-٢٨) معدل التهوية م٣/ث بفراغات الدور الأرضي " ١ يوليو " تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠، ،(الباحثة).

الوقت	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
١	٠,٠٠٥٦٧	٠,٠٠٥٦٤	٠,٠٠٥٦٠
٢	٠,٠٠٥٦٩	٠,٠٠٥٦٦	٠,٠٠٥٦٣
٣	٠,٠٠٥٧١	٠,٠٠٥٦٨	٠,٠٠٥٦٤
٤	٠,٠٠٥٧٣	٠,٠٠٥٦٩	٠,٠٠٥٦٦
٥	٠,٠٠٥٧٤	٠,٠٠٥٧٠	٠,٠٠٥٦٧
٦	٠,٠٠١٤٤	٠,٠٠١٤٣	٠,٠٠١٤٢
٧	٠,٠٠١٤٣	٠,٠٠١٤٢	٠,٠٠١٤١
٨	٠,٠٠١٤٠	٠,٠٠١٣٩	٠,٠٠١٣٨
٩	٠,٠٠١٣٧	٠,٠٠١٣٦	٠,٠٠١٣٥
١٠	٠,٠٠١٣٤	٠,٠٠١٣٣	٠,٠٠١٣٢
١١	٠,٠٠١٣١	٠,٠٠١٣٠	٠,٠٠١٢٩
١٢	٠,٠٠١٢٩	٠,٠٠١٢٨	٠,٠٠١٢٧
١٣	٠,٠٠١٢٨	٠,٠٠١٢٦	٠,٠٠١٢٥
١٤	٠,٠٠١٢٧	٠,٠٠١٢٧	٠,٠٠١٢٦
١٥	٠,٠٠١٢٦	٠,٠٠١٢٥	٠,٠٠١٢٤
١٦	٠,٠٠١٢٨	٠,٠٠١٢٧	٠,٠٠١٢٦
١٧	٠,٠٠١٢٩	٠,٠٠١٢٨	٠,٠٠١٢٧
١٨	٠,٠٠٥١٤	٠,٠٠٥١١	٠,٠٠٥٠٧
١٩	٠,٠٠٥٢٠	٠,٠٠٥١٦	٠,٠٠٥١٢
٢٠	٠,٠٠٥٢٧	٠,٠٠٥٢٤	٠,٠٠٥١٩
٢١	٠,٠٠٥٣٣	٠,٠٠٥٢٩	٠,٠٠٥٢٥
٢٢	٠,٠٠٥٣٨	٠,٠٠٥٣٤	٠,٠٠٥٣٠
٢٣	٠,٠٠٥٤١	٠,٠٠٥٣٨	٠,٠٠٥٣٤
٢٤	٠,٠٠٥٥٦	٠,٠٠٥٥٣	٠,٠٠٥٤٩

جدول (٤-١٧) متوسطات معدل التهوية (م٣/ث) بفراغات الدور الأول " ١ يوليو " تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠.



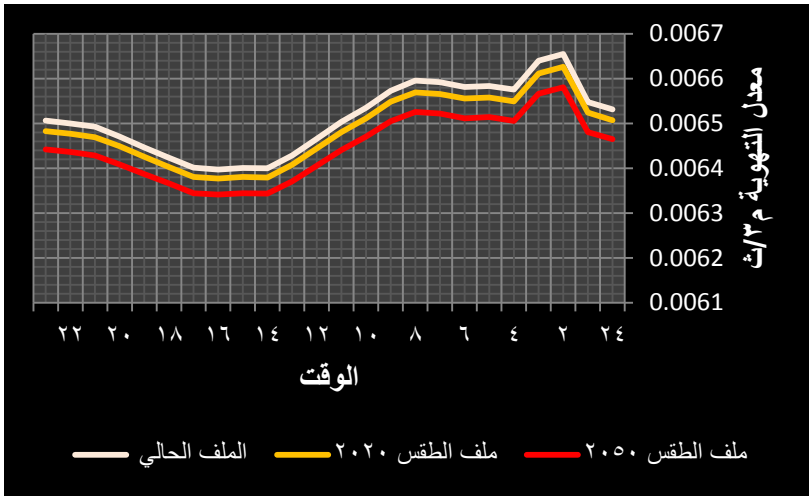
شكل (٤-٢٩) معدل التهوية م٣/ث بفراغات الدور الأرضي " ١ يوليو " تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ،(الباحثة) .

ب- تحليل و مقارنة معدل التهوية الطبيعية " حجم الهواء / ثانية شتاءا " ٢٢ يناير " :

من خلال نتائج دراسة معدل التهوية الطبيعية بفراغات المبنى شتاءا يوم "٢٢ يناير " والذي يعد اليوم الأشد برودة ، يلاحظ إرتفاع معدلات التهوية بالفراغات المختلفة بالمبنى عنه فى الصيف . ولكن يقل معدل التهوية خلال السنوات القادمة عن معدلاته الحالية بالمبنى طبقا لملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠و ٢٠٥٠.

الوقت	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
١	٠,٠٠٦٥٥	٠,٠٠٦٥٢	٠,٠٠٦٤٨
٢	٠,٠٠٦٦٥	٠,٠٠٦٦٣	٠,٠٠٦٥٨
٣	٠,٠٠٦٦٤	٠,٠٠٦٦١	٠,٠٠٦٥٧
٤	٠,٠٠٦٥٨	٠,٠٠٦٥٥	٠,٠٠٦٥٠
٥	٠,٠٠٦٥٨	٠,٠٠٦٥٥	٠,٠٠٦٥٢
٦	٠,٠٠٦٥٨	٠,٠٠٦٥٦	٠,٠٠٦٥١
٧	٠,٠٠٦٥٩	٠,٠٠٦٥٧	٠,٠٠٦٥٢
٨	٠,٠٠٦٥٩	٠,٠٠٦٥٦	٠,٠٠٦٥٣
٩	٠,٠٠٦٥٧	٠,٠٠٦٥٤	٠,٠٠٦٥٠
١٠	٠,٠٠٦٥٣	٠,٠٠٦٥١	٠,٠٠٦٤٧
١١	٠,٠٠٦٥٠	٠,٠٠٦٤٨	٠,٠٠٦٤٤
١٢	٠,٠٠٦٤٦	٠,٠٠٦٤٤	٠,٠٠٦٤٠
١٣	٠,٠٠٦٤٢	٠,٠٠٦٤١	٠,٠٠٦٣٧
١٤	٠,٠٠٦٣٩	٠,٠٠٦٣٧	٠,٠٠٦٣٣
١٥	٠,٠٠٦٤٠	٠,٠٠٦٣٨	٠,٠٠٦٣٤
١٦	٠,٠٠٦٣٩	٠,٠٠٦٣٧	٠,٠٠٦٣٤
١٧	٠,٠٠٦٤٠	٠,٠٠٦٣٨	٠,٠٠٦٣٥
١٨	٠,٠٠٦٤٢	٠,٠٠٦٤٠	٠,٠٠٦٣٦
١٩	٠,٠٠٦٤٥	٠,٠٠٦٤٣	٠,٠٠٦٣٨
٢٠	٠,٠٠٦٤٧	٠,٠٠٦٤٤	٠,٠٠٦٤١
٢١	٠,٠٠٦٤٩	٠,٠٠٦٤٦	٠,٠٠٦٤٢
٢٢	٠,٠٠٦٥٠	٠,٠٠٦٤٧	٠,٠٠٦٤٣
٢٣	٠,٠٠٦٥١	٠,٠٠٦٤٨	٠,٠٠٦٤٤
٢٤	٠,٠٠٦٥٣	٠,٠٠٦٥٠	٠,٠٠٦٤٦

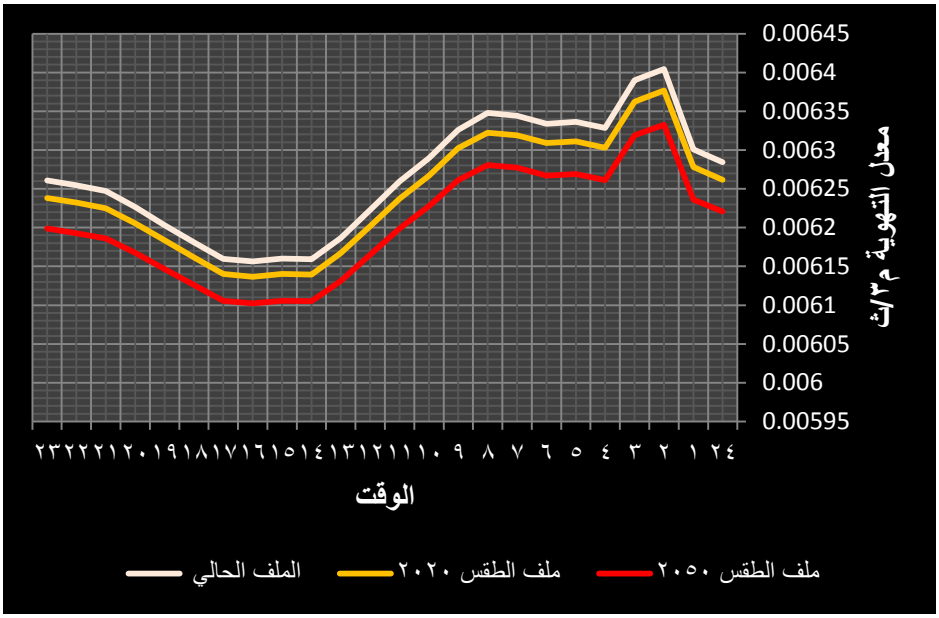
جدول (٤-١٨) متوسطات معدل التهوية (م٣/ث) بفراغات الدور الأرضي " ٢٢ يناير " تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠، (الباحثة) .



شكل (٤-٣٠) معدل التهوية م٣/ث بفراغات الدور الأرضي " ٢٢ يناير " تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ، (الباحثة) .

الوقت	الملف الحالي	ملف الطقس ٢٠٢٠	ملف الطقس ٢٠٥٠
١	٠,٠٠٦٣٠	٠,٠٠٦٢٧	٠,٠٠٦٢٣
٢	٠,٠٠٦٤٠	٠,٠٠٦٣٨	٠,٠٠٦٣٣
٣	٠,٠٠٦٣٩	٠,٠٠٦٣٦	٠,٠٠٦٣١
٤	٠,٠٠٦٣٢	٠,٠٠٦٣٠	٠,٠٠٦٢٦
٥	٠,٠٠٦٣٤	٠,٠٠٦٣١	٠,٠٠٦٢٧
٦	٠,٠٠٦٣٣	٠,٠٠٦٣٠	٠,٠٠٦٢٦
٧	٠,٠٠٦٣٤	٠,٠٠٦٣٢	٠,٠٠٦٢٧
٨	٠,٠٠٦٣٥	٠,٠٠٦٣٢	٠,٠٠٦٢٨
٩	٠,٠٠٦٣٢	٠,٠٠٦٣٠	٠,٠٠٦٢٦
١٠	٠,٠٠٦٢٩	٠,٠٠٦٢٧	٠,٠٠٦٢٢
١١	٠,٠٠٦٢٥	٠,٠٠٦٢٣	٠,٠٠٦١٩
١٢	٠,٠٠٦٢٢	٠,٠٠٦٢٠	٠,٠٠٦١٦
١٣	٠,٠٠٦١٨	٠,٠٠٦١٧	٠,٠٠٦١٣
١٤	٠,٠٠٦١٥	٠,٠٠٦١٤	٠,٠٠٦١٠
١٥	٠,٠٠٦١٦	٠,٠٠٦١٤	٠,٠٠٦١١
١٦	٠,٠٠٦١٥	٠,٠٠٦١٣	٠,٠٠٦١٠
١٧	٠,٠٠٦١٦	٠,٠٠٦١٤	٠,٠٠٦١١
١٨	٠,٠٠٦١٨	٠,٠٠٦١٦	٠,٠٠٦١٢
١٩	٠,٠٠٦٢٠	٠,٠٠٦١٨	٠,٠٠٦١٤
٢٠	٠,٠٠٦٢٢	٠,٠٠٦٢١	٠,٠٠٦١٦
٢١	٠,٠٠٦٢٤	٠,٠٠٦٢٢	٠,٠٠٦١٨
٢٢	٠,٠٠٦٢٥	٠,٠٠٦٢٣	٠,٠٠٦١٩
٢٣	٠,٠٠٦٢٦	٠,٠٠٦٢٤	٠,٠٠٦٢٠
٢٤	٠,٠٠٦٢٨	٠,٠٠٦٢٦	٠,٠٠٦٢٢

جدول (٤-١٩) متوسطات معدل التهوية (م٣/ ث) بفراغات الدور الأول " ٢٢ يناير " تبعا لملفات الطقس الحالي ، ٢٠٢٠ و ٢٠٥٠ ، (الباحثة).



شكل (٤-٣١) معدل التهوية م٣/ث بفراغات الدور الأول " ٢٢ يناير " تبعا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠ ، ٢٠٥٠ ، (الباحثة) .

(٤-٣) تحديد متطلبات الراحة الحرارية بالمبنى :

من التقييم السابق للآداء الحراري للمبنى وجد أنه يفتقر بشدة للراحة الحرارية ، لذا لابد من إجراء المعالجات المعمارية اللازمة لتوفيرالراحة الحرارية لمستخدمى المبنى دون الإحتياج إلى الوسائل الميكانيكية للتبريد أو التدفئة .

