تصاميم المباني

اعتبارات المناخ في التصميم المعماري والمباني

نقله إلى العربية

المهندس: محمد رضوان الأبرش

العبيكان
Obeikan

Original Title:
Climate Considerations in Building and urban Design
by: Baruch Givoni
Copyright © WILEY
ISBN 0471 - 29177 - 3

All rights reserved. Authorized translation from the English language edition

Published by: John wiley Sons,Inc.(U.S.A)

حقوق الطبعة العربية محفوظة للعبيكان بالتعاقد مع جون وايلي وأبنائه . الولايات المتحدة .

© العبيكان 2007 ـ 1428

ISBN 9960 - 54 -257 -2

الناشر العبيكان للنشر

المملكة العربية ا لسعودية – شارع العليا العام – جنوب برج المملكة – عمارة الموسى للمكاتب

هاتف : 2937574 / 2937581 ، فاكس : 2937588 ص . ب : 67622 الرياض 11517

الطبعة العربية الأولى **1428هـ ـ 2007م**

ⓒ **مكتبة العبيكان ، 1428هـ**

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

مجموعة مؤلفين

تصميم المباني . / مجموعة مؤلفين ؛ رضوان الأبرش . – الرياض 1428هـ

257 ص ؛ 14× 21 سم

ردمك : 2- 257- 54 - 9960

1 ـ المباني – تصميمات

أ . الأبرش ، رضوان (مترجم) ب . العنوان

ديوي : 729 1428 /2155

رقم الإيداع : 2155/ 1428

ردمك : 2- 257- 54 - 9960

امتياز التوزيع شركة مكتبة العبيكان

المملكة العربية السعودية – العليا – تقاطع طريق الملك فهد مع شارع العروبة

هاتف : 4160018 / 4654424 – فاكس : 4650129 ص . ب : 62807 الرياض 11595

جميع الحقوق محفوظة للناشر . ولا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة ، سواء أكانت إلكترونية أو ميكانيكيـة ، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي» ، أو التسجيل ، أو التخزين والاسترجاع ، دون إذن خطي من الناشر .

الفهرس

الموضوع	الصفحة
الجزء الأول	
البناء الصحي	٧
١- مسائل الراحة والتحليل المناخي في تصميم المباني	٩
٢- الميزات المعمارية المؤثرة في المناخ الداخلي	٢٧
٣- خاصيات الموارد والأداء الحراري للأبنية	١٠٣
٤- أنظمة التدفئة الشمسية السلبية	١٦٣
٥- التبريد السلبي للمباني	٢٠٧
٦- الصفات المناخية لأنواع السكن	٢٤١
الجزء الثاني	
علم المناخ العمراني	٢٧٥
٧- صفات عامة للمناخ العمراني	٢٧٧
٨- آثار التصميم العمراني على المناخ العمراني	٣٢٣
٩- تأثير المساحات الخضراء على الموقع والمناخات العمرانية	٣٦١
١٠- تصميم الأبنية والتصميم العمراني للمناطق الحارة والجافة	٣٩٥
١١- البناء والتصاميم المدنية للمناطق الحارة والرطبة	٤٥٩
١٢- البناء والتصاميم المدنية في المناخات الباردة	٥٠٩
١٣- المناطق ذات الشتاء البارد والصيف الحار الرطب	٥٢٩

الجـــزء ١

البناء الصحي

١

مسائل الراحة والتحليل المناخي في تصميم المباني

مقدمة:

يبحث هذا الفصل في المسائل المتعلقة بالراحة الحرارية البشرية ومقاييس الراحة، وأثرها على تحليل المناخ كأساس لصياغة مبادئ تصميم المباني لمناخات مختلفة، وبشكل خاص الحارة منها. كما يبحث أيضاً تأثيرات مقاييس الراحة على تقييم الحاجة للتبريد الميكانيكي واستخدام الطاقة (وهدرها غالباً) في الأبنية المكيفة.

يمكن أن تعرف الراحة الحرارية عملياً على أنها مجموعة من الأحوال المناخية التي تعد مريحة ومقبولة داخل الأبنية. وتدل على غياب أي إحساس بعدم الارتياح الحراري (سواء أكان حاراً أو بارداً). فبالتعامل مع عدم الارتياح الناتج عن الحرارة هناك مصدران مميزان ومستقلان لعدم الارتياح: الإحساس الحراري بالحر، وعدم الارتياح بسبب رطوبة الجلد (التعرق المحسوس).

لذا ففي رسم الحدود المناخية لـ «منطقة الراحة»، فإن من المفيد البدء بتحليل طبيعة كل من هذين المصدرين لعدم الارتياح الحراري وعلاقتهما بعوامل مناخية عديدة أخرى.

ويعد تحليل الأحوال المناخية لمكان ما، نقطة البدء في صياغة أنظمة تصميم الأبنية وتخطيط المدن الهادفة لزيادة الراحة إلى أكبر حد والتخفيف من استخدام الطاقة للتدفئة والتبريد. كما يظهر تقديم البيانات المناخية عادة بأشكال رسومية ممكناً القارئ من استيعاب النماذج النهائية في فصول مختلفة ومعدل العلاقة السنوية المتبادلة بين العناصر المناخية العديدة. وتحتوي الرسوم التخطيطية المناخية

غالباً على حدود الراحة الحرارية البشرية كأساس لتقييم شدة المناخ الخارجي، والاحتياجات اللازمة للتدفئة و/أو التبريد، بالإضافة إلى خيارات التصميم لتحسين الأحوال الداخلية.

وقد تم وضع أول تقديم رسومي للبيانات المناخية من قبل أولجياي Olgyay (١٩٦٣)، وصمم خصيصاً كأساس لتقييم احتياجات الراحة البشرية وأهداف تصميم البناء. إذ يحدث هذا الإجراء الذي يتضمن التقديم التخطيطي وشرح البيانات المناخية تأثيراً عميقاً. حيث لاتزال العديد من الكتب والأبحاث المتعلقة بهذا الشأن تستخدم البيانات التي قدمها.

كما نناقش في هذا الفصل مشكلة تطبيق إجراء أولجياي وبعض أدوات التحليل المناخي ومقاييس الراحة المستخدمة غالباً بشكل شائع (مثل المجتمع الأميركي للتدفئة، التبريد والتكييف الهوائي American Society of Heating، Refrigera-tion and Air Cinditioning ASHRAE) للأبنية المكيفة بغير الهواء، وخاصة في البلدان النامية الحارة. (انظر جيفوني ١٩٧٦ مان، المناخ وفن العمارة).

كما يوضح الفصل استخدام الرسوم البيانية البنائية الجيومناخية في تأسيس الحدود المناخية لقابلية تطبيق العديد من أنظمة التبريد ذات الطاقة المنخفضة أو السلبية في مناخات مختلفة. وتستند تلك الحدود على درجات الحرارة الداخلية المتوقعة المنجزة مع أنظمة التبريد المختلفة. وتضمن أنظمة التبريد تهوية «الراحة» النهارية، استخدام الكتلة الإنشائية للخزن الحراري بالاشتراك مع التهوية الليلية لتخفيض درجات الحرارة الداخلية، وتبريد بخاري مباشر وغير مباشر. كما نناقش الخواص الفيزيائية وأداء أنظمة التبريد هذه في الفصل الخامس، ونناقشها بتفصيل أكبر في كتاب آخر هو «تبريد الطاقة المنخفضة والسلبية للأبنية (جيفوني ١٩٩٤)».

المعاني الاقتصادية والتصميمية المتضمنة لمقاييس الراحة:

ربما يكون لمسألة تعريف حدود أحوال الراحة الداخلية المقبولة في الأبنية معاني متضمنة هامة لتصميم البناء وقد تحدث أيضاً عواقب اقتصادية عديدة. فهي تؤثر على تقييم فائدة التهوية الطبيعية وعلى القرارات المتعلقة بالحاجة لتكييف هوائي ميكانيكي، بالإضافة إلى مستوى استهلاك الطاقة من أجل التدفئة (والتبريد بشكل خاص) في الأبنية المكيفة بالهواء.

ويعني وضع الحدود العليا لدرجة الحرارة والسرعة الدينامية (سرعة الطائرة بالنسبة للهواء) بالنسبة للأحوال المناخية المقبولة في الأبنية المكيفة بالهواء أنه عند ارتفاع درجة الحرارة الداخلية فوق ذلك الحد فسوف يجهز التبريد الميكانيكي، على الرغم من أن درجات الحرارة الأعلى، مع السرعة الدينامية الأعلى، قد تكون مريحة للسكان في أحوال عديدة. فقد تخفض درجة الحرارة الداخلية الأعلى بالطبع اكتساب الأبنية للحرارة وكذلك تخفض الطاقة المستهلكة في التبريد.

كما يؤثر الأثر الذي تحدثه حدود راحة الرطوبة على استخدام الطاقة من أجل إزالة الرطوبة من الهواء، وبشكل خاص في المناخ الرطب الحار. وكما يعتمد أثر الرطوبة على الراحة بشكل كبير على السرعة الدينامية (انظر القسم التالي)، تزيد السرعة الدينامية الداخلية «المباحة» المنخفضة من الطاقة (والمال) المستهلك في إزالة الرطوبة.

وفي الأبنية المكيفة بغير الهواء، تؤثر مقاييس الراحة على استراتيجيات التصميم المتعلقة باختيار مواد البناء وتصميم البناء من أجل التهوية الطبيعية. وتعتبر حدود الراحة أيضاً أساساً للرسوم التخطيطية البيومناخية، والتي تساعد في صياغة أنظمة التصميم الملائمة لمختلف المناخات.

ويرى الكاتب أن مقاييس الراحة المختلفة توضع من أجل بلدان تتمتع بأحوال مناخية مختلفة وتمر بمراحل من التطور الاقتصادي. ونعرض في هذا الفصل البيانات والمناقشات التي تدعم هذه الفكرة، وحدود الراحة المقترحة وفقاً لذلك.

الاستجابات البشرية للبيئة الحرارية:

ينتج الجسم الحرارة عن طريق التأيض (التحول الغذائي) وتنتقل هذه الحرارة إلى البيئة عن طريق الحمل والإشعاع (خسارة الحرارة «بالجفاف »). إذ يمكن أن يكون تبادل الحرارة بالجفاف بالطبع إيجابياً أيضاً (اكتساب حرارة) عندما يكون الهواء و/أو درجات الحرارة للسطوح المحيطة أعلى من حرارة الجلد (بحدود ٩٣°F ٩٣٤°F). ويتم فقد بعضاً من الحرارة عن طريق تبخر الماء في الرئتين، نسبة إلى درجة التنفس التي تتسب تباعاً إلى درجة التأيض. وإذا لم تكن خسارة الحرارة بالجفاف كافية للتوازن مع درجة التأيض (وبشكل خاص عندما يكون تبادل الحرارة الجافة إيجابياً)، عندها ينتج العرق في الغدد الجلدية ويقدم تبخر العرق التبريد الإضافي المطلوب.

كما يعتمد التبادل بالحمل على درجة حرارة الهواء المحيط والسرعة الدينامية. بينما يعتمد التبادل الإشعاعي في بيئة داخلية على معدل درجة حرارة السطوح المحيطة (درجة الحرارة الإشعاعية المتوسطة). كما يعتبر الإشعاع الشمسي من الخارج مصدراً رئيسياً لاكتساب الحرارة الإشعاعية. وهكذا تعتمد درجات جميع أشكال تبادل الحرارة على خاصيات الملابس.

كما لاتلعب الرطوبة أي دور في فقدان الحرارة بالجفاف. فهي تؤثر على درجة التبخر من الرئتين. وعلى عكس الأفكار الشائعة، فإن الرطوبة المحيطة لاتؤثر على درجة تبخر العرق، إلابفعل أحوال شديدة. وفي الحقيقة، لاتنخفض درجة تبخر العرق في مستويات الرطوبة الأعلى، وربما ترتفع حتى. والسبب هو في أنه في أحوال الرطوبة المنخفضة يتبخر العرق داخل المسامات الجلدية عبر جزء صغير من المنطقة الجلدية. وعندما ترتفع الرطوبة وتنخفض القدرة التبخرية للبيئة، ينتشر العرق في منطقة جلدية أكبر. وبهذا يمكن أن يحافظ على درجة التبخر المطلوبة في منطقة جلدية أكبر برطوبة أعلى. وبفعل أحوال معينة مع وجود رطوبة عالية

تنخفض فعالية التبريد لتبخر العرق، عندما يؤخذ جزء من الحرارة الكامنة للتبخر من الهواء المحيط بدلاً من الجلد (جيفوني ١٩٧٦، جيفوني وبلدينغ ١٩٦٢). وفي مثل هذه الحالات ينتج الجسم المزيد من العرق ويقوم بتبخيره بغية الحصول على التبريد الفيزيولوجي المطلوب.

كما تؤثر حالة تبادل الحرارة للجسم أيضاً على الاستجابات الحسية للأحوال الحرارية البيئية، مولدة إحساساً إما بالراحة العامة، أو عدم الارتياح للبرد، عدم الارتياح للحر، و/أو عدم الارتياح الناتج عن الجلد المرطب. وعلى أي حال، تعد العلاقة بين حالات تبادل الحرارة للجسم والاستجابات الحسية علاقة معقدة ولاتلائم الارتباط البسيط والصريح.

ويمكن أن نطبق مفهومين رئيسين للبحث في الاستجابات البشرية للبيئة الحرارية. إذ يركز أولهما على «الراحة الحرارية»، المعروفة بالاستجابات غير الموضوعية (الشخصية) للأشخاص، بينما يركز الآخر على الاستجابات الفيزيولوجية الموضوعية للعوامل المناخية والنشاط الفيزيائي، بهدف تقدير مستوى الضغط الحراري. وتبحث الدراسات الخاصة بالراحة عادة (وليس بشكل دائم) في سلوك الأشخاص الذين يرتدون ملابس خفيفة، أثناء الراحة أو أثناء أداء عمل مقيم (في وضع الجلوس). ويتجلى التطبيق الأساسي لنتائج هذه الطريقة في صياغة حدود مناخية داخلية كمية، أي ما يسمى بـ «مقاييس الراحة»، بالنسبة للأبنية المكيفة بالهواء، وهي عادة المكاتب والأبنية العامة.

وتتضمن الاستجابات الحسية للبيئة الحرارية إحساساً بالبرد، سواء أكان عاماً أو موضعياً، وبالحر، و(في الأحوال الرطبة الحارة) تتضمن شعوراً بعدم الارتياح الناتج عن الجلد الجاف أو الرطب إلى حد كبير (تعرق محسوس). وقد يرتبط الإحساس بعدم الارتياح للحر أو عدم الارتياح الناتج عن الجلد الرطب ببعضهما البعض أو لايرتبطان.

وربما يفضل الناس الذين يعيشون في أقاليم حارة أو يتأقلمون مع البيئة الحرارة السائدة درجات الحرارة الأعلى وهم لايعانون في البيئات الحارة بالقدر الذي يعاني منه الناس الذين يعيشون في الأقاليم الباردة. وسنناقش هذه المسألة بتفصيل أكبر في هذا الفصل في قسم آثار التأقلم الحراري.

ولقد شملت الأبحاث الفيزيولوجية عن الاستجابات البشرية للبيئة الحرارية جميع الأحوال المناخية التي يواجهها الناس، من الحر الشديد إلى البرد الشديد. إذ تعد الاستجابات البشرية الفيزيولوجية الرئيسة تجاه التغييرات في البيئة الحرارية بمثابة درجة العرق، درجة القلب (heart rate)، درجة حرارة الجسم الداخلية، ودرجة حرارة الجلد. كما يعتبر مجال الراحة مجالاً محدوداً داخل المجال الإجمالي للاستجابات الحرارية.

ولقد تم تطوير وتصديق النماذج الرياضية التي تتنبأ بدقة معقولة بهذه الاستجابات الفيزيولوجية ـ كوظائف للأحوال المناخية، العمل (درجة التأيض)، وخاصيات الملابس، متضمنة أثر التأقلم (جيفوني ١٩٦٣، جيفوني ١٩٧٦، جيفوني وبلدينغ ١٩٦٢، جيفوني وغولدمان ١٩٧١، ١٩٧٢، ١٩٧٣أ).

وتعد درجة العرق الاستجابة الفيزيولوجية الأكثر حساسية للضغط المناخي وذلك أثناء وضع الراحة والنشاط المقيم، وعلى الجانب الدافئ من مجال الراحة. وهذه الدرجة تقاس عادة بلغة درجة خسارة الوزن.

كما تترابط الاستجابات الحسية والفيزيولوجية البشرية تجاه البيئة الحرارية إلى حد ما. إذ يرتبط الإحساس بالبرد مع درجة حرارة أخفض للجلد. بينما يرتبط الإحساس بالحر، بالنسبة للأشخاص في وضع الراحة أو المقيمين مع درجة حرارة أعلى للجلد ودرجة عرق أعلى أيضاً. وهكذا يعكس كل منهما شحنة حرارية أعلى في الجسم.

وسنناقش الاستجابات الحرارية الحسية في القسم التالي. (كما تمت مناقشة الاستجابات الفيزيولوجية بتفصيل أكبر في جيفوني ١٩٧٦).

الإحساس الحراري:

كما ذكرنا سابقاً، فإن الاستجابات الحرارية الحسية الرئيسة هي الإحساس بالبرد والإحساس بالحر وعدم الارتياح الناتج عن التعرق المحسوس.

ويدرج الإحساس الحراري غالباً على مقياس عددي بسبع نقاط (في الدراسات الخاصة بالراحة)، ضمن المجال الكلي الممتد من الإحساس بالبرد الشديد إلى الحر الشديد:

١. بارد

٢. فاتر

٣. فاتر قليلاً

٤. محايد (مريح)

٥. دافئ قليلاً

٦. دافئ

٧. حار

ويستخدم في بعض الأحيان مقياس مدرج من -٣ (بارد) إلى +٣ (حار) للتعبير عن الأحاسيس الحرارية ذاتها، مع رقم (٠) معبراً عن الإحساس المحايد. كما يعتبر المجال من فاتر قليلاً إلى دافئ قليلاً بمثابة أحوال مقبولة بوضوح.

كما أظهرت دراسات خاصة بالاستجابات الحرارية الحسية أجراها المؤلف (وهي جيفوني ١٩٦٣، ١٩٧٦، جيننغز وجيفوني ١٩٥٩)، بأنه بعد التأقلم، يواصل الشخص تقييم وضعه الخاص من الراحة أو مستوى عدم الارتياح. كما يمكن له أن يميز بين المستويات المختلفة للمقياس السابق بالإضافة إلى تحديد المستويات المتوسطة بشكل مستمر. فعلى سبيل المثال، قد يظهر «تقدير» لدرجة ٤,٢ شعوراً بأن الوضع غير

«مريح» بشكل كامل ولكنه غير «دافئ قليلاً» حتماً. وعلى أي حال، فإن لكل فرد تفسيره الخاص للمعنى الحسي للمستويات المختلفة. وهكذا فإن هناك اختلافات هامة بين الأفراد وفق القيم المخصصة لبيئة حرارية مفترضة. ولذلك ففي الدراسات الحسية، يعد معدل الاستجابة لمجموعة ما أهم من الاستجابة الفردية، كما تعد الاستجابة النسبية لعوامل بيئية مختلفة أهم من الاستجابة المطلقة في مزيج مناخي مفترض لهذه العوامل.

عدم الارتياح للبرد:

في البحث في عدم الارتياح للبرد يجب التمييز بين الإحساس «العام» بعدم الارتياح للبرد وعدم الارتياح «الموضعي» (في الأقدام، الأصابع، وغيرها). إذ نشعر بعدم الارتياح الموضعي بشكل رئيسي في الخارج، عندما يكون العزل الكلي للملابس كافياً، ولكنه في نقاط معينة لايكون كافياً أو يكون ذلك الجزء من الجسم مكشوفاً. كما قد نشعر بعدم الارتياح الموضعي أيضاً في الداخل عندما يتراكم الهواء البارد تحت الأبواب والنوافذ الزجاجية الكبيرة تحت الأرضية، بينما عندما يكون الهواء في مستويات أعلى بدرجة حرارة أعلى، قد تشعر الأقدام ببرد شديد، ولكن دون الإحساس العام بالبرد. كما قد يشعر الأشخاص الذين يجلسون بالقرب من الصقل (صناعة الزجاج) بعدم الارتياح الموضعي فقط في جانب الجسم المواجه للصقل.

كما توجد علاقة متبادلة بين الإحساس غير الموضعي بالبرد والاستجابة الفيزيولوجية لدرجة حرارة الجلد المتوسطة. ونشعر بالإحساس الحراري «العام» بعدم الارتياح للبرد، بفعل أحوال مناخية مستقرة، عندما تنخفض درجة حرارة الجلد المتوسطة تحت المستوى الأدنى استجابة لموضع الراحة، والذي يكون أثناء النشاط المقيم بحدود ٣٢-٣٣oF (90-92oC).

ويتجلى عدم الارتياح الحراري في الأبنية في المناخات الباردة بثلاثة مظاهر:

١. تأمين هواء مريح في الداخل ودرجات حرارية إشعاعية متوسطة للأسطح الداخلية للجدران الخارجية.

٢. منع التبريد الإشعاعي الاتجاهي، من مناطق الصقل الكبيرة عادة.

٣. منع «التيارات» الباردة: عدم الارتياح الناشئ من تيارات الهواء البارد الموضعية، عادة من الشقوق بين وحول الأحزمة sashes (اختراق الريح).

كما يعتمد المستوى الحقيقي لمنطقة الراحة، وخاصة في الشتاء، بشكل كبير على الملابس. فبارتداء ملابس دافئة، من الممكن أن نخفض درجة الحرارة في الداخل إلى حد كبير ونحافظ على الوضع المريح. وتكون درجة الحرارة المقبولة في الداخل أثناء الليل، وأثناء ساعات النوم، عادة أخفض منها أثناء النهار وساعات المساء.

عدم الارتياح للحر:

نشعر بالإحساس الحراري بعدم الارتياح للحر، تحت أحوال مستقرة، عندما ترتفع درجة حرارة الجلد المتوسطة فوق المستوى الأعلى استجابة لوضع الراحة، والذي يكون أثناء النشاط المقيم بحدود ٣٣-٣٤°F (91.4-93.2°C). وعلى أي حال فإن درجة ارتفاع حرارة الجلد عندما ترتفع درجة الحرارة المحيطة فوق منطقة الراحة، تكون أقل بكثير من درجة انخفاضها عندما تنخفض درجة الحرارة المحيطة تحت منطقة الراحة. والسبب هو خفض تبخر العرق لدرجة ارتفاع حرارة الجلد.

كما تنخفض درجة حرارة الجلد لوضع الراحة، Ts، بارتفاع درجة التأيض، M، (نشاط فيزيائي) كنتيجة لدرجة تبخر أعلى للعرق وتحويل تدفق الدم من الجلد الخارجي إلى العضلات العاملة، ولقد تم اكتشاف هذه النقطة من قبل فانجر (وسنناقشها لاحقاً في هذا الفصل في «معادلة فانجر للراحة»).

التعرق المحسوس:

يرتبط الارتياح الحراري أيضاً بحالة محايدة من رطوبة الجلد (بغياب عدم الارتياح الناتج عن الجلد الرطب). وبينما يظهر الإحساس الحراري في الأحوال الحارة والباردة معاً، يوجد التعرق المحسوس فقط في الجانب الدافئ من منطقة

الراحة، في مزيج مخصص لدرجة الحرارة، الرطوبة، حركة الهواء، الملابس، والنشاط الفيزيائي. وهو يحظى بأهمية خاصة في المناخات الرطبة ـ الحارة.

ولهذا الإحساس حدين منفصلين. يظهر الحد الأدنى عندما يكون الجلد جافاً تماماً ويظهر الحد الأعلى عندما تتبلل الملابس والجسم بكامله بالعرق. وبين هذين الحدين هناك مستويات متوسطة يمكن تحديدها بوضوح تام.

وعندما تكون درجة التبخر أسرع بكثير من إفراز العرق، يتبخر العرق عند نشوئه من مسامات الجلد، دون تشكيل طبقة سائلة على سطح الجلد. وعندها نشعر بـ «جفاف» الجلد.

وبزيادة درجة العرق، أو الدرجة المخفضة للتبخر، ينتشر العرق عبر الجلد، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة المنطقة الفعالة التي تحدث فيها عملية التبخر. وبهذا يستطيع الجسم الحفاظ على درجة برودة تبخر كافية للحفاظ على التوازن الحراري عبر مجال واسع من الاحتمال التبخري للبيئة. وعلى أي حال، فإن الجلد الرطب يسبب عدم الارتياح على الرغم من كونه أحد المكونات الجوهرية في نظام الترموستات الفيزيولوجي.

وتحدد درجة التعرق من خلال التوازن بين إنتاج الحرارة بالتأيض وخسارة الحرارة بالحمل والإشعاع. وبفعل الأحوال الرطبة ـ الحارة، تنخفض فعالية التبريد الناتجة عن التعرق، عندما يتبخر جزء من العرق من خلال الشعر والملابس ويستمد جزءاً من الطاقة من الهواء المحيط بدلاً من الجسم. وعندها تفوق درجة العرق والتبخر الحاجة لتبريد التبخر لتعويض فعالية التبريد المخفضة.

كما يمكن التعبير عن مفهوم التعرق المحسوس بواسطة المقياس العددي التالي:

٠- جفاف الجسم والجبين بشكل كامل

١- لزوجة الجلد (دبق) ولكن تكون الرطوبة خفية

٢- الرطوبة مرئية

٣- رطوبة الجسم والجبين (العرق يغطي السطح، تشكيل القطرات)

٤- رطوبة الملابس جزئياً

٥- رطوبة الملابس بشكل كامل تقريباً

٦- تبلل الملابس

٧- العرق يبلل الملابس

وفي دراسات فيزيولوجية عديدة (جيفوني ١٩٦٣، جيننغز وجيفوني ١٩٥٩)، سُجل الإحساس غير الموضوعي بالتعرق المحسوس تحت شروط تم التحكم بها في مجال واسع من الأحوال المناخية.

ولقد طور الكاتب نموذجاً رياضياً يتنبأ بالاستجابة غير الموضوعية للتعرق المحسوس تجاه الأحوال المناخية، الملابس، ودرجة التأيض. ووجد بأن الإحساس برطوبة الجلد (وفق المقياس السابق) يمكن أن يعبر عنه كوظيفة للنسبة Emax/E، حيث E هو التبريد البخاري المطلوب، والذي يعادل الضغط الحراري الفزيولوجي (البيئي والأيضي الإجمالي)، وحيث Emax هي القدرة التبخرية للهواء (جيفوني ١٩٦٣، ١٩٧٦).

$$P.S. = -٠.٣ + ٥ (E/E/max)$$

$$E = (R + C) + (W - M)$$

$$Emax = PV0.3^{*} (35-HRa)$$

M = درجة التأيض

W = العمل الميكانيكي الذي يؤديه الجسم

C = تبادل الحرارة بالحمل

تبادل الحرارة بالإشعاع = R

السرعة الدينامية عبر الجسم (s/m) =V

نسبة رطوبة الهواء (gr/kg) = HRa

معامل يعتمد على نوع الملابس = P

جميع وحدات الطاقة مقدرة بالكيلوكالوري Kilocalories في الساعة (جيفوني ١٩٧٦).

العلاقة بين الإحساس بالحر والتعرق المحسوس:

قد نشهد هذين النوعين من عدم الارتياح في آن واحد أو أن نشعر بأحدهما دون الآخر. وبالإمكان أن يتأثر كل منهما بسرعة الهواء بطرق مختلفة. ولذلك، ففي أوضاع مناخية مختلفة قد يسود أحد هذين المصدرين من عدم الارتياح. وسيوضح المثال التالي مثل هذه الحالات.

ففي الصحراء تكون الرطوبة منخفضة جداً، وتكون سرعة الرياح عالية. ويعود عدم الارتياح بشكل خاص إلى الشعور بالحر الزائد. ويكون الجلد في الواقع جافاً إلى حد كبير، على الرغم من ارتفاع درجة التعرق (بحدود ٢٥٠ gr/hr،0.55lb/hr بالنسبة لشخص في وضع الاستراحة). ويفوق احتمال التبخر درجة إفراز العرق، بحيث يحدث تبخر العرق داخل المسامات الجلدية. وقد يتحول جفاف الجلد المفرط بحد ذاته إلى مصدر للإثارة. ويمكن تخفيف عدم الارتياح عن طريق خفض سرعة الرياح على الجلد (من خلال إغلاق الفتحات على سبيل المثال) وبشكل أساسي عن طريق خفض درجة الحرارة المحيطة.

وبعكس حالة الصحراء، يعود عدم الارتياح في إقليم رطب ـ دافئ، خصيصاً في الأحوال التي يكون فيها الهواء ساكناً، إلى رطوبة الجلد المفرطة. حيث تكون درجة حرارة الهواء في مثل تلك الأقاليم غالباً تحت ٢٦oC (79oF)، وتكون درجة إفراز

العرق، أثناء النشاط المقيم، أخفض (بحدود ٦٠ lb/hr،gr/hr 0.13 ، لكل شخص). وعلى الرغم من انخفاض درجة التعرق، يصبح الجلد رطباً بسبب انخفاض احتمال تبخر الهواء الرطب الساكن، ويتم الحفاظ على التوازن الحراري الفيزيولوجي على الرغم من انخفاض احتمال التبخر، بسبب تحقق درجة التبخر المطلوبة في منطقة رطبة أكبر من الجلد. وبذلك، فعندما تزداد السرعة الدينامية بشكل مفاجئ، قد يترافق الإحساس بالبرودة أيضاً مع عدم الارتياح بسبب الجلد الرطب إلى أن يجف الجلد إلى حد كافٍ.

كما يتم تخفيف عدم الارتياح بسبب الرطوبة الجلدية بشكل أفضل في غياب إزالة الرطوبة عن طريق الحفاظ على سرعة عالية بما يكفي للهواء بحيث يمكن الحصول على التبخر المطلوب لمنطقة رطبة أصغر من الجلد. ويتجلى الخيار الآخر في ارتداء ملابس ذات نفاذية أعظم (أو قلع معظم ما نرتديه، كما هو مألوف على الشاطئ).

كما أن هناك بالطبع العديد من الحالات المناخية حيث ينشأ عدم الارتياح الحراري من الآثار المجتمعة للإحساس بالحر والتعرق المحسوس. إذ يمكن أن تكون السرعة الأعلى للهواء في الداخل فعالة جداً في تخفيف عدم الارتياح، وبشكل خاص عندما تكون درجة حرارة الهواء متدنية بحدود ٣٣°F (91.5°C).

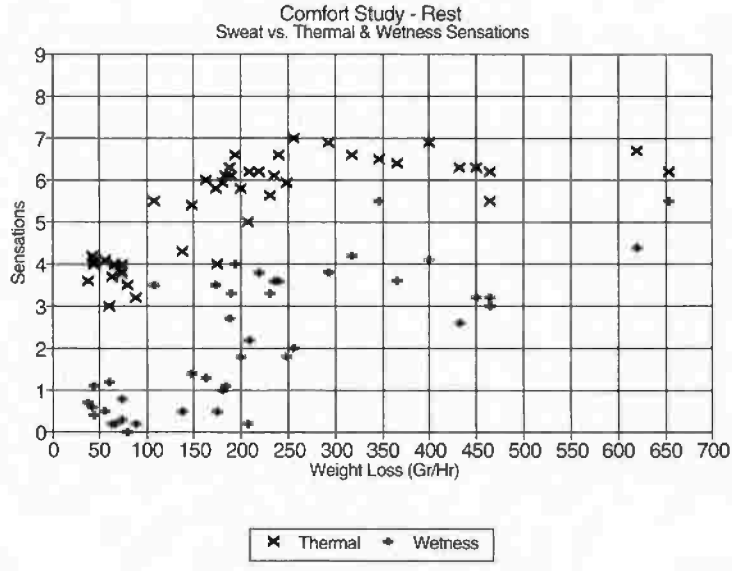
كما يمكن الحفاظ على حدود الحرارة والرطوبة في الراحة المقبولة عن طريق أناس مقيمون في أحوال يكون فيها الهواء ساكناً وبسرعة دينامية بحدود ٢s/m (٤٠٠ ft/min)، كما يتبين لاحقاً في هذا الفصل.

العلاقة بين ضغط الحرارة الفيزيولوجي (درجة التعرق) والإحساس الحراري:

في الجانب الحار من مجال الراحة، يستجيب كل من درجة العرق (المعبرة عن الضغط الفيزيولوجي) والإحساس الحراري بالحر للتغييرات في درجة الحرارة،

الرطوبة، والسرعة الدينامية. وعلى أي حال، فإن هناك اختلاف رئيسي في شكل الاستجابات الحسية والاستجابات الفيزيولوجية. حيث تكون الاستجابة الفيزيولوجية للحرارة المرتفعة طولية تقريباً إلى مستوى الاحتمال الأعلى، فوق ٥٠oF (122oC). ومن ناحية أخرى، لاتكون القدرة غير الموضوعية على التمييز بين «المستويات» المختلفة لعدم الارتياح، كما تحددها المقاييس المألوفة، طولية.

ويوضح هذا الاختلاف في «قياس» الاستجابات في الشكل ١-١، والذي يبين العلاقة المتبادلة بين خسارة الوزن المقاسة (التي تمثل درجة العرق) والاستجابات غير الموضوعية للأشخاص للأحاسيس الحرارية ورطوبة الجلد أثناء النشاط المقيم. ولقد تم استخلاص البيانات من بحث مكثف في الآثار الحسية والفيزيولوجية للأحوال المناخية، درجة التأيض، وخاصيات الملابس (جيفوني ١٩٦٣).



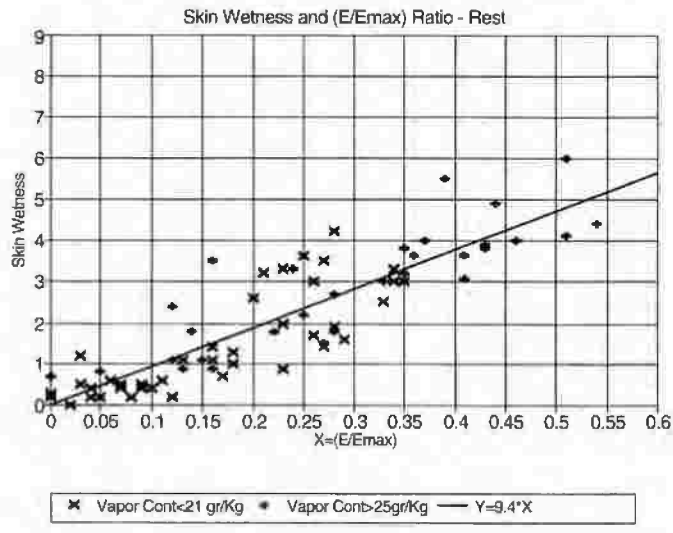
الشكل ١-١ العلاقة المتبادلة بين درجة العرق المقاسة والإحساس بالحر ورطوبة الجلد الذي يشعر به الأشخاص أثناء النشاط المقيم

فقد ارتدى الأشخاص الخاضعين لسلاسل التجارب هذه ملابس صيفية رقيقة واشتركوا في نشاط مقيم استمر ثلاث ساعات. وتراوح مجال درجة الحرارة في

السلاسل المختلفة من ٢٠-١١٤٥ (68-F °C)، بينما تراوح حجم البخار من ٨-٢٨ (0.008-0.028 lb/lb gr/kg)، كما تراوحت السرعة الدينامية من ساكنة إلى ٤ s/m (٨٠٠ ft/min).

كما تمثل خسارة الوزن للأشخاص المقيمين الضغط المناخي الفيزيولوجي الكلي. ويمكن أن نرى من الشكل ١-١ بأنه فوق درجة العرق البالغة ٢٥٠ gr/hr تقريباً (٥٥.٠ lb/hr)، هناك علاقة طولية بالإحساس الحراري، من ٤ (مريح) إلى ٦ (دافئ). وعلى أي حال، لم يستطع الأشخاص التعبير بوضوح عن الإحساس غير الموضوعي بالحر («حار» و «حار جداً» أو «حار بشكل لايطاق »)، أو الإحساس برطوبة الجلد، في مستويات ضغط مناخي يعبر عنها بدرجة تعرق أعلى من (٢٥٠-٣٠٠ gr/hr 0.55-0.65 lb/hr).

وتعد العلاقة من رطوبة الجلد إلى درجة العرق ضعيفة. ففي المجال من ١٥٠-٢٥٠ (0.33-0.55 lb/hr gr/hr) لخسارة الوزن هناك امتداد واسع لرطوبة الجلد، من حوالي ٢.٠ (جلد جاف) إلى ٤ (الملابس رطبة جزئياً). ولقد نتج هذا التغاير في الاستجابة من الأحوال المختلفة لسرعة الرياح والرطوبة.



الشكل ١-٢ العلاقة بين التعرق المحسوس (رطوبة الجلد) ونسبة Emax/E

العلاقة بين رطوبة الجلد ونسبة Emax:/E

يمكن تفسير الافتقار إلى علاقة جلية بين درجة العرق ورطوبة الجلد بحقيقة تسبب مستوى مفترض من الضغط الفيزيولوجي للحر، والذي تظهره درجة تعرق مفترضة، إما عن درجة حرارة مرتفعة في رطوبة منخفضة وسرعة رياح عالية (في الصحراء) أو عن درجة حرارة متوسطة في رطوبة عالية وهواء ساكن (مناخ رطب ـ حار). ففي الحالة الأولى، سيجف الجلد، عندما تبخر الطاقة التبخرية العالية للهواء العرق عند نشوئه من المسامات الجلدية. وفي الحالة الثانية، قد يتسبب عدم الارتياح بسبب الجلد الرطب، عندما ينتشر العرق على معظم الجلد بغية تمكين حدوث التبخر المطلوب على الرغم من الطاقة التبخرية المنخفضة للهواء.

ولقد استنتج جيفوني وجود ارتباط طولي للإحساس برطوبة الجلد بنسبة التبريد التبخري المطلوب (E = ضغط الحرارة الفيزيولوجي) والطاقة التبخرية للهواء (Emax). حيث يكون كل من E و Emax حسابيين (جيفوني ١٩٦٣، ١٩٧٦). ويبين الشكل ٢-٢ العلاقة بين التعرق المحسوس ونسبة Emax/E. وسنقوم بمناقشة أثر نسبة Emax/E لاحقاً في هذا الفصل.

آثار المناخ وعوامل أخرى على عدم الارتياح للحر:

قد يتضمن عدم الارتياح للحر كما ذكرنا سابقاً إحساسين منفصلين وهما: الحر المحسوس والتعرق المحسوس. حيث يتأثر كل منهما بشكل مختلف بدرجة الحرارة، الرطوبة، والسرعة الدينامية. ويعتمد الأثر الذي تحدثه هذه العناصر المناخية بشكل كبير على الملابس والنشاط الفيزيائي. كما يعتمد الأثر الكمي لكل من هذه العوامل على مستويات العوامل الأخرى، حيث إن هناك تفاعلات قوية بين الآثار الحسية والفيزيولوجية.

درجة الحرارة البيئية (الإشعاعية والهوائية):

تحدد درجة حرارة الهواء تبادل الحرارة بالحمل بين الجلد والهواء المحيط. حيث يكون معدل درجة حرارة الجلد، في الحالات الداخلية، بحدود ٣٣٣-٣٤-91) °C

93oF). وهكذا يفقد الجسم الحرارة مع درجة الحرارة الأدنى للهواء، بينما يكتسب حرارة مع الدرجات الأعلى عن طريق الحمل. كما تعتمد درجة تبادل الحرارة بالحمل على السرعة الدينامية (نسبة إلى الجذر التربيعي للسرعة). وتتأثر إلى حد كبير بقيمة العزل المتعلقة بالملابس (قيمة CLo).

كما تحدد درجة الحرارة الإشعاعية المتوسطة للمحيط (معدل درجة حرارة الأسطح المحيطة) تبادل الحرارة بالإشعاع بين الجلد والبيئة، والمشابه لأثر درجة حرارة الهواء على تبادل الحرارة بالحمل.

ويرتبط عدم الارتياح للحر داخل الأبنية بشكل أساسي مع درجة الحرارة البيئية والسرعة الدينامية عبر الجسم. إذ تعبر درجة الحرارة البيئية عن الأثر المجتمع لدرجة حرارة الهواء ودرجة الحرارة الإشعاعية المتوسطة للمحيط. فعندما لاتكون درجة حرارة الهواء نفس درجة الحرارة الإشعاعية، تكون درجة حرارة الكرة الأرضية، كما يتم قياسها بميزان الحرارة العالمي، قياساً معقولاً لدرجة الحرارة البيئية الناتجة.

كما أن أثر درجة الحرارة البيئية على الراحة واضح: إذ يؤدي ارتفاع درجة الحرارة دائماً إلى تغيير مطابق في الإحساس الحراري. وتقوم أحوال الرطوبة والسرعة الدينامية بتعديل حجم أثر درجة الحرارة بينما لاتستطيع تغيير منحاه.

تأثير الرطوبة على الراحة:

يعد التأثير الذي تحدثه الرطوبة على التوازن الحراري البشري وعلى الراحة معقداً. إذ لاتؤثر الرطوبة بشكل مباشر على توازن الحرارة والاستجابات الفيزيولوجية أو الحسية البيئية الحرارية، باستثناء ما يتعلق بالتبخر داخل الرئتين. ويتجلى دور الرطوبة في تأثيرها على الاحتمال البيئي للتبخر وطريقة تكيف الجسم مع التغييرات في احتمال التبخر. كما تعد الطاقة التبخرية للهواء (Emax) وظيفة لرطوبة الهواء (ضغط البخار) والسرعة الدينامية.

وعندما لاتكون خسارة الحرارة نتيجة الجفاف (بالإضافة إلى التبخر داخل الرئتين) كافية لموازنة إنتاج الحرارة بالتأيض، يفعّل الجسم عمل الغدد العرقية للحصول على التبريد الإضافي المطلوب عن طريق التبخر (Ereg). وعند اعتبار تبادل الحرارة الجاف أحد وظائف درجة حرارة الإشعاع والهواء والسرعة الدينامية، يؤثر أي تغيير في هذه العناصر المناخية بشكل مباشر على التبريد التبخري المطلوب - أي الإحساس الحراري البشري بالحر وآليات التحكم الحراري الفيزيولوجية.

وقد تسبب الرطوبة المنخفضة جداً الإثارة: إذ يصبح الجلد جافاً إلى حد كبير وقد تظهر الشقوق في بعض الأغشية النسيجية (كالشفتين على سبيل المثال). بينما لايكون الأثر الذي تحدثه الرطوبة في مستوياتها الأعلى مباشراً على الفيزيولوجيا والراحة البشرية، بل من خلال تأثيرها على الطاقة التبخرية للهواء. إذ تخفض الرطوبة الأعلى الـ evaporative.

٢

الميزات المعمارية المؤثرة في المناخ الداخلي

مقدمة:

تؤثر العديد من ميزات التصميم المعماري على المناخ الداخلي، وذلك عن طريق تكييف أربعة أشكال للتفاعل بين البناء وبيئته:

أ- التعرض الشمسي الفعال للعناصر غير الشفافة والمصنوعة من الزجاج لغلاف البناء (جدرانه وسقفه).

ب- اكتساب الحرارة الشمسية الفعال للبناء.

ت- درجة اكتساب الحرارة من الهواء المحيط بالنقل والتوصيل، أو خسارتها للهواء المحيط.

ث- احتمال التهوية الطبيعية والتبريد السلبي للبناء.

كما نناقش في هذا الفصل ميزات التصميم الرئيسة التي تؤثر على بعض تفاعلات البناء مع البيئة المذكورة أعلاه أو جميعها، وهي:

- تخطيط البناء (الشكل).
- أحوال التظليل والتكييف orientation للنوافذ.
- التكييف وألوان الجدران.
- حجم وموقع النوافذ من منظور التهوية.
- تأثير أحوال التهوية لأحد المباني على درجات الحرارة الداخلية.

ويبحث الفصل الرابع في تأثير مواد البناء على اكتساب وخسارة البناء للحرارة، ودرجات الحرارة الداخلية الناتجة. بينما نناقش في الفصل التاسع أثر المنظر الطبيعي للموقع على المناخ الداخلي.

وفي التعامل مع موضوع تكييف البناء هناك أثرين منفصلين للتكييف: وهما أثره على التعرض الشمسي للبناء (التكييف وفقاً للشمس)، وعلى احتمال التهوية (التكييف وفقاً لاتجاه الرياح).

كما أن هناك تفاعلات هامة بين تأثيرات ميزات التصميم تلك، بحيث قد يعتمد الأثر الكمي لإحدى هذه الميزات (كالتكييف على سبيل المثال) إلى حد كبير على تفاصيل التصميم المتعلقة بالميزات الأخرى (وهي في هذه الحالة: تظليل النوافذ، ولون الجدران، والسقف). ولذلك، ففي مناقشة الأثر الذي تحدثه إحدى ميزات التصميم، تنشأ مرجعيات متكررة back-and-forth لهذا الاعتماد على الأحوال المحددة للميزات الأخرى.

ونناقش في الفصل الأول مواضيع الراحة البشرية وعلم مناخ الأبنية، وبتفصيل أكبر في (جيفوني Givoni ١٩٧٦).

تأثيرات تخطيط البناء على المناخ الداخلي:

تشير عبارة التخطيط في سياق هذا الفصل إلى إحكام خطة المنزل. وهناك تعابير أخرى تصف هذه الميزة وهي الشكل، أو تركيبة البناء.

ويتجلى التأثير الرئيس للتخطيط، من منظور المناخ الداخلي، في الأثر الذي يحدثه على المنطقة السطحية للغلاف، نسبة إلى المنطقة الأرضية وحجم الفضاء (الحيز)، وبالتالي على درجة تبادل البناء للحرارة مع الخارج. كما يؤثر أيضاً على احتمال التهوية الطبيعية والتنوير الطبيعي للبناء.

كما تحدد نسبة المنطقة السطحية لغلاف البناء إلى حجمها أو المنطقة الأرضية، من جهة، التعرض النسبي للإشعاع الشمسي، ومن جهة أخرى، تعرضه للهواء المحيط.

وهناك حالة خاصة لتخطيط البناء تتعلق بالمساحة، أو الحيز، المحاط بالجدران والمحجوب جزئياً عن التأثير الكامل للهواء الخارجي. وتنتشر هذه التركيبة بشكل شائع في الأقاليم ذات المناخ الجاف ـ الحار. إذ ربما تختلف الأحوال المناخية ضمن الفناء، وأثرها على المناخ الداخلي للبناء المحيط بها إلى حد كبير استناداً إلى تفاصيل التصميم المتعلقة بالفناء. ونناقش هذا الأمر بالتفصيل في الفصل العاشر الذي يبحث في الخطوات الرئيسة للتصميم بالنسبة للأقاليم الجافة ـ الحارة.

اكتساب وخسارة الحرارة:

بقدر ما تكون خطة البناء محكمة، بقدر ما تكون المنطقة السطحية المكشوفة للجدران أو السقف أصغر، بالنسبة لحجم أو منطقة أرضية مفترضة للبناء. وكنتيجة لذلك، ينخفض تبادل الحرارة عن طريق التوصيل بين البناء والهواء المحيط. ففي الفصول والأيام التي يكون فيها المنزل إما مكيفاً بالهواء أو مدفئاً، تحد المنطقة السطحية الأصغر من حاجة المنزل للطاقة. وبعكس ذلك، فعندما تكون خطة المنزل منتشرة spread out، تسبب المنطقة السطحية الأكبر اكتساباً أو خسارة أعظم للحرارة واستهلاك أكبر للطاقة لمعدات التكييف الهوائي.

احتمال التهوية:

يقال بشكل عام بأنه كلما كان البناء أكثر انتشاراً spread out، كلما كان شكله مخالفاً أو شاذاً، وكلما كان احتمال التهوية المتقاطعة cross-ventilation أفضل. وعندما تكون مساحة الجدران الخارجية بالنسبة لمنطقة أرضية مفترضة أكبر، تظهر فرص أكبر لتوفر الفتحات التي ستلتقط الرياح من اتجاهات مختلفة. كما يتيح البناء المنتشر أيضاً فرصاً أعظم للتهوية المستقلة والمباشرة لغرف عديدة في البناء.

كما قد تقدم الخطة المنتشرة فرصاً أفضل ليس بالنسبة للتهوية الطبيعية فحسب بل للإضاءة النهارية الطبيعية أيضاً، والمزيد من الحرية والمرونة في تصميم الفضاء (الحيز). وربما تمكن أيضاً من الحصول على تبريد أسرع في الفصول

والساعات التي يمكن تأمين الراحة فيها من خلال التهوية الطبيعية، وبذلك تحد من الفترة الزمنية التي تظهر فيها الحاجة للتكييف الهوائي.

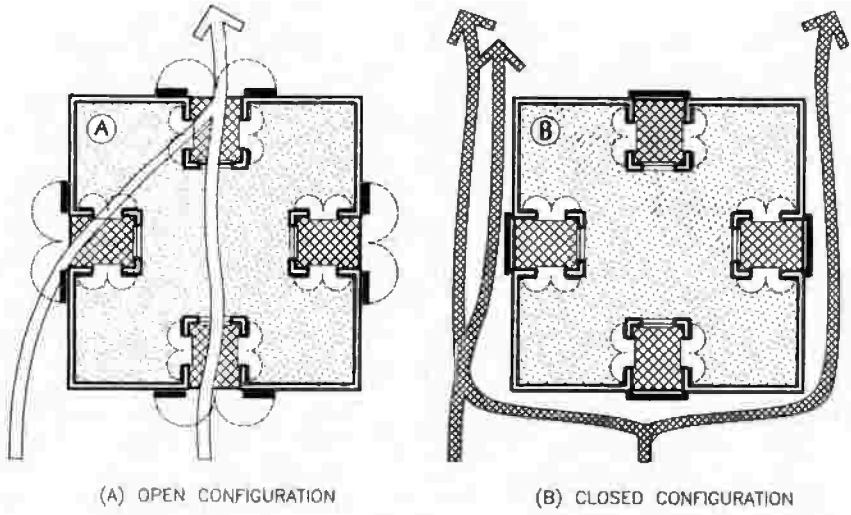
ويحظى موضوع الإضاءة النهارية، وعلاقتها بتركيبة البناء، بأهمية خاصة في الأبنية المكتبية الكبيرة حيث تشكل الإضاءة الكهربائية نفقة أساسية، بالإضافة إلى مساهمتها في شحنة التكييف الهوائي. إذ يمكن للشريط المحيطي لبناء محكم كبير، على طول الجدران الخارجية، أن يحتوي على نوافذ وإضاءة نهارية. كما يجب أن تعتمد المنطقة «الجوهرية» للبناء فقط على الإضاءة الكهربائية وأن تتطلب تبريداً على مدار السنة نظراً لعدم قدرتها على خسارة الحرارة الداخلية التي تنتج عن الإضاءة، المعدات، والناس، عن طريق أي آلية طبيعية لخسارة الحرارة، وحتى في فصل الشتاء في الأقاليم الباردة. وتتجلى أحد الطرق الخاصة بالتصميم للحد من النفقات واستهلاك الطاقة بالإضاءة والتكييف الهوائي بوضع نتوءات وفراغات (ارتدادات) في خطة البناء، بحيث تزيد من طول الجدران الخارجية نسبة إلى المساحة الأرضية.

التركيبة القابلة للتغيير للأبنية السكنية:

هناك غالباً تعارض في الأهداف بين التصميم من أجل تعزيز التهوية الطبيعية، والذي يتطلب بناءاً منتشراً، والتصميم من أجل حفظ الطاقة عندما يكون البناء إما مدفئاً أو مكيفاً بالهواء، عندما تظهر رغبة أكبر بالتركيبة المحكمة. وقد يكون الحل المثير، وبشكل خاص في حالة الأبنية السكنية في الأقاليم التي يكون فيها فصل الصيف جافاً. حاراً والشتاء بارداً، في القدرة على تغيير تركيبة البناء: أي إحكامه في الشتاء وجعله منتشراً spread out في الصيف، عندما تكون التهوية الوافرة مرغوبة معظم الأوقات.

وبالإمكان تصميم بناء بتفاصيل خاصة تجعله محكماً عندما تتم تدفئته أو تبريده بالهواء، ومنتشراً وشاذاً في شكله عندما تتم تهويته طبيعياً. فعلى سبيل المثال،

يستطيع أحدهم تصميم بناء بشرفات، مرتدة نحو الداخل ومحاطة من جوانبها بالغرف المجاورة، والتي ينبغي أن تجهز بنوافذ كبيرة متحركة و/أو مصاريع shutters معزولة للنوافذ، كما يوضح الشكل ٢-١.



الشكل ٢-١ مخطط لبناء شرفات مرتدة نحو الداخل، ومجهزة بنوافذ متحركة ومصاريع معزولة.

فعندما تفتح النوافذ ومصاريعها، تصبح الشرفة حيزاً شبه مفتوح، بحيث تؤمن خيار التهوية للغرف المجاورة من خلال النوافذ والأبواب المفتوحة عليها. ومن جهة أخرى، عندما تغلق النوافذ و/أو المصاريع، تصبح واجهة البناء ملساء، بحيث تحد من المنطقة التي تتم فيها خسارة الحرارة، بينما تصبح الشرفة جزءاً من الحيز الداخلي.

ونناقش موضوع التركيبة القابلة للتغيير بتفصيل أكبر في الفصل العاشر الذي يبحث في الأقاليم الجافة ـ الحارة، حيث يمكن أن تكون مثل هذه التركيبة أكثر فعالية.

التأثيرات الحرارية لأحوال تظليل وتكييف النوافذ:

تقوم النوافذ بالعديد من الوظائف في الأبنية، مثل تأمين التواصل المرئي والسمعي مع الخارج، رؤية المشاهد الجذابة (عندما تتاح)، التهوية الطبيعية،

والإضاءة النهارية. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تعمل كعناصر في أنظمة التبريد والتدفئة الشمسية السلبية.

وهناك حاجة نفسانية مشتركة لإدراك ما يحدث في الخارج: كالتغييرات في الطقس، ضوء الشمس، والغيوم العابرة، والتقلب والتغييرات في حياة النباتات المحيطة بنا، الأزهار وأوراق النبات، و «المعلومات» المتعلقة بالناس خارج المبنى، وما إلى ذلك.

فعندما يتيح موقع البناء رؤية مشاهد جذابة، سواء أكانت طبيعية كالجبال، الوديان، أو إطلالات البحار، أو مشاهد عمرانية كالشوارع والأبنية الجذابة، تتيح النوافذ لنا القدرة على رؤية تلك المناظر. وبالطبع ففي بعض الأحيان تظهر حاجة أيضاً للابتعاد عن البيئة الخارجية: لتجنب الضجيج وحجب ضوء النهار. ولذلك تعد النوافذ، وبشكل خاص عندما تكون قابلة للفتح، العنصر «الطبيعي» للبناء والذي يؤمن التواصل مع المحيط الخارجي.

وبالتالي، لاينبغي أن تكون اعتبارات الطاقة العامل الوحيد الذي يحدد حجم وتكييف النوافذ في مناخ ما. ففي الواقع، من الممكن الحد من الآثار غير المرغوب بها للنوافذ في تكييف مفترض (على سبيل المثال النوافذ الغربية ـ الاكتساب الشمسي المفرط في الصيف) وكذلك ضمان أثرها النافع (مثل الاستفادة من الرياح الغربية من أجل التهوية) من خلال تفاصيل ملائمة للتصميم، كما سنناقش لاحقاً.

وتعتبر النوافذ، والمناور غالباً في الطوابق العليا، مصدراً للإضاءة النهارية للداخل. إذ لا تظهر الرغبة بالإضاءة النهارية من أجل حفظ الطاقة فحسب بل تفضل عادة (نفسياً) على الإضاءة الكهربائية. وهكذا تحدد تفاصيل الموقع، الحجم، وتظليل النوافذ نوعية وكمية الإضاءة الداخلية.

ولطالما كانت الفتحات المصنوعة من الزجاج في الجدران تقليدياً بين الوسائل الأولية لصياغة وتعريف الخاصية المعمارية لأحد الأبنية. كما يعد الجزء الكلي

للجدار المخصص للنوافذ، بالإضافة إلى شكل وتوزيع النوافذ على الحائط، بين العناصر الرئيسة للصياغة المعمارية لواجهات البناء. ويبحث هذا الفصل في تأثير تصميم النوافذ، بما فيه تظليلها، على المناخ الداخلي. كما نناقش تأثير تصميم النوافذ على التهوية والتبريد السلبي في الفصل الرابع.

حركة الشمس والإشعاع الشمسي:

يحدد موضع الشمس شدة الإشعاع الشمسي الذي يصطدم بالأسطح العديدة للبناء، كالجدران والنوافذ مع تكييفات مختلفة وأسقف لمنحدرات مختلفة. حيث تتبع الشمس نماذج سنوية ويومية قابلة للتنبؤ بدقة، بحيث يمكن التنبؤ بشدة الإشعاع الذي يقع على مساحة مفترضة للأبنية في ساعات وفصول مختلفة، كما يمكن التحكم بما تحدثه من تأثير عن طريق التصميم. وتتعلق التفاصيل الهامة للتصميم بشكل البناء، تكييف واجهاته الرئيسة، تظليل النوافذ، وألوان الجدران والسقف، بالإضافة إلى تفاصيل التصميم الأخرى الخاصة بالتكييفات المختلفة، والهادفة إلى الحد من التأثير الشمسي أو زيادته إلى أقصى درجة، استناداً إلى المناخ وأهداف التصميم المتصلة به.

شدة الإشعاع الشمسي الذي يصطدم بسطح ما:

يتغير مقدار الإشعاع الشمسي الذي يصدم أحد أسطح بناء ما، أو جدار، أو سقف باستمرار كنتيجة لتغير موقع الشمس في السماء. كما تعتمد النماذج اليومية والسنوية لحركة الشمس في السماء على خط العرض للموقع الذي نتحدث عنه (أي بعدها، جنوباً أو شمالاً، عن خط الاستواء). فبالنسبة لخط عرض مفترض تعد تلك النماذج متناظرة symmetrical فيما يتعلق بخط الاستواء.

كما يمكن أن يصور موقع الشمس في أي وقت (تاريخ وساعة) رياضياً من خلال زاويتين: ارتفاعها (A)، وزاوية السمت (Z). فالارتفاع هو الزاوية القائمة للشمس فوق الأفق. وزاوية السمت هي زاوية توضع الشمس شرق أو غرب الشمال الحقيقي true north.

لنتخذ موقعاً في نصف الكرة الشمالي في الأوصاف التالية لحركة الشمس. (على أي حال، فبسبب التناظر symmetry، يتكرر موقع الشمس في نصف الكرة الشمالي بعد ستة أشهر، مع استبدال الشمال بالجنوب).

كما وتعتمد شدة الإشعاع الشمسي المباشر الذي يصل إلى سطح الأرض، والذي يقاس إلى الشعاع، IDN، على الارتفاع الشمسي، A، ومعامل تبدد extinction الغلاف الجوي E. ويحتسب بالصيغة:

$$IDN = I_o \exp(E/\sin A)$$

حيث I_o هو «الثابت الشمسي»، وهو اسمياً الإشعاع في قمة الغلاف الجوي:

١٥٥٠ W/ m2 . 492 Btu/h/ft2).

كما يتعمد معامل تبدد الغلاف الجوي، E، على المناخ (صفاء السماء) ومستوى تلوث الهواء في الموقع الذي نتحدث عنه. حيث تكون قيمته حوالي ٠,٠٧ عند تكون السماء صافية في الشتاء في منطقة جافة. أما في منطقة رطبة في الصيف، تكون قيمته بحدود ٠,٠٢. وفي منطقة عمرانية ملوثة في مناخ رطب قد تكون حوالي ٠,٣، حتى عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم.

وبالنسبة لجدار عمودي أو نافذة بتكييف مفترض (زاوية بين الاعتيادي Normal إلى الجدار والجنوب، Zw)، قد تكون «زاوية الاستناد» «Bearing angle» للشمس ببساطة:

$$ZB - Z = b$$

وبارتفاع مفترض للشمس، A، وزاوية استناد إلى الجدار، b، من الممكن احتساب زاوية السقوط incidence angle للشمس مع أخذ الجدار بعين الاعتبار:

$$O = \cos A * \cos b$$

ويكون الإشعاع الشمسي الإجمالي الذي يصطدم بسطح مفترض حاصل جمع العناصر الثلاثة وهي: الإشعاعات المباشرة، المنشورة، والمنعكسة.

الإشعاع الشمسي المباشر:

يعطى الإشعاع الشمسي المباشر، IDV، الذي يقع على سطح عمودي بزاوية سقوط O، بالصيغة:

$$IDV = IDNcosO$$

وتكون زاوية السقوط للشمس على سطح أفقي (سقف على سبيل المثال)، Oh A–90o. وعندها يكون الإشعاع المباشر الذي يصطدم بسطح أفقي، :IDH

$$IDH = IDNsinA$$

الإشعاع الشمسي المنشور:

يأتي الإشعاع الشمسي المنشور الذي يصل إلى منطقة أفقية، IdH، من قبة السماء الكاملة. ويختلف مقدار الإشعاع المنشور إلى حد كبير استناداً إلى ضبابية الغلاف الجوي وتلبده بالغيوم. فقد يتراوح بين ٥٪ من الإشعاع الإجمالي، في يوم صاح في إقليم جاف، إلى حوالي ٨٠٪ في يوم غائم.

وفي الأحوال التي تكون فيها السماء صافية، ينسب IdH إلى الإشعاع الاعتيادي المباشر، IDN، مع ثابت نسبي، k، لحوالي ٠,٧٥ من معامل تبدد الغلاف الجوي، E، والذي يستخدم في حساب IDN في المقام الأول. وبالتالي يمكن تقديره بالصيغة:

$$IdH = k^* IDN \text{ or } IdH = 0.75E^* IDN$$

كما يمكن استخدام قيمة k = ٠,١٢ كتقارب جيد لتقدير الإشعاع المنشور أثناء أيام الصحو.

ويأتي الإشعاع المنشور من السماء والذي يصل إلى حائط في حقل مفتوح، Idv، فقط من نصف قبة السماء. ولذلك يكون:

$$Idv = 0.5^* IdH = 0.5^* k^* IdN$$

وفي منطقة عمرانية مكتظة بالمباني تحجب المباني المجاورة بالطبع جزء كبير من قبة السماء.

الإشعاع الشمسي الأفقي الإجمالي:

يعد المقدار الإجمالي للإشعاع الشمسي الواقع على سطح أفقي واضح (أرض واضحة أو سقف أفقي)، ITH، حاصل جمع الإشعاع المباشر والمنشور. وهو اسمياً:

$$ITH = IDH + IdH$$

الإشعاع الشمسي المنعكس:

يتم عكس الإشعاع الشمسي من أسطح غير مضيئة في جميع الاتجاهات (انعكاس منشور) ويعد الإشعاع المنعكس من الأرض والجدران المحيطة أحد وظائف ألوان تلك الأسطح، حيث يحدد اللون انعكاسيتها (أو albedo) بالنسبة للإشعاع الشمسي (الموجي القصير). إذ تعتمد انعكاسية الأرض المكشوفة على نوع التربة، المتراوحة بين حوالي ٧٠٪ بالنسبة للكثبان الرملية و٢٠٪ بالنسبة للتربة المخصبة المظلمة. بينما تختلف انعكاسية أسطح الاسمنت والإسفلت مع «عمر» تلك الأسطح، إذ تصبح أكثر إضاءة مع الزمن. وتعتمد انعكاسية أوراق النبات على نوع النباتات، حيث تختلف تبعاً للفصول. وبأخذ ذلك الاختلاف بالحسبان، لابد من اعتبار أي أرقام تستخدم في حسابات شدة الإشعاع الشمسي المنعكس كتقديرات فقط.

ويتعلق الإشعاع الشمسي المنعكس بشكل رئيسي بالجدران والنوافذ، إذ «تطل» الأسقف بشكل أساسي على السماء. حيث ينعكس الإشعاع الشمسي الذي يصطدم بالأرض في جميع الاتجاهات ويصل نصف الإشعاع المنعكس من منطقة أرضية غير محدودة فقط إلى جدار مفترض. ولذلك، وبالنسبة لمعدل انعكاس مفترض، r، بالإمكان احتساب الإشعاع المنعكس الذي يصل إلى جدار عمودي في حقل مفتوح، IRV، بالصيغة:

$$IRV = (r * ITH) / 2$$

وفي منطقة عمرانية مكتظة بالمباني يكون الإشعاع المنعكس أكثر تعقيداً. إذ يكون الإشعاع المنعكس من جدار بانعكاسية مفترضة لسطحه منسوباً للإشعاع الشمسي الذي يصطدم بذلك الجدار، والذي يتغير أثناء اليوم. وفي كل حالة معينة يجب أن يأخذ نموذج الإشعاع على الأسطح المحيطة، وانعكاسيتها، بالحسبان عندما نرغب باحتساب الإشعاع المنعكس بدقة.

الإشعاع الشمسي الذي يقع على جدار عمودي:

يكون الإشعاع الشمسي الإجمالي الذي يصل إلى جدار ما، IV، حاصل جمع الإشعاعات المباشرة، والمنشورة، والمنعكسة. وهو اسمياً:

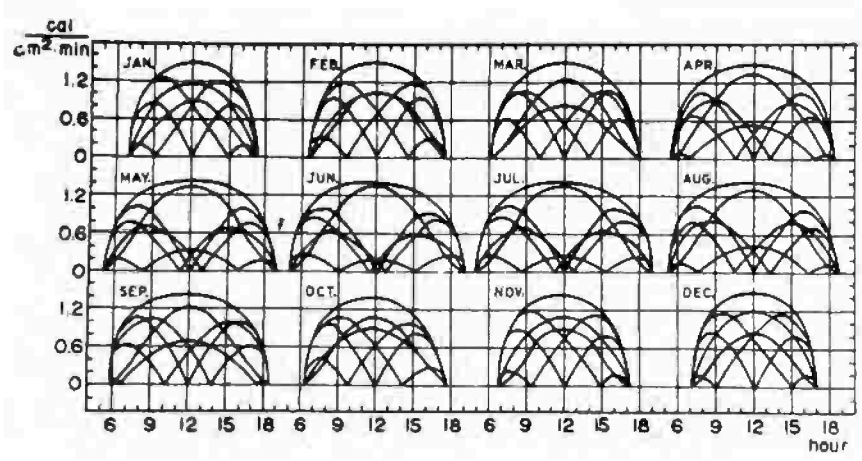
$$IV = IDV + IdV + IRV$$

ويبين الشكل ٢-٢، المأخوذ من جيفوني ١٩٧٦، نماذج يومية للإشعاع الشمسي الذي يصطدم بالجدران (والنوافذ) في تكييفات مختلفة خلال السنة.

الخاصيات الضوئية للنوافذ:

تتجلى الخاصية الاستثنائية للزجاج بشفافيته الاختيارية بالنسبة للإشعاع (الحراري) الموجي الطويل والإشعاع (الشمسي) الموجي القصير. إذ تبث الأنواع المختلفة للزجاج أجزاءً مختلفة للطيف الإشعاعي الشمسي، في مجال من ٠,٤ - ٢,٥ ميكرون. وفي الوقت نفسه تكون جميع أنواع الزجاج غير شفافة بالنسبة للإشعاع الموجي الطويل الصادر عن الأسطح الداخلية. ولذلك يخلق «الارتفاع التدريجي لحرارة الأرض greenhouse effect» - وهو اسمياً نشر الإشعاع الشمسي في البناء بينما يمنع ويعرقل الإشعاع الموجي الطويل في الداخل. وينتج عن الارتفاع التدريجي لحرارة الأرض ارتفاع لدرجة الحرارة الداخلية، أبعد من المستوى الذي قد ينتج عن تخلل الإشعاع الشمسي من خلال النوافذ المفتوحة. ويضاف هذا الأثر بالطبع إلى منع تبادل الحرارة بالنقل (التبريد) عن طريق الزجاج.

كما يمكن أن يقسم الطيف الشمسي بحد ذاته إلى ثلاث مجالات رئيسية: الأشعة فوق البنفسجية (طول الموجة أقل من ٠,٤ ميكرون)، الطيف المرئي (٠,٤-٠,٧ ميكرون)، والأشعة تحت الحمراء (فوق ٠,٧، إلى حوالي ٢,٥ميكرون). حيث تبث الأنواع المختلفة للزجاج أجزاء مختلفة لكل من هذه المجالات.



وعندما يقع الإشعاع الشمسي على زجاج نافذة، يقسم إلى ثلاثة أجزاء. إحداها ينعكس نحو الخارج دون إحداث أي أثر على درجة حرارة البناء. بينما يمتص الزجاج الجزء الثاني، مؤدياً إلى ارتفاع درجة حرارته، وينشر الباقي من خلال الزجاج إلى داخل البناء. وتعتمد الأحجام النسبية للأجزاء الثلاثة على نوع الزجاج، بالإضافة إلى زاوية السقوط الخاصة بالإشعاع. ونعرض لاحقاً في هذا الفصل تفاصيل حول أثر زاوية السقوط. كما يتم تحديد الأجزاء المختلفة للانتشار الشمسي من خلال تكوين و/أو معالجة الزجاج، وبالإمكان اختيار تحقيق مجال واسع لنسب تحويل الضوء-إلى-حرارة light-to-heat.

معامل التظليل وعامل KE للزجاج:

تعرف نسبة إرسال الإشعاع الكلي لنوع زجاجي مفترض إلى نسبة لوح مفرد لزجاج صافي بمعامل التظليل، SC، لذلك الزجاج.

وعندما تكون وظيفة النوافذ نقل ضوء النهار إلى البناء، فإن أي ضوء يؤدي بشكل ملازم إلى إحماء الداخل بسبب تحويل كامل الطاقة الشمسية المرسلة في النهاية داخل البناء إلى حرارة. ويتم تحقيق النسب المختلفة لتحويل الضوء-إلى-حرارة والذي يميز جميع أنواع الزجاج المختلفة عن طريق تكييف مقادير المجالات المختلفة للطيف الشمسي، والتي إما أن يتم عكسها، أو امتصاصها، أو نشرها من خلال الزجاج. وهناك أنواع جديدة للزجاج ذات خاصيات ضوئية «ديناميكية» في مراحل البحث والتطوير.

ولقد اقترح سويتزر ات أل Sweitzer et al (١٩٨٦) من مختبر لورنس بيركيلي Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) استخدام نسبة الإرسال المرئي إلى معامل التظليل، والذي أسماه بعامل Ke، كإحدى معايير تقييم أداء النوافذ.

وهكذا، يمكن أن يصنف الزجاج إلى أنواع عديدة، وفقاً لنشرها، انعكاسها، وامتصاصها الاختياري لأطوال موجة مختلفة للإشعاع مثل: الزجاج الصافي، الزجاج الماص للحرارة، الزجاج العاكس للحرارة، الزجاج الرمادي، الزجاج ذو قوة إشعاع منخفضة (Low-E)، وزجاج العزل الممتاز. ويمكن أن يميز كل منها بقيم U أو R ومعامل التظليل وعامل Ke الخاص به. ويبين الجدول ٢-١ قي م$R_{م}$، Ke،SC بالنسبة لأنواع الزجاج المختلفة (مأخوذ من Sweitzer et al. ١٩٨٦).

تحويل الحرارة. المقاومة الحرارية للنوافذ:

تشير عبارة عامل U إلى مقدار تحويل الحرارة من خلال أحد النوافذ تبعاً لاختلاف درجة الحرارة بين الحيز الداخلي والخارج. وتعد المقاومة الحرارية (قيمة R) للزجاج عكسية reciprocal للقيمة U الخاصة به. وتعتمد تلك الخاصيات على أربعة عوامل مستقلة لنظام النوافذ وهي:

- وجود وعدد الفراغات الهوائية بين طبقات الزجاج.
- خاصيات و/أو معالجات الأسطح والمواد الزجاجية.

- الغاز الذي يملأ الفراغات الهوائية.
- مواد وتفصيل هيكل النافذة.

آثار الفراغات الهوائية في النوافذ:

تتوفر النوافذ بلوح واحد من الزجاج أو العديد من الألواح، وهي عادة لوحين، وفي البلدان الباردة يكون عددها ثلاثة مع فراغات هوائية (أو فسحات) بينها. وتدعم الفراغات الهوائية المقاومة الحرارية للنافذة، بحيث تخفض معامل تحويل الحرارة الكلي (قيمة U). إذ يتم تدفق الحرارة عبر الفراغات الهوائية بالنقل أو الإشعاع. ويعتمد عنصر النقل إلى حد ما على عرض الفراغ. كما يمكن خفض عنصر الإشعاع عن طريق معالجات خاصة للزجاج (بالنسبة لانعكاس الحرارة).

وتحدث قابلية التوصيل الحرارية للغاز الذي يملأ الفراغ الهوائي للنافذة أثراً هاماً على قيمة U الكلية. حيث يمكن ملأ الفراغات بغاز الأرغون أو الكريبتون، والذي يتمتع بقابلية توصيل أقل من الهواء. وبالتالي يمكن لقيمة U الكلية للنوافذ أن تختلف بشكل مادي، بعامل ما بين النوافذ ذات الطبقة الزجاجية الواحدة وتلك النوافذ ذات الطبقتين أو الثلاث طبقات والمملوءة بغاز خاص.

أنواع الزجاج:

وفقاً للمعالجات الخاصة للزجاج، يتم تصنيع أنواع مختلفة للزجاج. وفيمايلي الأنواع الرئيسة الشائعة منها:

الزجاج الصافي:

ينشر الزجاج الصافي أعلى مقادير من أطوال موجة الطيف الشمسي. وبالتالي فهو ينشر المقدار الأعلى من الإضاءة النهارية لكنه يسبب أيضاً أعلى اكتساب للحرارة الشمسية داخل البناء، وهي خاصية تزيد من شحنة التبريد في الصيف داخل البناء. أما في الشتاء، على أي حال، فقد يكون هذا النوع من الزجاج الأفضل للتدفئة السلبية للأبنية عن طريق الاكتساب الشمسي المباشر.

الزجاج الماص للحرارة:

وهو يمتص بشكل انتقائي قسماً أكبر من الجزء (الحرارة) تحت الأحمر للطيف الشمسي، مقارنة مع امتصاصه للضوء المرئي. وبالتالي تكون نسبة إشعاع الضوء-إلى-حرارة لمثل هذا النوع من الزجاج أعلى منه بالنسبة للزجاج الصافي.

وترتفع درجة حرارة الزجاج ذاته كنتيجة للإشعاع تحت الأحمر الممتص. وهذا قد يؤدي إلى تدفق متزايد للحرارة عن طريق النقل والإشعاع الموجي الطويل إلى داخل البناء. وبذلك ربما يتم الحد من الأفضلية «الجلية» لهذا النوع من منظور اكتساب الحرارة.

وتحل هذه المشكلة بوضع زجاج ماص للحرارة كطبقة خارجية في النافذة المكونة من طبقتين من الزجاج. وبهذا الترتيب يتدفق معظم الطاقة الممتصة إلى الخارج وينقل جزء بسيط منها فقط إلى داخل البناء.

الزجاج العاكس للحرارة:

يتم إنتاج الزجاج العاكس للحرارة عن طريق ترسيب غطاء معدني نقي شبه شفاف على سطح الزجاج، مما يعكس بشكل انتقائي جزء أكبر من الإشعاع الشمسي تحت الأحمر. وهكذا يتم خفض الاكتساب الكلي لحرارة الشمس، على الرغم من أنه يترافق غالباً بخفض بث الضوء أيضاً.

الزجاج ذو قوة الإشعاع المنخفضة:

يتم إنتاجه عن طريق تغطية الزجاج بطبقة من الإشعاع الموجي الطويل الاختياري الذي يتمتع بقوة إشعاع منخفضة. حيث يحد من خسارة الحرارة الإشعاعية من الزجاج، والتي تكون في الجزء الموجي الطويل من طيف الإشعاع.

زجاج العزل الممتاز:

يتمتع زجاج العزل الممتاز غالباً بوجود ثلاث طبقات زجاجية، حيث تكون الطبقة

الداخلية مع غطاء ذو قوة إشعاع منخفضة، وتملأ الفراغات بين الطبقات بغاز ذو ناقلية أدنى من الهواء، مثل الأرغون.

الزجاج الرمادي والملون:

يمتص الزجاج الرمادي والملون الإشعاع المرئي أكثر من تحت الأحمر. وهو يستخدم بشكل رئيسي للحد من الوهج وضوء الشمس المفرط الآتي من النوافذ الكبيرة والجدران المصنوعة من الزجاج. حيث يقدر الضوء الممتص درجة حرارة الزجاج، أو وجهته course، بالإضافة إلى تدفق الحرارة نحو الداخل بفضل النقل والإشعاع الموجي الطويل.

ويبين الجدول ٢-٢ قيم R بـ (m2C/W)، ومعامل التظليل (SC)، والبث الشمسي (Ts)، والبث المرئي (Tv)، وعوامل Ke (Tv/SC) للعديد من النوافذ المكونة من طبقتين، والمأخوذة من سوليفان وسيلكوتيز Sullivan and Selkowitz.

كما يبين الجدول ٢-٢ قيم U في الشتاء (W-U) والصيف (S-U) (m2C/W)، ومعامل التظليل (SC)، البث الشمسي (Ts)، البث المرئي (Tv)، وعوامل Ke لأنواع الزجاج المتعددة، وبعضها بقيم عزل أعلى، كما قدمها Sullivan and Selkowitz ١٩٨٦. ويظهر آثار المعالجات ذات قوة الإشعاع المنخفضة والأرغون على قيم العزل والخاصيات الضوئية للنوافذ.

الجدول ٢-١ قيم R، عوامل SC، Vt، و KE للزجاج المختار

النافذة	R	SC	Tv	Ke
عاكس ــ برونزي	٠,٤٤	٠,٢٠	٠,١٠	٠,٥
ملون بلون خفيف ــ برونزي	٠,٣٥	٠,٥٧	٠,٤٧	٠,٨
صافي	٠,٣٥	٠,٨٢	٠,٨٠	١,٠
قوة إشعاع منخفضة ــ برونزي	٠,٥٣	٠,٤٢	٠,٤١	١,٠
قوة إشعاع منخفضة ــ صافي	٠,٥٣	٠,٦٦	٠,٧٢	١,١
ملون بلون خفيف ــ أخضر	٠,٣٥	٠,٥٦	٠,٦٧	١,٢
قوة إشعاع منخفضة ــ أخضر	٠,٥٣	٠,٤١	٠,٦١	١,٥

الجدول ٢-٢ قيم U للفصل الشتاء (U-W) والصيف (U-S) بـ (W/M^2C)، معامل التظليل (SC)، البث الشمسي (Ts)، والبث المرئي (Tv)، وعوامل KE لأنواع الزجاج العديدة

النافذة	الغاز	U-W	U-S	SC	Ts	Tv	Ke
G-G*	الهواء	٢,٨٥	٣,١٦	٠,٨٨	٠,٧١	٠,٨٢	١,١٥
G-G-G	الهواء	١,٨٦	٢,٢٠	٠,٧٩	٠,٦١	٠,٧٤	٠,٩٤
G-EpG	الهواء	٢,٣٤	٢,٦٣	٠,٨٦	٠,٦٤	٠,٧٣	٠,٨٥
G-EsG*	الهواء	١,٩٤	٢,٠٠	٠,٧٣	٠,٥٨	٠,٧٤	١,٠١
G-EpG	الأرغون	٢,٠٩	٢,٣٨	٠,٨٦	٠,٦٤	٠,٧٣	٠,٨٥
G-EsG	الأرغون	١,٦٢	١,٦٨	٠,٧٣	٠,٥٨	٠,٧٤	١,٠١
G-EsG-G	الهواء	١,٣٢	١,٥٣	٠,٧١	٠,٥٢	٠,٧١	١,٠٠
G-Esg-G	الأرغون	١,١١	١,٣٠	٠,٧٢	٠,٥٢	٠,٧١	٠,٩٩
GEp*		٥,٠٥	٤,٥٤	٠,٩٢	٠,٧٥	٠,٨٠	٠,٨٧

ملاحظات:

G= طبقة الزجاج

Ep= قوة إشعاع منخفضة تساوي ٠,٣ و Es= قوة إشعاع منخفضة تساوي ٠,١٥ على كل جانب من الزجاج

(*) تشير إلى نوافذ تم اختبارها في مواقع دافئة

أثر تكييف النوافذ الغير محجوبة:

عندما لا تكون النوافذ محجوبة، يعتمد أثرها الكمي على درجة الحرارة الداخلية على تكييفها، في ما يتعلق بالنماذج السنوية واليومية لشدة الإشعاع الشمسي على الأسطح العمودية. كما تعتمد نماذج الإشعاع التفاضلية في تكييفات مختلفة على ارتفاع موقع البناء. وينبغي التمييز بشكل خاص بين الارتفاعات القريبة من خط الاستواء (على سبيل المثال بين حوالي ١٥ درجة من خط الاستواء) والارتفاعات الأعلى.

فضمن المنطقة الاستوائية، لا يستمر الإشعاع الشمسي على الجدران الجنوبية والشمالية على مدار السنة بقدر ما يستمر الإشعاع الشمسي على الجدران الشرقية والغربية. وفي هذه المنطقة، تكون درجة حرارة الهواء على مدار السنة أعلى بحيث

تكون التدفئة المفرطة overheating صيفاً أهم من الحاجة للتدفئة في الشتاء (إلا فيما يتعلق بالمواقع ذات الارتفاع العالي عن مستوى البحر). ولذلك، لابد من تجنب النوافذ غير المحجوبة قدر الإمكان بالنسبة للجدران الشرقية والغربية باعتبارها مصادر للتدفئة المفرطة الكبيرة للداخل. وينبغي أن نشير على أي حال إلى أن المنطقة الاستوائية هي ضمن نطاق الرياح التجارية Trade Winds belt، حيث يأتي اتجاه الرياح بشكل رئيسي من الشرق. ولذلك تكون النوافذ الشرقية مرغوبة جداً في هذه المنطقة من أجل التهوية الطبيعية، والتي تعد غاية في الأهمية للشعور بالراحة في تلك المنطقة ذات الرطوبة العالية. ويتجلى الحل بالطبع في تأمين نوافذ شرقية بتظليل فعال، كما سنناقش لاحقاً. ففي الارتفاعات الأعلى، يكون النموذج السنوي للإشعاع الشمسي للنوافذ ذات التكييف المختلف مختلفاً جداً، وبشكل خاص عندما يتعلق الأمر بنافذة جنوبية (في نصف الكرة الجنوبي). فعند ارتفاع أعلى، يتلقى الاتجاه الجنوبي إشعاعاً أكبر في الشتاء، عندما تظهر الحاجة للتدفئة، بينما لا تتلقى النافذة الشمالية أي إشعاع في الشتاء، لكن تحصل على مقدار ضئيل جداً في الصيف. كما تتلقى النوافذ الشرقية والغربية إشعاعاً أكبر في الصيف مما تتلقاه في الشتاء.

الفعالية والأثر الحراري لأدوات التظليل:

يمكن تقسيم أدوات التظليل بشكل واسع إلى نوعين رئيسيين: الثابتة والمتحركة.

التظليل الثابت:

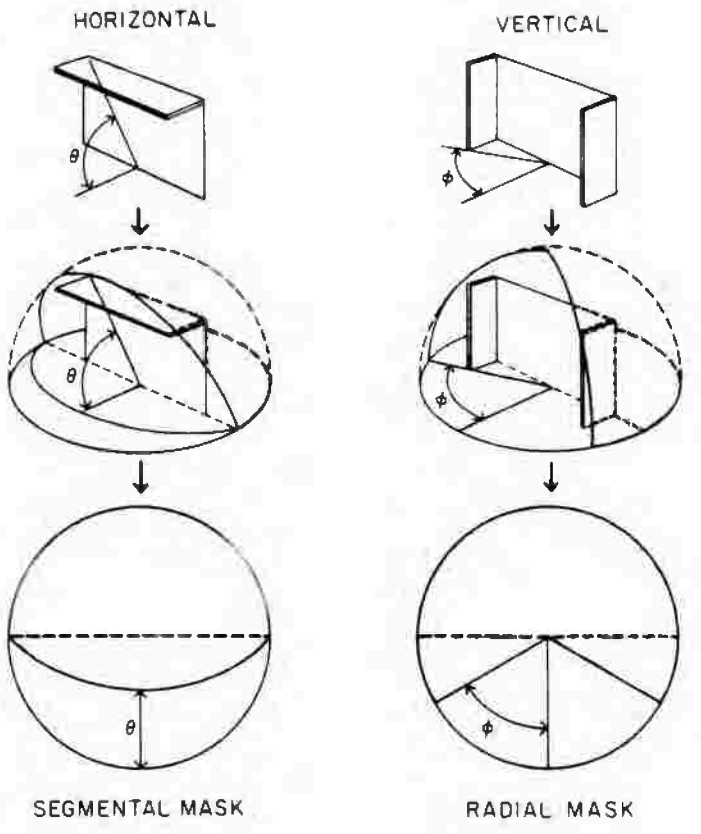
هناك نوعين رئيسيين لأدوات التظليل الثابتة: وهي الأفقية (المتدلية over-hangs)، والعمودية (الأذرع fins). كما يمكن جمعها في مجموعات مختلفة (أقفاص البيض egg crates). ويغطي كل من هذين النوعين نموذج تظليل متميز، يمكن وضعه بسهولة «كقناع تظليل». حيث يبين قناع التظليل الزوايا بين المركز الأدنى للمنطقة

الزجاجية (نقطة المرجعية) وحافات أداة التظليل. وبهذا يخطط الإسقاط الأفقي لقطعة السماء، والذي لا يتم استثنائه من رؤية نقطة المرجعية بواسطة أداة التظليل. فكلما كانت الشمس في قطعة السماء يصل بعض الإشعاع الشمسي إلى نقطة المرجعية. ويبين الشكل ٢-٣ (Givoni ١٩٧٦) أمثلة عن أقنعة التظليل لمتدلية أفقية وذراع عمودية.

وتكون المتدلية الأفقية أكثر فعالية بالنسبة للنوافذ الجنوبية. إذ تستطيع في الصيف حجب أشعة الشمس وأخذ الإشعاع شتاءً من الموقع الأخفض للشمس. وبينما تكون الشمس نفسها في ٢١ شباط و٢١تشرين الأول، لا يزال شهر شباط بارداً ويرحب فيه عادة بالتدفئة الشمسية ، بينما لا يزال شهر تشرين الأول دافئاً وقد يسبب تخلل الشمس تدفئة مفرطة. وعلى خلاف المعتقدات الشائعة، تكون المتدلية الأفقية أكثر فعالية في الصيف من الأذرع العمودية الثابتة حتى بالنسبة للنوافذ الشرقية والغربية.

كما يعتبر التظليل الثابت عادة جزءاً مكملاً لبنية البناء. فحالما يتم بناءه، تعتمد نماذج التظليل الثابت السنوية واليومية فقط على زاوية سقوط أشعة الشمس. ولا يمكن لأدوات التظليل هذه أن تضمن تكيفاً كاملاً للظل مع حاجات التظليل المتغيرة، بالرغم من أنه بوجود تصميم صحيح، قد يكون الأداء الكلي جيداً بشكل معقول، وبشكل خاص فيما يتعلق بالنوافذ الجنوبية.

وتظهر الأفضلية الجلية للتظليل الثابت في عدم حاجته للمعالجة من قبل السكان بالإضافة إلى صيانته المجانية أيضاً.



الشكل ٢-٣ أمثلة عن أقنعة التظليل لمتدلية أفقية وذراع عمودية

التظليل المتحرك:

نظراً لإمكانية تبديل تركيب أدوات التظليل المتحركة، يعد أدائها أفضل بكثير من أداء الأدوات الثابتة. وعلى أي حال، فلا بد من تعديل موضعها، سواء بشكل يومي أو فصلي، بما يتكيف مع النماذج المتغيرة لحركة الشمس وحاجات التظليل كما أنها تحتاج عادة إلى صيانة للحفاظ عليها في حالة جيدة.

ويمكن أن يكون التظليل المتحرك خارجياً أو داخلياً بالنسبة للزجاج. فمن المنظور الحراري هناك فرق هام جداً في أداء هذين النوعين ولذلك سنقوم بمناقشتهما بشكل منفصل.

الأثر الحراري للتظليل في تكييفات مختلفة:

يحدد أثر تكييف النافذة على درجات الحرارة الداخلية بشكل كبير من خلال أحوال التهوية وأوضاع تظليل النوافذ. فعندما لا تكون النافذة محجوبة، أو لا يكون التظليل فعالاً، يدخل الإشعاع الشمسي من خلال النوافذ ويقوم مباشرة بتدفئة داخل البناء. ويعتمد المقدار والنموذج اليومي للإشعاع المتخلل على تكييف النافذة. وبالتالي يعتمد أثر الإشعاع المتخلل على درجات الحرارة الداخلية على أحوال التهوية. ولذلك فإن هناك تفاعلات قوية بين أثر تكييف النافذة والأحوال الخاصة بالتظليل وتهوية الحيز الذي نتحدث عنه. وسنناقش فيمايلي بعض الدراسات التجريبية حول هذا الموضوع.

لقد قام الكاتب بإجراء تحقيق مكثف حول أثر تكييف أحد النوافذ بفعل أحوال عديدة للتظليل والتهوية في محطة أبحاث البناء لتكنيون في حيفا، إسرائيل (جيفوني ١٩٧٦) (Is-، in Haifa،Building Research Station of the Technion rael). وتألف إعداد التجربة من أربعة نماذج متعاقبة متماثلة ١×١×١، مع جدران بلغت ثخانتها ١٥ سم مصنوعة من Ytong (وهو اسمنت خفيف الوزن). وكان لأحد الجدران التي استخدمت كنموذج نافذة بينما كان للجدار الخلفي فتحة أصغر مع لوح مصراع shutter-board معزول. وعندما تم فتح تلك الفتحة الصغيرة بينما بقيت النوافذ مغلقة أمكن للنماذج الحصول على تهوية بدرجة منخفضة من جانب واحد. وكان بالإمكان فتح النوافذ جزئياً بحيث يتم تأمين التهوية المتقاطعة مع فتح الفتحات الخلفية أيضاً.

كما جهزت النوافذ بأدوات تظليل (ستائر ضوئية venetion blinds أو ستارات من ألواح أفقية رقيقة تعدل زاويتها لإدخال الضوء أو حجبه) إما بيضاء أو خضراء غامقة. وتم تكييف النماذج الأربعة مع نافذتها التي تطل على أحد الاتجاهات الأربعة الأساسية. كما تم قياس درجة حرارة الهواء الداخلي، مع النوافذ المواجهة للتكييفات الأربعة، وفي أحوال مختلفة للتهوية والتظليل.

كما كانت مساحة النوافذ، نسبة إلى حجم النماذج، كبيرة أيضاً بهدف زيادة آثارها على تكييف النوافذ إلى أكبر حد وكذلك تفاعلها مع أحوال التهوية والتكييف.

وسنوضح نتائج أوضاع الاختبار التالية أدناه:pأحوز

- نوافذ مغلقة غير محجوبة. عدم تهوية النماذج.
- نماذج مغلقة. نوافذ بظلال عاتمة داخلية.
- تهوية النماذج فقط عن طريق الفتحة الخلفية (درجة تهوية منخفضة). نوافذ بظلال عاتمة داخلية.
- نماذج متمتعة بتهوية متقاطعة. نوافذ غير محجوبة (جيفوني ١٩٧٦).

ويبين الشكل ٢-٤ أ درجات حرارة الهواء في النماذج غير المتمتعة بالتهوية مع نوافذ غير محجوبة. فقبل شروق الشمس، كانت الأحوال الحرارية في جميع النماذج نفسها بشكل تقريبي، لكن أثناء النهار كان للنوافذ الموجهة بشكل مختلف درجات حرارة مختلفة بوضوح. وبعد شروق الشمس مباشرة، أظهر النموذج ذو النافذة الشرقية، كما هو متوقع، ارتفاعاً شديداً في درجة الحرارة. وكانت الدرجة القصوى الداخلية في النموذج ذي النافذة الشرقية أعلى بحوالي ٦° C (F°11) من الدرجة الخارجية القصوى. أما في النموذج ذي النافذة الغربية فكان ارتفاع درجة الحرارة معتدلاً حتى الظهيرة، ولكن بفضل التعرض للإشعاع المباشر في فترة ما بعد الظهر، ازداد الارتفاع ووصل إلى درجة قصوى أعلى بحوالي 11° C (20 ° F) من درجة الحرارة الخارجية القصوى.

بينما كان للنماذج بنوافذ جنوبية وشمالية غير محجوبة نفس الدرجات تقريباً، مع ارتفاع أقل بكثير للدرجة القصوى الداخلية فوق الخارجية. كما تسبب ارتفاع درجة الحرارة للنموذج المواجه للشمال جزئياً عن الإشعاع الشمسي الذي اصطدم بالزجاج في الصباح الباكر ووقت متأخر من الظهيرة.

ويبين الشكل ٢-٤ب نفس النماذج عندما تم حجب النوافذ بستائر ضوئية عاتمة. إذ يمكن أن نرى بأن العلاقة بين درجات الحرارة الداخلية والخارجية مشابهة للعلاقة في الشكل ٢-٤أ، على الرغم من أن ارتفاع درجة الحرارة الداخلية كان أقل، مما يشير إلى الفعالية المنخفضة للتظليل الداخلي العاتم.

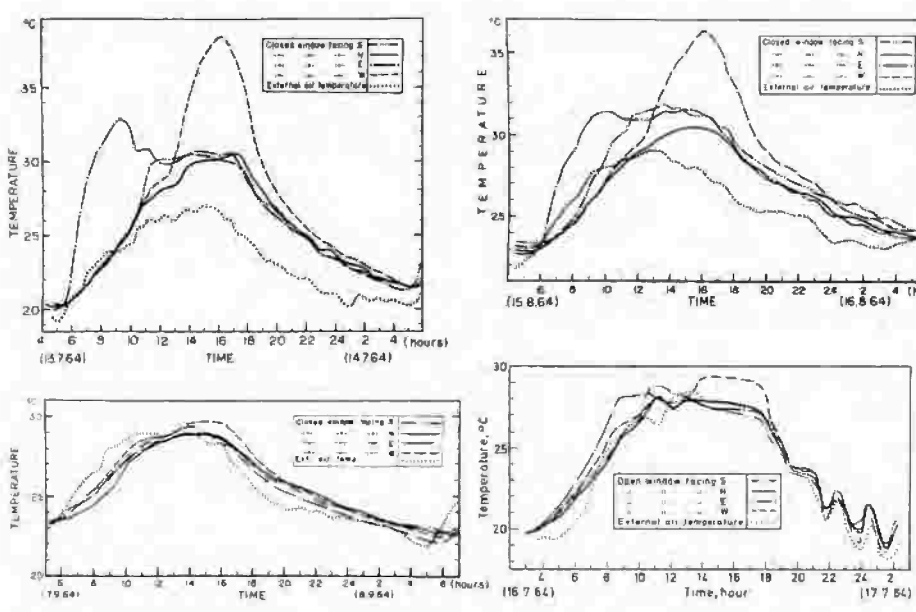
وتظهر هذه النتائج، على الرغم من المبالغة في المساحة النسبية الكبيرة للنوافذ، حساسية الأبنية غير المتمتعة بالتهوية مع نوافذ غير محجوبة، أو نوافذ محجوبة بواسطة أدوات داخلية غير فعالة، تجاه الأثر الذي تحدثه عملية التكييف.

كما يبين الشكل ٢-٤ج درجة الحرارة الداخلية للنماذج عندما تم إغلاق النوافذ وحجبها بستائر خارجية عاتمة وفتح الفتحة الخلفية الصغيرة (درجة تهوية منخفضة). إذ يمكن أن نرى بأنه مع التظليل الفعال، وحتى بدرجة تهوية منخفضة، يختفي أثر تكييفات النوافذ تقريباً. وبأن درجات الحرارة متشابهة في جميع النماذج.

ويبين الشكل ٢-٤د درجة الحرارة الداخلية للنماذج عندما كانت النوافذ بدون أي تظليل وتم فتحها جزئياً، مع فتح الفتحات الخلفية، لإحداث تهوية متقاطعة. حيث يمكن أن نلاحظ بأنه مع التهوية المتقاطعة، حتى عند عدم حجب النوافذ، فقد اختفى أثر تكييفات النوافذ، كما كانت درجات الحرارة في هذا التركيب متشابهة في جميع النماذج.

ملاحظة: تقدير ارتفاعات درجة الحرارة الكمية في النماذج.

في تقدير الارتفاعات الفعلية لدرجات الحرارة في النماذج مع تكييفات مختلفة، لا بد أن نأخذ بالحسبان بأن أحجام النوافذ كانت كبيرة جداً نسبة إلى حجم النماذج، بغية تشديد أثر التكييف. ففي الأبنية العقارية real buildings ستكون الفوارق الفعلية أصغر لكن ارتفاعات درجة الحرارة النسبية التي نحصل عليها في التكييفات المختلفة في أحوال متعددة للتهوية والتظليل قد تكون مشابهة لما حصلنا عليه في هذه الدراسة.



الشكل ٢-٤

درجات حرارة الهواء الداخلي في النماذج الحرارية مع أحوال تهوية وتظليل مختلفة.

أ- نوافذ مغلقة وغير محجوبة.

ب- نوافذ مغلقة مع ستائر داخلية عاتمة.

ت- ستائر خارجية عاتمة ودرجة تهوية منخفضة.

ث- تهوية متقاطعة بدون تظليل.

التهوية، الكتلة الحرارية، ودرجات الحرارة الداخلية:

ستحدث التهوية أثاراً مختلفة تماماً على درجات الحرارة الداخلية استناداً إلى النموذج اليومي للتهوية: سواء حدثت أثناء النهار أو بشكل متواصل في النهار والليل، أم تمت تهوية البناء فقط أثناء الليل بينما أغلق أثناء ساعات النهار. إذ تحدث التهوية النهارية أثراً صغيراً نسبياً على درجات الحرارة الداخلية للأبنية المحمية من الإشعاع الشمسي والتي تتجلى وظيفتها الرئيسة في تعزيز شعور السكان بالراحة مباشرة وهي تسمى «تهوية الراحة». ومن جهة أخرى، يمكن للتهوية الليلية، عندما يتم إغلاق البناء وعدم تهويته أثناء ساعات النهار، أن تخفض درجات الحرارة الداخلية إلى حد كبير في الأبنية ذات الكثافة العالية، وتسمى «التبريد عن طريق التهوية الليلية».

ويبحث الفصل الثالث في أثر التبريد عن طريق التهوية الليلية على درجات الحرارة الداخلية للأبنية ذات الكثافة العالية والأبنية ذات الكثافة المنخفضة، والذي تمت دراسته في كاليفورنيا. ونناقش في هذا الفصل أثر التهوية النهارية، بتفاعلها مع أثر الكتلة الحرارية.

لقد استخدم في هذه الدراسة بنائين، متشابهين جداً في مقاومتهما الحرارية لكن بمستويات مختلفة من الكتلة في جدرانهما. إذ كان لهما تصميم متماثل: مساحة ٢٤م٢ (٢٤٥ sq ft)، مقسمين إلى غرفتين بحجم واحد (شمال وجنوب)، مع ارتفاع سقف يبلغ ٢,٤م (٨٧). كما كانت أسقف جميع المباني متماثلة: كثافة منخفضة معزولة. وكان البناء الأول عالي الكثافة والثاني منخفض الكثافة.

يتمتع البناء منخفض الكثافة ببناء جدار دعامة: حيث جميع الجدران الخارجية مبنية من الفايبرجلاس fiberglass (وهو نوع من الرقاقات الليفية العازلة للحرارة) معزول لمقاومة تبلغ R-١١ (١,٤٩ sq ft hr E/Btu) (m2C/W). كما عزل السقف بفايبرجلاس في العلية (الغرفة العلوية) إلى مستوى R-١٩ (٣,٣٥ m2C/W). بينما

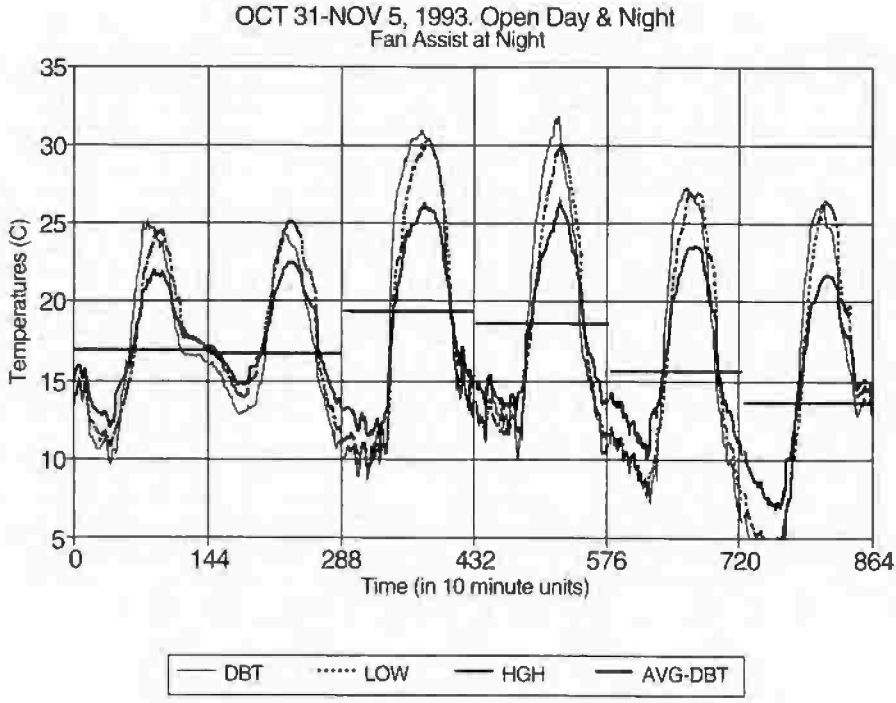
كان للبناء عالي الكثافة جدران من الاسمنت الصلب، بسماكة ١٠سم (٠,٣٣ ft)، معزولة خارجياً برغوة جامدة بنفس المستوى كالبناء المنخفض الكثافة. كما بني الجدار القاطع بين الغرفتين من الاسمنت الصلب أيضاً. وهكذا قدم هذين البنائين فرصة استثنائية لمراقبة أثر التهوية في الأبنية بمستويات مختلفة جداً للكتلة الحرارية.

وفي أيلول-تشرين الثاني ١٩٩٣، تم حجب البناءين وتهويتهما في الليل والنهار. ويبين الشكل ٢-٥ درجات الحرارة الداخلية والخارجية للبنائين أثناء الفترة من ٣١ تشرين الأول إلى ٥ تشرين الثاني ١٩٩٥. حيث يمكن أن نلاحظ بأن درجات الحرارة اليومية للبناء منخفض الكثافة، وعلى وجه الخصوص درجات الحرارة القصوى، تتبع عن قرب درجات الحرارة الخارجية. ومن جهة أخرى، فقد كانت درجات الحرارة القصوى للبناء عالي الكثافة أدنى من الحد الأقصى لدرجات الحرارة الخارجية. ولقد كان انخفاض درجة الحرارة القصوى أكبر عندما كانت درجات الحرارة الخارجية القصوى أعلى والتأرجحات اليومية أكبر. ولقد حصلنا على آثار متشابهة عبر كامل مدة التهوية المستمرة.

وإن للملاحظة التي تقضي بأن الأبنية عالية الكثافة التي تتم تهويتها بشكل متواصل تتمتع بدرجات حرارة داخلية قصوى أدنى من الأبنية منخفضة الكثافة مع نفس العزل الحراري، أهمية عملية بالنسبة لتصميم المباني في المناخات الرطبة-الحارة.

التفاعل بين التكييف، التحكم الشمسي، والتهوية:

كما أظهرت الدراسات التجريبية التي تحدثنا عنها مسبقاً، فإن أثر تكييف النوافذ على اكتساب الطاقة ودرجات الحرارة الداخلية للأبنية يمكن أن يختلف بشكل كبير، استناداً إلى أحوال تظليل النوافذ والتهوية في الحيز الذي نتحدث عنه. وتركز المناقشة التالية على تأثير تكييف النوافذ في الصيف (كما في الشتاء حيث هناك أفضلية واضحة للنوافذ المواجهة لخط الاستواء - جنوباً في نصف الكرة الشمالي).



الشكل ٢-٥ درجات الحرارة الداخلية والخارجية لأبنية الاختبار في بالا، كاليفورنيا. حيث تم تظليل المباني وتهويتها نهاراً وليلاً

الأبنية غير المتمتعة بالتهوية والنوافذ غير المحجوبة:

عندما لا يتم تظليل النوافذ بشكل فعال ولا تتم تهوية الحيز، تؤدي التكييفات المختلفة للنوافذ إلى اختلافات هامة في اكتساب الحرارة الشمسية. وإذا كانت الأبنية مكيفة بالهواء، تؤثر هذه الاختلافات على شحنة التبريد والطاقة المطلوبة للبناء. أما في حال لم تكن الأبنية مكيفة بالهواء، تكون النتيجة فروقاً هامة جداً في درجات الحرارة الداخلية وأوضاع الراحة المتعلقة بالسكان.

ويعد الاتجاه الغربي التكييف «الأسوأ» من هذا المنظور، إذ يتزامن وقت الطاقة الشمسية العظمى التي تقع على النافذة في الصيف وفق هذا التكييف مع زمن

درجة الحرارة الخارجية العليا وتقترب من أعلى درجة حرارة داخلية حتى دون اكتساب شمسي.

وفي أيام الصحو، تتلقى النوافذ الشرقية نفس القدر من الإشعاع الذي تتلقاه النوافذ الغربية، ولكن أثر الإشعاع في هذه الحالة يختلف إلى حد ما. إذ يصطدم الإشعاع بالنافذة الشرقية عندما لا يكون البناء قد دفئ بعد. وفي الصباح الباكر، يرحب بالإشعاع في معظم الأحوال، حتى في الأقاليم الحارة، عندما يعتبر تخلل بعض حرارة الشمس إلى الحيز مرغوباً من مفهوم الصحة والنظافة.

وفي العديد من الأقاليم (ككاليفورنيا على سبيل المثال) تكون سماء الصباح غائمة جزئياً غالباً بحيث يكون الاكتساب الشمسي الفعلي من خلال نافذة شرقية أقل منه بالنسبة لنافذة غربية. وعلاوة على ذلك، يسبب ارتفاع درجة الحرارة في الصباح، عندما لا يزال البناء بارداً، شعوراً أقل بعدم الارتياح مما يسببه في حال حدوثه في وقت يكون فيه البناء قد وصل إلى درجة حرارة قريبة من أقصاها.

كما يكون الاكتساب الشمسي للنوافذ الجنوبية والشمالية في الصيف عندما لا تكون محجوبة أقل بكثير من الاكتساب الشمسي للنوافذ الشرقية والغربية، بينما يكون تأثيرها على درجات الحرارة الداخلية في الصيف متشابهاً تماماً. أما في الشتاء، على أي حال، تتمتع النوافذ الجنوبية (في نصف الكرة الشمالي) بالتعرض الأفضل للشمس وتكون مفيدة جداً في تأمين تدفئة شمسية سلبية. وتكون النوافذ الشمالية عائقاً من المنظور الحراري، ولكنها لا تزال مفيدة جداً من أجل الإضاءة والمنظر الطبيعي.

البناء غير المتمتع بالتهوية مع نوافذ محجوبة بشكل فعال:

لقد أظهرت هذه الدراسة بوضوح بأنه عندما تكون النوافذ محجوبة بشكل فعال، اسمياً بواسطة أدوات تظليل خارجية بالنسبة للزجاج، يكون لتكييفها أثراً صغيراً

جداً على الاكتساب الحراري للبناء وعلى درجات الحرارة الداخلية. ولهذه النتيجة تأثيرات بعيدة المدى على تقييم التأثيرات المناخية للنوافذ الغربية والشرقية. ففي العديد من الأقاليم في العالم يعد الاتجاه الرئيس للريح من الغرب (نطاق الرياح الغربية Westerlies belt) أو من الشرق (نطاق الرياح التجارية). كما تعتبر النوافذ الشرقية والغربية مفيدة جداً في تأمين التهوية الطبيعية إلى الحد الذي يتوفر فيه التظليل الفعال.

البناء المتمتع بالتهوية مع نوافذ غير محجوبة:

لقد أظهرت الدراسات التجريبية بأنه عندما تتم تهوية الأبنية بشكل فعال أثناء ساعات النهار، يكون لتكييف النوافذ، والاختلاف في الاكتساب الشمسي المرتبط بها، أثراً صغيراً على درجات الحرارة الداخلية. فعندما تكون الأبنية متمتعة بالتهوية، لا يتم استخدام أية طاقة بالطبع من أجل التبريد بحيث لا يحدث تكييف النافذة أي أثر على الإطلاق على استخدام الطاقة بهدف التبريد.

فعالية أدوات التظليل الثابتة في التكييفات المختلفة:

نظراً لكون الشمس أعلى بكثير في الصيف منها في الشتاء، ووصولها دائماً إلى أعلى ارتفاع عند الظهيرة، تعد المتدليات الأفقية فوق الزجاج أكثر فعالية بالنسبة للتحكم الشمسي عندما تطبق على الزجاج المواجه لخط الاستواء (جنوباً في نصف الكرة الشمالي). أما في الارتفاعات المنخفضة على وجه الخصوص، أي بين ٢٠ درجة شمال وجنوب خط الاستواء، يمكن للمتدليات الشمالية والجنوبية تأمين حماية فعالة من أشعة الشمس المباشرة، حيث تكون الشمس عالية جداً عندما يصطدم ضوئها بارتفاعات البناء تلك.

وفي دراسة لبعض الأحوال في إسرائيل (خط عرض بحدود ٣٢+)، تم احتساب فعالية التظليل لأدوات عديدة للتظليل في تكييفات مختلفة في جيفوني ١٩٧٦.

وتضمنت أحوال التظليل:

١. عدم وجود تظليل.

٢. متدلية أفقية فوق النافذة فقط (H).

٣. متدلية أفقية تمتد من الجوانب بشكل غير محدود (HOO).

٤. ذراع عمودية على الجانبين، تمتد فقط إلى ارتفاع النافذة (V).

٥. ذراع عمودية تمتد إلى الأعلى بشكل غير محدود.

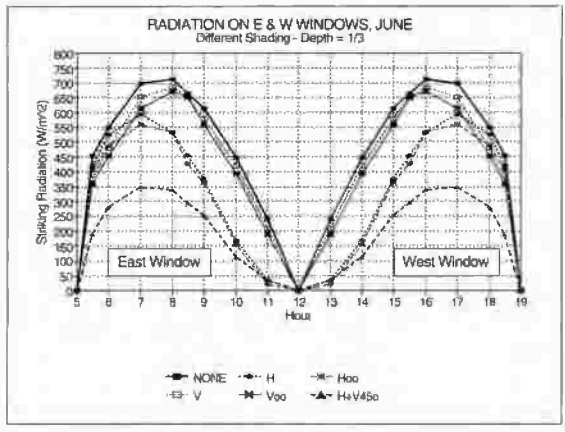
٦. متدلية أفقية + عنصر عمودي مائل بحدود ٤٥ درجة نحو الجنوب (H+V45o).

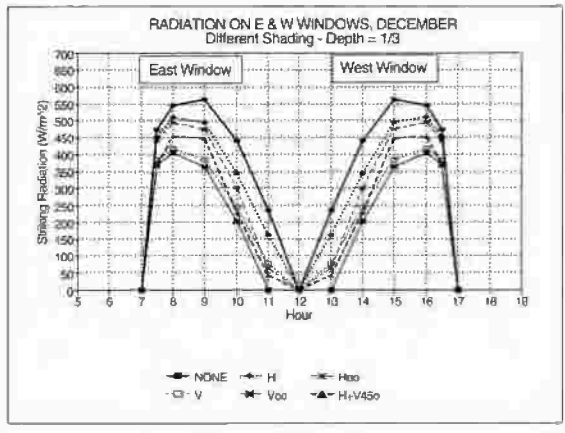
كما يبين الشكلان ٢-٦ و ٢-٧ بيانياً بعض نتائج هذه الدراسة. حيث يظهر الشكل ٢-٦ النماذج السنوية للإشعاع الشمسي الساقط على نافذة شرقية مربعة (١×١م) (١٠,٧ sq ft) مع أدوات تظليل ثابتة مختلفة تسقط على النافذة ثلث بعدها، في حزيران وكانون الأول. بينما يبين الشكل ٢-٧ أثر عمق الإسقاط projection لأدوات التظليل العديدة على الإشعاع الإجمالي الساقط في التكييفات الغربية والشرقية.

وكما نرى في هذين الشكلين، تبدي الأذرع العمودية الأداء الأسوأ في الصيف بالإضافة إلى الشتاء. ففي الصيف، عندما تكون الشمس عادة على الجدار الشرقي معظم ساعات الصباح وعلى الجدار الغربي في فترة ما بعد الظهيرة، تؤمن الأذرع العمودية المتعامدة مع الجدار حماية بسيطة جداً حتى في عمق كبير. بينما تؤمن المتدليات الأفقية حماية أفضل، على الرغم من عدم كفايتها. وفي الشتاء، من جهة أخرى، تغطي الأذرع ظلاً أكبر على النافذة من المتدليات الأفقية.

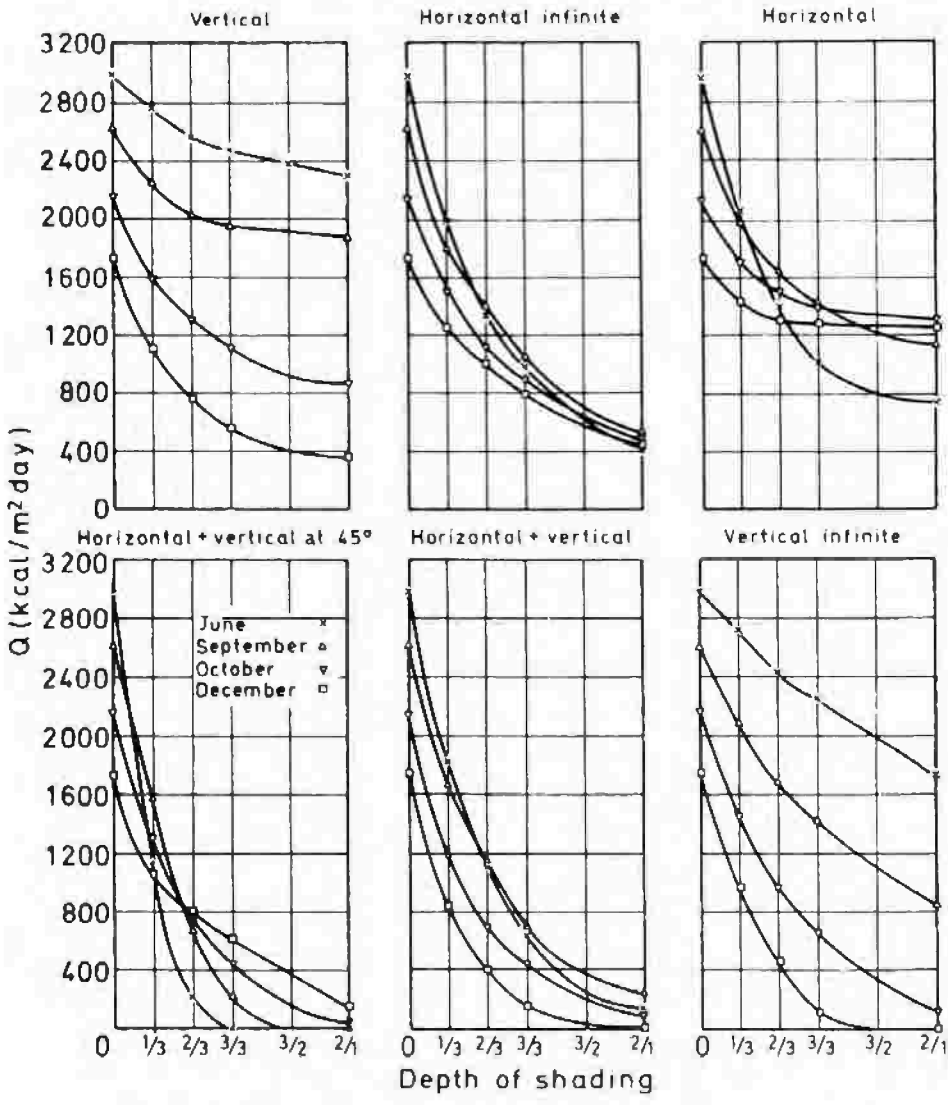
ولقد تم عرض الأداء السنوي الأفضل بإطار الأذرع العمودية المائلة نحو الجنوب. ففي النوافذ الجنوبية، يتم تأمين التظليل الأفضل بتطبيق متدلية أفقية تمتد وراء جانبي النافذة.

كما تعد الأذرع العمودية مفيدة عند تطبيقها على النوافذ الشمالية (في نصف الكرة الشمالي) وبشكل خاص عند خطوط عرض تبلغ ٣٠-٥٠ درجة، وبشكل رئيسي بسبب قدرتها على حجب الشمس المنخفضة من الشمال الغربي في فترة ما بعد الظهيرة. ونظراً لكون شمس الصباح مرغوبة غالباً حتى في فصل الصيف، قد تكون الذراع الواحدة على الجانب الغربي من النافذة أفضل من وجود ذراعين متناسقتين symmetrical.





الشكل ٢-٦ النموذج اليومي للإشعاع الشمسي المباشر الذي يقع على النوافذ المربعة الشرقية والغربية، مع وجود أدوات تظليل عديدة ثابتة، في حزيران (a) وكانون الأول (b).



الشكل ٢-٧ أثر عمق الإسقاط لأدوات التظليل العديدة الثابتة على الإشعاع الإجمالي الساقط في التكييفات الشرقية والغربية.

وتعد الحالة أكثر تعقيداً فيما يتعلق بالفعالية النسبية للأنواع العديدة لأدوات التظليل الثابت في التكييفات الشرقية والغربية. فعلى خلاف الفكرة التي نجدها بشكل شائع في العديد من الإعلانات، تكون المتدليات الأفقية لأي عمق مفترض أكثر فعالية من الأذرع العمودية، ليس فقط بالنسبة للزجاج المواجه للجنوب بل بالنسبة للزجاج المواجه للشرق والغرب أيضاً، وبشكل خاص إذا كانت النوافذ بشكل أشرطة strips أفقية مطولة elongated. ويمكن أن نرى هذه النقطة في الشكلين ٢-٦ و٢-٧.

وبمقارنة أدوات التظليل العمودية والأفقية من مفهوم التخلل الشمسي، تسمح الأدوات الأفقية بدخول إشعاع أقل إلى البناء في حزيران بينما تمكن من تخلل الشمس بشكل أكبر في كانون الأول. كما يتم تأمين التوازن الأفضل بين السقوط الشمسي الأعظمي في الشتاء والأدنى في الصيف في النوافذ الشرقية والغربية عن طريق المتدلية الأفقية، بالإضافة إلى عنصر عمودي مائل بحدود ٤٥ درجة نحو الجنوب.

وتعد النوافذ الأفقية المطولة الأسهل للتظليل بواسطة المتدليات. كما أنها أيضاً أكثر فعالية في تأمين التهوية عن طريق الرياح في الحيز «المشغول» لغرفة من النوافذ العمودية لنفس المساحة المفتوحة، وذلك بارتفاع ٨٠ سم (٢,٦ ft).

ويتضمن الإشعاع الفعلي الذي يسقط على أحد النوافذ أيضاً كل من الإشعاع المنعكس والمنشور، بحيث سيكون المقدار الفعلي للإشعاع الشمسي الذي يصطدم بالنافذة أكبر من القيم التي يظهرها الشكلين. كما لا تكون الإشعاعات المنشورة والمنعكسة غالباً مختلفة جداً في التكييفات المختلفة وهذا العامل سيحد من الاختلافات النسبية بين التكييفات العديدة. ومع ذلك، يوضح الشكل ٢-٦ و٢-٧ الفوارق الهامة في فعالية أنواع التظليل الثابتة المختلفة، وبشكل خاص تفوّق أدوات التظليل الأفقية على الأنواع العمودية حتى فيما يتعلق بالنوافذ الشرقية والغربية.

وتلخص العبارات التالية، التفاعلات بين آثار الموقع واللون الخاص بأدوات التظليل:

١. يعد التظليل الخارجي أكثر فعالية من التظليل الداخلي.

٢. يزداد الفرق بين التظليل الداخلي والخارجي كلما كان لون مادة التظليل أغمق.

٣. بالنسبة للتظليل الخارجي، تزداد الفعالية كلما كان اللون أغمق.

٤. بالنسبة للتظليل الداخلي، تزداد الفعالية كلما كان اللون أفتح.

٥. يمكن للتظليل الخارجي الفعال أن يتخلص من ٩٠٪ من الإشعاع الشمسي الساقط.

٦. مع التظليل غير الفعال، كأدوات التظليل الداخلية الغامقة، قد يصل الاكتساب الشمسي إلى حوالي ٧٠-٨٠٪ من الإشعاع الساقط.

وتظهر الفعالية العالية للتظليل الخارجي الغامق فقط عندما تغلق النوافذ، بحيث يمكن للزجاج اعتراض الإشعاع الموجي الطويل الصادر عن الظلال الغامقة. أما بفتح النوافذ بهدف التهوية المتقاطعة Cross-ventilation، يكون أثر التظليل أصغر بكثير.

التأثيرات الحرارية لتكييف ولون الجدران:

يختلف مقدار الإشعاع الشمسي الذي يصطدم بسطح مفترض لبناء، جدار، أو سقف بشكل مستمر مع فصول السنة كنتيجة للموضع المتغير للشمس في السماء. كما تعتمد النماذج اليومية والسنوية لحركة الشمس في السماء على خط عرض الموقع الذي نتحدث عنه (بعده، جنوباً أو شمالاً، عن خط الاستواء). فبالنسبة لخط عرض مفترض تكون تلك النماذج متناسقة فيما يتعلق بخط الاستواء. وبالتالي، سيكون للأسطح بتكييفات مختلفة، جدران عمودية بالإضافة إلى الأسطح المائلة أو الأفقية، تعرض مختلف لأشعة الشمس في الصيف والشتاء.

وفي معظم الأقاليم، يتجلى هدف التكييف وفقاً للشمس في زيادة التعرض الشمسي في الشتاء والحد منه في الصيف. وهذا ممكن نظراً للتغييرات الفصلية في ارتفاع الشمس وزاوية السمت الخاصة بها.

كما تتعرض الجدران الشرقية والغربية (بالإضافة إلى السقف) إلى شدة عالية للإشعاع الشمسي في الصيف وإشعاع أقل بكثير في الشتاء. وتتعرض الجدران المواجهة لخط الاستواء (الجدران الجنوبية في نصف الكرة الشمالي) إلى أعلى شدة شمسية في الشتاء وإشعاع شمسي منخفض نسبياً في الصيف.

ويؤدي هذا النموذج للسقوط الشمسي على مختلف الجدران إلى أداء واضح، من منظور التعرض الشمسي، بالنسبة للتكييفات الشمالية ـ الجنوبية بالنسبة للواجهات الرئيسة للبناء، وخاصة فيما يتعلق بالنوافذ. إذ تمكن مثل تلك التكييفات أيضاً من تأمين تظليل سهل ورخيص في الصيف للنوافذ الجنوبية، والجدار الجنوبي بشكل عام، عن طريق المتدليات الأفقية. بحيث تحجب تلك المتدليات بشكل فعال أشعة الشمس في الصيف. أما في الشتاء يمكن أن تخترق أشعة الشمس المنخفضة المتدلية وأن يتم استخدامها للتدفئة.

تأثير ألوان الجدران والسقف:

تحدد ألوان الغلاف الخارجي للبناء تأثير الإشعاع الشمسي على البناء ـ وهو بالتالي تحديد جزء الطاقة الشمسية الواقعة على البناء والذي يتم امتصاصه فعلياً في غلاف البناء، مؤثراً على اكتسابه الحراري ودرجات الحرارة الداخلية، والجزء الذي ينعكس بعيداً، دون إحداث أي أثر على الأحوال الحرارية لذلك البناء.

الخاصيات الإشعاعية للأسطح ذات الألوان المختلفة:

تحدد ثلاث خاصيات فيزيائية التبادل الإشعاعي لسطح ما مع بيئته وهي: قابلية الامتصاص، a، وقابلية الانعكاس، r، وقوة الإشعاع، E، المتعلقة بالسطح الذي نتحدث عنه.

كما تحدد قابلية الامتصاص والانعكاس لسطح ما استجابته للإشعاع الشمسي (الموجي الطويل) الذي يقع عليه. إذ يتم امتصاص الإشعاع جزئياً على السطح وعكسه جزئياً. ويحدث الإشعاع الممتص فقط أثره على درجة حرارة السطح الذي نتحدث عنه وبالتالي على الاكتساب الحراري ودرجة الحرارة الداخلية للبناء أيضاً.

وينسب الإشعاع الممتص إلى قابلية الامتصاص (الشمسي) الموجي الطويل أو القصير، a، للسطح، والتي تعتمد عملياً على لونه. بينما ينسب الإشعاع المنعكس إلى قابلية الانعكاس، r، التي يتمتع بها السطح. وترتبط قابلية الانعكاس والامتصاص الشمسي بالصيغة:

$$r = 1-a \text{ ora} = 1-r$$

كما يقوم أي سطح أيضاً بإصدار وامتصاص الطاقة الإشعاعية الموجية الطويلة نسبة لقوة الإشعاع التي يتمتع بها، E. وتستقل هذه الخاصية عن اللون وتكون قوة الإشعاع بالنسبة لجميع الأسطح غير المعدنية تقريباً حوالي ٠.٤، بصرف النظر عن قابليتها للامتصاص الشمسي. وفي أي طول موجة محدد، كالإشعاع الموجي الطويل، تعادل قوة الإشعاع قابلية الامتصاص، بحيث تكون فيما يتعلق بالإشعاع الموجي الطويل:

$$E = a$$

أما بالنسبة للأسطح المعدنية، وخاصة المعادن المطلية، من جهة أخرى، فهي تتمتع بقوة إشعاع منخفضة جداً وبالتالي فهي تصدر وتمتص جزء بسيط جداً من الإشعاع الموجي الطويل.

