جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الـهيئـة العامـــة للمبانـــي

وزارة التخطـيـط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مدونة التهوية الطبيعية والاصول الصحية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥٠٥

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الـهيئـة العامـــة للمبانـــي

وزارة التخطـيـط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مدونة التهوية الطبيعية والاصول الصحية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥٠٥

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

اللجنـــــــــــــــة العليا لمشـــــروع المـــــواصفات الفنيـــة والمدونـــات العراقيـــــــــــة

محمد صـاحب الدراجـــي / وزيـــر الاعمـــــار والاســـــــكان / رئيـس اللجنـــــــــــة

اسـتبرق ابراهيـم الشـــوك / الوكيـــل الاقـدم لـــوزارة الاعمـــــــــار والاســـــــــكان

د.حميد علي عمران الانباري / عضو هيئة المســتشـــــارين / الامانـة العامة لمجلس الـــــــوزراء

سعـد عبـد الوهـــــــاب / رئيس الجهاز المركزي للتقييس والسـيطرة النوعية / رئيس اللجنة الفنيـة

حســين مجيـد حســين / مديرعام الهيئة العامة للمباني / وزارة الإعمار والإسكان / مديرالمشـــروع

ريـاض حمـودي الوزيـــر/ مدير عام التخطيط والمتابـــعة / وزارة البلديـات والأشغـال العامـــــة

جـلال حسيـن حســـــن / مدير عام شـركة الرشـــــيد / وزارة الصنـــــاعة والمعـــــادن

لـــــواء كريـــم العبيـــدي/ وزارة البـيـــئـــة

د.نمير خورشيـــد سعـــيد / قسم هندســة البناء والانشـــاءات / الجامعـة التكنولوجيـــــــــــــــة

رعد عبد الجليل عبد الامير/ مدير عام دائرة التصـاميـــم الهندسية / وزارة الموارد المائيـــــــــــة

صـــادق محمـود الشمـــري / مدير عام شـــركة ابن الرشـــــــــد / أمانة بغـــــــــــــــــداد

خضـير عباس داود/ مديرعام دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في اقليم/ وزارة العلوم والتكنولوجيـا

الفريـــق العامـــــل على اعـــــــــــــداد
مـــدونة التهويـــة الطبيعيـة والاصـول الصحيـة

الاستاذ الدكتور/ مقـــــداد حيـــــدر الجـــــوادي
المهنـــدســـــة/ ابتســـــام ســامي محمـد صـالح
الاستاذ المساعد الدكتور/ يونس محمود محمد سليم

فـــــــــريـــــــــق تـــــدقيـــــــــــــق
مـــــدونة التهويـــة الطبيعيـة والاصول الصحية

الدكتـــــــــــــــورة / شـذى عبد الجبار ابراهيم
الدكتـــــــــــــــور/ محمـد عـلـي رشـــــيد
الدكتـــــــــــــــور/ نـغـــم عبيـــد كـــريـم

اللجنـــــــــــــــة الفنيـــــــــــــــة للمشـــــــروع

الخبير المهندس سعـد عبـد الوهـــاب / رئيس اللجنـــــة

الدكتور المهندس علي عبـــــد الحسيـــــن مجبـــــــل

الدكتور الجيولـوجـي فـــراس فيصـــل عبـد الحمـيـــــد

ر.مهندسين أقدم حســـــيـــن محمـــــد علـــــــــي

الدكتورالمهندس خالـــد احـــمـــد جـــــــــــودي

الدكتورالمهندس خالـــــــد كامـــــــــــــل داود

الدكتورالمهندس رائـــــد رمـــــــزي العمـــــــري

الدكتورالمهندس محمـــــــــد مصلـــح ســـــلمـــان

ر.مهندسين أقدم داود عـــــــــواد حـــــمـــــود

الدكتور المهندس ليـــــث خـــالـــــد كامـــــــــل

ر.مهندسين أقدم نيـــــران حســـــيـــن علـــــوان

ر.مهندســـين جنـــان رضـــــــا محـــــمـــــد

اللجنـــــــــــة الاداريـــــــــــة للمشـــــــــــروع

الخبير المهندس حسين مجيـد حسيـن / مديـرالمشـــروع

الدكتورالمهندس رائـــد حســـــــــــن عبـــــود

م.ر.مهندسيـــن الهـام ابراهيـــم عـــبـد الـــــــرزاق

لجنـــــــــــة متابعـــــــــة المدونـــــــــــة

الخبير المهنـدس جبار حمزة لطيـــف / رئيـــس اللجنـــة

د.فاطمـــــــــــــــة علـــــــــــي عبـــد الله

تقديم

بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كانَ يَحِقُّ للأُمَمِ والأفرادِ أنْ تفْتخرَ بنتاجِها الفِكْريّ و العِلْميّ مِمّا يُجَلّي مَنْقبَةً ظاهِرةً، أو مَزيَّةً يَصْعُبُ مَرامُها، فلوزارةِ الاعمارِ والاسْكانِ السَّبْقُ والقدْحُ المُعَلَّى في أنْ تكُونَ قد اضْطَلَعتْ بأعباءِ قيادةِ مهمةِ مشروعِ إصدارِ مُدَوَّناتِ ومواصفاتِ البناءِ في العراق.

فانْبرتْ لهُ بعزيمةٍ ماضيةٍ وغايةٍ شَمّاءَ لاتقفُ دُونَها غايةٌ، بأنْ كَلّفتْ أُولي العِرفانِ وأهلِ التحصيلِ في كلّ علمٍ (من عُلُومِ مُدَوَنَّاتِ ومواصفاتِ البناء) مِمَّن هُمْ أهْلٌ للاعدادِ، أَعَانَهم في ذلك نُظراءُ لَهم بالرّأيِ و المَشُورةِ مُدَقِقينَ عَمَلِ أقرانِهم، مُؤازرينَ لَهُم برأيٍ حَصِيفٍ ومَشُورةٍ صَواب .

فَسَارَتْ عَمَلِيّةُ إعْدَادِ كُلّ مُدَوّنَةٍ على رَوِيّةٍ يَحْدُوها عَقْدٌ مُوَثَّق، مُيَمّمَةً سَمْتَ غايتِها مُقْتَصَّةً أَثَرَ تَجَارب الآخرينَ في مُدَوّنَاتهم، تَنْحُو نَهْجَاً مُسَدَّداً. فَجَاءَتْ حَسَنَةَ الدِّيباجةِ، مُحْكَمَةَ التّبويبِ، مُطَّرَدَةَ الفُصُولِ، جَزِيلَةَ المَبْحَثِ، مَبْسُوطَةَ العِبَارةِ، مُسْتَوْعِبَةً لأطْرافِ غاياتِها، على النّحوِالذي بَيْنَ يَديّ قَارِئِها.

وما بقيَ على عَاتقِ الغيرِ إلّا الانتفاعُ من عُصَارةِ الفِكْرِ هذهِ بجَلِيلِ المَنفعةِ وأَرْجَاها، وأنْ تَتَضَافرَ الجّهُودُ نَحْوَ جَعْلِها مَوْضِعِ التّطبيقِ والإلْزامِ، بنيَّةٍ جَازِمةٍ حَازِمةٍ. وعندَ ذلك لَنْ يَغدُوَ المَطْلَبُ صَعْباً في أنْ يأتيَ البناءُ في العراق مُحْكَمَ السّمَاتِ والأشْرَاطِ تخطيطاً وتنفيذاً وإشرافاً واستعمالاً .

ووزارةُ الإعمارِوالإسكانِ تَضَعُ هذهِ المُدَوَّنَةَ لَبِنَةً تَرْصُفُها لإعْلاءِ صَرْحِ رايةِ العلمِ والبناءِ في عِراقِنا العزيز، واللهُ المُوفّقُ لِسَواءِ السبيلِ. إنهُ نِعْمَ الهادي ونِعْمَ النصير.

المهندس
محمد صاحب الدراجي
وزير الإعمار و الإسكان
رئيس اللجنة العليا
لمشروع المدونات و المواصفات العراقية

مقدمة فريق الاعداد

بسم الله الرحمن الرحيم

بتوفيق من الله وفضل وقع اختيار الجهات ذات العلاقة على فريقنا لاعداد مدونة التهوية الطبيعية والاصول الصحية. الذي لم يألُ جهداً في تقديم خبرته في موضوع التهوية الطبيعية التي يعتمدها الفريق في تصاميمه وتجاربه المنفذة لكون توفير التهوية لا يخدم المجال الصحي فقط انما هو عامل كبير في التقليل من الاعتماد على الطاقات الملوثة في تيسير الراحة الحرارية داخل المباني واعطاء المؤشرات والمحددات التي تجعل مناخها مقتربا من حدود الراحة المثالية.

حرص فريق الاعداد على تضمين هذه المدونة كافة المعلومات المطلوبة للتعريف بمبادئ تصميم التهوية الطبيعية المثلى للمباني ومساعدة المصمم على توفير المعلومات التي تساعده على الابداع في توظيف المفردات التصميمية التي تجعل المباني اكثر صحية واكثر اقترابا من حدود الراحة الحرارية الملائمة.

تكونت المدونة من ستة ابواب واعتمدت في توصيف العمل على التجارب والبحوث الرصينة التي اجراها فريق الاعداد خلال سيرهم البحثي الخاص في الاربعين سنة الماضية ومن خلال طلبة الدكتوراه والماجستير والتجارب المجراة في العراق وبالاعتماد على احدث المواصفات العراقية و المواصفات الاخرى. ويسر فريق الاعداد وهو يضع بين ايدي المختصين هذه المدونة، ان يقدم شكره وتقديره الى اللجنة العليا لمشروع المدونات وإدارة مشروع اعداد وتطوير وتحسين مواصفات وتشريعات البناء العراقية وكافة الجهات التي ساهمت في اظهار هذه المدونة. كما ويسرنا ونحن نضع هذه المدونة تحت ايديكم ان نستقبل الاراء والملاحظات التي من شأنها تحسين المدونة مستقبلاً. ومن الله التوفيق.

أ.د.مقداد حيدر الجوادي
رئيس فريق الاعداد

المحتوى

العنوان	رقم الصفحة
الباب الاول: عموميات	
1-1 تمهيد	1/1
2-1 التعاريف	1/1
3-1 الرموز	3/1
4-1 مكونات الهواء الخارجي	6/1
5-1 تلوث الهواء ومبدأ حساب تركيز التلوث	6/1
1/5-1 تلوث الهواء داخل المباني (الهواء الداخلي)	7/1
2/5-1 مصادر التلوث	8/1
1/2/5-1 مصادر التلوث الداخلي	8/1
2/2/5-1 مصادر التلوث الخارجي	8/1
3/5-1 انواع الملوثات	8/1
1/3/5-1 الدقائق	8/1
2/3/5-1 ثنائي اوكسيد الكربون	9/1
3/3/5-1 الروائح	10/1
4/3/5-1 دخان السجائر	10/1
5/3/5-1 رطوبة الهواء	11/1
4/5-1 اثر اختلاف كثافة الغازات والمواد	12/1
5/5-1 توافر الهواء اللازم لاجهزة حرق الوقود	12/1
6/5-1 أُسس الاختيار بين التهوية الطبيعية والتهوية الميكانيكية	14/1
الباب الثاني: الرياح في البيئة المعمارية والحضرية	
1-2 تمهيد	1/2
2-2 خصائص الرياح	1/2
1/2-2 اتجاه الرياح	2/2
2/2-2 سرعة الرياح	2/2
3-2 التحرك الهوائي	3/2
1/3-2 المبادئ العامة للتحرك الهوائي	3/2
4-2 العوامل المؤثرة في التحرك الهوائي في البيئة الحضرية	5/2

العنوان	رقم الصفحة
2-4-1 تأثير التضاريس (اشكال الارض)	5/2
2-4-2 تأثير الغطاء النباتي	6/2
2-4-3 تأثير الكتل البنائية	7/2
2-5 العوامل المؤثرة في التحرك الهوائي في البيئة المعمارية	9/2
2-5-1 تأثير النباتات	9/2
2-5-2 تأثير التفاصيل المعمارية للمبنى	10/2
2-5-3 تأثير الاسيجة	14/2
2-5-4 تأثير اتجاه المبنى	15/2
2-6 العوامل المؤثرة في التحرك الهوائي في الفضاءات الداخلية وتولد فروق الضغط	18/2
2-6-1 تأثير ارتفاع المبنى	18/2
2-6-2 تأثير ابعاد الفضاء الداخلي	19/2
2-6-3 تأثير اشكال السطوح الداخلية	21/2
2-6-4 تأثير القواطع الداخلية	21/2
2-6-5 تأثير العوامل التصميمية لفتحات التهوية	22/2
2-6-5-1 موقع الشباك	22/2
2-6-5-2 توجيه الشباك	23/2
2-6-5-3 مساحة الشبابيك والنسب	23/2
2-6-5-4 تأثير تحوير الفتحات	25/2
الباب الثالث: التهوية واثرها في شاغلي المبنى	
3-1 تمهيد	1/3
3-2 وظائف التهوية الطبيعية	1/3
3-2-1 التهوية الصحية	2/3
3-2-2 التهوية لاغراض الراحة الحرارية والرطوبة المناسبة	2/3
3-2-3 التهوية لتبريد هيكل المبنى	4/3
3-2-4 التهوية في حالات الحريق	5/3
3-2-5 التهوية لحاجة الآلات والاجهزة التخصصية في المبنى	5/3
3-3 تكثف بخار الماء	6/3
3-3-1 التهوية لتشتيت بخار الماء	6/3

العنوان	رقم الصفحة
4-3 حركة الهواء ومعايير الراحة	7/3
الباب الرابع: الحدود المطلوبة لتبديل الهواء داخل المباني	
1-4 تمهيد	1/4
2-4 انواع المباني	1/4
1/2-4 المباني السكنية	1/4
2/2-4 المباني الادارية	1/4
3/2-4 مباني المستشفيات	2/4
4/2-4 المباني التعليمية	2/4
5/2-4 مباني المصانع	3/4
6/2-4 مواقف المركبات	3/4
7/2-4 انفاق المركبات	3/4
8/2-4 احواض السباحة الداخلية	4/4
3-4 طرائق حساب معدلات التهوية المطلوبة	4/4
الباب الخامس: المعالجات المعمارية لتحسين التهوية الطبيعية في المباني	
1-5 تمهيد	1/5
2-5 الفناء الداخلي	1/5
3-5 ملقف الهواء	3/5
4-5 المدخنة الشمسية	7/5
5-5 انواع فتحات الشبابيك	9/5
6-5 استعمال النباتات لتحسين التهوية الطبيعية ونوعية الهواء الداخلي	12/5
7-5 الخطوط العامة التكاملية لتحقيق التهوية الطبيعية للمباني	14/5
الباب السادس: الحسابات الرياضية المساعدة في التصميم	
1-6 تمهيد	1/6
2-6 توليد فروق الضغط للرياح	1/6
3-6 توليد الضغط بفروق درجات الحرارة	3/6
4-6 تقدير معدل جريان الهواء خلال الفتحات	4/6
1/4-6 حساب معدل جريان الهواء من اكثر من فتحة	4/6
2/4-6 حساب معدل جريان الهواء من الفتحات المتسلسلة	7/6

العنوان	رقم الصفحة
3/4-6 حساب معدل جريان الهواء لفضاء له فتحة واحدة فقط	8/6
4/4-6 حساب معدل جريان الهواء من الشقوق عند وجود فرق ضغط	10/6
5-6 حساب تركيز الملوثات	11/6
6-6 حساب كمية التهوية لمواقف المركبات	13/6
7-6 الحسابات التعديلية لسرع الرياح	14/6
8-6 تحديد معدل سرعة الهواء داخل الفضاء	15/6
9-6 كمية التهوية المطلوبة لإزالة الحرارة من الفضاء	15/6
الملاحق	
الملحق أ: حساب معدلات التهوية لتقليل مخاطر التكثف على السطوح تحت ظروف مستقرة	الملحق أ/1
مثال: حساب معدلات التهوية لتقليل مخاطر التكثف على السطوح	الملحق أ/3
الملحق ب: مثال لحساب معدل التهوية المتحققة بسبب الرياح مرة وبسبب فرق درجات الحرارة مرة	الملحق ب/1
الملحق ج: مثال لحساب تركيز الملوثات في فضاءين متجاورين	الملحق ج/1
الملحق د: مثال لحساب معدلات التهوية المطلوبة في موقف مركبات مغلق	الملحق د/1
الملحق هـ: جداول معدل سرع الرياح واتجاهاتها للمحافظات	الملحق هـ/1
الملحق و: المصطلحات العلمية	الملحق و/1

الباب الأول
عموميات

1-1 تمهيد

ان التحرك الهوائي الداخلي هو تصرف الهواء المتحرك في الفضاء الداخلي إبتداءً من دخوله من فتحة دخول الهواء الى خروجه من فتحة خروج الهواء. وعلى الرغم من كون الفضاء الداخلي هو الحيز الذي يجري فيه الهواء الا انه امتداد للتحرك الهوائي الخارجي وليس منفصلا عنه. ويعرف تبديل الهواء الخارجي بالهواء الداخلي من دون مساعدات اصطناعية بالتهوية الطبيعية.

للتهوية الطبيعية و حركة الهواء في الفضاءات الداخلية اهمية كبيرة في السيطرة على مواصفات ظروف البيئة الداخلية، فهي تساهم في تحقيق الراحة الحرارية و النفسية للمستفيد فضلا عن تحسين نوعية الهواء الداخلي صحيا عن طريق تبديل الهواء الخارجي بالهواء الداخلي. وابسط نظام للتهوية هو استعمال الهواء الخارجي كمصدر للهواء النقي والرياح كقوة محركة و الفتحات في الغلاف الخارجي للمبنى كوسيلة.

2-1 التعاريف

1/2-1 الانتقالية الحرارية (U-Value) (Thermal Transmittance)

هي مقدار التيار الحراري (واط) المار عموديا عبر وحدة المساحة (م^2) لعنصر إنشائي يتكون من طبقات مختلفة بفعل وجود فرق بين درجة حرارة الهواء داخل المبنى وخارجه مقداره درجة مئوية واحدة. ووحدة قياسها (واط/ م^2.ك) $W/m^2.K$

2/2-1 التأخير الزمني (Time Lag)

التأخير الزمني لانتقال الحرارة من السطح الخارجي لجدار المبنى الى السطح الداخلي للمبنى، ويعتمد على نوعية وسمك المادة.

3/2-1 الرطوبة النسبية (Relative Humidity)

هي نسبة بخار الماء الموجود في الهواء إلى ما يستطيع الهواء حمله منه، عند درجة الحرارة نفسها والضغط الجوي نفسه.

4/2-1 الرياح السائدة (Prevailing Wind)

هو اتجاه الرياح الاكثر شيوعا في مكان ما. وتجدر الاشارة الى أنَ هبوب الرياح السائدة لايكون متواصلا اذ يحدث تغير في الاتجاه لفترات معينة.

5/2-1 المساحة المكافئة (Equivalent Area)

هي مساحة فتحة ذات حافات حادة خالية من المعوقات يمكن أن يمر خلالها هواء في أثناء فترة زمنية معينة تحت فرق ضغط معلوم بمعدل المرور الحجمي ذاته.

6/2-1 المناخ المتوسط (Meso-Climate)

هو مناخ منطقة واقعة ضمن حدود معينة وهو على مستوى مدينة.

7/2-1 الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity)

هي مقدار التيار الحراري المار باتجاه عمودي على سطح مادة مساحتها مترٌ مربعٌ واحدٌ وسمكها مترٌ واحدٌ بفعل وجود فرق في درجة الحرارة مقداره درجة مئوية واحدة بين سطحيها. و وحدة قياسها (واط/م.ك) W/m. K

8/2-1 تأثير المدخنة (Stack Effect)

هو جريان الهواء الناتج من ارتفاع الهواء الحار الى الاعلى بسبب قلة كثافته وحلول هواء ابرد واكثف محله. وهذا التأثير يزيد من امكانية التهوية الطبيعية وحركة الهواء في المبنى.

9/2-1 درجة الحرارة المطلقة (Absolute Temperature)

هي درجة الحرارة المقاسة نسبة الى درجة الصفر المطلق (+273) ووحدتها كلفن. فإذا كانت درجة حرارة الغرفة 20 درجة مئوية، تكون بالكلفن = 20 + 273 = 293 كلفن.

10/2-1 درجة حرارة نقطة الندى (Due-Point Temperature)

هي درجة الحرارة التي يصبح عندها الهواء مشبعاً ببخار الماء ولا يعود قادراً على استيعاب أية كمية إضافية منه، حيث تصل الرطوبة النسبية للهواء عندها إلى 100%. وعند تبريد هواء غير مشبع فان درجة الحرارة تصل في النهاية الى حد بحيث ان محتوى الرطوبة للهواء يكون كافياً لتشبع كتلة الهواء وتعرف درجة الحرارة هذه بنقطة الندى للهواء لمحتوى رطوبة محدد (Due-Point Temperature)، واذا زاد التبريد عن نقطة الندى سينخفض حد التشبع والبخار الزائد سيتكثف الى ماء.

11/2-1 قوى الطفو (Buoyancy Forces)

هي القوى المتسببة في حركة الهواء نتيجة للتباين في درجة حرارة الهواء، حيث ان الهواء الحار اقل كثافة من الهواء البارد مما يؤدي الى ان يرتفع الهواء الحار الى الاعلى ليحل محله الهواء البارد وبذلك يتكون تيار هوائي.

12/2-1 معامل التدفق (Discharge Coefficient)

هو النسبة بين معدل المرور الحجمي للهواء خلال فتحة الى مساحة الفتحة وفرق الضغط المطبق.

13/2-1 معدل الطاقة الأيضية المتحررة (Metabolic Rate)

هو مُعدل الطاقة التي يطلقها الانسان وتختلف كميتها باختلاف الفعالية التي يقوم بها.

14/2-1 منطقة ظل الرياح (سكون الرياح) (Wind Calm Area)

هي المنطقة التي تكون فيها حركة الرياح بالكاد محسوسة، وتتكون مناطق سكون الرياح (calm areas) في واجهة المبنى المواجهة للرياح وفي الواجهة المعاكسة لاتجاه الرياح.

15/2-1 وردة الرياح (Wind Rose)

هو رسم بياني يبين خصائص التكرار الموسمي او اليومي لاتجاه الرياح، ويبين فترات السكون. ويمكن الحصول على المعطيات المتعلقة بالرياح من محطات الرصد الجوي.

3-1 الرموز

A= مساحة الفتحة (m^2)

A_1,A_2,A_3,A_4 = مساحات الفتحات على التوالي بالمتر المربع (m^2)

A_w= المساحة المكافئة للفتحات (في حالة تأثير الرياح) بالمتر المربع (m^2)

A_b= المساحة المكافئة للفتحات (في حالة تأثير المدخنة) بالمتر المربع (m^2)

A_p= المساحة الكلية لموقف مركبات بالمتر المربع (m^2)

B= عمق منطقة ظل الرياح (m)

B_W= عرض منطقة ظل الرياح (m)

b،a = عوامل تعتمد على تضاريس سطح الارض

c = تركيز التلوث (ppm)

c_e = تركيز التلوث في الهواء الخارجي (ppm)

c_i = تركيز التلوث في الهواء الداخلي (ppm)

c_o = تركيز التلوث عند البداية (ppm)

c_E = القيمة المكافئة لتركيز التلوث

C_d = معامل التدفق للفتحة (Discharge Coefficient)

Cd_1,Cd_2,Cd_3 = معاملات التدفق للفتحات على التوالي

C_p = معامل الضغط السطحي

$\overline{P}$= القيمة المتوسطة للضغط السطحي (Pa)

Cp_1, Cp_4 = معاملات الضغط عند فتحة دخول الهواء وكذلك عند فتحة الخروج

C_r= الحرارة النوعية للهواء عند ضغط ثابت 1 kJ/kg.K

cf_1 = معامل التحويل

cf_2 = معامل التحويل

CO_{max} = اعلى مستوى مسموح به لتركيز غاز CO (ppm)

D= عمق المبنى (m)

E = معدل انبعاث CO لسيارة نموذجية (kg/h)

G = معدل انبعاث CO في زمن الذروة لكل وحدة مساحة ($kg/h.cm^2$)

G_1 = إنتاج غاز ثنائي اوكسيد الكربون (L/s/person)

G_o = القيمة القياسية ($kg/h.cm^2$)

g = تسارع الجاذبية الارضية (N/kg) او (m/s^2)

h = ارتفاع المبنى (m)

h_W = عرض واجهة المبنى (m)

h_1 = كمية الحرارة المزالة (watt)

h_2 = المسافة العمودية بين الارض والستارة (m)

H = مقدار الارتفاع عن سطح الارض (لقياس سرعة الرياح) (m)

H_1= المسافة العمودية بين مركزي فتحتين على جدار واحد (m)

H_2= المسافة العمودية بين اعلى واسفل حافة فتحة مستطيلة الشكل على جدار واحد (m)

J = دالة تربط بين معدل التهوية خلال فتحة وبين زاوية الفتحة

K = معامل الشقوق بين الاجزاء الثابتة والمتحركة في الشبابيك

L = طول الشق (m)

M= معدل الطاقة الأيضية المتحررة (watt)

N = عدد المركبات المشغلة خلال ساعات الذروة

n = أُس الجريان

n_q = متطلبات تبديل الهواء

Q = معدل تدفق الهواء (m^3/s) أو (L/s)

Q_1 = كمية التهوية المطلوبة (m^3/s)

Q_w = معدل تدفق الهواء (في حالة تأثير الرياح) (m^3/s)

Q_b = معدل تدفق الهواء (في حالة تأثير المدخنة) (m^3/s)

Q_{max} = كمية غاز احادي اوكسيد الكربون القصوى المنبعثة (ppm)

P_o= الضغط الساكن في الرياح الحرة (Pa)

q = معدل تدفق الغازات الملوثة (L/s)

R = معدل التهوية (Q/V)

t = الزمن (s)

t_1 = معدل زمن التشغيل وزمن القيادة لسيارة نموذجية (s)

t_i = درجة حرارة الهواء الداخلي (K)

t_o = درجة حرارة الهواء الخارجي (K)

W_z = سرعة الرياح بارتفاع z (m/s)

W_i = معدل سرعة الهواء داخل الفضاء (m/s)

W_o = سرعة الرياح الخارجية (m/s)

W = معدل سرعة الرياح المطلوب معرفتهُ عند ارتفاع مقداره (H) فوق سطح الارض (m/s)

W_m = معدل سرعة الرياح مقاساً بظروف محطة الرصد الجوي وعلى ارتفاع (10m) فوق سطح الارض (m/s)

W_r = سرعة الرياح القياسية (m/s)

V = حجم الفضاء بالمتر المكعب (m^3)

X = نسبة مساحة فتحة الشباك الى مساحة الجدار

f = تصحيح اعلى معدل انبعاث CO في زمن الذروة لكل وحدة مساحة

ppm = جزء لكل مليون

Δ = الفرق بين قيمتين من النوع ذاته

µm = ميكرومتر (1مليمتر = 1000ميكرومتر)

ρ = كثافة الهواء القياسية 1.2 kg/m^3

θ = درجة الحرارة المطلقة (K)

θ_e = درجة الحرارة المطلقة للهواء الخارجي (K)

θ_i = درجة الحرارة المطلقة للهواء الداخلي (K)

$\bar{\theta}$ = متوسط درجة الحرارة الداخلية والخارجية (K)

$\in$ = نسبة المساحة

Ø = الزاوية التي تكونها فتحة الشباك مع مستوي الجدار

4-1 مكونات الهواء الخارجي

يتكون الهواء النقى من خليط من الغازات عديمة اللون والرائحة، وهذه الغازات لا تتفاعل مع بعضها تحت الظروف الطبيعية. وتحتوي طبقة الهواء المحيطة بالارض على مزيج من الغازات، وقد اظهرت التحاليل أن مكوناته هي كالتالي:

نيتروجين 79.03%، وأوكسجين 20.94%، وآرجون 0.93%، وثنائي أوكسيد الكاربون0.03% وقد ترتفع لتصل الى مايقارب 0.04% في المدن بسبب حرق الوقود والكثافة السكانية المرتفعة نسبيا، فضلا عن نسب صغيرة من الهيدروجين والاوزون والرادون والهليوم ومجموعة اخرى من الغازات بنسب قليلة جدا وبتراكيز مختلفة. لكن يبقى محتوى الهواء من الاوكسجين والنتروجين ثابتاً تقريبا اما بقية المكونات فيمكن ان تتنوع نسبها باختلاف الموقع. [1،ص213]

5-1 تلوث الهواء ومبدأ حساب تركيز الملوث

تتفق معظم الدراسات التي اجريت في السنوات الاخيرة على ان نسب التلوث في الهواء آخذة في الارتفاع حاملة معها المزيد من المخاطر على صحة البشر لارتباط التلوث بمخاطر الاصابة بالامراض. ويعتبر الهواء الطبيعي عنصرا اساسيا لحياة كلٍ من الانسان والحيوان والنبات على سطح الكرة الارضية، فهو المصدر الذي تستمد منه الكائنات الحية الغازات والعناصر اللازمة لقيامها بوظائفها الحيوية، كما أنه المكون الرئيس للغلاف الجوي الذي يحافظ على الحالة الطبيعية للكرة الارضية. غير أنَ هذا الهواء ولأسباب عديدة اهمها التقدم الصناعي والحضاري والزيادة المطَردة في عدد السكان، قد أصبح في السنوات الاخيرة عرضةً للتلوث بأنواع مختلفة من الغازات والانبعاثات الضارة بصحة الانسان والبيئة.

ولتخفيف وإزالة الملوثات يجب مزج الهواء مزجا جيداً داخل الفضاء الذي تتم تهويته، لذلك يجب تحديد معدل تدفق الهواء الخارجي اللازم للحد من تركيز التلوث باستعمال المعادلة (6-6/5). وفي مجالات كثيرة وبخاصة في الاعمال الصناعية والمختبرات والمطابخ التجارية يجب التخلص من الهواء الملوث بالطرائق الطبيعية المختلفة، وان لم نستطع الوصول الى الحد المطلوب طبيعياً فيستعان بالطرائق الميكانيكية للتخلص من الهواء الملوث من أقرب نقطة الى مصدر التلوث ما أمكن ذلك. ويجب الاشارة الى انه عند تمرير الهواء من فضاء الى آخر في المباني، فإن معدل التهوية لكل غرفة سوف يعتمد على الهواء الكلي المطلوب لسلسلة الغرف المتلاصقة (انظر المثال في الملحق ج). [8، ص2]

وللحد من زيادة تراكيز الملوثات يجب تحديد الحد الاعلى للتلوث (عتبة التلوث TLV– Threshold Level Value) المقبول في الظروف الطبيعية الذي يحدد من قبل الجهات الرسمية المختصة. كما يجب الرجوع الى (مدونة التهوية الميكانيكية) من مدونات البناء العراقي الموَحد وذلك للحصول على كميات الهواء المراد تغييرها في اماكن العمل أو الاستعمال. ويمكن تعديل قيمة هذه العتبة بحسب اوقات العمل زيادة أو نقصاناً، لأن المتبع عادةً هو اعتبار العتبة لعمل يتراوح ما بين 7 الى 8 ساعات يومياً وبمجموع مقداره 40 ساعة

عمل اسبوعيا في مكان العمل، ولذلك فإن معدل قيمة العتبة يتوازى مع زمن العمل. ولأغراض التلوث في فترات زمنية قصيرة تعتمد نسبة التلوث خلال فترة تعرض مقدارها 15 دقيقة، حيث يسمح بنسبة تلوث اعلى من الاعتيادي. كذلك في حال قيام الانسان بأكثر من 10ساعات عمل اسبوعياً، يجب أن تقل قيمة العتبة (TLV) عن الحد الاعتيادي. [8، ص3] ومثال ذلك اماكن صيانة الطائرات التي تنخفض قيمة العتبة فيها الى خمس القيمة الاعتيادية. ويجب عند وجود مصدرين للتلوث أو اكثر أن يراعى تأثيرها مجتمعة على جسم الانسان. وبحسب ما توصي به الجهة المصنعة بموجب البيانات الخاصة بالفراغات البنائية التي توجد فيها. [8،ص3]

ويمكن تصنيف ملوثات الهواء إلى قسمين:

(أ) القسم الأول: ملوثات ذات مصادر طبيعية، أي لا يكون للإنسان دخل فيها، مثل الأتربة، وغيرها من العوامل الأخرى.

(ب) القسم الثاني: ملوثات ذات مصادر صناعية، أي أنها من صنع الإنسان وهو المتسبب الأول فيها، فاختراعه لوسائل التكنولوجيا التي يظن أنها تزيد من سهولة ويسر حياته، لكنها آيضا تزيدها تعقيداً وتلوثاً، مثل عوادم المركبات الناتجة من الوقود وتوليد الكهرباء وغيرها مما يؤدي إلى انبعاث غازات وجسيمات دقيقة تنتشر في الهواء من حولنا وتضر بصحة الانسان وبيئتنا الطبيعية.

1/5-1 تلوث الهواء داخل المباني (الهواء الداخلي)

تلوث الهواء ليس قاصرا على الهواء الخارجي وانما يحدث ايضا في الهواء الداخلي. وتلوث الهواء الداخلي هو جزء من واقع حياة الناس خاصة اولئك الذين يعيشون في مناطق فقيرة والذين يستعملون الفحم والحطب والخشب والمخلفات الزراعية والحيوانية كوقود. ولكن لم تسلط الاضواء على التلوث الداخلي الا في نهاية السبعينيات بعد التقدم التكنولوجي وظهور المواد والآثاث الصناعية. إذ بدأت الشكوى تتزايد في كثير من الدول من اعراض مرضية مختلفة تحدث داخل المباني، مثل تهيج العين والانف والحنجرة والارهاق والصداع والدوار وغير ذلك مما اطلق عليه منذ الثمانينات بالاعراض المرضية الملازمة للمباني. وقد وجد أن هذه الاعراض مرتبطة بالمباني محكمة الغلق والتي لايمكن فتح نوافذها (لترشيد استهلاك الطاقة). وبينت الدراسات ارتفاع تراكيز ملوثات مختلفة داخل هذه المباني، منها دخان السجائر والغبار والمواد الكيماوية المنبعثة من السجاد الصناعي والاصباغ الى جانب الملوثات الناتجة من حرق الوقود للاغراض المنزلية ومشتقات غاز الرادون المنبعثة من بعض مواد البناء وغيرها.

وتتأثر جودة الهواء الداخلي بعدد من العوامل من بينها عدم تجدد الهواء بشكل كافٍ والتلوث الناتج من مصادر داخلية قد تتسلل إلى داخل المباني عبر فتحات التهوية والأبواب والنوافذ فضلا عن التلوث الجرثومي الناجم من بعض أنظمة التهوية.[1،ص40]

ومن المؤشرات على تلوث البيئة الداخلية للمباني الاحساس بالخمول والكسل والصداع، وشم روائح غير مألوفة، والاحساس بزيادة الرطوبة النسبية داخل المبنى، وتكثف قطرات من الماء على زجاج النوافذ

والجدران، ووجود التراب على الأثاث والمفروشات ونوافذ المبنى، وارتفاع درجة الحرارة او البرودة في المبنى عن الحد المسموح والمقبول. وتعتمد الحلول لهذه المشكلة على نوع الملوثات، ونظام التكييف والتهوية، ومواصفات مواد البناء، والتأثيث، وبالتالي فإن أهم طرائق المحافظة على نوعية هواء داخلي جيدة هي إلغاء مصدر التلوث أو زيادة التهوية الطبيعية داخل الفضاءات.[3،ص8]

2/5-1 مصادر التلوث

1/2/5-1مصادر التلوث الداخلي

اغلب مصادر التلوث تكون ناتجة من داخل المبنى عادة وذلك من عمليات الطهي والتدفئة والتدخين وحيوانات المنازل، وخاصة القشور المتساقطة من الجلد الميت، ومن الأثاث الجديد لاحتوائه على مواد صناعية باعثة للروائح والابخرة، ومواد البناء والمنظفات والمطهرات والمبيدات والفطريات والمواد الرذاذية مثل مضادات التعرق ومنعشات الهواء. فضلا عن الروائح الصادرة من الانسان من تعرق وما شابهه ووجود الحمامات وملحقاتها.

2/2/5-1مصادر التلوث الخارجي

أحياناً يكون مصدر تلوث الهواء الداخلي من خارج المبنى ومن ذلك مداخن المصانع وعوادم المركبات والمواد العالقة الدقيقة المنبعثة من المطاحن والغبار الناجم عن أعمال الحفر والبناء.. إلخ.

وهذه الملوثات تتسرب إلى داخل المباني عبر الفتحات والنوافذ والمناور. وتكمن خطورتها غالباً في حملها مثلاً حبيبات الرصاص السامة الناتجة من عوادم المركبات.

3/5-1 انواع الملوثات

يُعَرّف ملوث الهواء بأنه أي مادة في الهواء يمكن أن تسبب الضرر للإنسان والبيئة، ومن الممكن أن تكون هذه الملوثات في شكل جزيئات صلبة أو قطرات سائلة أو غازات، وقد تكون طبيعية أو ناتجة من نشاط الإنسان وهي [2،ص34]:

1/3/5-1الدقائق

إن الشكل الرئيس لتلوث الهواء هو وجود الدقائق فيه. ويمكن أن تكون هذه الدقائق كائنات حية (الفطريات، العفن، الجراثيم) أو بشكل تراب أو دخان. والدقائق التي تكون بقطر 75 ميكرومتر (µm) تترسب إلى الأسفل لكن الدقائق الصغريات من 50 ميكرومتر (µm) تبقى متطايرة في الهواء وتشكل الهباء الجوي الذي يمكن أن يكون سائلاً أو صلباً. وبعض أنواع هذه الدقائق قد تبقى في الهواء عدة أسابيع. ولهذه الدقائق تأثيرات سلبية في صحة الإنسان تختلف باختلاف أنواعها.[2،ص40]

1-2/3/5-1 ثنائي اوكسيد الكربون

ان وجود الناس في غرفة يزيد من تركيز ثنائي اوكسيد الكربون عن 0.033% كمعدل في الهواء الخارجي الى قيمة تعتمد على كثافة السكان ومعدل جريان الهواء وفعالية نظام التهوية. وبخلاف بعض الملوثات الاخرى (مثل دخان السجائر) فإن غاز ثنائي اوكسيد الكربون لايمكن ترشيحه او امتصاصه او تكثيفه، لذلك فهو مؤشر جيد لفساد الهواء الداخلي.

واعلى تركيز له مسموح به لفضاء مشغول بالسكان لمدة 8 ساعات والموصى به من قبل عدة مقاييس هو 0.5% مع وجوب أن لايؤدي هذا التركيز الى عدم الراحة او الصداع.