و يمكن تحديد مدي الشعور بالراحة الحرارية داخل فراغات المبنى تبعا لدرجة الحرارة المؤثرة (Effective Temperature) كما يلي [٣٦٤]:

شديد الحرارة	> ٣٧,٥ ° س .
حار	٣٤,٥ : ٣٧,٥ ° س
يميل إلى الحرارة	٢٦,٧ : ٣٤,٥ ° س
مريح	٢٢,٢ : ٢٦,٧ ° س
يميل إلى البرودة	١٧,٥ : ٢٢,٢ ° س
بارد	١٤,٥ : ١٧,٥ ° س
شديد البرودة	< ١٤,٥ ° س

وقد تم تحديد بعض الظروف المناخية التصميمية للمبانى لبعض المدن في الكود المصري لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى التجارية . وبمراجعة ما يخص مدينة القاهرة موقع الدراسة نجد أنّ [٣٦٥]:

- العوامل المناخية الداخلية بالمبنى صيفا : درجة الحرارة ٢٤ °س مع رطوبة نسبية ٥٠%.
- العوامل المناخية الداخلية بالمبنى شتاءا : درجة الحرارة ٢٠ ° س مع رطوبة نسبية ٥٠% .

وهذه العوامل هى الظروف المريحة حراريا داخل المبانى التجارية بمدينة القاهرة و التى لابد من توافرها بالمبنى محل الدراسة .

[٣٦٤] الكود المصري لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى ، كود رقم ٣٠٦- ٢٠٠٥ – الجزء الثاني : المبانى التجارية (٢/٣٠٦)
[٣٦٥] ملحق(أ-١) ، الكود المصري لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى ، كود رقم ٣٠٦- ٢٠٠٥ – الجزء الثاني : المبانى التجارية (٢/٣٠٦)

(٤-٤) تحديد متطلبات التهوية بالمبنى :

يتم تزويد المبنى بنظم التهوية الطبيعية لعدة مقاصد منها التحكم فى جودة الهواء ، التبريد المباشر سواء للفراغات المبنى أو شاغليها من الأفراد ، التبريد الغير مباشر عن طريق التهوية الليلية . فالتهوية اللازمة للتحكم فى جودة الهواء الداخلى عادة ما تكون الحد الأدنى لمعدلات التهوية إستنادا إلى قوانين البناء و معايير التهوية الموجودة ، وتستخدم بيانات الطقس والأحمال الداخلية لتحديد معدلات التدفق المطلوبة خلال المواسم المختلفة من السنة لأغراض التبريد المباشر وغير المباشر على حد سواء . و تتطلب هذه الخطوة من المصمم أن [٣٦٦] :

أ- **تحديد الظروف التي قد تؤدي إلى إكتساب الحرارة** ، والتى تتطلب تعديلات على تصميم عناصر المبني :

من خلال التحليلات السابقة للمبنى محل الدراسة نجد أن درجة حرارة الهواء صيفا داخل فراغات المبنى تتراوح بين ٣٩ : ٤٩ ° س طبقا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠و٢٠٥٠، جدول (٤-١٢) ، (٤-١٣) نتيجة التهوية الطبيعية وبالتالى لابد من تبريد الهواء بواسطة وسائل التبريد الطبيعية المباشرة مثل عناصر تنسيق الموقع و النوافير أو غيرها مع إستخدام خاصية الكتلة الحرارية (Thermal mass) للحد من إنتقال الحرارة من خلال غلاف المبنى صيفا . و فى الشتاء تتراوح درجة حرارة الهواء داخل فراغات المبنى بين ١٦ : ٢٠ ° س طبقا لملف الطقس الحالي وملفات الطقس للتغيّر المناخي ٢٠٢٠و٢٠٥٠، جدول (٤-١٤) ، (٤-١٥) و هنا يحتاج المبنى للحماية احيانا من الهواء البارد مع السماح بتهوية الفراغ طبيعيا لتجديد الهواء الداخلي بالمبنى .

[366] S. J. Emmerich ,W. S. Dols , J. W. Axley ,2001, Natural Ventilation Review, Architectural Energy Corporation Boulder, Colorado.

ب- **تحديد معدلات تدفق الهواء اللازمة لتلبية متطلبات التصميم :**

و معدلات تدفق الهواء اللازمة لتلبية متطلبات التصميم للمبانى الإدارية كما بالجدول التالي:

المكاتب					
الفراغات	تقدير عدد الأفراد لمساحة ١٠٠م٢/طابق	الحد الأدني		الموصي به	
		لتر/ث	م٣ /س	لتر/ث	م٣ /س
مكتبة	١٠	٧,١	٢٥,٥	١٢-٧	٤٢-٢٥
غرف المؤتمرات	٦٠	١١,٨	٤٢,٥	١٩-١٤	٦٨-٥١
غرف التصميم ،الرسم	٢٠	٣,٣	١١,٩	٧-٥	٢٥-١٧
غرف الإنتظار	٣٠	٤,٧	١٧,٠٠	٩-٧	٣٤-٢٥
غرف الطباعة	٢٠	٣,٣	١١,٩	٧-٥	٣٤-٢٥
غرف الحاسب الآلي	٢٠	٢,٤	٨,٥	٥-٣	١٧-١٢

جدول (٤-٢٠) جزء من جدول متطلبات التهوية فى المبانى التجارية [٣٦٧].

ومن خلال التحليلات السابقة لمعدلات التهوية بالمبنى صيفا جداول (٤-١٦) ، (٤-١٧) تتراوح بين ١: ٥,٥ لتر / ث وهو أقل من الموصي به بالجدول (٤-٢٠) . أما معدلات التهوية بالمبنى شتاءا جداول (٤-١٨) و (٤-١٩) تصل فيه معدلات التهوية بالفراغات إلى ٦ لتر/ ث و هو فى حدود الموصي به بالجدول (٤-٢٠) . لذا لابد من زيادة معدل التهوية بفراغات المبنى صيفا .

ج- **وضع مخطط مسارات تدفق الهواء :**

فى هذه الخطوة يتم تحديد الإستراتيجية الكاملة للتهوية الطبيعية التى سوف يتم إستخدامها، حيث يتم تصميم مسارات تدفق الهواء الخارجى إلى الفراغات الداخلية بالمبنى ومنها إلى الخارج مرة أخري عن طريق الأماكن المخصصة لطرد الهواء .

تتمثل العناصر التى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار عند تصميم هذه المسارات تتلخص في:

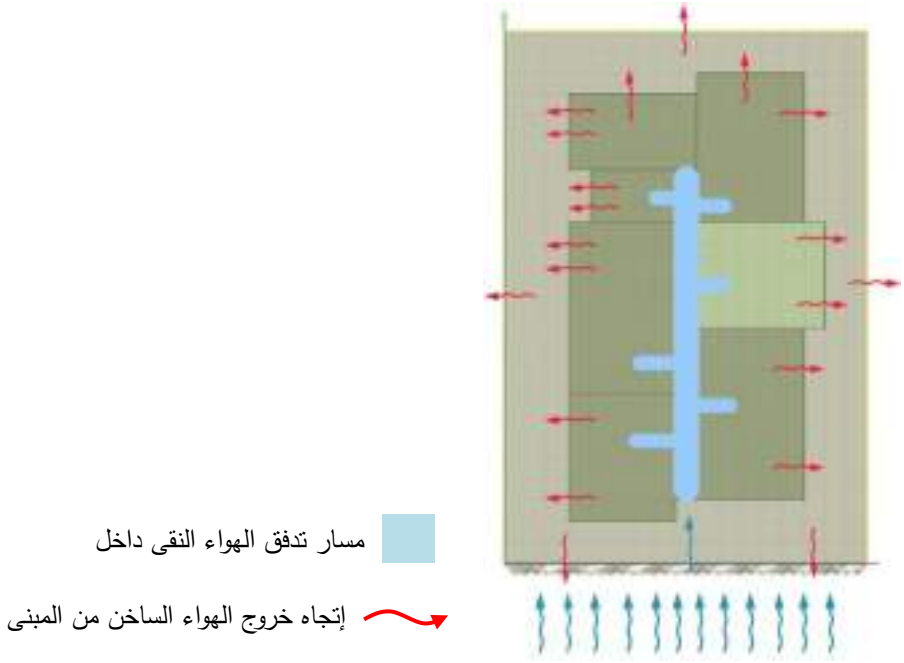
- توجيه المبنى ناحية الرياح السائدة .
- إستخدام نظم التهوية الليلية للتبريد .
- الكتلة الحرارية لغلاف المبنى .

[٣٦٧] الكود المصري لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى ، كود رقم ٣٠٦- ٢٠٠٥ – الجزء الثاني : المبانى التجارية (٢/٣٠٦)

- إستخدام التأثيرات طبيعية لحركة الهواء داخل المبنى . كما يجب أخذ الوسائل المساعدة الميكانيكية فى الإعتبار أثناء تصميم نظم التهوية الطبيعية بالمبنى (كالمراوح وأجهزة سحب الهواء) .

ومن خلال هذه العناصر تم عمل بعض التعديلات على المبنى محل الدراسة والذي تم إفتراضه كمبنى قائم للتحسين من آداء التهوية بالمبنى و تتمثل التعديلات في :

- إستخدام الكتلة الحرارية لغلاف المبنى حيث تم زيادة سمك الحوائط لتقليل الإكتساب الحراري عن طريق الغلاف .
- عمل غلاف خارجي يحيط بالمبنى للتظليل لخلق فراغ داخلى مظلل لترطيب الهواء الداخل لفراغات المبنى .
- تزويد الواجهة الشمالية بالمبنى بأنظمة حركية لتحسين آداء التهوية الطبيعية و زيادة معدلات التهوية بالفراغات المختلفة .
- تحديد مسارات تدفق الهواء إلي المبنى حيث يدخل الهواء من الواجهة الشمالية و منه إلي الممر الرئيسي الذى يتوسط فراغات المبنى والذي يعمل عمل القصبة الهوائية فى الجهاز التنفسى للكائنات و الذي عن طريقه يتم توزيع الهواء لفراغات المبنى على جانبي الممر ، شكل (٤-٣٢) .



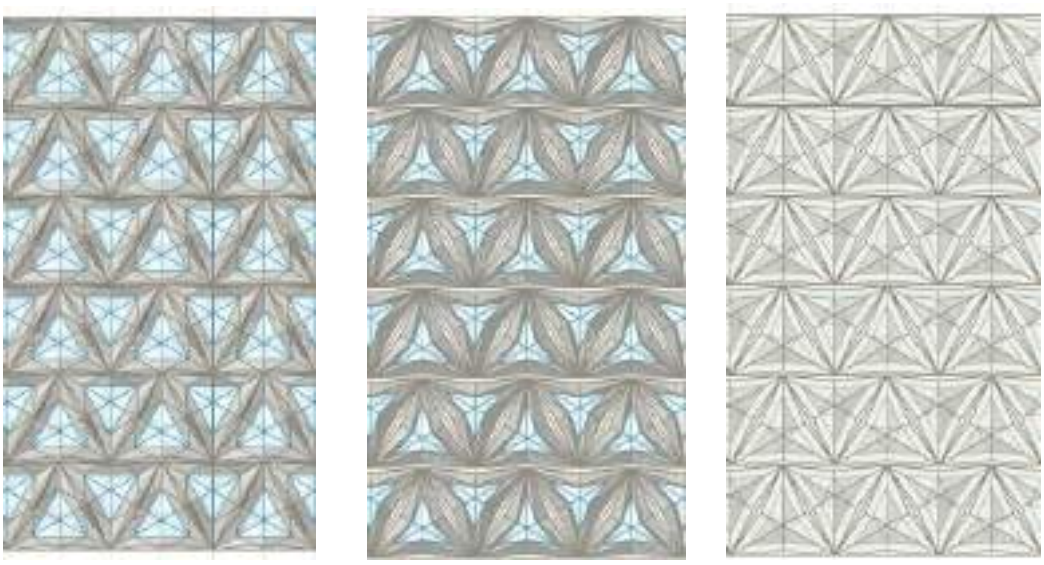
شكل (٤-٣٢) مسقط أفقي للمبنى محل الدراسة يوضح مسار تدفق الهواء من و إلي فراغات المبنى ، (الباحثة) .

و يتم التخلص من الهواء المحمل بثاني أكسيد الكربون و الملوثات الأخري عن طريق الواجهات الجنوبية و الغربيه والشرقية للمبنى حيث تخرج مباشرة للمحيط الخارجي عن طريق النوافذ فى هذه الواجهات أو يتم سحبها عن طريق الحركة المستمرة لغلاف المبنى فى الواجهة الشمالية .

د- <u>إختيار نوعية عناصر التهوية :</u>

لتحديد المواقع التى تحتاج لعناصر التهوية ، وهذه المواقع عادة ما تكون المداخل والمخارج فى غلاف المبنى و الفتحات الموجوده بالفراغات الداخلية والتى من خلالها سيتم تدفق الهواء. أما عناصر التهوية قد تكون : النوافذ ، فتحات التهوية ، الأبواب .

و لتطبيق فكرة التنفسية فى المبنى تم إختيار فتحات متحركة للتهوية بغلاف المبنى محل الدراسة مثبتة بالواجهة الشمالية ومزودة بأنظمة تمكنها من الحركة لزيادة معدل التهوية داخل فراغات المبنى و عمل خلخلة مستمرة للهواء حول المبنى .