ويعرض الجدول ٢-٣ قابلية الامتصاص، قابلية الانعكاس، وقوة الإشعاع الموجي الطويل لأسطح مختلفة.

الجدول ٢-٣ قابلية الامتصاص وقوة الإشعاع التي تمتاز بها الأسطح

المادة أو اللون	قابلية الامتصاص	قوة الإشعاع
ماء الكلس، جديد	٠,١٥-٠,٢	٠,٩
أبيض، "موسخ"	٠,٣-٠,٣٥	٠,٩
طلاء أبيض	٠,٢-٠,٣	٠,٩
رمادي، أخضر، بني، ألوان فاتحة	٠,٤-٠,٥	٠,٩
رمادي، أخضر، بني، ألوان غامقة	٠,٧-٠,٨	٠,٩
طلاء أسود اعتيادي	٠,٨٥-٠,٩	٠,٩
ورق ألمنيوم، مطلي	٠,٠٥	٠,٠٥
ورق ألمنيوم، مؤكسد	٠,١٥	٠,١٢
فولاذ مكلفن، ساطع	٠,٢٥	٠,٢٥
طلاء ألمنيوم	٠,٥	٠,٥

كما يختلف مقدار الإشعاع الشمسي الواقع على مختلف الجدران لأحد الأبنية بشكل كبير مع تكييف تلك الجدران. ولذلك، تحدد ألوان الجدران الأثر الكمي لتكييفها عملياً. ففي حالة الجدران البيضاء، يكون أثر التكييف صغيراً جداً حيث ينعكس معظم الإشعاع الساقط بعيداً. وعلى العكس، فعندما تكون ألوان الجدران غامقة، يكون أثر التكييف على درجات الحرارة الداخلية والخارجية هام جداً، كما نناقش في الفصل الثالث بشكل مفصل.

وكنتيجة للأثر الذي يحدثه لون الغلاف على درجات حرارة عناصره المضاءة بالشمس، تؤثر ألوان الجدران والسقف بشكل كبير على شحنة تبريد البناء وعلى الحاجة للعزل الحراري صيفاً في الأقاليم الحارة.

درجة حرارة الهواء - الشمس :Sol-air

تعتمد درجة حرارة سطح جدار أو سقف معرض للإشعاع الشمسي وتدفق الحرارة الناتج إلى البناء، ودرجات الحرارة الخارجية وحاجات التبريد على الأثر المجتمع لعوامل عديدة هي: الإشعاع الساقط، قابلية امتصاص السطح، درجة حرارة الهواء المحيط، وسرعة الرياح بجانب السطح الذي نتحدث عنه. وتعبر «درجة حرارة الهواء-الشمس» بشكل كمي عن هذا الأثر المجتمع.

تعد درجة حرارة الهواء-الشمس، بالنسبة لسطح عنصر مفترض للغلاف، بمثابة درجة حرارة الهواء الخارجي النظرية التي تحدث الآثار الحرارية ذاتها التي يسببها المزيج الناشئ للإشعاع الشمسي الساقط وأحوال الهواء المحيط على ذلك العنصر. وهذا يعني أنها قد تنتج نفس درجة حرارة السطح الخارجي، تدفق الحرارة إلى البناء وعبره، ودرجات الحرارة الداخلية.

والصيغة العامة لدرجة حرارة الهواء-الشمس هي:

$$Tsa = Ta + a * I/ho - LWR$$

حيث:

Tsa = درجة حرارة الهواء-الشمس

Ta = درجة حرارة الهواء الخارجي

a = قابلية الامتصاص التي يتمتع بها السطح الخارجي، والتي تعتمد على لونه

I = شدة الإشعاع الشمسي الساقط على السطح

ho = معامل السطح الخارجي الكلي، والذي يعتمد على سرعة الرياح

LWR = هبوط درجة الحرارة بفضل الإشعاع الموجي الطويل إلى السماء (بالنسبة لسقف حوالي (11oF) 6oC في مناخ جاف بسماء صافية، Co4 (Fo7) في مناخ رطب مع سماء صافية. بالنسبة لثلث القيم السابقة. وصفر في الأحوال التي تكون فيها السماء ملبدة بالغيوم).

ويمثل عامل السطح الخارجي، ho، الأثر المجتمع للإشعاع الموجي الطويل وخسارة الحرارة بالحمل من السطح إلى البيئة. كما يعتمد حجم ho على سرعة الرياح قرب السطح. وتقترح قيمة Bth/hft2 F6,0)W/m2Co20) مع سرعة رياح مفترضة تبلغ ٥ , ٣s/m (٧٠٠fpm) من أجل أغراض التصميم. وعلى أي حال، فمع سرعة رياح إقليمية مفترضة، تتأثر السرعة الفعلية قرب الجدار إلى حد ما بتفاصيل تصميم الموقع.

فعلى سبيل المثال، عندما تكون سرعة الرياح «المخصصة» ٥ , ٣s/m (٧٠٠fpm) قد تكون السرعة الفعلية في منطقة عمرانية كثيفة البناء، أو في فناء، أصغر بكثير (بحدود نصف تلك السرعة، أي اسمياً حوالي ٨ , ١s/m (٣٦٠fpm)، أو حتى أقل من ذلك. وقد يكون معامل السطح لذلك الجدار، المعرض لسرعة رياح تبلغ ٨ , ١s/m (٣٦٠fpm) بحدود ١٣ بدلاً من ٢٠. ولذلك سوف يكون للجدار المعرض لسرعة رياح منخفضة، بلون مفترض ومعرض لشدة مفترضة للإشعاع الشمسي، درجات حرارة سطحية أعلى بكثير، مؤدياً إلى اكتساب حراري أعلى من الجدار المواجه لبيئة خارجية.

وكمثال على ذلك، لنفكر في جدار بلون غامق مع قابلية امتصاص a=٠,٧٠، معرض لإشعاع شمسي 1= 600 W/m2 (Bth/hr.sq ft 190) ودرجة حرارة هواء خارجي (F°86) Ta = 30°C ، وسرعة رياح تبلغ ٣,٥ s/m (٧٠٠fpm) في سماء صافية وإقليم جاف (LWR=2°C) (F° 3.6)

Tsa = 30 + 0.7 * 600/20 - 0 = 49°C

Tsa = 86 + 0.7 * 190/3.5 – ٣,٦ = F°١٢٠

وستكون درجة حرارة الهواء–الشمس لجدار غامق اللون، مع سرعة رياح تبلغ m/s1,8:

Tsa = 30 + 0.7 * 600/13 - 2 = 60°C (140°F)

أما درجة حرارة الهواء–الشمس لجدار أبيض اللون (a=0.25) مع نفس أحوال الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة المحيط، وسرعة رياح تبلغ ٣,٥ m/s فستكون:

Tsa = 30 + 0.25 * 600/20 - 2 = 35.5°C (96°F)

بينما تكون درجة حرارة الهواء–الشمس لنفس الجدار الأبيض مع سرعة رياح تبلغ m/s1,8:

Tsa = 30 + 0.25 * 600/13 -2 = ٣٩,٥°C(103° F)

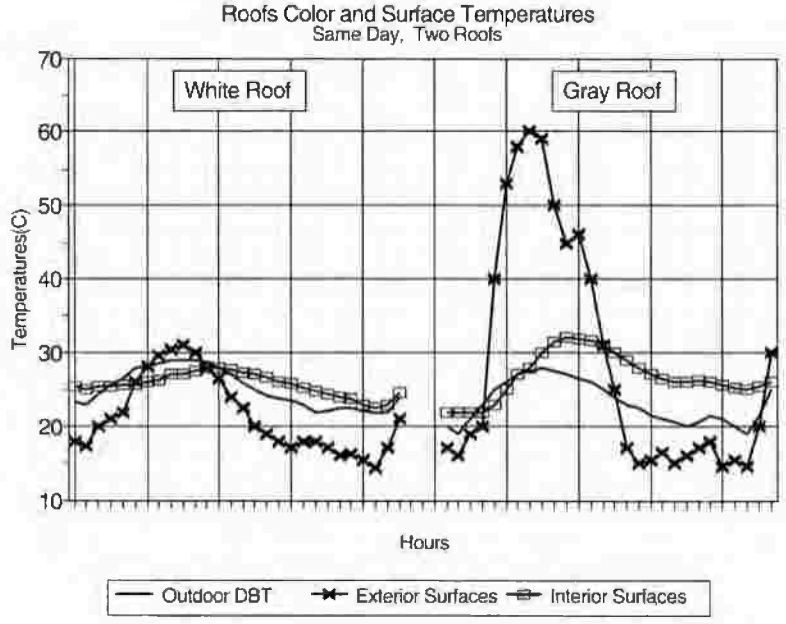
وتظهر الحسابات السابقة مدى تأثير اللون على حساسية الاستجابة الحرارية لبناء ما تجاه الإشعاع الشمسي والتكييف، وخاصة في الأقاليم الحارة صيفاً. كما تظهر بأن سرعة الرياح تؤثر بشكل رئيسي على درجة حرارة الهواء–الشمس (ودرجة حرارة السطح الخارجي) للجدران غامقة اللون (أو الأسقف) بينما يكون أثر سرعة الرياح في حالة الجدران ذات الألوان الفاتحة أبسط بكثير.

بيانات تجريبية حول أثر الألوان على درجات حرارة السطح الداخلي والخارجي للجدران والأسقف:

يعرض هذا المقطع بعض نتائج الدراسات التجريبية التي أجراها الكاتب حول أثر ألوان الجدران والأسقف، المصنوعة من مواد مختلفة، على درجات حرارة السطح

الداخلي والخارجي. حيث يعتمد الأثر الكمي للون الغلاف على درجة حرارة الهواء الداخلي، والطاقة المطلوبة للبناء، على الخاصيات الحرارية للجدران والسقف، بالإضافة إلى أحوال التهوية. ونناقش هذا الموضوع بتفصيل أكبر في الفصل الثالث. أما في هذا الفصل فسنوضح بإيجاز أثر اللون الخارجي على الأحوال الداخلية.

ويبين الشكل٢-٨ في كل جانب درجات حرارة السطح الداخلي والخارجي لسقف أفقي، مع درجة حرارة الهواء المحيط خلال يومين، والتي تم قياسها في سلسلتين تجريبيتين. حيث كان السقف في هذه الدراسة عبارة عن sandwish مصنوعة من طبقتين من إسمنت الاسبستوس مع عزل ٣سم (١,٢) من البوليستيرين الممدد بينهما. وأثناء سلاسل اليوم الأول المبينة في الشكل، كان لون السقف أبيض، بينما كان رمادياً أثناء سلاسل اليوم التالي. ولقد أجريت هذه الدراسة في منتصف الصيف في حيفا Haifa، إسرائيل.



الشكل ٢-٨: درجات حرارة السطح الداخلي والخارجي لسقف أفقي، باللون الأبيض واللون الرمادي.

يمكن أن نرى من الشكل ٢-٨ بأنه أثناء السلاسل الأولى، مع درجة حرارة عظمى للهواء الخارجي بلغت 29 C^o (82.2o F^o) كانت درجة حرارة السطح العظمى للسقف الأبيض حوالي 31 C^o (87,8 F^o) أي أعلى بدرجتين تقريباً من درجة الحرارة الخارجية. بينما كانت درجة الحرارة الأعلى للسطح الداخلي بحدود C (82,4 F^o) 48، أي اسمياً أدنى من الحرارة العظمى الخارجية بدرجة واحدة.

وفي اليوم الذي كان فيه لون السقف رمادياً، كانت درجة الحرارة العظمى الخارجية حوالي 27,5 C^o (81,5 F^o) ودرجة الحرارة العظمى للسطح الخارجي للسقف حوالي 60 C^o (140 F^o) أي أعلى بـ ٣٢ درجة C^o (٥٧,٦ F^o) تقريباً من الحرارة الخارجية العظمى. بينما كانت درجة الحرارة العظمى للسطح الداخلي للسقف المعزول بحدود 32 C^o (89,6 F^o) أي أعلى بـ ٤,٥ درجة من الحرارة الخارجية العظمى.

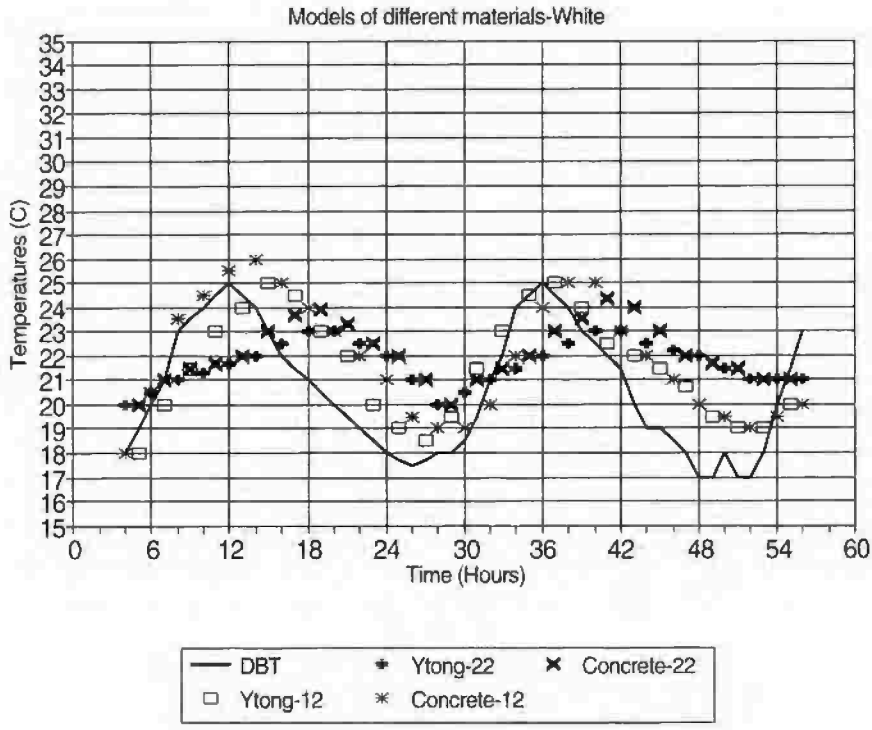
كما يبين الشكلان ٢-٩ و٢-١٠ درجة الحرارة الداخلية للنماذج الحرارية (١×١×٠,٨م) (٢,٦ص) بجدران مبنية بمواد وسماكات مختلفة. حيث بنيت الجدران المبينة من الاسمنت وYtong، بسماكة ١٢ و٢٢ سم (٤,٨ و٨,٨). ففي الشكل ٢-٩ كان لون الجدران الخارجي أبيض ورمادياً في الشكل ٢-١٠. وكانت أسقف جميع النماذج متماثلة (صفائح خفيفة الوزن معزولة) ومطلية باللون الأبيض. كما أن القيم المبينة هي عبارة عن معدلات درجات الحرارة التي تم قياسها أثناء السلاسل التجريبية والتي استمرت كل منها أسابيع عدة.

ويمكن أن نرى من الشكل ٢-٩ بأنه مع الجدار الأبيض كانت درجات الحرارة العظمى لجميع النماذج قريبة من درجة الحرارة الخارجية العظمى. بينما كانت النماذج ذات الجدران الثخينة (٢٢سم) (٨,٨) أدنى من الحرارة الخارجية العظمى، والنماذج ذات الجدران الرفيعة (١٢سم) (٤,٨) أعلى بقليل من الحرارة الخارجية العظمى. أما بالنسبة للجدران الرمادية، كما هو مبين في الشكل ٢-١٠، فقد كانت جميع درجات الحرارة الداخلية العظمى أعلى من الخارجية. حيث يظهر أثر سماكة الجدران بشكل رئيسي في تأرجح درجات الحرارة الأصغر: حيث كانت الحرارة

العظمى أقل والدنيا أعلى في نماذج الجدران الثخينة. كما كان أثر سماكة الجدران على الدرجات العظمى أكبر منه على الدرجات الدنيا.

الخاصيات الضوئية للألوان:

تعد الألوان الخارجية لغلاف البناء التي يقوم باختيارها المهندس المعماري، وهي في معظم الحالات ألوان الجدران، ولكن في حالة السقف المائل، يعد لون السقف أيضاً من بين الميزات الفريدة جداً للبناء. فعلى الرغم من أنه من المنظور الحراري، فإن العامل الثابت الرئيس الأهم هو قابلية الامتصاص الشمسي للسطح، إلا أن القرار الفعلي لمصمم البناء يكون بين الألوان المتعددة.



الشكل ٢-٩ درجات حرارة الهواء الداخلي للنماذج الحرارية بجدران مبنية بمواد وسماكات مختلفة. حيث اللون الخارجي هو الأبيض.

فمن المفهوم الضوئي، تتسم الألوان بخاصيات ثلاث هي: تدرج اللون، إضاءته، وإشباعه (Jones ١٩٦٨)، ولكل منها بعض التأثير على الأثر الحراري لعنصر البناء الذي نتكلم عنه. فالتدرج هو الخاصية التي تعرّف اللون الرئيس: الأحمر، الأصفر، الأزرق-المخضر، والأرجواني، ودرجاته القريبة. ففي نظام مانسيل للألوان Munsell System of Colors (Munssell Color Company Inc,1950) هناك عشرة تدرجات للون. ولكل منها طول موجة مميز، ولذلك يمكن قياسه فيزيائياً.

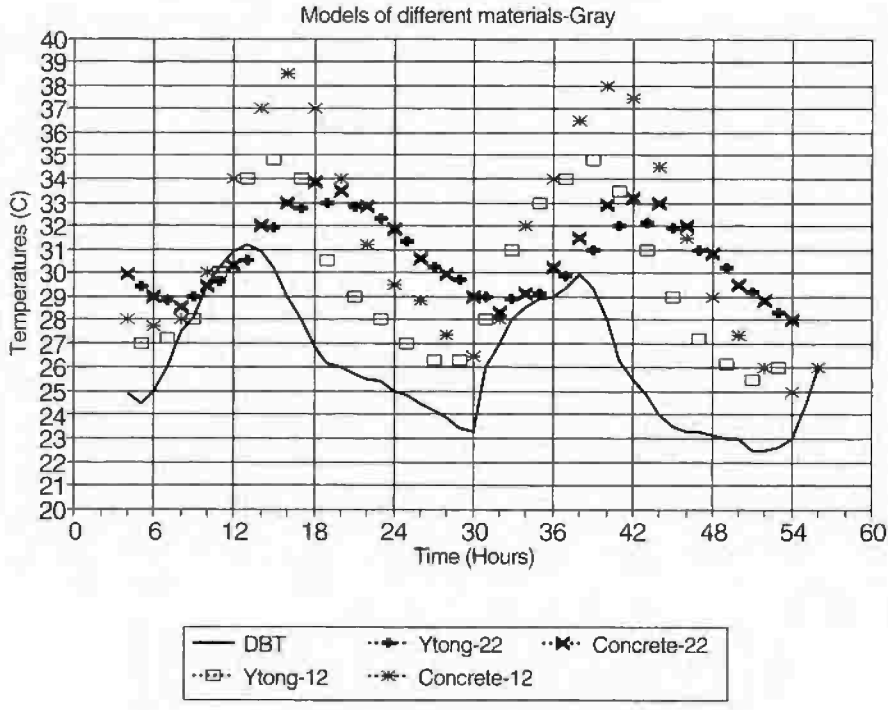
فالإضاءة هي الخاصية التي تتطابق مع الخاصية الفيزيائية لقابلية الانعكاس، ولكنها تقيّم ضوئياً على مقياس يعين موقع اللون بين الأسود والأبيض. وهو من رقم تسعة (قريب من الأسود) إلى واحد (قريب من الأبيض).

والإشباع هي خاصية اللون التي تصور نسبة الرمادية-السطوع brightness-grayness الضوئية. ويعطي Jones ١٩٦٨ مثالاً عن تدرج إشباع اللون الأزرق وهو: الرمادي المزرق (قريب من الرمادي)، الأزرق الرمادي، الأزرق المعتدل، الأزرق القوي، والأزرق الزاهي. كما يذكر أنه في حالة اللون الأحمر، الأصفر، والأرجواني، يمكن للعين ملاحظة درجات مختلفة للإشباع يمكن تمييزها في ألوان كالأزرق والأخضر.

وفي نظام مانسيل يرمز لكل لون بحرف يدل على تدرجه، ورقمين يفصل بينهما خط مائل، يحدد إضاءته وإشباعه، على التوالي. فعلى سبيل المثال، قد يشير R ٢/٤ إلى لون رمادي محمر غامق، وR ٨/٤ إلى أحمر معتدل، و R ٢/٧ إلى رمادي وردي، و YR ٢/٧ إلى وردي مائل إلى البني.

كما قام جونز بقياس درجات حرارة الصفائح المعدنية المطلية بألوان بتدرجات مختلفة، وإضاءة وإشباع مختلف (وكلها بعلامات ٦/٦)، ومعرضة لشمس منتصف النهار. فوجد بأنه بالنسبة للألوان ذات السطوع والإشباع الضوئي ذاته، فإن التدرجات في طول الموجة المتوسط، كالأخضر والأصفر والألوان التي يظهر فيها اللون الأخضر بشكل كاف لتحمل الأخضر في علامة تدرجها، كالأخضر المزرق،

تمتص حرارة أكثر، مما أدى إلى درجات حرارة أعلى ـ حوالي ٧٠°C (١٥٩°F)، مع درجة حرارة للمحيط بلغت ٣٨ °C (١٠٠°F). أما الألوان بأطوال موجة أقصر أو أطول، كالأحمر والأحمر المصفر من جهة، والأزرق والأرجواني من جهة أخرى، فقد كان لها درجات حرارة أدنى بشكل متساوي ـ أي حوالي ٦٠°C (١٤١°F). ولهذه النتيجة أهمية بالنسبة للمهندسين المعماريين في اختيار اللون الخارجي في مناخ حار.



الشكل ٢-١٠ درجات حرارة الهواء الداخلي للنماذج الحرارية بجدران مبنية بمواد وسماكات مختلفة. حيث اللون الخارجي هو الرمادي.

أثر التكييف على درجات حرارة السطح الخارجي:

يعتمد الأثر الكمي للإشعاع الشمسي أولياً على اللون الخارجي، وإلى حد أقل على السرعة الدينامية قرب السطح. حيث يختلف ارتفاع درجة الحرارة لسطح ما،

والذي يسببه مقدار مفترض من الإشعاع الشمسي الذي يصطدم به، عكسياً مع إضاءة لون السطح وسرعة الرياح قرب ذلك السطح.

كما تعتمد درجات الحرارة الفعلية للسطح الخارجي لجدار بتكييف مفترض على كل من درجة حرارة الهواء المحيط والإشعاع الشمسي الممتص على السطح. فالأول يستقل تقريباً عن التكييف، ولا تكون الاختلافات في سرعة الرياح على الجدران المختلفة والسقف، باستثناء الحالات الخاصة، كبيرة جداً. ولذلك، فبالنسبة لتقديرات درجة حرارة السطح العامة، يكون معدل قيمة (Default) لسرعة الرياح كافياً. بينما يعتمد الثاني أكثر على التكييف، كما ناقشنا سابقاً في هذا الفصل.

وفي غياب الإشعاع الشمسي، في يوم غائم على سبيل المثال، تكون نماذج درجة الحرارة لأسطح الجدار بأي تكييف أقرب أو أبعد عن درجة حرارة النموذج السنوي للهواء الخارجي. أما عند التعرض للإشعاع الشمسي، سواء أكان مباشراً، أم منشوراً، أو منعكساً، ترتفع درجة حرارة الجدار فوق مستوى الهواء المحيط، نسبة إلى الإشعاع الممتص. وعندما يكون لون السطح فاتحاً، وقابلية الامتصاص منخفضة بشكل مطابق، يكون لدرجة حرارة الهواء المحيط أثراً حرارياً أعظم من الإشعاع الساقط، بينما قد يكون تأثير الإشعاع الشمسي مسيطراً في حال كانت الألوان الخارجية غامقة.

كما كان أثر الألوان والتكييفات على درجات حرارة سطح الجدران والأسقف أيضاً جزءاً من الدراسة التجريبية التي أجراها الكاتب في محطة أبحاث البناء لتكنيون في حيفا، إسرائيل (جيفوني ١٩٧٦) (Building Research Station of the Israel، in Haifa،Technion).

ويبين الشكل ٢-١١ (Givoni ١٩٧٦) درجة حرارة السطح الخارجي للجدران الرمادية (الشكل ٢-١١أ) والجدران المطلية باللون الأبيض (الشكل ٢-١١ب)، على التوالي. حيث تقابل الجدران الاتجاهات الرئيسة الأربعة. وتشير مقارنة لجزئي

الشكل بأن هناك تفاعلاً هاماً بين آثار التكييف وتأثيرات اللون. كما لوحظت فوارق وصلت إلى (٢٣ °C) (٧٣,٤ °F) في درجات حرارة الجدران الرمادية بتكييفات مختلفة، بينما كانت انحرافات الجدران المغطاة بالأبيض كلها أقل من (٣°C) (٥,٤ °F).

وتظهر هذه النتائج بأنه لا جدوى من مناقشة الأثر الحراري لتكييف الجدران إلا بالرجوع إلى اللون الخارجي (قابلية الامتصاص) للجدران التي نتحدث عنها. ومن الواضح أيضاً أنه بالإمكان التحكم بأثر الإشعاع الشمسي من خلال اختيار اللون. ولذلك يمكن تقييم التفاعل بين آثار تكييف الجدران وألوانها عن طريق احتساب درجة حرارة الهواء-الشمس للجدران المواجهة لتكييفات مختلفة.

كما يبين الشكل ٢-١٢ (Givoni ١٩٧٦) درجات حرارة السطح الخارجي، في كانون الثاني وتموز (الشكلين ٢-١٢أ، ٢-١٢ب على التوالي)، والتي تم احتسابها بالنسبة للأحوال المناخية للإقليم الجاف للنجف في إسرائيل Negev. حيث افترضت ثلاثة مستويات لقابلية الامتصاص (٠,٨، ٠,٥، و٠,٢)، وهي تمثل الألوان الغامقة، المتوسطة، واللون الأبيض للجدران.

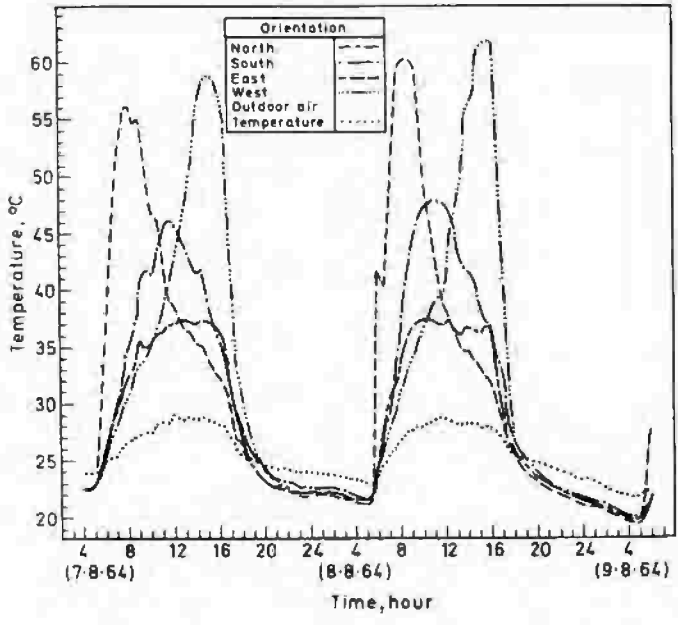
أثر تكييف الجدار على درجات الحرارة الداخلية:

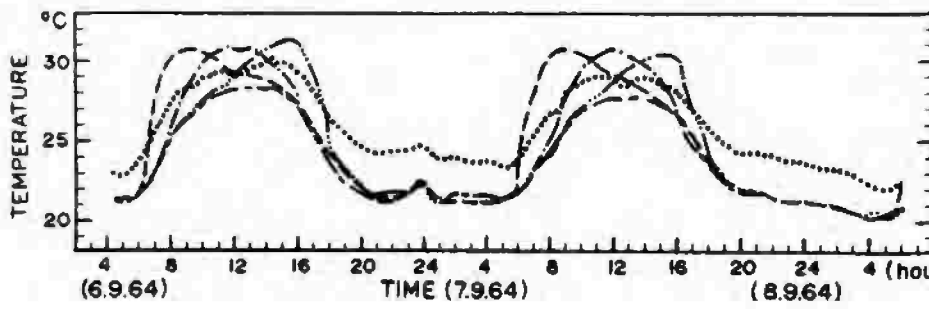
يعتمد حجم الأثر الحراري لتكييف الجدار على درجات الحرارة الداخلية، بالإضافة إلى لون الجدار، على مادته وسماكته، والتي تحدد مقاومته الحرارية والقدرة الحرارية، كما سنناقش في الفصل الثالث.

ولتقديم نقطة بداية، قد يفكر أحدنا في بناء بغرف مقابلة لاتجاهات عديدة، مع جدران خارجية بيضاء، حيث تكون المقاومة الحرارية متوسطة-إلى-عالية، والنوافذ محجوبة بشكل فعال. فنظراً لقابلية الامتصاص المنخفضة للأسطح ستتبع درجات الحرارة الخارجية للجدران المختلفة نموذج الهواء الخارجي عن قرب، مظهرة اختلافاً بسيطاً للأسطح الخارجية مع التكييف. كما يتم تقليص الفوارق التي لاتزال موجودة في درجات الحرارة الخارجية للجدران مع تكييفات مختلفة عن طريق

خاصيات العزل التي تتمتع بها الجدران. وكنتيجة لذلك، ستكون درجات حرارة السطح الداخلي للجدران متقاربة جداً، بصرف النظر عن تكييفاتها المختلفة. وتمنع النوافذ المحجوبة التخلل المباشر للطاقة الشمسية إلى البناء لكنها تسمح بتهوية الغرف عن طريق تدفق الهواء الخارجي، بنفس درجة الحرارة بغض النظر عن تكييف الغرف. وهكذا، ففي هذه الأحوال، ستتبع درجات حرارة الهواء الداخلي لجميع الغرف نموذجاً تحدده درجات حرارة الهواء الخارجي وتكيفه القدرة الحرارية الإنشائية والمقاومة الحرارية لمواد البناء (انظر الفصل الثالث).

ولو كانت الأسطح الخارجية للجدران بلون غامق بدلاً من الأبيض، قد يختلف نموذج درجة الحرارة الخارجية وفقاً للإشعاع الذي يصطدم بالأسطح المختلفة، كما تحدده تكييفاتها. كما يعتمد حجم ارتفاع درجة الحرارة فوق مستوى المحيط أيضاً على اتجاه الريح. فعلى سبيل المثال، في منطقة تكون فيها الرياح السائدة غربية، سيكون الارتفاع فوق المستوى الخارجي لدرجة حرارة سطح جدار مقابل لجهة الشرق في الصباح أعلى منه فيما يتعلق بجدار مقابل لجهة الغرب في فترة ما بعد الظهيرة، على الرغم من أن شدة التعرض للأشعة هي ذاتها تقريباً في كلتا الحالتين.



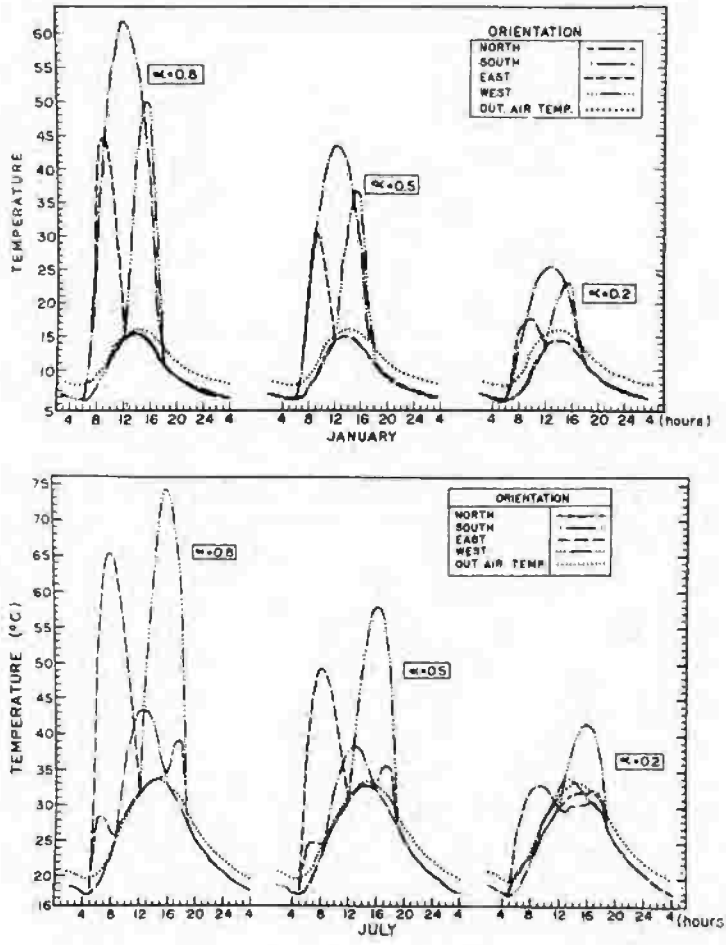


الشكل ٢-١١ درجات حرارة السطح الخارجي لجدران مطلية بالأبيض والرمادي، ومقابلة للاتجاهات الرئيسة الأربعة.

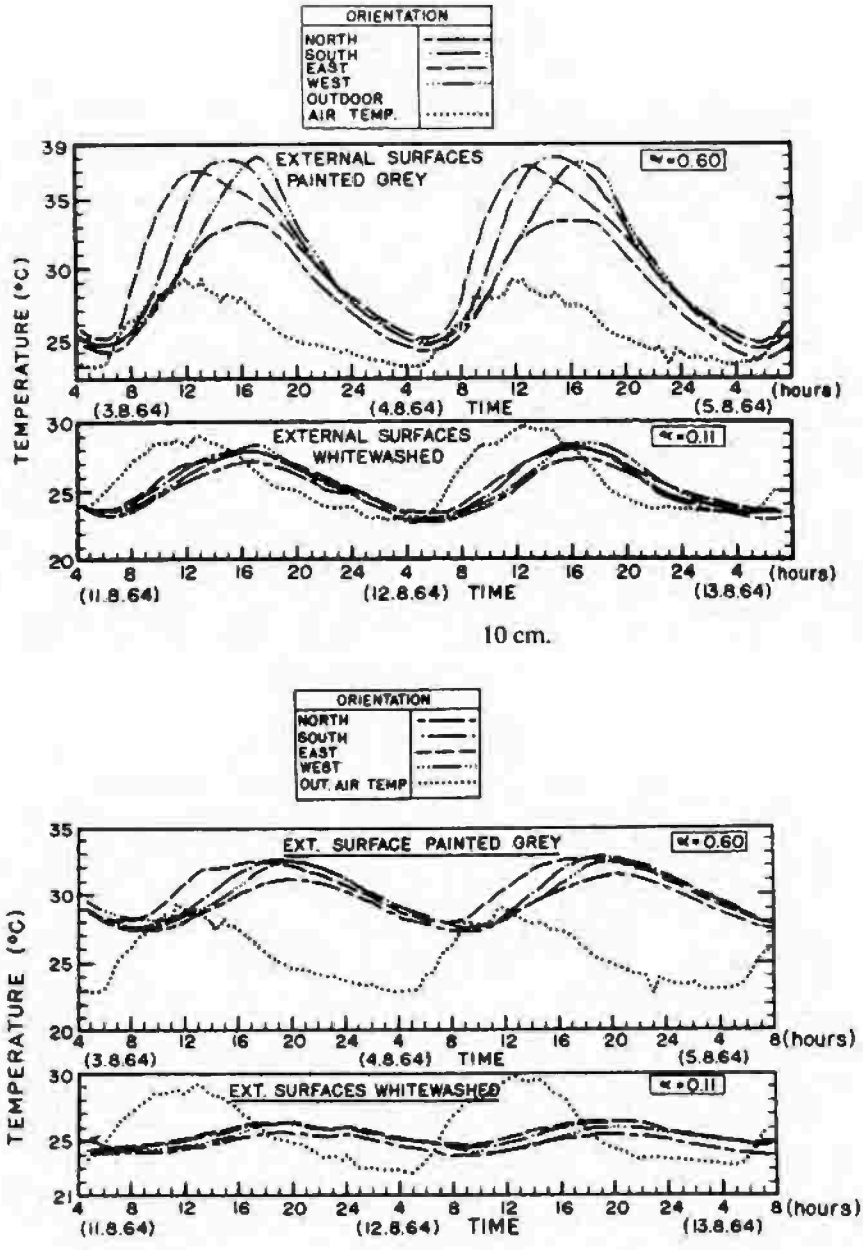
كما يحدث أثر التكييف على درجات الحرارة الخارجية، بالتالي، تأثيراً على تدفق الحرارة من خلال الجدار ودرجات حرارة السطح الداخلي الناتجة. وبشكل كمي، يتعمد نموذج ومقدار ارتفاع درجة الحرارة على القدرة الحرارية والمقاومة الحرارية للجدران. وتتبع درجات الحرارة الداخلية النماذج الخارجية بقرب أكبر عندما يتم تخفيض القدرة الحرارية والمقاومة الحرارية، وتكون أقل تأثراً بالتكييف عندما تكون هذه الخواص، وبخاصة المقاومة الحرارية، عالية.

ولتوضيح اعتماد آثار التكييف، اللون الخارجي، وسماكة الجدار بعضها على بعض، يبين الشكل ٢-١٣ (Givoni ١٩٧٦) نماذج درجة حرارة السطح الداخلي التي تقاس على جدران من الاسمنت خفيف الوزن مقابلة للاتجاهات الرئيسة الأربعة، حيث بنيت الجدران من Ytong بسماكتين - ١٠سم (٤) و٢٠سم (٨) - وتم طلائها خارجياً بالرمادي والأبيض، وقياسها في سلسلتين تجريبيتين، على التوالي.

ويمكن أن نرى في الشكل ٢-١٣ بأنه بلون خارجي أبيض، تقلبت درجات الحرارة الداخلية فوق معدل المستوى الخارجي، ولكن حد التقلب كان أكبر مع الجدران الأقل سماكة. حيث لوحظت اختلافات بسيطة فقط في نموذج درجة الحرارة بين الجدران وفق التكييفات المختلفة. بينما كانت الاختلافات الأكبر بين الجدران الأدفئ (شرق وغرب) والأبرد (شمال) أكبر بالنسبة للجدران الأقل سماكة من الجدران الأكثر سماكة: أي أقل من 1 °C (2 °F) مقارنة بـ 1,5 °C (3 °F).



الشكل ٢-١٢. درجات حرارة الجدران الخارجية، في كانون الثاني (a) وتموز (b)، حيث تم احتسابها مع ألوان غامقة، متوسطة، واللون الأبيض.



الشكل ٢-١٣. درجة حرارة السطح الداخلي المقاسة لجدران إسمنتية بيضاء ورمادية، بسماكة ١٠سم و٢٠سم (٤ و٨).

وعندما طلي السطح الخارجي باللون الرمادي على أي حال، كانت الاختلافات في درجات الحرارة بين الجدران بتكييفات وسماكات مختلفة أكبر بكثير. فبالنسبة لجدران بسماكة ١٠سم (٤") كانت الدرجات القصوى نوعاً ما أدنى من معدل درجات الحرارة الخارجية، بينما كان نطاق الدرجات العظمى حوالي 4,5 C° (8 F°) وكان الفرق الأكبر في أية لحظة حوالي7 C° (13 F°)

ولقد عدلت زيادة السماكة إلى ٢٠سم (٨") هذه الاختلافات بشكل فعال. وكان نطاق درجات الحرارة الدنيا حوالي 2,5 C° (4,5 F°) ونطاق القصوى حوالي (2 F° 1,3 C° وكان الفرق الأكبر الملاحظ حوالي 2,7 C° (5 F°) .

مقارنة آثار اللون والعزل الحراري والكتلة:

على الرغم من أن هناك تشابهاً بين آثر التبييض whitewashing وأثر زيادة المقاومة والقدرة الحرارية، في أن كل منهما يخفف الآثار التفاضلية للتكييف، إلا أن هناك اختلاف رئيسي في الآلية واختلاف كمي عملي في الأثر بين كل من هاتين الطريقتين. إذ يقلل التبييض، عن طريق الحد من قابلية امتصاص أسطح الجدار، كمية الإشعاع الشمسي الفعال في تدفئة البناء، وبذلك يؤدي إلى خفض درجات الحرارة العظمى والدنيا. وعلى عكس ذلك، فإن زيادة القدرة والمقاومة الحرارية للبناء تعدل أثر التدفئة الداخلية لدرجة حرارة السطح الخارجي المرفوعة، وبينما تخفض الدرجة القصوى الداخلية، ترفع الدرجة الدنيا. ولهذا السبب يعد التبييض أكثر أهمية بالنسبة للأبنية المكيفة بغير الهواء في البلدان الحارة. كما تظهر الحاجة لمستويات عالية للعزل في الأقاليم الحارة مبدئياً بالنسبة للبلدان المكيفة بالهواء، ولجميع الأبنية في الأقاليم التي يكون فيها فصل الشتاء بارداً.

التهوية الطبيعية:

في جميع الأقاليم المناخية في العالم هناك أوقات تكون فيها درجات الحرارة الخارجية جيدة وتكون التهوية الطبيعية الطريقة الأسهل والأكثر فعالية لتأمين

الراحة الداخلية. وحتى في الأقاليم الحارة جداً هناك أشهر وساعات من النهار يمكن أن تؤمن التهوية فيها شعوراً بالراحة وأن تحد من استخدام التبريد الآلي، حتى في المنازل المجهزة بتكييف هوائي. أما في الأقاليم الرطبة ـ الدافئة، تعد التهوية استراتيجية تبريد فعالة على مدار السنة. ولقد ناقشنا دور التهوية في الحفاظ على نوعية هواء داخلي وراحة حرارية كافية في الفصل الأول.

ويمكن لتهوية البناء ليلاً فقط أن تقوم بتبريد الكتلة الداخلية للبناء. وبإغلاق النوافذ أثناء ساعات النهار، تخفض الكتلة المبردة درجة ارتفاع درجة الحرارة الداخلية وبهذا قد تحافظ على درجة حرارة داخلية أدنى من المستوى الخارجي على نحو هام. وتسمى هذه الاستراتيجية التبريد عن طريق التهوية الليلية. كما تعتمد فعالية التهوية الليلية في تخفيض درجة الحرارة النهارية الداخلية على خواص مواد البناء، أحوال تظليل النوافذ، واللون الخارجي لغلاف البناء. ونناقش هذا الموضوع بالتفصيل في الفصل الرابع.

وتحدث التهوية الطبيعية غالباً من خلال النوافذ، بحيث يعني تصميم البناء من أجل التهوية إلى حد كبير اتخاذ القرارات المتعلقة بتفاصيل الموقع، العدد، الحجم، التكييف، وتصميم النوافذ من قبل المصمم.

كما يعتمد احتمال التهوية لأحد الأبنية على سرعة الرياح حول البناء ـ في موقع البناء. وبالتالي تعتمد أحوال الرياح للموقع على عاملين هما: اقتراب الريح العمرانية من الموقع وتفاصيل تصميم المنظر الطبيعي للموقع. ونناقش أثر التصميم العمراني على أحوال الرياح العمرانية بشكل مفصل في الفصل الثامن. كما نناقش أثر المنظر الطبيعي للموقع على أحوال الريح حول البناء في الفصل التاسع.

متطلبات التهوية:

للتهوية ثلاث وظائف تتطلب مستويات مختلفة لجريان الهواء عبر البناء:

١. الحفاظ على نوعية هواء داخلي مقبولة عن طريق استبدال الهواء الداخلي

الفاسد في عمليات العيش والإقامة occupancy، بهواء خارجي منعش. وتكون وظيفة التهوية هذه ضرورية في جميع المناخات ولكنها هامة بشكل رئيسي في المناخات الباردة، وأيضاً في الأبنية المكيفة بالهواء في جميع أنماط المناخ.

٢. تأمين الراحة في بيئة دافئة عن طريق زيادة خسارة الحرارة بالحمل من الجسم ومنع الشعور بعدم الارتياح بسبب الجلد الرطب بإفراط من خلال سرعة دينامية أعلى على الجسم (تهوية الراحة). ولقد ناقشنا تهوية الراحة بتفصيل أكبر في الفصل الأول.

٣. تبريد الكتلة الإنشائية للبناء أثناء الليل واستخدامها كـ «heat sink» أثناء ساعات النهار التالية بغية الحفاظ على درجة حرارة داخلية أدنى من المستوى الخارجي (التبريد عن طريق التهوية الليلية). ونناقش هذا الموضوع بتفصيل أكبر في الفصل الثالث.

وتعتمد الأهمية النسبية لكل من هذه الوظائف على الأحوال المناخية السائدة في إقليم مفترض أثناء الفصول المختلفة.

التهوية من أجل الحفاظ على نوعية الهواء:

في الأبنية المشغولة، يتأثر تكوين ونوعية الهواء بعمليات العيش ونشاطات الإقامة. حيث يستهلك الأوكسجين بعملية التنفس. ويحرر ثاني أكسيد الكربون (C_o2) وبخار الماء، بالإضافة إلى البكتريا، من الرئتين. ويتم إطلاق المواد العضوية المنتجة للرائحة عن طريق الجسم، استناداً إلى عادات النظافة والغذاء التي يتبعها سكان البناء إلى حد كبير. ويلوث التدخين الهواء من مفهوم الرائحة والصحة. كما تطلق بعض مواد السجاد/البلاط، الأثاث والبناء أيضاً غازات مرفوضة.

وتعتمد درجة التهوية للحفاظ على نوعية الهواء على عدد الأشخاص لكل حجم وحدة unit volume من الحيز الصالح للسكن، وأسلوب عيشهم وحساسيتهم. ويمكن اقتراح درجة تهوية لحوالي ٠,٥ لتغيرات الهواء كل ساعة (ACH) كدرجة تهوية

صحية دنيا في الأبنية السكنية مع كثافة سكن منخفضة للحفاظ على نوعية هواء داخلي كافية في جميع الأحوال المناخية.

تهوية الراحة (النهارية):

تظهر الحاجة لتهوية الراحة فقط عندما تكون البيئة الداخلية دافئة أو خانقة stuffy للغاية في أحوال الهواء-الساكن. ومن منظور الراحة، فإن العامل الثابت للتهوية هو السرعة الدينامية على الجسم وليس بالضرورة درجة جريان الهواء عبر البناء. كما تكون التهوية الطبيعية مرغوبة عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي أدنى من الهواء الداخلي أو عندما تستطيع منع ارتفاع درجة الحرارة الداخلية فوق المستوى الخارجي، والذي يسببه تخلل الطاقة الشمسية المباشرة من خلال النوافذ غير المحجوبة أو التدفئة الشمسية غير المباشرة التي تسببها الألوان الغامقة للجدران وسقف البناء. وبشكل خاص تكون التهوية الطبيعية مرغوبة عندما تحد من الشعور بعدم الارتياح بسبب الجلد الرطب، وهي حالة شائعة في الأقاليم الرطبة-الحارة.

ومن جهة أخرى، ففي الأقاليم الجافة-الحارة، يمكن الحفاظ على درجة الحرارة الداخلية أثناء النهار، عن طريق تصميم مناسب للبناء (تظليل فعال، ألوان فاتحة لغلاف البناء، واختيار مناسب للمواد، انظر الفصل الثالث)، بمستويات أدنى بشكل كبير من درجة الحرارة الخارجية العظمى. كما يكون مستوى الرطوبة في هذه الأقاليم منخفضاً أيضاً، بحيث لا يرفعه توليد البخار الداخلي إلى مستويات تؤدي إلى الشعور بعدم الارتياح بسبب التعرق المحسوس. وفي هذه الحالة، عندما يرغب بسرعة دينامية داخلية أعلى، قد يكون من الأفضل تأمينها عن طريق المراوح بدلاً من تهوية البناء بفتح النوافذ، وإدخال الهواء الخارجي الأكثر دفئاً.

ولقد ناقشنا في الفصل الأول حدود الأحوال المناخية التي يمكن أن تطبق بموجبها التهوية.

القوى الفيزيائية المولدة للتهوية:

تحدث التهوية، وهي اسمياً تدفق الهواء الخارجي خلال البناء، عندما تتوفر الفتحات في نقاط معرضة إلى مستويات مختلفة من ضغط الهواء. ويمكن توليد درجات الضغط gradients هذه (أو رؤوس الضغط heads) عن طريق قوتين:

أ- اختلاف درجة الحرارة بين الداخل والخارج (قوة حرارية أو thermosy-phonic).

ب - جريان الرياح مقابل البناء (قوة ضغط الرياح).

وبغض النظر عن مصدرها، تعد درجة ضغط درجة جريان الهواء المتولدة نسبية إلى الجذر التربيعي مع رأس الضغط.

التهوية عن طريق القوة الحرارية:

يتم خفض كثافة الهواء والضغط مع الارتفاع. وتعتمد درجة هبوط الضغط هذه على درجة حرارة الهواء: فكلما كانت درجة الحرارة أعلى كلما كان الهبوط أقل في ضغط الهواء مع الارتفاع. وعندما يكون معدل درجة حرارة الهواء الداخلي أعلى من درجة الحرارة في الخارج عند الارتفاع نفسه، تكون درجة الضغط في الداخل، حيث يكون الهواء أقل كثافة، أصغر منها في الخارج. وكنتيجة لذلك، إذا توفرت الفتحات في ارتفاعات مختلفة، يكون ضغط الهواء الداخلي أعلى في الفتحة العلوية وأقل في الفتحة السفلية، مقارنة مع ضغط الهواء الداخلي عند المستويات نفسها. كما تدعى هذه الاختلافات في الضغط رؤوس الضغط. حيث يولد رأس الضغط تيار هواء داخلي في الفتحة السفلية وتيار هواء خارجي في الفتحة العلوية (جريان thermosyphonic).

وإذا كانت درجة الحرارة الداخلية أدنى من الخارجية، ينقلب نموذج الجريان-الـ thermosyphonic: حيث يدخل عندها الهواء الخارجي في الفتحة العلوية ويجري خارجاً من الفتحة السفلية.

كما يمكن التعبير عن درجة الجريان، Q، مباشرة بلغة الاختلافات في الارتفاع ودرجة الحرارة. إذ يتم احتسابها بالصيغة:

$$Q = K^* A * (dt \times h)\ 0{,}5$$

حيث:

Q = درجة جريان الهواء، ft3/(min/ft2) أو m3/(min.m2)

A = المساحة الفعالة الصافية للفتحة، m2 أو ft2.

h = المسافة العمودية بين مراكز الفتحات العلوية والسفلية، m أو ft.

dt = الفرق بين معدل درجات الحرارة الخارجية والداخلية، F^o أو C^o.

K = الثابت النسبي (يعتمد على الوحدات المستخدمة، وعلى مقاومة الفتحات لجريان الهواء والعوائق الداخلية. ويعطي ASHRAE قيمة لـ K مع فعالية مفترضة للفتحة ٦٥٪. (وتكون قيمة K بالوحدات المترية ٦,٩٦).

وبافتراض حيز بفتحات علوية وسفلية مساحة كل منها ١م٢(١٠,١ sq ft)، بمسافة عمودية بين مراكزها تبلغ ١م (٣,٣ft) . وهي قيمة عملية في الشقق المخصصة لشخص واحد . ودرجة حرارة داخلية ٢٥°C (٧٧°F) ودرجة حرارة خارجية ٢٠°C (٦٨°F) . وهو اختلاف كبير جداً في درجة الحرارة بالنسبة للأبنية المتمتعة بالتهوية . حيث تكون درجة الجريان thermosyphonic المتوقعة:

$$Q = 9.4^* \ 10.76^*(3.28^*9)\ 0{,}5 = 550\ ft3/min$$

وفي النظام المتري، مع نفس التفاصيل (مساحة ١٠,٧٦ ft2، ارتفاع ٣,٢٨ ft، واختلاف ٩°F في درجة الحرارة) يكون جريان الهواء:

$$Q = 6.96^* \ 1^*(1^*5)\ 0{,}5 = 15.6 m3/min \text{ or } 934\ m3/h$$

وكما سنرى لاحقاً، تكون درجة الجريان هذه صغيرة في أحوال الصيف، مقارنة مع الجريان الذي يمكن زيادته في بناء متمتع بتهوية متقاطعة حتى مع رياح خفيفة

جداً. وبالتالي، يجب أن يطبق التصميم الخاص بالتهوية الصيفية عن طريق قوة الرياح عندما يتعلق الأمر بالتهوية في فصل الصيف.

وفي الوحدات المنزلية المخصصة للعديد من الأشخاص (مثل البيت townhouse المخصص لشخصين أو ثلاثة أو المنزل المخصص لعائلة واحدة)، قد تكون المسافة العمودية الفعالة بين المداخل والمخارج حوالي ٥-٧ أمتار، ١٦,٥-٢٣ ft، أو حتى ٩ أمتار (٣٠ ft) عندما تتوفر الفتحات السقفية. وعندها قد تكون درجة الجريان ضعفين أو ثلاثة أضعاف. وعلى الرغم من كونه جرياناً صغيراً للهواء بلغة تهوية الراحة الصيفية، فقد يكون هاماً جداً بالنسبة للتهوية أثناء ساعات الليل الهادئة.

وتختلف الحالة فيما يتعلق بفصل الشتاء في الأقاليم الباردة، عندما تظهر فروق أعظم بكثير في درجات الحرارة بين الداخل والخارج، وخاصة في الليل، وتكون غالباً من ٢٠-٣٠°K أو حتى أكثر.

التهوية بفضل قوة الرياح:

عندما تهب الرياح مقابل أحد الأبنية، تنحرف حول الجدران وفوق السقف. كما يكون الهواء مكثفاً أمام الجدران المعاكسة للريح، مما يخلق منطقة ضغط pressure zone ويتمدد الهواء جانب الجدران المتجهة باتجاه الريح وفوق السقف، وينخفض الضغط، وهكذا يتم خلق منطقة الامتصاص suction zone. وبهذه الطريقة تخلق اختلافات في الضغط بين المناطق المختلفة لغلاف البناء.

كما تحدد الاختلافات في الضغط بين أي نقطتين من غلاف البناء احتمال التهوية عندما تتوفر الفتحات في هذه النقاط (قوة محركة)، وإذا تدفق الهواء إلى داخل البناء من الفتحات مع ضغط أعلى على الفتحات المعرضة لمنطقة ذات ضغط أقل.

وتنسب درجة جريان الهواء المعزز بالرياح داخل البناء إلى سرعة الرياح الخارجية أمام نافذة المدخل. كما تمثل النوافذ ذاتها، بالإضافة إلى العوائق داخل الحيز المتمتع

بالتهوية، مقاومةً لجريان الهواء. ويتجلى أثر هذه المقاومة في خفض درجة جريان الهواء. كما يؤخذ عامل قابلية النفاذ بالحسبان بعامل K.

وقد تكون درجة الجريان، Q، في بناء معرض لريح عمودية V s/m، مع مساحة فتحة فعالة Aeff، وعامل قابلية نفاذ كلي K:

$$Q = K * Aeff * V$$

وتعد قيمة المساحة الفعالة Aeff مساحة المداخل عندما تكون للمخارج المساحة نفسها. فإذا لم تكن مساحة المخارج والمداخل متساوية، يجب أن تؤخذ القيمة الأصغر بالحسبان، مع بعض الزيادة بسبب الفتحات الأكبر، تصل إلى قيمة ١,٤ * A، عندما تكون مساحة المخرج خمسة أضعاف مساحة المدخل (أو العكس بالعكس).

وتكون قيمة K بالنسبة لحيز بتهوية متقاطعة مباشرة ودون وجود عوائق داخلية لجريان الهواء حوالي ٠,٧. حيث تؤدي العوائق الداخلية، كالأبواب بين غرفتين متصلتين عند دخول الهواء إلى أحدهما وخروجه عبر الأخرى، إلى خفض قيمة K ودرجة جريان الهواء الناتجة.

وهكذا، فبالنسبة لحيز بمساحة تبلغ ٣٠م٢ (٣٢٣ sq ft) وحجم ٧٥م٣ (٢٦٤٨ ft3)، مع فتحات مداخل ومخارج بمساحة ١,٠م٢ (١٠,٧ sq ft) لكل منها ودون وجود أية عوائق داخلية، مع تعرضه لريح لطيفة جداً بسرعة ٢,٠ s/m (٤٠٠fpm)، قد تكون درجة الجريان Q:

$$Q = 0.7 * 1 * 2 = 1.4 \text{ m3/s or } 5040 \text{ m3/h } (2966 \text{ cfm})$$

وهي أكبر بحوالي ٥,٤ مرة من الجريان الـ thermosyphonic المعزز بالفرق في درجة الحرارة البالغ ٥° K (٩°f) والذي تم احتسابه أعلاه.

فقد يكون ACH (تغييرات الهواء كل ساعة):

$$ACH = 5040/75 = 67 \text{ air changes per hour}$$

ميزات معمارية تؤثر في التهوية:

إن ميزات التصميم الرئيسة التي تؤثر على أحوال التهوية الداخلية هي:

- نوع البناء
- تكييف البناء، خاصة الفتحات، وفقاً لاتجاه الرياح.
- المساحة الإجمالية للفتحات في أقاليم الامتصاص والضغط لغلاف البناء.
- شكل النوافذ وتفاصيل فتحها.
- العوائق الداخلية لجريان الهواء من فتحات المداخل والمخارج.
- وجود الـ fly screens في الفتحات أو غيابها.
- التفاصيل المخصصة لتوجيه الهواء إلى داخل البناء.

ولقد تم بحث أثر حجم النوافذ وتكييفها وفقاً لاتجاه الرياح بشكل موسع. وسنوجز هذه الدراسات في المقطع التالي.

ويتجلى الأثر الرئيس لتفاصيل التصميم المذكورة أعلاه في الحد الذي تمكن فيه أو تمنع التهوية المتقاطعة للبناء ككل ولغرفه الفردية. وتعرّف التهوية المتقاطعة باعتبارها الحالة التي يستطيع فيها الهواء الداخلي التدفق من الفتحات في جانب واحد من البناء (المدخل) الواقع في مناطق الضغط، عبر البناء، ومن ثم خروجه بواسطة فتحات المخارج الواقعة في أقسام الامتصاص لذلك البناء.

نوع البناء:

يحدد نوع البناء وخاصة السكني (سواء أكان منزلاً منفصلاً، أو منزلاً في مدينة town house، أو مبنى عالي الارتفاع مكون من عدة شقق مع ممرات single-loaded or double-loaded، أو بناء مربع مع أربع وحدات)، عادة خيارات تأمين التهوية المتقاطعة الفعالة. والهام في الأمر هو إمكانية تأمين الفتحات في كل من

الجانبين المعاكس والموافق لاتجاه الرياح للوحدة، أي في نفس الوحدة السكنية.

وسنناقش هذا الموضوع في الفصل السادس.

تكييف الأبنية والفتحات وفقاً لاتجاه الرياح:

لتأمين احتمال جيد للتهوية الطبيعية، لا بد لأحد جدران الوحدة السكنية من أن يكون مواجهاً للريح، وليس بالضرورة أن يواجه الريح مباشرة. فحتى مع الرياح المنحرفة عن الجدران بحدود ٦٠ درجة من الخط العمودي normal، من الممكن استخدام النوافذ في الجدار كمداخل بالنسبة للرياح. وتتيح هذه الحقيقة قدراً كبيراً من الحرية للمخططين (أعلى من نطاق ١٢٠ درجة بالنسبة للواجهة المعاكسة للريح) في اختيار التكييف الملائم وفق مفهوم التهوية. وعندها يمكن أن تعمل الفتحات في الجدران الواقعة في «ظل» الريح كمخارج بالنسبة للرياح، متيحة بذلك التهوية المتقاطعة لكامل البناء.

وفي العديد من الأقاليم يتغير اتجاه الرياح بين النهار والليل، وأحياناً بين الفصول المختلفة أيضاً. وفي مثل هذه الحالات، قد يكون التكييف الأفضل بالنسبة لاتجاه الريح أثناء الفترات ذات السرعات الأدنى للريح وهي غالباً أثناء ساعات الليل، وذلك من مفهوم التهوية.

وينبغي أن نأخذ بالحسبان بأنه وفق مفهوم التصميم فإن تأمين حماية داخلية من الريح في الشتاء يعد أسهل من ضمان التهوية المتقاطعة. ولذلك قد تكون اعتبارات التهوية الصيفية غالباً أكثر أهمية.

كما أن هناك اعتقاد شائع يقضي بأنه من أجل الحصول على تهوية جيدة في أبنية مطولة elongated، ينبغي أن تكون الجدران الرئيسة متعامدة مع اتجاه الرياح السائدة، حيث ينتج هذا التكييف الفرق الأعظم في الضغط بين الجدران المعاكسة والموافقة لاتجاه الرياح. وفي الواقع قد يكون مثل هذا التكييف «الأفضل» فقط فيما يتعلق بالبناء المطول المعزول والواقع في حقل مفتوح.

وفي الحقيقة، تختلف الحالة في المناطق العمرانية غالباً. حيث تولد صفوف الأبنية الموجهة بشكل متعامد مع الريح المقاومة الأكبر لجريان الرياح قرب مستوى الأرضية. كما تكون معظم الأبنية (باستثناء البناء الأول في السلسلة) مكشوفة لمناطق امتصاص من جميع الجوانب، مؤدية إلى احتمال تهوية ضعيف جداً.

ومن جهة أخرى، فإن بإمكان مجموعات الأبنية المنحرفة عن الرياح، بزوايا ٣٠ إلى ٦٠ درجة بعيداً عن الخط العمودي، تأمين وصول أفضل للرياح في مستوى الأرضية إلى عمق «الجوار»، وكذلك أحوال تهوية أفضل للغرف الفردية للبناء ككل. فعندما تكون الرياح منحرفة عن البناء، يكون الجدارين المعاكسين لاتجاه الريح في مناطق الضغط والجدارين الموافقين لاتجاه الريح في مناطق الامتصاص، مما يتيح خيارات أكثر لوضع فتحات مداخل.

وعلاوة على ذلك، ففي معظم الحالات يكون للغرف جدار خارجي واحد فقط. فلو وجدت نافذتين في ذلك الجدار، وكانت الريح متعامدة مع الجدار، تتعرض الفتحتان لضغط واحد تقريباً، وهذه التركيبة تؤدي إلى خفض احتمال تهوية الغرفة. وعندما تكون الريح منحرفة عن البناء، يتم خلق درجة ضغط عبر الجدران الموافقة لاتجاه الريح وتكون النافذة المعاكسة لاتجاه الرياح في ضغط أعلى من النافذة الموافقة لاتجاه الرياح. وهكذا يدخل الهواء الغرفة عبر النافذة المعاكسة ويخرج عبر الفتحة الموافقة لاتجاه الريح، مما يخلق تهوية أفضل حتى في الغرف التي لها جدار خارجي واحد فقط (انظر المناقشة حول الـ Wing-walls أدناه).

ويتعلق أثر موقع النافذة (تكييفها وفقاً للرياح)، بشكل أساسي بوضع فتحات المداخل. أما موقع فتحات المخارج فلا يحدث أي تأثير هام على جريان الهواء الداخلي.

الموقع العمودي للنوافذ:

ربما يحدد ارتفاع فتحة المدخل مستوى جريان الهواء الداخلي الرئيس. ففي مستويات أدنى من عتبة المدخل، هناك عادة انخفاض شديد في سرعة الهواء إلى أن يتم منعه بمزايا خاصة للتصميم.

وفي بعض الحالات، تستدعي المتطلبات الخاصة، والوظيفية، والمعمارية وضع الفتحات قرب السقف، مع عتبات عالية فوق مستوى الإقامة occupancy. وفي هذه الحالة قد تظهر أحوال ضعيفة للتهوية في المنطقة المشغولة من الغرفة إلى أن يتم توجيه الجريان باتجاه الرياح.

ومن الممكن توجيه جريان الهواء بأي اتجاه مرغوب من خلال تفاصيل الفتحة الخاصة بالمدخل. فلو تم تركيب مفصلة لنافذة المدخل في الأعلى وفتحها إلى الأعلى والأسفل، فهي تدفع الجريان باتجاه الرياح عندما يفتح الحزام (Sash) إلى وضع مائل (غير متعامد مع الأفق). وعندها تحدد الزاوية الحقيقية للحزام اتجاه جريان الهواء (في السطح العمودي vertical plane). ولهذه النقطة أهمية خاصة في حالة الأبنية المغطاة بالأرض earth-covered، مع جدران ضيقة bermed فوق عتبة المناور العالية، والتي قد تعاني بطريقة أخرى من أحوال تهوية ضعيفة عندما تظهر الرغبة بتهوية الراحة.

أشكال النوافذ وطرق الفتح:

تنتج الأشكال المختلفة للنوافذ، عندما تعمل كمداخل، نماذجاً مختلفة لجريان الهواء الداخلي وتتيح خيارات مختلفة للتحكم باتجاه ومستوى الجريان.

حيث تحدد النوافذ الـ double-hung، بارتفاعاتها، المستوى العمودي لجريان الهواء ولكنها لا تحدد اتجاهه ونموذجه. وتكون المساحة القصوى القابلة للفتح أقل من نصف المساحة الإجمالية للأحزمة، وهو عامل يضع حدود درجة التهوية الفعالة.

كما تؤمن النوافذ المنزلقة أفقياً أيضاً أقل من نصف المساحة الحرة للفتح. فهي تتيح تحكماً أقل بنموذج الجريان الداخلي من النوافذ double-hung باعتبار الاختلافات الأفقية في اتجاه الجريان أكبر منها بكثير في السطح العمودي كنتيجة للتغييرات في اتجاه الرياح.

ويمكن أن تعمل النوافذ البابية المفتوحة على الخارج كـ wing-walls، مولدة ضغطاً مرتفعاً عندما يتم فتح الحزام الموافق لاتجاه الرياح، أو تقوم بخلق منطقة امتصاص عندما يتم فتح الحزام المعاكس لاتجاه الرياح. وعلى أية حال، فعندما يفتح كلاهما فقد يؤمن هذان الحزامان جرياناً أصغر للهواء مقارنة مع حالة فتح الحزام الموافق لاتجاه الرياح نتيجة التداخل في الجريان.

كما تمكن النوافذ الأفقية الـ center-pivot-hung من التحكم بالنموذج العمودي لجريان الهواء، سواء أكان موافقاً أو معاكساً لاتجاه الرياح، إذا أمكن فتح الأحزمة الموافقة للرياح في جانب الغرفة، أي أدنى بـ ١٠ درجات من الأفقي. ولقد أظهرت التجارب التي أجراها الكاتب (Givoni ١٩٧٦) بأنه عن طريق تبديل الزاوية التي يفتح بها الحزام من الممكن تعديل وتبديل نماذج جريان الهواء وتوزيع السرعات عبر الحيز الداخلي.

وفي بعض الحالات، تظهر الرغبة بانخفاض شديد في السرعة الدينامية في نفس المستوى (في مستوى المنضدة في المكاتب والقاعات الدراسية على سبيل المثال)، كما يمكن إنجازها أيضاً عن طريق تفصيل نوافذ المدخل.

أجزاء الحيز الداخلي:

كلما كان على الهواء اجتياز أكثر من غرفة واحدة في طريقه من فتحة المدخل إلى المخرج، فهو يواجه مقاومة إضافية. وتعتمد المقاومة الفعلية على حجم الفتحات الداخلية (مداخل الغرف أو الممرات) والتي يتدفق الهواء خلالها. بالإضافة إلى ذلك، تخلق التغييرات في اتجاه الجريان عبر الطريق، بالإضافة إلى تقلص وتمدد تيار الهواء أثناء مروره عبر الممرات الداخلية، اضطراباً، وتزيد من مقاومة الجريان، وتخفض درجة الجريان. ولذلك، فلو أتاحت الأجزاء الداخلية للبناء تهوية متقاطعة مستقلة للغرف الفردية، يتم إنتاج تهوية كلية أفضل للبناء.

ولابد أن نذكر بأنه لو كانت الفتحة التي تصل غرفتين يتدفق عبرهما الهواء، أصغر من المدخل أو المخرج، فسوف تحدد الفتحة الأصغر درجة الجريان الفعلية. وهكذا، ففي العديد من تصاميم الأبنية التي تضم شققاً عديدة، توضع غرفتي نوم في الجانبين المتعاكسين للبناء مع ممر يفصل بينهما. ويكون طريق التهوية المخطط من المدخل في الغرفة الواقعة في الجانب المعاكس للرياح البناء، عبر مصاريع shut-ters في الأبواب تؤدي إلى الممر من الغرفتين (نظراً لإمكان إغلاق الأبواب من أجل الخصوصية)، إلى الغرفة في الجانب الموافق لاتجاه الريح للبناء، والخروج من فتحة المخرج. وتعد المصاريع الموجودة في الأبواب أو أعلاها عبارة عن عوائق في هذا الطريق. كما تعتبر مقاومة الجريان التي تمثلها هذه المصاريع العامل المحدد لجريان الهواء الكلي.

دراسات تجريبية حول التهوية:

لقد تم استقصاء أثر ميزات تصميم البناء على أحوال التهوية الداخلية بشكل واسع في العديد من الدراسات التجريبية. ولقد أجريت ثلاثة منها في أنفاق هوائية وهي: جيفوني Givoni ١٩٦٢، سوبين Sobin ١٩٨٣، وارنست Ernest ١٩٩١. وأجريت إحداها في بناء كامل، في مركز فلوريدا للطاقة الشمسية Florida Solar Energy Center. وسنوجزها جميعها الآن.

ملاحظة أولية حول قابلية مقارنة السرعات الدينامية الداخلية التي تم قياسها في دراسات مختلفة:

لا يمكن مقارنة النتائج الكمية لدراسات الأنفاق الهوائية المختلفة التي تم خلالها قياس السرعات الدينامية الداخلية والتعبير عنها كنسبة مئوية لسرعات الرياح الخارجية بشكل مباشر. إذ تعتمد أي قيم نسبية للسرعة الدينامية الداخلية على سرعة الرياح الخارجية المرجعية التي عملت كأساس لاحتسابها.

كما تم قياس سرعات الرياح الخارجية المرجعية التي تم استخدامها كأساس لاحتساب السرعة الدينامية الداخلية النسبية في دراسات مختلفة في نقاط مختلفة

في الأنفاق. حيث كانت توزيعات السرعة الدينامية العمودية في الأنفاق مختلفة، وكانت أشكال وأحجام الفتحات مختلفة أيضاً في كل من هذه الأبحاث. وعلاوة على ذلك فقد كان للأنفاق الهوائية ذاتها، والنماذج المستخدمة، تصاميماً مختلفة.

ففي دراسة Ernest ١٩٩١، كانت سرعة الرياح المرجعية ٧٥٪ من سرعة الرياح التي تم قياسها أمام النموذج وفوقه أيضاً. ولقد قام كل من Sobin،Givoni 1962* ١٩٨٣ بقياس الريح المرجعية أمام البناء، في نفس ارتفاع النوافذ فوق الأرضية، حيث تكون السرعة الدينامية أدنى بكثير (حوالي ٦٠٪) مقارنة مع التيار الهوائي غير المعرقل فوق مستوى النموذج. وبالتالي تعد السرعات الدينامية الداخلية النسبية المسجلة في دراسات جيفوني وسوبين أعلى (بحوالي ١,٨) مقارنة مع نتائج دراسة ارنست.

وعلى الرغم من عدم إمكان مقارنة السرعات الدينامية الداخلية العددية للدراسات المختلفة بشكل مباشر، يمكن مقارنتها في حال أخذنا الاختلاف في سرعة الريح المرجعية بالحسبان. ويمكن أن تعمم الآثار الكمية النسبية العامة لميزات التصميم المتعددة بشكل مباشر، وهذا هو الأمر الهام في مفهوم تصميم المباني.

دراسات حول تأثير حجم النوافذ:

لقد قام الكاتب بدراسة السرعات الدينامية الداخلية في نموذج مربع في نفق هوائي (انظر Givoni ١٩٦٢، ١٩٦٨). حيث تم قياس توزيع السرعات في نقاط مختلفة من النموذج في مجموعات مختلفة لفتحات المداخل والمخارج. وتضمنت هذه المجموعات، من بين أشياء أخرى، نافذة مفردة وحيدة الاتجاه، ونافذتين في الجدران المقابلة والمجاورة، في اتجاهين للريح: متعامد (عمودي) مع نوافذ المدخل، ومنحرف بدرجة ٤٥. كما تم احتساب معدل السرعة الداخلية، وملاحظة السرعة القصوى، التي تم الحصول عليها مع كل مجموعة. وعلى وجه الخصوص، تمت مقارنة أحوال التهوية بشروط مع نفس المساحة الكلية للفتحات، مع أو بدون التهوية المتقاطعة.

ومع وجود الفتحتين، كان موقع المخرج إما في الجدار المقابل للمدخل أو الجدار المجاور. وفي الحالة الثانية، عندما كانت الريح متعامدة مع الجدار، كان المخرج في منطقة الامتصاص للنموذج. ووجد في هذا البحث بأن السرعات الدينامية الداخلية لا تنسب إلى حجم النوافذ: إذ يكون أثر زيادة حجم النوافذ كبيراً عندما تكون النافذة صغيرة ولكنه يصغر مع الحجم المتزايد، مقترحاً بأن تأثير حجم النافذة ينسب إلى الجذر التربيعي لحجم الفتحة بشكل تقريبي.

بحث ارنست :Ernest

في بحث ارنست تم اختبار أثر حجم النافذة لعشرة أحجام نسبية (سميت «مسامية الجدران») من ٦-٢٥٪ من مساحات الجدران، بسبعة زوايا للريح، بين متعامدة (صفر درجة) ومتوازية (٩٠ درجة) مع الحائط. كما استشهد ارنست في هذا التقرير أيضاً ببيانات تجريبية لتشاند وكريشاك Chand and Krishak ١٩٦٩. ولقد أظهر تحليل للبيانات التجريبية لارنست بأن أثر زيادة الحجم يعتمد على زاوية سقوط الريح. فمع تقليص الزاوية (من موازية إلى عمودية) يزداد أيضاً تأثير زيادة حجم الفتحة.

ولقد مكن تحليل لبيانات ارنست، أجراه الكاتب، من تطوير صيغة تعبر عن السرعة الدينامية المتوسطة الداخلية، V، كوظيفة لحجم الفتحة (P للمسامية)، وزاوية سقوط للريح، :A

$$V = \{ 2.4 + 0.5 \times (90 - A)^{0.5} \} \times (P)^{0.5}$$

كما يبين الشكل ٢-١٤ العلاقة بين البيانات المجموعة التي تم قياسها لارنست وبيانات تشاند وكريشاك، والقيم التي تم احتسابها بالصيغة المذكورة أعلاه في أحوال مطابقة لأحوال الاختبارات. حيث R2 هي ٠,٩٨ والانحراف القياسي Stan-

dard Deviation ١,١. أما بالنسبة للبيانات في الشكل ١١ (لارنست فقط)، والتي استمدت منها الصيغة، فإن R2 هو ٠,٩٩ و D.S هو ٠,٨٥ (Ernest ١٩٩١).

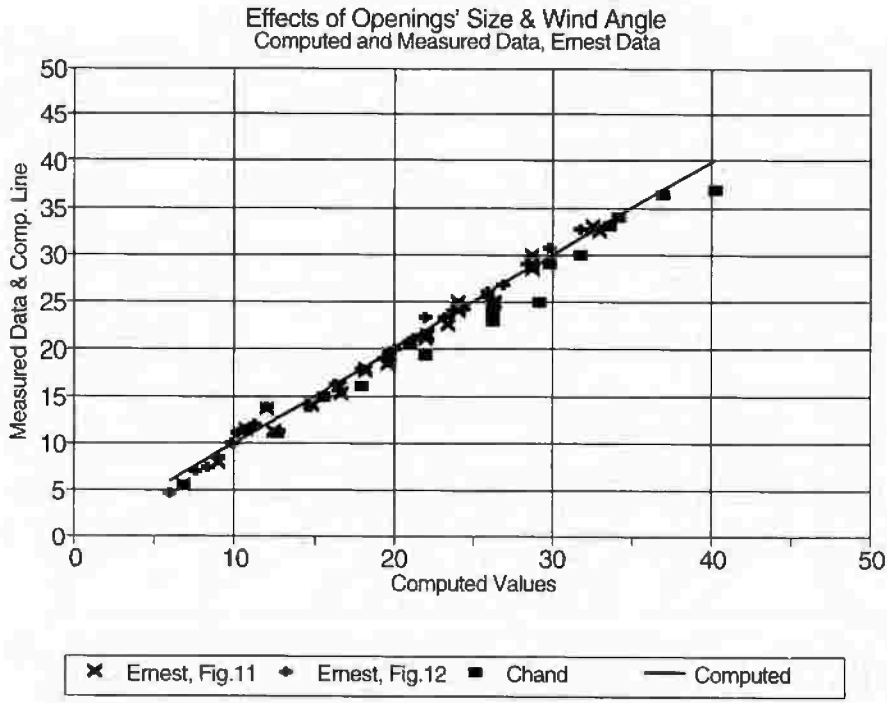
أثر حجم وشكل النوافذ:

لقد قام سوبين Sobin ١٩٨٣ بقياس أثر زيادة حجم النافذة (نسبة مئوية لمساحة الجدار) لثلاثة أشكال للنوافذ: مربعة، أشرطة أفقية Strips، وأشرطة عمودية. فوجد السرعات المتوسطة الداخلية (معدلات البيانات مع اتجاهات الرياح المنحرفة والعمودية)، والتي تم قياسها في «منطقة الإقامة occupation zone» مع ثلاثة أشكال للنوافذ: مربعة، أشرطة أفقية، وأشرطة عمودية، بينما تم الحفاظ على المدخل والمخرج بنفس الحجم، كوظيفة لحجم النوافذ. بينما كانت الفروق صغيرة نسيباً، حيث كان معدل السرعات الأدنى في مخطط بارتفاع منطقة الإقامة مع النوافذ العمودية، والمعدل الأعلى مع النوافذ الأفقية.

وتم احتساب السرعة الدينامية الداخلية المتوقعة بالصيغة المعروضة أعلاه، حيث تضمنت الصيغة عامل ٨.١، لنأخذ بالحسبان الاختلاف في سرعة الريح المرجعية، كما ناقشنا سابقاً. ومع هذه العلاقة تمثل الصيغة أيضاً بيانات سوبين.

الحجم النسبي للمداخل والمخارج (عندما لا تتساوى):

بشكل عام، عندما لا تكون مساحة المداخل والمخارج متساوية، فسوف يكون للمساحة الأصغر الدور الرئيس في تحديد أحوال التهوية، بغض النظر عما إذا كانت فتحة المدخل أو المخرج هي الأصغر. ولقد استنتج هذا من بحثين أجريا في نفق هوائي من قبل الكاتب (Givoni ١٩٦٢،١٩٦٨). حيث كان لزيادة تبلغ حوالي ثلاثة أضعاف حجم المدخل أو المخرج بمفردها أثراً صغيراً نسبياً على معدل السرعة الداخلية. وهكذا يحدد حجم الفتحات الأصغر عملياً أحوال التهوية، سواء أكانت مداخل أم مخارج.



الشكل ٢-١٤ العلاقة بين البيانات المقاسة والمحسوبة لـ Ernest و Chand & Krishak.

السرعة الدينامية المتوسطة والقصوى:

بينما كانت الاختلافات في السرعات الدينامية المتوسطة الداخلية مع اتجاه مفترض للريح، عندما تم الحفاظ على المجموعة نفسها لأحجام النوافذ في الدراسات التجريبية، ولكن مع تغيير المداخل والمخارج، صغيرة تماماً، كان هناك اختلافات هامة جداً في السرعة الداخلية القصوى المقاسة. وبشكل نظامي، فمع مدخل أصغر ومخرج أكبر كانت السرعة الداخلية القصوى أعلى بكثير مقارنة مع الحالات التي عملت فيها الفتحة الأكبر كمدخل، مع مجموعة الأحجام نفسها. ففي العديد من الحالات كانت السرعة الداخلية القصوى أعلى حتى من السرعة الدينامية الخارجية أمام النموذج (انظر الجدول ٢-٤).

فمع أخذ هذه التغييرات بعين الاعتبار، يمكن أن نقترح بأنه قد تكون المداخل الصغيرة مناسبة في الغرف التي يحدد فيها مكان الإقامة Occupancy ويكون قريباً من المدخل ـ على سبيل المثال في غرفة نوم بسرير قريب من النافذة. ففي هذه الحالة، حتى المدخل الأفقي الصغير يستطيع توفير جريان جيد للهواء عبره، لو تم وضعه فوق السرير قليلاً. ولا بد من إمكانية توجيه الهواء بعيداً عن السرير (للأعلى) عندما لايرغب بسرعة عالية، وذلك عن طريق تفاصيل تصميم النافذة. ومن جهة أخرى، ففي غرفة معيشة قد تشغل فيها أية نقطة ـ في مستوى ٠,٥-٠,١م (١,٦٥-٣,٣ ft) فوق الأرضية ـ قد يكون المدخل الكبير أكثر ملائمة حتى لو كان المخرج صغيراً.

الجدول ٢-٤ أثر التهوية المتقاطعة وأحجام المدخل/المخرج (% من سرعة الريح الخارجية القريبة)

	عدد وموقع الفتحات	اتجاه الريح	الجدار ٣/٢		الجدار ٣/٣		العرض الكلي للفتحات
			AVG.	MAX.	AVG.	MAX.	
التهوية المتقاطعة	١، في منطقة الضغط	عمودي	١٣	١٨	١٦	٢٠	
		مائل	١٥	٣٣	٢٣	٣٦	
لا يوجد	١، في أنبوب المص	مائل	١٧	٤٤	١٧	٣٩	
لا يوجد	١، في أنبوب المص	مائل	٢٢	٥٦	٢٣	٥٠	
مع تهوية متقاطعة	٢ في الجدران المجاورة	عمودي	٤٥	٦٨	٥١	١٠٣	
		مائل	٣٧	١١٨	٤٠	١١٠	
	٢ في الجدران المقابلة	عمودي	٣٥	٦٥	٣٧	١٠٢	
		مائل	٤٢	٨٣	٤٢	٩٤	

الجدول ٢-٥ أثر عرض المدخل والمخرج على السرعات الدينامية الداخلية المتوسطة والقصوى (% من سرعة الرياح القريبة)

اتجاه الريح	حجم المخرج	حجم المدخل					
		٣/١		٣/٢		٣/٣	
		AVG.	MAX.	AVG.	MAX.	AVG.	MAX.
عمودية	٣/١	٣٦	٦٥	٣٤	٧٤	٣٢	٤٩
	٣/٢	٣٩	١٣١	٣٧	٧٩	٣٦	٧٢
	٣/٣	٤٤	١٣٧	٣٥	٧٢	٤٧	٨٦
مائلة ٤٥°	٣/١	٤٢	٨٣	٤٣	٩٦	٤٢	٦٢
	٣/٢	٤٠	٩٢	٥٧	١٣٣	٦٢	١٣١
	٣/٣	٤٤	١٥٢	٥٩	١٣٧	٦٥	١١٥

الجدول ٢-٥ أثر عرض المدخل والمخرج على السرعات الدينامية الداخلية المتوسطة والقصوى (٪ من سرعة الرياح القريبة)

التهوية المتقاطعة المعززة في الغرف ذات النتوء الخارجي projection (wing-walls):

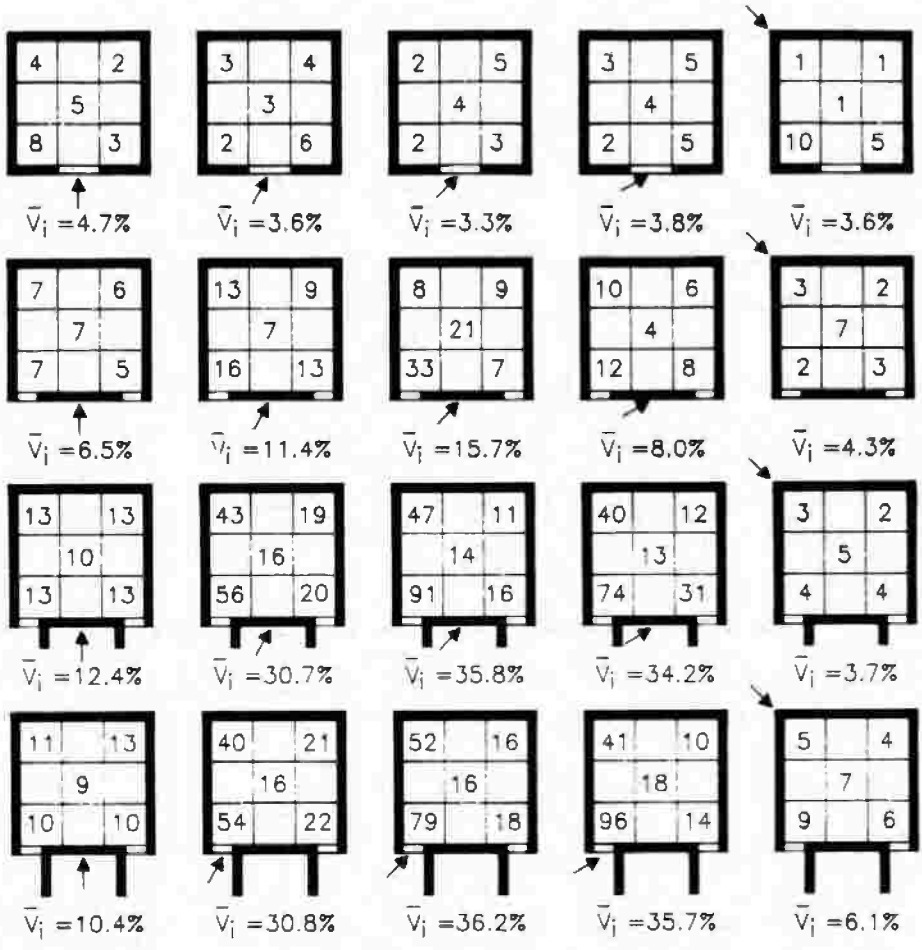
تتمتع الغرفة التي توجد فيها نوافذ في جدار واحد فقط عادة بتهوية قليلة باعتبار درجة الضغط الداخلي ـ الخارجي عبر الفتحة صغيرة جداً. فعندما تكون الرياح منحرفة عن الجدار تجري على طول الجدار وبشك موازي له وتتحقق درجة ضغط صغيرة على الجدار.

ومن الممكن استخدام درجة الضغط هذه بتوفير نافذتين جانبيتين في نفس الجدار. حيث تظهر درجة الضغط عندها بين الفتحتين، ويدخل الهواء من خلال الفتحة المعاكسة لاتجاه الرياح ويخرج من الغرفة من خلال الفتحة الموافقة للريح. ولكن نظراً لصغر درجة الضغط الاعتيادية على الجدار، يكون التحسين في التهوية معتدلاً أيضاً.

وعلى أي حال، فقد أظهرت تجارب أجراها الكاتب (انظر Givoni ١٩٦٨) بأنه عن طريق بعض التعديل على تصميم النافذة، بالإمكان خلق درجات ضغط قوية بين الفتحتين وتحقيق أحوال تهوية قابلة للمقارنة مع الأحوال الموجودة في الأبنية المتمتعة بتهوية متقاطعة بشكل تقليدي. ويتضمن التعديل إضافة نتوء عمودي واحد لكل فتحة، وهو نتوء باتجاه الريح للفتحة المعاكسة للريح، ونتوء بعكس الريح للفتحة الموافقة لاتجاه الريح.

حيث يخلق النتوء المتجه مع الريح للنافذة ضغطاً عالياً أمامها. كما يخلق النتوء المعاكس للريح امتصاصاً قوياً خلفها. وهكذا يتحقق درجة ضغط عالي بين النافذتين، مما يزيد من جريان الهواء في الحيز الذي تقع فيه النافذتين.

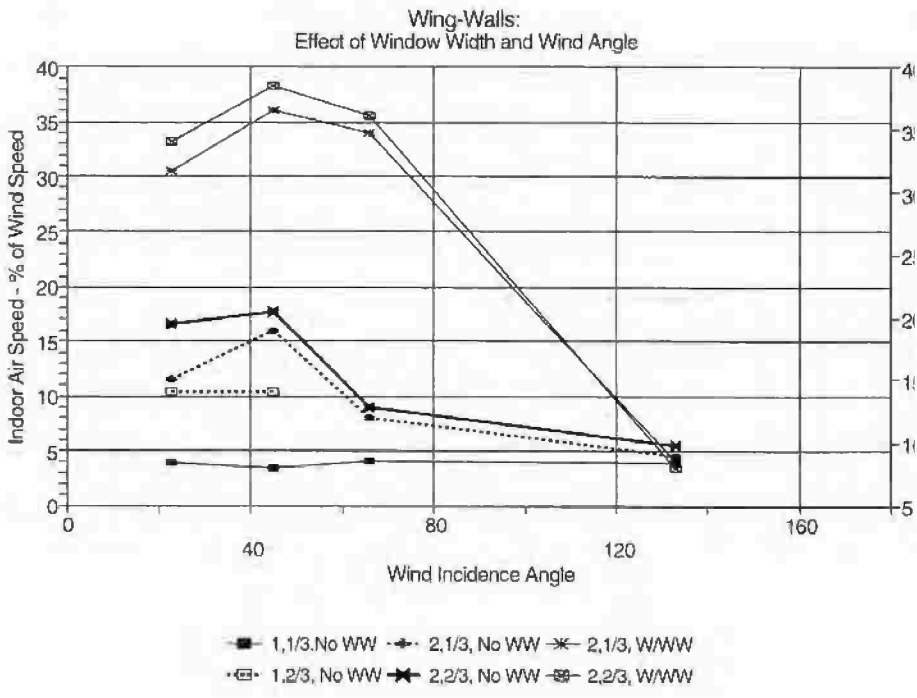
ولقد تم تطوير فكرة استخدام مثل هذه النتوءات لتعزيز التهوية في الأبنية ذات الجدار الخارجي الواحد واختبار أثرها على التهوية أولاً من قبل الكاتب في نفق هوائي (Givoni ١٩٦٢،١٩٦٨،١٩٧٦). وتم قياس توزيع السرعة الدينامية في النماذج - مع ارتفاع ٦٥×٦٥سم (٦٢×٦٢ ft) و٥٠سم (٢٠ ft) - مع جدار «خارجي» واحد فقط، ونافذة أو نافذتين في ذلك الجدار. ثم عبر عنه كنسبة مئوية لسرعة الرياح أمام النموذج، وبنفس الارتفاع عن الأرضية. حيث كان ارتفاع جميع النوافذ ثلث ارتفاع الغرفة بينما كان العرض متغيراً في التجارب. وأخذت هذه القياسات في نماذج بنافذة واحدة أو اثنتين بنفس المساحة الإجمالية، والتي اختلفت في سلاسل الاختبار المختلفة. كما كان الجدار الخارجي بتكييفات مختلفة وفقاً لاتجاه الرياح.



الشكل ٢-١٥ السرعات الدينامية في تشكيلات مختلفة، مع وجود نتوءات أو دونها، باتجاهات مختلفة للرياح.

فمع مساحة للنافذة تبلغ تسع مساحة الجدار، تمت دراسة أثر عمق النتوءات، وموقعها بالنسبة للنوافذ مع التشكيلات التالية:

- فتحتين جانبيتين اعتياديتين مع نفس المساحة الإجمالية كتحكم Control.
- فتحتين جانبيتين مع نتوءات عمودية بعمق مساوٍ لعرض الفتحة.
- فتحتين جانبيتين مع نتوءات عمودية بعمق يساوي ضعف عرض الفتحة.
- فتحتين جانبيتين داخل شرفة بارزة.

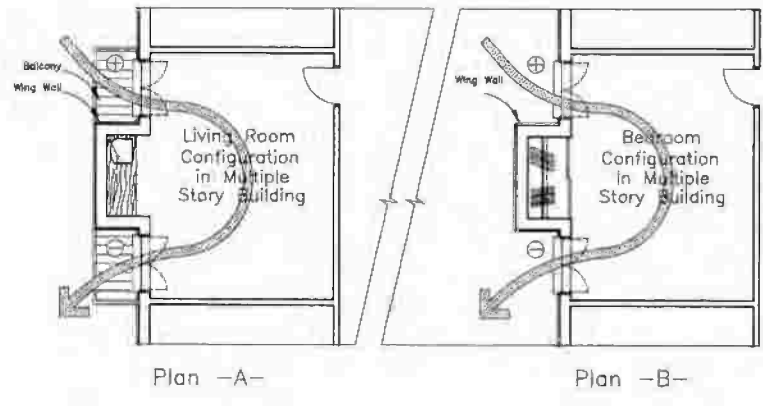


الشكل ٢-١٦ السرعة الدينامية الداخلية المتوسطة في التشكيلات المبينة في الشكل ٢-١٥، كوظيفة لزاوية الريح.

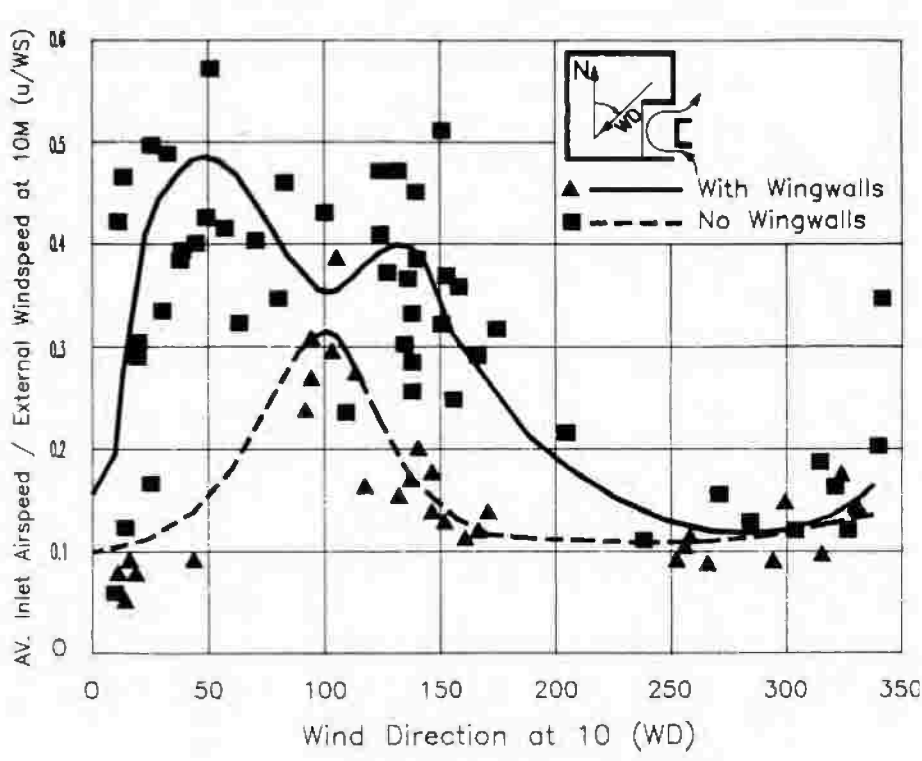
ويعاد وضع توزيع السرعات الدينامية في التشكيلات المختلفة، مع أو بدون وجود النتوءات، بفعل تكييفات مختلفة، في الشكل ٢-١٥ (Givoni ١٩٦٨). كما يبين الشكل ٢-١٦ السرعة الدينامية الداخلية المتوسطة في التشكيلات المختلفة كوظيفة لزاوية سقوط الريح.

كما يمكن خلق اختلافات كبيرة في الضغط ليس فقط عن طريق النتوءات البسيطة بل أيضاً عن طريق عناصر وظيفية معمارية كالكوات alcoves البارزة قليلاً من الغرفة، الشرفات البارزة أو المرتدة، والخ...، كما يوضح الشكل ٢-١٧.

ولقد قام الكاتب بمناقشة تطبيق مثل هذه النتوءات من أجل تعزيز التهوية أثناء زيارته لمركز فلوريدا للطاقة الشمسية (FSEC) مع علماء باحثين في التهوية الطبيعية. ومن ثم، تمت دراسة أداء هذه النتوءات بشكل مكثف من قبل تشاندرا ات ال Chandra et al. (١٩٨٣) في FSEC في مبنى تجريبي كامل. ولقد اخترعوا عبارة «wing-walls» لمثل هذه النتوءات وقاموا بنشر الفكرة في منشورات عديدة (مثل Chandra et al. ١٩٨٣). ويعاد وضع نتائج اختباراتهم في المبنى الكامل في الشكل ٢-١٨.



الشكل ٢-١٧ العناصر الوظيفية المعمارية كالكوات البارزة قليلاً من الغرفة، والشرفات البارزة أو المرتدة.



الشكل ٢-١٨ أثر الـ wing-walls الذي تم قياسه في مبنى كامل من قبل Chan-dra et al.

٣

خاصيات المواد والأداء الحراري للأبنية

مقدمة:

تحدد المواد التي يبنى منها البناء (وبشكل خاص غلافه) العلاقة بين درجة الحرارة الخارجية وأحوال الإشعاع الشمسي، ودرجات الحرارة الداخلية في الأبنية المكيفة بغير الهواء. ففي حالة الأبنية المتمتعة بالتدفئة أو التبريد بواسطة نظام آلي، تحدد مواد الغلاف الطاقة التي يستهلكها النظام للحفاظ على درجات حرارة داخلية ضمن حدود الراحة، كما يحددها جهاز الترموستات.

وتتبع درجة الحرارة الخارجية والإشعاع الشمسي نماذج نهارية دورية. إذ تكون درجة الحرارة الخارجية في أدناها قرب شروق الشمس، وترتفع وتصل إلى أقصاها في ساعة مبكرة من فترة ما بعد الظهيرة، ومن ثم تنخفض. ويتم تمييزها كمياً بمعدل (أي المجال بين الدنيا والقصوى) وتأرجح مفترض حول ذلك المعدل. كما تسبب الطاقة الشمسية، التي تسقط ويتم امتصاصها في أسطح الجدران والسقف أثناء ساعات النهار، ارتفاعاً في معدل درجة الحرارة الداخلية فوق المعدل الخارجي.

وبينما تعد كل من نماذج درجة الحرارة الخارجية والإشعاع الشمسي عوامل مناخية climatological لاتخضع لسيطرة المهندس المعماري، فهناك اختلاف رئيسي بينها من منظور القدرة على السيطرة على تأثيرها على درجة الحرارة الداخلية واستهلاك الطاقة من قبل أنظمة التحكم الحراري الآلية. فباستخدام تفاصيل التصميم، يكون التحكم بأثر الإشعاع الشمسي أسهل بكثير من التحكم بأثر أحوال درجة الحرارة الخارجية.

كما تتبع درجات الحرارة الداخلية في الأبنية التي لايتحكم بها نظام آلي نموذج الهواء الخارجي بدورة مكيفة: أي معدل يكون عادة فوق المعدل الخارجي، مع ارتفاع يعتمد على التحكم الشمسي للبناء (ارتفاع درجة حرارة الهواء الشمس sol-air). وتأرجح يومي يكون عادة أصغر ولكنه قد يكون أعلى أيضاً من التأرجح الخارجي. وتأخير في زمن الحرارة الداخلية القصوى بعد الساعة التي تصل فيها درجة الحرارة الخارجية إلى أقصاها (تأخير زمني).

وتحكم الخاصيات التي تتمتع بها مواد البناء العلاقة بين معدل درجة الحرارة الداخلية وتأرجحها ونموذج درجة حرارة الهواء الخارجي الموافق. كما تحكم ثلاثة خاصيات لغلاف البناء هذه العلاقة وهي: التوصيل الحراري، أو مقاومتها لتدفق الحرارة عبر الغلاف، تغيير درجة حرارة كتلة البناء مع امتصاص وإطلاق القدرة الحرارية الطاقية، وامتصاص (أو انعكاس) الطاقة الشمسية التي تصطدم بالغلاف.

ويتم تحديد التوصيل والمقاومة بخاصيات رئيسية أكثر وهي: قابلية التوصيل الحراري، الكثافة والحرارة المحددة للمواد، وسماكة عناصر البناء المصنوعة منها. كما تحدد الاستجابة تجاه الإشعاع الشمسي الساقط بخاصية رئيسية للسطح وهي: قابلية الامتصاص، والتي تعتمد بشكل رئيسي على اللون الخارجي للبناء وأحوال التظليل.

تبادل الحرارة بين البناء وبيئته:

ينتج الأثر المكيف لمواد الغلاف على درجة الحرارة الداخلية واستهلاك الطاقة من أجل التدفئة والتبريد عن أثرها على تبادل الحرارة بين البناء وبيئته. ويحدث تبادل الحرارة هذا (كل من الخسارة والاكتساب) من خلال الغلاف عن طريق أنماط فيزيائية مختلفة (نناقشها أدناه). وتعتمد درجة التبادل على الخاصيات الحرارية لمواد البناء، والنقل الحراري بشكل رئيسي. كما تطبق إجراءات قياسية في احتساب خسارة الحرارة مختلفة عن احتساب اكتساب الحرارة لبناء ما بسبب التأثيرات المختلفة للتكييف، تظليل النوافذ، ولون الأسطح العديدة، على حسابات اكتساب الحرارة وخسارة الحرارة.

ففي احتساب خسارة الحرارة بهدف تقدير حجم معدات التدفئة، تؤخذ الأحوال الشديدة بالحسبان، دون أي «تلطيف» بواسطة اكتساب الحرارة الشمسية اسمياً. والسبب هو أن «الحالة الأسوأ» تحدث ليلاً من منظور خسارة الحرارة. ولذلك لايؤثر تكييف عناصر الفلاغ المختلفة، وألوانها، على الإجراءات القياسية لحساب خسارة الحرارة. وهكذا يمكن تحديد خسارة الحرارة من أحد الأبنية، وحسابها القياسي، دون اختلاف رئيسي بين التكييفات المختلفة، ودون اختلاف رئيسي بين الأجزاء الغير شفافة (الجدران والسقف) والأجزاء الشفافة (النوافذ) للغلاف (على الرغم من أخذ خاصياتها الحرارية المختلفة ـ أي قيم U ـ بالحسبان).

ويفترض احتساب خسارة الحرارة القياسي أيضاً أحوالاً «مستقرة» ـ أي درجة حرارة داخلية ثابتة بشكل تقريبي (يتم الحفاظ عليها بواسطة نظام تدفئة مفترض) واختلاف كبير بين معدل درجات الحرارة الداخلية والخارجية. ففي هذه الحالة يمكن تجاهل أثر الكتلة الحرارية (القدرة الحرارية) للبناء دون وجود خطأ كبير في تقدير خسارة الحرارة، وخاصة في حساب خسارة الحرارة الأعلى، والحجم الموافق لمصنع التدفئة. وسنناقش لاحقاً إجراء احتساب خسارة الحرارة.

ومن جهة أخرى، يتضمن اكتساب الحرارة لأحد الأبنية عاملين رئيسيين لايتضمنهما الإجراء القياسي لاحتساب خسارة الحرارة، وهو اسمياً اكتساب الحرارة الشمسية وتأثير الكتلة الحرارية لبناء ما على أدائه الحراري. ويتعلق الأمر الهام في اكتساب الحرارة بالحالة الأسوأ، وهي ساعات النهار في فصل الصيف. فقد تشكل الطاقة الشمسية التي يتم امتصاصها في الأسطح الخارجية للأجزاء الغير شفافة للغلاف والتي تتخلل من خلال النوافذ، جزءاً رئيسياً في اكتساب الحرارة الكلي ولايمكن تجاهلها حتى في الإجراءات القياسية المبسطة، كما في حالة احتساب الحرارة. كما يتأثر اكتساب الحرارة بشكل كبير بتكييف النوافذ وأحوال تظليلها، بالإضافة إلى تأثره بألوان الجدران والسقف.

وعلاوة على ذلك، يكون معدل درجة الحرارة الخارجية في الصيف في معظم الأقاليم أقرب إلى منطقة الراحة البشرية مما يكون في الشتاء. وتكون الحرارة القصوى الخارجية اليومية غالباً أعلى من نطاق الراحة بينما تكون الحرارة الدنيا أدنى. وفي هذه الحالة، تحدث القدرة الحرارية للبناء أثراً هاماً على درجة الحرارة الداخلية وحاجات التبريد. ولذلك لابد من أخذ تأثير كتلة البناء بالحسبان عند احتساب النموذج اليومي لاكتساب الحرارة وحاجات التبريد.

أنماط انتقال الحرارة في الأبنية:

يحدث تدفق الحرارة بين أحد الأبنية وبيئته في أنماط فيزيائية عديدة ـ وهي التوصيل، الحمل، والإشعاع ـ وعبر طرق وعناصر مختلفة لغلاف البناء ـ وهي السقف، العناصر الغير شفافة للجدران، والنوافذ، بالإضافة إلى حدوثه عن طريق تسلل الهواء.

فعندما تسبب خسارة الحرارة أو اكتسابها تغيراً في درجة الحرارة، يشار إليه كحرارة محسوسة. أما عندما يرافقها تغير في حالة الماء من سائل إلى بخار (تبخر)، أو العكس (تكاثف)، يسمى عندئذ الحرارة الكامنة. ففي حالات معينة، يجب أيضاً أخذ تحول الحرارة الكامنة بشكل تبريد تبخري و/أو تكاثف (إصدار حرارة) في الأبنية بعين الاعتبار. حيث تحدث خسارة الحرارة بالتبخر عندما تكون جدران البناء وسقفه رطبة، كما يحدث بعد هطول المطر. كما يحدث التكاثف أيضاً على الأسطح الداخلية، أو في مواد البناء، وبشكل رئيسي عندما يرتفع مستوى الرطوبة الداخلية فوق نقطة الندى للأسطح الداخلية. وسنناقش في الفصل الخامس انتقال الحرارة الكامنة بالتفصيل، والذي يحظى بأهمية رئيسية في حسابات شحنة التبريد في الأبنية المكيفة بالهواء.

التوصيل:

التوصيل هو عملية انتقال الحرارة من الجزيئات الأدفئ إلى الأبرد في مادة صلبة. حيث تهتز جزيئات أي مادة، ويصبح هذا الاهتزاز أشد بارتفاع درجة حرارة

تلك المادة. وينتج تدفق الحرارة بالتوصيل عن انتقال الطاقة من الجزيئات الأدفئ والتي تهتز بشكل أسرع إلى الجزيئات الأبرد. وبهذه الطريقة يتحول انتقال الطاقة الحركية للاهتزاز إلى انتقال للحرارة. وهكذا فالتوصيل الحراري في الأبنية هو عملية انتقال الحرارة خلال المواد الصلبة (جدار أو سقف) من الجانب الأحر إلى الجانب الأبرد لعنصر البناء. وتعتمد درجة الانتقال على قابلية التوصيل التي تتمتع بها المادة وسماكة عنصر الغلاف الذي نتحدث عنه. ونناقش تدفق الحرارة بالتوصيل بالتفصيل لاحقاً في هذا الفصل.

الحمل:

الحمل هو انتقال الحرارة عن طريق حركة السائل (الهواء في معظم الحالات) ويحدث تبادل الحرارة بالحمل في حالات عديدة، عندما تنتقل الحرارة من سطح صلب إلى الهواء المجاور، أو العكس بالعكس، أو عند انتقال الحرارة بين سطحين بدرجات حرارة مختلفة بواسطة جريان الهواء. ويمكن أن يكون للحمل شكلين، ينتجان بفعل قوتين: عن طريق اختلافات درجة الحرارة (الحمل الطبيعي، أو الـ thermosyphonic)، وحركة الهواء الناتجة عن الرياح أو المراوح.

كما يحدث الحمل الطبيعي الـ thermosyphonic عندما يدفأ الهواء عن طريق احتكاكه بسطح أحر، أي على سبيل المثال، عندما يتمدد، ويصبح أخف، ويرتفع.؟ ويتدفق عندئذ باتجاه سطح أبرد، ويبرد عن طريق نقل الحرارة إلى ذلك السطح، ويصبح أكثر كثافة، وأخيراً ينخفض. وبهذه الطريقة تنتقل الحرارة عن طريق جريان الهواء من السطح الأحر إلى السطح الأبرد. كما لاتعتمد درجة انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي على اختلاف درجة الحرارة فقط بل تعتمد أيضاً على موقع السطح الحار. حيث ترتفع إلى أعلى حد عندما تكون الأرضية هي السطح الأكثر دفئاً وتنخفض إلى أدنى حد عندما يكون السقف هو السطح الأكثر دفئاً.

ويميل الحمل الطبيعي إلى خلق مطابقة لدرجة الحرارة stratification في الحيز الذي يحدث فيه. حيث يتراكم الهواء الأدفئ قرب السقف والهواء الأبرد قرب الأرضية، مشكلاً طبقات لدرجات الحرارة المرتفعة عندما تأخذ إحداهما بالارتفاع. ويزداد نموذج التصنيف هذا إلى أكبر حد عندما يكون السقف هو السطح الأكثر دفئاً في إحدى الغرف، وهي الحالة الشائعة غالباً في ساعات النهار صيفاً.

ويتولد انتقال الحرارة بالحمل المتسبب بشكل شائع نتيجة جريان الرياح حول البناء (على الأسطح الخارجية لغلاف البناء) أو جريان الرياح خلال الحيز الداخلي (في حالة التهوية المتقاطعة الطبيعية). وتعتمد درجة الانتقال بشكل رئيسي على السرعة الدينامية قرب السطح الذي نتحدث عنه.

ويمكن حدوث انتقال الحرارة بالحمل في الأبنية في حالات عديدة:

أ- تتبادل الأسطح الداخلية للجدران الحرارة عن طريق الحمل مع الهواء الداخلي. ويفترض عادة أن يكون الهواء الداخلي «ساكناً» تقريبياً ويفترض معامل الحمل عادة قيمة ثابتة منخفضة ولابد أن ندرك أنه عندما تتم تهوية البناء، لايكون الهواء الداخلي ساكناً. وعلى أي حال، لاتتوفر أية صيغة مقبولة في الوقت الحاضر لتحديد قيمته في هذه الحالة، ولذلك تطبق القيمة بالنسبة للهواء الساكن عادة على الأسطح الداخلية حتى عندما تتم تهوية البناء.

ب- كما يتبادل السقف الحرارة مع الخواء الداخلي أدناه عن طريق الحمل، بالإضافة إلى تبادلها مع الحيز العلوي (عندما يحتوي السقف على علية). وتختلف قيمة معامل الحمل في الشتاء - حيث يكون البناء المدفأ أدفئ من الهواء الخارجي وتتدفق الحرارة إلى أعلى. أما في الصيف، يكون السقف المعرض للشمس أحر من الهواء الداخلي، وتتدفق الحرارة إلى أسفل. ويكون تدفق الحرارة بالحمل إلى الأعلى أكبر منه إلى الأسفل.

ت- تتبادل الأسطح الخارجية المعرضة للريح الحرارة مع الهواء المحيط عن

طريق الحمل. وتؤدي سرعة الريح إلى زيادة معامل الحمل بشكل كبير. وعلى الرغم من تغير سرعة الريح بشكل مستمر واختلافها على الجدران المتعددة للبناء نفسه، تفترض سرعة ثابتة للريح في الحسابات القياسية، مؤدية إلى معامل حمل خارجي ثابت مفترض.

ث- وفي الجدران التي تتوفر فيها فسحات داخلية هوائية مطوقة، تتدفق الحرارة عن طريق الحمل من الجانب الأدفئ إلى الجانب الأبرد للفسحة الهوائية. ويسخن الهواء قرب السطح الأدفئ للحيز، ويرتفع، ويتدفق باتجاه السطح الأبرد حيث ينخفض، حاملاً الحرارة من الجانب الأدفئ إلى الجانب الأبرد للفسحة الهوائية. ويتم تدفق الحرارة الداخلي بالحمل فقط عن طريق الاختلافات في درجة الحرارة (الحمل الطبيعي). وفي حالة الفسحة الهوائية في بنية السقف، يتم تعزيز الحمل في الشتاء، حيث يكون الحيز الداخلي أدفئ من الخارج، ويحد منه في الصيف، عندما يكون السقف أدفئ من الحيز الداخلي.

ج- ويحدث انتقال الحرارة بالحمل أيضاً عندما تتم تهوية البناء، حيث يتدفق الهواء الخارجي خلال الحيز الداخلي. فإذا اختلفت درجة حرارة المحيط عن درجة حرارة أي عنصر للحيز الداخلي، يحدث انتقال الحرارة بالحمل. فعلى سبيل المثال، عندما تتم تهوية البناء ليلاً، يتم تبريد كتلته عن طريق انتقال الحرارة بالحمل من الجدران والسقف الأكثر دفئاً إلى الهواء المتدفق الأبرد. وبعكس ذلك، فعندما تتم تهوية البناء، وخاصة البناء عالي الكثافة، أثناء ساعات النهار الحارة، تتم تدفئة كتلته عادة عن طريق الحمل بواسطة الهواء الخارجي الأحر.

ح- التسلل هو عبارة عن تسرب غير مقصود (غير متوقع) للهواء الخارجي من خلال الشقوق حول النوافذ والأبواب. وقد يشكل في الشتاء مصدراً هاماً لخسارة الحرارة، ومصدراً لاكتساب الحرارة أثناء ساعات الحر صيفاً، وخاصة في حالة الأبنية المعزولة بشكل جيد.

تبادل الحرارة بالإشعاع:

إن انتقال الحرارة بالإشعاع هو عبارة عن الطاقة المتبادلة بين الأسطح عن طريق الأمواج الالكترومغناطيسية (المغناطيسية الكهربائية) عبر حيز ما. حيث يقوم أي سطح بإصدار طاقة إشعاعية يمكن وصفها إما بـ «أجزاء» منفصلة (فوتونات) أو أمواج بأطوال معينة. ففي سياق انتقال الحرارة بالإشعاع في الأبنية، يكون الوصف الخاص بالموجة هو الوصف القابل للتطبيق. حيث يكون منشأ الطاقة الإشعاعية المقذوفة عبارة عن اهتزاز جزيئات السطح. وهو ينسب إلى القوة الرابعة (المربعة) لدرجة حرارة السطح المطلقة (٢٧٣+°C أو ٤٩٢+°F). فنتيجة خسارة الطاقة عن طريق الإشعاع الصادر، يتم خفض درجة حرارة العنصر المصدر للإشعاع. ويتم نشر موجة الإشعاع خلال الحيز حتى تصطدم بسطح غير شفاف، حيث يتم امتصاصها جزئياً (وعكسها بشكل جزئي). ويزيد الإشعاع الممتص اهتزاز جزيئات السطح مؤدياً بذلك إلى رفع درجة حرارة المادة التي حدث فيها الامتصاص. كما يصدر (يشع) السطح الأكثر دفئاً من محيطه طاقة أكبر من الإشعاع الذي يحصل عليه من الأسطح الأبرد من حوله. وبهذه الطريقة تنتقل الحرارة بواسطة الإشعاع من الأسطح الأدفئ إلى الأبرد.

كما يقاس طول موجة الطاقة الإشعاعية بالميكرون (جزء من مليون من المتر) أو النانومتر (جزء من بليون من المتر، ويختصر nm). فكلما كان طول الموجة أقصر كلما كان مستوى طاقة الإشعاع أعلى. ولابد من التمييز بين الإشعاع الشمسي الموجي القصير (تمت مناقشته في الفصل الثاني) والإشعاع الحراري الموجي الطويل (يناقش في هذا الفصل)، وذلك من منظور خاصيات مواد البناء ودور الإشعاع في توازن طاقة الأبنية. إذ يقسم الإشعاع الشمسي ذاته بشكل واسع إلى زمر ثلاث لأطوال الموجة وهي: فوق البنفسجي (أدنى من ٤٠٠nm)، والذي يحدث آثاراً بيولوجية. والإشعاع المرئي (الضوئي) (٤٠٠-٧٦٠nm). والأشعة تحت الحمراء (٧٦٠-٣٠٠٠nm)، والتي لاتمكن رؤيتها بالعين البشرية ولكنها تحدث أثراً في

التدفئة. أما بالنسبة للإشعاع الحراري (الموجي الطويل)، والذي يتم إصداره من الأسطح بدرجات حرارة شائعة على الأرض، فيتراوح مجال طول موجته بين ٣٠٠٠-٢٠,٠٠٠ nm.

وتتمتع الأسطح المبنية من مواد غير شفافة بثلاث خاصيات تحدد سلوكها فيما يتعلق بالإشعاع ـ وهي قوة الإشعاع، قابلية الامتصاص، وقابلية الانعكاس ـ والتي قد تختلف مع طول الموجة المحدد للإشعاع. وتتعلق قوة الإشعاع بإصدار وامتصاص الإشعاع الموجي الطويل، بينما تتعلق قابلية الامتصاص والانعكاس التي يتمتع بها السطح باستجابته للإشعاع الشمسي. وقوة إشعاع سطح ما، E، هي قدرته على إصدار إشعاع موجي طويل، نسبة إلى جسم أسود «تام». (و «الجسم الأسود» هو جسم، أو سطح يمتص كامل الإشعاع الساقط). ويعطى الإشعاع الموجي الطويل، راد Rad، الصادر من سطح يتمتع بقوة إشعاع مفترضة E بالعلاقة:

$$\mathbf{Rad = E\ (T/100)\ 4}$$

حيث T هي درجة الحرارة المطلقة (١٥.C+273) أو (F+459.67) هو ثابت ستيفن ـ بولتزمان Steven-Boltzmann، يتمتع بقيمة ٥,٦٧ في النظام المتري و١٧١٣,٠ في النظام البريطاني.

وتبلغ قوة إشعاع سطح أسود «تام» (١). بينما تكون قوة إشعاع الأسطح الأكثر شيوعاً (باستثناء المعادن)، بغض النظر عن لونها، حوالي ٠,٩. وقوة إشعاع المعادن المطلية (كورق الألمنيوم) حوالي ٠,٠٥.

كما تعتمد قابلية امتصاص الإشعاع الشمسي، a، لسطح ما على لونه. فهو يحدد جزء الإشعاع الشمسي الساقط الذي يتم امتصاصه على السطح وتحويله إلى طاقة حرارية. أما قابلية الانعكاس، r، فهي جزء الإشعاع الشمسي الساقط الذي ينعكس بعيداً، دون التأثير على درجة حرارة السطح. ولذلك فإن:

$$\mathbf{a - ١ = r}$$

أما فيما يتعلق بالإشعاع الموجي الطويل، تتساوى قيم قوة الإشعاع وقابلية الامتصاص التي يتمتع بها سطح مفترض، وهي اسمياً:

$$a = E$$

وعلى أي حال، فبالنسبة للإشعاع الشمسي، يمكن أن تختلف قيم قابلية الامتصاص لسطح مفترض إلى حد كبير. إذ يعد اللون المرئي لسطح ما مؤشراً جيداً على قابلية الامتصاص التي يتمتع بها ولكن ليس على قوة الإشعاع.

وتكون قوة إشعاع جميع الأسطح الاعتيادية، باستثناء المعادن، نفسها تقريبياً بغض النظر عن ألوانها ـ وهي اسمياً حوالي ٠,٩ . كما تختلف قابليات امتصاصها، من جهة أخرى، بشكل كبير استناداً إلى لون السطح. وهكذا على سبيل المثال، يتمتع سطح اعتيادي /أبيض اللون بقابلية امتصاص منخفضة جداً (حوالي ٠,٢-٠,٣) وقد يتمتع سطح غامق بقابلية امتصاص تبلغ حوالي ٠,٨، ولكن قوة إشعاع كل منهما هي حوالي ٠,٩ .

ألبيدو الأسطح: Albedo

تعرف الاستجابة الكلية لسطح ما تجاه الإشعاع عبر الطيف الشمسي الكلي متضمناً الأشعة تحت الحمراء التي لاترى للعين البشرية ـ وقابلية انعكاسه الفعالة ـ على أنها albedo ذلك السطح. حيث يكون للأسطح الملونة التي تبدو لها ظلمة (أو سطوع) متشابه، albedo مختلف وسيكون لها درجات حرارة مختلفة بفعل التعرض لأحوال مفترضة للإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء. وعلى أي حال، فمن المفهوم العملي، يعدلون السطح مؤشراً جيداً على قابلية الانعكاس التي يتمتع بها.

فعندما يصطدم الإشعاع الشمسي بعنصر زجاجي شفاف أو نصف شفاف، يجب أن نأخذ خاصية أخرى بالحسبان ـ وهي قابلية النقل التي تتمتع بها المادة. حيث يرسل جزء من الإشعاع إلى الداخل، وينعكس جزء منه، ويمتص جزء داخل مادة

الزجاج. حيث تتمتع مختلف المواد الزجاجية بقابلية انعكاس وامتصاص مختلفة جداً، كما ناقشنا في الفصل الثاني.

التغييرات في أنماط انتقال الحرارة:

أثناء عملية التدفق من خلال جدار أو سقف، قد تغير الحرارة نمط انتقالها. ولذلك، تصل الطاقة الشمسية إلى جدار ما بشكل إشعاع موجي قصير، ويتم امتصاصها في السطح الخارجي، وتدفقها عبر مادة الجدار عن طريق التوصيل. وربما يتم رفع حرارة السطح الخارجي إلى درجة حرارة أعلى من البيئة المحيطة وخسارة جزء من الطاقة الممتصة عن طريق الحمل والإشعاع الموجي الطويل إلى البيئة الخارجية. ولو تضمن الجدار فسحة هوائية، تتدفق الحرارة عبر الفسحة بواسطة اجتماع الحمل والإشعاع الموجي الطويل، وتستمر بالتدفق من خلال الطبقة الداخلية عن طريق التوصيل. وفي النهاية، تنتقل الحرارة من السطح الداخلي إلى الهواء الداخلي والأسطح الداخلية بواسطة الحمل والإشعاع الموجي الطويل، على التوالي.

الخاصيات الحرارية للمواد وعناصر البناء:

تنظم المواد في الأبنية لتشكيل عناصر بسماكة محددة وهي: غلاف البناء (الجدران الخارجية والسقف) والعناصر الداخلية (الطوابق والقواطع الداخلية). وقد يتألف كل عنصر من عدة طبقات من مواد مختلفة. ويحدد تركيب الطبقات المختلفة في الغلاف، وإلى حد ما، في الطبقات الداخلية أيضاً، الأداء الحراري للبناء. وهكذا يعتمد تأثير عناصر البناء على الأداء الحراري على الخاصيات الفيزيائية، السماكة، وتوضع (داخل العنصر) الطبقات التي تتألف منها العناصر.

كما يناقش هذا الفصل الخاصيات الحرارية لمواد البناء والتي تؤثر على درجات الحرارة الداخلية في الأبنية المكيفة بغير الهواء والأبنية الشمسية السلبية، واستهلاك الطاقة في الأبنية المتمتعة بتدفئة وتبريد آلي. ولقد ناقشنا في الفصل الثاني خاصيات المواد الزجاجية فيما يتعلق بالإشعاع.

وتتجلى الخاصيتان الحراريتان الرئيسيتان لعناصر البناء، واللتان تتحكمان بتدفق الحرارة وتحددان تأثيرها على الأداء الحراري للأبنية، في مقاومتها الحرارية، R، (أو عكسها، قيمة U)، وقدرتها الحرارية. وتعد خاصيات العنصر هذه وظيفة لخاصيات المواد وسماكة الطبقات التي تتألف منها. أما الخاصيات الرئيسة للمواد فهي الكثافة (c)، قابلية التوصيل (K)، والحرارة المحددة (C).

كما يخلق التفاعل بين المقاومة الحرارية (أو قيمة U) والقدرة الحرارية لعناصر البناء وتسلسل (ترتيب) الطبقات التي تتألف منها، خاصيات حرارية خاصة مركبة للعناصر وهي: الثابت الحراري الزمني (TTC) والقدرة الحرارية اليومية (DHC). ونعرف المعنى الفيزيائي وتأثير الخاصيات المركبة هذه أدناه.

وبالإضافة إلى الخاصيات الحرارية للمواد، تقوم أسطح عناصر البناء بامتصاص وعكس الإشعاع الشمسي الذي يصطدم بالسطح، وإصدار وامتصاص الإشعاع الموجي الطويل. كما تقوم العناصر الشفافة وشبه الشفافة (الزجاج) بنشر جزء من الإشعاع الساقط. وهكذا فإن خاصيات المواد المرتبطة بالإشعاع هي: قابلية الامتصاص (a)، وقابلية الانعكاس (r)، وقابلية النشر (t)، وقوة الإشعاع (E). ونعرف هذه التعابير أيضاً في المقطع التالي.

تعاريف الخاصيات ووحداتها (الوحدات البريطانية بين قوسين):

- قابلية التوصيل الحراري (K): وهي درجة تدفق الحرارة خلال لمساحة سطح واحدة لعنصر بناء بسماكة واحدة، وفرق درجة حرارة لكل واحدة. وواحدتها هي C.m/W (Btu.in/ft2.F أو Btu/h.ft.F).
- الكثافة (p): الكتلة لكل واحدة حجم، kg/m3 (lb/ft3).
- الحرارة المحددة (C): وهي الطاقة المطلوبة لرفع درجة حرارة كتلة واحدة بكل درجة سيلسيوس. وواحدتها هي Btu/lb.FWh/kg.C.

● القدرة الحرارية الحجمية:(Cv) وهي الحرارة المحددة المضاعفة بالكثافة. والطاقة المطلوبة لرفع درجة حرارة واحدة حجم للمادة بدرجة واحدة. وواحدتها هي Wh/m3.C (Btu/ft3.F). هكذا فإن:

$$Cv = P*c$$

● قابلية النشر الحرارية (a): قابلية التوصيل (k)، المقسمة بالقدرة الحرارية المحددة، اسمياً. وهي a = (c.p/k). (وواحدتها هي m2/h).

خاصيات مواد البناء:

● قيم توصيل السطح :(ho and hi) وهي معاملات تبادل الحرارة بين أسطح الجدار (أو السقف) والهواء الخارجي والداخلي على التوالي. ووحدتها على (Btu/h.ft2.F W/m2.C).

● مقاومات السطح :(ro and ri) أي عكوس قيم توصيل السطح: ro = l/ho and ri = l/hi على التوالي.