ويعتمد معدل إنتاج غاز ثنائي اوكسيد الكربون بواسطة عملية التنفس على معدل الطاقة الأيضية المتحررة (Metabolic Rate) ويتم إيجادها من خلال المعادلة التالية :

$$G_1 = 4 \times 10^{-5} M \qquad (1/5\text{-}1)$$

حيث إن:

G_1 = إنتاج غاز ثنائي اوكسيد الكربون (L/s per person)

M = معدل الطاقة الأيضية المتحررة (watt)

وينتج الانسان حوالي 0.005 (L/s) من غاز ثنائي اوكسيد الكربون بالتنفس. ولا توجد طريقة أخرى غير عملية التهوية التي يمكن أن تعدل تركيز هذا الغاز في الهواء الداخلي. ويبين الجدول (1/5-1) معدل جريان الهواء الخارجي المطلوب للحفاظ على تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكربون اقل من 0.5% لمختلف معدلات الطاقة الأيضية المتحررة للذكور البالغين [2،ص36] أمَا النساء فاعلى مستوى لهن من الطاقة الأيضية المتحررة تعادل حوالي 75% من القيم في الجدول (1/5-1) في حين أنها أقل للاطفال بسبب قلة مساحة سطح الجسم ولكن لتخمين معدل الطاقة الأيضية المتحررة من خليط من الناس فان النسبة عادة ما بين 85-75%[5،ص86]

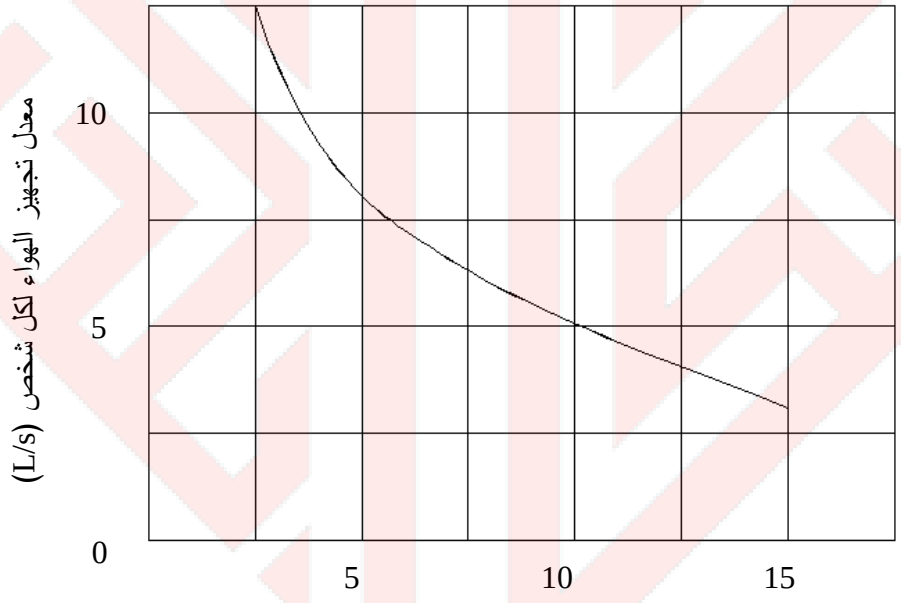
الجدول 1/5-1: متطلبات الهواء الخارجي لاغراض التنفس.[2 ،ص36]

الفعالية (ذكر بالغ)	معدل الطاقة الأيضية المتحررة (watt)	متطلبات التهوية لاغراض الحفاظ على تركيز غاز CO_2 عند نسبة 0.5% في الهواء الداخلي على فرض أن 0.04% هي النسبة في الهواء النقي (L/s)
جالس بسكون	100	0.8
عمل خفيف	320-160	2.6-1.3
عمل متوسط	480-321	3.9-2.7
عمل ثقيل	650-481	5.3-4
عمل ثقيل جدا	800-651	6.4-5.6

3/3/5-1الروائح

إن حاسة الشم عند الإنسان هي أدق أداة من أدوات قياس تركيز الروائح الموجودة ويمكنها أن تكشف مستويات التركيز الدقيقة التي لا تكشفها احياناً أدوات القياس، كما إن تحسس الناس للروائح يختلف باختلاف الأشخاص، لذلك من الصعب وضع حدود لتركيز الروائح المقبول. [2،ص27]

إن التعامل مع الروائح يتطلب التمييز ما بين الكمية (معتمدة على كثافتها) والنوعية (غير المرغوب فيها Offensiveness). ويعتمد التحسس بكثافة الروائح على ردود الفعل الفسلجية للأشخاص. إن متطلبات الروائح داخل المبنى هي ببساطة أن لا تكون الروائح غير المقبولة محسوسة. وتتنوع متطلبات التهوية لأغراض إزالة الروائح بتنوع المقاييس الاجتماعية وعدد الأشخاص ونظافتهم وسلوكهم والتدخين. فيمكن أن تعمل الروائح التي تفوح من جسم الإنسان في إيجاد بيئة غير مرغوب فيها. وتتوقف درجة الإزعاج على ملكة التمييز الشخصية، غير أن كلتيهما تعتمدان على معدلات الهواء الخارجي المجهز، وعدد الاشخاص شاغلي الحيز ومدة مكوثهم. كما يمكن للشخص أن يتكيف مع رائحة معينة عندما يبقى في فضاء حيث يكون اقل تحسسا لهذا التغيير التدريجي من تحسس شخص يدخل إلى هذا الفضاء للمرة الأولى فيمكن بعد أن يبقى بضع دقائق قبل أن يتكيف مع هذه الرائحة.[4، ص262] ويبين الشكل (1/5-1) معدل التجهيز بالهواء الخارجي للتخلص من الروائح.[6، ص4]



الشكل 1-1/5: معدل التجهيز بالهواء الخارجي المطلوب للتخلص من الروائح.[6، ص4]

4/3/5-1 دخان السجائر

ان معدلات جريان الهواء الخارجي الموصى به لتخفيف تركيز دخان السجائر تختلف من فضاء الى آخر لكن كمعدل لمدخن يدخن 1.3 سجارة في الساعة تكون حوالي $26m^3/h$ أي حوالي 7L/s لكل مدخن، فضلا

عن معدلات جريان الهواء المطلوب للملوثات الأخرى. وبسبب متطلبات جريان الهواء الكبير يجب ان يتم تخمين هذه المعدلات في مراحل التصميم الاولى لنظام التهوية، ففي الفضاءات الكبيرة مثل المسارح وقاعات الاجتماعات والمباني الادارية ذات المخطط المفتوح، يجري الاعتماد على بيانات احصائية لنسب السكان المدخنين لتخمين معدلات التهوية. [2، ص36]

ويلعب التدخين في الفضاءات الداخلية دوراً مهماً في تحديد كمية الهواء النقي اللازمة لما فيه من مخاطر صحية حيث يولد التدخين نسبة من غاز احادي اوكسيد الكربون والدقائق المتحررة منها مع كمية من الاكرولين وكلها ذات مخاطر صحية، فالاكرولين مادة سامة مسيلة للدموع ولها تأثير مهيج للعين والحنجرة وهناك حدود مقبولة للتعرض لها وهي (0.1ppm) 0.1 جزء لكل مليون والذي يحتاج الى معدل هواء نقي لتخفيفه لايقل عن $3m^3$ لكل سيجارة. واخطر ملوث ناتج من التدخين هو غاز احادي اوكسيد الكربون.

كما ان للتدخين اثراً سلبياً في البيئة البصرية فقد وجد مثلا ان من الضروري تجهيز $1m^3$ هواء نقي لكل سيجارة كمقدار أدنى لتخفيف اثره في القاعات الرياضية (Sport Stadium).[5، ص527]

5/3/5-1 رطوبة الهواء

إن تركيز بخار الماء في الهواء الداخلي يمكن أن يؤثر في راحة شاغلي المبنى وصحتهم. فمن المعروف طبيا ان قلة الرطوبة تؤدي إلى زيادة ضيق التنفس ومخاطر الاصابة بالامراض التنفسية، أما زيادتها فتهيئ وسطاً جيداً لنمو الفطريات والعفن والمكروبات والذي سينعكس بالتالي على صحة شاغلي المبنى بشكل سلبي فضلا عن تقليل التبخر من الجلد. لذلك تساعد عملية التهوية في تخفيف الرطوبة التي يحتويها الهواء الداخلي عندما يتم مزجه بهواء خارجي يحتوي على رطوبة اقل. وتتراوح النسبة المريحة للرطوبة النسبية مابين 30-60% [2، ص41]. ويبين الجدول (2/5-1) معدلات الرطوبة المضافة للاستفادة منها في العمليات الحسابية لكميات التهوية المطلوبة.

الجدول 2/5-1: المعدلات النموذجية للرطوبة المنبعثة.[6، ص5]

العمليات	معدل انبعاث الرطوبة
أ–الشاغلون البالغون:	
عند النوم	0.04 كغم/ساعة.شخص
عند العمل	0.05 كغم/ساعة.شخص
ب–الاجهزة التي ليس لها تصريف للغازات المحترقة:	0.16 كغم/ساعة. كيلوواط حرارة
اجهزة حرق الغاز الطبيعي	
اجهزة حرق الكاز	0.10 كغم/ساعة.كيلوواط حرارة

4/5-1 اثر اختلاف كثافة الغازات والمواد

تجدر الاشارة الى ان كثافة بعض الغازات والابخرة تختلف الى حد كبير عن كثافة الهواء، حيث يمكن ان لايتم الامتزاج مع الهواء الخارجي بشكل جيد في المستويات المختلفة من هواء الفضاء، وينتج من ذلك ارتفاع تركيز الملوثات في بعض المناطق الى معدلات عالية وخطيرة بالرغم من توافر التهوية الكافية المحسوبة نظريا (ومثال ذلك مواقف المركبات المغلقة). ولتخفيف وازالة الملوثات يوصى بمزج الهواء جيدا داخل الفضاء الذي تتم تهويته، وتحديد معدل تدفق الهواء الخارجي اللازم للحد من تركيز الملوثات باستعمال المعادلة (5/5-6). ويوضح الجدول (3/5-1) الحد الاعلى المسموح به لتركيز الملوثات في هواء التهوية.[7، ص12-14]

الجدول 3/5-1: الحد الاعلى المسموح به لتركيز الملوثات في هواء التهوية.[7، ص5]

نوع الملوث	معدل التركيز السنوي			معدل التركيز للساعات		
	$\mu g/m^3$	ppm	المدة	$\mu g/m^3$	ppm	المدة
دقائق ذات قطر 10-2.5 مايكرومتر	50	-	سنة واحدة	150	-	24ساعة
دقائق ذات قطر اقل من 2.5 مايكرومتر	15	-	سنة واحدة	65	-	24ساعة
ثنائي اوكسيد الكبريت	80	0.03	سنة واحدة	365	0.14	24ساعة
احادي اوكسيد الكربون				40.000	35	ساعة واحدة
				10.000	9	8ساعات
عوامل مؤكسدة					0.08	8ساعات
الاوزون					0.12	ساعة واحدة
ثنائي اوكسيد النتروجين	100	0.053	سنة واحدة			

5/5-1 توافر الهواء اللازم لاجهزة حرق الوقود

يتبين مقدار الحاجة الى تجهيز أجهزة حرق الوقود بالهواء من خلال الحاجة الى توافر الهواء اللازم لاجهزة حرق الوقود لاغراض الاحتراق الاولي والهواء اللازم لتصريف الغازات المحترقة، مع الحاجة للتهوية للحد من تركيز نواتج الاحتراق داخل الفضاء وحصرها ضمن مستويات مقبولة، فضلا عن الحفاظ على درجة حرارة الهواء. وإن معدل تزويد الهواء الاولي لغايات الاحتراق الحر في الاجهزة المنزلية التي تحرق الوقود بدون مدخنة، وايضا الهواء الثانوي اللازم لتصريف الغازات بشكل جيد يتراوح مابين -1.1)

L/s(0.8لكل كيلو واط من القدرة الحرارية الخارجية للجهاز مع الاخذ بنظر الاعتبار الحالات التي تتدنى فيها فعالية الجهاز.[7، ص5]

كما اننا بحاجة الى ضبط تركيز نواتج الاحتراق، ويطبق هذا في الاجهزة ذات الاحتراق الحر (بدون مدخنة) حيث تبقى نواتج الاحتراق داخل الفضاء المركب فيه ذلك الجهاز. وتصنف هذه الاجهزة على الشكل التالي:

1- اجهزة ذات تشغيل متواصل كالمدافئ التي تعمل على الغاز او النفط.

2- اجهزة ذات تشغيل متقطع كالطباخات وسخانات الماء التي تعمل على الغاز.

والمعيار الاكثر شيوعا في تقدير معدلات التهوية اللازمة لهذه الاجهزة هو الذي يلزم لبقاء تركيز ثنائي اوكسيد الكربون دون نسبة 0.5%. اما بالنسبة للاجهزة التي تعمل بشكل مستمر فإن مستويات معدلات تزويد الهواء مشتقة من المعادلة (5/5-6) بمعرفة مكونات نواتج الاحتراق، انظر جدول (4/5-1). وتكفي المعدلات الدنيا من الهواء الخارجي للاجهزة التي تعمل على الغاز وذات تشغيل متقطع ولفترات زمنية محددة شريطة عدم تجاوز نسبة ثنائي اوكسيد الكربون 0.5% خلال فترة تشغيل تلك الاجهزة.

وينتج الغاز المصنع والغاز الطبيعي مامقداره 0.027 L/s من ثنائي اوكسيد الكربون لكل كيلو واط من الحرارة الناتجة من الاحتراق، وهذا يحتم استعمال المعادلة (7/5-6) لحساب معدلات الهواء المطلوب خلال فترة تشغيل الجهاز، ويجب معرفة حجم الفضاء لاستعماله في تلك المعادلة، حيث تزداد معدلات التهوية للقدرة الحرارية المعطاة مع نقصان حجم الفضاء.

وفضلا عن ماسبق يتعين توافر التهوية اللازمة لاجهزة التدفئة التي تركب في الاماكن المحصورة على وفق اعتبارات خاصة لمنع التسخين الزائد لتلك الاجهزة ومايحيط بها.

الجدول 4/5-1: معدلات الهواء المطلوب تزويده للاجهزة ذات الاحتراق الحر(بدون مدخنة) [6، ص6]

نوع الوقود	على اعتبار ان:	معدل تجهيز الهواء (L/s per kW)
الغاز الطبيعي	CO2<0.5%	5.4
الغاز المسال	CO2<0.5%	6.6
الكاز	CO2<0.5%	6.8
الكاز	SO2<5.0ppm	1.8

6/5-1 أُسس الاختيار بين التهوية الطبيعية والتهوية الميكانيكية

هناك طرائق عديدة للتهوية الميكانيكية، ولكن ابسطها هو احلال الهواء الخارجي مكان الهواء الذي يسحب من داخل الفضاء باستعمال مروحة، وفي هذه الحالة فأن وجود فتحة كافية لدخول الهواء الخارجي الى الفضاء يساعد في عمل المروحة بشكل مرضٍ.[8، ص11]

وتستعمل في أنظمة التهوية الميكانيكية الاكثر تعقيدا اقنية خاصة لتجهيز الهواء باستعمال مروحة مركزية، والميزة الاساسية لهذه الانظمة هي امكانية التحكم فيها، مع تجهيز التهوية لأي فضاء ضمن الحدود المطلوبة.[8، ص11]

وهناك عوامل عديدة مؤثرة في اسس الاختيار بين التهوية الطبيعية والتهوية الميكانيكية وكالتالي:

1- من العوامل الاساسية المؤثرة في عملية المفاضلة بين التهوية الطبيعية والتهوية الميكانيكية هو نوع الهواء المزود وكميته ومقدار امكانية التحكم فيه.

2- يجب ان تحدد معدلات الهواء المجهز المطلوب لكل فضاء داخل المبنى كل على حدة، وذلك طبقا للمعايير المذكورة في الفصل (4-2) و الجدول (4-1/3) من هذه المدونة.

3- عندما يقع المبنى أو فتحات التهوية في المبنى في منطقة سكون الرياح، بسبب المجاورات، ويطلب تجهيز الفضاء، بهواء خارجي نقي بصفة خاصة، فإنه يلزم أن يتم ذلك بطريقة (ميكانيكية) حتى يمكن تنقيته وتكييفه اذا لزم الامر. وكذلك يجب تنقية الهواء المطرود من الفضاء، اذا لزم، لتقليل تلوث الهواء الخارجي حيث يجب في مثل هذه الحالات استعمال طرائق التهوية الميكانيكية.

4- يمكن تصميم انظمة ميكانيكية مساعدة لتجهيز الفضاء بمعدلات مختارة من التهوية حينما تتغير معدلات التهوية الطبيعية بتغير الظروف المناخية وسرعة الرياح الخارجية، وكذلك بتغير وسائل وطرائق التحكم فيها واسلوب استعمالها من قبل الشاغلين. ويتأثر اختيار نوع نظام التهوية (ميكانيكي أو طبيعي) بمقدار التفاوت المقبول في معدلات التهوية اللازمة لاغراض التصميم.[8، ص14-15]

المراجع

[1] Croome, Derek J., "*Air Conditioning and Ventilating of Buildings*", Vol.1, Great Britain, 1981

[2] Awbi, H. B. "*Ventilation of Buildings*" E & FN Spon, an imprint of routledge, 1998

[3] Boutet, Terry, S, "*Controlling Air Movement*" McGraw-Hill Book, USA, 1987

[4] Givoni. B. "*Man, Climate and Architecture*", Elsevier Publishing Co., Limited, 1969

[5] Jones, W.P., "*Air Conditioning Engineering*", Third edition, Edward Arnold, 1985

[6] B.S.I. "*Code of Practice for Design of Buildings: Ventilation Principles and Designing for Natural Ventilation*" British standards institution, 1980

[7] ASHRAE standard "*Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*", American Society Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. 2007

[8] الجمعية العلمية الملكية، مركز بحوث البناء، "*كودة التهوية الطبيعية والاصول الصحية*"، مجلس البناء الوطني الاردني، 1992

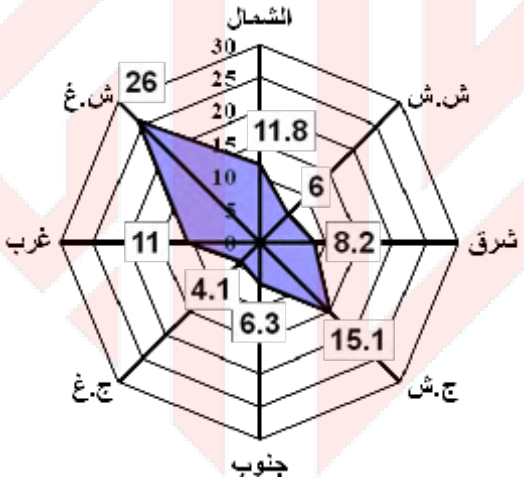
الباب الثاني
الرياح في البيئة المعمارية والحضرية

1-2 تمهيد

إن التحرك الهوائي الخارجي هو تغير في مواقع الهواء بغض النظر عن السبب او درجة التغير وهو ليس بالظاهرة الثابتة وانما تشتمل على تبادل (ديناميكي) للقوى فيها، حيث تمثل الرياح انتقال الكتل الهوائية في الاتجاه الافقي ويتحدد اتجاهها بجهة الافق التي تهب منها. وتعتمد حركتها على تباين تعرض سطح الارض للاشعاع الشمسي والخزين الحراري في مكونات مواد المنطقة الذي يؤدي الى احداث تغييرات في درجات حرارة وضغط الهواء المحيط فيسبب تباينا في الضغط يؤدي الى تحريك الهواء من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض. وتسمى حركة الرياح نسيماً حينما يكون التحرك الهوائي هادئاً.
ويعد هذا العنصر المناخي من اهم العناصر المؤثرة في ظروف البيئة الحضرية والمعمارية على حد سواء.

2-2 خصائص الرياح

لتحديد خصائص التحرك الهوائي الخارجي (الرياح) في أي موقع أو منطقة في الأرض يجب معرفة ما يسمى بوردة الرياح (Wind Rose) وهو رسم بياني يبين خصائص التكرار الموسمي أو اليومي لاتجاه وسرعة الرياح ويبين فترات السكون ويمكن الحصول على المعطيات المتعلقة بها من محطات الرصد الجوي.[1،ص207]



الشكل 2-1/2: يمثل نموذجاً لوردة الرياح (معدل سرعة واتجاه الرياح لمدينة بغداد لشهر كانون الثاني)

1/2-2 اتجاه الرياح

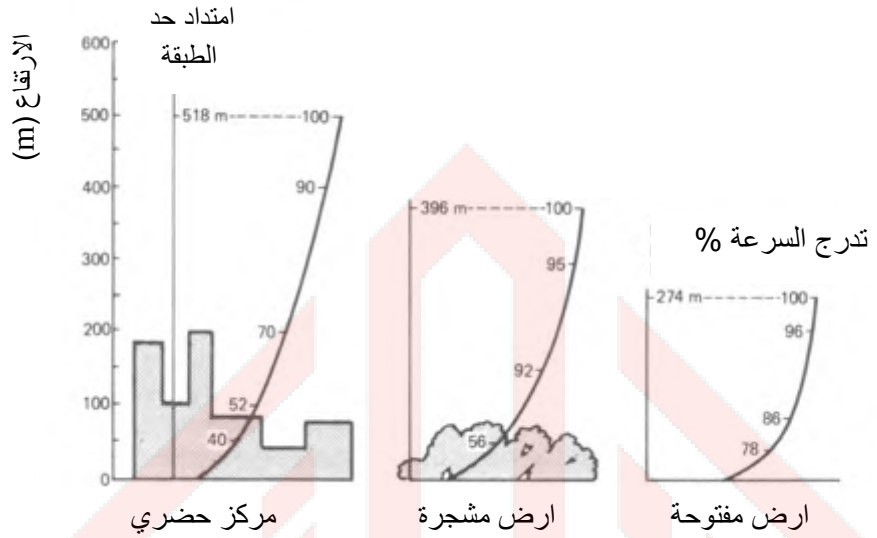
يعرف اتجاه الرياح باتجاه الأفق الذي تهب منه ويعبَر عنه بالدرجات مقاسة في اتجاه عقرب الساعة ابتداءً من الشمال الجغرافي أو بدلالة نقطة البوصلة (من الشمال المغناطيسي). وهو مقسم على ثمانية اتجاهات هي الاتجاهات الرئيسة المعتمدة في الإحصائيات المناخية الخاصة بالرياح حيث تقرب إليها اتجاهات فرعية تفصيلية محددة بالاتجاهات الأفقية على دائرة كاملة والتي تسجل في دوائر الرصد إلى الدرجة الكاملة كما يؤشرها مسجل الرياح. ويجري تمثيل التوزيع العام لاتجاهات الرياح في هذه المنطقة أو تلك بواسطة وردة الرياح. والاتجاهات الثمانية الأساسية هي الشمال والشمال الشرقي والشرق والجنوب الشرقي والجنوب والجنوب الغربي والغرب والشمال الغربي. وترسم وردة الرياح برسم الخطوط التي تمثل تكرار الاتجاهات الثمانية هذه بالتناسب مع أطوالها. انظر الشكل (2-1/2).

وإنَ اتجاه الرياح السائدة (Prevailing Wind) هو الاتجاه الأكثر شيوعا في مكان ما، كما تجدر الإشارة إلى أن هبوب الرياح السائدة لا يكون متواصلا إذ يحدث تغير في الاتجاه لفترات معينة وعليه فان الاتجاه السائد للرياح يبقى من أهم العوامل المؤثرة عند العملية التصميمية.[8،ص61]

2/2-2 سرعة الرياح

إنَ سرعة الرياح تزداد كلما ارتفعنا عن سطح الارض حيث تضعف تأثيرات قوى الاحتكاك، ويسمى معدل زيادة السرع مع الارتفاع بتدرج السرعة (Velocity Gradient) ويعتمد على خشونة الارض فتكون سرعة الرياح اكبر على سطح الارض الملساء وعلى المياه من سرعتها على الغابات او المدن مع تنوع ارتفاعات المباني. وهناك ثلاثة تدرجات نموذجية لزيادة سرعة الرياح كما هو مبين في الشكل (2-2/2). [1،ص208]

إن القياس الفعلي لسرعة الرياح هو متوسط مجموع سرعاتها لفترة طويلة من الزمن وذلك لان الرياح دائمة التقلب وسرعتها في حالة تغير مستمر. وحيث أن سرعة الرياح تزداد مع الارتفاع فان على المصمم أن يأخذ بعين الاعتبار النقص في سرعتها عند المستويات المنخفضة عن مستوى قياسها. وتقاس سرعة الرياح إما باستعمال مروحة مقياس شدة الرياح (Propeller Anemometer) أو باستعمال انبوب بيتو (Pitot Tube)، اما اتجاهها فيتم تعيينه بريشة الرياح (Wind Vane). وتسجل سرع الرياح الحرة عادة في ارض منبسطة ومفتوحة على ارتفاع 10m اما عند قياسها في الارض الحضرية فتؤخذ على ارتفاع ما بين (10-20)m لتجنب الحواجز، اما السرع بالقرب من سطح الارض فهي اقل اهمية من سرع الرياح الحرة. [2،ص17]



الشكل 2-2/2: اختلاف سرعة الرياح باختلاف طبيعة سطح الموقع[1،ص208]

3-2 التحرك الهوائي

يمكن تقسيم التحرك الهوائي بناءً على طبيعة موقعه من المباني على نوعين: التحرك الهوائي الخارجي والتحرك الهوائي الداخلي. ان حركة الهواء لها تأثير على شعور الانسان بالراحة الحرارية، ويعتمد هذا التأثير على سرعة التيار الهوائي، فحينما يكون الانسان داخل المباني فانه لايتأثر بتيار هوائي تقل سرعته عن (0.1m/s) وتعد السرعة (1m/s) ملائمة داخل المباني، اما السرعة الأعلى فتكون غير ملائمة، ولحالة الفضاءات الخارجية فان سرعة الهواء الملائمة للراحة الحرارية للانسان وفي المناخ الحار الجاف تتراوح بين (3.5-1m/s)[3،ص20]

تؤثر سرعة الهواء في الفضاء الداخلي في الجسم البشري فتسبب:

1- زيادة التبادل الحراري بين سطح الجسم والبيئة المحيطة بطريقة الحمل.

2- زيادة نسبة تبخر الرطوبة من الجسم إلى الهواء الداخلي، وبالتالي تؤثر في فعالية التبريد بواسطة التعرق.[4،ص120]

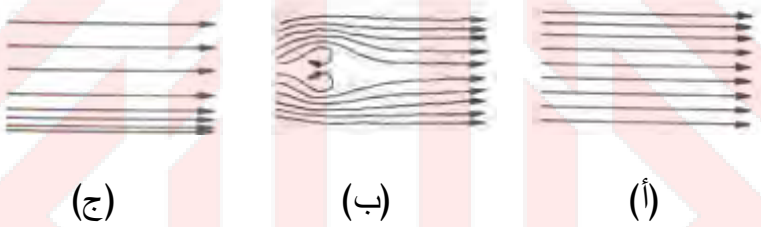
1/3-2 المبادئ العامة للتحرك الهوائي

تقسم انماط حركة جريان الهواء الى ثلاثة اصناف وكالتالي:

1- يتمثل الصنف الاول في حركة الهواء بشكل طبقات متجاورة ومتوازية فوق بعضها البعض بسبب قلة الاضطراب الداخلي ويسمى هذا الصنف بجريان الهواء الانسيابي (Laminar Air Movement) .

2- أما الصنف الثاني فعندما تقوم العوائق الخارجية بزيادة الاضطراب الداخلي لتيارات الهواء تصبح حركة الهواء ذات نمط عشوائي، لكن يبقى الهواء يتحرك بنفس الاتجاه فيتكون مايسمى بحركة الهواء المضطربة (Turbulent Air Movement).

3- أما الصنف الثالث فينتج من عملية الاحتكاك التي تقلل من سرعة الهواء المجاور للسطوح الخشنة في حين تبقى تيارات الهواء البعيدة عن هذه السطوح محافظة على سرعتها فيتكون الصنف الثالث من انماط مختلفة لجريان الهواء ويسمى الجريان المنفصل (Separated Air Movement)، انظر الشكل (2-3/3) .



(ج) (ب) (أ)

الشكل 2-3/3: انماط حركة الهواء (أ) الانسيابي (ب) المضطرب (ج) المنفصل[5،ص42]

ويمكن لحركة الهواء ان تتغير من صنف الى آخر مع الوقت تبعا لحركتها على السطوح المختلفة من تضاريس ومبانٍ ونباتات. وقد تختلف انماط الهواء في مستواها الافقي عن مستواها العمودي في تصنيف حركة الهواء أو قد يقع المستويان تحت صنف واحد.

وهناك عوامل رئيسة مؤثرة في حركة الهواء وهي كالتالي:

اولا- القصور الذاتي (Inertia): إنَ للهواء المتحرك قصوراً ذاتياً، فاذا كان سيره باتجاه معين فأنه سيستمر في نفس الاتجاه إلاَ إذا صادف مايبعده عن مساره الأصلي كالمباني او التضاريس او الاشجار او الاثاث ..الخ، وعندما يتغير إتجاه حركة الهواء ستقل سرعته.

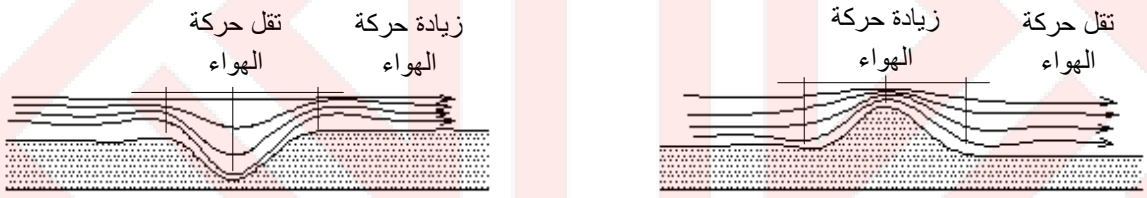
ثانيا- الإحتكاك (Friction): إنَ حركة الهواء على الاراضي ذات التضاريس المتنوعة وعلى المياه والمباني تولَد احتكاكاً معها يقلل من سرعة حركة الهواء، كما يمكن ان يغيَر من انماط جريان الهواء فقد تتدرج سرعة الهواء بسبب الاحتكاك مع السطوح الخشنة للارض فتقل قرب سطح الارض في حين يبقى الهواء المرتفع عن سطح الارض محافظا على سرعته.

ثالثا- التفاضلات (Differentials): تتكون حركة الهواء نتيجة الاختلاف بين قوى الطفو والضغط ويمكن ان تعمل القوتان منفصلتين او تعملان معا في التأثير في حركة الهواء، حيث يتحرك الهواء من مناطق الطفو الموجبة (حيث تكون كثافة الهواء عالية) الى مناطق الطفو السالبة (حيث تكون كثافة الهواء منخفضة) او من المناطق ذات الضغط الموجب الى المناطق ذات الضغط السالب.[5،ص41-44]

4-2 العوامل المؤثرة في التحرك الهوائي في البيئة الحضرية

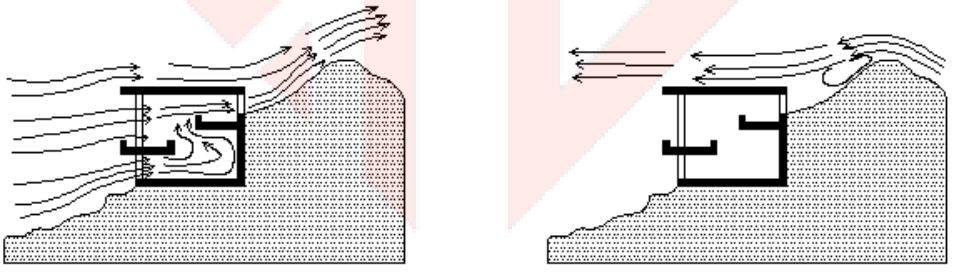
1/4-2 تأثير التضاريس (اشكال الارض)

ان حركة الهواء تتأصل فيها صفتا التقلب والاضطراب حتى ان حدثت على أكثر السطوح نعومة، وكلما زادت خشونة الارض زاد اضطراب جريان الهواء الملامس للارض، لكن الجزء الرئيس من حركة الهواء يستمر عادة بالاتجاه الاولي على الرغم من التقلبات والاضطرابات. فقد تؤدي اشكال سطح الارض الى انحراف جريان الهواء او تعوق حركته او تغير نمط جريانه وتقلل سرعته بالاحتكاك، كما يمكن ان تؤثر في كميته ونوعيته. وتختلف درجة التأثير تبعا لاختلاف التضاريس وشكلها اذا كانت مقعرة او محدبة (كالتلال والجبال والوديان). فالسطوح المقعرة تجذب جريان الهواء اليها في حين أن السطوح المحدبة تطرد جريان الهواء، انظر الشكل (2-4/4).



الشكل 2-4/4: تأثير تغير السطوح المحدبة والمقعرة على سرعة حركة الهواء[5،ص44]

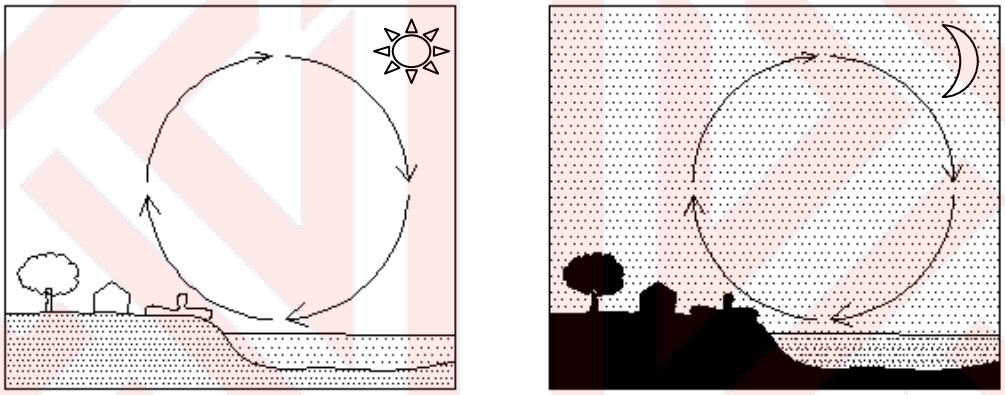
ويمكن ان يستفيد المصمم من هذه الخصائص بزيادة تعرض المباني للهواء او تقليلها بحسب متطلبات التصميم. فقد يتم توقيع المباني باتجاه الرياح الصاعدة على منحدر لزيادة تأثير رياح معينة مطلوبة وبطريقة مماثلة فأن الجهة المعاكسة من التل يمكن ان تساعد في حجب الرياح غير المرغوب فيها عن المباني، كما يمكن ان يكون الوادي ذا فائدة بنفس الطريقة، كما هو مبين في الشكل (2-5/4).[5،ص 47- 45]



(ب) (أ)

الشكل 2-5/4: تأثير توقيع المباني في زيادة او تقليل التعرض للرياح[5،ص47]

ولاتؤثر اشكال سطح الارض فقط في السرعة الفيزياوية للهواء واتجاهه ولكنها قد تؤثر في نوعيته على مستوى المناخ المتوسط (Meso-Climate) فيمكن ان يكتسب الهواء الحرارة من الارض او يفقدها وقد يكتسب الرطوبة منها او يفقدها. فحرارة التربة مثلا ترتفع اسرع من المياه خلال النهار فينتقل الهواء البارد من فوق المياه الى الارض المجاورة لها بعد ارتفاع الهواء الحار عن الارض وبذلك فان حركة الهواء تنتج بسبب وجود المياه (ذات الحرارة النوعية العالية واختلاف الحرارة النوعية للارض وكذلك اختلاف لون غطاء الارض)، وللتوضيح فإن الماء يحتفظ بالحرارة مدة اطول من التربة عندها تحصل حركة عكسية للهواء خلال الليل حيث يرتفع الهواء الحار فوق الماء ليحل محله الهواء البارد الذي ينتقل من الارض نحو المياه. انظر الشكل (6/4-2)[5،ص76]



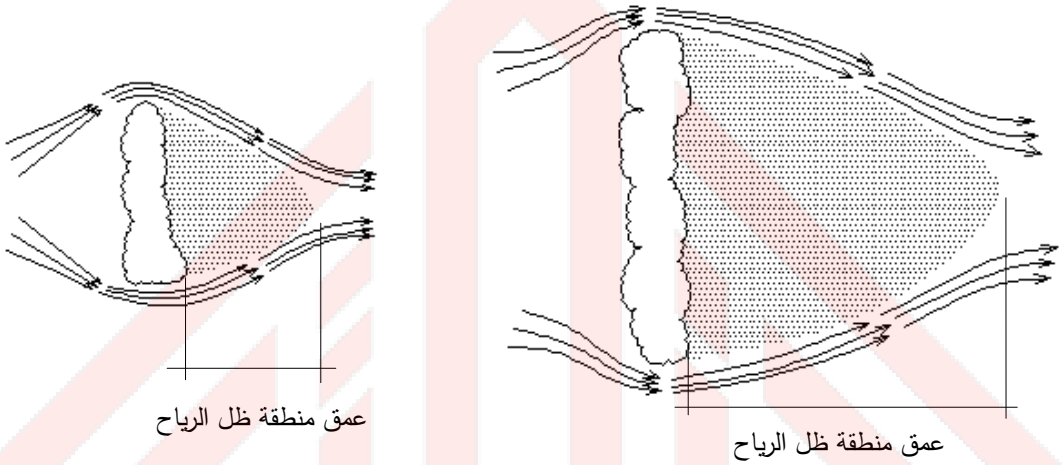
الشكل 6/4-2: دورة حركة الهواء بين الارض والمياه[5،ص76]

2/4-2 تأثير الغطاء النباتي

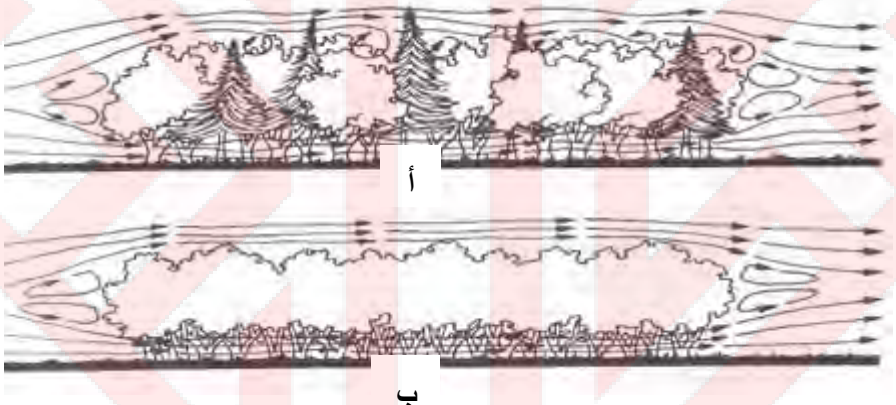
ان للنباتات اثراً كبيراً في السيطرة على حركة الهواء وسرعته ونمطه ونوعيته، حيث تعمل على ازالة الغبار والدقائق وامتصاص ثنائي اوكسيد الكربون وتقليل الحرارة في الهواء، كما انها تضيف الرطوبة والاوكسجين للهواء. وتعمل النباتات على تقليل سرعة وكمية الهواء المار خلالها، فضلا عن تكييف الهواء المار تحت ظلال الاشجار والنباتات وذلك بمنع وصول اشعة الشمس للمنطقة التي في اسفل الاشجار حيث يصل حوالي 5% من اشعة الشمس الى سطح الارض فيكون الهواء تحت ظلال الاشجار اقل حرارة. وللنباتات دور يميزها عن باقي الاجسام المادية التي تكون ظلالاً، وهو انها تعمل على تبريد الهواء المحيط بها باضافة الرطوبة اليه بعملية تسمى النتح وهذه الرطوبة المضافة للهواء تعطي احساساً بالبرودة.