أ ب ج

شكل (٤-٣٣) الفتحات المتحركة بالواجهة الشمالية بغلاف المبنى الخارجي، (أ) مغلقة تماما – (ب) ٥٠% مفتوحة – (ج) ١٠٠% مفتوحة ،(الباحثة) .

(٤-٥) غلاف المبنى المتنفس :

غلاف المبنى المتنفس هو غلاف حركي مستجيب للتغيّرات المناخية و الذي لابد أن يزود ببعض السمات والعناصر التى تمكنه من الشعور بالمؤثرات الخارجية والإستجابة لها وتغيير سلوك المبنى للتكيف معها وتوفير الراحة لشاغلى المبنى . كما تشمل تصميم وترتيب الفراغات التى تمثل مسارات التنفس فى المبنى ، بالإضافة إلى إختيار مواد البناء المناسبة وغيرها من عناصر التصميم .

وقد إستخدمت هذه التقنية فى بعض المبانى التى تطرق إليها البحث فى الفصل الثالث ، تم إختيار أحد الأفكار للغلاف المتنفس لتطبيقها كغلاف للمبنى محل الدراسة ودراسة مدى توافقها مع المناخ المحلى لمدينة القاهرة .

(٤-٥-١)إستخدام أنظمة التكيّف :

تعد أنظمة التكيف مع الظروف المناخية و المتغيرات التى تحدث بها من أهم عناصر تصميم المبانى المتنفَّسة حيث تمكنها من الإستجابة للتغيّرات المناخية التى تحدث خارج المبنى لتتكيف معها و تعدل من سلوك غلاف المبنى المتنفس لتوفر الراحة الحرارية داخل المبنى . وسوف نستعرض هنا تطبيق أنظمة التكيف بالمبنى محل الدراسة طبقا لمنهجية تصميم المبانى المتنفَّسة التى تم مناقشتها فى الفصل الثالث .

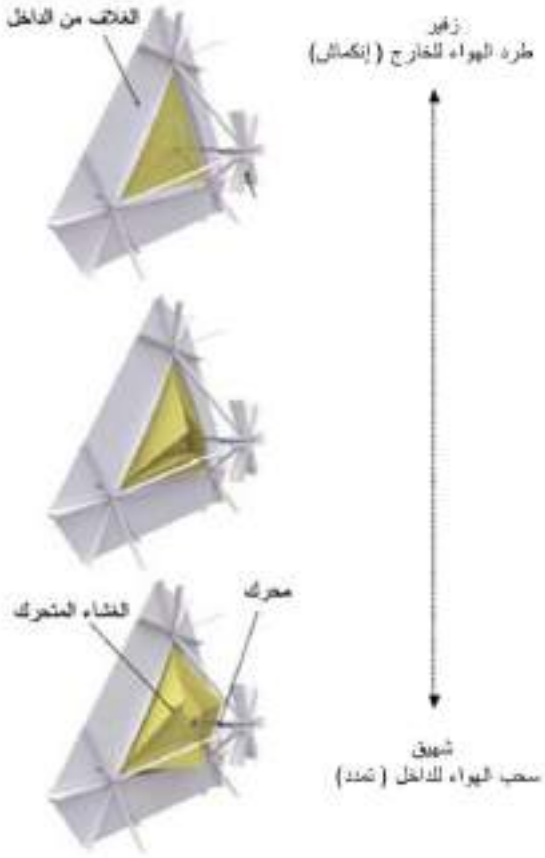
(٤-٥-١-١) تزويد غلاف المبنى بأنظمة حركية:

من خلال تقييم آداء المبنى الحراري و متطلبات التهوية بالمبنى وجدنا أنه يحتاج لنظام يزيد من معدل التهوية الطبيعية داخل الفراغات و يعزز مفهوم التنفسية بالمبنى . لذا تم إختيار فكرة للغلاف المتنفس الذي طوره أحد الباحثين بجامعة واشنطن يدعى" Scott Crawford " .

أ- **فكرة الوحدة المكونة للغلاف المتنفس :**

هو نظام يعمل على تحريك الهواء بنفس الطريقة التى تتحرك بها الرئتين فى الإنسان عن طريق تبادل كميات من الهواء من خلال تمدد وإنكماش الغلاف . ويتكون هذا النظام من وحدات قابلة للفتح والغلق أوتوماتيكيا تتكامل مع هيكل المبنى لتعمل على حركة الهواء سواء لإدخال الهواء أو طرده من الفراغات [٣٦٨]، شكل (٤-٣٤) .

[368] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.



شكل (٤-٣٤) الوحدة المكونة لغلاف المبنى المتنفس وآلية عملها والتي تم تطبيقها بالمبنى محل الدراسة [٣٦٩].

وبمقارنة إستخدام الغلاف المتنفس بإستخدام المراوح نجد أن المراوح قادرة على نقل كميات كبيرة من الهواء ولكن هذا يتسبب فى إنتاج الضوضاء و الشعور بعدم الراحة نتيجة حركة الهواء الغير طبيعية . و عادة ما تستخدم المروحة ١ وات من الطاقة لكل ١٠-٢٠ متر مكعب من الهواء والذي يتحرك كل دقيقة بمقدار $(10\text{-}20cfm/W)^2$. و كلما زادت قدرة المروحة تزيد الطاقة المستهلكة داخل المبنى . ولكن فى هذا النظام تم تطوير نظام تهوية يمكن تنفيذه بإستخدام مواد قليلة التكاليف وتستهلك طاقة أقل من تلك الطاقة المستهلكة بالمراوح أو الوسائل الميكانيكية الأخري. ومن شأن هذا النظام أن يزود المبنى بالهواء النقي و لكن يتم التبريد للهواء بواسطة معالجات معمارية أخري تتكامل مع هذا النظام [٣٧٠].

[369] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.
[370] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

تتكون الوحدة من [٣٧١]:

الوحدة المتحركة من مواد خفيفة الوزن

مضخة للهواء Micro air pump

محرك

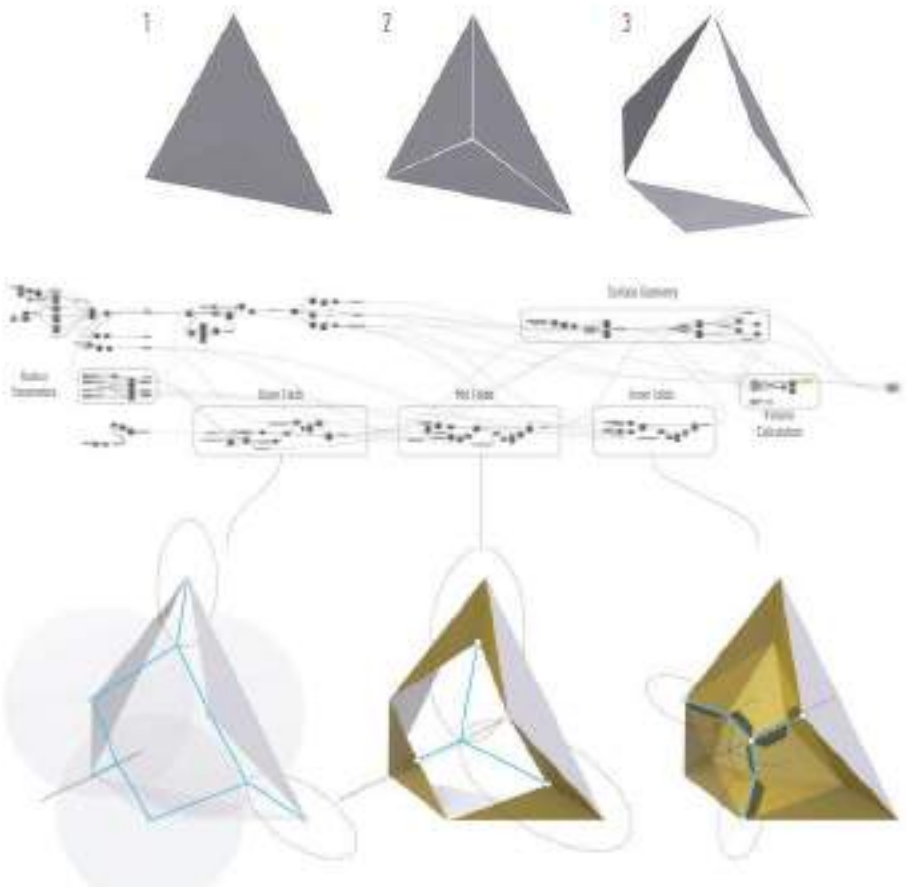
شكل (٤-٣٥) مكونات الوحدة المتحركة المكونة لغلاف المبنى

ب- <u>مراحل تصميم الوحدة المكونة للغلاف المتنفس " Algorithmic model " :</u>

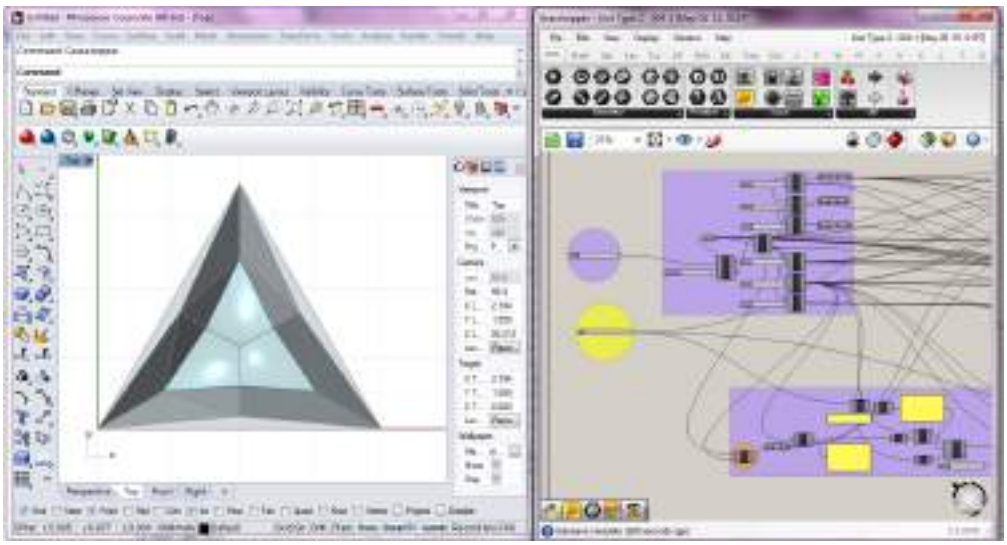
للحصول على هذه الوحدة ودراستها بواسطة برامج الحاسب الآلي كان لابد من إستخدام "Algorithmic modeling " نظرا لكون تركيب الوحدة تركيبا معقدا و طبيعتها كوحدة متحركة ومتفاعلة وع الظروف المناخية جعلت أنسب طريقة لرسمها و دراستها هى النمذجة اللوغاريتمية بإستخدام برنامج Grasshopper + Rhinoceros ، وهو برنامج يقوم بتحويل العلاقات الرياضية إلى حلول و تصميمات معمارية .

ويتم مسطح مثلث الشكل (١) و تقسيمه الى ثلاث مسطحات (٢) يتم عمل دوران للمسطحات الثلاث حول حافة كل منها (٣) وتحديد حواف كل من الثلاث مسطحات للوصول إلى نقطة المنتصف للشكل ومن ثم توصيل باقي المسطحات . و تتم فتح الوحدة وغلقها عن طريق تغير الأطوال للحواف المكونه للمسطحات لذا لابد من الفهم الجيد لآلية الحركة لسهولة التحكم فيها .

[371] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.



شكل (٤-٣٦) مراحل رسم الوحدة المتحركة بإستخدام برنامج Grasshopper + Rhinoceros [٣٧٢].

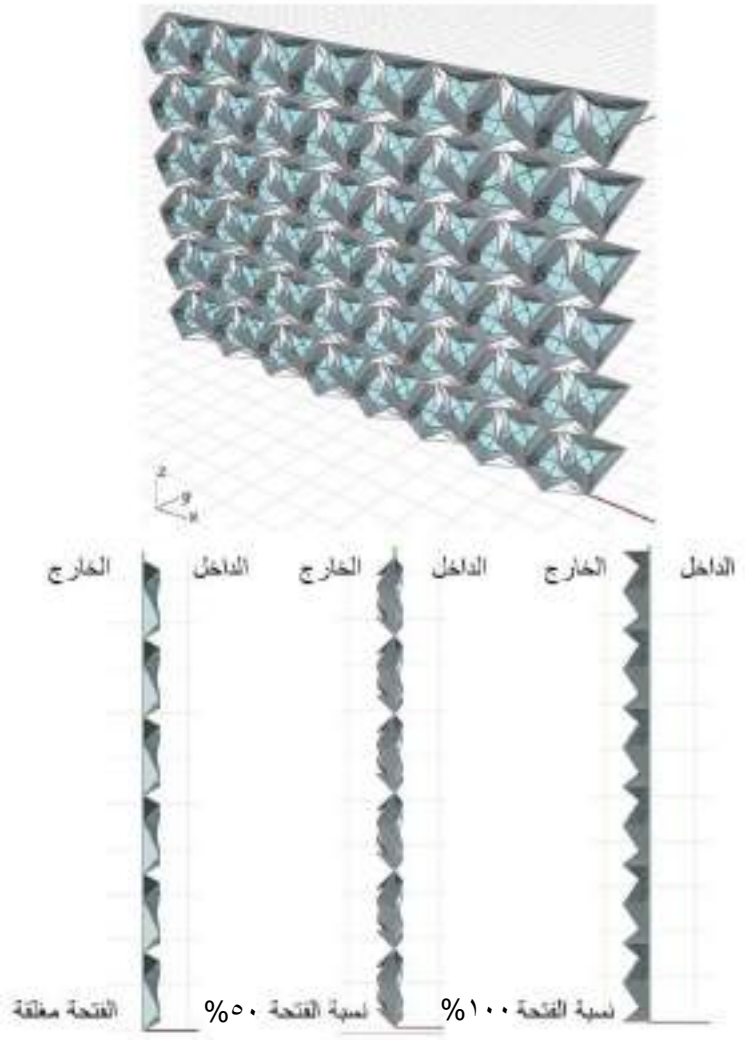


شكل (٤-٣٧) الوحدة المتحركة بعد رسمها بإستخدام برنامج Grasshopper+ Rhinoceros، (الباحثة) .