● المقاومة الحرارية :(rj) لطبقة مفترضة ضمن عنصر بناء هي نسبة السماكة (l) لطبقة مفترضة إلى قابلية التوصيل لمادة تلك الطبقة، اسمياً: rj = lj/kj. والمقاومة الحرارية الإجمالية لعنصر مؤلف من طبقات عديدة، R، هي مجموع مقاومات الطبقات الفردية، متضمناً مقاومة السطح، بغض النظر عن ترتيب الطبقات داخل العنصر: R = (rj).

وتعتمد مقاومات الطبقات الهوائية للسطح (الهواء المتصل بالأسطح) على السرعة الدينامية قربه. ويتعرض السطح الداخلي عادة للهواء الساكن وتكون مقاومته المفترضة بشكل شائع، Rin، ٠,١٢ في النظام المتري و٠,٦٨ في النظام البريطاني. كما يعرض السطح الخارجي عادة للريح (ويفترض أن تكون حوالي ٧ s/m، ١٥ mph في الحسابات القياسية). وتكون مقاومة طبقته المفترضة بشكل

شائع ٠,٠٣ في النظام المتري و٠,١٧ في النظام البريطاني.

● النقل الحراري (قيمة U): وهو النقل الحراري من خلال واحدة مساحة للعنصر، في واحدة زمن (ساعة)، لكل واحدة اختلاف في درجة الحرارة بين درجات حرارة الهواء الداخلي والخارجي. وواحدتها هي w/m2.C (Btu/h.ft2.F).

● القدرة الحرارية (Q): وهي الطاقة المطلوبة لرفع درجة حرارة واحدة مساحة لعنصر البناء بدرجة واحدة. وواحداتها هي wh/m2.C (Btu/ft2.F). انظر الملاحظة أ.

● الثابت الحراري الزمني (TTC) وهو الناتج الفعال للمقاومة الحرارية والقدرة الحرارية لأحد عناصر الغلاف. وواحدته هي الزمن (ساعات). وTTC هو عبارة عن حاصل نواتج القدرة الحرارية، Q، والمقاومة، R، وقيم الطبقات المختلفة، عندما يتم احتساب مقاومة كل طبقة من السطح الخارجي. ونوضح لاحقاً في هذا الفصل إجراء احتساب TTC. انظر الملاحظة ج .

● القدرة الحرارية النهارية لمساحة الواحدة (w/m2.C:،dhc) (Btu/h.ft2.F) وهي الطاقة الشمسية المتخللة التي يتم تخزينها أثناء ساعات النهار في مساحة واحدة لعنصر الكتلة الحرارية والتي يتم إطلاقها للحيز الداخلي أثناء ساعات الليل، لكل درجة تأرجح للحرارة. انظر الملاحظة د.

● القدرة الحرارية النهارية للعنصر (W/C:،DHC) (Btu/h.F) وهي الطاقة الشمسية التي تيم تخزينها أثناء ساعات النهار في عنصر ما وإطلاقها إلى الحيز الداخلي أثناء الليل، لكل درجة تأرجح للحرارة. انظر الملاحظة د .

خاصيات المباني الكاملة:

● معاملات خسارة الحرارة للمباني UA و :(BLC) يعبر UA عن خسارة أو اكتساب الحرارة الإجمالية الساعية لكامل البناء، لكل درجة اختلاف بين درجات الحرارة الداخلية والخارجية. وهي حاصل قيم U لعناصر الغلاف المختلفة (بما فيها النوافذ)، والمضاعفة بمساحاتها الخاصة. وواحدتها هي W/C (Btu/h.F).

أما BLC فهو معامل خسارة الحرارة اليومية لكامل البناء، لكل درجة اختلاف بين المعدلات اليومية لدرجات الحرارة الداخلية والخارجية. وواحدته هي Btu/ (F.Day) Wh/C.Day.

● القدرة الحرارية النهارية الإجمالية للبناء :(BLCB) وهي الطاقة الشمسية التي يتم تخزينها أثناء ساعات النهار في جميع عناصر الكتلة الحرارية وإطلاقها إلى الحيز الداخلي أثناء الليل، لكل درجة تأرجح للحرارة. وواحدتها هي (Btu/ F.Day Wh/C.Day).

● ولمناقشة الاختلافات في تأثيرات كل من TTC،UA ، و BLC على الأداء الحراري للأبنية.

الخاصيات الإشعاعية للأسطح والزجاج:

● قوة الإشعاع (E): وهي قدرة السطح على إصدار إشعاع موجي طويل، نسبة إلى الإشعاع الصادر عن «جسم أسود».

● قابلية الامتصاص (a): وهي جزء الإشعاع الساقط الذي يتم امتصاصه على السطح. وبالنسبة للإشعاع الموجي الطويل: a = E. ولايكون الإشعاع الشمسي، E، غالباً مساوياً لـ a.

● قابلية الانعكاس (r): وهي جزء الإشعاع الساقط الذي يتم عكسه بعيداً. وهو بالنسبة للأسطح الغير شفافة r = ١- a.

● النشر الشمسي للزجاج :(tg) وهو جزء الطاقة الشمسية الساقطة التي يتم نشرها في الداخل من خلال العنصر الزجاجي.

ملاحظات حول تأثير خاصيات المواد:

أ- العلاقة بين الكثافة والقدرة الحرارية: لعنصري القدرة الحرارية الحجمية -

وهما الكثافة والحرارة المحددة ـ يكون مجال الأولى صغيراً جداً. وتعد الحرارة الأكبر المحددة من بين مواد البناء هي حرارة الخشب والبلاستيك (٠,٤-٠,٥، وفقاً لحجم الماء فيها) والأدنى هي حرارة الفولاذ (٠,١١)، بحيث يكون المجال الكلي حوالي ١-٤,٥. وخلافاً لذلك، فإن مجال كثافة مواد البناء يكون واسعاً جداً. حيث تكون كثافة الهواء (والذي يمكن اعتباره «مادة بناء» على شكل فسحات هوائية) حوالي ١,١٥، بينما كثافة الاسمنت الكثيف هي ٢٤٠٠ ـ أي مجال من ١-٢٠٠٠ تقريباً. وحتى لو اعتبرت كثافة البوليسترين الخفيف الممدد (٢٠) الأدنى بين مواد البناء التي نستخدمها، يكون المجال من ١-١٢٠. وكنتيجة لذلك، يظهر ارتباط وثيق للقدرة الحرارية لجدار ما، أو للبنية ككل، يوزنها ذلك الجدار.

ونظراً لتشابه الحرارة المحددة لمعظم المواد الحجرية تقريباً (الاسمنت، الآجر، الحجر، والطوب) (أي بحدود ٠,٢-٠,٢٤ Whr/kg) أو (Btu/lb.F)، تنسب القدرة الحرارية الإسمنتية بشكل هام إلى الكثافة والحجم الكلي لتلك المادة.

ب- دور قابلية النشر في الأداء الحراري للأبنية: تؤدي قابلية النشر الأعلى إلى نشر أسرع للحرارة من خلال كتلة المادة. ففي معظم مواد البناء التي يتم استخدامها بشكل شائع، تزداد كل من قابلية التوصيل والقدرة الحرارية مع كثافة المادة، بحيث لاتظهر علاقة واضحة وبسيطة بين الكثافة وقابلية النشر.

وبالنسبة لمعظم مواد البناء، تنسب القدرة الحرارية للكثافة، بينما تزداد قابلية التوصيل بشكل غير متناسب أسرع مما تزداد مع الكثافة المتزايدة. وهكذا على سبيل المثال، يكون للاسمنت الصب مع كثافة ٢٢٠٠ kg/m3 (137 lb/ft3)، قابلية توصيل تبلغ حوالي ١,٣ (m.C/W) (٧٥.٠ Btu/hr.F.ft) بينما تكون قابلية توصيل الاسمنت خفيف الوزن مع كثافة ٦٠٠ kg/m3 (37.5lb/ft3) فقط حوالي ٠,٢ (٠,٠١٢). وبالنتيجة، تكون قابلية النشر التي يتمتع بها الاسمنت الكثيف أكبر بـ٠,٨ مرة من الاسمنت خفيف الوزن.

ويعد دور قابلية النشر فيما يتعلق بالأداء الحراري للأبنية نظرياً بشكل رئيسي، إذ يدخل في العديد من الحلول التحليلية لمشكلات نقل الحرارة غير المستقرة.

ت- الثابت الحراري الزمني : (TTC) إن الثابت الحراري الزمني لعنصر من عناصر الغلاف هو الخاصية الرئيسة، في الأبنية المكيفة بغير الهواء، والتي تحدد تأثير ذلك العنصر على تباطؤ تأرجح درجة الحرارة الداخلية، نسبة إلى تأرجح درجة الحرارة الخارجية. وهو حاصل نواتج القدرة الحرارية، Q، والمقاومة R، لمختلف الطبقات في العناصر - أي اسمياً، حاصل قيم R×Q. كما أنه يعتمد على تنظيم (تسلسل) الطبقات التي يتألف منها العنصر. فعلى سبيل المثال، يتم حساب قيمة QR للطبقة الثالثة بالصيغة:

$$QR3 = [l/ho + (l/k)2 + ((l/2)/k)3*(l*p*c)3$$

وهي مكافئة لـ:

$$QR3 = [ro + r1 + r2 + 0.5*r3]* (l*p*c)3 \text{ (Givoni 1979)}$$

ونعرض لاحقاً في هذا الفصل مناقشة أكثر تفصيلاً حول TTC وإجراء حسابها، متضمنة مثالين عدديين.

ث- القدرة الحرارية النهارية :(DHC) تحدد القدرة الحرارية النهارية (DHC) للبناء قدرة كتلته الحرارية الداخلية على امتصاص الطاقة الشمسية المتخللة عبر النوافذ، متجاوزة بذلك الأثر المكيف للجدران والسقف، وعلى إطلاق الحرارة الممتصة ثانية إلى الهواء الداخلي أثناء ساعات الليل. كما تحدد HC القدرة الفعالة لبناء تتم تهويته في الليل وإغلاقه أثناء ساعات النهار على خزن «الطاقة الباردة» الليلية. وتعتمد هذه الآثار بشكل رئيسي على خاصيات الطبقة المعرضة مباشرة للهواء الداخلي والتي تعبر عن الناتج الفعال للقدرة الحرارية لتلك الطبقة وقابلية التوصيل التي تتميز بها مادتها .كما تحدث الطبقات في عنصر بناء مفترض والتي

تكون أبعد عن الحيز الداخلي، أثراً صغيراً على قدرة ذلك العنصر على خزن وإطلاق الطاقة الشمسية، أو الطاقة الليلية «الباردة»، أثناء الدورات اليومية. وتتمتع DHC بأهمية خاصة في التدفئة الشمسية السلبية بالاكتساب المباشر والتبريد الليلي بالتهوية في الأبنية. وواحداتها هي Wh/C أو Btu/F.

والقدرة الحرارية النهارية للبناء ككل (DHC)، هي حاصل القدرة الحرارية النهارية لجميع عناصر الكتلة المحيطة بالحيز الداخلي للبناء والواقعة في داخله (أجزاء داخلية)، والتي تسهم بشكل فعال في عملية الخزن الحراري النهاري للحرارة التي تجتاز غلاف البناء:

$$DHC = Ai \times (dhc)\ i$$

ولقد تم تطوير مفهوم القدرة الحرارية النهارية من قبل بالكومب (Balcomb et Balcomb،al. 1982 ١٩٨٣). كما قام الكاتب بتطوير نموذج رياضي للتنبؤ بالأثر الكمي DHC على أداء الأبنية المتمتعة بتدفئة سلبية بالاكتساب المباشر للحرارة (انظر Givoni ١٩٨٧)، وسنقوم بشرحه في الفصل الرابع.

قابلية التوصيل الحرارية لمواد البناء الشائعة:

بالنسبة للمواد الحجرية (الاسمنت، الآجر، الخ.....)، تزداد قابلية التوصيل مع كثافة المادة: فالاسمنت الكثيف (كثافة تبلغ حوالي ٢,٣٠٠ kg/m3 أو ١٤٤ lb/ft3) يتمتع بقابلية توصيل أعلى من الاسمنت الإنشائي، الـ autoclaved خفيف الوزن (كثافة حوالي ٧٠٠ kg/m3 أو ٤٤ lb/ft3).

ويبين الشكل ٣-١ العلاقة بين الكثافة (بـ kg/m3) وقابلية التوصيل فيما يتعلق بالمواد الحجرية الصلبة: مختلف أنواع الأحجار، أنواع مختلفة من الاسمنت بنطاق واسع للكثافة، أو الآجر. ولقد تم جمع البيانات من مصادر عديدة مختلفة، وبشكل رئيسي من (١٩٩١) Szokolay وكتيب ASHRAE (١٩٨١). والصيغة التي تصف هذه العلاقة بالنسبة للمواد الحجرية هي:

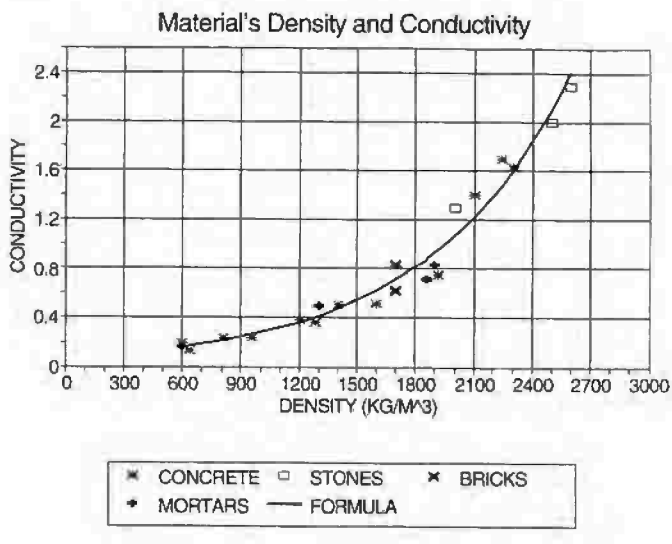
$$\text{قابلية التوصيل} = 0.072 * \exp\ (1.35* (\text{Density}/1000)$$

حيث يمكن استخدام هذه الصيغة لتقدير قابلية توصيل المواد الحجرية عندما تعرف الكثافة.

أما مواد العزل، كالرغوات foams البلاستيكية والفابيرجلاس، فهي خفيفة الوزن جداً. إذ لاتظهر علاقة واضحة لقابلية توصيل رغوات البلاستيك العازلة، كالبوليسرين والبوليروثان polyure than، بكثافة الرغوة، ويكون مجالها بين ٠,٠٢٥ و٠,٠٣٥ (٠,١٧ و٠,٢٤ Btu.in/h.ft2.F).

كما يبين الجدول ٣-١ في الصفحة.... قابلية التوصيل لمختلف مواد البناء. حيث تختلف القيمة الفعلية لقابلية التوصيل لمادة مفترضة للبناء أيضاً مع حجم الرطوبة (والذي يختلف تباعاً بفعل أحوال مختلفة للكشف).

ولذلك يمكن اعتبار أية قيمة مؤسسة كتقارب فقط للقيمة الفعلية التي نجدها في كشف ميداني.



الشكل ٣-١ العلاقة بين الكثافة (بـ kg/m3) وقابلية التوصيل بالنسبة للمواد الحجرية الصلبة. من مصادر مختلفة.

قابلية التوصيل والمقاومة لعناصر بناء مبتكرة:

يتم تصنيع العديد من عناصر البناء، مثل الآجر، قوالب الاسمنت، ألواح الجص، والعزل الـ batt، بسماكات قياسية ومن ثم تجميعها كأجزاء من المقطع العرضي لعناصر الغلاف. ومن المفيد معرفة قابلية التوصيل والمقاومة التي تتمتع بها هذه العناصر بالنسبة لهذه السماكات القياسية، وذلك لتسهيل عملية حساب قيمة U للعناصر المجمعة. ويبين الجدول ٣-٢ قابلية التوصيل والمقاومة لعدد من المنتجات المصنعة. ونشير إلى قابلية توصيل مثل هذه المنتجات القياسية المبتكرة بـ C، ومقاومتها C/l = R. كما يمكن إضافة مقاومات طبقة مفترضة إلى مقاومات طبقات أخرى، لإنتاج المقاومة الكلية لعنصر البناء. وتضم العديد من الكتب (مثل Stein et al،ASHRAE Handbook 1981 ١٩٨٦) جداولاً مفصلة لقابلية التوصيل والمقاومة للعديد من عناصر البناء الموحدة تلك.

الجدول ٣-١. قابلية التوصيل الحرارية لبعض مواد البناء

المادة	النظام المتري (W/m.C)	الوحدات البريطانية ($Btu.in/ft^2.hr.F$)
	١,٧	١٢
	١,٥	١٠,٥
	١,٣	٩
	١,٣	٩
	٠,٧	٥,٠
	٠,٨	٥,٥
	٠,٧	٥
	٠,٢٥	١,٨
	٠,١٦	١,١
	٠,١٦	١,١
	٠,١٢	٠,٨
	٠,١٢	٠,٨
	٠,٠٥	٠,٣٥
	٠,٠٣٥	٠,٢٥
	٠,٠٢٥	٠,١٦

الجدول ٣-٢. قابلية التوصيل والمقاومة الحرارية لبعض المنتجات المصنعة المبتكرة.

الجدول ٣-٢. قابلية التوصيل والمقاومة الحرارية لبعض المنتجات المصنعة المبتكرة.

	النظام المتري		النظام البريطاني	
	قابلية التوصيل	المقاومة	قابلية التوصيل	المقاومة
	١٠,٠	٠,١٠	١,٧٨	٠,٥٦
	٩,٠	٠,١١	١,٦٠	٠,٦٢
	٠,٥	٢,٠	٠,٠٩	١١
	٠,٣٠	٣,٣	٠,٠٥	١٩
	٥,٦	٠,١٨	٠,٩٦	١,٠٤
	٥,٠	٠,٢٠	٠,٩٠	١,١١
	٣,٧	٠,٢٧	٠,٦٦	١,٥٢
	٣,٠	٠,٣٣	٠,٥٤	١,٨٥

كما يعرض الجدول ٣-٣ قيم قابلية التوصيل لأنواع عديدة للنوافذ، متضمنة الزجاج ذو المقاومة العالية (وقابلية التوصيل المنخفضة) والذي تم تطويره حديثاً، باستخدام الطبقات الخارجية ذات قوة الإشعاع المنخفضة.

الجدول ٣-٣. قابلية التوصيل الحرارية (قيم U) لبعض أنواع الزجاج:

الجدول ٣-٣. قابلية التوصيل الحرارية (قيم U) لبعض أنواع الزجاج:

نوع النافذة	الوحدات المترية	الوحدات البريطانية
	٦,٠	١,١
	٣,٠	٠,٥٥
	٢,٠	٠,٣٥
	٢,٣	٠,٤
	٢,٨	٠,٥

مقاومات الفسحات الهوائية:

يمكن أن تكون الفسحات الهوائية في الأبنية عمودية، في الجدران، وأفقية أو مائلة، في الأسقف. ويكون التوصيل الإجمالي لفسحة هوائية مطوقة حاصل عنصرين هما: نقل الحرارة الإشعاعي ونقل الحرارة بالحمل. إذ يعتمد عنصر الحمل على موقع الفسحة الهوائية (عمودياً أو أفقياً). إذ يعتمد في حالة الفسحة الهوائية الأفقية على اتجاه تدفق الحرارة، للأعلى أو الأسفل، والذي ينعكس بين الصيف والشتاء. بينما يعتمد عنصر الإشعاع على قوة إشعاع الأسطح المقيدة للفسحة الهوائية.

ففي الشتاء، عندما تتم تدفئة البناء ويكون الجانب السفلي للفسحة الهوائية للسقف (علية) أدفئ من الجانب العلوي، يتم تعزيز الحمل الطبيعي. أما في الصيف، عندما يكون السقف عادة أحر من الحيز الداخلي ويكون الجانب العلوي للفسحة الهوائية أحر من الجانب السفلي، يتم إخماد الحمل. كما تزداد الاختلافات تبعاً لاتجاه تدفق الحرارة في الفسحات الهوائية الأفقية والمائلة عندما يتشكل للحيز طبقة انعكاسية نظراً لإخماد التبادل الإشعاعي حيث يتم تدفق الحرارة الرئيس عندئذ عن طريق الحمل. أما في حالة الفسحات الهوائية العمودية في الجدران، يتمدد الهواء الدافئ قرب السطح الأكثر دفئاً ويرتفع بينما ينخفض الهواء المبرد قرب السطح الأبرد. ويكون اتجاه تدفق الحرارة أفقياً ويفترض معامل الحمل قيمة متوسطة بين حالتي الفسحة الهوائية للسقف.

كما لايتأثر عنصر الإشعاع بتكييف الفسحة الهوائية واتجاه تدفق الحرارة ولكنه يختلف إلى حد كبير مع قوة الإشعاع، E، للأسطح المقيدة للفسحة الهوائية. وتكون قوة إشعاع الأسطح الاعتيادية حوالي ٠,٩، وقوة إشعاع المعادن المطلية كورق الألمنيوم حوالي ٠,٠٥، مؤدية إلى الحد من نقل الحرارة بالإشعاع بعامل ٢٠تقريباً. وعندما تعد سطحي الفسحة الهوائية بمواد انعاكسية، مع قوتي إشعاع E1 و E2، على

التوالي، يتم احتساب قوة الإشعاع الفعالة Eeff بالصيغة:

$$Eeff = 1 / (1 / E1 + 1 / E2 -1)$$

ويكون العنصر الإشعاعي لقابلية التوصيل الإجمالية، hr، عندئذ:

$$hr = 5.67 * Eeff * (T/100)^4 \quad \text{(متري)}$$

أو

$$hr = 0.1713 * Eeff * (T/100)^4 \quad \text{(بريطاني)}$$

حيث T هي درجة الحرارة المطلقة.

ويزداد توصيل الفسحات الهوائية بدرجات حرارة أعلى (أثرها على الحمل) ومع فروق أعظم في درجات الحرارة عبر جانبي الفسحة (مؤثرة على كل من الحمل والإشعاع). كما تكون مقاومات هذه الفسحات (الأرقام المستخدمة في حسابات المقاومة الكلية وقيمة U) أصغر بشكل موافق مع درجات حرارة أعلى ولفروق في درجات الحرارة.

ويعرض الجدول ٣-٤ المقاومات الحرارية للفسحات الهوائية، مع أسطح اعتيادية وسطح انعكاسي واحد، وفي أوضاع مختلفة واتجاهات مختلفة لتدفق الحرارة. حيث تفترض درجة حرارة متوسطة داخل الفسحة الهوائية تبلغ 30 C^o (86 F^o) في الصيف و0 C^o (32 F^o) في الشتاء. بينما يكون الفرق المفترض في درجة الحرارة 10 C^o (18 F^o)كما تكون القيم المقترحة للفسحات الهوائية المخططة lined أدنى إلى حد ما من البيانات المنشورة، مع أخذ التدهور الشائع في قابلية الانعكاس بالحسبان بسبب استقرار الغبار، التأكد، وغير ذلك....

كما يمكن أن نرى في الجدول ٣-٤ بأن التبطين lining الانعكاسي لأحد الأسطح يزيد المقاومة الحرارية لذلك السطح بحدود ثلاثة أضعافها. ولهذا الخط أهمية خاصة عند وضعه على السطح العلوي للفسحات الهوائية الأفقية حيث يكون تراكم

الغبار أقل. حيث يكون تبطين lining السطح السفلي أقل فعالية بسبب إمكانية خفض القوة الانعكاسية إلى حد كبير مع الزمن بسبب الغبار.

أما بالنسبة للأسطح العمودية، يمكن الحصول على مقاومة أعلى عن طريق ثني الطبقة الانعكاسية في منتصف الفسحة. فبهذه الحالة يتوفر لدينا سطحين إضافيين انعكاسيين، وبالإضافة إلى ذلك، يضيف الهواء الذي يصلهما إلى المقاومة الحرارية الكلية للفسحة الهوائية. ولكن مثل هذا التطبيق، على أي حال، قد يتطلب جهداً مكثفاً أكبر.

الجدول ٣-٤. مقاومات الفسحات الهوائية (DELT = 10°C، والواحدات البريطانية بين قوسين)

وضع الفسحة	اتجاه تدفق الحرارة		الأسطح: درجة حرارة انعكاسية متوسطة			غير ـ انعكاسية	
عمودي	أعلى	(صيفاً)	٣٠	٠,٣٩	(٢,٢)	٠,١٥	(٠,٨٠)
		(شتاءً)	٠	٠,٣٥	(٢,٠)	٠,١٨	(١,٠)
	أسفل	(صيفاً)	٣٠	٠,٩٣	(٥,٣)	٠,١٨	(١,٠)
		(شتاءً)	٠	١,١	(٦,٢)	٠,٢٣	(١,٣)
أفقي	أفقي	(صيفاً)	٣٠	٠,٦٥	(٣,٧)	٠,١٥	(٠,٨)
		(شتاءً)	١٠	٠,٥٨	(٣,٣)	٠,١٨	(١,٠٥)

الجدول ٣-٤. مقاومات الفسحات الهوائية (DELT = 10°C، والواحدات البريطانية بين قوسين)

العزل الانعكاسي (الفواصل الإشعاعية):

يتألف العزل الإشعاعي من صفائح ذات أوجه من ورق الألمنيوم يتم إدخالها في الجدران و/أو العليات، مع فجوة هوائية مجاورة. ويتحقق أثر العزل من خلال عمليتين فيزيائيتين هما: انعكاس الإشعاع الموجي الطويل الصادر باتجاه الفاصل من سطح أكثر دفئاً و/أو الإصدار المخمد بشكل كبير للإشعاع الموجي الطويل باتجاه

الأسطح الأبرد. كما يمكن إدخال الفواصل الإشعاعية في كل من الجدران (وضع عمودي) وعلية السقف (وضع أفقي أو مائل).

ففي الوضع العمودي /الجدار لايوجد هناك أي اختلاف رئيسي في الأداء الموسمي (الصيف مقابل الشتاء) للفواصل الإشعاعية. كما لانتوقع أيضاً وجود اختلاف أساسي في أداء جدار مع فاصل إشعاعي عند مقارنته مع جدار بعزل تقليدي لديه نفس المقاومة الحرارية.

ومن جهة أخرى، تعد الفواصل الإشعاعية الأفقية في العلية أكثر فعالية في الصيف، في تخفيض الاكتساب الحراري، من فعاليتها في الشتاء، في خفض خسارة الحرارة. والسبب هو أن تدفق الحرارة للأعلى عن طريق الحمل شتاءً يضم أكثر من نصف تدفق الحرارة الإجمالي كما لايمكن خفضه عن طريق الفاصل الإشعاعي. أما في الصيف على أي حال، عندما تتدفق الحرارة للأسفل، يتم إخماد الحمل طبيعياً إلى حد كبير وزيادة تأثير الفاصل الإشعاعي، في إخماد العنصر الإشعاعي لاكتساب الحرارة.

ولقد أجريت أبحاث و نماذج تجريبية مكثفة جداً حول تأثير الفواصل الإشعاعية على الأداء الحراري للأبنية، صيفاً وشتاءً، من قبل Chandra et al.C ١٩٨٦ في مركز فلوريدا للطاقة الشمسية (FSEC) في كيب كانا فيرال Cape Canaveral في فلوريدا.

فقد قامت Chandra et al. بمقارنة آثار تعزيز المقاومة الحرارية لعلية «base case (R-١٩)، على استهلاك الطاقة للتبريد في الصيف والتدفئة في الشتاء، وذلك في العديد من المدن في الولايات المتحدة عن طريق إضافة عزل batt من الفايبرجلاس للسقف أو فاصل إشعاعي R-١١.

والجدول ٣-٥ هو عبارة عن عرض موجز للنتائج التي توصلت إليها Chandraet al.، مبينة ادخارات الطاقة (بـ KWh) الناتجة عن تعزيز عزل العلية عن طريق تقنيتين، بالنسبة للتبريد بمكيف هوائي مع SEER مقدر (تقدير فعالية الطاقة

الموسمية، Whr/Btu) يبلغ ٠,٨، وتدفئة بنظام يبلغ COP (معامل الأداء: التبريد الموزع/ الطاقة المستهلكة) ٢ (أي مضخة حرارة حسب الافتراض).

ولاحظت Chandra et al. بأن الفاصل الإشعاعي الذي تمت إضافته تفوق على العزل التقليدي المكافئ (مقاومة التوصيل)، على أساس سنوي، في جميع المناخات التي خضعت للتحليل، باستثناء شيكاغو. ففي معظم المدن الجنوبية، حيث يعد التبريد شحنة رئيسية للطاقة، كانت الادخارات مع الفاصل الإشعاعي حوالي ضعف الادخارات مع العزل التقليدي المحسن.

الجدول ٣-٥. الحد من استهلاك الطاقة (KWH/SEASON) إما بواسطة عزل فايبرجلاس التقليدي أو عزل الفاصل الإشعاعي.

الجدول ٣-٥. الحد من استهلاك الطاقة (KWH/SEASON) إما بواسطة عزل فايبرجلاس التقليدي أو عزل الفاصل الإشعاعي.

	التبريد		التدفئة		سنوياً	
المدينة	R-11	RB	R-11	RB	R-11	RB
Jacksonville, FL	٢١٧	٤٢٧	١٠٠	١٠٠	٣١٧	٥٢٦
Houston, TX	٢٠٢	٣٨٩	١٢٢	٩٥	٣٢٤	٤٨٤
Atlanta, GA	١٥٥	٣٤٢	٢٢٤	١٦٣	٣٨٠	٥٠٤
Baltimore, MD	١٢٥	٢٨٣	٣٧٢	٢٤٩	٤٩٧	٥٣٢
Chicago, IL	٩٤	٢١١	٤٧٥	٢٧٨	٥٦٩	٤٩٠

وتضاف الفواصل الإشعاعية غالباً للعزل التقليدي (مثل batts الفايبرجلاس)، بهدف تحسينه. ففي هذه الحالة تتم إضافة مقاومتها الحقيقية لمقاومة العزل «القياسي»، لإنتاج مقاومة إجمالية للعنصر المركب. ويعد التطبيق الأفضل للفواصل الإشعاعية على أسقف المنازل الـ skin-load dominated في الأقاليم التي يوجد فيها عنصر شمسي رئيسي لشحنة التبريد. وقد يظهر تأثيرها الأعظم في الأبنية الـ single-story في الأقاليم الحارة ـ المشمسة.

ويتضمن بحث Chandra et al. (١٩٨٦) تقنيات بناء مفصلة لتطبيق الفواصل الإشعاعية في أنواع عديدة للأسقف والجدران.

عينة من حسابات قيم U للجدران المركبة:

لقد تم احتساب قابلية التوصيل لجدارين مركبين أدناه كمثالين على إجراء احتساب قيم U لعناصر الغلاف ـ الجدار الأول مع فسحة هوائية داخلية والجدار الثاني دون فسحة.

حيث يتألف الجدار الأول من (من الخارج):

- طبقة إسمنتية لاصقة بسماكة ٢سم (٨،.").
- بوليسترين ممدد ٢,٥سم (١").
- الاسمنت الكثيف ١٠سم (٤")،
- لصقة داخلية ١سم (٠,٤").

ويتألف الجدار الثاني (قشرة آجر، ونوع حائط دعامة) من:

- طبقة من الآجر الظاهر بسماكة ١٠سم (٤")
- فسحة هوائية بعرض ٣سم (١,٢") مع تبطين lining انعكاسي على جانبها الداخلي.
- آجر common ٥سم (٢")
- لصقة داخلية ١سم (٠,٤").

ويوضح الشكل ٣-٦ أ حسابات المقاومات الكلية للجدارين بالنظام المتري بينما يظهرها الشكل ٣-٦ب بالنظام البريطاني.

فعندما يتم احتساب قيمة U لعنصر البناء، سواء أكان جداراً أم سقفاً، يمكن حساب درجة تدفق الحرارة في كل ساعة، وكل واحدة مساحة (م٢ أو ft2). حيث إن تدفق الحرارة Qi، (بالواط Watts أو Btu/h) هي قيمة U لذلك العنصر مضروبة بالفرق في درجات حرارة الداخلي (Tin) والخارجي (Tout). وهي اسمياً:

Qi = Ui * (Tout - Tin)

ولكن هذه الصيغة لاتأخذ بالحسبان الكتلة الحرارية للبناء، وهي صحيحة، بأمانة تامة، فقط في الأحوال المستقرة، عندما تكون درجات الحرارة الداخلية والخارجية ثابتة في مستوى معين طوال النهار. وعلى أي حال، فهي مفيدة أيضاً عندما يكون الفرق في معدل درجة الحرارة الداخلية ـ الخارجية كبيراً مقارنة مع التأرجح اليومي لدرجات الحرارة، كما في حالة المباني المدفأة في الشتاء في الأقاليم الباردة.

الجدول ٣-٦أ. احتساب المقاومة الحرارية الكلية للجدارين (متري).

الجدار # ١			
الطبقة	السماكة (بالأمتار)	قابلية التوصيل	المقاومة
مقاومة السطح الخارجي			٠,٠٣
جص خارجي	٠,٠٢	٠,٨	٠,٠٢٥=٠,٨/٠,٠٢٠
بوليسترين	٠,٠٢٥	٠,٠٣٥	٠,٧١=٠,٠٣٥/٠,٠٢٥
اسمنت	٠,١٠	١,٧	٠,٠٦=١,٧/٠,١٠
جص داخلي	٠,٠١	٠,٧	٠,٠١٤=٧/٠,٠١
مقاومة السطح الداخلي			٠,١٢
المقاومة الحرارية الكلية، R			R= ٠,٩٥٩
قيمة U (1/R)			U= ١,٠٤٣
الجدار # ٢			
	السماكة (بالأمتار)	قابلية التوصيل	المقاومة
مقاومة السطح الخارجي			٠,٠٣
جص خارجي	٠,٠٢	٠,٨	٠,٠٢٥ =٠,٨/٠,٠٢٠
الاسمنت	٠,١٠	١,٧	٠,٠٦ =١,٧/٠,١٠
فسحة هوائية (انعكاسية)			٠,٦
آجر	٠,٠٥	٠,٧	٠,٠٧ =٠,٧/٠,٠٥
جص داخلي	٠,٠١	٠,٧	٠,٠١٤ =٠,٧/٠,٠١
مقاومة السطح الداخلي			٠,١٢
المقاومة الحرارية الكلية، R			R= ٠,٩٢
قيمة U (1/R)			U= ١,٠٩

الجدول ٣-٦ب. احتساب المقاومة الحرارية الكلية للجدارين (بريطاني).

الجدار # ١			
الطبقة	السماكة (بالانش)	قابلية التوصيل	المقاومة
مقاومة السطح الخارجي			٠,١٧
جص خارجي	٠,٨	٥,٥	٠,١٥ =٥,٥/٠,٨
بوليسترين	١,٠	٠,٢٥	٤,٠ =٠,٢٥/١,٠
اسمنت	٤,٠	١٢	٠,٣٣ =١٢/٤,٠
جص داخلي	٠,٤	٥,٠	٠,٠٨ =٥,٠/٠,٤
مقاومة السطح الداخلي			٠,٦٨
المقاومة الحرارية الكلية، R			R= ٥,٤١
قيمة U (1/R)			U= ٠,١٨٥
الجدار # ٢			
	السماكة (بالانش)	قابلية التوصيل	المقاومة
مقاومة السطح الخارجي			٠,١٧
جص خارجي	٠,٨	٥,٥	٠,١٥ =٥,٥/٠,٨
الاسمنت	٤,٠	١٢	٠,٣٣ =١٢/٤,٠
فسحة هوائية (انعكاسية)			٣,٣=
آجر	٢,٠	٥,٠	٠,٤ =٥/٢
جص داخلي	٠,٤	٥,٠	٠,٠٨ =٥,٠/٠,٤
مقاومة السطح الداخلي			٠,٦٨
المقاومة الحرارية الكلية، R			R= ٥,١١
قيمة U (1/R)			U= ٠,١٩٥

الجدول ٣-٦ب. احتساب المقاومة الحرارية الكلية للجدارين (بريطاني).

الإجراءات القياسية لاحتساب خسارة/

اكتساب الحرارة للبناء:

إن الخسارة الكلية للحرارة لأحد الأبنية هي ناتج معامل خسارة الحرارة، UA، والفرق في درجة الحرارة بين درجة الحرارة الداخلية المفترضة (Tin) ودرجة الحرارة الخارجية «للتصميم» (To)، وهي اسمياً

خسارة الحرارة Q =UA * (Tin – To)

ويتألف معامل خسارة الحرارة لبناء ما (بالنسبة للأحوال الشتوية) من عنصرين هما: خسارة الحرارة بالتوصيل، Qc، وخسارة الحرارة بالتسلل، Qv.

وإلى الحد الذي توجد فيه مصادر حرارة داخلية «موثوقة»، كالإضاءة والمعدات الكهربائية (البراد، الموقد، الحواسيب، وما إلى ذلك)، التي تعمل في الساعات التي تظهر فيها الحاجة لتشغيل نظام التدفئة، فإن الحرارة التي تولدها هذه المصادر، Qi، تؤخذ بالحسبان كاكتساب للحرارة، إذ تحد من القدرة الضرورية المحتسبة لمصنع التدفئة. وهكذا تكون الحرارة «النهائية» الضرورية، Qnet:

$$Qnet = UA (Tin - To) - Qi$$

كما تستخدم حسابات خسارة الحرارة مبدئياً لتحديد حجم مصنع التدفئة وأخذ الأحوال الأسوأ بالحسبان ولذلك فإن «الاعتراف credit» باكتساب الحرارة الشمسية، والتي تغيب في الأيام الغائمة، لايؤخذ بعين الاعتبار في الحساب القياسي لخسارة الحرارة وتقدير حجم مصنع التدفئة.

ويختلف الوضع في الأبنية الشمسية السلبية، والتي يتمك تصميمها خصيصاً لاستخدام الطاقة الشمسية كمصدر رئيسي للحرارة. وسنناقش هذا الموضوع في الفصل الرابع.

خسارة الحرارة بالتوصيل:

إن خسارة الحرارة بالتوصيل لبناء ما، Qc، هي حاصل خسارات الحرارة من خلال العناصر العديدة لغلاف البناء، وهي العناصر الغير شفافة (الجدران والسقف) بالإضافة إلى النوافذ والعناصر الزجاجية الأخرى، مع أخذ مساحاتها الخاصة، قيم Ai، و Ui، والفرق في درجة حرارة الهواء الداخلي ـ الخارجي (Tin-To) بالحسبان:

$$Qc = (Ai * Ui) * (Tin - To)$$

وهناك حالة خاصة يمثلها بناء ذو أرضية من ألواح الاسمنت (at grade). حيث

يفترض بشكل شائع أن تكون خسارة الحرارة من خلال الأرضية فقط من محيط الأرضية. ويحتسب هذا العنصر لخسارة الحرارة لكل واحدة طول من المحيط (م أو ft)، وتأخذ عادة قيمة التوصيل (الطولية) البالغة ١,١ C.m/W (٠,٦٤ Btu/ h.ft.F) بالحسبان.

خسارة الحرارة بالتسلل:

يمكن أن نعبر عن جريان الهواء بالتسلل بشكلين هما:

أ- درجات جريان الهواء، V، في m3/hr أو ft3/hr (م٣/ساعة أو ft3/ساعة).

ب- درجات تغير الهواء، ach، محددة عدد المرات التي يتغير فيها حجم الهواء الكلي للحيز، Vol، في الساعة.

ويرتبطان بالصيغة:

$$Vol * ach = V$$

كما تعتمد كل من درجات جريان الهواء وتغيره على أحكام الهواء في البناء. فقد تكون درجة تغير الهواء في بناء محكم جيداً حوالي ٠,٥ أو أدنى حتى. وفي الحسابات القياسية لخسارة الحرارة تفترض غالباً قيمة تعادل الواحد ١ لدرجة تغير الهواء.

وتنسب خسارة الهواء بالتسلل، Qv، إلى الفرق بين درجة حرارة الهواء الداخلي، Tin، ودرجة حرارة الهواء الخارجي، To، ويعبر عنهما بالشكلين:

أ- بتعابير درجة جريان الهواء:

$$Qv = V*(\rho * c) a *(Tin - To)$$

ب- بتعابير درجات تغير الهواء:

$$Qv = ach*(\varnothing *c)\ a*\ (Tin - To)$$

حيث (c * $\varnothing$) a هي السعة الحرارية للهواء. وتتغير قيمتها مع درجة الحرارة، والتي تحدد كثافة الهواء. ففي الحسابات القياسية، تؤخذ قيمة ٠,٣٣ (Wh/m3C) لـ (c * $\varnothing$) a في النظام المتـــري، و١٢٠٠ (m3C/J) في النظام SI، و٠,٠١٨ (Btu/ ft3F) في النظام البريطاني.

معامل خسارة الحرارة الكلية، UA، وخسارة الحرارة من أحد الأبنية:

يتم عادة تنظيم المعلومات الضرورية لحساب معامل خسارة الحرارة الكلية لبناء ما، UA (التسلل + التوصيل)، في جدول، كما يوضح الجدول ٣-٧أ في الواحدات المترية. بينما يعرض الجدول ٣-٧ب الإجراء ذاته بالواحدات البريطانية (وتختلف المجموعتان قليلاً بسبب تدوير rounding الأشكال).

حيث تفترض الأمثلة بناء single-story مع مساحة أرضية (إجمالية) ١٠٠م٢ (ft2١٠٨٠)، مع جدران شمالية وجنوبية بطول ١٢م لكل منها (ft٤٠) وجدران شرقية وغربية بسماكة ٨,٣م (ft٢٧) لكل منها، مع سقف ارتفاعه ٢٠٥م (ft٨). فالجدران الشرقية والجنوبية مشابهة للشكل ١ في الجدول ٣-٧، مع قيم U تبلغ ١,٠٤٣ W/m2 . CI (Bth/h.ft2.F0.185)بينما تشبه الجدران الشمالية والغربية الشكل ٢ في الجدول ٣-٧، مع قيم U تبلغ ١,٠٩٠ W/m2.C (Bth/h.ft2 0.195) ولكل من الجدارين الطويلين ثلاث نوافذ ولكل من الجدارين القصيرين نافذتين، وجميع النوافذ بطبقة زجاجية واحدة مع قيم U تبلغ ٦ W/m2.C (Bth/h.ft1,06) كما تبلغ مساحة كل نافذة منها ١م٢ (١٠,٧٦ ft2). ويشبه السقف (المستو) في بنائه الجدار من الشكل ١، ولكن بدلاً من اللصقة الخارجية، فهو يتألف من طبقات إسمنتية خفيفة الوزن مقاومة للماء، منتجاً قيمة U تبلغ ٠,٩٥ W/m2.C (Bth/h.ft1,06) والأرضية عبارة عن بلاط إسمنتي on grade. كما يبلغ حجم البناء ٢٤٠م٣ (٨٤٧٥ ft3).

أو القيمة المفترضة لمصدر حرارة داخلية إجمالية فهي ١ KW (3.41 Kbtu).
والحرارة الداخلية المفترضة هي20 C^o (68 F^o) ودرجة الحرارة الخارجية «للتصميم» هي 0 C^o (32 F^o)

حسابات خسارة الحرارة الشهرية بطريقة درجة - يوم:

إن قيمة الدرجة ـ اليوم ليوم مفترض هي الفرق بين المعدل اليومي لدرجة الحرارة الخارجية ودرجة الحرارة «الأدنى» التي تتغير مع توليد الحرارة الداخلية. أما الدرجة ـ اليوم الشهرية فهي حاصل جمع الدرجات ـ الأيام لشهر كامل. وتستخدم غالباً قيمة 18,3 C^o (65 F^o) كقاعدة الاحتساب الدرجة ـ اليوم في الأبنية السكنية، مع افتراض الحاجة لهذه التدفئة فقط عندما يكون معدل درجة الحرارة الخارجية ليوم مفترض أدنى من هذا المستوى.

الشكل ٣-٧أ معامل خسارة الحرارة (UA) لأحد الأبنية (متري)

العنصر	المساحة (A)	قيمة U_i	(W/C) AxU_i
الجدار الجنوبي	٢٧	١,٠٤٣	٢٨,٢
الجدار الشمالي	٢٧	١,٠٩	٢٩,٤
الجدار الشرقي	١٨,٧	١,٠٤٣	١٩,٥
الجدار الغربي	١٨,٧	١,٠٩	٢٠,٤
١٠نوافذ @ ١م٢انش	١٠	٦,٠	٦٠,٠
السطح	١٠٠	٠,٩٥	٩٥,٠
الأرضية (طول المحيط)	٤٠,٦م	١,١	٤٤,٧
خسارة الحرارة الكلية بالتوصيل			(W/C) ٢٩٧
خسارة الحرارة بالتسلل (١ ach): ٠,٣٣×١×٢٤٠			٧٩
معامل خسارة الحرارة الكلية (UA)			(W/C) ٣٧٦
خسارة الحرارة اللحظية الكلية: ٣٧٦*(٢٠-٠)- ١٠٠٠			KW ٦,٥٢

جدول ٣-٧ أ معامل خسارة الحرارة (UA) لأحد الأبنية (متري)

الشكل ٣-٧ب معامل خسارة الحرارة (UA) لأحد الأبنية (تقريبي بريطاني).

العنصر	المساحة (A)	قيمة U_i	$A \times U_i$ (Btu/h.F)
الجدار الجنوبي	٢٩٠	٠,١٨	٥٤
الجدار الشمالي	٢٩٠	٠,١٩	٥٦
الجدار الشرقي	٢٠١	٠,١٨	٣٧
الجدار الغربي	٢٠١	٠,١٩	٣٩
١٠نوافذ @ ١٠,٧ ft^2	١٠٧	١,٠٦	١١٤
السطح	١٠٧٦	٠,١٧	١٨٠
الأرضية (الطول)	ft ١٣٣	٠,٦٤	٨٥
خسارة الحرارة الكلية بالتوصيل			٥٦٥ (Btu/h.F)
التسلل (١ ach): ٠,٠١٨×١×٨٤٧٥			١٥٠
معامل خسارة الحرارة الكلية (UA)			٧١٥ (Btu/h.F)
خسارة الحرارة اللحظية الكلية: ٧١٥*(٦٨-٣٢)-٣٤١٠			٢٢,٣٣ KBtu/h

جدول ٣-٧ب معامل خسارة الحرارة (UA) لأحد الأبنية (British-rounded).

كما يمكن تقييم احتياجات التدفئة الشهرية الإجمالية لبناء ما بناتج ضرب معامل خسارة الحرارة لبناء (UA) والدرجات ـ الأيام الشهرية :(Ddmon)

= (UA) * (Ddmon)الحاجة الشهرية للتدفئة

وتتوفر جداول للدرجات-الأيام الشهرية للعديد من المدن. أما بالنسبة للولايات المتحدة، نستطيع إيجاد هذه المعلومات في Balcomb et al. (١٩٨٠) لكل شهر وفي Stein et al. (١٩٨٦) لشهري كانون الثاني وتموز فقط.

حسابات اكتساب الحرارة «القياسية» (أحوال فصل الصيف):

إن الاختلاف الرئيس بين حسابات خسارة الحرارة واكتساب الحرارة القياسية هو أنه في حالة اكتساب الحرارة، يجب أن تأخذ بالحسبان تأثيرات الاكتساب الشمسي المباشر (التخلل من خلال النوافذ) وغير المباشر (الممتص في غلاف البناء)، بالإضافة إلى تأثير القدرة الحرارية على نموذج اكتساب الحرارة (إبطاء نطاق الحرارة القصوى والدنيا وتأخير زمنها). ولذلك، تختلف إجراءات حساب

الاكتساب الحراري من خلال عناصر الغلاف الغير شفافة (الجدران والسقف) والاكتساب الحراري من خلالالنوافذ، وهي أكثر تعقيداً من الإجراءات المتبعة في حالة حسابات خسارة الحرارة.

ففي التعامل مع تأثيرات القدرة الحرارية على الأداء الحراري (درجات الحرارة الداخلية) للأبنية، هناك اعتبارات أخرى يجب النظر إليها، بالإضافة إلى الاكتساب الحراري وأثره على شحنات التبريد. وتتضمن هذه الاعتبارات مسائل الراحة في الأبنية المكيفة بغير الهواء، حيث لايتم استخدام أية طاقة، كما سنناقش لاحقاً في هذا الفصل.

الاكتساب الحراري من خلال النوافذ:

للاكتساب الحراري من خلال النوافذ عنصرين هما: الاكتساب الشمسي والاكتساب بالتوصيل. فالاكتساب بالتوصيل من خلال مساحة واحدة من الزجاج يعتمد على قيمة U التي يتمتع بها الزجاج (Ugl) كما في حالة خسارة الحرارة، ويتم احتسابه بالصيغة ذاتها:

$$q = Ug\ (To - Tin)$$

(بافتراض درجة حرارة خارجية أعلى من درجة الحرارة الداخلية).

ويحدث اكتساب الحرارة الشمسي من خلال الزجاج عندما تشرق الشمس على الزجاج الذي نتحدث عنه. ويعتمد عنصر اكتساب الحرارة الشمسية على شدة الإشعاع الشمسي الذي يصطدم بالزجاج، والذي يتغير أثناء ساعات النهار وهو يختلف أيضاً تبعاً للتكييفات المختلفة للنافذة. كما أنه يعتمد على النشر الشمسي للزجاج. وبالتالي، يعتمد النشر الشمسي على نوع (ومعالجة) الزجاج، بما فيها التظليل. وبشكل عام فقد تشمل الطاقة الشمسية المتخللة عبر النوافذ جزءاً هاماً جداً من الاكتساب الحراري الإجمالي.

وبالإمكان تأمين الحد المستمر من الاكتساب الشمسي عبر النوافذ بواسطة معالجات مخصصة للزجاج. فعلى سبيل المثال، يحد الزجاج العاكس للضوء من الاكتساب الحراري الشمسي للبناء، عن طريق زيادة جزء الإشعاع الشمسي الساقط الذي ينعكس بعيداً، محدثاً بذلك أثراً ملازماً للتظليل دون تعارضه مع القدرة على رؤية المحيط الخارجي. وعلى أي حال، يسبب هذا النوع من الزجاج غالباً مشكلات بصرية للمشاة والسائقين.

ويعرف معامل التظليل للزجاج، SC، على أنه النشر الإجمالي للطاقة، نسبة إلى معامل الزجاج ذو الطبقة الواحدة. إذ ينشر الزجاج ذو الطبقة الواحدة تقريباً الأجزاء ذاتها من الضوء المرئي والطاقة الشمسية الإجمالية: أي حوالي ٨٧٪ و٨٤٪ بالنسبة للإشعاع العمودي، على التوالي. أما بالنسبة للزجاج المضاعف، فإن نسب النشر الموافقة هي ٨٠٪ و٧٢٪. وفيما يتعلق بالزجاج المضاعف بطبقة ذهبية ساطعة على الجانب الداخلي من اللوح الخارجي، يكون نشر الضوء حوالي ٥٨٪ بينما يكون النشر الشمسي الإجمالي ٣٥٪ فقط.

ينبغي أن ندرك، على أي حال، بأن هذا النوع من الزجاج يخفض أيضاً الاكتساب الشمسي في الشتاء، عندما يرغب به.

الاكتساب الحراري من خلال عناصر البناء الغير شفافة:

يتأثر اكتساب الحرارة من خلال الجدران والأسقف بالطاقة الشمسية التي يتم امتصاصها في السطح الخارجي، كما تمثلها درجة حرارة الشمس ـ الهواء sol-air (انظر الفصل الثاني). وهي درجة حرارة الهواء الخارجي المكافئة التي قد تنتج نفس الاكتساب الحراري من خلال العنصر الذي نتحدث عنه، دون أية طاقة شمسية، كما قد يظهر مع درجة حرارة الهواء الفعلية ودرجة سقوط الإشعاع. والصيغة التي تعبر عن درجة حرارة الشمس ـ الهواء Tsa هي:

$$Tsa = Ta + (a * I / h0) - LWR$$

حيث: Ta = درجة حرارة الهواء الخارجي.

a = قابلية الامتصاص التي يتمتع بها السطح.

I = الإشعاع الشمسي الساقط.

h0 = معامل نقل الحرارة للسطح الخارجي (٢٠ بالواحدات المترية، ٣,٥ في الواحدات البريطانية).

= LWR هبوط درجة الحرارة بسبب الإشعاع الموجي الطويل إلى السماء.

أما بالنسبة لسقف تحت سماء صافية، يكون LWR حوالي ٥ C° (9°F)، وبالنسبة لجدار يطل على حقل مفتوح حوالي ٥C° (9°F). أما عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم، وبالنسبة لجدران مواجهة لجدران أخرى في منطقة عمرانية مكتظة بالمباني، يمكن أن تكون قيمة LWR. المفترضة صفراً. (Givoni ١٩٧٩).

طريقة تقريبية لحساب شحنات التبريد من خلال العناصر الغير شفافة:

لقد قام ASHRAE (١٩٨١) بتطوير طريقة مبسطة من أجل احتساب الاكتساب الحراري للتصميم (شحنات التبريد لنظام التبريد الآلي) بالنسبة للمباني السكنية عن طريق استخدام «فروق درجات الحرارة المكافئة للتصميم» (DETD). إذ يفترض بشكل شائع أن تكون درجة الحرارة الداخلية 28.3 C° (75 F°) من أجل الحساب المستند إلى DETD.

كما يحتوي كتيب ASHRAE على جدول بقيم DETD لجدران عالية الكثافة وخفيفة الوزن، وللعديد من الأسقف (الخفيف الوزن بشكل هام). ولقد أعطيت القيم وفقاً لدرجات الحرارة الخارجية المختلفة للتصميم وثلاثة مستويات لنطاق الحرارة الخارجية (L، M، و H). وافترضت DETD جدران غامقة اللون وأسقف بألوان غامقة أو فاتحة. ويتم احتساب الاكتساب الحراري من خلال عنصر ما، بمساحة A وقابلية توصيل U، بالصيغة:

الاكتساب Gain = U * A * DETD

قياس التفاعلات بين القدرة الحرارية والمقاومة الحرارية:

يعتمد الأثر الكمي للكتلة على الأداء الحراري للأبنية على التفاعل بين الكتلة وقابلية التوصيل الحرارية للمادة المكونة لعناصر الكتلة، بالإضافة إلى اعتماده على الموقع النسبي للطبقات المختلفة مع كتلة ومقاومة حرارية مختلفة. وتتألف العديد من أنواع الجدران والسقف من طبقات من مواد ذات خاصيات حرارية مختلفة، مثل مواد العزل ومواد (الآجر والإسمنت) عالي الكثافة. كما يعتمد أثر كتلة عناصر البناء هذه على معدل درجات الحرارة الداخلية، وتأرجحها، وتأخير زمنها لبناء مغلق ومكيف بغير الهواء، نسبة إلى نموذج درجة حرارة الهواء المحيط، على ترتيب طبقات الكتلة والعزل.

ويعبر عن الكتلة الفعالة (القدرة الحرارية) لبناء ما بخاصتين «مركبتين» هما: الثابت الحراري الزمني (TTC) والقدرة الحرارية النهارية (DHC).

الثابت الحراري الزمني : (TTC)

وهو الناتج الفعال للمقاومة الحرارية والقدرة الحرارية لواحدة المساحة لعنصر البناء. ويعرَف بأنه الناتج QR المكافئ لبنية متعددة الطبقات، حيث Q هي الحرارة المخزنة في المادة وR هي مقاومتها لانتشار الحرارة من خلالها.

ويعرف TTC رياضياً بأنه حاصل النواتج الفردية للمقاومة مضروباً بالقدرة الحرارية، QRi، لطبقات عديدة للعنصر، حيث يتم احتساب المقاومة بالنسبة لكل طبقة من السطح الخارجي إلى مركز الطبقة التي نتحدث عنها، متضمناً مقاومة السطح الخارجي، ro، (٠,٠٣ في النظام المتري و٠,١٧ في النظام البريطاني). ولـ TTC بعد الزمن (ساعات).

ولذلك، تكون قيمة QR بالنسبة للطبقة الخارجية الأولى:

$$(QR)1 = [ro + (5 * l1k1)] * (l * p * c)1$$

وهي مكافئة لـ:

$$(QR)1 = [ro + 0.5 * r1)] * (1 * p * c)1)$$

ويكون تسلسل حساب TTC، لعنصر بعدد طبقات n:

$$(QR)1 = [ro + 0.5 * r1] * (l * p * c)1$$

$$(QR)2 = [ro + Cr1 + 0.5 * r2] * (l * p * c)2$$

$$(QR)3 = [ro + r1 + r2 + 0.5 * r3] * (l * p * c)3$$

$$(QR)n = \{ro + r1 + r2 + ------ + 0.5 * rn\} * (1 * P * C)n$$

$$TTC = QR1 + QR2 + QR3 + ... + QRn + و$$

ويكون TTC لعنصر غلاف m، (TTCm) عبارة عن مساحته (Am) مضروبة بقيمته :TTC

$$TTCm = Am * TTC$$

أما TTC الإجمالي للبناء TTCTot فهو مجموع TTC مساحات عناصر الغلاف «الغير شفافة»، دون النوافذ. أما معدل TTC فهو TTC الإجمالي مقسوماً على مساحة الغلاف الإجمالي، بما فيها مساحات الزجاج:

$$TTC\ tot = \sum TTCm / \sum A$$

وهكذا، فلايعتمد أثر الكتلة فقط على سماكة ووزن جدرانها وسقفها، بل أيضاً على مقدار وموقع عزل الغلاف. وفي الواقع، فإن بناء بجدار ٢٠سم (٨) معزولة

خارجياً ببوليسترين ٥سم (٢) يعد بشكل فعال ذو «كتلة أعلى» بكثير، من منظور الأثر الحراري، من بناء بإسمنت ٤٠سم (١٦) بدون عزل، على الرغم من أنه يتمتع فقط بنصف الكتلة الاسمية. ونعرض أدناه اشتقاق الكتلة الحرارية الفعالة لبناء ما من TTC الخاصة به.

حيث يزيد TTC العالي الخمول الحراري للبناء مؤدياً إلى إخماد شديد لتأرجح درجة الحرارة الداخلية للداخل، مرسخاً بذلك درجة الحرارة الداخلية حول معدلها اليومي عندما تغلق النوافذ (وتظلل) بحيث تنعدم تهوية البناء.

كما لايحدث TTC أثراً مباشراً في الحالات التي تؤثر فيها «أمواج الطاقة اليومية» على درجات حرارة السطح والهواء الداخلي بشكل مباشر، دون تكييف أو تعديل الغلاف. وتتضمن مثل هذه الحالات، على سبيل المثال، تخلل الإشعاع الشمسي عبر النوافذ في أبنية الاكتساب الشمسي السلبي المباشر. والخاصية الفيزيائية التني تؤثر على استجابة درجة الحرارة الداخلية في هذه الحالات هي القدرة الحرارية النهارية.

ويقدم الجدول ٣-٨ مثالاً عن حسابات TTC لجدارين معزولين من الاسمنت مؤلفين من الطبقات ذاتها، ولكن بترتيب مختلف. ففي الجدار الأول، يكون العزل خارجياً بالنسبة للإسمنت بينما يكون داخلياً في الجدار الثاني.

كما يمكن أن نلاحظ من الجدول ٣-٨ بأن للمواقع النسبية للعزل وطبقات الكتلة تأثيراً هاماً جداً على القدرة الحرارية الفعالة للجدران. وبأن TTC للجدار ذي العزل الخارجي هو ٤٣,٨ ساعة وللجدار ذو العزل الداخلي ٨,٨ ساعة فقط. وبالتالي، يعزز العزل الخارجي مقدرة الكتلة الحرارية على إخماد تأرجح درجات الحرارة الداخلية تحت تأرجح خارجي مفترض، بينما من شأن العزل الداخلي معادلة الأثر المرسخ للكتلة في الطبقة الإسمنتية. وسنناقش لاحقاً تأثير الموقع النسبي لطبقات العزل والكتلة.

كما ستؤدي إضافة طبقة داخلية زائدة لجدار بعزل خارجي إلى زيادة قيمة TTC قليلاً. ولكن العزل الداخلي، حتى في الطبقات الرفيعة (١سم أو ٠,٥سم من البوليسترين على سبيل المثال) يفصل الكتلة عن الهواء الداخلي مؤدياً إلى تعديل أثرها عندما تتم تهوية البناء صيفاً أو تدفئته شتاءً عن طريق الاكتساب الشمسي المباشر. ولهذه النقطة أهمية عملية خاصة في الأقاليم التي يرغب فيها ببناء يحمي ببطء شديد أثناء ساعات النهار، عندما يتم إغلاقه، بينما يبرد بسرعة في المساء، عندما تتم تهويته. وسيتمتع البناء ذو الغلاف المؤلف من نواة كتلة عالية معزولة خارجياً، مع طبقة عازلة داخلية أرفع، TTC عالي وهكذا يحمي ببطء شديد في ساعات النهار، ولكن لو تمت تهويته في المساء، فسوف يبرد هواءه الداخلي بسرعة.

الكتلة الحرارية الفعالة لطبقة مركبة في بناء لايتمتع بالتهوية:

تعتمد الكتلة الحرارية الفعالة لبناء لايخضع للتهوية ومبني من عناصر مركبة على وجود وموقع العزل. حيث يؤدي العزل الخارجي إلى تضخيم أثر مقدار مفترض للكتلة إلى حد هام في إخماد التأرجح الداخلي لبناء مغلق بينما لايضيف العزل الداخلي إلى القليل على ذلك الأثر.

وكما شرحنا، فإن TTC يمثل مجموع نواتج القدرة الحرارية والمقاومة الحرارية. مع تذكرنا بأن TTC عنصر الغلاف m، (TTCm) هو مساحته (Am) مضروبة بقيمة TTC الخاصة به، أي:

$$TTCm = Am * TTC = QR \text{ (ساعة)}$$

ويمكن أن تستمد القدرة الحرارية الفعالة (أو الكتلة الحرارية)، Qm، لعنصر غلاف البناء من الصيغة:

$$Qm = Am * TTC/Rm \text{ (Wh/C) Btu/F}$$

الجدول ٣-٨ احتساب الثابت الحراري الزمني لجدارين (متري).

الجدار # ١						
الطبقة	السماكة l_i(m)	الكثافة	المقاومة r_i	CUMULAT. المقاومة	HC	QR_i Hr
السطح الخارجي						٠,٠٣
الجص الخارجي	٠,٠٢	١٨٠٠	٠,٠٢٥	٠,٠٤٢٥	٤١٤	٠,٣٥
البوليسترين	٠,٠٢٥	٣٠	٠,٧١	٠,٤١	١٢	٠,١٢
الاسمنت	٠,١٠	٢٢٠٠	٠,٠٦	٠,٧٩٥	٥٠٦	٤٠,٢
الجص الداخلي	٠,٠١	١٦٠٠	٠,٠١٤	٠,٨٣٢	٣٦٨	٣,١
TTC الجدار						٤٣,٨

الجدار # ٢						
الطبقة	السماكة l_i(m)	الكثافة	المقاومة r_i	CUMULAT. المقاومة	HC	QR_i Hr
السطح الخارجي						٠,٠٣
الجص الخارجي	٠,٠٢	١٨٠٠	٠,٠٢٥	٠,٠٤٢٥	٤١٤	٠,٣٥
الاسمنت	٠,١٠	٢٢٠٠	٠,٠٦	٠,٠٨٥	٥٠٦	٤,٣
البوليسترين	٠,٠٢٥	٣٠	٠,٧١	٠,٤٧	١٢	٠,١٤
الجص الداخلي	٠,٠١	١٦٠٠	٠,٠١٤	٠,٨٣٢	٣٦٨	٣,١
TTC الجدار						٧,٨

الجدول ٨-٣ احتساب الثابت الحراري الزمني لجدارين (متري)

أما TTC غلاف البناء ككل، Qenu فهو:

Qevn = TTCenv * (UA)

حيث UA هو معامل خسارة الحرارة للبناء.

كما تتضمن الكتلة الحرارية الإجمالية للبناء كتلة العناصر الداخلية أي: القواطع، الطوابق المتوسطة، والخ..... وبافتراض أن هذه العناصر الداخلية غير معزولة عن الحيز الداخلي، وأنها تتفاعل معه بشكل مباشر، فإنه بالإمكان إضافة كتلتها الإجمالية، Mint، مضروبة بحرارتها المحددة، c، (٠,٢٣ Wh/kg.C أو Btu/lb.F

بالنسبة للمواد الحجرية)، إلى الكتلة الفعالة للغلاف. وهكذا تعطي الكتلة الحرارية الإجمالية الفعالة لبناء ما بالصيغة:

Qtotal = TTCenv * (UA) + (Mpc)int (Wh/C) Btu/F

القدرة الحرارية النهارية (DHC)

لقد تم تطوير مفهوم القدرة الحرارية النهارية من قبل Balcomb et al. (١٩٨٢)، لتقدير احتمال القدرة الحرارية في تخزين الطاقة الشمسية في أبنية الاكتساب الشمسي السلبي المباشر. وتعرف بأنها مقدار الحرارة المخزنة لكل درجة في تأرجح درجة الحرارة. كما تشير عبارة dhc إلى عنصر ما (m2C/W أو Btu/ DHC × h.ft2F) للبناء ككل (C/W أو Btu/h.F). وقام الكاتب (انظر Givoni ١٩٨٧) بتطوير نموذجاً رياضياً بسيطاً لاحتساب DHC وأثرها على أداء أبنية الاكتساب الشمسي المباشر.

كما تحدد DHT البناء قدرته على امتصاص الحرارة من الحيز الداخلي (كالطاقة الشمسية المتخللة من النوافذ مجتازاً بذلك الأثر المكيف للجدران والسقف)، وإطلاق الحرارة الممتصة ثانية إلى الهواء الداخلي أثناء ساعات الليل. وهو يعتمد بشكل رئيسي على خاصيات الطبقة المعرضة بشكل مباشر للهواء الداخلي كما يعبر عن الناتج الفعال للقدرة الحرارة للطبقة وقابلية التوصيل التي تتمتع بها المادة.

وتشير القدرة الحرارية النهارية لأحد عناصر البناء (dhci)، بمساحة Ai، إلى مقدار الحرارة الشمسية التي يمكن تخزينها أثناء النهار وإطلاقها إلى الحيز الداخلي أثناء ساعات الليل، لكل درجة تغير في درجة حرارة الهواء الداخلي (البيئية). وواحداتها هي Wh/C أو Btu/h.F.

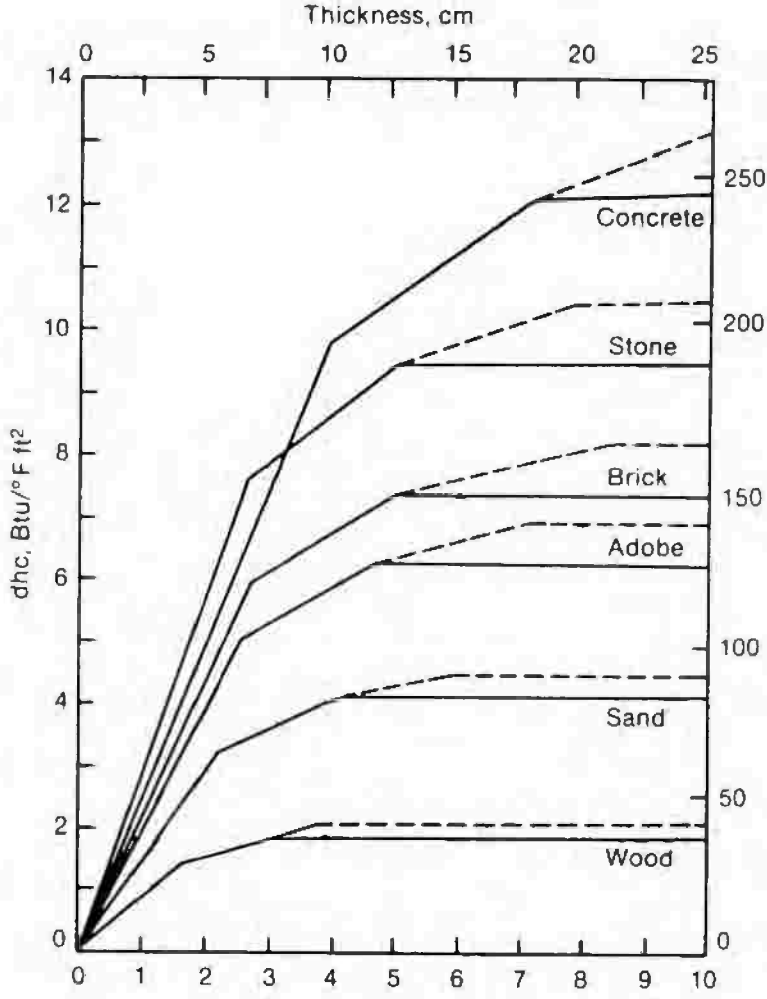
والقدرة الحرارية النهارية لكامل البناء (DHT) هي مجموع القدرات الحرارية النهارية لجميع عناصر الكتلة المحيطة بالحيز الداخلي للبناء، بالإضافة إلى العناصر الواقعة داخل ذلك الحيز (القواطع الداخلية)، والتي تسهم بشكل فعال في عملية التخزين الحراري النهارية للحرارة التي تجتاز غلاف البناء.

ويعرض الشكل ٣-٢ DHT مواد عديدة، كجزء من سماكة العنصر. (Givoni ١٩٨٧).

تأثير ترتيب طبقات العزل والكتلة في عناصر الغلاف متعددة الطبقات على الأداء:

لقد أظهرت المناقشة المتعلقة بـ TCC و DHT بأن لترتيبات طبقات العزل والكتلة في عناصر البناء المركبة تأثيرات مختلفة في الأبنية، استناداً إلى طريق التهيجات الحرارية excitations، سواء أثرت على البناء من خلال غلافه أو تجاوزته. فعندما يتأثر البناء غالباً بتدفق الحرارة عبر الأجزاء غير الشفافة للغلاف (أي عندما لاتتم تهويته أو عندما يكون الاكتساب الشمسي من خلال النوافذ صغيراً نسبة إلى الخسارة/الاكتساب الحراري من خلال الغلاف)، فإن أدائه يتحدد بشكل رئيسي بـ TTC.

وعندما يتجلى الهدف الرئيس في احتمال الحد من تأرجح درجة الحرارة الداخلية إلى أدنى حد و/أو خفض درجة الحرارة الداخلية أثناء النهار دون الحرارة الخارجية القصوى بواسطة الكتلة الحرارية، لابد من إغلاق البناء أثناء النهار. وفي هذه الحالة، يمثل TTC القدرة الحرارية الفعالة للبناء. كما يمكن TTC من تقدير الكتلة الحرارية الفعالة لبناء مبني نم عناصر غلاف مؤلفة من طبقات عديدة من مواد مختلفة.



الشكل ٣-٢ القدرة الحرارية النهارية (DHT) لمواد عديدة

كما يمثل DHT الكتلة الفعالة عندما يتخلل مقدار من الطاقة الشمسية عبر النوافذ، مجتازاً الأثر المكيف للغلاف. وهناك حالة مشابهة لبناء تتم تهويته أثناء الليل، بهدف خزن أثر التبريد وخفض درجة الحرارة الداخلية أثناء اليوم التالي. وفي المثالين السابقين، اجتازت خسارة الحرارة أو اكتسابها الرئيس الغلاف.

أما في الجدران والأسقف متعددة الطبقات والمؤلفة من عزل خفيف الوزن ومواد ثقيلة تتمتع بالقدرة على التوصيل، يمكن لترتيب الطبقات المختلفة، من الأسطح الخارجية إلى الداخلية، أن تعدل الميزات الحرارية للبناء بشكل جذري. كما تؤدي المواد المختلفة للطبقات نفسها إلى اختلاف العلاقة بين درجة الحرارة الداخلية ودرجة حرارة الهواء المحيط، والتي تختلف في الأبنية التي تتمتع بالتهوية والأبنية التي لاتتمتع بالتهوية.

كما يعدل ترتيب طبقات العزل والكتلة إلى حد كبير تأرجح درجات الحرارة والتأخير الزمني لدرجة الحرارة الداخلية. وتمكن هذه التعديلات على الميزات الحرارية من تعديل تفاصيل البناء وفق أحوال مناخية معينة، وبشكل خاص عندما يكون النوع «الشائع» للبناء مناسباً للمخاطر الحالية للمناخ فيما يتعلق بالعوامل غير الحرارية، كما في حالة الأبنية خفيفة الوزن وذات الكثافة المنخفضة في الأقاليم التي تشهد عواصف استوائية. وترتبط مسألة الراحة والأمان الخاصة هذه بالعديد من الأقاليم الحارة-الرطبة، كجنوب شرق الولايات المتحدة وآسيا الجنوبية. وسنناقشها في الفصل الحادي عشر بتفصيل أكبر.

العزل الخارجي وطبقات الكتلة الداخلية:

تنتج مجموعة العزل الخارجي والكتلة الداخلية TTC عالي و DHT عالي معاً. فعندما لاتتم تهوية البناء نهاراً وليلاً، يتم إخماد تأرجح درجات الحرارة الداخلية وتأخير درجتها القصوى مادياً بعد زمن درجتها الخارجية.

وفي الصيف، في الأقاليم التي تتأرجح فيها درجات الحرارة الخارجية، فعندما تتم تهوية البناء ليلاً وإغلاقه أثناء ساعات النهار، بالإمكان تخزين «الطاقة الباردة» بشكل فعال أثناء الليل وامتصاص الإشعاع الشمسي المتخلل عبر النوافذ بالإضافة إلى الحرارة المتولدة داخل البناء أثناء ساعات النهار، مع ارتفاع صغير نسبياً لدرجة

الحرارة الداخلية. وهكذا قد يكون نوع البناء هذا ملائماً في الأقاليم الحارة-الجافة بشكل خاص.

وعلى أي حال، يمكن أن تبقى درجات حرارة السطح الداخلي للعناصر ذات الكثافة العالية، ليلاً أعلى من درجة حرارة الهواء المحيط بشكل هام، وخاصة عندما تكون سرعة الريح منخفضة. وفي الأقاليم الحارة-الرطبة التي يكون فيها تأرجح درجات الحرارة الخارجية صغيراً ودرجات الحرارة عالية نسبياً ليلاً، فقد يسبب نوع البناء هذا شعوراً بعدم الارتياح أثناء الليل.

أما في الشتاء، يمكن تدفئة مثل هذا البناء بشكل فعال بواسطة الطاقة الشمسية التي تدخل عبر النوافذ مباشرة. كما يمكنه تخزين الحرارة الشمسية مع ارتفاع صغير نسبياً في درجة الحرارة الداخلية، وبذلك الحد من خطر التدفئة المفرطة. وأثناء ساعات الليل، تتدفق الحرارة المخزنة بشكل أساسي ثانية إلى الحيز الداخلي، مؤدية إلى خفض درجة التبريد.

الكتلة الخارجية والعزل الداخلي:

تحد طبقة العزل الداخلي من تأثير الكتلة على درجات الحرارة الداخلية. وهي تسهم قليلاً فقط في قيمة TTC، نسبة إلى الحالة التي تكون فيها طبقة الكتلة بمفردها دون عزل، وتخفض DHT. كما يحدد التأرجح في درجات الحرارة الداخلية والتأخير الزمني في بناء مغلق لاتتم تهويته بشكل أساسي بسماكة طبقة الكتلة. وعلى أي حالة، فعندما تتم تهوية البناء، تكون استجابته قريبة من استجابة البناء خفيف الوزن.

ولهذه المجموعة، للبناء عالي الكثافة مع ميزات حرارية لبناء منخفض الكثافة، أهمية خاصة في الأقاليم الرطبة التي تكون عرضة للعواصف الشديدة، والزلازل، والأعاصير الاستوائية. ففي بناء يتمتع بالتهوية، تؤمن الطبقة الخارجية الثقيلة الحماية من الرياح القوية ويعزز العزل الداخلي درجة التبريد في الليل.

النواة عالية الكثافة والمغطاة بعزل داخلي وخارجي:

تتألف بعض أنظمة البناء الحديثة من ألواح بناء مصنعة مسبقاً، ومخصصة، وعميقة من مادة عازلة (كالبوليسترين)، وهي نموذجياً بسماكة كلية تبلغ ٢٥ سم (١٠) ونواة داخلية عميقة بسماكة ١٦ سم (٦,٤). فبعد بناء الجدار العازل، يصب الاسمنت في مساحات متشابكة للألواح. وهكذا يتم خلق جدار مركب بنواة عالية الكثافة، بسماكة ١٦سم (٦,٤)، معزول داخلياً وخارجياً بطبقات من البوليسترين بسماكة ٤,٥سم (١,٨). كما تضاف الطبقات الخارجية والداخلية إلى العزل. ويكون لهذا البناء قيمة TTC عالية، ناتجة عن العزل الخارجية ونواة الكتلة، بينما لايكون لقيمة DHT أهمية، حيث يفصل العزل الداخلي الكتلة عن الحيز الداخلي.

وعندما يتم إغلاق هذا البناء ومنع تخلل الإشعاع الشمسي، فهو يسلك كبناء نموذجي عالي الكثافة، مع تأرجح صغير في درجة الحرارة الداخلية وتأخير زمني كبير. ومن جهة أخرى، فعندما تتم تهوية البناء، يستجيب على نحو مشابه للبناء خفيف الوزن. أما عند تخلل مقدار كبير من الطاقة الشمسية عبر النوافذ، فسوف ترتفع درجة الحرارة الداخلية بشكل كبير بسبب منع العزل الداخلي لامتصاص الطاقة في الكتلة.

عزل النواة المغطاة بطبقات اسمنتية داخلية وخارجية:

تتألف بعض أنظمة البناء الحديثة مثل (Insteel 3-D في الولايات المتحدة) من هيكل معدني للحيز يتم دمجه بنواة عزل من البوليسترين، بسماكة يمكن تحديدها. إذ يرش الاسمنت في situ من الطبقات الخارجية انتهاءً بالداخلية، مع سماكة دنيا حوالي ٣,٧سم (١,٥)، يمكن زيادتها حسب الرغبة. ويعتمد TTC هذا النوع على سماكة طبقات الاسمنت الداخلية وطبقات البوليسترين. حيث تزيد السماكة الأعلى لكل منهما من قيمة TTC. بينما يعتمد DHT بشكل أساسي على السماكة المحددة لطبقة الاسمنت الداخلية.

ومع هذا النظام، يمكن الحصول على معامل منخفض لخسارة الحرارة باستخدام سماكة كبيرة لنواة العزل.

مقارنة تأثيرات معامل خسارة الحرارة والقدرة الحرارية:

تحدد قيمة UA (أو BLC) لأحد الأبنية معدل شحنات التدفئة والتبريد اليومية للأبنية المكيفة آلياً (وعلى وجه الدقة، في الأحوال المستقرة)، بغض النظر عن القدرة الحرارية للبناء. إذ يسوي وجود الكتلة العالية «منحنيات» شحنات التدفئة والتبريد ويخفض ذروة الشحنات، ولكنها قد لاتؤثر على الشحنة المتوسطة. ولذلك، فعندما يكون هدفنا الحد من استهلاك الطاقة الكلي، يمكن صياغة المتطلبات المتعلقة بقيمة U، وبشكل خاص في الأقاليم ذات الحر أو البرد الشديد، دون النظر إلى القدرة الحرارية للبناء، سواء بشكل مباشر أو كما تعبر عنه قيم TTC و/أو DHC.

كما تؤثر القدرة الحرارية للبناء، كما تعبر عنها TTC، بشدة على الأداء الحراري والنموذج النهاري لدرجة الحرارة الداخلية في الأبنية المكيفة بغير الهواء. كما يمكن أن يكون للبناء الذي تكون فيه قيمة TTC عالية إلى حد كافٍ تأرجح نهاري صغير في درجة الحرارة حتى في الأقاليم ذات التأرجحات الكبيرة جداً (١٥-C٣٥، ٥٩-٩٥ F مثلاً). وفي مثل هذه الحالة، يمكن أن تحافظ TTC العالية على درجة حرارة داخلية مريحة بينما تكون درجة الحرارة الخارجية عالية جداً من مفهوم الراحة.

البناء ذو قيمة الـ UA ذاتها ولكن بقيم DHC و TTC مختلفة:

بما أن TTC هي ناتج المقاومة (الخارجية) والقدرة الحرارية (الداخلية)، يمكن الحصول على TTC مفترض مع مستويات مختلفة تماماً للعزل، وقيمة UA مفترضة مع مستويات مختلفة جداً للكتلة. فعلى سبيل المثال، لو قمنا بمقارنة بناء مبني بجدار دعامة بسماكة ١٠سم (٤) مملوء بالبوليسترين، مع بناء بنفس الجدار، ولكن بوجود طبقة داخلية إضافية من الاسمنت بسماكة ١٠سم (٤)، فإن لكل من البنائين قيمة UA نفسها. وعندما تتم تدفئتهما أو تكييفهما بالهواء آلياً، فقد يكون لكل منهما عملياً نفس شحنات التبريد والتدفئة.

وعلى أي حال، فقد يكون لبناء مبنى بالنوع الأول من الجدران، وبشكل خاص لو كانت نوافذه بحجم اعتيادي، قيمة منخفضة جداً لـ TTC، وفي المناخ المذكور أعلاه، تأرجح نهاري كبير جداً. كما سيكون حاراً جداً أثناء النهار وبارداً جداً أثناء الليل، وقد يحتاج إلى تدفئة وتبريد في نفس اليوم. أما بالنسبة لبناء مشابه مبنى بالنوع الثاني للجدران، من جهة أخرى، تكون قيمة TTC عالية جداً وقد يكون مريحاً طوال اليوم دون تدفئة أو تبريد.

وتلاحظ أيضاً بأن عكس موقع الطبقتين سيؤدي إلى TTC منخفضة دون تغيير مستوى الكتلة الاسمية. ولن يختلف الأداء الحراري كثيراً لبناء بالنوع الثالث من الجدران كثيراً عن الأداء الحراري للبناء في المثال الأول.

ويتجلى الاختلاف الأساسي بين نوعي البناء، على أي حال، في قيم DHC لكل منهما، والتي تحدد استجابتهما للإشعاع الشمسي المتخلل، وبشكل خاص في فصل الشتاء. فقد تكون قيمة DHC للبناء بالنوع الثاني للجدران كبيرة جداً. حيث يستطيع امتصاص كمية كبيرة من الحرارة الشمسية دون تأرجح كبير في درجات الحرارة الداخلية. وأثناء النهار، يمكن أن تكون درجات الحرارة الداخلية في ذلك البناء أعلى من المستوى الخارجي. أما في الليل، فسوف يقوم بإطلاق معظم الحرارة المخزنة ثانية إلى الحيز الداخلي ومنع درجات الحرارة المنخفضة جداً.

أما قيمة DHC للبنائين من النوع الأول والثالث، فهي منخفضة جداً باعتبار الطبقة الداخلية للجدران مؤلفة من مادة عازلة. وقد ترتفع درجة حرارة كل منهما بشكل زائد أثناء النهار مع تخلل كبير جداً للإشعاع الشمسي. أما في الليل فسوف تنخفض درجة حرارة البنائين بسرعة، وخاصة بالنسبة للبناء الأول.

تأثيرات خاصة للقدرة الحرارية في حالات مختلفة:

تعد القدرة الحرارية للمواد هامة بشكل أساسي عندما تكون الأحوال الحرارية متقلبة أي: تأرجحات كبيرة في درجة الحرارة الخارجية مع معدلات يومية قريبة من

منطقة الراحة البشرية، وأبنية اكتساب شمسي سلبي مباشر، وتدفئة أو تبريد متقطع، وأبنية يتم شغلها وتكييفها فقط خلال جزء من اليوم، والخ... وفي كل من هذه الحالات، يعتمد أثر القدرة الحرارية على نوع مختلف من التفاعل مع قابلية التوصيل الحرارية للمواد ومقاومة عناصر الغلاف.

ففي الأبنية المكيفة (المدفئة و/أو المبردة)، وفي أحوال قريبة من وضع الاستقرار، وعندما يكون هناك فرق كبير بين درجة الحرارة الخارجية والداخلية (التي يحافظ على ثباتها تقريباً عن طريق التدفئة أو التكييف الهوائي)، يكون للقدرة الحرارية أثر بسيط على الأحوال الحرارية الداخلية. ويعتمد تدفق الحرارة وتوزيع درجة الحرارة في هذه الحالة بشكل أساسي على النشر الحراري لغلاف البناء ومقدار التدفئة أو التبريد. ويكن في الأحوال المتقلبة بشدة، وحتى في الأبنية المكيفة بالهواء، وعندما يتم تبريد أو تدفئة البنية على فترات نظراً للاختلافات في درجة الحرارة الخارجية والإشعاع الشمسي، أو تدفئتها فقط بشكل متقطع، يكون للقدرة الحرارية أثر هام في تحديد الأحوال الحرارية الداخلية.

كما تتفاعل الكتلة الحرارية، التي تؤمنها عناصر البناء عالي الكثافة في الغلاف و/أو القواطع الداخلية لبناء ما، مع المقاومة الحرارية للغلاف، وتلعب أدواراً مختلفة في التأثير على أداء البناء. وفي حالات مختلفة، وفيما يتعلق بالتحكم بدرجات الحرارة الداخلية و/أو بالنظر إلى نموذج استخدام البناء، قد تؤثر حلول التصميم المختلفة والمتعلقة بكتلة البناء على أدائه الحراري على نحو مختلف. فعلى سبيل المثال، يمكن ملاحظة الحالات التالية:

أ- عندما لايتم التحكم بدرجات حرارة البناء (أحوال «غير مستقرة »)، تحدد القدرة الحرارية التأرجح (الأعظمي أو الأدنى) في درجة الحرارة الداخلية حول المعدل اليومي، مع تأثير مباشر على راحة المقيمين في البناء وحاجات التدفئة أو التبريد.

ب- عندما تتم تدفئة البناء في الشتاء عن طريق الاكتساب الشمسي المباشر من خلال نوافذ كبيرة مواجهة للجنوب، تحدد القدرة الحرارية قدرته على تخزين حرارة شمسية زائدة من النهار واستخدامها أثناء الليل، مقللاً بذلك من احتمال حدوث التدفئة المفرطة أثناء النهار واحتمال الحاجة لاستخدام طاقة تدفئة تقليدية في الليالي الأبرد.

ت- عندما يتم تبريد البناء في الصيف عن طريق بعض الأنظمة السلبية (كتهويته أثناء الليل بهدف خفض درجات الحرارة الداخلية أثناء ساعات النهار التالية)، تحدد قدرته الحرارية إلى أي حد يمكن خفض درجة حرارته الداخلية القصوى. وسنناقش هذا الموضوع تحديداً بتفصيل أكبر في الفصل الخامس.

ث- وعندما يعتمد البناء على التهوية الطبيعية نهاراً بهدف تأمين الراحة، وخاصة في الأماكن التي تكون فيها سرعة الرياح منخفضة أو يكون الهواء ساكناً حتى في الليل، ربما يبرد البناء عالي الكثافة ببطء شديد مساءً. وسيتم إطلاق الحرارة المخزنة في الكتلة أثناء ساعات النهار إلى الحيز الداخلي أثناء ساعات الليل الهادئة. وقد يسبب ذلك اضطرابات في النوم وتراكم الإرهاق. وسنناقش هذا الموضوع أيضاً بتفصيل أكبر في الفصل الخامس.

ج- عندما تتم تدفئة البناء و/أو تبريده بنظام آلي واستخدامه فقط جزء من اليوم - كمدرسة أو بناء مكتبي على سبيل المثال - تسبب القدرة الحرارية العالية استجابة بطيئة لتشغيل أو إيقاف النظام الآلي. وفي هذه الحالة، ربما يتوجب بدء التدفئة أو التبريد قبل أن يشغل البناء. وفي نهاية العمل اليومي، أي عندما يتوقف تشغيل النظام، ستبقى الطاقة الباردة أو الحارة مخزنة في كتلة البناء، دون استخدامها فعلياً. وفي مثل هذه الحالات، قد تشكل القدرة الحرارية العالية عائقاً.

وفي المقاطع التالية، سنناقش تأثير القدرة الحرارية على الأداء الحراري للأبنية مع الرجوع إلى حالات التحكم المختلفة بدرجات الحرارة وأنماط استخدام البناء.

الأبنية المكيفة بغير الهواء في الأقاليم ذات التأرجحات النهارية في درجة الحرارة:

تحدث قدرة مواد البناء على تخزين الحرارة أثناء دورات درجة الحرارة اليومية في الأبنية المكيفة بغير الهواء أثراً عميقاً على راحة السكان وتأرجح درجة الحرارة الداخلية في الأقاليم التي تكون فيها تأرجحات درجة الحرارة النهارية كبيرة. وتتميز الأبنية التي تكون قيمة TTC فيها عالية بدرجة حرارة داخلية مستقرة حتى بفعل التأرجحات الكبيرة لدرجة الحرارة الخارجية. وهكذا، يكون تأرجح درجة الحرارة النهارية في بناء من مواد عالية الكثافة، كالاسمنت الكثيف، ومعزول خارجياً، أصغر بكثير من البناء المعزول المبني من مواد خفيفة الوزن، كما في بناء خشبي بجدران دعامة، أو حتى عند مقارنته مع بناء مبني بمواد ثقيلة (كالآجر، الحجر، أو الطوب)، ولكنه غير معزول.

وفي المناخات والفصول التي تكون تأرجحات درجة الحرارة النهارية فيها كبيرة (حوالي ١٨° K مثلاً) وحيث تكون درجة الحرارة الخارجية المتوسطة ضمن نطاق الراحة البشرية، أي حوالي ٢٠-٢٥ °C (٦٨-٧٧ °F)، يستطيع البناء بقيمة TTC عالية الحفاظ على درجات حرارة داخلية مريحة حتى عندما تصل درجة الحرارة الخارجية القصوى إلى حوالي ٣٦ °C (٩٧ °F)، يتم تأمينها بحيث تتم تهويته في ساعات المساء والليل. بينما سيكون لبناء خفيف الوزن، أو بناء عالي الكثافة غير معزول، درجات حرارة نهارية عالية جداً من منظور الراحة البشرية، وبفعل الأحوال ذاتها.

وهكذا، فللحد من تأثير الكتلة، يفضل الغلاف ذو البنية المركبة: أي مواد عالية الكثافة معزولة خارجياً بطبقة ذات مقاومة حرارية عالية. ويمكن أن تتكون الطبقة

المقاومة العازلة للكتلة من مواد خفيفة الوزن مثل البوليسترين الممدد أو تأمينها بفسحة هوائية محاطة بسطح انعكاسي (كورق الألمنيوم مثلاً)، على الجانب الخارجي من الطبقة عالية الكثافة. حيث يؤمن مثل هذا البناء جدران بقيمة عالية لـ TTC، مؤدية إلى زيادة خفض ذروة درجة الحرارة الداخلية دون ذروة الحرارة الخارجية وتأخير زمن حدوثها.

أما في الحالات التي يبنى فيها الغلاف من عناصر عازلة منخفضة الكثافة، لايزال بالإمكان الحصول على درجات حرارة للهواء الداخلي مشابهة لدرجات حرارة البناء ذي الغلاف عالي الكثافة، فيما لو بنيت العناصر الداخلية (الأسقف والجدران القاطعة)، من مواد عالية الكثافة وبمساحة كبيرة. وعلى أي حال، فسوف تشهد درجات حرارة السطح الداخلي للجدران الخارجية تأرجحاً أكبر من الهواء الداخلي، منتجة بذلك درجات حرارة إشعاعية نهارية أعلى من البناء ذي الغلاف عالي الكثافة. وربما يتجلى الحل «المثالي» في بناء من الطبقات الداخلية للغلاف والعناصر الداخلية المبنية من مواد عالية الكثافة.

وللحصول على إخماد فعال لدرجة الحرارة في بناء عالي الكثافة، لابد من إغلاق نوافذه أثناء النهار، للحد من تدفئة الهواء الداخلي بالهواء الخارجي الأحر. وفي مثل هذا البناء، قد يتم تأجيل ذروة درجة الحرارة حتى تنخفض درجة الحرارة الخارجية بشكل كافٍ بحيث يمكن فتح النوافذ للسماح بالتهوية الطبيعية لتأمين الراحة الداخلية.

الأبنية المكيفة بالهواء (تأثيرها على التبريد صيفاً):

في الأبنية المكيفة بالهواء، السكنية والتجارية (كالأبنية المكتبية مثلاً)، يتم التحكم بدرجة الحرارة الداخلية ضمن نطاق ضيق نسبياً بواسطة النظام الآلي. وعلى أي حال، هناك اختلاف في تأثير الكتلة الحرارية على استهلاك الطاقة للتبريد في هذين النوعين للأبنية.

كما تكون الأبنية السكنية عادة «skin dominated»، ويكون توليد الحرارة الداخلية، من الأجهزة المطبخية، وغيرها، صغيراً مقارنة مع شحنة التبريد الناتجة عن اكتساب الحرارة من خلال الغلاف. أما في الأبنية التجارية، من جهة أخرى، يكون توليد الحرارة الداخلية بالإضاءة، الحواسيب، والمعدات المكتبية الأخرى، كبيراً جداً.

وعلاوة على ذلك، فإن للأبنية السكنية غالباً مساحة أرضية كبيرة جداً نسبة إلى مساحة الغلاف، ولهذا تكون «core dominated».

الأبنية السكنية:

تتولد الشحنة الساعية للتبريد في الأبنية السكنية بشكل رئيسي من تدفق الحرارة عبر الغلاف، والتي ينبغي على النظام الآلي أن يكيفها، وتتولد إلى حد أقل أيضاً عن الاكتساب الشمسي من خلال النوافذ. ويمكن أن يتأثر النموذج الساعي لشحنة التبريد بشكل كبير بالكتلة الحرارية للبناء، وبشكل خاص في الأبنية السكنية التي يكون فيها توليد الحرارة الداخلية صغيراً.

كما أن لدرجات تدفق الحرارة الساعية من خلال الجدران ذات التكييفات المختلفة نماذجاً مختلفة في الأبنية منخفضة الكثافة والأبنية عالية الكثافة. ففي بناء عالي الكثافة، يتبع تدفق الحرارة من الأسطح الداخلية لعناصر الغلاف إلى الهواء الداخلي، والذي يولد شحنة التبريد «الخارجية»، نماذج درجة حرارة الهواء-الشمس على الأسطح الخارجية عن قرب. كما يتبع الاكتساب الشمسي المباشر من خلال النوافذ أيضاً نموذجاً مشابهاً. وبشكل عام، ففي بناء بغلاف منخفض الكثافة، سيكون لشحنة التبريد النهارية الناتجة مدىً كبير، مما يعني شحنة تبريد بذروة عالية واستهلاك للطاقة بذروة عالية من قبل النظام الآلي. وتحدث الذروة في مثل هذه الأبنية عادة في الساعات المبكرة لفترة ما بعد الظهيرة.

كما يمكن لبناء بقيمة TTC عالية، من جهة أخرى، أن يقلل مدى شحنة التبريد

إلى حد كبير وأن يؤجل الذروة لعدة ساعات، أي حتى فترة المساء. وقد يؤدي إخماد الذروة إلى انخفاض هام في حجم نظام التبريد. وعلاوة على ذلك، فربما يتم تأجيل الذروة إلى أن تنخفض درجة الحرارة الخارجية بشكل كافٍ بحيث يمكن استبدال التبريد الآلي بالتهوية الطبيعية.

الأبنية التجارية (المكتبية):

لايتم استخدام معظم الأبنية التجارية أثناء ساعات الليل. حيث يكون توليد الحرارة الداخلية عادة أكبر من تدفق الحرارة عبر الغلاف ويركز أيضاً على الأغلب أثناء ساعات النهار. كما يكون للأبنية التجارية غالباً نوافذ كبيرة الحجم نسبياً لتأمين الإضاءة النهارية، ولكن هذه النوافذ تعمل أيضاً على زيادة توليد الحرارة الداخلية. وبالتالي، تكون شحنة التبريد، لكل واحدة من مساحة الأرضية، أعلى بكثير منها في الأبنية السكنية المكيفة بالهواء.

كما يكون احتمال خفض الكتلة الحرارية في هذه الأبنية لشحنة التبريد أو تعديل نموذجها (خفض الذروة) عادة صغيراً، على الرغم من استحالة تحقيق مثل هذا الأثر. وبغية تحقيقه، تظهر الحاجة لتطبيق تفاصيل خاصة جداً للتصميم، حيث ستمكن البناء من تخزين كمية كبيرة من الحرارة في الكتلة أثناء ساعات النهار، مع تأرجح صغير جداً في درجة الحرارة، وكذلك تمكنه من التخلص من تلك الحرارة أثناء الليل عن طريق التهوية الليلية.

وبالإمكان تأمين الكتلة العالية المطلوبة في الأبنية التجارية عن طريق أرضيات من الاسمنت المقوى، حيث يتم تركيز معظم الكتلة. فلو تم كشف الأسقف للحيز الداخلي، باستطاعتها امتصاص الحرارة المتولدة ضمن الحيز. وفي الليل بالإمكان «دفع» الحرارة المخزونة خارجاً عن طريق تهوية الحيز آلياً وبالتالي تبريد الكتلة.

ولتمكين التدفق السلبي للحرارة داخل وخارج الكتلة، لابد من تجنب «الأسقف الزائفة/المنخفضة false/dropped». وعلى أي حال، تطبق هذه الأسقف الزائفة

غالباً لتأمين حيز للقنوات، الأنابيب، الأسلاك، والخ، بالإضافة إلى تخفيف الضجيج في استخدام الأسقف الصوتية. ويتجلى الحل في التصميم في تأمين حيز الخدمة فوق أرضيات الاسمنت، عن طريق أرضيات «زائفة» ترفع حوالي ٠,٥ م (١,٦٤ ft) فوق أرضيات البنية. ولقد تم تطبيق مثل هذا التصميم فعلياً بنجاح في بناءين مكتبيين كبيرين في جوهانزبيرغ Johannesburg، في إفريقيا الجنوبية.

الأبنية المتمتعة بتدفئة تقليدية (في الشتاء):

إن تأثير القدرة الحرارية على استخدام الطاقة من أجل التدفئة في الأبنية المدفأة بأنظمة تقليدية أصغر بكثير من أثرها على استخدام الطاقة للتبريد في الأبنية المكيفة بالهواء. فهو يعتمد إلى حد ما على نطاق درجة الحرارة والمدة الزمنية التي تحتاجها التدفئة في الشتاء.

وفي الأماكن التي يكون فيها الشتاء بارداً، فإننا بحاجة للتدفئة بشكل مستمر ولايكون للقدرة الحرارية أي تأثير هام على استخدام الطاقة. ومن جهة أخرى، ففي الأماكن التي يكون فيها الشتاء لطيفاً (معتدلاً) وتظهر الحاجة للحرارة على الأغلب أثناء ساعات المساء فقط، يمكن أن تحد القدرة الحرارية العالية من استخدام الطاقة للتدفئة، وبشكل خاص تخفض ذروة شحنة التدفئة وحجم نظام التدفئة.

الأبنية المدفأة عن طريق الطاقة الشمسية بالاكتساب المباشر أو المبردة عن طريق التهوية الليلية:

باعتبار الطاقة الشمسية التي تتخلل عبر النوافذ مصدراً هاماً للتدفئة (أبنية الاكتساب الشمسي السلبي المباشر)، تعد القدرة الحرارية العالية هامة جداً للاستخدام الفعال للطاقة الشمسية. فعندما لاتكون كتلة البناء كافية، ولايكون هناك توزيع فعال لتلك الكتلة حول الحيز المدفأ، فقد ترتفع درجة حرارة ذلك البناء بإفراط غالباً في ساعات منتصف النهار، مما يجعل من الضروري تهوية البناء أو حجب النوافذ، وهكذا يتم الحد من استخدام الطاقة الشمسية المباشرة. كما قد

يبرد ذلك البناء أيضاً بسرعة كبيرة في ساعات المساء ولهذا يحتاج إلى التدفئة أثناء الليل عندما يبقى البناء عالي الكثافة بدرجات حرارة مريحة طوال الليل.

وتعبر القدرة الحرارية النهارية (DHC) كما عرفناها سابقاً في هذا الفصل عن الأثر الكمي للكتلة في أبنية الاكتساب الشمسي المباشر. حيث تنسب القدرة الحرارية الفعالة المطلوبة إلى حجم «الزجاج الشمسي»: أي النوافذ والمناطق الزجاجية الأخرى المواجهة لخط الاستواء (جنوباً في نصف الكرة الشمالي). ففي بناء ذو اكتساب شمسي مباشر بقيمة عالية لـ DHC يمكن للجدران امتصاص الطاقة الشمسية المتخللة بسرعة أكبر وارتفاع أقل لدرجة الحرارة. ومن جهة أخرى، فعندما تكون قيمة DHC منخفضة (مما يعني مقدار صغير للكتلة أو مساحة سطحية مكشوفة صغيرة)، تتم تدفئة الأسطح والهواء الداخلي بسرعة حتى مع مقدار صغير من الإشعاع الشمسي المتخلل.

كما تعتمد قيمة DHC للكتلة الحرارية غالباً بشكل كامل على خاصيات وسماكة الطبقة المحيطة مباشرة بالحيز الذي تتخلله الشمس. إذ تحدث خاصيات الطبقات البعيدة عن السطح الداخلي أثراً صغيراً على DHC. وهنا يظهر الاختلاف الرئيس بين DHC × TTC، والتي تتأثر بخاصيات جميع طبقات الغلاف.

ويمكن توضيح الاختلاف بين DHC × TTC بالمثال التالي: حيث سيكون لطبقة إسمنتية لجدار معزول خارجياً بطبقة بوليسترين قيمة عالية لكل من DHC × TTC. وسوف تؤدي إضافة طبقة من العزل إلى الجانب الداخلي للاسمنت إلى زيادة قيمة TTC للجدار، ولو قليلاً. بينما لاتؤدي إلى خفض فعالية الجدار المكيف في إخماد التأرجح الداخلي في الأبنية غير المتمتعة بالتهوية.

وعلى أي حال، فسوف تخفض إضافة العزل الداخلي قيمة DHC للجدار لتصل إلى قيمة لاأهمية لها، باعتبار أن DHC تتحدد تقريباً بشكل كامل بواسطة خاصيات الطبقة المكشوفة للحيز الداخلي. كما سيمنع العزل الداخلي امتصاص الطاقة

الشمسية في طبقة الكتلة الواقعة خلفه. ولذلك لايعد مثل هذا الجدار ملائماً لتخزين الطاقة الشمسية. (وسنناقش موضوع أبنية الاكتساب الشمسي السلبي بتفصيل أكبر في الفصل الرابع).

وتظهر حالة مشابهة في الأبنية التي تتم تهويتها مساءً، فيما يتعلق بتجميع وخزن الطاقة الباردة أثناء الليل واستخدام الطاقة الباردة المخزونة أثناء ساعات النهار التالية. وفي هذه الحالة أيضاً، تعتبر القيمة العالية لـ DHC هامة جداً للخزن الفعال للطاقة الليلية الباردة وإطلاقها أثناء ساعات النهار التالية. وسنناقش هذا الموضوع بالتفصيل في الفصل الخامس.

الأبنية المكيفة بالهواء والمشغولة فقط جزء من اليوم:

في الأبنية المدفئة تقليدياً و/أو المكيفة بالهواء والتي يتم شغلها خلال جزء من اليوم، كالمدارس والمكاتب المتنوعة، قد تكون القدرة الحرارية العالية عائقاً وتزيد فعلياً من استهلاك الطاقة.

ففي الصيف، يستخدم جزء من طاقة التبريد لتبريد الكتلة في البناء. وعندما تنتهي ساعات الإقامة، تبقى الكتلة باردة، ولكن دون تأثير نافع، بحيث يتم عملياً «هدر» الطاقة الممددة بالتبريد. أما في الشتاء، يحدث نموذج مشابه لهدر الطاقة في تدفئة الكتلة. وفي صباح أيام فصل الربيع قد تكون الكتلة باردة جداً وربما يستهلك البناء عالي الكثافة طاقة أكبر للتدفئة مما قد يحتاج إليه بناء خفيف الوزن للتدفئة.

٤

أنظمة التدفئة الشمسية السلبية

مقدمة:

يبحث هذا الفصل في ميزات الأداء للعديد من أنظمة التدفئة الشمسية السلبية للأبنية، وعوامل التصميم الرئيسة التي تؤثر على أدائها، وفوائدها النسبية والمشكلات الرئيسة المرتبطة بها، بالإضافة إلى قابليتها للتطبيق على مختلف أنواع المباني والأقاليم المناخية. كما يؤكد على مسائل التصميم المعماري المرتبط بأنظمة التدفئة الشمسية السلبية المختلفة وعلى المشكلات التي قد تواجه عندما تطبق التدفئة الشمسية السلبية في الأقاليم التي يكون فيها فصل الصيف حاراً.

وأنظمة التدفئة الشمسية السلبية التي نناقشها في هذا الفصل هي:

- الاكتساب المباشر.
- جدران الخزن المجمع (Trombe)
- حلقات نقل الحرارة بالحمل للجدران.
- نظام بارا Barra
- أنواع متعددة للفسحات الشمسية.

كما نجد المزيد من المعلومات حول أداء الأبنية المتمتعة بتدفئة شمسية سلبية في منشورات للباحثين العاملين في المختبر الوطني لوس ألاموس-Los Alamos Nation al Laboratory وهي: Balcomb،1982،Balcomb et al.1980 ١٩٨٣، بالإضافة إلى ما يقدمه كتاب Mazria ١٩٧٩.

الاكتساب المباشر:

في أبنية الاكتساب المباشر، تدخل الشمس مباشرة إلى الحيز المسكون من خلال النوافذ التقليدية، المناور، والخ..... وتحصل الغرف الواقعة في الجانب الشمالي من البناء على الشمس من خلال المناور المتوضعة فوق مستوى السطح لتلك الغرف إلى الجانب الجنوبي. كما تعمل كتلة بنية البناء بحد ذاتها (أي في الأرضية، الطبقات الداخلية للجدران الخارجية، القواطع الداخلية، السطح، والأثاث)، كمادة خزن حراري ضرورية لتخزن الطاقة الشمسية المفرطة أثناء الساعات التي تشرق فيها الشمس وإطلاقها ثانية أثناء الليل. وقد يصطدم الإشعاع بعناصر الكتلة بشكل مباشر أو بعد انعكاسه من الأسطح الأخرى المشعة بشكل مباشر (الشكل ٤-١).

وفي العديد من المباني، لاتتعرض الغرف جميعها لأشعة الشمس المباشرة من خلال النوافذ أو المناور. ففي تلك الأبنية، يكون دوران الهواء الفعال بين الغرف «المشمسة» والأماكن «غير المشمسة» هاماً جداً لتحقيق جزء شمسي عالي عن طريق الاكتساب المباشر. وفي بعض الظروف، قد يكون الدوران المعزز باستخدام المراوح، من خلال فتحات الجدران بين الغرف، القنوات، أو الأسقف الزائفة (الكاذبة)، ضروري جداً لضمان توزيع كاف للحرارة، على الرغم من أن فروق درجة الحرارة الصغيرة نسبياً للهواء الداخلي تحد من فاعلية انتشار الحرارة عن طريق الحمل.

كما أن العوامل الرئيسة المؤثرة في أداء أبنية الاكتساب المباشر هي:

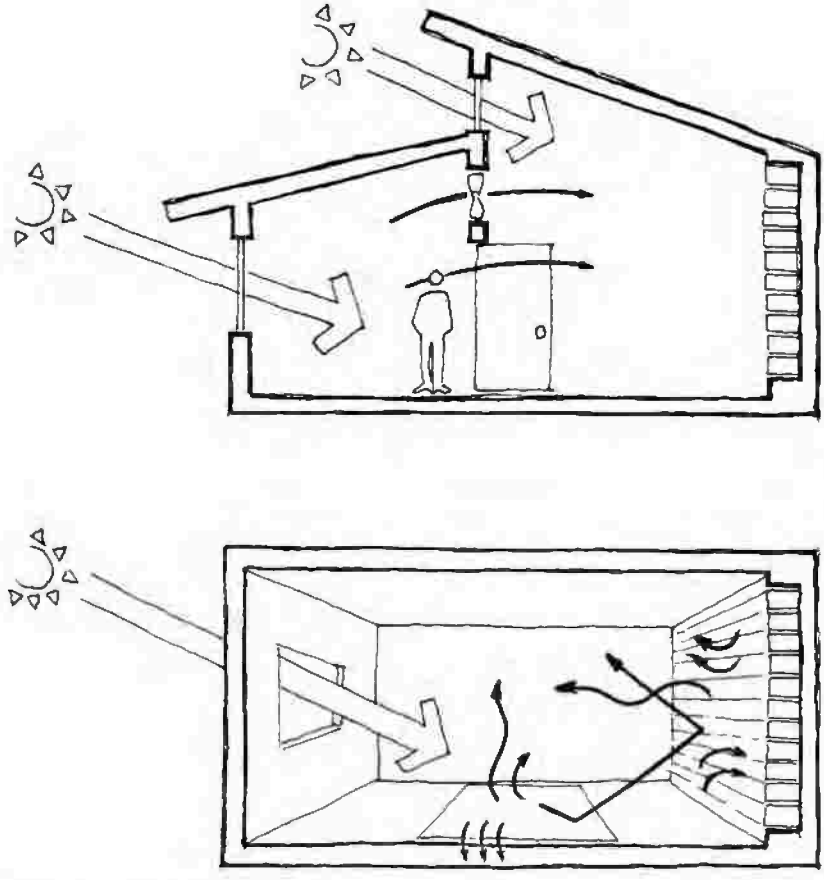
- تكييف وموقع الزجاج الشمسي.
- حجم ونوع الزجاج الشمسي
- مقدار الكتلة وتفاصيل التصميم المتوفرة للتخزين الحراري.
- معامل خسارة الحرارة للبناء ككل.
- ترتيب الأثاث في الغرف «المشمسة».

- الارتباط الحراري بين الغرف «المشمسة» و «غير المشمسة».
- خيارات التحكم باكتساب وخسارة الحرارة من خلال الزجاج.

حجم ونوع الزجاج الشمسي:

تؤدي زيادة مساحة الزجاج الشمسي في أبنية الاكتساب الشمسي إلى زيادة تناسبية للاكتساب الشمسي أثناء ساعات النهار ولكنها تزيد أيضاً من خسارة الحرارة من خلال المساحة الزجاجية أثناء ساعات الليل في فصل الشتاء، بالإضافة إلى اكتساب الحرارة (غير المحتسب) أثناء الصيف. وتعتمد النسبة بين هذه التأثيرات الحرارية المختلفة على الشدة النسبية لفصلي الصيف والشتاء في إقليم مفترض، بالإضافة إلى خواص وتفاصيل الزجاج الشمسي، أي: النشر الشمسي والتوصيل الحراري للزجاج، توفر العزل الليلي أثناء الشتاء، التعرض الشمسي وتوفر العزل النهاري (إضافة إلى التظليل) أثناء الصيف. ولقد ناقشنا الخواص الحرارية لأنواع الزجاج المتنوعة في الفصل الثاني.

فعندما تتجاوز درجة الحرارة الداخلية الحد الأعلى للراحة، أو عندما تنشأ مشكلات عدم الارتياح والوهج من التعرض المباشر لأشعة الشمس، لابد عندها من منع الاكتساب المباشر عن طريق تظليل النوافذ أو «دفعه للخارج» عن طريق إخراج أو تنفيس الحرارة الزائدة. وكذلك فمن غير الممكن خزن الحرارة الزائدة لعدة أيام مشمسة متتالية لأكثر من حوالي يومين غائمين، وذلك مع القدرة الحالية للمواد التقليدية على الخزن الحراري.

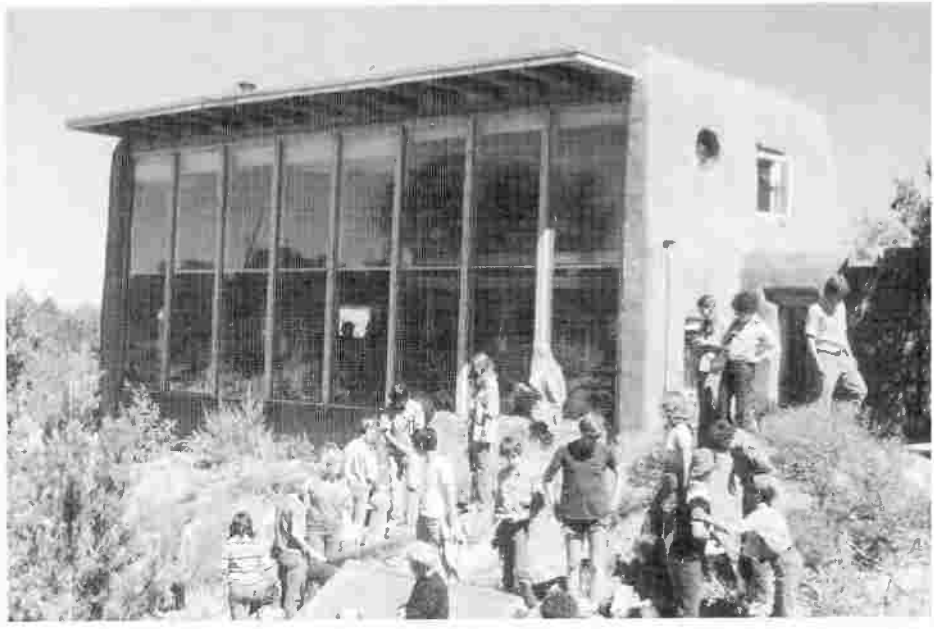


الشكل ٤-١. نظام الاكتساب الشمسي المباشر

ويحث غالباً على تكبير مساحة الزجاج المواجه للشمس بقدر ما يسمح تصميم البناء، بغية الحصول على إطلالة كبيرة على مشهد جذاب و/أو زيادة الطاقة الشمسية المتخللة أثناء فصل التدفئة إلى أكبر حد.

ويقدم الشكل ٤-٢ مثالاً عن بناء الاكتساب الشمسي المباشر مع مساحة زجاجية مضاعفة لكامل الجدار الجنوبي، في سانتا في Santa Fe، نيو مكسيكو، New Mexico. إذ تم تصميمه من قبل د .رايت Wright. D وهو أول من امتلكه. حيث تم بناء الجدران من الطين وعزلها بالستيروفوم Styrofoam (نوع من مواد العزل) بسماكة ٥ سم (٢)، وتغطيتها بطينة plaster من الاسمنت/ الستيروفوم. وصنعت أبواب النوافذ الداخلية من صفائح وألواح الستيروفوم لتقديم العزل الليلي في الشتاء والحد من التدفئة الشمسية المفرطة في الصيف.

أولاً، تعد النوافذ الاعتيادية، وإن كانت بطبقتين زجاجيتين، عادة النقطة الحرارية الأضعف في مغلف البناء، مسببة خسارة شديدة للحرارة في الليل.



الشكل ٤-٢. بناء رايت في سانتا في، نيو مكسيكو. الاكتساب المباشر مع وضع الزجاج على كامل الجدار الجنوبي وعزله بعزل داخلي قابل للطي.

فمن مفهوم استخدام الطاقة الشمسية، تتجلى فوائد زيادة حجم الزجاج في تقليل العائدات returns، بينما نسبب خسارة الحرارة في الليل من خلال الزجاج إلى مساحة الزجاج. وقد نصل إلى الهدف عندما تسبب الزيادة في حجم الصقل خسارة نهائية للحرارة، إلاإذا تم تجهيز الزجاج بعزل ليلي متحرك. ويمكن حل هذه القضية جزئياً باستخدام أنواع جديدة من الزجاج التقليدي المضاعف. ولقد تحدثنا عن ذلك النوع من الزجاج في الفصل الثاني.

وعلى أي حال، فمع التظليل الفعال، قد ترفع المساحة الكبيرة جداً للزجاج الشمسي درجة الحرارة الداخلية في الأيام المشمسة إلى حد كبير بحيث قد تتجاوز أحوال الراحة في فصل الشتاء. وقد تكون المشكلة أكثر خطورة أثناء فصول الربيع، الصيف، والخريف، وبشكل خاص في الأقاليم التي يكون فيها الصيف حاراً، وهناك أثرين سلبيين آخرين للمساحات الكبيرة جداً للزجاج.

ثانياً، قد يكون جزاء اكتساب الحرارة بالتوصيل صيفاً من خلال المساحة الكبيرة للزجاج الشمسي في الأقاليم التي يكون صيفها حاراً، وإن تم تظليل الزجاج، أعظم من فوائده في فصل الشتاء. فقد يسبب في بعض الحالات الحاجة لإدخال تكييف هوائي آلي في الأماكن التي لاتحتاج في الأحوال العادية إلى تبريد آلي. ويمكن تخفيف هذا الجزاء بواسطة الواقيات الشمسية المتحركة المعزولة والتي تقي البناء من التدفئة النهارية المفرطة بينما تمكن من الحصول على تبريد سريع في ساعات المساء من خلال النوافذ الكبيرة القابلة للفتح، واكتساب الحرارة بالتوصيل من خلال الزجاج.

وبأخذ جميع هذه العوامل العديدة بالحسبان وأهميتها النسبية للسكان، فليس هناك ثمة طريقة حسابية واحدة بسيطة للتوصل إلى الحجم الملائم للزجاج، ولكن قد تشكل «القواعد الأساسية» التالية من ملخص لتجربة خاصة بالأبنية السكنية المشغولة والتي تستخدم الاكتساب المباشر (Givoni ١٩٨٩) مرشداً للتصميم.

ففي الأقاليم التي يكون صيفها حاراً، ينبغي أن تكون مساحة الزجاج «الشمسي» حوالي ١٠-١٥٪ من مساحة الأرضية الكلية المدفأة. وقد تصل إلى ٣٠٪ في «الغرف

المشمسة»، فيما لو توفر تخزين حراري كافي لمنع: (أ) الارتفاع السريع لدرجة الحرارة والتدفئة المفرطة محلياً و(ب) صعوبات الوهج، وبهت الأنسجة، الخ.... كما لابد من إتاحة نشر الحرارة الفعال بالحمل بين الغرف «المشمسة» و «غير المشمسة» عن طريق جريان الهواء الطبيعي من خلال الفتحات الداخلية أو بالتهوية المعززة.

أما في الأقاليم الباردة، قد تكون المساحة الأكبر للزجاج الشمسي (مثلاً ٢٠٪ من المساحة الكلية للأرضية المدفأة) مقبولة، وباستخدام الزجاج (المضاعف) الذي يتمتع بمقاومة حرارية عالية، في الأقاليم الباردة جداً، يتم تأمين عزل ليلي إضافي فعال.

أنواع الزجاج الشمسي:

في كتيب التصميم الشمسي السلبي Passive Solar Design Handbook (Jones et al ١٩٨٢. الأشكال G-٥٦-G51)، عرضت حساسية الأداء لتأثير نوع الزجاج على جزء الحفظ الشمسي (Solar Saving Fraction SSF). بينما كانت الاختلافات الأخرى في المناخ (لتسعة مدن في الولايات المتحدة، متراوحاً من جو لطيف، إلى شديد جداً)، نسبة مجمع الشحنة Load Collector Ratio (LRC ـ أي النسبة بين مساحة الزجاج الشمسي ومعامل خسارة الحرارة النهائية للبناء)، وتوفر العزل الليلي.

ففي المناخ اللطيف، كان تحسن الأداء من الزجاج ذو الطبقة الواحدة إلى الزجاج المؤلف من طبقتين أو ثلاث طبقات صغيراً جداً، إلافي الحالة التي كان فيها LRC صغيراً ـ فقد كان فعالاً. أما في الأقاليم التي يكون فيها الشتاء بارداً فقد كان هناك تحسن ملحوظ في أداء الزجاج المضاعف مقارنة مع الزجاج المؤلف من طبقة واحدة.

تكييف وموقع الزجاج الشمسي:

يجب أن يواجه الزجاج الشمسي، بالتعريف، شمس الشتاء. وعلى أي حال، ففي الواقع لايكون التكييف «الدقيق» ممكناً دائماً، إذ يحدد الزجاج الشمسي لأنظمة الاكتساب المباشر غالباً بتكييف البناء. وقد لاتؤثر الانحرافات التي تصل إلى حوالي

٣٠ درجة عن الشمال والجنوب الحقيقي، في نصف الكرة الشمالي والجنوبي، على التوالي، بشكل كبير على الإشعاع الشمسي الساقط على الزجاج. وعلاوة على ذلك، ففي بعض الأقاليم يكون الضباب مألوفاً في صباح أيام الشتاء وفي مثل هذه الأماكن قد يفضل تكييف الاتجاه نحو الشمال ـ الشمال الغربي أو الجنوبي ـ الجنوب الغربي (في نصف الكرة الشمالي والجنوبي، على التوالي).

وفي حالات عديدة، على أي حال، لايكون لغرف عديدة في البناء أو للبناء ككل جدار مواجه للجنوب. وعندما يكون البناء بارتفاع طابق واحد، يمكن استخدام المناور أو monitors السطح المواجهة للجنوب كعناصر شمسية للاكتساب المباشر. ويبين الشكل ٤-٣ منزل Stokebrand المصمم من قبل ادوارد مازريا Edward Mazria، في ألبوكويركو Albuquerque، نيو مكسيكو New Mexico، والذي يستخدم العناصر الشمسية تلك.

وتتجلى الفائدة الرئيسة لأنظمة الاكتساب المباشر في إمكانية جمع مقادير هامة من الطاقة الشمسية في الغرف المدفئة من خلال عناصر يمكن إيجادها في البناء بأي حالة ـ وهي النوافذ، المناور، وmonitors السطح (أي مناور بزجاج عمودي) المواجهة للشمس. إذ تمكن المناور وmonitors السطح من توفير اكتساب مباشر حتى للغرف التي لاتعرض نوافذها الاعتيادية للشمس. وهكذا يمكن تطبيق الاكتساب المباشر في الأبنية المؤلفة من طابق واحد والمستطيلة من الجنوب إلى الشمال والأبنية التي لاتتمتع بتعرض لأشعة الشمس المباشرة.

كما يمكن أن تؤمن المناور والنوافذ المواجهة للشمس حرارة شمسية لجزء البناء المواجه للشمس فقط، لكن دون أية قيود تحكم عدد الطوابق، وتعد الـ monitors السطحية قابلة للتطبيق فقط في الأبنية المؤلفة من طابق واحد أو للطابق العلوي للأبنية المؤلفة من عدة طوابق. فهي تؤمن الطاقة الشمسية في نقاط بعيدة عن جدار البناء المواجه للشمس، بغض النظر عن تكييف البناء بحد ذاته. وتكون أقل حساسية أيضاً من النوافذ لاحتمال حجب ضوء الشمس بسبب الأشجار والمباني المجاورة.

وعلى أي حال، فمن المنظور الحراري، قد تكون هذه الـ monitors السطحية أقل فعالية من النوافذ. إذ قام الكاتب (انظر Givoni ١٩٨٩) بمقارنة الحرارة الاحتياطية (المساعدة) المقاسة في الشتاء وشحنة التبريد في الصيف، في العديد من الأبنية في الولايات المتحدة، مع monitors سطحية في برنامج DoE للمراقبة (Godron et al.١٩٨٦). فكانت الحرارة الاحتياطية أعلى وشحنة التبريد أدنى من القيم التي تنبأ بها نموذج التشبيه DoE-٢. ووجد توافق أفضل في الأبنية ذات الاكتساب المباشر التقليدي. ويمكن تفسير هذا التفاوت باكتساب أقل للحرارة الشمسية الفعالة، أو خسارة أعلى للحرارة من خلال monitors السطح، عند مقارنتها بالنوافذ التقليدية.

الكتلة الحرارية في أبنية الاكتساب المباشر:

تقم الكتلة الحرارية بتخزين الطاقة من ساعات شروق الشمس، لإطلاقها ثانية أثناء الليل. ومن منظور الدورة اليومية، تكون سماكات محددة فقط لعناصر الخزن مفيدة. وبالتالي، فبالنسبة لعناصر الخزن الثخينة، لاتكون الكتلة «الاسمية» الكلية في أحد الأبنية فعالة لاختزان الطاقة الشمسية. وفي الوقت الحاضر، تعد المواد الماسونية (الحجرية) كالاسمنت، الآجر، الخ، والتي تخدم الأغراض الإنشائية بشكل جيد، المواد الأكثر استخداماً والتي تفوق فائدتها كلفتها. كما تعد القدرة الحرارية إحدى وظائف الكتلة والحرارة الخاصة. ونظراً لتشابه الحرارة الخاصة لجميع المواد الماسونية المحتملة للشحنة load-bearing تقريباً (الاسمنت، الآجر، الحجر، وغيرها) ـ أي بحدود (Bth/ib.F 0,24) j/kg. °C860 Wh/kg. C0,24 ـ تنسب القدرة الحرارية الاسمية بشكل هام إلى الكثافة والحجم الكلي للمادة. أما المواد غير المحتملة للشحنة Non-loading bearing، كالمواد المصنعة من المنتجات الخشبية، والتي تكون حرارتها الخاصة أعلى ـ أي حوالي Bth/ib.F 0,4) j/kg. °C1440 Wh/ kg. °C0,4) وكثافتها أقل، فتكون قدرتها الحرارية الاسمية عادة أقل.

الشكل ٤-٣ منزل Stokebrand المصمم من قبل ادوارد مازريا في Albuquerque، New Mexico. حيث تستخدم المناور كعناصر شمسية رئيسية للاكتساب المباشر.

وعلى أي حال، تعتمد فعالية عنصر الخزن الحراري على درجة امتصاص الحرارة داخله وإطلاقها فيما بعد إلى الهواء الداخلي. وتعتمد هذه الدرجة على المساحة السطحية لعنصر الخزن المعرضة للحيز الداخلي بالإضافة إلى قابلية التوصيل الحراري التي تتمتع بها المادة. فكلما كانت قابلية التوصيل أعلى والمساحة السطحية أكبر لعنصر الخزن كلما كان الثابت الزمني للخزن الحراري أعظم.