ويعتمد مدى تأثير النباتات في الهواء على خصائص هذه النباتات من نوع وشكل وكثافة وارتفاع وموقع حيث يؤثر عرض المنطقة المزروعة بالنباتات (الاشجار) المتجاورة على عرض منطقة ظل الرياح (Calm Area) اما طول منطقة ظل الرياح فيتحدد بارتفاع النباتات وشكل القمة، ويبين الشكل (7/4-2) تأثير عرض

المناطق الخضراء (النباتات) على عمق منطقة ظل الرياح وليس طوله. ويبين الشكل (2--8/4أ) و (2-8/4-ب) أثر توزيع النبات وكثافته في تقليل سرعة الهواء.[5،ص47-50]



الشكل 2-7/4: اثر عرض المناطق الخضراء (النباتات) على عرض منطقة ظل الرياح[5،ص49]



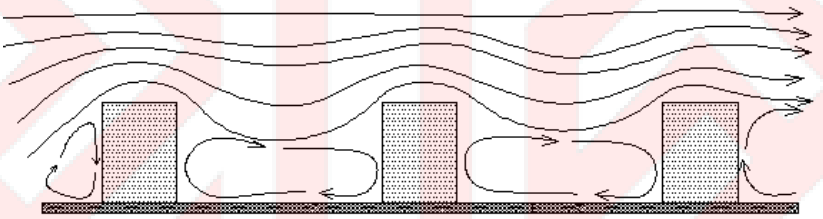
الشكل 2-8/4: اثر توزيع أصناف النبات غير المنتظم"أ" والمنتظم "ب" وكثافتها في سرعة الهواء[5،ص49]

3/4-2 تأثير الكتل البنائية

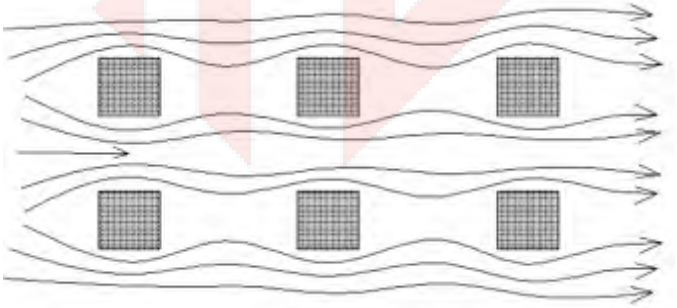
يتغير نمط الرياح وسرعتها في مراكز المدن بشكل خاص، لان بامكان اية مجموعة من المباني العالية ان تمنع الجريان الحر للهواء أو تغير اتجاهه. وتساعد الفروق الحرارية بين السطوح المظللة وتباين الارتفاعات في المباني واشكالها وتوجيهها على خلق نمط رياح خاص بها. وبذلك تختلف ظروف المناخ المصغر من حيث تعرضها للرياح بحسب نمط تجميع الكتل البنائية ضمن الموقع اضافة الى كثافة التجميع

وارتفاع الكتل البنائية. فكثافة المباني وارتفاعاتها تسبب زيادة كل من الخشونة السطحية للمنطقة ككل واصطدام الرياح بها، ممَا يقلل من سرعتها ويغير اتجاهها ويجعلها غير منتظمة في المسار والشدة نتيجة للفرق الكبير بين ارتفاع المباني عن سطح الشارع ويتأثر عدم الانتظام هذا ايضا بتوقيع المباني مما يسبب اضطرابات هوائية. وتعمل الشوارع ذات المباني المرتفعة على طرفيها عمل الانفاق فتزيد من سرعة الرياح اذا كانت موازية لاتجاهها، اما اذا كانت مرتبة بعكس اتجاه الرياح فإنها تؤدي الى تقليل سرعة الرياح. وتتغير السرعة داخل مجرى الشارع نفسه، فهي تكون على اوجها في وسطه وتصل الى 90% من سرعتها عند الارصفة والى 45% من سرعتها في حالة الارصفة المحمية برواق.[4 ،ص95]

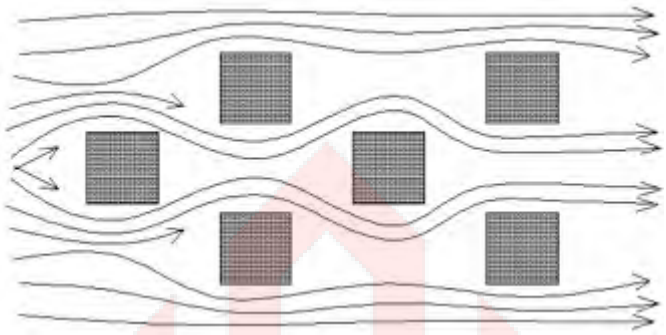
وهناك تأثير تبادلي للمبنى (مع المباني المجاورة له) على حركة الهواء. ويتغير هذا التأثير التبادلي بحسب رصف المباني. فاذا كانت المباني بشكل صف واحد فانها تشكل جيوب اضطراب ذات حركة هواء قليلة بقفزات غير اعتيادية، ويوضح الشكل (2-9/4) ان المباني المرتبة بشكل صف واحد تتكون لها مناطق ظل رياح، فضلا عن تشكيل دوامات قريبة من الارض في الفضاءات الكائنة بينها. وهذا يؤدي الى ان المباني لا تستلم حركة هواء كبيرة. اما توقيع المباني بشكل صفوف خطية فانه سيمنع التحرك الهوائي بين المباني وكما مبين في الشكل (2-10/4) وفي حالة توقيعها بشكل تبادلي سيتعرض كل مبنى لحركة هواء متغيرة، انظر الشكل (2-11/4). وبتاثر نمط وسرعة جريان الهواء بمواقع المباني المختلفة وبتنوع العلائق بينها ومواقعها مع بعض.[5،ص82-84]



الشكل 2-9/4: اثر ترتيب المباني بشكل صف واحد على حركة الهواء بين المباني[5،ص83]



الشكل 2-10/4: اثر ترتيب المباني بشكل صفوف خطية على حركة الهواء بين المباني [5،ص83]



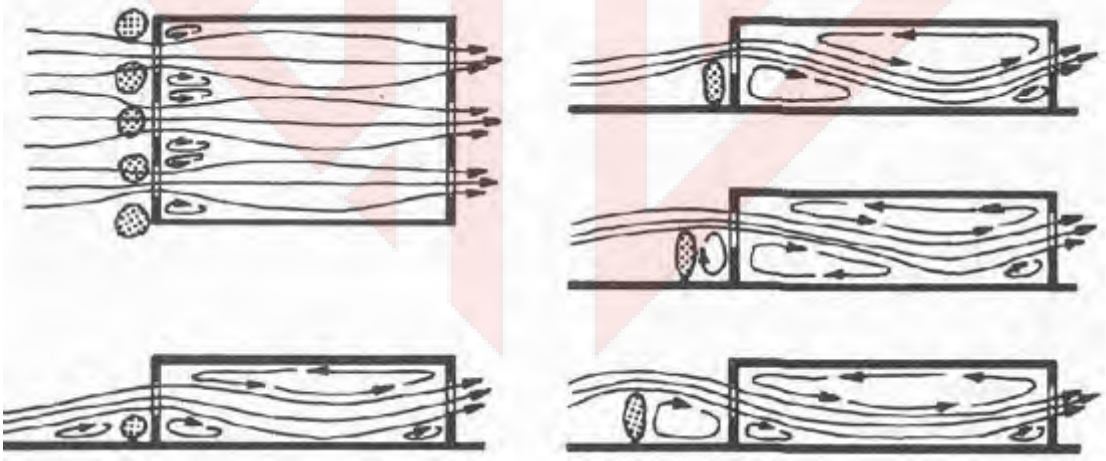
الشكل 2-11/4: اثر الترتيب التبادلي للمباني على حركة الهواء حول المباني [5،ص83]

كما يمكن لنوعية مواد الارضيات والوانها ومسامها ان تسبب تغيراً في حركة الهواء في أي منطقة وذلك بسبب تباين ارتفاع درجات الحرارة بين هذه المواد مما يؤدي الى تباين في درجة حرارة الهواء الملامس لها فتحصل حركة هواء من مناطق الضغط الموجب الى منطقة الضغط السالب.[4،ص95]

2-5 العوامل المؤثرة في التحرك الهوائي في البيئة المعمارية

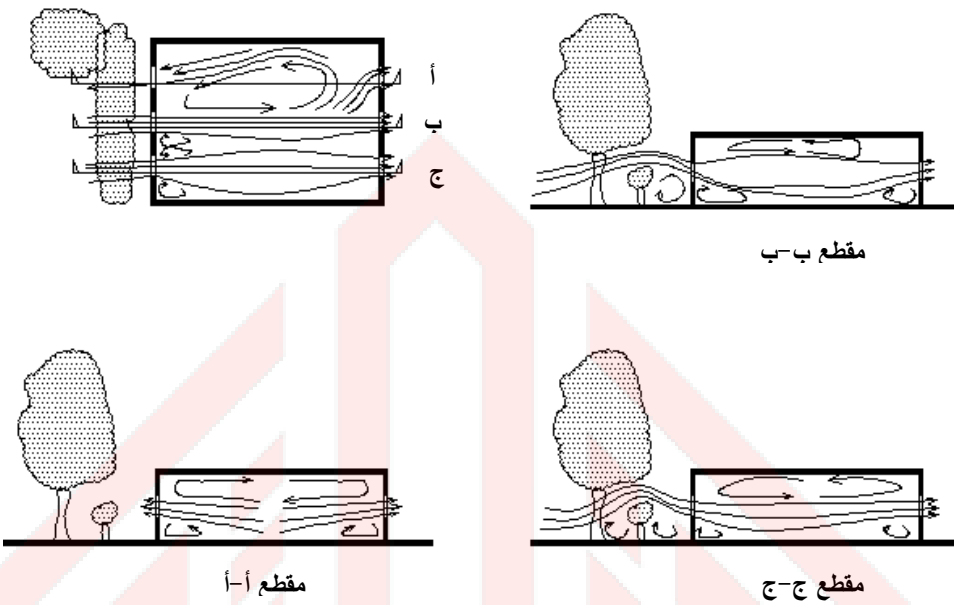
2-5/1 تأثير النباتات

تؤثر الأشجار والشجيرات في بيئة المناخ المصغر داخل وخارج المبنى فهي تعمل كمانع للرياح وتحسن نوعية الهواء. كما يمكن السيطرة على حركة الهواء الداخلية باختيار نوع المزروعات المناسبة وكثافتها علاوة على نمط توقيعها قرب فتحات المباني، فقد تزيد المزروعات من سرعة الجريان الهوائي خلال المبنى أو تقلله. ويبين الشكل (2-12/5) اثر شجيرات بارتفاع 0.90m و 1.80m بأختلاف بعدها عن المبنى على حركة الهواء الداخلي للمبنى، اما الشكل (2-13/5) فيوضح التكاملية في سياج من شجيرات بارتفاعات قليلة مع اشجار بارتفاعات عالية على توجيه حركة الهواء الى داخل المبنى.[5،ص142-147]



الشكل 2-12/5: اثر ارتفاع الشجيرات بأختلاف بعدها عن المبنى على حركة الهواء الداخلي للمبنى

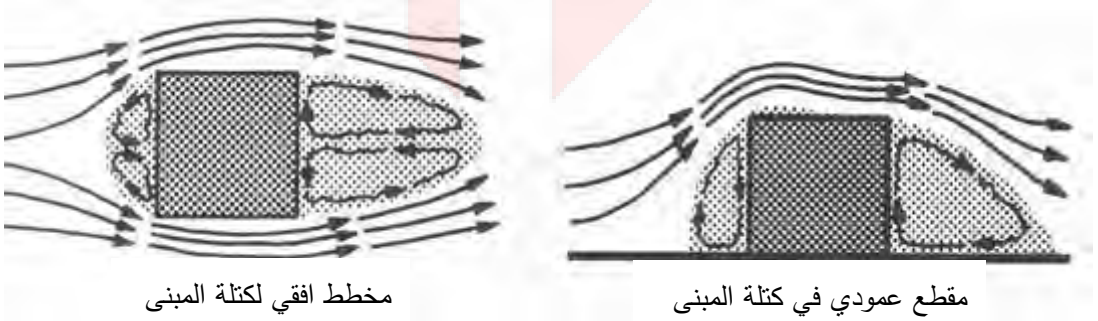
[5،ص143]



الشكل 2-13/5: اثر ارتفاع سياج من شجيرات باختلاف أبعادها عن المبنى على حركة الهواء داخل المبنى [5،ص145]

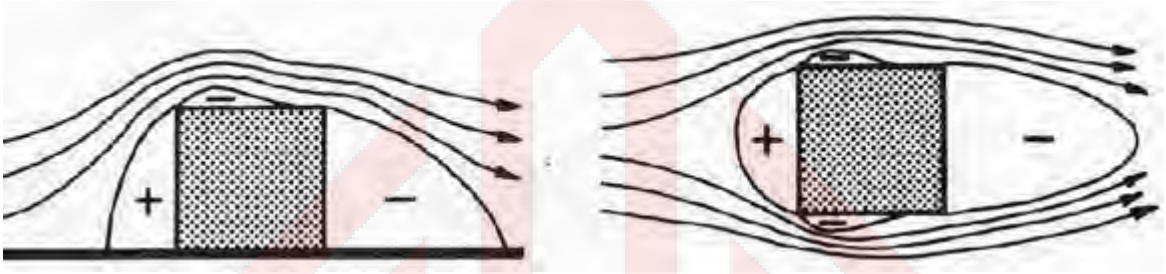
2-5/2 تأثير التفاصيل المعمارية للمبنى

ان المباني تحرف وتعوق وتوجه حركة الهواء حولها، كما يمكنها ان تقلل أو تعجل سرعة جريان الهواء حيث يؤثر كل من شكل المبنى وتوجيهه وارتفاعه وبروزاته وشكل سقفه وغيرها من التفاصيل المعمارية في السيطرة على حركة الهواء وسرعته وانماطه. وهذه العوامل تغير نوعية البيئة الخارجية والداخلية للمبنى فضلا عن تأثيرها في استهلاك الطاقة. حيث ينحرف جريان الهواء فوق وحول المباني مكونا انماطا هوائية واضحة، فعندما تصطدم الرياح بواجهة المبنى فانها تنقسم الى ثلاثة اقسام قسم يتجه نحو الاعلى والقسمان الآخران يلتفان حول اسفل المبنى مكونين دوامة هواء على الارض ويتجهان نحو اركان المبنى. وتتكون مناطق ظل الرياح (Calm Areas) امام واجهة المبنى المواجهة للرياح مع دوامات هوائية في الواجهة المعاكسة لاتجاه الرياح في حالة كون سرعة الهواء كبيرة اما اذا كانت سرعة الهواء قليلة فستصبح مناطق ظل الهواء ساكنة وكما موضح في الشكل(2-14/5). [5،ص50]



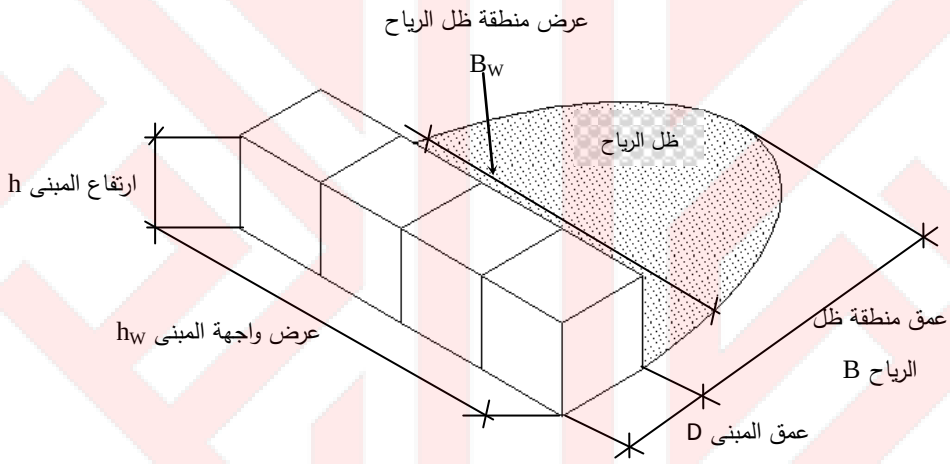
الشكل 2-14/5: مناطق الدوامات ومناطق ظل الرياح والتيارات المعاكسة حول المباني[5،ص1]

ان اصطدام الرياح بالمبنى يؤدي الى تغير نمط جريان الهواء حول المبنى فتتشكل مناطق ضغط سالب على الجوانب وبالاتجاه المعاكس لاتجاه الرياح للمبنى. انظر الشكل (2-15/5).[5 ،ص52]



الشكل 2-15/5: مناطق الضغط الموجب والسالب حول المبنى [5،ص86]

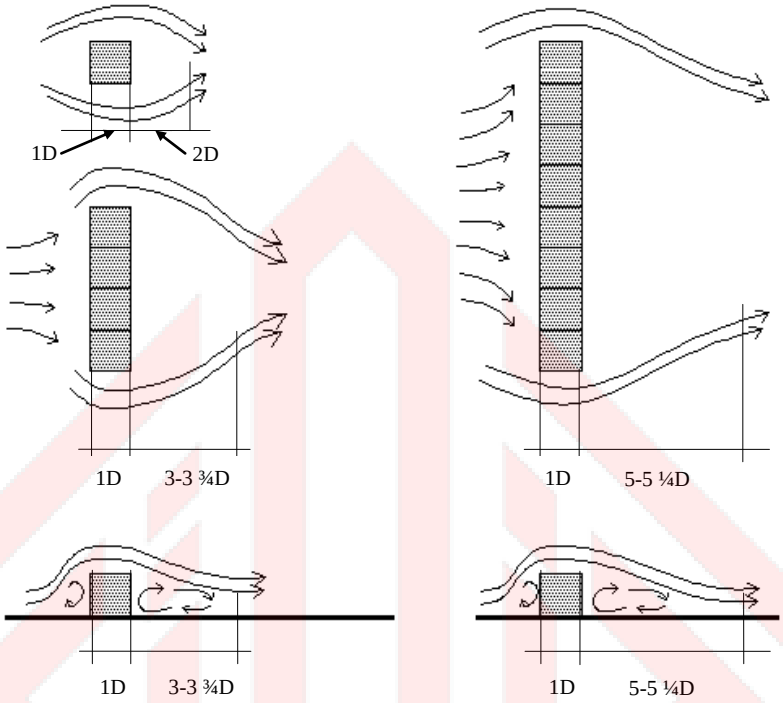
وعلى الرغم من وجود عدد كبير من خيارات اشكال المباني وتوجيهها فان هناك مبادئ اولية لدراسة حركة الهواء باشكال مبسطة تعتمد على وحدة اساسية يرمز لها بالحرف (D) الذي يمثل عمق المبنى، وكما مبين في الشكل (2-16/5).[5 ،ص56-57]



الشكل 2-16/5: الأبعاد الأساسية لأشكال المبنى [5،ص57]

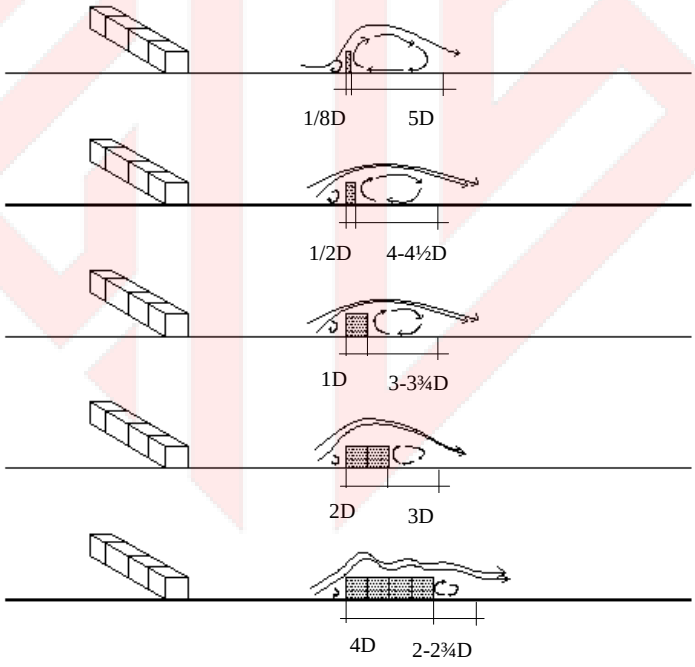
وهناك تأثيرات متنوعة لاشكال المباني وتوجيهها وارتفاعاتها واشكال السقف على حركة الهواء الخارجي حيث ان مساحة منطقة ظل الرياح في الجهة المعاكسة لاتجاه الرياح تتحدد بكل من ارتفاع المبنى وعرض واجهته المقابلة للرياح، ومع ذلك عندما يصبح عرض واجهة المبنى بقدر تسعة اضعاف الارتفاع فان العرض يفقد تأثيره في تغيير نمط الهواء ويصبح الارتفاع هو العامل المسيطر.وفيما يلي عدد من العوامل المؤثرة في حركة الهواء الخارجي للمبنى [5،ص56-57]:

أ- عرض واجهة المبنى: كلما زاد عرض واجهة المبنى زاد عرض وعمق منطقة ظل الرياح بثبات ارتفاع المبنى والشكل (2-17/5) يبين ذلك.



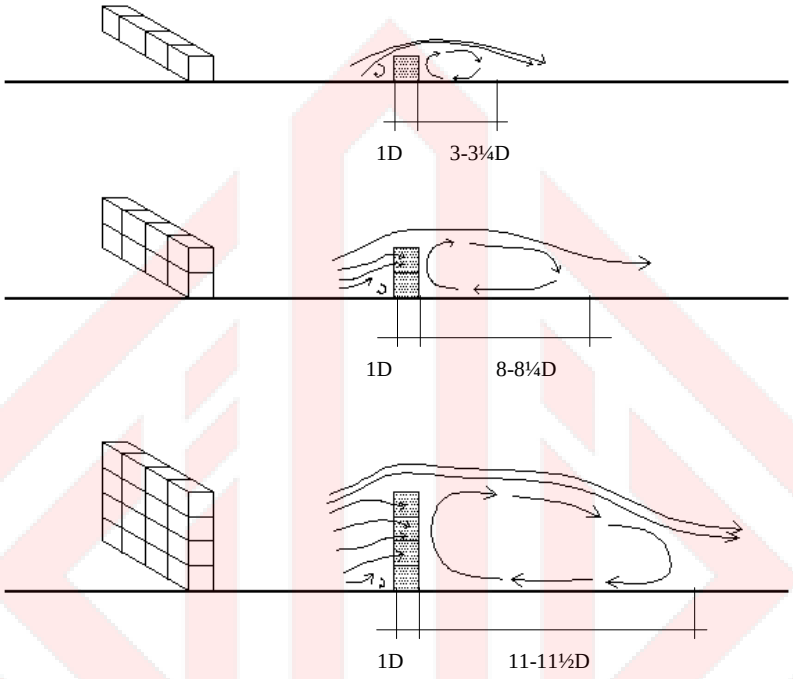
الشكل 2-5/17: اثر عرض واجهة المبنى على عرض وعمق منطقة ظل الرياح بثبات ارتفاع المبنى[5،ص59]

ب–عمق المبنى (سمكه): كلما قل سمك كتلة معينة تصطدم بها الرياح (كجدار) زاد عمق منطقة ظل الرياح والعكس صحيح والشكل (2-5/18) يوضح ذلك.



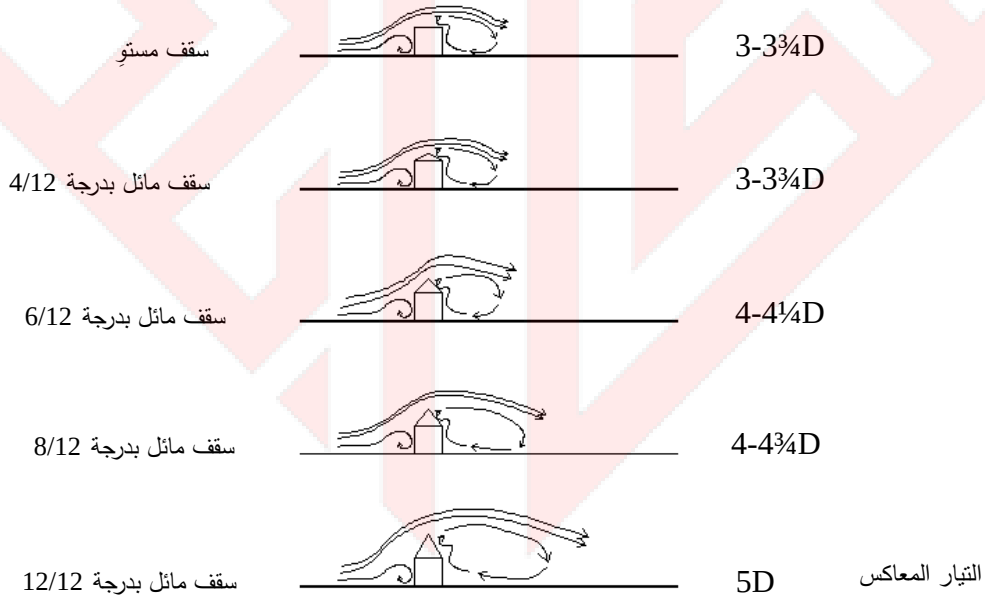
الشكل 2-5/18: اثر سمك كتلة معينة (كجدار) على عمق منطقة ظل الرياح [5،ص57]

ج- ارتفاع المبنى: المباني العالية تكون مناطق ظل رياح ذات عمق اكبر مقارنة بالمباني قليلة الارتفاع والشكل (2-19/5) يوضح ذلك.



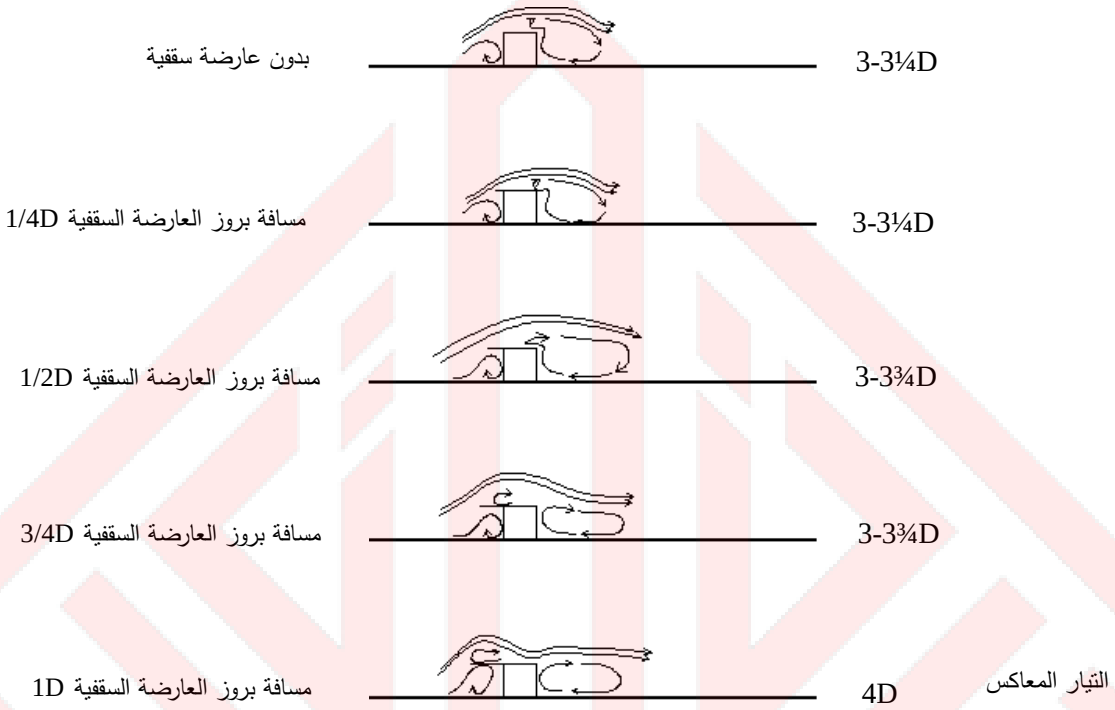
الشكل 2-19/5: اثر ارتفاع المبنى على عمق منطقة ظل الرياح [5،ص62]

د- شكل السقف: كلما زاد ميلان السقف زاد ارتفاع وعمق منطقة ظل الرياح والشكل (2-20/5) يوضح ذلك.



الشكل 2-20/5: اثر ميلان السقف على ارتفاع وعمق منطقة ظل الرياح [5،ص64]

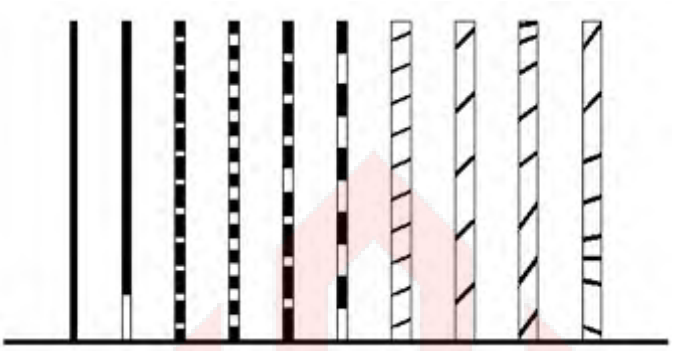
هـ- بروزات المبنى: كلما زاد علو البروز زاد حجم التيار المعاكس بعكس اتجاه الرياح والشكل (2-21/5) يوضح ذلك.



الشكل 2-21/5: اثر طول البروز على حجم التيار المعاكس بعكس اتجاه الرياح [5،ص70]

3/5-2 تأثير الاسيجة

تؤثر الاسيجة في جريان الهواء وتغير انماطه وتقلل او تزيد جريانه، لذا يجب ان تؤخذ عدة اعتبارات في تصميم سياج المبنى من حيث الشكل والموقع، ويبين الشكل (2-22/5) اشكال مقاطع أسيجة تم اختبارها، في دراسات عدة أجريت لمعرفة تأثيرها في تقليل أو زيادة جريان الهواء وتغيير انماط حركة الهواء. وقد آشارت نتائج هذه الدراسات الى أنَ هناك خصيصتين رئيستين تؤثران في حركة الهواء وهما ارتفاع السياج الذي يحدد نمط وسرعة جريان الهواء بالقرب من السياج، ومسامية السياج (نفاذيته للهواء) التي تؤثر في اتجاه حركة الهواء.[5 ،ص78]



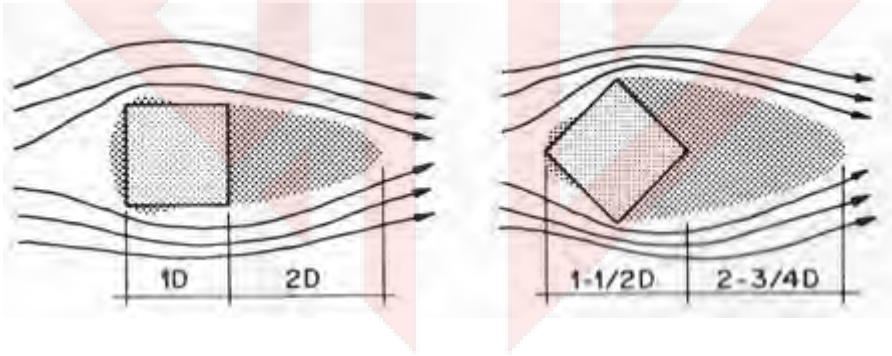
الشكل 2-22/5: اشكال مقاطع الاسيجة التي تم اختبارها لتحديد اثرها في حركة الهواء [5،ص79]

4/5-2 تأثير اتجاه المبنى

ينحرف الهواء فوق وحول حافات المباني مكونا مناطق اختلاف بالضغط تسمى مناطق ظل أو سكون الرياح (Calm Areas) او التيار المعاكس (Eddy)، وهي مناطق ضغط موجب وسالب. فيكون الضغط موجباً في المنطقة المواجهة للرياح عندما يرتفع الهواء الى الاعلى مسببا تخفيف سرعة جريان الهواء اما مناطق الضغط السالب فتتكون بالاتجاه المعاكس للرياح وفي جوانب المبنى بسبب قلة كثافة الهواء. وتعتبر هذه المناطق مثالية لفتحات المبنى لمساعدتها في تحقيق التهوية الطبيعية خلال المبنى[5،ص85]

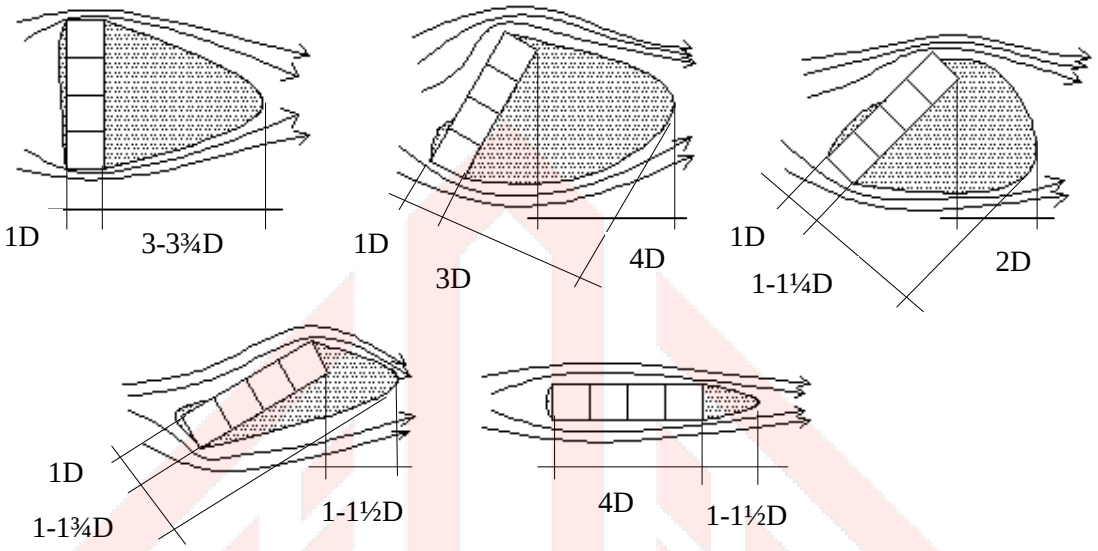
وفيما يلي عرض للاشكال الاساسية لمساقط المباني وأثر تغيير توجيهها على حركة الهواء حول المبنى التي ستؤثر على حركته داخل المبنى:-

أ- الشكل المربع: تتغير أبعاد منطقة الظل (السكون) الهوائي بتغير اتجاه المبنى نسبة الى اتجاه الرياح، انظر الشكل (2-23/5).



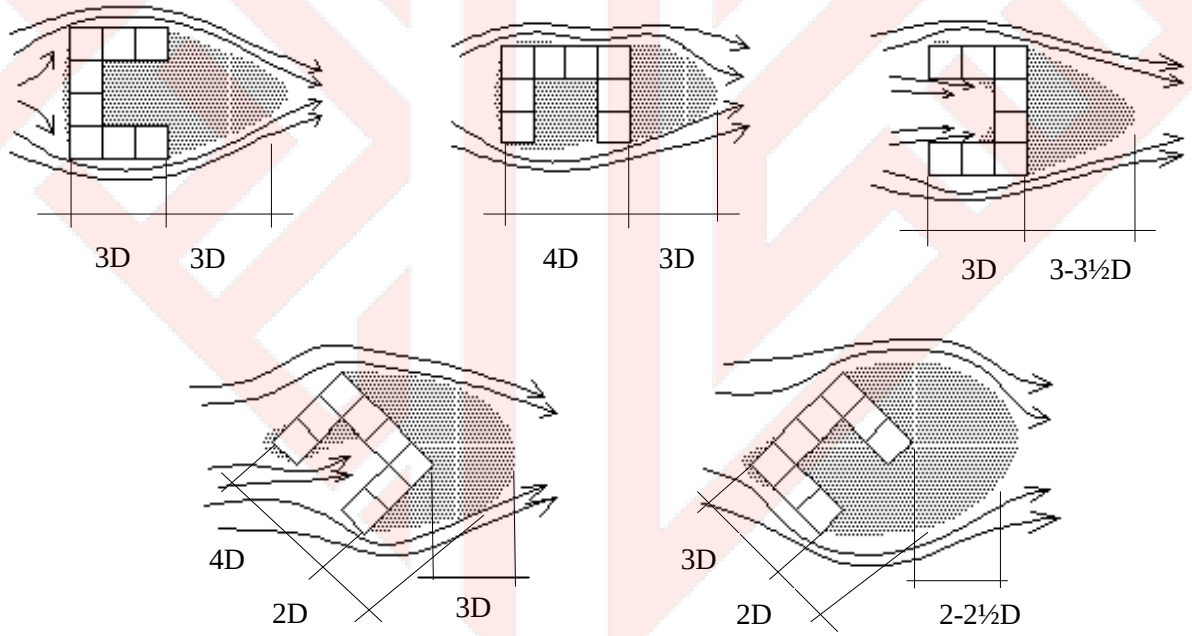
الشكل 2-23/5: تأثير تغيير توجيه المبنى المربع الشكل على حركة الهواء [5،ص58]

ب- الاشكال الطولية: المباني ذات الاشكال الطولية تكون مناطق ظل (سكون) متنوعة القياسات اعتمادا ميلانها نسبةً الى اتجاه حركة الهواء، انظر الشكل (2-24/5).



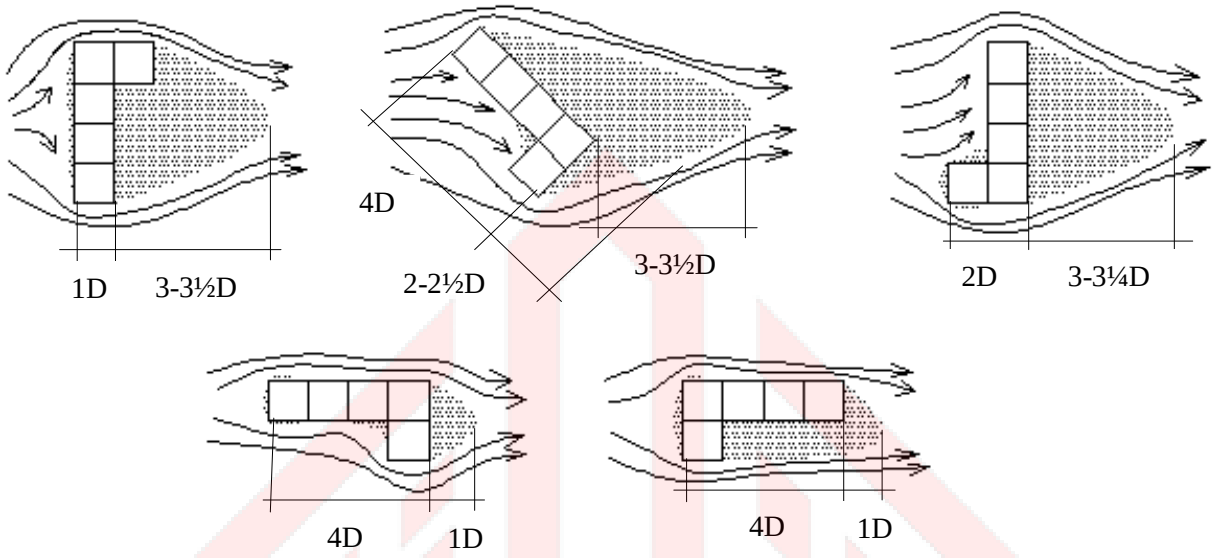
الشكل 2-5/24: اثر المباني ذات الاشكال الطولية على اتجاه حركة الهواء [5،ص61]

ج- الشكل **U:** المباني ذات الشكل **U** تكون منطقة ظل الرياح ذات عمقٍ مساوٍ تقريباً الى عمق المبنى نفسه بغض النظر عن اتجاهها لكن توجيهها (إمالتها) يؤثر في زيادة حركة الهواء خلال المبنى او تقليله، انظر الشكل (2-5/25).