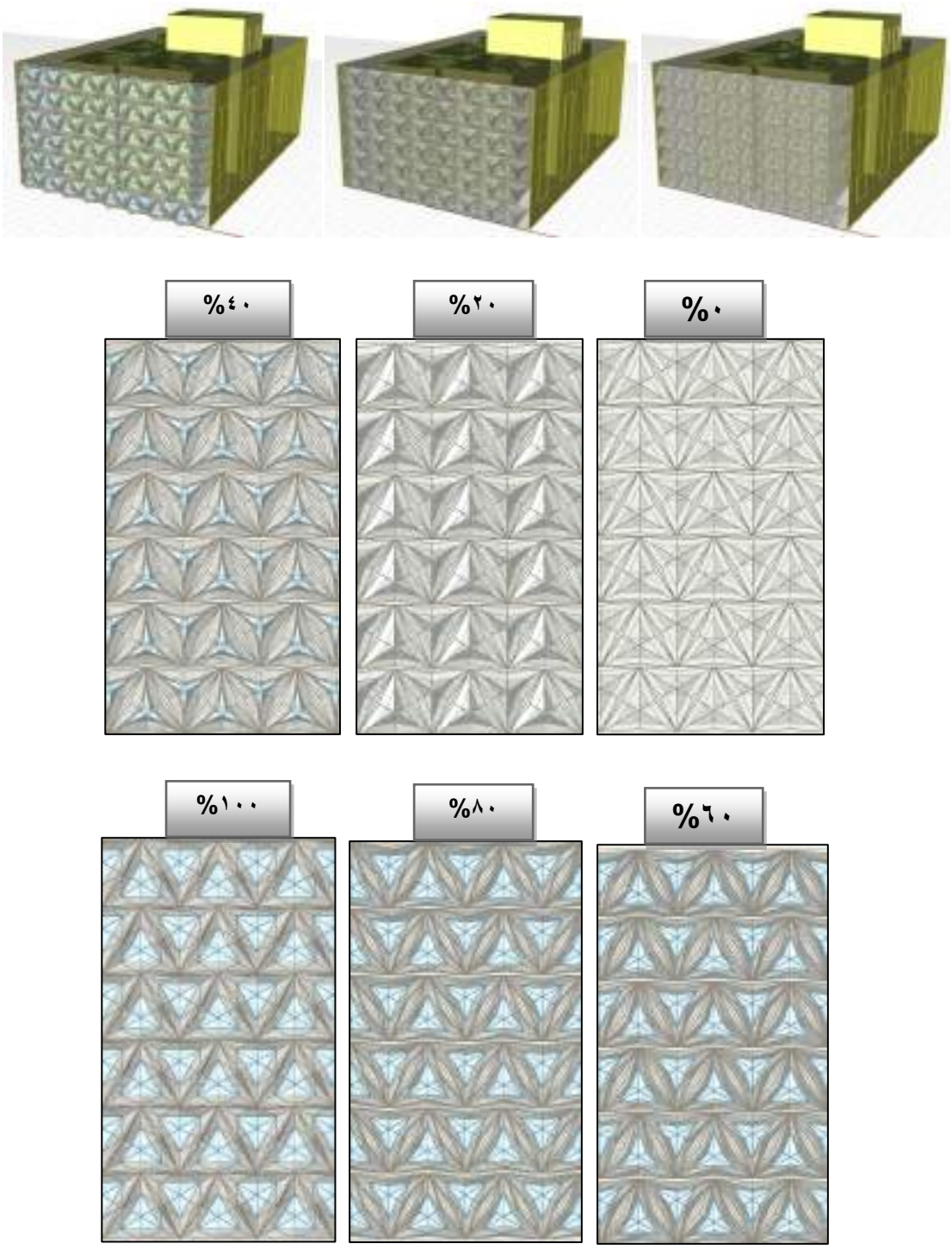
[372] Scott Crawford, 2010, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington.

ج- **نظام الحركة للوحدات المكونة للغلاف المتنفس :**

تعتمد دورة التنفس للنظام على إستخدام محرك لفتح وغلق الغشاء فى منتصف الوحدة ، يعمل المحرك على تمدد الغشاء بمنتصف الوحدة لفتحها ولتمرير الهواء إلى خارج المبنى وبذلك تمثل عملية الزفير . ثم يقوم بعملية انكماش للغشاء بمنتصف الوحدة لغلقها و وبذلك تعمل على سحب الهواء لداخل المبنى وهكذا تتوالي حركات التمدد والانكماش لزيادة معدل التهوية بفراغات المبنى .



شكل (٤-٣٨) دراسة آلية حركة غلاف المبنى المتنفس بإستخدام برنامج Rhinoceros + Grasshopper، (الباحثة) .



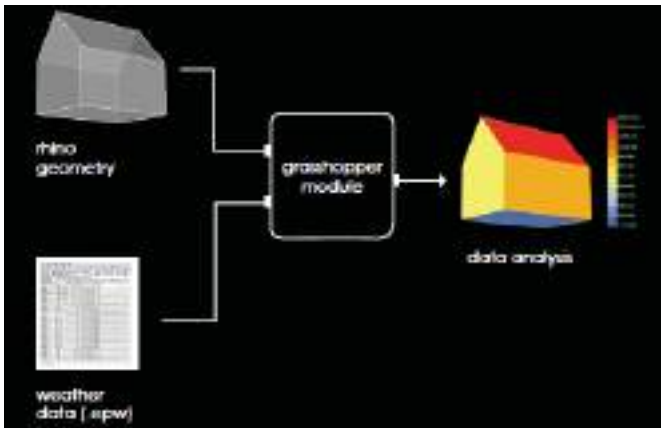
شكل (٤-٣٩) دراسة نسب الفتحات خلال حركة غلاف المبنى المتنفس بإستخدام برنامج Grasshopper + Rhinoceros، (الباحثة) .

(٤-٦) تحليل و تقييم آداء المبنى المتنفَّس :

بعد أن تم إتمام أو تعديل التصميم يجب على المصمم أن يقوم بتقييم الآداء الحراري للمبنى و معدلات التهوية لمعرفة ما إذا كان هناك تعديلات اخري يجب أن تجري على التصميم أم أنه نجح فى توفير الراحة الحرارية لمستخدمي المبنى .

وسوف يتم عمل دراسة للمبنى المتنفس لمعرفة طبيعة الحركة التى تعزز معدلات التهوية بفراغات المبنى . و يتحكم فى ذلك نسب الفتحات و عدد مرات التهوية والتى يمثلها عدد المرات التي يتحرك بها الغلاف المتنفس و سرعة الرياح بالموقع ، و تأثير ذلك على درجات الحرارة داخل الفراغات بالمبنى .

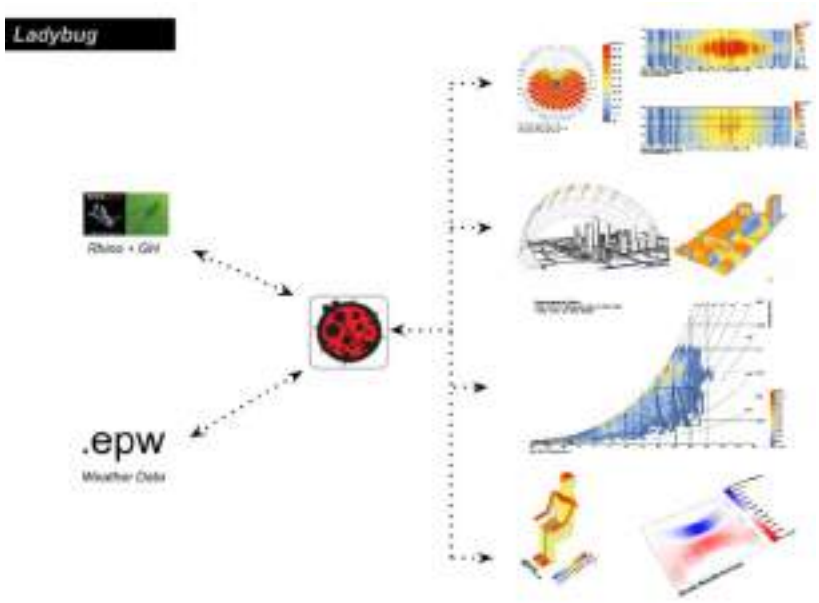
وحيث أنه تم إستخدام النمذجة اللوغاريتمية بواسطة برنامج Grasshopper+Rhinoceros تم إختيار أداة لتقييم وتحليل آداء المبنى الحراري هى " Ladybug & Honeybee " وهي عبارة عن plug-in يعمل مع برنامج ال Grasshopper .



شكل (٤-٤٠) تقييم اداء المبنى الحراري بواسطة برنامج ال Grasshopper + Rhinoceros بإستخدام Ladybug & Honeybee [٣٧٣] .

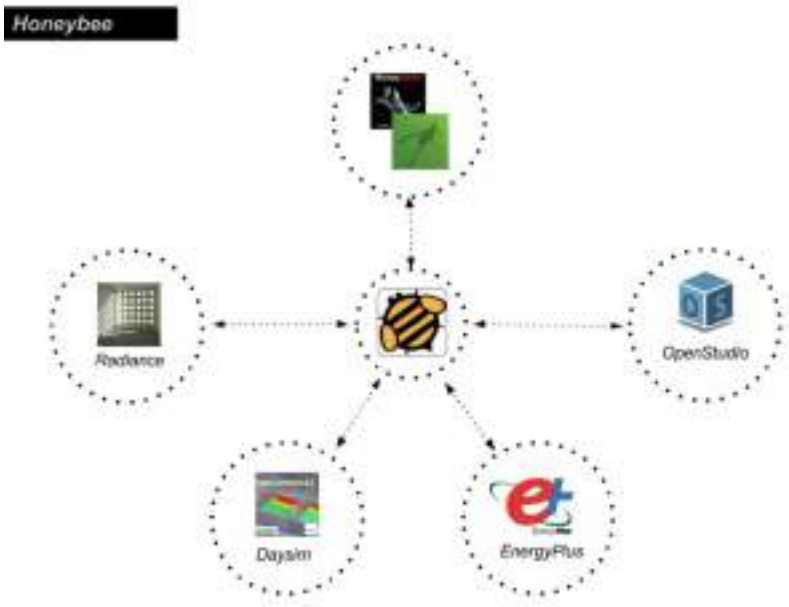
Ladybug عبارة عن plug-in يعمل مع Grasshopper ليساعد المعماريين على تصميم مباني مستجيبة للظروف المناخية، و هو يتيح إدخال ملفات الطقس للبرنامج لدراسة وتحليل البيانات المناخية و الحصول على 3d graphs تعبر عن تلك البيانات . و يساعد المعماري و مُتخذي القرار قبل وفى المراحل الأولى من تصميم المبنى [٣٧٤] ، شكل (٤-٤١).

[373] http://frmlab.com/wp-content/uploads/2013/10/3B_Envirosim4.pdf
[374] http://www.grasshopper3d.com/group/ladybug



شكل (٤-٤١) أداة Ladybug تستخدم ملف الطقس كمدخل و بعض التحليلات التى تمثل المخرجات [٣٧٥].

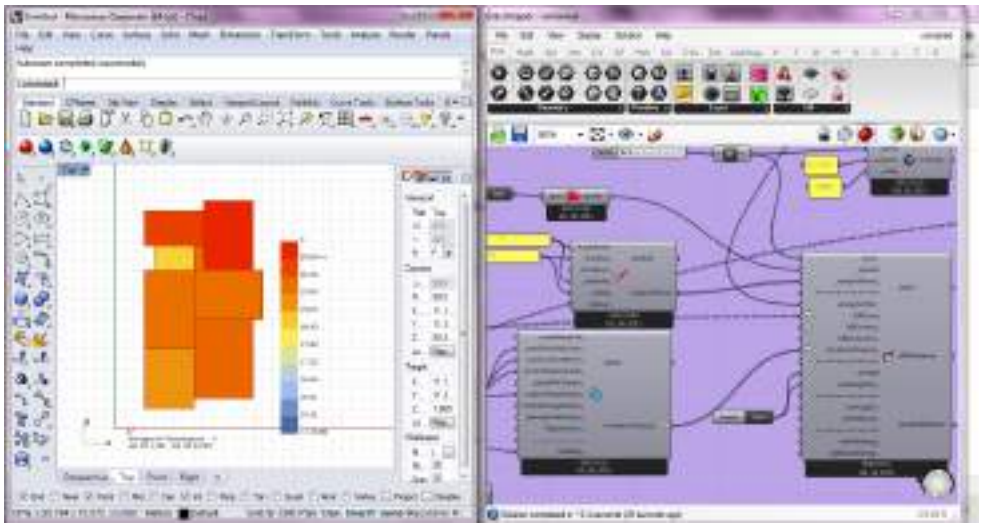
Honeybee فهي الأداة التى تربط برنامج Grasshopper ببرنامج Energyplus ، OpenStudio ، Daysim Radiance لتتيح للمصمم إجراء تقييم أداء المبنى الحراري و تقييم نظم الإضاءة .