وفي الأبنية ذات البنية خفيفة الوزن، كأبنية جدار الدعامة الشائعة في الولايات المتحدة، يمكن تأمين الخزن الحراري أيضاً عن طريق العناصر المعمارية الداخلية في المساحة المجاورة للجدار الشمسي بمساحة سطحية كبيرة ومبنى بمواد عالية الكتلة. ويبين الشكل ٤-٤ مثال عن مثل هذا الحل حيث نرى سلم مستدير، صمم من قبل آن دانغ Anne Dunning في منزل ايفانز Evans قرب سانتا في Santa Fe،

نيو مكسيكو. حيث بني السلم، والحواجز الثخينة على جانبيه، من الطين، مؤمناً مساحة كبيرة مكشوفة لمادة عالية الكتلة داخل بناء بمغلف خفيف الوزن تقريباً.

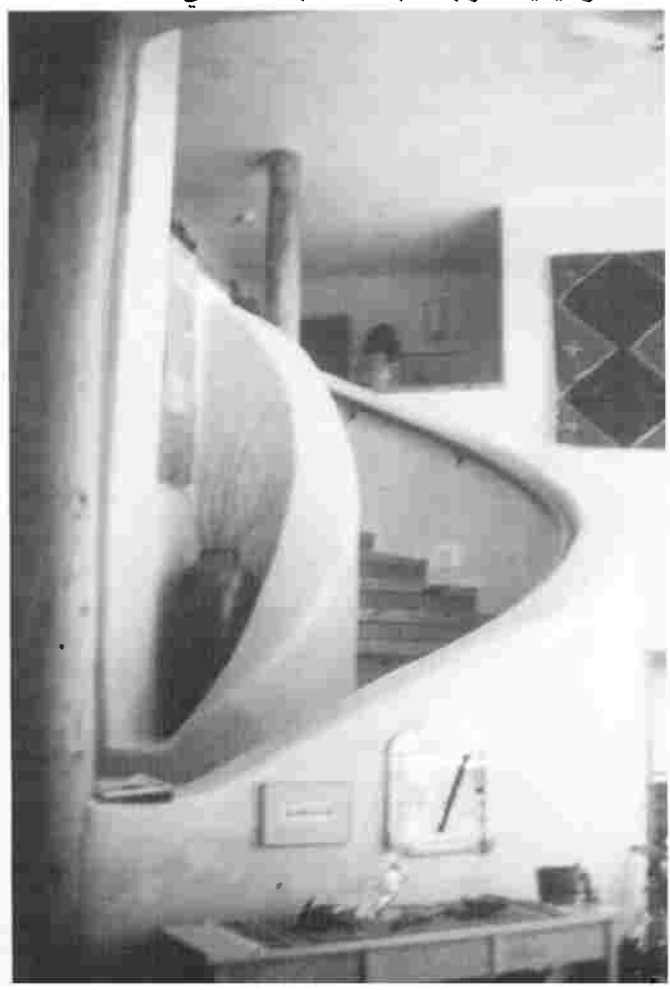
وبأخذ النموذج غير المعرف لتدفق الإشعاع الشمسي المتخلل بالحمل والإشعاع إلى عناصر الخزن بالحسبان، تكون المساحة السطحية الدنيا لعناصر الخزن الحراري أكبر بست مرات من الزجاج الشمسي، بغض النظر عن سماكته.

ويعبر عن القدرة الكلية الفعالة للحيز «الشمسي» على خزن الطاقة الشمسية الزائدة أثناء ساعات النهار وإطلاقها للحيز الداخلي أثناء الليل بالقدرة الحرارية النهارية (DHC) (انظر الفصل الثالث). فبالنسبة لحجم مفترض للزجاج الشمسي، سيتحسن أداء البناء مع زيادة في القدرة الحرارية النهارية حتى حد مفترض. كما ينبغي ربط مقدار DHC المطلوبة بمقدار الإشعاع الشمسي المتخلل في أيام الصحو. ويعني ذلك في موقع مفترض وجوب ربط المقدار الأدنى لخزن الحرارة بحجم الزجاج الشمسي أو العكس بالعكس.

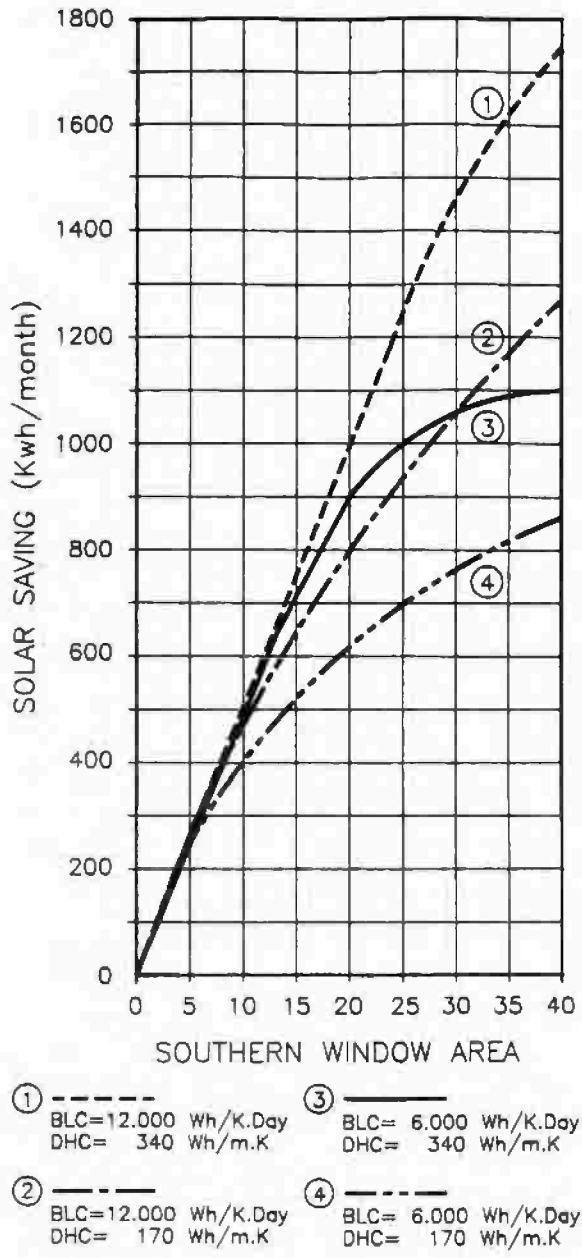
مساحة الزجاج الشمسي ومعامل خسارة الحرارة للبناء:

يزداد حفظ الطاقة الفعلي من نظام شمسي سلبي بحجم مفترض، «الحفظ الشمسي»، بوصول البناء إلى قيمة أعلى لـ UA (W/K) أو لمعامل خسارة البناء، BLC (W/h/k, Dey) اسمياً مع عزل أقل لمغلفه. كما تزيد القدرة الحرارية الأعلى، لمساحة مفترضة للزجاج الشمسي ومستوى مفترض للقدرة الحرارية، «الحفظ الشمسي». ويوضح الشكل ٤-٥ هذا الأمر، حيث تم احتساب الحفظ الشمسي بنموذج معمم طور من قبل الكاتب، (انظر Givoni ١٩٨٣، ١٩٨٧)، كوظيفة لمساحة الزجاج الشمسي، في أبنية مع مستويين لـ BLC (٦٠٠٠ و١٢٠٠٠ Wh/K.Day) ومستويين لـ DHC (٣٤٠ و١٧٠ Wh/m2.K). وبسبب هذا التفاعل هو أنه أثناء الفترات التي قد تتم فيها تدفئة البناء الذي يتمتع بعزل أفضل بإفراط (يجب إيقاف تزويد الطاقة أو إخراج الحرارة الزائدة)، قد لايزال البناء الذي يتمتع بعزل أقل يستخدم الطاقة الشمسية.

وقد تظهر حسابات مرتكزة على معايير الطاقة وحدها فوائد مكلفة في زيادات «الحفظ الشمسي» للمساحات الزجاجية التي تبلغ حوالي ٥٠٪ من مساحة الأرضية. وبشكل خاص في الأبنية غير المعزولة جيداً. ولكن قد تسبب الطاقة الشمسية المفرطة عدم ارتياح حراري أيام الصحو، وتدفئة مفرطة في الصيف. كما ستفاقم أيضاً المشكلات الوظيفية المرتبطة بالاكتساب الشمسي.



الشكل ٤-٤. سلم مستدير داخلي في منزل Evans قرب سانتا في، نيو مكسيكو. حيث تؤمن الحواجز الطينية الثخينة على جانبيه خزناً حرارياً في بناء اكتساب مباشر خفيف الوزن. بإذن وترخيص آن دانغ.



الشكل ٤-٥. أثر مساحة الزجاج الشمسي على جزء الحفظ الحراري، والذي يرتبط بمعامل الحرارة للبناء والقدرة الحرارية النهارية.

فعاليات الأرضيات والأسطح الأخرى في الخزن الحراري:

في أبنية الاكتساب الشمسي المباشر من خلال النوافذ، تعد الأرضيات غالباً عنصر البناء الجلي الذي يؤمن الخزن الحراري الرئيس، باعتباره حسب الافتراض العنصر الأكثر تعرضاً للإشعاع الشمسي المباشر. وعلى أي حال، ففي الواقع قد تكون القدرة الحرارية الفعالة للأرضيات أقل بكثير من القدرة المطالب بها والمفترضة في الحساب. ويعود السبب لتغطية الأثاث والسجاد في الأبنية المسكونة لجزء كبير من مساحة الأرضية. وفي منازل عديدة، تشكل مساحة الأرضية المعرضة للإشعاع الشمسي المتخلل فقط جزءاً صغيراً من المساحة الإجمالية للأرضية. وبالتالي، لابد من الاهتمام بالأسطح الأخرى المحيطة بالحيز الداخلي، والتي قد تتلقى الطاقة الشمسية التي تعكسها الأسطح المشعة، لقدرتها على الخزن الحراري.

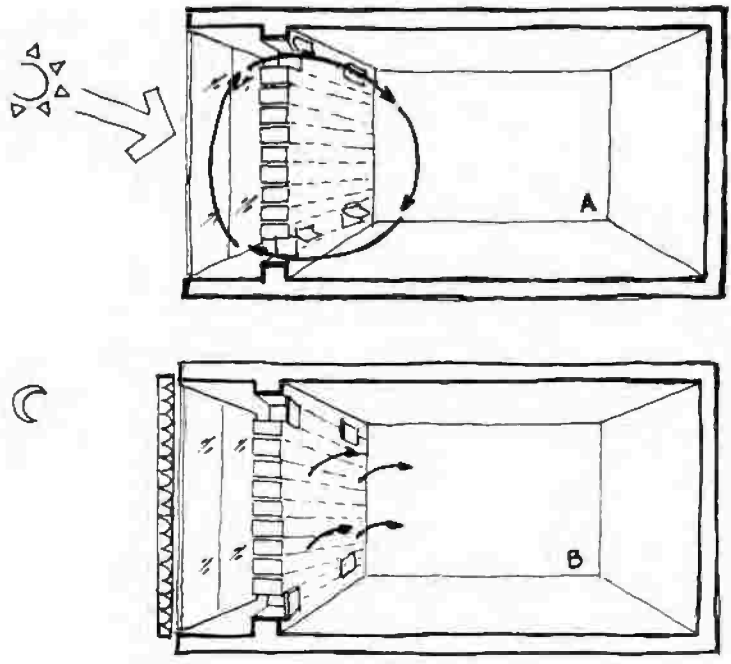
كما يجب أخذ هذه المسألة بعين الاعتبار عند تقييم أثر ألوان السطح الداخلي على القدرة الكلية على خزن الإشعاع الشمسي فعندما يعكس جزء كبير من الطاقة المتخللة، ويشع ويحمل ثانية من الأثاث والسجاد، قد لايكون للون المساحات الأرضية المكشوفة أهمية تذكر في تحديد قدرة الامتصاص الشمسي الفعالة للحيز الداخلي.

كما أن معظم الأبنية في الولايات المتحدة، وفي بلدان أخرى أيضاً، تكون ذات بنية منخفضة الكثافة بهيكل خشبي. ففي الولايات المتحدة تفرش الأبنية ذات الأرضيات الاسمنتية عادة بالسجاد. وقد تشكل عندئذ القدرة الحرارية المحددة الفعالة عاملاً رئيساً يحد من استخدام الطاقة الشمسية لتدفئة الحيز عن طريق الاكتساب المباشر.

جدران الخزن المجمع (Trombe)

تجمع جدران الخزن المجمع في عنصر بناء واحد وظائف جمع الطاقة الشمسية، الخزن الحراري، ونشر الحرارة إلى الحيز الداخلي. ولقد تم تطوير هذا النظام أولاً من قبل فيليكس ترومب Felix Trombe وجاكوز مايكل Jacques Michel في

أوديللو Odeillo، فرنسا، ويشار إليه عموماً كـ «جدار Trombe أو «Trombe-Michel». ويتألف هذا الجدار في أبسط شكل له من زجاج موضوع أمام جدار ضخم مواجه للشمس يتمتع بقابلية توصيل الحرارة (كالاسمنت الكثيف، مع فجوة هوائية في وسطه). (انظر الشكل ٤-٦). ويطلى السطح الخارجي للجدار بلون غامق (أو يغطى «بسطح اختياري» (كما نوضح أدناه) وذلك لتعزيز امتصاص الإشعاع.



الشكل ٤-٦ نظام جدار Trombe

ويتم امتصاص الإشعاع الشمسي الذي يتخلل الزجاج في الجدار الضخم، مؤدياً إلى رفع درجة حرارة السطح الخارجي ودرجة حرارة الهواء الذي يحتك به. ويحدد جزء الحرارة الممتصة والتي تنشر عبر الجدار إلى الحيز الداخلي بقابلية التوصيل الحراري لمادة وسماكة الجدار، بالإضافة إلى التوصيل الحراري المجتمع للفسحة الهوائية والزجاج. ويدفئ الحيز الداخلي بواسطة الإشعاع الموجي الطويل والحمل الطبيعي من الوجه الداخلي الدافئ للجدار.

وعند توفر فتحات التهوية، في أسفل وأعلى الجدار، يرتفع الهواء الدافئ، في الفسحة الهوائية بين السطح الغامق والزجاج، ويتدفق إلى البناء من خلال فتحات التهوية العلوية. كما يتدفق هواء الغرفة عبر فتحات التهوية السفلية إلى الفسحة الهوائية. وهكذا يتشكل جريان الهواء thermosyphonic، ناقلاً الحرارة إلى الغرفة عن طريق الحمل، بالإضافة إلى نقل الحرارة عن طريق التوصيل.

والفوائد الرئيسة لجدران Trombe هي:

- تكون درجات الحرارة الداخلية أكثر استقراراً منها في معظم الأنظمة السلبية الأخرى.

- لايتخلل ضوء الشمس الشديد، والمشكلات الوظيفية المرتبطة به، إلى الحيز المسكون.

- يكون الإدخال غير رخيص نسبياً حيث تكون البنية ماسونية (حجرية) اسمياً، أو بالنسبة للأبنية التي يعاد إنشاءها بجدران خارجية ضخمة غير معزولة.

إلاأن هناك بعض العيوب والعوائق العملية لهذا النظام تتجلى في:

- قد تفوق مشكلات التدفئة المفرطة صيفاً فوائده في الشتاء في الأقاليم التي يكون الشتاء فيها لطيفاً والصيف حاراً، إلاإذا توفر تظليل فعال، من الإشعاع المنعكس من الأرض أيضاً.

- في مناخ تطول فيه الفترات الغائمة الباردة، ودون عزل المتحرك كافي، قد يسبب الجدار انخفاض لدرجات لحرارة. ويتم تخفيف هذه المشكلة عن طريق استخدام سطح اختياري، أو منعها عن طريق الاستخدام الفعال للعزل المتحرك أو العزل الشفاف.

- يمكن الشعور بالتدفئة الفعالة فقط بعمق أكبر بحوالي مرة أو مرة ونصف من

وزن الجدار، وهذا يعود إلى العمق المحدود لتيارات الهواء التي تنقل الحرارة بالحمل الطبيعي وتدفق الحرارة الإشعاعية المتناقص من الجدار المدفأ المواجه للشمس.

● في الأبنية المؤلفة من عدة طوابق قد تستلزم مشكلات صيانة الزجاج وجود تدبير الشرفات. إذ يمكن لهذه الشرفات، على أي حال، أن تعمل كمتدليات over-hangs تظليل للزجاج أدناها.

إذا توفرت النوافذ إلى جانب الجدار أو داخله، يمكن أن يؤمن الاكتساب المباشر الضوء والتدفئة السريعة للحيز في الصباح، بينما لاتزال الكتلة باردة.

ويبين الشكل ٤-٧ بناء استخدم فيه جدار Trombe، مكمل باكتساب مباشر من خلال النوافذ الجنوبية، الشرقية، والغربية، وهو بناء بروس هان Bruce Hunn في لوس ألاموس Los Alamos، نيو مكسيكو. وهو بعرض ٣,٦م (١١,٨») وبارتفاع ٨م (٢٦,٢») مؤلف من طابقين. وقد بني من قوالب الاسمنت المملوءة بسماكة ٣٠سم (١) ومجهز بزجاج مضاعف.

عوامل التصميم المؤثرة على أداء جدران Trombe:

أ- المواد: كما ذكرنا سابقاً، تجمع جدران الخزن الحراري وظائف جمع، نقل، وخزن الطاقة الشمسية في عنصر واحد. فمن أجل نقل الطاقة من خلال الجدار، لابد من استخدام مواد ذات توصيل حراري عالي نسبياً. وهذا يعني عملياً عادة الاسمنت الصب قوالب الاسمنت الصلبة، والآجر الكثيف. أما المواد ذات قابلية التوصيل الأدنى كالطين والاسمنت خفيف الوزن، فسوف تؤدي على فعالية أقل.

ب - سماكة الجدار: لكل ١٠سم (٢) من الاسمنت، هناك تباطؤ حوالي ٢-٢,٥ ساعة بين قمة الامتصاص الشمسي، وتوصيل الحرارة إلى الداخل. أما بالنسبة لحفظ الطاقة الإجمالي، فسيكون لسماكة الجدار تأثير بسيط، لكنها قد تشكل

عاملاً هاماً بالنسبة لتأرجح درجات الحرارة الداخلية ووضع الراحة. فمع سماكة جدار أقل من حوالي ٣٠سم (٦) سيكون تأرجح درجة حرارة الداخل شديداً. ومع زيادة السماكة فوق حوالي ٤٠سم (٨)، فستؤدي إلى كلفة أعلى بينما تحدث أثراً صغيراً فقط على التأرجح الداخلي. ومن هذا المنظور، وفي تحديد زمن قمة التدفئة أيضاً، تكون السماكة الأفضل للاسمنت في الأبنية السكنية ٣٠-٤٠ سم (٦-٨") تقريباً.

الشكل ٤-٧. بناء بروس هان في لوس ألاموس، نيو مكسيكو. بجدار Trombe مجهز بزجاج مضاعف ومكمل بالاكتساب الشمسي من خلال النوافذ الجنوبية، الشرقية، والغربية.

ت - اللون وخاصيات السطح: كلما كان امتصاص الطاقة الشمسية للسطح الخارجي للجدار أعلى، كلما كان اكتساب الحرارة من خلال النظام أعلى. ولاتعد الأسطح السوداء غالباً مقبولة معمارياً. ولذلك فالخيار الأكثر شيوعاً هو الطلاء

الغامق. وعلى أي حال تكون خسارة الحرارة نحو الخارج عن طريق إعادة الإشعاع من السطح المطلي الغامق عالية جداً أيضاً نتيجة قوة الإشعاع العالية التي تتمتع بها مواد الطلاء الشائعة بالنسبة للإشعاع الموجي الطويل. ويمكن الحد من خسارة الحرارة عن طريق إضافة سطح «اختياري» للجدار، على شكل غشاء معدني يتمتع بقوة امتصاص شمسي عالية وقوة إشعاع منخفضة. ويتطلب تطبيق الغشاء الاختياري لجدار اسمنتي سطح ناعم جداً من الاسمنت. ولابد من الاهتمام بهذه الناحية أثناء صب الاسمنت.

وعند مقارنته بجدار بسطح اعتيادي غامق اللون، سيكون أداء التدفئة للجدار ذو السطح الاختياري أعلى في الشتاء. أما في الأقاليم التي يكون صيفها حاراً، على أي حال، فقد يفاقم وضع السطح الاختياري مشكلة التدفئة المفرطة (انظر أدناه). وبالنسبة لحاجة مفترضة للطاقة، ستكون المساحة الأصغر ضرورية لجدار بسطح اختياري، مسهلة أيضاً التظليل و/أو العزل في فصل الصيف.

أثر فتحات التهوية على الأداء:

بفعل الأحوال الأمثل للجريان، يتم ٣٠٪ من التدفق الإجمالي للطاقة في الجدران «المهواة» المبنية من الاسمنت بسماكة ٣٠سم (٦")، عن طريق الحمل و٧٠٪ عن طريق التوصيل. ويظهر الجدار المهوى درجة حرارة أدنى في الفسحة الهوائية وبالتالي خسارة أقل للحرارة من خلال الزجاج. ولذلك تكون الفعالية الكلية أعلى بحوالي ١٠٪ في أنظمة الجدران المهواة مقارنة بالجدران غير المهواة. وعلى أي حال، لاحظ أنه إذا لم تغلق فتحات التهوية بشكل فعال ليلاً، ينشأ جريان هوائي عكسي، يؤدي إلى خفض فعالية الجدران المهواة دون مستوى الجدران غير المهواة.

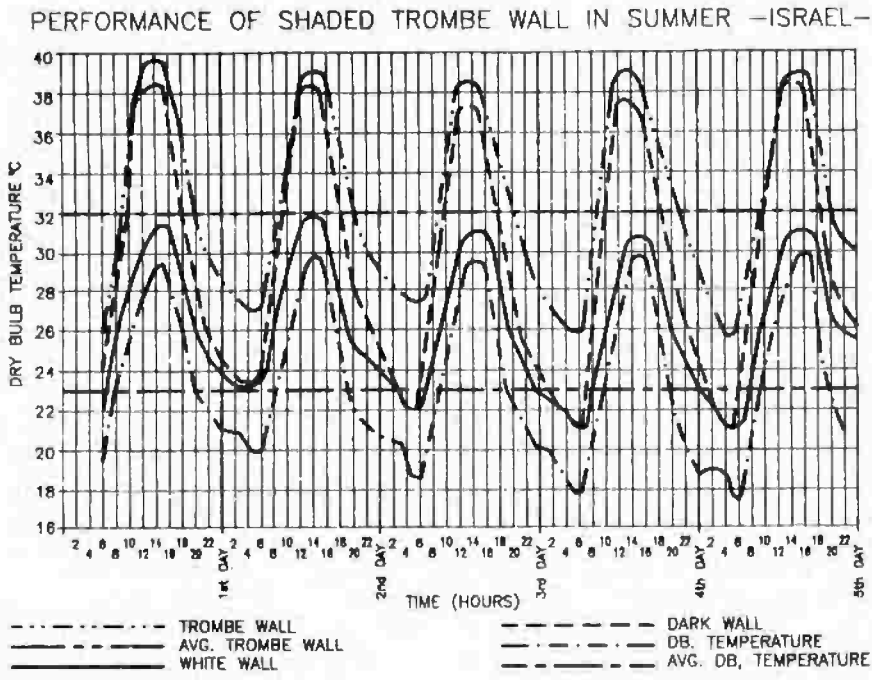
وتظهر مشكلة رئيسية مرتبطة بفتحات التهوية وهي تراكم الغبار على السطح الداخلي للزجاج وعلى السطح غامق اللون الذي يمتص الإشعاع. ونظراً لاستحالة تنظيف الغبار، فقد يضعف الأداء في النهاية، بالإضافة إلى تأثير على المنظر

الجمالي. ولقد أظهرت تجربة أجريت في أبنية أدخلت فيها فتحات التهوية بأن الحاجة للفتحات قد تتعارض مع إمكانيات وضع قطع الأثاث في الغرف بجانب الفتحات المتدنية. وكنتيجة ذلك، تم بناء أبنية جديدة في سانتا في، نيو مكسيكو، بجدران للخزن المجمع، وبجدران غير مهواة غالباً.

عزل وتظليل جدران Trombe :

يكون جزء الطاقة الشمسية الممتصة في جدار Trombe والذي يتم نشره فعلياً إلى الحيز الداخلي للبناء (فعالية التدفئة) أعلى بشكل هام صيفاً منه في الشتاء. بسبب درجات الانحراف النسبية المختلفة للحرارة من السطح الماص إلى الداخل والخارج. وبينما لاتختلف درجة الحرارة الداخلية كثيراً في الصيف والشتاء، إلاأن درجة الحرارة الخارجية تكون بالطبع أعلى بكثير في الصيف، بحيث يتدفق جزء أكبر من الطاقة الشمسية الممتصة إلى الداخل. ويزيد هذا العامل من احتمال حدوث التدفئة المفرطة صيفاً، على الرغم من المقدار الأصغر للإشعاع الشمسي الساقط على الجدار بسبب الارتفاع الأعلى للشمس. وحتى الجدار المحجوب من الإشعاع المباشر باستخدام متدلية قد يمتص مقدار كاف من الإشعاع المنشور والمنعكس ليسبب ارتفاعاً هاماً لدرجة حرارة سطحه فوق مستوى المحيط.

ولقد تم توضيح هذه النقطة في دراسة أجراها طالب في UCLA في إسرائيل إذ أظهر (Moses ١٩٨٣) ارتفاع درجة حرارة السطح الخارجي لجدار خزن مجمع، حتى عندما تم تظليل الجدار والرصيف أمامه بشكل كامل لحجبه عن الإشعاع المباشر بمتدلية عميقة، فوق الهواء المحيط بحدود $C^{o}8$ (F^{o} 14,4) (انظر الشكل ٤-٨). ولقد نتج هذا الارتفاع في درجة الحرارة عن الإشعاع الشمسي المنشور، والإشعاع الشمسي المنعكس بشكل أساسي. أما في الصيف، فقد تسبب الجدران الشمسية الزجاجية ضغطاً حرارياً داخلياً شديداً، وكذلك في فصلي الربيع والخريف.



الشكل ٤-٨. نماذج درجات حرارة السطح التي تم قياسها لجدار Trombe مظلل، وجدار غامق غير زجاجي، وجدار أبيض اللون

ولقد صمم هذا البناء من قبل Carlos de Rosa. ولذلك يقترح (Givoni ١٩٨٩) بأنه في الأقاليم التي يكون صيفها حاراً مشمساً، يرغب بضمان تظليل كامل للجدار، ليس فقط من أشعة الشمس المباشرة بل أيضاً م الإشعاع المنعكس من الأرض. ويمكن تحقيق ذلك فقط باستخدام التظليل العمودي الخارجي (ظلال roll-able مثلاً). ويبين الشكل ٤-٩ مثال عن هذا التطبيق يتجلى ببناء صمم من قبل كارلوس دي روزا Carlos de Rosa في ميندوزا Mendoza، الأرجنتين. إذ يحتوي الجدار الشمسي على مجموعة من جدران Trombe والاكتساب المباشر.

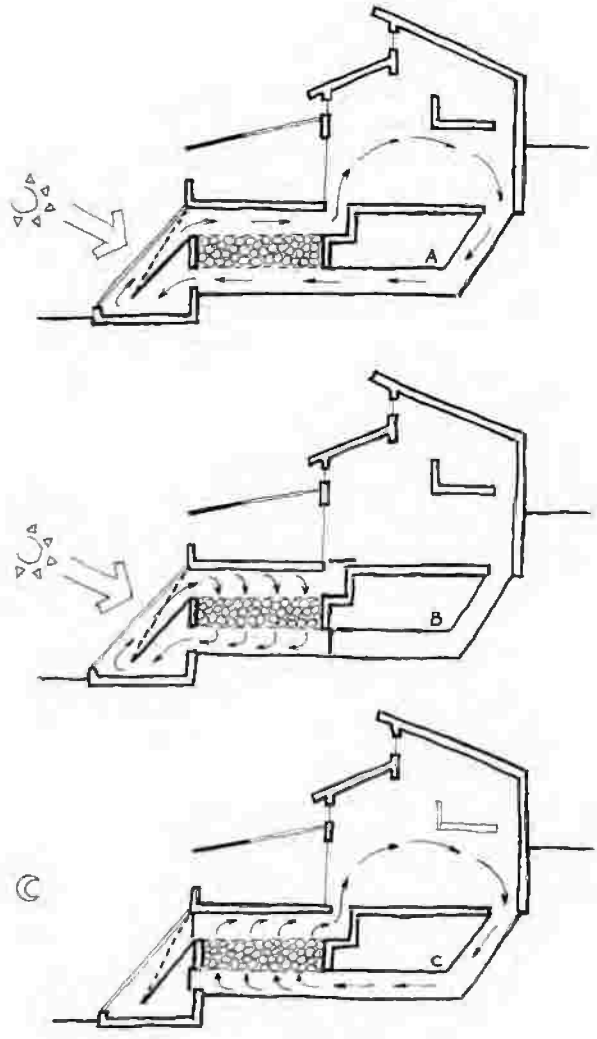
وفي الأقاليم التي يكون فصل الشتاء فيها لطيفاً (معدل درجات حرارة حوالي 5°C (14 °F) في منتصف الشتاء) قد يبرر العزل الليلي بمفهوم التدفئة الشمسية.

وعلى أي حال، ففي الأقاليم التي يكون صيفها مشمساً ومعدل درجة الحرارة أثناء النهار في منتصف الصيف أعلى من 27°C (80,6 °F) يمكن أن يسبب ارتفاع درجة حرارة السطح الخارجي للجدار الزجاجي غامق اللون تدفئة مفرطة خطيرة للحيز الداخلي، وقد تظهر عندئذ الرغبة بوجود عزل متحرك. إذ سيحسن مثل هذا العزل أيضاً أداء التدفئة في فصل الشتاء أيضاً.

الشكل ٤-٩. جدار شمسي مظلل بمصراع (باب نافذة) ملتف rollable خارجي في ميندوزا، الأرجنتين. إذ يحتوي الجدار على مجموعة من جدران Trombe والاكتساب المباشر.

عملياً، ليس من السهل تجهيز جدار Trombe تقليدي بعزل متحرك أو حتى تهوية الفسحة الهوائية صيفاً. إذ تسبب تهوية ذلك الحيز تراكم الغبار على الجانب الداخلي للزجاج والسطح الغامق للجدار، مؤدياً إلى خفض الناقلية والامتصاص الشمسي الفعال. ويكون العزل المتحرك خارج الزجاج عرضة لقوى الريح وقد يكون مكلفاً بهدف الحفاظ على استمراره.

ويتجلى الحل الوحيد لتجاوز تلك المشكلات بتصميم حيز يسهل الوصول إليه، بعرض ٦٠سم (١٢")، بين الجدار والزجاج. إذ يمكن من إدخال «ستارة» خاصة في الصيف وعازلة في الشتاء و rollable داخل الحيز المحمي، والذي يسهل الوصول إليه بهدف الصيانة، تنظيف الغبار، وما إلى ذلك. ولابد من أخذ التكلفة الإضافية لهذا الحيز الإضافي بالحسبان عند تقرير تفصيل الصميم هذا.



الشكل ٤-١٠. حلقات نقل الحرارة بالحمل: نظام Steve Baer

حلقات نقل الحرارة بالحمل: نظام ستيف بيير

Steve Baer

لقد قام ستيف بيير، من البوكويركو، نيو مكسيكو، بتطوير نظام تدفئة شمسية سلبية صمم خصيصاً للأبنية الواقعة على منحدر شاهق مواجه للجنوب (انظر الشكل ٤-١٠أ، ب، ج، في الصفحة السابقة). إذ يوضع مجمع شمسي للتدفئة ووعاء صخري للخزن تحت مستوى أرضية البناء. بحيث يتبع جريان الهواء ثلاثة طرق مختلفة، وفقاً لحاجات تدفئة الحيز وتوفر الإشعاع الشمسي. ويقاد جريان الهواء بشكل كامل بالفروق في درجة الحرارة.

الشكل ٤-١١. منزل بي. دافيس Davis.P في Albuquerque، في نيو مكسيكو، والذي يستخدم نظام حلقات نقل الحرارة بالحمل لـ Steve Baer.

فأثناء ساعات لانهار المشمسة، يرتفع الهواء الدافئ عبر المجمع ويدخل الحيز فوق صندوق الخزن الصخري. فإذا كان المنزل بحاجة للتدفئة أثناء النهار، يرتفع الهواء متدفقاً من خلال لوائح الأرضيات registers إلى داخل المنزل، ويعود إلى المجمع من خلال إحدى القنوات (يبين الشكل ٤-١٠أ حالة التدفئة أثناء النهار). وإذا

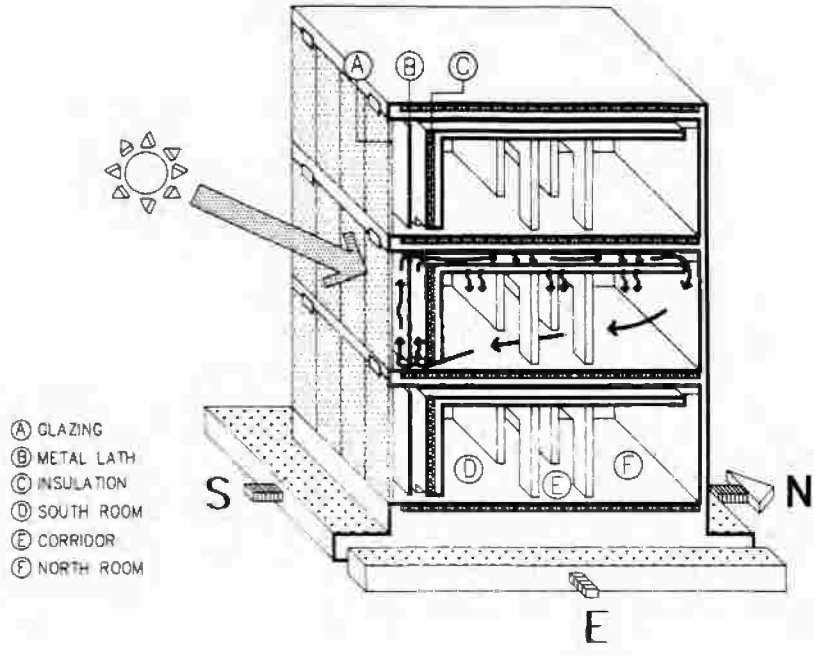
لم يكن المنزل بحاجة للتدفئة، يندفع الهواء متدفقاً للأسفل من خلال الصخور، مسبباً خسارته للحرارة وتدفئته للصخور، ومن ثم يعود إلى قاعدة المجمع (يبين الشكل ٤-١٠ب حالة الشحن charging). وفي الليل، تغلق قطعة الفلين damper بين المجمع وصندوق الخزن لمنع عودة التدفق. ويرتفع الهواء الدافئ من الصندوق الصخري عبر لوائح الأرضية إلى المنزل ومن ثم يعود إلى قاعدة الصندوق الصخري (يبين الشكل ٤-١٠ج حالة التدفئة الليلية).

كما يبين الشكل ٤-١١ منزل بي.دافيس Davis. P في Albuquerque، نيو مكسيكو، والذي يستخدم فيه نظام حلقات نقل الحرارة بالحمل لستيف بيير. ولقد بنيت العديد من الأبنية الشمسية السلبية تستخدم تصميماً مشابهاً في سانتافي من قبل المهندس المعماري مارك جونز Mark Jones. ويبين الشكل ٤-١٢ إحداها.

الشكل ٤-١٢. بناء في سانتافي، نيو مكسيكو، يستخدم حلقات نقل الحرارة بالحمل صممه المهندس المعماري مارك جونز.

نظام بارا Barra جدار شمسي زجاجي، معزول، والخزن في سقف إسمنتي:

لقـــد طور هـذا النظـام (الشكل ٤-١٣) من قـــبل هـورازيوبارا Horazio Barra (١٩٨٧) في إيطاليـا. حيث يتم عزل الجدار الجنوبي وتفصيله لمجمع شمسي ther-mosyphonic لتدفئة الهواء. إذ يتدفق الهواء الساخن الذي ينشأ من جدار المجمع المعزول أفقياً، بين القنوات المطوقة داخل سقف إسمنتي، والذي يعمل أيضاً كمخزن حراري. ويتم خزن جزء من الحرارة في السقف الإسمنتي بينما يخرج الهواء الدافئ ـ الساكن من القنوات في النهاية الشمالية للبناء. وهكذا يدفئ الهواء الغرف البعيدة أولاً قبل أن يتدفق عائداً عبر حيز البناء إلى المدخل على الجزء السفلي لجدار التجميع المواجه للشمس. ويضمن هذا توزيع جيد لدرجة الحرارة عبر المنزل ككل، وهو أفضل ممل تحققه الأنظمة الشمسية السلبية الأخرى.



الشكل ٤-١٣ نظام بارا Barra

ونظراً لكون جريان الهواء في الجدار الشمسي thermosyphonic، تنسب درجة الجريان تقريبياً إلى الجذر التربيعي لارتفاع درجة حرارة الهواء في المجمع في المستوى الداخلي والذي يعتمد بالتالي على شدة الإشعاع الشمسي الساقط. وكنتيجة ذلك، تكون درجة حرارة الهواء عالية نسبياً حتى في الأحوال التي يكون فيها الإشعاع منخفضاً (والجريان منخفض). وتساعد درجة الحرارة العالية للهواء المتدفق عبر قنوات السقف الإسمنتي، مجتمعة مع المساحة السطحية الكبيرة للقنوات، في الحفاظ على نقل عالي للحرارة من الهواء إلى الاسمنت. وتضمن حقيقة كون عناصر الخزن داخلية تماماً، في مغلف الجدران المعزولة، فعالية خزن عالية للسقف الإسمنتي.

مع الجدران المعزولة المحيطة بحيز المعيشة، يتم الحد من خسارة الحرارة غير المرغوبة في الشتاء (وبشكل خاص أثناء الفترات الغائمة الطويلة) واكتساب الحرارة في الصيف إلى أصغر حد مقارنة مع جدار الخزن الحراري.

ويمكن تطبيق نظام Barra في الأبنية المؤلفة من عدة طوابق، وحتى في الأبنية التي لاتواجه فيها الغرف الرئيسة الشمس. فعندما تكون الواجهة «الأمامية» للبناء غير مواجهة للشمس، بالإمكان استخدام الواجهة الجنوبية الخلفية أو الجانبية كجدار مجمع يسبب نقل جزء رئيسي من الحرارة الشمسية أولاً عن طريق الحمل إلى الجانب الشمالي للبناء. ويبين الشكل ٤-١٤ مسكن مؤلف من طابقين لـ .Eng Constantini في إيطاليا، والذي يستخدم هذا النظام.

كما يعتمد الأداء الحراري لهذا النظام بشكل كبير على تيارات الحمل الطبيعي الرقيقة. إذ لابد من احتكاك الهواء المتحرك بمساحة سطحية كبيرة قدر الإمكان للجدار المجمع وكتلة السقف، دون إبطائه إلى حد كبير. وينبغي أن تؤثر هذه الاعتبارات على تفصيل القنوات الهوائية.

الشكل ٤-١٤. منزل Eng. Constantini في إيطاليا، يستخدم نظام بارا Barra الشمسي السلبي.

ونظراً لدرجات حرارته العملية المرتفعة نسبياً، أي أعلى منها في الأنظمة السلبية الأخرى، يكون الجدار «المجمع» عرضة لضغوط حرارية كبيرة. وهنا لايجب استخدام عزل البوليستيرين، إذ قد تتجاوز درجات حرارة المجمع درجة انصهاره. ويمكن الحد من خسارة الحرارة بالتسلل من الفسحة الهوائية بوضع مانع تسرب جيد مقاوم للحرارة حول الزجاج، ولكن يجب السماح بحدوث حركات حرارية أساسية، وبشكل خاص حول الزجاج.

فإذا لم تجرى بعض القياسات لمنع ذلك، سينعكس اتجاه جريان الهواء ليلاً، أي عندما يكون المجمع أبرد من الحيز الداخلي. ويعد الصمام damper الأولي الخلفي الأوتوماتيكي أداة بسيطة لمنع انعكاس الحمل هذا. ففي أبسط شكل له، قد يتألف

من غطاء خفيف من شريط بلاستيكي، يعمل كصمام وحيد الاتجاه. وقد يحدث مثل هذا على الجانب الداخلي للزجاج في الليالي الباردة إذا لم تحكم قطع الفلين dam-pers تماماً.

الفسحات الشمسية:

الفسحات الشمسية (وتدعى أيضاً البيوت الزجاجية في المملكة المتحدة) فسحات متوسطة مستخدمة بين الحيز الداخلي والخارجي للبناء. وبفصلها عن الفسحات الرئيسة في البناء، قد يكون التأرجح الأعظم لدرجة الحرارة والذي ينتج عن المساحة الكبيرة للزجاج مقبولاً في الفسحات الشمسية، أكثر مما يمكن السماح به في فسحات الاكتساب المباشر. كما تسهم الفسحات الشمسية في الارتياح الحراري في الفسحات الرئيسة وفي خيارات النشاطات في السكن بثلاث طرق:

أ- فهي تمنع التعرض الشديد للفسحات الرئيسة، فتحد بذلك من التقلب المحتمل لدرجة الحرارة، الوهج، وبهت الأنسجة والأثاث، والذي قد ينشأ عن الضوء الشديد للشمس في الداخل.

ب- تزيد من احتمال الجمع الحراري لواجهة مفترضة، إذ تسمح بمساحة كبيرة للزجاج أكبر مما هو مرغوب ومتبع في الاكتساب المباشر.

ت- يمكن أن تشكل مساحة الفسحة الشمسية بحد ذاتها حيز معيشة إضافي في الشتاء والفصول الانتقالية. فمع تدبير مناسب للتظليل والتهوية في الصيف، قد تكون الفسحات الشمسية بيئات محببة في معظم المناخات على مدار السنة (Mazria،Givoni 1989، ١٩٧٩).

وهناك منزل شهير جداً بفسحة هوائية امتلكه دوغلاس بالكومب Douglas Bal-comb في سانتافي، نيو مكسيكو. ويبين الشكل ٤-١٥ مشهد لهذا البناء. بينما يبين الشكل ٤-١٦ الحيز الداخلي للفسحة الشمسية.

الشكل ٤ – ١٥

فحتى في أيام الشتاء الغائمة، وعندما يرجح أن تكون درجة حرارة الفسحة الهوائية دون مستوى الراحة الداخلية وبذلك لاتكون قادرة على تأمين حرارة «إيجابية» للبناء خلفها، يمكن أن تكون درجة حرارة الهواء في الفسحة الشمسية أعلى بشكل هام من درجة حرارة الهواء المحيط. وبالتالي، يمكن الحد من خسارة الحرارة من الحيز الداخلي للبناء من خلال الجدار المشترك، مما يؤدي إلى حفظ الطاقة حتى عند عدم توفر التدفئة «الإيجابية» من الفسحة الشمسية.

ومن جهة أخرى، تعد الكلفة الكلية أعلى وفعالية جمع الطاقة لواحدة المساحة لزجاج الفسحة الشمسية أدنى مقارنة مع الاكتساب المباشر. وبالتالي، قد تكون فترة مردود الاستثمار في تشييدها أعلى بالنسبة لفسحة شمسية.

الشكل ٤-١٦. الحيز الداخلي للفسحة الشمسية في منزل Balcomb.

أنواع وتشكيلات الفسحات الشمسية:

في تحديد الميزات الحرارية وتصميم البناء، نميز نوعين للفسحات الشمسية:

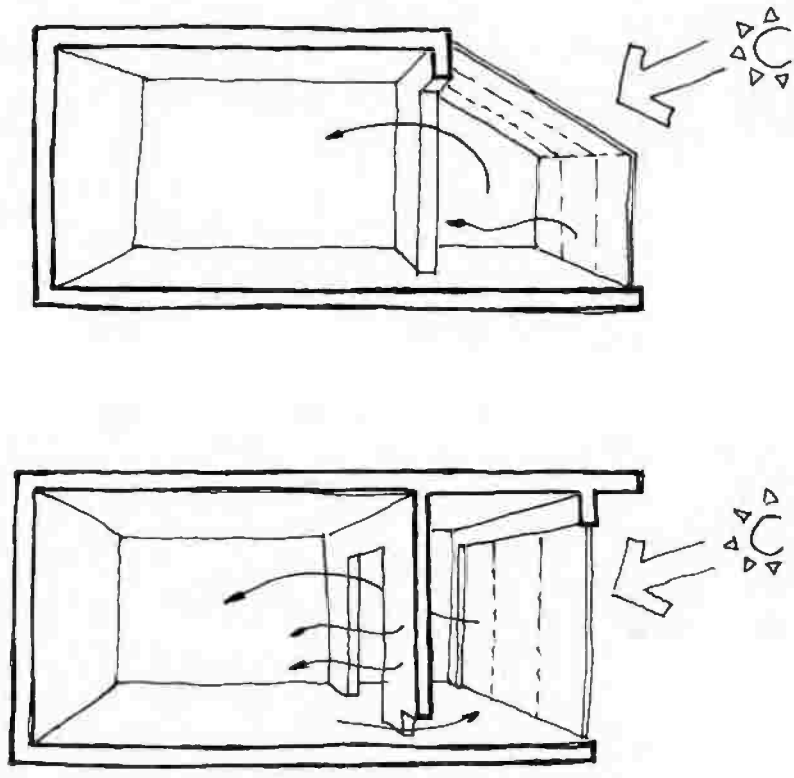
أ- البيوت الزجاجية المكيفة ـ سطح مائل زجاجي وفي بعض الأحيان جدران زجاجية مائلة أيضاً.

ب- الشرفات الشمسية ـ سطح معزول أفقي غير شفاف، حيث يكون الزجاج عمودياً فقط.

البيوت الزجاجية المكيفة:

يقلل هذا النوع، مع زجاج علوي منحني أو مائل، والمبين في الجزء العلوي من الشكل ٤-١٧، من الإشعاع المنبعث إلى أدنى حد عندما يتلقى السطح أشعة الشمس

الشتوية في أواخر فصل الشتاء بزاوية أفضل. كما يزيد السطح الزجاجي للبيت الزجاجي المعدل من مساحة جمع الطاقة الشمسية الإجمالية للفسحة الشمسية بارتفاع وعرض مفترض. ومن جهة أخرى، يكون هذا النوع أيضاً عرضة لخسارة أكبر للحرارة في الشتاء أثناء الفترات الغائمة، وخصوصاً عن طريق الإشعاع الموجي الطويل من الجزء الأفقي للزجاج إلى سماء الليل. كما يعد السطح الزجاجي عرضة لاكتساب عالي جداً للحرارة الشمسية في الصيف. ولذلك، يكون للبيوت الزجاجية تأرجحات أكبر لدرجة الحرارة صيفاً وشتاءً من الشرفات الشمسية، ويكون احتمال حدوث التدفئة المفرطة أكبر في فصل الصيف.



الشكل ٤-١٧. نوعا الفسحة الشمسية: البيت الزجاجي المكيف والشرفة الشمسية.

الشرفات الشمسية:

في هذا النوع من الفسحات الشمسية، والمبين في الجزء السفلي من الشكل ٤-١٧، يحد السطح المعزول غير الشفاف من احتمال حدوث التدفئة المفرطة والتأرجحات الكبيرة في درجة الحرارة النهارية والتي يسببها الزجاج الساخن بشدة. ويكون اكتساب الحرارة المحتمل في الشتاء أدنى منه في البيت الزجاجي، بينما تزداد إمكانيات التحكم، والاستخدام لمساحة الفسحة الشمسية على مدار السنة، وبشكل خاص في الأقاليم الحارة، بشكل كبير. ولذلك ينصح بهذا النوع في الأقاليم التي يكون فيها الصيف بمثابة مكافئ للشرفة الخارجية المظللة، مقدمة تظليلاً لجدار البناء الواقع خلف الفسحة الشمسية.

علاقة البناء / الفسحة الشمسية:

يمكن أن يكون للفسحات الشمسية علاقات مختلفة مع «جزء» البناء، وتؤثر هذه العلاقات على الاندماج الحراري، المعماري، الوظيفي لجزء البناء ومساحات الفسحة الشمسية، كما هو مبين في الشكل ٤-١٨:

أ- متصلة: خارج خط الجدار.

ب- شبه مغلقة «شبه محاطة»: محاطة بالغرف من جانبين أو ثلاثة جوانب.

ت- داخلية: محاطة بالبناء من جميع الجهات (وتسمى أيضاً atria).

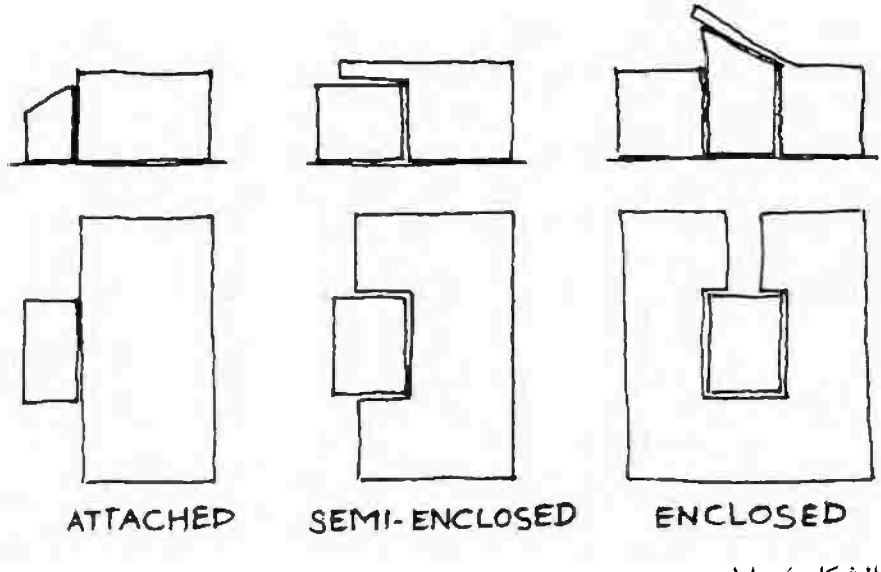
الفسحات الشمسية المتصلة:

تشترك الفسحات الشمسية المتصلة فقط بجدار واحد مع بقية البناء. وهي تؤمن المرونة الأعظم، للتخطيط والتشييد، متضمنة retrofitting الشمسية للأبنية للموجودة.

وفي الأقاليم ذات توازن الطاقة الأفضل، تسمح أيضاً باستخدام الجدران الطرفية الزجاجية (الشرقية والغربية) للاستخدام الأعظمي لشمس الصباح و/أو

فترة ما بعد الظهيرة، بالرغم من وجوب عدم إغفال خطر التدفئة المفرطة صيفاً من خلال التخلل الشمسي عبر الجدران الطرفية.

وعندما تكون الجدران الطرفية وجزء من الزجاج الجنوبي قابلة للفتح، يمكن أن تتم التهوية المتقاطعة للفسحة الشمسية بشكل فعال، وبذلك يخفض احتمال حدوث التدفئة المفرطة صيفاً إلى أدنى حد. كما يمكن أن تؤمن فتحات الجدار الطرفي احتمال تهوية جيد للبناء الواقع خلف الفسحة الشمسية، وبشكل خاص عندما يكون اتجاه الريح شديد الانحدار بالنسبة للواجهات المواجهة للشمس. ومن جهة أخرى، ففي الأقاليم الباردة بخط عرض عالي، قد يكون للجدران الطرفية توازن سلبي للطاقة في الشتاء، ولذلك ينبغي عزلها بدلاً من صقلها بالزجاج.



الشكل ٤-١٨

كما تكون الفسحات الشمسية المتصلة، ذات المساحة السطحية الأكبر المكشوفة على الزجاج، عرضة لخسارة الحرارة الأعظم شتاءً، ومع الجدران ـ الطرفية الزجاجية الثانية (الشرقية والغربية)، تكون عرضة لاكتساب الحرارة الشمسية الأكبر في الصيف.

الفسحات الشمسية شبه المغلقة:

في هذا الترتيب، توضع الفسحة الشمسية في داخل البناء. ويتم تقليل خسارة الحرارة عبر الجدران الطرفية إلى أدنى حد دون الحد من التعرض الشمسي، وبذلك تزيد من الفعالية الحرارية للفسحة الشمسية. وهناك تنوع أكبر من الوصلات المعمارية الممكنة بين الغرف المحيطة ومساحة الفسحة الشمسية أكثر منها في الفسحة الشمسية المتصلة. ولذلك، وبالنسبة لحجم مفترض للزجاج الشمسي، يتم تعزيز كل من فعالية الجمع ونقل الحرارة إلى الغرف المسكونة، مقارنة مع الفسحة الشمسية المتصلة.

الفسحات الشمسية المغلقة (المحاطة) بشكل كامل:

ويشار إلى هذا النوع من الفسحات الشمسية أحياناً كردهة، ساحة المنزل، أو حتى «الفناء الشمسي». حيث تحاط الفسحة الشمسية بالغرف من جميع الجوانب، بحيث ينبغي أن يكون الزجاج الشمسي فوق مستوى السطح إلى الجانب المواجه للشمس من الفسحة الشمسية. ويحدد هذا العامل حجم الزجاج، ولكن يتم تعويض ذلك التحديد، لاحتمال اكتساب أدنى للحرارة، جزئياً بالفعالية الأعلى لتوزيع الحرارة في حيز المعيشة حول الفسحة الشمسية. ولهذا النوع تطبيق جلي في الأبنية ذات أشكال الخطة العميقة. وبوجود فتحات وتظليل مصمم بشكل مناسب، قد يستخدم هذا النوع أيضاً في فصل الصيف لتعزيز تهوية البناء الرئيس، بالسماح بجريان الريح إلى البناء فوق مستوى السطح، وعملها بالتالي على التقاط الريح.

خيارات تصميم الجدار الواصل:

قد توصل الفسحة الشمسية بالبناء الرئيس بواسطة عدة أنواع للجدران. إذ يحمل كل منها أثراً مختلفاً على مقدار ودرجة نقل الحرارة إلى الأماكن الرئيسة وعلى الأحوال الحرارية والإضاءة الداخلية، بالإضافة إلى تأثيره على البيئة الحرارية

داخل الفسحة الشمسية ذاتها. وتشمل بعض أنواع الجدران الواصلة:

أ- جدار ضخم يتمتع بقابلية التوصيل الحراري.

ب - جدار Trombe «الداخلي» (جدار زجاجي هائل).

ت - جدار معزول بفتحات وصل كبيرة.

ث - جدار زجاجي ومعزول.

الجدار الضخم الذي يتمتع بقابلية التوصيل الحراري:

يمكن بناء هذا النوع من أي مادة حجرية تقليدية، وهو غالباً جزء مكمل لبنية البناء المحتملة للشحنة load-bearing. ونظراً لكونه غير زجاجي، تكون درجة حرارته السطحية أدنى بكثير من درجة حرارة جدار Trombe بفعل أحوال مشابهة للمحيط، وبالتالي يكون نقل الحرارة عن طريق التوصيل إلى الداخل أقل. وهكذا، لابد من تأمين فتحات كبيرة في الجدار، تؤدي إلى الغرف التي تحتاج للحرارة، بحيث يمكن أن يؤمن نقل الحرارة بالحمل أثناء النهار معظم التدفئة المطلوبة لهذه الغرفة. وبالنسبة لمساحة واحدة منه، يكون نقل الحرارة بالحمل أعلى بكثير من تدفقها بالتوصيل عبر الجدار. ويعتمد المقدار الفعلي لتدفق الحرارة بالحمل على حجم الباب والنوافذ نسبة إلى الجدار، وشكلها، وفيما إذا بقيت الفتحات مفتوحة فعلياً خلال الساعات المشمسة ومغلقة أثناء الليل. ففي الليل، تطلق معظم الحرارة من جدار غير زجاجي فعلياً إلى الفسحة الشمسية ذاتها ثابتة، مما يؤدي إلى خفض فعاليتها كمصدر للحرارة المفيدة للحيز الداخلي.

ولقد أظهرت تحليلات أجريت لتدفق الحرارة من الفسحة الشمسية إلى الغرف في منزل Balcomb (Jones et al ١٩٨٢.) بأن معظم الحرارة المتدفقة إلى الغرف في منزل طريق الحمل. ولقد عمل الجدار الضخم بشكل رئيسي كمخزن للحرارة للفسحة الشمسية ذاتها، معدلاً تأرجح درجة حرارتها.

جدار Trombe الداخلي (جدار زجاجي ضخم):

يتم خلق جدار Trombe داخلي ضمن الفسحة الشمسية عن طريق وضع طبقة من الجص الصلب الشفاف أو نصف الشفاف فوق جدار ضخم يتمتع بقابلية التوصيل. وبينما تكون الطاقة الشمسية الواقعة على سطح الجدار أقل في حالة جدار Trombe معرض، قد تعوض مزايا حرارية أخرى عن ذلك. فعندما تكون درجة حرارة الفسحة الشمسية أعلى من درجة الحرارة الخارجية، في الليل وفي النهار، فهي تحد من خسارة الحرارة العالية لجدار Trombe المميز إلى الحيز الخارجي، فتساعد بذلك على الحصول على درجات حرارة أعلى للهواء منها في جدار Trombe في الفجوة بين الزجاج والجدار. إذ يزيد ذلك من فاعلية انتشار الحرارة بالتوصيل من خلال الجدار ـ فقد ينقل الهواء الساخن في الفجوة عن طريق الحمل الطبيعي أو المعزز إلى الغرف البعيدة في البناء. ولسوء الحظ، فلم يدرس أداء هذا النوع من الجدران بعد، لاتجريبياً ولاباستخدام الكمبيوتر.

الجدار المعزول بفتحات وصل كبيرة:

بما أن نقل الحرارة عن طريق التوصيل عبر جدار ضخم صغيراً بالمقارنة مع احتمال نقل الحرارة عن طريق الحمل، فقد يكون الجدار الفاصل عبارة عن جدار معزول، مع أبواب كبيرة تصل الفسحة الشمسية بالغرف خلفها ويؤمن نقل الحرارة إلى البناء عن طريق الحمل. وربما يتم تعزيز جريان الهواء عن طريق استخدام باب بارتفاع السقف، بدلاً من الأبواب التقليدية. كما يمكن تعديل تأرجح درجة حرارة الفسحة الشمسية عن طريق عناصر أخرى للكتلة داخل مساحة الفسحة الشمسية، بمعزل عن الجدار الواصل.

وفي الليل، عندما تغلق الأبواب الواصلة، يخفض الجدار المعزول تدفق الحرارة عن طريق التوصيل عبر الفسحة الشمسية، من الداخل إلى الخارج. ويمكن تعديل

انخفاض درجة حرارة الفسحة الشمسية عن طريق عناصر الخزن الحراري ضمن مساحة الفسحة الشمسية. أما في الصيف أثناء ساعات النهار، فلو تم إغلاق وتظليل الأبواب الواصلة، يتم خفض اكتساب الحرارة إلى البناء إلى أدنى حد.

الجدار الزجاجي والمعزول:

قد يتم وضع طبقة من الزجاج أمام جدار واصل معزول. وباعتبار الجدار المعزول بحد ذاته لايلعب دوراً في نشر الحرارة عن طريق التوصيل، يعد الهدف الرئيس لهذا الترتيب تزويد الحيز الداخلي بالهواء عند درجة حرارة أعلى مما يمكن الحصول عليه بالنسبة لجدار ضخم زجاجي يتمتع بقابلية التوصيل أو جدار معزول غير زجاجي.

وعندها قد يستخدم الهواء الساخن بهدف التدفئة السريعة للأماكن المشغولة البعيدة والمجاورة. ولذا من الممكن أن تكون التطبيقات النموذجية له في المدارس والمكاتب، حيث تؤخذ الإقامة أثناء النهار فقط بعين الاعتبار. وبدلاً من ذلك فقد يمرر الهواء الدافئ من خلال القنوات الهوائية في السقف، وذلك لتدفئة الأماكن البعيدة عن طريق الحمل.

الكتلة الحرارية داخل الفسحة الشمسية:

لو كانت الفسحة الشمسية تستخدم لأي شيء آخر بدلاً من تدفئة الهواء، فلابد أن تحتوي على بعض الكتلة الحرارية لتعديل تأرجحات درجة الحرارة فيها. فمن دون الخزن الحراري، قد تكون تقلبات درجة الحرارة النهارية إلى درجة ٣٠°K في أيام الشتاء الصاحية اعتيادية. ويمكن تأمين كتلة الخزن الضرورية بأشكال عدة، في الأرضية، الجدران الواصلة، أو الميزات الإنشائية الأخرى، أو في عناصر مخصصة على شكل مزارع كبيرة، أوعية مياه، والخ...

إذ ينبغي أن يكون الموقع المثالي لمثل هذه الكتلة «الإضافية» غير الإنشائية في قاعدة الزجاج. إذ تعترض أشعة الشمس التي قد لاتشع على الجدار الواصل في وضع آخر، وحيث تعمل الحرارة التي تيم إطلاقها على تقديم نماذج حمل مفضلة داخل الفسحة الشمسية.

قابلية تطبيق الأنظمة الشمسية السلبية المتعددة:

سنستعرض أدناه الأداء الكلي (في الولايات المتحدة) وقابلية تطبيق أنظمة التدفئة الشمسية السلبية المتعددة، في مختلف المناخات ومختلف أنواع الأبنية.

حفظ الطاقة الكلية عن طريق قابلية تطبيق الأنظمة الشمسية السلبية في الأبنية السكنية في الولايات المتحدة:

لقد قام الكاتب (انظر Givoni ١٩٨٩) بإيجاز وتحليل العديد من الدراسات التي تمت فيها مراقبة أداء التكنولوجيات الشمسية في الأبنية السكنية وغير السكنية في الولايات المتحدة (Haskin and Stromberg، AIA 1978،Gordon et al.1986 Tor-، 1984، SERI 1983، Johnson 1978، Jones 1982، Hill et al.1987،1979 ١٩٨٥.noey et al). ولقد أظهر تحليل هذه البيانات بأن المساهمة المحتملة للأنظمة الشمسية السلبية في طاقة التدفئة (على الأقل في الولايات المتحدة) يعتمد بشكل رئيسي على الأحوال الغائمة. ففي نيو مكسيكو الباردة والمشمسة حتى، تم تحقيق جزء تدفئة شمسية (SHF) وصل إلى ٠,٨ (SHF هو جزء طاقة التدفئة الإجمالية التي تقدمها الشمس). وفي منطقة دنفر Denver كان الأداء الأفضل حوالي ٠,٦، وفي الغرب الأوسط والشمال الشرقي حوالي ٠,٥. ويمكن اعتبار هذه الحدود كحدود «قريبة من الحد الأعلى» مع تقنيات الخزن الحراري الحالية. وعلى أي حال، فقد لوحظت اختلافات كبيرة في الأداء في الأبنية الفردية، استناداً إلى مساحة الزجاج الشمسي، النظام الشمسي المحدد، معامل خسارة الحرارة للبناء، والخ....

الاكتساب المباشر:

يمكن تطبيق نظام الاكتساب المباشر على مقياس صغير، مقدماً الطاقة الشمسية للغرف المواجهة للشمس من خلال النوافذ التقليدية أثناء أيام الصحو، ودون خزن حراري لساعات الليل، في أي مناخ وأي بناء بواجهة مواجهة للشمس، بغض النظر عن عدد الطوابق التي يتألف منها. كما يمكن للأبنية المؤلفة من طابق واحد أن تستخدم الاكتساب المباشر من خلال monitors السطح، بغض النظر عن هندسة البناء، وأبعاده، ومساحة أرضية. وتعد الأبنية غير السكنية والتي تستخدم بشكل أساسي أثناء ساعات النهار، كالمدارس وبعض المكاتب، مرشح جيد لتطبيق الاكتساب المباشر، بحيث يتيح حل مشكلة الوهج والتدفئة المفرطة بشكل ناجح. وتتجلى أحد إمكانيات حل مشكلة الوهج في عكس الإشعاع المتخلل، عن طريق تفاصيل مناسبة للتظليل الداخلي، باتجاه السقف.

أما فيما يتعلق بالأبنية السكنية، والتي تشغل أثناء الليل، تعد قابلية التطبيق المتعلقة بنوع البناء أكثر تعقيداً. ففي الأبنية خفيفة الوزن، كمعظم المنازل في الولايات المتحدة، لايعد خزن الحرارة الشمسية في الكتلة الإنشائية للبناء عملياً حتى لليلة واحدة. ولابد من توفر عناصر مخصصة، والتي قد تضيف بشكل أساسي إلى تكلفة التدفئة الشمسية. ومع هذا، يمكن أن يحد الاكتساب المباشر من استهلاك طاقة التدفئة التقليدية من خلال تأمين تدفئة نهارية أيام الصحو.

كما تعتمد القدرة على خزن الطاقة الشمسية حتى ساعات الليل، أو حتى ليوم غائم واحد، على أي حال، على توفر الخزن الحراري الأساسي. ففي الأبنية ذات الجدران والقواطع عالية الكتلة، كالآجر والاسمنت، تعد القدرة على خزن الحرارة الشمسية لساعات الليل خاصية ملازمة لبنية البناء. أما في الأبنية خفيفة الوزن، وكما يبدو للكاتب، يعتمد التطبيق الأوسع للتدفئة الشمسية عن طريق الاكتساب المباشر على تطوير عناصر خزن جديدة يمكن أن تشكل جزءاً مكملاً لبنية البناء،

كأمواج الجدار والسقف المشكلة لمواد تغيير الطور Phase Change Materials (PCM) داخل تركيب اللوح (Givoni،Salyer et al 1985 ١٩٨٩) والـ PCM هي عبارة عن مواد تتحول من صلبة إلى سائلة عند امتصاص الحرارة ومن سائلة إلى صلبة عند إطلاق الحرارة. والعملية قابلة للانعكاس، كما يحدث تغيير الطور بينما تحافظ درجة حرارة المادة على استقرارها نسبياً.

جدران الخزن الحراري:

وهو عبارة عن جدار ضخم مبني من الاسمنت أو الآجر، مواجهاً للشمس. وهو عادة جزء من النظام الإنشائي المحتمل للشحنة للبناء، وتكون التكلفة الزائدة لنقله إلى عنصر الجمع الشمسي إضافة الزجاج، بالإضافة إلى تكلفة المادة الإضافية الضرورية للحصول على الخزن الحراري والإخماد المطلوب لتأرجح درجة الحرارة الداخلية. ولذلك يعد نظام التدفئة الشمسية السلبي هذا حلاً مغرياً في البلدان التي يشيع فيها بناء الآجر والاسمنت.

ويكون جدار الخزن الحراري دون تدبير العزل الليلي الخارجي (وهو حل تصميمي يبدو غير عملي بالنسبة للكاتب) حساساً للأحوال الغائمة في المناخ البارد، إذ يصبح أثناء الفترة الغائمة الممتدة لبضعة أيام عبارة عن sink للحرارة. ولذلك فمن المنظور المناخي، يعد العامل الرئيس المؤثر في قابلية تطبيق جدران الخزن الحراري في الأقاليم الباردة هو استمرار الفترات الغائمة.

أما في الأقاليم التي يكون صيفها حاراً مشمساً، يرغب بضمان وضع تظليل كامل للجدار، ليس فقط من أشعة الشمس المباشرة ولكن أيضاً من الإشعاع المنعكس من الأرض.

نظام حلقات الحمل لستيف بيير:

تعد حلقات الحمل مع المجمع الموضوع تحت مستوى أرضية البناء قابلة للتطبيق فقط في المواقع ذات المنحدر الجنوبي الشديد (في نصف الكرة الشمالي).

وفي الصيف يمكن استخدام المجمع، بتفاصيل تصميم مخصصة لتدفئة المياه مع تدفئة الهواء، وذلك لتدفئة المياه المنزلية عن طريق فصل الارتباط الحراري السلبي مع البناء وبالتالي منع احتمال حدوث التدفئة المفرطة.

نظام Barra

على خلاف جدار الخزن الحراري، فإن الجدار المواجه للشمس في نظام Barra هو عبارة عن جدار معزول بقدرة حرارية تافهة، ولذلك لايعد حساساً في الفترات الغائمة. فخلال الساعات المشمسة، تنقل الحرارة الشمسية إلى السقف ومن ثم إلى الحيز الداخلي، بينما يتم إيقاف التدفق الـ thermosyphonic أثناء الليل والفترات الغائمة ويحد عزل الجدار من خسارة الحرارة من خلال الجدار المواجه للشمس. أما في الصيف، فيحد عزل الجدار من اكتساب الحرارة الشمسية غير المباشر. وبالتالي، يعد هذا النظام قابلاً لتطبيق على نطاق أوسع للأحوال المناخية من جدران الخزن الحراري.

ويتم خزن الحرارة في نظام Barra في سقف إسمنتي، وهو تفصيل تصميمي قابل للتطبيق عملياً فقط في الأبنية ذات الأنظمة الإنشائية عالية الكتلة. وبما أن لكل طابق جدار المجمع وعناصر الخزن السقفية الخاصة به، يمكن تطبيق هذا النظام على الأبنية أياً كان عدد الطوابق التي تتألف منها. وقد يكون الحيز الذي تتم تدفئته عن طريق استخدام هذا النظام محدوداً، بالمسار الأفقي لجريان الهواء الـ thermosyphonic، إلى عمق حوالي ٨-١٠م (٢٦-٣٣»).

قابلية تطبيق الفسحات الشمسية:

قد تطبق الفسحات الشمسية في أي نوع للأبنية تقريباً، بأي ارتفاع، أو حجم، إذ لم يكن لها واجهة غير مظللة مواجهة للشمس. إلاأن هنالك بعض الاختلافات بين الأنواع العديدة للفسحات الشمسية وتطبيقاتها في مختلف الأبنية. فقد يكون جريان الهواء في فسحة شمسية في مسكن مؤلف من طابقين أو ثلاثة طوابق، مع سلم

داخلي في الجانب الخلفي يعمل كمقبض للهواء shaft، أعلى منه في الفسحة الشمسية لبناء مؤلف من طابق واحد.

كما يمكن تطبيق الشرفات الشمسية على الواجهة المقابلة للشمس لأي بناء، بغض النظر عن ارتفاعه، لأن جميع أنواع الزجاج تكون عمودية. كما يمكن وضع إحدى الشرف الشمسية على سطح الأخرى في الأبنية المؤلفة من عدة طوابق، ممتدة على طول الواجهة الكلية للبناء إذا كان هناك رغبة شديدة بذلك.

ومن جهة أخرى، يكون للبيت الزجاجي بالتعريف سطح زجاجي منحدر. فإذا وضع أحدها على سطح الآخر، ستحجب أرضية البيت الزجاجي العلوي أشعة الشمس عن السطح السفلي. إلاأنه يمكن بالطبع وضع البيوت الداخلية وفق نموذج رقعة الداما، في حال لم تمتد عبر العرض الكامل البناء. وبهذه الطريقة تكون هناك مسافة عمودية بطابق واحد بين أرضية البيت الزجاجي العلوي وسطح السفلي في نفس «الشريحة (الجزء)» العمودي للواجهة.

كما يمكن تطبيق الشرفات الشمسية في أي مناخ. وفي الأقاليم التي يكون صيفها حاراً، على أي حال، قد تسبب البيوت الزجاجية حدوث التدفئة المفرطة. وتظهر الرغبة باتخاذ تدابير التهوية ـ المتقاطعة الفعالة للفسحة الشمسية في كل مكان، إلاأنها هامة جداً في الأقاليم التي يكون الصيف فيها حاراً.

٥

التبريد السلبي للمباني

مقدمة:

هذا الفصل هو عبارة عن نسخة معدلة ومجددة من الفصل الأول من «نظرة عامة عن التبريد السلبي وتبريد الطاقة المنخفضة للمباني overview of Passive and Low Energy Cooling of Buildings (انظر Givoni ١٩٩٤). ونناقشه في كتابنا هذا باعتبار موضوع التبريد السلبي جزءاً متمماً من الخطوات الرئيسة لتصميم المباني في المناخات الحارة (الجزء الثالث من كتابنا، بالإضافة إلى فائدته للقراء الذين لم يحصلوا على كتاب المؤلف عن التبريد.

وعلاوة على ذلك، ونظراً لقيام المؤلف بكتابة مسودة كتاب التبريد، فقد استمر في إجراء أبحاث عن العديد من أنظمة التبريد السلبية التي يناقشها في هذا الكتاب، وعلى نظام تبريد جديد لم يبحثه الكتاب الأول على الإطلاق وهو التبريد البخاري، الغير مباشر عن طريق الجدران المرطبة غير النافذة للماء والمتمتعة بقابلية التوصيل. بالإضافة إلى ذلك، قام أحد تلاميذ المكاتب، ويدعى ناصر الحميدي Nasser Al-Hemiddi، تحت إشراف الكاتب بإجراء تقييم تجريبي مشدد لبعض الأفكار الجديدة التي كان الكاتب قد طورها حول التبريد السلبي، في غرف بحجم حقيقي في المناخ الصعب للرياض في المملكة العربية السعودية. ويتضمن هذا الفصل أيضاً بناء على وافقته بعض البيانات التي حصل عليها وللمرة الأولى.

ويمكن تأمين تبريد المباني عن طريق الأنظمة السلبية من خلال استخدام العديد من sinks الحرارة الطبيعية: كالهواء المحيط، الغلاف الجوي الأعلى، والتربة تحت

السطح. وتشمل أنظمة التبريد هذه ما يلي:

- تهوية الراحة: أي تأمين الراحة البشرية المباشرة عن طريق التهوية الطبيعية، وبشكل أساسي أثناء ساعات النهار.

- التبريد الليلي بالتهوية: أي خفض درجة الحرارة الداخلية نهاراً عن طريق تهوية البناء أثناء الليل.

- التبريد الإشعاعي: أي استخدام عملية الإشعاع الليلي طويل الموجة إلى السماء.

- المباشرة، غير الآلية: أي التبريد البخاري لهواء التهوية، كأبراج التبريد مثلاً.

- غير المباشرة: أي التبريد البخاري للبناء عن طريق البرك السطحية والجدران المرطبة غير النافذة للماء والتي تتمتع بقابلية التوصيل.

- تبريد التربة: استخدام التربة كمصدر تبريد للأبنية.

وتؤمن بعض هذه الأنظمة أثر تبريد فوري كلما تم تشغيلها، مثل تهوية الراحة والتبريد البخاري المباشر. أما في أنظمة التبريد السلبي الأخرى، كالتبريد الإشعاعي والتبريد بالتهوية، تجمع طاقة التبريد أثناء ساعات الليل ويخزن «البرد»، في معظم الحالات في الكتلة الإنشائية للبناء. وتعمل الكتلة المبردة كمغطس للحرارة أثناء ساعات اليوم التالي، بامتصاص الحرارة المتخللة والحرارة التي تتولد داخل البناء. بينما تستطيع التربة المبردة والبرك السطحية بشكل خاص أيضاً أن «تشكل سطحاً» لموجات الحرارة الدورية، عندما ترتفع درجة حرارة المحيط لعدة أيام فوق المستوى المعتاد بالنسبة للفصل.

كما تعتمد قابلية تطبيق نظام تبريد مفترض على نوع البناء والمناخ. فقد تطبق بعض أنظمة التبريد فقط في أنواع محددة من الأبنية أو فقط تحت أحوال مناخية

معينة. كما تعتمد حدود الأحوال المناخية التي يمكن أن يطبق بموجبها نظام التبريد على توقعات الراحة للسكان وقد لاتكون نفسها في جميع البلدان. إذ يستطيع الناس الذين يعيشون في الأقاليم الحارة احتمال درجات حرارة أعلى قبل أن يشهدوا ارتياحاً بارزاً، وهذا يعود لظاهر التأقلم الطبيعي، كما ناقشنا في الفصل الأول.

ويعرض كتاب آخر للكاتب (انظر Givoni ١٩٩٤) مناقشة أكثر تفصيلاً حول صفات الأداء والحدود المناخية لتطبيق أنظمة التبريد السلبي وتبريد الطاقة المنخفضة المتعددة.

تهوية الراحة (النهارية) :

يؤدي تدفق الهواء الخارجي بسرعة مفترضة عبر البناء إلى توسيع الحد الأعلى لمنطقة الراحة، أبعد من الحد الخاص بأحوال الهواء الساكن، وقد يؤمن أثر مباشر للتبريد الفيزيولوجي. وتحدث هذه الحالة غالباً أثناء ساعات النهار. ولذلك يمكن تعريف التهوية النهارية أيضاً على أنها تهوية راحة مباشرة، وخصوصاً في الحالات التي تخفض فيها أيضاً درجات الحرارة الداخلية، كما يحدث عندما تكون درجة الحرارة الداخلية في الأبنية غير المتمتعة بالتهوية أعلى من درجة حرارة الهواء الخارجي، بفضل اكتساب الحرارة الشمسية و/أو اكتساب الحرارة الداخلي.

ومع التهوية المتقاطعة الفعالة أثناء النهار، تتبع درجة حرارة الهواء الداخلي المستوى الخارجي، مصحوبة بسرعة دينامية داخلية أعلى. ولذلك، يعد حد درجة الحرارة لقابلية تطبيق تهوية الراحة ذاته حد الراحة بسرعة دينامية معززة، في أي فصل أو إقليم. وبالتالي، وبافتراض سرعة دينامية داخلية تبلغ ١,٥-٢,٥ s/m (٣٠٠-٤٠٠ fpm)، تكون تهوية الراحة قابلة للتطبيق في الفصول والأقاليم عندما لاتتجاوز درجة الحرارة القصوى للهواء الخارجي حوالي 28 - 32 C^{o} (82,4 - 89,6 C^{o}) استناداً إلى تأقلم السكان وتوقعات الراحة. انظر الفصل الأول..

تأثير الكتلة في الأبنية المتمتعة بتهوية مستمرة:

تظهر إحدى الدراسات التجريبية بأنه حتى عندما تتم تهوية الأبنية تهوية متقاطعة أثناء ساعات النهار، يمكن أن تكون درجات الحرارة الداخلية القصوى في بناء عالي الكثافة معزول جيداً أدنى بحدود ٢-٣F° (3.6-5.4C°) من درجات الحرارة الخارجية القصوى، بينما تقترب درجة الحرارة الداخلية القصوى في بناء منخفض الكثافة من الحرارة الخارجية القصوى.

كما يبين الشكل ٥-١ نماذج درجة الحرارة النهارية للأبنية عالية الكثافة والأبنية منخفضة الكثافة، بفتح نوافذها نهاراً وليلاً، في دراسة تجريبية أجراها الكاتب في بالاPala، في كاليفورنيا. حيث تم تشغيل مراوح Exhaust أثناء ساعات الليل لضمان درجة كافية لتغير الهواء، في غياب الرياح أثناء الليل. وكانت درجة تغير الهواء (ach) أثناء الليل حوالي ٣٠ تغير كل ساعة.

ويمكن أن نرى من الشكل ٥-١ بأن درجة الحرارة القصوى للبناء عالي الكثافة كانت أدنى بشكل دائم. كما مكن تبريد كتلة البناء ليلاً عن طريق التهوية المعززة من امتصاص الحرارة من هواء التهوية أثناء ساعات النهار، بشكل كافً لخفض درجة الحرارة القصوى بشكل هام. وهذا يعني أنه بإمكان الكتلة الحرارية خفض درجات الحرارة النهارية الداخلية وتعزيز راحة السكان حتى في الأبنية التي تتم تهويتها ليلاً نهاراً، بحيث تكون درجة التهوية الليلية كافية لجعل درجة الحرارة الدنيا الداخلية قريبة من الحرارة الخارجية الدنيا.

ومن جهة أخرى، وفي حالة الأبنية منخفضة الكثافة التي تمت تهويتها طبيعياً أثناء النهار، لم تخفض التهوية الليلية المعززة بتشغيل المراوح درجات الحرارة النهارية الداخلية بشكل هام.

ولقد أظهر تحليل لهذه البيانات ارتباط انخفاض درجة الحرارة الداخلية القصوى دون درجة الحرارة الخارجية القصوى، بتأرجح درجة الحرارة الخارجية

اليومي (القصوى ـ الدنيا). ولقد طورت صيغة لحساب الحرارة الداخلية القصوى المتوقعة في بناء عالي الكثافة، استناداً إلى هذه العلاقة، وهي:

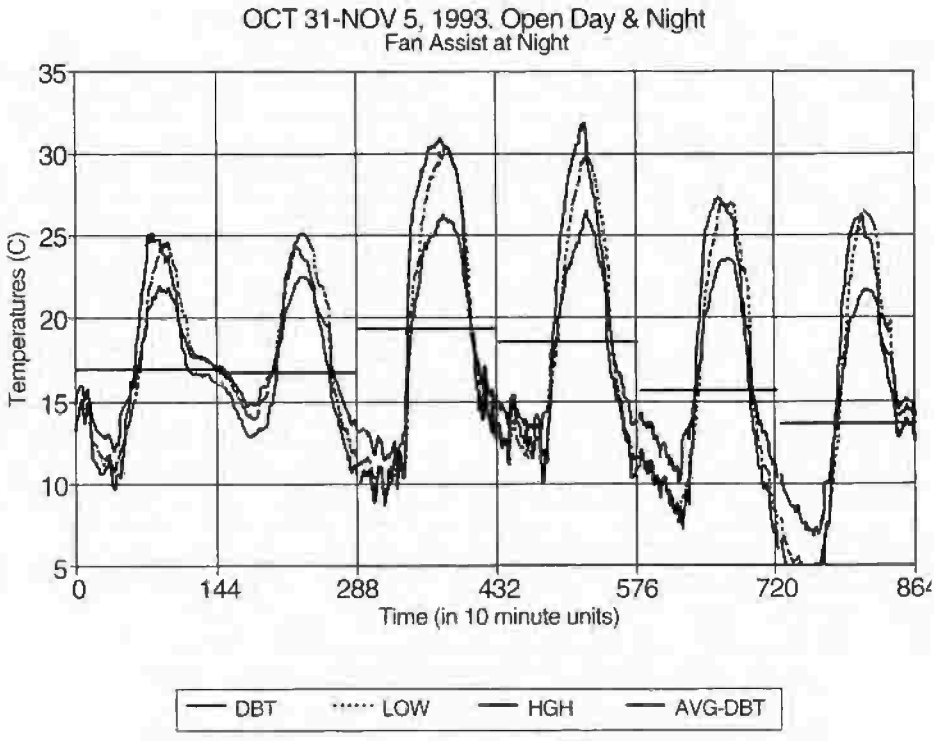
$$\mathbf{Tmax\text{-}in = Tmax\text{-}out - 0{,}31 * (Tmax\text{-}out - Tmin\text{-}out) + 1.6}$$

حيث:

Tmax-in = درجة الحرارة الداخلية القصوى (F_o أو C_o).

Tmax-out = القصوى الخارجية

Tmin-out = الدنيا الخارجية



الشكل ٥-١. نماذج درجة الحرارة النهارية لأبنية عالية الكثافة ومنخفضة الكثافة، عند فتح نوافذها ليلاً ونهاراً.

قابلية تطبيق تهوية الراحة:

إذا افترضنا إمكان تحقيق سرعة دينامية داخلية تبلغ ١-١,٥ s/m (٢٠٠-٣٠٠ fpm)، (إما عن طريق التهوية الطبيعية وحدها، أو مع مساعدة مروحة exhaust للمنزل ككل)، يمكن تطبيق تهوية الراحة بشكل أساسي في الأقاليم / الفصول عندما لاتتجاوز درجة حرارة الهواء الخارجي القصوى 28 - 32°C (82,4 - 89,6°F) حتى في الأيام «الحارة»، اعتماداً على تأقلم السكان. كما تعد قابلة للتطبيق بشكل خاص في الأقاليم التي يكون فيها نطاق درجة الحرارة النهارية أقل من حوالي 10°C (18°F) أما في الأقاليم التي تكون فيها درجات الحرارة القصوى مشابهة ولكن مع نطاق درجة حرارة خارجية أعلى، فقد تكون التهوية أثناء ساعات الليل فقط أكثر فعالية ـ مع إغلاق (أو تظليل) النوافذ أثناء ساعات النهار.

كما يمكن تطبيق تهوية الراحة في جميع أنواع الأبنية. وفي الأقاليم التي تكون فيها سرعات الرياح اليومية معتدلة ـ عالية، يمكن أن تكون التهوية طبيعية. أما في الأماكن التي لاتكون فيها سرعات الرياح كافية و/أو في الأبنية التي تستحيل فيها التهوية المتقاطعة الفعالة بفضل تصميم الحيز الداخلي، يمكن إطلاق الهواء الداخلي بواسطة مروحة، مع دخول الهواء الخارجي إلى البناء عبر النوافذ المفتوحة.

التبريد الليلي عن طريق التهوية :

عندما تتم تهوية بناء عالي الكثافة ليلاً، تبرد كتلته الإنشائية عن طريق الحمل من الداخل، مجتازة المقاومة الحرارية للمغلف. وأثناء ساعات النهار، يمكن أن تعمل الكتلة المبردة كـ sink للحرارة، إذ كان للكتلة مقدار ومساحة سطحية كافيين وكانت معزولة عن الخارج بشكل ملائم. فهي تمتص الحرارة المتخللة والمتولدة داخل البناء، عن طريق الإشعاع والحمل الطبيعي، وتخفض بذلك درجة ارتفاع الحرارة الداخلية. ولهذا، لابد من إغلاق البناء (أي عدم تهويته) أثناء النهار لمنع الهواء الخارجي الأكثر

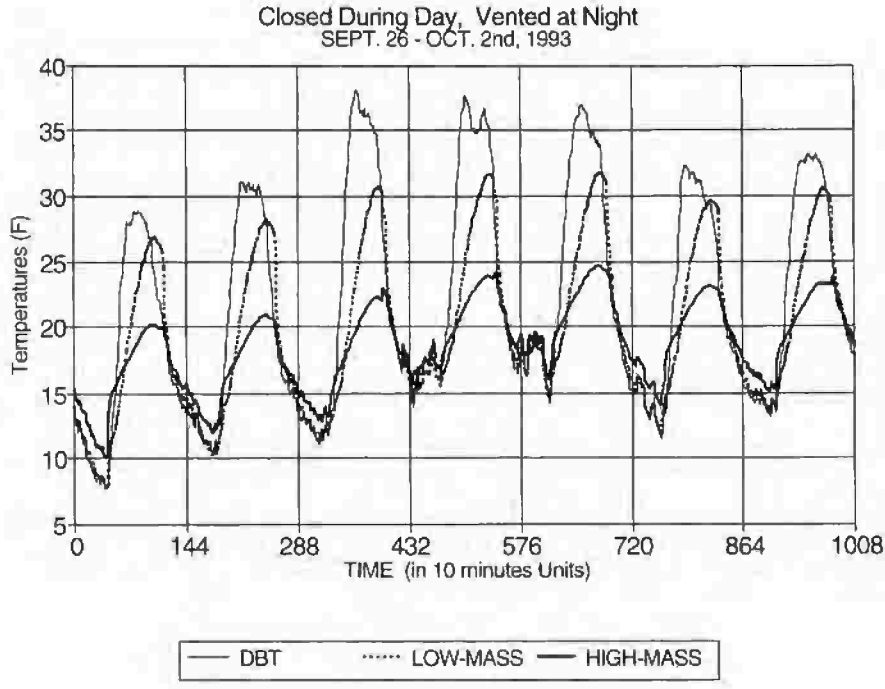
سخونة من رفع درجة حرارة الداخل. وكنتيجة لذلك، يمكن أن تكون درجة الحرارة الداخلية العظمى في مثل هذه الأبنية أدنى على نحو يمكن تقديره إما من الحرارة الخارجية العظمى أو من درجة الحرارة الداخلية العظمى لبناء مشابه لاتتم تهويته أثناء الليل. وتدعى استراتيجية التبريد هذه التبريد الليلي عن طريق التهوية.

ويبين الشكل ٥-٢ أثر التهوية الليلية، إذ يظهر نماذج مختلفة لدرجة الحرارة الداخلية بين البناء عالي الكثافة وبناء منخفض الكثافة مع درجة الحرارة الخارجية، خلال فترة تتم فيها تهوية البناءين أثناء الليل وإغلاقهما أثناء ساعات النهار.

إذ كانت درجة الحرارة الداخلية للبناء منخفض الكثافة قريبة إلى نموذج الحرارة الخارجية، إلاأثناء الأيام التي شهدت ارتفاعاً شديداً لدرجة الحرارة الخارجية القصوى. أما خلال الأيام الأبرد، فقد كانت درجة الحرارة الداخلية القصوى أعلى حتى من الخارجية القصوى، على الرغم من التهوية أثناء الليل. وهكذا، ففي حالة الأبنية منخفضة الكثافة، لاتكون التهوية الليلية فعالة في خفض درجات الحرارة النهارية وتحسين أحوال الراحة النهارية.

أما في حالة البناء عالي الكثافة، فقد خفضت التهوية الليلية درجة الحرارة النهارية الداخلية دون درجة الحرارة الخارجية بشكل دائم.

وقد يفضل التبريد الليلي عن طريق التهوية من المفهوم المناخي على تهوية الراحة في الأقاليم التي تعلو فيها درجات الحرارة النهارية صيفاً عن الحد الأعلى لمنطقة الراحة ـ مع سرعة دينامية داخلية تبلغ حوالي ١,٥ s/m (٣٠٠fpm). كما تعد هذه الاستراتيجية قابلة للتطبيق بشكل أساسي في الأقاليم التي يكون فيها تأرجح درجة الحرارة النهارية أعلى من 15°C (27 °F) وبشكل خاص في الأقاليم الجافة حيث تكون درجات الحرارة النهارية بين 36 - 32°C (89,6 - 69,8 °F) ودرجات الحرارة الليلية حوالي 20°C (68 °F) أو أقل (لتمكن حصول الخزن البارد الليلي الكافي).



الشكل ٥-٢. نماذج درجة الحرارة الداخلية لأبنية عالية الكثافة ومنخفضة الكثافة في كاليفورنيا. حيث تم إغلاق النوافذ أثناء النهار وتظليلها. بينما تمت تهويتها أثناء الليل باستخدام المراوح.

أما في الأقاليم الجافة التي تتجاوز فيها درجات الحرارة النهارية (96,8 F^{o}) 36 C^{o} فقد لاتحافظ التهوية الليلية على المستوى المقبول للأحوال النهارية الداخلية حتى في بناء عالي الكثافة. وهناك استثناء يتجلى في الحالة التي يكون فيها معدل درجات الحرارة القصوى أدنى من 34 C^{o} (93,2 F^{o}) ولكنه يكون في فترات موجة الحرارة القصيرة حوالي 38 C^{o} (100,4 F^{o}) وعندما تكون درجة تغير الحرارة الداخلية للأبنية عالية الكثافة أصغر من درجة تغير الحرارة الخارجية، قد يبقى البناء عالي الكثافة المتمتع بتهوية ليلية مريحاً خلال فترة الموجة الحرارية.

ويناقش Givoni ١٩٩٤ موضوع التبريد الليلي عن طريق التهوية بتفصيل أكبر.

التبريد الإشعاعي:

يفقد أي سطح اعتيادي «يطل» على السماء الحرارة عن طريق إصدار الإشعاع الموجي الطويل باتجاه السماح، ويمكن أن يعتبر كمشع للحرارة. وبالرغم من حدوث خسارة الحرارة بالإشعاع ليلاً نهاراً، يكون التوازن الإشعاعي سلبياً فقط أثناء الليل. أما في ساعات النهار فيقاوم الإشعاع الشمسي الممتص أثر التبريد الذي يحدثه الإصدار الموجي الطويل وينتج اكتساب نهائي للحرارة بالإشعاع.

ويتم عزل الأسطح عادة للحد من خسارة الحرارة شتاءً واكتسابها صيفاً. ونظراً لحدوث الخسارة الإشعاعية في السطح الخارجي للسطح، يخفض العزل التبريد الفعلي بحيث يمكن أن يستفيد البناء من الإشعاع الليلي، إلا إذا طبقت تصاميم مخصصة (أنظمة التبريد الإشعاعي). ويبحث جيفوني ١٩٩٤ في موضوع أنظمة التبريد الإشعاعي بتفصيل أكبر.

الأسطح الإسمنتية مع العزل المتحرك كمشعات:

إن المفهوم الأبسط للتبريد الإشعاعي هو تبريد سطح ثقيل يتمتع بقابلية التوصيل العالية (مبني من الاسمنت الكثيف على سبيل المثال) ومكشوف على السماء أثناء الليل ولكنه معزول بشكل كبير خارجياً أثناء النهار (بواسطة العزل المتحرك). إذ يمكن أن تكون هذه الأسطح، ذات البنية التقليدية الشائعة في العديد من البلدان، فعالة جداً في خسارة الحرارة أثناء الليل عن طريق كل من الإشعاع الموجي الطويل إلى السماء والحمل إلى الهواء الخارجي، والذي تنخفض حرارته أسرع من السطح الهائل (massive). كما يحد العزل الخارجي (المركب) أثناء ساعات النهار من اكتساب الحرارة والإشعاع الشمسي والهواء المحيط الأكثر حرارة. ومن ثم يمكن للكتلة المبردة السطح أن تعمل كـ sink للحرارة وتمتص الحرارة المتخللة والمتولدة داخل حيز البناء أثناء ساعات النهار، وذلك من خلال السقف.

ولكن الكاتب لايعرف عن أية أبنية تستخدم مثل هذا النظام، على الرغم من أنه كانت قد أجريت العديد من الدراسات لتقييم أداء هذا النظام مع نماذج عديدة للأبنية. ولقد أظهرت أن الأسطح الإسمنتية، الشائعة جداً في العديد من البلدان، مع تطبيق العزل المتحرك، يمكن أن تؤمن تبريد إشعاعي فعال وتحافظ على درجة الحرارة الداخلية نهاراً دون المستوى الخارجي ويعرض كتاب المؤلف (Givoni ١٩٩٤) ويناقش هذه الدراسات.

وعلى أية حال ففي رأي الكاتب، لايتوفر العزل المتحرك والرخيص في الوقت الحاضر (انظر مناقشة حول نظام Skytherm «أدناه» فإلى الحد الذي سيطور به العزل المتحرك البسيط، يمكن للأسطح الإسمنتية أن تؤمن تبريد إشعاعي فعال، بسيط، ورخيص في العديد من الأقاليم الحارة في العالم.

نظام «Skytherm»:

لقد قام هي Hay (١٩٧٨) بتطوير نظام تبريد إشعاعي وتدفئة شمسية سلبية يدعى Skytherm ففي هذا النظام يبنى السطح (الأفقي) من صفائح أرضية إنشائية. وتوضع الأكياس البلاستيكية المملوءة بالماء فوق الأرضية المعدنية، ويمكن تحريك لوح العزل فوقها عن طريق محرك لتقوية أو كشف الأكياس في الشتاء تعرض أكياس الماء للشمس أثناء النهار وتغطى أثناء الليل عن طريق ألواح العزل. أما في الصيف، وعندما يكون التبريد ضرورياً، تكشف أكياس الماء وتبرد أثناء الليل بينما تعزل أثناء ساعات النهار كما تكون أكياس الماء المبردة على تماس حراري مباشر مع الأرضية المعدنية بحيث يعمل السقف كعنصر تبريد فوق الحيز الكامل الذي يقع أدناه.

ولقد تم تشييد العديد من الأبنية التي تستخدم أنواع متعددة لهذا النظام في الولايات المتحدة. كانت بعضها عبارة عن مباني تجريبية خضعت لدراسات مفصلة، لتقييم أدائها الفيزيائي والمشكلات العملية التي تواجهها مع العزل المتحرك. ويناقشها Givoni ١٩٩٤ بالتفصيل.

وتبدو المشكلة الرئيسة التي تواجهها هذه الأبنية مع الأنواع العديدة لنظام «Skytherm» في العزل المتحرك. فاستناداً إلى تقارير الأبحاث التي أجريت على العديد من الأشخاص الذين جربوا هذا النظام ([Clark 1989،Clinton [n.d. ، Marlatt et.al. ١٩٨٤) يرى الكاتب أنه لايزال هناك شك في توفر نظام بسيط، مناسب، رخيص، ولايسبب المشاكل للعزل المتحرك.

ويذكر Clark (١٩٨٩)، في خلاصة التجربة مختلف الأبنية التي طبقت نظام «Skytherm»: «لقد كانت الألواح التقليدية المدورة أفقياً أيضاً غالية الثمن وغير موثوقة ميكانيكياً كنوع من الألواح يتم تركيبه مرة واحدة».

كما يذكر :Clinton (n.d.) «لقد كانت المشكلة الرئيسة بالنسبة لأبنية البرك السطحية في الماضي في الشك في فائدتها التي تفوق كلفتها بالنسبة للأبنية السكنية... والموثوقية غير المؤكدة لعمل العزل المتحرك....»

المشعات المعدنية المخصصة:

بغية الاستفادة من أثر تبريد الإشعاع الليلي بالنسبة للأبنية ذات الأسطح الاعتيادية المعزولة، يجب أن تنقل البرودة المتولدة على السطح الخارجي، فوق العزل، إلى الحيز الداخلي للبناء. ويؤمن «نقل البرودة» هذا عادة عن طريق جريان الهواء تحت العنصر المشع، والذي ينقل البرودة التي تم توليدها عن طريق الإشعاع الليلي إلى الكتلة الإنشائية للبناء.

وقد يكون عملياً للبناء المبرد عن طريق مثل هذا النظام سطح معزول جيداً أفقي أو منحدر قليلاً. حيث يكون العزل ضرورياً للحد من خسارة الحرارة في الشتاء واكتسابها في الصيف. وقد يكون أي سطح، سواء أكان ثقيلاً مصنوعاً من الاسمنت أو سطحاً خفيف الوزن، مناسباً.

ويجب أن يتألف المشع الليلي المخصص من طبقة معدنية. إذ تضمن الناقلية العالية للمعادن اقتراب الجانب السفلي للمشع من درجة حرارة السطح المشع.

ويمكن أن تعمل أي طبقة معدنية توضع فوق السطح كمشع، مع فسحة هوائية تبلغ حوالي ٥-١٠ سم (٢-٤") تحتها. كما يستطيع هذا «المشع» أيضاً أن يعمل كعنصر مقاوم للأمطار.

كما ستنخفض درجة حرارة الطبقة المعدنية فوق السطح المعزول دون درجة حرارة مستوى الهواء المحيط حتى قبل غروب الشمس. وعندها يكتسب المشع الحرارة، ويزداد اكتساب الحرارة هذا عن طريق الحمل مع سرعة الرياح قرب السطح. ويحدد التوازن بين الخسارة الإشعاعية والاكتساب بالحمل الهبوط الفعلي لدرجة حرارة المشع دون مستوى درجة حرارة الهواء المحيط. ويسمى هبوط درجة الحرارة الذي نحصل عليه بواسطة مشع دون جريان الهواء تحته «هبوط درجة حرارة الركود». وهو المعيار الأفضل الذي نقيم بواسطته تجريبياً احتمال التبريد الإشعاعي في ظل أحوال مناخية مفترضة.

وليكتسب قيمته كنظام تبريد، لابد أن تكون درجة حرارة ركود المشع أدنى من درجة حرارة الهواء المحيط ببعض الهبوط في درجة الحرارة الدنيا ـ مثلاً على الأقل 5 C^{o} (9F^{o}) وإلايمكن تطبيق التبريد عن طريق التهوية الليلية الأبسط والأقل تكلفة. كما يمكن تبريد الهواء المحيط الذي يحرك تحت المشع بحوالي ثلث أو ثلثي هبوط الركود الذي يحققه المشع، استناداً إلى درجة الجريان.

كما يهب الهواء البارد في الحيز الداخلي لتبريد كتلة البناء، بطريقة مشابهة للتبريد بالحمل الذي ناقشناه سابقاً ولكن بدرجة حرارة أدنى من المستوى الذي يمكن تحقيقه عن طريق التهوية المباشرة بالهواء المحيط. وعندها تعمل الكتلة المبردة خلال اليوم التالي كـ sink للحرارة المتخللة والمولدة داخل البناء.

الأسطح الإشعاعية المعدنية للبلدان النامية:

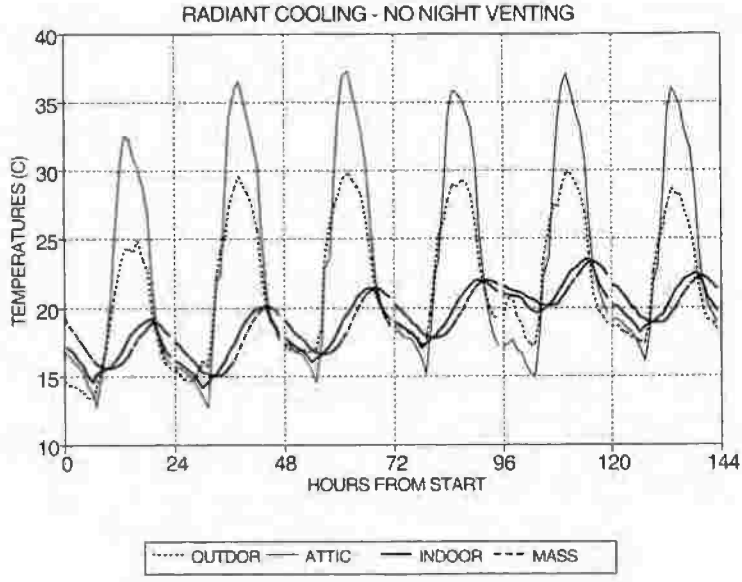
تشيع الأسطح المعدنية المضلعة في العديد من البلدان النامية. فأثناء ساعات الليل تنخفض حرارة السطح منخفض الكثافة بسرعة، بحيث يعمل كمشع ليلي فعال

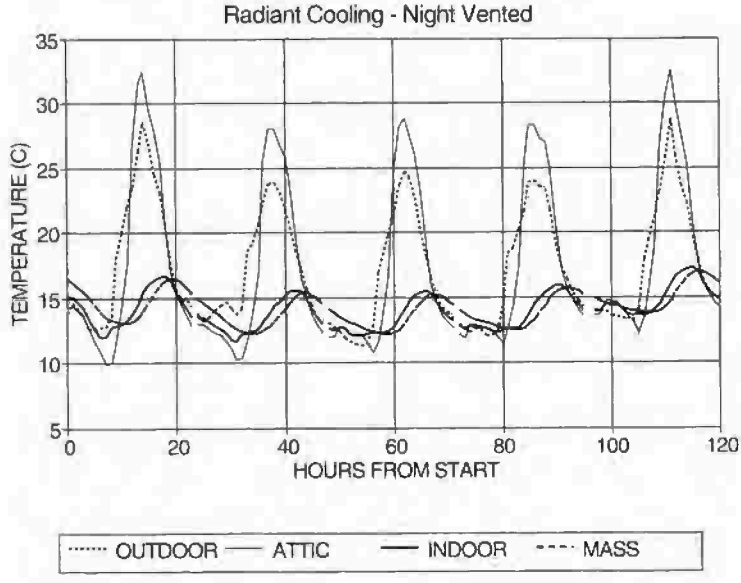
متوضع فوق حيز المعيشة مباشرة. وتكون الأحوال الداخلية ليلاً في مثل هذه الأبنية غالباً مريحة أكثر منها في الأبنية ذات الأسطح عالية الكثافة. أما خلال ساعات النهار على أي حال، يكون المناخ الداخلي في الأبنية بهذا النوع من الأسطح غالباً حاراً بشكل يسبب عدم الارتياح، بسبب رفع درجة حرارة الأسطح خفيفة الوزن غير المعزولة حتى تصل إلى درجات حرارة أعلى بكثير من حرارة السطح الإسمنتي الهائل.

كما يمكن أن يحد إدخال صفائح متوازية عازلة للحيز الداخلي ومفصلة مركزياً تحت السطح بشكل كبير من التدفئة النهارية دون تعارضها الكبير مع أثر التبريد لهذه الأسطح خلال ساعات الليل. فعندما تكون الصفائح بوضعية أفقية (مغلقة) أثناء ساعات النهار، تشكل طبقة عزل مستمرة تحت السطح، وتخفض تدفق الحرارة إلى الحيز الداخلي إلى أدنى حد. أما في الليل يجب أن تحول الصفائح إلى وضعية عمودية (مفتوحة)، بحيث تمكن تدفق الحرارة بالحمل والإشعاع من الحيز الداخلي إلى السقف/السطح، والذي يتم تبريده عن طريق الإشعاع الموجي الطويل إلى السماء.

كما لاتعرض صفائح العزل الداخلي للرياح والأمطار ولذلك قد تكون أسهل في البناء، أخف، وأقل كلفة من صفائح العزل الخارجي. كما يمكن التحكم بتغيير وضعيتها، سواء عمودية أم أفقية، يدوياً من الداخل عن طريق استخدام حبل.

ويعد خطر الحريق مصدر الخطر الرئيس المحتمل بالنسبة للعزل الداخلي فيما لو صنع من مواد بلاستيكية ممددة. ويعد التصميم الممكن للعزل الداخلي المتحرك غير القابل للاحتراق في استخدام الإطارات الخشبية مع تبطين بورق ألمنيوم. إذ تعمل مثل هذه الألواح، عندما تكون بوضعية أفقية (مغلقة) أثناء النهار كفاصل مشع فعال بين السطح الحار والحيز الداخلي. كما يمكن «تصنيع» أدوات بسيطة، بتعليمات مناسبة، وتركيبها من قبل السكان أنفسهم وأيضاً retroffited بسهولة في الأبنية الموجودة.





الشكل ٥-٣ و٥-٤. أداء التبريد الإشعاعي عن طريق ألواح عزل داخلية مفصلة تحت السطح المعدني. دون تهوية ليلية.

ولقد أجرى بحث حول الأداء الفعلي في جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس (UCLA) من قبل تلميذي الكاتب مايكل غوليتش Michael Gulich وكارلوس جوميز Carlos Gomez. وبنيت خلية اختبار للنظام بأبعاد داخلية ١×١×٠,٩٥م (٣,١"). وبهدف تقييم فاعلية الفاصل الإشعاعي المتحرك، وزيادة التأثير النسبي لمشع السطح في خلية على ارتفاع يساوي العرض تقريباً، كانت الجدران والسطح «معزولة بشكل ممتاز» ومؤلفة من ألواح من البوليرثين بسماكة ٨ سم (٣,٢"). كما طليت باللون الأبيض. وزودت الكتلة الحرارية بـ ٣١ زجاجة بسعة ٢ليتر ملئت بالماء داخل النموذج. وتم تسجيل الأداء الحراري للنظام من خلال Go-، Gulich،Givoni Gomez،mez (١٩٩٦).

ويبين الشكل ٥-٣ نماذج درجة الحرارة الداخلية والخارجية أثناء فترة ستة أيام، بينما تم إغلاق ألواح العزل خلال النهار وفتحها ليلاً. وكان معدل هبوط درجة الحرارة الداخلية العظمى دون الحرارة الخارجية القصوى في السلسلة ككل مع هذا الوضع (٣٩يوم) C°4,5 (F° 9,7)

أما في سلسلة أخرى، تمت تهوية العلية بمروحة صغيرة من منتصف الليل حتى الساعة الخامسة صباحاً. وحولت الألواح العمودية المفتوحة مسار جزء من الهواء الداخل للأسفل بحيث قام بتهوية الحيز الداخلي وزاد السرعة الدينامية الداخلية، معززاً بذلك من تبادل الحرارة مع الكتلة الحرارية. ويبين الشكل ٥-٤ نماذج درجة الحرارة أثناء خمسة أيام من هذه السلسلة. ولقد كان معدل هبوط درجة الحرارة القصوى بالنسبة لهذه السلسلة ككل مع هذا الوضع (٣٦يوم) C°6,9 (F° 12.4) وكان الهبوط في الحرارة القصوى الداخلية دون الحرارة الخارجية مرتبطاً إلى حد كبير بالتأرجحات اليومية الخارجية.

أبراج التبريد البخاري:

هناك نوعين لأبراج التبريد البخاري التي تنتج تدفقاً في الهواء المبرد. الأول هو برج «أريزونا Arizona»، الذي طوره Cunningham و Thompson في معهد أبحاث جامعة أريزونا Research Institute of the University of Arizona في توكسون Tucson. والثاني هو برج تبريد «الدش Shower» الذي طوره جيفوني Givoni.

برج تبريد كاننغام وثامبسون:

لقد قام Cunningham و Thompson (١٩٨٦) بتطوير واختبار برج تبريد هوائي بخاري سلبي، موصول ببناء، في Tucson، أريزونا، لمدة يومين. ويتألف النظام من برج منحدر على قمته حشوات سيللوز مرطبة عمودية مخصبة بأملاح ضد التعفن ومواد مشبعة للتصليب. حيث يوزع الماء في قمة الحشوات، ويجمع في الأسفل من خلال مستنقع، ومن ثم يعاد توزيعه باستخدام مضخة. كما يشمل النظام الكامل في توكسون مدخنة شمسية على الجانب المعاكس للبناء، وذلك لتعزيز درجة جريان الهواء من خلال برج التبريد والبناء. ويبين الشكل ٥-٥ بناء الاختبار وبرج التبريد البخاري والمدخنة الشمسية.

لقد كان الأداء الذي تم قياسه للنظام مؤثراً جداً. فعندما كانت درجة الحرارة الخارجية القصوى C°40,6 (F°105) ودرجة حرارة البصلة الرطبة (WBT)، C°21,6 (F° 71) كانت درجة حرارة الهواء الخارج من البرج C°23,9 (F° 75) وكانت السرعة المطابقة للهواء الخارج في ذلك الوقت ٠,٧٥ s/m (١٥٠fpm). ولقد مكنت التحاليل التي قام بها جيفوني (١٩٩٤) لنتائج اختبار Cunningham وThompson، من تطوير نموذج رياضي يتنبأ أداء البرج ودرجة الحرارة الداخلية لبناء يتم تبريده عن طريق البرج. وتم التصديق على النموذج بمقارنة تنبؤاته مع بيانات تجريبية مختلفة لدرجات الحرارة الداخلية للبناء أثناء هذه السلاسل الثلاث المؤلفة من خمسة أيام في حزيران، تموز، وآب.

ويبين الشكل ٥-٦ النماذج النهارية لمخرج البرج ودرجات حرارة الهواء الداخلي للبناء، والتي تم قياسها أثناء يومين من قبل Cunninghom و Thompson، مع درجات الحرارة التي تم احتسابها باستخدام النموذج. كما يعرض جيفوني ١٩٩٤ تفاصيل حول النموذج الرياضي ومصداقيته.

الشكل ٥-٥. بناء الاختبار في أريزونا مع المدخنة الشمسية للتبريد البخاري (إلى اليسار) والبرج (إلى اليمين).

برج التبريد «Shower» :

لقد تم تطوير نظام التبريد هذا أولاً من قبل جيفوني بينما كان يعمل كمستشار في مناطق الاستراحة الخارجية للتبريد لـ EXPO 92 في سيفيل Seville، اسبانيا.

ويبين الشكل ٥-٧ النمـــوذج الأصلي الذي بني في روتاندا Rotunda في مـــوقع Seville 92 EXPO: هو سهولة عملية لمختلف أنظمة التبريد الخارجية. كما يمكن أن يطبق هذا النظام أيضاً كنظام تبريد للأبنية، وكان قد تم اختباره كذلك.

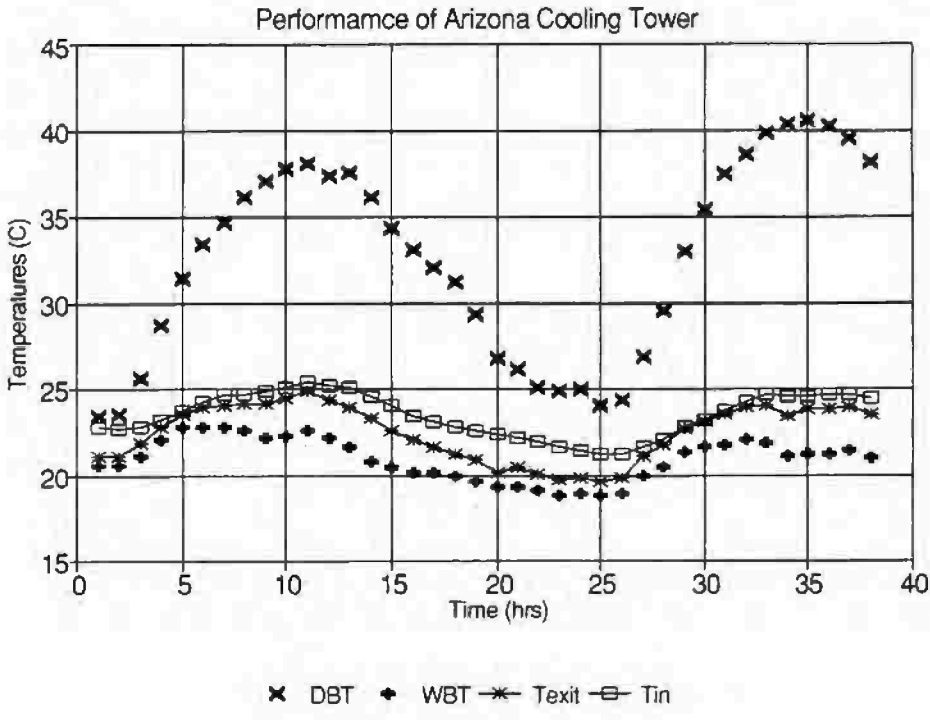
فعندما ترش قطرات خفيفة من الماء (مع وجود مساحة سطحية كبيرة جداً) بشكل عمودي إلى الأسفل من قمة عمود مفتوح. كالدوش Shower، يحرك الماء المتساقط حجماً كبيراً من الهواء. ويتم جمع الماء في بركة صغيرة في قاعدة العمود وضخه ثانية إلى قمة الدش. وهكذا يحول اندفاع الماء المتساقط إلى تيار هوائي، ويخلق جريان الهواء الساكن على طول العمود. ويبرد التبخر من القطرات الخفيفة الماء، بالإضافة إلى الهواء في العمود، إلى مستوى قريب من WBT المحيطة. كما يمكن وضع ملتقط للريح فوق رأس الدش، وذلك ليكمل جريان الهواء الساكن عن طريق تأثير الريح.

وبحدوث أي تبخر من القطرات في التيار الهوائي، يمكن استخدام أي نوع من الماء، حتى لو لم يكن عذباً أو ماء البحر، إذا توفر، لهذا النظام. وهكذا يمكن تطبيق هذا النظام في الأماكن التي لاتعد أنظمة التبريد البخاري الأخرى قابلة للتطبيق إذ تحتاج إلى ماء عالي الجودة. وفي الواقع، لم يلاحظ أي اختلاف في أداء النظام في التبريد عن اختباره بماء عذب أو ماء البحر.

كما تم تطوير نموذج رياضي يتنبأ أداء البرج ودرجة الحرارة الداخلية لبناء يتم تبريده من خلال هذا البرج من قبل جيفوني (١٩٩٤).

وتم اختبار أداء هذا النظام من قبل التلميذ المتخرج للمؤلف، ويدعى ناصر الحميدي (١٩٩٥)، بدايةً في نموذج أبعاده ٤,٧٥ × ١,٢م (١٥,٦ × ٣,٩') وارتفاعه ٢,٥م (٨,٢')، في لوس أنجلوس، ومن ثم في بناء كامل، مع أنظمة تبريد سلبية أخرى من تصميم المؤلف (نوع جديد من البرك السطحية الصالحة للمشي walka-

ble وتبريد تربة السطح، انظر أدناه) في الرياض، المملكة العربية السعودية. وكان البناء عالي الكثافة ومعزول جيداً ومؤلف من أربع غرف. استخدمت إحداها كمصدر للتحكم دون وجود نظام تبريد. بينما تم تبريد الغرف الثلاث الأخرى باستخدام ثلاثة أنظمة مختلفة هي: برج الدش، البركة السطحية، وطبقة التربة المبردة، على التوالي. ونناقش أداء «برج الدش» أدناه.



الشكل ٥-٦. النماذج النهارية لمخرج البرج ودرجات حرارة الهواء الداخلي للبناء، والتي تم قياسها خلال يومين من قبل Cunninghom و Thompson (١٩٨٦).

الشكل ٥-٧. النموذج الأصلي لبرج التبريد لمناطق الاستراحة الخارجية، في Ro-tunda لـ ١٩٩٢ EXPo في Seville، اسبانيا.

ويبين الشكل ٥-٨ درجات الحرارة الداخلية التي تم حسابها وقياسها لنموذج الاختبار في لوس أنجلوس في ٨ تشرين الأول، ١٩٩٢. حيث كانت درجة الحرارة الخارجية القصوى أعلى من Co29 (Fo 84.2) بينما كانت درجة الحرارة الداخلية القصوى حوالي Co33 (Fo19.4) ويظهر اتفاق معقول بين درجات الحرارة الداخلية المحتسبة والمقاسة.

كما يبين الشكل ٥-٩ (الحميدي ١٩٩٥) درجات الحرارة الداخلية والخارجية المقاسة لغرفة تحكم وغرفة بنظام تبريد برج الدش، حيث لكليهما جدران عالية الكثافة ومعزولة، كما تم قياسها من قبل الحميدي في الرياض، في المملكة العربية السعودية، في ٩ حزيران ١٩٩٤. حيث كانت الحرارة القصوى الداخلية حوالي ٢٨°C (82.4°F) مع درجة حرارة قصوى للهواء الخارجي أعلى من ٤٤°F (111.2°C). ويوضح ذلك، بأن بإمكان هذا النظام توفير تبريد فعال حتى في المناخ الصحراوي الشديد.

إلاأنه لم تتوفر أية معلومات كمية حول التفاصيل الإنشائية للبناء، وبشكل خاص فيما يتعلق بالسطح. ولذلك لم يكن بالإمكان احتساب درجة الحرارة الداخلية المتوقعة.

التبريد البخاري غير المباشر:

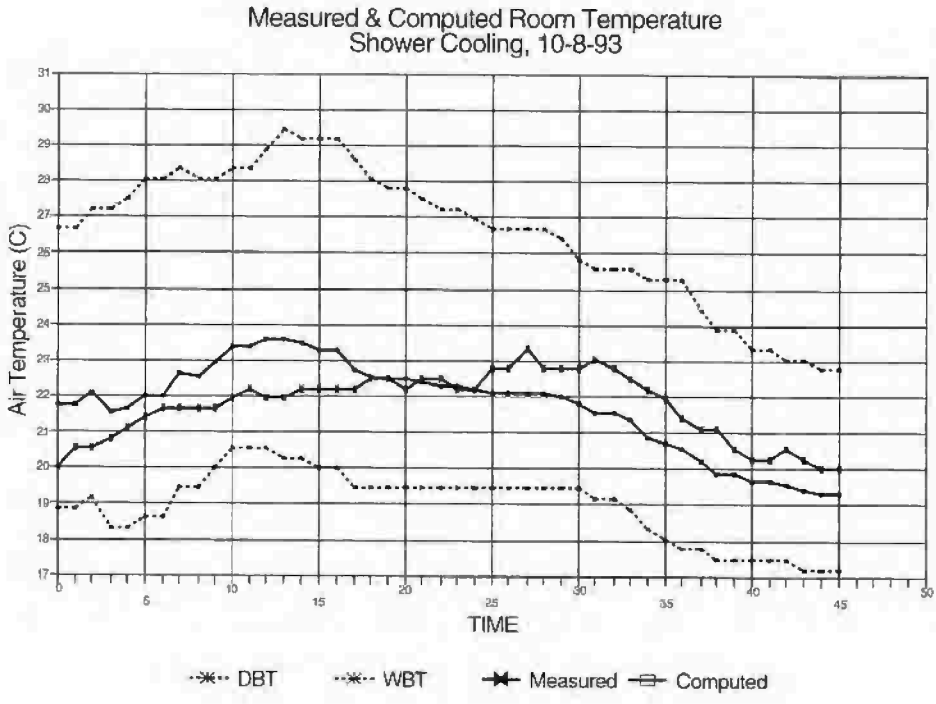
بدلاً من التبريد عن طريق تبخر الهواء مع حجم بخار عالي يتم إدخاله إلى البناء، بالإمكان تبريده بتبخر السطح أو أحد جدران البناء، إما عن طريق وجود بركة مظللة فوق السطح أو عن طريق جدران مرطبة غير نافذة للماء، من خلال انتشار الماء على سطحها الخارجي.

البرك السطحية:

لقد تم بناء برك سطحية مختلفة واختبارها بمخططات تصميم مختلفة. من بينها:

أ- البركة السطحية المهواة: وهي بركة مع ظل ثابت فوقها، وجريان الريح بين الظل والماء.

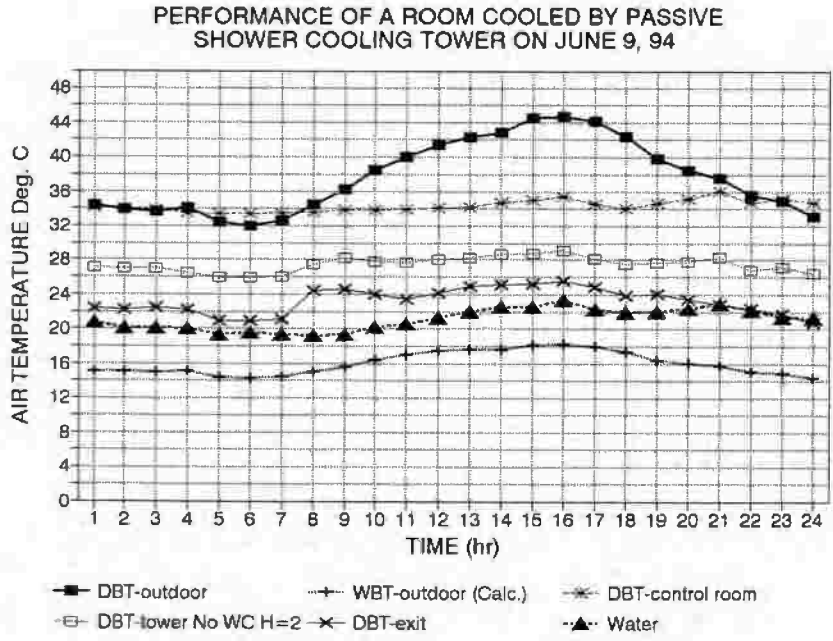
ب - بركة مع عزل عائم: ألواح عزل تعوم فوق الماء، مع انتشار الماء ليلاً فوق العزل (ابتكرها ديك بورن Dick Bourne من دافيس Davis، كاليفورنيا).



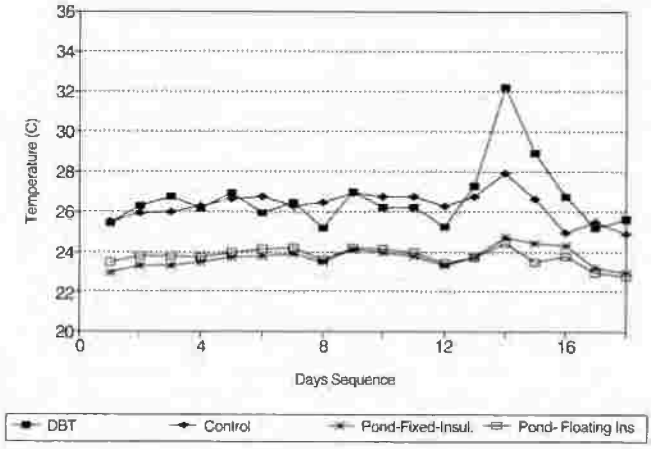
الشكل ٥-٨. درجات الحرارة الداخلية المقاسة والمحتسبة لنموذج الاختبار مع برج تبريد «الدش» في لوس أنجلوس في ٨ تشرين الأول - ١٩٩٢

ت - البركة المعزولة المعبأة بالحصى والمغطاة بالقرميد، مع انتشار الماء ليلاً: وهي بركة تملأ بالحصى، مع طبقة عزل فوق الحصى مغطاة بالقرميد، ومع انتشار الماء ليلاً على القرميد.

ولقد تمت مراقبة أداء التبريد لمختلف البرك السطحية من قبل المؤلف، أو بالاشتراك معه، في العديد من الدراسات في أماكن مختلفة مثل: سيدي بوكير Sede Boger في إسرائيل. لوس أنجلس وساكرامينتو Sacramento في كاليفورنيا. كوليما Colima في المكسيك. والرياض في المملكة العربية السعودية. ويعرض جيفوني ١٩٩٤ هذه الدراسات التجريبية ونتائجها، باستثناء الدراسة التي أجريت في الرياض.



الشكل ٥-٩. درجات الحرارة الخارجية في غرفة كاملة مع برج تبريد «الدش»، والتي قام بقياسها ناصر الحميدي، في الرياض، المملكة العربية السعودية.



الشكل ٥-١٠. معدل درجات الحرارة في نموذج اختيار «للتحكم» مع سطح معزول بشكل كبير وفي نماذج متطابقة مع نوعين من البرك السطحية: بركة مظللة ومهواة، وبركة بعزل عائم.

أ- البركة المهواة والبركة ذات العزل العائم: لقد قام الكاتب باستقصاء أداء غرفتي اختبار، تم تبريدهما باستخدام نوعين من البرك السطحية، في معهد الأبحاث الصحراوية Institute for Desert Research في جامعة بين جوريون Ben Gurion في سيدي بوكير Sede Boqer، إسرائيل. حيث للبركتين نوعين مختلفين: بركة مهواة وبركة مع عزل عائم.

ويبين الشكل ٥-١٠ معدل درجات الحرارة في نموذج «تحكم» ونوعي البرك السطحية، خلال فترة ١٤يوم، مع معدل درجة الحرارة الخارجية (Givoni ١٩٩٤).

ولقد كانت درجات الحرارة الداخلية في نموذجي الاختبار مع نوعي البرك السطحية مستقرة جداً وكان أدائها الحراري متشابهاً جداً، على الرغم من الاختلافات الرئيسة في تفاصيل التصميم وعمليات التبريد. ففي البركة المهواة، يحدث التبريد عن طريق التبخر فقط، والذي يتم ليلاً نهاراً ويستهلك كمية كبيرة من الماء. أما في بركة العزل العائم، يحدث أثر التبريد في الليل فقط، وبشكل رئيسي عن طريق الإشعاع الموجي الطويل الراحل، ويكون استهلاك الماء بالتبخر صغيراً جداً.