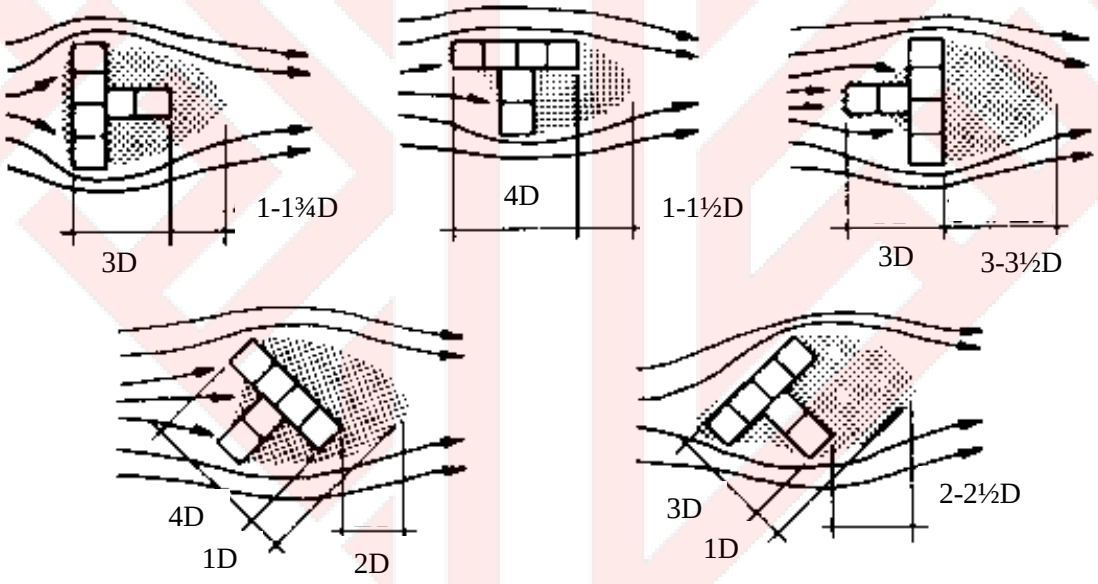
الشكل 2-5/25: اثر المباني ذات الشكل U على حركة الهواء حول المبنى [5،ص61]

د- الشكل **L:** المباني ذات الشكل **L** مشابهة للمباني الطولية، حيث يتنوع قياس منطقة ظل الرياح بتنوع ميلانها نسبةً الى اتجاه جريان الهواء، انظر الشكل (2-5/26).



الشكل 2-5/26: اثر المباني ذات الشكل L على حركة الهواء حول المبنى [5،ص61]

هـ- الشكل T: المباني ذات الشكل T تكون مناطق سكون متقاربة في المساحة بغض النظر عن اتجاه ميلانها، انظر الشكل (2-5/27).

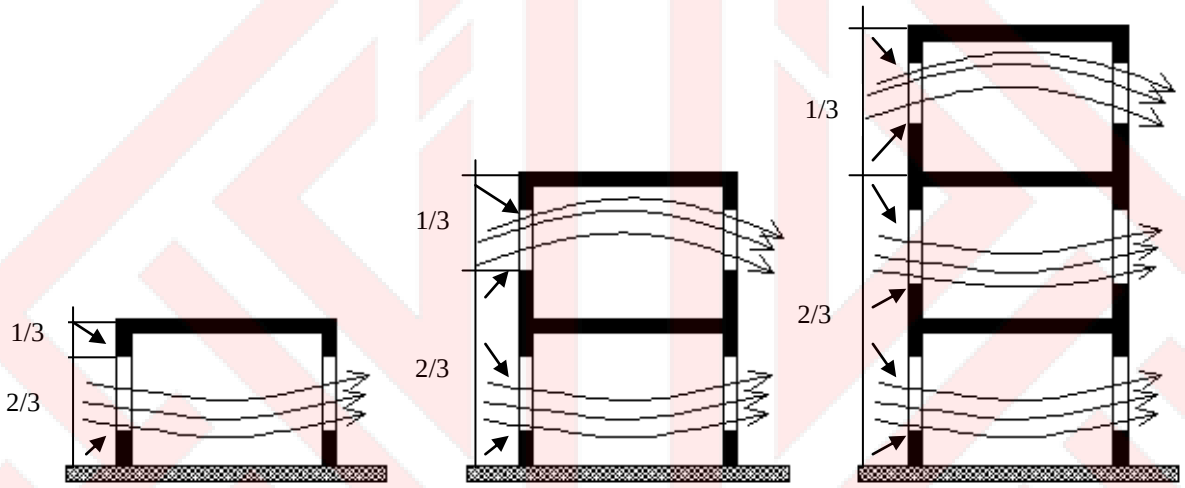


الشكل 2-5/27: اثر المباني ذات الشكل T على حركة الهواء حول المبنى [5،ص62]

6-2 العوامل المؤثرة في التحرك الهوائي في الفضاءات الداخلية وتوليد فروق الضغط

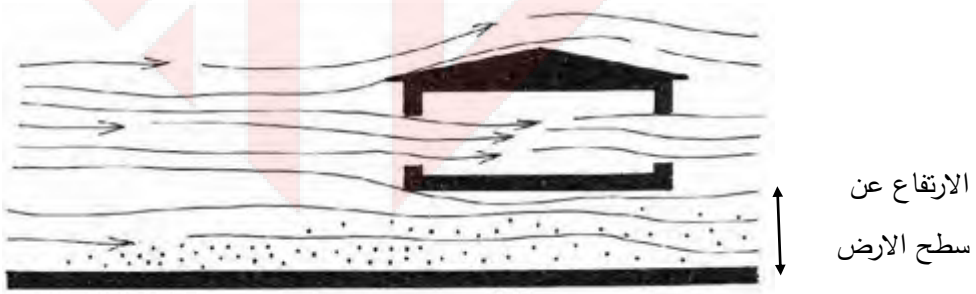
1/6-2 تأثير ارتفاع المبنى

تؤثر المباني ذات الارتفاعات العالية في تغيير انماط وحركة الهواء داخل فضاءات المبنى، فكلما زاد ارتفاع المبنى زادت صعوبة حماية المبنى من الرياح غير المرغوب فيها. ويتغير توزيع مسارات جريان الهواء بزيادة ارتفاع المبنى، فتزيد كمية الهواء المار على جوانب المبنى، ويبين الشكل (28/6-2) أنَه كلمَا زاد ارتفاع المبنى تغير اختلاف الضغط في الجهة المواجهة لاتجاه الرياح وبالتالي يتغير نمط حركة الهواء داخل المبنى. [5،ص63]



الشكل 2-28/5: اثر ارتفاع المبنى في تغيير نمط حركة الهواء داخل المبنى [5،ص63]

كما ان الفضاءات المرفوعة عن سطح الارض تستلم حركة هواء افضل انسيابية وأقل اضطراباً وبكمية اقل من الغبار، انظر الشكل(29/6-2).



الشكل 2-29/6: اثر ارتفاع المبنى عن سطح الارض على حركة الهواء الداخلي[3،ص128]

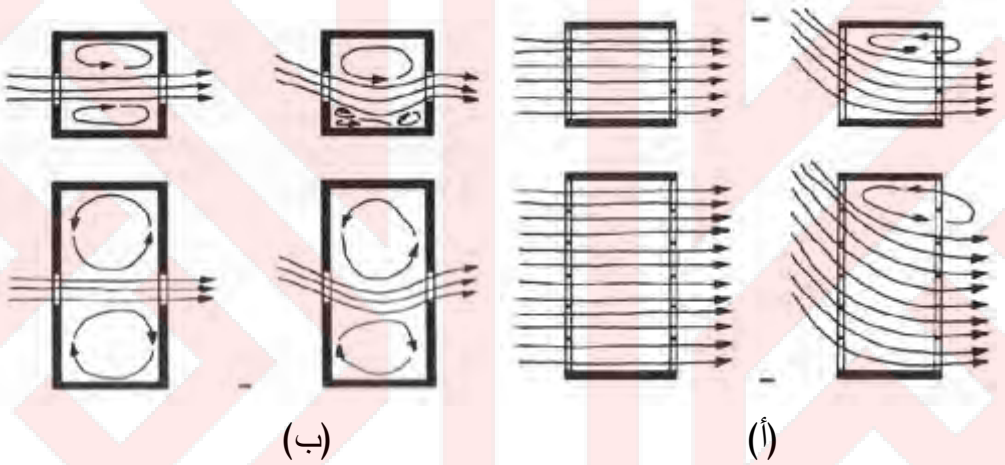
2/6-2 تأثير أبعاد الفضاء الداخلي

إن طول وعمق وارتفاع وهيئة الفضاءات التي تخدمها فتحات التهوية هي مؤشرات في السيطرة على التحرك الهوائي الداخلي وكالتالي:

أ- المؤشر الأول: طول الفضاء الداخلي

1- عندما تكون فتحة دخول الهواء على الجانب الطويل للفضاء، وجريان الهواء الخارجي عمودياً أو منحرفاً عن فتحة الدخول، فان طول الفضاء ذو تأثير قليل على التحرك الهوائي. انظر الشكل (2-30/6-أ)

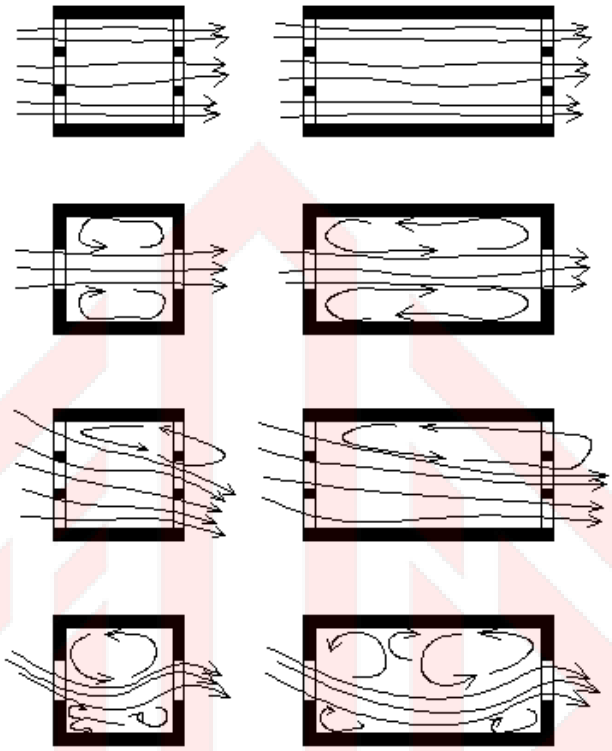
2- عندما تكون فتحة دخول الهواء جزءاً صغيراً من البناية والجريان الخارجي عمودياً عليها فان طول الفضاء ذا تأثير قليل في التحرك الهوائي، أما عندما يكون جريان الهواء مائلا على فتحة الدخول، فان طول الفضاء الداخلي له تأثير مهم في جريان الهواء.انظر الشكل (2-30/6-ب)



الشكل 2-30/6: اثر طول الفضاء على حركة الهواء الداخلي [5،ص150]

ب- المؤشر الثاني عمق الفضاء الداخلي

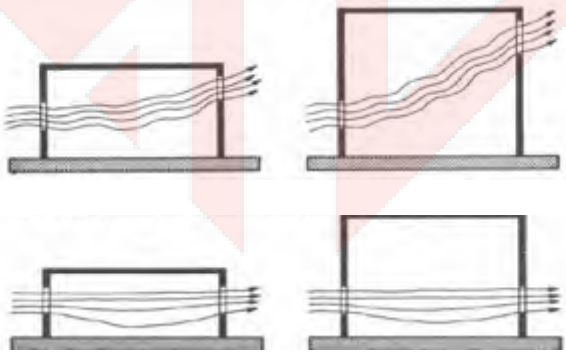
ليس لعمق الفضاء الداخلي أي اثر هام في التحرك الهوائي خلال الفضاء، إذ سيبقى جريان الهواء محافظاً على نمطه خلال انتقاله عبر عدة فضاءات داخلية، مع حصول تأثير قليل على سرعته، والفرق الوحيد هو زيادة عدد التبدلات الهوائية عند المقارنة بين فضاء وفضاء آخر بعمق اكبر من الاول، فالفضاء الاكبر بالعمق سيحتاج الى مدة اطول لتبديل الهواء لكن يبقى نمط وسرعة الهواء نفسه تقريبا في كلتا الحالتين (حيث يؤخذ جريان الهواء بنظر الاعتبار وليس عدد مرات التبديل الهوائي). ويبين الشكل (2-31/6) اثر عرض الفضاء على حركة الهواء [5،ص151]



الشكل 2-31/6: اثر عمق الفضاء على حركة الهواء الداخلي [5،ص151]

ج- المؤشر الثالث ارتفاع الفضاء الداخلي

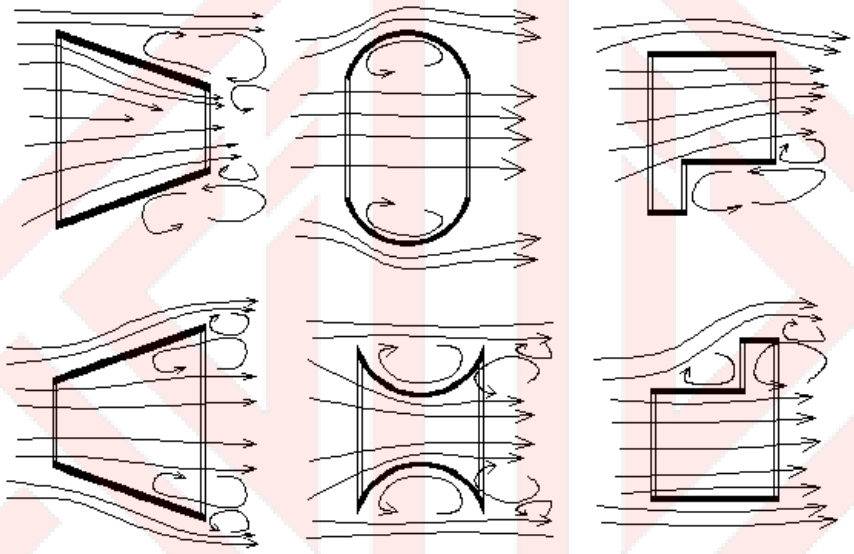
زيادة الارتفاع تسمح لقوى الطفو أن تؤثر في التحرك الهوائي الداخلي بدرجة كبيرة، فضلاً عن تأثيره في نمط وسرعة الجريان، في حين تبقى أنماط الجريان متشابهة في حالة فضاء بسقف منخفض واخر مرتفع بشرط أن تكون فتحات دخول وخروج الهواء في مستوٍ واحد أو متناظرة في مستوياتها بين السقفين. وكما موضح في الشكل (2-32/6).[5 ،ص152]



الشكل 2-32/6: اثر ارتفاع الفضاء وموقع الفتحات على حركة الهواء الداخلي[5،ص152]

3/6-2 تأثير اشكال السطوح الداخلية

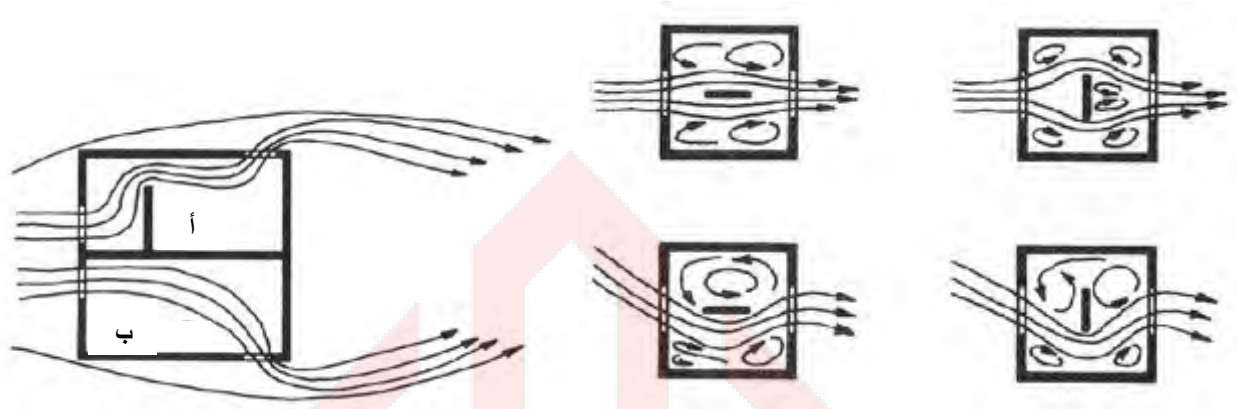
يلعب الشكل الهندسي للفضاء الداخلي دورا مهما في حركة الهواء، فالتغيير في اشكال السطوح الداخلية يسيطر على حركة الهواء وتوجيهه ونمطه داخل المبنى كما مبين في الشكل (2-33/6) ولايمكن لكل عامل من عوامل الشكل الداخلي بشكله المنفرد ان يكون تأثيره هو الوحيد على حركة الهواء الداخلي وانما يكون ناتجاً من تأثير عوامل حجم الفضاء الداخلي وابعاده.[5 ،ص152-153]



الشكل 2-33/6: اثر الشكل الهندسي للسطوح الداخلية في حركة الهواء داخل المبنى[5،ص152-153]

4/6-2 تأثير القواطع الداخلية

هناك مؤشرات أخرى يمكن أن تؤثر في جريان الهواء فتقسيمات الفضاء الداخلية (القواطع وتوزيع الأثاث) يمكنها أن تغير من نمط وسرعة حركة الهواء، من خلال تنظيم وتوزيع الضغوط الهوائية المختلفة، بل إنها تحدد الكمية الكبرى لخواص الجريان الهوائي داخل المبنى. فالقواطع قد تعيق من التحرك الهوائي لكنها تستعمل كذلك لإعادة توجيه أو تنظيم ذلك التحرك. تقسيمات الفضاء قد تحصل على المستوى الأفقي أو العمودي باستعمال توزيعات الأثاث والقواطع، انظر الشكل (2-34/6)[5 ،ص153-154]



الشكل 2-34/6: اثر القواطع الداخلية في تغيير حركة الهواء الداخلي [5،ص153-155]

5/6-2 تأثير العوامل التصميمية لفتحات التهوية

1/5/6-2موقع الشباك

إن أهم عامل يتطلب تحقيقه في الجريان الهوائي ضمن الفضاء هو موقع ومعالجة فتحات دخول الهواء المواجهة لاتجاه الرياح السائدة عند مناطق الضغط الموجب. أما موقع فتحات خروج الهواء فيفضل ان تكون في مواقع الضغط السالب (أو الواطئ) للحصول على اعلى تبديل هوائي وافضل حركة هواء داخل الفضاء. كما إنه من المناسب لحركة الهواء لتبريد جسم الانسان أن تحدث في مستوى يتناسب مع نوع الفعالية واستعمال الفضاء، كأن تكون في مستوى جلوس الشخص الذي يعمل على مكتب. فإذا وضع شباك دخول الهواء مرتفعا في الجدار، سيميل الجريان الهوائي لان يكون متجها نحو الأعلى باتجاه السقف وليس في نطاق العمل، في حين إذا وضع الشباك في الجزء الأسفل من الجدار فسيميل الجريان الهوائي لان يتجه نحو الأسفل قرب الأرضية. ويكون هذا بغض النظر عن موقع فتحة خروج الهواء كما يحصل الشيء المشابه على مستوى المخطط الأفقي، فعندما تكون فتحة دخول الهواء تقابل فتحة الخروج واتجاه حركة الرياح عمودي على فتحة الدخول، سينتقل الجريان الرئيس لحركة الهواء من فتحة الدخول إلى فتحة الخروج مباشرة، في حين ستخلو جوانب الفضاء الداخلي من حركة هواء مميزة. أما عندما يكون اتجاه حركة الهواء الخارجي منحرفا عن مستوى فتحة الدخول، فستتكون في معظم الجريان الهوائي اضطرابات حلقية تتحرك حول الفضاء وتزيد من حركة الهواء في أجزائه المختلفة. انظر الشكل (2-35/6) حيث نلاحظ أن تأثير القوى (الديناميكية) (وعزم القصور الذاتي) يجعل شكل الجريان الهوائي لا يأخذ دائما اقصر الطرق بين فتحة دخول الهواء وخروجه، فاختلاف توزيع الضغوط قرب فتحة الدخول قد يغير أو يحرف نمط وسرعة جريان الهواء. وبصورة عامة عندما تكون الضغوط متناظرة حول فتحة الدخول يكون جريان الهواء عمودياً على مستوى الفتحة، أما عندما يكون توزيع الضغوط غير متناظر فيحدث جريان هوائي منحرف وبزاوية غير عمودية. إن هذا التغير في جريان الهواء يحدث في المستوى الأفقي والعمودي على حد سواء.[5 ،ص86]

(ب) (أ)

الشكل 2-35/6: اثر اتجاه الهواء الخارجي على فتحة دخول الهواء في تغيير نمط حركة الهواء الداخلي [5،ص87]

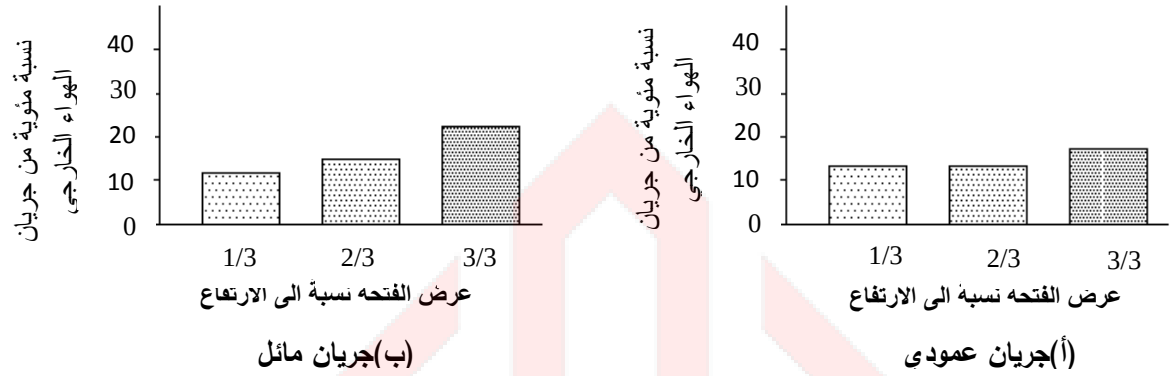
2-2/5/6 توجيه الشباك

يتكون اعظم ضغط هوائي في جهة المبنى المواجهة للرياح، وتحديدا عندما تكون واجهة المبنى متعامدة مع اتجاه الرياح. ومن الملاحظ أن وضع فتحة في الجهة المواجهة لاتجاه الرياح سيحقق اعظم سرعة لحركة الهواء الداخلي. أما الرياح التي تصطدم مع واجهة المبنى بزاوية 45° فسوف تقلل من شدة الضغط الهوائي إلى ما يقارب 50% ومع ذلك فقد وجد أن هذه الرياح، بعد دخولها الى المبنى، ستزيد في بعض الأحيان من سرعة حركة الهواء الداخلي وستحقق توزيعاً افضل لحركة الهواء الداخلية. [5،ص87]

2-3/5/6 مساحة الشبابيك والنسب

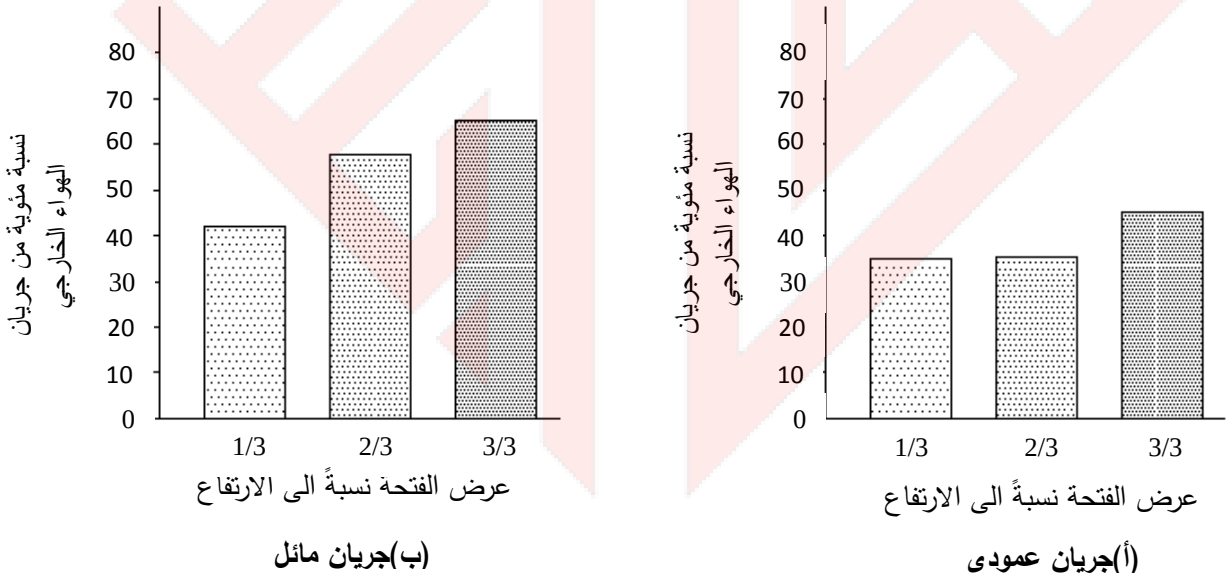
إن قياس الفتحات ذو تأثير جوهري على سرع جريان الهواء الداخلي سواءٌ أكانت فتحة خروج أم دخول الهواء. فإذا كان المطلوب أن يكون التدفق الهوائي مركزا نحو جهة معينة داخل الفضاء فيمكن أن يحصل ذلك عندما تكون فتحة دخول الهواء صغيرة وفتحة خروجه كبيرة، أما إذا حصل العكس وكانت مساحة فتحة دخول الهواء كبيرة، فستكون سرعة حركة الهواء خلالها اقل ولكنها ستنتشر على مساحة أوسع في الفضاء. كما يجب أن يكون هناك شباك واحد على الأقل في كل غرفة. ويجب ملاحظة ما يلي على فرض ان التدفق الهوائي حادث نتيجة فرق الضغوط بثبات درجة الحرارة:

أ- إذا كانت هناك فتحة واحدة في الفضاء، فان مساحتها ذات تأثير قليل على سرعة الجريان، انظر الشكل (2-36/6) فإذا كان جريان الهواء مائلاً على فتحة الدخول سيحصل تنوع في ضغط الهواء على جوانب الفضاء الداخلي والذي يسمح للهواء بالدخول من جزء من الفتحة والخروج من الجزء الآخر منها، وتزداد فعالية حركة الهواء بزيادة مساحة الفتحة، انظر الشكل (2-36/6-ب). ومن جهة اخرى اذا كان جريان الهواء عمودياً على فتحة دخول الهواء سيكون الفرق في الضغط على جوانب الفضاء الداخلي صغيراً جداً حتى لو ازداد عرض الفتحة نسبةً الى ارتفاعها وستبقى حركة الهواء الداخلي قليلة، انظر الشكل (2-36/6أ). [5،ص88]



الشكل 2-36/6: تأثير الفضاءات ذات الفتحة الواحدة في التحرك الهوائي [5،ص89]

ب- إذا كانت هناك فتحتان في الفضاء فان سرعة الهواء المتحرك في الداخل تزداد، انظر الشكل(2-37/6) وعندما يكون جريان الهواء عموديا على فتحة الدخول فإن زيادة عرض الفتحة نسبةً الى ارتفاعها لن تحقق زيادة محسوسة في سرعة حركة الهواء الداخلي مقارنة بجريان الهواء الخارجي، انظر الشكل (أ2-37/6-)، أما عندما ينحرف جريان الهواء نحو فتحة الدخول ، فستحصل زيادة في جريان الهواء داخل المبنى، انظر الشكل (2-37/6-ب) [5،ص88-89]



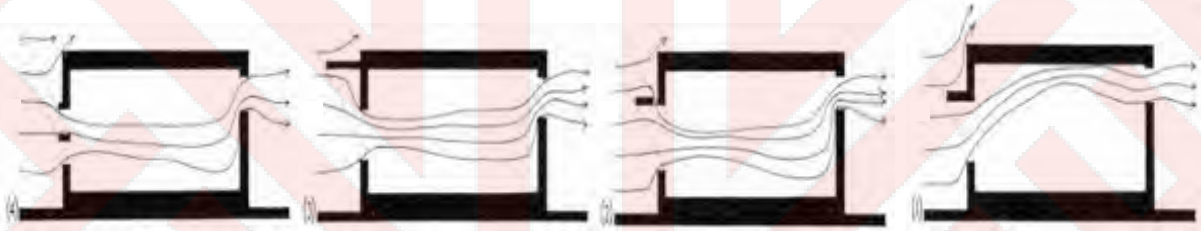
الشكل 2-37/6: تأثير الفضاءات ذات الفتحتين في التحرك الهوائي الداخلي [5،ص89]

4/5/6-2 تأثير تحوير الفتحات

إن وجود مصدات وعناصر مميزة خارج المبنى وقرب فتحات الدخول ستؤثر في نمط جريان الهواء والى مسافات داخل الفضاء، ومع أنَ نوع فتحات الشبابيك يؤثر في نمط جريان الهواء، إلا أن العناصر الخارجية اكثر تأثيرا في سرعة جريان الهواء ونمطه.[5 ،ص85]

إن أهم العناصر التي تؤثر في جريان الهواء وبالأخص عند فتحات دخوله للفضاء هي:

أ- الامتدادات الأفقية: مع أنَ الامتدادات الأفقية ستزيد جزئيا كمية الجريان الهوائي خلال هذه الفتحات، إلا أنها في نفس الوقت ستعمل على أبعاد الضغط الهوائي المتكون فوق الشباك من التأثير في الفتحات، وبالنتيجة تميل حركة الهواء الداخلية للانحراف إلى الأعلى قريبة من السقف، أما عند ترك مسافة صغيرة بين الجدار والامتداد الأفقي سيبرز تأثير منطقتي الضغط الموجب في جانبي الامتداد في الجريان الهوائي وستوجه حركة الهواء الداخلية بنفس اتجاه جريان الهواء الخارجي. انظر الشكل (38/6-2).[5،ص139-140]



(4) (3) (2) (1)

الشكل 2-38/6: اثر الامتدادات الافقية الخارجية في حركة الهواء داخل المبنى[3،ص129]

1- الامتداد الافقي يؤدي الى جريان هواء علوي في الفضاء.

2- وجود فراغ بين الامتداد والجدار يؤدي الى زيادة جريان الهواء المباشر.

3- تغيير موقع الامتداد له نفس تأثير ابعاد الامتداد عن الجدار ولكن نحتاج الى زيادة طول الامتداد للحصول على نفس التظليل.

4- الامتدادات الافقية المقطعة على الشباك تحقق جرياناً مباشراً للهواء بكمية اكبر، لكن يمكن ان ترتفع حرارة الامتدادات المقطعة بتأثير الشمس فتعمل على رفع درجة حرارة الهواء الداخل للفضاء.

ب- الامتدادات العمودية: هي وسائل مهمة للسيطرة على حركة الهواء الداخلية، لأنها تؤثر في كل من سرعة ونمط الجريان الهوائي الداخلي، ويزداد تأثيرها عندما يكون مقدار الامتداد الخارجي اكثر من عرض الفتحة.[5 ،ص140]

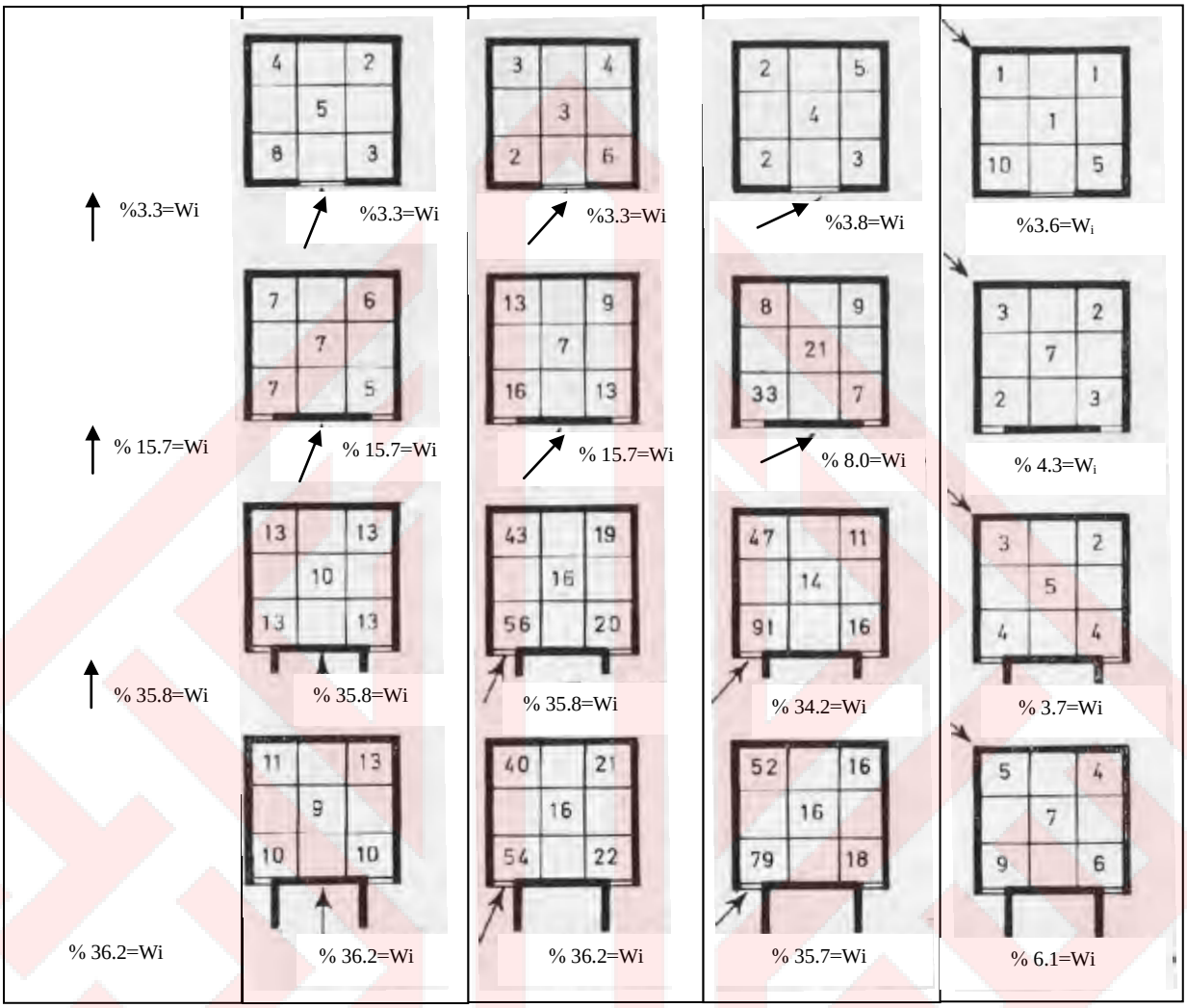
ويبين الشكل (39/6-2) مخططات لمبانٍ ذات امتدادات عمودية مع مبانٍ بدون امتدادات عمودية لخمس حالات وكالتالي:

1- الرياح قادمة من خلف المبنى وبزاوية 45º.
2- الرياح قادمة من امام المبنى وبزاوية 30º.
3- الرياح قادمة من امام المبنى وبزاوية 45º.
4- الرياح قادمة من امام المبنى وبزاوية 60º.
5- الرياح قادمة من امام المبنى وبزاوية 90º.

حيث أن W_i يمثل معدل سرعة الهواء داخل الفضاء (m/s) وتمثل الارقام في اجزاء المبنى قيم سرعة الهواء الداخلية كنسبة من سرعة الهواء الخارجية.

ج- الامتدادات العمودية والافقية (كمانعات الشمس المركبة) فإنها تعمل عمل القانص للهواء وادخاله الى داخل الفضاء.

ويمكن ان يعمل سمك الجدار المثبت فيه الشباك عمل المانعة المركبة شرط ان يثبت الشباك على الحافة الداخلية للفتحة.[5 ،ص141]



الشكل 2-39/6: اثر اتجاه حركة الرياح ومواقع الشبابيك والامتدادات العمودية في تغيير سرعة ونمط حركة الهواء داخل المبنى [8،ص267]

ج- المشبكات: يمكن بتحديد موقع واتجاه الزعانف الأفقية للمشبكات التحكم باتجاه حركة الهواء، فالأفقية والمائلة منها بزاوية °20 فوق الأفق تعطي جريانا هوائيا ضمن نطاق استعمال الفضاء، أما الزعانف الأفقية المثبتة بزاوية °45 فتوجه الجريان الهوائي نحو الأعلى، في حين يمكن للمتحركة منها أن توجه الجريان الهوائي بمستويات مختلفة ووفقا للمتطلبات الآنية للمستفيدين، وعندما تزداد زاوية الميلان عن °60 فوق الأفق ستعمل الزعانف في هذه الحالة على تقليل كمية الجريان الهوائي عبر الفتحة. كما أنَ وضع المشبكات أمام

فتحات الشبابيك وبمستوى مواز للشباك قد يمنع نسبة من حركة الهواء، كما تقلل مشبكات منع الحشرات سرعة جريان الهواء الأساسية في فتحة الدخول بحوالي (25-50%). [5،ص42]

(أ) (ب) (ج)

الشكل 2-40/6: بعض انواع المشبكات

المراجع

[1] Markus. T.A. & Morris. E.N. "*Building, Climate and Energy*". Pitman. London. 1980

[2] Koenigsberger, Ingersoll, "*Manual of Tropical Housing and Building*", Part 1, Climatic Design", London, 1980.

[3] Evans, Martin. "*Housing, Climate and Comfort*", The Architectural Press, 1980

[4] Hoogendoorn, C.d. & Afgan, N.H. "Energy Conservation in Heating, Cooling & Ventilating Buildings" Vol. 2, P 889

[5] Boutet, Terry, S, "*Controlling Air Movement*" McGraw-Hill Book, USA, 1987

[6] Pithavadian, Bennett "*Architecture and the Environment of Developing Countries*", The symposium on architecture and climatic environment in Iraq, 2-5 June, 1975

[7] Givoni. B. "*Man, Climate and Architecture*", Elsevier Publishing Co., Limited, 1969

[8] السري، سمير محسن حسن، *"اثر الخصائص التصميمية لملاقف الهواء على التهوية الطبيعية للمساكن المعاصرة"*، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، 2000

الباب الثالث

التهوية واثرها في شاغلي المبنى

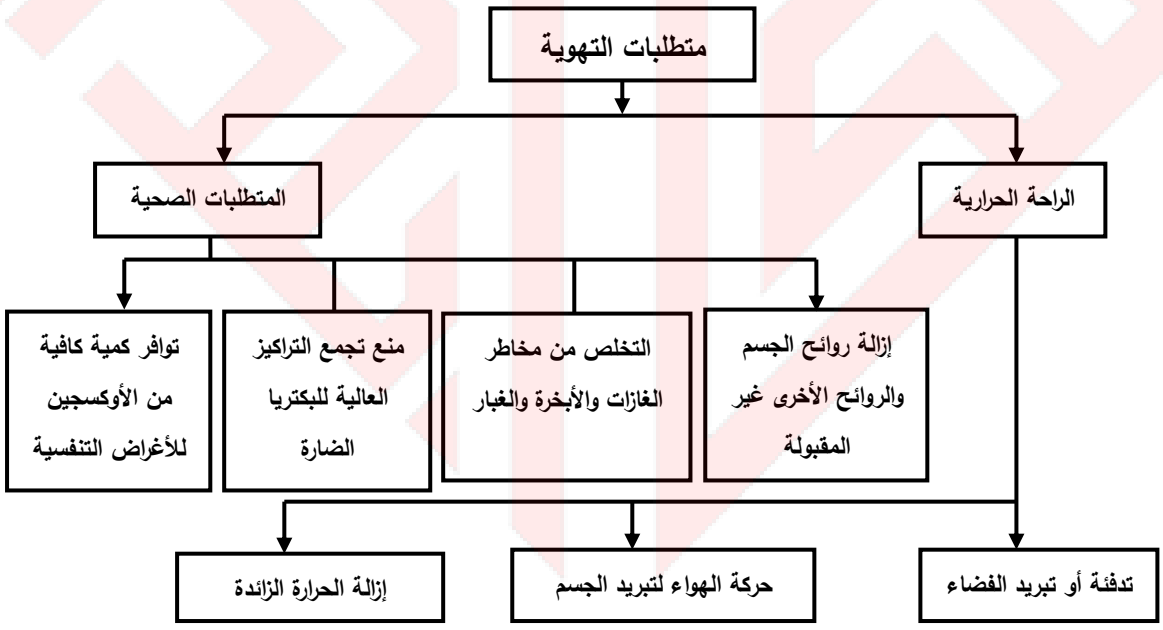
1-3 تمهيد

ان ظروف التهوية داخل المبنى هي إحدى العوامل الرئيسة التي تؤثر في صحة الانسان وراحته من خلال التأثير الفسلجي لنقاوة الهواء وحركته، كما أنَ لها دوراً غير مباشر عبر تأثيرها في درجة حرارة ورطوبة الهواء الداخلي والسطوح الداخلية.