شكل (٤-٤٢) أداة Honeybee و البرامج التى تستخدم لتقييم أداء المبنى الحراري و اداء الإضاءة[٣٧٦].

[375] http://www.grasshopper3d.com/group/ladybug

وقد تم إستخدام هذه الأداة لتحليل وتقييم المبنى بعد تطبيق معايير تصميم المبانى المتنفَّسة و غلاف المبنى المتنفس للتأكد من كفاءة النظام بالمبنى و مدي إستجابته للتغيّرات المناخية .



شكل (٤-٤٣) إستخدام " Ladybug & Honeybee " لتحليل وتقييم أداء المبنى محل الدراسة،(الباحثة) .

ولأن غلاف المبنى حركي فتتغير نسب الفتحات كل فتره زمنية معينة لابد من تحديدها حسب إحتياجات المبنى من الراحة الحرارية و جودة الهواء الداخلي لذا تم دراسة البيانات لكل ساعة مع تغير نسب الفتحات بالواجهة المتحركة للمبنى و تقييم النتائج للحصول على أفضل الحلول . وهذا ما سوف نستعرضه فيما يلي :

(٤-٦-١-١)تحليل و مقارنة معدل التهوية الطبيعية ملف الطقس ٢٠٢٠ :

تم إختيار تقييم آداء المبنى بإستخدام ملف الطقس ٢٠٢٠ للتغيّر المناخي ودراسة النتائج لتطبيقها على النظام الحركي للمبنى بنفس الطريقة ولابد للمعماري أن يصمم حركة المبنى لكل ١٠ سنوات وهى المدة التى يتغير خلالها المناخ بشكل ملحوظ و تحفظ الإعدادات فى ذاكرة النظام بالمبنى ليقوم بالإستجابة تلقائيا مع التغيّرات التى قد تحدث مستقبلا . هذا ويزود المبنى المتنفس أيضا بأجهزة تجميع البيانات المناخية و أجهزة إستشعار داخل المبنى وخارجه لتحديد نوع الإستجابة للظروف المناخية المحيطة والتى تتوافق مع إحتياجات مستخدمى المبنى .

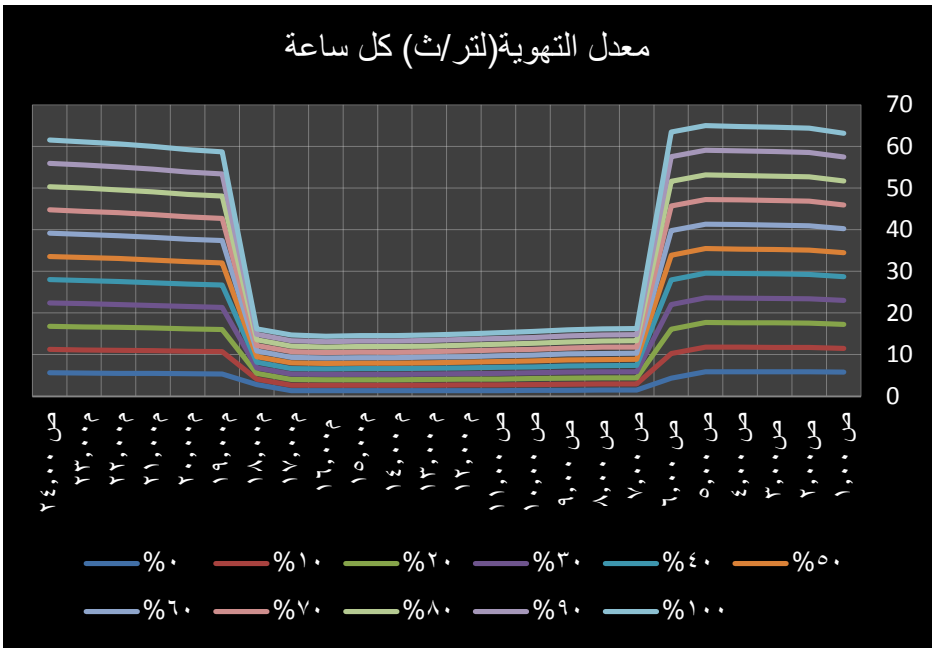
[376] http://www.grasshopper3d.com/group/ladybug

أ- تحليل و مقارنة معدل التهوية الطبيعية (لتر/ث) طبقا لملف الطقس ٢٠٢٠ صيفا:

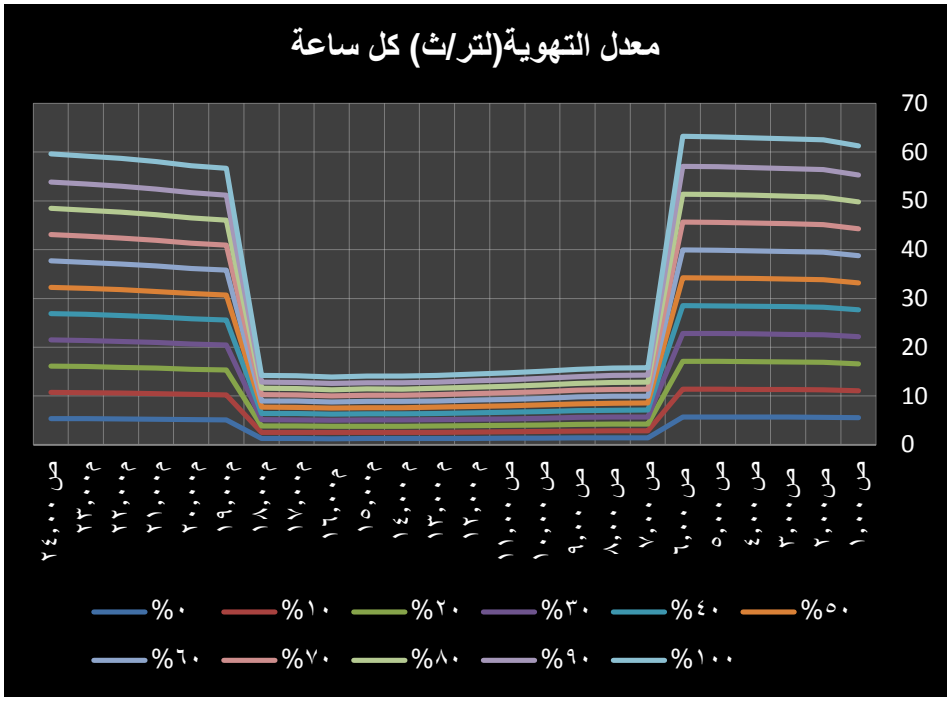
من جدول (٤-٢٠) لمعدلات التهوية السابق ذكره نجد أن معدل التهوية الملائم للفراغات المكتبية بالمبنى من ٥ : ٧ لتر / ث وبمراجعة البيانات الخاصة بمعدل التهوية طبقا لملف الطقس ٢٠٢٠ بالمبنى نجدها تتراوح بين ١,٣٤ : ٥,٩١ لتر/ث بالدور الأرضي و تتراوح بين ١,٢٧: ٦,١٤ لتر/ ث بالدور الأول مما يجعل معدل التهوية غير مناسب فى بعض الأوقات ولابد من زيادة معدلاته .

نسب الفتحات	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

جدول (٤-٢١) نسب الفتحات لغلاف المبنى المتنفس



شكل (٤-٤٤) إختلاف معدلات التهوية بالدور الأرضي كل ساعة مع إختلاف فتحات غلاف المبنى المتنفس، (الباحثة) .



شكل (٤-٤٥) إختلاف معدلات التهوية بالدور الأول كل ساعة مع إختلاف فتحات غلاف المبنى المتنفس، (الباحثة) .

وينخفض معدل التهوية بشكل كبير فى الفترة من الساعة ٧ ص : ٦ م فى الدورين الأرضي و الأول شكل (٤-٤٣) ، شكل (٤-٤٤) . وهو الوقت المراد زيادة معدل التهوية به وليتم ذلك لابد من حركة الغلاف المتحرك بشكل معين فى الساعة ولمعرفة عدد مرات الحركة يمكن إستخدام المعادلة الآتية [٣٧٧]:

$$n = 1.03+0.29Vs^2$$

n عدد مرات تغير حجم الهواء فى الساعة

Vs سرعة الرياح فى الموقع (م/ث)

وتستخدم هذه المعادلة لتقدير عدد مرات تغيير حجم الهواء فى الفراغ كل ساعة ، والتى منها يمكن إستنباط آلية حركة الواجهة المتنفَّسة لزيادة معدل التهوية بالمبنى .

[٣٧٧] الكود المصري لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى ، كود رقم ٣٠٦- ٢٠٠٥ – الجزء الثاني : المبانى التجارية (٢/٣٠٦)

و بـالتطبيق فـى المعادلـة السـابقة بمتوسـط سـرعات الريـاح بـالأول مـن يوليـو والتـى تـم حسابها عن طريق ladybug طبقا لملف الطقس ٢٠٢٠ للتغيّر المناخي وهى كالتالي :

الوقت	متوسط سرعة الرياح
ص ١,٠٠	٣,٥٢٥
ص٢,٠٠	٣,٣١٠
ص٣,٠٠	٥,٠٨٤٣
ص ٤,٠٠	٤,٢٠٩
ص ٥,٠٠	٤,٥٦٠
ص ٦,٠٠	٨,١٨٧
ص ٧,٠٠	٥,٠٤١
ص ٨,٠٠	٤,٩٩٧
ص ٩,٠٠	٥,٢٣١
ص ١٠,٠٠	٥,٩٩٤
ص ١١,٠٠	٧,٤٣٠
م ١٢,٠٠	١٠,٩٥٤
م ١٣,٠٠	١٣,٧٨٦
م ١٤,٠٠	١٨,٢٩٦
م١٥,٠٠	١٧,٣٤٣
م١٦,٠٠	١٨,٩٦٥
م١٧,٠٠	١٧,٨٨٥
م١٨,٠٠	١٤,٩٨٤
م١٩,٠٠	٧,٣٤٢
م٢٠,٠٠	٦,٥٩٣
م٢١,٠٠	٥,٨٣٨
م٢٢,٠٠	٤,٧٤١
م٢٣,٠٠	٤,٨١٢
ص ٢٤,٠٠	٣,٨٨٥

جدول (٤-٢٢) متوسط سرعات الرياح لكل ساعة صيفا يوم ١ يوليو طبقا لملف الطقس ٢٠٢٠ ، (الباحثة) .

نحصل على عدد مرات تغير حجم الهواء / ساعة من خلال الجدول التالي :

الساعة	عدد مرات تغير حجم الهواء
ص ١,٠٠	٢,٠٥
ص٢,٠٠	١,٩٨
ص٣,٠٠	٢,٥٠
ص ٤,٠٠	٢,٢٥
ص ٥,٠٠	٢,٣٥٢٤٨٥
ص ٦,٠٠	٣,٤٠
ص ٧,٠٠	٢,٤٩
ص ٨,٠٠	٢,٤٧
ص ٩,٠٠	٢,٥٤
ص ١٠,٠٠	٢,٧٦
ص ١١,٠٠	٣,١٨
م ١٢,٠٠	٤,٢٠
م ١٣,٠٠	٥,٠٢
م ١٤,٠٠	٦,٣٣
م١٥,٠٠	٦,٠٥
م١٦,٠٠	٦,٥٢
م١٧,٠٠	٦,٢١
م١٨,٠٠	٥,٣٧
م١٩,٠٠	٣,١٥
م٢٠,٠٠	٢,٩٤
م٢١,٠٠	٢,٧٢
م٢٢,٠٠	٢,٤٠
م٢٣,٠٠	٢,٤٢
ص ٢٤,٠٠	٢,١٥

جدول (٤-٢٣) عدد مرات تغير حجم الهواء لكل ساعة صيفا يوم ١ يوليو طبقا لملف الطقس ٢٠٢٠ ، (الباحثة) .