ب- البركة الـ Walkable مع انتشار ليلي للماء: لقد قام الكاتب بتطوير هذا النظام بغية تمكين استخدام المساحة فوق البركة السطحية. حيث تملأ البركة بالحصى ويغطيها العزل، كما يدعم بالحصى. ويوضع القرميد فوق العزل من السطح العلوي للسطح ويمكن الاستخدام الطبيعي للسطح. ويجري انتشار الماء فوق القرميد أثناء ساعات الليل.

ولقد تم إدخال هذا النظام واختبار أدائه من قبل الحميدي (١٩٩٥)، في غرفة كاملة في بناء موجود في الرياض، المملكة العربية السعودية. وتمت مقارنته أيضاً مع غرفة «تحكم» في نفس البناء دون تبريد.

ويبين الشكل ٥-١١ نماذج درجة الحرارة النهارية في ٢٧ آب ١٩٩٤. حيث

تراوحت درجة الحرارة الخارجية في ذلك اليوم من 30 - 42 C^{o} (86 - 107,6 F^{o}) ، مع معدل حوالي 35 C^{o} (95 F^{o}) بينما تراوحت درجة الحرارة الداخلية في غرفة التحكم من 35,5 - 34 C^{o} (93,2 -96 F^{o}) وكانت درجة الحرارة الداخلية المتوسطة للغرفة المبردة عن طريق البركة السطحية حوالي 28 C^{o} (82,4 F^{o}) متذبذبة بين - 82,2 27-29 C^{o} (80,6 F^{o}) ولذلك فقد ثبتت قليلاً تحت درجة الحرارة الخارجية الدنيا.

قابلية تطبيق التبريد عن طريق البرك السطحية:

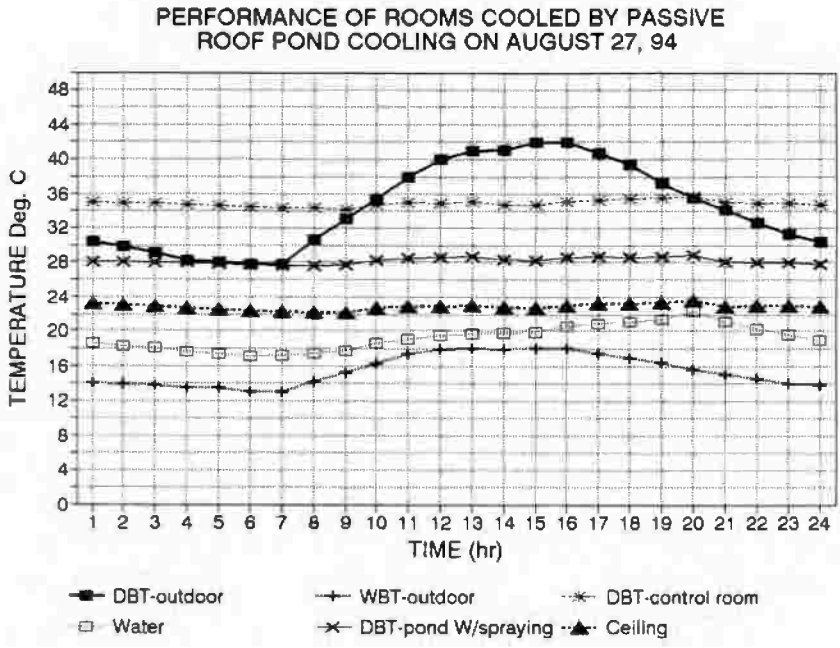
لقد قام (Givoni ١٩٩٤) بتطوير نموذج رياضي لحساب توازن الطاقة لبناء مبرد باستخدام بركة سطحية مهواة، وتنبأ معدل درجات الحرارة اليومية للهواء الداخلي، السقف، وماء البركة تحت أحوال مناخية مفترضة وخاصيات حرارية مفترضة للبناء.

وقد تكون درجة حرارة الماء في أي من هذين النوعين الموصوفين أعلاه للبرك السطحية أعلى بحوالي ١-٣ K^{o} من معدل WBT المحيطة. فعندما يكون السطح مبنياً من مواد تتمتع بقابلية توصيل حراري عالية (الاسمنت أو الأرضية المعدنية)، تعمل بنية الماء والسطح المجتمعة كمخزن متكامل «للبرودة». وقد تكون درجة حرارة السقف، في حالة السطح الاسمنتي فوق بناء معزول جيداً، أعلى بحوالي ٢ K^{o} من درجة حرارة الماء.

وبهذه الطريقة يعمل السطح الأدنى النظام، أي السقف، كلوح تبريد سلبي للحيز أدناه، مبرداً إياه عن طريق الإشعاع والحمل الطبيعي معاً. وهكذا تتم زيادة تبادل الحرارة بين السقف والحيز الداخلي إلى أكبر حد، ممكناً من حدوث التبريد الفعال حتى مع فرق صغير في درجة الحرارة يبلغ حوالي ٢-٣ K^{o} بين الهواء الداخلي والسقف. وعلى أي حال، يكون ارتفاع درجة الحرارة الداخلية فوق مستوى WBT حساساً للمقاومة الحرارية للبناء.

واستناداً إلى هذه الصفات، يقترح إمكانية تطبيق التبريد البخاري غير المباشر في أماكن تكون فيها WBT المتوسطة اليومية 25 C^{o} (77 F^{o}) وترمومتر البصلة

الجافة الأعظمي 46°C (115 °F) (DBT) ويعرض جيفوني ١٩٩٤ براهين كمية تدعم هذه الحدود المقترحة.



الشكل ٥-١١. نماذج درجات الحرارة النهارية لغرفة مبردة باستخدام بركة سطحية walkable في الرياض، المملكة العربية السعودية.

التبريد البخاري غير المباشر عن طريق الجدران المرطبة:

على الرغم من الأداء المؤثر للتبريد السلبي عن طريق البرك السطحية، إلاأن لتطبيقها بعض الحدود العلمية:

أ- لابد أن تكون البرك قادرة على دعم شحنة هامة، وهو عامل يؤثر على تكلفتها.

ب - يكون تطبيق البرك محدوداً على الأبنية المؤلفة من طابق واحد، أو الطابق العلوي فقط من الأبنية المؤلفة من عدة طوابق.

ت - يجب أن تكون مقاومة السطح للماء تامة. فقد يسبب أي شق أو ثقب صغير مشكلات رطوبة (تبلل) كبيرة، كما أنه من الصعب جداً تحديد موقع مثل هذه الشقوق أو الثقوب.

ولقد قادت الأبحاث حول الأداء المؤثر والمشكلات والحدود العلمية المرتبطة بالبرك السطحية إلى تطوير نظام تبريد بخاري جديد غير مباشر وهو: الجدار المرطب غير النافذ للماء.

وتجلت الفكرة في بناء أي جزء من الجدران الخارجية (العمودية) للبناء من مادة غير نافذة للماء تتمتع بقابلية توصيل حراري عالية، كالاسمنت الكثيف والفولاذ المكفن (المؤثر عليه بتيار كهربائي). حيث ينتج جريان الماء على السطح الخارجي، في دائرة مغلقة، أثراً بخارياً لذلك السطح. ويعمل السطح الداخلي للجدار كعنصر تبريد للحيز الواقع خلفه. كما تنقل الحرارة من داخل البناء، عن طريق الحمل والإشعاع، إلى السطح الداخلي المبرد، وبالتوصيل عبر الجدار، إلى السطح الخارجي المرطب.

وبما أن الجدار عمودياً، يكون خطر تسرب الماء أصغر بكثير منه في حالة البركة السطحية، ويمكن تجديد الطبقة المقاومة للماء بسهولة. كما لاتوضع أية شحنة إنشائية ذائدة على الجدار. ولقد تم اختبار شكلين لمفهوم الجدار المرطب من قبل تلميذة الكاتب، وتدعى بربارا اليز Barbara Ellis، في نموذجين حراريين: جدار من القوالب الإسمنتية، وجدار معدني مضلع.

وتضمن اختبار أداء نظام التبريد هذا في مختبر الطاقة في UCLA (Energy Laboratory of UCLA) مراقبة أداء شكلي الجدار المرطب في النموذجين الحراريين: جدار القوالب الإسمنتية، والجدار المعدني المضلع. حيث كان النموذجان خفيفي الوزن جداً ومطليين بالأبيض، وذلك للحد من الاكتساب الشمسي. ولقد قدمت دراسة تصف النظام وتلخص أداءه الذي تم اختباره في مؤتمر Conference PLEA 94' (Givoni and Ellis 1994).

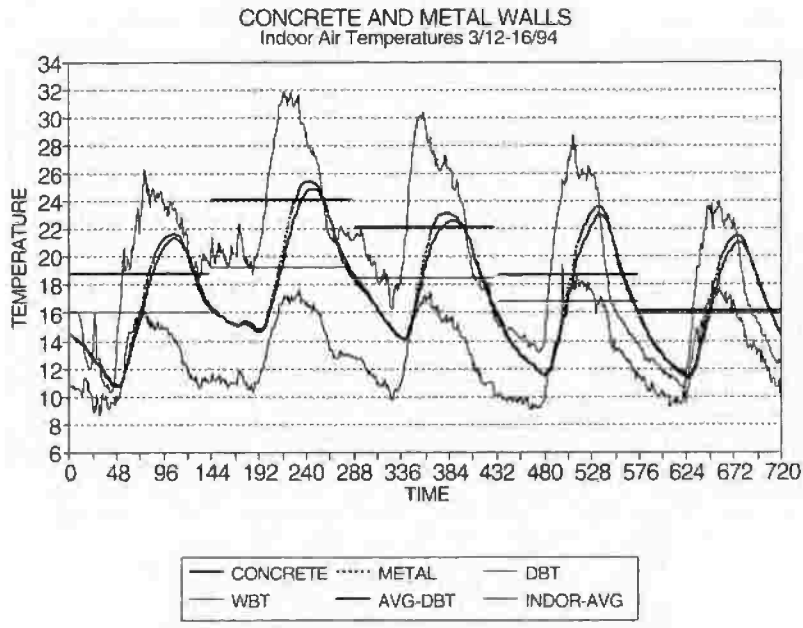
ويبين الشكل ٥-١٢ درجات الحرارة الداخلية النهارية للنموذجين الحراريين المبردين باستخدام نوعي الجدار المرطب خلال عدة أيام. حيث كان أداء الجدارين كنظامي تبريد متطابقاً تقريباً. وكانت الخليتان بكتلة منخفضة جداً، مما أدى إلى تأرجحات نهارية كبيرة نسبياً. ومع ذلك، فقد كان انخفاض درجات الحرارة الداخلية القصوى دون الحرارة الخارجية هاماً، وبشكل خاص في الأيام الحارة. ومع درجة حرارة خارجية قصوى بلغت حوالي 31°C (87.8 °F) في ١٣ آذار ١٩٩٤، و(86 °F) 30.0°C في ١٤ آذار ١٩٩٤، كانت درجات الحرارة الداخلية القصوى للنموذجين حوالي 25-22,5°C (77 - 72 °F) على التوالي.

وفي تقييم ذلك الأداء، لابد أن نأخذ بالحسبان بأن كتلة البناء لاتؤثر بشكل هام على معدل درجات الحرارة الداخلية ولكنها تحد بشكل كبير من تأرجحات درجات الحرارة الداخلية والحرارة العظمى. وبالتالي، قد يكون لخلايا الاختبار أو الأبنية ذات الكتلة الأعلى من تلك المستخدمة في هذه الدراسة درجات حرارة قصوى أدنى في الأحوال المناخية واللون الخارجي ذاته.

كما تعد التطبيقات المحتملة لنظام التبريد هذا أعظم من تطبيقات البرك السطحية، نظراً لإمكانية تطبيقه في الأبنية المؤلفة من عدة طوابق. وبما أن هذا الجدار عمودي، يكون خطر تسرب الماء أصغر بكثير منه في حالة البركة السطحية. كما لاتوضع أية شحنة إنشائية زائدة على الجدار.

الأرض كمصدر تبريد:

في الأقاليم الحارة حيث تظهر الحاجة للتبريد، تكون درجة الحرارة «الطبيعية» للتربة صيفاً عالية جداً عادة بحيث لايمكن أن تشكل مصدراً للتبريد. وعلى أي حال، فباستخدام وسائل بسيطة جداً، من الممكن خفض درجة حرارة الأرض دون صفات درجة الحرارة «الطبيعية» لموقع مفترض. وبغية تبريد التربة، من الضروري التخلص من تدفئة التربة عن طريق الشمس، بينما يجب تمكين التبريد عن طريق التبخر من سطح الأرض.



الشكل ٥-١٢. درجات الحرارة الداخلية للنموذجين الحراريين المبردين عن طريق نوعي الجدار المرطب من ١٠-١٦ كانون الثاني ١٩٩٤.

وفي الوقت الحاضر قام جيفوني (١٩٨٧ب) بتجريب طريقتين ناجحتين لخفض درجة حرارة الأرض عن طريق تظليلها وتمكين تبخر الماء من السطح. وهما:

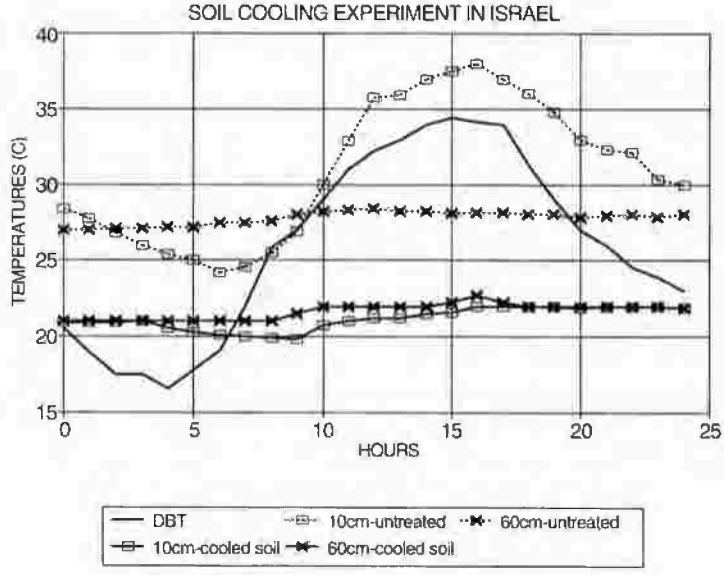
أ- تغطية التربة بطبقة من المهاد، كالحصمة (الحجارة الصغيرة) أو القطع الخشبية، بسماكة على الأقل ١٠سم (٤»)، وسقايتها في الأقاليم التي يكون صيفها جافاً.

ب - رفع البناء عن الأرض وتمكين التبخر من سطح التربة المظلل عن طريق الماء الذي يتوفر إما عن طريق السقاية أو بالأمطار الصيفية.

وحالما يتم خفض درجة حرارة سطح التربة صيفاً، ينخفض أيضاً معدل درجة حرارتها السنوي، بالإضافة إلى درجات حرارة الطبقات الواقعة تحت السطح.

بيانات تجريبية حول تبريد التربة:

لقد أظهرت دراسات أجريت في إسرائيل وفلوريدا الشمالية أنه من الممكن خفض درجة حرارة سطح الأرض بحوالي ٨-١٠°K دون درجة حرارة التربة المكشوفة صيفاً. ويبين الشكل ٥-١٣ (Givoni ١٩٩٤) نموذج درجة الحرارة النهارية لتربة مبردة و «طبيعية» في إسرائيل. بينما يبين الشكل ٥-١٤ (Givoni ١٩٩٤) نماذج درجة الحرارة الموسمية لتربة مبردة في تالاهاسي Tallahassee، فلوريدا. كما يظهر هذان الشكلان أنه يمكن أن يصل الفرق بين درجة الحرارة القصوى للهواء الخارجي ودرجة حرارة الأرض المبردة في منتصف فصل الصيف إلى حوالي ١٤-١٦°K في الأقاليم الجافة و١٠-١٢°K في بعض الأقاليم الحارة ـ الرطبة لبناء ما. ومع هذا الفرق في درجة الحرارة، يمكن أن تؤمن التربة sink الحرارة لبناء ما، وبشكل خاص في تبريد هواء التهوية.



الشكل ٥-١٣. نماذج درجة الحرارة النهارية لرقع مبردة ومكشوفة من التربة في الإقليم الصحراوي لإسرائيل. حيث تم تظليل التربة بطبقة من الحصى وإبقاءها رطبة.

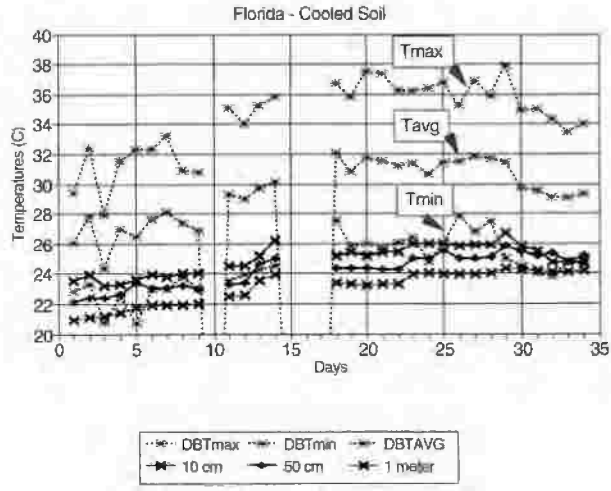
كما يظهر الشكل ٥-١٤ أيضاً حتى أنه في الأقاليم الحارة ـ الرطبة كفلوريدا، من

الممكن تبريد التربة صيفاً إلى مستوى دون درجة الحرارة الخارجية الدنيا. فترات موجات الحرارة المحيطة (٢-٢٩ حزيران و١٧-١٨ تموز مثلاً).

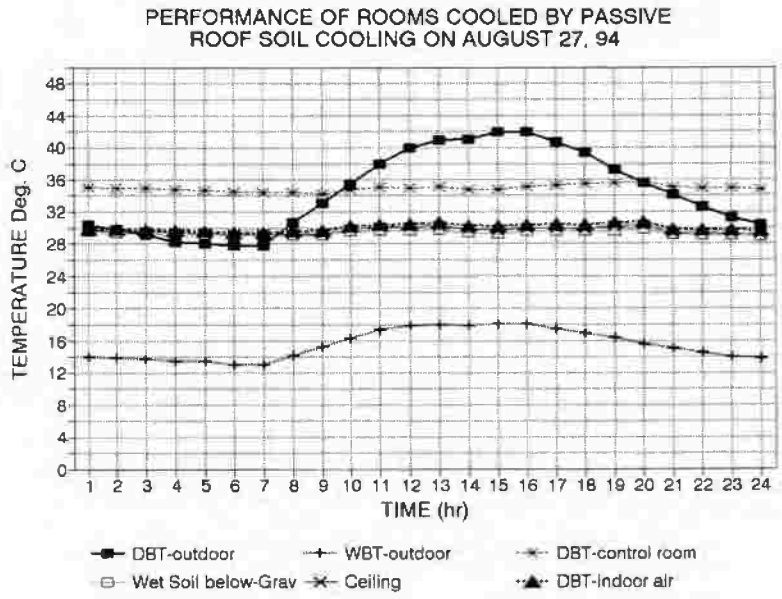
الأداء المقاس لغرفة بتربة مبردة فوق سطحها:

لقد قام الحميدي (١٩٩٥) باختبار أداء التبريد لسطح بتربة رطبة مظللة بطبقة من الحصى تبلغ سماكتها ١٠سم (٤")، في غرفة كاملة في بناء يقع في الرياض، المملكة العربية السعودية. كما تمت مقارنته أيضاً بغرفة «تحكم» في البناء ذاته دون تبريد (الحميدي ١٩٩٥).

ويبين الشكل ٥-١٥ نماذج درجات الحرارة التي تم قياسها في ٢٨آب ١٩٩٤. إذ تراوحت درجة الحرارة الخارجية في ذلك اليوم من26- 43°C (78,7 - 109,4°F) بمعدل حوالي 35 °C (95 °F) بينما تراوحت درجة الحرارة الداخلية في غرفة التحكم من 34 - 35,5 °C (96 °F) كما كانت درجة الحرارة الداخلية المتوسطة للغرفة المبردة عن طريق التربة الرطبة المظللة حوالي 30 °C (86°F) متذبذبة بين 29 - 31 °C (84,2 -87,8°F) هكذا فقد استقرت قليلاً فوق درجة الحرارة الخارجية الدنيا، أي دون المعدل الخارجي.



الشكل ٥-١٤. نماذج درجة الحرارة (الصيفية) الفصلية لمنطقتين للتربة في Tallahas-see، فلوريدا، في أعماق مختلفة. حيث ظللت التربة المبردة ببناء مرتفع عن الأرض.



الشكل ٥-١٥. درجات الحرارة النهارية لغرفة مبردة عن طريق سطح بتربة رطبة مظللة بسماكة ١٠سم (٤») من الحصى في الرياض، المملكة العربية السعودية، في ٢٦ حزيران ١٩٩٤ (يوم حار جداً).

خيارات من أجل استخدام احتمال تبريد الأرض:

عندما تكون درجة حرارة التربة معدلة بشكل كاف، بالإمكان استخدامها لتبريد الأبنية من خلال عدة طرق. ففي حالة الأبنية المدمجة بالأرض، حيث تكون الجدران bermed والسطح مغطى بالأرض، يؤمن تبريد كتلة الأرض المجاورة للبناء تبريد سلبي مباشر عن طريق التوصيل للبناء. وقد تكون هذه الطريقة أكثر ملائمة في الأقاليم الحارة ـ الجافة التي يكون شتاءها لطيفاً. ففي تلك الأماكن، سيكون التبريد المباشر للبناء عن طريق التوصيل فعالاً جداً. أما فيما يتعلق بموضوع توفر الماء، يجب أن نلاحظ أنه عن طريق التظليل الفعال لسطح التربة بطبقة عازلة حرارياً .

ولكنها نافذة للبخار (كتمهيد قشر الخشب)، يمكن تحقيق تبريد فعال للتبريد مع استهلاك أقل بكثير للماء مما قد نحتاجه لنروي مرجاً على سبيل المثال.

أما إذا كان البناء معزولاً جيداً، بالإمكان تغطية السطح فقط مع تربة مبردة كما وصفناه سابقاً. حيث تبرد التربة المبردة عندئذ الحيز تحتها عن طريق التوصيل عبر السطح.

وفي الأقاليم الحارة التي يكون شتاءها بارداً، قد لايكون الربط المباشر بالتوصيل للحيز الداخلي والتربة المحيطة، من خلال الجدران والسطح المتمتعة بقابلية توصيل عالية، مرغوباً إذ يسبب درجة عالية من خسارة الحرارة شتاءً، على الرغم من فعاليته في فصل الصيف.

وتتجلى الطريقة الأخرى، وهي طريقة فعالة، في عزل البناء وإدخال أنابيب للهواء في التربة، ونشر الهواء خلالها من البناء أو هواء التهوية. حيث تعمل الكتلة المبردة للأرض كـ sink للحرارة لتبريد الهواء الذي يعاد توزيعه داخل البناء.

كما يمكن نقل الحرارة إلى التربة المعتدلة بواسطة صف من الأنابيب المصنوعة عادة من البلاستيك، مثل بولي فينيل الكلوريد (PVC). وقد يكون انتشار الهواء الداخلي عبر دائرة مغلقة، أو يكون هواء خارجي يستخدم من أجل التهوية. كما يمكن أن يحافظ انتشار الهواء الداخلي عبر القنوات الهوائية المثبتة في التربة المعتدلة على درجة الحرارة الداخلية أدنى بحوالي ١٠°K معدل درجة حرارة الهواء الخارجي القصوى. وأثناء «موجة الحرارة»، مع درجات حرارية خارجية عالية شاذة، يمكن أن يكون أثر التبريد للقنوات المثبتة في الأرض الأكثر استقراراً أعظم.

٦

الصفات المناخية لأنواع المساكن

مقدمة:

يعتمد اختيار نوع البناء لسكن الناس بالطبع على العوامل الاقتصادية والأولويات الاجتماعية الثقافية، وقد يختلف إلى حد كبير بين البلدان والمجتمعات المختلفة مع المناخات المتشابهة. ويطبق هذا أيضاً على المساكن في الأقاليم الحارة، ولذلك فلن نحاول أن ننصح بأي نوع مفترض للمنازل، على الرغم من أننا سنذكر بعض المظاهر الاجتماعية الثقافية لأنواع محددة للمساكن. وإن الموضوع الرئيس الذي يبحث فيه هذا الفصل هو تأثيرات اختيار نوع بناء مفترض على أدائه المناخي.

ولكل نوع من أنواع المساكن كالمنازل المنفصلة لعائلة واحدة، المنازل المتسلسلة المتلاصقة ذات الشكل الواحد، والأبنية الشققية متعددة الطوابق...الخ، أثره الخاص على الراحة الحرارية وإنفاق الطاقة المطلوب لتحقيقها. وعلى الأخص، فإن لمختلف أنواع البناء احتمالات مختلفة لتأمين التهوية المتقاطعة الفعالة، التدفئة الشمسية السلبية، وتطبيق أنظمة التبريد السلبي العديدة. وفي البحث في موضوع التهوية، فإن القضية الرئيسة هي إمكانية توفير فتحات على كل من الجوانب الموافقة لاتجاه الريح والمعاكسة للريح للوحدة، وذلك في نفس الوحدة السكنية.

وبالنتيجة فإن هناك أولويات ومشكلات مناخية بالنسبة لمختلف أنواع الأبنية في مختلف الأقاليم المناخية، وبالإضافة إلى ذلك، فقد يكون لبعض العوامل النفسانية المرتبطة باختيار النموذج المستخدم في مختلف أنواع المنازل، كتكرار استخدام

المناطق المفتوحة المغطاة وغير المغطاة على سبيل المثال، أهمية أعظم في اختيار نوع مفترض للمساكن في الأقاليم الجافة أو الرطبة.

ونناقش في هذا الفصل الأنواع التالية للمساكن:

- المنازل المنفصلة المخصصة لسكن عائلة واحدة.
- منازل البلدة (سلسلة منازل متلاصقة لها نفس الشكل).
- الأبنية الشققية المؤلفة من عدة طوابق.
- الأبنية «البرجية» العالية المؤلفة من عدة طوابق.

ويمكن أن يكون لمعظم أنواع الأبنية ساحات كجزء مكمل لتصميمها. ونناقش بالتفصيل في الصفحة.... الصفات المناخية وتأثيرت الساحات والفسحات المفتوحة على الراحة واستهلاك الطاقة.

المنازل المنفصلة المخصصة لسكن عائلة واحدة:

تعد النازل المنفصلة المخصصة لسكن عائلة واحدة، من منظور الحاجة للطاقة، الأكثر حاجة للطاقة عند تدفئتها أو تكييفها بالهواء، نظراً للمساحة السطحية الكبيرة نسبياً لمغلفها، وبشكل خاص مساحة سطحها النسبية الأكبر. ومن جهة أخرى، فقد تقدم الفرص الأفضل للتهوية الطبيعية، بحيث تحد من الحاجة للتكييف الهوائي إلى أدنى حد. وبالإضافة إلى ذلك، فقد يكون لها الاحتمال الأكبر بالنسبة لاستخدام الطاقة الشمسية للتدفئة. وهكذا فقد يحد المنزل المنفصل المخصص لسكن عائلة واحدة الحاجة للتبريد، أو للتدفئة بالوقود التقليدية.

وينشأ هذا الاختلاف في الأداء جزئياً بسبب الدور الخاص الذي يلعبه السطح من منظور الطاقة، وبشكل خاص عند خطوط العرض المنخفضة حيث يكون ارتفاع الشمس عالياً، وخصوصاً في الأقاليم الصحراوية. وبوجود مختلف خيارات التصميم، من الممكن بناء أسطح بتأثيرات مختلفة جداً على الأداء الحراري للأبنية.

والسطح هو السطح الأكثر تعرضاً للعناصر المناخية في البناء، مثل الإشعاع الشمسي في الصيف أثناء النهار والخسارة الإشعاعية إلى السماء ليلاً. وبالنتيجة تشهد المنازل الاعتيادية المخصصة لسكن عائلة واحدة، حيث يشكل السطح جزءاً كبيراً من مغلف البناء، احتمالاً أكبر لاكتساب الحرارة صيفاً وخسارتها شتاءً مقارنة مع الأنواع الأخرى للأبنية.

وعلى أي حال، فالسطح أيضاً هو عنصر البناء الذي يمكن عزله، في العديد من أنواع الأبنية، إلى مستوى أعلى من المقاومة الحرارية من الجدران عن طريق مواد بناء وتكنولوجيات بسيطة نسبياً. وهكذا يحد هذا العزل من دوره النسبي في حاجة البناء ككل للطاقة.

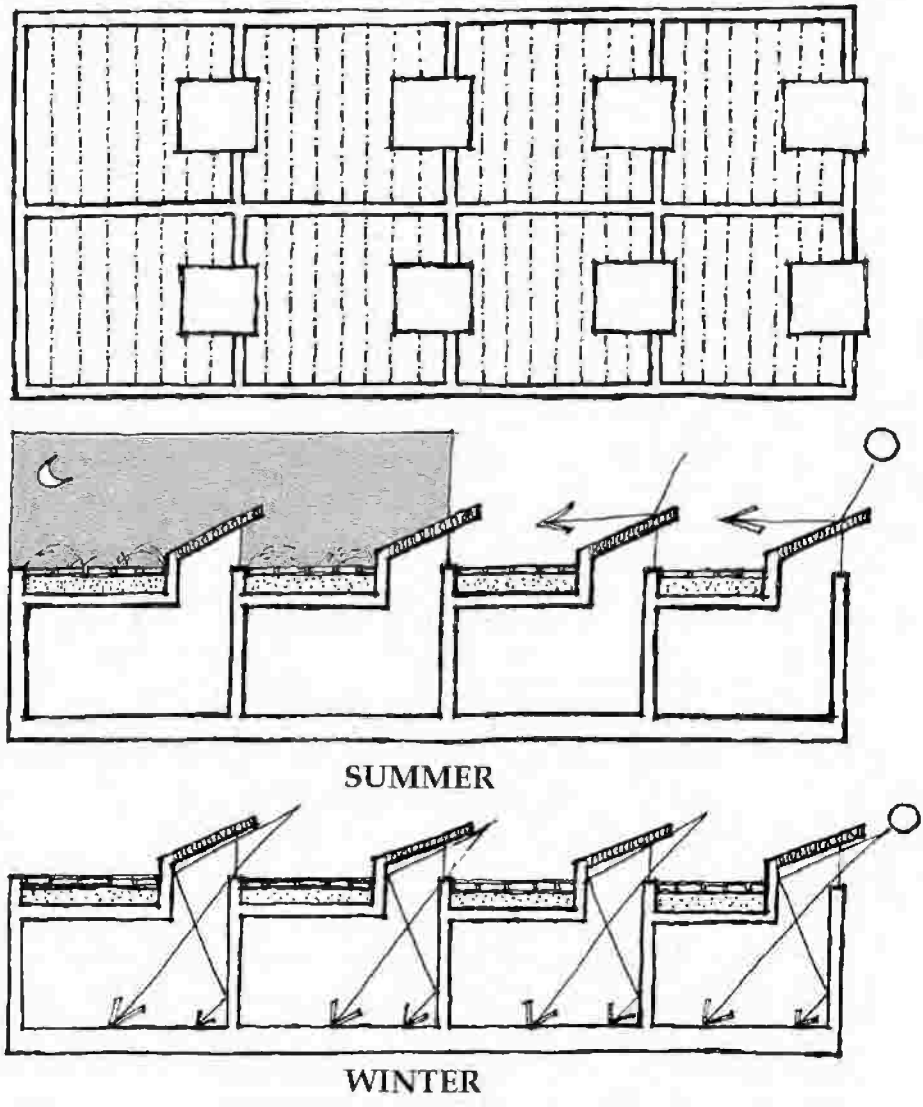
وعلاوة على ذلك، فعندما يتعلق الأمر بالتبريد و/أو التدفئة الشمسية، قد يشكل السطح عنصراً مفيداً في البناء للسماح بدخول الطاقة الشمسية من خلال -moni tors (انظر الفصل الخامس)، كما هو موضح في الشكل ٦-١.

ويبين الشكل مخطط لاستخدام جزء من السطح (حوالي ١٠٪ من مساحته) من أجل الإضاءة النهارية على مدار السنة وكمصدر للاكتساب الشمسي المباشر شتاءً، وذلك من خلال monitors السطح المواجهة للجنوب. بينما يمكن تغطية باقي مساحة السطح المستو ببركة سطحية مع عزل عائم بهدف الحصول على التبريد التبخري غير المباشر صيفاً.

وعندما ندرك هذه الاحتمالات، يتم تحويل السطح من منطقة مستهلكة للطاقة إلى مصدر للطاقة.

وينتج الاحتمال الجيد للمنازل المنفصلة بالنسبة للتهوية الطبيعية عن إمكانية وجود نوافذ وأبواب قابلة للفتح في جميع جوانب البناء، على الأقل في أربعة اتجاهات. وبقدر ما يمكن الترتيب الداخلي للغرف، القواطع، والأبواب الداخلية من تدفق الهواء من خلال الغرف العديدة للبناء، يوجد احتمال للحصول على تهوية

طبيعية في أي اتجاه للريح، كما يوضح الشكل ٦-٢. ولذلك تعد المنازل المنفصلة الأقل حساسية لتكييفها من منظور التهوية.



الشكل ٦-١ سطح مستو مع تدفئة شمسية مباشرة شتاءً عن طريق monitor سطحي وتبريد سلبي صيفاً عن طريق بركة سطحية مع عزل عائم.

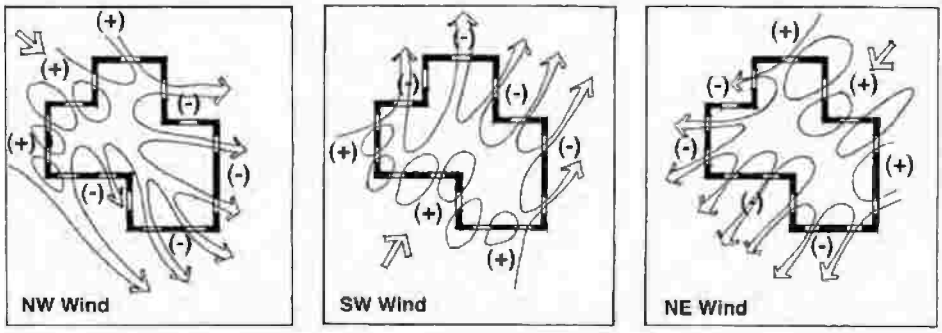
ويعتمد إدراك احتمال التهوية الطبيعية على توفر الريح في موقع البناء الذي يعتمد، مع حالة ريح إقليمية مفترضة، بالتالي على تفاصيل التصميم العمراني، كما سنناقش في الفصل الثامن.

كما ينشأ الاحتمال الجيد للمنازل المنفصلة بالنسبة للتدفئة الشمسية السلبية من حقيقة مواجهة أحد الجدران الخارجية لشمس الشتاء. ويعتمد إدراك هذا الاحتمال أيضاً على التصميم العمراني، واسمياً على منع حجب الجدار والنوافذ المواجهة للشمس بالجوار إلى الجانب المشمس.

وتمكن المنازل المنفصلة المقيمين فيها من استخدام الأرض المحيطة بالمسكن للعديد من الأنشطة الوظيفية والمنزلية الخارجية. ففي جميع أنواع المناخات الحارة، تكون الأحوال المناخية الخارجية في بعض الفصول مريحة أكثر من الأحوال الداخلية. كما يضيف احتمال القيام بالنشاطات الخارجية في الجوانب الأربعة للبناء إلى الميزات المناخية للمنازل المنفصلة المخصصة لسكن عائلة واحدة، استناداً إلى المساحات المظللة و/أو المغطاة المتوفرة. ولهذه النقطة أهمية خاصة بالنسبة للعائلات ذات الدخل المحدود التي تنجب العديد من الأولاد، والتي يمكن أن تمتلك مساكن صغيرة جداً وتتوفر لديها الإمكانية لدفع أجور عالية للاستفادة من التكييف الهوائي.

وبسبب مواجهة الجدران الخارجية للمنازل المنفصلة المخصصة لسكن عائلة واحدة لأربعة اتجاهات على الأقل، تعد هذه المنازل أقل حساسية تجاه أثر تكييفها، على الرغم من أنه لاتزال تظهر مشكلة في اختيار تكييف الغرف المختلفة، وبشكل خاص تكييف النوافذ الكبيرة. وهكذا، تمنح المنازل المنفصلة حرية أكبر للمصمم العمراني، من المنظور المناخي.

أما من منظور استخدام الطاقات الطبيعية، يمكن للمنازل المخصصة لسكن عائلة واحدة أن تحقق استخداماً جيداً للمساحة الأرضية تحت وحول المنزل كعنصر تبريد (انظر الفصل الخامس) أو للخزن الحراري على مقياس أكبر مما هو ممكن في الأبنية الشققية المؤلفة من عدة وحدات وعدة طوابق.



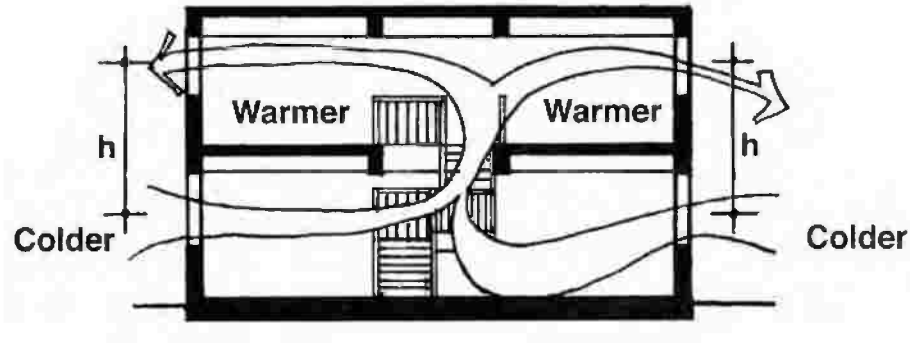
الشكل ٦-٢. يمكن حصول المنزل المنفصل المخصص لسكن عائلة واحدة على تهوية متقاطعة فعالة في أي اتجاه للريح.

منازل البلدة (سلسلة المنازل المتلاصقة ذات الشكل نفسه):

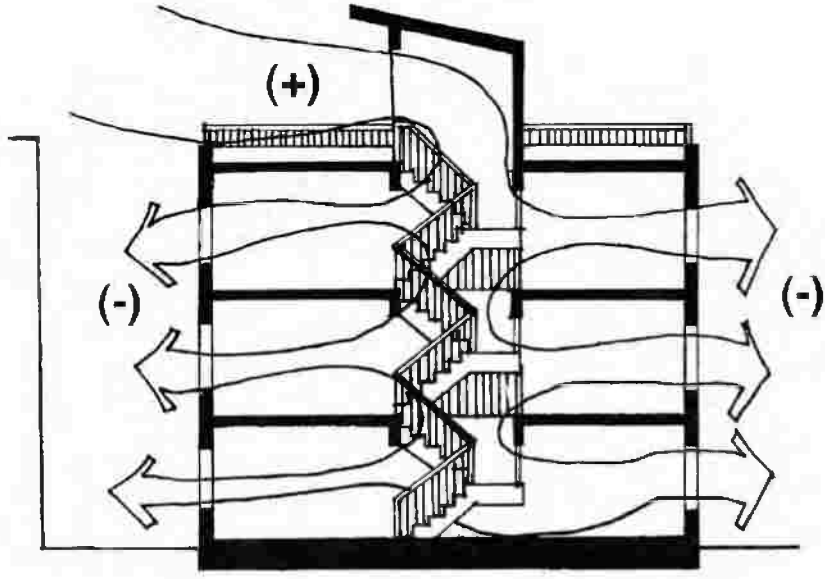
ومنازل البلدة، أو المنازل المتلاصقة ذات الشكل نفسه كما تسمى في بعض البلدان، هي عبارة عن صف من الوحدات السكنية، بعلو طابق إلى ثلاثة طوابق، متصلة ببعضها البعض بجدرانها الجانبية. ولذلك فهي تشكل سلسلة مستمرة. وتحتل كل وحدة القسم العمودي الكلي للبناء، من الأرض إلى السطح.

ويعطي الدمج الوظيفي لمختلف الطوابق في وحدة سكنية واحدة تحت ملكية واحدة منازل البلدة بعض الصفات الخاصة من المنظور المناخي ومفهوم أداء الطاقة. أما من منظور التهوية، يسهل الارتفاع الفعال بشكل كبير «أثر المدخنة» في التهوية الطبيعية الـ thermosyphonic، وبشكل خاص أثناء الساعات التي تكون فيها الريح هادئة كما يبين الشكل ٦-٣. وعندما يقود سلم إلى السطح مع غرفة تشغيل

(دخول)، يمكن استخدامه أيضاً لـ «ملتقط الريح»، كما هو وضح في الشكل ٦-٤، للاستفادة من سرعات الريح الأعلى فوق مستوى السطح.



الشكل ٦-٣. تهوية أثر المدخنة لمنزل بلدة مؤلف من طابقين أثناء الساعات التي تهدأ فيها الريح، والشائعة فى الليل.



الشكل ٦-٤. منزل بلدة مؤلف من ثلاثة طوابق، مع سلم مفتوح يقود إلى السطح الذي يعمل كملتقط للريح.

تجمع منازل البلدة بعض ميزات كل من الأبنية الشققية متعددة الطوابق (مساحة أصغر للجدران الخارجية) والمنازل المخصصة لسكن عائلة واحدة (خيارات تدفئة شمسية وتهوية طبيعية)، من منظور الطاقة. أما فيما يتعلق بالمساحة السطحية للمغلف، تكون منازل البلدة بين المنزل المنفصل والوحدات الشقية. فلكل وحدة سكنية سطحها الخاص ومساحتها الخاصة تحت الأرض، بالإضافة إلى جزء من الأرض المتصلة بها. وعندما تشترك الوحدات المتجاورة بجدار مشترك، تكون مساحة الجدار الإجمالية المكشوفة أقل منها في المنازل المخصصة لسكن عائلة واحدة مع نفس عدد الطوابق.

ولجميع المساكن اتجاهين خارجيين على نحو هام باستثناء الوحدات الطرفية. ومع وجود عوائق ونتوءات مصممة معمارياً بالنسبة لنختلف الوحدات، بالإمكان توفر أربعة اتجاهات مكشوفة فعالة لكل وحدة. إذ تزيد مثل هذه النتوءات من المساحة السطحية للمغلف ولكنها قد تحسن بشكل مادي احتمال التهوية الطبيعية عندما يكون اتجاه الريح موازياً تقريباً للواجهات الطويلة للبناء.

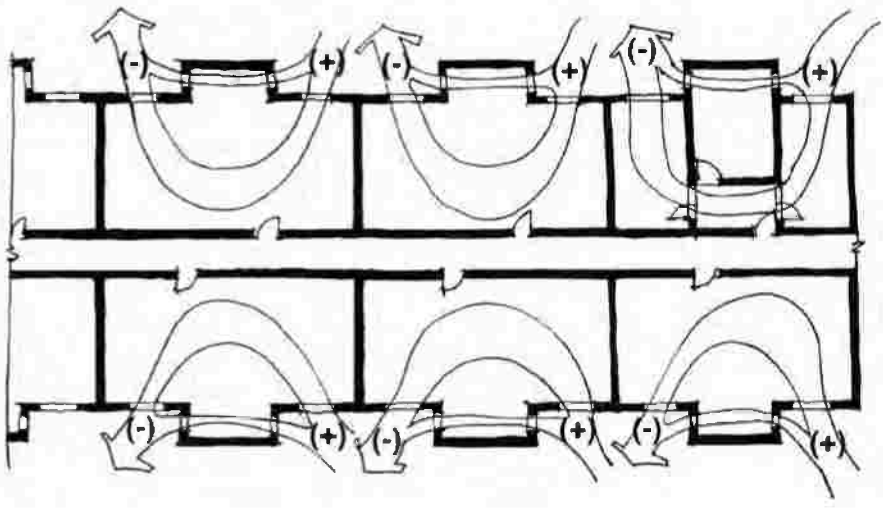
فعلى سبيل المثال، عندما تأتي الريح السائدة من الغرب، تتذبذب عادة بين الغرب ـ الجنوب الغربي والغرب ـ الشمال الغربي. وسيشهد بناء مطول مع واجهات ونوافذ رئيسية نحو الشمال والجنوب احتمالاً ضعيفاً للتهوية بسبب زاوية السقوط الصغيرة جداً للريح على الجدار. وعلى أي حال، تخلق النتوءات تجاويف للضغط العالي والمنخفض، ولو توفرت الفتحات عندها سيتحسن احتمال التهوية بشكل ملحوظ، كما يوضح الشكل ٦-٥.

أما فيما يتعلق بمعظم المظاهر التي ناقشناه سابقاً، تشبه منازل البلدة المنازل المخصصة لسكن عائلة واحدة. إلاأن هناك استثناء مهم يتجلى في الحساسية تجاه التكييف. فباعتبار الوحدات مصطفة في سلسلة، يكون التكييف وفقاً للشمس أمراً أكثر حساسية منه في حالة المنزل المنفصل.

وبقدر ما يتعلق الأمر باستخدام الطاقة الشمسية، إما لتدفئة الحيز و/أو من أجل الحصول على الماء المنزلي الساخن، يجب أن يكيف العنصر المجمع الشمسي

للبناء باتجاه شمس الشتاء، أي اسمياً باتجاه خط الاستواء عند خطوط عرض أعلى من حوالي ٢٠درجة. أما عند خطوط عرض أدنى، في الأقاليم الاستوائية والمدارية في ارتفاع عالي، يمكن استخدام الطاقة الشمسية بشكل أفضل من قبل الجدران والنوافذ الشرقية والغربية، بينما تتلقى الجدران الشمالية والجنوبية مقدار قليل جداً من أشعة الشمس في الشتاء. ويعد التظليل الفعال في الصيف غاية في الأهمية في هذه الحالة في الصيف.

وللوحدات في منازل البلدة، باستثناء ما يتعلق بالوحدات الطرفية، أرض متصلة بها فقط أمام الجدارين الخارجيين. ولذلك تكون الأوقات التي تتوفر فيها المناطق الشمسية والمناطق المظللة صيفاً للقيام بالنشاطات الخارجية محدودة أكثر مما تكون في حالة المنازل المنفصلة المخصصة لسكن عائلة واحدة. وبأي حال، يمكن أن تقدم منازل البلدة فرصاً يمكن تقديرها لاستخدام الأرض المتصلة، مقارنة مع جميع أنواع المساكن الأخرى التي تسكن فيها عدة عائلات.



الشكل ٦-٥. تخلق النتوءات المعمارية من واجهة مستوية مناطق مميزة للضغط العالي والمنخفض عندما تسقط الريح بزاوية صغيرة جداً على الجدران، مقدمة احتمال لحدوث التهوية المتقاطعة الفعالة.

ومن منظور التصميم العمراني، فإن الميزة الرئيسة لمنازل البلدة هي الكثافات العمرانية الأعلى التي تمكنها، مقارنة مع المنازل المنفصلة المخصصة لسكن عائلة واحدة، بينما لاتزال تحافظ على معظم المميزات الوظيفية والاجتماعية للمنازل المخصصة لسكن عائلة واحدة.

وفي هذه الحالات، عندما يرغب بالكثافة السكانية الأعلى ـ بهدف تقصير طول الطرق، الماء، خطوط المجاري، وغيرها على سبيل المثال، ومسافة السير إلى الخدمات المتعددة ـ قد تتألف منازل البلدة من طابقين أو حتى ثلاثة طوابق. ومع مثل هذا التصميم، يمكن الحصول على كثافات جوار قريبة مما يمكن الحصول عليه في المنازل الشققية المؤلفة من عدة طوابق، عندما تباعد هذه المنازل بمسافات كافية بينها من أجل التهوية والانتفاع الشمسي.

الأبنية الشققية المؤلفة من عدة طوابق:

تصبح الأبنية الشققية المؤلفة من عدة طوابق مع التمدين الموسع والضغط الكلفة المتزايدة على الأرض العمرانية، نوع المساكن الأكثر شيوعاً في معظم البلدان النامية والمتطورة على حد سواء.

كما يمكن أن يكون للأبنية الشققية متعددة الطوابق مخططات تصميم متعددة تتمتع بخاصيات مختلفة تماماً، من منظوري الراحة واستخدام الطاقة. ولذلك، ففي هذا النوع للمنازل، يمكن أن تجعل قرارات التصميم الرئيسة البناء ملائماً أو غير ملائم جداً بالنسبة للمناخ.

أما من المنظور الحراري، للأبنية الشققية متعددة الطوابق مساحة سطحية لمغلفها أضغر منها في الأنواع الأخرى للأبنية السكنية. وبالتالي فعندما تتم تدفئة البناء أو تكييفه بالهواء، يتم الحد من الحاجة للطاقة لكل وحدة سكنية للبناء، بالنسبة لخاصية حرارية مفترضة للمغلف. ويطبق هذا بشكل خاص على الوحدات «الداخلية»، التي تجاورها وحدات أخرى في كل جانب، وفوقها وتحتها.

ولذلك، فسوف يحد أي شكل للبناء يزيد من العدد النسبي للوحدات الداخلية، مثل الأبنية المؤلفة من عدة وحدات سكنية حيث يعادل طول الكتلة ارتفاعها. بشكل تقريبي، من متطلبات الطاقة الحرارية الكلية.

وعلى أي حال، يطبق جميع ما ذكرناه أعلاه فقط في الوقت الذي تتم فيه تدفئة البناء أو تكييفه بالهواء عن طريق استخدام مصادر الطاقة التقليدية. وفي بعض أنواع الأبنية السكنية المؤلفة من عدة طوابق، لاتتوفر فرص التهوية الطبيعية، والتي يمكن أن تزيل الحاجة للتكييف الهوائي أو تحد من الوقت الذي تظهر فيه الحاجة الملحة له.

وعلاوة على ذلك، فقد يكون للشقق متعددة الطوابق ببعض أنواعها احتمال أقل من أنواع الأبنية الأخرى بالنسبة لاستخدام الطاقة الشمسية لتدفئة الحيز والماء المنزلي الساخن.

ووفق اعتبارات التصميم العمراني الكلية، لابد أن نشير إلى أن الأبنية الشققية متعددة الطوابق تمكن من الحصول على كثافات سكانية أعلى. ويحد هذا العامل عادة من طول مرافق البنية التحتية مثل الطرق، خطوط المياه، والمجاري، الخ....

وقد تمثل الكثافة العمرانية العالية بعض التحديات في التصميم بالنسبة لكل من التهوية الطبيعية واستخدام الطاقة الشمسية.

ولتمكين التدفئة الشمسية في الشتاء، يجب أن تتبع الأبنية متعددة الطوابق تكييفاً دقيقاً. ونظراً لصغر مساحة السطح لهذه الأبنية نسبياً، يعد الجدار المواجه لشمس الشتاء (الجدار الجنوبي في نصف الكرة الشمالي) العنصر الرئيس في البناء لجمع الطاقة الشمسية. إذ سيحد أي انحراف هام عن التكييف الشمسي من الطاقة الشمسية المتوفرة.

ومع الكثافة العمرانية العالية، يجب الاهتمام بمنع حجب البناء ببناء آخر عالي إلى جنوبه. إذ توجد مساحة أرضية أكبر بين الأبنية في نوع الأبنية الشقيية متعددة الطوابق. وهذه الأرض «شائعة» في العديد من النواحي وتبقى دون «مسؤولية» شخصية فردية. ويعتمد تأثير هذا العامل على معاملة الأرض، والخاصية البيئية الناتجة، على الصفات البيئية الثقافية للسكان.

وفي بعض المجتمعات، قد تؤدي العناية المشتركة بالأرض بين الأبنية إلى معاملة أفضل للأرض. ومن ناحية أخرى، قد تؤدي العناية المشتركة بالأرض المفتوحة في بعض المجتمعات إلى الإهمال، تراكم الغبار، وتعرية الريح. وقد يكون هذا الإهمال ناتجاً عن الافتقاد إلى المصادر الشخصية و/ أو الثقافة البيئية.

أما في الأقاليم الجافة والصحراوية، تعد العناية بالأرض المفتوحة أغلى وأكثر صعوبة نظراً للكلفة العالية وعدم توفر المياه في بعض الأحيان، وهو عامل يزيد من احتمال الإهمال.

ويحظى موضوع صيانة المساحات المفتوحة العمومية بأهمية خاصة في العديد من البلدان النامية في الأقاليم الجافة، حيث تجعل قلة سقوط الأمطار الري هاماً جداً بينما قد تفتقد الحكومات المحلية والسكان إلى المصادر المالية والثقافة البيئية للعناية بالمساحات العمومية. كما تؤدي الرغبة بتقليد مظهر المتنزهات التقليدية في الأقاليم ذات المناخ المعتدل بالتالي إلى «عدم امتلاك الأرض من قبل أي شخص no mans land».

أنواع الأبنية الشققية المؤلفة من عدة طوابق:

يمكن تقسيم الأبنية الشققية المؤلفة من عدة طوابق إلى نوعين رئيسيين، من منظور الأداء المناخي، وأن يقسم كل منهما فرعياً إلى نوعين فرعيين. أما النوعين الرئيسيين فهما:

أ- أبنية مع ممرات طويلة تتيح الدخول إلى الوحدات الممتدة على طولها. ويتاح الوصول العمودي إلى الممرات إما عن طريق السلالم أو المصاعد.

ب - أبنية مع سلالم أو مصادر تؤمن الدخول المباشر إلى وحدتين، أو ثلاث، أو أربع.

أما النوعين الفرعيين للأبنية التي تدخلها عن طريق الممرات فهما:

أ١- بناء مع ممر داخلي، يتيح الوصول إلى الوحدات على جانبيه (ممرات dou-ble-loaded).

أ٢- بناء مع ممر خارجي يقع على طول جدار واحد للبناء (ممرات single-loaded).

أما النوعين الفرعيين للأبنية التي تدخلها بشكل مباشر (من منظور الأداء المناخي) فهما:

ب١- سلالم أو مصاعد متعددة تخدم شقتين في كل طابق.

ب٢- سلالم أو مصاعد تخدم أكثر من وحدتين في كل طابق.

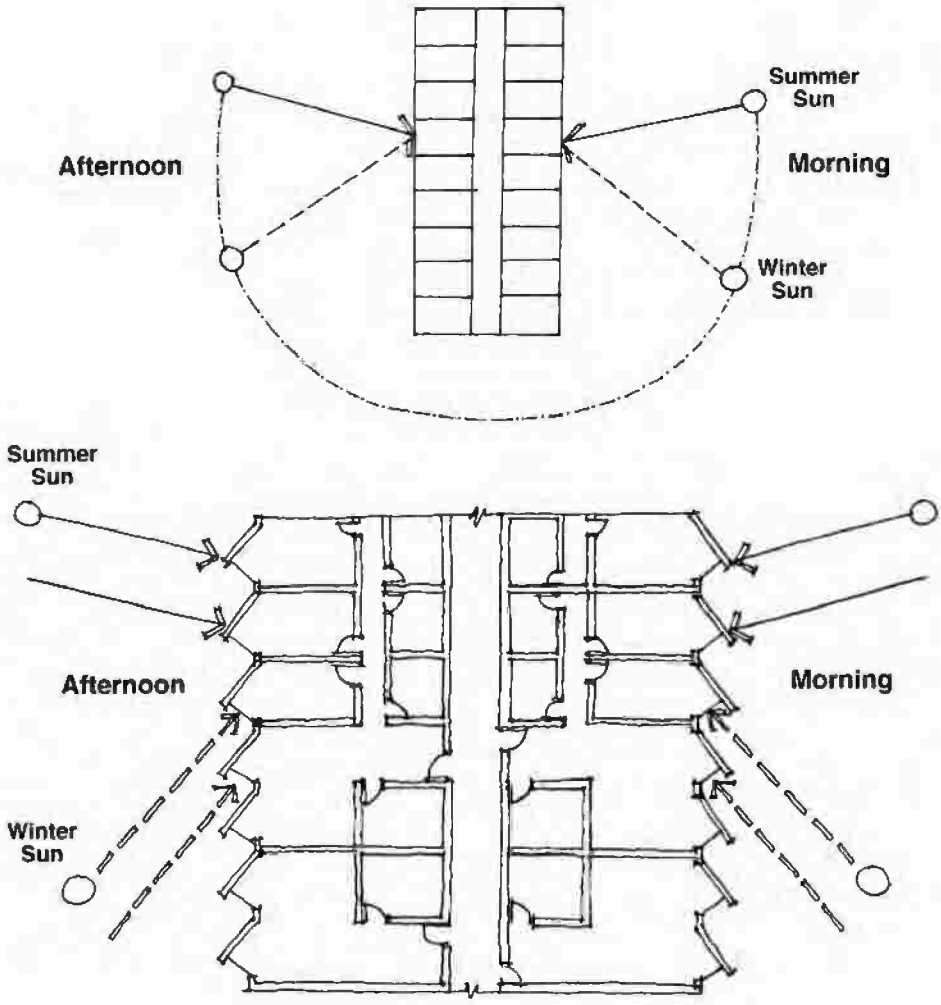
أبنية الممرات الـ double-loaded

تشيع الأبنية الشققية الطويلة مع ممرات double-loaded مركزية في العديد من المشاريع المساكن متعددة الطوابق في الولايات المتحدة. إذ يكون لمثل هذه الأبنية المساحة الأصغر للجدران الخارجية لجميع أنواع الأبنية. ولذلك، فعندما تتم تدفئة هذه الأبنية وتكييفها بالهواء آلياً، تكون حاجتها للطاقة الأقل. وعلى أي حال، يكون الأداء المناخي لمثل هذه الأبنية مختلفاً تماماً عندما يتعلق الأمر بالتهوية الطبيعية و/أو استخدام الطاقة الشمسية.

وفي أبنية الممرات الـ double-loaded، توضع الممرات في مركز الكتلة، متيحة الدخول إلى الوحدات المسكونة على الجانبين. ولذلك يفصل الممر الوحدات السكنية للبناء إلى مجموعتين مع أحوال تعرض مختلفة تماماً. إذ يكون لمعظم الوحدات، باستثناء الوحدات الطرفية، جدار خارجي واحد فقط. وكنتيجة لذلك لاتتمتع جميع هذه الوحدات تقريباً حتى باحتمال التهوية المتقاطعة الفعالة. وينبغي أن تستخدم هذه الشقق بشكل عام، وخاصة في الأقاليم التي يكون صيفها حاراً، التكييف الهوائي الآلي معظم فصل الصيف، وحتى في الأماكن والفصول حيث يمكن أن تؤمن التهوية الطبيعية راحة داخلية مرضية.

أما من مفهوم استخدام الطاقة الشمسية وأشعة الشمس المباشرة لتدفئة الحيز، لايكون هناك على الدوام فائدة من نصف الوحدات في الأبنية مع الممرات الـ dou-ble-loaded إلى أن يكيف اتجاه البناء على طول المحور الشمالي ـ الجنوبي بحيث يستقبل الجدار والنوافذ الشرقية أشعة الشمس في الصباح ويتلقاها الجدار والنوافذ الغربية في فترة ما بعد الظهر. ويمكن لشكل خاص للنوافذ، وهي النوافذ «الكستنائية اللون» المثلثية المواجهة للجنوب الشرقي والجنوب الغربي، أن تزيد من الاكتساب الشمسي في الشتاء إلى أكبر حد، بالنسبة لمساحة مفترضة للنافذة، وتحد التدفئة الشمسية المفرطة صيفاً، كما هو مبين في الشكل ٦-٦.

أما عندما يوجه البناء على طول المحور الشرقي ـ الغربي، يمكن أن تستفيد الوحدات الجنوبية من الشمس شتاء بينما لاتستقبل الوحدات الشمالية أشعة الشمس من أيلول إلى آذار. ويخلق هذا فروق كبيرة جداً بين الوحدات السكنية في كلاالاتجاهين في الأداء الحراري والإمكانيات المتاحة للسكان للاستفادة من أشعة الشمس في فصل الشتاء.



الشكل ٦-٦. النوافذ «الكستنائية اللون» المثلثية في الجدران الشرقية والغربية، المواجهة للجنوب الشرقي والجنوب الغربي، على التوالي، والتي تزيد من الاكتساب الشمسي شتاءً وتحد من التدفئة الشمسية المفرطة صيفاً.

وبالنظر إلى صفات الأداء المناخي المذكورة سابقاً لأبنية الممرات الـ double-loaded، يمكن اعتبارها غير مناسبة من مفاهيم التهوية الطبيعية، الراحة، واستخدام الطاقة الشمسية، في أي مناخ حار، وبشكل خاص بالنسبة للسكان ذوي الدخل المحدود الذين لاتتوفر لديهم الإمكانية لاستخدام التكييف الهوائي.

وهناك استثناء هو نوع الممر الـ double-loaded الذي قام بتطويره وتطبيقه لي كوربوسيير Le Corbusier في فرنسا. ففي هذا المخطط يوضع ممر مركزي لكل ثلاثة طوابق، ويخدم كل «جزء» منه وحدتين، تحتل كل منهما مستويين، أحدهما على مستوى الممر والآخر فوق أو تحت ذلك المستوى. ويوضح الشكل ٦-٧ هذا المخطط. وفي مثل هذا التصميم، يكون لكل وحدة اتصال مباشر بجدارين خارجيين على الجانبين المعاكسين للبناء، ولذا تتمتع باحتمال التهوية المتقاطعة، بالإضافة إلى استخدام الطاقة الشمسية.

وعلى أي حال فلابد من الإشارة إلى أنه في الأقاليم الباردة، وبالنسبة للأبنية التي لاتستخدم الطاقة الشمسية، قد تكون الأبنية ذات الممرات الـ double-loaded الأكثر حفظاً للطاقة.

أبنية الممرات الـ single-loaded

توضع الممرات في الأبنية الـ single-loaded على طول أحد جدران البناء. ولذلك تحصر كل شقة في جانب واحد من خلال الممر وعلى الجانب الآخر من خلال الجدار الخارجي. وربما يكون الممر زجاجياً ويتم إغلاقه أثناء الشتاء وفتحه صيفاً، متيحاً بذلك خيار التعرض للرياح في أي جانب للبناء.

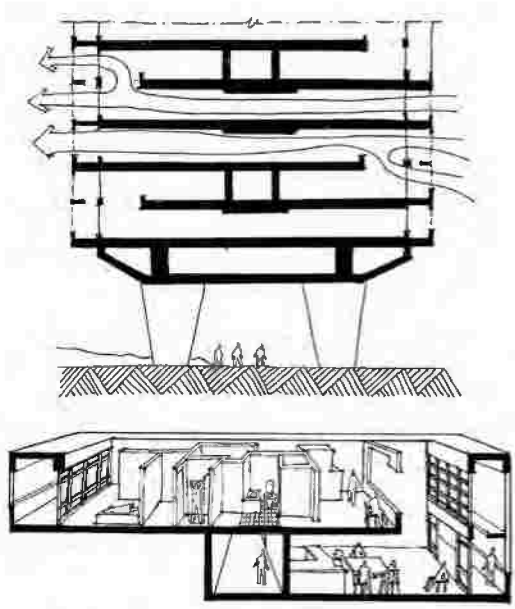
وتعد التهوية المتقاطعة ممكنة نظرياً في الشقق الواقعة على طول ممر مفتوح بترك النوافذ مفتوحة في الجدار الخارجي بالإضافة إلى النوافذ والأبواب في الجدار المواجه للممر. أما من الناحية العلمية، على أي حال، يحد ترك الأبواب مفتوحة في جدار الممر بشكل كبير من الخصوصية البصرية والسمعية للسكان.

ويمكن أن تحل قضية الخصوصية البصرية عن طريق إدخال مصاريع في الفتحات التي تمكن من مرور الهواء بينما تمنع الرؤيا، أو عن طريق وجود عتبات للنافذة تماماً فوق خط الرؤيا. أما الخصوصية السمعية على أي حال فلايمكن تأمينها مع الأنواع الشائعة لأبنية الممرات الـ single-loaded بينما تتم التهوية المتقاطعة للبناء وقد يتسبب إنزعاج السكان بالضجيج الذي يتولد في الممر ويمكن للناس الذين يعبرونه سماع ما يجري في الداخل.

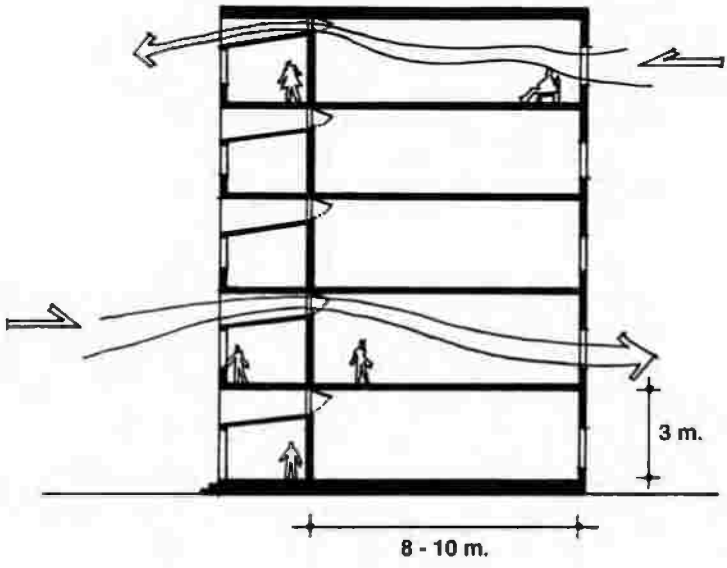
وتعتمد الشدة الموضوعية لهذه القضية إلى حد كبير على لخلفية الثقافية للسكان ويمكن أن تختلف بشكل كبير بين المجتمعات المختلفة. وبأخذ احتمال التهوية المتقاطعة في تلك الأبنية بالحسبان، يمكن أن تكون الأبواب المفتوحة أو المصاريع مقبولة في الأقاليم الحارة حيث تعد شروط الخصوصية السمعية مقبولة ثقافياً.

ويمكن تأمين حل جذري أفضل لهذه المشكلة عن طريق تفاصيل خاصة تمكن التهوية المتقاطعة دون فقدان الخصوصية السمعية، والبصرية فعلى سبيل المثال، إذا كان ارتفاع سقف الغرف حوالي ٣م (١٠») ولكن ارتفاع سقف الممرات حوالي ٣.٢م (٧» ٨»)، بالإمكان تأمين ممر هوائي فوق الممرات عن طريق سقف كاذب، ممكناً جريان الهواء عبر الشقق إلى الجانب الآخر للبناء، كما يوضح الشكل ٦-٨.

وهناك حل تقيمي آخر من أجل ضمان الخصوصية البصرية على الأقل لسكان الشقة في أبنية الممرات الـ single-loaded يتجلى في خفض مستويات الممرات حوالي نصف متر (١.٦٤») دون مستويات الشقق، مع سلالم تقود إلى المساكن الفردية، كما هو مبين في الشكل ٦-٩، وتعد تهوية مثل هذه الأبنية حساسة لتكييف اتجاه البناء. فعلى المصمم أن يضمن مواجهة إحدى واجهات البناء (ومن الأفضل أن تكون الواجهة «الأمامية»، المعاكسة للممر) اتجاه الريح السائدة بزاوية تزيد عن حوالي ٣٠درجة.



الشكل ٦-٧. مخطط Le Corbusier لبناء شققي :double-loaded حيث لكل وحدة جدارين خارجيين، مما يمكن حدوث التهوية المتقاطعة.

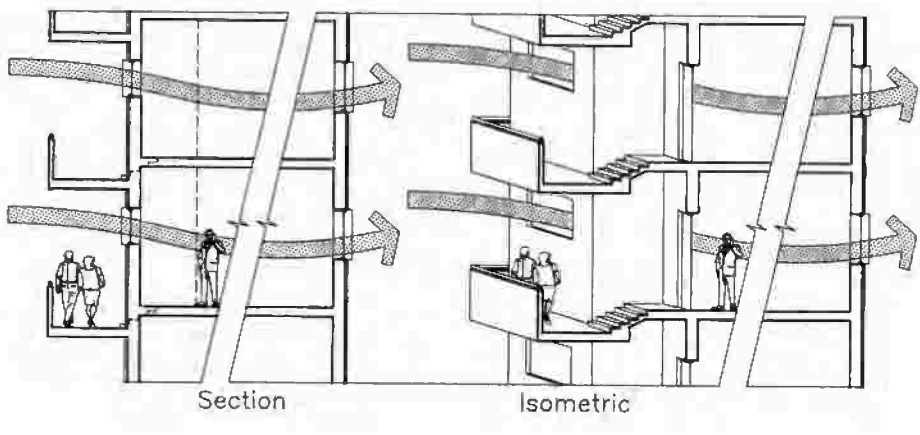


الشكل ٦-٨. مخطط لبناء شققي بممر single loaded، ممكناً التهوية المتقاطعة بينما يتيح الخصوصية البصرية والسمعية.

ومن أجل التدفئة الشمسية السلبية للشقق، يمكن استخدام الجدار «الحقيقي» فقط. ولذلك فعندما يتعلق الأمر باستخدام الطاقة الشمسية، يجب أن يواجه الجدار الخارجي شمس الشتاء. وعلى أي حال، فعندا يواجه جدار الممر الشمس، يمكن أن تتم تدفئة الممر ذاته بأشعة الشمس عن طريق وضع الزجاج أثناء الشتاء. إذ يحد الممر المدفئ، أو حتى يتخلص، من خسارة الحرارة من خلال جدار الشقة المواجه للممر، ويسهم بذلك في حفظ الطاقة.

الشقق المؤلفة من عدة طوابق والتي يمكن دخولها مباشرة مع وحدتين لكل سلم:

هناك مخطط تصميمي أفضل من أبنية الممرات، من المنظور المناخي، يتجلى في بناء أبنية منخفضة الارتفاع (تصل إلى أربعة طوابق، مع سلالم تخدم مباشرة شقتين في كل طابق). ومع هذا المخطط، يكون لكل شقة جدارين خارجيين متعاكسين ويمكن أن يكيف اتجاه البناء ككل، أي الكتلة المحتوية على سلالم عديدة، بشكل أفضل.

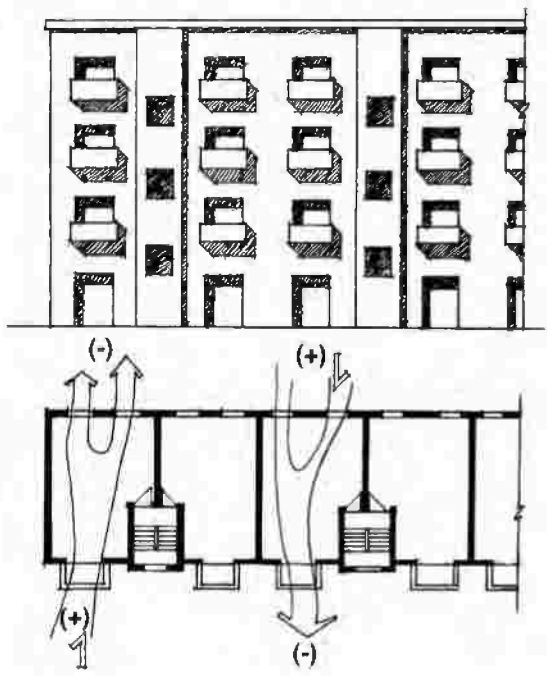


الشكل ٦-٩. مخطط لبناء شقي مع ممر single-loaded، مع ممرات في مستوى أخفض، ممكنة التهوية المتقاطعة مع الخصوصية البصرية، وليس الخصوصية السمعية.

ويتيح نوع البناء هذا، بالمشاركة مع التصميم العمراني المناسب (الجوار)، تعرضاً كافياً للأبنية الفردية للشمس والرياح السائدة، ويمكن أن يضمن احتمال التهوية المتقاطعة الفعالة والتدفئة الشمسية لجميع الوحدات السكنية.

وعلى عكس نوع الممر الـ single-loaded، لاتمس هذه الأبنية خصوصية السكان عند تهوية الشقق تهوية متقاطعة. ويتدفق الهواء من المداخل في أحد الجدران إلى المخارج في جدار آخر بينما يتم عزل الشقة بشكل كامل عن الغرباء (الشكل ٦-١٠). ومع جدران قاطعة مناسبة، يمكن تأمين العزل الصوتي الفعال جداً بين الوحدات المتجاورة.

وباتصال شقتين بسلم واحد، يمكن أن يعمل كل من الجدران الخارجية كمصدر للحرارة الشمسية. كما يمكن تطبيق أي من أنظمة التدفئة الشمسية السلبية العديدة التي ناقشناها في الفصل الرابع على نوع البناء هذا.



الشكل ٦-١٠. البناء الشققي منخفض الارتفاع والذي يمكن دخوله مباشرة، مع وحدتين في كل طابق، والذي يؤمن التهوية المتقاطعة بالإضافة إلى الخصوصية السمعية والبصرية.

كما أن «زاوية» تكييف اتجاه البناء، من أجل تأمين التهوية المتقاطعة، هي حوالي ٦٠درجة على كل جانب من اتجاه الرياح السائدة. ومن جهة أخرى تكون زاوية التكييف من أجل استخدام الطاقة الشمسية حوالي فقط ٣٠درجة على كل جانب من موضع الشمس في الظهيرة شتاءً (في خطوط عرض أكثر من حوالي ٢٠درجة جنوباً وشمالاً). ونظراً للزاوية الأكبر لاتجاه الريح، يجب أن تكون الاعتبارات الشمسية شتاءً العامل الرئيس في اختيار الاتجاه الأفضل لكتلة البناء.

الأبنية متعددة الطوابق مع أكثر من وحدتين لكل سلم:

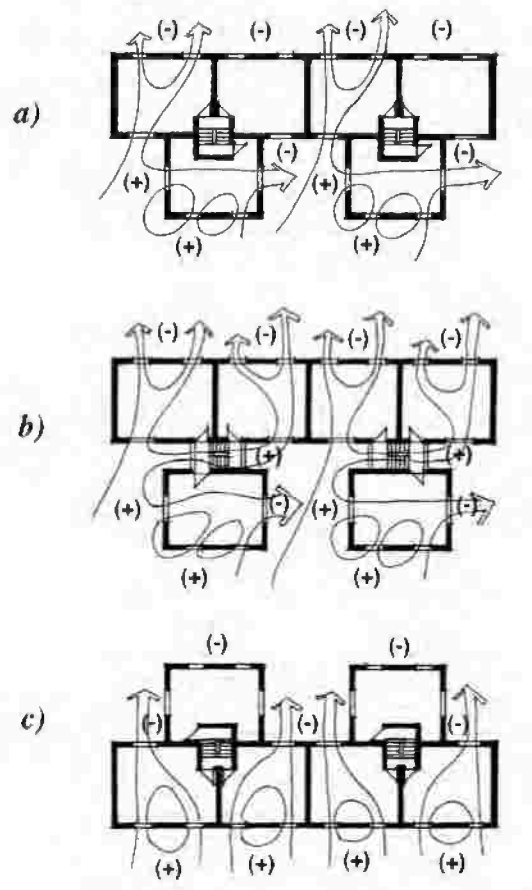
عندما يتم دخول ثلاثة شقق بشكل مباشر في كل طابق من خلال سلم واحد، يصبح موضوع تكييف الاتجاه أكثر حساسية. وعندما تسقط الشقة الثالثة بزاوية صحيحة على كتلة البناء الإجمالية، تخلق «ظل» للريح عندما تكون الريح مائلة بالنسبة للبناء وتهب باتجاه تلك الشقة. وبينما يمكن أن تتمتع جميع الشقق بتهوية معقولة، تصبح أحوالها أسوأ في حالة وجود وحدتين لكل سلم، بينما تكون جدرانها الخارجية معرضة لمناطق الضغط المنخفض (الشكل ٦-١١).

وهناك حل جزئي لتحسين احتمال تهوية الوحدة الواقعة في ظل الريح وذلك عندما يكون سلم البناء بحد ذاته موضوعاً خارج الكتلة الرئيسة ومفتوحاً لجريان الهواء عبره (الشكل ٦-١١).

أما عندما تكون الشقة البارزة في الجانب المشمس من البناء (مواجهة الجنوب في نصف الكرة الشمالي)، فإنها تخلق ظلاً شمسياً على إحدى الشقق المجاورة في الصباح وعلى الشقة الأخرى في فترة ما بعد الظهر. ولو أسقطت على الجانب الآخر للبناء، فلن تتلقى هذه الشقة ذاتها أي من أشعة الشمس في الشتاء.

وبأخذ المشكلات التي ذكرناها سابقاً بالحسبان، يمكن أن نلاحظ بأن الأداء المناخي الكلي للشقق متعددة الطوابق يهبط عندما يمكن دخول أكثر من وحدتين في كل طابق عن طريق سلم واحد. فعندما تدخل أكثر من ثلاث وحدات في كل طابق

من سلم واحد (أو مصعد واحد)، ستعاني بعض هذه الوحدات بشكل دائم من تهوية ضعيفة وأحوال تعرض شمسي ضعيفة. ولذلك لاننصح بمثل مخططات التصميم هذه في المناخات الحارة.



الشكل ٦ -١١. احتمال التهوية في بناء يمكن دخوله مباشرة مع وجود ثلاث وحدات في كل طابق:

أ - بيت درج داخلي. الشقةج الثالثة مسلطة باتجاه هبوب الرياح. وربما تكون إحدى الوحدات في ظل الريح، مع تهوية أدى.

ب- بيت درج خارجي مفتوح يحسن احتمال التهوية.

ت - بيت درج داخلي: للوحدة المسلطة بعكس اتجاه الريح احتمال تهوية أدنى.

الأبنية عالية الإرتفاع :

تعتمد الأبنية عالية الارتفاع بشكل كامل على المصاعد وأنظمة آلية أخرى متطورة من أجل تأدية وظيفتها. ولذلك لاتكون مناسبة إلالالأشخاص ذوي الدخل المرتفع. وبالتالي لاتكون قابلية تطبيق الأبنية العالية الارتفاع كنوع من أنواع المساكن في البلدان النامية محدودة تماماً.

وعلى أي حال، ومن المنظور المناخي، فقد يكون لهذه الأبنية تأثيراً متميزاً على المناخ العمراني بمستوى الأرض في المساحة من حولها، وبشكل خاص على حقل الريح العمرانية. وسنناقش هذه المسألة بتفصيل أكبر في الفصلين السابع والثامن.

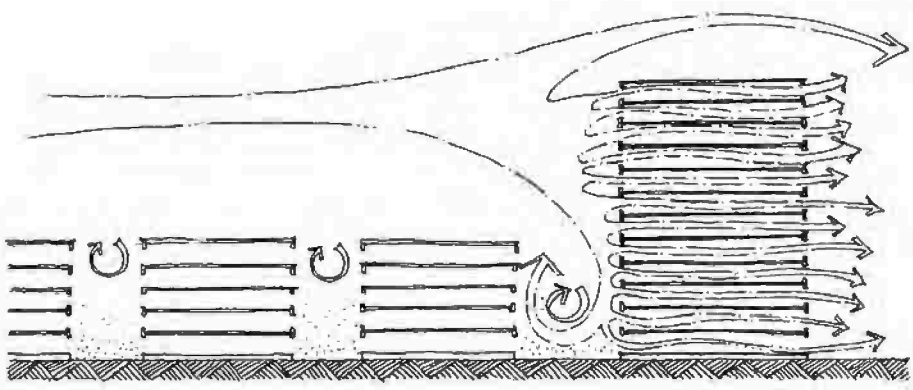
ويتمتع سكان الطوابق العليا، الواقعة فوق مستوى السطح للأبنية الأقل ارتفاعاً المحيطة بها، ببعض الميزات البيئية في الأقاليم الحارة، ولكنهم معرضون أيضاً لمخاطر مناخية أكثر شدة. وبالنظر إلى جميع العوامل السابقة، فإن الأبنية البرجية عالية الارتفاع تستحق بعض المناقشة حتى في كتاب يركز بشكل رئيسي على المساكن ذات التكلفة المنخفضة في البلدان النامية.

التأثيرات البيئية للأبنية عالية الارتفاع:

تزيد الأبنية عالية الارتفاع، الواقعة بين أبنية أقل ارتفاعاً تحيط بها، من مزج الهواء الجاري فوق المظلة canopy العمرانية مع الهواء بمستوى الأرض. وكمصدر رئيسي لتلوث الهواء العمراني الناتج عن الغازات المنبعثة من السيارات في الشوارع، يكون التيار الهوائي الأعلى عادة أنقى من الهواء بمستوى الأرض. ويحد المزج المتزايد للهواء في هاتين الطبقتين من تركيز التلوث في مستوى الأرض، حيث يكون تأثيره على صحة السكان في أعظم مستوى له، كما يوضح الشكل ٦-١٢. وبهذه الطريقة تميل الأبنية عالية الارتفاع إلى تحسين نوعية الهواء في مستوى الشارع المحيط بها.

ولهذه الأبنية تأثير آخر على الأحوال في مستوى الأرض من حولها يتجلى في الزيادة الملحوظة لسرعة اضطراب الرياح - أي يمكن زيادة سرعة الريح في الشوارع

حول الأبنية البرجية عالية الارتفاع إلى ٣٠٠٪، وقد نشهد سرعات أعلى حتى للريح في مواقع محددة. وتعتمد جاذبية هذا الأثر بالطبع على الأحوال المناخية «الاعتيادية» في المدينة التي نتحدث عنها. ففي المدن التي تشهد رياح غير كافية، سيرحب بهذا الأثر. أما في المدن، وأثناء الفترات، التي تكون فيها الرياح شديدة، يعتبر تأثير الأبنية عالية الارتفاع تأثيراً سلبياً.



الشكل ٦-١٢. زيادة سرعة الريح قرب مستوى الأرض أمام بناء عالي الارتفاع، مما يساعد في تخفيف ملوثات الهواء في مستوى الأرض.

الأحوال البيئية في الأبنية عالية الارتفاع:

تختلف الأحوال البيئية لسكان الطوابق العليا في الأبنية عالية الارتفاع إلى حد ما عن الأحوال البيئية لأولئك الذين يسكنون بقية السكن العمراني. وتتجلى الفروق الرئيسة في احتمال التهوية والتعرض الشمسي والتعرض للعواصف والأمطار المصحوبة بالرياح، كما هو الأمر بالنسبة للإطلالة من النافذة.

ونظراً لسرعات الرياح الأعلى عموماً فوق الارتفاع المتوسط للمظلة العمرانية، والزيادة الإضافية في سرعة الريح مع الارتفاع، تتمتع الطوابق العليا في الأبنية

عالية الارتفاع بأحوال تهوية أفضل أثناء فترات الرياح الضعيفة ولكنها من جهة أخرى معرضة لرياح أشد أثناء حدوث العواصف.

كما يعد تخلل الأمطار المصحوبة بالرياح عبر الفتحات والوصلات أيضاً مشكلة أكثر خطورة في هذه الارتفاعات مما هو الأمر بالنسبة لباقي الأبنية العمرانية. وبالتالي تظهر الحاجة لتفاصيل أكثر حذراً للنوافذ والوصلات بين عناصر الجدار في تلك الطوابق.

كما تكون الأبنية عالية الارتفاع أقل احتمالاً لتظليلها بالأبنية المجاورة. ولذلك تكون شدة الإشعاع الشمسي الساقط عليها، سواء أكان مباشراً، منشوراً، و/أو منعكساً من أسطح الأبنية الأقل ارتفاعاً، أعلى من شدة الإشعاع الشمسي الساقط على الأبنية العمرانية «النموذجية». ولذلك يعد التظليل أكثر أهمية ويكون تصميمه في بعض الأحيان أكثر تعقيداً.

كما تعد الإطلالة الأفضل التي تقدم لسكان الطوابق العليا في الأبنية عالية الارتفاع من خلال النوافذ أحد المزايا البيئية الرئيسة. وبينما قد يشعر باقي سكان المدينة بازدحام بيئتهم المرئية، يستمتع أولئك الذين يعيشون في الطوابق العليا في الأبنية عالية الارتفاع غالباً بإطلالة واسعة على المناظر البعيدة.

كما يكون مستوى الضجيج البيئي في هذه الطوابق العليا أدنى بشكل أساسي منه في الأبنية العمرانية النموذجية. ويسهم في ذلك الوضع المسافة الأبعد عن مصادر الضجيج وانعكاس الضجيج الأخف معاً.

الصفات المناخية للساحات الداخلية والفسحات المفتوحة المحاطة والموصولة:

تعد الساحات الداخلية والفسحات المفتوحة الموصولة المحاطة بالجدران شائعة جداً في العديد من الأقاليم، لاسيما في البلدان النامية الحارة ـ الجافة، ويمكن أن

نجدها في كل من المنازل المخصصة لسكن عائلة واحدة وفي منازل البلدة. كما تبنى الأبنية الشققية متعددة الطوابق أيضاً غالباً حول إحدى الساحات.

وعندما تم تحليلها من منظور الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة، وجد بأن أداء هذه الساحات يعتمد بشكل كبير على معالجتها المفصلة. إذ تستطيع هذه الساحات مع بعض التفاصيل في التصميم تأمين بيئة خارجية لطيفة وأيضاً تحسين الراحة الداخلية. وبتفاصيل أخرى قد تعمل الساحات على رفع درجة الحرارة الداخلية. وتسبب تهوية ضعيفة في الغرف، أو الوحدات السكنية، الواقعة في الجانب الموافق للريح.

ويمكن أن تحدث العديد من الأنشطة المنزلية بارتياح أكبر غالباً في الخارج في مناخ حار منها في الداخل. وقد تتضمن هذه الأنشطة الغسيل، الطهي، اللعب، وحتى النوم. ولذلك، يمكن أن تشكل مثل هذه الساحات الخارجية جزءاً مكملاً للمنزل.

ويمكن أن يكون للفسحة المفتوحة المدمجة علاقات مختلفة مع الأجزاء «المبنية» من البناء:

١. فسحات مفتوحة موصولة خارج خطوط الجدران.

٢. فسحات شبه محاطة (شبه مغلقة)، مثل الشرفات، محاطة بالغرف على جانبين أو ثلاثة منها ولكنها مفتوحة على الأقل من جانب واحد.

٣. ساحات داخلية، أو فناءات، محاطة من جميع جوانبها بالغرف.

ويمكن دمج هذه الأنماط المختلفة للفسحات المفتوحة وظيفياً مع «جزء» البناء، بحيث تؤمن حيزاً للأنشطة المنزلية المتنوعة. ولكن نظراً لوجود مستويات مختلفة من الدمج مع البناء والفصل عن البيئة المناخية العامة، يمكن أن يكون لهذه الفسحات صفات مناخية وتأثيرات مختلفة على المناخ الداخلي للبناء.

الفسحات المفتوحة الموصولة:

يمكن أن تحاط الفسحات المفتوحة الموصولة بجدران مرتفعة، معزولة تماماً عن المحيط الخارجي «العام». وعلى أي حال، فمن المنظور الحراري، لاتتخلل هذه الفسحات مغلف البناء ولذلك فهي لاتزيد المساحة السطحية لمغلفه. وعندما تتم معالجتها بشكل ملائم، يمكن أن تعدل هذه الفسحات المفتوحة الموصولة (الساحات أو الشرفات) الأحوال المناخية للبيئة المحيطة، بجوار «غلاف» البناء. وقد تشمل هذه التعديلات:

- تظليل جدران البناء المجاورة للفسحات المفتوحة، إما عن طريق overhand أو عن طريق زراعتها.
- عزل الجدران، بواسطة شجيرات كثيفة وعالية على سبيل المثال، مما يؤدي إلى خلق فسحة هوائية شبه ميتة بجوار الجدران.
- زيادة الرطوبة وتخفيض درجة الحرارة في الفسحة الهوائية شبه المغلقة داخل الفسحة المفتوحة «المحاطة بالجدران». ويمكن إجراء هذا التعديل للمناخ فقط إذا تم فصل الفسحة المفتوحة عن البيئة «العامة» بواسطة جدران مرتفعة وتظليلها بواسطة سطح، أو مظلات من الأشجار، فوقها.

الفسحات المفتوحة شبه المغلقة (شبه المحاطة):

تتخلل الفسحات المفتوحة شبه المغلقة، كالشرفات العميقة، محيط البناء مؤدية إلى زيادة مساحته السطحية الفعالة. كما تعزز التفاعل بين البيئات الحرارية الداخلية والخارجية، بحيث تزيد كل من درجة التدفئة الداخلية أثناء ساعات النهار ودرجة التبريد ليلاً.

كما تمكن الشرفات شبه المغلقة من تكييف هندسة البناء مع التغييرات التي تحدث في العلاقة المرغوبة بين الداخل والخارج. وينبغي أن تجهز الشرفات بألواح

معزولة قابلة للفتح بحيث يمكن إغلاقها أثناء الساعات الحارة وفتحها أثناء ساعات المساء والليل. وقد تحتوي هذه الألواح على نوافذ صغيرة لتؤمن الإضاءة النهارية، التهوية، والإطلالة من الشرفة عند إغلاق الألواح.

وعندما يتم فتح الألواح العازلة تتحول الشرفات إلى فسحات شبه مفتوحة، تؤدي بشكل فعال إلى زيادة المساحة السطحية لمغلف البناء. أما عندما يتم إغلاق الألواح تشكل الشرفات جزءاً مكملاً للحيز الداخلي للبناء ويزداد تأثيرها على مساحة مغلف البناء إلى أعظم حد. وفي الحالتين تكون هذه الشرفات نتيجة لذلك جزءاً مكملاً للمساحة المستخدمة للبناء، كما هو مبين في الشكل ٦- ١٣.

الساحات الداخلية:

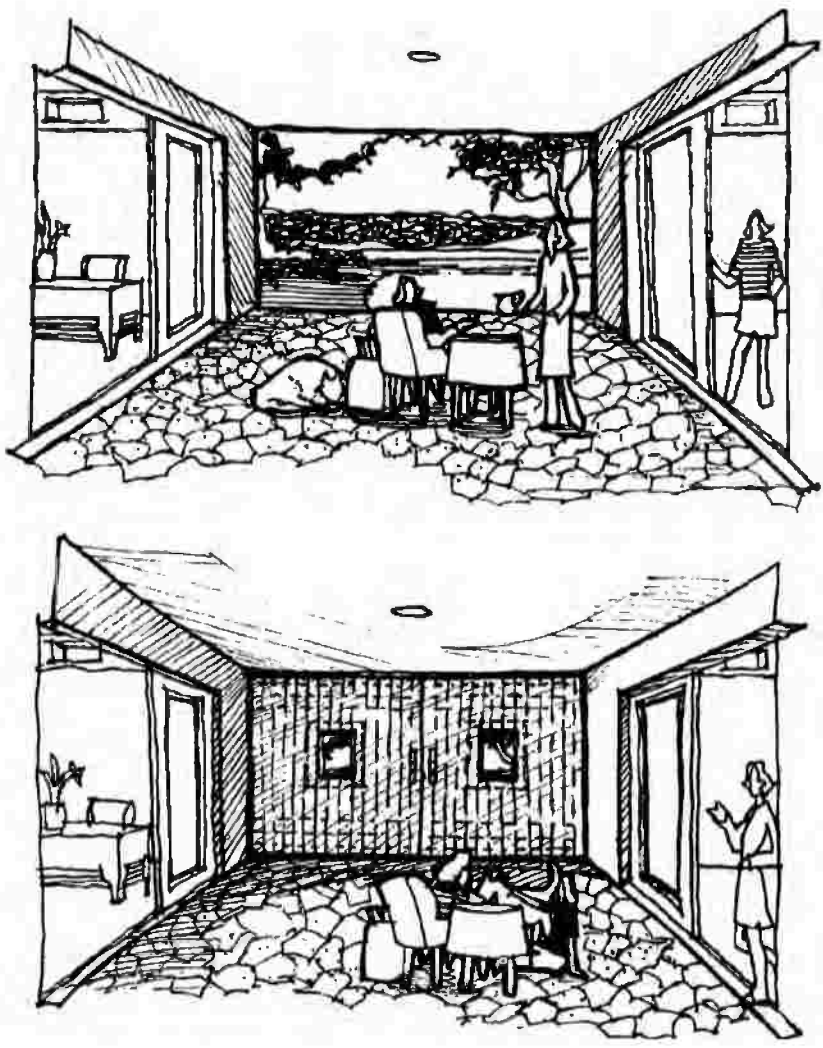
تعظم الساحات الداخلية التفاعل الحراري بين البناء والبيئة الخارجية، بحيث تضم المحيط الخارجي إلى صميم نواة البناء. ويفترض بشكل شائع بأن مثل هذه الفناءات الداخلية تساعد في الحفاظ على درجة حرارة داخلية باردة في المناخات الحارة. وعلى أي حال، تعتمد التأثيرات المناخية الفعلية للساحة الداخلية بشكل كبير على تفاصيل تصميمها و «معالجتها».

الصفات المناخية للساحات:

عند مقارنة الأحوال المناخية للفسحات المفتوحة مع الأحوال المناخية لفناء، لابد من أخذ العوامل التالية بعين الاعتبار.

فعندما يكون الإشعاع الشمسي الكلي الذي يتخلل حيز الفناء المفتوح مساوياً للإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي مفتوح للأرض، يتم امتصاصه في الأسطح العمودية المتعددة (الجدران) وأرضية الفناء. كما تجرف الرياح جزءاً من الطاقة الشمسية المتصة في منطقة مفتوحة. وتكون سرعة الرياح داخل فناء ما عادةً أدنى بكثير من سرعة الرياح المحيطة وبالتالي تجرف الرياح حرارة شمسية

أقل بينما يتم امتصاص جزء أكبر من قبل أسطح الفناء، مؤدياً إلى رفع كل من درجات حرارة الهواء والحرارة الإشعاعية للفناء. وكذلك تكون خسارات الحرارة بالتبخر والحمل الفيزيولوجي أصغر في الفناء بسبب اعتراض سبيل الريح وأحوال الهواء شبه الساكن فيها.



الشكل ٦-١٣. شرفة تتخلل البناء مع مصاريع shutters معزولة مفتوحة (أعلاه) كجزء من البيئة الخارجية، ومصاريع shutters مغلقة بحيث تصبح جزءاً من الحيز الداخلي.

كما أن خسارة الإشعاع الموجي الطويل (ليلاً ونهاراً) أصغر من الفناء منه من السطح الأفقي الخارجي المكشوف، بفضل الانسداد الجزئي للسماء، والامتصاص الإشعاعي الموجي الطويل من قبل الجدران. وستكون درجة حرارة الهواء المحيط في مثل هذه الفسحات الداخلية المفتوحة «غير المعالجة» عادة أعلى منها في الفسحة المفتوحة الخارجية، ولاسيما أثناء الليل، نظراً لأن الفناء قد يعمل «كوادي عمراني» مغلق على مقياس صغير.

وهكذا، فمن المحتمل أن يسبب الفناء الداخلي غير المظلل دون وجود زرع أو أية مصادر أخرى للظل والتبخر درجات حرارة داخلية أعلى في البناء المحيط به، مقارنة مع بناء محكم بنفس المساحة الأرضية. وأثناء ساعات المساء والليل بالطبع يمكن أن يؤمن الفناء بحد ذاته مساحة مع مناخ ألطف منه في الحيز الداخلي، بالإضافة إلى العزلة التامة.

وتعتمد الأحوال المناخية الفعلية داخل فناء داخلي بشكل كبير على تفاصيل تصميمها و «معالجتها». حيث تكون درجة حرارة الإشعاع والهواء في الفناء الداخلي في بعض الحالات أعلى، ولكن يمكن أن تكون أدنى أيضاً من درجة حرارة المحيط الخصوصية، استناداً إلى تفاصيل تصميم الساحة.

كما يكون للفناء الداخلي «غير المعالج» مع تربة عارية أو أرضية صلبة (كالاسمنت، الآجر، أو غير ذلك) غالباً درجات حرارة إشعاع وهواء أعلى من البيئة الخارجية ويمكن لذلك أن تزيد درجة ارتفاع درجة الحرارة الداخلية. ويعود ذلك إلى عرقلة الهواء في الفناء والزيادة الفعالة في المساحة السطحية لمغلف البناء.

ونتيجة لذلك، من المحتمل أن يسبب الفناء الداخلية غير المظلل، بدون زرع أو أية مصادر أخرى للظل والتبريد البخاري، عدم ارتياح داخلي أعلى في الأقاليم الحارة منه في بناء لايوجد فيه فناء مع نفس المساحة الأرضية. إذ يمكن أن يؤمن الفناء بحد ذاته بلاشك مساحة مع مناخ ألطف منه في الحيز الداخلي أثناء ساعات المساء والليل، بالإضافة إلى العزلة التامة في الفسحة المفتوحة.

معالجات تبريد الفناءات

يمكن أن يكون للفناء بإجراء معالجات مختلفة تأثير أفضل بكثير على المناخ الداخلي من البيئة المكشوفة في مناخ حار ـ جاف، بالإضافة إلى المناخ «الخارجي» الألطف داخل حدود مغلف البناء. كما يمكن إنجاز هذا التعديل لمناخ الفناء عن طريق جمع خفض مقدار الإشعاع الشمسي الذي يصطدم بأرضية الفناء صيفاً والحد من درجة حرارة الهواء فيها عن طريق التبريد البخاري.

كما يمكن تظليل الفناء عن طريق تفاصيل تصميم البناء من حوله ـ كالشرفات والسقف المسلط داخلياً على سبيل المثال. ويمكن تظليل أرضية الفناء أيضاً عن طريق عريشة مع دوالي عنب أو أشجار بجذوع عالية ومظلات عريضة. وبهدف تمكين وصول الضوء وأشعة الشمس في الشتاء يفضل أن تكون نباتات التظليل داخل الفناء بتشكيلات نفضية.

كما يمكن خفض درجة حرارة هواء الفناء قرب مستوى الأرضية من خلال تعزيز التبريد البخاري للهواء داخل الفسحة. ولتعزيز التبريد البخاري، يجب أن يكون الهواء الساكن «المحجوز» داخل الفناء على اتصال مع الماء مع مساحة سطحية كبيرة لتكون عملية. ويمكن أن تؤمن حلول عديدة للتصميم مساحة سطحية كبيرة للماء.

ويكون لبركة اعتيادية ضمن الفناء مقدار محدود جداً من سطح الماء المتصل مع الهواء. وفي حال لم يتم تظليله، ستكون درجة حرارة الماء قريبة من درجة حرارة الهواء المحيط، كما تكون خسارة الحرارة بالتبخر قريبة من اكتساب الحرارة الشمسي للماء، ولن تسبب تخفيض فعلي لدرجة حرارة هواء الفناء. وعلى أي حال، يمكن لبركة مظللة مع رش الماء، أو أي مصدر آخر للماء المرشوش، أن تبرد الماء والهواء المتصل معه إلى درجة حرارة أدنى من درجة حرارة «البصلة الجافة» المحيطة. كما يمكن زيادة المساحة السطحية للماء عن طريق نافورة مع رذاذ صافي أو تدفق الماء على جدار عمودي مع بركة أمامية. ويمكن أن تزيد المساحة السطحية

الأكبر للماء «الاتصال» بين الهواء والماء إلى حد هام، مؤدية إلى زيادة درجة التبخر وانخفاض درجة حرارة الماء والهواء في الفناء.

كما يمكن أن يعمل برج تبريد «الدش» أو برج التبريد من نمط أريزونا، كما صورنا في الفصل الخامس (يبدأ في الصفحة ١٩٦)، أيضاً كمصادر تبريد للفناء. ويمكن دمج برج «الدش» معمارياً مع بركة. وبالإضافة إلى تيار الهواء البارد الذي يولد، فهو يبرد أيضاً الماء إلى درجة حرارة قريبة جداً من درجة حرارة البصلة الرطبة المحيطة (WBT). وكذلك يمكن أن تحد مظلة الأشجار، أو التعريشة، بشكل فعال من مزج الهواء البارد في الفناء مع الهواء الأدفئ الذي يجري على سطح البناء. وبهذه الطريقة لايعمل الفناء فقط كفسحة «خارجية» لطيفة ومحمية بل يحد أيضاً من اكتساب البناء للحرارة، مقارنة مع الفناء عبر المبرد.

التبريد الإشعاعي لفناء مغلقة:

يمكن خفض درجة الحرارة الليلية داخل الفناء إلى حد ما عن طريق الاستفادة من خسارة الحرارة الإشعاعية من الأسطح المحيطة به. وهذا يعني عملياً بأنه ينبغي أن تنحدر الأسطح حول الفناء باتجاه الفناء. كما ينبغي أن يحاط محيط السقف بمتراس (حاجز) صلب للحد من سرعة الريح على سطح السطح. ويمكن أن يحيط المتراس الآمن «الشفاف» المفتوح (المفتوح على جريان الهواء) بالفناء ذاته. ويجب أن يكون المزراب حول الساحة قادر على جمع ماء المطر والتخلص منه، مع أي شدة متوقعة، وبذلك يمنع فيضان الفناء أثناء هطول الأمطار.

وفي حالة الأسطح الإسمنتية، يجب عزل السطح فوق الاسمنت بغية ضمان التبريد السريع للسطح الخارجي. وقد تشكل طبقة معدنية مضلعة بسماكة حوالي ٥سم (٢") فوق طبقة العزل السطح الخارجي ويفضل ذلك. إذ سيعمل هذا الأمر على تبريد الهواء ليلاً، أعلى وأسفل الطبقة المعدنية، والذي قد يتدفق عندئذ نحو الأسفل باتجاه الفناء.

ويمكن أن تترجم هذه المفاهيم الفيزيائية إلى حلول تصميمية معمارية عديدة، معززة الخاصية المرئية للفناء فضلاً عن تحسين أحوال الراحة فيها. ونناقش الموضوع الخاص بالساحات الداخلية في المناخات الحارة ـ الجافة في الفصل العاشر.

مشكلات التهوية في الأبنية ذات الساحات الداخلية:

تخلق الساحات الداخلية في المنازل، ولاسيما التي تقع في مركز كتلة الشقة، أحوال غير متساوية، من منظور التهوية، بالنسبة للغرف أو الشقق المحيطة بها. كما تخلق الريح أياً كان اتجاهها منطقة ضغط منخفض فوق الفسحة المفتوحة للساحة. ويكون للغرف أو الشقق في الجوانب المواجهة للريح للساحة احتمال تهوية جيد. وعلى أي حال، فإن تهوية الغرف في الجوانب الموافقة للريح للساحة (مناطق الضغط المنخفض) أضعف، إذ تحاط الغرف بالضغط المنخفض من جميع الجوانب.

وعندما تكون الساحة محاطة ببناء شققي تكون التهوية في الوحدة المقابلة للريح أضعف منها في شقة في بناء لاتوجد فيه ساحة داخلية، وذلك عندما تتمكن فتحات المخرج والمدخل المتوضعة بشكل صحيح من توجيه جريان الهواء عبر الوحدة ككل.

الجزء ٢

علم المناخ العمراني

٧

صفات عامة للمناخ العمراني

مقدمة:

يوجز هذا الفصل الميزات الرئيسة التي يختلف بها المناخ العمراني عن الأحوال المناخية السائدة في المناطق الريفية المحيطة. إذ تتأثر هذه الاختلافات من جهة بالعوامل الجوية، كالتلبد بالغيوم وسرعة الريح، ومن جهة أخرى، ببنية المدينة، ككثافة الأبنية وعرض الشوارع. ونؤكد في هذا الفصل على ميزات المناخ العمراني التي تتأثر بالبنية الفيزيائية للمدينة ويمكن تعديلها تبعاً لذلك بواسطة التصميم العمراني. وهكذا فهي تعد أساساً لمناقشة دور ميزات التصميم العمراني المتعددة في تعديل الأحوال المناخية الإقليمية وخلق المناخ العمراني المحدد، والذي نعرضه في الفصل التاسع.

وتتجلى الاختلافات الرئيسة بين المناخات «الريفية» والعمرانية والتي تؤثر على الراحة البشرية في درجات حرارة الهواء وسرعات الريح قرب مستوى الشارع. حيث تنشأ هذه الاختلافات عن التغييرات في التوازن الإشعاعي للحيز العمراني، وتبادل الحرارة بالحمل بين الأرض والأبنية، وجريان الهواء فوقها، وكذلك تنشأ عن توليد الحرارة داخل المدينة. ويبدأ هذا الفصل في مناقشة حول درجة الحرارة العمرانية (وبشكل رئيسي ظاهرة «جزيرة الحرارة ») وكذلك أحوال الرياح العمرانية. ونناقش لاحقاً في هذا الفصل التوازن الإشعاعي لمدينة ما وأحوال شروق أشعة الشمس فيها.

كما يمكن إجراء تمييز مفيد بين «مظلة» الهواء العمرانية والطبقة الفاصلة فوق حيز المدينة («قبة» الهواء العمراني)، كما اقترح أوك oke (١٩٧٦). ومن المناسب اعتبار بنية المباني في إحدى المدن مشابهة لـ «مظلة» لشجرة ما، حيث يتم امتصاص الإشعاع الشمسي الساقط بشكل تدريجي، وحيث قد تظهر أحوال معينة لدرجة حرارة الهواء والرطوبة، تختلف عن تلك الأحوال السائدة في الحيز المحيط. ولذلك يشار إلى الحيز المحصور بالأبنية العمرانية فوق أسطحها غالباً كـ «مظلة عمرانية».

وعلى أي حال، نظراً لحجم مدينة ما، تمتد الخاصيات المميزة لهوائها فوق أسطح مبانيها وباتجاه موافق للريح. ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة فعلياً في العديد من المدن على بعد مسافة خارج المدينة، وذلك على شكل طبقة من الهواء العكر فوق الحدود الفاصلة للمدينة. كما يعد حجم الهواء الذي يتأثر بالمدينة الطبقة العمرانية الفاصلة، ويشار إليه أيضاً كـ «قبة الهواء العمرانية».

كما يؤكد oke (١٩٧٦) بأن المظلة العمرانية هي عبارة عن مفهوم مبني على مقياس صغير: حيث تحدد الأحوال المناخية المعينة في أية نقطة مفترضة ضمن المظلة بطبيعة المحيط المباشر. وتعدل مواد وهندسة وخواص المباني السطحية حول موقع مفترض المناخ المحلي المحيط. ولذلك تكون الأحوال الجوية ضمن المظلة العمرانية متمركزة جداً. وكذلك يختلف الحد الأعلى للمظلة العمرانية من نقطة إلى أخرى بسبب الارتفاعات المتغايرة للأبنية.

وكذلك تكون الطبقة العلوية، أي الحد الفاصل أو طبقة قبة الهواء، أكثر تجانساً في خاصياتها فوق المنطقة العمرانية ككل. وتعرف على أنها «جزء الطبقة الفاصلة الكوكبية التي تتأثر خواصها بوجود منطقة عمرانية على حدها الأدنى» (oke ١٩٧٦). كما تؤثر سرعة الرياح أيضاً على الحد الفاصل للمظلة العمرانية - إذ يمكن أن تتخلل الرياح العالية بعمق أكبر تحت مستوى السطح من آثار الرياح الخفيفة، مؤدية بذلك إلى خفض الارتفاع الفعال للمظلة.

ويعد الاختلاف بين المظلة العمرانية والقبة الهوائية على قدر من الأهمية عند التعامل مع نماذج التشبيه الرياضية للمناخ العمراني وعندما يتعلق الأمر بتطبيقها على التصميم العمراني والراحة البشرية. إذ تتعامل مثل هذه النماذج مع توازن الطاقة الكلي للمنطقة العمرانية أو صفاتها الكلية. ولذلك فهي أكثر ارتباطاً بالأحوال السائدة ضمن القبة الهوائية العمرانية من ارتباطها بالأحوال المحلية داخل المظلة العمرانية.

ومن جهة أخرى، تتأثر الراحة البشرية واستخدام الأبنية للطاقة بالأحوال المناخية المحلية ضمن المظلة العمرانية، والتي يمكن أن تكون في أي موقع مفترض مختلفة تماماً عن تلك الأحوال الموجودة في مواقع أخرى، وإن كانت مجاورة لها، وعن الأحوال السائدة فوقها في القبة الهوائية العمرانية.

درجة الحرارة العمرانية ظاهرة »جزيرة الحرارة« :

تكون درجة الحرارة النهارية في المعدل، وفي منطقة عمرانية مبنية بكثافة، أدفئ من الأرض (الريفية) المفتوحة المحيطة بها. وتحدث الارتفاعات الأكبر في درجة الحرارة العمرانية أثناء ساعات الليل الصافية والهواء الساكن. فخلال هذه الفترات تكون الارتفاعات بحدود 8 - 10°C (5,4 - 9 °F) مألوفة، ولكن لوحظت أيضاً ارتفاعات بحدود 8 - 10°C (14,4- 18 °F) ويعرف هذا الارتفاع الليلي لدرجة الحرارة العمرانية فوق المناطق الريفية المحيطة بشكل شائع بـ «جزيرة الحرارة العمرانية» كما يعرف الفرق الريفي ـ العمراني الأعظمي بـ «شدة جزيرة الحرارة». وتشمل معظم الدراسات حول جزيرة الحرارة العمرانية جولة استعراض في السيارة عبر الطرقات لعبور المدينة أثناء ساعات الليل وتسجيل درجات حرارة الهواء على طول هذه الطرقات.

كما تكون الفروق في درجات الحرارة بين مراكز المدينة ومحيطها أثناء ساعات النهار عادة أصغر بكثير، أي حوالي 1- 2°C (1,8 - 3,6 °F) وتكون عادة درجات الحرارة في المنطقة العمرانية أثناء ساعات النهار أدنى منها في الأرض المحيطة، كما لوحظ على سبيل المثال في مدينة مكسيكو (Jauregui ١٩٨٤). وقد لايكون الفرق في درجة الحرارة الريفية ـ العمرانية أثناء الفترات التي تهب فيها الرياح هاماً.

وباعتبار ارتفاع درجة الحرارة في المراكز العمرانية أكبر أثناء الليل، تعتبر جزيرة الحرارة العمرانية التقليدية، ولاسيما شدة جزيرة الحرارة، ظاهرة ليلية هامة. وتؤثر بعض ميزات البنية العمرانية، مثل عرض الشوارع ومواد الأبنية (قدرتها الحرارية)، على العلاقة بين درجات الحرارة الريفية والعمرانية بطرق معاكسة (انظر الفصل الثامن). ولذلك فعند التفكير في تطبيق الدراسات التي تتعامل مع المناخ العمراني على التصاميم العمرانية، لابد أن نأخذ بعين الاعتبار الأهمية النسبية للأحوال المناخية في ساعات الليل والنهار، من منظور استخدام الطاقة والراحة.

كما تتأثر الفروق بين درجات الحرارة العمرانية و «الريفية» بنوعين من العوامل. أولهما يرتبط بالعوامل الجوية كغطاء الغيوم، الرطوبة، وسرعة الريح. والآخر يتمثل في الميزات العديدة للبنية العمرانية، كحجم المدن، كثافة المناطق المبنية، ونسبة ارتفاعات الأبنية إلى المسافات بينها، والتي يمكن أن تحدث أثراً قوياً على أهمية جزيرة الحرارة العمرانية. وعلاوة على ذلك ولتعقيد الأمر فقد يكون لميزات معينة لإحدى المدن كعرض الشوارع ومواد الأبنية آثاراً معاكسة حتى على اتجاه الفرق في درجة الحرارة الريفية ـ العمرانية.

ولابد أن نلاحظ أن جميع المقارنات الموجودة تقريباً بين المراكز العمرانية والأماكن المفتوحة المحيطة، فيما يتعلق بدرجات الحرارة النهارية، كانت قد أجريت في مدن محاطة بالأراضي المزروعة (مناطق ريفية) في مناخات معتدلة. وقد يختلف الوضع في المدن الصحراوية المحاطة بأراض جافة خالية من الغطاء النباتي، كما سنناقش أدناه.

نموذج مكاني كلي لجزيرة الحرارة العمرانية:

تتبع حدود جزيرة الحرارة قبة الهواء العمرانية. حيث تكون درجات ميل درجة الحرارة الأفقية، والارتفاع من المحيط إلى المركز، ولاسيما أثناء ساعات الليل، أكبر في الحدود الخارجية للمنطقة العمرانية وتصبح مستوية باتجاه مركز المنطقة المكتظة بالمباني. أما أثناء الفترات التي تهب فيها رياح خفيفة تمتد جزيرة الحرارة باتجاه موافق للريح إلى ما وراء حدود المنطقة العمرانية المكتظة بالأبنية. ويكون «ارتفاع» جزيرة الحرارة قليل العمق ممتداً نحو الأعلى أكثر بحوالي ثلاث إلى خمس مرات من الارتفاع المتوسط للأبنية بحيث يتطابق تقريبياً مع قبة الهواء العمرانية. وفوق هذا الارتفاع تكون الفروق بين «درجة الحرارة العمرانية» ودرجة الحرارة الإقليمية عند الارتفاع نفسه صغيرة جداً.

وهناك عوامل عديدة مختلفة ومستقلة تؤثر على درجة الحرارة العمرانية، ولاسيما قرب مستوى الأرض، وتساهم أيضاً في تطور جزيرة الحرارة العمرانية، وهي:

١. الاختلافات في التوازن الإشعاعي النهائي الكلي بين المنطقة العمرانية والأرض المفتوحة المحيطة (كما صورنا في المقطع السابق). فبينما قد يكون الاكتساب الإشعاعي النهائي نهاراً قرب مستوى الأرض في مدينة ما أصغر منه في المناطق المفتوحة المحيطة، يعد الإشعاع الليلي، والدرجة الأدنى من التبريد الإشعاعي أثناء ساعات الليل، العامل الرئيس الذي يسهم في درجة الحرارة العمرانية الأعلى.

٢. خزن الطاقة الشمسية في كتلة الأبنية في المدينة أثناء ساعات النهار وإطلاقها أثناء ساعات الليل.

٣. التوليد المركز للحرارة من خلال الأنشطة التي تحدث في المنطقة العمرانية على مدار السنة (التنقل، الصناعة، وما إلى ذلك)، والذي يسمى بـ «إطلاق الحرارة الـ anthropogenic».

٤. التبخر الأدنى من التربة والنبات في المنطقة العمرانية المكتظة بالمباني، مقارنة مع المنطقة الريفية «المفتوحة».

٥. مصادر الحرارة الموسمية: تدفئة الأبنية في الشتاء والتكييف الهوائي في الصيف. حيث تطلق طاقة التدفئة والتكييف الهوائي في النهاية إلى الهواء العمراني.

كما يعتبر ارتفاع درجة الحرارة العمرانية في الأقاليم الباردة أثراً إيجابياً من منظور راحة السكان واستهلاك الطاقة للتدفئة. أما في الأقاليم الحارة، تزيد درجة الحرارة الأعلى عدم الارتياح والحاجة للتكييف الهوائي.

وإن بعض العوامل المؤثرة على جزيرة الحرارة العمرانية هي عوامل جوية وليست عرضة للتدخل البشري، مثل التلبد بالغيوم وسرعة الرياح الإقليمية. وعلى أية حال، فمن منظور التصميم العمراني، تحظى العوامل التي يمكن للنشاط البشري تعديلها بقدر من الأهمية. إذ تتضمن مثل هذه العوامل «القابلة للتدبير» ألوان الأبنية (والتي تحدد جزء الإشعاع الشمسي الذي ينعكس بعيداً)، ومقدار انتشار النبات العمراني، واستخدام الطاقة من أجل التدفئة والتكييف الهوائي (التي تتأثر بتصميم الأبنية)، وكثافة المناطق المبنية وأشكال الأبنية (والتي تؤثر على مقدار الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى مستوى الأرض والخسارة الإشعاعية الليلية)، وكذلك تكييف اتجاهات الشوارع بالنسبة لاتجاه الريح (المؤثر على سرعة الريح قرب الأرض).

ونعرض أدناه مناقشة أكثر تفصيلاً حول أثر حجم وكثافة المنطقة المبنية على درجة الحرارة العمرانية.

كما يعتمد الدور النسبي للعوامل المذكورة أعلاه في توليد أثر جزيرة الحرارة على المناخ (أكان جافاً أم رطباً)، الفصل، ونوع الأنشطة في المدينة.

ويحدث توليد الحرارة عن طريق التدفئة في الأبنية طبعاً في الشتاء. وتعتمد أهمية هذا العامل على المناخ. ففي الأقاليم الباردة يتم استخدام طاقة أكبر للتدفئة

منها في المدن الواقعة في الأقاليم ذات المناخ اللطيف. ولكن قد يتم تعديل أثر المناخ على استخدام الطاقة للتدفئة إلى حد كبير عن طريق الخاصية الحرارية للأبنية. وفي الواقع يحتاج البناء الواقع في إقليم (بـ ٣,٠٠٠ degree days) (انظر الفصل الثالث، للحصول على التعريف)، ولكنه يتمتع بعزل ممتاز، مع معامل لخسارة الحرارة للبناء (BLC) يعادل ٢٠٠٠ wh/C يومياً (٣٧٩٠ Btu/h.f)، إلى طاقة أقل من البناء الذي لايتمتع بعزل جيد، مع معامل لخسارة الحرارة يعادل ١٠,٠٠٠ wh/C باليوم (١٨,٩٦٠ Btu/h.f)، يقع في إقليم لطيف بـ (١,٠٠٠ degree days C) فقط (١٨٠٠ oF).

وكذلك تتحول الطاقة المستهلكة بمعدات التكييف إلى حرارة، ويتم إطلاقها إلى الحيز الخارجي، فترفع في النهاية درجة حرارة الهواء العمراني. ويتم عادة تكييف الأبنية التجارية بالهواء على مدار السنة، مع وصولها إلى القمم أثناء أيام الصيف الحارة. بينما تكون الأبنية السكنية مكيفة بالهواء إلى حد أقل بكثير. وبالتالي يتركز استهلاك الطاقة للتكييف الهوائي بشكل رئيسي في المراكز التجارية العمرانية. وفي النهاية يتم إطلاق طاقة التدفئة بكاملها، بما فيها الطهي، الغسيل، وغيرها، والطاقة المستهلكة بالتكييف الهوائي إلى البيئة مؤدية إلى رفع درجة الحرارة العمرانية.

وتعتمد المساهمة الكمية لتوليد الحرارة الصناعي في تطوير جزيرة الحرارة العمرانية على نمط المدينة. ففي المدن التي تحتوي صناعات «حارة»، مثل مصانع الفولاذ، ضمن حدودها قد يشكل الأمر عاملاً رئيسياً، بينما في مدن أخرى قد لايكون إلاعبارة عن عنصر ثانوي. كما تحول أيضاً كامل الطاقة المستهلكة بالصناعة الخفيفة، والتي قد تتوضع غالباً داخل الحد العمراني، إلى حرارة، مساهمة في جزيرة الحرارة العمرانية.

وربما ترتبط مساهمة استخدام الطاقة في النقل في جزيرة الحرارة بحجم المدينة والدور النسبي للنقل العام فيها. ومن الممكن أن نفترض بأن المدن الأكبر تكون

أكثر ازدحاماً، ولكن التنقلات والطاقة التي تستهلكها تنتشر في مساحة أكبر. وعلى أية حال، يتركز وجود معظم الناس والتنقلات في مركز المدن الأكبر، مقارنة مع المدن الأصغر. وهكذا قد يرتبط استهلاك مقدار الطاقة بالنقل في مركز البلدة بحجم المدينة. وربما يكون بالإمكان تعديل هذا الأثر عن طريق نمط نظام النقل العمراني. إذ تستهلك السيارات الخاصة كميات أكبر من الوقود كما تولد حرارة أكثر، بالنسبة لكل شخص متنقل، من الحافلات وأنفاق المشاة الكهربائية.

وبأخذ تعقيد هذه العوامل بعين الاعتبار، يصبح بالإمكان تقدير صعوبات تطوير نموذج تنبؤي رياضي واقعي لظاهرة جزيرة الحرارة. إذ يكون لكل من العوامل المستقلة السابقة والمؤثرة على فروق درجات الحرارة الريفية. العمرانية أثر خاص، كما أن أي فرق ملاحظ في درجة الحرارة يعكس الأثر المجتمع لتلك العوامل كافة. ولذلك يفيدنا استيعاب تأثير كل من العوامل السابقة على الفروق في درجة الحرارة الريفية ـ العمرانية من أجل تحليل العوامل التي يمكن «التعامل معها» بواسطة ميزات التصميم العمراني.

الانتشار المتمركز لمصادر جزيرة الحرارة العمرانية:

تعتمد نماذج درجة الحرارة النهارية في أي موقع معين في إحدى المدن إلى حد كبير على الأحوال المحلية، فيما يتعلق بكثافة الأرض المغطاة بالأبنية وارتفاع الأبنية، وطبيعة سطح الأرض (سطح قاسي، مروج، أشجار، أحوال تظليل)، وتعرض الموقع للريح الإقليمية، وما إلى ذلك. إذ يمكن لأي موقع محلي أن يكون إما أكثر دفئاً أو أكثر برودة من المنطقة المحيطة.

وترتبط شدة جزيرة الحرارة في الليل بكثافة الأبنية أكثر من ارتباطها بحجم المدينة (Chandler ١٩٧١). وفي الواقع فلقد أظهرت دراسات عديدة مفصلة إمكانية تطوير جزر الحرارة حتى في مناطق عمرانية صغيرة نسبياً. إذ قام Nor-

wine ١٩٧٢ بقياس توزيع درجة الحرارة عبر مركز تسوق للبيع بالتجزئة قرب شيكاغو. حيث يحتوي على بناء مركزي trilevel، أبنية صغيرة عديدة، وساحة للوقوف. وتم قياس درجات الحرارة في ساعات متأخرة من المساء (١٠-١١ مساء)، أثناء كانون الثاني، شباط، وآذار لعام ١٩٧٢. فكان مركز التجمع في الطقس الهادئ أكثر دفئاً بحدود 3°C (5,4 °F) من المنطقة المحيطة.

كما قام Copra and Pritchart (١٩٧٢) بقياس درجة الحرارة في مركزين للتسوق في Norflok، Virginia . وتم جمع بيانات درجة الحرارة في العديد من الجولات الميدانية أثناء ساعات النهار والليل في ربيع وصيف عام ١٩٧١ و١٩٧٢. فكانت مراكز مركزي التسوق أدفئ بحدود 3 - 7°C (5,4 -12,6 °F) من المنطقة المحيطة.

كما يمتزج الهواء الأكثر دفئاً فوق جزر حرارة صغيرة كهذه في النهاية مع كتلة الهواء العمراني وهكذا يرفع ببطء «الهواء المحيط» الذي يتدفق عبر المدينة باتجاه موافق للريح. ولذلك وعلى الرغم من أن مناشئ «جزيرة الحرارة العمرانية» قد تكون عبارة عن جيوب صغيرة، إلاأن أثرها يتراكم لينتج ذروة ارتفاع درجة الحرارة قرب مركز البلدة.

الإشعاع الشمسي وتأثيرات الهندسة العمرانية

على درجة الحرارة العمرانية

يعتمد تأثير الإشعاع الشمسي الساقط على المناخ قرب الأرض إلى حد ما على نسبة ارتفاع الأبنية (H) إلى الفراغ (العرض Width) بينها، وهي اسمياً نسبة W/H للمسافات بين الأبنية.

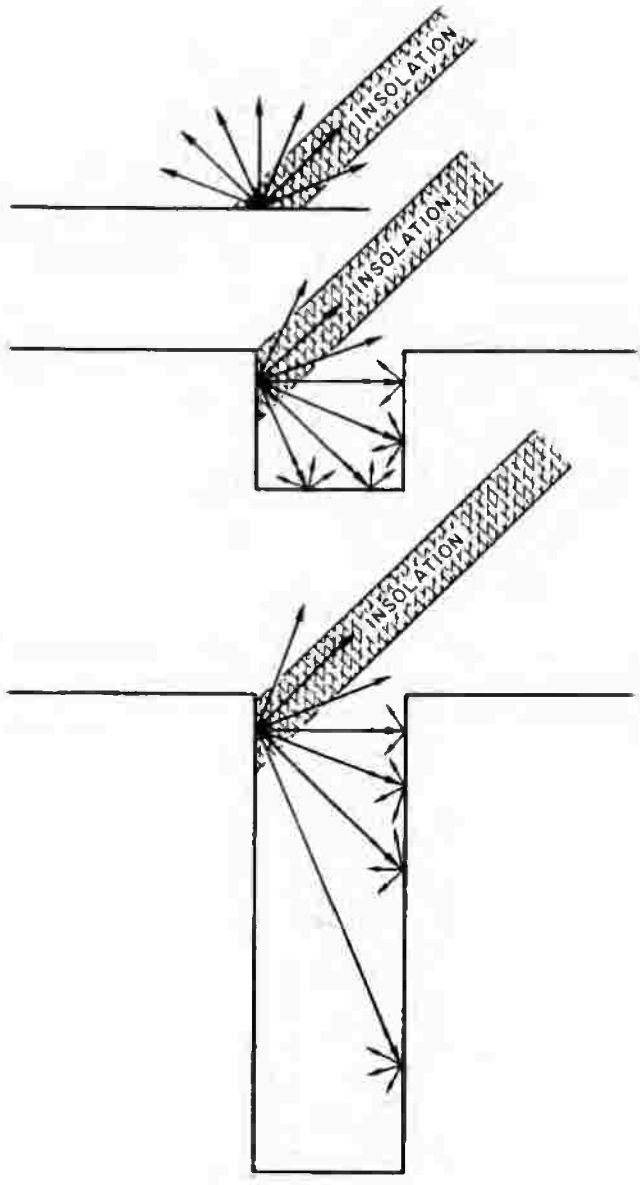
ويقدم Ludwig (١٩٧٠) تحليل لأثر هذه النسبة على درجة حرارة الهواء والإشعاع قرب الأرض. ويبين الشكل ٧-١ تحليله هذا، إذ يعرض توزيعاً تخطيطياً

للإشعاع الشمسي الساقط في (أ) أرض منبسطة مفتوحة، (ب) في منطقة مبنية بنسبة W/H تبلغ حوالي ١، و(ج) في منطقة عمرانية ذات كثافة عالية بنسبة W/H تبلغ حوالي ٤.