ويشمل هذا الباب وظائف التهوية ومتطلباتها حيث تختلف الاهمية النسبية لكل من هذه الوظائف اعتمادا على الظروف المناخية السائدة في الفصول المختلفة والمناطق المختلفة.

2-3 وظائف التهوية الطبيعية

يمكن تقسيم متطلبات التهوية الى متطلبين رئيسين وترتبط بكل منهما مجموعة عوامل، وهما الصحة والراحة الحرارية كما مبين في الشكل (3-1/2)، ومن الملاحظ أن هناك فارقاً ما بين متطلبات التهوية لاجل الصحة ومتطلباتها للراحة الحرارية، فالأولى يجب أن تؤدى في كافة الظروف المناخية أما الثانية فنحتاجها في ظروف محددة[1،ص138] وتتحدد متطلبات تجهيز الهواء النقي بعدة عوامل منها: طبيعة استعمال الفضاء، وعدد الأشخاص ومستوى الفعالية التي يقومون بها.[2،ص119]



الشكل 3-1/2: مخطط توضيحي لمتطلبات التهوية[1،ص140]

لكن بشكل عام فإن التهوية تخدم ثلاث وظائف رئيسة، الوظيفة الاولى هي التهوية الصحية وهي المحافظة على نوعية الهواء الداخلي ضمن مستوى مقبول صحيا بتغيير الهواء الداخلي الفاسد بالهواء الخارجي النقي، والوظيفة الثانية هي توافر الراحة الحرارية بزيادة الفقدان الحراري من جسم الانسان اما الوظيفة الثالثة فهي تبريد هيكل المبنى.[3،ص259]

1/2-3 التهوية الصحية

هي التهوية التي تديم استمرار إبدال الهواء الداخلي وجعل نوعيته عند الحد المقبول اعتمادا على المقاييس الحديثة، واستمرار إدخال الهواء النقي إلى الداخل. ويعبر عن كمية الهواء النقي عن طريق الحجم في الساعة أو عدد مرات إبدال هواء الفضاء في الساعة. وهناك مقاييس عامة لجودة الهواء (Air Quality Index) تعتمد على مجموعة من الصفات مثل درجة حرارته، نسبة الأوكسجين، نسبة ثنائي اوكسيد الكربون ونسبة الرطوبة. ويتطلب جسم الإنسان كمية من الأوكسجين لإنتاج الطاقة بمعدل يتناسب تقريبا مع معدلات الطاقة المتحررة والتي تتناسب بدورها مع مساحة سطح الجسم ومع مستوى النشاط، لكن حاجة الإنسان من الهواء الطبيعي لا تتحدد بحاجته للتنفس فقط فالمقدار الحجمي للهواء النقي الذي يحتاجه الانسان للتنفس قليل جدا.[4،ص84] فوظيفة التهوية الصحية لاتقتصر على تجهيز الكمية الضرورية من الاوكسجين لاغراض التنفس والطبخ وغيرها لكنها تقلل من التراكيز العالية من غاز ثنائي اوكسيد الكربون والروائح غير المرغوب بها. وعند استعمال تطبيقات التدفئة والطبخ بالوقود يجب ان تتوافر معدلات تهوية كافية للحفاظ على مستوى غاز احادي اوكسيد الكربون الناتج من الاحتراق تحت مستوى الخطر الصحي. لذا من الضروري وجود التهوية تحت مختلف الظروف لتأمين هواء بمكوناته الطبيعية، حيث يحتوي الهواء الفاسد على 16.3% من الاوكسجين و 4% من غاز ثنائي اوكسيد الكربون و 79.9% من النتروجين وغازات اخرى يطلقها الجسم (وخاصة الامونيا) وحوالي $45gram/m^3$ من بخار الماء.[3،ص260]

2/2-3 التهوية لاغراض الراحة الحرارية والرطوبة المناسبة

هي تهويةٌ الغرض منها منع العبء الحراري الناتج من الشعور بالحر او جفاف الجلد او حتى الشعور بالترطيب. وفي الوقت الذي تكون فيه التهوية الصحية غير معتمدة على طبيعة وخصائص المناخ الاقليمي او المحلي بل تتعامل مع قيم صحية ثابتة ذات حدود دنيا واجبة الادامة، فان التهوية للراحة الحرارية ذات ارتباط مباشر بالخصوصية المناخية للمنطقة.[3،ص268] ففي المناطق الحارة الجافة عندما تكون حرارة الهواء في النهار اكبر من حرارة الجلد تنتقل الحرارة من الهواء الى الجسم وبنفس الوقت تعزز التبخر التبريدي من سطح الجلد. لذلك فأن الاثر التبريدي لحركة الهواء يعتمد بشكل كبير على رطوبة الهواء ومستوى الفعالية الفيزياوية للشخص والملابس.[1،ص139]

اما في الاقاليم معتدلة المناخ فان تأثير التهوية يكون أقل أهمية عنه من الاقاليم الحارة خلال الفترات الحرارية المنخفضة. وتبرز أهمية التهوية في الفترات الحرارية المرتفعة حيث يستفاد من النسيم البارد. [5،ص52]

كما أنَ للرطوبة النسبية اثراَ مهماً في تحقيق الفائدة من حركة الهواء، حيث ان السعة التبخيرية للهواء تقل بزيادة الرطوبة النسبية[6،ص181] وكذلك للعلاقة المتبادلة بين درجة الحرارة والتحرك الهوائي اهمية في الاحساس بالراحة الحرارية. وذلك لان حركة الهواء تعطي الشعور ببرودة الجسم على الرغم من انها قد لاتقلل من درجات الحرارة الفعلية الا انها تسهم في عملية الفقدان الحراري من الجسم بطريقتين:

1- زيادة الفقدان الحراري بالحمل.

2- زيادة الفقدان الحراري بزيادة التبخير .[2،ص120]

كما يجب ان تحدث حركة الهواء عند مستوى يتناسب مع نوعية الفعالية ونوع استعمال الفضاء. ففي غرفة الجلوس تكون الحاجة الى حركة الهواء بمستوى الجلوس والوقوف، وفي غرفة النوم تكون بمستوى الرقود، اما في غرفة الطعام فتكون بمستوى رأس وكتفي الشخص الجالس وليس على منسوب ارتفاع طاولة الطعام.[8،ص86]

وهذا النوع من التهوية لايعتمد على فكرة تغيير كمية الهواء، التي تقاس بوحدات (مرة/ساعة) او بالحجم (متر مكعب/بالساعة)، بل يعتمد على مبدأ تحريك الهواء الداخلي للفضاء بسرع مختلفة تقع ضمن الحدود المسموح بها وبالطريقة التي لاتسبب في احداث حالة الازعاج. وهذه السرع هي متغيرة ومرتبطة مع متغيرات اخرى من درجات الحرارة والرطوبة لادامة حالة الراحة الداخلية. حيث نجد ان سرعة الهواء المطلوبة للحصول على الراحة الحرارية تزداد مع زيادة درجة حرارة الهواء وذلك بسبب الحاجة الى بلوغ نفس تأثير التبريد الذي يمكن الحصول عليه لو كانت الفروق قليلة بين الجسم والمحيط. إن هذه العلاقة تستمر حتى تتساوى درجة حرارة الجلد والهواء، وهذا يتحقق في حدود درجة حرارة 35 درجة مئوية بدون اعتبار الرطوبة والملبس او التحرك الهوائي الواطئ في اثناء القيام باعمال معينة على الرغم من اهمية هذه المتغيرات في قرار تحديد السرعة المطلوبة للتحرك الهوائي[3،ص269] والجدول (3-1/2) يوضح تأثير سرعة الهواء على الانسان في البيئة الداخلية.[7،ص174]

الجدول 3-1/2: تأثير سرعة حركة الهواء على شعور الانسان بانخفاض درجة الحرارة عند ارتدائه ملابس اعتيادية في المباني السكنية.[7،ص174]

سرعة الهواء m/s	تأثيرها في الانسان	التأثير التبريدي				
		جلد جاف				جلد رطب
		درجة حرارة الهوء المحيط(C°)				
		15 º	20 º	25 º	30 º	30 º
0.1	الشعور بالضيق	0	0	0	0	0
0.25	الشعور بحركة الهواء اذا كانت درجة حرارة الهواء منخفضة	2-	1.3-	0.8-	0.5-	0.7-
0.5	الشعور بالنشاط اذا كانت درجة الحرارة مريحة لكن قد يشعر بتيار هوائي في درجات الحرارة المنخفضة	4-	2.7-	1.7-	1.0-	1.2-
1.0	لطيف بشكل عام في الحرارة المعتدلة لكنها تسبب ادراكاً ثابتاً بحركة الهواء، الحد الاعلى للراحة الليلية	6.7-	4.5-	2.8-	1.7-	2.2-
1.5	مزعج في درجات الحرارة المريحة، الحد الاعلى للفعاليات الداخلية	8.5-	5.7-	3.5-	2.0-	3.3-
2.0	مقبول فقط في الظروف الحارة الرطبة جدا عندما لاتكون هناك وسائل اخرى لتلطيف الهواء	10-	6.7-	4.0-	2.3-	4.2-

(اما في المصانع وغيرها من انواع المباني فيفضل ان تكون سرعة حركة الهواء اعلى لاغراض الراحة)[7،ص174]

3/2-3 التهوية لتبريد هيكل المبنى

يمكن للتهوية أن تعمل على تبريد هيكل المبنى والفضاء الداخلي، وذلك عندما يكون هناك اختلاف محسوس في درجات الحرارة بين الهواء الخارجي والهواء الداخلي، وتكون حرارة الهواء الخارجي اقل من حرارة الهواء الداخلي. هذا الإختلاف في درجات الحرارة يحصل بسبب التفاوت اليومي العالي في درجات الحرارة بين الليل والنهار خلال الأشهر الحارة، وهو ما يسمى بالتبريد الليلي للمباني. فمن خلال فتح الشبابيك في الليل يتم إدخال الهواء الخارجي البارد نسبياً الى الفضاء الداخلي الأكثر حرارة. فيساعد الهواء الليلي البارد

في سحب الحرارة المخزونة داخل جدران المبنى والأرضيات والأثاث والعناصر الأخرى، واخراجها خارج المبنى فتتهيأ ظروف داخلية أبرد تقترب من حدود الراحة الحرارية.[9،ص45]

ان اعتماد التهوية كأحدى وسائل تبريد اجزاء الهيكل المتمثلة بالسطوح الداخلية والخارجية يعتمد على وقت حصولها (نهار– ليل) ولون السطوح (الذي يسبب حدوث الفرق بين حرارة السطح الخارجي والداخلي) وطريقة توزيع الفتحات والتصميم التفصيلي للاجزاء الهيكلية التي يمكن من خلالها استمرار التبادل الهوائي– الحراري ضمن الفراغ. فخزن البرودة في الهيكل ممكن ان يكون مؤثرا عندما تكون المساحة المخصصة للخزن كافية والتي يمكن زيادتها بالاكثار من المقاطع الجانبية للسطوح الداخلية مع توجيه انسياب الهواء البارد نحو السقف او الجدران. وكذلك عند حدوث تبادل حراري بين كتلة الهيكل والهواء الداخلي والذي يمكن زيادته بزيادة سرعة الهواء القريب من سطح الكتلة.[3،ص276]

ويعد اسلوب تبريد الهيكل عن طريق التهوية احد الوسائل الخاصة بالتبريد الذاتي (Passive Cooling) وهو احد الاتجاهات الحديثة في استعمال التكييف الطبيعي للمباني، والذي يضع مسؤولية كبيرة على التهوية في تخفيف العبء الحراري. إنَ عملية التبريد الذاتي ليست احداث حالة تبريد بمعنى الانخفاض الكبير في درجات الحرارة قدر اعتمادها على تحاشي الحرارة وابقاء الداخل ضمن مستويات حرارية مقبولة.[14،ص76]

4/2-3 التهوية في حالات الحريق

عند حدوث حريق يجب أن:

1– يتم اخلاء المبنى من الاشخاص بشكل سريع.

2– تغلق كافة منافذ التهوية للحد من زيادة الحريق.

3– يفتح منفذ هوائي طبيعي او ميكانيكي في اعلى المبنى لسحب الدخان وجعل الدخان الموجود يرتفع الى اعلى مستوى (قرب السقوف) مع إبعاده عن ممرات النجاة.

4– وعند اخماد الحريق تفتح كافة منافذ التهوية في الطوابق للتخلص من الدخان الناتج من الحريق.

5/2-3 التهوية لحاجة الآلات والاجهزة التخصصية في المبنى

تعتمد في حساب التهوية لحاجة الآلات والاجهزة التخصصية في المبنى نفس معادلة تدفق الهواء الخارجي اللازم للحد من تركيز التلوث باستعمال المعادلة (6-7/5) سواء أكان التخلص من التدفق طبيعياً أم (ميكانيكياً)، على أن يتم الحصول من الجهة المصنعة على البيانات الخاصة بنسب الهواء المطلوب تبديله داخل الفضاءات التي توجد فيها الاجهزة في حالات اشتغالها أو في فترات عدم التشغيل.[13،ص5]

3-3 تكثف بخار الماء

ان الهواء في درجة حرارة معينة يكون ذا سعة محددة لبخار الماء، وتزداد كمية بخار الماء المطلوبة لتشبع الهواء (حد الاشباع) مع زيادة درجة الحرارة، حتى تبلغ الرطوبة النسبية 100% عند تشبع الهواء. وتعني الرطوبة النسبية (RH) نسبة ضغط البخار الموجود الى ضغط بخار التشبع. وعند تبريد هواء غير مشبع فان درجة الحرارة تصل في النهاية الى حد بحيث ان محتوى الرطوبة للهواء يكون كافياً لتشبع كتلة الهواء وتعرف درجة الحرارة هذه بنقطة الندى (Due-Point Temperature) للهواء لمحتوى رطوبة محدد، واذا زاد التبريد عن نقطة الندى سينخفض حد التشبع والبخار الزائد سيتكثف الى ماء.[3،ص166]

عندما يلامس هواء غير مشبع سطحاً بدرجة حرارة اقل من نقطة الندى، فان الهواء الملامس بشكل مباشر للسطح يصبح مشبعاً مباشرة والبخار الزائد يبدأ بالتكثف. وكنتيجة لذلك فان الضغط الجزئي للبخار بالقرب من السطح ينخفض عن المعدل الكلي في الغرفة ويتولد اختلاف في الضغط يؤدي الى جريان البخار نحو منطقة التكثف. وهذا لايعني أنَ ضغط البخار يستقر بمستوى التشبَع عند درجة حرارة السطح البارد ولكن هناك قوة توازن بين معدلات توليد البخار وتشتيته عبر التكثيف الحاصل على السطح وتبديل الهواء المستمر في الغرفة. إن بخار الماء يتولد باستمرار في مبنى مشغول بالسكان عبر التنفس والطبخ والغسيل وغيرها من العمليات، فضلا عن أنَ أجهزة حرق الوقود تعطي أيضا كمية من بخار الماء. ويكون معدل توليد بخار الماء غير ثابت، كما يمكن للسطوح الداخلية ان تعمل على امتصاص البخار ومن ثمَ تطلقها بمعدل ابطأ الى الهواء. ويكون محتوى الهواء الداخلي من بخار الماء عادة اكبر من محتوى الهواء الخارجي منه.[3،ص167]

1/3-3 التهوية لتشتيت بخار الماء

إن بخار الماء المتكون في فضاءات غرف النوم لايصل تركيزه الى الحد الذي يحتاج الى تهوية خاصة لتشتيته. حيث ان كل شخص ينتج حوالي 50gram من بخار الماء في الساعة عند النوم، وبما أن غرف النوم تبقى عادة بدرجة حرارة معقولة، لذا يكون الانتشار الطبقي للبخار عبر الجدران والسقف قادراً على تشتيت كل هذه الرطوبة تقريبا، اما المتبقي منها فمن المحتمل أن ينساق عبر البيت وأخيراً يختفي عبر العيوب في الشبابيك والابواب. اما في فضاءات الحمامات والمطابخ فان الأمر مختلف تماماً. ففي الحمام تبلغ كمية بخار الماء المنبعث حوالي 1000gram/hour في وقت محدد من اليوم، وفي المطابخ من الشائع ان يصل بخار الماء الى 4500-3500gram /hour ولايمكن للانتشار الطبيعي إزالة كل هذه الكمية والحل الوحيد هو التهوية.

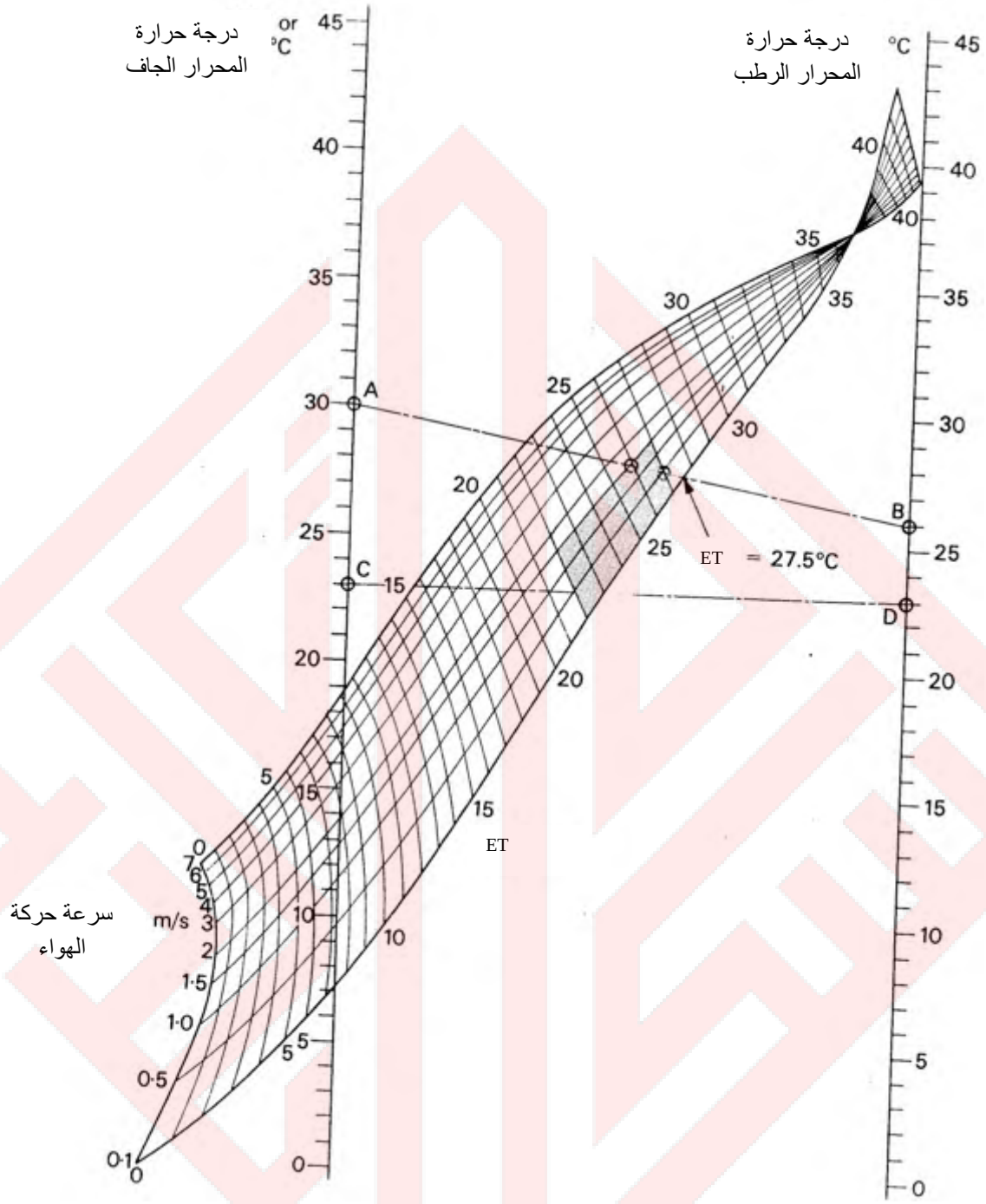
ان ترك الشباك مفتوحاً يمكن ان يُحقق التهوية المطلوبة لكن يصعب عمل ذلك في الشتاء لاننا سنفقد كمية كبيرة من الحرارة. وحيث أن كمية التهوية المطلوبة تعتمد على درجة العزل العزل الحراري في المبنى، لذلك نلاحظ أن المباني المشيدة من جدران ذات عزل فعال وشبابيك بزجاج مزدوج ..الخ تحتاج معدلات تهوية اقل من المباني التي تستعمل عزلاً غير جيد. فالمباني ذات العزل الجيد تحتاج الى تهوية طبيعية بمعدلات اكبر،

وهي بذلك ستتسبب في امكانية حدوث تكثيف شديد لبخار الماء شتاءً. وبذلك يكون هناك امكانية حدوث تكثيف عالٍ لبخار الماء.[10،ص92]

والملحق (أ) يبين مخططاً لطريقة حساب معدلات التهوية لتقليل مخاطر التكثف على السطوح الداخلية للجدران ذات معاملات انتقال الحرارة U مختلفة القيمة.

4-3 حركة الهواء ومعايير الراحة

يجب الاهتمام بحركة الهواء وذلك لاهميتها في زيادة احساس الابدان بالبرودة، ويبلغ الحد الادنى لسرعة الهواء التي تدرك حسيا 0.1m/s تقريبا، وعند زيادة سرعة الهواء داخل الفضاءات او خارجها فإن زيادة التحرك الهوائي ستؤدي الى زيادة التبخير من جسم الانسان مع سحب للحرارة من جسمه بحيث يشعر المرء بأن درجة الحرارة المؤثرة (Effective Temperature) هي اقل بكثير من درجة حرارة الهواء التي يقرؤها المحرار (المحرار الجاف). والشكل (3-2/4) يبين الدرجة التي يشعر بها الانسان عند وجود تحرك هوائي، لذا ينصح بوضع مراوح سقفية في الابنية للاستفادة منها لتقليل الشعور بالحرارة أو بمعنى آخر للحصول على حرارة مؤثرة (Effective Temperature) واطئة مما يقلل من الحاجة الى تشغيل اجهزة التكييف في فترات من شهري نيسان ومايس وشهري تشرين الأول حتى اواسط تشرين الثاني.[12،ص13]



الشكل 2/4-3: درجة الحرارة المؤثرة التي يشعر بها الانسان (ET) مقيسة نسبةً الى درجة حرارة المحرار الرطب والمحرار الجاف

حيث يظهر في الشكل على سبيل المثال أن درجة الحرارة للمحرار الجاف (30C°) تساوي شعورياً (ET−Effective Temperature) وهي 27.5C° بوجود تحرك هوائي 0.1m/s ويتغير الشعور بهذه الدرجة عندما تزداد سرعة الهواء الى 2m/s لتصبح 25.5C°.

المراجع

[1] Sodha, M.S. & Others, "*Solar Passive Building Science & Design*" Pergamon Press Ltd, 1986

[2] Donald Watson, " Energy *Conservation through Building Design*", McGraw-Hill, 1979

[3] Givoni. B. "*Man, Climate and Architecture*", Elsevier Publishing Co., Limited, 1969

[4] Jones, W.P., "*Air Conditioning Engineering*" Third edition, Edward Arnold, 1985

[5] Olgyay, V.. "*Design with Climate*", Princton University Press, New Jersey, 1976

[6] Aynsley, R. M. "*Architectural Aerodynamics*" Applied Science Publishers LTD, London, 1977

[7] Evans, Martin. "*Housing, Climate and Comfort*", The Architectural Press, 1980

[8] Boutet, Terry, S, "*Controlling Air Movement*" McGraw-Hill Book, USA, 1987

[9] Evans, H., "*Daylight in Architecture*", McGraw Hill, USA, 1981

[10] Diamant, R.M. "*The Internal Environment of Dwellings*", London, Heinman, 1971

[11] Awbi, H. B. "*Ventilation of Buildings*" E & FN Spon, an imprint of routledge, 1998

[12] الجمعية العلمية الملكية، مركز بحوث البناء، "*كودة التهوية الطبيعية والاصول الصحية*"، مجلس البناء الوطني الاردني،1992

[13] الجوادي، د.مقداد "*طريقة جديدة لتوظيف وسائل التهوية والتبريد التراثية في الأبنية الحديثة*" إتحاد مجالس البحث العلمي، بغداد، تشرين الأول 1998

[14] السري، سمير محسن حسن، "*اثر الخصائص التصميمية لملاقف الهواء على التهوية الطبيعية للمساكن المعاصرة*"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، 2000

الباب الرابع
الحدود المطلوبة لتبديل الهواء داخل المباني

1-4 تمهيد

تتنوع بشكل كبير معدلات التهوية المطلوبة في قوانين المباني اعتمادا على المعيار المنتخب واختلاف نوع المبنى، وأعداد وأنواع الملوثات. لذلك تصبح عملية تقدير حجم التهوية المطلوبة للحفاظ على مستويات مقبولة لكل انواع الملوثات صعب التنبؤ بها لاختلاف الادراك الحسي لشاغلي المباني، كما ان التأثير الأحيائي قد يكون مختلفاً عن المقاييس الموضوعة لكل ملوث بمفرده، وافضل مثال على ذلك هو ضعف الاحساس برائحة الجسم كملوث للهواء الداخلي في بيئة مملوءة بدخان السجائر.

ويمكن اعتبار اقل معدلات تهوية مطلوبة هي التي تحافظ على غاز الاوكسجين ونسب الغازات المتحررة وثنائي اوكسيد الكربون في الفضاءات المشغولة عند مستويات مقبولة.[1،ص180]

2-4 انواع المباني

فيما يلي تعريف بالمباني المختلفة ومتطلباتها من التهوية الطبيعية:

1/2-4 المباني السكنية

تتنوع متطلبات التهوية في المباني السكنية من حيث تحسين نوعية الهواء الداخلي بازالة الملوثات الداخلية مثل الدخان والغازات والروائح وغيرها فضلا عن توافر بيئة داخلية صحية مع الراحة الحرارية. وتتطلب تشريعات البناء في معظم الدول وجود فتحات تهوية كافية في المباني السكنية لضمان حجم كافٍ من الهواء لاغراض التهوية الطبيعية. كما تفرض هذه التشريعات استعمال مروحة تفريغ تؤدي الى فضاء مفتوح، فضلا عن ترك فتحة لدخول الهواء او ماشابه ذلك (كفتحة تحت الباب ارتفاعها10mm) في المطابخ وغرف الخدمة والحمامات ودورات المياه التي ليس لها جدران متصلة بالخارج.[2،ص90-91]

2/2-4 المباني الادارية

تحتاج فضاءات المباني الادارية الى كمية كافية من الهواء الخارجي لتخفيف الملوثات الداخلية المنبعثة من الاجهزة والناس والاثاث ..الخ، فضلا عن تهيئة التهوية المريحة التي تعني اكثر من السيطرة على درجة حرارة الهواء ورطوبته فهي تهتم بالموازنة بين كمية الهواء النقي الداخل الى فضاءات المكاتب وبين الهواء المفرغ منها، كما انها تعتبر من العناصر المهمة في البيئة الداخلية للمكاتب من حيث تأثيرها في نشاط وفعالية العاملين وانتاجيتهم في العمل. فالنقص في كمية الهواء النقي داخل المكاتب يسبب ضيقا في التنفس والشعور بالخمول والنعاس والصداع وغيرها من الاعراض المرضية.

3/2-4 مباني المستشفيات

إنَ البحوث التي اجريت حديثا اثبتت ضرورة زيادة معدلات التهوية المطلوبة في مباني المستشفيات كونها مباني يمكن ان تجمع انواعاً كثيرة من الملوثات والبعض منها يمكن ان يكون خطيرا.

واهم مشكلة في تصميم التهوية في المستشفى هو منع انتقال العدوى بين اجنحتها، فقد تأتي البكتريا العضوية من الانف والحنجرة او الجروح المتعفنة، وهناك بكتريا معينة يحملها 50% من الناس وهي باقطار الميكرون وتنقل عن طريق دقائق الغبار الاكبر قطرا. ولمنع انتشار البكتريا الجوية وزيادة تركيزها في الهواء يجب المحافظة على نوعية وكمية الهواء فضلا عن نمط حركة الهواء، كما يجب ان تكون هناك معرفة بخطورة الملوثات وانواعها.[3،ص190]

ويجب ان تصمم علاقة ضغط الهواء بين الغرف والمساحات المفتوحة بحيث ينتقل الهواء من المساحات النقية الى الغرف والردهات ثم يعود الى المساحات النقية ايضاً بدون الاختلاط بفضاءات تتوسطها قدر الامكان للتخلص من انتقال البكتريا والمكروبات الى مناطق وجود المراجعين والمرضى في الممرات. ويفضل ان تكون منظومة التهوية الميكانيكية مصممة لتجعل هواء التكييف الراجع يتم إبداله كلياً بنسبة 100% ولايعود منه شئ مع الهواء المجهز للتبريد أو التدفئة.[8،ص43]

4/2-4 المباني التعليمية

إنَ اهم عامل في تهوية الفضاءات التعليمية هو السيطرة على تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكربون الناتج من عمليات التنفس لشاغلي الفضاء، حيث يتخذ تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكربون في القاعات الدراسية (بغياب أي ملوث رئيس آخر) أفضل مؤشر على اداء التهوية للسيطرة على نوعية الهواء الداخلي، فمن الضروري ان لايزيد تركيز هذا الغاز في الهواء عن 5000 جزء بالمليون خلال فترة التدريس في القاعات الدراسية، وأن تكون لشاغلي هذه الفضاءات القدرة على تقليل تركيزه الى 1000 في أيَ وقت من خلال فتح الشبابيك لتبديل الهواء الخارجي بالهواء الداخلي.[7،ص5]

ويجب تجهيز كميات من الهواء النقي بما لايقل عن (5L/s. person) كحد ادنى للقاعات الدراسية. إن هذا المقدار قد لا يكفي لمختبرات العلوم وغيرها التي تجري فيها فعاليات قد تطلق ملوثات أُخرى إلى الهواء. لذا يجب تهوية المختبرات بكميات كافية للتخلص من الملوثات الناتجة من التجارب الكيميائية والتخلص من الحرارة الزائدة الناتجة من هذه التجارب ومن اشتعال المواقد، وفي معظم الحالات قد لاتكون التهوية الطبيعية كافية او لايمكن الاعتماد عليها للتخلص من هذه الملوثات بشكل جيد فيستعان بالتهوية الميكانيكية خاصة في مختبرات العلوم حيث يمكن استعمال مفرغات الهواء. ويوصى بوجوب أن يتحقق المقدار المطلوب من التبديلات الهوائية/ساعة لكل مختبر بحسب طبيعته، انظر الجدول (4-1/3) ليكون ذلك كافيا للتخفيف من الملوثات التي تنتج في ذلك المختبر.[7،ص7-13]

5/2-4 مباني المصانع

هناك عدد من الشروط لتهوية المصانع تختلف باختلاف نوع الصناعة التي تتم داخل المبنى ومستويات التلوث وانواعها في الهواء الداخلي. حيث يجب ان تكون هناك تهوية كافية خاصة ضد مخاطر الابخرة والدقائق التي يمكن ان تنتج من الصناعات المختلفة والتي يمكن ان تكون خطرة على الصحة، مع ضرورة حماية العاملين من تنفس الغبار الناتج او الابخرة وتجنب تراكمها، كما يجب المحافظة على مستويات محددة للرطوبة الداخلية للهواء خاصة في مصانع الملابس القطنية. وبشكل عام فأنه يوصى بمعدل تهوية (12.5L/s. person) لفضاءات المصانع.[5،ص(4-121)]

6/2-4 مواقف المركبات

إنَ الغازات المنبعثة من المركبات مثل غاز أحادي اوكسيد الكربون و NO_x تكون خطرة جدا ويجب تجهيز التهوية المناسبة لتقليلها. وكقاعدة عامة يجب تبديل الهواء 4-6 مرات في الساعة في المواقف البيتية 20-30 مرة في الساعة على الاقل في محطات (ورش) اصلاح المركبات والمواقف العامة.

ان مواقف المركبات الداخلية لاتحتاج الى التهوية فقط وإنَما الى منع مناطق تجمع الهواء الراكد، حيث يمكن ان توجد غازات ضارة عند طبقة تقع بمستوى قريب من السقف ولاتختلط مع الهواء ولايمكن ازالتها حتى بالاحجام الكبيرة من الهواء التي يتم ضخها بمستوى الجزء السفلي، والحل هو ازالة الهواء الموجود في مستوى السقف وفي المواقع القريبة منه وبتسلسل معين ليتم سحب كمية اكبر من الملوثات الداخلية معه.[4،ص266]

7/2-4 انفاق المركبات

إنَ الغازات المنبعثة من المركبات تحتوي على مواد ضارة بالصحة فضلا عن الدخان الذي يقلل من مستوى الرؤية اذا تركز. ويزداد تركيز هذه الغازات والدخان في انفاق المركبات. لذلك يتم اختيار مواقع الانفاق عادة وقدر الامكان باتجاه الرياح السائدة او يتم تجهيزها بساحبات هواء سقفية للمساعدة على تجهيز هواء نقي كافٍ لتخفيف تلوث الهواء فيها. وقد تكون التهوية الاصطناعية غير ضرورية لقصر النفق وقلة كثافة الازدحام المروري.

أمَا الانفاق الطويلة فيتم تهويتها بشكل رئيس اعتمادا على جعل تركيز غاز احادي اوكسيد الكربون ضمن الحد المسموح به والذي يتنوع بتنوع سرعة المركبة ونوعها. وبما أن معدل غاز احادي اوكسيد الكربون المنبعث من المركبة الواحدة هو (0.7L/s) فأن نفق مركبات بممرين، طوله 30 متراً، يحتاج الى تجهيزه بهواء نقي بكمية معدلها $0.18m^3/s$ لكل متر من النفق، للحفاظ على تركيز الغاز عند حده المقبول البالغ 0.025%. ومن المعتاد أن تزاد الكمية المحسوبة من الهواء النقي بمقدار 25%، واذا كان هناك مشاة يستعملون النفق او كانت المركبات بطيئة فيجب زيادة هذه الكمية.[3،ص202-203]

8/2-4 احواض السباحة الداخلية

تؤدي تهوية احواض السباحة الداخلية وظيفتين اساسيتين هما تخفيف الروائح التي تصدر عن مادة الكلور المضافة الى المياه الى مستوى مقبول وضمان عدم حصول التكثف على السطوح الداخلية للمسابح من خلال السيطرة على الحرارة والرطوبة ضمن مستويات مقبولة. حيث يعمل حوض السباحة على ترطيب الهواء، وتتحكم سرعة حركة الهواء في كمية تبخر الماء، لذلك يتطلب سرعة قليلة للهواء، لكن السرعة العالية لحركة الهواء مطلوبة بالقرب من المساحات الزجاجية كي تتبخر قطرات الماء المتجمعة. ويجب المحافظة على نقطة الندى بمستوى اقل من درجة حرارة المياه ويتحقق ذلك بتجهيز كميات غزيرة من الهواء النقي، وقد يتم ذلك يدويا بفتح الشبابيك كما هو شائع في الكثير من احواض السباحة. [3،ص192]

كما ان لسرعة حركة الهواء اهمية كبيرة في تحديد راحة شاغلي المسابح، ويجب ان تؤخذ نوعية مواد البناء المستعملة في هيكل مباني المسابح بنظر الاعتبار من حيث الموصولية الحرارية لها (Thermal Conductivity) ونفاذيتها لبخار الماء وفي هذه الحالة لابد من اجراء حسابات التكثف. وقد اظهرت التجربة انه من الافضل استعمال الزجاج المزدوج لتقليل التكثف حيث ان اغلب قاعات احواض السباحة تحوي مساحات كبيرة من الزجاج. يجب ان يتم تجهيز (12L/s. person) كادنى معدل للهواء النقي، وان لاتزيد درجة حرارة الهواء عن 30 درجة سيلزية وتكون حدود رطوبته النسبية بين 50-75%.[3،ص193]

3-4 طرائق لحساب معدلات التهوية المطلوبة

هناك طريقتان رئيستان لحساب معدلات التهوية المطلوبة وكالتالي:

1- اعتماداً على عدد شاغلي الفضاء (سعة الفضاء)

وتعتمد على ان كل شخص في الفضاء يجب ان تتوافر كمية محددة له من الهواء النقي تقاس بالمتر المكعب لكل شخص في الساعة (m^3/hour. person) او باللتر لكل شخص في الثانية (L/s. person). ولإيجاد كمية الهواء التي نحتاجها لفضاء محدد نضرب عدد الاشخاص الشاغلين للفضاء بمعدل التهوية المطلوب لكل شخص، ومثال على ذلك في فضاء بمساحة $50m^2$ وبعدد شاغلين للفضاء 10 اشخاص (على اعتبار أنَ كلَ شخص يشغل مساحة $5m^2$) ولمعدل تهوية مطلوب لكل شخص مقداره 10 (m^3/ hour. person) فان التهوية المطلوبة هي 100 (m^3/ hour. person):

$$10 \times 10 = 100\ m^3/\ hour.\ person$$

وفي بعض الاحيان يحسب دليل التهوية باللتر/شخص.ثانية وكمرجع فإن:

10 (m^3/ hour. person) = 2.77 (L/s. person) تقريباً

2- اعتماداً على قياس الفضاء (عدد تبديلات الهواء)

هي طريقة حساب تعتمد على كمية التهوية التي نحتاجها لملء غرفة مرة واحدة بالساعة (أي مرة تبديل هواء/ساعة). ففي غرفة ذات ابعاد 5m × 10m (مساحة = $50m^2$) فان حجم الهواء المطلوب لمرة تبديل هواء يعتمد على ارتفاع السقف. ومثال على ذلك اذا كان عدد شاغلي الفضاء 10 اشخاص وكان ارتفاع السقف 2.5m فان حجم الغرفة سيكون:

(مساحة الارضية × الارتفاع)

$(2.5\ m \times 50\ m^2) = 125\ m^3$

واذا كان معدل التهوية المطلوب لكل شخص 10(m^3/ hour. person)

$10 \times 10 = 100$

$100 / 125 = 0.8$

اي ان التهوية المطلوبة هي 0.8 مرة تبديل هواء في الساعة لفضاء بارتفاع 2.5m

واذا كان الارتفاع 4m فان حجم الغرفة سيكون:

$(4\ m \times 50\ m^2) = 200\ m^3$

$10 \times 10 = 100$

$100 / 200 = 0.5$

اي ان التهوية المطلوبة هي 0.5 مرة تبديل هواء في الساعة لفضاء بارتفاع 4m

والجدول (4-1/3) يمثل متطلبات الحد الادنى من الهواء النقي، وتحتاج الكميات الموصى بها في الجدول الى تعديل تبعا لوجود الروائح والدخان غير المرغوب فيه (ومن ضمنه دخان السجائر).