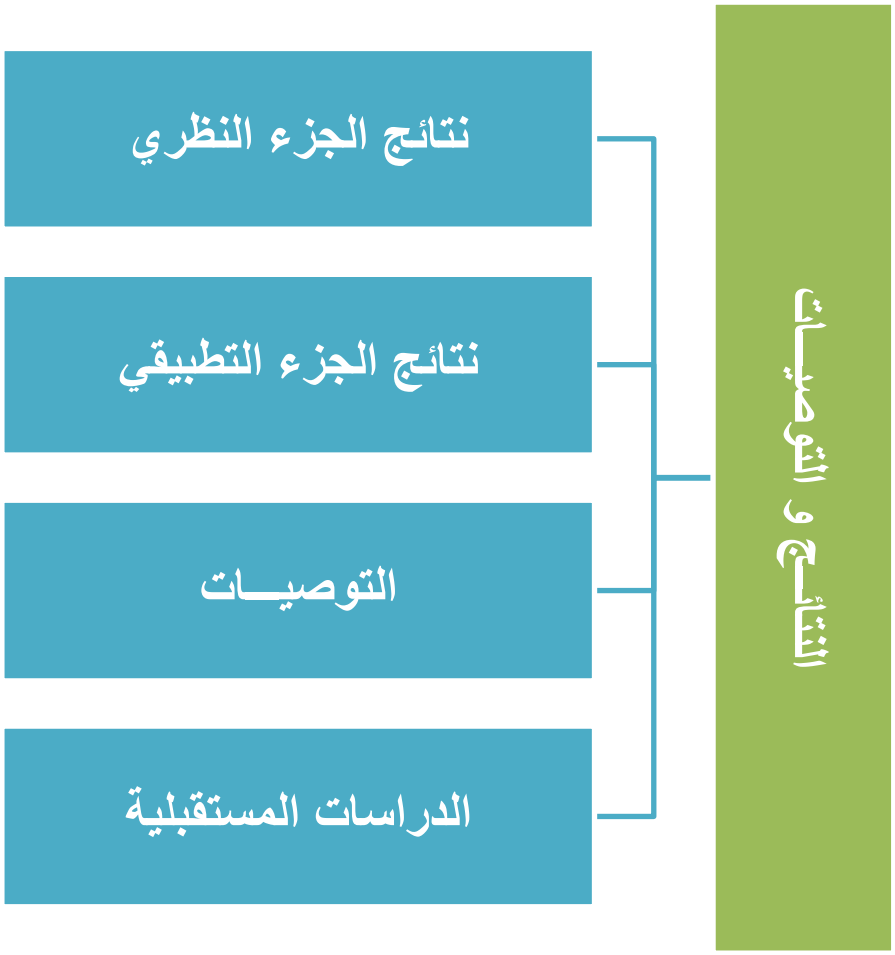
ونلاحظ هنا زيادة عدد مرات التهوية خاصة فى الأوقات من الساعة ٧ ص : ٦ م مما يتيح زيادة معدل التهوية خاصة فى هذه الأوقات . وتتبقى هنا درجات حرارة الفراغات الداخلية وتاثرها بمعدلات التهوية نجد أن درجة حرارة الهواء مرتفعة وإذا تم إستقطابها دون تبريدها أولا فسوف يؤثر ذلك سلبا على درجات الحرارة داخل الفراغات بالمبنى وبالتالى لن تتوافر الراحة الحرارية ، لذا يوصي بإستخدام عناصر تنسيق الموقع ومصادر المياه بالمساحة بين المبنى والواجهة الخارجية لتعديل وترطيب الهواء المار وقبل وصوله لفراغات المبنى.

الخلاصة :

التغيّر المناخي هو ظاهرة حادثه لا محالة ويجب علينا مواجهتها فى جمهورية مصر العربية و التكيّف معها حيث أن منطقتنا من المناطق الأكثر عرضة وتأثرا بمظاهر هذا التغيّر من الإرتفاع فى درجات الحرارة وغيرها .

معظم المبانى فى مصر غير مصممه لتوفير الراحة الحرارية وبالتالى يضطر مستخدمى تلك المبانى لإستخدام أجهزة التكييف للحصول على فراغات مريحة مما يؤثر سلبا على ظاهرة التغيّر المناخي ويجعلها اسوأ نتيجة زيادة الملوثات ، و بالتالى كان لابد من التفكير في كيفية إيجاد أفكار معمارية جديدة لتمكن تلك المبانى من التصدي و التكيّف مع تلك التغيّرات المناخية ، و دراسة مدى نجاحها فى المناخ المحلي وتوافقها مع البيئة المصرية ومراعاة أن تكون ذات تأثير حقيقي وليس مجرد تقليد .

بدراسة نموذج المبانى المتنفَّسة فى موقع الدراسة الذي تم إفتراضه بالقاهرة الجديدة بجمهورية مصر العربية تم التوصل إلي نجاح فكرة المبانى المتنفَّسة فى زيادة معدلات التهوية بالمبانى فى الأوقات التى يقل بها حجم الهواء داخل فراغات المبنى فيقوم الغلاف بالإستجابة إلي هذا المطلب فى الوقت المحدد ولكن ستبقى درجة حرارة الهواء مرتفعه صيفا و تحتاج إلى معالجات معمارية تتكامل مع غلاف المبنى المتنفس لترطيب و تبريد المبنى . و قد ساعد وضع الغلاف المتنفس على بعد من واجهات المبنى نفسه و إستخدام عناصر تنسيق الموقع ومصادر المياه في ترطيب الهواء المار قبل دخوله إلي فراغات المبنى و إنجاح فكرة المبانى المتنفَّسة فى التكيف مع التغيّرات المناخية .


النتائج و التوصيات
نتائج الجزء النظري
نتائج الجزء التطبيقي
التوصيـــات
الدراسات المستقبلية

الفصل الخامس: النتائج و التوصيات

شملت الدراسة البحثية عدة مواضيع هامة و لها علاقة وطيدة ببعضها ، حيث تمّ مناقشة المشكلة (التغيّر المناخي) ، الحلول (التكيّف) و التطرق إلى أفكار جديدة ومبتكرة لهذه الحلول . وكان نتاج ذلك التعرف على مفهوم المبانى المتنفَّسة و المستجيبة مع التغيّرات المناخية و التى يمكنها توفير الراحة الحرارية لمستخدميها و التقليل من آثار و مظاهر التغيّر المناخي فى مصر . و يمكن تلخيص ما توصل إليه البحث فيما يلي .

(٥-١) نتائج الجزء النظري :

١. التغيّر المناخى يعبر عن تغيرات إحصائية بالغة إما فى متوسط حالة المناخ أو فى التقلبات المناخية تستمر لفترة طويلة (عادة ما تكون عقود أو أكثر). و يمكن أن يحدث إما بسبب عوامل طبيعية داخلية أو مؤثرات خارجية أو أنشطة بشرية مستمرة تغير من تكوين الغلاف الجوى . ويرجع تغير المناخ إلى عدة أسباب يمكن تقسيمها إلى فئتين تلك التي هي نتيجة لأسباب طبيعية وتلك التى تنشأ نتيجة الممارسات البشرية .

٢. ترجع الزيادة فى تركيزات هذه الغازات فى الـ ٢٥٠ سنة السابقة إلى حد كبير إلى الأنشطة البشرية . حيث زادت التركيزات العالمية من غازات الدفيئة عن الأنشطة البشرية منذ مرحلة ما قبل الثورة الصناعية . ويحتل غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)المركز الأول فى التركيز، ويليه الميثان(CH_4) . ويعد السبب الرئيسى فى زيادة إنبعاثات غازات الدفيئة هو إستخدام الوقود الأحفورى فى إنتاج الطاقة ، النقل و الصناعة.

٣. يمثل قطاع المبانى أحد أهم مصادر إنبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ ، حيث أن المبانى مسئولة عن ٣/١ الإنبعاثات المسببة لظاهرة الإحتباس الحرارى البشرية المنشأ فى كلا من الدول المتقدمة والدول النامية . حيث يقدّر مجموع إنبعاثات غازات الدفيئة، بما في ذلك الإنبعاثات الناتجة عن إستخدام الكهرباء، بحوالي ١٠,٦ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة . وكنتيجة لهذه الإنبعاثات ، تتعرض الأرض لإرتفاع في درجة الحرارة بمعدلات غير مسبوقة .

٤. يسهم قطاع المبانى بدور كبير فى سيناريوهات إنبعاثات غازات الدفيئة ، حيث يشير سيناريو B2 إلى زيادة كمية الإنبعاثات من ٨,٦ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ ،عام ٢٠٠٤ إلى ١١,٤ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ عام ٢٠٣٠ ،أما السيناريو A1B يشير إلى وصول كمية الإنبعاثات إلى ١٥,٦ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ فى عام ٢٠٣٠.

٥. تشير ملاحظات التغيّر المناخي بقارة إفريقيا إلى أن متوسط درجات الحرارة زادت فى الـ٥٠ سنة الماضية بمقدار ١° س مقارنة بمتوسط درجات الحرارة فى الفترة بين عامى ١٩٠٦ إلى ١٩٥٠ م . وفي جمهورية مصر العربية فالإحترار أقوى في فصل الصيف حيث يبلغ ٠،٣١ °س لكل عِقد ، منه في فصل الشتاء حيث يبلغ ٠،٠٧ °س لكل عقد .

٦. من المتوقع أن يزيد الإحترار العالمى بمعدل ٠,٢° س / عقد تبعا لسيناريوهات التقرير الخاص SRES . وفى قارة إفريقيا من المتوقع أن يكون معدل الإحترار أكبر من المعدل العالمى، فيتوقع أن تزيد متوسط درجات الحرارة من ٣ ° س إلى ٤ ° س تبعا لسيناريوهات متوسطة الإرتفاع للإنبعاثات . وجاء فى سيناريوهات الإنبعاثات العالية A1FI و التى تتوقع إرتفاع درجات الحرارة يصل إلى ٩ ° س فى شمال إفريقيا (ساحل البحر الأبيض المتوسط) فى الفترة من يونيو إلى أغسطس ويصل إلى ٧ ° س فى جنوب إفريقيا فى الفترة من سبتمبر إلى نوفمبر.

٧. فى جمهورية مصر العربية ، تبعا لتقرير OECD عام ٢٠٠٤ من المتوقع أن يزيد معدل الإحترار بفصل الصيف عنه فى فصل الشتاء . حيث يتراوح متوسط الإرتفاع فى درجات الحرارة السنوى من ١ : ٢,٤ ° س ، ويتراوح بين ٠,٨ : ٢,١ ° س شتاءا و بين ١,١ : ٢,٩ ° س صيفا. أما تقرير مركز هادلى التابع لهيئة الأرصاد البريطانية يتوقع أن تتراوح الإرتفاعات في درجات الحرارة المتوقعة على مصر بين ٣ ° س و٣,٥ ° س .

٨. يقع شاغلى المبانى ضحية للتغيّرات المناخية بكل آثارها من إرتفاع درجات الحرارة أو إنخفاضها وأيضا الظروف القصوى من موجات حارة وموجات باردة بالإضافة إلى إنخفاض جودة الهواء الداخلى ، و تحدث الوفيات بسبب هذه الظروف القصوى للتغيّر المناخى وتتغير هذه الآثار من منطقة إلى أخرى.

٩. التكيُّف مع التغيّرات المناخية ،عملية تسعى بها المجتمعات إلى جعل نفسها أقدر على مواجهة مستقبل غير مضمون . حيث يشير التكيف إلى إتباع سياسات وممارسات تستهدف الاستعداد لآثار تغير المناخ . ويتضمن منهج التكيُّف ، الحفاظ على النظم الإيكولوجية السليمة و البيئة المشيدة من حيث المناطق الحضرية الصالحة للسكن و المبانى .

١٠. بتطبيق أساليب التكيُّف فى الطبيعة على المبانى نجد أن هناك أوجه للتشابه بين المبنى والكائن الحى فى تلك الأساليب لكى يتمكن من التكيُّف مع البيئة المحيطة والتغيّرات الى تحدث بها ، و تتمثل هذه الأساليب فى ثلاثة أشكال هى : المرونة، التأقلم ، التعلم .

١١. المبنى المتكيّف " المستجيب " مع البيئة المحيطة والتغيّرات التى تحدث بها ، يحتاج لوجود مجموعة من الأنظمة والتقنيات الذكية المستجيبة التى تمكنه من التفاعل أو الإستجابة مع التغيّرات البيئية .

١٢. الإستجابة في الأنظمة الحركية المستجيبة هي الإستجابة للمتغيّرات المناخية بالبيئة المحيطة عن طريق سلوكيات مادية واضحة لمكونات المبنى ، حيث تتكامل الأنظمة الحركية مع أنظمة التحكم المختلفة لتستجيب وتتكيّف مع التغيّرات البيئية المحيطه لتحسين أداء المبنى . وهى إما أنظمة مستجيبة ذات خواص تتعلق بالإستجابه للإشعاع الشمسى ، ضوء النهار ، حركة الهواء، درجة حرارة الهواء أو أى ظروف مناخية أخري ، ويمكن أن قد توجد هذه الخواص بشكل منفصل في النظام أو يتم الجمع بين عدة أنظمة فى تصميم المبنى.

١٣. تم وضع منهجية لتصميم المبانى المتنفَّسة من خلال دراسة التصميمات للمبانى الحركية والمستجيبه للمناخ ، لتكون نقطة بداية المصممين والمعماريين لتطوير أفكارهم والخروج بأفكار جديدة تستطيع مواجهة تحديات العصر . وقد إشتركت تصاميم تلك المبانى فى كونها تجمع فى تصميمها أسس التصميم السالب " passive design " و معايير تصميم المبانى الذكية .

١٤. يلعب غلاف المبنى المتنفس دورا هاما فى تفعيل آداء المبنى وتكيّفه وإستجابته للمتغيرات البيئية لذا لابد من تصميمه بالكيفية التى تحقق المطلب الرئيسى منه وهو

الإستجابة والتكيّف مع التغيّرات المناخية من الإرتفاع فى درجات الحرارة متكاملا مع بقية عناصر المبنى لتحقيق أعلى كفاءة .