ففي المنطقة المنبسطة، يتم عكس معظم الإشعاع الشمسي الساقط أو بعثه، بعد الامتصاص، كإشعاع موجي طويل إلى السماء. أما في المنطقة متوسطة الكثافة (نسبة W/H تساوي ١ تقريباً)، يصطدم الكثير من الإشعاع المنعكس بأبنية أخرى أو بالأرض ويتم امتصاصه أخيراً قرب وفي مستوى الأرض. وفي المنطقة عالية الكثافة (نسبة W/H تساوي ٤ أو أكثر)، يحدث معظم الامتصاص عالياً فوق مستوى الأرض. وبالتالي يكون مقدار الإشعاع الذي يصل الأرض، وتدفئة الهواء قرب الأرض أصغر منه في حالة الكثافة المتوسطة.

كما عرَف oke (١٩٨١) تعبير «الوادي العمراني» وقدم تحليلاً كمياً مفصلاً حول توازن الطاقة في هذا الوادي العمراني ونتائج القياسات في وادي عمراني في Van-couver، كولومبيا البريطانية، بنسبة W/H تبلغ ٩.٠ تقريباً. ففي هذه الدراسة، وجد أن حوالي ٦٠٪ من الاكتساب الشمسي في منتصف النهار كان قد نقل كحرارة محسوسة إلى الهواء الذي يحتويه حجم الوادي، بينما تم خزن ٣٠٪ في مواد الوادي (لإطلاقها أثناء الليل)، واستهلاك حوالي ١٠٪ بالتبخر من أسطح الوادي.

ولقد تم تطبيق مفهوم الوادي العمراني من قبل oke (١٩٨١) في تطوير صيغة تنبؤية لشدة جزيرة الحرارة.



الشكل ٧-١ توزيع تخطيطي للإشعاع الشمسي الساقط في (أ) أرض منبسطة مفتوحة، (ب) منطقة مبنية بنسبة W/H تبلغ حوالي ١، و(ج)في منطقة عمرانية ذات كثافة عالية بنسبة W/H تبلغ حوالي ٤.

نماذج جزيرة الحرارة:

يعرض Bornstein ١٩٨٤ وصفاً شاملاً وتحليلاً للعديد من نماذج المناخ العمراني. إذ تصور النماذج المناخية العمرانية بشكل كمي الفوارق التي تنشأ بالنسبة للعديد من العناصر المناخية بين المناطق العمرانية المكتظة بالمباني والمنطقة الريفية أو الأرض المفتوحة المحيطة. وتلاحظ مثل هذه الفوارق في درجة حرارة الهواء، الإشعاع الشمسي، أحوال الريح، وتعكر الهواء.

وتبعاً لاقتراح Oke (١٩٧٦) فقد ميز Bornstein بين نماذج طبقة المظلة (تحت مستوى السطح) ونماذج mesoscale التي تتعلق بأحوال الطبقة الفاصلة العمرانية فوق مستوى السطح. إذ تتعامل نماذج الطبقة الفاصلة مع أقسام كبيرة نسبياً من المدينة على mesoscale. وتقوم بدمج «مداخل» المناطق الأصغر الـ microscale لتقييم الخاصيات المناخية للهواء الجاري على مظلة المدينة. ونظراً لدرجات الميل الكبيرة نسبياً في خاصيات الغلاف الجوي العمراني مباشرة فوق مستوى السطح، قد تختلف الأحوال في الطبقة الفاصلة عنها قرب مستوى الشارع أدناها.

ومن منظور الراحة البشرية ومفاهيم أخرى تحدثنا عنها في كتابنا هذا، يعد المناخ قرب الأرض الأمر الأهم. ولذلك تحظى نماذج طبقة المظلة فقط، والتي يمكن أن تكون حساسة لميزات المقياس الصغير العمرانية وتأثيراتها على المناخ العمراني، بأهمية لدينا.

نماذج الجزيرة ـ العمرانية الليلية الجوية:

تتعامل معظم النماذج العمرانية الموجودة مع شدة جزيرة الحرارة ليلاً (الفروق الريفية ـ العمرانية العظمى) وتعبر عن الفرق في درجة الحرارة كوظيفة من وظائف العوامل الجوية المتعددة كغطاء الغيوم، سرعة الريح، والرطوبة الخاصة.

ولذلك فقد اقترح Ludwig (١٩٧٠)، على سبيل المثال، وعلى أساس التحليل الإحصائي لقياسات الفروق في درجة الحرارة الريفية ـ العمرانية (dt) ودرجة

الهبوط المطابقة (بـ millibar/C) فوق المنطقة الريفية (Y)، صيغة تتنبأ بـ «جزيرة الحرارة» كوظيفة لدرجة الهبوط:

$$dT = 1.85 - 7.4 * Y$$

ولابد من الإشارة إلى أن درجة الهبوط هي درجة سلبية فدرجة الحرارة تنخفض مع الارتفاع. وباعتبار درجة الهبوط حساسة جداً للأحوال الغائمة، يعبر هذا النموذج بشكل غير مباشر عن أثر التلبد بالغيوم على جزيرة الحرارة.

وهناك نموذج إحصائي آخر صدقه Bornstein (١٩٨٤)، وهو Sundborg (١٩٥٠)، والذي يربط جزيرة الحرارة الليلية في Uppsala، السويد Sweden، مع العديد من العناصر الجوية وهي: التلبد بالغيوم، N، سرعة الريح U، ودرجة الحرارة T، والرطوبة الخاصة q. والصيغة التي أوجدها Sundborg هي:

$$dTmax = 2.8 - 0.1N - 0.38\,U - 0.02\,T + 0.3q$$

وتفيدنا هذه الصيغ في تنبؤ الاختلاف في شدة جزيرة الحرارة المتوقعة في أحوال جوية مختلفة لاتتأثر بالنشاط البشري، وهي صيغ تحظى بأهمية رئيسية بالنسبة لعلماء الأرصاد الجوية. وعلى أي حال، فهذه النماذج المرتكزة على علم الأرصاد الجوية لاتتعامل مطلقاً مع العوامل التي يمكن للتصميم العمراني التأثير عليها، ولذلك فهي تحظى بأهمية محدودة فقط بالنسبة للمصممين العمرانيين الذين يتطلعون إلى تعديل المناخ العمراني عن طريق مقاييس التصميم.

ونظراً إلى تعامل هذه الصيغ مع الارتفاع الأعظمي لدرجة الحرارة العمرانية في ليلة مفترضة، فلايمكن تطبيق هذه النماذج في تقييم أثر جزيرة الحرارة مثلاً على استخدام الطاقة للتدفئة في فصل الشتاء والذي يرتبط بمعدل درجة الحرارة النهاري بدلاً من ارتباطه بالأحوال الشديدة أثناء ساعات الليل. ولاتعتبر المعلومات عن شدة جزيرة الحرارة بشكل خاص مفيدة لتقييم استهلاك الطاقة للتبريد صيفاً وشحنة الذروة، والتي ترتبط بدرجات الحرارة المتوسطة والعظمى نهاراً، على التوالي.

ويبدو أن للنماذج «الجوية» لمفهوم جزيرة الحرارة العمرانية أهمية رئيسية في استيعاب الآليات الجوية التي تعزز جزيرة الحرارة. إلاأن تطبيقها محدود بالنسبة للتصميم العمراني، لعدم إمكان السيطرة على العوامل الجوية من قبل المصممين. ولجعلها ذات أهمية تطبيقية في التصميم العمراني، ينبغي أن يعبر عن الآثار العمرانية كوظائف لعوامل التصميم العمراني. ولذلك فلن نتحدث في المقاطع التالية سوى عن النماذج التي تتعامل بوضوح مع عوامل التصميم العمراني.

ولقد أسست النماذج الموجودة لظاهرة جزيرة الحرارة استناداً إلى تحليل ارتداد إحصائي حول العلاقة بين الفرق الأعظمي في درجة الحرارة الريفية ـ العمرانية، العوامل الجوية المتعددة، وبعض الصفات العمرانية.

نماذج جزيرة الحرارة الليلية المخصصة للتصميم العمراني:

اقترحت مؤخراً العديد من النماذج لجزيرة الحرارة تربط الفرق الأعظمي في درجة الحرارة (الليلية) الريفية ـ العمرانية مع عدد من الميزات الخاصة للبنية العمرانية. بينما كانت صفات عمرانية إجمالية فقط تذكر عادة في مثل هذه النماذج الإحصائية. ولذلك فقد ربط Oke (١٩٨٢) شدة جزيرة الحرارة بحجم الكثافة السكانية العمرانية. فبالنسبة لمدن أمريكا الشمالية يقترح الصيغة التالية:

$$dt = P1/4\ (4*U)1/2$$

dT = شدة جزيرة الحرارة (C)

P= الكثافة السكانية

U = سرعة الريح الإقليمية (s/m).

وعرفت شدة جزيرة الحرارة باعتبارها الفرق الأعظمي بين المركز العمراني والأرض المفتوحة والذي يمكن الحصول عليه بالقيام بجولات استعراضية في السيارة، عادة تتم أثناء الليالي الهادئة الصافية.

كما وجد Oke أيضاً بأنه في المدن الأوروبية بحجم مفترض تكون جزيرة الحرارة أضعف منها في أمريكا الشمالية، كما تم تطوير خطي ارتداد مختلفين لمجموعتي الإحصاءات. وعزى Oke هذا التفاوت إلى حقيقة أن الأبنية في مراكز المدن في أمريكا الشمالية تكون أكثر ارتفاعاً وذات كثافات أعلى من المدن الأوروبية النموذجية.

كما أضاف Jauregui (١٩٨٤) إلى بيانات Oke فيما يخص العديد من المدن الواقعة في ارتفاعات منخفضة في أمريكا الجنوبية والهند. ويبين الشكل ٧-٢ (من Jauregui ١٩٨٤) العلاقة بين حجم الكثافة السكانية وشدة جزيرة الحرارة العمرانية في أمريكا الشمالية، أوروبا، وأمريكا الجنوبية. إذ يمكن أن نلاحظ في الشكل بأن جزر الحرارة في هذه المدن أضعف منها حتى في المدن الأوروبية. ويقترح Jauregui إمكانية نسب هذه الظاهرة جزئياً إلى الفرق في علم التشكل morpholo-gy (البنية الفيزيائية) بين أمريكا الجنوبية والمدن الأوروبية.

ويصور Oke (١٩٨٤) بعض الفروق الرئيسة بين علم التشكل للمدن الاستوائية في البلدان النامية ومدن أوروبا وأمريكا الشمالية على الشكل التالي: «في العديد من المدن الاستوائية تكون الأبنية منسقة بشكل أكثر إحكاماً منها في المناطق المعتدلة.... ومن الشائع أن نجد أيضاً رجحان للمساكن المنخفضة الارتفاع (المؤلفة من طابق واحد). وتجعل هذه الميزات الهندسية بالإضافة إلى شيوع الارتفاعات الشمسية العالية أسطح البناء أهم نسبياً من جدرانها فيما يتعلق بتبادل الكتلة والطاقة السطحية. ولهذا الأمر تطبيقات عديدة بالنسبة لـ albedo السطح العمرانية، قوة الإشعاع السطحية، الإضاءة غير المركزة والتظليل، طول اليوم، حجب الإشعاع الموجي الطويل الراحل، الخشونة، الايروديناميكية، والتفاعل بين الشوارع والهواء فوق مستوى السطح».

وهناك نموذج آخر لـ Oke (١٩٨١) يربط شدة جزيرة الحرارة بهندسة الوادي العمراني، كما تعبر عنها العلاقة بين ارتفاع البناء (H) والمسافة بين الأبنية (العرض Width)، وهي اسمياً النسبة (W/H). والصيغة المقترحة هي:

$$dTmax = 7.45 + 3.97 * \ln(H/W)$$

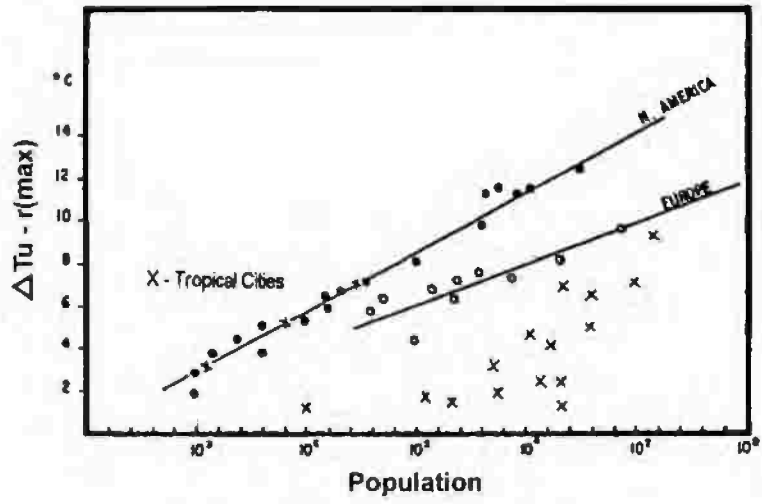
وبدلاً من ذلك يمكن أن نعبر عن نسبة الارتفاع - إلى - المسافة لنصف الكرة العمرانية، كما نراها من نقطة مفترضة، عن طريق «عامل رؤية السماء» (SVF). فمن أجل منطقة أفقية غير محجوبة يكون SVF معادلاً لـ ١,٠. أما بالنسبة لنقطة محاطة بأبنية عالية جداً وقريبة، أو بالنسبة لشارع ضيق جداً، فقد يكون SVF مساوياً حوالي ٠,١. ولقد اقترح Oke أيضاً صيغة تعبر عن شدة جزيرة الحرارة العمرانية كوظيفة لـ SVF:

$$dTmax = 15.27 * ١٣,٨٨ - SVF$$

حيث تعبر الصيغة السابقة عن الفرضية القائلة بأن جزيرة الحرارة العمرانية تنشأ بشكل رئيسي عن خسارة الحرارة الإشعاعية المخفضة إلى السماء من مستوى الأرض لمراكز عمرانية مبنية بكثافة، حيث يمكن ملاحظة ظاهرة جزيرة الحرارة وقياسها بفضل الرؤية المقيدة للسماء. ولابد من الإشارة مرة أخرى إلى أن خسارة الإشعاع الموجي الطويل من المظلة العمرانية تساوي تقريباً ما يتم خسارته من منطقة ريفية مفتوحة. وعلى أي حال ففي المنطقة العمرانية، يتم بعث معظم الإشعاع من أسطح وجدران الطوابق العليا في الأبنية، مع الحصول على تبريد جزئي فقط قرب مستوى الأرض. كما يبين الشكل ٧-٣ العلاقة بين SVF والشدة الليلية لجزيرة الحرارة العمرانية في أمريكا الشمالية، أوروبا، وأستراليا (بعد Oke ١٩٨١).

ولابد أيضاً أن نأخذ بعين الاعتبار أن SVF يعتمد على الشكل الخاص للأبنية المحيطة بالنقطة التي يحدد SVF بالنسبة لها، بالإضافة إلى اعتماده على الأحوال المناخية الخاصة أثناء الفترة التي تجري فيها القياسات. وعند مقارنة مدن مختلفة

بحسب SVF الخاص بها وشدة جزيرة الحرارة المطابقة، كما فعلنا في الأمثلة التي تحدثنا عنها أعلاه، مع كل البيانات التي يحصل عليها في أحوال مناخية مختلفة، تشير النتائج إلى وجود علاقة عارضة وليس علاقة فعلية بين هذين العاملين. كما نستطيع الحصول على تقييم أكثر دقة لهذه العلاقة عندما نحدد عامل SVF ودرجات الحرارة لنقاط معينة في أحوال مناخية متشابهة.



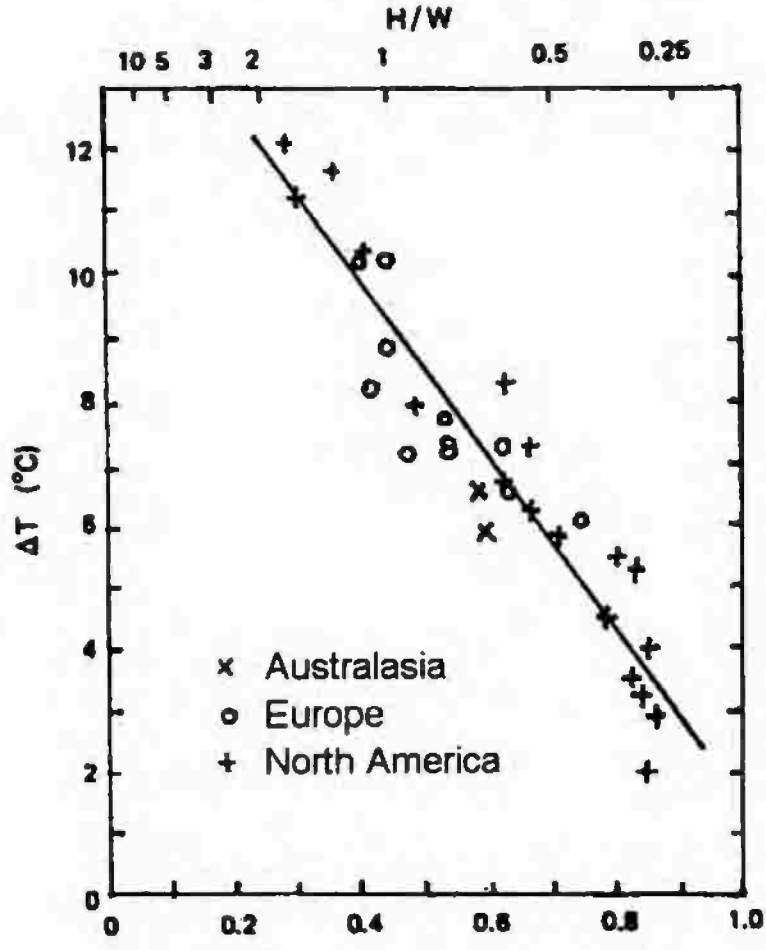
الشكل ٧-٢ العلاقة بين حجم الكثافة السكانية وشدة جزيرة الحرارة العمرانية في أمريكا الشمالية، أوروبا وأمريكا الجنوبية.

ولقد قام Taha (١٩٨٨) عن طريق جولة استعراضية بالسيارة بقياس أثر SVF على درجات حرارة الهواء في ١٢٦ نقطة عبر تسعة شوارع تشكل حلقة مستمرة في سان فرانسيسكو أثناء ثلاث ليالي صافية. وعبر عن درجات الحرارة باعتبارها الفروق بين النقاط المختلفة ونقطة «التحكم». ففي كل نقطة تم تقدير SVF من fish-eye lens photography. وتراوح نطاق SVF بين ٠,١٨٢ و ٠,٩٢٨. كما أخذت القياسات على ارتفاع ١,٥م (٤,٩") فوق الأرض بين الساعة الثامنة مساء والثانية صباحاً.

وأجريت حسابات الارتداد لكل شارع معبرة عن درجات الحرارة كوظيفة لـ SVF. وإن الشكل العام للصيغة هو:

$$T = A - b * SVF$$

ويمثل معامل الارتداد، b، أثر SVF على الفرق في درجة الحرارة. ومن المهم أن نذكر بأن نطاق معاملات الارتداد بالنسبة للقياسات المأخوذة أثناء إحدى الليالي، لمختلف الشوارع، كان قد تراوح من ٠,٠١٠ إلى ٠,١١٠ وتشير نسبة ١:١١ لهذا المعامل بأن SVF بحد ذاته لايعتبر متنبأً قوياً جداً للاختلافات في درجات الحرارة العمرانية



الشكل ٧-٣. العلاقة بين SVF والشدة الليلية لجزيرة الحرارة العمرانية في أمريكا الشمالية، أوروبا، وأستراليا.

ملاحظات حول نماذج جزيرة الحرارة العمرانية الخاصة بالتصميم:

لقد أسست الدراسات التجريبية العديدة أثر نسبة العرض إلى الارتفاع (H/W) و SVF على درجة الحرارة العمرانية الليلية، كما أوجزنا سابقاً. وعلى أي حال، فلاتتميز مراكز المدن الكبيرة بأبنيتها العالية وبشوارعها الضيقة نسبياً فحسب بل تتميز أيضاً بتوليد الحرارة المحلية الأعلى الناشئ عن تركيز الأنشطة البشرية، المعدات الميكانيكية والكهربائية، والنقل. ولذلك لاتمكننا الدراسات التجريبية والنماذج المستندة إليها من فصل آثار الميزات الهندسية عن العوامل الـ anthropo-metric ويعتبر عرض الشارع وارتفاع البناء من بين الميزات الرئيسة التي يتحدد بها التصميم العمراني.

وينبغي أن يلاحظ القارئ بأن أثر ميزات التصميم العمراني تلك على درجات الحرارة النهارية العمرانية قد يختلف تماماً عن أثرها على الأحوال الليلية. وتمكن النسب الأعلى لـ H/W و SVF من وصول مقدار أكبر من الإشعاع الشمسي إلى مستوى الشارع ولذلك فقد يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة النهارية. ونتوسع في الفصل الثامن الصفحة... في بحث موضوع جزيرة الحرارة العمرانية وعلاقتها بالميزات الفيزيائية العمرانية، ولاسيما أثرها على درجات الحرارة النهارية العمرانية.

تأثير ظاهرة جزيرة الحرارة العمرانية الليلية على الراحة البشرية، الصحة، واستخدام الطاقة في مختلف المناخات:

قد يختلف تأثير جزيرة الحرارة العمرانية على راحة وصحة السكان، وكذلك على استهلاك الطاقة في المنطقة العمرانية بهدف تدفئة وتبريد الأبنية، في مختلف الأقاليم المناخية وقد يختلف أيضاً أثناء فصلي الصيف والشتاء في إقليم مفترض. إذ يرغب دائماً بدرجات حرارة عمرانية أعلى في الشتاء، باستثناء الأقاليم الحارة أو الدافئة على مدار السنة. ولذلك لاينبغي اعتبار جزيرة الحرارة دائماً كمظهر سلبي للتعديلات المناخية التي تحدث في منطقة عمرانية ما.

ولتقدير الآثار الأكثر أهمية لجزيرة الحرارة العمرانية على الراحة البشرية، نحتاج إلى إجراء تحليل مفصل للنموذج السنوي للمناخ الإقليمي، بما فيه النماذج اليومية في الصيف والشتاء. أما فيما يتعلق بالنماذج اليومية، لابد أن نتذكر بأن ارتفاع درجة الحرارة في المناطق العمرانية يظهر بشكل رئيسي أثناء ساعات الليل مقارنة مع الريف المحيط. وقد يفاقم هذا العامل في الأقاليم الحارة المظاهر السلبية للاضطراب في النوم وأثره على الإرهاق والصحة.

كما يجب التمييز أيضاً بين تأثير جزيرة الحرارة على راحة الناس في الخارج في الشوارع، وبين أثرها على الراحة الداخلية واستخدام الطاقة في الأبنية.

ولدرجة الحرارة الشتوية العمرانية الأعلى التي تظهر في جزيرة الحرارة أيضاً تأثير هام على استهلاك الطاقة لتدفئة المكان. إذ تنسب حاجة الأبنية للطاقة من أجل التدفئة بشكل كبير إلى مقادير degree days (DD) أثناء فصل التدفئة. إذ يعطى عدد أيام الدرجة degree days بالنسبة لأي يوم مفترض، DD (i) عادة بالصيغة:

$$DD(i) = (18.3 - Tav(o))$$

حيث Tav(o) هو درجة الحرارة النهارية المتوسطة الخارجية. وإن العدد الإجمالي في DD هو حاصل DD(i) خلال أيام فصل التدفئة. ولذلك تحد درجة الحرارة العمرانية المرتفعة عادة من الحاجة للطاقة من أجل التدفئة نسبةً إلى خفض degree days في المنطقة العمرانية بالنسبة إلى الريف المحيط.

أما في الأقاليم والفصول التي تتاح فيها التدفئة فعلياً فقط في ساعات المساء والليل، وهو أهم أمر شائع في العديد من البلدان النامية وحتى البلدان المتطورة التي يكون فصل الشتاء فيها لطيفاً، فإن الانخفاض في استخدام الطاقة للتدفئة يكون فعلياً أعظم من المقدار الذي يتم احتسابه على أساس أيام الدرجة degree days.

ونظراً للفائدة التي تشكلها جزيرة الحرارة العمرانية، بشكل عام، في الشتاء وضررها في الصيف، يحتاج أثرها الكلي على الراحة، الصحة، واستهلاك الطاقة

إلى بعض التقييم. وهذا التقييم لايمكن أن يكون دقيقاً، ولكن من منظور التصميم العمراني، تعد الخطوات الرئيسة ضرورة لأن هناك قرارات تصميم معينة ستؤدي إما إلى تضخيم أثر جزيرة الحرارة أو إلى الحد منه في فصلي الصيف والشتاء.

وتعد النقاط التالية هامة لإجراء هذا التقييم الكلي:

١. بالنسبة للناس في الخارج، من السهل حمايتهم من البرد الشديد بارتداء ملابس مناسبة. ومن جهة أخرى فهناك حد (ثقافي أو قانوني) لإمكانيات خلع الملابس عندما تكون البيئة شديدة الحر. ففي أحوال الحر الشديد، لن يخلصهم خلع ملابسهم بكاملها حتى من ضغط الحر، ولاسيما في المناطق الحارة ـ الجافة.

٢. تعد التدفئة أكثر استخداماً، وأقل تكلفة، من التكييف الهوائي. ولذلك تعتبر الآثار السلبية لجزيرة الحرارة العمرانية صيفاً فيما يتعلق بالراحة الداخلية واستخدام الطاقة، أهم نسبياً من الآثار الإيجابية لها في الشتاء.

كما أن لعبارة «جزيرة الحرارة» عموماً معنىً سلبياً ضمني. إذ يبدو استخدام عبارة «جزيرة الدفء» أكثر ملائمة في المناخات الباردة حيث يكون الشتاء بارداً والصيف مريحاً، وذلك بهدف نقل الأثر الإيجابي لدرجة الحرارة العمرانية الأعلى. أما في الصيف، بالطبع، تفاقم ظاهرة جزيرة الحرارة العمرانية دائماً وضع عدم الارتياح الحراري، في الخارج والداخل معاً. وفي البلدان التي يشيع فيها استخدام التكييف الهوائي، تزيد جزيرة الحرارة أيضاً فترة استمرار عمل المعدات ودرجة استهلاك الطاقة.

وبما أن الظهور الرئيس لجزيرة الحرارة العمرانية يكون أثناء ساعات الليل، فقد يكون لها أثر شديد على القدرة على الارتياح والتخلص من ضغط الحرارة. وقد يسبب هذا أيضاً مشكلات صحية وفي الحالات الشديدة تسبب حتى نسب موت أعلى، وبشكل أساسي من الناس المعمرين الذين يعانون من مشكلات قلبية. ولقد ظهرت نسب الموت العالية هذه فعلياً في حالات عديدة لموجات الحر مؤخراً في

أثينا، اليونان. أما في البلدان النامية، حيث تكون التدفئة شتاءً والتكييف الهوائي صيفاً نادرين جداً، قد تتفاقم نسب وفيات الأطفال أيضاً بسبب الضغط الحراري الناتج إما عن الحر أو عن البرد.

حقل الريح العمرانية:

من منظور تعديل المناخ العمراني والراحة البشرية بواسطة التصميم العمراني، يشكل تعديل أحوال الريح العمرانية الاحتمال الأعظم. إذ يمكن إخماد سرعات الريح في الشارع أو زيادتها بواسطة العديد من عناصر التصميم العمراني، وفقاً لاحتياجات الراحة المختلفة في مختلف الأقاليم المناخية. وللعناصر العمرانية هذه بشكل خاص، كتكييف اتجاه الشوارع حسب اتجاه الريح، حجم وارتفاع وكثافة الأبنية، وتوزيع الأبنية عالية الارتفاع بين الأبنية منخفضة الارتفاع، وغير ذلك، تأثيراً كبيراً على أحوال الريح العمرانية، كما سنناقش بالتفصيل في الفصل الثامن.

كما تعد الريح الإقليمية (والتي تدعى بشكل شائع «ريح الميل») العامل المناخي الرئيس الذي يؤثر على أحوال التهوية العمرانية. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تولد الفروق في درجات الحرارة بين المركز العمراني المكتظ بالمباني والريف المفتوح المحيط تدفقاً مركزياً للهواء (أي باتجاه المركز) قرب مستوى الأرض، ولاسيما أثناء الليالي الهادئة الصافية.

كما تحدث أحوال الريح العمرانية، ولاسيما قرب مستوى الشارع، أثراً مباشراً وبارزاً على الراحة والصحة البشرية وكذلك على استهلاك الطاقة من أجل التدفئة والتكييف الهوائي، وعلى تركيز ملوثات الهواء. كما تحدد أحوال الريح في منطقة عمرانية عامة أيضاً احتمال تهوية الأبنية بالإضافة إلى تعرض المشاة للريح خارج الأبنية. وأثناء فترات التدفئة المفرطة يمكن أن تخفف السرعة الأعلى للريح ضغط الحرارة الفيزيولوجية الناتج عن درجة الحرارة العالية. وعلاوة على ذلك، يتقلص ميل درجة الحرارة العمرانية للارتفاع فوق المستوى الإقليمي (جزيرة الحرارة) كلما ازدادت سرعة الريح العمرانية.

ومن جهة أخرى، قد تكون سرعة الريح المحلية عالية جداً في نقاط معينة (قرب الأبنية عالية الارتفاع مثلاً)، إلى حد أنها تصبح مزعجة، حتى في فصل الصيف. وتتأثر هذه الظاهرة إلى حد كبير بتفاصيل تصميم الأبنية العالية ولذلك يمكن التحكم بها بواسطة التصميم المناسب.

كما أن لأحوال التهوية في الحيز العمراني ككل، وبشكل خاص في الشوارع الرئيسة التي يكون فيها ازدحام العربات شديداً، تأثيراً هاماً على تركيز ملوثات الهواء في مستوى الشارع. فكلما كانت سرعة واضطراب الريح في مستوى الشارع أعلى، كلما كان امتزاج الهواء الملوث جداً في مستوى منخفض مع الهواء الأنقى الذي يجري فوق المظلة العمرانية أكبر. ولقد قام Georgii (١٩٧٠) بقياس عملية الامتزاج هذه وعلاقتها بسرعة الريح، كما يبينها الشكلان٧ - ٤ و ٧-٥.

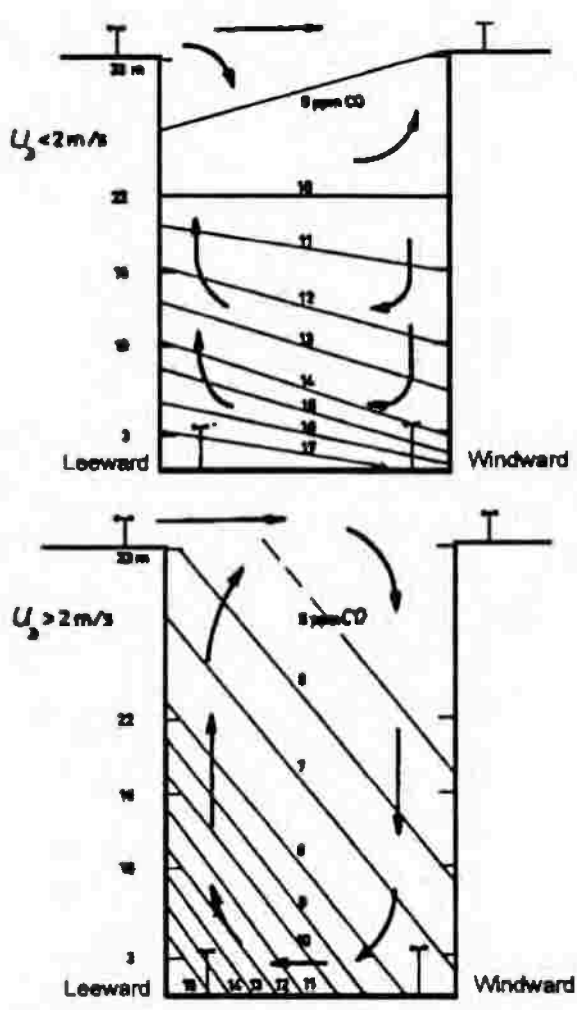
الرياح الإقليمية:

أولاً سنناقش بنية الريح في أرض منبسطة مفتوحة. ومن ثم الصفات العامة لأحوال الريح العمرانية، والتي تتميز عن حقل الريح «الإقليمية» في المناطق المفتوحة المحيطة بالمدينة.

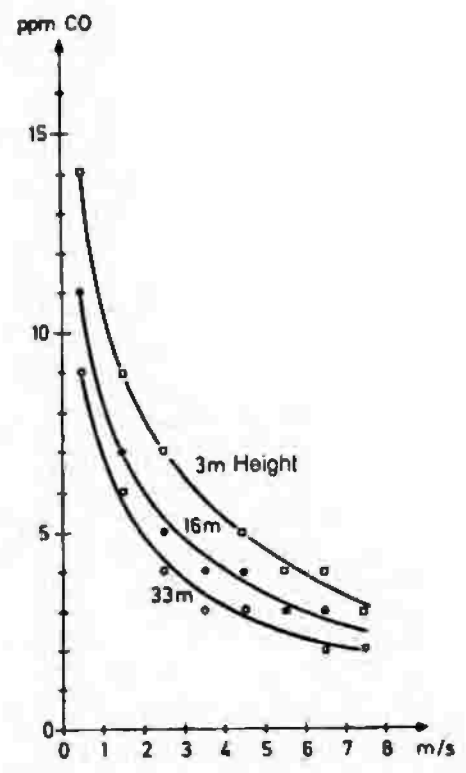
تنشأ الرياح «الهادئة» الإقليمية عن الفروق في الضغط الجوي، والتي تنتج عن التوزيع غير المنظم للإشعاع الشمسي والاختلافات الناشئة في كثافة الهواء ودرجة الحرارة على الكرة الأرضية. إذ يمكن تعديل جريان الريح من الأقاليم ذات الضغط العالي إلى الأقاليم ذات الضغط المنخفض عن طريق قوة كوريوليس Coriolis، الناتجة عن دوران الأرض، وكذلك عن طريق طوبوغرافيا الأرض والتوزيع الكروي للمساحات الأرضية والمحيطية.

كما تجري هذه الرياح الهادئة على ارتفاع مئات عديدة من الأمتار فوق الأرض. وتزداد سرعة الرياح الهادئة قليلاً مع الارتفاع، ولكن بدرجة أدنى بكثير منها قرب الأرض. ويدعى هذا الجريان «الهادئ» بـ «ريح الميل» وتسمى سرعتها بـ «سرعة الميل».

وعلى أي حال تشهد الريح قرب الأرض احتكاكاً. بحيث يؤدي إلى تراجع سرعتها بانحدار أشد وزيادة اضطرابها. وحتى في المناطق المفتوحة المنبسطة، تلاقي الريح احتكاكاً مع سطح الأرض والغطاء النباتي. حيث تزيد الشجيرات والأشجار الاحتكاك وتراجع سرعة الريح قرب الأرض.



الشكل ٧-٤. أثر سرعة الريح على تركيز (C_o ppm) في الشوارع. (Georgii ١٩٧٠)



الشكل ٧-٥. تركيز CO كوظيفة لسرعة الريح وارتفاعها فوق الشارع. (Georgii ١٩٧٠).

كما تعتمد أحوال سرعة الهواء واضطرابه في مستوى الشارع على سرعة الريح الإقليمية (ريح الميل)، والتي تعد عاملاً مناخياً، ولكنها تتأثر أيضاً إلى حد كبير بميزات التصميم العمراني. وبالتالي يمكن تعديل تركيز ملوثات الهواء المتمثلة بالعربات في مستوى الشارع أيضاً من خلال التصميم العمراني.

وتعتبر أحوال الريح في المنطقة العمرانية عاملاً رئيسياً يؤثر على راحة السكان، في الأقاليم الباردة (حيث تكون آثار الريح سلبية) والأقاليم أو الفصول الدافئة (ولاسيما الدافئة ـ الرطبة) (حيث يكون أثر الريح إيجابياً). كما تحدد أحوال الريح في المنطقة العمرانية العامة احتمال تهوية الأبنية وتعرض المشاة للريح خارج الأبنية.

ويتميز حقل الريح بمعيارين هما: المظهر الجانبي العمودي لسرعة الريح المتوسطة، وطيف اضطرابها. حيث يتأثر كلاهما ويتم تعديله من خلال المظهر الجانبي للتضاريس، وفي نصب عمراني من خلال البنية العمرانية. ونعرض في الصفحة... نماذج رياضية للمظهر الجانبي العمودي لسرعة الريح (التغييرات مع الارتفاع).

تعديلات عامة لحقل الريح بواسطة (التعمير Urbanization).

يتم تعديل جميع العناصر المناخية لأحوال الريح إلى حد كبير بواسطة التعمير. إذ يمكن تعديل الريح العمرانية والتحكم بها عن طريق التصميم العمراني، أكثر من أي عنصر آخر من العناصر المناخية.

فعندما تقترب الريح التي تهب على مساحة مفتوحة من حدود المنطقة العمرانية المبنية، تواجه «خشونة» أعلى للسطح تخلقها الأبنية. حيث تحد المقاومة المتزايدة الناتجة عن الخشونة العالية من جريان الريح في مستوى المظلة العمرانية.

ولقد تم توثيق سرعات الريح المخفضة في منطقة عمرانية مبنية بشكل جيد. إذ يذكر Landsberg (١٩٨١) حالات عديدة تم فيها قياس هذه الانخفاضات. وتعد الأبنية بشكل رئيسي عناصر الخشونة في مدينة ما. فهي عبارة عن أجسام مخادعة صلبة وذات زوايا حادة. وكما يشير Munn (١٩٧٠)، فهذه الأبنية توزع بشكل عشوائي في حيز ما ولكنها تنظم على شكل مجموعات مبنية في المدينة، مع شوارع تشكل ممرات بينها بحيث تسمح بجريان الريح. إذ يحتفظ جريان الهواء فوق وحول الأبنية بسرعة دينامية كلية أدنى واضطراب أعلى بفضل احتكاكه مع الأبنية. ولذلك يتميز حقل الريح العمراني بمعدل سرعة أدنى وتبدلات واضطراب أعلى في هذه السرعة، مقارنة مع جريان الريح فوق أرض مفتوحة. فبهذه الطريقة يتم خلق منطقة انتقالية بين الأرض وجريان الريح الهادئ فوق القبة الهوائية العمرانية، أو ما يسمى بـ «الطبقة الفاصلة العمرانية».

وتقسم هذه الطبقة الفاصلة فرعياً إلى منطقتين فرعيتين، ولاسيما عندما تكون الأبنية بارتفاع واحد تقريباً. وضمن المظلة العمرانية تكون سرعة الريح أدنى بكثير منها في الأرض المفتوحة عند الارتفاع نفسه، مع تغييرات صغيرة نسبياً في السرعة مع الارتفاع (معدل السرعة). وفوق مستوى السطح، يكون هناك زيادة حادة في درج سرعة الريح، في قمة القبة الهوائية للمدينة، وتستعيد الريح عملياً سرعتها في الأرض المفتوحة عند نفس الارتفاع. وربما تؤثر تفاصيل التصميم الخاصة للأبنية والشوارع، وبشكل خاص ارتفاع هذه الأبنية بالنسبة إلى بعضها البعض، واتجاه الأبنية المفردة فيما يتعلق باتجاه الريح، على سرعة الريح العمرانية الفعلية واضطرابها في مستوى الشارع بشكل كبير.

أما في المناطق الريفية أيضاً، تواجه الريح عناصر الخشونة، وهي الأشجار بشكل ملحوظ ـ ولكن الأشجار ليست صلبة، ولذلك فهي تنحني للريح وتتمايل أوراقها (Munn ١٩٧٠). وبالتالي تكون المقاومة التي تواجهها الريح قرب مستوى الأرض «خفيفة» وتسبب تراجع أقل في السرعة واضطراب أقل مما تسببه في منطقة عمرانية مكتظة بالمباني.

كما يشير Munn إلى أن ارتفاع الأبنية في المنطقة العمرانية لايكون ثابت ولكنه يصل إلى أقصاه في مركز المدينة (أو حتى إلى ارتفاعات قصوى مختلفة عندما يوجد في المدينة مراكز فرعية عديدة). ويشير Munn أيضاً إلى آثار الاضطراب الذي تخلقه العربات. حيث يذكر بأنه في ديترويت Detroit في برج WJBK التلفزيوني، الواقع قرب طريق للنقل السريع، لايتشكل الانعكاس الليلي عادة إلى أن يخف الازدحام (أي حوالي منتصف الليل)، بينما يبدأ الانعكاس قبل عدة ساعات في مواقع أخرى تمت مقارنتها معها.

ويتم تعديل اتجاه الريح في الشوارع وبين الأبنية عن طريق تكييف اتجاهاتها نسبة إلى اتجاه الريح الإقليمية. وفي أحوال جوية معينة، يمكن أن يكون معدل

سرعة الريح العمرانية فعلياً أعلى منه في الأرض المفتوحة المحيطة. وأثناء الفترات الهادئة، ولاسيما خلال الليالي الصافية، تولد جزيرة الحرارة في المدينة نموذج جريان الهواء الخاص بها: حيث يرتفع الهواء الدافئ فوق مركز المدينة ويجري نحو الخارج. بينما يلتقي الهواء الأبرد القادم من الأرض المحيطة قرب مستوى الأرض ويجري باتجاه المركز.

ويقدم Jauregui (١٩٨٤) جدولاً يبين الفروق في سرعة الريح الريفية العمرانية لمدينة مكسيكو، في كانون الثاني وتموز، في فترات عديدة من اليوم. إذ يبين أنه في الفصل البارد وأثناء ساعات النهار، كانت الرياح العمرانية أضعف مما هي على أطراف المدينة. ولوحظ الفرق الأعظم في فترات ما بعد الظهيرة (من الساعة ١-٧ مساءً). ويعتبر ذلك «نتيجة» للاضطراب الإقليمي السائد والخشونة السطحية الأكبر للمدينة» (انظر الجدول ٧-١)

الساعات	كانون الثاني				تموز			
	ريح المدينة	الفرق المتوسط	ريح المدينة	الفرق المتوسط	ريح المدينة	الفرق المتوسط	ريح المدينة	الفرق المتوسط
	أكثر	m/s	أقل	m/s	أكثر	m/s	أقل	m/s
١٢-٠	١٨	٠,٧	٩	١,٢	٤٩	٠,٧	٥	٠,٤
١٩-١٣	١٩	٠,٨	٧٤	١,٨	٦١	١,٠	٣٥	٠,٨
٢٣-٢٠	٣٦	١,١	٣٠	١,٤	٥٨	٠,٧	٢٣	٠,٩

هادئة: كانون الثاني ٧٣%، ٦%، ٣٢%؛ تموز ٤٥%، ١%، ١١%

الجدول ٧-١ الفروق في سرعة الريح الريفية ـ العمرانية في فترات عديدة من اليوم في مدينة مكسيكو، عام ١٩٨٠ .

أما خلال ساعات الليل، وبشكل أساسي في تموز، كانت الريح العمرانية في مدينة مكسيكو أقوى. ويفسر ذلك بتطور الانعكاس الريفي الذي يحد من سرعة

الريح الريفية قرب السطح أكثر من درجة انخفاض الريح العمرانية أثناء الليل. ولقد لاحظ Chow (١٩٨٤) في Shanghai ظاهرة السرعات الأعلى للريح في المناطق العمرانية خلال فترات الريح الإقليمية الخفيفة وعندما يتشكل الانعكاس على المناطق الريفية. كما لوحظت أيضاً نفس الظاهرة من قبل Lee (١٩٧٩)، كما يخبرنا Jauregui (١٩٨٤). ويستشهد Munn (١٩٧٠) بتشاندلر Chandler (١٩٦٠) الذي لاحظ «تراكم بركة من الهواء البارد في الريف، مندفعة نحو المدينة بشكل متقطع عندما تتجاوز درجة ميل درجة الحرارة الأفقية حداً قاطعاً. إذ يتبع جريان هواء السطح بلاشك قنوات مؤثرة مثل نظام الصرف تحت منحدرات معتدلة».

ولابد من الإشارة إلى أن هناك تفاصيل بنائية وعمرانية معينة يمكن أن تزيد أو تخفض أحوال الريح العمرانية بشكل كبير، سواء بشكل متعمد أو من خلال التصميم، وفقاً لأهداف الراحة البشرية المختلفة في مختلف الأقاليم المناخية. وعناصر التصميم العمراني الرئيسة التي تستطيع تعديل أحوال الريح هي:

- الكثافة الكلية للمنطقة العمرانية.
- حجم وارتفاع الأبنية المفردة. ووجود أبنية عالية الارتفاع.
- تكييف اتجاه الشوارع.
- وتوزيع الحجم، والوفرة، وتفاصيل تصميم الأماكن المفتوحة وأحزمة الوقاية الخضراء.

المظهر الجانبي العمودي لسرعة الريح المتوسطة:

تزداد سرعة الريح المتوسطة مع الارتفاع فوق سطح الأرض. وفي الواقع، سنكون أكثر دقة فيما لو قلنا بأن سرعة الريح «الحرة» تتناقص بشدة نزولاً نتيجة احتكاكها مع سطح الأرض. ولقد تم تطوير صيغ تجريبية عديدة بأشكال مختلفة لوصف تغير سرعة الريح المتوسطة مع الارتفاع (Munn ١٩٧٠).

وفي صياغة التأثير «العمراني» على سرعة الريح، يتم استخدام نماذج تصف المظهر الجانبي العمودي للريح، من مستوى ريح «الميل» نزولاً إلى الأرض. كما يتم التعبير عن هذا التأثير العمراني من خلال تعديلات تتم على معايير تلك النماذج. وتعد «الخشونة الايروديناميكية» أحد المعايير المستخدمة من قبل بعض النماذج، والتي تتأثر بالبنية العمرانية بشكل كبير. وتصور الصيغة اللوغاريتمية التالية المظهر الجانبي العمودي للريح:

$$U(Z) = ((t/p\ 1/2/K)\ In\ (z/z(0))$$

حيث:

u (z) = السرعة الدينامية عند الارتفاع z.

t = جهد مقص الريح

P = كثافة الهواء

k = ثابت فون كارمان von Karman، حوالي ٠,٤.

z = الارتفاع

z (٠) = معيار الخشونة.

ويعطي Landsberg القيم التالية لمعيار الخشونة لأماكن عمرانية مع ثلاثة أنماط للأبنية

	نمط البناء (الكثافة العمرانية)		
المعيار	منخفض	متوسط	عالي
الارتفاع (م)	٤	٢٠	١٠٠
مساحة مظللة (م٢)	٥٠	٥٦٠	٤٠٠٠
مساحة مبنية (م٢)	٢٠٠٠	٨٠٠٠	٢٠٠٠٠
معيار الخشونة (م)	٠,٥	٠,٧	١٠

ويعني هذا النموذج أنه عند ارتفاع يساوي معيار الخشونة فوق مستوى الأرض، تكون سرعة الريح دائماً معادلة للصفر، بصرف النظر عن سرعة ريح الميل فوق المدينة. وفي الواقع، فالحالة ليست كذلك طبعاً، ويمكن أن تكون الريح قرب سطح الأرض عالية تماماً في حالات عديدة. وتشير هذه النقطة إلى حدود نماذج الريح الرياضية اللوغاريتمية لتقييم أحوال الريح العمرانية قرب الأرض.

وفيما يلي صيغة بسيطة طورها Davenport (1960):

$$Vz / Vg = (Z / ZG)\&$$

حيث:

Vz = سرعة الريح عند الارتفاع Z.

Vg = الارتفاع الذي تبدأ عنده ريح الميل.

Z = الارتفاع الذي تحتسب عنده سرعة الريح Vz

ZG = الارتفاع الذي تلاحظ عنده «سرعة الميل»، Vg، للمرة الأولى.

& = دليل (أس) تجريبي يعتمد على خشونة السطح، استقراره، وميل درجة الحرارة.

ويقترح العديد من الكتاب قيماً مختلفة لـ ZG و &. ولقد استخدمت القيم التي أعطاها Davenport (١٩٦٠) من قبل جيفوني Givoni في الجدول ٧-٢. كما يبين الجدول ٧-٣ قيم ZG و& كما حددها Poreh and Paciuk. ويعرض الجدول ٧-٤ جدولاً «تركيبياً» لهذه المعايير كان قد اقترحه الكاتب لجعلها أكثر ثباتاً بالنسبة لأحوال التضاريس المختلفة.

كما يقدم Chandler (١٩٧٦) توضيحاً رسومياً للتغييرات في المظهر الجانبي لسرعة الريح العمودية فوق مناطق ريفية مفتوحة ومناطق عمرانية /ضواحي وفقاً

لهذا النموذج. ونعيد وضع شكله الرسومي هذا في الشكل ٧-٦ وينبغي أن نشير إلى أن المظهر الجانبي للريح الذي يصوره قانون «القوة» هذا لايمثل أحوال الريح الواقعية قرب مستوى الأرض العمرانية ـ فوق حوالي ٥-١٠م . مثلاً ـ بسبب الطبيعة المضطربة جداً للريح العمرانية في تلك الطبقة.

الجدول ٧-٢ قيم ZG و & المعطاة من قبل Davenport (1965)

أحوال التضاريس	ZG (م)	&
ريف مفتوح، أحزمة ساحلية مستوية، منطقة عشبية مجردة، والخ	٢٧٠	٠,١٦
ريف مشجر، أرض عشبية، بلدات صغيرة، ضواحي المدن الكبيرة، أحزمة ساحلية خشنة، والخ	٣٩٠	٠,٢٨
مراكز المدن الكبيرة	٥١٠	٠,٤٠
مراكز مدن كبيرة جدا مع (*)	٦٠٠	٠,٥٠

(*) ارتفاع الأبنية فوق ١٠٠م
(استنتاج قام به جيفوني من الشكل الذي أعده Davenport)

الجدول ٧-٢ قيم ZG و & المعطاة من قبل Davenport (١٩٦٥)

الجدول ٧-٣ قيم ZG و & المعطاة من قبل Poreh and Paciuk

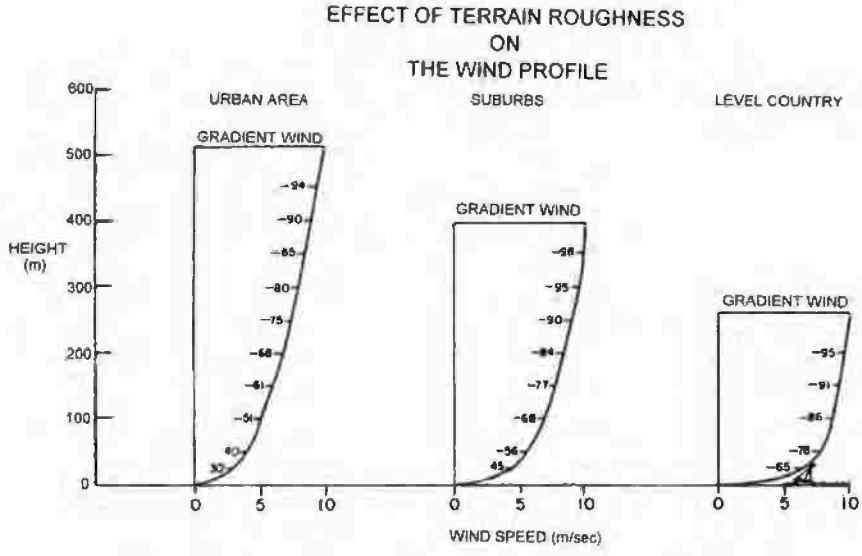
أحوال التضاريس	ZG (م)	&
حقول مفتوحة، صحراء	٣٠٠	٠,١٥
حقول مزروعة، غطاء نباتي منخفض، وأشجار مبعثرة، منطقة ريفية ذات كثافة منخفضة	٤٠٠	٠,٢٠
أرض مشجرة، مناطق عمرانية بكثافة متوسطة إلى عالية، ارتفاع نموذجي للأبنية ١٠م (٣طوابق)	٤٠٠	٠,٢٠
مراكز المدينة، أبنية بكثافة متوسطة إلى عالية، ارتفاع نموذجي للأبنية ٣٠م (١٠طوابق)	٤٠٠	٠,٢٨

الجدول ٧ -٣ قيم ZG و& المعطاة من قبل Poreh and Paciuk

الجدول ٧-٤ القيم المقترحة لـ ZG و & لأحوال مختلفة للتضاريس.

أحوال التضاريس	ZG (م)	&
ريف منبسط مفتوح، مرج، منطقة عشبية	٣٠٠	٠,١٦
أرض مشجرة منخفضة، أشجار متناثرة، مناطق ريفية، مطـارات، محطات جوية	٤٠٠	٠,٢
أرض مشجرة مع أشجار عالية، بلدات صغيرة، ضواحي، محطات عمرانية جوية	٤٠٠	٠,٢٥
بلدات بحجم متوسط، ارتفاع للأبنية يصل إلى ١٠ طوابق، مراكـز ذات كثافة متوسطة، مدن كبيرة	٤٠٠	٠,٣٠
مراكز المدن، أبنية بارتفاع يزيد عن ١٠ طوابق	٥٠٠	٠,٤٠
مراكز مدن كبيرة، أبنية بارتفاع يزيد عن ٣٠ طابق	٦٠٠	٠,٥٠

الجدول ٧-٤ القيم المقترحة لـ ZG و & لأحوال مختلفة للتضاريس



الشكل ٧-٦. مظاهر جانبية بشكل رسم بياني لسرعة الريح فوق أسطح بحرية، ريفية وعمرانية. على شكل نسب مئوية من سرعة ريح الميل.

كما يعتمد المظهر الجانبي العمودي للريح على المظهر الجانبي لدرجة الحرارة. فأثناء الليالي الصافية عندما تخلق خسارة الحرارة الإشعاعية للسطح انعكاساً للمظهر الجانبي لدرجة الحرارة الاعتيادية، يسود الهدوء قرب مستوى الأرض بينما لاتزال «ريح الميل» تهب. وفوق طبقة الانعكاس تزداد سرعة الريح مع الارتفاع بشدة أكثر منها في الأرض المفتوحة.

ويقدم Munn (١٩٧٠) بيانات عن العديد من الدراسات التجريبية التي أجريت على المظهر الجانبي للريح. ففي العديد من تلك الدراسات، لوحظت أنه بينما تم إخماد الريح قرب مستوى الأرض ليلاً، تم تسريع الريح عند ارتفاع يساوي ١٥٠م .

اضطراب الريح:

إن سرعة واتجاه الريح ليسا ثابتين، وبشكل رئيسي قرب الأرض، ولكنهما يتغيران باستمرار مع الوقت وبين النقاط المتجاورة. وتعرف شدة اضطراب الريح (Ig) بالقيمة التربيعية لتقلبات سرعة الريح حول معدل السرعة (Vav). ويذكر Munn (١٩٧٠) بأن القيم اللحظية تعتمد على الاستجابة الديناميكية للمقياس المستخدم لقياس سرعة الريح، ووقت المعدل الذي يؤثر أيضاً على قيمة الاضطراب المحسوبة. كما يذكر Gould (١٩٧٢) بأنه في المناطق العمرانية قد يصل اضطراب الريح إلى حوالي ٣٠٪، بينما يكون في المناطق الريفية المفتوحة حوالي ١٠٪.

كما تتغير سرعة الريح في نقطة مفترضة مع الوقت، وفي الوقت نفسه تتغير بين النقاط المختلفة. ولذلك يمكن تحديدها باستخدام مقياسين هما: مقياس الطول ومقياس الزمن. حيث يقيس مقياس الطول تقلبات القياسات المأخوذة في الوقت نفسه وفي نقاط مختلفة، بينما يقيس مقياس الزمن تقلبات القياسات في النقطة ذاتها وفي أوقات مختلفة. أما من منظور التصميم العمراني يعد مقياس الطول المقياس الأهم نظراً لتأثره الكبير بتفاصيل تصميم الأبنية، تكييف اتجاه الشوارع، ووجود الأبنية عالية الارتفاع، وغير ذلك.

ويتم الحصول على البيانات المتعلقة بالريح لمعظم المدن في محطات جوية قياسية، تقع عادة في المواقع المفتوحة. ويمكننا أن نفترض بأن اضطراب وسرعة الريح في الأجزاء المبنية من المدن يختلف عن اضطراب وسرعة الريح التي تم قياسها في المحطات القياسية ـ وقد تكون سرعة الريح أدنى واضطرابها أعلى.

حدود نماذج الريح وقابلية تطبيقها في علم المناخ العمراني:

تأخذ جميع النماذج الرياضية للمظهر الجانبي العمودي للريح شكل منحني أملس من مستوى ريح الميل إلى الأسفل باتجاه الأرض أو إلى ارتفاع معيار الخشونة. ويمثل هذا الشكل نموذج سرعة الريح بشكل جيد إلى قمة المظلة العمرانية. ولذلك تعد هذه النماذج مفيدة في معالجة مشكلات انتشار ملوثات الهواء في القبة الهوائية العمرانية، بالإضافة إلى فائدتها في معالجة مشكلات حمل الريح على الأبنية العالية (التي تبرز فوق الارتفاع المتوسط للأبنية المجاورة في المدينة).

وفي إحدى المدن وقرب مستوى الأرض، حيث يخلق الاضطراب الذي ينشأ بسبب الأبنية، عمودياً وأفقياً، حقل ريح معقد جداً، تختلف الحالة فيما يتعلق بأحوال الريح. ومن منظور راحة المشاة (أو عدم ارتياحهم بسبب سرعة الريح الزائدة)، وكذلك من منظور الحاجة للطاقة وتهوية الأبنية، تعد أحوال الريح في الفسحة الهوائية للمظلة العمرانية، ولاسيما قرب مستوى الأرض، الأهم. وعلى أي حال، لايمكن أن نعرف حقل الريح ضمن المظلة العمرانية بواسطة منحني بسيط وأملس ينحدر إلى الأرض. وقد تكون سرعة الريح غالباً قرب الأرض أعلى منها في وسط الحيز بين الأبنية.

وكما ذكرنا أعلاه، تتنبأ النماذج «اللوغاريتمية» بسرعة للريح تساوي الصفر عند ارتفاع معيار الخشونة بفعل أي حالة للريح، بينما يمكن أن نشهد سرعات عديدة للريح في الواقع، تكون أحياناً قوية جداً في ذلك المستوى. ولذلك لاتعد هذه النماذج قابلة للتطبيق من أجل تقدير أحوال الريح داخل حيز المظلة العمرانية.

أما نموذج Davenport (١٩٦٠) «للقوة» فليس له هذا الحد باعتباره يتنبأ بسرعة معينة للريح حتى في مستوى قريب جداً من مستوى الأرض. وهكذا على سبيل المثال، فمع سرعة ميل تبلغ ٢٠ s/m (٤٠٠٠ fpm) وارتفاع ميل يساوي ٥١٠م (١٦٦٠ص)، تكون السرعة المتوقعة على ارتفاع ٠,٥م (١,٦٤ص) في مركز المدينة الكبيرة ١,٢٥ s/m (٢٥٠fpm). أما عند ارتفاع ١٠م (٣,٢٨ص)، تكون السرعة المتوقعة ٤,١ s/m (٨٢٠fpm). وعلى أي حال، فلايمثل التوزيع العمودي المتوقع للسرعات الدينامية من الناحية الكمية الوضع الحقيقي.

وفي الحقيقة، لانزال نشك في إمكانية تحديد «سرعة للريح العمرانية» هامة وتمثل الحالة الفعلية باستخدام نموذج عام بسيط. فبينما يمثل معدل السرعة الذي يتم قياسه في منطقة مفتوحة، أو في محطة جوية، أحوال الريح في تلك المنطقة، إلاأن الأمر يختلف جداً في المدينة.

ففي أي نصب عمراني، تختلف سرعة الريح غالباً بفعل أحد العوامل من ثلاث إلى خمس مرات على مسافات تبلغ بضعة أمتار، مثلاً بين نقطة في أحد شارع يوازي الريح ونقطة مجاورة خلف البناء الأول على طول شارع متعامد مع الريح. وبالتالي، تعتمد سرعة الريح المقاسة إلى حد كبير جداً على اختيار النقاط المحددة حيث يتم قياس السرعة.

ولذلك، لاتعتبر النماذج الرياضية التي تتنبأ بسرعة «عامة» للريح العمرانية قرب مستوى الأرض ذات فائدة كبيرة كأدوات تصميم لتخطيط بيئة عمرانية مريحة. وبرأي الكاتب أن هناك طريقة أكثر فائدة تتجلى في تطوير نماذج رياضية للريح العمرانية تتعامل مع تأثيرات ميزات التصميم العمرانية المحددة على حقل الريح العمرانية.

أشعة الشمس والإشعاع العمراني:

يكتسب أي سطح على الأرض الحرارة من الإشعاع الشمسي (الموجي القصير) ويفقد الحرارة عن طريق الإشعاع (الموجي الطويل) الراحل. حيث يتحول الإشعاع

الشمسي الآتي، عندما يتم امتصاصه من قبل أي سطح «جاف» أثناء ساعات النهار، إلى حرارة ويرفع درجة حرارة السطح. أما الطاقة الشمسية التي تمتصها أوراق النبات وفي الأسطح الرطبة فتتحول جزئياً إلى حرارة كامنة بعملية التبخر وتؤدي بالتالي إلى ارتفاع أصغر في درجة الحرارة. بينما تكون خسارة الحرارة عن طريق الإشعاع الشمسي الراحل إلى السماء عبارة عن عملية مستمرة تحدث في النهار والليل. كما يحدث اكتساب الحرارة الشمسي بالطبع أثناء ساعات النهار فقط.

ويقسم الإشعاع الشمسي الآتي في نهاية المطاف إلى جزئين هما: الإشعاع الذي يتم امتصاصه في نقطة ما وتحويله إلى حرارة، أكانت محسوسة و/أو كامنة، والإشعاع الذي يتم عكسه باتجاه السماء، بدون إحداث أي أثر على أحوال الرطوبة ودرجة الحرارة في البيئة. وفي الأرض المفتوحة يحدث امتصاص الإشعاع الشمسي قرب مستوى الأرض، بينما في المنطقة العمرانية المكتظة بالمباني مع وجود أبنية عالية، يسقط جزء هام من الإشعاع الشمسي ويتم امتصاصه على بعد مسافة ما من مستوى الأرض.

كما يخلق هذا التوزيع العمودي للإشعاع الشمسي، في منطقة مكتظة بالمباني وأثناء فترات تغيب فيها الرياح القوية، احتمالاً لانعكاس درجة الحرارة النهارية ـ فقد تكون درجة الحرارة قرب الأرض أبرد من درجة حرارة الهواء فوق الأبنية، وذلك كما لاحظ مؤلف الكتاب في Seville، في اسبانيا (انظر الفصل الخامس،).. حيث تحد الرياح أثناء النهار قرب الأرض من تطبق درجة الحرارة هذا.

كما تعد خسارة الحرارة بالإشعاع الموجي الطويل عامل تبريد رئيسي لمنطقة ما، سواء أكانت عمرانية أو ريفية مفتوحة، وذلك عندما يتعلق الأمر بالمظلة العمرانية ككل. وعلى أي حال، يمكن أن يختلف حجم خسارة الحرارة بالإشعاع الموجي الطويل من الأسطح قرب مستوى الأرض في أرض مفتوحة أو منطقة مكتظة بالمباني. وهو أحد العوامل الرئيسة التي تولد الفروق بين الأحوال المناخية في المناطق الريفية

والمناطق العمرانية. ويعتمد الدور النسبي للإشعاع الموجي الطويل في درجة التبريد الليلي لمنطقة مفترضة على سرعة الريح المحيطة. ففي أحوال الهواء الساكن يعد الإشعاع المصدر الرئيس لخسارة الحرارة، بنما قد تكون خسارة الحرارة بالحمل أكثر أهمية أثناء الليالي التي تهب فيها الرياح.

وهكذا يختلف التوازن النهائي بين اكتساب الحرارة الشمسي وخسارة الحرارة بالإشعاع الموجي الطويل في المنطقة العمرانية مقارنة مع الأرض المفتوحة.

أما في المنطقة المكتظة بالمباني، وعندما تخمد الرياح ليلاً، قد يصبح الحمل الليلي عبر الجدران العنصر الأساسي لخسارة الحرارة من جدران الأبنية العالية في المناطق التي تكون فيها رؤية السماء مقيدة.

التوازن الإشعاعي في منطقة «ريفية مفتوحة»:

يتم تقسيم الإشعاع الشمسي الذي يصل منطقة ريفية مفتوحة، وهي غالباً مغطاة كلياً أو جزئياً بالأشجار أو أية أنواع أخرى من النباتات، إلى عناصر عديدة هي:

أ- الإشعاع الساقط على النبات والذي تمتصه الأوراق بأغلبه، والتي تحمل معامل امتصاص عالي جداً بالنسبة للإشعاع الشمسي (أي حوالي ٠,٨). وعلى أي حال، فبدلاً من رفع درجة حرارة الأوراق يتم «صرف» الطاقة بأغلبها في عملية التعرق التبخري للماء من الأوراق. ولذلك تحصل الزيادة في الرطوبة بدلاً من ارتفاع درجة الحرارة.

ب- يتم امتصاص الإشعاع الساقط على سطح التربة جزئياً أيضاً وعكسه جزئياً، وفقاً لمعامل الامتصاص الشمسي للتربة والذي يعتمد بالتالي على لونها. إذ قد يتراوح نطاق هذا المعامل من حوالي ٠,٤ بالنسبة للرمل إلى حوالي ٠,٨ بالنسبة للتربة الطفالية القاتمة.

كما يؤدي الإشعاع الممتص إلى رفع درجة حرارة سطح التربة. وإلى الحد الذي تتوفر فيه الرطوبة الحرة في التربة، والتي تشيع في المناطق الريفية (باستثناء

الصحارى)، يصرف جزء من الطاقة في عملية تبخر الماء من التربة، بحيث تحد من ارتفاع درجة حرارة السطح. كما يوجه جزء آخر من الإشعاع الممتص من سطح التربة إلى الأسفل نحو الطبقات الأعمق. وتتدفق هذه الحرارة عادة عائدة إلى السطح أثناء ساعات الليل بحيث تخفض درجة التبريد الناتجة عن خسارة الحرارة بالإشعاع الموجي الطويل. كما يتم عكس الإشعاع الذي لم يتم امتصاصه إما في النبات أو في التربة ثانية إلى السماء دون إحداث أي أثر على درجات الحرارة والرطوبة قرب الأرض.

هذا ويختلف مقدار الإشعاع الشمسي الساقط على منطقة مفترضة وفق نموذج دوري، حيث يكون له قيمة عظمى صيفاً وقيمة صغرى شتاءً. كما يعتمد كمياً على خط عرض وصفاء السماء (التلبد بالغيوم) بالنسبة للمكان الذي نقوم بدراسته.

كما تنبعث طاقة الإشعاع الموجي الطويل باستمرار من سطح التربة وأوراق النبات. ويعتمد مقدار الإشعاع المنبعث على درجة حرارة سطح التربة والأوراق. ولذلك فهو يحمل أيضاً قيمة عظمى في الصيف وقيمة صغرى في الشتاء.

ويعتمد التوازن بين الإشعاع الشمسي الساقط والإشعاع الموجي الطويل المنبعث على الفصل. إذ يكون التوازن إيجابياً في فصل الصيف (حيث الإشعاع الشمسي أعلى من الإشعاع الموجي الطويل) وسلبياً في فصل الشتاء.

التوازن الإشعاعي في المناطق العمرانية المبنية:

يكون المقدار الكلي للإشعاع الشمسي الذي يصل القبة العمرانية مساوياً لمقدار الإشعاع الذي يصل حقلاً مفتوحاً في الريف على نحو هام. وفي بعض الأحيان في حاله الهواء العمراني الملوث جداً، يتم عكس بعض الإشعاع الساقط من حجم هواء القبة العمرانية فوق المظلة العمرانية وامتصاصه داخله، بحيث يصل مقدار أقل من الإشعاع الشمسي إلى المظلة المبنية، مقارنة مع الإشعاع الذي يصل الأرض في الريف. ويعبر عن أثر التلوث العمراني هذا كمياً بواسطة معيار يسمى «معامل الانطفاء».

ففي حيز عمراني مكتظ بالمباني يكون مسار الإشعاع الشمسي الساقط على الأبنية معقداً. ويسقط جزء هام من الإشعاع الشمسي الآتي على الأسطح، عالياً فوق مستوى الأرض. بينما يصطدم جزء هام آخر بالأسطح العمودية - أي جدران الأبنية. ويصل جزء صغير نسبياً فقط مستوى الأرض. فكلما كان البناء أعلى، وكلما كانت المسافات بين الأبنية أصغر، كلما كان الإشعاع الشمسي الذي يصل مستوى الأرض في الشوارع والمساحات المفتوحة الأخرى بين الأبنية أقل.

وكذلك يتم عكس الإشعاع الساقط على الجدران العمودية جزئياً، غالباً باتجاه الجدران الأخرى للأبنية المجاورة، وامتصاصه جزئياً على أسطح الجدران. كما يمكن أن تختلف النسبة المئوية للإشعاع الشمسي الذي يثب على الجدران بشكل كبير، من حوالي ٢٠-٨٠٪، استناداً إلى اللون الخارجي لهذه الجدران. ففي المنطقة العمرانية، يقع جزء كبير من هذه الأشعة الواثبة على جدران الأبنية المجاورة. وبذلك تبدأ عملية وثوب الإشعاع ذهاباً وإياباً عدد من المرات بين جدران مختلف الأبنية. وفي نهاية هذه العملية، في المنطقة العمرانية المكتظة بالمباني، يتم عكس جزء صغير فقط من الإشعاع الشمسي الساقط على الجدران عالياً نحو السماء، بينما يمتص معظمه في جدران تلك الأبنية، بصرف النظر عن لون الجدران، وذلك ليتم إطلاقه ثانية إلى القبة العمرانية في ساعات المساء والليل.

كما تخسر جدران وأسطح الأرض الحرارة عن طريق الإشعاع الموجي الطويل إلى السماء. وتعتمد شدة خسارة الحرارة الإشعاعية هذه على قسم السماء الذي يطلق الإشعاع إليه، أو بمعنى آخر على جزء السماء الذي «يراه» الجدار أو الشارع. وحتى في حالة البناء المنعزل الواقع في منطقة مفتوحة، يرى الجدار نصف قبة السماء فقط ويتبادل معها الإشعاع. ولذلك يكون الإشعاع الموجي الطويل الراحل من جدار عمودي أقل من نصف الإشعاع المنبعث من سطح في منطقة مشابهة. وبفعل الأحوال العمرانية يحجب معظم قبة السماء التي يراها الجدار بالأبنية الأخرى. ولذلك لايؤدي تبادل الإشعاع الموجي الطويل بين الجدران إلى خسارة هامة للحرارة

الإشعاعية. وبالنتيجة تكون خسارة الإشعاع عن طريق مزج الإشعاع الشمسي المنعكس بالإشعاع الموجي الطويل الراحل المنبعث من داخل المظلة العمرانية أصغر بكثير من خسارة الإشعاع من حيز مفتوح.

ولابد من الإشارة إلى أن الإشعاع الموجي الطويل الكلي المنبعث من المظلة العمرانية يكون مساوياً تقريباً للإشعاع المنبعث من حقل مفتوح، ولكن تقوم الجدران الأخرى بامتصاص معظم الإشعاع المنبعث من الجدران أو الأرض في المنطقة المكتظة بالمباني. ويكون للإشعاع الموجي الطويل الواضح نسبياً والمنبعث من الأسطح أثراً صغيراً جداً على الأوضاع في مستوى الشارع. وبالتالي تنتج خسارة الحرارة بالإشعاع الموجي الطويل في المنطقة العمرانية المكتظة بالمباني ولكن مع إحداث أثر تبريد صغير للحيز قرب مستوى الأرض.

كما تعد خسارة الحرارة بالإشعاع العامل الرئيس في عملية تبريد الأرض، والهواء قرب الأرض، وذلك أثناء الليل عندما تخمد الرياح عادة. وتظهر نتيجة الإصدار الفعال المحدود للإشعاع من الحيز العمراني تحت مستوى الأسطح مبدئياً في درجة التبريد الأبطئ للمنطقة العمرانية أثناء ساعات الليل، مقارنة مع الأرض المفتوحة. فكلما كانت المنطقة المبنية أعلى وأكثر كثافة، كلما كانت درجة التبريد أبطأ أثناء الليل. ويشكل هذا أحد العوامل الرئيسة المسببة لجزيرة الحرارة العمرانية كما ناقشنا أعلاه.

ويقع جزء من الإشعاع الشمسي على أسطح الأبنية ولذلك لايكون له أثر مباشر على الأرض المحلية، وعلى درجات الحرارة والهواء قرب الأرض. ويعتمد حجم أثر الإشعاع الشمسي الواقع على الأسطح من جهة على النسبة المئوية للمساحة العمرانية التي تغطيها الأبنية، ومن جهة أخرى على ألوان (abledo) الأسطح. كما يعتمد مقدار الإشعاع الشمسي الذي يتم امتصاصه في الأسطح أو عكسه بعيداً باتجاه السماء على لون الأسطح، وتبعاً لذلك فهو يختلف إلى حد كبير. ويمكن أن يتراوح الإشعاع الشمسي المنعكس من ٨٠٪ في حالة الأسطح المطلية باللون الأبيض، إلى ٢٠٪ فقط في حالة الأسطح المطلية باللون الأسود.

وقد لايؤثر الإشعاع الممتص على درجة الحرارة قرب الأرض في الجوار المباشر للبناء حيث يتم امتصاصه، بل يؤدي إلى رفع درجة حرارة قبة الهواء العمرانية وكذلك درجة حرارة المحيط حول الأبنية باتجاه الريح.

وعندما تكون معظم الأبنية العمرانية بنفس الارتفاع تقريباً، يكون إصدار الإشعاع الموجي الطويل من الأسطح نفس الإشعاع الصادر من المنطقة المفتوحة، وتزداد شدة خسارة الحرارة إلى أعظم حد. بينما عندما تختلف الأبنية من حيث الارتفاع، على أي حال، تمتص جدران الأبنية الأعلى جزء من الإشعاع المنبعث والمنعكس وتحجب جزءاً من السماء، مؤدية بذلك إلى الحد من مقدار الانعكاس الشمسي وإصدار الإشعاع الموجي الطويل من أسطح الأبنية الأقل ارتفاعاً. وتكون النتيجة الحد من خسارة الحرارة الإشعاعية الكلية من داخل المظلة العمرانية.

وتؤثر الفروق في التوازن الإشعاعي بين المناطق العمرانية والريفية بشكل مباشر على راحة الناس في الشوارع والمساحات المفتوحة، ولاسيما في الصيف في الأقاليم الحارة. فأثناء النهار، يشكل التعرض للإشعاع الشمسي غالباً الضغط الحراري الرئيس في المنطقة الريفية. أما في المدينة على أي حال، حيث يكون الشخص في الخارج أقل تعرضاً للإشعاع الشمسي المباشر، تعود الشحنة الحرارية مع درجات حرارة مماثلة للهواء غالباً إلى سرعة الريح الأنى. وأثناء ساعات المساء، يمكن للشخص في الخارج في مستوى الأرض في منطقة عمرانية مبنية إصدار حرارة أقل عن طريق الإشعاع الموجي الطويل إلى السماء ولذلك يتعرض لشحنة حرارة أعلى من الشخص المقيم في حقل مفتوح.

وبإيجاز لابد من الإشارة إلى أن المقدار الكلي للطاقة الشمسية التي يتم امتصاصها داخل المظلة العمرانية لايكون أعلى من مقدار الطاقة الشمسية الممتصة في المنطقة الريفية المفتوحة المغطاة بالنباتات الخضراء، وقد يكون أقل حتى. ويتمثل الفرق الرئيس في النتائج الحرارية للإشعاع الممتص.

ففي الريف المفتوح، يتم تحويل جزء هام من الإشعاع الشمسي الممتص إلى حرارة كامنة، في عملية التعرق التبخري من أوراق الأشجار، الشجيرات، والعشب (باستثناء المناطق الصحراوية طبعاً). ويحول الجزء المتبقي فقط إلى حرارة محسوسة مؤدياً إلى ارتفاع درجة الحرارة.

وعلى أي حال، ففي المنطقة العمرانية، يحول معظم الإشعاع الشمسي الممتص في النهاية إلى حرارة محسوسة، والتي ترفع درجة حرارة الهواء، وتسهم في أثر جزيرة الحرارة أثناء الليل.

وقد تكون خسارة الحرارة المخفضة بالإشعاع الموجي الطويل قرب الأرض في المنطقة العمرانية عاملاً أكثر أهمية في تطوير جزيرة الحرارة الليلية من التعديلات في امتصاص الطاقة الشمسية. ويفسر ذلك حدوث ارتفاعات درجة الحرارة العمرانية العظمى أثناء الليالي الصافية.

أثر تلوث الهواء العمراني على أشعة الشمس:

يؤدي التمدين (التعمير urbanization) عادة إلى زيادة في تلوث الهواء من العديد من المصادر كالصناعة، حركة المرور، والتدفئة المنزلية. وللمصدر الأخير هذا نموذج سنوي واضح: حيث يصل إلى أقصاه في الشتاء وأدناه في أشهر الصيف، وهي حقيقة ساعدت على تحديد أثر أحد مصادر التلوث على المستوى العمراني لأشعة الشمس.

ولقد استشهد Georgii (١٩٧٠) ببيانات Chandler (١٩٦٥) المتعلقة بأشعة الشمس المتوسطة في لندن في الفترة ما بين ١٩٢١-١٩٥٠. فأثناء هذه الفترة كان الفحم الحجري ذو التكلفة المنخفضة الوقود الأكثر استخداماً لتدفئة الأمكنة في لندن، منتجاً كمية عالية من الدخان. ونعيد وضع هذه البيانات في الجدول ٧-٥، والذي يبين الفروق في ساعات شروق الشمس لكل يوم بين لندن الداخلية، والضواحي الخارجية، والريف المحيط.

وفي تموز لم يكن هناك عملياً فرق بين المواقع المختلفة، بينما في كانون الثاني كان هناك انخفاض منتظم في أشعة الشمس من الريف المحيط باتجاه لندن المركزية، حيث اقتطع استمرار فترة شروق أشعة الشمس إلى ٥٠٪ مقارنة مع الريف المحيط. ويعكس الفرق بين التوزيع المكاني لأشعة الشمس في الشتاء وفي الصيف بشكل أوضح أثر إصدار الدخان في الشتاء من مصانع التدفئة المنزلية، والتي يزداد تركيزها مع الكثافة العمرانية، على توفر أشعة الشمس.

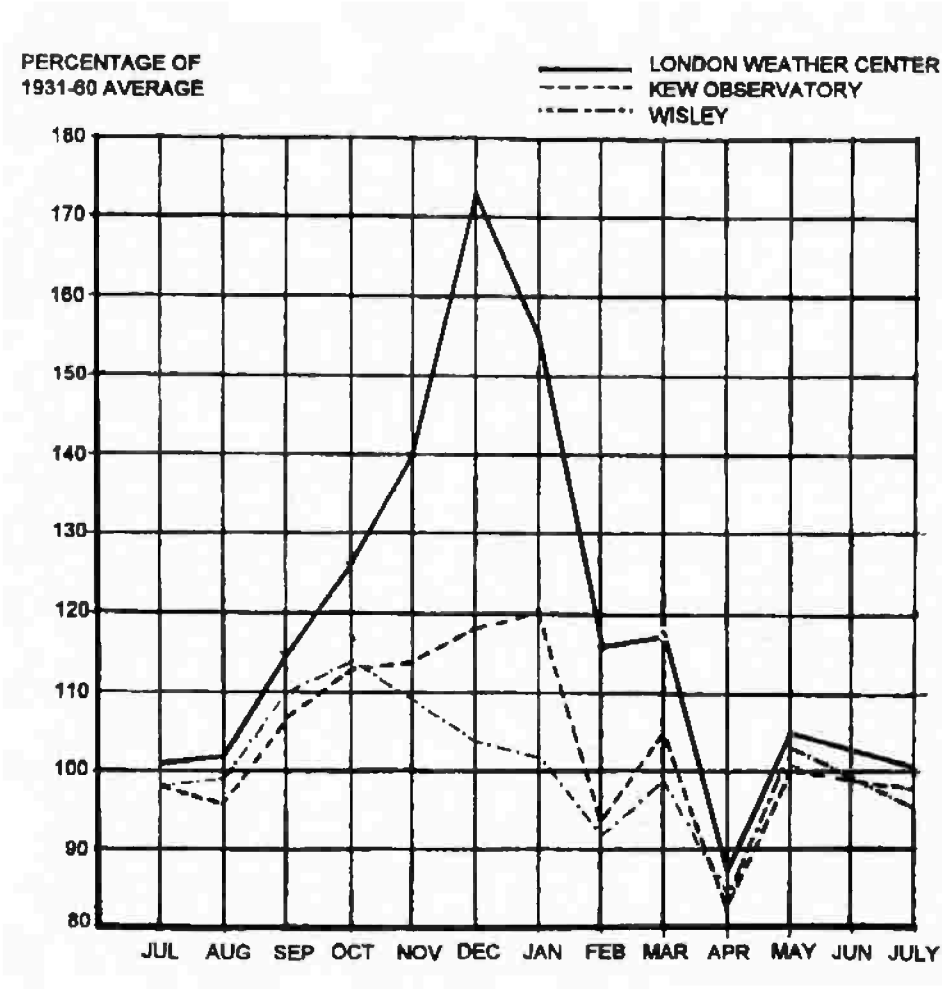
وفي عام ١٩٥٦ سنت مدينة لندن «قانون الهواء النقي» Clean Air Act. ويقدم Jenkins (١٩٧٠) بيانات حول التوزيع السنوي لأشعة الشمس في مركز لندن وموقعين ريفيين أثناء الفترة من ١٩٥٨-١٩٦٧، والتي يعبر عنها كنسبة مئوية لمعدل الفترة من ١٩٣١-١٩٦٠. ويبين الشكل ٧-٧ هذه البيانات. حيث يمكن أن نرى من الشكل ٧-٧ بأنه أثناء فصل الصيف كان هناك فرق بسيط جداً في أشعة الشمس المتوفرة في المواقع الثلاثة، أما في الشتاء فقد ازدادت فترة شروق أشعة الشمس في لندن المركزية بشكل مادي، بحدود ٥٠٪. وتبدو هذه الزيادة كنتيجة لانخفاض إصدار الدخان الذي تبع قانون Clean Air Act.

الجدول ٧-٥. معدلات أشعة الشمس الساطعة, لندن ١٩٢١- ١٩٥٠ (Georgii 1970, Chandler 1965).

	الساعات في كل يوم		
	كانون الثاني	تموز	السنة
الريف المحيط	١,٧	٦,٦	٤,٣
الضواحي الخارجية	١,٤	٦,٥	٤,١
الضواحي الداخلية في مستوى عالي	١,٣	٦,٣	٤,١
الضواحي الداخلية في مستوى منخفض	١,٣	٦,٣	٤,٠
لندن المركزية	٠,٨	٦,٢	٣,٦

الجدول ٧-٥. معدلات أشعة الشمس الساطعة، لندن ١٩٢١- ١٩٥٠ (Georgii، 1970 Chandler، ١٩٦٥).

كما يفسر تحسن أحوال شروق أشعة الشمس في لندن أيضاً احتمال قدرة السياسة العامة على التحكم بالمناخ العمراني وتحسينه.



الشكل ٧ –٧ التوزيع السنوي لأشعة الشمس في مركز لندن وموقعين ريفيين أثناء الفترة من ١٩٥٨ – ١٩٦٧ (بعد التنظيف). كنسبة مئوية لمعدل الفترة من ١٩٣١ – ١٩٦٠ (قبل التنظيف) (١٩٧٠ – Georgii).

٨

آثار التصميم العمراني على المناخ العمراني

مقدمة:

يمكن أن تؤثر ميزات عديدة للبنية الفيزيائية للمدينة على المناخ العمراني. فنظراً لإمكانية التحكم ببنية المدينة عن طريق التصميم والتخطيط العمراني، بالإمكان تعديل المناخ العمراني من خلال السياسات والتصاميم العمرانية للأحياء والمدن الجديدة ككل. وبهذه التعديلات، من الممكن تحسين وضع الراحة بالنسبة للسكان في الداخل والخارج، والحد من حاجة الأبنية للطاقة من أجل التدفئة في الشتاء والتبريد في فصل الصيف.

وسنناقش في هذا الفصل الآثار العامة للميزات الفيزيائية التالية للمنطقة العمرانية على مناخها:

- موقع المدينة ضمن الإقليم.
- حجم المدن.
- كثافة المنطقة المبنية.
- تغطية الأرض.
- ارتفاع الأبنية.
- اتجاه وعرض الشوارع.

- التقسيم الفرعي لمجموعات الأبنية.
- تفاصيل التصميم الخاصة للأبنية والتي تؤثر على الأحوال الخارجية.

كما سنناقش في الفصل التاسع أثر الحدائق والمساحات الخضراء الأخرى على المناخ العمراني. وسنقدم في الجزء الثالث من هذا الكتاب تحت عنوان الخطوات الرئيسة للتصميم العمراني والبناء (الفصول ١٠-١٣) نصائح تتعلق بميزات التصميم الخاصة في مختلف المناخات.

موقع المدينة ضمن الإقليم:

قد يكون لموقع المدينة ضمن إقليم مفترض الأثر الأكثر استمراراً على المناخ العمراني وراحة السكان. وربما تتغير استخدامات الأرض مع الزمن، وقد يتم تدمير الأبنية وحتى الأحياء ككل وإعادة بنائها، بينما يبقى الموقع الجغرافي للمدينة موجوداً لقرون وألفيات عديدة. كما يحدد الموقع الأولي لمدينة جديدة أيضاً خيارات واتجاه امتدادها. فقد يحدد قرار تعيين الموقع غير الحكيم في هذه المرحلة، وحتى بالنسبة لمدينة صغيرة مبدئياً، لاحقاً الخاصية البيئية المستقبلية للكثافة السكانية الكبيرة جداً.

ولذلك ينصح بالحذر الشديد عند تعيين مواقع المدن الجديدة. إذ لابد أن يشكل التحليل المناخي للإقليم مظهراً هاماً في الاعتبارات الكلية التي تقود إلى اختيار مفترض لموقع معين.

وقد تختلف المواقع المختلفة في إقليم مفترض إلى حد كبير في درجات حرارتها، أحوال الرياح فيها، والرطوبة، والندى، الضباب، شيوع الانعكاس، وما إلى ذلك. وقد تنشأ هذه الاختلافات عن الفروق في البعد عن البحر، الارتفاع، اتجاه المنحدرات، والطبوغرافية العامة للمنطقة.

آثار الارتفاع والسلاسل الجبلية:

عندما يرتفع الهواء الرطب فوق المنحدرات المعاكسة لاتجاه الريح لأحد الجبال، يبرد هذا الهواء وتتكثف رطوبته إلى غيوم مؤدية إلى حدوث ندى. وعلى أي حال

فعندما يمر مجرى الهواء فوق قمة السلسلة الجبلية، يغرق وترتفع درجة حرارته. وتتبخر قطيرات الماء في الغيوم وبذلك يمنع الندى. وبالتالي فإن هناك فروق كبيرة جداً في أحوال التلبد بالغيوم، الندى، والرطوبة بين المنحدرات المتجهة باتجاه الريح والمعاكسة لها. وتظهر هذه الفروق أولاً في سرعة الريح، التلبد بالغيوم، والندى، في المنحدرات التي تتجه بعكس الريح والأكثر أمطاراً أو رياحاً، بينما تكون المنحدرات في الجانب الآخر من حافة الجبل جافة وأقل رياحاً.

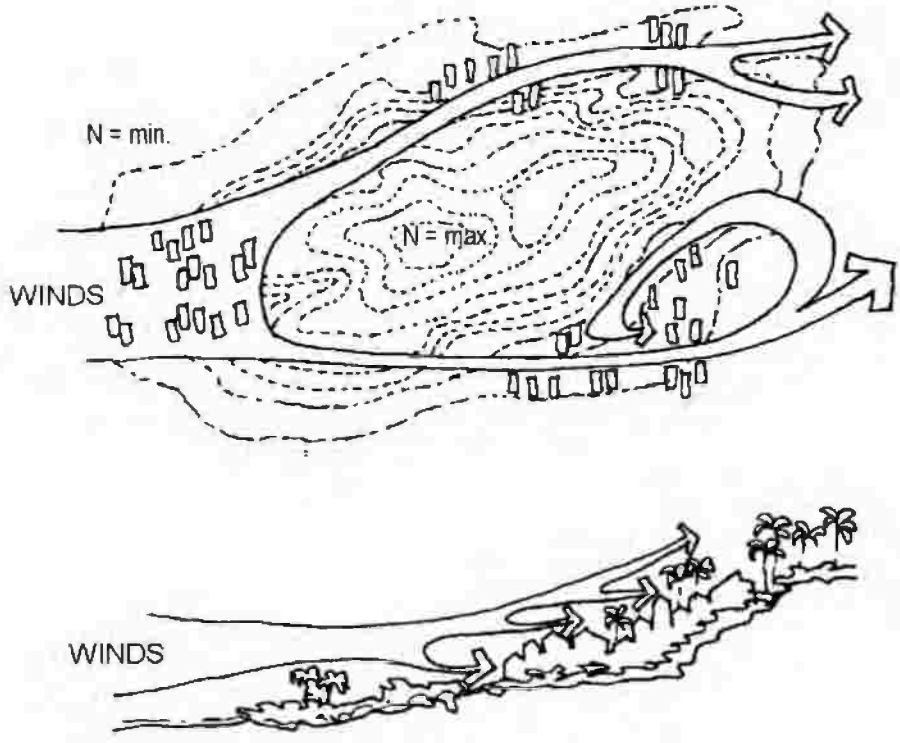
وقد تسبب الاختلافات في الارتفاع فروقاً هامة في درجة الحرارة فوق مسافات قصيرة، بسبب التغيرات في ضغط الهواء. إذ تهبط عادة درجة حرارة الهواء عندما يصعد الهواء 1°C (1,8 °F) لكل ١٠٠م ارتفاع (٣٢٨') وعندما ينخفض الهواء، ترتفع درجة حرارته بنفس الدرجة، (درجات هبوط ثابت الحرارة adiabatic lapse للتبريد والتدفئة).

إلاأن هذه التغييرات في درجة حرارة الهواء قرب مستوى الأرض أثناء ساعات النهار تكون أصغر من درجة هبوط ثابت الحرارة. فعندما ترتفع كتلة الهواء فوق منحدر تضاريسي، يتم تعويض تبريد ثابت الحرارة عن طريق امتصاص الحرارة من الأرض الأكثر دفئاً. وبالتالي تكون درجة التبريد الفعلية قرب الأرض غالباً حوالي ٠,٨°C فقط (١,٤°F) لكل ١٠٠م ارتفاع (٣٢٨').

كما يؤثر البعد عن البحر على درجة حرارة الهواء. فقرب الأجسام الكبيرة من الماء تكون مجالات درجة الحرارة اليومية والسنوية أصغر منها في مناطق الجزر. ولذلك تكون درجات الحرارة صيفاً ولاسيما أثناء النهار أدنى قرب البحر. ولكن هذه التغييرات ليست طولية. فعلى سبيل ٢٠كم (١٢.٤ميل) من البحر تقريباً، تظهر فروق كبيرة في المجال اليومي في مسافات قصيرة نسبياً. وخلف هذا المجال يصبح الأثر المعدل للبحر أصغر. ولذلك يحظى هذا العامل بقدر من الأهمية بالنسبة للمدن الواقعة على السهول الساحلية.

أثر الطبوغرافية المحلية على أحوال الريح:

قد تؤثر الاختلافات المحلية في الطبوغرافيا إلى حد كبير على أحوال الريح. إذ تشهد المنحدرات المعاكسة للريح لإحدى الهضبات سرعات ريح أعلى بكثير من المنحدرات المتجهة باتجاه الريح. ونوضح في الشكل ٨-١ (المأخوذ من Carmona ١٩٨٤) أثر الطبوغرافية على التعرض للريح المحلية.



الشكل ٨-١ توضيح تخطيطي لأثر الطوبوغرافيا على التعرض للريح المحلية (Carmona ١٩٨٤).

وقد يشهد الوادي الفسيح المحاط بالجبال أحوال تهوية ضعيفة، تعاقب كبير لانعكاسات درجة الحرارة ليلاً، وإمكانية تلوث الهواء المرتبطة بذلك. بينما قد يعاني الوادي الضيق الذي يواجه الريح التي تركز على جريان الهواء والسكان، وخاصة في الأقاليم الباردة، من سرعة الريح الزائدة. ومن جهة أخرى، ففي الأقاليم الدافئة ـ الرطبة حيث تعد التهوية الطبيعية غاية في الأهمية بالنسبة للراحة وحيث قد تكون سرعة الريح العامة متدنية، قد تفضل هذه المواقع التي تكون فيها الرياح أشد.

وهكذا ففي الأودية الطويلة الضيقة وشديدة الانحدار في المناطق الجبلية، يمكن أن نلحظ ظاهرة الرياح الـ Katabatic ليلاً بشكل متكرر. وتنشأ هذه الرياح نتيجة الهواء المنخفض على طول منحدرات الجبل، والتبريد بالاحتكاك مع الأرض (المبردة بالإشعاع الموجي الطويل إلى السماء)، والصب في الأودية. وتكون هذه الرياح عادة خفيفة، ولكن في المناطق الحارة التي لاتهب فيها رياح إقليمية ليلاً، يمكن أن تصبح هذه الرياح هامة جداً فيما يتعلق براحة السكان المحليين.

معيار الراحة بالنسبة لاختيار المواقع:

يعتمد المعيار الفعلي لاختيار موقع معين لمدينة ما ضمن إقليم مفترض بالطبع على طبيعة المناخ. إذ يكون للأقاليم الحارة والباردة أهداف متناقضة. ففي إقليم بارد على سبيل المثال، قد تكون الحماية من الرياح أحد هذه المعايير، أما في الإقليم الحار، ولاسيما في الأقاليم الحارة ـ الجافة، قد تعطى الأفضلية لمواقع يكون فيها التعرض للريح أعظمي.

فعند تحديد موقع مدينة جديدة، يتكرر ظهور حالة يكون فيها المناخ غير مريح في المكان الذي يتمتع بإمكانية اقتصادية طبيعية، مثل الرواسب المعدنية أو شاطئ بحر مناسب كميناء. وفي حالات عديدة، يمكن أن يحدد موقع المدينة المخصصة لاستغلال هذه الإمكانية على ارتفاع أعلى بمسافة معينة، أي في موقع يتمتع بمناخ أفضل، ومتصل بالأسواق التجارية بوساطة وسائل نقل عامة ملائمة وسريعة.

وسوف يضمن مثل هذا الاختيار وضع راحة أفضل في الليل للأشخاص الذين يعملون في المواقع الأكثر حرارة وأحوال معيشة أفضل للأشخاص الذين يقيمون في المنزل أو يعملون في مهن لاتتطلب قرب فيزيائي من المصدر الطبيعي.

وهكذا سيعزز اختيار موقع يتمتع بمناخ طبيعي أفضل وضع الراحة، الصحة، وإنتاجية السكان، ويقصر طول الفصول التي تحتاج إلى التدفئة أو التبريد، ويحد من طلب للطاقة حتى عندما تظهر الحاجة للتدفئة أو التبريد.

ومن المهم أن نتذكر بأن الأحوال المناخية الطبيعية لموقع معين تكون ثابتة، وستؤثر على راحة السكان المحليين طالما بقيت المدينة قائمة. ولذلك فإن اختيار منطقة غير مريحة كموقع لمدينة ما لايقلل فقط من قوة جاذبيتها، ولاسيما فيما يتعلق بالسكان القادرين على اختيار مكان إقامتهم بحرية، ولكنه قد يؤدي أيضاً إلى استهلاك الطاقة بشكل أكبر وإلى تكاليف أعلى للتدفئة و/أو التبريد.

كما يمكن أن يخلق تساقط الأمطار الغزيرة المصحوبة بالعواصف الريحية أحوالاً مناخية عمرانية مزعجة جداً. ونستطيع الحصول على الفائدة في العديد من الأماكن، فيما يتعلق بالأحوال المناخية العمرانية، عن طريق استغلال منحدرات السلاسل الجبلية الموافقة لاتجاه الريح والقليلة الأمطار للاستقرار العمراني.

استخدامات الأرض الزراعية واعتبارات الموقع العمراني:

يمكن أن تلاحظ تغيرات كبيرة في العديد من الأقاليم في الندى السنوي على ارتفاع مسافات قصيرة ضمن إقليم مفترض. وقد يكون لهذه التغيرات تأثير حاسم على القدرة على تعزيز المروج الطبيعية و/أو الأرض الزراعية المغذاة بالأمطار، ولاسيما في البلدان النامية.

فعلى سبيل المثال، يمكن أن تسبب السلسلة الجبلية على ارتفاع متوسط حتى، والمتعامدة مع اتجاه الريح أثناء الفصول الممطرة، تغيرات حادة في الترسب على

منحدراتها المعاكسة والموافقة لاتجاه الريح، ويمكن أن تلاحظ هذه التغيرات الحادة في العديد من الأقاليم على ارتفاع مسافات تبلغ بضعة كيلومترات فقط، كما يحدث على طول جبال أورشليم Jerusalem في إسرائيل أو سلسلة الهضاب على طول منطقة الشرم Bay Area (بيكيرلي Bekerley) في كاليفورنيا.

ويحظى هذا التوزيع المكاني للندى بأهمية خاصة فيما يتعلق بتخطيط الموقع العمراني في البلدان التي تتبع سياسة قومية لزيادة المحافظة على الأرض الزراعية والمروج. حيث يزيد التطوير العمراني قيمة الأرض بشكل كبير ليس فقط في المنطقة العمرانية بل في المناطق الريفية أيضاً حول المساحة المخصصة للتطوير العمراني. وتخلق هذه العملية ضغطاً قوياً من مجموعات عديدة مهمة لتوسيع المساحة العمرانية وتحويل الأرض من أرض زراعية لاستخدامها في التطور العمراني.

وكلما كان هناك اختيار لموقع المدينة الجديدة إما على المنحدرات المعاكسة للريح أو الموافقة للريح لسلسة جبلية ما، حيث تظهر فروق كبيرة في الندى على جانبيها، قد يشكل الموقع الموافق للريح وسيلة فعالة لمنع تحويل الأرض الملائمة للزراعة مستقبلاً وتحويل استخدامها إلى استخدامات عمرانية.

المخاطر الطبيعية في تحديد الموقع العمراني:

تميل العديد من المناطق الساحلية، ولاسيما خطوط العرض الاستوائية وشبه الاستوائية، للعواصف الاستوائية والأعاصير. وتكون هذه العواصف مصحوبة بندى ثقيل جداً وكذلك بارتفاع كبير لمستوى البحر على طول الشاطئ، والذي ينشأ عن الرياح الشاطئية القوية. كما تسبب الفيضانات الناشئة عن الندى الثقيل غالباً فقدان الحياة وتلحق الأذى بالممتلكات حول العالم. وحيث تستطيع التغييرات في الطبوغرافيا إما الحد من الفيضانات ومخاطر تموج البحر أو زيادتها، لابد أن تأخذ هذه التغييرات بعين الاعتبار وبحذر عند اتخاذ القرارات المتعلقة بتحديد موقع المدن الجديدة، أو توسيع المدن القائمة.

وكذلك يمكن حفظ أعماق الوادي، وإن كانت قليلة العمق حتى، لإفراغ ماء المطر الجاري فوق سطح الأرض، ولابد أن تكون استخدامات الأرض الموزعة عليها ملائمة لهذه الوظيفة (كالمراعي أو المساحات المفتوحة الخضراء مثلاً) (Davis 1984، Lyons ١٩٨٤).

ولقد قام Davis (١٩٨٤) بتصنيف وسائل التخطيط للتعامل مع المخاطر الطبيعية إلى ثلاث مجموعات هي: المنع، التلطيف، والإعداد. إذ ينبغي أن تهدف وسائل التصميم العمراني بالطبع إلى منع المخاطر الطبيعية في المقام الأول وإلى تلطيف تأثيرها في حال حدوثها.

ويقترح Lyons (١٩٨٤) بأنه في مناطق الفيضانات، يمكن رفع القرى ١-٢م تقريبياً فوق مستوى الأرض الطبيعية، وذلك بالإضافة إلى استخراج برك السمك في هذه القرى، والتي يمكن أن تسهم في تغذية السكان ووضعهم الاقتصادي. وعلى أي حال فإن هناك مشكلة لابد من أخذها بعين الاعتبار عند التفكير بذلك وهي كيفية منع اندفاع السمك خارج البرك أثناء الفيضانات.

وسنناقش في الفصل الحادي عشر قضايا التصميم العمراني المرتبطة بالمخاطر الناشئة عن الفيضانات والعواصف الاستوائية.

أثر حجم المدن على جزيرة الحرارة العمرانية:

من المألوف أن نلاحظ في المدن الكبرى درجات حرارة ليلية للهواء أعلى بـ ٣-٥°F (5.4-9°C) من المناطق المحيطة، وفي الحالات الشديدة تكون أعلى بحوالي ٨°F (14.4°C). أما أثناء ساعات النهار على أي حال، يكون هذا الفرق في درجة حرارة الهواء بين المدينة والمنطقة المحيطة بها أصغر - أي بحوالي ١-٢ درجة - وتكون درجات الحرارة أثناء النهار غالباً في المنطقة المكتظة بالمباني أدنى منها في الأرض المفتوحة.

فكلما كانت المدينة أكبر وأكثر كثافة، كلما كان الفرق أعظم في درجة حرارة الهواء والذي يلاحظ عادةً بين مركز المدينة والمساحة المحيطة أثناء ساعات الليل. ولقد واجهت محاولات تصوير هذا الأثر كمياً صعوبات في التعبير عن حجم وكثافة المدينة بالتعابير العددية. إذ يعتمد عاملين من العوامل المسببة لظاهرة جزيرة الحرارة على حجم وكثافة السكان، بالإضافة إلى مقياس المعيشة فيها (مثل حركة المرور، شدة التدفئة شتاءً والتكييف الهوائي صيفاً، والمنشآت الصناعية). بينما تعتمد عوامل أخرى على حجم المنطقة العمرانية المبنية، كثافة البناء، وتفاصيل التخطيط، مثل درجة ارتفاع حرارة المنطقة بفعل الشمس، ودرجة برودتها ليلاً كنتيجة للإشعاع الموجي الطويل المنبعث باتجاه السماء.

كما تعتمد نماذج درجة الحرارة اليومية في أي موقع مفترض في مدينة ما على الأحوال المحلية، فيما يتعلق بتغطية الأرض بالأبنية وارتفاعها حول موقع أخذ القياسات، طبيعة سطح الأرض (أسطح صلبة، مروج، أشجار، أحوال التظليل)، تعرض الموقع للريح الإقليمية، وغير ذلك. وبالاستناد إلى هذه الصفات المحددة، يمكن أن يكون أي موقع محلي أكثر دفئاً أو برودة من المنطقة المحيطة، ولقد أظهرت العديد من الدراسات فعلياً إمكانية تطوير جزر الحرارة المحلية حتى في منطقة عمرانية صغيرة نسبياً. وسنعرض في المقطع التالي مناقشة أكثر تفصيلاً حول أثر كثافة الأبنية وتغطية الأرض.

ويمتزج الهواء الأكثر دفئاً فوق جزر الحرارة الصغيرة في النهاية مع كتلة الهواء العمراني مؤدياً بذلك إلى ارتفاع بطيء «للهواء المحيط» الذي يجري عبر المدينة مع اتجاه الريح. ولذلك، وعلى الرغم من أن مناشئ جزيرة الحرارة العمرانية قد تكون عبارة عن جيوب صغيرة، إلاأن أثرها يتراكم لإنتاج ذروة ارتفاع درجة الحرارة قرب مركز المدينة. وفي معظم الحالات، تزداد كثافة الأبنية والأنشطة المنتجة للطاقة في مراكز المدن أيضاً مع حجم المدينة، وهكذا فإن هناك علاقة منطقية بين حجم المدينة وشدة جزيرة الحرارة في مركز المدينة. ولقد ظهرت إمكانية ربط الآثار

المجتمعة لجيوب الحرارة المستقلة إحصائياً بحجم الكثافة السكانية (P) في المدينة، كما يتم قياسها بواسطة الفرق الأعظمي بين المركز العمراني والأرض المفتوحة (dT). وعلى أي حال تنخفض جزيرة الحرارة كلما كانت الريح الإقليمية (U) أقوى. ولذلك فقد استنبط oke (١٩٨٢) الصيغة التالية:

$$dT = P1 / 4 / (4 * U) 1/2$$

حيث:

dT = شدة جزيرة الحرارة.

P = الكثافة السكانية

U = سرعة الريح الإقليمية (s/m).

ويعد حجم المدينة معياراً يسهل تحديده والحصول عليه. ومن جهة أخرى تعتبر كثافة الأبنية، على الرغم من علاقتها السببية المباشرة أكثر بجزيرة الحرارة العمرانية، ميزة عمرانية معقدة، وفي المدن تظهر صعوبة كبيرة في تحديدها بطريقة صحيحة بالنسبة لعلم المناخ العمراني. ولذلك من المناسب استبدال حجم الكثافة السكانية للمدينة بكثافتها.

الآثار المناخية لكثافة المنطقة المبنية:

يمكن أن تنشأ كثافة عمرانية مفترضة عن ميزات التصميم المستقلة، والتي تؤثر على المناخ العمراني بطرق مختلفة مثل:

- جزء الأرض المغطى بالأبنية في منطقة عمرانية ما (تغطية الأرض).
- المسافات بين الأبنية.
- الارتفاع المتوسط للأبنية.

كما يعتمد أثر الارتفاع المتوسط للأبنية على التهوية العمرانية، بالتالي، إلى حد كبير على ترتيبات الأبنية مع ارتفاعات مختلفة في المنطقة العمرانية. ويعد هذا صحيحاً بشكل خاص فيما يتعلق بتوزيع الأبنية عالية الارتفاع بحسب اتجاه الريح.

وتؤثر كثافة المناطق المتعددة المبنية في مدينة ما على المناخ المحلي في كل من المناطق العمرانية المنفصلة. وبتأثيرها المتراكم تحدد الكثافة الكلية التعديل الذي سيقع على المناخ الإقليمي عن طريق التعمير (urbanization). وتحدث مثل هذه التعديلات بشكل رئيسي في أحوال الريح، درجة حرارة الهواء، التوازن الإشعاعي، والإضاءة الطبيعية، بالإضافة إلى شيوع واستمرار الضباب والتلبد بالغيوم.

كما تعدل الأبنية أحوال الريح، التوازن الإشعاعي، ودرجة الحرارة قرب مستوى الأرض. وبشكل خاص، لايمكن أن تكون الأرض المغطاة بالأبنية مزروعة. ولذلك، يعد جزء الأرض المغطى بالأبنية في منطقة مفترضة عاملاً هاماً في تقدير الأثر المناخي للتعمير. وعلى أي حال يمكن لبعض التفاصيل المعمارية للأبنية، ولاسيما لون الأسطح (القدرة على الانعكاس)، اتجاه أثر الأبنية على درجة الحرارة والتوازن الإشعاعي العمراني بشكل كامل.

وتؤثر المسافات بين الأبنية، سواء أكانت عبر الشوارع أو داخل مجموعة أبنية عمرانية، بشكل كبير على أحوال التهوية، في الخارج والداخل معاً. بينما تؤثر المسافات بين الأبنية على طول المحور الشمالي ـ الجنوبي على تعرض الأبنية للشمس واحتمال الإضاءة النهارية واستخدام الطاقة الشمسية لتدفئة المكان والماء.

وكذلك يؤثر الارتفاع المتوسط للأبنية، مع كثافة ونموذج مفترضين لتغطية الأرض، بشكل رئيسي على التهوية العمرانية. فمع النموذج ذاته لتغطية الأرض، تخفض الأبنية الأعلى سرعة الريح في مستوى الأرض أكثر من الأبنية الأقل ارتفاعاً. وعلى أي حال يمكن تعديل أثر الارتفاع المتوسط للبناء عن طريق الارتفاع النسبي للأبنية المجاورة. ففي قسم عمراني بأبنية متساوية الارتفاع تقريباً، يمكن أن

تختلف أحوال الريح قرب مستوى الأرض تماماً عن الأحوال القائمة في منطقة بنفس الارتفاع المتوسط ولكن دون وجود مزيج من الأبنية العالية والمنخفضة قريبة من بعضها البعض.

كما يتعمد أثر مستوى مفترض للكثافة إلى حد كبير على تفاصيل البنية الفيزيائية العمرانية. ويمكن أن يعدل لون الأسطح والجدران (المتحكم بالانعكاس والقدرة على امتصاص الإشعاع الشمسي)، وحجم وشكل الأبنية ومواقعها النسبية (المؤثرة على حقل الريح العمرانية)، بشكل خاص أثر الكثافة هذا وأن تغير حتى اتجاه أثر الكثافة الأعلى، من أثر تدفئة إلى أثر تبريد. وكذلك يمكن أن تتأثر هذه الميزات بالمصممين العمرانيين والمعماريين في مراحل التصميم العمراني والبناء.

أثر تغطية الأرض بالأبنية على درجة حرارة الهواء:

كما ذكرنا في القسم السابق، تظهر التعديلات في درجة الحرارة في مدينة ما بشكل رئيسي في ظاهرة «جزيرة الحرارة»، ولاسيما أثناء الليالي الصافية والهادئة، عندما تكون درجة حرارة الهواء العمراني عادةً أعلى من درجة حرارة الأرض المفتوحة المحيطة. وينشأ ارتفاع درجة الحرارة هذا جزئياً عن درجة التبريد الأدنى لكتلة البناء (نسبة إلى درجة تبريد الأماكن المفتوحة) وإطلاق الطاقة الشمسية ليلاً والتي تم امتصاصها في الأبنية أثناء ساعات النهار.

وتنتج الكثافة الأعلى للأبنية في بضعة أشجار وأنواع أخرى من النباتات. فيكون للنبات درجة أدنى من التدفئة أثناء ساعات النهار ودرجة تبريد أعلى أثناء الليل، مقارنة مع مواد البناء وأسطح أخرى عمرانية صلبة. ولذلك، كلما كانت هناك نباتات أقل كلما كانت درجة الحرارة العمرانية أعلى. وسنناقش في الفصل التاسع بالتفصيل آثار المناطق المزروعة بالنبات على المناخ العمراني.

وهناك عامل آخر يساهم في جزيرة الحرارة العمرانية وهو الحرارة المتولدة داخل المنطقة العمرانية عن طريق التنقل، التدفئة، التكييف الهوائي، الطهي،

وعمليات صناعية ومنزلية أخرى مولدة للحرارة. وتؤدي كثافة الأبنية (التجارية) عالية الارتفاع في مراكز المدينة إلى توليد مركز للحرارة من الإضاءة الكهربائية الداخلية، استنفاذ الحرارة (exhaust) عن طريق توليدها من حركة المرور العالية الناتجة عن استخدام الأرض عالية الكثافة ـ وهي عوامل تسهم في حقيقة ظهور شدة جزيرة الحرارة الأعلى عادة في مراكز المدن.

أما في حالة استنفاذ الحرارة (الرفض rejection) عن طريق أنظمة التكييف الهوائي المركزية للأبنية عالية الارتفاع، فقد يحدث موقع الرفض (المكثفات) تأثيراً على درجة حرارة الهواء العمراني قرب مستوى الأرض. حيث ترفض المكثفات في المستوى المنخفض (بارتباطها بالشارع) الحرارة قرب مستوى الشارع، فتؤدي إلى زيادة عدم ارتياح المشاة في فصل الصيف. ومن جهة أخرى، ترفض المكثفات الموضوعة في مستوى السقف الحرارة عالياً فوق الشوارع، مع إحداث تأثير صغير على درجة حرارة الهواء قرب مستوى الأرض.

ولقد أجريت محاولات عديدة للتعبير عن شدة جزيرة الحرارة كوظيفة لإحدى الميزات الفيزيائية العمرانية المحددة. وهكذا فقد عبر Oke (١٩٨١) عن شدة جزيرة الحرارة العمرانية كوظيفة لعامل رؤية السماء (Sky View Factor).

وتعكس جزيرة الحرارة، وهي تعد ظاهرة ليلية غالباً، الحقيقة التي تقضي بأن المنطقة العمرانية تكون أقل حساسية من المنطقة الريفية المفتوحة تجاه العوامل التي تحدث درجة عالية من التبريد ليلاً، ولذلك ثبت حدوثها في الليالي الصافية الساكنة مع انعكاسات قوية في درجة الحرارة. وهكذا تتجلى إحدى نتائج جزيرة الحرارة في التعاقب الأدنى للانعكاسات في المناطق العمرانية، وذلك بالمقارنة مع الأرض المحيطة. حيث تنشأ أحوال الهبوط داخل «القبة العمرانية» في الليل (حيث تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاع) تحت طبقة الانعكاس الإقليمية.

أما فيما يتعلق بالأحوال النهارية، يفترض بشكل شائع بأن درجة الحرارة العمرانية أعلى من الريفية، بسبب نقص النباتات ونتيجة للحرارة المتولدة في المدينة، على الرغم من أن الفروق الملاحظة تكون أصغر منها في الليل.

وعلى أي حال، من الممكن أن تستنتج من النواحي النظرية، وكذلك من القياسات الفعلية في الأبنية ومن حولها، بأنه قد يكون بالإمكان تخطيط المدن، ولاسيما في الأقاليم الحارة ـ الجافة، بحيث تكون درجة حرارة الهواء المحيط أثناء ساعات النهار أدنى بشكل كبير منها في الريف المحيط. ويعد albedo المتوسط لمساحة المدينة ككل عامل التخطيط الرئيس الذي يمكن بواسطته إجراء مثل هذا التعديل على درجة الحرارة العمرانية.

وقد تعكس المنطقة المبنية بكثافة، مع جزء كبير من الأرض المغطاة بالأبنية ذات الأسطح والجدران البيضاء، إلى السماء معظم الإشعاع الشمسي ـ أي كل الإشعاع الساقط على الأسطح وحوالي نصف الإشعاع الساقط على الجدران. ويمكن لتشكيل عمراني كهذا خفض درجة حرارة الهواء قرب الأرض دون درجة حرارة الهواء في الريف المفتوح.

وسنناقش في الفصل العاشر احتمال خفض درجة الحرارة العمرانية في مناخ حار ـ جاف عن طريق تصميم أحياء عالية الكثافة بطريقة صحيحة.

أثر الكثافة العمرانية وارتفاع البناء على التهوية العمرانية:

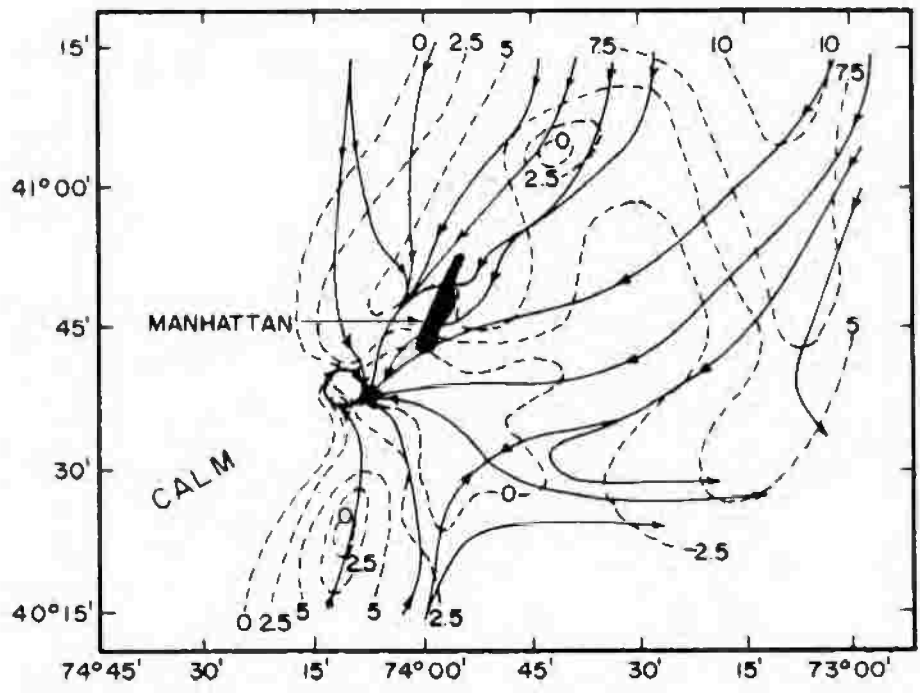
تؤثر الكثافة على أحوال التهوية في الشوارع وكذلك أيضاً على احتمال التهوية الطبيعية للأبنية. ويعتمد هذا الأثر على أي حال، وبشكل كبير على تفاصيل البنية الفيزيائية العمرانية. وبالإمكان الحصول على مجال واسع لأحوال الريح، وحتى في المنطقة المكتظة بالمباني، عن طريق تطبيق مختلف طرق التصميم العمراني. وفي الواقع، بالإمكان وجود منطقة عمرانية ذات كثافة عالية، نحصل عليها عن طريق

وجود مزيج من الأبنية المنخفضة والعالية الارتفاع، مع أحوال تهوية أفضل منها في منطقة ذات كثافة أقل ولكن أبنيتها على ارتفاع واحد.

ويفترض عادة بأن تحد الزيادة في كثافة البناء من جريان الهواء في المنطقة العمرانية، وذلك نتيجة الاحتكاك المتزايد قرب الأرض. وعلى أي حال يعتمد هذا الأثر بشكل رئيسي على التفاصيل الفيزيائية العديدة للحيز العمراني، بما فيها تكييف اتجاه الشوارع والأبنية وفق اتجاه الريح. ولذلك فمن الممكن الحصول على مجال واسع لأحوال التهوية بالنسبة لمستوى مفترض من الكثافة.

وتتجلى العوامل الرئيسة التي تحدد أثر الكثافة العمرانية على سرعة الريح العمرانية في الارتفاع المتوسط للأبنية والمسافة بينها. وعلى أي حال تعد الفروق في ارتفاعات الأبنية المتجاورة العامل الأهم فيما يتعلق بارتفاع البناء من منظور التهوية العمرانية. فبينما تخفض الأبنية سرعة «الريح الإقليمية» قرب مستوى الأرض، تخلق الأبنية المنفردة المرتفعة عن الأبنية من حولها تيارات هواء قوية في المنطقة.

كما يخلق وجود مدينة ما تيارات هوائية بأحجام مختلفة، تنشأ عن درجة الحرارة المعدلة في المساحة العمرانية. وتسبب جزيرة الحرارة فوق إحدى المدن - والتي يعبر عنها مبدئياً باعتبارها جسم من الهواء الساخن في مساحة المدينة وفوقها - ارتفاع تدريجي للهواء الساخن في مركز المدينة، وجريان مركزي للهواء الأبرد، قرب الأرض، من المناطق المحيطة باتجاه المركز. وكظاهرة جزيرة الحرارة بحد ذاتها، يحدث جريان الهواء هذا أيضاً مبدئياً في الليل، ولاسيما في الليالي الصافية التي لاتهب فيها الرياح الإقليمية. فكلما كانت المدينة أكبر وأكثر كثافة، كلما كانت هذه الظواهر أشد. ويذكر (Munn WM، ١٩٧٠) قياسات ميدانية عديدة لنماذج جريان الهواء في المدن ومن حولها حيث لوحظت هذه الظاهرة. ونبين في الشكل ٨-٢ مثالاً عن اتجاهات جريان الهواء، كما لوحظت حول مانهاتن Manhat-tan (مدينة نيويورك).



الشكل ٨-٢. مثال عن اتجاهات جريان الهواء كما لوحظت في مانهاتن Manhat-ten، مدينة نيويورك (أخذت عن Munn ١٩٧٠).

وفي المدن التي لايكون فيها نموذج الكثافة دائرياً (أي متحد المركز)، وحيث تتألف المنطقة العمرانية من «رقع» ذات كثافات عالية ومنخفضة، مع وجود أماكن مفتوحة منثورة بينها وداخلها، يكون نموذج جزيرة الحرارة العمرانية وتيارات الهواء المرتبطة بها غير منتظم. حيث يعقد حقل درجة الحرارة المعقد نماذج جريان الهواء المحثوث حرارياً. كما يتم تعديل نماذج تيارات الهواء المحثوثة حرارياً بالطبع عن طريق الطبوغرافيا والاحتكاك المتبدل الذي ينتج عن الأبنية ذات الأحجام والكثافات المختلفة.

أما أثناء الساعات التي لاتهب فيها رياح إقليمية، قد تخلق تيارات الهواء هذه، والتي تخلقها المدينة بحد ذاتها، داخل الحيز العمراني سرعات دينامية ليلية أقوى

منها في الريف المحيط، كما لوحظ فعلياً في مدينة مكسيكو وكما هو مبين في الجدول ٧- وفي الأقاليم الحارة، بالإمكان تعزيز هذه التيارات الهوائية المركزية الليلية عن طريق التصميم العمراني، وذلك من خلال ترك أشرطة مفتوحة (منتزهات مفتوحة أو شوارع عريضة مثلاً)، تقودنا من المناطق ذات الكثافات المنخفضة أو الأماكن المفتوحة الخضراء النائية إلى المراكز ذات الكثافة العالية.

أما أثناء النهار، يتم خلق تيارات ريح محلية أيضاً في المدينة كنتيجة للتدفئة التفصيلية للجدران ذات الألوان المختلفة والاتجاهات المتعددة وذلك عن طريق الإشعاع الشمسي. إذ تزداد حرارة الهواء الآتي باتصاله بالجدران الأدفئ المشعة (وأجزاء الطرق) ويرتفع، بينما يغوص الهواء الآتي بالاتصال مع الجدران المظللة والأسطح الملونة نزولاً ويجري إلى داخل المنطقة التي يرتفع منها الهواء الأكثر دفئاً. وعلى أي حال، فهذه التيارات الهوائية هي تيارات ضعيفة من الناحية الكمية.

التأثيرات المناخية لاتجاه وعرض الشارع:

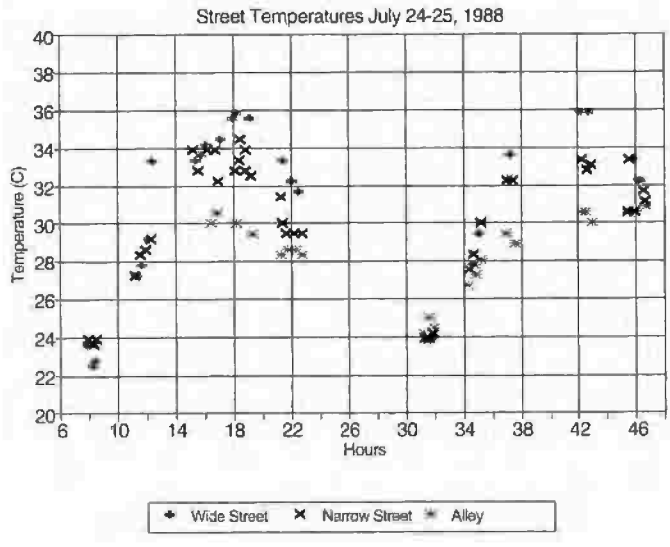
يحدد عرض الشوارع المسافة بين الأبنية على جانبي الشارع، مع إحداث تأثيرات على احتمال التهوية واستخدام الطاقة معاً. كما يحدد تخطيط الشوارع أيضاً بشكل كبير احتمال تهوية الأبنية بالإضافة إلى أحوال التهوية الخارجية.

تأثير عرض الشارع على درجات الحرارة أثناء النهار في مستوى الشارع:

تفترض نماذج جزيرة الحرارة العمرانية التي ناقشناها في الفصل السابع بأن الشوارع الأضيق، والتي تؤدي إلى نسبة أصغر للارتفاع إلى العرض (W/H) ومعاملات أصغر لرؤية السماء، تسبب شدة أعلى لجزيرة الحرارة العمرانية. وعلى أي حال فلقد تمت الإشارة إلى أن مفهوم جزيرة الحرارة العمرانية التقليدي يتعامل مع درجات الحرارة الليلية وبأن أثر عرض الشارع قد يختلف تماماً على درجات الحرارة أثناء النهار. وهناك العديد من الدراسات التجريبية التي تدعم هذا الاقتراح.

ففي تموز عام ١٩٨٨، أخذ الكاتب قياسات درجة حرارة الهواء أثناء يومين، على ارتفاع حوالي ١م (٣,٢٨')، في ثلاثة شوارع ذات عرض مختلف يتراوح من شارع عريض (Constitucion) إلى زقاق ضيق جداً (Reinoso)، بالإضافة إلى شارع منتزه عمراني (Murillo)، وفي مساحة كبيرة لتربة مجردة، في Seville، أسبانيا. وتم أخذ القياسات بـ sling psychrometer بين الساعة السادسة صباحاً والحادية عشرة مساءً. ويبين الشكل ٨-٣ النماذج في الشوارع الثلاث مع نسب مختلفة للارتفاع - إلى - العرض.

إذ يمكن أن نرى في الشكل ٨-٣ بأنه في الصباح الباكر كانت درجة الحرارة في الشارع العريض هي الأدنى (وفقاً لنماذج جزيرة الحرارة العمرانية)، بينما أثناء باقي ساعات النهار، ولاسيما قرب الظهيرة وساعات ما بعد الظهيرة، انعكست نماذج درجات الحرارة. وكانت درجة الحرارة الأعلى هي تلك التي تم قياسها في الشارع الحديث العريض. بينما كانت درجة الحرارة الأدنى في الزقاق الضيق جداً، مع نسبة W/H تساوي حوالي ١٠.



الشكل ٨-٣. قياسات درجة حرارة الهواء، على ارتفاع حوالي ١م (٣٣ص) في Seville، إسبانيا.

ولقد أجريت دراسة شاملة حول أثر عرض الشارع، والإشعاع الشمسي الناتج الذي يصل إلى الأرض، من قبل Sharlin and Hoffman (١٩٨٤). إذ قاما بأخذ قياسات مستمرة في سبع «محطات» في منطقة تل أبيب Tel Aviv في إسرائيل، على طول حاجزين معترضين متساويي البعد عن البحر، خلال فترة امتدت ٢١يوم في صيف ١٩٧٩ وشتاء عام ١٩٨٠. حيث تم تمييز المحطات السبع بمؤشرات عددية مختلفة، عبر عن كل منها كنسبة للصفة الخاصة بمساحة العقدة. وكانت النسبة الأهم هي نسبة مساحة مغلف البناء Buildings Envelope إلى مساحة الموقع Site (BESA) ونسبة المساحة المظللة بشكل دائم Permanently Shaded حول الأبنية إلى مساحة العقدة (PSHA). وشملت الصفات الأخرى المساحة المرصوفة والمبنية الإجمالية، المساحة الخضراء، والكثافة السكانية المقدرة، ولكن أثرها لم يكن هاماً من الناحية الإحصائية.