يفضل استعمال مقياس لتر لكلَ شخص في الثانية كمعدل تهوية مطلوب، حيث يمكن تثبيت عدد الاشخاص بشئ من الدقة كما هو الحال في المسارح والمطاعم، اما في الفضاءات التي لايمكن تخمين العدد الدقيق لشاغليها فيفضل استعمال مقياس اللتر لكل متر مربع في الثانية من مساحة الارضية.

الجدول 4-1/3: معدلات التهوية المطلوبة في المباني المختلفة

نوع الفضاء	متطلبات التهوية (L/s. person) الكمية الموصى بها	متطلبات التهوية للشخص الواحد ($L/s.m^2$)	ملاحظات
المباني السكنية/وحدات منفصلة			
غرف المعيشة	5-3.5		
غرف النوم	5-3.5		
مطابخ	25-15		
حمامات/دورات مياه	25-15		
المباني التجارية			
اسواق مركزية	7.5		الحد الادنى
طوابق البيع/سرداب–ارضي	7.5-5		
طوابق عليا	7.5-5		
مساحات الخزن	5-3.5*		
اسواق الطعام/لحوم	2.5		الحد الادنى
محلات الاثاث والملابس والاقمشة والادوية	7.5		الحد الادنى

تكملة الجدول 4-1/3

نوع الفضاء	متطلبات التهوية (L/s. person) الكمية الموصى بها	متطلبات التهوية للشخص الواحد($L/s.m^2$)	ملاحظات
الفنادق			
غرف نوم/مفرد، مزدوج	7.5-5	0.3	
غرف معيشة	10-7.5	0.3	
حمامات.دورات المياه	25-15		
الاروقة	9.5-3.5		
قاعة الانتظار	7.5-5	0.3	
غرف اجتماعات صغيرة	15-12.5		
غرف اجتماعات كبيرة	12.5-10		
المباني الادارية			
فضاءات مكاتب عامة	12.5-7	0.3	
قاعة اجتماعات	20-15		
قاعة انتظار	10-7.5	0.3	
قاعة حاسبات	5-3.5		
المباني التعليمية			
تعليمي/ روضة اطفال 4سنوات	8.6	0.9	الحد الادنى
قاعات دراسية 8-5سنة	7.4	0.6	الحد الادنى
قاعات دراسية 9 فما فوق	6.7	0.6	الحد الادنى

تكملة الجدول 4-3/1

نوع الفضاء	متطلبات التهوية (L/s. person) الكمية الموصى بها	متطلبات التهوية للشخص الواحد(L/s.m2)	ملاحظات
قاعات سمعية	10-7.5	0.3	
قاعات العاب رياضية	15-12.5		
مكتبات	6-5		
المكاتب	7.5-5		
الاروقة	12.5-10		
مختبرات العلوم	8.6	0.9	الحد الادنى
مختبر حاسبة	7.4	0.6	الحد الادنى
جامعة/كلية			
المختبرات	5	0.9	الحد الادنى
مختبر حاسبة	5	0.6	الحد الادنى
المستشفيات			
غرف نوم مفردة	10-7.5		
اجنحة	10-7.5		
غرف العلاج الفيزياوي	7.5		الحد الادنى
خدمة الطعام	17.5		
المختبرات	12.5-10		

تكملة الجدول 4-1/3

نوع الفضاء	متطلبات التهوية (L/s. person) الكمية الموصى بها	متطلبات التهوية للشخص الواحد(L/s.m2)	ملاحظات
القاعات الرياضية			
قاعات مصارعة		1.5	
قاعات العاب رياضية	15-12.5	1.5	
غرف الخزانات	25-20		
مساحات المتفرجين	15-12.5	0.3	
قاعات التنس	15-12.5		
احواض السباحة الداخلية	12.5-10	2.4	
عام			
صالات التجميل	17.5-15	0.6	
متاحف (اطفال)	5.3	0.6	الحد الادنى
متاحف (صالات عرض)	4.6	0.3	الحد الادنى
استوديو تصوير/غرفة الكاميرا	5-3.5	0.6	
مطعم(قاعة الغداء)	10	0.9	الحد الادنى
كافتريا(غداء سريع)	10	0.9	الحد الادنى
المطابخ	7.5		الحد الادنى
صيدلية(مساحة الاعداد)	11.5	0.9	الحد الادنى

تكملة الجدول 4-3/1

نوع الفضاء	متطلبات التهوية (L/s. person) الكمية الموصى بها	متطلبات التهوية للشخص الواحد(L/s.m2)	ملاحظات
غسل الملابس وكيها (تجارية)	12.5		الحد الادنى
غسيل جاف (تجاري)	15		الحد الادنى
مكتبات	2.5	0.6	الحد الادنى

ملاحظات:

- يطبق هذا الجدول على الفضاءات الخالية من التدخين، ويفترض حساب كمية الهواء الاضافية اللازمة لازالة التلوث الناتج من التدخين في الفضاءات التي يسمح التدخين فيها.

* قد لايكون معدل التهوية كافياً في المخازن والمستودعات في حالة خزن مواد ذات انبعاثات ضارة.

المراجع

[1] Aynsley, R. M. "*Architectural Aerodynamics*" Applied Science Publishers LTD, London, 1977

[2] Derek, O. & Roger, G. "*Introduction to Building*" Pearson Education Limited, 2002

[3] Croome, Derek J., "*Air Conditioning and Ventilation of Buildings*", Vol.1, Great Britain, 1981

[4] Lawson, T.V. "*Wind Effect on Buildings*" Applied Science Publishers LTD, London, 1980

[5] Hancock, John; "*Time-Saver Standards for Architectural Design data*" Sixth edition, McGraw-Hill, 1982

[6] Jones, W.P., "*Air Conditioning Engineering*", Third edition, Edward Arnold, 1985

[7] ISBN, "*Ventilation of School Buildings*", Regulation standards design guidance, version 1.4-5th, July, 2006

[8] الكبيسي، شاكر، اياد "*تصميم التكييف في المستشفيات*"، المركز القومي للاستشارات الهندسية والمعمارية، مجلة (المهندسون) العدد الخامس، حزيران 1987

مراجع جدول معدلات التهوية:

[1] ASHRAE standard "*Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*", American Society Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.2007, p12-14

[2] ASHRAE standard "*Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*", American Society Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.1999, p7-9

[3] IMC "*International Mechanical Code*", International code council, inc, 2006, p31-32

[4] Hancock, John; "*Time-Saver Standards for Architectural Design data*", Part II, seventh edition, McGraw-Hill, 1997, P(D-101)-(D-102)

[5] Hancock, John; "*Time-Saver Standards for Architectural Design data*" Sixth edition, McGraw-Hill, 1982, P(4-119)-(4-122)

الباب الخامس

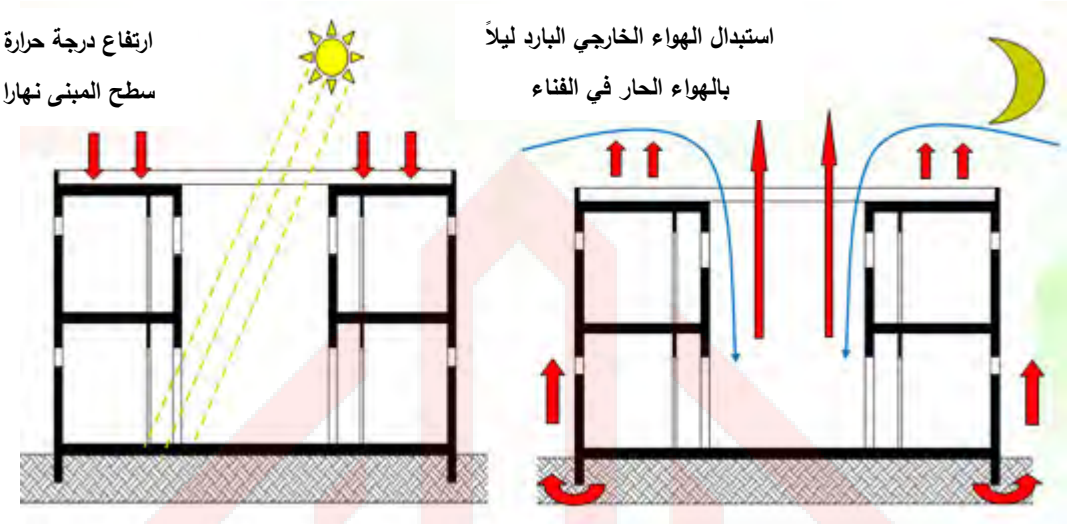
المعالجات المعمارية لتحسين التهوية الطبيعية في المباني

1-5 تمهيد

تتباين فعالية حركة الهواء داخل الفضاءات المعمارية مع تغيير الاساليب والطرائق والمفردات التصميمية التي يضعها المعماري باتجاه زيادة التبادل الهوائي مع الخارج او السيطرة وتحسين الاداء الهوائي داخل الفضاءات صحيا وحراريا. ومن هذه الاساليب او المفردات المعمارية انواع الشبابيك، واسلوب تثبيتها، وطريقة حركتها، وملاقف الهواء او مايسمى بابراج الرياح والفناءات الداخلية والمداخن الشمسية وغيرها التي من المهم تسليط الضوء عليها لتعتبر ركائز يستفيد منها المصمم. وفيما يأتي المعالجات المعمارية المستعملة لتحسين التهوية الطبيعية في المباني:

2-5 الفناء الداخلي

هو ذلك الفضاء المغلق من جهاته الاربع حصرا والمفتوح من الأعلى الى السماء والمحدد بالفضاءات الداخلية من احد او جميع سطوحه الداخلية. وهو العنصر والصفة التي تميزت بها العمارة التقليدية في المناطق الحارة. فهو بمثابة الرئة التي يتنفس منها المبنى، وله القابلية على حماية مناخه المصغر (Micro-Climate) من التقلبات المناخية الحادة في الفضاء الخارجي، ويصنف كأحد انظمة التبريد الذاتي (Passive Cooling System). وقد تلازم الفناء الداخلي مع الكثير من المباني (البيوت والمدارس والمساجد ..الخ) في العمارة التقليدية حيث اصبح للفناء ثلاث وظائف مناخية اساسية هي الانارة والتهوية والعمل كمنظم للحرارة. حيث يبرد سطح المبنى في اثناء الليل نتيجة فقدانه الحرارة التي اكتسبت في اثناء النهار الى السماء كموجات طويلة نسبيا، فيبرد الهواء الملامس له ويهبط الى اسفل الفناء في حين يصعد الهواء الدافئ نتيجة اكتسابه الحرارة من ملامسته للجدران الساخنة والباعثة للحرارة التي اكتسبت في اثناء النهار الى الاعلى، كما مبين في الشكل (5-1/2) ويبقى الهواء البارد في المستويات السفلى للفناء لفترات متابينة في مدتها بحسب التصميم ونوعية مواد البناء والانهاءات. وبعد شروق الشمس في اليوم التالي تبدأ درجة حرارة السطوح بالارتفاع ويتم عكس العملية السابقة مرة اخرى[2،ص9] وبذلك فأن الفناء يمكن أن يجهز المبنى بالتهوية والتبريد الطبيعيين، إذ يعمل كخزان تبريد يتجمع فيه هواء الليل معتدل الحرارة في طبقات، ثم ينساب إلى الحجرات المحيطة فيبردها.



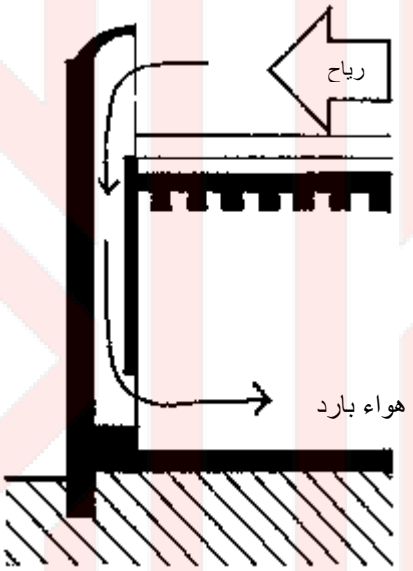
الشكل 5-1/2: حركة الهواء في الفناء الداخلي مابين الليل والنهار[6،ص39]

ويقسم الفناء الى نوعين البارد والحار، فالفناء البارد تتعرض ارضيته للاشعاع الشمسي المباشر في فترات قليلة ويحوي على بروزات على المقطع العمودي وتكون مادة ارضيته مسامية مثل الطابوق والحجر، اما الفناء الحار فهو الذي تتعرض ارضيته للاشعاع الشمسي المستمر نتيجة عدم وجود بروزات على المقطع العمودي ويحدث فيه ارتفاع في درجات الحرارة وانعكاسات اشعاعية الى داخل المبنى بسبب مواد الانهاء مثل السيراميك والمرمر والكاشي او اسلوب التصميم. ويوصى باستعمال الفناء البارد في المناطق الحارة الجافة، إذ ستعمل الضغوط المتكونة نتيجة فرق درجات حرارة الهواء بين الفناء والفضاءات الداخلية وبين الفناء والزقاق الخارجي في البيوت التقليدية على توليد حركة الهواء (البارد) من مناطق الضغط العالي الى مناطق الضغط الواطئ.[2،ص11]

ويمكن زيادة فعالية الفناء عن طريق تظليله بمساحات واسعة من الظل صباحا. ويتم ذلك بعدة طرائق منها زيادة ارتفاع البناء المحيط بالفناء، على ان تكون ضمن حدود مقبولة، حيث ان هناك علاقة عكسية بين نسبة الارتفاع وزيادة فاعلية التعرض الشتائية وعلاقة طردية بينها وبين زيادة فاعلية عدم التعرض الصيفية، ويكون تأثير خفض نسبة الارتفاع في تحسن فاعلية تعرض الفناء شتاءً وخصوصا في الفناءات العميقة (تصل في بعض الحالات الى خمسة اضعاف فاعلية واقع الحال) اكبر من تأثير زيادة نسبة الارتفاع الذي يصاحبه تحسن بقيمة قليلة في فاعلية عدم التعرض الصيفية بصورة عامة. كذلك يمكن الحصول على الظل باستعمال عناصر معمارية كالبروزات أو الشرف (البلكونات)، أو استعمال أغطية السقف القابلة للانسحاب، أو اللجوء إلى عناصر التظليل الطبيعية كالمتسلقات، ولاينصح بالاشجار للفناءات الصغيرة لكونها ترفع من نسبة الرطوبة مما يجعل الفناء غير قابل للاستعمال.[2،ص11]

3-5 ملقف الهواء (Wind Catcher)

لزيادة التهوية داخل المباني بأقل مايمكن من الغبار والهواء الحار ينصح بعمل ملاقف هواء. والملقف هو مجرى هوائي(فراغ رأسي يعلو عن المبنى) وله فتحة فوق مستوى سطح المبنى مقابلة لإتجاه هبوب الرياح السائدة لاقتناص الهواء المار فوق المبنى ودفعه إلى داخله، انظر الشكل (2/3-5). وبهذا يتخلص المبنى من الهواء القادم من الشارع المحمل بالغبار نتيجة مرور المركبات والحركة التي تثير الغبار المترسب على ارضية الشارع، وكذلك هواء الشارع الحار الذي تزيد حرارته على حرارة الهواء القادم من السطح نتيجة ملامسته الارض الداكنة الاسفلتية وكذلك حرارة الجدران العمودية للبيوت المجاورة للشبابيك. حيث يعمل الملقف بسبب ارتفاع عمود الهواء فيه وبسبب حركة الهواء المقتنص نازلاً نحو الاسفل كضاغط يدفع هواء الفضاء الداخلي للمبنى نحو شبابيكه المفتوحة على الشارع فيندفع خارجاً حاملاً معه الحرارة غير المرغوب فيها بدلا من ان تكون الشبابيك كمصدر لهواء المسكن الذي سيصله هواء حار ومغبر.[3،ص11]



الشكل 2/3-5: مقطع عمودي يوضح عمل ملقف الهواء

ويعتمد حجم الملقف على مساحة الفضاءات التي سيقوم بتهويتها بتيسيره وصول هواء متحرك اليها عند سرع ضمن حدود الراحة. ويمكن تحديد هذه السرع بواسطة فتحات (شبابيك) تفتح على الملقف قابلة السيطرة على كمية واتجاه حركة الهواء النازل من الملقف. ولاينصح باعتماد ملاقف صغيرة لأن جدرانها لن تكون قابلة للصقل فتصبح مرتعا للحشرات ومظلمة وذات تيارت هوائية ضعيفة لاتفي بالغرض المطلوب. ولاستعمال ملاقف الهواء في تصاميم المباني المعاصرة مع اعتماد حدود الراحة الحرارية للانسان المعاصر يوصى بأنه كلما كان طول اقصر ضلع في المقطع الافقي للملقف لايقل عن 6:1 ارتفاعه كان اداء الملقف جيدا.[3،ص12]

وتتميز ملاقف الهواء عن الفتحات والنوافذ بمميزات متعددة اهمها:

1- الحصول على هواء نقي نسبيا من الاتربة وذلك لبعد مصدر الهواء عن سطح الارض.

2- الحصول على هواء بسرعة اعلى وذلك لان سرعة الهواء تتزايد كلما زاد الارتفاع عن سطح الارض.

3-التغلب على الحواجز والسطوح التي قد تسبب عائقاً للهواء من الدخول الى المبنى خلال الشبابيك فتصبح الشبابيك باستعمال ملاقف الهواء منطقة ضغط واطئ تسحب هواء المسكن الى الخارج.

4- تيسير التهوية للمباني او الفضاءات الداخلية التي لاتوجد لها نوافذ خارجية.

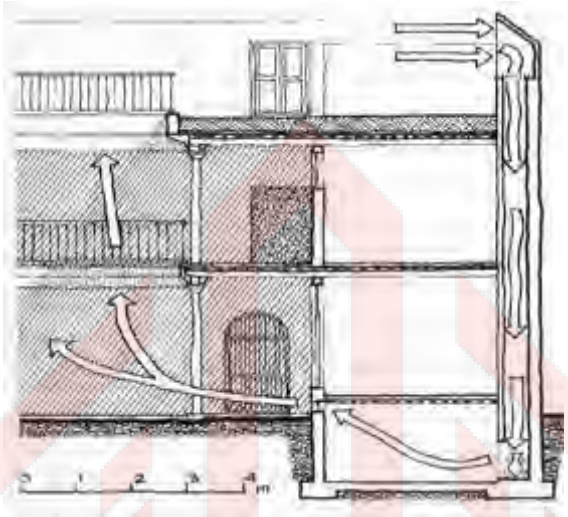
5- تلطيف درجة حرارة الهواء المار خلال جسم الملقف اذا عولج جسم الملقف بالنباتات او الترطيب.

وعادة ما يحتوي ملقف الرياح على أحد نظامي التبريد التاليين:

1- تبريد حسي: (Sensible Cooling) يعتمد هذا النظام على خفض درجة حرارة الهواء شعوريا نتيجة حركة الهواء ودرجات الحرارة المؤثرة (Effective Temperature) مع عدم تغيير محتواه من بخار الماء.

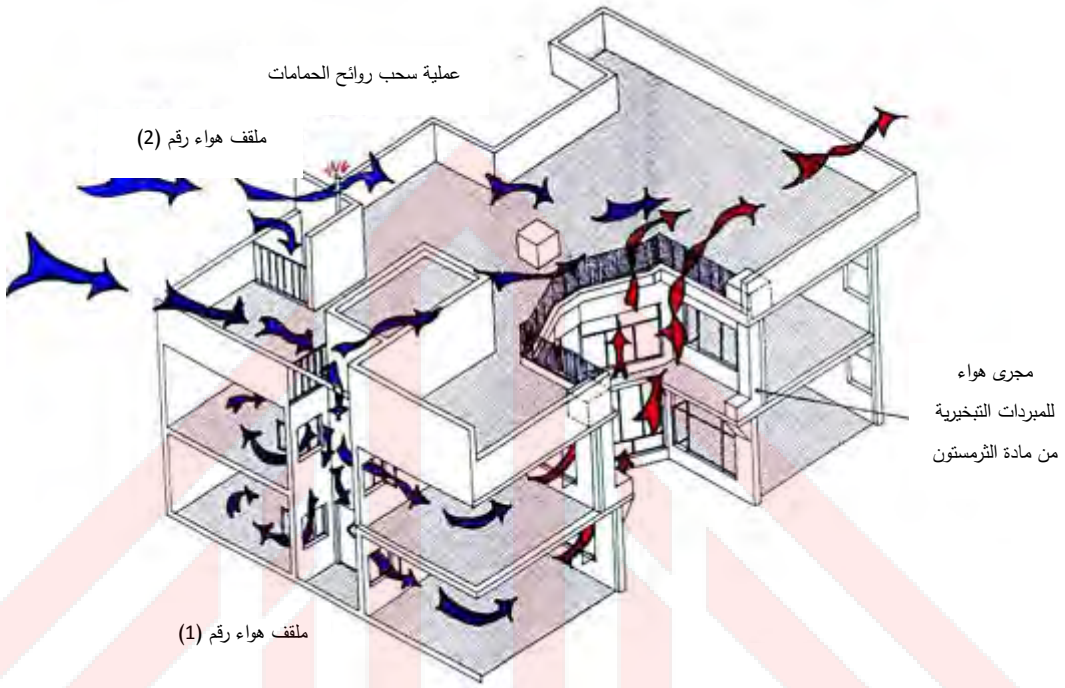
2- تبريد بالتبخير: (Evaporative Cooling) وفي هذا النظام يحصل ترطيب مباشر للهواء بوسائل متعددة، حيث تقل درجة حرارة الهواء بعملية التبخير مع زيادة محتواه من بخار الماء، وعادة ما يستعمل هذا النظام في المناطق الحارة الجافة.

وقد استفادت بعض من العمارة التقليدية من حركة الهواء المارة بمجرى الهواء داخل الجدران المترطبة نتيجة امتصاص الطابوق للمياه الجوفية. كما انه يمكن تبريد الهواء القادم من ملقف الهواء (قبل أن يتوزع على أجزاء فضاء المبنى الداخلي) بجعل نهايته السفلى تمتد الى طبقة السرداب ذي درجة الحرارة المنخفضة. وبذلك سيبرد الهواء الخارج من فتحته عند السرداب قبل انتقاله الى فضاء المبنى الداخلي. انظر الشكل (3/3-5).

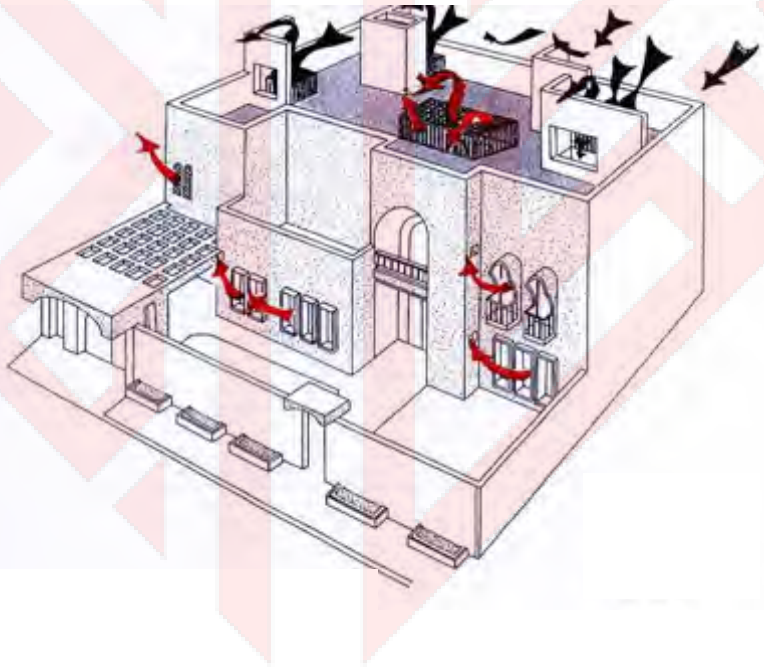


الشكل 5-3/3: عمل ملقف الهواء مع الفناء الداخلي في البيوت التقليدية.[2،ص56]

وتعتبر ملاقف الهواء ذات فائدة عالية في كل من فترات الربيع والخريف والفترات الليلية في الصيف وكذلك في الساعات الاولى من النهار في تيسيرها حركة هواء تخفض شعوريا من درجة حرارة الهواء الاعتيادية (Effective Temperature)، وكذلك مساهمتها في تقليل الحرارة الداخلية العالية الواصلة من الجدران ذات التأخير الزمني (Time Lag) الذي مدته اكثر من 12 ساعة حيث تعمل على تبريد سطح القشرة الداخلية، وعملها على سحب الهواء الحار الى خارج المبنى فتصبح حرارة الجدران الداخلية واطئة.[7،ص76] والشكلان (5-4/3) و(5-5/3) يبينان نموذجين لدارين استعملت ملاقف الهواء فيهما مع المدخنة الشمسية في النموذج الثاني.



الشكل 5-3/4: نموذج لدار تصميم (الاستاذ الدكتور مقداد الجوادي) يبين حركة الهواء باستعمال ملاقف الهواء



الشكل 5-3/5: نموذج لدار تصميم (الاستاذ الدكتور مقداد الجوادي) يبين حركة الهواء باستعمال ملاقف الهواء مع المدخنة الشمسية

وهذا يجب أن يراعى في مراحل التصميم الاولية أن يتم اختيار موقع ملاقف الهواء بحيث لاتقع في أماكن ظل الرياح او البيوت المجاورة، وفي حالة وقوعها يجب أن يرفع الملقف فوق مستوى الجدران المجاورة بما

لايقل عن 2m. اما في البيوت المشيدة والتي ترغب في اضافة ملاقف هواء فإنه يجب دراسة مخطط البيت واكتشاف المواقع التي يمكن أن توضع فيها ملاقف هواء ملحقة بالبناء وهذا يعتمد على طبيعة مخطط البيت وفي كل الاحوال لايجوز توقيع فتحة ملقف الهواء في ظل الرياح، بل تكون فتحتها مواجهة لاتجاه هبوبها وذات ضغط موجب.

4-5 المدخنة الشمسية

هي وسيلة لتحسين التهوية الطبيعية في المباني تستعين بقدرة الحمل الحراري على تحريك الهواء في عمود هوائي تسخن قمته باستعمال الطاقة الشمسية. ويمكن الاستفادة من المداخن الشمسية في الفترات التي لاتتوافر فيها الرياح اللازمة لعمل ملاقف الهواء. فبالامكان استعمال المدخنة الشمسية في المناطق الحارة لتعزيز التهوية الطبيعية داخل المباني بقوة تأثير المدخنة (Stack Effect). فهي تعتبر وسيلة فعالة من وسائل التبريد الذاتي للمبنى، وتعتبر احدى وسائل العمارة المستدامة، فهي تقلل من استهلاك الطاقة وتقلل من الملوثات المنبعثة كونها وسيلة تبريد وتهوية طبيعية.[3،ص6]

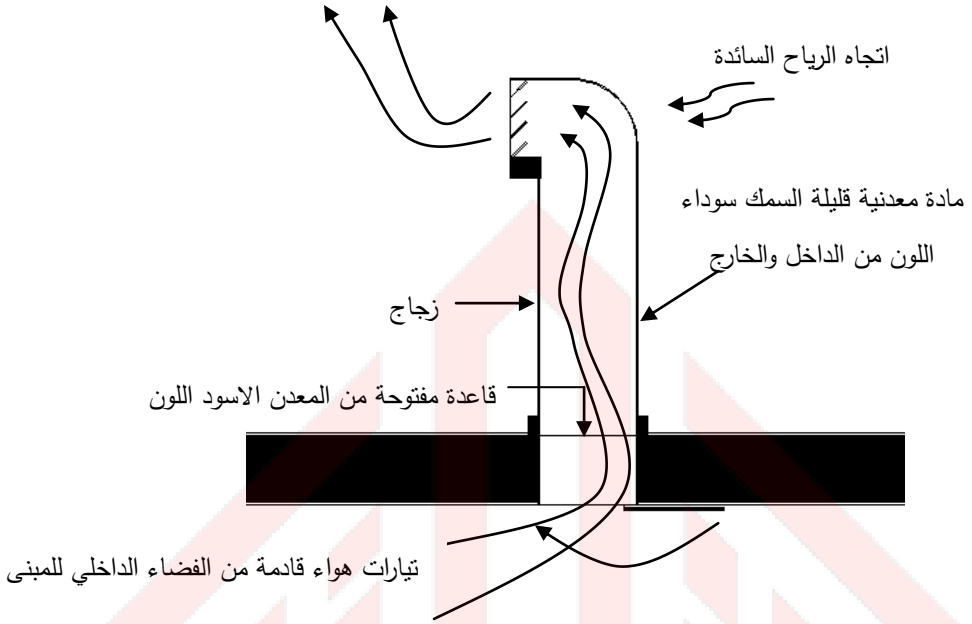
وتتكون المدخنة الشمسية بابسط انواعها من عناصر اساسية تشمل مايلي:

1- مساحة تجميع الطاقة الشمسية: وتقع في الجزء العلوي من المدخنة، ويمكن ان تشمل البرج الداخلي للمدخنة. ويعتبر التوجيه ونوع التزجيج والعوازل الحرارية المستعملة والخصائص الحرارية لهذه العناصر عوامل مهمة في عمل المدخنة.

2- برج التهوية الرئيس: ان لموقع وارتفاع ومقطع البرج والخصائص الحرارية لهذا الهيكل اهمية كبيرة في تحديد مدى فعالية المدخنة.

3- فتحات دخول وخروج الهواء: ان لقياس وموقع هذه الفتحات تأثيراً كبيراً في عمل المدخنة.

كما تطلى المدخنة الشمسية باللون الاسود لامتصاص اكبر كمية من الاشعة الشمسية خلال النهار مع ارتفاع درجات الحرارة، ويمكن زيادة امتصاص الحرارة من الشمس باستعمال السطوح الزجاجية في الجانب المواجه للشمس واستعمال مواد بناء ماصة للحرارة في الجانب الاخر. ويجب ان تكون فتحات التهوية للمدخنة في عكس اتجاه الرياح السائدة كي يسهل خروج الهواء المراد أن يتخلص منه الفضاء الداخلي للمبنى، وان تكون اعلى من مستوى السقف وتبنى في جهة المبنى المواجهة للشمس وأفضل موقع للمدخنة الشمسية هو أن تكون مواجهة لاتجاه الجنوب الجغرافي، انظر الشكل (6/4-5) وينصح أن تستعمل بشكل رئيس للمساعدة في تنقية جو الحمامات والمرافق الصحية.[3،ص6]



الشكل 5-6/4: مخطط توضيحي لعمل المدخنة الشمسية.

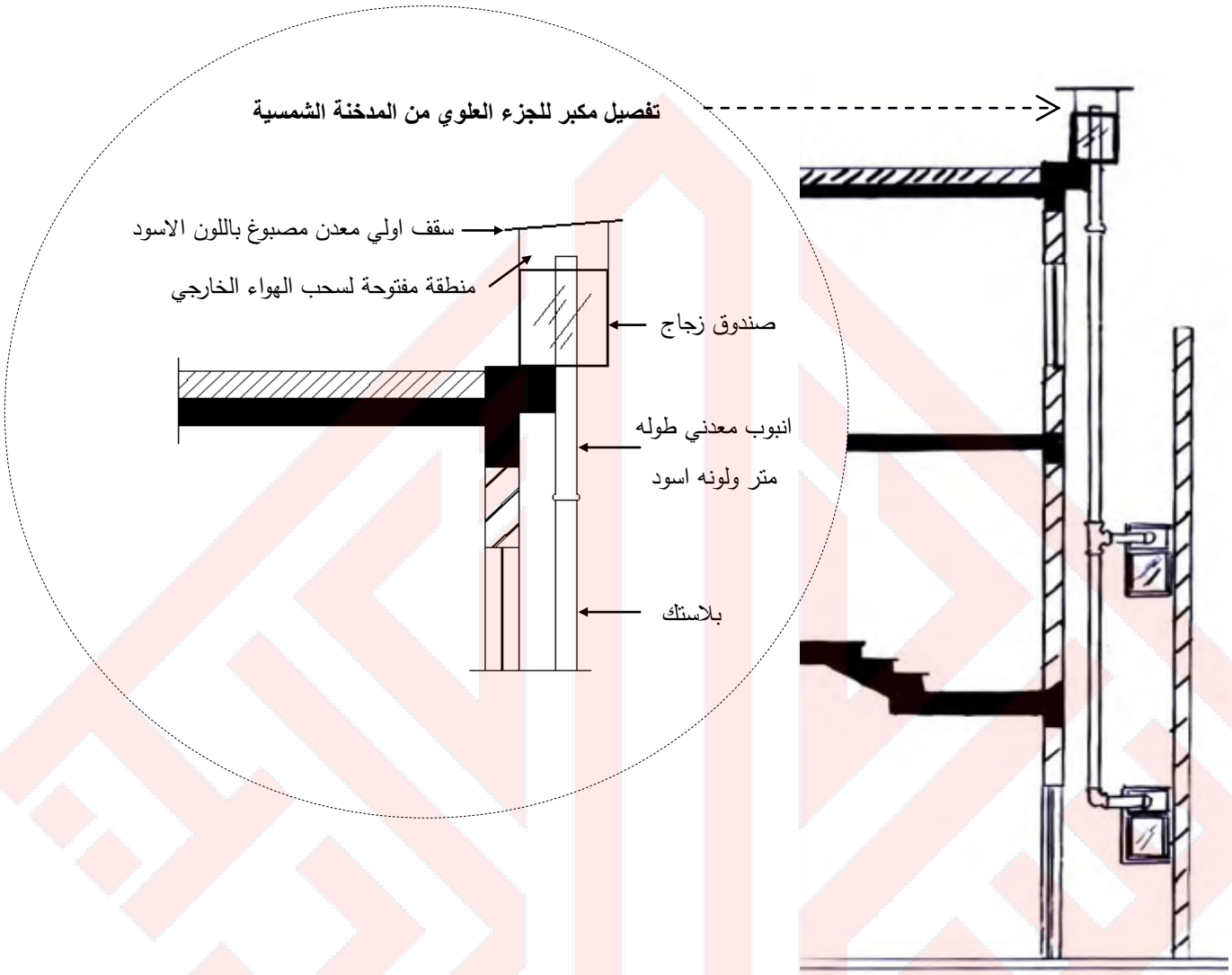
ولزيادة التأثير التبريدي يمكن توجيه الهواء الداخل الى المبنى عبر مجارٍ تحت الارض قبل ان يدخل المبنى. وبعد امتصاص الطاقة الحرارية من قبل عناصر اجزاء المدخنة ترتفع درجة حرارة الهواء داخلها فيصعد الى الاعلى بالحمل عبر فتحتها العلوية (فوق المبنى) ويخرج ساحبا معه الهواء البارد داخل المبنى فيحصل تيار هوائي صاعد في المدخنة، والشكل (5-7/4) يبين تفاصيل مقطع عمودي في مدخنة شمسية. وللمدخنة الشمسية فوائد عديدة منها:

1- الحصول على تهوية داخلية بوسائل طبيعية في الايام الحارة.

2- عدم اعتمادها على قوة الرياح (التي تحتاجها ملاقف الهواء والشبابيك).

3- انها تسمح بفرص اكبر لادخال الهواء في الجانب المعاكس لاتجاه الرياح.[3،ص10]

يفضل وضع ساحبة هواء تساعد المدخنة الشمسية في عملها ليلاً عند غياب الاشعاع الشمسي وتثبت عند فتحتها العلوية الكائنة عكس اتجاه الرياح، ولايجوز وضع ساحبة اخرى في فتحة مقابلة أو جانبية لمنع حصول حركة الهواء الافقية.



الشكل 5-4/7: مقطع وتفصيل توضيحي لمدخنة الشمسية

5-5 أنواع فتحات الشبابيك

إن تغير نوع الشباك يغير من نمط واتجاه وسرعة جريان الهواء داخل الفضاء. وتعد قابلية الشبابيك على التحكم بالتحرك الهوائي الداخلي من أهم الخصائص الواجب توافرها فيها عند تصميمها. يمكن تصنيف الشبابيك إلى ثلاثة أنواع أساسية هي:

1–الشبابيك المنزلقة: وهي التي تفتح بوساطة الانزلاق افقيا او عموديا، انظر الشكل (5-5/8).

2–الشبابيك المتحركة على محور عمودي وتقسم على قسمين:

أ–الشبابيك المتحركة على محور عمودي جانبي.

ب–الشبابيك المتحركة على محور عمودي وسطي. انظر الشكل (5-5/9).

3–الشبابيك المتحركة على محور أفقي وتقسم على قسمين:

أ–الشبابيك المتحركة على محور افقي سفلي او علوي (ويمكن ان تتكون من اجزاء افقية متعددة).

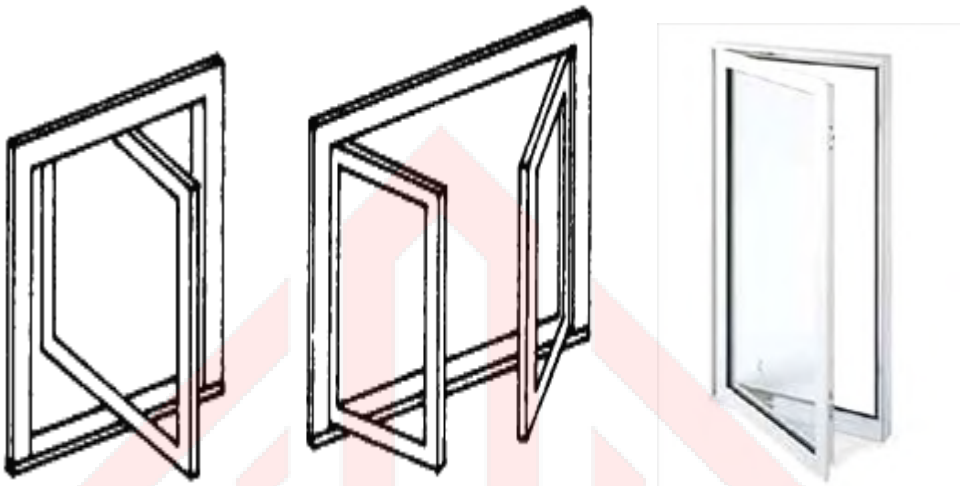
ب–الشبابيك المتحركة على محور افقي وسطي. انظر الشكل (10/5-5).