(٥-٢) نتائج الجزء التطبيقي :

١. مراحل تطبيق منهجية تصميم المبانى المتنفَّسة لها فائدة كبيرة فى فهم المحيط البيئي و موقع الدراسة و خواص المناخ و المتغيرات التى سوف تحدث به ، مما يُمكِّن المعماري من تصميم مبانى ذو افكار جديدة و متوافقة مع البيئة بل وتستطيع أيضا التكيُّف مع التغيّرات المناخية المستقبلية .

٢. إستخدام غلاف المبنى المتنفَّس بالظروف المناخية فى مدينة القاهرة الجديدة كان مؤثرا فى زيادة معدلات التهوية و الذي يفيد فى الحفاظ على جودة الهواء الداخلى والتخلص من آثر الرطوبه والملوثات والتى تُمثل خطرا على صحة الإنسان وخاصة مع مظاهر التغيّر المناخي من إرتفاع فى درجات الحرارة فى السنوات القادمة .

٣. إستخدام وسائل تبريد الهواء ضرورية للتكامل مع عمل غلاف المبنى المتنفَّس لمواجهة الإرتفاع فى درجات الحرارة الناتج عن التغيّرات المناخية . حيث أن زيادة معدل التهوية مع إرتفاع درجات حرارة الهواء تتسبب فى إكتساب الفراغات للحرارة وبالتالى تزيد من المشكلة و لكن إنجاح فكرة التنفس فى المبانى تحتاج للهواء المبرّد لتوفير الراحة الحرارية بالمبنى صيفا .

٤. التصميم بإستخدام برامج النمذجة اللوغاريتمية " Algorithmic modeling " أو التصميم البرامتري أتاح الفرصة للمعماري إلي إبتكار أفكار جديدة على المستوي الجمالى و أيضا يتيح الآن الفرصة للتصميم و إبتكار أفكار معمارية مستجيبة للظروف البيئية ومتكيّفة مع التغيّرات التى تحدث بها . فهناك العديد من الأدوات التى تسهل من عملية التصميم البيئي من حيث دراسة ظروف الموقع المناخية و تقييم آداء تصميم المبنى فى مختلف المراحل التصميمية ومدى نجاحه فى توفير الراحه لمستخدميه (من هذه البرامج برنامج Grasshopper و الذي يحتوي على العديد من Plug-ins التى تسهل العملية التصميمية و عمليات التحليل و التقييم البيئي مثل Ladybug & Honybee) .

(٥-٣) التوصيات :

توصل البحث إلي مجموعة من التوصيات أهمها :

١. ضرورة دراسة التغيّر المناخي من قِبَل المعماري ، كجزء من الدراسات والتحليلات التى تسبق تصميم المبانى وإستخدام ملفات الطقس للتغيّر المناخي لتقييم الآداء الحراري للمبنى و مدي توفير الراحة الحرارية به و التقليل من إستهلاك الطاقة الناتجة عن إستخدام أجهزة التبريد والتكييف مما له من آثار على الصحة العامة لمستخدمى المبانى .

٢. حث المعماري علي إجراء دراسات إستراتيجيات التهوية الطبيعية المناسبة قبل بدء التصميم حيث أنها من الحلول الهامة والفعالة لمواجهة مظاهر التغيّر المناخي من الإرتفاع فى درجات الحرارة و التكيّف معه و الوصول إلي أفكار مبتكرة لتهوية المبانى تهوية طبيعية .

٣. تطبيق إستخدام اللوغاريتمات الجينية "Genetic Algorithms " فى مراحل التصميم المعماري يُفيد فى تطوير التصميم و الوصول إلى أفضل الحلول على مستوي المساقط الأفقية أو التكوين الكتلي للمبنى تبعا للمشكلة التصميمية المراد حلها. كما تُفيد هذه البرامج فى تقييم آداء المبنى الحراري و بالتالى يصل المعماري إلى غايته فى تصميم مبنى حديث متوافق مع البيئة ، لذا فلابد للمعماري من الإضطلاع الدائم على كل هذه البرامج و تطوير أدواته .

٤. يُقدِّم البحث منهجية تصميمية تساعد المعماري علي توضيح المراحل التصميمية التى يجب أن يمر بها عند تصميمه للمبانى المتنفَّسة و المستجيبة للتغيّرات المناخية، لضمان كفاءة الفكرة التصميمية من الناحية البيئية .

(٥-٤)الدراسات المستقبلية :

توصي الباحثة بعمل دراسات مستقبلية فى المجالات الآتية :

١. المزيد من الأبحاث عن المبانى المتنفَّسة و دراسة مستويات الضوضاء الناتجة عن حركة غلاف المبنى والتى كانت خارج حدود البحث .

٢. المواد التى يمكن إستخدامها فى غلاف المبنى المتنفس والتى تزيد من كفاءة عمله فى زيادة معدلات التهوية الطبيعية بالفراغات و إقتصاديات تطبيقها .

٣. مدي كفاءة إستخدام برامج التصميم و المحاكاة التى تعمل بإسلوب اللوغاريتمات الجينية فى التصميم البيئي .

قائمة المراجع

المراجع الأجنبية :

- Ali Sayigh, A. Hamid Marafia , chapter ١, ARCHITECTURE:COMFORT AND ENERGY, First Edition, ١٩٨٨, ELSEVIER SCIENCE Ltd, Oxford, UK
- Climate Change ٢٠١٤ , Mitigation of Climate Change , contribution of WG III to the ٥th assessment Report of the IPCC, ٢٠١٥
- Climate change ٢٠١٣ , the physical science basis of climate change , contribution of WG I to the ٥th assessment Report of the IPCC, ٢٠١٣
- Climate change ٢٠٠٧, Mitigation of Climate Change , contribution of WG III to the ٤TH assessment Report of the IPCC.
- Climate Change Adaptation, Good Practice Guide ٣, www.islington.gov.uk
- European Concerted Actlon , Report No. ٤, Sick Building Syndrome.
- Harmeling, Bals & Burck, Adaptation to climate change in Africa & The European Union's Development Cooperation , Germanwatch e.V. Bonn , ٢٠٠٧.
- Hal Levin, Indoor Air ٢٠٠٨, Indoor climate and global climate change: Exploring connections, Copenhagen.
- Hacker, JN, Belcher, SE & Connell, RK (٢٠٠٥). Beating the Heat: keeping UK buildings cool in a warming climate. UKCIP Briefing Report. UKCIP, Oxford.
- IPCC ، Working Group I: Fourth Assessment Report ٢٠٠٧, The Scientific Basis, Annex I - Glossary.
- IPCC ، Fourth Assessment Report, ٢٠٠٧.
- Institute of Medicine of the National academies , REPORT BRIEF ٢٠١١, Climate Change, the Indoor Environment, and Health, Washington, USA
- J. Fergus, Nicol and M. A Humphreys, Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings.
- J. Wang, L.O. Beltrgn, Ph.D., J. Kim, From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes , A&M University, Texas.
- J.Atkinson, Y.Chartier,C.Lúcia ,P. Jensen, Y. Li and W.Seto,٢٠٠٩, Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings, World Health Organization WHO , Switzerland.
- J. Emmerich ,W. S. Dols , J. W. Axley ,٢٠٠١, Natural Ventilation Review, Architectural Energy Corporation Boulder, Colorado.
- Krenker, J. Bešter and A.Kos, Introduction to the Artificial Neural Networks, University of Ljubljana, Slovenia.

- L. WILBY, ٢٠٠٧, Review of Climate Change Impacts on the Built Environment.
- M. Snow and D. Prasad, . February ٢٠١١, Climate Change Adaptation for Building Designers, EDG ٦٦ MSa .
- M. Wigginton, J. Harris, ٢٠٠٢, Intelligent skins, Linacre House, Oxford.
- Michael Mozer , ٢٠٠٥ , Lessons From An Adaptive House, University of Colorado
- Michael J. Holmes , Jacob N. Hacker , ٢٠٠٧, Climate change, thermal comfort and energy, Arup, London W١T ٤BQ, UK.
- Nick Baker, K. Steemers , second edition ٢٠٠٥, Energy and Environment in Architecture. the Taylor & Francis Group , London
- OECD,REPORT , ٢٠٠٤ , DEVELOPMENT AND CLIMATE CHANGE IN EGYPT .
- Peter F. Smith ,second edition ٢٠٠٥, Architecture in a Climate of Change .Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK
- R .Thomas , T. Gernham , The environments of architecture , taylor & francis group , London.
- Sue Roaf , David Crichton and Fergus Nicol ,٢٠٠٩ , ADAPTING BUILDINGS AND CITIES FOR CLIMATE CHANGE (Second Edition) . Linacre House, Jordan Hill, Oxford.UK.
- Susan Roaf , School of Architecture, Oxford Brookes University,٢٠١١, Designing for Climate Change.
- Scott Crawford, ٢٠١٠, Breathing Building Skin, Master of Science in Design Computing, University of Washington
- Sue Roaf, M. Fuentes, S. Thomas, first edition ٢٠٠١, ECOHOUSE, Architectural Press, Oxford.UK .
- Sustainable Energy Research Group, October ٢٠١٣, CCWorldWeatherGen v.١,٨ manual, University of Southampton, UK.
- The UK's Met Office Hadley Centre report, ٢٠١١, Climate: Observations, projections and impacts, Egypt.
- University of Connecticut Health Center,٢٠١٠, Climate Change, Indoor Air Quality and Health,USA
- Y. Kodama,٢٠٠٨, Responsive Building Elements in architecture, IEA ECBCS program, Delft .

قائمة المراجع

مواقع الإنترنت :

- http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar٤/wg١/ar/faq-١-١.html
- http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar٤/wg١/ar/faq-١-٢.html
- http://edugreen.teri.res.in/explore/climate/causes.htm
- http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/continents.html
- https://calaski.wordpress.com/continental-drift/
- http://www.almisnid.com/almisnid/article-٥.html
- http://www.ibtesamh.com/showthread-t_٩٢٧٨٥.html
- http://volquake.weebly.com/mt-pinatubo-١٩٩١.html
- http://www.fortworthastro.com/beginner٣.html
- http://mariamrida.blogspot.com/٢٠١٢/٠٦/blog-post.html
- http://greengreendailylife.blogspot.com.eg/٢٠٠٩/٠٦/what-is-greenhouse-effect.html
- http://www.middle-east-online.com/?id=١٥٢٣٢٦
- http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar٤/wg١/ar/faq-٣-١.html
- http://sedac.ipcc-data.org/ddc/is٩٢/index.html
- http://ar.wikipedia.org
- http://www.grida.no/publications/vg/africa/page/٣١٠٢.aspx
- http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadex/
- http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/crutem٣/
- http://www.wcrp-climate.org
- http://www-pcmdi.llnl.gov
- http://www.urbanheatislands.com/
- http://courses.washington.edu/me٣٣٣afe/Comfort_Health.pdf
- http://www.sehha.com/medical/injuries/HEH٣.htm
- http://www.alamatonline.net/l٣.php?id=١٤٣٣٠
- http://www.un.org/ar/climatechange/mitigation.shtml
- http://www.un.org/ar/climatechange/living-with-climate-change.shtml
- http://www.un.org/ar/climatechange/reducing-emissions.shtml
- http://www.un.org/ar/climatechange/living-with-climate-change.shtml
- http://www.junksciencearchive.com/ipcc_tar/vol٤/arabic/١٥٢.html
- http://www.un.org/ar/climatechange/living-with-climate-change.shtml
- http://www.biology-online.org/dictionary/Adaptation
- http://www.zworld٢.com/MRSZWORLD/polarbearz/cubs_٢.htm
- http://www.alzakera.eu/music/vetenskap/Biologia/bio-٠٠٠٩-٩.htm
- http://www.pbs.org/lifeofbirds/brain/
- http://www.fosterandpartners.com/projects/millennium-tower/
- http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/٢٠٠٧/٥/١/Building-Information-Modeling-and-Green-Design/
- http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/٢٠٠٧/٥/١/Building-Information-Modeling-and-Green-Design/
- http://econoclasm.blogspot.com.eg/٢٠٠٦/٠٣/institut-du-monde-arabe.html
- http://www.despiertaymira.com/index.php/٢٠١٢/١١/instituto-del-mundo-arabe/
- http://en.wikipedia.org/wiki/Responsive_architecture
- http://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_architecture
- http://www.adifitri.com/kinetic/kine٠١.html
- http://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_architecture
- http://www.adifitri.com/kinetic/kine٠٣.html
- http://www.adifitri.com/kinetic/kine٠٣b.html
- http://www.dailytonic.com/dynamic-facade-kiefer-technic-showroom-by-ernst-giselbrecht-partner-at/
- http://www.adifitri.com/kinetic/kine٠٣a.html
- http://www.hoberman.com/
- http://www.adaptivebuildings.com/past-collaborations.html
- http://wmn.gov.sa/index.cfm?do=cms.conarticle&contentid=٧٨٧٥&categoryid=٤٠١
- http://archrecord.construction.com/projects/portfolio/٢٠١٣/٠٥/١٣٠٥-RMIT-Design-Hub-Sean-Godsell-Architects.asp
- http://en.wikipedia.org/wiki/Responsiveness
- http://sstl.cee.illinois.edu/papers/Smart_Sensing_Technology.pdf