ففي فصل الصيف، كانت تأثيرات كل من BESA و PSHA هامة في التأثير على درجات الحرارة العظمى والمجال اليومي. أما في الشتاء فقد كان تأثير BESA هاماً فقط. وكانت صيغ الارتداد لدرجات الحرارة المتوسطة والمجالات اليومية، والمحسوبة من البيانات، كالتالي:

فبالنسبة لفصل الصيف:

$$Tmax = 32.93 - 0.155 * (PSHA) - 0.0061 *(BESA)$$

$$Range = 11.05 - 0.148 * (PSHA) - 0.0011 *(BESA)$$

أما بالنسبة لفصل الشتاء:

$$Tmax = 19.1 - 0.011 *(BESA)$$

$$Range = 10.7 -0.023 * (BESA)$$

التأثيرات المناخية لاتجاه وعرض الشارع:

يؤثر اتجاه الشوارع على المناخ العمراني بطرق مختلفة:

- أحوال الريح في المنطقة العمرانية ككل.
- الشمس والظل في الشوارع وأرصفة المشاة.
- تعرض الأبنية للشمس على طول الشارع.
- احتمال تهوية الأبنية على طول الشوارع.

ويحدد اتجاه الشوارع النماذج السنوية واليومية للإشعاع الشمسي للأبنية على طولها وللمسافات بينها، مؤثراً بذلك على التعرض الشمسي للأبنية وراحة المشاة على هذه الشوارع. كما يحدد اتجاه الشوارع العمرانية غالباً اتجاه الأبنية على طول الشارع، والذي يؤثر بالتالي على تعرضها الشمسي وأحوال الإضاءة النهارية فيها.

وفي مناخ حار ـ جاف، تتجلى الأهداف الرئيسة المتعلقة بتخطيط الشارع في تأمين ظل أعظمي صيفاً للمشاة وأحوال الإضاءة النهارية فيها.

وتؤمن الشوارع الضيقة تظليل أفضل للمشاة على الأرصفة من الشوارع العريضة وذلك عن طريق الأبنية. وعلى أي حال، يمكن تأمين تظليل الأرصفة حتى في الشوارع العريضة عن طريق تفاصيل خاصة للأبنية أو عن طريق الأشجار.

وقد يؤدي تكييف اتجاه الشارع نحو الجنوب ـ الشمال إلى تكييف اتجاه الأبنية على طولها نحو الشرق ـ الغرب وبشكل يوازي الشوارع، والذي يسبب تعرض شمسي غير محبب لهذه الأبنية. إذ يفضل اتجاه الشرق ـ الغرب للشارع من منظور التعرض الشمسي.

أما في المناطق التي تعاني من الغبار، وهذا الأمر شائع في الأقاليم الحارة ـ الجافة، فقد تفاقم الشوارع العريضة الموازية لاتجاه الريح مشكلة الغبار في المدينة ككل. وبما أن اتجاه الريح في العديد من الأقاليم الحارة ـ الجافة يكون من الغرب،

فهناك خلاف بين اعتبارات الغبار والاعتبارات الشمسية فيما يتعلق بتكييف اتجاه الشارع. ويمكن حل هذا الخلاف عن طريق وسائل التصميم التي تهدف إلى إخماد مستوى الغبار العمراني في المدينة ككل.

أما في الأقاليم الحارة ـ الجافة، فإن الشأن الرئيس فيما يتعلق بالتهوية هو ضمان احتمال تهوية الأبنية أثناء ساعات المساء. فإلى الحد الذي نتمكن به من ضمان هذه التهوية عن طريق تصميم الأبنية بحد ذاتها (عن طريق استخدام ملاقط الريح catchers من نوع ما مثلاً)، يكون لتهوية الشارع أهمية ثانوية، على الرغم من تفضيل الرياح الخفيفة في الشوارع والأماكن المفتوحة، وذلك لتلطيف أثر التدفئة الشمسية. وفي الواقع، فأثناء ساعات النهار الحارة لاتكون الرياح القوية مرغوبة لأنها تزيد توليد الغبار. وتعد هذه المشكلة أكثر شيوعاً في العديد من البلدان النامية، حيث قد تكون العديد من الطرق غير مرصوفة.

التأثير المجتمع لاتجاه وعرض الشارع على التهوية العمرانية:

هناك في المناطق المبنية اختلافات كبيرة في سرعة الريح في الشوارع، وكذلك حول وبين الأبنية استناداً إلى العلاقة بين اتجاه الريح واتجاهات كل من الشوارع والأبنية. فعندما تكون الصفوف الطويلة للأبنية في مدينة ما متعامدة مع اتجاه الريح، يتم تأسيس مناطق محجوبة بين الأبنية حيث قد تكون سرعة الريح عبارة عن جزء صغير من السرعة فوق أسطح الأبنية، أو بالمقارنة مع سرعات الريح في الشوارع والموازية تقريباً لاتجاه الريح.

ومن جهة أخرى، فعندما تكون مجموعات الأبنية والشوارع موازية لاتجاه الريح، يمكن أن تهب الريح عبر المسافات بين الأبنية وعلى طول الشوارع، مع تراجع أصغر ينشأ عن الاحتكاك مع الأبنية. وفي هذه الحالة، ستكون هناك سرعات أعلى بكثير للريح في الشوارع، والأرصفة على طول الشارع، وفي المسافات المفتوحة بين الأبنية. وعلى أي حال، ففي هذه الحالة تتعرض الأبنية إلى ضغط الهواء ذاته تقريباً على الجانبين، وهو عامل يخفض احتمال التهوية الطبيعية للأبنية.

وهناك حالة خاصة عندما تكون الريح في وضع مائل بالنسبة للشوارع والأبنية على طولها (والمفترض أن تكون موازية للشوارع). فلو كانت الأبنية على ارتفاع متوسط، أي أعلى بحوالي ضعفي عرض الشوارع، ستكون سرعات وضغط الريح مختلفة جداً على جانبي الأبنية وعلى طول الأرصفة. وسيشهد المشاة على الرصيف في الجانب الموافق للريح على الشارع سرعة أعلى بكثير للريح من المشاة على الرصيف في الجانب المعاكس للريح. والسبب هو توليد الرياح لجريان أقوى للهواء الجاري باتجاه موافق لاتجاه الريح على طول الأبنية الموافقة للريح، ولاسيما قرب نقاط اتصالها مع الشوارع المتقاطعة. كما سيتأثر الرصيف الموافق للريح بشكل مباشر بجريان الهواء نحو الأسفل هذا، بينما ستتم وقاية الرصيف الآخر من الريح.

وعندما تكون شوارع المدينة موازية لاتجاه الريح، تخلق ممرات حرة من العوائق بين الأبنية، والتي يمكن من خلالها أن تتخلل الرياح السائدة إلى قلب المنطقة العمرانية. وفي هذه الحالة، وعندما تكون الشوارع أعرض، يواجه جريان الهواء مقاومة أقل من الأبنية على جانبي الشوارع، وهكذا يتم تحسين التهوية العمرانية. كما تحدث ظاهرة مشابهة عندما تقع الشوارع في زاوية صغيرة بالنسبة إلى الرياح السائدة.

أما عندما تكون شوارع المدينة متعامدة مع اتجاه الريح، وتكون الأبنية على طول هذه الشوارع عبارة عن صف طويل من الأبنية، يجري تيار الهواء الرئيس فوق الأبنية. ويعد جريان الهواء في الشوارع بشكل رئيسي نتيجة لتيار الهواء الثانوي، والذي ينتج عن احتكاك الريح التي تهب فوق المدينة مع الأبنية على طول الشوارع. وفي هذه الأحوال، بالكاد تتأثر تهوية الحيز العمراني بعرض الشوارع، وذلك داخل المجال الذي نجده في المناطق العمرانية.

وفي الأقاليم التي تكون فيها السرعات العليا للريح قرب الأرض أعلى، يمكن تعديل هذا الوضع إلى حد كبير عن طريق وضع الأبنية عالية الارتفاع في مواقع مناسبة. إذ تخلق هذه الأبنية مناطق للضغط العالي والمنخفض فوق المنطقة المبنية، مولدة بذلك تيارات عمودية مثيرة لكتلة الهواء العمراني.

وعندما تشكل الشوارع زاوية في اتجاه مائل للريح، يتم توزيع الريح بين عنصرين. حيث يتدفق الأول في اتجاه الشارع، ولكنه يتركز بشكل رئيسي على الجانب الموافق للريح من الشارع. بينما يسبب العنصر الثاني ضغطاً على الجانب المعاكس للريح من الأبنية. فعلى جانب الشارع المعاكس للريح، يكون جريان الهواء ألطف وتحيط منطقة من الضغط المنخفض بالبناء. وفي هذه الحالة، يحسن توسيع عرض الشوارع أحوال التهوية داخل الأبنية وفي الشوارع أيضاً.

ويعتمد تفضيل السرعات الأدنى أو الأعلى للريح بالطبع على الأحوال المناخية. وبشكل عام، ففي الأقاليم الحارة الجافة، تعد الحماية من أشعة الشمس أهم من التهوية (والتي تتطلب غالباً شوارع ضيقة). أما في الأقاليم الحارة ـ الرطبة فقد يكون العكس صحيحاً. بينما في الأقاليم الباردة، قد تشكل الحماية من الريح أحد الأهداف المناخية الرئيسة للتخطيط.

تأثير الكثافة العمرانية على الحاجة للطاقة واحتمال استخدام الطاقة الشمسية:

تعد آثار الكثافة العمرانية على الحاجة الإجمالية للطاقة لإحدى المدن معقدة ومتعارضة. فمن جهة تحث الكثافة العمرانية الأعلى النقل العام وتحد من الحاجة للنزهات باستخدام السيارات الخاصة ومن طولها، وبذلك تحد من إطلاق السيارات للغازات التي تزيد من تلوث الهواء في «مظلة» الهواء العمراني. كما تحد أيضاً من طول الشوارع الذي لابد أن يلائم عدداً مفترضاً من السكان. ويؤدي ذلك بالتالي إلى تقصير طول مرافق البنى التحتية، مثل طول المجاري والتزويد بالمياه، بحيث تحد من الطاقة اللازمة للضخ، بالإضافة إلى الحد الرئيس من الطاقة اللازمة للنقل «الأفقي».

كما تعني الكثافة العمرانية الأعلى أيضاً الأبنية المؤلفة من عدة طوابق وعدة وحدات، بحيث تؤدي إلى الحد من المساحة الكلية لمغلف البناء وخسارة الحرارة من

الأبنية. ويؤدي ذلك إلى حاجة أقل للطاقة من أجل التدفئة في فصل الشتاء. وعلى أي حال تتضمن الأبنية عالية الارتفاع أيضاً مصاعد، مؤدية بذلك إلى زيادة الحاجة للكهرباء للنقل «العمودي».

وفي المدن التي تتوفر فيها مصادر محلية لهدر الحرارة ـ من الصناعات أو محطات الطاقة «للتوليد المشترك» على سبيل المثال ـ تكون التدفئة والتبريد المنزليين (عن طريق أجهزة التبريد بالامتصاص مثلاً) ذات جدوى أكبر عندما تكون الكثافة أعلى.

ومن جهة أخرى، فقد تعوق الكثافة العمرانية الأعلى، والأبنية الأكبر والأكثر ارتفاعاً، أحوال التهوية العمرانية وتزيد الحاجة للتكييف الهوائي صيفاً، كما تزيد من شعور سكان المدينة بعدم الارتياح.

كما يتم تخفيض احتمال التهوية الطبيعية أيضاً بشكل عام في المناطق عالية الكثافة، بحيث تزيد الحاجة للإضاءة الكهربائية وشحنة التكييف الهوائي لإزالة الحرارة الناتجة من الإضاءة الكهربائية. وعلى أي حال، فلابد من الإشارة إلى أنه في الواقع وفي الوقت الحاضر، تعتمد معظم الأبنية المكتبية غالباً بشكل كامل على الإضاءة الكهربائية في أي حال، وحتى عندما يظهر احتمال الإضاءة الطبيعية. وقد تتغير هذه الممارسة مستقبلياً بسبب التكلفة المتزايدة للكهرباء.

كما يحدد اتجاه الشوارع فيما يتعلق باتجاه «الشمال»، وعرضها أحوال الظل وشروق الشمس على واجهات الأبنية وعلى الأرصفة الممتدة على طول الشوارع. ويؤثر ذلك على أحوال الشمس ودرجة الحرارة داخل الأبنية بالإضافة إلى إمكانيات حماية المشاة من أشعة الشمس على الرصيف صيفاً، أو إمكانيات تأمين ضوء الشمس في الشوارع شتاءً. وكذلك تحد الشوارع الأضيق من تخلل الشمس إلى مستوى الشارع والإسقاط الشمسي على الأبنية الموازية للشارع.

ويحدد اتجاه الشوارع تبعاً «للشمال» أيضاً عملياً اتجاه التقسيم الفرعي للأرض إلى قطع منفردة، ويؤثر بالتالي إلى حد كبير على تكييف اتجاه الأبنية. وبهذه

الطريقة، يكون لاتجاه الشارع تأثير رئيسي على احتمال استخدام الأبنية المنفردة للطاقة الشمسية لتدفئة الحيز شتاءً، وإلى حد ما، أيضاً من أجل التدفئة الشمسية للمياه المنزلية على مدار السنة.

وبشكل عام، تؤدي الشوارع المتجهة باتجاه مفترض إلى تكييف اتجاه البناء بشكل موازي للشارع. ويعني هذا بأن الواجهات الرئيسة للبناء على طول الشارع المتجه من الشرق إلى الغرب تتجه نحو الشمال والجنوب، والذي يمكن أن يساعد في استخدام الطاقة الشمسية بالطبع. ولذلك، فإن الطريقة الأبسط لتعزيز استخدام الطاقة الشمسية عن طريق تخطيط المدينة تتجلى في زيادة تكييف اتجاه الشارع في الاتجاه الشرقي ـ الغربي.

وعلى مقياس عمراني صغير، تعتمد الكثافة أيضاً على لوائح القانون التي تتعلق بالمسافات الصغرى بين الأبنية وتراجع setbacks المساحة القابلة للبناء عن حدود الملكية الفردية. ويمكن أن يكون لهذه التنظيمات أثراً هاماً على المسافات الفعالة بين الأبنية وكذلك على كثافة المنطقة المبنية.

وتحد الكثافة الأعلى عادةً من احتمال استخدام الطاقة الشمسية بسبب التظليل المشترك عن طريق الأبنية المجاورة. ويمكن تعديل أثر تكييف اتجاه الشارع ولاسيما في المقاطعات السكنية، عن طريق تفاصيل التقسيم الفرعي إلى قطع بنائية منفردة وعن طريق التنظيمات التي تتعلق بالتراجعات setbacks. كما يمكن لهذه الوسائل التنظيمية أن تعزز استخدام الطاقة الشمسية بغض النظر عن اتجاه الشوارع.

وبغية زيادة التعرض الشمسي للأبنية، والحد من تظليل أحد الأبنية عن طريق البناء المجاور، قد يتجلى هدف التخطيط في زيادة المسافات بين الأبنية في الاتجاه الجنوبي ـ الشمالي. أما بالنسبة لكثافة عمرانية مفترضة وبهدف بقائها ثابتة في مستوى معين، يعني ذلك إنقاص المسافات بين الأبنية في الاتجاه الشرقي ـ الغربي.

وهكذا يمكن «ترجمة» الأهداف العامة تلك إلى تفاصيل «للتطوير المخطط» للمناطق العمرانية التي تتخلص من الحاجة للتقسيم الفرعي الرسمي إلى قطع

بنائية مستقلة ومنفردة، أو إلى تعديلات لتنظيمات الـ setbacks المتعلقة بقطع الأرض المنفردة. وبإتباع هذا المفهوم سيتم تعديل الـ setbacks وفقاً لاتجاه حدود قطع الأرض. وقد يتطلب الأمر setbacks أكبر عن الحدود الجنوبية والشمالية وsetbacks أصغر عن الحدود الشرقية والغربية، بصرف النظر عن هندسة قطعة الأرض فيما يتعلق بالشارع.

الكثافة العمرانية وحقل الريح العمرانية:

تتم حماية «المظلة العمرانية» نسبياً من الرياح التي تجري على مستوى السطح، ولاسيما قرب مستوى الأرض، في منطقة عمرانية مؤلفة من أبنية قريبة من بعضها البعض على نفس الارتفاع تقريباً. وتعد هذه الحالة مرغوبة في الطقس البارد ولكنها قد تسبب عدم الارتياح الحراري في المناخ الحار، وبشكل خاص في المناخات الحارة ـ الرطبة.

وعندما تشكل الأبنية صفوفاً طويلة بنفس الارتفاع متعامدة مع اتجاه الريح، تحدث المسافات بين الأبنية (ضمن سياق منطقة عمرانية بكثافات متوسطة ـ إلى ـ عالية) أثراً صغيراً على سرعة تيارات الريح بين الأبنية. ويعود ذلك إلى الحقيقة التي تقضي بأن الصف الأول من الأبنية يحول مسار تيار الريح المقترب إلى الأعلى، بينما تترك بقية الأبنية في «ظل» الريح للأبنية الواقعة أمامها.

وفي هذا الوضع، يخلق نظامين مستقلين لجريان الهواء. حيث تجري تيارات الهواء الإقليمية بشكل رئيسي على قمم الأبنية، بينما بين الأبنية يتم خلق تيار هواء ثانوي كنتيجة للاحتكاك بين تيارات الهواء العلوية والبناء. وفي هذه الحالة لايكون للمسافة بين الأبنية أو لارتفاع الأبنية بحد ذاتها أثراً كبيراً بسبب وقوع معظم الأبنية في «ظل» الريح.

وفي هذا التشكيل العمراني، يكون للكثافة العمرانية أثر صغير نسبياً، لأنه حتى بفعل أحوال الكثافة العمرانية المنخفضة (الأبنية المنخفضة مع مسافات كبيرة بينها)

يتم عرقلة جريان الريح الحرة من قبل الأبنية. ويتخلل جريان الريح في الشارع قليلاً، وفق نموذج مضطرب، إلى المسافات بين الأبنية. وعلى أي حال، يعد عرض المنطقة المعرضة لهذا الجريان صغيراً تماماً. كما يعد جريان الريح فوق الأسطح، والذي يولد عن طريق الاحتكاك بعض الاضطراب في المسافات المحمية بين الأبنية، المصدر الرئيس لجريان الهواء في المسافات بين الأبنية.

كما ستكون الشوارع والأرصفة الموازية لمجموعات البناء أيضاً محمية من الريح من خلال الأبنية، إلافي نقاط التقائها مع الشوارع المتقاطعة والتي تتجه في اتجاه موازي لاتجاه الريح.

كما يمكن لوضع الأبنية الطويلة في المقدمة، والتي ترتفع فوق مستوى سطح الأبنية المجاورة بشكل كبير، أن يعدل نموذج جريان الريح وسرعة الريح قرب الشوارع إلى حد كبير، وذلك في مستوى المشاة. ويعتمد الاتجاه والأثر الكمي للأبنية عالية الارتفاع على حقل الريح العمرانية بشكل كبير على مواقعها المحددة داخل البنية العمرانية.

وبينما تزيد إضافة الأبنية العالية كثافة المنطقة المبنية، يمكن أن يتجلى تأثيرها بالتالي في زيادة سرعة الريح العمرانية الكلية بشكل مادي. وعلى أي حال، فمع بعض الترتيبات المحددة، يمكن أن تعرقل الأبنية عالية الارتفاع الريح وتحد من سرعتها بشكل كبير في المنطقة العمرانية ككل، وذلك في حال كنا نرغب بذلك.

ويعتمد نموذج الجريان حول بناء عالي الارتفاع على عوامل عديدة هي:

١. الشكل الهندسي للبناء، والذي يعبر عنه بنسبة ارتفاعه إلى عرضه (أي نسبة W/H).

٢. سواء أكانت الواجهة المعاكسة لاتجاه الريح مستوية، مقعرة، أو محدبة.

٣. وجود الأبنية الأدنى باتجاه معاكس للريح من الأبنية عالية الارتفاع أو على جانبيها.

٤. اتجاه الريح تبعاً لواجهات البناء.

٥. تفاصيل التصميم المحددة للبناء عالي الارتفاع بحد ذاته.

ولقد صور Aynsley (١٩٧٦) نماذج الجريان حول بناء مرتفع يقف مستقلاً بمفرده وهي: أن النموذج الضيق عالي الارتفاع (شكل «البرج») يغير مسار الريح من الجوانب. حيث يتم تحويل مقدار صغير نسبياً من الهواء إلى الأعلى، فوق السطح. ويتولد جريان دائري مضطرب على الجوانب ومع ارتفاع قليل على جوانب البناء الموافقة لاتجاه الهواء. وبازدياد عرض الجدار المعاكس للريح للبناء عالي الارتفاع، وتحويله إلى شكل «شريحة»، يتحول مسار مقدار أكبر من الهواء. كما يتحول مسار مقدار أكبر من الهواء، بينما يزداد الهواء الذي يتم تحويل مساره جانبياً قليلاً فقط.

ويخلق الهواء الذي يتحول مساره على السطح جريان علوي أقوى على الواجهة الموافقة لاتجاه الريح، بينما يكون الاضطراب على الجوانب، وقرب حواف الجدار الخلفي، في نموذج مشابه كما يحدث في حالة شكل «البرج». وهكذا يتحدد نموذج الجريان على الجدران الجانبية بشكل رئيسي بارتفاع البناء، مع أثر ثانوي على عرضها. كما يتحدد نموذج الجريان على الجدار الخلفي بشكل رئيسي بعرض البناء، مع إحداث أثر ثانوي فقط لارتفاعها.

ويمكن أن يعدل شكل الجدار المعاكس للريح نموذج الجريان. إذ يحول الجدار المحدب مسار مقدار أكبر من الهواء إلى الجوانب ومقدار أقل إلى الأعلى والأسفل. كما يلطف عملية انحراف الجريان ويحد بذلك من الاضطراب الناتج على الجدار الجانبي والجدار المعاكس للريح. ومن جهة أخرى، يركز الجدار المقعر المعاكس للريح هذا الجريان نحو الأعلى والأسفل. وبالنتيجة يزداد الاضطراب.

كما يمكن أن يعدل وجود الأبنية الأقل ارتفاعاً أمام الأبنية الأعلى (المعاكسة للريح) نماذج الجريان بشكل كبير، وبشكل رئيسي في الحيز بين الأبنية العالية والأقل ارتفاعاً، وذلك كما سنناقش أدناه.

الأبنية عالية الارتفاع والواقعة بين الأبنية الأقل ارتفاعاً

يعد الاختلاف في ارتفاع الأبنية أحد العوامل الرئيسة التي تحدد أثر كثافة الأبنية على أحوال التهوية في إحدى المدن. وفي حالة مفترضة للكثافة، ستتمتع الأبنية العالية مع الفسحات المفتوحة الكبيرة بينها أحوال تهوية أفضل من الأبنية المنخفضة الارتفاع والقريبة من بعضها البعض ـ بحيث تقترب في الحالات الشديدة من نموذج مشابه لبناء وحيد مع فسحة مفتوحة على جميع جوانبه. وعلى أي حال، فعلاوة على الارتفاع المتوسط للبناء، إلاأن هناك أيضاً الفرق بين ارتفاعات الأبنية والذي يؤثر على أحوال التهوية.

كما تخلق الأبنية المنفردة والتي ترتفع فوق الأبنية من حولها تيارات هواء قوية في المنطقة. وتعود هذه الظاهرة إلى حقيقة تعرض البناء عالي الارتفاع لتيارات الرياح الرئيسة التي تجري فوق مستوى «أرضية» المظلة العمرانية، وهي أقوى من التيارات التي تجري عبر المظلة العمرانية بحد ذاتها. وبمقابل واجهة البناء عالي الارتفاع المواجهة للريح، يتشكل جيب للضغط العالي، والذي ينشأ عن تيار قوي منحدر للأسفل، وبذلك يمزج طبقات الهواء قرب الأرض بين الأبنية الأقل ارتفاعاً. وفي البلدان الباردة، وأثناء فصول الشتاء في العديد من البلدان الحارة، لايعد هذا التيار مرغوباً طالما تعلق الأمر براحة السكان المحليين، على الرغم من فائدته في تفريق ملوثات الهواء دائماً والتي تتولد قرب الأرض عن حركة المرور.

أما أثناء الصيف، وفي الأقاليم الدافئة ـ الرطبة التي تشهد غالباً رياح خفيفة، قد يرحب بتيارات الهواء الأقوى بهدف زيادة مستوى راحة السكان المحليين.

ردود فعل المشاة تجاه البيئات التي تهب فيها الرياح بشدة:

لقد قام العديد من المؤلفين بدراسة المشكلات التي قد تنشأ عن سرعات الرياح الشديدة أمام وحول الأبنية عالية الارتفاع، ومنهم Penwarden،Arens (1981)

Aynsley،(1973) (١٩٧٦)، و Isyumov and Davenport (١٩٧٨). حيث يذكر Aynsley ثلاثة أنماط من المشكلات وهي: مشكلات ترتبط براحة السكان، وأخرى ترتبط بالبناء عالي الارتفاع ذاته، وأخرى تؤثر بالبيئة حول البناء عالي الارتفاع.

وقد يشعر المشاة بعدم الارتياح بسبب الريح المضطربة والسرعة العالية أمام وعلى جوانب تلك الأبنية. وبالإضافة إلى الأثر المبرد للريح، فهي تسبب اضطرابات في المشي، بالتسبب بهبوب الغبار وتطاير أوراق النبات، ارتفاع الأثواب، تطاير القبعات، وغير ذلك.

وتتراوح المشكلات في الأبنية بحد ذاتها من صعوبات في فتح أبواب الدخول، ضجيج من النوافذ والوصلات العديدة، وتخلل المطر بسبب الأثر الـ lifting للريح فوق الواجهة المعاكسة للريح للطوابق العليا والواجهة الموافقة للريح بكاملها. وتشمل المشكلات المتعلقة بالبيئة ضرر للنباتات، جرف مداخن المدفأة، وتعرية السواحل في حالة الأبنية الواقعة على الجبهة البحرية.

ولقد بدأ الاهتمام الحالي «تاريخياً» بأحوال الريح حول الأبنية بسبب ردود الفعل السلبية للمتسوقين في المراكز التجارية قرب الأبنية عالية الارتفاع (Wise et al. ١٩٦٥). وكانت قد أجريت العديد من الدراسات، من تقارير ميدانية وتجارب على نماذج للنفق الهوائي، لتقييم أحوال جريان الهواء الفيزيائية والاستجابات البشرية لسرعات الريح الشديدة.

إذ قام Penwarden (١٩٧٣) باستعراض آثار اضطراب الريح على الناس واقترح حدوداً لسرعات الريح المقبولة أو غير المقبولة. كما راجع عمل Admiral Beaufort، والذي أسس مقياساً لسرعة الريح يرتكز على آثارها المرتقبة.

ويشدد Penwarden على أثر اضطراب الريح على الإدراك الحسي الشخصي لعدم الارتياح الناتج عن الريح ويستشهد بعمل Hunt and Poulton (١٩٧٢) والذي اقترح ظهور أثر الريح المضطربة عن طريق زيادة في السرعة المدركة.

كما يصور Isyumov and Davenport (١٩٧٨) التغييرات العديدة في بيئة الرياح في مستوى المشاة، والتي تنشأ عن الأبنية عالية الارتفاع. مثل:

- الرياح المسرعة قرب مراكز البناء.
- الجريان الانعكاسي أمام البناء.
- جريان الهواء المضطرب في أعقاب البناء العالي وعلى جوانبه.
- الجريان المسرع عبر المناطق الضيقة، مثل الممرات، الأروقة المقنطرة، والمساحات تحت الأبنية على الأكوام.
- تقميع وتحويل جريان الهواء في المساحات بين الأبنية.

كما يقترح Isyumov and Davenport نوعين من المعايير لتقييم إمكانية قبول أحوال ريح خاصة بالنسبة للمشاة في مشروع مخطط:

أ- معايير نسبية: لمقارنة سرعة الريح المصورة (والتي نحصل عليها في اختبار لنموذج النفق الهوائي على سبيل المثال) مع رياح في موقع محدد للحصول على بيئة ريحية مقبولة عموماً.

ب- معايير مطلقة: عندما يكون تكرار حدوث سرعة معينة للريح دون مستوى ما مقبول.

كما يبحث Arens في الآثار «الميكانيكية» للريح على المشاة، متراوحة بين اضطرابات في اللباس والشعر إلى مقاومة المشي وفقدان التوازن. ويستشهد بعمل إضافي لـ Hunt et al. (١٩٧٦)، والذي تعرف فيه «الريح الثابتة المكافئة» (Us) بأنها ريح مضطربة، مع مستوى اضطراب (I T)، معطية نفس أثر الإدراك الحسي أو الأمان الذي تعطيه ريح ثابتة مع سرعة متوسطة U.

ويمكن تقييم السرعة الثابتة المكافئة بالصيغة:

$$Us = U (1 + a * T I)$$

حيث «a» المعامل المحدد بشكل تجريبي.

ومستوى الاضطراب (I T) هو الشدة المضطربة النسبية، والذي يعرف بأنه الجذر التربيعي الوسطي للانحراف اللحظي عن السرعة الوسطية، والمقسم بالسرعة المتوسطة.

وهكذا، على سبيل المثال، فمع معدل سرعة للريح يبلغ ٤ s/m (٨٠٠fpm)، وشدة اضطراب I T تبلغ ٠,٢، وقيمة «a» مفترضة بحدود ٣,٠، ستكون سرعة الريح المدركة Us:

$$Us = 4\ (1+3 \times 0{,}2) = 6{,}4\ m/s\ (1280\ fpm)$$

وعلى أي حال، لابد من الإشارة إلى أنه نتج عن دراسات مختلفة قيم مختلفة لمعامل «a»، تتراوح من ١,٥ (Isyumov and Davenport ١٩٧٨)، إلى ٤,٠ (Penwarden ١٩٧٣) ولذلك يبدو أن أثر الاضطراب يعتمد على المعيار المحدد المستخدم في تقديره، وقد يعتمد أيضاً على ظروف وأنشطة المشاة.

كما تعتمد الرغبة والأهمية النسبية للسرعات الأعلى أو الأقل للريح بالطبع على الأحوال المناخية. ففي الأقاليم الحارة ـ الجافة بشكل عام، تعد الحماية من أشعة الشمس أهم من التهوية، بينما قد يكون العكس صحيحاً في الأقاليم الحارة ـ الرطبة. أما في المناخات الباردة فقد تكون الحماية من الريح أحد الأهداف المناخية الرئيسة للتخطيط.

وكما ناقشنا سابقاً، يبدل وجود الأبنية الطويلة أحوال جريان الهواء في الشوارع من حولها. ولهذا أهمية خاصة في حالة الشوارع الضيقة، مع وجود صفوف طويلة من الأبنية، تتوضع متعامدة مع اتجاه الريح. وكذلك يمكن أن يحسن الموقع الصحيح للأبنية الطويلة في هذا المثال التهوية في الشوارع وداخل الأبنية.

ويقترح Arens (١٩٨٢) الأفكار التالية الخاصة بالتصميم من أجل تلطيف أحوال الريح غير الملائمة حول الأبنية عالية الارتفاع:

- ينبغي ألايكيف اتجاه الأبنية الكبيرة التي تأخذ شكل شريحة بشكل متعامد مع الرياح السائدة.
- تنتج الأبنية الدائرية والمضلعة جريان سفلي مخفض.
- تغير الإسقاطات الأفقية مسار جريان الهواء السفلي وتحد منه.
- لاينبغي تخطيط المداخل والطرق العامة الهامة للمشاة في الزوايا المعاكسة للريح للأبنية الطويلة.
- قد يستخدم النبات لامتصاص طاقة الريح في المناطق المخصصة للمشاة.

كما يمكن أن تتحكم تفاصيل الواجهات المعاكسة للريح للأبنية عالية الارتفاع وتوجه جريان الهواء أمامها إلى حد كبير. إذ يحول كسر مستوي الواجهة عن طريق إسقاطات أفقية قوية، مثل متدليات التظليل، ولاسيما بالاتصال مع تكييف اتجاه الواجهة بزاوية إلى الشارع والأبنية في «الصف» الأقل ارتفاعاً، الريح الساقطة أفقياً، بحيث تحد من الجريان نحو الأسفل.

ويمكن أن يؤدي تراجع setback البرج، فيما يتعلق بـ «قاعدته»، بدءاً من حوالي ٦-١٠م (٢٠-٣٣') فوق مستوى الشارع، إلى التخلص من معظم الجريان السفلي في الشارع، حيث يؤثر على المشاة. ولايزال حل التصميم هذا يحافظ على الأثر الإيجابي للأبنية عالية الارتفاع على امتزاج الهواء الملوث في مستوى الشارع مع الهواء الأنقى من الأعلى.

تفاصيل تصميم خاصة للأبنية تؤثر على الأحوال الخارجية:

لاتؤثر بعض تفاصيل التصميم الخاصة للأبنية على المناخ الداخلي فحسب بل يمكن أن تحدث تأثيراً هاماً على راحة المشاة في الشوارع.

الحماية من الشمس والمطر:

في المراكز التجارية والترفيهية، حيث يتواجد عدد كبير من الناس عادة في الخارج، ينبغي أن تعتبر حماية المشاة على الأرصفة من الشمس والمطر، بالإضافة إلى حمايتهم من الريح الشديدة، كهدف أساسي للتصميم العمراني. كما يمكن تأمين هذه الحماية بشكل فعال عن طريق العديد من التفاصيل الخاصة للأبنية على طول الشوارع.

وهناك ثلاث طرق أساسية للتصميم يمكن أن تؤمن حماية المشاة من الشمس والمطر وهي:

أ- وجود متدلية تسقط بعيداً عن جدار البناء على طول الرصيف وفوقه.

ب- تراجع setback الطابق الأرضي، بحيث يكبر عرض الأرصفة مع رواق مقنطر يدعم الطوابق العليا بالأعمدة.

ت- تراجع الطابق الأرضي، مع إسقاط بعض الطوابق العليا باتجاه الشوارع.

فمن مفهوم حماية المشاة ونوعية بيئة الشارع، تكون آثار حلول التصميم الثلاثة هذه ذاتها تقريباً. وعلى أي حال فمن وجهة نظر مطوري الأبنية الممتدة على طول الشارع وملاكها، هناك فروق هامة بينها، مع مظاهر مختلفة للمقاومة أو القبول.

ويستتبع حل التصميم الأول، وهو وجود متدلية مسقطة وراء خط البناء، تكلفة إضافية مفترضة لبناء المتدلية ولكنه لايحد من مساحة البناء القابلة للاستخدام.

أما حل التصميم الثاني، وهو تراجع الطابق الأرضي لتأمين مساحة محمية وكذلك تكبير عرض الرصيف أيضاً، فيحد من مساحة الطابق الأول المربحة والقابلة للاستخدام، دون تعويض المالك. ويمكن أن نتوقع أن يواجه هذا الحل المقاومة الأقوى وقد يكون تنفيذه الأكثر صعوبة.

بينما يؤمن حل التصميم الثالث، وهو تراجع الطابق الأرضي مع السماح بإسقاط بعض الطوابق وراء خط البناء، تعويضاً اقتصادياً وحافزاً لمطوري البناء وملاكه لتنفيذ هذا الحل ودعمه.

كما يخفض حل التصميم (أ) والحل (ب) بشكل خاص أيضاً من سرعة الريح في مستوى الشارع من خلال عرقلة جريان الهواء نحو الأسفل على طول الجدران المعاكسة للريح والتي ترسم الشارع. وقد يرحب بهذا الأثر عادة في فصل الشتاء، أما في فصل الصيف فقد يؤدي إلى زيادة الشعور بعدم الارتياح بسبب الحر وبشكل خاص في الأقاليم الحارة ـ الرطبة. وفي هذه الحالة قد يفضل حل التصميم (ب)، والذي يؤمن الحماية من الشمس والمطر دون الحد من سرعة الريح في مستوى الشارع.

وهكذا فقد يتجلى الحل الشامل للتصميم في سحب retract الطابق الأرضي وإسقاط طابق أو اثنين فوق الطابق الأرضي فقط على الأرصفة، مع توضع البقية إلى الخلف على طول خط الأبنية الأصلي أو حتى تراجعها setback بشدة مع زيادة الارتفاع. وبهذه الطريقة تزداد مساحة الرصيف الفعالة ويحمى جزء منه من الشمس والمطر دون إحداث أثر عكسي على الأحوال البيئية في الشوارع.

الحماية من الوهج العمراني:

يؤثر لون جدران الأبنية في الشوارع على الإضاءة الطبيعية في الشوارع، وفي الأقاليم المشمسة، على الوهج الذي يعاني منه المشاة. أما من المنظور المناخي فقد يكون هناك اعتبارات مختلفة فيما يتعلق بلون الجدار في الأقاليم الحارة.

أما من منظور المناخ الداخلي، فكلما كان اللون الخارجي للجدران أفتح كلما كان اكتساب الحرارة الشمسي عن طريق الأبنية أقل. ولذلك تعد الجدران البيضاء الأفضل من هذا المنظور. كما يزيد اللون الفاتح للجدار أيضاً مستوى الإضاءة الطبيعية في الشوارع.

وعلى أي حال، فقد تسبب الأسطح البيضاء للمساحات الكبيرة وهجاً للمشاة، ولاسيما في الأقاليم الجافة مع أشعة شمسية عالية. كما يزيد الضوء المنعكس أيضاً الجهد الحراري الذي يشعر به المشاة.

وقد يسبب «حل» هذه المشكلات عن طريق وجود جدران مطلية بألوان قاتمة بالطبع تدفئة أعلى للأبنية مؤدية بذلك إلى رفع درجة الحرارة الداخلية، بالإضافة إلى رفع درجة حرارة الهواء المحيط، ولذلك لاتعتبر الطريقة الأنسب. ولحسن الحظ يمكن أن تحد تفاصيل خاصة لتصميم الجدران، بالإضافة إلى استخدام النبات، من الوهج في الشارع دون فرض شحنة تدفئة أعلى على الأبنية والمشاة.

معالجات الواجهة للحد من الوهج:

تخلق الإسقاطات الأفقية (كالمتدليات فوق النوافذ)، والتي تمتد على طول الجدران بكامله، أشرطة من الظل بحيث تخفض من مستوى الوهج بالنسبة للمشاة. كما تخلق «الأذرع» العمودية أيضاً أشرطة من الظلال العمودية.

ويمكن أن تظلل الواجهة المصنوعة من «أقفاص» صغيرة فوق الجدار هذا الجدار بحد ذاته بشكل فعال وأن تحد في الوقت نفسه من الوهج في الشارع.

كما تخلق الأسطح الخشنة، التي تحتوي على إسقاطات وتثليمات صغيرة، وإن كانت بيضاء اللون، رقع صغيرة جداً من الظل على سطح الجدار بحيث تحد من الوهج الكلي في مستوى الشارع، بينما تعكس الأسطح «العلوية» لـ «الإسقاطات» ضوء الشمس إلى الأعلى.

ونوضح في الشكل ٨-٤ مخططاً للوهج الذي ينشأ عن الواجهات البيضاء، عن طريق عناصر تسلط بعيداً عن «المغلف الحراري» للبناء ويتم طلائها بأية ألوان أغمق.

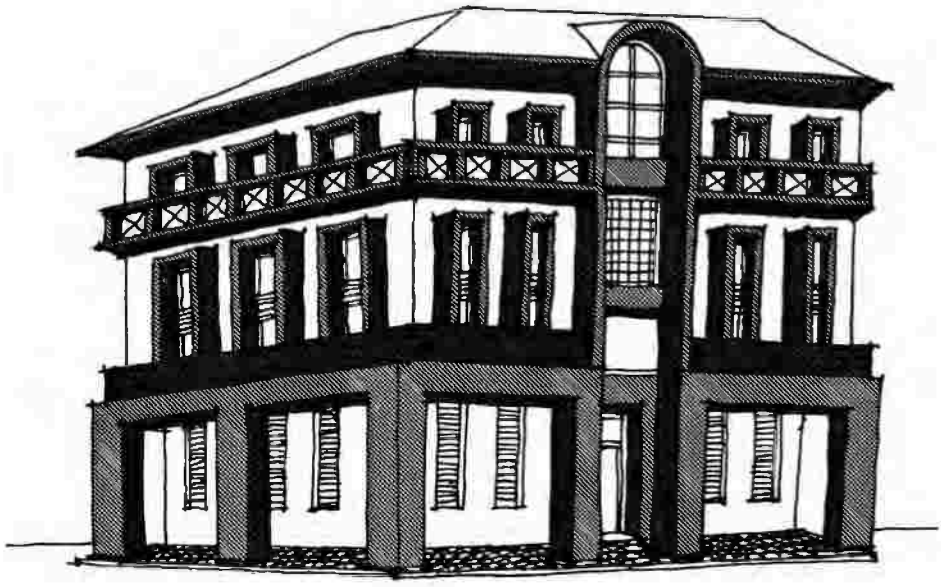
النبات كعنصر للتحكم بالوهج:

عندما تغطي دوالي العنب الجدران، تخلق سطحاً بانعكاس منخفض نحو الخارج

بينما تحد من الإشعاع الساقط على الجدار ذاته. وهكذا فهي تحد من الوهج في الشارع دون إضافة شحنة حرارية إلى الأبنية. ولابد من الإشارة إلى أنه حتى عندما يكون الجدار مغطى بالنبات، فقد يكون اللون الأبيض مفيداً في الأقاليم الحارة لعكس الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الجدار بين أوراق النباتات ومن خلالها بعيداً.

وقد يشكل الجدار «الشمسي» (الجدار الجنوبي في نصف الكرة الشمالي) استثناءً. ففي هذه الحالة تتم حماية الجدار المغطى بدالية نفضية عن طريق الأوراق في الصيف بينما تمتص الإشعاع الشمسي في الشتاء، عندما تتساقط أوراق النباتات.

كما تعد الأشجار على طول الأرصفة فعالة أيضاً في الحد من الوهج المنعكس بينما تحمي المشاة أيضاً من أشعة الشمس المباشرة.



الشكل ٨-٤. معالجات الواجهة للحد من الوهج.

٩

تأثير المساحات الخضراء على الموقع والمناخات العمرانية *

مقدمة:

يمكن أن يكون للمساحات العمرانية «الخضراء»، من مساحات عامة مفتوحة كالحدائق ومساحات مزروعة خاصة حول الأبنية معاً، أثراً هاماً على العديد من مظاهر نوعية البيئة العمرانية وغنى الحياة في مدينة ما. وقد يكون للأحوال البيئية ضمن مساحة عمرانية عامة مفتوحة تأثيراً هاماً على أحوال الراحة التي يشهدها السكان الذين يقومون باستخدامها، وبالتالي على استخدامها من قبل العامة، ولاسيما في الأماكن أوالفصول ذات المناخ المجهد. ويمكن أن يؤثر نوع وتفاصيل النباتات حول بناء ما على تعرضه لأشعة الشمس والريح، وعلى أحوال الراحة الداخلية فيه واستخدام الطاقة من أجل التدفئة في فصل الشتاء، وبشكل رئيسي من أجل التبريد في فصل الصيف.

وبالإضافة إلى تأثيره على المناخ العمراني الكلي والمناخ المحلي حول الأبنية، يؤثر النبات العمراني على تلوث الهواء، مستوى الأذى الناتج عن مصادر الضجيج، النشاطات الاجتماعية، المظهر الجمالي، وما إلى ذلك. وعلاوة على ذلك، يمكن أن تساعد المساحات الخضراء المفتوحة في تشكيل تطور المدينة وفي تنظيم الخدمات العمرانية.

---

* نشر هذا الفصل سابقاً كمقالة بعنوان: تأثير المساحات المزروعة على النوعية الابيئية العمرانية في البيئة الجوية، الجزء ب بعنوان: الغلاف الجوي العمراني no, Vol.25 B ١٩٩١، ويعاد نشره هنا بشكل معدل وبترخيص من Pergamon Press

وظائف وتأثيرات المساحات العمرانية الخضراء

تعد المساحات الخضراء حول الأبنية فعالة في تعديل البيئة الحرارية التي تتعرض لها الأبنية، وكذلك على الأداء الحراري للأبنية. وسنناقش في الصفحة..... بعض هذه الآثار، وتفاصيل تصميم المساحات المزروعة التي يمكن أن تساعد في تحقيق الآثار الإيجابية. كما نوجز في الصفحة.... الدراسات التجريبية حول الأثر المناخي للنباتات حول الأبنية. بينما نناقش في الصفحة.... التأثيرات المناخية والتأثيرات البيئية الأخرى للمساحات العمرانية الخضراء.

وفيما يلي تفاصيل التصميم الرئيسة للمساحات المزروعة الخاصة والمؤثرة على مساهمتها في تحسين الراحة الداخلية والخارجية وفي الأداء الحراري للأبنية:

- عرض المساحة المزروعة حول البناء.
- نوع النباتات: أشجار، شجيرات، مروج، أزهار، دوالي تتسلق على الجدران، عرائش، وما إلى ذلك.
- حجم وشكل الأشجار والشجيرات.
- موقع النباتات ذات الأنواع المختلفة نسبة إلى البناء.

وفيما يلي أيضاً ميزات التخطيط الرئيسة للمساحات العمرانية الخضراء العامة التي تحدد مساهمتها في نوعية البيئة العمرانية وهي:

- الحجم الكلي للمساحة المفتوحة المتوفرة للسكان.
- تقسيم المساحة المفتوحة الكلية إلى حزم منفردة.
- توزيع المساحات المفتوحة في مركز المدينة وضواحيها.
- حجم المساحات المنفردة للمنطقة المفتوحة وموقعها تبعاً للمناطق السكنية.
- تفاصيل تخطيط المساحة المفتوحة وهي: المرافق، الغطاء النباتي للأرض، الوصول إلى المنطقة، والطرق الداخلية.

آثار واستخدام مواقع وتصاميم المساحات العمرانية الخضراء:

تنجر المساحات العمرانية الخضراء العديد من الوظائف العمرانية، والتي تتطب تفاصيل مختلفة للتصميم، قد نتمكن من تصنيفها كالآتي:

تحسين المناخ العمراني:

- تحسين المناخ العمراني بشكل عام.
- تحسين التهوية الطبيعية العمرانية.
- تأمين الظل على طول الشوارع في الأقاليم الحارة.
- تأمين مساحات مفتوحة مع ظل ودرجات حرارة أدنى في المدن «الحارة «
- تأمين الحماية من الرياح الباردة في الشتاء.

وظائف بيئية عمرانية أخرى :

- الحد من تلوث الهواء الناتج عن التنقل، الصناعة، معدات التدفئة، والغبار الطبيعي.
- الحد من تأثير الضجيج الناتج عن حركة المرور، الجيران، لعب الأطفال، وما إلى ذلك، في المناطق السكنية وقربها.
- احتجاز وامتصاص مياه الأمطار
- التحكم بالفيضانات
- حماية حياة الحيوانات والنباتات الطبيعية.

الوظائف الاجتماعية /النفسانية:

- تأمين ملعب (ملاعب) للأطفال بمختلف أعمارهم.
- مساحات للرياضة والاستجمام للشباب، البالغين، كبار السن. فقد يكون لكل مجموعة عمرية احتياجاتها المختلفة.

- أماكن لقاء للتجمعات الكبيرة والفعاليات الثقافية والاجتماعية العامة.
- تأمين فرصة للانعزال والهرب من توترات الحياة العمرانية.
- تأمين المتعة الجمالية من المناظر الطبيعية للمدينة، للسكان والزوار معاً.
- تأمين أبعاد perspectives لرؤية الشوارع والأبنية العامة، وخلق شعور بالرحابة.

تشكيل التطور والخدمات العمرانية:

- تحديد اتجاه التوسع العمراني المستقبلي.
- حجز الأرض للتطور المستقبلي والمؤسسات العامة كالمدارس، المتاحف، والمكتبات.
- أساس أرضي للتنقل العمراني وأنظمة الخدمة (المياه، المجاري، وما إلى ذلك).
- زيادة الأمان لحركة المرور بالسيارات من خلال هوامش الفسحات المفتوحة على جوانب الطرقات.
- الفصل بين المناطق ذات الاستخدامات المتنافرة للأرض.
- الفصل الإقليمي بين الأحياء المنفردة في النظام العمراني حيث تظهر الرغبة بمثل هذا الفصل.
- تأمين الوصول بالسيارة أومشياً إلى المناطق العديدة داخل المنطقة العمرانية الكلية.

تصميم المساحات الخضراء في مختلف المناخات:

للمعلومات التي نقدمها في هذا الفصل صفة عامة. حيث نعرض تطبيقاتها كخطوات إرشادية لتصميم المساحات الخضراء في الفصول الخاصة التي تتعلق بالبناء والتصميم العمراني في مختلف المناخات، آخذين بعين الاعتبار الأحوال المناخية المميزة في كل إقليم.

- الفصل العاشر (المناخ الحار ـ الجاف).
- الفصل الحادي عشر (المناخ الحار ـ الرطب)
- الفصل الثاني عشر (المناخ البارد).

أثر النباتات على الأحوال البيئية:

يعرض Robinette مناقشة شاملة حول دور النباتات في تحسين النوعية البيئية لمدينة ما. كما يشمل أيضاً العديد من الإيضاحات التصويرية للآثار المناخية للنباتات. وتحظى الفصول التي تتحدث عن الاستخدامات المعمارية والهندسية للنباتات (التحكم بالضجيج وتلوث الهواء مثلاً) بأهمية خاصة في كتاب Robinette، وهي مواضيع لايبحثها هذا الفصل بعمق، حيث نركز بشكل أكبر على التأثير المناخي للنباتات العمرانية.

ولابد من التمييز بين الوظائف والآثار البيئية للمساحات الخضراء بشكل عام، وللنباتات بشكل خاص، في مختلف أنواع المساحات العمرانية الخضراء، مثل:

- الحدائق العامة الكبيرة.
- حدائق الأحياء الصغيرة.
- النباتات في الملاعب
- الأشجار على طول الطرق
- النباتات حول الأبنية.

إذ تلعب الحدائق العمرانية الكبيرة غالباً دوراً هاماً في تاسيس صورة مدينة ما وتأمين مناطق للتجمعات الكبيرة والأنشطة الاجتماعية. وعلى أي حال، فلابد أن نذكر من المنظور المناخي بأن نطاق أثر الحدائق على الأحوال المناخية ضمن المناطق المبنية المحيطة، حتى في حالة الحدائق الكبيرة جداً، هونطاق محدود، وإن كان

باتجاه الريح بالنسبة للحدائق. ولذلك لابد من التمييز بين آثار النباتات على المناخ «الكلي» في الأقسام المبنية لإحدى المدن ككل، وتأثيرها في المساحات الخاصة المحيطة بالأبنية على المناخ المحلي حول البناء (تعرضه الشمسي، سرعة الريح، ودرجة حرارة الإشعاع والهواء).

وتتمتع المساحات المغطاة بالنباتات ببعض الخواص المشتركة التي تختلف بها عن المساحات المبنية غير المزروعة وذات الأسطح الصلبة. حيث تمتص أوراق النباتات معظم الإشعاع الشمسي الذي يقع عليه. وتحول جزءاً صغيراً جداً من الطاقة الإشعاعية بواسطة التركيب الضوئي إلى طاقة كيميائية، وتحد بذلك نوعاً ما من درجة تدفئة الحيز العمراني. ولكن فعالية النباتات في تحويل الطاقة من الناحية الكمية منخفضة جداً (١-٢٪) ولذلك يمكن عملياً تقليل الأثر الحراري للتركيب الضوئي (كما في الحد من أثر التدفئة للإشعاع الممتص).

و«يستهلك» تبخر الماء من الأوراق المعرضة لأشعة الشمس معظم الإشعاع الشمسي الممتص. إذ يبرد التبخر الأوراق بشكل هام والهواء المتصل بها وفي الوقت نفسه يزيد من رطوبة الهواء. وتعتمد أهمية هذا العامل والرغبة به على أحوال درجة الحرارة والرطوبة المحلية.

وكنتيجة لعملية التعرق التبخري، يكون الهواء قرب الأرض في المساحات الخضراء أبرد من الهواء في المناطق المبنية المغطاة بالإسفلت أوالاسمنت. وعلاوة على ذلك، وكنتيجة لدرجة حرارته الأدنى، يكون الإشعاع الموجي الطويل المنبعث من الأوراق أقل من الإشعاع المنبعث من الأسطح الصلبة المحيطة، ولذلك يكون البشر في المساحات الخضراء عرضة لشحنة حرارة إشعاعية أقل.

كما يعتمد أثر النبات على أحوال الريح إلى حد كبير على نوع النبات، وعلى تفاصيل نموذج زراعة النبات. حيث تطرح المناطق المعشبة الاحتكاك الأقل (المقاومة) لجريان الهواء وتسمح بالأحوال الممكنة الأفضل للتهوية. وتعترض الشجيرات الريح

قرب سطح الأرض وفوقها، وسوف يشعر الأشخاص المقيمون في هذه المنطقة بهذا الأثر. ويعد ذلك مرغوباً في الفصول والأقاليم الباردة، ولكن ليس في الأقاليم الحارة وخاصة في الأقاليم الحارة ـ الرطبة.

كما أن لنوع وكثافة الأشجار تأثيراً ملحوظاً على جريان الهواء قرب الأرض. وقد يعيق صف الأشجار المزروع بكثافة جريان الهواء الحر. وعلى أي حال، يمكن أن توجه الأشجار والشجيرات الريح إلى بقعة مرغوبة (مثل فتحة تعمل كمدخل لتهوية البناء).

وقد تركز الشجرة المنفردة المعزولة هنا وهناك، ولاسيما ذات الساق العالي، جريان الهواء تحت المظلة وبذلك تحسن التهوية قرب الأرض تحت الشجرة. ومن جهة أخرى، يخفض حزام أوبستان من الأشجار المزروعة بكثافة سرعة الريح إلى حد هام (Taha et al. ١٩٨٩) ويمكن أن يؤمن حماية جيدة من الريح. ولذلك ففي المناطق التي تهب فيها الرياح، وحيث تكون الحماية من الرياح على قدر من الأهمية، يمكن أن تكون مثل هذه الأحزمة هامة جداً كميزات تحكم مناخية.

التأثير المناخي للنباتات حول الأبنية:

يمكن أن تؤثر النباتات على درجة الحرارة الداخلية وشحنات التبريد والتدفئة للبناء بطرق عديدة:

١. تؤمن الأشجار مع مظلة عالية، والعرائش قرب الجدران والنوافذ، الظل وتحد من اكتساب الحرارة الشمسي مع عرقلة صغيرة نسبياً للريح (أثر التظليل).

٢. بينما تؤمن الدوالي المتسلقة على الجدران، والشجيرات العالية بجانب الجدران الظل، فإنها تحد أيضاً من سرعة الريح قرب الجدران على نحوهام (آثار التظليل والعزل).

٣. يمكن أن تخفض النباتات الكثيفة قرب البناء درجة حرارة الهواء بجانب غلاف البناء، مؤدية بذلك إلى الحد من اكتساب الحرارة بالتسلل وبالتوصيل. وفي

الشتاء، تحد بالطبع من الاكتساب الشمسي المرغوب وقد تزيد من رطوبة الجدران بعد هطول الأمطار.

٤. تحد الأرض المغطاة بالنبات حول بناء ما من الإشعاع الشمسي المنعكس والإشعاع الموجي الطويل المنبعث باتجاه الجدران من المساحة المحيطة، وبذلك فهي تحد من اكتساب الحرارة الشمسي والموجي الطويل في الصيف.

٥. إذ أمكن خفض درجة الحرارة المحيطة حول مكثف إحدى وحدات التكييف الهوائي لأحد الأبنية عن طريق النباتات، عندئذ يمكن تحسين معامل الأداء (CoP) لهذا النظام.

٦. يمكن عن طريق خفض سرعة الريح حول أحد الأبنية في الشتاء خفض درجات التسلل والحد من استخدام طاقة التدفئة في البناء (أثر العزل).

٧. يمكن للنباتات في الجانب الجنوبي لبناء ما أن تحد من احتمال استخدامه للطاقة الشمسية من أجل التدفئة. بينما يمكن أن تؤمن النباتات على الجوانب الشرقية والغربية حماية فعالة من الاكتساب الشمسي في فصل الصيف.

فعندما تغطي النباتات سطح أحد الجدران، قد تحدث آثار التظليل والعزل تأثيراً على الشحنة الشمسية الفعلية في اتجاهات معاكسة. إذ ينسب ارتفاع درجة حرارة الشمس ـ الهواء sol-air واكتساب الحرارة الشمسي إلى نسبة الإشعاع الممتص إلى معامل السطح. وتعتمد هذه النسبة على لون الجدران. وبالتالي يعتمد أثر النباتات على شحنة التبريد على لون الجدران. وفي الحقيقة لقد ظهر بأن درجة الحرارة المتوسطة للسطح الخارجي للجدران البيضاء أدنى بحدود ٢°C (3.6°F) من درجة الحرارة المتوسطة للهواء المحيط (Givoni ١٩٧٦)، وإن كان ذلك في مناخ مشمس جداً. ففي مثل هذه الحالة قد يكون تظليل الجدار بالنباتات، والذي قد يحد أيضاً من خسارته للحرارة بالإشعاع الموجي الطويل، عكس المطلوب. هذا ولم يسبق أن تمت دراسة التفاعل بين آثار التظليل والعزل على الإطلاق في تحقيقات سابقة.

كما تعتمد الآثار المختلفة للنباتات كمياً على كثافة وسماكة طبقة ورقة النبات ونوع أوراق النباتات. حيث تتغير هذه الخواص مع عمر النباتات ومع الفصول. وتكون التغييرات الفصلية أكبر بالطبع في حالة النباتات النفضية.

وكما ظهر في الدراسات التجريبية التي نوجزها أدناه، يمكن أن تخفض الأشجار والشجيرات حول الأبنية حقاً درجة حرارة الإشعاع والهواء بجانب غلاف البناء وتخفض كذلك درجة الحرارة الداخلية وشحنة التبريد في الأقاليم أوالفصول الحارة. أما في الأقاليم الباردة، تتجلى الفائدة الرئيسة للنباتات حول بناء ما في قدرتها على خفض سرعة الريح.

ولقد قلد Huanget al .(١٩٨٧) برموز الكمبيوتر DOE-2.1C آثار النباتات على شحنات تبريد الأبنية. وقدر أنه بزيادة المظلة العامة للأشجار في العديد من المدن يمكن خفض شحنات التبريد بشكل هام.

دراسات تجريبية على الأثر الحراري للمساحات المزروعة:

على الرغم من وجود كتابات كثيرة عن الأثر الحراري للنباتات في المناطق العمرانية، إلاأنه لم تجر العديد من الدراسات التجريبية على هذا الموضوع. وسنوجز فيما يلي بعض الدراسات التي تم إجراؤها والأكثر أهمية.

دراسة المؤلف في حيفا Haifa :

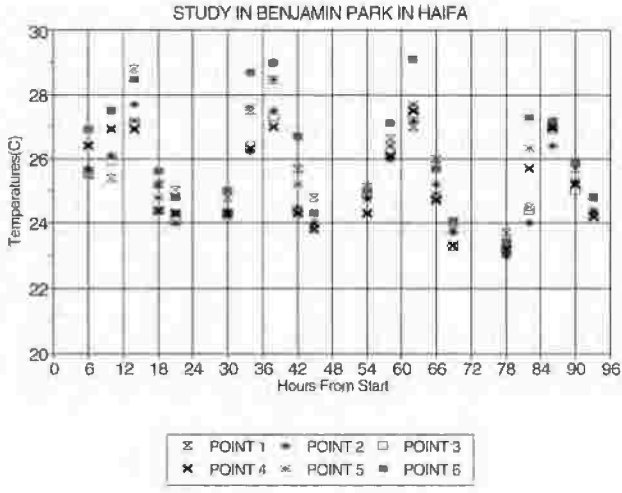
لقد قام جيفوني (Givoni ١٩٧٢) بقياس درجة حرارة الهواء والرطوبة في حديقة عمرانية صغيرة تدعي، Benjamin Park، يبلغ حجمها حوالي ٣٠٠ بـ ٣٠٠م (٩٨٠ بـ ٩٨٠ص) وفي الشوارع الشرقية ـ الغربية المؤدية إلى الحديقة وإلى خارجها، وذلك خلال أربعة أيام متعاقبة في تموز ١٩٧٢ في حيفا، وتم أخذ خمس مجموعات من القياسات (باستعراض ذهاباً وإياباً) في كل يوم وفي ست نقاط، باستخدام sling

psychrometer (رطب وجاف)، بين الساعة الخامسة صباحاً والعاشرة مساءاً. حيث كانت النقطتان ١و٢ في الشارع شرق الحديقة، على بعد ١٥ و١٥٠م (٤٩ و٤٩٠") من الحديقة، على التوالي. وكان الغطاء النباتي للحديقة مؤلف من أشجار صنوبر وزيتون كبيرة وأسرَة من الشجيرات، مع أزهار وأعشاب بينها. كما توفرت العديد من مساحات اللعب الصغيرة للأطفال ومقاعد خشبية على طول الممرات لزوار الحديقة.

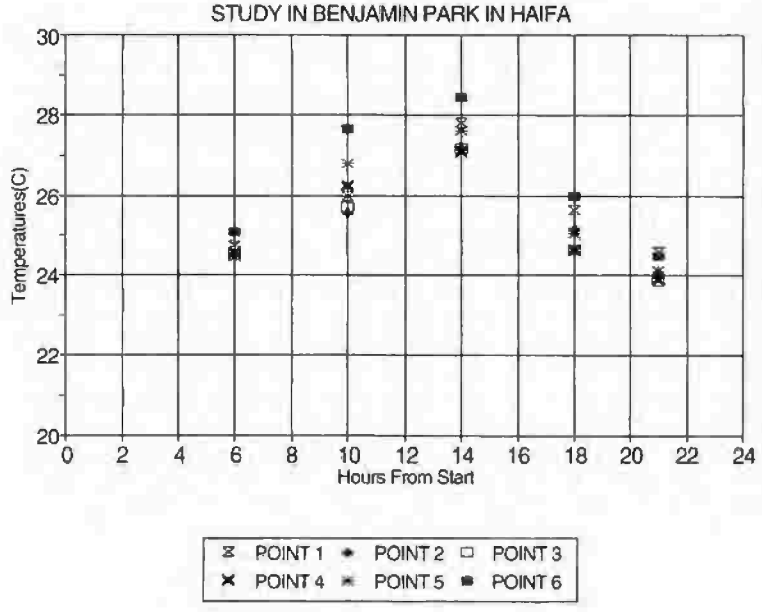
فأثناء فصل الصيف تكون التربة في الحديقة جافة في الفترات الزمنية بين السقي. ويكون اتجاه الريح في الصباح الباكر من الشرق، ومن الغرب من الساعة العاشرة صباحاً. ولذلك، فقد كان الشارع غرب الحديقة معاكساً لاتجاه الريح والشارع شرق الحديقة مع اتجاه الريح وفقاً للحديقة، إلافي ساعات الصباح الباكر. كما أن الشارع غرب الحديقة هوشارع سكني تماماً مع بعض الأشجار. والشارع شرق الحديقة هوشارع سكني أيضاً لكنه قريب من الشارع التجاري الذي يعمل أيضاً كشريان للمرور، ويقودنا إليه.

ولقد كان الهدف الأساسي للدراسة رؤية فيما إذا كان هناك ثمة فرق في درجات الحرارة داخل الحديقة وفي المساحات المبنية المحيطة بها، وإن وجد ذلك الفرق فكم يمتد أثر الحديقة. ويبين الشكل ٩-١ درجات الحرارة (معدلات قياسين في كل استعراض) التي تم قياسها أثناء الأيام الأربعة في مختلف النقاط، مع رموز مختلفة لكل نقطة، كما يبين الشكل ٩-٢ المعدلات في كل نقطة عبر الأيام الأربعة. حيث كانت درجات الحرارة الأعلى في النقطة ٦، قرب شارع المرور، وهي تعكس بوضوح أثر حركة المرور بالسيارات وتقترح أنه على بعد ١٥٠م (٤٩٠") باتجاه الريح لم يظهر أي أثر ملحوظ للحديقة. ويبين الشكل ٩-٣ أيضاً نماذج درجة الحرارة المتوسطة داخل الحديقة وعلى أبعاد متساوية - أي ١٥ و١٥٠م (٤٩ و٤٩٠")، على التوالي - من الحديقة في الشوارع الشرقية - الغربية. ففي منتصف النهار كانت درجة الحرارة في الحديقة حوالي $C^{o}1,5$ (F^{o} 2,7) دون معدل درجات الحرارة في الشوارع على بعد

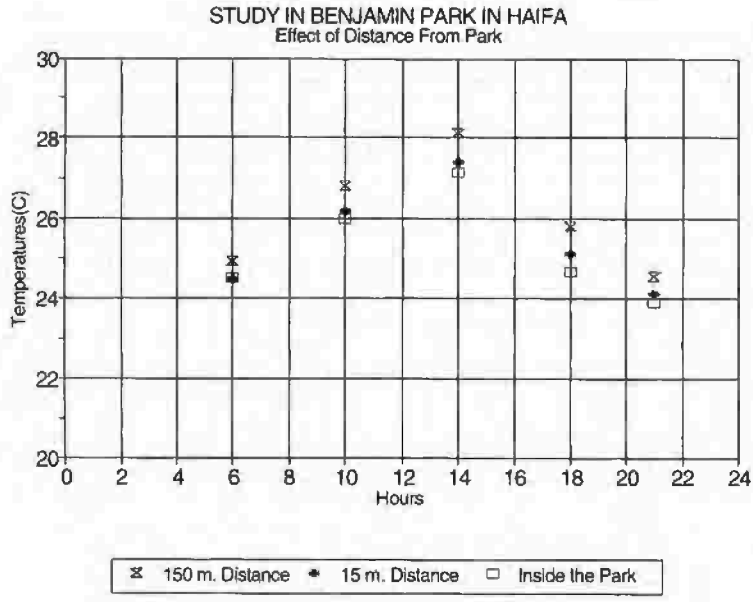
١٥٠م (٤٩٠")، أما قرب الحديقة، وعلى بعد ١٥م (٤٩")، كانت درجات الحرارة أعلى من درجات حرارة الحديقة قليلاً فقط.



الشكل ٩-١. درجات الحرارة (معدلات قياسين في كل استعراض traverse).



الشكل ٩-٢. المعدلات في كل نقطة (في الشكل ٩-١) خلال الأيام الأربعة.



الشكل ٩-٣. نماذج درجات الحرارة المتوسطة داخل الحديقة وعلى أبعاد متساوية - أي ١٥ و١٥٠م (٤٩-٤٩٠ص)، على التوالي - من الحديقة في الشوارع الشرقية - الغربية.

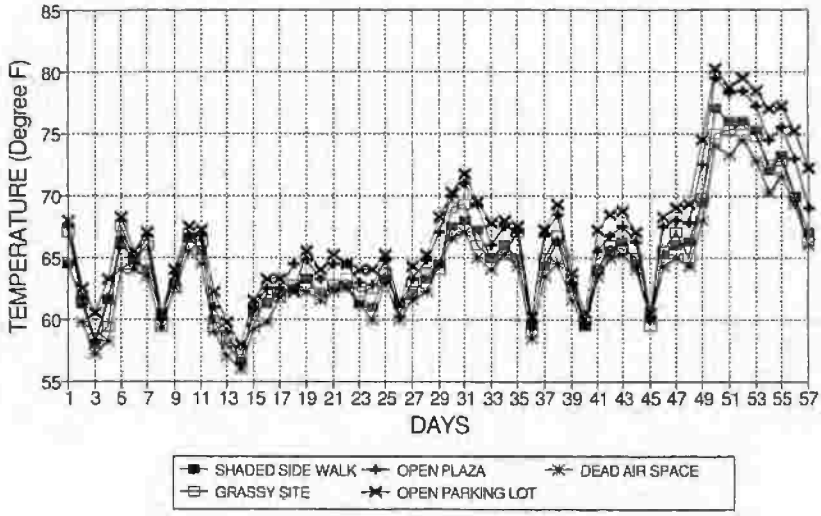
دراسة الحميدي Al-Hemiddi

قام الطالب المتخرج في جامعة ULCA ناصر الحميدي Nasses Al-Hemiddi، تحت إشراف المؤلف، بقياس أثر معالجات السطح، بما فيها الغطاء النباتي، على درجات الحرارة المحيطة (Al- Hemiddi ١٩٩١). ففي هذه الدراسة تم قياس درجات حرارة الهواء والسطح على ارتفاع ١م (٣.٣ص)، فوق المناطق الأرضية مع معالجات مختلفة للأرض، وذلك في حرم UCLA حول فترة الظهيرة، وخلال فترات مختلفة امتدت على طول سنة كاملة، بلغت بمجموعها حوالي ٧٠يوم. وشملت معالجات الأرض رصيف مظلل، ساحة معبدة غير مظللة، ومرج مكشوف، وفسحة بين سياج عالي وكثيف من الشجيرات وبناء، وكذلك موقف للسيارات.

ويبين الشكل ٩-٤ درجات حرارة الهواء التي تم قياسها خلال ٥٧ يوم امتدت عبر فترة الدراسة مع كل موقع تم تعيينه بشكل مختلف. فأثناء أيام الصحو، وخاصة في

الصيف، لوحظت الفروق في درجات حرارة الهواء التي بلغت حوالي ٥°F٣) °C) غالباً بين الهواء فوق الرصيف المعبد المكشوف والفسحة خلف الشجيرات. حيث يمكن لمثل هذه الفروق في درجة حرارة الهواء بجانب غلاف البناء، بالإضافة إلى آثار التظليل للنباتات، أن تحد من الاكتساب الحراري على نحوهام من خلال الجدران واستهلاك الطاقة الناتج من أجل التكييف الهوائي. فحين تسهم شحنة التكييف الهوائي في شحنة الذروة للمرافق الكهربائية، يمكن أن يكون لآثار المنظر الطبيعي حول أحد الأبنية قيمة اقتصادية هامة بالنسبة لهذه المرافق، وذلك بالإضافة إلى الحد من استخدام الطاقة الكلية.

كما يبين الشكل ٩-٥ درجات حرارة السطح التي تم قياسها، والتي بدأت بعد فترة من بدء الدراسة. حيث تؤثر درجات حرارة السطح على اكتساب الأشخاص في الخارج للحرارة بالإشعاع الموجي الطويل. فأثناء الفترة الأحر للدراسة، وصلت درجة الحرارة السطحية لموقف السيارات إلى حوالي ٥٠°C (حوالي ١٢٠°F) بينما كانت درجة الحرارة السطحية للمرج حوالي 29°C (88 °F) ودرجة الحرارة السطحية للرصيف المظلل حوالي 23°C (73 °F).



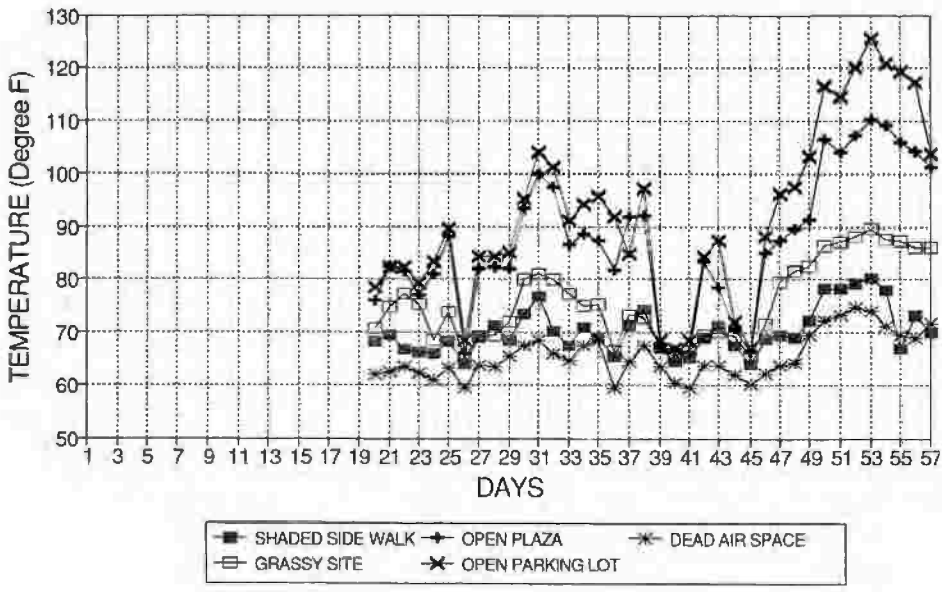
الشكل ٩-٤ درجات حرارة الهواء التي تم قياسها في UCLA خلال ٥٧يوم، والتي امتدت عبر سنة، في مواقع بغطاء أرضي مختلف.

دراسة باركر Parker

لقد قام Parker (١٩٨٣،١٩٨٧،١٩٨٩) بتسجيل بحث تم في ميامي Miami في ولاية فلوريدا Florida، حيث تم قياس أثر هندسة المنظر الطبيعي landscaping على درجات حرارة الجدار. ولكن لم تقدم أية بيانات عن لون الجدار. ففي الأيام المشمسة الحارة في أواخر الصيف، كان معدل درجة حرارة الجدران المظللة بالأشجار أوبمزيج من الأشجار والشجيرات قد هبط بحدود- 15,5°C (24 -27 °F) 13,5 بينما خفضت الدوالي المستقلة درجة حرارة السطح بحدود (18-21,6 °F) 10-12°C.

كما قام Parker (١٩٨٣) بقياس أثر هندسة المنظر الطبيعي على استهلاك الطاقة للتبريد. حيث كان بناء الاختبار عبارة عن منزل متحرك معزول بعرضين (مربع double-width) يستخدم كمركز عناية يومية بالأطفال. وتمت مقارنة استهلاك الطاقة بمكيف الهواء أثناء أيام عدة مع أحوال جوية مشابهة على فترتين زمنيتين - أي قبل وبعد هندسة المنظر الطبيعي. وكذلك فقد تألفت هندسة المنظر الطبيعي من أشجار وشجيرات حول البناء. بينما لم تعط أية بيانات عن لون البناء.

وكانت الدرجة اليومية المتوسطة لاستهلاك الطاقة من أجل التكييف الهوائي في أيام الصيف الحارة، وفي الفترة التي لم يوجد فيها تظليل بالنباتات، ٥,٦٥ ك. و، وكانت قد أخفضت بعد هندسة المنظر الطبيعي إلى ٢,٢٨ ك و. بينما كان أثر زرع النبات حتى أهم أثناء ساعات ما بعد الظهيرة (فترة شحنة الذروة): حيث تم تخفيض معدل الذروة لاستخدام الطاقة من ٨,٦٥ إلى ٣,٦٧ ك و.



الشكل ٩-٥ درجات حرارة السطح التي تم قياسها للمواقع من الشكل ٩ - ٤

دراسة McPherson

قام cPherson et al. (١٩٨٩) بقياس أثر هندسة المنظر الطبيعي على استهلاك الطاقة للتبريد لثلاثة نماذج one-quarter-scale لأحد الأبنية. حيث كان حجم أرضية البناء ٣,٧ × ٣م (٨,٤ × ٥,٤ ft) وحجم البقعة ١٥,٣ × ١٥,٣م (٢٧,٥ × ٢٧,٥ ft). وتألفت معالجات المنظر الطبيعي من: (أ) كساء عشبي برمودي (من جزر برمودا Bermuda) حول البناء وبدون ظل، (ب) سماد صخري حول الأبنية وجدران مظللة بالشجيرات، و(ج) سماد صخري دون عشب أوظل. ولم يذكر أي شيء يتعلق بلون الأبنية وأحوال الريح.

كما كانت درجة حرارة سطح الكساء العشبي حول فترة الظهيرة أدنى بحوالي 15°C (27° F) مقارنة مع درجة حرارة سطح الصخور. بينما كانت درجة حرارة الهواء، عند حوالي ٠,٥ م (١,٦ ص) فوق الكساء، أدنى بحوالي 2°C (3,6°F) منها فوق الصخور. واستهلك نموذج السماد الصخري طاقة تبريد أكثر بـ ٢٠-٣٠٪ من نماذج الكساء العشبي وظل الشجيرات. حيث خفض الكساء العشبي بشكل واضح اكتساب الحرارة بالإشعاع الموجي الطويل ودرجة حرارة الهواء المحيط قرب غلاف البناء، بينما خفضت الشجيرات اكتساب الحرارة الشمسي.

دراسة DeWalle

لقد قام DeWalle (١٩٨٣) بقياس تسلل الهواء واستخدام الطاقة للتدفئة في منزل متحرك صغير في بنسلفانيا المركزية Pennsylvania. حيث حدد المنزل المتحرك أولاً لتقدير درجة التسلل فيه ومن ثم عين موقعه في أماكن مختلفة، إما «مفتوحة» أومحمية، على مسافات مختلفة من شجرة صنوبر استخدمت كوقاء من الريح، عبر عنها كمضاعفات لارتفاع وقاء الريح، H. كما عبر عن درجة تسلل الهواء واستخدام الطاقة للتدفئة كوظيفة لسرعة الريح في المكان المفتوح وللفرق في درجة الحرارة الداخلية ـ الخارجية. ومن ثم تمت مقارنة درجات التسلل وطاقة التدفئة التي تم قياسها مع الدرجات «المتوقعة». وكان قد تم خفض السرعة الدينامية على مسافات ١-٤H من وقاء الريح بحدود ٤٠-٥٠٪ من الريح الهادئة. وكانت درجات انخفاض التسلل من ٥٥٪ (عند H١) إلى ٣٠٪ (عند ٤H و٨H). بينما كانت درجات انخفاض طاقة التدفئة حوالي ٢٠٪ (عند H١) إلى حوالي ١٠٪ (عند ٤H).

دراسات Hoyano

لقد أجرى Hoyano (١٩٨٤،١٩٨٨) العديد من الدراسات التجريبية في اليابان، تتعلق باستخدام النباتات في الحد من اكتساب الأبنية للحرارة. ونوجز في هذا القسم نتائج دراساته هذه، وبشكل أساسي تلك التي تتعلق بآثار النبات على درجات

حرارة السطح والهواء. كما يصور Hoyano ١٩٨٤ أنواع المنظر الطبيعي التي قام بدراستها، والآثار الملاحظة لزرع النبات. وهي:

أ- عريشة متسلقة أفقية: كان حجم العريشة المتسلقة ١٥ (شرق - غرب) بـ ٤ (شمال - جنوب) (٤٩ بـ ft١٤)، بارتفاع ٢,٥م (ft٢.٨). وأنتجت الأوراق طبقات عديدة كثيفة. وشملت القياسات النقل الشمسي، درجات الحرارة السطحية للأوراق، ودرجات حرارة الهواء تحت العريشة وفوقها الأرض المفتوحة المجاورة. حيث كان النقل الشمسي عبر العريشة حوالي ٠,١-٠,٢ من الإشعاع الأفقي. وكانت درجة حرارة الورقة مساءً حوالي نفس درجة حرارة الهواء المحيط مع إشعاع شمسي بلغ 400 Kcal/m2h (Bth/h.ft2148) وحوالي 2°C (3,6 °F) فوق الهواء المحيط مع إشعاع شمسي بلغ 800 Kcal/m2h (295 Bth/h.ft2) بينما كانت درجة حرارة الهواء تحت العريشة حوالي نفس حرارة الهواء فوق الأرض المفتوحة، وعلى نطاق واسع لدرجات حرارة الهواء المحيط، من ٢٣-٣٥°C (٧٣,٤ إلى ٩٥°F).

ب- حجاب على شكل دالية عمودية يقي من الشمس أمام الشرفة. حيث وضعت دالية عمودية (Dishcloth Gourd) أمام شرفة جنوبية غربية لأحد المنازل وتمت مقارنتها مع شرفة غير محجوبة بنفس الاتجاه.

فكان الحجاب فعالاً في تأمين الظل بينما كان الإشعاع الشمسي داخل الشرفة المحجوبة أدنى منه في العريشة غير المحجوبة على نحوهام. وعلى أي حال، كانت درجة حرارة الورقة أعلى من درجة حرارة الهواء المحيط. بينما كانت درجة حرارة الهواء داخل الشرفة المحجوبة أعلى من درجة حرارة الهواء المحيط ولكن أدنى منها داخل الشرفة غير المحجوبة. وهكذا فقد كان أثر التدفئة الناتج عن التهوية المخفضة لحيز الشرفة أكبر من أثر التبريد الناتج عن التظليل.

كما خفض حجاب الدالية العمودية سرعة الريح عبر النافذة إلى حد هام في الشرفة المحجوبة والتهوية المتقاطعة للغرفة خلفها، وذلك مقارنة مع الشرفة غير

المحجوبة. أما بدون وجود الشرفة فقد كانت السرعة الدينامية في مركز النافذة، في المعدل، حوالي ٤٥٪ من الريح الخارجية، بينما كانت حوالي ١٧٪ مع وجود حجاب الدالية في الشرفة. وهكذا فربما يكون الأثر الكلي للحجاب العمودي على الراحة سلبياً، في المناخ الحار ـ الرطب، وذلك بسبب خفض السرعة الدينامية الداخلية.

ت- حجاب من اللبلاب يغطي جداراً غربياً: تم تقييم أثر اللبلاب الياباني الذي يغطي جداراً إسمنتياً مجرداً غربياً عن طريق مقارنة درجات الحرارة عبر الجدار قبل وبعد وضع غطاء اللبلاب. كما تم في هذه الدراسة قياس درجات حرارة أوراق اللبلاب، درجات حرارة الهواء، ودرجات الحرارة عبر الجدار. ولكن لم تقدم في هذه الدراسة أية بيانات حول اللون الفعلي أوقابلية الامتصاص لهذا الجدار.

أما بدون وجود اللبلاب، فقد كانت درجات الحرارة العظمى للسطح الخارجي أعلى بحوالي 10°C (18 °F) من الهواء المحيط (الأمر الذي يقترح وجود لون غامق متوسط)، بينما كانت أدنى منه بحوالي1°C (1,8 °F) في حال وجود غطاء اللبلاب. كما كان معدل درجة الحرارة السطحية للجدار المكشوف حوالي (5,4 °F) 3°C بينما كانت أعلى بـ 1°C (1,8 °F) فقط من معدل درجة الحرارة الخارجية مع وجود غطاء اللبلاب.

ث- صف من الأشجار أمام الجدار: وضعت في هذه التجربة أشجار نامية في أوعية فخارية قابلة للتحريك أمام جدار غربي إسمنتي لأحد الأبنية، في ترتيبات مختلفة للتباعد. فكانت المتغيرات التجريبية عبارة عن المسافات بين الأشجار (٤٥ أو٦٥سم) (١٨ أو٢٦") والمسافة بين الجدار وخط الأشجار (٢٠ أو٦٠سم) (٨ أو٢٤"). فأدت جميع ترتيبات الأشجار إلى الحد من تدفق الحرارة إلى البناء، مقارنة مع جدار آخر غير مظلل. وكان أثر التظليل الشمسي أكبر عندما كانت المسافة بين الجدار والأشجار أضيق. وعلى أي حال، فقد علق Hoyano بأنه لابد من أخذ مظاهر الصيانة بعين الاعتبار عند تحديد المسافة المستحسنة.

ج- زرع كساء سقفي: في Hoyano ١٩٨٤ تمت مقارنة نماذج درجات الحرارة السطحية للأسقف مع زرع كساء بري Zoysia مع درجة حرارة سقف مغطى بتربة مجردة. ولقد أجريت الدراسة خلال فترة سنة واحدة بحيث تمت مراقبة أثر الكساء في الصيف، مع الأوراق الخضراء، وفي الشتاء مع الأوراق الميتة للكساء. ففي الصيف كان معدل درجات الحرارة السطحية لنوعي السقف، وهما الكساء والتربة المجردة، أعلى من معدل درجة حرارة الهواء المحيط. وكانت درجة الحرارة العظمى للتربة المجردة أعلى إلى حد كبير من درجة حرارة الكساء. أما مع إشعاع بلغ حوالي 700 Kcal/m2h (260 Bth/h.ft2)، كانت درجة الحرارة السطحية للأوراق الخضراء حوالي 8°C (14,4 °F) ودرجة الحرارة السطحية للأوراق الميتة حوالي 12°C (12,6 °F) فوق درجة حرارة الهواء المتزامنة.

دراسة Taha et al

قام Taha et al. (١٩٨٩) بقياس درجة حرارة الهواء وسرعة الريح داخل مظلة بستان معزول وفي المناطق المفتوحة الموافقة والمعاكسة لاتجاه الريح إلى جنوبه وشماله، في دافيس Davis، كاليفورنيا. فعلى الرغم من أن الفروق بين الأحوال المناخية في البستان وفي الحقول المفتوحة قد لاتكون ذات الفروق بين المساحات الخضراء العمرانية والمناطق المبنية حولها، إلا أن نتائج هذه الدراسة على قدر من الأهمية.

وكان حجم البستان ٣٠٧م طولاً (شمال - جنوب) و١٥٠م عرضاً (شرق - غرب) (١٠٠٦ × ٤٩٠")، وكانت المظلة قد غطت ٣٠٪ من مساحة الأرض وكانت التربة رطبة بعد الري. وامتدت الحقول الفارغة لـ ٢كم (١,٢٤ ميل) بعيداً عن المظلة. وإلى جنوب البستان كان هناك جدول مرسوم بشريط من الأشجار والشجيرات الطويلة. وكانت الريح في ساعات النهار غالباً من الشمال ومن الجنوب خلال ساعات الليل والمساء. كما تم قياس درجة حرارة الهواء وسرعة الريح على ارتفاع ١,٥م (٤,٩") فوق

الأرض. وسجلت قياسات ثلاث «محطات» داخل البستان ومحطتين في كل منها، أي في الحقول المفتوحة الشمالية والجنوبية (خلف شريط الأشجار). واستمرت فترة القياسات لمدة أسبوعين (من ١٢- ٢٥ تشرين الأول ١٩٨٦). وعملت المحطة الميدانية في أقصى الشمال كنقطة تحكم احتسبت منها انحرافات درجة الحرارة وسرعة الريح في المحطات الأخرى كـ «آثار».

وكان معدل درجة الحرارة القصوى في البستان 23,9 C° (75 F°) ، بينما كانت في الحقل المعاكس للريح 28,3 C° (82,9 F°) وبينما كان معدل درجة الحرارة الصغرى في البستان أعلى منها في الحقل المفتوح، أي ٢,٧ مقابل ١,٨ C° (٣٦,٩ مقابل ٣٥,٢ F°). وكان معدل سرعة الريح العظمى في البستان أدنى بكثير منه في الحقل المفتوح المعاكس لاتجاه الريح، أي ٣,٧٥ s/m مقابل ٨,٥ s/m (٧٥٠ مقابل ١٧٠٠ fpm).

كما امتد أثر البستان أيضاً باتجاه الريح. وكان معدل درجة الحرارة العظمى في المحطة الأولى في الحقل الجنوبي (الموافق للريح) 25,5 C° (78 F°) ومعدل درجة الحرارة الصغرى في المحطة الشمالية الأولى (مع اتجاه الريح ليلاً) (35,2 F° 1,8 C°). أما في المحطات الأبعد باتجاه الريح فقد كانت آثار البستان أضعف بكثير، وكان معدل درجة الحرارة القصوى هناك في الواقع أعلى 29 C° (84,2 F°) من المحطة المعاكسة للريح.

وكذلك فقد تأثرت الفروق الكمية بين البستان والحقول المفتوحة بأحوال الريح والتلبد بالغيوم. أما في حالة الطقس الصاحي فقد وصلت الحقول المفتوحة إلى درجة حرارة قصوى وصغرى بلغت 28,3 C° و5 C° (83 - 41 F°) على التوالي، بينما كانت درجات الحرارة المطابقة في البستان ٢٦,٠ C° و٧,٥ C° (٧٨,٨ و٤٥,٥ F°). أما خلال الأيام الغائمة، ومع سرعات أعلى بكثير للريح، فقد كانت درجات الحرارة العظمى والصغرى للحقول المفتوحة ١٦ و١٠ C° (٦٢,٦ و٥١,٨ F°) على التوالي،

بينما كانت درجات الحرارة المطابقة في البستان ١٧ و١١°C (٦٢,٦ و٥١,٨°F). وعلى أي حال، فلم يتضح سبب كون درجة الحرارة العظمى في البستان أثناء الأيام الغائمة أعلى منها في الحقول المفتوحة.

دراسة Cortegoso،Carton ، و deRosa

قام deRosa، Cortegoso،Canton (١٩٩٤) بقياس الاختلاف الفصلي لقابلية نفاذ الإشعاع الشمسي لأشجار عمرانية كبيرة وناضجة في ميندوزا Mendoza، الأرجنتين. حيث تم أخذ القياسات في فصول الشتاء، الربيع، الصيف، والخريف، في ساعات الصباح وفترة الظهيرة. كما تم قياس قابلية نفاذ الأنواع الأربعة من الأشجار وهي: Platanus acerifolia (طائرة plane لندن)، وMorus alba (توت أبيض)، Fraxinius excelsior (شجرة الدردار الأوروبي)، وMelia azedarah (شجرة التوت الصيني). كما تم تقدير قابلية نفاذ الإشعاع الشمسي الكروي، المباشر، والمنشور بشكل منفصل.

وتراوحت قابلية النفاذ في فصل الصيف في المعدل من ٢٣,١ إلى ٤٠,٦٪. بينما تراوحت قابلية النفاذ في فصل الشتاء من ٤٢,٥ إلى ٧٩,٦٪.

وفي مناقشة نتائج دراستهم، أشار مؤلفوهذه الدراسة إلى أن المعيار الذي قام هؤلاء باستخدامه في تحديد «الملائمة الشمسية» للأنواع الثلاثة للأشجار في تمتعها بقابلية النفاذ الأدنى أثناء الصيف والأعلى في فصل الشتاء. كما كان الاعتبار الآخر عبارة عن المطابقة بين تغيرات قابلية النفاذ والتغيرات في degree-days التدفئة والتبريد شهرياً.

أما بالنسبة لأحوال فصل الشتاء فقد كانت شجرة الدردار الأوروبي والتوت الأبيض ذات «الملائمة الشمسية» الأكبر. أما التوت الصيني، فعلى الرغم من أنه يتجرد بشكل كامل في الشتاء، إلاأن له شبكة محكمة من الفروع التي تخفض قابلية النفاذ لديه. أما الشجر ذو«الملائمة الشمسية» الأقل فهوطائرة plane لندن.

الآثار المناخية للحدائق والملاعب العمرانية العامة:

ينبغي أن تؤمن الحدائق والملاعب العامة، من منظور الراحة البشرية، ظلاً فسيحاً في الصيف في المناخات الحارة، وأن تؤمن الحماية من الغبار أيضاً في الأقاليم الحارة ـ الجافة. أما في فصل الشتاء، ولاسيما في الأقاليم الباردة، تعد الحماية من الرياح أمراً هاماً.

كما تعتمد آثار النباتات على المناخ في المناطق المبنية على جزء المساحات «الخضراء»، سواء أكانت عامة أم خاصة، نسبة إلى المساحة العمرانية المبنية ككل. إلاأن أثر النباتات العمرانية قد يكون مختلفاً، بفعل الخطط المختلفة لزرع النبات، وتبعاً لدرجة حرارة الهواء، التعرض الشمسي للمشاة، وسرعة الريح في الشوارع، واستناداً إلى الخيار الخاص للنباتات وتفاصيل هندسة المنظر الطبيعي.

ففي المدن عالية الكثافة، حيث تكون معظم الأرض مغطاة بالأبنية والطرق، وحيث تتوفر مساحة محدودة جداً للنباتات، قد يكون أثر النباتات على درجة حرارة الهواء صغيراً كذلك. وقد تتجلى مساهمتها الرئيسة في المناخ العمراني في تأمين الظل للمشاة.

أما في الأقاليم الرطبة فإن التبخر المحدد منخفض إلاأن النبات يكون وافر وتكون وفرة المياه على الأغلب غير محدودة. ففي مثل هذه الأقاليم لاتكون الرطوبة المرتفعة، ولاسيما خفض سرعة الريح قرب الأرض، مرغوبين من منظور الراحة. ولذلك لابد أن نأخذ هذا الأمر بالحسبان في تفاصيل زرع النبات في المنتزهات والحدائق في الأقاليم الحارة ـ الرطبة (انظر الفصل ١١).

وفي الأقاليم الحارة ـ الرطبة تكون درجة التبخر من التربة المجردة صغيرة. وعلى أي حال، ففي المنتزهات والحدائق العمرانية المروية، يزداد تبخر الماء من النبات والتربة. ولذلك يمكن أن يكون أثر المساحات الخضراء على المناخ العمراني داخل وقرب المساحات «الخضراء» هاماً، بينما يكون أثرها على الراحة مرغوباً.

كما يمكن أن تقدم «أحزمة الوقاية» (أي صف كثيف من الأشجار المتعامدة مع اتجاه الريح الرئيس) على الجانب الموافق للريح لأحد الأحياء حماية فعالة من الرياح العالية (في الأقاليم الباردة) ومن الغبار (في الأقاليم الصحراوية)، ولاسيما بالنسبة للأبنية منخفضة الارتفاع الشائعة في العديد من المناطق السكنية. ويقدم Robin-ette (١٩٧٢) معلومات حول دراسات عدة في ألمانيا والاتحاد السوفيتي آنذاك، حيث تم قياس أثر أحزمة الوقاية على سرعة الريح.

أما من منظور التهوية العمرانية، ليس هناك ثمة فرق بين المساحات المفتوحة الخضراء العامة المخصصة والمساحات المفتوحة النظامية بين الأبنية (والعائدة للملكية الخاصة). وفي هذا المجال، تحسن شوارع المدينة حتى ومواقف السيارات المفتوحة التهوية العمرانية.

مدى ومجال آثار الحدائق العمرانية:

يكون تأثير الحدائق والمساحات المفتوحة في المدينة على المناخ العمراني مقيداً بالأحوال السائدة داخل هذه المناطق بحد ذاتها، ويمتد فقط إلى مسافة قصيرة إلى المنطقة العمرانية المحيطة والمكتظة بالمباني. ولهذا السبب تتجلى مساهمة الحدائق مبدئياً في وظيفتها كمواقع تؤمن المساحات الخارجية للراحة والاستجمام مع مناخ سار لزوارها أوالأشخاص الذين يعيشون أويعملون قرب حدودها.

كما يبدوأن حجم منتزه ما، وراء حد مفترض، يؤدي إلى اختلاف صغير في الأحوال المناخية ضمن حدوده وفي نطاق تأثيره. ولذلك سيكون لتقسيم الحيز الكلي الموزع للحدائق إلى عدد كبير من الحدائق الصغيرة، والمنتشرة عبر المنطقة العمرانية كاملة، أثر أعظم على المناخ العمراني الكلي، مما يمكن أن يحدثه خلق عدد صغير من الحدائق الكبيرة. وكذلك يكون للمساحات المفتوحة خارج المدينة أثر صغير فقط على الأحوال المناخية داخل المنطقة العمرانية المبنية.

وبما أن أثر المساحات الخضراء العامة على الأحوال المناخية حول الأبنية في الأقسام المبنية للمدينة محدوداً، وذلك بعيداً عن المساحات الخضراء، وكذلك فإن

أثرها محدوداً على الأحوال المحيطة حول الأبنية الواقعة بعيداً عن الحدائق، والحاجة للطاقة أيضاً من اجل التدفئة والتكييف الهوائي. وفي هذا المجال، يمكن أن يكون أثر النبات في الساحات الخاصة حول الأبنية أكثر أهمية، كما ناقشنا أعلاه.

تأثير المساحات الخضراء على تلوث الهواء:

يحتوي الهواء العمراني على عدد كبير من الجزيئات المجهرية التي تعمل كنوى يتمسك بها الإطلاق الغازي الذي تصدره السيارات والاحتراق غير الكامل.

كما أن للمساحات العمرانية الخضراء تأثيراً مباشراً وغير مباشر معاً على تلوث الهواء. إذ يكون التأثير المباشر من خلال تصفية جزء من الملوثات في الهواء عن طريق النبات (مثل الغبار، الغازات، السخام). بينما ينشأ التأثير الغير مباشر من أثر المساحات المفتوحة الذي تحدثه على أحوال التهوية داخل مساحة المدينة، بغض النظر عن احتوائها على النبات أم لا. وبالتالي تؤثر التهوية العمرانية على تفريق الملوثات، وبشكل رئيسي تلك التي تنشأ عن محركات السيارات والتي تتولد على طول الشوارع قرب الأرض.

وتزداد قدرة النبات على التصفية مع زيادة تغطية الورقة لكل واحدة مساحة من الأرض. وفي هذا المجال يكون ترتيب فاعليتها كالآتي: الأشجار، الشجيرات، العشب. ففي رياض عمراني من الأشجار، تتم التصفية الأساسية من خلال الصفوف الأولى من الأشجار المتجهة بعكس الريح. ولذلك، بالنسبة لعدد إجمالي مفترض من الأشجار، تعد زراعتها كأشرطة ضيقة ومطولة من الأشجار فوق المساحة المفتوحة، مع ترك مسافات بينها، أكثر فعالية من زراعتها كروض كبير واحد.

كما تعتبر الحدائق الخاصة والقطع الزراعية الخاصة داخل المنطقة العواصمية ذات فعالية مساوية لفعالية الحدائق العامة فيما يتعلق بتنقية الهواء. وعلى أي حال تعتمد إمكانية استمتاع العامة بالهواء الأنقى داخل المساحات المفتوحة على الملكية العامة للأرض أوعلى الأقل على دخول المساحات المفتوحة المجاني من قبل العامة.

ويوجز Hader ١٩٧٠ الاستنتاجات التالية لدراسات مختلفة أجريت حول توزيع الغبار داخل وخارج المساحات العمرانية الخضراء.

● داخل المساحة الخضراء، وكذلك في الأرض المحرجة، يكون نقصان الغبار ملحوظاً.

● تنقص كمية الغبار عادة من جانب هبوب الريح إلى الجانب المحمي من الريح للزرع وفي بعض الأحيان نجد الكمية الأقل مباشرة على الجانب المحمي، أي خارج المساحة الخضراء. وعندئذ يزداد حجم الغبار بسرعة، دون الحصول على الكمية الأكبر في جانب هبوب الريح.

كما يتم حالاً كنس الجزيئات الواقعة على الأسطح الخالية من النبات في الأحوال التي لاتهب فيها الريح، بينما يحتجز العشب الغبار في المساحات الخضراء. حيث تبطئ أوراق العشب التي تبرز في الهواء جريان الهواء قرب المرج، مسببة سقوط الجزيئات. ويمكن زيادة هذا الأثر المسمى «أثر الشبكية» بشكل مادي عن طريق الأشجار الكبيرة ذات الأوراق الغنية، حيث تسبب إسقاط الحجم الأكبر للهواء الغبار الذي يحتويه.

كما يؤدي النبات الكثيف الذي يشكل «جداراً» متعامداً مع الريح انحرافاً صاعداً للهواء، يجتاز العقبة الخضراء، حاملاً معه الغبار الناعم والجزيئات الأصغر، بينما تقع الجزيئات الأكبر بفعل ما يحدثه النبات من تأثير. ولكن الغبار الناعم يهبط بعد اجتياز الهواء للعقبة. وبالتالي يحد ذلك من فعالية الأحزمة الخضراء كفلترات، وذلك على الأقل في حالة الغبار والجزيئات الدقيقة. أما بالنسبة لجزيئات الغبار الأكبر، يظهر القياس أن للحواف الخشبية حتى أثراً ملحوظاً في التصفية.

وهكذا يمكن أن نستنتج من الملاحظات السابقة بأن هناك شك في إمكانية الحماية من التلوث الصناعي عن طريق الأحزمة الخضراء قرب مصادره، ويعود ذلك إلى الحجم الصغير للملوثات وارتفاع المداخن الصناعية. ومن جهة أخرى، يمكن أن

تكون الأحزمة الخضراء فعالة في الحد من الغبار الطبيعي، وكذلك من الجزيئات التي تولدها محركات السيارات على الطرق واحتراق الفحم.

وتتفق هذه الاستنتاجات مع بحث أجري في ((HUD International 1973 Netherlands، حيث وجد بأنه يتم الحد من تلوث الهواء على نحوهام فقط ضمن الحزام الأخضر ذاته وفي المساحة الواقعة خلفه مباشرة. كما يطبق هذا الأثر أيضاً على الأشجار المزروعة على طول الشارع العريض مساعدةً في تنقية هواء الشارع إلى حد معين.

وبسبب عدم وجود حد من تلوث الهواء أوالحد منه قليلاً خارج الجوار المباشر للأشجار، ينصح بمباعدة الأشجار والحدائق العامة عبر المنطقة العمرانية بدلاً من تركيزها في بضعة بقع وذلك من منظور تلوث الهواء.

وقد يعتبر أثر الأشجار على تركيز تلوث الهواء الناجم عن السيارات في الشوارع العمرانية على أي حال نعمة ونقمة في بعض الأحيان. إذ يعتمد تفريق الملوثات على سرعة الريح في مستوى الشارع والامتزاج العمودي للهواء الملوث مع الهواء الأقل تلوثاً في المستويات الأعلى. حيث يمكن أن تحد المظلات الكثيفة من الأشجار على طول الشوارع سرعة الريح والامتزاج العمودي في مستوى الشارع إلى حد كبير. ولذلك لابد من أخذ هذا الأثر بعين الاعتبار عند تخطيط خطوط الأشجار الكثيفة على طول الشوارع مع تركيز عالي لتلوث الهواء الناتج عن السيارات.

المساحات المزروعة كعناصر للتحكم بالضجيج:

يعد أثر المساحات المفتوحة على الضجيج العمراني عادةً أحد المناطق المدخلة التي تشكل مصداً بين مصدر الضجيج والمناطق الحساسة تجاه الضجيج. كما يمكن لمنطقة المصد أن تخدم أيضا العديد من النشاطات الاستجمامية، إلاأن الآثار الكمية لمنطقة المصد هذه تتأثر بالصفات المفصلة للمساحة المفتوحة مثل بعدها، نوع الغطاء النباتي فيها، وغير ذلك.

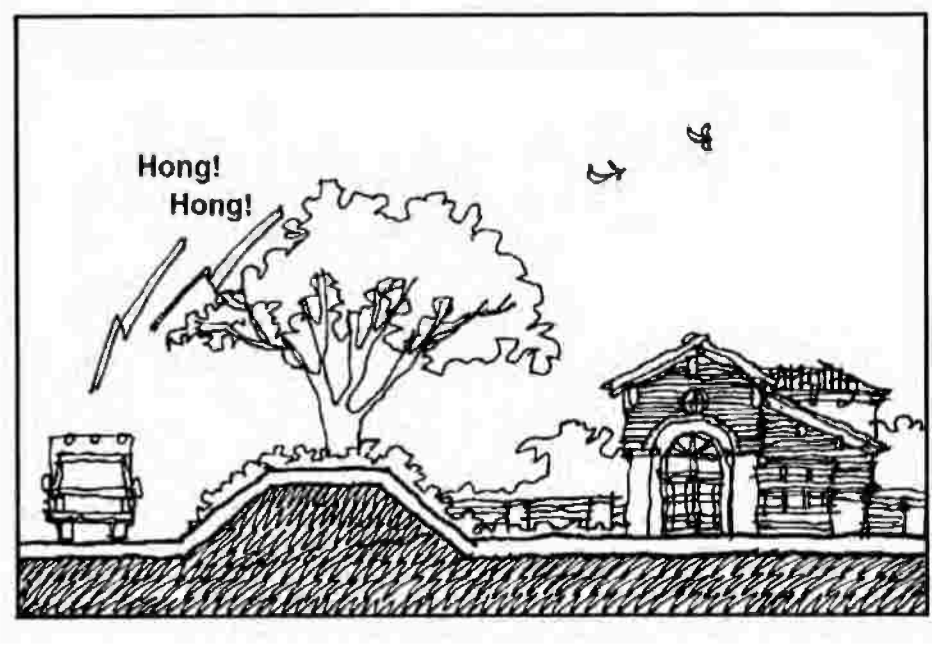
كما يؤدي إدخال مسافة بين مصدر الضجيج والمنطقة الحساسة إلى انخفاضات في مستوى الضجيج وقد تستخدم أيضاً كأداة تخطيط فعالة في التحكم الصوتي للمنطقة العمرانية. وعلى أي حال، لابد أن نأخذ بالحسبان بأن لهذا الحل مشكلات مالية ووظيفة هامة، ولاسيما في المناطق التي ترتفع فيها كلفة الأرض. ولذلك ينبغي أن تستخدم مناطق المصد هذه أيضاً لأغراض أخرى. ولهذا الأمر أهمية خاصة فيما يتعلق بالمساحة التي ستترك مفتوحة على طول الطرق العامة والشوارع التي تمر عبر المدن أوبقربها.

فعندما تعمل المساحة المفتوحة كوظيفة لمنطقة المصد، يتقيد دورها المحتمل كمنطقة استجمام بمستوى الضجيج داخل المساحة المفتوحة بحد ذاتها. ولذلك، وكحل أمثل للتصميم، ينبغي تخطيط مناطق المصد بحيث تعمل على زيادة أثر الحد من الضجيج الذي تحدثه وفي الوقت نفسه على إيجاد استخدامات إضافية لمناطق المصد هذه لاتكون حساسة جداً للضجيج. وبهذه الطريقة قد تزيد المساحات المفتوحة عن طريق إنجاز وظائف إضافية من الفائدة الكلية التي تحققها للبيئة العمرانية.

كما يعد الضجيج المنبعث من حركة المرور عبر الطرقات العامة مصدراً رئيسياً للضجيج العمراني. حيث تزداد شدة الضجيج مع ازدياد شدة حركة المرور (وذلك بالنسبة لمجموعة مفترضة من السيارات) وكذلك السرعة. ويعد هذا مصدراً طولياً للضجيج يتولد في مستوى الشارع. إلاأنه يمكن الحد من تأثيره على المناطق السكنية على طول الطرقات العامة (واستخدامات أخرى حساسة للأرض) عن طريق المسافة (أي المساحات الطولية المفتوحة على طول الطرقات العامة) وكذلك عن طريق حواجز طولية صلبة بين الطريق العام والمناطق الحساسة.

ويمكن أن تكون هذه الحواجز الصلبة على شكل أشرطة مرفوعة من التربة المزروعة على جانبي الطريق العام المغمور، بحيث تخلق «ظلالاً للضجيج»، وبذلك تزيد من فاعلية المصد. حيث تحد المنحدرات المزروعة من أشرطة التربة من

انعكاس الضجيج من الطريق العام باتجاه المناطق المبنية خلف مناطق المصد وعلى طولها، وذلك كما هومبين في الشكل ٩-٦.



الشكل ٩-٦. أشرطة من التربة المزروعة كحماية من الضجيج.

تخفيف مستويات الضجيج عن طريق النبات:

وكما هوموجز في تقرير أعدته (HUD International ١٩٧٣)، فإن الفعالية النسبية للنباتات في التحكم بمستويات الصوت هي فعالية متغيرة تماماً. إذ تختلف كثافة أوراق النبات إلى حد بعيد تبعاً لنوع الأشجار وارتفاعها فوق الأرض. حيث لاتكون الأشجار النفضية فعالة أثناء أشهر الشتاء. وبالإضافة إلى ذلك، فعندما تكون حركة الهواء باتجاه السامع، قد توازن درجات ميل الريح المتسببة عن إعاقة الزرع لها فائدة أثر الحجب. وحتى بوجود أوراق كثيفة، يبدوتخفيف الصوت صغيراً ولاسيما في الترددات الوسطى والمنخفضة، إلاإذا كان الزرع عميقاً جداً.

ويعبر Broban (١٩٦٧) عن أثر التخفيف الذي يحدثه النبات كوظيفة للتردد. حيث تبين البيانات التي يقدمها بأنه بغية الحصول على انخفاضات هامة في مستوى الضجيج (بنظام dB١٠)، يتطلب الأمر وجود نبات كثيف بعمق ١٠٠م (٣٢٨') على الأقل. كما يستشهد Robinette (١٩٧٢) بنتائج حصل عليها من دراسات عدة تم فيها قياس مستوى تخفيف الضجيج عن طريق النباتات. ويقترح أيضاً بعض التفاصيل الخاصة بالتصميم بهدف استخدام النبات كحواجز تصد الضجيج على طول الطرق العامة.

وربما نستنتج من هذه الدراسات بأن الأثر الفعلي الذي يحدثه النبات للحد من الضجيج هوأثر صغير. وعلى أي حال فقد يكون للنباتات أثراً نفسانياً هاماً، عن طريق إخفاء مصدر الضجيج بصرياً عن الشخص المتأثر. ومع أن الأشجار على طول الشوارع العمرانية لاتحد من مستوى الضجيج في الأبنية، إلاأن بإمكانها الحد من زمن الصدى في الشوارع عن طريق امتصاص الصوت في الأوراق.

الوظائف الاجتماعية للحدائق العمرانية:

تلبي الحدائق والملاعب العمرانية العديد من الاحتياجات الاجتماعية والنفسانية المتنوعة للسكان ـ كلعب الأطفال، اللقاء الاجتماعي، الاستجمام، والخصوصية على سبيل المثال. إلاأن الوجود المجرد لهذه الحدائق لايضمن خلق الروابط الاجتماعية أوتوماتيكياً، وبدون تلبية أحوال أخرى، قد لاتكون اللقاءات التي تحدث في هذه المناطق ذات معنى اجتماعي أوقد تقود حتى إلى حدوث نزاعات شديدة. وعلى أي حال، فبفعل ظروف مؤيدة وتفاصيل تصميم فيزيائية ملائمة، قد تساعد الحدائق على خلق شعور بـ «الجماعة» في الحي.

ويمكن أن تحظى الوظائف الاجتماعية الثقافية للحدائق العمرانية بأهمية خاصة في الأحياء ذات الدخل المحدود. وبينما تكون أحوال المعيشة في مثل هذه المناطق أدنى بكثير من الأحوال المعيشية للمناطق ذات الدخل الأعلى، يمكن أن تؤمن

الحدائق العامة للسكان ذوي الدخل المحدود فرصاً للاستجمام والتسلية ضمن منطقة ذات خاصية بيئية، وهي فرص مساوية للفرص التي تقدمها لسكان المناطق العمرانية الأخرى.

كما تعتمد درجة إنجاز الحدائق لهذه الوظيفة حد زراعتها واحتوائها على مرافق حقيقية، ولاسيما فيما إذا كانت تحدث فيها أنشطة خاصة. ويسري ذلك دون القول بأن إدراك إمكانيات الاستجمام والتسلية هذه يعتمد على وجود المرافق الحقيقية ويشمل جهود تنظيمية ومالية من جانب السلطات المسؤولة.

وربما يتم قياس نجاح الحدائق العمرانية في أداء الوظائف الاجتماعية بتكرار زيارتها من قبل أقسام السكان الذين خصصت لأجلهم هذه الحدائق. وعلى أي حال، تعتمد درجة المشاركة أيضاً على وجود الأحوال الملائمة. ومن المعقول أن نفترض أنه كلما كانت الفرص أكثر إثارة وملائمة للاستمتاع في المساحات المفتوحة، كلما كانت درجة المشاركة أعلى.

وبالإضافة إلى عدم مساهمتها الكاملة في نوعية الحياة العمرانية، تجذب الحديقة التي لايقوم الناس باستخدامها العناصر الإجرامية إلى الفراغ الذي يخلقه عدم الاستخدام. ويظهر هذا التأثير السلبي في الأحياء المحيطة بالحديقة، وبالتالي تصبح عبارة عن مناطق خطيرة غير مرغوبة يحاول الناس الابتعاد عنها. وكذلك تعد الحدائق غير المستخدمة أكثر عرضة للمعاناة من التدمير والتخريب.

ولقد ناقش Jacobs (١٩٦١) بأن الطريقة الأكثر فعالية لمنع وقوع الجرائم في الحدائق العامة هي حضور اكبر عدد ممكن من الناس في الحديقة، وذلك في ساعات النهار والمساء. ولوكانت وجهة النظر هذه صحيحة، ستظهر حاجة لوضع سياسة تخطيط موجهة تعنى بالحدائق العامة، وتهدف إلى زيادة أوقات وشدة استخدامها. ولابد أن يحدد مثل هذا التخطيط موقع المرافق والطرقات في الشبكة العمرانية، بالإضافة إلى تفاصيل تخطيط المنطقة العمرانية المحيطة مثل: استخدام الأرض حول

الحديقة، المؤسسات التي تجذب الناس إلى المنطقة أثناء ساعات النهار العديدة، موقع مرافق النقل العامة، كمحطات الباص على حواف الحديقة، وما إلى ذلك.

الحدائق كمناطق تفاعل اجتماعية بين الأحياء:

تشكل الحدائق العمرانية مناطق للفصل بين الأحياء المجاورة لها. وعلى أي حال، فقد تعمل الحديقة نفسها أيضاً كصلة وصل بين سكان الأحياء العديدة، مؤمنة مرافق وخدمات مشتركة كملاعب، مناطق للراحة، وممرات. وهكذا، تخدم الحديقة كمكان للقاء سكان هذه الأحياء. وقد ينشأ عن هذا التفاعل الاجتماعي بين سكان الأحياء المختلفة بخلفيات اجتماعية ثقافية مختلفة، نتيجتين مختلفتين. فمن جهة، يمكن أن تؤمن فرصاً للتواصل والإطلاع المشترك، بينما يمكن من ناحية أخرى أن تسهم في تطور الصراعات والمنافسة على استخدام المرافق، بالإضافة إلى الشجارات والتوترات بين سكان الأحياء. وقد يكون لهذه المشكلة أهمية اجتماعية كبيرة عندما يكون سكان الأحياء المتجاورة من خلفيات عرقية أواجتماعية اقتصادية مختلفة.

كما يمكن أن يكون لطبيعة العلاقات التي تنشأ عن اللقاءات في الحدائق العمرانية العامة تأثيراً بعيد المدى على عملية تكامل (اندماج) السكان، ولاسيما في المدن والبلدان التي يكون فيها السكان مختلفين من حيث النشأة الثقافية. إذ تتحدد هذه العلاقات بنظام معقد من العوامل، والتي تستمد جزئياً من الصفات الديموغرافية والاجتماعية الاقتصادية للسكان. ولكن قد تتأثر العلاقات الناشئة أيضاً بميزات التخطيط الفيزيائي الفعلية للمساحات المفتوحة، ولذلك فقد تتأثر بتفاصيل تصميم الحدائق ومرافقها.

وتعد العوامل التالية من بين العوامل العديدة التي قد تؤثر على طبيعة التفاعلات الاجتماعية في الحدائق:

١. الحاجات المحددة لمجموعات السكان المختلفة، فيما يتعلق بنوع النشاطات والمرافق في الحديقة.

٢. سعة الحديقة، من منظور مساحتها الإجمالية والمساحة المخصصة للاستخدام الفعلي، وكذلك من منظور نوع وحجم السكان الذين تقوم بخدمتهم.

٣. تخطيط المرافق وأنواع النشاطات في منطقة الحديقة، والدرجة التي يسبب فيها هذا التخطيط اضطرابات مشتركة بين النشاطات المتنوعة.

٤. في حالة الحدائق العمرانية الكبيرة، وجود أحداث عامة خاصة متنوعة، وتنظيمها.

لكننا لم نستوعب تأثير هذه العوامل والعوامل الأخرى على التفاعل الاجتماعي بعد. وقد يوضح إجراء بحث في هذا الميدان فيما إذا كان بالإمكان استخدام الحدائق كأدوات للتفاعل الاجتماعي والثقافي، وفي أية أحوال.

حجم وصفة المساحات المفتوحة:

يعتبر تحديد الحجم الأمثل للمساحات المفتوحة، بالنسبة لمنطقة عمرانية وكثافة سكانية مفترضة، مشكلة معقدة. فمن جهة، يشكل تقسيم وصيانة حزمة كبيرة من الأرض لهذا الغرض عبئاً مالياً ثقيلاً وإن لم يكن بمقدور البلديات الدفع لهذه الأرض. ومن جهة أخرى، يمكن أن يكون لحجم المساحات المفتوحة تأثيراً كبيراً على الخاصية البيئية بالإضافة إلى نوعية الحياة في المدينة. إذ يمكن أن تقسم الحدائق العمرانية مناطق ذات مناخ ألطف، وهادئة نسبياً، وذات هواء أنقى من باقي المدينة. أما من وجهة النظر الاجتماعية النفسانية فهي تؤمن مناطق للعب، الراحة، اللقاء الاجتماعي، العزلة، والمتعة الجمالية، وما إلى ذلك.

كما يعكس تحديد مساحة الحدائق وفقاً لعدد الهكتارات الضرورية لحجم معين للكثافة السكانية طرق التخطيط الشائعة، ولكنه لايتعامل مع الاحتياجات الوظيفية

للسكان الذين قدر لهم استخدام هذه الحديقة، ودرجة تلبية العناصر المخططة المحددة في الحديقة لهذه الاحتياجات. ففي العديد من البلدان النامية، ولاسيما في الأقاليم الحارة ـ الجافة، تعد هذه المشكلة أكثر تعقيداً منها في أوروبا وأمريكا الشمالية، وذلك باعتبار تكاليف الصيانة في هذه الأماكن أعلى بكثير، كنتيجة للحاجة لسقايتها في الصيف، وبسبب المصادر المحدودة المتوفرة للبلديات.

ويبدوأنه يستحسن تغيير الأساس الذي تقسم وفقاً له مساحات المناطق العمرانية المفتوحة بشكل مادي. فبدلاً من إجراء التخطيط «الميكانيكي» في تحديد مساحة الأرض وفقاً لحجم الكثافة السكانية، يرغب بتأسيس طريقة ستمكن من تقييم الحاجة للمناطق المفتوحة، بهدف إنجاز وظائف محددة داخل الشبكة العمرانية، بينما تبذل الجهود بهدف الاستخدام المكثف للمساحة من قبل السكان المحليين. كما تتطلب هذه الطريقة الوظيفية في تحديد مقاييس تقسيمات المنطقة المفتوحة معرفة رئيسية باحتياجات مجموعات السكان المتعددة فيما يتعلق بالوظائف المختلفة للمناطق المفتوحة. إذ يمكن أن تعبر هذه الاحتياجات عن نفسها في العادات المختلفة التي يمارسها السكان في الاستجمام، متضمنة التسلية، الألعاب، والمتعة الاجتماعية والعائلية. ولذلك يمكن أن يكون البحث في هذا الاتجاه مفيداً للغاية.

١٠

تصميم الأبنية والتصميم العمراني للمناطق الحارة والجافة

مقدمة :

تقع المناطق الحارة والجافة على خطوط العرض المجاورة للمدارية، بين ١٥-٣٠ درجة شمال وجنوب خط الاستواء تقريباً، في آسيا الوسطى والغربية، الشرق الأوسط، أفريقيا، أمريكا الشمالية والجنوبية، وفي وسط وشمال شرق أستراليا. تتصف هذه المناطق بشكل رئيسي بكونها جافة وقاحلة وذات درجات حرارة عالية في الصيف أثناء ساعات النهار وفروقات يومية كبيرة بدرجات الحرارة وإشعاع شمسي عالي.

مواصفات المناطق الحارة والجافة:

إن المواصفات الرئيسة المتعارف عليها في المناطق الحارة والجافة والتي تؤثر على الراحة البشرية وأيضاً على التصميم للمدن والأبنية هي الجمع بين الرطوبة المنخفضة ودرجات حرارة النهار العالية في الصيف. والمواصفات الجافة والقاحلة في العديد من المناطق الحارة والجافة تسببها كتل الهواء المنخفضة والتي تنقسم بالتالي وتتدفق شرقاً وباتجاه خط الاستواء والتي تشكل حزام الرياح التجارية وغرباً وباتجاه القطبين مشكلةً الأحزمة الغربية . في بعض الحالات يسبب المناخ الجاف والقاحل الرياح المارة فوق الجبال مكثفة جزءاً من محتواها من بخار الماء أثناء الارتفاع فوق المنحدرات المواجه للرياح ومسخنة أثناء هبوطها على المنحدرات المعاكسة للرياح.

يترافق الجفاف بالعديد من المواصفات ذات الأهمية للراحة البشرية، التخطيط العمراني وتصميم البناء. الإشعاع الشمسي المباشر هوبذات كثافة الإشعاع المنعكس من الأرض الجرداء ذات اللون الفاتح.

تكون السماء صافية في معظم أوقات العام وينشط التسخين الشمسي أثناء النهار وخسارة الإشعاع ذوالموجة الطويلة أثناء الليل. يمكن أن يقترب الإشعاع الكوني الأفقي من ١٠٠٠ واط /م٢ (٢١٨ Btu/h/ft2) ويمكن أن يصل الفقد الصافي المستمر للإشعاع ل ١٠ واط/م٢ (٣٢ Btu/h.ft2) . وتكون النتيجة هي فرق يومي واسع لدرجات الحرارة، حوالي ١٥-٢٠ كالوري (٢٧-٣٦ فهرنهايت) ويصل لأكثر من ذلك في بعض الأحيان أثناء فصل الصيف. يمكن أن تصل درجات حرارة الهواء في حالات قصوى حتى ٥٠ درجة مئوية (١٢٢ فهرنهايت) مع أنه وفي العديد من المناطق الحارة والجافة تكون درجة حرارة الهواء القصوى الاعتيادية هي حوالي ٣٥-٤٠ درجة مئوية (٩٥-١٠٤ فهرنهايت) . وتكون الدرجات الدنيا للحرارة في الصيف حوالي ٢٥-٣٠ درجة مئوية (٧٧-٨٦ فهرنهايت) وفي المناطق الأكثر حرارة وحوالي ١٨-٢٢ درجة مئوية ـــ٤, ٦٤-٦, ٧١ فهرنهايت) في المناطق الحارة والجافة «الأبرد» . ويمكن أن تصل درجة حرارة سطح الأرض في الصيف لغاية ٧٠ درجة مئوية (١٥٨ فهرنهايت).

تكون الرياح قوية عادةً في ساعات منتصف النهار وبعد الظهر وتسكن أثناء ساعات المساء. ولكن بعض المناطق الحارة والجافة تتعرض لرياح قوية أيضاً أثناء ساعات الليل.

المواصفة المشتركة والتقليدية للعديد من المناطق الحارة والجافة هي عواصف الغبار وبشكل رئيسي أثناء فترات ما بعد الظهيرة. وتشكل العواصف الغبارية أحد العوامل الرئيسة من عدم الارتياح والانزعاج. ولحد كبير فإن قوتها وشدتها والمشاكل التي يمكن أن تسببها يمكن تقليلها عبر ملامح تصميمية مناسبة للبناء والمدن.

إن انعكاس ضوء الشمس بالنسبة للأرض القاحلة والتي غالباً ما تكون فاتحة اللون يمكن أن يولد وهجاً قوياً والذي يمكن بالتصاحب مع الانعكاس من جدران البناء أن يسبب انزعاجاً بصرياً وحملاً حرارياً مشعاً كبيراً للنوافذ والجدران.

يكون فصل الصيف في المناطق الحارة والجافة هوالفصل الأكثر إزعاجا وتوتراً. ولذلك فإن تصميم المباني والأحياء يجب أن يهدف بشكل رئيسي للتقليل من الضغط الداخلي إلى لحدود الدنيا وزيادة الراحة أثناء فترة الصيف لأقصى الحدود. ولكن بعض المناطق الحارة في الصيف يمكن أن يكون لها فصول شتاء مريحة بينما المناطق الأخرى يمكن أن تصل درجات الحرارة في فصول الشتاء فيها لما تحت درجة التجمد بكثير (مثل نيومكسيكوالجنوبية، في الولايات المتحدة الأمريكية أوالقسم الأعلى من إيران). في مثل هذه المناطق يجب أخذ أداء الشتاء بعين الاعتبار في تصميم الأبنية والمناطق المدنية المفتوحة. ولأن درجات الحرارة في الشتاء تتفاوت وتختلف من مكان لآخر فإن احتياجات التدفئة يمكن أن تتفاوت أيضاً بشكل كبير في المناطق الحارة والجافة حول العالم.

هذه الاختلافات في شروط الصيف والشتاء تخلق أنواعاً مختلفة من المناطق الحارة والجافة. وفي كل من هذه المناطق تكون مبادئ وتفاصيل التصميم العمراني وتصميم الأبنية مختلفة ومناسبة للبيئة . ولذلك وعلى الرغم من أن بعض الملامح التصميمية التقليدية يمكن أن تكون مناسبة لكل أنواع المناطق الحارة والجافة فإن الملامح الأخرى يجب أن تصمم مع الأخذ بالاعتبار المواصفات الخاصة للمنطقة المعنية.

تبدي الصحارى الحارة الصفات القصوى للمناطق الحارة والجافة . ولذلك فإن الخطوط الرئيسة ستكون «موجهة» باتجاه بيئات الصحراء الحارة.

وبينما يكون من الممكن التقليل من احتياجات الطاقة للمحافظة على شروط الراحة في الداخل في المناطق الصحراوية، فإنه وفي معظم الحالات ستبقى هناك الحاجة لصرف بعض الطاقة للتدفئة بالشتاء و/أوالتبريد في الصيف وأيضاً

لاحتياطي المياه الساخنة المنزلية للتوافر على مدار العام. ومن حسن الحظ فإن الصحارى والمناطق الحارة والجافة بالعموم لها خواص خاصة جداً والتي تجعل من الممكن تقديم معظم (أوفي بعض الأحيان) كل متطلبات الطاقة الحرارية للتدفئة والتبريد من مصادر طبيعية متجددة.

وبالتالي فإن الحفاظ على الطاقة يمكن تحقيقه في الصحارى عبر التأثيرات التكميلية لنوعين من الأعمال في تصميم المنازل: -التقليل من احتياجات الطاقة عبر التصميم المناسب للبناء -وزيادة الاستخدام لمصادر الطاقة الطبيعية المتوافرة للتدفئة وبشكل خاص للتبريد.