وقد اظهرت التجارب ان الشبابيك المنزلقة لاتؤثر في نمط وسرعة جريان الهواء بالشكل الذي تؤثر فيه بقية الأنواع وذلك لعدم بروز زجاج النوافذ الى داخل او خارج الفضاء، حيث يستمر التيار الهوائي الابتدائي في نفس اتجاهه، في حين تتغير سرعته قرب الشباك فقط عندما ينضغط التيار الهوائي خلال مروره عبر الشباك. ويمكن التحكم بمستوى ارتفاع جريان الهواء الداخل باستعمال الشبابيك ذات الانزلاق العمودي بفتح الجزء العلوي او السفلي منها بحسب الحاجة.[1،ص90]

(أ)الشباك المنزلق عموديا(فتحة واحدة او فتحتين) (ب)الشباك المنزلق افقيا

الشكل 5-8/5: الشبابيك المنزلقة.[1،ص90]

اما الشبابيك المتحركة حول محور عمودي فانها تؤثر في نمط وسرعة الجريان الهوائي فالشباك المتحرك على محور عمودي جانبي، انظر الشكل (9/5-5) اذا تم فتحه بزاوية 30° يدخل ثلاثة تيارات هواء. فالأول يدخل الفضاء من فوق الإطار العلوي والثاني يدخل من الأسفل والثالث يتدفق عبر فتحة الشباك المباشرة (بزاوية 30°) وبذلك ينتشر التيار الهوائي داخل الفضاء. وان أي تغيير في موقع الشباك بالنسبة للجدار يؤدي الى تغيير في طريقة توزيع التيار الهوائي وانتشاره داخل الفضاء (راجع الفقرات 2-1/5/6-2 ، 2-2/5/6-2 و 2-3/5/6-2). ويتم ضبط الفتحة بواسطة سكة متزحلقة تربط في الاطار وبالفردة المتحركة للتحكم بزاوية فتح الشباك.[1،ص92]

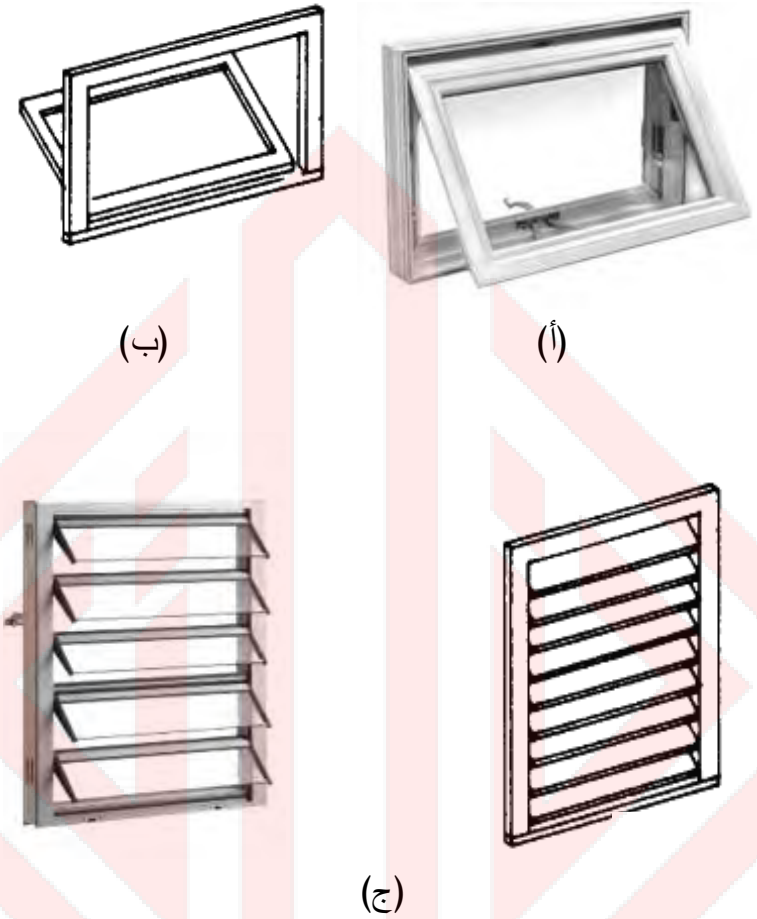


(أ):الشباك المتحرك على محور عمودي جانبي(بفتحة واحدة او اكثر)

(ب):الشباك المتحرك على محور عمودي وسطي

الشكل 5-9/5: الشبابيك المتحركة على محور عمودي.

تؤثر الفتحات المتحركة على محور أفقي في التحرك الهوائي الداخل للفضاء حيث يمكن ان توجهه نحو الاسفل او الأعلى، ويمكن التحكم بارتفاع الفتحة واتجاه حركتها لكي نحصل على التيار الهوائي بالمستوى المطلوب، فالفتحات المفردة المتحركة على محور افقي علوي (تفتح من الاسفل كما في الشكل 5-10/5-أ) تقوم بتوجيه الهواء نحو الاسفل دائما، اما الفتحات المفردة المتحركة على محور افقي سفلي (تفتح من الاعلى كما في الشكل 5-10/5-ب) تقوم بتوجيه الهواء نحو الاعلى دائما، في حين يكون النوع ذو الفتحات المتعددة (كما في الشكل 5-10/5-ج) متقلبا في تأثيره فيمكن ان يوجه جريان الهواء الى الاعلى او الاسفل او ان يستمر باتجاهه الافقي الاولي.[1،ص93]



الشكل 5-10/5: الشبابيك المتحركة على محور افقي (بفتحة واحدة او اكثر).

وان التغيير في زوايا فتح الشبابيك يؤثر في نمط حركة الهواء وتوزيعه خلال الفضاء في حين يكون تأثيره محدودا في معدل سرعة الهواء داخل الفضاء.

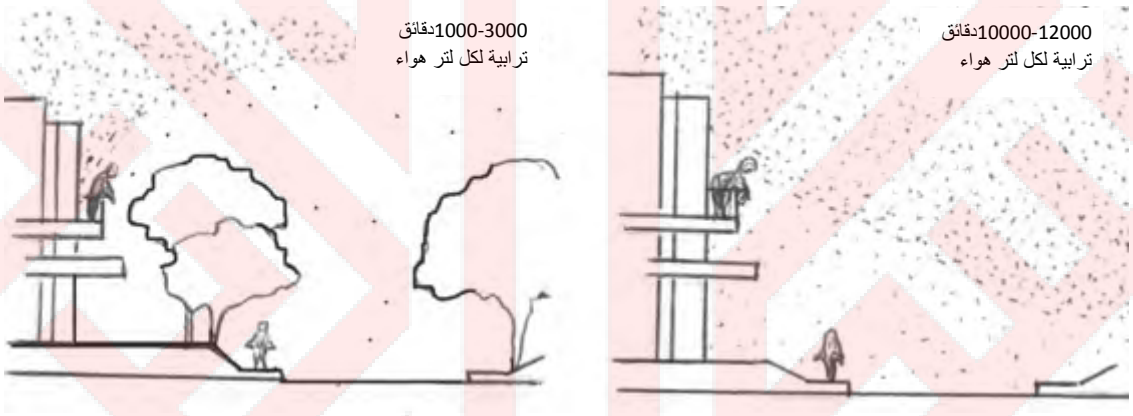
ان التنوع في تصاميم الشبابيك يساعد على اختيار المصمم للشبابيك الملائمة للمبنى المحدد للحصول على افضل حركة هواء مناسبة للاغراض الصحية والراحة الحرارية للشاغلين.[1،ص94]

6-5 استعمال النباتات لتحسين التهوية الطبيعية ونوعية الهواء الداخلي

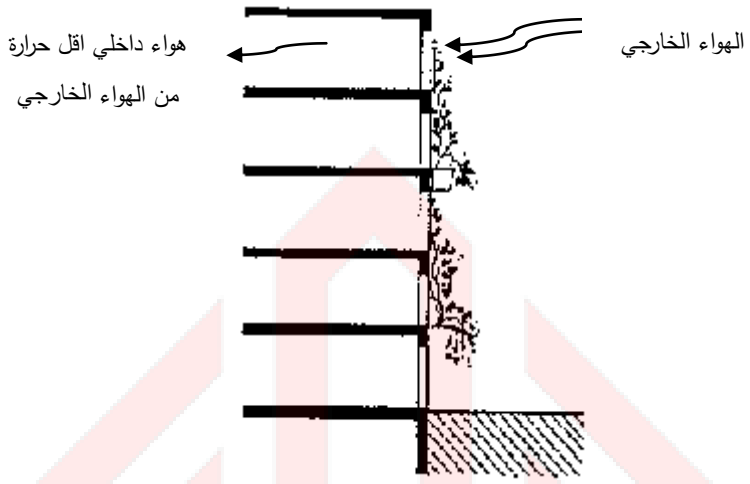
تؤثر الأشجار والشجيرات حول المباني وبالقرب من الفتحات في نوعية وكمية التيار الهوائي الداخل الى المبنى، حيث انها تعمل على توجيه حركة الهواء الى داخل المبنى او بعيدا عنه من خلال اختيار نوع النباتات وكثافتها وارتفاعاتها وموقعها بالنسبة للفتحات. كما قد تعمل على زيادة سرعة الجريان الهوائي خلال المبنى او تقلله، انظر الشكل (5-11/6).[4،ص9]

الشكل 5-11/6: اثر توقيع النباتات واحجامها على التهوية الطبيعية للمباني

كما تعد النباتات احد الاساليب الطبيعية التي تعمل على ترشيح وتنظيف الهواء من الدقائق العالقة والغبار،انظر الشكل (5-12/6).[4،ص9] فضلا عن انها تضيف كمية من الرطوبة الى الهواء وتعمل على تعديل درجة حرارة الهواء، حيث ان النباتات تكون ذات حرارة اقل من حرارة الهواء صيفا وعند مرور الهواء عليها تعمل على خفض درجة حرارته بتأثير كل من تيارات الحمل والتبخير، انظر الشكل (5-13/6).[4،ص41-42]



الشكل 5-12/6: استعمال النباتات حول المباني يقلل من الغبار في الهواء الداخل للمبنى.[4،ص10]



الشكل 5-13/6: اثر النباتات في خفض درجة حرارة الهواء المار خلالها

7-5 الخطوط العامة التكاملية لتحقيق التهوية الطبيعية للمباني

حينما يدرك المصمم اهمية التهوية الطبيعية في جعل المبنى فضاءً صحياً وعاملا ملطفاً لحرارته ومساعداً على التقليل من الصرف على الطاقة يفتنَ بقدر شعوره بأهميتها بجميع الاساليب المساعدة على زيادة الهواء النقي والسيطرة على حركته بما يحقق الشعور بالراحة من خلال تبريد القاطنين في المبنى بدون الحاق ازعاج او ضرر بما في داخل المبنى.[5،ص3]

من هنا نقول انه وبحسب نوعية المبنى والاداء المطلوب منه يجب أن يربط المصمم المعالجات المعمارية لتؤدى افضل اداء واضعا في حساباته أنَ أي معالجة يجب ان تساعد المعالجة الاخرى بشكل موازٍ. فوجود ملقف الهواء الذي يساعد على ادخال الهواء النقي من الاعالي يجب ان يكون موقعه لايتقاطع مع منافذ الهواء الخارج من المبنى فيقلل من المحصلة النهائية، وبذلك وبحسب تحسس المصمم لاهمية التهوية عنده فأنه يضع مخططاً لحركة الهواء داخل المبنى ومخططاً للهواء الخارجي الداخل الى المبنى والمناطق التي يمر عليها للتقليل من الغبار والحشرات ويعمل على ابتكار الطرائق لتقليل حرارة الهواء الداخل عن مستوى الحرارة العامة للهواء الخارجي واختيار مواقع ومساحات ونسب فتحات دخول الهواء وخروجه من المبنى. وعليه ان يضع مخططاً للمواقع التي يزيد فيها التلوث الهوائي ويحاول ان يربط ذلك مع تحقيق مواقع للضغط العالي التي تجعل مناطق التلوث مضطرة الى اخراج مافيها خارج المبنى قبل ان تسرب تلوثها الى داخل المبنى.[5،ص4]

ان عملية التكامل هنا يراد منها توظيف المفردات المعمارية المشتركة في ادخال واخراج الهواء لأجل زيادة التحرك الهوائي ضمن الحدود الموصى بها، وتقليل التلوث وذلك من خلال قيام المصمم بوضع مخطط التحرك الهوائي المرغوب خارج وداخل المبنى الذي يجعل المبنى ذا اداء بيئي ممتاز.[5،ص4]

المراجع

[1] Boutet, Terry, S, "*Controlling Air Movement*", McGraw-Hill Book, USA, 1987

[2] Konya, Allan, "*Design Primer for Hot Climates*", The architectural press Ltd. London, 1980

[3] الجوادي، د.مقداد حيدر *"دور التصميم المعماري في التقليل من الصرف على الطاقة"*، وقائع ندوة التطورات الحديثة، التصاميم المعمارية والانشائية واثرها على استهلاك الطاقة في الوطن العربي، الجامعة الاردنية، عمان، آب، 1997

[4] عباوي، رواء فوزي، *"النباتات كإحدى مكونات التصميم المناخي في الفضاءات الحضرية العامة"* رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، 1989

[5] الجوادي، د.مقداد *"طريقة جديدة لتوظيف وسائل التهوية والتبريد التراثية في الأبنية الحديثة"* إتحاد مجالس البحث العلمي، بغداد، تشرين الأول 1998

[6] الغراوي، قيس "اثر *الخصائص التصميمية للفناءات الداخلية ذات السطوح المستوية على مستويات وكفاءة الاضاءة الطبيعية"* رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، 1998

[7] السري، سمير محسن حسن، *"اثر الخصائص التصميمية لملاقف الهواء على التهوية الطبيعية للمساكن المعاصرة"*، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، 2000

الباب السادس

الحسابات الرياضية المساعدة في التصميم

1-6 تمهيد

تحسب سرع الرياح والتهوية في المباني وعليها من خلال العلائق الرياضية بين كمية جريان الهواء وسرعته وقوة تصادمه مع سطوح المباني، والتي اقترنت صحتها بنتائج انفاق الهواء والتجارب الطبيعية وتم تحويل هذه العلائق الى برامج حاسوب. وتعتمد حسابات التهوية إمَا على قوى فروق الضغط للرياح أو بفروق درجات الحرارة او على القوتين معا.

2-6 توليد فروق الضغط للرياح

يعتمد توزيع الضغوط على واجهات المبنى على التالي:

1- شكل المبنى

2- سرعة الرياح واتجاهها بالنسبة للمبنى

3- موقع المبنى ومايحيط به، وبخاصة وجود مبانٍ اخرى او ماشابهها من عوائق كبيرة ومقدار قربها من المبنى.

وقد وجد ان نمط التدفق حول المبنى يعتمد بشكل رئيس على اتجاه الرياح ثم سرعتها، على اعتبار ان زوايا المبنى حادة. كما ان الضغط السطحي يتغير مع مربع سرعة الرياح اذ بقيت الظروف الاخرى (بما فيها اتجاه الرياح) ثابتة، ويتغير الضغط السطحي كذلك مع الزمن بسبب الاضطراب في الرياح أو الرياح الناشئة من المبنى نفسه، أو قد يتغير بسبب عوائق موجودة ضد اتجاه الرياح. الا انه لهذه الظروف تعتمد قيمة متوسطة، واذا اعتبر ان القيمة المتوسطة للضغط السطحي ومعامل الضغط السطحي هما $(\overline{P})$ و (C_p)، فأنه يمكن ايجاد $(\overline{P})$ [4،ص12] كما يلي:

$$\overline{P} = P_O + C_p\left(0.5\rho((W_r)^2)\right) \qquad (1/2\text{-}6)$$

حيث ان:

C_p = معامل الضغط السطحي

$\overline{P}$ = القيمة المتوسطة للضغط السطحي (Pa)

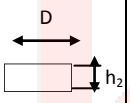
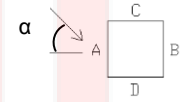
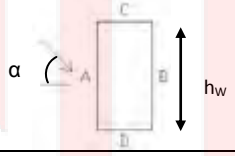
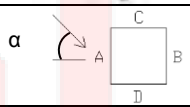
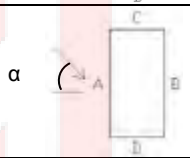
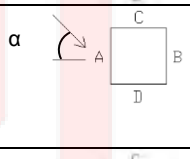
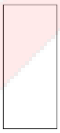
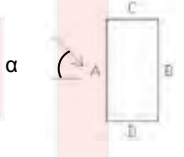
P_o = الضغط الساكن في الرياح الحرة (Pa)

W_r = سرعة الرياح القياسية (m/s)

ρ = كثافة الهواء القياسية $1.2\ kg/m^3$

ويتم تحديد (C_p) لاتجاه رياح معين ويوضح الجدول (1/2-6) القيمة العامة لـC_p لمبانٍ بسيطة الشكل للجدران العمودية، علما بأن معظم المباني لها اشكال اكثر تعقيدا وتحيط بها عوائق اخرى، مما يستدعي اللجوء الى فحوص مختبرية على نماذج مصغرة لتوزيع الضغوط السطحية ومعاملاتها عن طريق النفق الهوائي.[4،ص23]

الجدول 6-1/2: معاملات الضغط السطحي المتوسط للجدران العمودية في المباني المستطيلة الشكل.[4،ص23]

نسبة المسافة العمودية بين الارض والستارة الى عمق المبنى	نسبة عرض واجهة المبنى الى عمقه	الواجهة الجانبية	مخطط افقي	زاوية الرياح (α)	C_p للجدار			
					A	B	C	D
$\frac{h2}{D} \leq \frac{1}{2}$	$1 < \frac{h_W}{D} \leq \frac{3}{2}$			0°	+0.7	-0.2	-0.5	-0.5
				90°	-0.5	-0.5	+0.7	-0.2
	$\frac{3}{2} < \frac{h_W}{D} < 4$			0°	+0.7	-0.25	-0.6	-0.6
				90°	-0.5	-0.5	+0.7	-0.1
$\frac{1}{2} < \frac{h2}{D} \leq \frac{3}{2}$	$1 < \frac{h_W}{D} \leq \frac{3}{2}$			0°	+0.7	-0.25	-0.6	-0.6
				90°	-0.6	-0.6	+0.7	-0.25
	$\frac{3}{2} < \frac{h_W}{D} < 4$			0°	+0.7	-0.3	-0.7	-0.7
				90°	-0.5	-0.5	+0.7	-0.1
$\frac{3}{2} < \frac{h2}{D} < 6$	$1 < \frac{h_W}{D} \leq \frac{3}{2}$			0°	+0.8	-0.25	-0.8	-0.8
				90°	-0.8	-0.8	+0.8	-0.25
	$\frac{3}{2} < \frac{h_W}{D} < 4$			0°	+0.7	-0.4	-0.7	-0.7
				90°	-0.5	-0.5	+0.8	-0.1

حيث ان:

h_W = عرض واجهة المبنى (m)

h_2 = المسافة العمودية بين الارض والستارة (m)

D= عمق المبنى (m)

3-6 توليد الضغط بفروق درجات الحرارة

تتناسب كثافة الهواء على وجه التقريب تناسبا عكسيا مع درجات الحرارة المطلقة، كما يختلف وزن عمودين من الهواء لهما درجتا حرارة مختلفة ومفصولين بسطح عمودي حقيقي او وهمي، وينتج من ذلك اختلاف في الضغط عبر ذلك السطح. وهكذا اذا كانت درجات الحرارة داخل مبنى اعلى من درجات الحرارة خارجه، فأنه ينشأ عن ذلك اختلاف في الضغط وتدفق للهواء خلال الفتحات.

ولاينشأ تدفق هواء جيد خلال فتحة صغيرة مفردة، ولكن يمكن ان ينشأ تدفق مقبول اذا كان الشباك أو الفتحة مقسمة الى قسمين أعلى واسفل حيث يدخل الهواء من الفتحة السفلية ويخرج من الفتحة العلوية بسبب قلة كثافة الهواء الحار، كما انه يحدث تحرك هواء بين الداخل والخارج حينما تكون درجات الحرارة داخل الفضاء اعلى من الخارج، ويعمل فرق الضغط عبر الجدار الحقيقي او الوهمي للفضاء على أن تتساوى حرارة الهواء الداخل والهواء الخارج، ويعرف المستوى الذي يتساوى فيه الضغط بمستوى التعادل. انظر الشكل (1/3-6).[4،ص12]

الشكل 1/3-6: الضغط والتدفق الهوائي المتولد بسبب فرق درجات الحرارة.[4،ص13]

(حيث ان θ_i هي درجة الحرارة المطلقة للهواء الداخلي، و θ_e هي درجة الحرارة المطلقة للهواء الخارجي)

4-6 تقدير معدل جريان الهواء خلال الفتحات

يتسبب فرق الضغط عبر فتحة معينة او اختلاف درجات الحرارة او الاثنان معا في تدفق الهواء عبر هذه الفتحة. ومع ان الحركة الديناميكية للهواء المتدفق معقدة في هذه الحالات الا انه أمكن تبني بعض الصيغ لمعادلات بسيطة تربط معدل التدفق باختلاف الضغط المسبب له لأربع انواع من الفتحات هي:

1- حساب معدل جريان الهواء من اكثر من فتحة.

2- حساب معدل جريان الهواء من الفتحات المتسلسلة.

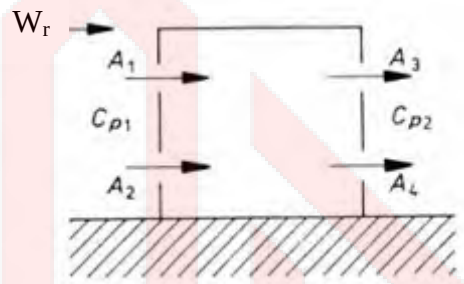
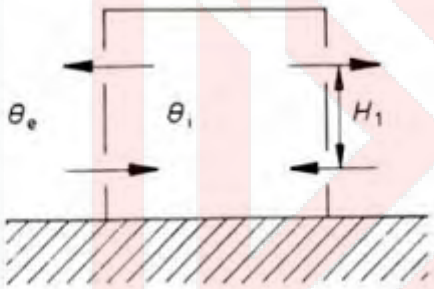
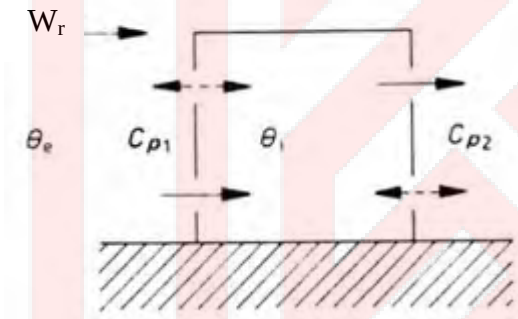
3- حساب معدل جريان الهواء لفضاء له فتحة واحدة فقط.

4- حساب معدل جريان الهواء من الشقوق عند وجود فرق ضغط.[1،ص61]

1/4-6 حساب معدل جريان الهواء من اكثر من فتحة

بناء على جدول (2/4-6) الذي يبين شكلاً مبسطاً لفضاء خال من التقسيمات الداخلية وله فتحتان (A_1, A_3) في المستوى العلوي وفتحتان (A_2, A_4) في المستوى السفلي وبسبب الحالات الثلاث: تأثير قوة الرياح او قوى الطفو او بتأثير القوتين معا، فان الهواء يتدفق داخلا الى الفضاء عبر فتحتين من جدارين متقابلين او في نفس الجدار والجدول (2/4-6) يبين بالرسوم التخطيطية انماط جريان الهواء للحالات الثلاث مع صيغ المعادلات المستعملة لحساب معدل تدفق الهواء لكل حالة.[1،ص68]

الجدول 2/4-6: صيغ معادلات حساب التهوية المتبادلة.[1،ص68]

الحالات	الرسم التخطيطي	صيغة المعادلة
أ- بسبب قوة الرياح فقط		$Q_w=C_dA_wW_r\,(\Delta C_p)^{1/2}$ $\frac{1}{(A_w)^2}=\frac{1}{(A_1+A_2)^2}+\frac{1}{(A_3+A_4)^2}$
ب- بسبب الفرق في درجات الحرارة فقط (قوى الطفو)		$Q_b = C_dA_b\left(\frac{2\Delta\theta g H_1}{\bar{\theta}}\right)^{1/2}$ $\frac{1}{(A_b)^2}=\frac{1}{(A_1+A_3)^2}+\frac{1}{(A_2+A_4)^2}$
ج- بسبب قوة الرياح والفرق في درجات الحرارة معاً (قوى الطفو)		$Q=Q_b$ For $\frac{W_r}{\sqrt{\Delta\theta}} < 0.26\left(\frac{A_b}{A_w}\right)^{1/2}\left(\frac{H_1}{\Delta C_p}\right)^{1/2}$ $Q=Q_w$ For $\frac{W_r}{\sqrt{\Delta\theta}} > 0.26\left(\frac{A_b}{A_w}\right)^{1/2}\left(\frac{H_1}{\Delta C_p}\right)^{1/2}$

حيث ان:

A_w = المساحة المكافئة للفتحات (في حالة تأثير قوة الرياح) (m^2)

A_b = المساحة المكافئة للفتحات (في حالة تأثير المدخنة) (m^2)

C_d = معامل التدفق للفتحة (Discharge Coefficients) ويؤخذ من الجدول (3/4-6) وتضرب قيمته بـ(0.5-0.6) للرياح المتعامدة مع الفتحة و (0.25-0.35) للرياح المائلة عن الفتحة.

C_p = معامل الضغط السطحي (يؤخذ من الجدول 1/2-6)

$C_{p2} - C_{p1} = \Delta C_p$

$\bar{p}$ = القيمة المتوسطة للضغط السطحي (Pa)

H_1 = المسافة العمودية بين مركزي فتحتين على جدار واحد (m)

Q = معدل تدفق الهواء (m^3 /s) أو (L/s)

Q_b = معدل تدفق الهواء (في حالة تأثير المدخنة) (m^3 /s)

Q_w = معدل تدفق الهواء (بسبب تأثير قوة الرياح) (m^3 /s)

W_r = سرعة الرياح القياسية (m/s)

Δ = الفرق بين قيمتين من النوع ذاته

θ = درجة الحرارة المطلقة (K)

$\bar{\theta}$ = متوسط درجة الحرارة الداخلية والخارجية (K)

g = تسارع الجاذبية الارضية (N/kg) او (m/s^2)

والملحق (ب) يبين مثالاً لحساب معدل جريان الهواء من اكثر من فتحة وللحالتين (أ) و(ب) من الجدول (2/4-6).

الجدول 6-3/4: قيم معامل التدفق للفتحات (C_d) [7،ص22]

النسبة بين مساحة فتحة دخول الهواء إلى فتحة الخروج	القيمة التي تضرب بها المعادلة
1 : 1	1.00
1 : 2	1.27
1 : 3	1.35
1 : 4	1.38
1 : 5	1.40
2 : 1	0.63
4 : 1	0.35
4 : 3	0.86

2/4-6 حساب معدل جريان الهواء من الفتحات المتسلسلة

وهي الحالات التي يمر فيها الهواء قبل خروجه على اكثر من فتحة داخل الفضاء المقسم بقواطع داخلية، فيتم تقدير حجم الهواء المار (على سبيل المثال للمبنى المبين في الشكل (2/4-6)) من خلال الصيغة التالية:

$$Q = \sqrt{\frac{(C_{P_1} - C_{P_4})(W_Z)^2}{\frac{1}{(Cd_1)^2(A_1)^2} + \frac{1}{(Cd_2)^2(A_2)^2} + \frac{1}{(Cd_3)^2(A_3)^2}}} \qquad (2/4\text{-}6)$$

حيث ان:

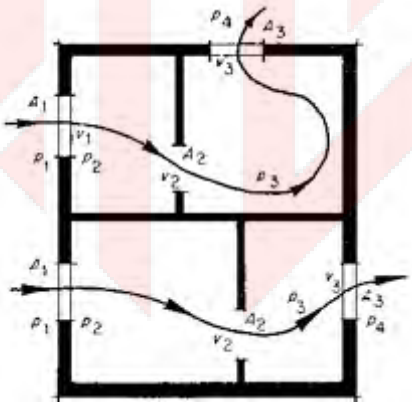
Q = معدل تدفق الهواء (m^3 /s)

A_1, A_2, A_3 = مساحات الفتحات على التوالي(m^2)

Cd_1, Cd_2, Cd_3 = معاملات التدفق للفتحات (3،2،1) على التوالي(Discharge Coefficients) ويؤخذ من الجدول (3/4-6) وتضرب قيمته بـ(0.5-0.6) للرياح المتعامدة مع الفتحة و (0.25-0.35) للرياح المائلة عن الفتحة.

W_z = سرعة الرياح بارتفاع z (m /s)

Cp_1, Cp_4 = معاملات الضغط السطحي عند فتحة دخول الهواء وعند فتحة الخروج (تؤخذ من الجدول 1/2-6).[2،ص194]

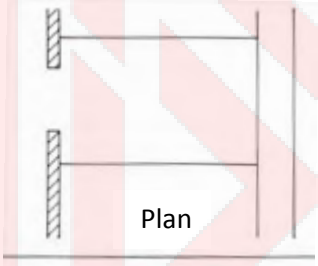
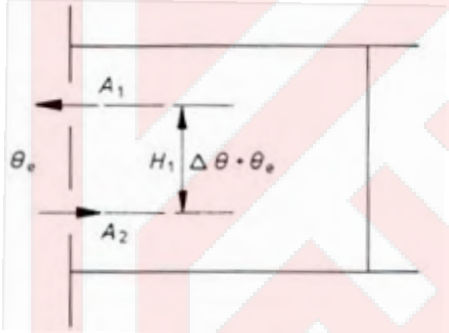
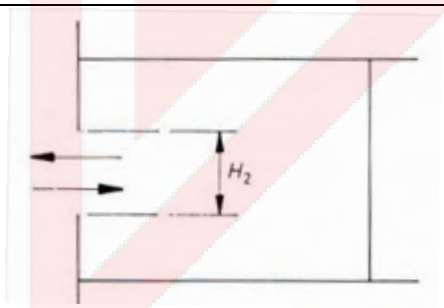


الشكل 2/4-6: مسارات جريان الهواء النموذجية لمبنى عبر فتحات متسلسلة.[2،ص193]

3/4-6 حساب معدل جريان الهواء لفضاء له فتحة واحدة فقط

يمكن ان يحدث تغير للهواء داخل الفضاء عبر فتحة مفردة بسبب الطبيعة المضطربة للهواء المتدفق، والجدول (4/4-6) يبين بالرسوم التخطيطية انماط جريان الهواء للحالات الثلاث مع صيغ المعادلات المستعملة لحساب معدل تدفق الهواء لكل حالة.[1،ص69]

الجدول 4/4-6: صيغ معادلات حساب التهوية لفضاء ذا فتحات على جدار واحد فقط.[1،ص69]

الحالة	الرسم التخطيطي	صيغة المعادلة
أ- بسبب قوة الرياح فقط		$Q = 0.025\ AWr$
ب- بسبب الفرق في درجات الحرارة فقط (قوى الطفو)		$Q = C_d A \left[\frac{\epsilon\sqrt{2}}{(1+\epsilon)(1+\epsilon^2)^{1/2}}\right]\left(\frac{\Delta\theta g H_1}{\bar{\theta}}\right)^{1/2}$ $\epsilon = \frac{A_1}{A_2}; A = A_1 + A_2$
ج- بسبب قوة الرياح والفرق في درجات الحرارة معاً (قوى الطفو)		$Q = C_d \frac{A}{3}\left(\frac{\Delta\theta g H_2}{\bar{\theta}}\right)^{1/2}$ عند وجود فتحة اضاءة $Q = C_d \frac{A}{3} J(\emptyset)\left(\frac{\Delta\theta g H_2}{\bar{\theta}}\right)^{1/2}$ حيث ان $J(\emptyset)$ معطاة في الشكل (3/4-6)

حيث ان:

A = مساحة الفتحة (m^2)

A_1, A_2, A_3, A_4 = مساحات الفتحات على التوالي (m^2)

C_d = معامل التدفق للفتحة (Discharge Coefficients) ويؤخذ من الجدول (3/4-6) وتضرب قيمته بـ(0.5-0.6) للرياح المتعامدة مع الفتحة و (0.25-0.35) للرياح المائلة عن الفتحة.

H_1 = المسافة العمودية بين مركزي فتحتين على جدار واحد (m)

H_2= المسافة العمودية بين اعلى واسفل حافة فتحة مستطيلة الشكل على جدار واحد (m)

J = دالة تربط بين معدل التهوية خلال فتحة وبين زاوية الفتحة

Q = معدل تدفق الهواء (m^3 /s) أو (L/s)

Q_b = معدل تدفق الهواء (في حالة تأثير المدخنة) (m^3 /s)

Q_w = معدل تدفق الهواء (في حالة تأثير الرياح) (m^3 /s)

W_r = سرعة الرياح القياسية (m/s)

Δ = الفرق بين قيمتين من النوع ذاته

θ= درجة الحرارة المطلقة (K)

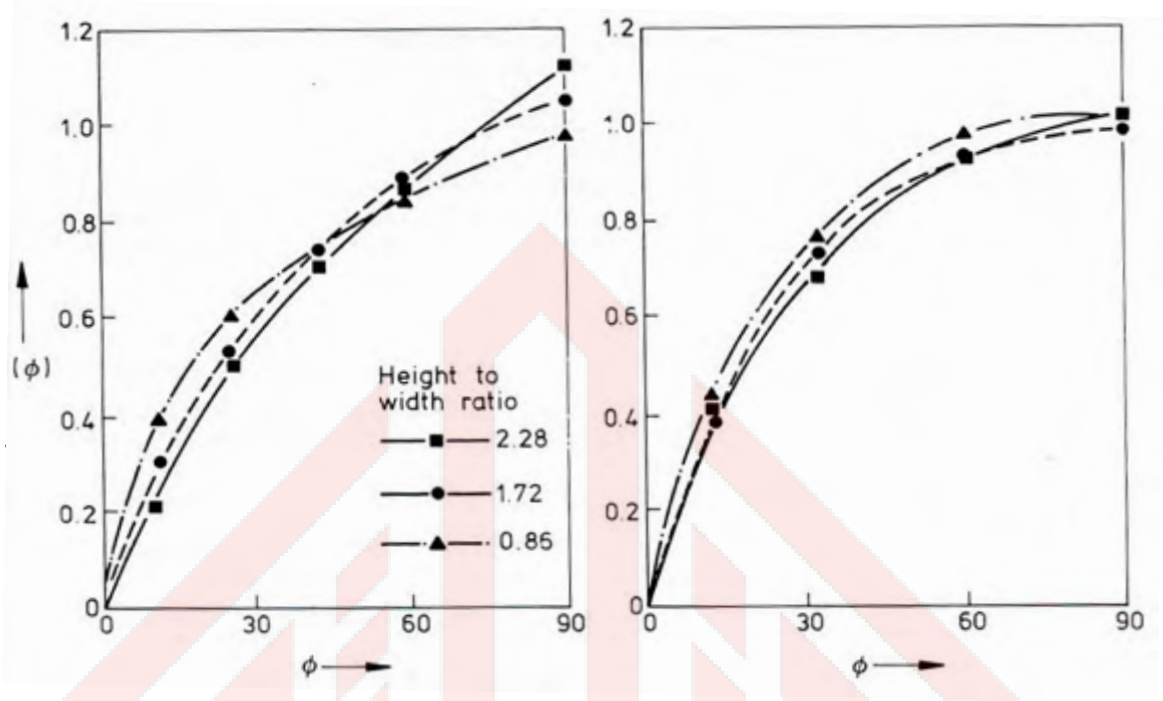
$\bar{\theta}$ = متوسط درجة الحرارة الداخلية والخارجية (K)

g = تسارع الجاذبية الارضية (N/kg) او (m/s^2)

$\in$ = نسبة المساحة

$\emptyset$ = الزاوية التي تكونها فتحة الشباك مع مستوي الجدار

والشكل (3/4-6) يوضح تأثير زاوية فتح الشباك على قيمة $J(\emptyset)$ في معادلة الحالة (ج) للجدول (4/4-6).



(أ) شباك متحرك على محور وسطي (ب) شباك متحرك على محور جانبي

الشكل 3/4-6: التغير في J(Ø) مع التغير في زاوية الفتحة.[1،ص69]

4/4-6 حساب معدل جريان الهواء من الشقوق عند وجود فرق ضغط

و يتم من خلال اعتماد المعادلة التالية:

$$Q= KL\ (\Delta P)^n \qquad (3/4\text{-}6)$$

حيث ان:

Q = معدل تدفق الهواء (m^3 /s)

L = طول الشق (m)

ΔP = فرق الضغط عبر الفتحة (الشق) (Pa)

K = معامل الشقوق بين الاجزاء الثابتة والمتحركة في الشبابيك ويؤخذ من الجدول (5/4-6)

n = اس الجريان وقيمته (0.5) للجريان المضطرب و(1) للجريان الانسيابي.[1،ص62]

الجدول 5/4-6: قيم معامل الشقوق (K) بين الاجزاء الثابتة والمتحركة في الشبابيك.[4،ص11]

نوع الشباك	قيمة K	
	المتوسط	الحدود
منزلق	0.08	0.02-0.30
يدور حول محور عمودي او افقي	0.21	0.06-0.80
يدور حول محور عمودي او افقي مزود بشريط لمنع التسرب	0.08	0.005-0.20

5-6 حساب تركيز الملوثات

يتم الحصول على تركيز الملوث c الذي يدخل بمعدل ثابت الى فضاء يتم تهويته، وحجمه V باستعمال المعادلة التالية:

$$c = \left(\frac{Qc_e+q}{Q+q}\right)1-(e)^{-\left(\frac{Q+q}{V}\right)^t} \qquad (4/5\text{-}6)$$

حيث ان:

q = معدل تدفق الغازات الملوثة الداخلة (L/s)

V = حجم الفضاء الذي يتم تهويته (L)

Q = معدل تدفق الهواء الخارجي (L/s)

c_e = تركيز التلوث في الهواء الخارجي (ppm)

t = الزمن محسوبا من لحظة تدفق التلوث الداخل (s)

كما اتفق ان يطلق على النسبة Q/V مصطلح معدل التهوية R ويعبر عنه بعدد مرات تغيير الهواء في الساعة من حجم الغرفة. وكلما ازداد الزمن t فان التركيز يصل الى قيمة متوازنة c_E معطاة بالمعادلة:

$$c_E = \frac{Qc_e+q}{Q+q} \qquad (5/5\text{-}6)$$

والملحق (ج) يبين مثالاً لحساب تركيز الملوثات في غرفتين متجاورتين بمحتوياتهما. وتجدر الاشارة الى ان تركيز التلوث الخارجي c_e يعتمد فقط على معدل التدفق الحجمي للهواء الخارجي Q وليس على حجم الغرفة V ، اما حجم الغرفة فيؤثر على معدل وصول c الى القيمة c_E [1،ص50].

كما ان معدل تدفق الهواء Q اللازم للحصول على التركيز المتوازن c_E وهو:

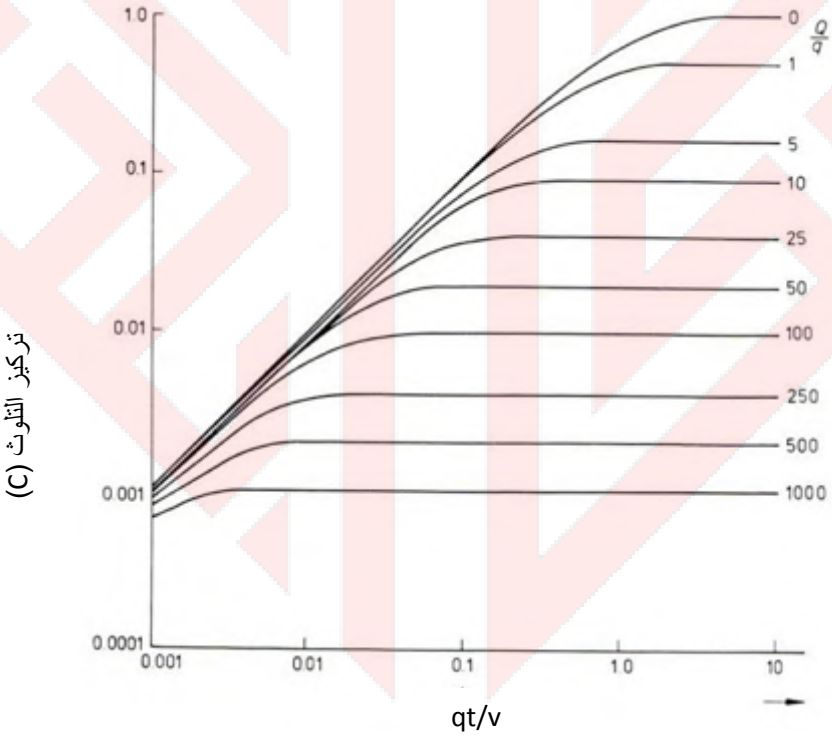
$$Q = q\left(\frac{1-c_E}{c_E-c_e}\right) \qquad (6/5\text{-}6)$$

وفي حال خلو الهواء الداخل من التلوث (اي ان $c_e=0$) فانه يطرأ بعض التعديل الطفيف على المعادلة (4/5-6) لتصبح كما يلي:

$$c = \left(\frac{1}{\left(1+\frac{Q}{q}\right)}\right) 1 - (e)^{-\left(1+\frac{Q}{q}\right)\frac{qt}{V}} \qquad (7/5\text{-}6)$$

وهذا يقود الى الشكل (4/5-6) عندما تكون $q=0$ ولكن لوجود تركيز اولي للتلوث c_o فأن معدل تضاؤل التلوث يحسب من المعادلة:

$$c = c_o \ (e)^{-Rt} \qquad (8/5\text{-}6)$$



الشكل 4/5-6: التغاير في تركيز الغاز الملوث (c) مع الزمن (t) ومعدل التهوية (Q) ومعدل تدفق الغاز (q)[1،ص51]

6-6 حساب كمية التهوية لمواقف المركبات

تعتمد متطلبات التهوية في مواقف المركبات المغلقة بشكل رئيس على اربعة عوامل:

1- حدود المستوى المقبول لتركيز الملوثات داخل موقف المركبات.