قائمة المراجع

- http://www.flare-facade.com
- www.hoberman.com/soq/HobermanSOQ.pdf
- http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/٢٠٠٩/٨/٢٨/Design-for-Adaptation-Living-in-a-Climate-Changing-World/#continuing-education
- http://en.wikipedia.org/wiki/Breathing
- http://www.asknature.org/strategy/٣٦٣٢٥٥٤٣f٢٧٧٨c٩٦dd٢a٨٧٣٠a٨bd٢bbf
- http://www.eehealthbook.com/health_topic.php?id=YXMz
- http://science.nationalgeographic.com/science/health-and-human-body/human-body/lungs-article.html#
- http://www.anxieties.com/٥٧/panic-step٤#.U_٤٥MvmSyQU
- http://www.ecotimberframe.ie/pdf/BreathabilityinbuildingsNBT.pdf
- http://www.switchnewmedia.com/clients/Carbon_Trust/٩_Andrew_McDowell/thumbs.html#
- http://www.new-learn.info/packages/clear/thermal/buildings/active_systems/mv/index.html
- http://inhabitat.com/wimbledon-set-to-debut-innovative-retractable-roof/wimbledon-roof-٤/
- http://i.usatoday.net/sports/graphics/٢٠٠٩/wimbledon_roof/flash.htm
- http://inhabitat.com/kfw-headquarters-aims-to-be-the-most-energy-efficient-office-tower-in-europe/
- http://thecharnelhouse.org/٢٠١٠/٠٩/١٧/exact-air
- http://en.wikipedia.org/wiki/Tsentrosoyuz_building
- http://facadesconfidential.blogspot.com/٢٠١٢/٠٤/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html
- http://brickmasonry.blogspot.com/٢٠١٠/١١/queens-building-short-and-associates-de.html
- http://manchesterhistory.net/manchester/tours/tour٨/area٨Bpage٢٠.html
- http://thecontacttheatre.weebly.com/case-study-description.html
- http://howtobecomeanarchitect.wordpress.com/tag/contact-theatre/
- http://dezzzme.com/٢٠١٢/١٢/١٥/٢٢٢١/
- http://www.e-architect.co.uk/dubai/abu-dhabi-investment-council-hq
- http://aedasresearch.com/features/view/advanced-modelling/project/al-bahar-towers
- http://www.aedas.com/Al٪٢٠Bahr٪٢٠Towers
- http://aedasresearch.com/features/view/all/project/abu-dhabi-investment-council-hq
- http://www.ozy.com/rising-stars-and-provocateurs/doris-kim-sung-architectures-new-skin/٣٠٥٥٧.article
- http://www.archdaily.com/٢١٥٢٨٠/bloom-dosu-studio-architecture/
- http://morphopedia.com/projects/san-francisco-federal-building
- http://mllepapillon.blogspot.com/٢٠١١/٠٥/case-study-san-francisco-federal.html
- Weather Files and Future Climate -University of Exeter.pdf
- http://www.serg.soton.ac.uk/index.html
- http://www.serg.soton.ac.uk/ccworldweathergen/index.html
- http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/
- http://weathertool.blogspot.com/search?updated-max=٢٠٠٩-٠٦-١١T٢٣:٠٤:٠٠-٠٧:٠٠&max-results=٧
- http://frmlab.com/wp-content/uploads/٢٠١٣/١٠/٣B_Envirosim٤.pdf
- http://www.grasshopper٣d.com/group/ladybug

المراجع العربية :

- التقرير التقييمى الثالث للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠١.
- التقرير التجميعى للتقرير التقييمى الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC ، ٢٠٠٧.
- الكود المصري لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى ، كود رقم ٣٠٦- ٢٠٠٥ – الجزء الثاني : المبانى التجارية (٢/٣٠٦)
- حسن فتحى ، ١٩٨٨ ، الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية ، المؤسسة العربية للدراسات والنشر ، بيروت.
- شريف محمد نبيل ، ٢٠٠٥ ، المبانى الواعية لحركة الهواء ،رسالة ماجستير ، كلية الهندسة جامعة القاهرة.
- محمد سالم مطر ، النينو.. والنينا.. والناو : ثلاثي مناخي حيَّر العلماء ، مايو ٢٠١٢، مجلة العربى العدد٦٤٢.
- ملحق(أ-١) ، الكود المصري لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى ، كود رقم ٣٠٦- ٢٠٠٥ – الجزء الثاني : المبانى التجارية (٢/٣٠٦)

ملحق (١-١)

سيناريوهات الانبعاثات الواردة فى التقرير الخاص (SRES)

A1 تصف الوقائع المنظورة وزمرة السيناريوهات A1 عالما مستقبليا ينمو فيه الاقتصاد نموا سريعا جدا ويصل فيه عدد سكان العالم إلى ذروته في منتصف القرن ويتراجع بعد ذلك وتعتمد فيه سريعا تكنولوجيات جديدة عالية الكفاءة. والمواضيع الأساسية التي تنطوي عليها هذه الوقائع المنظورة هي التقارب بين المناطق وبناء القدرات وتزايد التفاعلات الثقافية والاجتماعية وتقلص الفوارق الإقليمية في دخل الفرد تقلصا بالغا. وينقسم السيناريو A1 إلى ثلاث مجموعات تصنف اتجاهات بديلة للتغير التكنولوجي في نظام الطاقة. وتتمايز مجموعات الزمرة A1 الثلاث في التركيز التكنولوجي: الاستخدام الكثيف للوقود الأحفوري (A1FI) أو استخدام مصادر الطاقة غير الأحفورية (A1T) أو الاستخدام المتوازن لجميع المصادر (A1B) (حيث يعرف الاستخدام المتوازن بأنه عدم الاعتماد بشدة على مصدر بعينه من مصادر الطاقة بافتراض معدلات تحسن متماثلة في جميع تكنولوجيات توفير الطاقة واستخدامها النهائي).

A2 تصف الوقائع المنظورة وزمرة السيناريوهات A2 عالما شديد التغاير. والموضوع الأساسي هنا هو الاعتماد على الذات والحفاظ على الهوية المحلية. وتتقارب أنماط الخصوبة بين المناطق ببطء شديد على نحو يؤدي إلى استمرار تزايد سكان العالم. وتنحو التنمية الاقتصادية منحى إقليميا بصفة رئيسية ويتسم النمو الاقتصادي للفرد والتغير التكنولوجي بالبطء والتجزؤ أكثر مما هو الحال في الوقائع المنظورة الأخرى.

B1 تصف الوقائع المنظورة وزمرة السيناريوهات B1 عالما متقاربا يصل فيه عدد سكان العالم إلى ذروته في منتصف القرن ويتراجع بعد ذلك، على غرار الزمرة A1، ولكن يصاحب ذلك تغيرات سريعة في الهياكل الاقتصادية نحو اقتصاد قائم على الخدمات والمعلومات وانخفاض الكثافة المادية واعتماد تكنولوجيات نظيفة وفعالة في استخدام الموارد. ويكون التركيز على إيجاد حلول عالمية للاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، بما في ذلك زيادة العدالة دون اتخاذ مبادرات إضافية في مجال المناخ.

B2 تصف الوقائع المنظورة وزمرة السيناريوهات B2 عالما ينصب التركيز فيه على إيجاد حلول محلية للاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. وهو عالم يشهد زيادة مستمرة في السكان بمعدل أدنى مما هو عليه في الوقائع المنظورة A2، كما يشهد مستويات متوسطة من التنمية الاقتصادية، وتغيرا تكنولوجيا أبطأ وأكثر تنوعا مما هو عليه في الوقائع المنظورة B1 و A1. ولئن كان هذا السيناريو موجها أيضا نحو حماية البيئة وتحقيق العدالة الاجتماعية، فإنه يركز على المستويين المحلي والإقليمي.

وقد اختير سيناريو توضيحي لكل مجموعة من مجموعات السيناريوهات الست A1B وA1FI وA1T وA2 وB1 وB2 وينبغي اعتبار أن كل هذه السيناريوهات سليمة دون تمييز بين بعضها البعض.

ولا يتضمن سيناريو التقرير الخاص أية مبادرات مناخية إضافية مما يعني أنه لم يدرج أي سيناريو يأخذ على عاتقه صراحة تنفيذ اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ أو أهداف الانبعاثات المنصوص عليها في بروتوكول كيوتو.

Abstract

Climate change is a fact we are facing its impacts of high temperature that we should deal with it and study solutions to help us avoid its impacts . so the research in the first chapter discussed the climate change's definition, causes , evidence and future scenarios . Also discussed the Impacts of climate change on buildings , thermal comfort , indoor air quality and public health .

The second chapter discussed adaptation with climate change , It's definition and the way that creatures adapt with its environment to simulate these ways in designing building which can adapt with climate change high temperature by knowing adaptation methodology , adaptation systems which help buildings deal with the changes of the temperature in the coming years . This chapter studied also the responsive kinetic facades which are the best solution to cope with climate change.

Third chapter studied the definition of breathability in buildings, how creatures are breathing and how its respiratory systems are working to have some breathing techniques that we can apply in breathing buildings . also this chapter studied some examples of breathing buildings and get the similarities between them to set a design methodology of breathing building to help architects in every stage of their design .

In the fourth chapter, the researcher tried to apply that design methodology of breathing building set on the last chapter, providing the building with breathing skin which is moving according to the need for air inside the building.

Then by using the weather files of climate change 2020 & 2050 , the researcher tested the performance of the building by using grasshopper program with lady bug & honeybee plug-ins , to find out that the façade can only improve the ventilation rate within the building spaces , but the building needs to be comfortable for users and the air temperature is 35 : 49 °c and increasing year after year , so using passive air cooling techniques like landscape and pools to change the air temperature before entering the building was the way to integrate with the kinetic façade to reduce temperature inside the building in present and in the future . The façade will moving every hour a different move to help increasing the ventilation rate during the day.

Finally the researcher found that the concept of breathing buildings is good for improving ventilation rate and needs to integrate with other techniques to provide the building with thermal comfort.

Engineer: **Mona Rezk Gad Elsayed**
Date of Birth : ١ / ٩ / ١٩٨٢
Nationality : **Egyptian**
E-mail : **Archmona٢٠١١@yahoo.com**
Phone. : ٠١٠٠٠٨٥٥٩٢٠
Address : **Sandanhour - Benha – Alqalubia**

Registration Date : ١ / ١٠ / ٢٠٠٨
Awarding Date : / / ٢٠١٥
Degree : **Masters of science**
Department : **Architectural Engineering**

Supervisors : **Prof. Dr. Bahaa El-Din Hafez Bakry (R.I.P)**
Prof. Dr. Ehab Mohamed Abd Elmajeed Elshazly
Dr. Ahmed Salah Eldin Shiba
Teacher of Architecture –Faculty of Engineering -**Beni Suef University**

Examiners : **Prof. Dr. Mohamed Medhat Hassan Dora**
Prof. Dr. Majda Ekram Ebied
Prof. of Architecture -Institute of Environmental studies & Research -**Ain Shams University**
Prof. Dr. Ehab Mohamed Abd Elmajeed Elshazly

Title of Thesis : **The concept of Breathing Buildings to cope with climate change**

Key Words: **Architecture – Kinetic - Responsive – Adaptive – Breathing**

Summary :

Climate change is a fact we are facing its impacts, so we should find ways to cope with it. Buildings need to adapt with the Impacts of climate change and its high temperature to provide the users with thermal comfort and indoor air quality. The research studied that kind of adaptive Buildings called Breathing Buildings as a new concept to respond to climate and adapt with climate change and how it's working in Microclimate of Egypt. By studying the concept of breathing buildings, the researcher set a design methodology to help architects designing this kind of buildings. And applied it on an office building in new Cairo – Egypt, then it had been evaluated to find that the Breathing building succeeded to improve the ventilation rate inside the building and can help in reducing the indoor temperature by integrating with passive cooling air systems hourly as a respond to users' needs inside the building and the climate change outside it.

THE CONCEPT OF BREATHING BUILDINGS TO COPE WITH CLIMATE CHANGE

By

Mona Rezk Gad Elsayed

A Thesis Submitted to the
Faculty of Engineering at Cairo University
in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF SCIENCE
in
Architectural Engineering

Approved by the
Examining Committee

Prof. Dr. Ehab Mohammed Elshazly , Thesis Main Advisor

Prof. Dr. Mohammed Medhat Hassan Dora , Internal Examiner

Prof. Dr. Majda Ekram Ebeid , External Examiner
Prof. of Architecture -Institute of Environmental studies & Research -Ain Shams University

FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY

GIZA, EGYPT

2015

THE CONCEPT OF BREATHING BUILDINGS TO COPE WITH CLIMATE CHANGE

By

Mona Rezk Gad Elsayed

A Thesis Submitted to the
Faculty of Engineering at Cairo University
in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF SCIENCE
in
Architectural Engineering

Under the Supervision of

Prof. Dr. Bahaa Eldin Bakry (R.I.P) Hafez

Professor of Environmental design
Architecture Department
Faculty of Engineering, Cairo University

Prof. Dr. Ehab Mohammed Abd Elmajeed ElShazly

Associate Professor
Architecture Department
Faculty of Engineering, Cairo University

Dr. Ahmed Salah Eldin Shiba

Assistant Professor
Architecture Department
Faculty of Engineering , Beni-Suef University

FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY

GIZA, EGYPT

2015

THE CONCEPT OF BREATHING BUILDINGS TO COPE WITH CLIMATE CHANGE

By

Mona Rezk Gad Elsayed

A Thesis Submitted to the
Faculty of Engineering at Cairo University
in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF SCIENCE
in
Architectural Engineering

FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY

GIZA, EGYPT

2015