2- عدد المركبات في حالة التشغيل في وقت الذروة.

3- مسافة القيادة للمركبات ومدة تشغيلها داخل موقف المركبات.

4- معدل انبعاث الملوثات من سيارة نموذجية تحت ظروف محددة.

ويوصى بمعدل تعرض لغاز CO لايزيد عن 25ppm لثماني ساعات كحد اعلى او 35ppm لساعة واحدة. ويختلف عدد المركبات التي يمكن ان تكون في حالة تشغيل داخل موقف المركبات في وقت واحد باختلاف نوع المبنى (ففي المباني السكنية مثلا او اماكن التسوق تكون مابين 3-5% من السعة الكلية لموقف المركبات، وقد تصل الى 15-20% في انواع اخرى من المباني مثل الملاعب الرياضية). اما الزمن الذي تبقى فيه المركبات في حالة تشغيل داخل موقف المركبات فيختلف تبعا لحجم موقف المركبات وشكل المخطط وعدد المركبات التي تدخل او تخرج من الموقف في زمن محدد، وتم تحديد زمن التشغيل كمعدل مابين 60s-180.[5،ص13.9-13.10]

ولتحديد معدل التهوية المطلوب في موقف المركبات يتم اتباع الخطوات التالية:

الخطوة الاولى: نجمع المعلومات التالية:

1- عدد المركبات المشغلة خلال ساعات الذروة N

2- معدل انبعاث CO لسيارة نموذجية E (kg/h)

3- معدل زمن التشغيل وزمن القيادة لسيارة نموذجية t_1 (s)

4- مستوى تركيز CO المسموح به في الموقف CO_{max} (ppm)

5- المساحة الكلية لموقف المركبات A_p (m^2)

الخطوة الثانية: أ- تحديد معدل انبعاث CO في زمن الذروة لكل وحدة مساحة G ($kg/h.cm^2$) لموقف المركبات.

$$G = NE/A_p \qquad (9/6\text{-}6)$$

ب- تصحيح اعلى معدل انبعاث لـCO باستعمال القيمة القياسية لـ $G_o = 0.267 \times 10^{-5}$ $kg/h.cm^2$ وحساب f

$$f = 100\ G / G_o \qquad (10/6\text{-}6)$$

الخطوة الثالثة: تحديد ادنى معدل تهوية مطلوب لكل وحدة مساحة Q باستعمال المعادلة (11/6-6).[5،ص13.9-13.10]

$$Q = C\ f\ t_1 \qquad (11/6\text{-}6)$$

حيث ان:

CO_{max} = 15 ppm عندما $C = 0.12\times10^{-5}\ m^3/s^2.m^2$

CO_{max} = 25 ppm عندما $C = 0.069\times10^{-5}\ m^3/s^2.m^2$

CO_{max} = 35 ppm عندما $C = 0.048\times10^{-5}\ m^3/s^2.m^2$

والملحق (د) يبين مثال لحساب كمية التهوية المطلوبة لموقف سيارت مغلق.

7-6 الحسابات التعديلية لسرع الرياح

سبق أن ذكر في البند 2/2-2 أن سرعة الرياح تتغير مع تغير الارتفاع عن مستوى سطح الأرض، ومع تغير خشونة وطبيعة التضاريس الارضية التي تجتازها الرياح، وان خشونة التضاريس تعوق حركة الرياح قرب سطح الارض، وبالتالي سوف تعوق الطبقات السفلى للهواء الطبقات التي فوقها محققة اختلافات في سرع الرياح من مستوى سطح الارض وحتى البعد الذي ينتهي فيه أثر القوى المعيقة.[1،ص63]

ويمكن تحديد معدل سرعة الرياح في المناطق المختلفة باستعمال المعادلة التالية:

$$W/W_m = bH^a \qquad (12/7\text{-}6)$$

حيث ان:

W = معدل سرعة الرياح المطلوب معرفتهُ عند ارتفاع مقداره (H) فوق سطح الارض (m/s)

W_m = معدل سرعة الرياح مقاساً بظروف محطة الرصد الجوي وعلى ارتفاع (10m) فوق سطح الارض (m/s)

b،a = ثابتان يعتمدان على تضاريس سطح الارض وقيمهما موضحة في الجدول (6/7-6)

الجدول 6/7-6: ثوابت تستعمل مع المعادلة (12/7-6). [1،ص63]

تضاريس الأرض	b	a
منطقة مفتوحة	0.68	0.17
وجود مصدات رياح مبعثرة	0.52	0.20
منطقة حضرية	0.35	0.25
مركز المدينة	0.21	0.33

ويمكن اعتماد الملحق (هـ) لحساب معدل سرعة الهواء بالنسبة لمحافظات العراق كافة.

8-6 تحديد معدل سرعة الهواء داخل الفضاء

ان سرعة الهواء داخل الفضاء يمكن تحديدها من خلال الصيغة التالية التي يمكن استعمالها للحالات البسيطة التي تمثل فضاء له فتحتان متقابلتان حيث وجدت علاقة بين معدل السرعة الداخلية للهواء وقياس الشبابيك وهي كما يلي:

$$W_i = 0.45(1- e^{-3.84X})Wo \qquad (13/8\text{-}6)$$

حيث ان:

W_i = معدل سرعة الهواء داخل الفضاء (m/s)

X = نسبة مساحة فتحة الشباك الى مساحة الجدار

Wo = سرعة الرياح الخارجية (m/s)

وتطبق هذه العلاقة لفضاء مربع الشكل وبفتحتي دخول وخروج الهواء متقابلتين ومتساويتين بالقياس.[3،ص293]

9-6 كمية التهوية المطلوبة لإزالة الحرارة من الفضاء:

يمكن تقدير كمية الجريان الهوائي المطلوب للمبنى أو للفضاء لإزالة كمية معينة من حرارة المبنى من المعادلة التالية[6،ص370]:

$$Q = \frac{h_1}{(cf_1)C_r\,\rho(t_i - t_o)} = \frac{h_1}{(cf_2)(t_i - t_o)} \qquad (14/9\text{-}6)$$

حيث ان:

Q = كمية التهوية المطلوبة (m^3/h)

h_1 = كمية الحرارة المزالة (W)

C_r = الحرارة النوعية للهواء عند ضغط ثابت (1 kJ/kg.K)

ρ= كثافة الهواء القياسية (1.2 kg/m^3)

t_i = درجة حرارة الهواء الداخلي (K)

t_o = درجة حرارة الهواء الخارجي (K)

cf_1 = معامل التحويل = 0.28

cf_2 = معامل التحويل = 0.34

المراجع

[1] Awbi, H. B. "*Ventilation of Buildings*" E & FN Spon, an imprint of routledge, 1998

[2] Aynsley, R. M. "*Architectural Aerodynamics*" Applied Science Publishers LTD, London, 1977

[3] Givoni. B. "*Man, Climate and Architecture*", Elsevier Publishing Co., Limited, 1969

[4] B.S.I. "*Code of practice for design of buildings: ventilation principles and designing for natural ventilation*" British standards institution, 1980

[5] ASHRAE standard "*Car Park Ventilation*", American Society Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.2003.

[6] Markus. T.A. & Morris. E.N. "*Building, Climate and Energy*". Pitman. London. 1980

[7] Boutet, Terry, S, "*Controlling Air Movement*", McGraw-Hill Book, USA, 1987

الملحق (أ)

حساب معدلات التهوية لتقليل مخاطر التكثف على السطوح تحت ظروف مستقرة

يبين هذا الملحق طريقة بسيطة لحساب معدلات التهوية الضرورية لتقليل مخاطر حدوث التكثف السطحي باستعمال الخريطة البيانية في الشكل (أ-1) وذلك بالاعتماد على مقدار معامل الانتقال الحراري الكلي (U) للجدار او الزجاج. ويستعمل المخطط البياني في الشكل (أ-1) بالاسلوب التالي:

اولا: ابدأ بالربع (أ): نختار درجة حرارة الهواء الخارجي ومن ثم ننتقل عمودياً الى الأعلى حتى نقابل الرطوبة النسبية الخارجية المختارة المسجلة على المنحنيات، ثم ننتقل افقيا الى اليسار داخل الربع (د) مع تحديد موضع هذا الخط للاستعمال اللاحق.

ثانيا: نصل بخط مستقيم بين نقطة درجة حرارة الهواء الخارجي (الكائنة على المحور الافقي للربع (أ)) وبين نقطة درجة حرارة الهواء الداخلي (الكائنة على المحور الافقي الاعلى للربع (ب)). ونمده على استقامته حتى يتقاطع مع محور درجة حرارة الهواء الداخلي–الخارجي للربع (ب). ومن نقطة التقاطع ننزل بخط عمودي الى الاسفل حتى يتقاطع مع الخط الذي يمثل معامل الانتقال الحراري الكلي (U) للجدار أو الشباك. ومن نقطة التقاطع نرسم خطاً افقياً الى الربع (ج)، حتى يتقاطع مع المنحني الذي يمثل درجة حرارة الهواء الداخلي (نفسها التي اختيرت للدخول في الربع (ب)).

ثالثا: من نقطة التقاطع ننتقل عموديا الى اعلى الربع (ج) داخلا الربع (د) من الخط الخاص لدرجة حرارة الهواء الداخلي المختارة.

رابعا: يتحدد الحجم الادنى من الهواء الخارجي المطلوب لكلَ كيلو غرام من الرطوبة المتولدة في المنزل لمنع التكثف على السطح مدار البحث، من تقاطع الخطين الافقي (المرسوم في اولاً) والعمودي (المرسوم في ثالثاً) عند الجزء المحصور في الربع (د).

مثال: حساب معدلات التهوية لتقليل مخاطر التكثف على السطوح

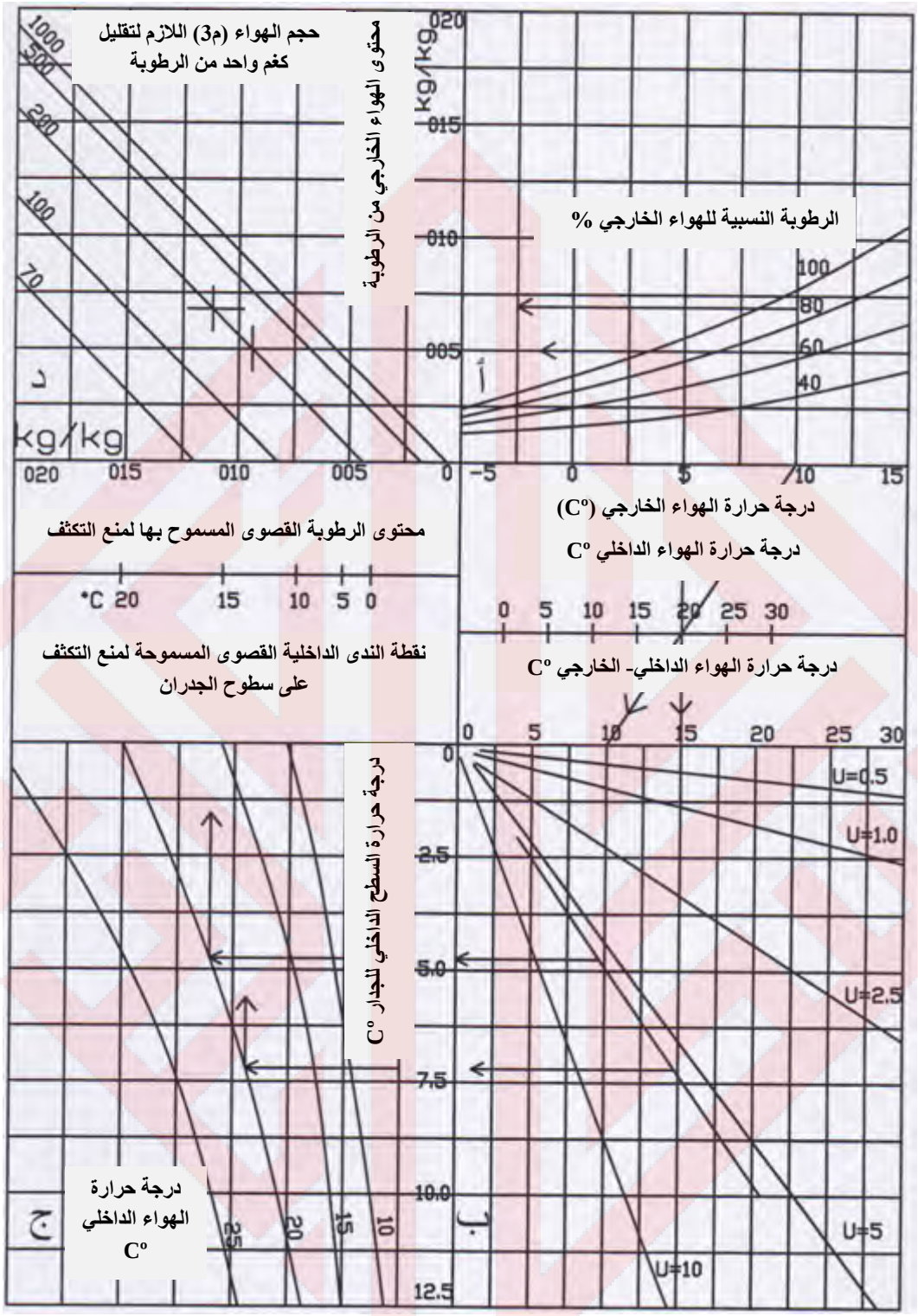
اذا كانت درجة حرارة الهواء الخارجي 10c° ودرجة حرارة الهواء الداخلي لغرفة 20 c° وكانت الرطوبة النسبية الخارجية 75% وقيمة (U) للشباك $7W/m^2.K$، فما هو الحجم الادنى من الهواء الخارجي المطلوب للتخلص من التكثف على السطح الداخلي للشباك؟

اولا: ابدأ بالربع (أ): نختار درجة حرارة الهواء الخارجي 10C° ومن ثم ننتقل عمودياً الى الأعلى حتى نقابل الرطوبة النسبية الخارجية المختارة المسجلة على المنحنيات 75%، ثم ننتقل افقيا الى اليسار داخل الربع (د) مع تحديد موضع هذا الخط للاستعمال اللاحق.

ثانيا: من الربع (أ) نختار درجة حرارة الهواء الداخلية 20 C° ثم ندخل في الربع (ب) من الاعلى برسم خط من نقطة درجة حرارة الهواء الخارجي المختارة 10 C° الى نقطة درجة حرارة الهواء الداخلي المختارة 20 C°، ويمد الخط حتى يقابل اعلى الربع (ب)، ومن ثم ننتقل عموديا الى اسفل في الربع (ب) الى أن يتقاطع الخط مع قيمة (U) المختارة للشباك (7) وثم افقيا داخل الربع (ج) الى ان يتقاطع الخط مع المنحني الذي يمثل درجة حرارة الهواء الداخلية.

ثالثا: ننتقل عموديا الى اعلى الربع (ج) داخلا الربع (د) من الخط الخاص لدرجة حرارة الهواء الداخلي المختارة 20 C°الى ان يتقاطع مع الخط الافقي الممتد من الربع (أ) الذي يمثل الرطوبة النسبية في الهواء الخارجي.

رابعا: نقطة التقاطع السابقة في الربع (د) تمثل الحجم الادنى من الهواء الخارجي المطلوب ($200m^3$) لكلَ كيلو غرام من الرطوبة المتولدة في المنزل لمنع التكثف على السطح مدار البحث.



الشكل (أ-1) التهوية المطلوبة لتقليل مخاطر حدوث التكثف على السطوح الداخلية لجدران ذات معاملات انتقال حراري U مختلفة القيمة عند حالات الهواء السائدة

الملحق (ب)

مثال: حساب معدل التهوية المتحققة بسبب الرياح مرة وبسبب فرق درجات الحرارة مرة اخرى.

معمل مؤلف من فضاء واحد غير مقسم، طوله 25m وعرضه 10m وارتفاعه 8m، ويقع المبنى في منطقة حضرية من مدينة بغداد، احسب التالي:

اولا: معدل التهوية المتحققة بسبب الرياح خلال شهر كانون الاول.

ثانيا: معدل التهوية بسبب تأثير فرق درجات الحرارة الذي مقداره 6 درجات مطلقة مع اهمال عامل الرياح.

علما بأنه لاتوجد هناك فتحات تهوية على الجدران القصيرة ولكن يوجد على كل جدار من الجدران الطويلة فتحات مساحة الواحدة $2.5m^2$ في المستوى السفلي، وفتحة اخرى مساحتها $5m^2$ في المستوى العلوي، وتفصل بينهما مسافة عمودية 6m، والفتحات موزعة بانتظام على طول الجدار.

اولا: معدل التهوية بسبب الرياح

خطوات الحل:

1- تحديد معامل فرق الضغط:

باعتبار أنَ نسبة ارتفاع المبنى الى عمقه $(h_2/D) = 0.8$

وأنَ نسبة طول واجهة المبنى الى عمقه $(h_W/D) = 2.5$

فمن الجدول (6-2/1) يكون الفرق في معاملات الضغط السطحي المتوسط عند الجانبين الطويلين من المبنى بسبب الرياح المتعامدة هو:

$$0.7 - (-0.3) = 1.0$$

وبالتالي فإن:

$$\Delta C_p = 1.0$$

2- تحديد سرعة الرياح القياسية:

الموقع: من الجدول (هـ-1) يبين ان سرعة الرياح التصميمية W_m=2.4 m/s لشهر كانون الاول لمدينة بغداد.

التضاريس: منطقة حضرية

من الجدول (6-7/6) فأن : $a = 0.25$: $b = 0.35$

ومن المعادلة (6-7/12) وباعتبار ان ارتفاع المبنى يساوي 8 متر ينتج ان:

$$W/W_m = bH^a$$

$$W = 2.4 \times 0.35 \times 8.0^{0.25}$$

$$= 1.41 \text{ m/s}$$

3- من الجدول (2/4-6)، الحالة (أ) نحسب A_w كالتالي:

$$\frac{1}{(A_w)^2} = \frac{1}{(A_1 + A_2)^2} + \frac{1}{(A_3 + A_4)^2}$$

$$\frac{1}{(A_w)^2} = \frac{1}{(5.0 + 2.5)^2} + \frac{1}{(5.0 + 2.5)^2}$$

$$A_w = 5.3\ m^2$$

4- تحديد معدل التهوية

باستعمال صيغة المعادلة في الجدول (2/4-6) الحالة (أ)

$$Q_w = C_d A_w W_r (\Delta C_p)^{1/2}$$

$$Q_W = 0.63 \times 5.3 \times 1.41 \times 1.0^{1/2}\ m^3/s$$

$$= 4.71\ m^3/s$$

حجم المبنى يساوي:

$$V = 25 \times 10 \times 8$$

$$= 2000\ m^3$$

وهكذا فإن معدل تغيير الهواء هو:

$3600 \times 4.71 / 2000 = 8.48$ مرة تبديل هواء في الساعة

ثانيا: معدل التهوية بسبب فرق درجات الحرارة

من المعلومات المعطاة فإن الاختلاف في درجة الحرارة $(\Delta\theta) = 6.0$ درجة مئوية

المسافة العمودية بين الفتحتين $(H_1) = 6.0m$

من الجدول (2/4-6)، الحالة (ب)، نحسب المساحة المكافئة للفتحات (A_b) كالتالي:

$$\frac{1}{(A_b)^2} = \frac{1}{(A_1 + A_3)^2} + \frac{1}{(A_2 + A_4)^2}$$

$$\frac{1}{(A_b)^2} = \frac{1}{(2.5 + 2.5)^2} + \frac{1}{(5.0 + 5.0)^2}$$

تم اعتبار:

$303K = 30C^o = \theta_i$

$297K = 24C^o = \theta_e$

إذاً: $\bar{\theta} = 300K$

$$A_b = 4.4\ m^2$$

فإن معدل تبديل الهواء هو:

$$Q_b = C_d A_b \left(\frac{2\Delta\theta g H_1}{\bar{\theta}}\right)^{0.5}$$

$$Q_b = 0.63 \times 4.4 \left(\frac{2\times 9.8\times 6.0\times 6.0}{300}\right)^{0.5}$$

$$Q_b = 4.25\ m^3/s$$

فيكون معدل تبديل الهواء :

3600 × 4.25 / 2000 = 7.65 مرة تبديل هواء في الساعة

الملحق (ج)

مثال: حساب تركيز الملوثات في فضائين متجاورين

شقة تحتوي على غرفة معيشة (هول) ومطبخ متجاورين على التوالي،انظر الشكل (ج–1) ويتم تهويتهما بمعدل تدفق حجمي مقداره 16L/s. يشغل غرفة المعيشة (أ) اربعة اشخاص يجلسون بهدوء، كما تحتوي على مدفئة ليس لها مدخنة وقدرتها 1.5kW تعمل بالنفط الابيض، ويحتوي المطبخ (ب) على طباخ غاز قدرته 1kW.

الشكل ج–1: يبين غرفتين متجاورتين بمحتوياتهما

احسب تركيز ثنائي اوكسيد الكربون في كل غرفة في الحالات التالية:

الحالة الاولى: المدفئة لاتعمل

الحالة الثانية: المدفئة في حالة تشغيل

وفي أي حالة تعتبر نسبة التلوث غير مقبولة في الشقة، علما ان نسبة التركيز المقبولة لغاز ثنائي اوكسيد الكربون في الهواء هي 0.5 %

معدلات ثنائي اوكسيد الكربون المضافة هي كالاتي:

من طباخ الغاز = 0.027 (L/s) لكل كيلو واط داخل

من مدفئة النفط =0.037 (L/s) لكل كيلو واط داخل

من تنفس الناس = 0.00004M لترفي الثانية لكل شخص

(حيث M هو معدل اطلاق الطاقة بالواط، وتؤخذ من الجدول (1/5-1))

الحالة الاولى:

للغرفة (أ): $4 \times 100 \times 0.00004$ L/ s = 0.016 L/ s

للغرفة (ب): 0.027 = L/ s

تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكربون في الهواء الخارجي هو 0.04 % ولحساب التركيز في الغرفة (أ) نعوض القيم التالية في المعادلة (5/5-6):

$$q = 0.016(L/s)\ ;\ c_e = 0.0004;\ Q = 16\ (L/s)$$

$$c_E = \frac{Qc_e+q}{Q+q}$$

وهكذا فإن:

$$c_E = \frac{(16 \times 0.0004) + 0.016}{16 + 0.016}$$

$$= 0.0014$$

(اي ان تركيز التلوث الداخلي في الغرفة (أ) هو 0.14%)

ولحساب التركيز في الغرفة (ب) نعوض القيم الاتية في المعادلة (5/5-6) آخذين بنظر الاعتبار ان c_e للغرفة (ب) =c_E للغرفة الاولى:

$q = 0.027$ (L/s) ; $c_e = 0.0014$; $Q = 16$ (L/s)

$$c_E = \frac{(16 \times 0.0014) + 0.027}{16 + 0.027}$$

$$= 0.0031$$

(اي ان تركيز التلوث الداخلي في الغرفة (ب) هو 0.31%)

بما ان النسبة المقبولة لتركيز CO_2 هي 0.5% فأن تركيز التلوث في الحالة الاولى يعتبر مقبولا وبالتالي لانحتاج لزيادة معدلات التهوية.

الحالة الثانية:

يوجد في هذه الحالة مصدر جديد لغاز ثنائي اوكسيد الكربون من المدفئة يعمل على زيادة تركيزه بمعدل مقداره:

$$= 0.037 \times 1.5 \text{ L/s}$$

$$= 0.056 \text{ L/s}$$

وبإعادة التعويض في المعادلة (5/5-6) للحصول على التركيز في الغرفة (أ) من خلال:

$$q = q_{\text{مدفئة}} + q_{\text{ناس}}$$

$$q = 0.016 + 0.056$$

= 0.072 (L/s)

q = 0.072 (L/s) ; c_e = 0.0004; Q = 16 (L/s)

$$c_E = \frac{(16 \times 0.0004) + 0.072}{16 + 0.072}$$

= 0.0049

(أي ان تركيز التلوث الداخلي في الغرفة (أ) هو 0.49%)

وللحصول على التركيز في الغرفة (ب) بالمعادلة التالية:

q = 0.027(L/s) ; c_e = 0.0049; Q = 16 (L/s)

$$c_E = \frac{(16 \times 0.0049) + 0.027}{16 + 0.027}$$

= 0.0066

(اي ان تركيز التلوث الداخلي في الغرفة (ب) هو 0.66%)

بما ان النسبة المقبولة لتركيز CO_2 هي 0.5% فأن تركيز التلوث في الحالة الثانية غير مقبول ويتطلب زيادة معدلات التهوية.

الملحق (د)

مثال: حساب معدلات التهوية المطلوبة في موقف مركبات مغلق

موقف مركبات مغلق بطابقين وسعة كلية 450 سيارة ومساحة كلية $8500m^2$ وبارتفاع 3m ويبلغ زمن تشغيل سيارة نموذجية 120s. احسب معدل التهوية المطلوب لموقف المركبات (مرة بـ m^3/s لكل m^2 ومرة بعدد مرات التبديل الهوائي في الساعة:-ACH-air change) على ان لايزيد مستوى تركيز CO عن 25ppm مفترضا ان عدد المركبات المشغلة خلال وقت الذروة هو 40% من سعة موقف مركبات.

بيانات موقف مركبات:

عدد المركبات المشغلة في وقت الذروة (N) = 450 × 0.4 = 180 سيارة

معدل الانبعاث الكلي لـ CO لسيارة نموذجية (E) = 0.7kg/h

معدل زمن التشغيل وزمن القيادة لمركبة نموذجية $t_1 = 120s$

مستوى تركيز CO المسموح به في موقف مركبات $CO_{max} = 25\ ppm$

المساحة الكلية لموقف مركبات $A_p = 8500m^2$

القيمة القياسية لـ $Go = 0.0267\ kg/m^2.h$

خطوات الحل:

1- حساب معدل انبعاث CO لكل وحدة مساحة باستعمال المعادلة (9/6-6)

$$G = N\,E / A_p$$

$$G = (180 \times 0.7kg/h) / 8500\ m^2$$

معدل انبعاث غاز احادي اوكسيد الكربون لكل وحدة مساحة $= 0.0148\ kg/m^2.h$

2- تصحيح اعلى معدل انبعاث لـCO باستعمال القيمة القياسية لـ G_o والمعادلة (10/6-6)

$$f = 100\ G / G_o$$

$$f = 100 \times (0.0148\ kg/m^2.h) / 0.0267\ kg/m^2.h$$

تصحيح انبعاث غاز احادي اوكسيد الكربون = 55.43

3- حساب متطلبات التهوية باستعمال المعادلة (11/6-6) عندما $CO_{max} = 25\ ppm$

عندما $CO_{max} = 25\ ppm$ $C=0.069\times10^{-5}\ m^3/s^2.m^2$

$$Q = C\,f\,t_1$$

$$Q = 0.069 \times 10^{-5}\ m^3/s^2.m^2 \times 55.43 \times 120s$$

كمية التهوية المطلوبة $= 0.00458 m^3/s.m^2$

اما حساب عدد مرات التبديل الهوائي في الساعة فيكون كالتالي:

ACH = (0.00458 × 3600) /3 = 5.5 مرة تبديل هواء/ساعة

الملحق (هـ): جداول معدل سرع الرياح واتجاهاتها للمحافظات

لقد تم الاعتماد على البيانات المسجلة لدى هيئة الانواء الجوية والرصد الزلزالي للمدة من (1989-2001) عن سرعة الرياح (مقداراً واتجاهاً) لجميع اشهر السنة. انظر الجدول (هـ–1) الذي يبين المعدل السنوي والشهري لسرع الرياح بالمتر/ثا في 16 محطة رصد موزعة على كافة انحاء العراق مقيسة عند توقيت اساسي هو الساعة 12 ظهراً وذلك لان هذه الساعة تمثل الوقت الذي يبلغ فيه الاشعاع الشمسي اعلى شدة بسقوط اشعة الشمس عمودية في هذا الوقت على سطح الارض وبالتالي زيادة التيارات الهوائية. وتبين الجداول (هـ–2) و(هـ–3) و(هـ–4) و(هـ–5) نسب تكرار الرياح لأربع محافظات وهي على التوالي (بغداد–البصرة –الموصل –الرطبة).

الجدول هـ–1: المعدل السنوي والشهري لسرعة الرياح بالمتر/ثا في محطات الرصد

المحطات / الاشهر	ك1	ك2	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	ايلول	ت1	ت2	المعدل السنوي لسرعة الرياح
سنجار	1.5	1.6	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.9
ربيعة	1.7	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	3.0	2.7	2.7	2.3	2.1	1.6	2.3
الموصل	1.0	1.0	1.3	1.4	1.5	1.8	1.8	1.8	1.5	1.1	0.9	0.7	1.3
كركوك	1.0	1.1	1.4	1.6	1.9	2.1	1.9	1.9	1.8	1.4	1.5	1.2	1.6
بيجي	1.5	1.6	1.9	2.4	2.6	2.9	.3	3.5	3.3	2.3	1.9	1.5	2.4
حديثة	2.5	2.6	3.0	3.4	3.6	3.7	4.4	4.8	4.6	3.1	2.6	2.2	3.4
الرطبة	2.9	3.3	3.2	4.3	4.3	4.3	4.6	4.5	3.9	3.1	2.7	2.7	3.7
النخيب	2.6	3.3	3.6	4.5	4.3	4.6	4.7	4.7	4.3	3.1	2.7	2.6	3.8
بصية	3.2	3.6	4.1	4.6	4.6	4.6	4.7	4.9	4.7	3.6	3.0	2.9	4.0
بغداد	2.4	2.5	2.8	3.2	3.2	3.3	3.9	4.1	3.6	2.8	2.5	2.5	3.1
العمارة	2.7	2.8	3.3	3.8	3.9	4.2	5.9	5.9	5.4	4.1	3.0	3.0	4.0
كربلاء	1.9	2.1	2.5	3.0	3.1	3.2	4.0	4.2	3.5	2.4	2.0	1.8	2.8
بصرة	2.9	3.1	3.4	3.8	3.8	3.9	5.1	5.1	4.6	3.5	2.8	3.0	3.8
نجف	1.2	1.4	1.9	2.2	2.3	2.4	3.0	3.0	2.5	1.8	1.5	1.3	2.0
ديوانية	2.4	2.7	3.1	3.4	3.5	3.3	4.0	4.1	3.3	2.6	2.3	2.2	3.0
ناصرية	3.2	3.5	3.9	4.4	4.6	4.8	6.1	6.2	5.4	4.2	3.4	3.4	4.4

الجدول هـ-2: نسب تكرار الرياح في المناطق المفتوحة لمدينة بغداد

الشهر	نسب تكرار الرياح%								
	الشمال	ش ش	شرق	ج ش	جنوب	ج غ	غرب	ش غ	لاتوجد رياح
كانون الثاني	8.0	3.0	8.5	16.0	5.9	3.8	9.6	27.7	17.5
شباط	9.7	4.1	8.4	17.9	7.4	3.6	9.1	25.0	14.9
آذار	11.8	6.0	8.2	15.1	6.3	4.1	11.0	26.5	10.9
نيسان	15.0	6.7	9.7	14.2	7.4	3.5	9.0	23.2	11.3
آيار	19.8	7.0	5.8	6.5	4.8	2.9	10.1	31.7	11.4
حزيران	21.6	2.5	1.4	1.3	1.4	1.4	13.5	46.2	10.7
تموز	12.4	1.3	0.4	0.8	1.4	1.4	18.7	53.9	9.8
آب	15.8	2.5	1.2	1.3	2.0	1.6	17.0	46.9	11.7
ايلول	20.0	3.8	2.0	1.9	2.1	1.9	11.2	39.3	17.8
تشرين اول	17.8	5.8	5.9	6.6	3.1	1.9	9.5	29.3	20.1
تشرين الثاني	11.2	4.8	8.0	9.2	4.0	1.9	9.0	29.9	22.0
كانون اول	8.0	2.8	7.5	13.5	4.7	3.0	10.6	30.4	19.5

الجدول هـ-3: نسب تكرار الرياح في المناطق المفتوحة لمدينة البصرة

الشهر	نسب تكرار الرياح%								
	الشمال	ش ش	شرق	ج ش	جنوب	ج غ	غرب	ش غ	لاتوجد رياح
كانون الثاني	11.4	4.2	9.1	9.0	8.0	2.3	19.1	24.2	12.7
شباط	11.6	4.5	7.3	11.5	9.1	2.7	17.6	26.2	9.6
آذار	15.3	4.9	8.3	10.6	10.6	2.8	12.8	25.2	9.5
نيسان	14.1	6.1	7.9	12.0	12.2	3.7	11.4	23.3	9.4
آيار	17.4	4.9	5.0	2.0	7.1	2.8	11.6	36.9	9.5
حزيران	15.2	1.3	1.2	1.0	1.7	1.3	14.8	58.5	5.0
تموز	8.6	0.9	1.2	2.0	3.3	1.6	19.1	56.0	7.4
آب	10.1	1.1	2.0	2.1	3.4	2.4	17.7	54.0	7.2
ايلول	13.6	1.9	2.0	2.0	4.0	2.5	18.1	46.8	9.1
تشرين اول	15.5	7	5.7	5.9	8.7	3.1	15.1	29.1	12.3
تشرين الثاني	13.3	4.9	7.7	8.5	6.6	2.7	17.8	27.2	11.3
كانون اول	11.5	3.7	7.1	8.1	6.4	2.4	20.0	28.1	12.8

الجدول هـ-4: نسب تكرار الرياح في المناطق المفتوحة لمدينة الموصل

الشهر	نسب تكرار الرياح%								
	الشمال	ش ش	شرق	ج ش	جنوب	ج غ	غرب	ش غ	لاتوجد رياح
كانون الثاني	8.2	4.3	13.3	8.0	7.3	1.2	12.6	9.4	35.7
شباط	8.7	4.0	14.6	8.2	8.2	2.1	14.5	10.6	29.1
آذار	8.7	4.9	13.3	8.1	8.6	2.9	16.2	10.1	27.3
نيسان	12.4	6.0	12.9	7.0	7.8	2.0	16.0	11.5	24.4
آيار	17.6	4.6	8.1	4.8	6.3	2.4	18.5	16.6	21.2
حزيران	17.4	4.8	4.6	1.9	4.1	3.1	25.8	20.3	18.0
تموز	16.7	4.9	5.6	3.2	5.4	3.1	26.6	18.3	17.2
آب	17.2	6.0	6.3	3.0	4.8	3.1	23.1	16.0	20.6
ايلول	16.8	5.2	5.4	2.1	4.5	2.7	23.5	15.6	24.2
تشرين اول	17.2	3.9	6.9	4.1	5.0	1.4	19.3	12.2	30.0
تشرين الثاني	11.7	3.9	8.7	5.0	6.7	1.0	16.1	11.9	35.0
كانون اول	9.0	3.2	11.5	5.8	6.5	0.8	15.1	10.7	37.4

الجدول هـ-5: نسب تكرار الرياح في المناطق المفتوحة لمدينة الرطبة

الشهر	نسب تكرار الرياح%								
	الشمال	ش ش	شرق	ج ش	جنوب	ج غ	غرب	ش غ	لاتوجد رياح
كانون الثاني	5.5	2.2	7.1	7.8	14.0	13.5	17.2	7.8	25.0
شباط	6.8	2.6	6.6	7.6	12.9	13.5	19.5	8.7	19.9
آذار	7.1	3.0	7.3	6.6	12.4	10.5	25.8	11.0	16.3
نيسان	12.3	3.7	5.8	6.0	9.7	8.4	24.3	13.8	15.9
آيار	13.5	4.1	6.2	4.3	7.6	7.0	23.2	16.3	17.8
حزيران	17.3	2.4	2.3	1.3	3.1	4.8	27.4	27.0	14.4
تموز	14.4	0.9	0.8	0.4	1.5	3.2	33.2	35.7	9.9
آب	15.4	2.0	2.2	1.2	2.2	3.8	29.4	28.8	14.9
ايلول	17.7	4.7	4.3	3.0	6.2	6.0	19.1	17.2	22.5
تشرين اول	10.4	4.4	7.8	7.1	10.5	9.1	14.2	9.3	27.2
تشرين الثاني	8.0	4.6	7.7	7.4	12.3	12.1	12.1	6.6	29.1
كانون اول	5.2	2.6	6.9	7.1	15.5	15.1	15.5	5.7	26.4

الملحق (و): المصطلحات العلمية

الإحتكاك	Friction
الانتقالية الحرارية	Thermal Transmittance (U-Value)
التبريد الذاتي	Passive Cooling
التفاضلات	Differentials
التيار المعاكس	Eddy Current
الرطوبة النسبية	Relative Humidity
الرياح السائدة	Prevailing Wind
المساحة المكافئة	Equivalent Area
القصور الذاتي	Inertia
المناخ المتوسط	Meso-Climate
المناخ المصغر	Micro-Climate
الموصلية الحرارية	Thermal Conductivity
انبوب بيتو	Pitot Tube
تأثير المدخنة	Stack Effect
تبريد حسي	Sensible Cooling
تبريد بالتبخير	Evaporative Cooling
تدرج السرعة	Velocity Gradient
حركة الهواء الانسيابية	Laminar Air Movement
حركة الهواء المضطربة	Turbulent Air Movement
حركة الهواء المنفصلة	Separated Air Movement
درجة الحرارة المطلقة	Absolute Temperature
درجة الحرارة المؤثرة	Effective Temperature
درجة حرارة نقطة الندى	Due-Point Temperature
ريشة الرياح	Wind Vane

عتبة التلوث	Threshold Level Value–TLV
قوى الطفو	Buoyancy Forces
معامل التدفق	Discharge Coefficient
معدل الطاقة الأيضية المتحررة	Metabolic Rate
مروحة مقياس شدة الرياح	Propeller Anemometer
مقياس جودة الهواء	Air Quality Index
منطقة ظل (سكون) الرياح	Wind Calm Area
وردة الرياح	Wind Rose

الهيئة العامة للمباني

مشروع المدونات و المواصفات العراقية

www.codat.imariskan.gov.iq

E.mail:moch.codat@codat.imariskan.gov.iq

moch.codat@yahoo.com

moch.codat@gmail.com