النوع الأول من الأعمال هوتصميم البناء للتقليل من احتياجات الطاقة للراحة ويتضمن نواحي متعددة للتصميم المنزلي: تخطيط الأحياء، نوع المنازل، توضع ومخطط المنزل، اتجاه الواجهات الرئيسة والنوافذ، الحجم، الموقع، وتفاصيل تظليل النوافذ، لون الجدران والسقف، مواد البناء، وهكذا. كل هذه الملامح المعمارية الهندسية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار بضوء تأثيرهم ووقعهم على السلوك الحراري للبناء واحتياجاته من الطاقة.

النوع الثاني من الأعمال هوزيادة الاستخدام للمصادر الطبيعية للطاقة المتوافرة بالصحارى للتدفئة والتبريد وتتضمن تحليل إمكانيات المصادر المحلية للطاقة مثل الطاقة الشمسية للتدفئة وتوافر الماء للتبريد بالتبخير، الهواء الليلي البارد، إمكانيات التربة الرطبة المبردة، أوخسارة الإشعاع الليلية. هذه المصادر الطبيعية يمكن أن تقدم متطلبات الطاقة الضرورية واستخدامها ويمكن تحقيقها غالباً بواسطة حلول تقنية بسيطة وغير مكلفة. المناقشة الأوسع والأكثر تكاملاً عن التبريد السلبي للأبنية ومواصفات الأداء لمختلف أنظمة التبريد السلبية مقدمة في Givoni ١٩٩٤.

يتضمن التقليل من الضغط البيئي وتقديم شروط مريحة للأناس المقيمين في المناطق الحارة والجافة مواضيع تصميمية ذات مقياسين: الأبنية المنفردة والبيئة العمرانية.

انظر: الخطوط العريضة للتصميم العمراني في المناطق الحارة والجافة مقدمة في قسم التصميم العمراني في المناطق الحارة والجافة.

أهداف التصميم في المناطق الحارة والجافة:

إن تصميم الأبنية والأحياء في المناطق الحارة والجافة وكذلك تصميم كامل البلدة يجب أن يهدف بشكل رئيسي لتخفيف وتلطيف قسوة الطبيعة في الصيف في كل من الداخل والخارج وتأمين الراحة والاسترخاء.

في الداخل يكون الهدف الرئيس هوتخفيض حرارة الهواء والسطوح الداخلية بشكل كبير بالمقارنة مع درجة حرارة الجوالمحيط. أما في الخارج فيكون الهدف هوتقديم الظل وتحسين الجوالمحيط حول الأبنية وفي الأماكن المفتوحة العامة وفي الشوارع.

المواصفات الحرارية الأدائية الرئيسة للبناء في المناطق الحارة والجافة يجب أن تكون:

أ- معدل تسخين بطيء للداخل أثناء ساعات النهار بالصيف.

ب- معدل تبريد سريع للداخل في الأمسيات الصيفية.

ت- تقليل تسرب الغبار.

ث- تهوية جيدة في أمسيات الصيف.

ج- درجة حرارة أعلى في الداخل بالمقارنة مع الحرارة في الخارج في أوقات الشتاء.

بعض مواصفات الأداء هذه متعارضة ظاهرياً مثل الرغبة بالحصول على درجات حرارة أقل في الداخل من المعدل بالخارج أثناء الصيف وأعلى من الخارج في الشتاء. يمكن أن تؤدي المواصفات الأدائية المختلفة أيضاً لتفاصيل معمارية وإنشائية متعارضة للبناء. لذلك وعلى سبيل المثال ومن أجل أن نحصل على معدل بطيء

للتسخين أثناء ساعات النهار يجب أن يكون للبناء عطالة حرارية عالية وهذا ما يسبب عادةً معدل تبريد بطيء في الأمسيات أيضاً. كما أن تحسين التهوية يتطلب نوافذ كبيرة الأمر الذي يزيد عادةً معدل التسخين أثناء ساعات النهار وهكذا.

ولكن كما سوف نوضح لاحقاً فإنه من الممكن عبر تفاصيل بناء مناسبة واختيار مواد البناء «الحصول على الكعكة وأكلها أيضاً» أي أن يكون لك بناء تتغير مواصفات أدائه الحراري حسب متطلبات الراحة المتغيرة ساعياً أويومياً أوموسمياً. ومواصفات التصميم المعمارية والإنشائية المختلفة يمكن أن تسهم بالوصول لهذه النتائج.

تعليقات على العمارة الجماعية في المناطق الحارة والجافة:

عند التفكير بالتصميم المناسب في المناخ الحار والجاف من منظور الراحة البشرية يمكن استنتاج بعض الدروس والعبر بالطبع من ناحية العمارة الجماعية وتخطيط البلدة. ولكن يجب ملاحظة أن أي عمارة جماعية في أي منطقة، ومن ضمنها المناطق الحارة والجافة، تم تطويرها عبر العديد من القرون كرد على العديد من العوامل، والمناخ هوأحدها فقط.

وفي الواقع، فإن العديد من الأبنية الجماعية في الصحارى الحارة يكون داخلها غير مريح بالمرة أثناء ساعات ليالي الصيف مجبرة السكان على أن يناموا على الأسطح أوفي فسحة الدار المفتوحة.

تتوافر اليوم مواد جديدة ومعارف جديدة حول التفاعل بين المناخ في الداخل والبيئة الخارجية وكذلك حول تأثير أووقع ملامح التصميم العمراني على المناخ في المدينة. تقدم هذه التطورات الحديثة حلولاً معمارية وحلولاً للتصاميم العمرانية للأبنية التي يمكن أن تقدم مناخات أكثر راحة في الداخل والخارج أكثر من تلك التي تختبر في الأبنية التقليدية وبخاصة في المنازل ذات الكلفة المنخفضة والمناطق العمرانية المفتوحة.

مواضيع الراحة والحفاظ على الطاقة في المناطق

الحارة والجافة:

يمكن المحافظة على الراحة النفسية في الداخل أثناء الصيف تحت شروط الهواء المحصور (الغرف ذات النوافذ المغلقة) بالنسبة لأشخاص متأقلمين مع المناخ الحار والجاف طالما تم الحفاظ على درجة الحرارة تحت ٢٧-٢٨ درجة مئوية ٨٠,٦-٨٢,٤ فهرنهايت). وهذا المستوى من الراحة الذي يبدوبعيداً، ممكن في المناطق الصحراوية لأن عدم الراحة الذي تسببه الرطوبة والتدبق والجلد الرطب يقل جداً بسبب الرطوبة المنخفضة. ويمكن رفع المستوى الأعلى من حد الراحة عبر رفع سرعة الهواء في الداخل بمساعدة المراوح السقفية أوالجدارية. وعندما تكون سرعة الرياح في الداخل حوالي ١,٥ م/ثا(٣٠٠ قدم/د) سيكون الحد الأعلى للراحة حوالي ٢٩-٣٠ درجة مئوية (٨٤,٢-٨٦ فهرنهايت).

إن استبعاد التهوية بواسطة الهواء الخارجي في الساعات الحارة من اليوم ضروري من أجل التقليل من معدل التسخين داخل المنزل ومن أجل المحافظة على متوسط درجة الحرارة المشعة للسطوح الداخلية تحت مستوى درجة حرارة الهواء في الداخل. وعبر استغلال خواص الأبنية الثيرموفيزيائية (الحرارية - الفيزيائية) التي ينصح بها لمناطق الصحراء. هذا الموضوع تمت مناقشته بتفاصيل أكبر في فصل مواد البناء في مناطق الصحراء.

يمكن تحسين الراحة الموضوعية في ساعات بعد الظهر المتأخرة عند فتح النوافذ للتهوية حتى عندما تكون درجة الحرارة في الخارج أعلى منها في الداخل، ولكن في هذه الحالة ستقوم التهوية في الواقع برفع درجة حرارة الداخل لبضع ساعات. وسيعتمد قرار فتح النوافذ أوعدمه في هذه الساعات على التفضيلات الشخصية من ناحية سرعة أعلى للهواء مع درجات أعلى للحرارة أودرجات حرارة منخفضة مع هواء ساكن. إن رفع سرعة الهواء بواسطة مراوح داخلية سيكون الأفضل من منظور أداء البناء.

إن عواصف الغبار في فترات بعد الظهر في العديد من مناطق الصحراء تجعل من الواجب والضروري إغلاق النوافذ أثناء هذه الأحداث حتى عندما تكون التهوية مرحباً بها للحصول على الراحة الحرارية. في المناطق ذات العواصف الغبارية المتكررة في فترات بعد الظهر يجب المحافظة على معدل ارتفاع الحرارة في الداخل بأخفض درجة ممكنة عملياً عبر الاختيار المناسب للمواد، والتحكم الشمسي وهكذا. وعند تأخير فتح النوافذ حتى تسكن الرياح وتنخفض درجات الحرارة بالخارج بشكل ملحوظ عندما تكون التهوية أكثر تكون مطلوبة من الناحيتين من ناحية الراحة النفسية ومن الحاجة لتبريد البناء. في ذلك الوقت عادةً ما تسكن الرياح القوية والغبار في معظم المناطق الحارة والجافة.

يكون الهدف في المناطق القاحلة والجافة شتاءً المحافظة على درجة حرارة الداخل في ساعات النهار فوق ٢٠ درجة مئوية (٦٨فهرنهايت) حتى تصل لغاية ٢٥-٢٦ درجة مئوية (٧٧-٧٨,٨ فهرنهايت) بينما يمكن السماح لدرجة الحرارة في ساعات الليل في الداخل أن تهبط لحوالي ١٨ درجة مئوية (٦٤,٤ فهرنهايت). وفي الواقع تكون هناك حاجة لوجود اختلاف حراري يومي كبير في درجة حرارة الداخل في الشتاء في التسخين السلبي للأبنية التي تستخدم نظام الاكتساب المباشر من أجل تخزين الطاقة الشمسية أثناء ساعات النهار ضمن كتلة البناء من أجل ساعات الليل. ولذلك يمكن الحصول على ميزة من ساعات السطوع الشمسي في الشتاء والتي عادةً ما تكون متوفرة في المناطق الصحراوية . إن أداء مختلف أنواع أنظمة التسخين الشمسي السلبي وإمكانية تطبيقها وتفاصيلها تمت مناقشتها في الفصل الرابع.

استراتيجيات (خطط) المحافظة على الطاقة في المناطق الحارة والجافة:

إن الحفاظ على الطاقة من أجل التبريد في الصيف والتدفئة في الشتاء يمكن تحقيقه في المناطق الصحراوية عبر المزيج من الاستراتيجيات (الخطط) التالية:

- تخفيض درجة الحرارة الداخلية

- تهوية طبيعية
- تقليل الكسب والخسارة الحرارية عند عدم توفر التكييف
- استخدام واستغلال الطاقات الطبيعية من أجل التدفئة والتبريد.

تخفيض درجة الحرارة الداخلية:

إن التصميم المعماري والهندسي المناسب مع اختيار المواد المناسبة (للكتلة والتكوينات) يمكن أن يبقي الحرارة العظمى في الداخل حوالي ٨-١٠ درجة مئوية (٤, ١٤-١٨ فهرنهايت) تحت مستوى الحرارة القصوى في الخارج عندما تكون النوافذ مغلقة وبالتالي تقلل من الحاجة لاستخدام التكييف الهوائي الميكانيكي في المواسم التي تكون فيها درجة الحرارة القصوى في الخارج تحت حوالي ٣٧ درجة مئوية (٩٨,٦ فهرنهايت) . مثل هذا التخفيض في درجة الحرارة القصوى يعتمد على الشروط التالية:

١- التقليل من الحمل الحراري الشمسي على البناء عبر(التوجيه المناسب، الألوان الخارجية الفاتحة، وتظليل النوافذ مثلاً).

٢- تقليل التدفق الحراري الداخل أثناء ساعات النهار عبر العزل المناسب والحد الأدنى من تسرب الهواء

٣- إبطاء معدل ارتفاع درجة حرارة الداخل عبر تقليل مساحة السطح في محيط البناء أثناء ساعات النهار، أوالعزل المناسب وطاقة امتصاص حراري عالية.

٤- التمكين من التخلص السريع من الحرارة من الداخل أثناء ساعات المساء والليل عبر التهوية الطبيعية (أوالتهوية التي تساعدها المراوح).وتكبير مساحة المحيط الفعال للبناء.

قد يبدوأن هناك تعارضاً بين شكل البناء الذي يشجع على الرد البطيء للبناء لارتفاع درجات الحرارة أثناء ساعات النهار (الأبنية الصغيرة والمضغوطة) والشكل

الذي يشجع على التجاوب السريع لدرجات الحرارة التي تنخفض في ساعات المساء (الأبنية الممتدة). هذا التعارض يمكن حله عبر أشكال محددة وخاصة للأبنية .

التهوية الطبيعية:

يمكن تقليل الحاجة لاستخدام التكييف الميكانيكي عبر موقع النافذة والتصميم الذي يقدم تهوية طبيعية فعالة عندما تكون درجة الحرارة في الخارج مقبولة ومرغوبة.

إن التهوية الطبيعية الفعالة تعني أن معدل سرعة الهواء في الداخل يكون بحدود ٣٠-٣٥٪ من سرعة الرياح في الخارج. وبفرض أن سرعة الرياح في الخارج ٢-٣م/ثا (٤٠٠-٦٠٠ قدم/د) خارج المنزل والتي تكون عادية في ساعات المساء في المناطق الصحراوية فإن هذا يعني أن سرعة الهواء في الداخل سوف تكون حوالي ١٠-٠.٢ م/ثا(٢٠٠-٤٠٠ قدم/د). إن سرعة الهواء الداخلي هذه يجب تحقيقها على مستوى المعيشة - أي على ارتفاع حوالي ١م (٣.٣ قدم) فوق مستوى الأرض. وهذا يستدعي التصميم المناسب للفتحات من حيث موقعها وحجمها وتفاصيلها.

تقليل الكسب الحراري في الصيف والخسارة الحرارية في الشتاء:

إن إمكانية التقليل من أحمال التبريد والتدفئة واستهلاك الطاقة الناجم عنها عندما وحيثما لايتوافر التكييف، يصبح ممكناً عبر الاختيار المناسب للمواد، والتحكم الشمسي، وهكذا يمكن عبر التصميم المناسب للمنزل وحجم نظام تكييف الهواء تقليله مما يخفض من الاستثمار الأساسي وأيضاً يقلل من كلفة التشغيل واستهلاك طاقة النظام عبر سنين استخدامه.

استخدام الطاقات الطبيعية:

يمكن لاستخدام واستغلال الطاقات الطبيعية المتوافرة في المناطق الصحراوية للتسخين والتدفئة والتبريد أن يقلل أوحتى يلغي استخدام التكييف الهوائي

الميكانيكي وأنواع الوقود التقليدية. وهذه الخيارات المختلفة للتسخين الشمسي السلبي تمت مناقشتها في الفصل ٤، أما أنظمة التبريد السلبية فتمت مناقشتها في الفصل ٥.

تعليقات:

في بعض الحالات وبتحقيق أحد اختيارات الراحة يمكن أوينهي إمكانية تطبيق اختيار آخر. ولذلك، وكمثال، فإن التهوية أثناء ساعات النهار يمكن أن تقدم راحة عندما تكون درجة الحرارة في الخارج عالية حوالي ٣٢ درجة مئوية (٦.٨٩ فهرنهايت) ولكن إمكانية تقليل درجة الحرارة في الداخل تحت مستوى تلك في الخارج تضيع. وأيضاً، في ساعات المساء عندما تسكن الرياح فإن المنزل الذي تمت تهويته أثناء الساعات الحارة سيكون أكثر حرارة وأقل راحة من المنزل الذي تم الإبقاء عليه مغلقاً في ساعات النهار بسبب امتصاص الحرارة الخارجية في الكتلة الهيكلية من هواء التهوية. تعتمد الفعالية النسبية للتهوية مقابل تخفيض درجة الحرارة من منظور الراحة البشرية على كل من نوع المناخ وتفاصيل تصميم المنزل. في بعض الأحيان فإن المتطلبات الخاصة باستخدام المنزل مثل الإنارة الطبيعية في المكاتب والصفوف الدراسية يمكن أن تحول بعض المقاربات لتصبح غير عملية أوغير مرغوبة.

الخطوط المعمارية والهندسية الرئيسة

في المناطق الحارة والجافة :

إن تفاصيل تصميم البناء المناسبة في المناطق الحارة والجافة وبشكل خاص في الصحارى هي:

- تصميم وتوضع مخطط البناء
- الأماكن المفتوحة الداخلية أوالمرتبطة بالبناء

- اتجاه الغرف الرئيسة والنوافذ
- حجم النافذة وموقعها وتفاصيلها
- أجهزة أوطرق التظليل
- لون محيط البناء
- الخضرة أوالنباتات الخضراء القريبة من المنزل

إن اختيار الخواص الحرارية لمواد البناء في المناطق الحارة والجافة تمت مناقشته في قسم مواد البناء في المناطق الصحراوية.

شكل البناء في المناخات الحارة والجافة:

في المناخ الحار والجاف أثناء فصل الصيف يكون مرغوباً تخفيض معدل ارتفاع درجات الحرارة في الداخل أثناء ساعات النهار. وللحصول على هذا الهدف يجب أويفضل أن يكون البناء صغيراً (مضغوطاً): حيث مساحة سطح المحيط الخارجي يجب أن تكون أصغر ما يمكن، وذلك للتقليل من التدفق الحراري لداخل البناء. وأيضاً يجب الإبقاء على معدل التهوية أقل ما يمكن قبوله من ناحية الصحة العامة (حوالي ٠,٥ تغيير هوائي بالساعة) من أجل تقليل تسخين الداخل عبر الهواء الخارجي الأكثر حرارة. أما المساحة الصغيرة من الجدران والسقف عندما لايكون الهيكل كتيماً للهواء بشكل كامل (كما هي الحالة مع الجدران التزينية أوالتكميلية الشائعة في الولايات المتحدة) فإنها تساعد أيضاً على التقليل من التسرب الذي يحدث أثناء ساعات النهار.

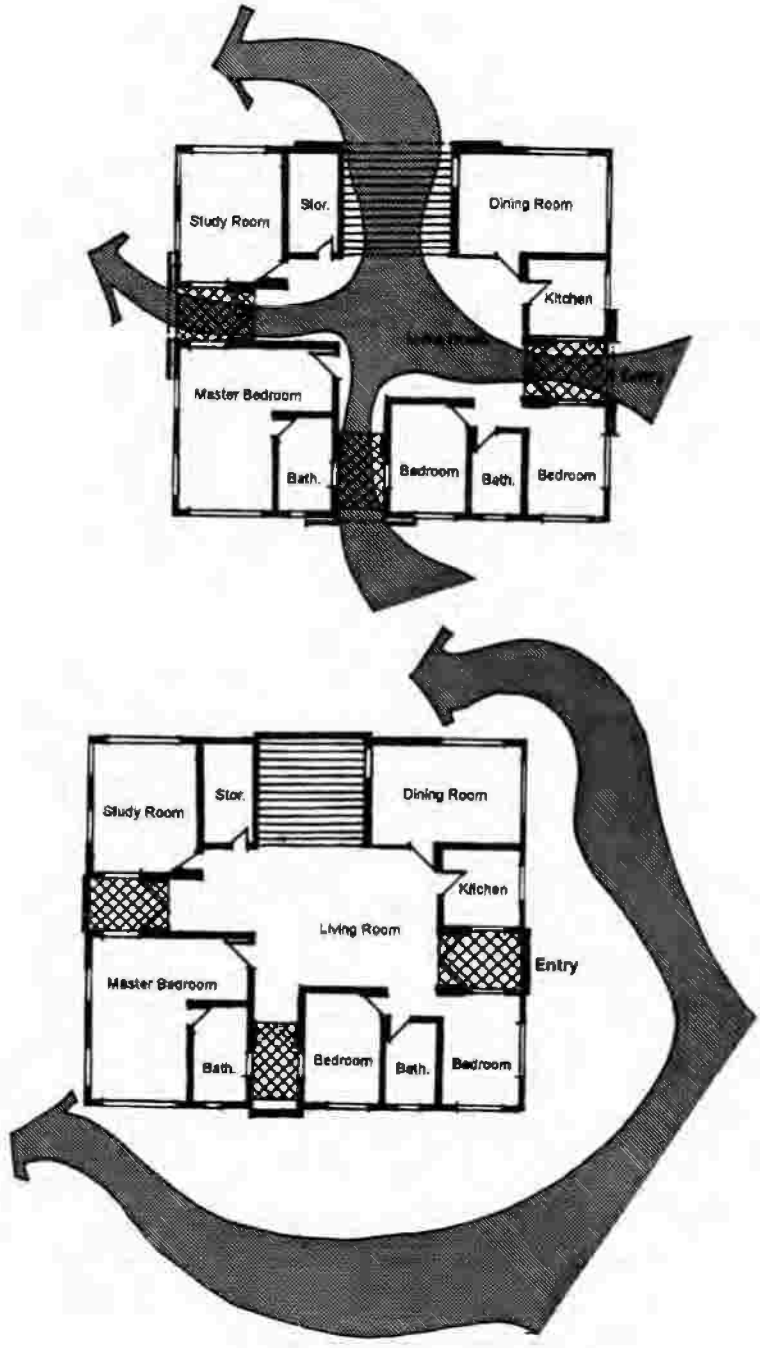
ولكن أثناء الأمسيات الصيفية يمكن أن تنخفض درجة الحرارة في الخارج في العديد من المناطق الحارة والجافة (وتقريباً في كل المناطق الحارة في بعض الفصول) بسرعة كبيرة وأن تصل لمستويات تحت درجات الحرارة في الداخل ضمن

أوحتى تحت مستوى الراحة. هذا الوضع يغير الأداء المناخي المطلوب للبناء. وعندئذ سيكون الهدف في الأمسيات الصيفية هوتسريع معدل تبريد الداخل بقدر الإمكان. وهذا يستدعي أن يكون البناء منفتحاً ومشرعاً (كبيراً وممتداً) وذوتعرض أكبر للهواء الخارجي. إن الحاجة لتحسين معدل التبريد في الأمسيات ذات أهمية خاصة في حالة الأبنية ذات الكتلة الكبيرة أوالعالية والتي لها طبعاً رد فعل بطيء للتغيرات في درجات الحرارة في الخارج.

وكما تم مناقشته في الفصل ٢ فإن من الممكن تغيير منطقة السطح الفعال لمحيط البناء بواسطة الشرفات الممتدة للداخل والمجهزة بمصاريع معزولة قابلة للإغلاق على امتداد خطوط الجدران الخارجية. وعندما تغلق هذه المصاريع تصبح الشرفات جزءاً هاماً من محيط البناء، وبالتالي يتم تقليل مساحة المحيط كما هوموضح في الشكل ١٠-١.

وحين تكون المصاريع مفتوحة تزيد مساحة المغلف وتصبح مساحة الشرفات فعلياً جزءاً من الخارج. هذه المصاريع يمكن أن تكون بشكل أبواب معزولة مثلاً. ويمكن وضع نوافذ صغيرة ضمن المصاريع لتأمين ضوء النهار ورؤية المنظر عند إغلاق المصاريع.

بالإضافة لتعديل مساحة السطح فإن هذه الشرفات العميقة تعدل أيضاً شروط تعرض الفتحات التي تربطهم للغرف المجاورة. عندما تغلق المصاريع المعزولة تصبح عندئذ فتحات الغرف المجاورة ضمن الفراغ الداخلي أوشبه الداخلي، ولذلك فإنها لاتكون فقط محمية بشكل كامل من الإشعاع الشمسي والغبار ولكنها تكون معرضة أيضاً للهواء الساكن بدرجات حرارة أقرب لمستوى الداخل أكثر منها لمستوى الخارج. وبالتالي فإن الكسب الحراري عبر زجاج النوافذ والأبواب والذي هوالجزء الأكثر حساسية من محيط البناء يقل بشكل ملحوظ مما يساعد على تقليل معدل تسخين الداخل في ساعات النهار.



الشكل ١٠-١ مخطط لبناء ذوشرفات داخلية يمكن إغلاقها بواسطة مصاريع معزولة.

يجب فتح المصاريع أثناء ساعات المساء والليل على أية حال. إن مساحة الهواء في الشرفات تصبح جزءاً من البيئة الخارجية مباشرةً. أما الجدران ذات الكتلة الكبيرة بين الغرف والشرفات فتصبح الآن معرضة بشكل مباشر للهواء الخارجي وبالتالي يمكن أن تتخلص بسهولة أكبر من الحرارة المخزنة فيها أثناء ساعات النهار. أما الفتحات الكبيرة فيمكن أن تقدم عندما تكون مفتوحة تهوية فعالة حتى عندما تنخفض سرعة الرياح الخارجية أثناء ساعات المساء.

وحينما تواجه مثل هذه الشرفات الجنوب، الجنوب الشرقي أوللجنوب الغربي فيمكن أن تخدم في الشتاء كعناصر تسخين شمسي سلبي. ومن أجل هذه الغاية يجب أن تكون مجهزة أيضاً بزجاج قابل للفتح بالإضافة للمصاريع المعزولة. في الشتاء يمكن إبقاء الأقسام الزجاجية مغلقة كل الوقت وبالتالي تحويل الشرفات لتصبح أماكن مشمسة. أما الفتحات التي تقود للغرف المتصلة فيجب الإبقاء عليها مفتوحة أثناء ساعات التشميس ويمكن إغلاقها لاحقاً. يمكن أيضاً إغلاق المصاريع المعزولة في الأمسيات.

مع مثل هذه الحسابات الهندسية وإجراءات التشغيل (الإدارة) يصبح البناء «مضغوطاً (صغيراً)» أثناء ساعات النهار بالصيف وأثناء الشتاء ويصبح «ممتداً (كبير المساحة)» أثناء ليالي الصيف. إن مساحة السطح المتغيرة للمغلف الفعال تقلل معدل تسخين الداخل أثناء ساعات النهار بالصيف وتزيد من معدل التبريد في الأمسيات.

يمكن استخدام منطقة الشرفات على مدار العام وبالتالي تصبح هذه المنطقة تشكل جزءاً لايتجزأ من مساحة الأرض الفعالة لمكان المعيشة.

المفاهيم المناخية للمساحة الداخلية والأماكن المرتبطة بها في المناطق الحارة والجافة:

إن العنصر الذي يلعب دوراً خاصاً في التصميم أوالترتيب في المناطق الحارة والجافة هوالفناء الداخلي أوساحة الدار الداخلية. وغالباً ما يقترح أن مثل هذا

الفناء الداخلي أوالحديقة الداخلية يمكن أن تساعد بالمحافظة على درجات حرارة داخلية باردة. هذه الفكرة أوالمعرفة مبنية على حقيقة أن مثل هذه الأبنية معروفة جداً في مثل هذه المناطق منذ قرون. ولكن يجب ملاحظة أن المنازل ذات الفناء الداخلي قد طورت لتتجاوب مع الاحتياجات والحدود المختلفة والمناخ هوفقط أحد هذه العوامل.

تمت مناقشة المواصفات المناخية العامة لمختلف أنواع الأماكن المفتوحة «المتضمنة» في الفصل ٦ . هذا الفصل سوف يركز على الخواص الخاصة للأماكن المفتوحة «المتضمنة» في المناخ الحار والجاف.

تكون البيئة الخارجية في المناخ الحار والجاف وخاصةً في المناطق الصحراوية قاحلة وعدوانية. أي أرض مفتوحة لايعتني بها مالكها الخاص أومالكوها العامين تصبح مصدراً محتملاً للغبار. أما العناية بالأراضي المفتوحة في المناخات الحارة والجافة فهي صعبة بسبب أن معظم النباتات، ماعدا تلك الخاصة بالصحراء مثل الصبار، تحتاج للكثير من الماء والذي غالباً ما يكون قليلاً وغالي الكلفة.

غالباً ما تكون العناية الخاصة بالأراضي المفتوحة في المناطق المحمية المسورة والمحددة بجدران و/أوأسيجة. في الأماكن المفتوحة المتضمنة كما هي الحالة في ساحة مسورة بسياج أوفي حالة الفناء الداخلي أوالباثيو، يصبح من الممكن تعديل الجوالمحيط الخارجي إلى حد ما. إن إمكانيات التعديلات المناخية المحتملة تعتمد على فصل المناطق المفتوحة عن البيئة العامة. وبالتالي وبصرف بسيط نسبياً للماء يصبح من الممكن زيادة الفوائد والمزايا إلى الحد الأعظمي عبر تخطيط الفناء الداخلي.

يمكن للعديد من النشاطات المنزلية في المناطق الحارة والجافة أن تحدث غالباً في الخارج بشكل مريح أكثر منها في الداخل. مثل هذه النشاطات يمكن أن تتضمن الغسيل، الطبخ، اللعب، وحتى النوم. ولذلك، يجب أن تشكل مثل هذه المساحات الخارجية من وجهة النظر التصميمية جزءاً متداخلاً هاماً من المنزل.

تتضمن الأبنية العامة أوالجماعية في المناطق الحارة والجافة عادةً أشكالاً مختلفة من المساحات المفتوحة كعناصر هامة متداخلة من مكان العيش. يؤمن الفناء الداخلي مكاناً مفتوحاً خاصاً بالكامل ومنفصلاً من الناحية الصوتية والبصرية عن البيئة الخارجية العامة. هذا العامل ذوأهمية خاصة في المجتمعات والحضارات التي تتطلب درجة عالية من الخصوصية وخاصةً بالنسبة للنساء.

مواصفات درجات الحرارة في المنازل التي تحوي فناءاً داخلياً:

تعتمد الشروط المناخية الفعلية ضمن الفناء الداخلي بشكل كبير على تفاصيل تصميمها و«معالجتها». في بعض الحالات يكون الهواء والحرارة المشعة في الفناء الداخلي أعلى ولكن أيضاً أقل من درجات الحرارة المقابلة في الجوالمحيط بالاعتماد على تفاصيل تصميم الفناء.

في المناطق الحارة والجافة الفناء الداخلي الغير مظلل مع تربة قاحلة أومع أرضية إسمنتية أومرصوفة غالباً ما يكون لها درجات حرارة هواء أعلى وكذلك درجات الحرارة المشعة أعلى من البيئة الخارجية. وخاصةً في حالة الأبنية المنخفضة الارتفاع حيث يكون عرض الفناء الداخلي كبير بالنسبة لارتفاع البناء. ويكون هذا بسبب حجب وحجز الريح في الفناء بينما يمكن أن يصل الإشعاع الشمسي إلى معظم أجزاء الفناء الداخلي. وكلما زاد معدل ارتفاع البناء المحيط بالفناء بالنسبة لعرضه على مستوى السقف كلما قلت كمية الشمس التي تخترق مستوى أرض الفناء. وهذا يزيد منطقة الظل ويقلل من درجة حرارة الهواء ومن درجة الحرارة المشعة في المنطقة المسكونة من الفناء.

الفناء شيئ متعارف عليه في العديد من الأحياء «التقليدية» في المناطق الحارة والجافة ويكون غير مظلل وذوأرض قاسية وغير مزروعة. توضح الأشكال ١٠-٢ و١٠-٣ المصورة بتونس بواسطة البروفيسور باتريك كوين من معهد SELAER PLOYTECHNIC (R.P.I) هذه النقطة. وتنتشر الفناءات الغير مظللة ذات الأرض

القاسية أيضاً في منازل أكثر ثراءً كما هوموضح في الشكل ١٠-٤ والذي صور أيضاً في تونس بواسطة البروفيسور كوين. درجات الحرارة المتوقعة في مثل هذه الأفنية ستكون أعلى منها في الشارع المفتوح.

يمكن تحقيق تظليل الفناء الداخلي عبر التفاصيل التصميمية للبناء المحيط به - مثال، عبر السقف ذوالإسقاط الداخلي والبلكونات و/أوعبر عناصر تظليل محددة كما هوموضح في الشكل ١٠-٥.

الشكل ١٠-٢ الأحياء «التقليدية» في مدينة «وامامي» - تونس. الأفنية الغير مزروعة. مصورة وبإذن البروفيسور باتريك كوين من معهد I.P.R.

يمكن أن تكون عناصر التظليل هذه أشجار ذات جذوع عالية ومظلة عريضة مثلاً، أوشاشة قماشية قابلة للسحب على فتحة السقف أوعريشة مع كروم. أما الفناء المظلل فهومكان لطيف ويدعوللزيارة كما هوموضح في الشكل ١٠-٦ المصور في برشلونة - اسبانيا بواسطة البروفيسور جون اس. رينولدز AIA من جامعة

أوريغـون. أمـا الفناء المظلل بواسطة شـجـرة مـثل ذلك الموضح في الشكل ١٠-٧ والمصور من قبل البروفيسور كوين - تونس، فيؤمن مناخاً أكثر راحة بكثير من الفناء الغيـر مـزروع المصور أعلاه. يفضل من أجل دخول الضوء والشمس في الشتاء أن تكون النباتات المزروعة في الفناء من أنواع موسمية مختلفة (غير دائمة الخضرة).

الشكل ١٠-٣ فناء في منزل في «وامـامي» - تونس مـصـور من قـبل وبإذن البروفيسور باتريك كوين من معهد I.P.R.

المخطط المرفق لفناء ممتلئ بالأشجـار كما هوموضح في الشكل ١٠-٨ والمصور من قبل البروفيسور كوين في استانبول - تركيا سيكون له درجة حرارة هواء أقل من تلك للجوالمحيط. عندما تتوضع في اتجاه الرياح الصاعدة فإنها تؤمن تهوية جيدة للبناء بهواء ذودرجة حرارة أقل من الهواء المحيط.

يقدم الجوالجاف إمكانيات متعددة لخفض درجة حرارة الفناء عبر أنظمة التبريد بالتبخير المختلفة كما هومناقش في الفصل ٥. إن الجمع بين أنظمة التبريد

بواسطة التظليل وبواسطة التبخير يمكن أن يخفض درجة حرارة الهواء في ساعات النهار على مستوى أرض الفناء عدة درجات تحت درجة حرارة الخارج. وأحد عناصر التبريد المثيرة للاهتمام هوالجدار المبلل بواسطة الماء الذي يجري عليه ليتجمع في الأسفل ضمن بركة صغيرة ويتم عندئذ إعادة تدوير الماء كما هوموضح في الشكل ١٠-٩ . مثل هذا الجدار يمكن أن يبنى من الأسمنت ويعزل ضد الماء. إنه يؤمن التبريد ليس فقط لمساحة الفناء ولكن للغرفة التي تقع خلفه.

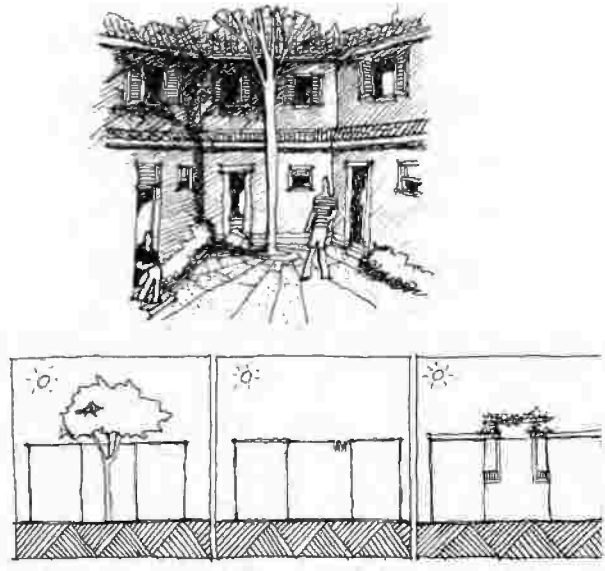
اتجاه البناء والتعرض الشمسي:

إن الهدف الرئيس من تقرير اتجاه معين في المناطق الحارة والجافة هوالتقليل من وقع الشمس على البناء في الصيف.في المناطق ذات الشتاء البارد يوجد هدف آخر وهوزيادة الاستغلال الشمسي في الشتاء. التهوية في ساعات المساء مهمة جداً أيضاً في المناطق الحارة والجافة ولكن بما أن التهوية أقل حساسية لموضوع الاتجاه فإن هذا العامل يكون ثانوياً في اختيار الاتجاه.

معظم مناطق العالم الحارة والجافة متوضعة ضمن خطوط عرض قرب مدارية حيث تكون أعلى كثافة للإشعاع الشمسي المرتطم أوالضارب في الصيف، باستثناء السقف، على الجدران الشرقية والغربية . وفي الشتاء يحصل هذا على الجدار الجنوبي.

هذا النمط من عدم الإشعاع الشمسي على الجدران المختلفة ينتج تفضيل واضح للتوجيه الشمالي - الجنوبي للواجهات الرئيسة وبخاصة بالنسبة للنوافذ. مثل هذا التوجيه يوفر تظليلاً سهلاً وغير مكلف للنوافذ الجنوبية (في نصف الكرة الشمالي) في فصل الصيف، -والجدار المواجه للجنوب بشكل عام- بواسطة كواسر أفقية. الكواسر الجنوبية يمكن أن تحجب أشعة شمس الصيف العالية في السماء بشكل فعال (الارتفاع الشمسي في فترة الظهر ٧٠-٨٠درجة) وبذات الوقت تمكن من عدم إشعاع الجدار الجنوبي في الشتاء.

الشكل ١٠-٤ فناء من منزل غني في القيروان - تونس مصور من قبل وبإذن من البروفيسور باتريك كوين من معهد I.P.R.



الشكل ١٠-٥ خيارات مختلفة لعناصر تظليل للفناء.

الشكل ١٠-٦ فناء مظلل في برشلونة - اسبانيا مصور من قبل وبإذن البروفيسور جون اس. رينوادز من جامعة أوريجون.

ولكن يجب توضيح أن قوة وتركيز الإشعاع الشمسي المنعكس من الأرض القاحلة مهم جداً في العديد من المناطق الحارة والجافة. وبوجود إشعاع أفقي بقوة ١٠٠٠ واط/م٢ (٣٢٠ BTU/H.FT2) وانعكاس الأرضية ب (٠,٦) وكلاالعاملين معروف في منتصف الصيف في العديد من المناطق الحارة والجافة الإشعاع المنعكس ،Ir، الذي يصل للجدار بأي اتجاه (مع تذكر أن أي إشعاع منعكس ينتشر بشكل متساوي بكل الاتجاهات وبافتراض أن الأرض تمتد باتجاه الأفق) سيكون:

Ir=(0.6*1000)/2=300 W/m2(95 Btu/h.ft2)

أما كمية الإشعاع المنتقل عبر نافذة ما ذات زجاج عادي (ذوشفافية ٠,٧) فستكون ٢١٠ واط/م٢ (٦٧ Btu/h.ft2) وتعتمد كمية الإشعاع الممتص بالطبع على امتصاص سطح الجدار (a) حيث الجدار الداكن (a=٠,٧) سيمتص ٢١٠ واط/م٢ (٦٧ Btu/h.ft2) بينما الجدار الأبيض (a=٠,٢٥) سيمتص فقط ٧٥ واط/م٢ (٢٤ Btu/h.ft2).

إن الكواسر الشمسية لاتمنع أوتحجب الإشعاع المنعكس من الأرض وسيكون أيضاً من المرغوب به والمحبب أن تكون هناك حماية للنوافذ من الإشعاع المنعكس في الصيف عبر أجهزة تظليل مثل المصاريع .

إن موضوع الاتجاه في المناطق الحارة والجافة يهم بشكل رئيسي النوافذ والمناطق المزججة الأخرى. التأثير التسخيني أوالمدفئ للإشعاع الشمسي الذي يرتطم بالجدران يمكن تقليله بسهولة عبر اختيار ألوان عاكسة (فاتحة جداً) للجدران. وفي الحقيقة فإن الجدار الأبيض الغربي المعرض للشمس في الصيف في موقع حار وجاف مع تربة مفتوحة فاتحة اللون يمكن أن يكون لها تقريباً نفس درجة حرارة الجدار الجنوبي الداكن المحمي بشكل كامل من الإشعاع المباشر بواسطة الكواسر.

الشكل ١٠-٧ فناء مظلل باسطة شجرة بتونس مصور وبإذن البروفيسور باتريك كوين من معهد r.p.i

إن قياس درجات حرارة التربة والهواء في كلاالحالتين يمكن أن يوضح هذه النقطة. باعتبار أن حرارة الهواء ٣٥ درجة مئوية (٩٥ فهرنهايت)، الإشعاع الأفقي (Ih) ١٠٠٠ واط/م٢ (٣٢٠ Btu/h.ft2) الإشعاع الشمسي المباشر الذي يضرب الجدار الغربي (Iw) بقوة ٦٠٠ واط/م٢ (١٩٠ Btu/h.ft2) انعكاس التربة (r) ٦٠٦ (المعدل الطبيعي في العديد من المناطق الصحراوية) فعالية الناقلية ٢٠ واط/م٢. درجة (٣,٥ Btu/h.ft2.F) وامتصاص سح الجدار(a) ٠,٧ و٠,٢٥ للجدار الجنوبي الداكن وللجدار الغربي الأبيض على التتابع ، درجة حرارة هواء - التربة (Tsa)

يمكن حسابها لكلاالحالتين . ويمكن أيضاً فتراض أن انخفاض درجة حرارة جدار مكشوف بسبب الإشعاع السماء ذوالموجة الطويلة يكون درجة مئوية (٣,٦ فهرنهايت) (Givoni ١٩٧٦).

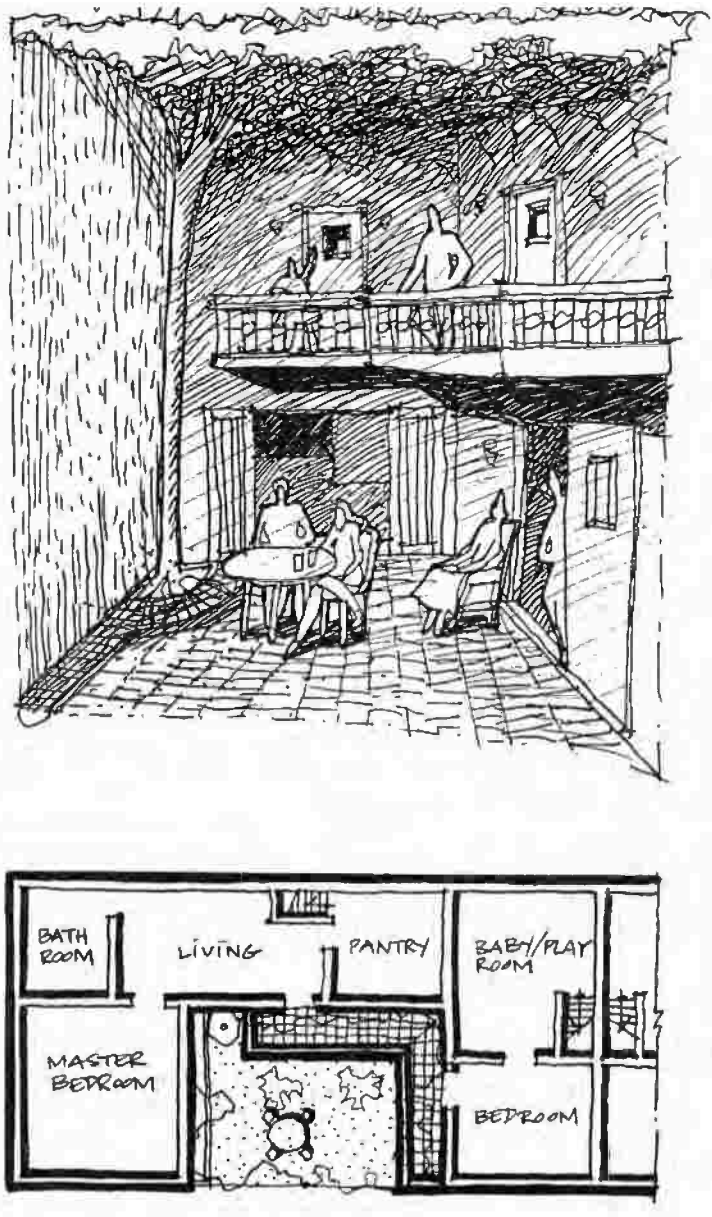
بالنسبة للجدار الجنوبي الداكن والمحمي من الإشعاع المباشر:

Tsa = 35+(0.7*0.5*0.6*1000)/20 = 45.5 C (116F)

بالنسبة للجدار الغربي الأبيض المكشوف:

Tsa = 35+0.25 * (300+600)/20 -2 = 44.25 C (111.5 F)

الشكل ١٠-٨ فناء خطط ممتلئ بالأشجار في استنبول - تركيا مصور وبإذن من البروفيسور باتريك كوين من I.P.R.



الشكل ١٠-٩ مخطط لفناء داخلي مبرد بواسطة جدار مبلل.

تأثير لون الجدار والسقف في المناطق الصحراوية مناقش أكثر في قسم ألوان الأبنية.

حجم النافذة وموقعها وتفاصيلها في المناطق الحارة والجافة:

يتعامل هذا القسم مع مواضيع محددة من تصميم النافذة في المناطق الحارة والجافة وبخاصة في الصحارى الحارة. في مثل هذا المناخ عندما تكون درجة الحرارة في ساعات النهار في الخارج أعلى بكثير من درجة الحرارة في الداخل فإن النوافذ التقليدية تميل لزيادة درجة الحرارة في الداخل. وأيضاً كلما كبرت مساحة النوافذ كلما زاد تأثير التسخين وخاصةً عندما لايتم منع الاختراق الشمسي بشكل فعال عبر التظليل والتوجيه. ضوء الشمس في المناطق الحارة والجافة قوي ومركز جداً. والنوافذ الكبيرة يمكن أن تسبب إزعاجاً من الوهج مما يقوي الاعتقاد بأن النوافذ الصغيرة مناسبة أكثر من الكبيرة منها في الصحراء. وهذا المنظور مدعم من ملاحظة أن الأبنية الجماعية العامة في المناطق الصحراوية والتي تبنى بشكل رئيسي من الطين المضغوط ومن مكعبات اللبن أوالحجر عادةً ما تكون لها نوافذ صغيرة جداً.

ولكن، يجب الإشارة إلى أن الطريقة التقليدية لحياة سكان المنازل الجماعية والعامة في المناطق الحارة والجافة من حيث النوم على السقف أوفي الفناء تشهد على شروط داخلية غير مريحة والتي تسود أثناء ساعات الليل. وفي الواقع فإن الحصول على تهوية ليلية فعالة موضوع ذوأهمية كبيرة لتبريد الكتلة الهيكلية للبناء. وبدون التهوية الفعالة في الليل يمكن أن يصبح داخل البناء حاراً بشكل لايطاق أثناء الليل، عندما تكون الراحة ضرورية من أجل الحصول على نوم هادئ ومريح. وكما سوف يتم مناقشته لاحقاً فمن الممكن بواسطة التصميم المناسب (بوجود نوافذ كبيرة) تأمين راحة داخلية مقبولة في المناطق الحارة والجافة في كل من ساعات الليل والنهار. ومن وجهة النظر النفسية فإن الراحة الليلية أكثر أهمية من تلك أثناء ساعات النهار.

ومع وجود التفاصيل التصميمية الخاصة يمكن توفير نوافذ كبيرة في هذه المناطق مع مزايا من وجهة النظر الحرارية. عندما تضاف مصاريع ذات عزل عالي

للنوافذ الكبيرة القابلة للفتح، حيث يمكن تعديل أثرها الحراري لتحقيق كلاالحاجات اليومية والسنوية. في الصيف يمكن إغلاق المصاريع أثناء الأوقات الحارة مع السماح بدخول الضوء إلى المنزل فقط عبر نوافذ صغيرة مظللة. وفي المساء يمكن فتح المصاريع والنوافذ لترفع معدل تبريد الداخل.

يمكن أن تؤمن النوافذ الكبيرة التي تواجه الجنوب في الشتاء تسخيناً شمسياً مباشراً كافياً للداخل. إن إغلاق المصاريع المعزولة أثناء الليل يحصر الحرارة في الداخل مما يقلل من معدل التبريد وبالتالي يساعد على الحفاظ على درجة حرارة داخلية مريحة بالليل.

في المناطق التي يشكل فيها الغبار إزعاجاً قوياً يجب أن تمكن تفاصيل النوافذ والمصاريع من الإغلاق المحكم.

في بعض المناطق الحارة والجافة يمكن أن تزيد الحشرات في فترات محددة. عندئذ يجب اعتماد المناخل (الشبك) كجزء هام لايتجزأ من نظام النافذة. يجب أن يكون من الممكن إبقاء المناخل مغلقة عندما تكون النوافذ والمصاريع مفتوحة.

ومن أجل تسهيل التهوية عند الرغبة يجب أن توضع النوافذ على كل من الواجهتين اللتين تقعان باتجاه الريح والمعاكسة للريح. وإذا تم تقديم مثل هذا الموقع يمكن عندئذ تأمين تهوية فعالة حتى عبر نوافذ صغيرة نسبياً (مثال: بوجود ما يعادل حوالي ٥-١٠٪ من مساحة الأرض قابلة للفتح).

تظليل النوافذ في المناطق الحارة والجافة:

بسبب القوة والكثافة العالية للإشعاع الشمسي في المناطق الصحراوية تكون مشاكل التسخين الشديد بسبب الطاقة الشمسية والاختراق عبر النوافذ أوالامتصاص من قبل السطح الخارجي للجدار ذات أهمية خاصة. يزداد الإشعاع القوي والمباشر وذلك المنعكس من السماء بسبب انعكاس الإشعاع الشمسي وبسبب انتشار الموجات الطويلة من الأرض المحيطة والتي غالباً ما تكون ذات لون فاتح

أوبدون غطاء نباتي. هذه النقاط تعزز وتزيد التأكيد على أهمية تقديم الحماية ليس فقط من الشمس المباشرة ولكن أيضاً من الإشعاع المنعكس والمنتشر من الأرض. إن احتمالات تقليل الحمل الشمسي المباشر والمنعكس عبر التظليل هوإذاً ذوأهمية خاصة في المناطق الحارة والجافة. هذا القسم يتعامل مع أجهزة أوأدوات التظليل «المعماري أوالهندسي» الثابتة أوالمتحركة في المناخ الحار والجاف. إن موضوع التظليل بواسطة تخطيط الموقع حول البناء مناقش في الفصل ٩.

يكون تأثير الفروقات في الكفاءة الحرارية بين مختلف أنواع التظليل في المناطق الحارة والجافة أوضح وأقوى بكثير حيث يكون كل من الإشعاع المباشر والمنعكس أكثر منه في أنواع المناخ الأخرى.

أدوات التظليل الثابت:

معظم أدوات التظليل الثابتة لاتحجب الإشعاع الشمسي المنعكس والمنبعث من الأرض أومن الأبنية المحيطة. ففي المناطق الصحراوية التي يكون فيها الإشعاع المنعكس كبيراً فإن مثل هذه الأدوات قد تم الحد من فعاليتها بشكل تقليدي.

سيتم مناقشص الأنواع الثلاثة التالية من أدوات تظليل النوافذ الثابتة من منطلق فعاليتها في الاتجاهات المختلفة في الإطار العام للبيئة الصحراوية:

أ- الأفقية المعلقة والممتدة على جانبي النافذة.

ب- الزعنفية العامودية الممتدة على النافذة.

ت- «الإطار» المصنوع من مسقط أفقي وزعانف عامودية والتي غالباً ما يشار إليها «بصندوق البيض» أو«egg crate».

يمكن أن تؤمن الأفقية المعلقة فوق النافذة الجنوبية والممتدة بشكل كاف للأمام وعلى الجانبين ظلاً كاملاً من الشمس المباشرة أثناء فترة منتصف الصيف وبذات الوقت تمكن من الاختراق الشمسي في الشتاء. ولكن التظليل المعلق لايؤمن أي

حماية من الإشعاع المنعكس من الأرض أمام النافذة. وأيضاً في أواخر الصيف وبدايات أشهر الخريف (من منتصف آب لمنتصف تشرين الأول في نصف الكرة الشمالي) تكون درجة حرارة الهواء المحيط في المناطق الحارة والجافة حارة نسبياً بينما تكون الشمس قد انخفضت بشكل كاف في السماء لتضرب معظم مساحة النافذة. في هذا الوضع فإن التظليل بواسطة الكواسر يمكن أن لايكون كافياً لمنع اختراق شمسي وتسخين كبير.

في حالة الاتجاهات الشرقية والغربية فإن أدوات التظليل العامودية (الزعانف) تكون أكثر فاعلية من الكواسر الأفقية ذات العمق نفسه. ولكن ولأي منها يمكن أن يؤمن تظليلاً كاملاً في هذه الاتجاهات.

إن الطريقة الوحيدة التي يمكن بها تظليل النوافذ الشرقية أوالغربية بشكل فعال عبر الأدوات والوسائل الثابتة هي بواسطة «الإطار» المتكون من الكواسر الأفقية و«الزعنفة» العامودية المنحرفة بزاوية قدرها ٤٥ درجة باتجاه الجنوب.

بالنسبة للنوافذ الشمالية فإن الزعانف العامودية وبخاصة على الجانب الغربي والممتدة فوق ارتفاع النافذة يمكن أن تؤمن الحماية من شمس ما بعد الظهيرة.

تؤثر الفعاليات المختلفة لأدوات التظليل الثابتة أيضاً في الطريقة التي يؤثر بها شكل النافذة المظللة بمثل هذه الأدوات على أدائها الحراري.

النوافذ الأفقية الطويلة الموجودة على الجدران الجنوبية، الشرقية والغربية يمكن حمايتها بشكل أكثر فعالية بواسطة وسائل التظليل الثابتة أكثر من النوافذ المربعة أوالعامودية. النوافذ الممتدة بشكل أفقي بهذه الاتجاهات لايمكن تظليلها بشكل فعال بواسطة الوسائل الثابتة إلاإذا تم تكبيرها لعمق كبير جداً حتى في حالات النوافذ الجنوبية. أما النوافذ الأفقية الشرقية والغربية فلايمكن تظليلها بشكل فعال أبداً بواسطة الطرق الثابتة المتعامدة مع الجدار.

أدوات التظليل الخارجية المتحركة:

إن الصفة المشتركة لكل الأدوات المتحركة هي أنه من الممكن تعديلها حسب الطلب إما لحجب أوللسماح بمرور الإشعاع الشمسي. كما هوالأمر بالنسبة للأدوات الثابتة تقوم هذه الأدوات باعتراض أشعة الشمس قبل أن تصطدم بالزجاج. يمكن للعديد من الأنواع المتحركة أن تعترض الإشعاع الشمسي المنعكس من الأرض بالإضافة لاعتراض لأشعة المباشرة ومعظم الإشعاع المنتشر من السماء.

ومن جهة أخرى فإن أدوات التظليل المتحركة يمكن أن تسمح بمرور الشعاع الشمسي عندما يراد ذلك في الشتاء. ولذلك تكون الأدوات المتحركة كما هومتعارف عليه أكثر فاعلية من التظليل الثابت. معظم أدوات التظليل المتحركة يمكن تطبيقها تقريباً بذات الفعالية لكل الاتجاهات وعلى أي شكل من أشكال النوافذ.

يمكن أن تكون المصاريع المتحركة أيضاً بيضاء وكتيمة ومعزولة مع مساحة صغيرة جداً من الزجاج للسماح لضوء النهار. وعندما تكون مفتوحة فإنها تسمح للإشعاع الشمسي ليرتطم بالزجاج بشكل كامل أوتسمح بالتهوية الطبيعية بوجود النوافذ المفتوحة. وعندما تغلق يمكنها أن تمنح مقاومة حرارية عالية للنوافذ.

في المناطق الصحراوية مثل هذه المصاريع المعزولة تكون ذات أهمية خاصة. حيث إنها تقلل معدل التسخين أثناء أيام الصيف وتؤمن تبريد متبادل أثناء ساعات المساء والليل بالصيف، وتسمح بمرور التسخين الشمسي أثناء أيام الشتاء وتقلل من فقد الحرارة أثناء ليالي الشتاء. وبهذه الطريقة فإن المواصفات المناخية للصحارى - بالتحديد المجال التبدل الحراري اليومي، الليالي الباردة واللطيفة بالصيف والإشعاع الشمسي الوافر في الشتاء - يمكن تحويلها لمصادر مفيدة عبر تطبيق لوحات التظليل المعزولة.

يمكن أن تقلل أدوات التظليل الخارجية المتحركة من الكسب الحراري الشمسي عبر النوافذ والمناطق المزججة الأخرى حتى تصل إلى ١٠ أو١٥٪ من الإشعاع المرتطم على

الجدار وبذات الوقت يسمح لضوء النهر بالدخول. ومع وجود المصاريع المعزولة يمكن حتى تخفيض الكسب الحراري الشمسي لحوالي ٥٪ من الشعاع المرتطم.

يمكن للون أدوات التظليل الخارجية المتحركة أن يكون ذا تأثير صغير على أدائها الحراري إلاإذا كانت مغلقة بشكل كامل.

أدوات التظليل الداخلي المتحرك:

يمكن أن تأتي أدوات التظليل المتحركة بأشكال مختلفة مثل الستائر الفينيسية (المتعددة الأضلاع) أوالستائر على شكل بكرة، أوالستائر العادية. كل هذه الأنواع تعترض أشعة الشمس بعد مرورها من الزجاج، أي داخلياً. وبالتالي فإن كل هذه الأنواع المختلفة من التظليل الداخلي ذات كفاءة منخفضة من وجهة النظر الحرارية مع أنها من الممكن أن تكون وسيلة تحكم فعالة بشروط الإنارة الداخلية. ولذلك فإنها تكون بشكل عام غير فعالة في المناطق الصحراوية وخاصةً عند تطبيقها على نوافذ كبيرة أوالمناطق المزججة الأخرى.

الاستثناء الوحيد هوالمصاريع المعزولة. عندما تغلق يمكنها أن تقلل بشكل كبير من الكسب الحراري الشمسي حتى عندما تعترض الإشعاع بعد مروره عبر الزجاج. وفي الشتاء تكون الأكثر فاعلية في التقليل من خسارة الحرارة عبر النوافذ.

ألوان البناء:

إن لون الجدران والسقف له تأثير كبير على الوقع الشمسي على البناء ومناخه الداخلي وبشكل خاص في المناطق الصحراوية حيث تكون القوة والكفاءة الشمسية أعلى منها في المناطق الأخرى.

وبسبب الأنماط المختلفة للسقوط الشمسي على السقف والجدران باختلاف الاتجاهات فإن أهمية اللون كمتحكم بالمناخ الداخلي تكون متباينة ومختلفة. بالنسبة للسقف يكون تأثير اللون في قمته. يمكن أن يكون الاختلاف في درجة حرارة

السطح الأعظمية في الصيف بين السقف الأبيض والسقف الأسود في الصحراء حوالي ٤٠ كالوري. والكسب الحراري الناتج لداخل البناء يعتمد على الخواص الثيرموفيزيائية (الفيزياء الحرارية) للسقف، لكنه بشكل عام يكون واضحاً جداً.

إن تأثير اللون الخارجي للجدران والسقف على حرارة السطح وعلى الحمل الحراري ودرجة حرارة الداخل يكون كبيراً جداً لدرجة أنه يكون له وقع كبير على المقاومة الحرارية المطلوبة للمحيط والقدرة الحرارية للبناء . هذه النقطة مشروحة بشكل أكبر لاحقاً.

تكون الجدران الشرقية والغربية حساسة جداً للونها الخارجي بينما تكون الجدران الشمالية أقلها حساسية. الجدار الجنوبي يشكل حالة خاصة لأنه يستقبل معظم الإشعاع بالشتاء عندما يكون التسخين مطلوباً لحد ما.

مشكلة الألوان الخارجية في الصحراء تصبح أكثر تعقيداً بسبب الوهج. تحتوي معظم الصحارى على الكثير من الوهج بسبب اللون الفاتح للتربة وقلة الغطاء النباتي. الأبنية البيضاء بالكامل بينما تكون أفضل من المنظور الحراري ويمكنها أن تعزز وتقوي الوهج البيئي. ولذلك يجب البحث عن حل يسمح بتقليل الحمل الحراري على البناء في الصيف بدون التسبب بالمزيد من الوهج. يمكن تقديم مثل هذا الحل عبر التصميم المناسب لبعض عناصر البناء وبالاختيار الحذر لألوان الأجزاء المختلفة للبناء.

يمكن تقديم إمكانيات كبيرة عبر تشكيلة مختلفة من احتمالات عناصر البناء من المساحة المتضمنة مثل الكواسر وملحقات للجدران والشرفات المفتوحة كما تم مناقشته في الفصل ٨. إن التماس الحراري بين مثل هذه العناصر وداخل البناء أقل منه بكثير مع الجدران والسقف المحيطين بشكل مباشر والحاصرين للمساحة الداخلية. ولذلك يمكن أن يكونوا بلون غامق بدون أن يزيدوا بشكل كبير الحمل الحراري. وبما أن مثل هذه العناصر هي الأكثر تعرضاً للعوامل الخارجية فإن لونها

الغامق يمكن أن يخفض بشكل كبير من الوهج. إن سطوح البناء التي تليها والتي هي بتماس مباشر مع الداخل يمكن الإبقاء عليها بيضاء. مثل هذه المعالجة يمكن أن تسهم أيضاً في التنوع البصري للبيئة. مثل هذا التصور أوالإسقاط يمكن أن يلقي أيضاً ظلاً على الجدران التي تقع خلفها بذات الوقت وبالتالي تقلل من الوهج عندما تكون الجدران بيضاء.

ومن اجل الاستغلال الكامل لهذه الإمكانيات في المناطق الصحراوية يكون من المحبذ تخطيط هذه الاسقاطات والتصورات بشكل محدد بحيث تقوم بخلق مناطق من الأبعاد البصرية حيث يمكن وضع الألوان الداكنة بدون التسبب بحمل حراري زائد. إضافةً لذلك من الممكن وضع ألوان فاتحة نسبياً على الجدران الشمالية والجنوبية وبالتالي لإضافة المزيد من التنوع للبيئة إذا كان مثل هذا التنوع مرغوباً.

النباتات والتحكم بالمناخ في المناخات الحارة والجافة:

في العديد من المناطق الصحراوية تكون كمية الخضرة التي يمكن تحملها على المناطق الخاصة محدودة بالتوفر وكلفة مياه الري. ولذلك يكون من المحبذ استخدام الخضرة بطريقة خاصة تصبح فيها المساهمة بمساحة صغيرة خضراء من أجل راحة السكان بحدها الأعظمي.

النباتات حول البناء:

يمكن أن تؤثر النباتات قرب المنزل في المناطق الصحراوية وتحسن المناخ المحلي داخل وحول المنزل بعدة طرق وتحقق أيضاً العديد من الأهداف. ومن أجل كل من الأهداف المتعددة هناك نباتات مختلفة وتفاصيل لتصاميم المخططات المختلفة والتي يمكن أن تكون أكثر فعالية. يمكن للأهداف المناخية للنباتات في المناخ الحار والجاف أن تتضمن:

- تظليل سقف وجدران ونوافذ البناء.
- تظليل مناطق اللعب أوالاستراحة خارج المنزل.

- تقليل وفلترة الغبار داخل وحول المنزل.
- رفع مستوى الرطوبة في المناطق ذات المناخ الجاف جداً (تكون عملية فقط في المناطق المحصورة).
- تقليل درجة الحارة في المنطقة المجاورة للمنزل.
- تقليل سرعة الرياح عندما يكون ذلك مطلوباً.
- تركيز تدفق الهواء وزيادة سرعة الرياح عندما يكون هذا مطلوباً.

وبأخذ كل هذه التأثيرات بعين الاعتبار يجب التأكيد على أن المناطق التي يكون فيها تأثير النباتات كبيراً ومهماً محدودة بمنطقة تواجد النباتات ذاتها. ويتأثر بالخضرة هامش صغير فقط من المنطقة المجاورة للمنطقة الخضراء (على جانبها المواجه للرياح). الاستثناء الوحيد هوتأثير صادات الرياح العالية والكثيفة على سرعة الرياح التي تمتد لمسافة أكبر من التأثيرات الأخرى.

المنتزهات العامة في المناطق الحارة والجافة:

إن المواصفات والخواص المناخية للمناطق الحارة والجافة من منظور تصميم المنزهات العامة من ناحية الاستغلال الأعظمي هي الإشعاع الشمسي القوي والكثيف (الذي يؤدي للحاجة للظل الوفير في الصيف)، وتواجد الغبار السائد وفي العديد من الحالات قلة المياه. ليس من المتوقع أن تسبب الرطوبة المحيطة القليلة الانزعاج وكذلك تقليل سرعة الرياح بواسطة النباتات، وفي الواقع فإن المستوى الأعلى من الرطوبة في المناطق المزروعة التي يسببها التبخر من النباتات محبذ ومرحب به.

إن المناطق المزروعة المدنية العامة والخاصة المتواجد والتي يمكن المحافظة عليها بشكل جيد (والتي تكون مروية بشكل رئيسي) هي مصدر ربح عظيم في المناطق الحارة والجافة بسبب ندرة الخضرة الطبيعية.

وكنتيجة لدرجات الحارة الأقل على الأغصان والأوراق والهواء الذي يمر عبرها فإن درجة الحرارة في المناطق الخضراء تكون أخفض بشكل واضح وكبير منها فوق الأراضي القاحلة والأسطح القاسية مثل الطرق أوفي المناطق المفتوحة ذات السطح القاسي مثل مناطق توقف السيارات. بالإضافة لذلك تكون درجة حرارة سطح التربة المظللة بواسطة الخضرة في المناطق الحارة والجافة تكون أخفض بشكل ملحوظ وكبير من سطح التربة الغير مظللة. وكنتيجة للعوامل المذكورة أعلاه فإن العنصر المشع للحمل الحراري على الأشخاص المقيمين في المناطق «الخضراء» يقل بشكل كبير بالإضافة إلى درجة حرارة الهواء الأكثر انخفاضاً.

يجب أن تؤمن المنتزهات والملاعب ظلاً وافراً وحماية من الغبار في فصل الصيف بسبب الإشعاع الشمسي القوي والكثيف وزيادة الغبار. تسهم المروج الكبيرة وأحواض الزهور بدون الظل حولها أوضمنها قليلاً في ترفيه السكان البالغين والمتقدمين بالسن والأطفال على السواء ليرتاحوا ويسترخوا ويلعبوا في أيام الصيف الحارة. لذلك يجب تأمين العديد من الأماكن للجلوس بالظل على طول الطرقات والدروب في المنتزهات العامة وفي الملاعب. وبالتالي فإن الأماكن المظللة للعب والراحة تقلل من خطر زيادة الضغط وضربات الشمس (الحرارة).

يمكن أن تؤمن التجمعات الكبيرة من الأشجار والتي يفضل أن تكون موسمية مواقع جذابة لمنشآت لعب الأطفال ومناطق الراحة للأشخاص المتقدمين بالعمر وهكذا.

إن تواجد الاحتياطات للحماية من الرياح في الشتاء في المنتزهات المدنية ذوأهمية خاصة في المناطق القاحلة ذات فصول الشتاء الباردة. إن توافر الإشعاع الشمسي وغياب المطر الكثير في الشتاء يمكن أن يحسن كثيراً جاذبية المستوطنات في هذه المناطق كمنتجعات شتوية. هذا العامل يمكن أن يكون ذوقيمة اقتصادية كبيرة للمجتمع. فالحماية من الرياح الباردة سوف يساعد كثيراً على التمتع بهذه الخواص المناخية في المنتزهات العامة المدنية.

يجب أن تكون المناطق العامة ضمن حدود الأحياء محدودة الحجم ضمن المناطق التي يمكن المحافظة عليها بشكل جيد. وغالباً ما تكون الأراضي العامة الجرداء مصدراً للغبار المزعج للمنطقة المبنية حولها. يجب المحافظة على الغطاء النباتي الطبيعي وحمايته في الأراضي المحجوزة للتطوير المستقبلي.

تكون الشجيرات والأحراش المنخفضة فعالة في التقليل من سرعة الرياح وفلترة الغبار قرب الأرض وفي ذات الوقت لاتقوم بحجب الرياح على الارتفاعات الأعلى منها. إن استخدامها إضافة لأنواع أخرى من النباتات الخضراء يجب اعتبارها طرقاً للتحكم بالغبار في الأحياء.

إن النقاش المفصل لأثر المساحات الخضراء على نوعية البيئة المدنية مقدم في الفصل ٩.

مواد البناء في المناطق الصحراوية:

تكون الأبنية التقليدية في الصحارى الحارة ذات كتلة كبيرة وجدران سميكة مصنوعة من مواد ثقيلة مثل الأحجار والطوب والطين. كما تؤمن الأسطح المسلحة ذات النهايات الخارجية المسطحة والكتيمة والمغطاة بالتراب أيضاً كتلة كبيرة للبناء. تكون النوافذ عادةً صغيرة ومحمية من الشمس بواسطة سماكة الجدار الموضوعة فيه وفي العديد من الحالات تكون مزودة أيضاً بمصاريع خشبية. يحد الهيكل السميك والثقيل للجدران والسقف من تفاوت درجات الحرارة ويثبت درجة الحرارة الداخلية بمستوى قريب من معدل درجة حرارة الهواء المسخن بالشمس للسطوح الخارجية لمحيط البناء.

يعتمد الضغط (القمع) الفعلي لدرجة حرارة الداخل بساعات النهار (وخاصة العظمى منها) على لون المحيط والذي يحدد بدوره درجة حرارة الهواء المسخن بالشمس. يكون معدل درجات حرارة الداخل -بسبب الألوان الفاتحة جداً للجدران والسقف- قريباً من المعدل الخارجي بحيث يعطي التفاوت اليومي الصغير معدلاً

أعظمياً أخفض بشكل ملحوظ من المعدل الخارجي الأعظمي. ولكن بكون الجدران والسقف بلون غامق يمكن أن يصبح المعدل الداخلي حوالي ٤-٥ درجات (٥.٧-٥.٩ فهرنهايت) أعلى من المعدل الخارجي. في هذه الحالة يمكن أن تكون درجات حرارة الداخل في ساعات النهار أقرب للمعدل الخارجي الأعظمي حتى بوجود تفاوت يومي صغير.

يتم الوصول للمعدل الأعظمي الداخلي عادةً في نهاية فترة المساء ومعدل التبريد يكون عادةً منخفض جداً. هذه الحقيقة يمكن أن تسبب انزعاجاً داخلياً كبيراً أثناء الليل. إن الحلول التقليدية في العديد من المناطق الصحراوية لمثل هذا الضغط الحراري الليلي هوالنوم في الخارج أوعلى السقف أوفي الفناء. في بعض المناطق تكون حتى درجات الحرارة في الداخل أثناء ساعات النهار مرتفعة جداً ويمكن الحصول على الراحة فقط بواسطة التكييف أوبواسطة الطرق الأخرى للتبريد. مثل التبريد بالتبخير.

أما اليوم وبسبب توافر مواد العزل الحديثة بالإضافة لتطبيق أنظمة التبريد السلبي فإنه من الممكن المحافظة على درجات الحرارة في الداخل أخفض بشكل واضح من معدل درجات الحرارة بالخارج. ومع مثل هذه التفاصيل التصميمية يصبح من الممكن تأمين راحة طبيعية على فترات أطول من العام ومن الممكن استخدام طاقة أقل للتبريد في الصيف والتدفئة في الشتاء.

وتعتمد القدرة على المحافظة على الشروط الداخلية ضمن مستوى الراحة -بدون التبريد الميكانيكي وعبر تصميم أبنية فاتحة اللون وفعالية الكتلة والعزل بشكل جيد- من منطلق التطبيقات المناخية بشكل كبير على معدل درجات الحرارة الخارجية. والسبب أنه في مثل هذه الأبنية تكون درجات الحرارة في الداخل مثبتة على حوالي ١-٢ درجة (١,٨-٣,٦ فهرنهايت) فوق المعدل الخارجي بمجال يومي قيمته حوالي ١٠-٢٠٪ من التراوح الخارجي أوحوالي ٢-٤ درجات (٣,٦-٧,٢

فهرنهايت) . لذلك في المناطق والمواسم التي يكون فيها معدل درجات الحرارة في الخارج في فصل الصيف يقع في القسم الأدنى من منطقة الراحة أي حوالي ٢٠-٢٥ درجة مئوية (٦٨-٧٧ فهرنهايت) ويتم المحافظة على شروط الراحة بالداخل على مستوى الراحة على مدار اليوم حتى بدون تهوية مركزة ليلية. بوجود تهوية ليلية مركزة (مثال، تغيير الهواء حوالي أوأكثر من ٢٠ بالساعة) درجات الحرارة الخارجية الأعظمي يمكن تقليلها لمستوى أقرب لمعدل درجات الحرارة الخارجية. وبالتالي فإن مثل هذه الأبنية يمكن أن تبقى مريحة أثناء فترات عندما يكون معدل درجات الحرارة بالخارج عالية تصل لحوالي ٢٩-٣٠ درجة مئوية (٨٤,٢-٨٦ فهرنهايت) وبرفع سرعة الهواء بالداخل أثناء النهار بواسطة مراوح داخلية (وليس بواسطة التهوية الطبيعية باستخدام الهواء الخارجي الحار).

ولكن في الأماكن والمواسم التي يكون فيها معدل درجات الحارة بالخارج أثناء أشهر الصيف يزيد عن حوالي ٢٩ درجة مئوية (٨٤,٢ فهرنهايت) فإن درجات الحرارة في الداخل لكل من حرارة الهواء والحرارة المنتشرة سوف تكون حارة جداً أثناء ساعات النهار ويمكن أن تمنع النوم المريح بالليل مسببة تراكم التعب. في هذه الحالة قد تكون هناك حاجة لبعض أنظمة التبريد السلبية أوذات الطاقة القليلة الإضافية مثل التبريد بالتبخير لتأمين الراحة بالداخل.

المقاومة الحرارية المنصوح بها في المناطق الحارة والجافة:

تكون المقاومة الحرارية العالية لمكونات المحيط في الصحارى الحارة ضرورية من أجل التقليل من تدفق الحرارة المنتقلة إلى كتلة البناء أثناء ساعات النهار. وبما أن المناطق الصحراوية المختلفة لها درجات حرارة نهارية (أعظمية) مختلفة في فصل الصيف فإن المقاومة الحرارية يمكن أن تكون مرتبطة بدرجة حرارة التصميم في الصيف في المنطقة موضوع البحث، فمثلاً، يمكن أن تكون مرتبطة بمعدل درجات الحرارة الأعظمية المختبرة في أكثر الشهور حرارة (عادةً ما تكون تموز أوآب في نصف الكرة الشمالي).

تقلل المقاومة الحرارية للمحيط بالطبع من معدل التبريد أثناء المساء. ولكن معدل التبريد يمكن أن يحسن بواسطة التهوية الوافرة للداخل في ساعات المساء والليل وبالتالي يتم تجاوز المقاومة الحرارية للمحيط.

يعتمد تدفق الحرارة المنقولة من السطح الخارجي للداخل على درجة حرارة السطح الخارجي. وتعتمد درجة حرارة السطح بدورها ليس فقط على درجة حرارة الهواء الخارجي ولكن أيضاً على الطاقة الشمسية المتصة على السطح وبالتحديد على حرارة الهواء المسخن بالشمس.

وبالتالي يمكن تحديد المقاومة الحرارية المطلوبة للجدران الخارجية والسقف لمنطقة محددة كوظيفة لدرجة حرارة الهواء الخارجية «للتصميم» (T (٠) max in C) قمة قوة الإشعاع الشمسي (الإشعاع الكوني Imax،in w/m2) وقابلية امتصاص السطح (a). حيث إن السقف معرض في الصيف لإشعاع شمسي أعلى من الجدران ويجب أن يكون له مقاومة حرارية أعلى.

وقد اقترح Givoni (١٩٧٩) التوصيات التالية للمقاومة الحرارية (Rreq) للجدران والأسقف في المناطق الحارة (in m2C/w) للمناطق ذات الشتاءات المعتدلة وفصول الصيف الحارة، حيث اعتبارات فصل الصيف يجب أن تحدد خواص مواد البناء:

للجدران : R req = 0.05 (T (0) max -25) +٠,٠٠٢ × (a* Imax)

للأسقف: R req = 0.05 (T (0) max -25) +٠,٠٠٣ × (a* Imax)

Tmax هومعدل درجات حرارة الهواء العظمى و Imaxهوالإشعاع الشمسي الكوني (الأفقي) لأكثر أشهر السنة حرارةً (والتي عادةً ما تكون تموز وآب في نصف الكرة الشمالي)

الطاقة الحرارية المنصوح بها: القدرة الحرارية العالية محبذة في المناطق الصحراوية من أجل استغلال والاستفادة من المجال اليومي الكبير ومن أجل

تخفيض درجة الحرارة العظمى في الداخل عبر إغلاق المبنى أثناء ساعات النهار وتهويته في ساعات المساء والليل. ومن أجل أن نكون فعالين في تثبيت درجة الحرارة في الداخل يجب أن تكون كتلة البناء موجودة ضمن «محيط» من المواد المعزولة.

«القواعد الأساسية» للقدرة الحرارية الفعالة لبناء ما:

التقدير الدقيق والصحيح للقدرة الحرارية الفعالة لبناء ما التي تؤثر على تجاوبها ورد فعلها لكل من موجة حرارة محيطها وللكسب والخسارة الحرارية الداخلي مثل الإشعاع الشمسي المخترق والتهوية، تتضمن حسابات الزمن الحراري الثابت (TTC) وطاقتها الحرارية اليومية (المتبدلة) (DHC) كما تمت مناقشته في الفصل ٣. ولكن مثل هذه الحسابات تتطلب وصف دقيق جداً للبناء واستخدام رموز كومبيوتر معقدة. أيضاً، بعد مستوى معين من المقاومة الحرارية والطاقة الحرارية تتغير درجة حرارة الداخل قليلاً جداً مع مستويات أعلى من هذين المتغيرين وبالتالي فإن الحسابات الدقيقة والصحيحة ليست بالفعل ضرورية.

حسب رأي المؤلف فإن الحسابات «الدقيقة» معقدة جداً لتقدم «القواعد الأساسية» لتصميم الأبنية المناسبة لمناخ محدد. الحسابات التقريبية والقواعد والمواصفات المنصوح بها لطاقة البناء الحرارية مقدمة في القسم التالي.

إن الطاقة الحرارية التقريبية لعنصر من البناء Qi معرفة كمنتج للمنطقة (A) وسماكة (L) العنصر مضروبة بالكثافة (p) والحرارة المحددة (c) لمواده:

$$Qi= (A*L*p*c)i$$

الحرارة المحددة (c) لمواد البناء الاعتيادية مثل الإسمنت أوالطوب هي حوالي : ٢٥. (0.25Btu/lb.F) (WH/KG.C).

وبالتعامل مع الطاقة الحرارية للبناء الكتلة الداخلية (الجدران المقسمة، الطوابق المتداخلة وهكذا) هي أيضاً فعالة في قمع تراوح درجة الحرارة في الدخل بالإضافة

للكتلة في عناصر المحيط. ولذلك فإن مجمل كتلة بناء ما يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار. الطاقة الحرارية للبناء ككل Qb هي إذاً مجموع الطاقات الحرارية للمحيط والعناصر الداخلية:

$$Qb = Qi$$

التقييم البسيط التقريبي لطاقة البناء الحرارية يمكن تطبيقه عندما يكون معظم كتلة البناء داخل محيط العزل ومساحة سطحه هي على الأقل مساوية مساحة محيط البناء.

هذه الحسابات البسيطة يمكن عملها على مراحل مختلفة من تصميم البناء وبالتالي تطبق المواصفات المنصوح بها لطاقة الحرارية في المناطق الحارة والجافة.

الطاقة الحرارية المطلوبة تعتمد ليس فقط على معدل درجة حرارة الهواء الخارجي وحده . وحيث يمتص محيط البناء إشعاع شمسي أكثر فإن السطح الخارجي للبناء يختبر مجال تراوح بدرجات الحرارة يومي كبير يزيد من مجال درجات الحرارة الفعالة التي تؤثر على درجات الحرارة بالداخل.

ولذلك فإن القدرة الحرارية المطلوبة (Q req) يجب أن تكون مرتبطة ليس فقط مع مجال درجات الحرارة في الخارج ((0)max - T(0) min)) ولكن أيضاً بالطاقة الشمسية الممتصة على سطوح المحيط (Imax × a).

اقترح Givoni ١٩٧٩ المتطلبات التالية لطاقة البناء الحرارية (in Wh/m2 C).

للجدران :

$$Q\ req = 2.5 * (T\ (0)\ max - (0)\ min + 0.1\ (a * Imax)$$

للأسقف (الأسقف الهيكلية المسطحة):

$$Q\ req = 2.5 * (T\ (0)\ max - (0)\ min + 0.15\ (a * Imax)$$

الطاقة الحرارية لبناء ما يمكن حسابها بشكل تقريبي عبر الكتلة الكلية للبناء (M، in kg) في كل وحدة مساحة من المحيط (M req/m2 من المحيط). في هذه الشروط يمكن تحديد الطاقة الحرارية المنصوح بها ككل عبر المعادلة التقريبية التالية (التي تقدر معدل الطاقة الحرارية للجدران والسقف):

M req/m2 = 10(T(0) max - T(0) min) + 0.5 (a*Imax)

بالنسبة للصحراء النمطية ذات المعدل اليومي البالغ ١٥ درجة مئوية (٢٧ فهرنهايت) والقوة أوالكثافة الشمسية max I والبالغة ١٠٠٠ m2/W (٣٢٠ Btu/ h.ft2) وبالنسبة للأبنية التي يكون لها لون خارجي أبيض كامل تقريباً (a=٠,٢) تصبح الكتلة المطلوبة:

M req /m2 = 10*15+0.5*0.2*1000=250(kg/m2) (50 Ib/ft2)

وبالنسبة للبناء ذواللون «المعتدل» (a=٠,٥):

M req /m2 = 10*15+0.5*0.5*1000=400(kg/m2) (80 Ib/ft2)

القيم المذكورة أعلاه للطاقة الحرارية المنصوح بها يمكن تطبيقها فقط إذا كانت المقاومة الحرارية المطلوبة للمحيط مضمونة أومؤمنة وعندما تكون الكتلة موزعة على الأقل على طول معظم منطقة محيط البناء. المقاومة الحرارية العالية يمكن أن تقلل الكتلة المطلوبة لمستويات أق بكثير من تلك الموجودة في الأبنية «التقليدية» في الصحارى.

أنواع الأبنية المشيدة في المناطق الحارة والجافة:

الأنواع المختلفة من الأبنية تبدي مواصفات أداء حراري مختلف في المناخ الحار والجاف . النقاش المفصل لهذه المواصفات قدم في الفصل ٧ . ويناقش هنا أثرهم على راحة ومتطلبات الطاقة في المناخ الحار والجاف.

المنازل المنفصلة ذات العائلة الواحدة:

المنازل المنفصلة ذات العائلة الوحدة تمتلك أعلى مساحة سطح محيط بين الأنواع المختلفة للأبنية. وعندما تبنى حول فناء داخلي تزيد المساحة سطح المحيط أكثر. وبالتالي في المناطق الحارة والجافة يرتفع معدل درجات الحرارة أثناء ساعات النهار في المنازل ذات العائلة الواحدة هي الأسرع لناقلية حرارية وكتلة الجدران والسقف محددة. من هذا المنطلق يمكن أن يبدي هذا النوع من البناء أعلى المتطلبات للراحة الداخلية والتبريد في الصيف وأعلى حمل حراري في الشتاء بالمقارنة مع الأبنية من الأنواع الأخرى الموجه بشكل مناسب والمهواة.

من ناحية أخرى المنازل ذات العائلة الواحدة أقل حساسية للاتجاه من منطلق اتجاه الشمس والرياح. ويمكنها أيضاً أن تستغل وتستخدم الخضرة المحيطة بأفضل طريقة للتحكم بالمناخ. ولذلك عندما لاتمكن الطبوغرافيا أوالعوامل الأخرى من التوجيه الأمثل للأبنية من منطلقي اتجاه الشمس والرياح، يمكن أن يكون الإسكان المنفصل النوع الأكثر ملائمة من الأبنية في المناطق الحارة والجافة على الرغم من مساحة سطوح المحيط الكبيرة. هذه النقطة هي ذات أهمية خاصة فيما يتعلق بالإسكان للأشخاص ذوي الدخل المنخفض ذوي العائلات الكبيرة والتي تكون المنازل المنفصلة الخاصة بالعائلة الواحدة الأكثر ملائمة للعديد من الأسباب الاجتماعية والأسباب الأخرى.

المقاومة الحرارية للجدران التي تكون مرتفعة نسبياً يمكن تحقيقها في الأبنية «التي تساعد نفسها بنفسها» عبر الجدران المزدوجة المبنية بواسطة بلوكات الطين المجففة بالشمس ذات الفراغ الهوائي. الطين هومادة معروفة في العديد من المناطق الحارة والجافة . التخطيط العمراني للمنظومة الاجتماعية لبناء الأبنية المنفردة مع توجيه تقني منظم يمكن أيضاً أن تكون عملية في التخفيف من نقص الإسكان.

منازل البلدة (المنازل الصفية) :

منازل البلدة أكثر حساسية من المنزل المنفصلة لتفاصيل تصميمها والاتجاه من منطلقي اتجاه الشمس والرياح. وكنتيجة فإن المنزل البلدية إذا كانت مصممة بشكل صحيح تكون متأقلمة حرارياً مع المناخ في المناطق الحارة والجافة أكثر من المنازل المنفصلة ذات العائلة الواحدة . ولكن بوجود التصميم الغير مناسب يمكن أن تكون أقل راحة وتحتاج للمزيد من التبريد.

في المناخ الحار والجاف الاتجاه شمال- جنوب للجدران الخارجية سوف يقلل من تعرض المنازل البلدية للشمس في الصيف ويرفع للحد الأعظمي من إمكانياته للتسخين الشمسي بالشتاء. هذا الوضع يمكن أن يكون أكثر تعقيداً من ناحية الاتجاه بالنسبة للتهوية وكما هوالحال في العديد من المناطق الحارة والجافة فإن اتجاه الريح السائد يكون من الغرب. في هذه الحالة فإن اتجاه الجدران الطويلة

للشمال والشمال الغربي والجنوب والجنوب الشرقي مع تفاصيل للتصميم التي «تلتقط» الرياح الغربية عبر الفتحات في الجدار الشمال - شمال غربي وبالفتحات في الجدار الجنوب والجنوب شرقي كما تم مناقشته في الفصل ٣ يمكن أن يكون حل جيد مثالي لمنازل البلدة.

الأبنية الشققية المتعددة الطوابق:

مناقشة أداء الأنواع المختلفة للشقق المتعددة الطوابق في المناخات الحارة والجافة سيتبع التصنيف الذي قدم في الفصل ٦ - تحديداً الأبنية ذات الدهاليز المزدوجة الحمل وذات الحمل الواحد .

الأبنية الشققية ذات الدهاليز المزدوجة الحمل:

الأبنية الشققية ذات الدهاليز المزدوجة الحمل تقلل الكسب الحراري أثناء ساعات النهار ولكنها ذات مواصفات تهوية ضعيفة وتعرض شمسي ضعيف لنصف

الشقق على الأقل . لذلك من منطلق الراحة بفصل الصيف فإنها لاتكون مناسبة في كل المناخات الحارة إلاإذا تم تأمين تهوية عالية خاصةً أثناء ساعات الليل بواسطة جهاز ميكانيكي كمثال مروحة عادمة لكامل المنزل أوالشقة.

الأبنية الشققية ذات الدهاليز الحمل الواحد:

الأبنية الشققية ذات الدهاليز الحمل الواحد يمكن أن تكون ملائمة في المناخات الحارة والجافة إذا كانت موجه بحيث يكون الدهليز مفتوح بالصيف ومتوضع على الجانب المواجه للريح من البناء. هذا الاتجاه يمكن من تهوية الشقق عندما يترك الباب والنوافذ المتوضعة في جدار الدهليز مفتوحة.

ولكن يجب الأخذ باعتبار أن خصوصية السكان تتعرض للخطر عندما تتم تهوية مكان المعيشة. في المجتمعات التي تقدر الخصوصية للحد أنهم يضحون براحتهم من أجل الخصوصية يجب تجنب هذا النوع من الأبنية. الحل التصميمي لهذه المشكلة مقترح في الفصل ٦.

البناء الشققي المتعدد الطوابق ذوالمدخل المباشر:

هذا النوع من المباني الشققية المتعددة الطوابق يقدم مدخل مباشر لعدة أماكن سكن في كل طابق وعادةً ما يكون من وحدتين لأربع وحدات من السلالم أومن المصعد. شروط التهوية وإمكانية استغلال الطاقة الشمسية للوحدة السكنية الفردية تعتمد على عدد الوحدات التي يمكن الدخول إليها بشكل مباشر من السلالم.

وحدتين لكل سلم:

عندما يمكن الدخول لوحدتين فقط في كل طابق من السلالم فإن كل وحدات السكن يمكن أن يكون لها، بوجود الاتجاه المناسب، تهوية في الصيف وإمكانية للتسخين الشمسي في الشتاء. وبذات الوقت يكون محيط كل وحدة يتكون فقط من جدارين خارجيين ماعدا الطابق العلوي والوحدات الموجودة في النهاية (ذات

الجدارين المنحدرين). وبالتالي هذا النوع الفرعي قد قلل من الكسب الحراري في الصيف وخسارة الحرارة في الشتاء. ولكن مثل هذه الأبنية حساسة جداً للاتجاه في أدائها الحراري.

وبالتالي بوجود الاتجاه المناسب فإن هذا النوع من البناء يمتلك أخفض معدل تسخين أثناء ساعات النهار في الصيف بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من الأبنية.في الشتاء تمتلك الوحدات أخفض طلب للتدفئة مجتمعة مع إمكانية جيدة للتسخين الشمسي.

في المناطق الحارة والجافة سيكون أفضل اتجاه للواجهات الطويلة للجنوب والشمال للتقليل من التعرض للشمس في الصيف وزيادتها في الشتاء. ولكن في العديد من المناطق الحارة والجافة يكون اتجاه الريح السائد في الأمسيات عندما يستوجب تهوية البناء، هومن الغرب. في مثل هذه الحالات فإن الاتجاه المثالي سيكون شمال - شمال غرب وجنوب - جنوب شرق.

وبوجود الاتجاه «الخاطئ»، مثال للشرق أوللغرب، فإن البناء سوف يكون له حمل شمسي عالي في الصيف وإمكانية تسخين شمسي بالشتاء ضعيفة.

وكخلاصة بوجود الاتجاه المناسب فإن هذا النوع من الأبنية هومناخياً الأكثر ملائمة في المناخ الحار والجاف. ولكن يجب ملاحظة أن تحديد عدد وحدات المعيشة التي يتم الوصول إليها مباشرة من السلالم لوحدتين يتضمن كلفة عالية.

ثلاث وحدات أوأكثر لكل سلم:

بوجود أكثر من وحدتي سكن ذوات مدخل مباشر فإن شروط التهوية و/أوالدخول أشعة الشمس لثلث الوحدات على الأقل معرضة للخطر. في المناطق الحارة والجافة حيث اتجاه الريح السائد يكون من الشمال، فإن موضوع التهوية يمكن أن «يحل» عندما يواجه البناء ككل الشمال والجنوب والوحدة الثالثة البارزة

باتجاه شمال البناء والكتلة والسلالم. كل الوحدات سيكون لديها عندئذ تهوية جيدة في الأمسيات مع إن الوحدات الشمالية لن تدخلها الشمس بالشتاء.

وبوجود أكثر من ٣ وحدات سكن لكل سلم فإن عدد كبير من الشقق سيكون لديه شروط تهوية وشروط تعرض للشمس ضعيفة. ولذلك مثل هذه الأبنية لاينصح بها للمناطق الحارة والجافة.

التصميم العمراني في المناطق الحارة والجافة:

الهدف الأساسي من التصميم العمراني في المناطق الحارة والجافة من الناحية المناخية هولتقليل الضغوط التي يفرضها المناخ على الأشخاص المتواجدين في الخارج (يعملون، يتسوقون، يلعبون أويتمشون) . وهناك هدف إضافي هوتحسين فرص الأبنية الفردية لتقديم بيئة داخلية مريحة بأقل استخدام للطاقة .

إن ضغوط الخرج البيئية في الصحراء كون بشكل رئيسي من أربعة أنواع:

أ- ضغط حراري عالي في أيام الصيف ناتج من درجة حرارة الهواء المحيط العالية والإشعاع الشمسي القوي والمركز.

ب- وهج عالي من ضوء الشمس المنعكس بشكل مباشر أوغير مباشر

ت- سيادة عواصف الغبار وبشكل رئيسي في فترة ما بعد الظهر

ث- (في المناطق ذات الشتاء البارد) وجود رياح باردة في موسم الشتاء

ومن أجل تحسين الضغط الحراري في أيام الصيف يجب أن تكون الأحياء مخططة بحيث إن المسافات للأشخاص الذين يتمشون والأطفال الذين يلعبون تكون قصيرة. الأرصفة يجب أن تكون مظللة بقدر الإمكان إما بواسطة الأشجار أوبواسطة الأبنية على امتدادها. . إن الظل محبب بشكل خاص في الأماكن حيث يتجمع الأشخاص في الخارج (وبشكل خاص الأطفال) أثناء ساعات النهار.

إن توزع أماكن التسوق والمدارس والخدمات المدنية تعتمد بالطبع على تنظيم مثل هذه الخدمات في المجتمع ويمكن أن تختلف بشكل كبير بين البلدان والمجتمعات المختلفة. وعلى أي حال إنه من المحبذ تأمين خدمات رئيسية قريبة حتى في المجتمعات التي تعتمد بشكل رئيسي وسائل النقل الخاصة أوالعامة مثل رحلات السيارة الخاصة لمراكز التسوق المركزية أوالذهاب للمدرسة بواسطة الباص وهكذا.

من وجهة نظر المناخ المدني فإن تفاصيل البناء في المناطق الحارة والجافة يجب أن تهدف لتقديم الظل فوق الأرصفة والملاعب والمناطق العامة الأخرى مؤمنةً تهوية كافية ومقللة من الغبار للحد الأدنى ومقللة من الوهج.

ملامح التصميم العمراني المناقشة في هذا الفصل هي:

- موقع البلدة في المنطقة
- كثافة منطقة البناء
- اتجاه وعرض الشوارع
- تفاصيل تصميم المناطق «الخضراء»
- تفاصيل الأبنية التي تؤثر على الراحة في الخارج

إن تفاصيل التصميم العمراني من منطلق كل من هذه المواضيع يمكن أن تعدل عدة عوامل من المناخ المدني . هذه التأثيرات والخطوط الرئيسة لمنافشات التصميم المناسب في المناخ الحار والجاف مناقشة في الأقسام التالية.

الموقع ضمن المنطقة

عند اختيار موقع للبلدة أوالحي في منطقة حارة وجافة يجب البحث عن مناطق ذات درجات حرارة منخفضة بالصيف وشروط تهوية جيدة وبالذات في أوقات المساء والليل. المواقع المختلفة ضمن منطقة محددة يمكن أن تختلف بشروط درجات

حرارتها ورياحها. تنوع الارتفاع بشكل خاص يمكن أن يسبب اختلافات محبذة في درجات الحارة عبر مسافات قصيرة.

ولذلك، وعلى سبيل المثال، يمكن إيجاد مواقع متقاربة ولكن ذات ارتفاعات مختلفة بدرجات الحرارة أثناء ساعات النهار حوالي ٣٥ درجة مئوية (٩٥ فهرنهايت) في الارتفاعات الأعلى و٤٠ درجة مئوية (١٠٤ فهرنهايت) أوأكثر في الارتفاعات الأقل، وبوجود اختلافات في الارتفاعات بما يساوي تقريباً ٦٠٠ متر (١٩٧٠ قدم). هذه الاختلافات بدرجات الحرارة مهمة جداً من وجهة نظر للراحة البشرية ويمكن أن تؤثر أيضاً بشكل كبير على ملائمة تصميم البناء. (Bitan، ١٩٧٤،١٩٨٢).

إن التنوعات الطبوغرافية المحلية يمكن أن تؤثر بشكل كبير على شروط وأوضاع الرياح. وبالتالي فإن المنحدرات المواجهة للرياح للتل تتعرض لسرعات رياح أعلى من المنحدرات المعاكسة للرياح. وبشكل مماثل منحدرات الجبال التي تكون باتجاه الريح يمكن أن تكون أكثر رطوبة وتتعرض لتكاثف أعلى من المنحدرات المعاكسة لرياح.

الرأي السائد هوأن الرياح ليست مهمة أوحتى ليست مرغوبة في المناطق الحارة والجافة حيث إن درجات الحرارة في الخارج هي أعلى من درجة حرارة الجلد وأن الرياح تزيد من ناقلية الحمل الحراري والكسب لحراري للجسم. ولكن من تجربة المؤلف الشخصية أنه حتى بوجود هواء درجة حرارته حوالي ٤٠ درجة مئوية (١٠٤ فهرنهايت) فإن الرياح الخفيفة تقلل فعلياً من الانزعاج عبر تقليل رطوبة الجلد وخاصةً عند بقاء الشخص بالخارج وتعرضه للشمس.

التهوية الجيدة للبناء التي تعتمد على توافر الرياح في المنطقة ضرورية في المنطقة الحارة والجافة في الأمسيات لكل من الراحة النفسية في الداخل ولتحسين معدل التبريد لداخل البناء.

عند التفكير في موقع لبلدة جديدة يبرز بشكل مستمر موضوع هوأين يمكن أن يكون موقع ما ذوإمكانيات اقتصادية مثل التوضعات المعدنية أوموقع ساحلي مناسب

ليكون مرفأ يكون له مناخ حار غير مضياف. تقليدياً أسست المدن قرب هذه المصادر. ولكن من الممكن وضع بلدة مكرسة للتنقيب وذات إمكانيات على ارتفاع أعلى وعلى بعد معين أوعلى منحدر آخر من ذات المجال الجبلي موقع ذومناخ مرغوب أكثر. هذا الموقع يمكن أن يربط مع أماكن العمل بواسطة أنظمة نقل سريعة ومناسبة. مثل هذا الاختيار سوف يؤمن شروط معيشة أكثر راحة للأشخاص المقيمين بالمنزل أوالذين يعملون بمهن التي لاتتطلب قرب جسدي من المصادر الطبيعية ويمكن أن بؤدي لتوفير كبير بالطاقة اللازمة لتوفير الراحة الحرارية.

اعتبارات الكثافة المدنية في المناطق الحارة والجافة:

الكثافة العالية لمنطقة البناء (تغطية الأرض بالأبنية) في المناخ الحار والجاف له تأثيرات سلبية وإيجابية على الراحة البشرية في الخارج وعلى المناخ في الداخل للبناء.

وبسبب زيادة ارتفاعات الأبنية فإن الكثافة المدنية تعني مساحات مفتوحة أقل بين وحول الأبنية. إن تأثير تقليل المسافات في المناطق الحارة والجافة يعتمد لحد كبير على اتجاه الجدران موضوع البحث.

عندما تقل المسافة بين الأبنية على طول المحور شرق- غرب فإن التظليل المتبادل للجدران الشرقية - الغربية لبناء ما عبر جيرانه يرتفع. وطالما يمكن تحقيق تهوية طبيعية للبناء ما بدون فتحات في الجدران الشرقية أوالغربية أوإذا كانت التهوية عبر الفتحات في هذه الجدران لم تتأثر بشكل كبير بالمسافة الصغيرة فإن التأثير على المناخ في الداخل يمكن أن يكون مفيد بسبب أن التأثير على الجدران في الصيف قد خف.

بوجود التصميم المناسب لوحدات المعيشة المنفصلة يمكن أن تتم تهوية حتى عندما تتوافر الفتحات فقط على الجدران الشمالية والجنوبية. في هذه الحالة المسافة بين الأبنية على طول المحور شرق - غرب يمكن إلغاؤها بالكامل. هذه يخلق «المنازل الصفية» أو«المنازل البلدية» بدل من المنازل الفردية المنفصلة.

وبالتالي عندما يكون الاتجاه الرئيس لواجهات الأبنية الطويلة للشمال والجنوب يصبح من الممكن زيادة كثافة المنطقة المبنية عبر تقليل المسافة الجانبية بين الأبنية المتجاورة بدون التسبب بتدهور في النوعية الحرارية للبيئة المدنية.

إن تأثير المسافة بين الأبنية على طول المحور شمال - جنوب مختلف تماماً. حيث في الشتاء يمكن أن يقلل من إمكانيات استغلال الطاقة الشمسية للتدفئة الأمر الذي يكون له إمكانيات كبيرة في المناطق الحارة والجافة بسبب الارتفاع المنخفض للشمس بالسماء. الإشعاع الشمسي على الجدار الجنوبي (في نصف الكرة الشمالي) في بناء ما يمكن حجبه من قبل بناء آخر أمامه. العلاقات الهندسية بين ارتفاعات الأبنية ومسافاتها وشكلها من حيث تأثيرها على «الدخول الشمسي» للبناء مناقشة بالتفصيل في Knowles ١٩٨١.

الأرض المدنية الغير معالجة في المنطقة الحارة والجافة غالباً ما تكون مصدر للغبار بينما الأرض المغطاة بالنباتات تساعد على فلترة الغبار من الهواء. قلة المطر في المناطق الحارة والجافة والكلفة العالية للمياه «المجلوبة» تحد من إمكانية المدن لتخطيط الأرض المفتوحة.

في البلدان النامية لايتحمل معظم السكان مصاريف زراعة وصيانة المناطق المفتوحة بين الأبنية . ولذلك فإن سياسة التصميم العمراني المناسبة في المناطق الحارة والجافة ستكون بالحد من المسافات بين الأبنية (عقبات بسبب القوانين) لأحجام يتوقع تخطيطها عبر الأفراد .هذا الاعتبار يقود لكثافة مدنية أعلى من الأنواع الأخرى من المناخ مثل المناخ الحار والرطب.

الكثافة ودرجة حرارة هواء المدينة في المناطق الحارة والجافة:

إن تعديلات درجات الحرارة بسبب المدينة يعبر عنها بشكل رئيسي بظاهرة «الجزيرة الحرارية» وخاصة خلال الليالي الهادئة والصافية عندما تكون درجة حرارة الهواء في المدينة عادةً أعلى من درجة الحرارة في الأراضي المحيطة المفتوحة.

وفيما يتعلق بحالة النهار فإن الاعتقاد السائد أن درجة الحرارة المدنية أعلى من المناطق الريفية بسبب قلة الخضرة والحرارة الزائدة المتولدة في البلدة وعلى الرغم من أن الفروقات الملاحظة أصغر في الليل. أثناء ساعات النهار فإن جزء من الإشعاع الشمسي الداخل يمتص من قبل كتلة الأبنية وجزء من قبل جدران الطوابق العالية البعيدة فوق مستوى الطريق. هذه العوامل يمكن أن تقلل من درجات حرارة النهار على مستوى الشارع حيث يتم قياس «درجات حرارة المدينة» على الرغم من أنها يمكن أن تكون بمعدلها أعلى من البلدة.

من الممكن الاستدلال من الاعتبارات النظرية وأيضاً من القياسات الفعلية في وحول الأبنية أنه في المناطق الحارة والجافة ربما من الممكن تخطيط المدن بطريقة تكون فيها درجة حرارة الجوالمحيط في النهار أقل من النواحي المحيطة. المنطلق الرئيس للتخطيط الذي والذي يمكن عن طريقه تبدوهذه التعديلات بدرجة حرارة المدينة ممكنة هوالجمع بين الكثافة المدنية وارتفاعات الأبنية ومعدل الانعكاس للعناصر المبنية في المدينة والتي سوف تقلل بشكل كبير الإشعاع الشمسي الممتص في النسيج المدني. إن معدل الانعكاس المدني يعتمد على لون الأسقف والجدران والطرقات ومناطق توقف السيارات الخ. الجزء من الأرض المغطى بالنباتات يؤثر على درجة الحرارة المدنية ولكن هذا التأثير لايعود إلى انعكاس النبات. حيث إن الامتصاص الشمسي من قبل الأوراق عالي جداً.

الانعكاس المدني هوالعامل الرئيس المحدد لكمية الإشعاع الشمسي الممتص في المنطقة المدنية ولون عناصر البناء المدنية وخاصةً أسقف الأبنية يمكن التحكم به عبر التصميم العمراني . ولأن الأسقف تشكل جزء كبير من المنطقة المدنية في البلدة الكثيفة البناء فإن توازن الإشعاع في مثل هذه الحالة يمكن التحكم به وبالتالي يمكن أن يكون له تأثير كبير على درجة حرارة الهواء في المناطق الجافة والحارة.

» تغطية الأراضي العالية بالأبنية» يعني أن قسم كبير من تبادل الإشعاع سيحصل على سطوع السقف وليس على مستوى الأرض والجدران. وعبر التأكيد

على أن كل الأسقف مطلية باللون الأبيض - عبر الإصلاحات السنوية على سبيل المثال - يصبح من الممكن تحقيق توازن للإشعاع السلبي : إن خسارة الإشعاع ذوالموجة الطويلة يمكن أن يزيد بشكل كبير الإشعاع الشمسي الممتص حتى في اليوم الصافي من أيام منتصف الصيف. تحت هذه الشروط يكون معدل درجات الحرارة لأسطح الشقف سيكون أقل من معدل درجة حرارة الهواء المحلي. وبما أن الهواء البارد هوأثقل من الهواء الساخن فإنه سوف يهبط إلى شوارع المدينة إذا تم تقديم تفاصيل اللأسقف المناسبة . إذا كانت المدينة كبيرة بالشكل الكافي ومبنية بالكثافة الكافية من الممكن الاعتقاد أن سيكون من الممكن تحقيق درجة حرارة في النهار على مستوى الشارع أخفض بكثير جداً في «المدينة التي يمكن التحكم بها» من المناطق القاحلة المحيطة بها.

الأبنية الكثيفة تبطئ معدل التبريد الليلي للمدن قرب الأرض. ولكن إذا كان التبريد الليلي المشع على مستوى السقف يمكن استغلاله أواستخدامه «لتصريف» أوسحب الهواء البارد باتجاه الأسفل فإن معدل التبريد قرب الأرض سوف يسرع. إن تفاصيل تصميم الأبنية المحددة يمكن إما أن تساعد وتسرع أوتعيق تصريف وسحب الهواء المبرد من قمم الأسقف لمستوى الأرض حيث يمكن استخدامها واستغلالها لتخفيض «درجة الحرارة المدنية».

في المناطق المفتوحة بين الأبنية على الأراضي العامة والخاصة يجب تشجيع زرع الأشجار بالقدر الذي يسمح به توافر المياه أوالإمكانيات الاقتصادية.الإشعاع الشمسي الممتص من قبل الأوراق النباتات يزيد من معدل التبخر بدلاً من زيادة درجة الحرارة. الرطوبة المرتفعة الناتجة في المناطق القاحلة يمكن تحبيذه من منظور الراحة البشرية . وبالتالي فإن التغطية الكبيرة لسطح الأرض بمزيج من الأسقف البيضاء والأشجار يمكن أن يسبب تخفيض كبير لدرجات الحرارة المدنية في المناطق الحارة والجافة.

الكثافة وإمكانيات التهوية في المناطق الحارة والجافة:

المناطق الحارة والجافة عادةً ما تمتاز برياح قوية أثناء النهار والتي عادةً ما تسكن في الأمسيات. وأيضاً أثناء ساعات النهار لايكون من المحبذ تهوية الأبنية بينما تكون ضرورية في المساء للحصول على الراحة. ولذلك فإن الاهتمام الرئيس المتعلق بالكثافة المدنية وتصميم البناء في المناطق الحارة والجافة يكون بكيفية تأمين إمكانية تهوية الأبنية في المساء والليل.

في الأحياء العالية الكثافة حيث الأشجار ضيقة والمساقﷺفات بين الأبنية صغيرة وتكون الأبنية تقريباً بذات الارتفاع يكون هناك هبوط حاد بسرعة الرياح تحت مستوى الأسقف. تحت الأسقف تكون الرياح خفيفة جداً بينما تكون فوق مستوى الأسقف أقوى بكثير. وتحت هذه الظروف يكون من الصعب جداً تأمين تهوية جيدة للداخل وخاصةً عندما تكون سرعة الرياح المحلية خفيفة جداً. هذه النقطة ذات أهمية خاصة للغرف التي ينام فيها السكان.

لدرجة أن ذات العائلة التي تحتل كامل «الجزء» العامودي من البناء من الأرض للسقف يصبح بإمكانها تحسين إمكانيات التهوية عبر تفاصيل تصميم البناء الخاصة. إذا توضعت غرف النوم على الطابق العلوي وإذا كان هذا الطابق يغطي جزء أصغر من الطابق السفلي ومحاط «بشرفات سقفية» مفتوحة وبالتالي يكون مكشوفاً بشكل أكبر فإن إمكانيات التهوية في غرف النوم سوف تتحسن. الهواء الداخل في الطابق العلوي يمكن أيضاً أن يتفق باتجاه الأسفل ويقوم بتهوية الطوابق السفلية.

عندما تحتل ذات العائلة كامل القسم العمودي من البناء يصبح بإمكانها أيضاً أن تستفيد من «مستقبلات الرياح» لاستقطاب الريح التي تهب فوق مستوى الأسقف وتوجيهها للأسفل . مثل هذه الأدوات يمكن أن تكون جزء حيوي من التصميم العملي للبناء مثل بئر السلم الذي يقود للسقف (المسطح) وللطابق الأغلى الممتد فقط فوق جزء من السقف. الجزء المفتوح من السقف يمكن استخدامه كمكان خاص مفتوح.

بوجود مثل تصميم البناء هذا يمكن أن تصبح كثافة تغطية الأرض على مستوى الطابق الأرضي عالية بشكل واضح بدون أن تؤثر بشكل جدي على إمكانية التهوية الطبيعية وبخاصةً بالنسبة لغرف النوم. ومن ناحية أخرى يجب ملاحظة أن الكثافة الزائدة للمنطقة المبنية يمكن أن تقود لتهوية غير مرضية وتسبب ضغط حراري شديد.

في الأحياء ذات الأبنية الشققية العالية والتي تكون أعلى من كامل الكثافات المدنية (كامل معدل المساحة الأرضية) يمكن المحافظة عليها ضمن إمكانيات تهوية طبيعية مناسبة. المسافات المعقولة بين كتل الأبنية يجب تأمينها بشرط أن لاتشكل الأبنية «جدران» معاكسة لاتجاه الريح. عندئذ يمكن للريح أن «تتسلل» بين الأبنية بحيث تتوافر إمكانية التهوية الطبيعية . لدرجة أن إمكانية حصول الشقة المنفردة بشكل فعلي على تهوية كافية تعتمد على تفاصيل تصميمها.

العقبات والمسافات بين الأبنية:

بوجود حجم وارتفاع محدد للأبنية فإن المسافة بين الأبنية تحدد الكثافة الكلية للمنطقة المدنية المبنية وجزء من تغطية الأرض بالأبنية. في الحي المخطط تكون المسافة بين الأبنية غالباً محكومة بعقبات القوانين والأنظمة. مثل هذه الأنظمة تكون أدوات العواقب المؤذية للضغط الاقتصادي لزيادة الكثافة المدنية بعد حدود معينة. ومن منظور المناخ فإن المسافة بين الأبنية تؤثر على تعرض الجدران للشمس والرياح . التأثير الفعلي يعتمد على اتجاه المسافة بين الأبنية. ولكن الأنظمة المعرقلة غالباً لاتأخذ بعين الاعتبار اتجاه الأبنية.

الأنظمة المعرقلة في المناطق الحارة والجافة يجب أن تأخذ بعين الاعتبار إمكانية تقليل التسخين الشمسي للأبنية وتظليل ممرات المشاة بين الأبنية بينما بذات الوقت تؤمن إمكانية التهوية الطبيعية. من هذه المنطلقات هناك أهمية خاصة في المناطق الحارة والجافة للمسافة بين الأبنية بالاتجاه شرق - غرب.

حول خطوط العرض ٢٠-٣٠ درجة (شمال للجنوب) حيث تتواجد معظم المناطق القاحلة المسافة الصغيرة بين الأبنية في الاتجاه شرق - غرب حسب ارتفاعها يمكن أن تكون مفيدة جداً بتقديم تظليل متبادل للجدران. وبافتراض ارتفاع نمطي للأبنية السكنية المدنية (مثال: الشقق الطابقية بارتفاع ٤ طوابق) حوالي ١٢م (٣٩ قدم) سوف تعطي مسافة ٤م (١٣ قدم) بين الأبنية معدل ١/٣ من نسبة الارتفاع للمسافة. وهذا يعني أن ارتفاع الشمس يجب أن يكون أكثر من ٧٠ درجة قبل أن تتعرض الأرض بين الأبنية لها. أي بين حوالي الساعة ١١ صباحاً و١ من بعد الظهر.

من منظور إمكانية التهوية من ناحية أخرى، حتى المسافة الضيقة حوالي ٢م (٧ قدم) تؤمن استغلال الرياح التي تهب عبر الفتحة بين الأبنية . وبالتالي تكون هنالك في المناطق الحارة والجافة فائدة لتقليل المسافة بين الأبنية في الاتجاه شرق - غرب لتصل لحوالي ٥/١ لخمس ارتفاعها بالحد الأدنى المحدد من قبل الاعتبارات العملية واستخدام الأرض. منطقة الأرض المظللة وجدران الأبنية سوف تستفيد من الظل الطبيعي للجدران.

هذا الوضع يختلف بشكل واضح من حيث المسافة بين الأبنية في الاتجاه شمال-جنوب وتحديدا من منظور الاستغلال الشمسي للتدفئة بالشتاء. وبسبب الارتفاع الأخفض للشمس في الشتاء فتوجد هناك حاجة لمسافات أكبر بين الأبنية لمنع التظليل المتبادل. المسافة الفعلية تعتمد على الارتفاع ولكن بشكل عام سوف تكون هناك حاجة لمسافة ١,٥ - ٢ ضعف ارتفاع الأبنية لتأمين الدخول الشمسي بالشتاء.

تأثير توضع ومخطط الشوارع على التهوية المدنية:

في المناطق الحارة والجافة يكون الهم الرئيس من حيث التهوية هوتأمين إمكانية تهوية الأبنية أثناء الأمسيات. لدرجة أن مثل هذه التهوية يمكن تأمينها عبر تصميم الأبنية بحد ذاتها (مثال: عبر استخدام نوع من مستقبلات الرياح) تكون تهوية الشوارع بالدرجة الثانية من الأهمية على الرغم من أن الرياح الخفيفة مطلوبة في

الشوارع والأماكن المفتوحة لتخفيف أثر التسخين الشمسي. وبالواقع فإنه أثناء ساعات النهار الحارة تكون الرياح القوية غير محبذة حيث إنها تزيد من توليد الغبار. هذه المشكلة أكثر انتشاراً في العديد من البلدان النامية حيث يمكن أن تكون العديد من الطرقات غير معبدة أومرصوفة.

إن اتجاه الشوارع يؤثر على المناخ المدني بعدة طرق:

- شروط الرياح في المنطقة المدنية ككل
- الشمس والظل في الشوارع والأرصفة
- تعرض الأبنية الشمسي على طول الشارع
- إمكانية تهوية الأبنية على طول الشارع

عرض الشوارع يحدد المسافة بين الأبنية على جانبي الطريق مع وقع شديد على الاستفادة الشمسية وإمكانية التهوية .في المناخ الحار والجاف تكون الأهداف الرئيسة المرتبطة بمخطط الشوارع هي تأمين كمية الظل الأعظمية في الصيف للمشاة والتعرض الشمسي بالحد الأدنى للأبنية على طول الشارع.

إن موضوع التهوية المدنية من حيث علاقته مع توضع الشوارع في المناخ الحار والجاف ثانوي لأنه أثناء ساعات النهار لاتكون هناك حاجة لسرعة هواء عالية في الخارج وليست مطلوبة بالداخل. يمكن للأناس أن يكونوا مرتاحين بالخارج أثناء ساعات المساء حتى بوجود رياح خفيفة حيث إن درجات الحارة في الداخل تكون أقل. الشوارع الضيقة تؤمن تظليل أفضل للمشاة بواسطة الأبنية على الأرصفة أفضل من الشوارع العريضة. ولكن يمكن تأمين الظل للأرصفة حتى في الشوارع العريضة عبر تفاصيل خاصة للأبنية أوبواسطة الأشجار.

الاتجاه شمال - جنوب لشارع ما يمكن أن ينتج عنه اتجاه شرق-غرب للأبنية الموجودة على طول والموازية للشارع الأمر الذي سوف يسبب تعرض شمسي محبذ

لهذه الأبنية . من منظور التعرض الشمسي اتجاه الشوارع شرق - غرب محبب. ولكن من ناحية أخرى في المناطق المحملة بالغبار التي تكون معتادة ومنتشرة في المناطق الحارة والجافة فإن الشوارع العريضة الموازية لاتجاه الريح يمكن أن تثير مشكلة الغبار في البلدة ككل. وبما أن اتجاه الرياح في العديد من المناطق الحارة والجافة يكون من الغرب فيكون هناك تعارض الاعتبارات الشمسية والاعتبارات المتعلقة بالغبار من ناحية اتجاه الشوارع. هذا التعارض يمكن أن يحل عن طريق وسائل التصميم الذي يهدف مستوى لقمع الغبار المدني في كامل المدينة وهوموضوع سيتم مناقشته لاحقاً.

اتجاه الشوارع والظل فوق الأرصفة:

في المنطقة الحارة والجافة يكون توافر الظل في الشوارع في فصل الصيف هوأحد وسائل التصميم لتقليل ضغط الحرارة على الأشخاص الذين يسيرون بالشوارع . الاتجاهات المختلفة للشوارع سوف ينتج عنها أنماط مختلفة سنوية ويومية مختلفة بالشوارع وعلى طول الأرصفة . هذه الأنماط تعتمد على ارتفاع المدينة موضوع البحث مع العلم أن معظم المناطق الحارة والجافة تكون حول الدرجة ٣٠ شمالاً وجنوباً على خطوط العرض.

قارن Knowles (١٩٨١) أنماط الظل في الشارع في مختلف اتجاهات الشوارع واستنتج أن الشوارع التي تمتد باتجاه شمال - جنوب تتمتع بتظليل أفضل في الصيف وشروط إضاءة أفضل في الشتاء من تلك ذات الامتداد شرق - غرب. الشوارع المتصالبة وباتجاه زاوية منحرفة : شمال شرق - جنوب غرب وشمال غرب - جنوب شرق وجد أنها نمط مفضل ومحبذ من منطلق التعرض الشمسي. حيث إنها تؤمن مزيد من التظليل في الصيف والمزيد من التعرض للشمس بالشتاء.

اتجاه الشارع وإمكانية الاستفادة من الطاقة الشمسية:

في المناطق الحارة والجافة هناك إمكانية كبيرة للتسخين الشمسي للأبنية بالشتاء ولتسخين المياه على مدار العام. اتجاه الشوارع يمكن أن يؤثر بشكل كبير على إمكانية تحقيق هذه الأهداف. إن اتجاه الشوارع المتعلقة بالشمال تحدد شروط التظليل والسطوع الشمسي على واجهة الأبنية الموازية للشارع وعلى الأرصفة التي تحدد الشوارع . وهذا يؤثر على درجات الحرارة والشروط ضمن الأبنية وأيضاً على إمكانية حماية المشاة على الأرصفة من الشمس في الصيف أوعلى تأمين السطوع الشمسي في الشوارع في الشتاء.

اتجاه الشوارع يحدد أيضاً (على الواقع) اتجاه الكتل المنفردة التي تقسم إليها المنطقة. وبالتالي فإنها تؤثر بشكل كبير على اتجاه الأبنية. وبهذه الطريقة يكون لاتجاه الشوارع وقع كبير على إمكانيات الأبنية المنفردة على استغلال الطاقة الشمسية لتدفئة المكان شتاءً. ولدرجة ما تؤثر أيضاً على تسخين المياه المحلية على مدار العام .

وبشكل عام فإن الشوارع التي تمتد باتجاه معين تروج لاتجاه الأبنية الموازية للشوارع. هذا يعني أن الواجهات الرئيسة للأبنية على طول الشارع الممتد من الشرق للغرب تواجه الشمال والجنوب. وهذا بالطبع يساعد على تأمين الاستفادة الشمسية. ولذلك فإن أبسط مقاربة لتنشيط الاستفادة الشمسية في الأبنية عبر التصميم العمراني هوزيادة اتجاه الشوارع باتجاه شرق- غرب.

ولكن وجود مثل هذا الاتجاه للشوارع في الارتفاعات المتوسطة وبوجود الإسكان الصفي المستمر فإن جزء لابأس به من المساحة بين الأبنية يمكن ن تكون في منطقة ظل دائم. إن وجود انحراف بواجهة البناء باتجاه الشرق يمكن أن يقلل بشكل بسيط الإشعاع الشمسي على الواجهة ولكن شمس ما بعد الظهيرة يمكن أن تخترق المساحة بين الأبنية متجنبة الأماكن الباردة والرطبة في منطقة الظل الدائم أثناء أشهر الشتاء.

في حالة الشوارع الممتدة ممن الشمال للجنوب قد يكون من المنصوح به في المناطق الحارة والجافة أن يتم تشجيع التقسيم الجزئي إلى كتل أرضية ضيقة وعميقة . هذا النمط سوف يمكن من وضع أبنية طويلة ومتعامدة مع الشوارع وتواجه الشمال والجنوب. أنظمة التخطيط يجب أن تسمح أوحتى تشجع هذا النوع من البناء.

التفاصيل الخاصة بالأبنية التي تؤثر على الشروط الخارجية:

حماية المشاة من الشمس على الأرصفة محبذة جداً في المناطق الحارة والجافة ويمكن تقديمها عبر الأبنية ذات الأسقف المتدلية أوصفوف من الأعمدة والتي تكون بها الطوابق السفلية متراجعة عن حافة الطريق مع الطوابق العليا بارزة للأمام ومدعمة بواسطة الأعمدة (ا، وسائل أخرى).

إن لون جدران البناء يؤثر ليس فقط على حالة المناخ الداخلي ولكن أيضاً على الإضاءة والوهج بالشوارع. ومن هذا المنظور في العديد من الحالات يمكن أن يتواجد تناقض متطلبات المناخ المريح بالداخل وتلك الضرورية لتقليل الوهج بالشوارع . في المناخ الحار والجاف سيقوم اللون الأبيض للجدران بتقليل الحمل الحراري بالداخل ولكن سوف يزيد من الوهج بالخارج. هذه المتطلبات المتناقضة يمكن غالباً حلها عبر الكواسر الأفقية التي تبرز من الجدران والتي ليس فقط تحمي النوافذ من الإشعاع الشمسي ولكنها تمتد على كامل طول الجدار. مثل هذه الكواسر تلقي بالظل على الأقسام التي تليها من الجدار وتحجب أيضاً من وجهة نظر المشاة جزء من القسم المضاء بالشمس فوقهم. وبهذه الطريقة يمكنها أن تخفض بشكل كبير الوهج بالنسبة للمشاة.

في المناطق الحارة والجافة تكون حماية المشاة من الشمس تكون أكثر أهمية بكثير من حمايتهم من المطر. والكواسر المبنية والأعمدة تؤمن بالطبع حماية من كل من الشمس والمطر.، ومساهمتهم لراحة المشاة كافية لتبرير وجودهم وتسميتهم كعوامل للتحكم المناخي.

عند التخطيط للتظليل باستخدام الأشجار فإن تفاصيل تصميم الأرصفة يجب أن تأخذ بحسبانها الحاجة لري لأشجار وحمايتها (عبر تسويرها مثلاً).

تقليل الغبار عبر تخطيط البلدة:

العواصف الغبارية في المناطق الصحراوية تكون من نوعين:

١- عواصف محلية والتي يمتد فيها الغبار لارتفاعات عالية (مئات الأمتار) وتغطي مساحات كبيرة جداً (مئات أوآلاف الكيلومترات) مثل عواصف الغبار هذه تحدث من وقت لآخر ولكنها ليست ظاهرة يومية

٢- «موجات» الغبار المحلية والتي تنشأ في المنطقة المحلية وتمتد بالارتفاع لعدة أمتار وبالمسافة لعدة مئات من الأمتار. مثل هذه «العواصف» هي ظاهرة يومية في العديد من الأماكن.

لايمكن عمل أي شيء على مستوى الحي لإيقاف أوحتى التقليل من وقع عواصف الغبار المحلية بالخارج على الرغم من أنه من الممكن التقليل من اختراق الغبار للداخل. ومن ناحية أخرى يمكن عمل الكثير في تخطيط الأحياء للتقليل حدوث والتقليل من وقع موجات الغبار المحلية والمتكررة الحدوث بشكل أكبر. الحقائق الرئيسة التي تؤثر على تكرار وقوة ومجال عواصف الغبار المحلية هي الغطاء الأرضي وسرعة الرياح قرب مستوى الأرض. كل من هذه العوامل يمكن أن تتأثر بملامح تصميم الحي .

بينما يمكن في المناطق الرطبة أن تعد المناطق المفتوحة والممتدة كالمناطق المغطاة بالخضرة الطبيعية ولكن الوضع مختف في المناطق الحارة والجافة وخاصةً ضمن المنطقة العمرانية. وبغياب الري فإن التربة تكون عملياً مكشوفة وتشكل مصدراً للغبار. إن المواطن الفرد والمجالس البلدية في العديد من المدن وخاصةً في البلدان النامية لايمكنهم تخطيط الأماكن المفتوحة الخاصة والتي تقع بين الأبنية أوحتى

الأماكن العامة الكبيرة والمفتوحة. ولذلك وكسياسة تخطيط فإن كثافة المنطقة المبنية (غطاء الأرض) يجب أن تتجنب المناطق الغير مبنية والتي لايستطيع المواطن الفرد والمجالس البلدية المحافظة عليها فعلياً كمناطق مخططة.

إن معالجة وصيانة غطاء الأرض يجب أن يحلل بشكل منفصل لمناطق الملكية الخاصة والمناطق العامة. ولكن أي أرض جرداء الغير مزروعة أومروية أومرصوفة يمكن أن تشكل مصدر لعواصف الغبار المحلية . لدرجة أن مثل هذه الأراضي الجرداء، ولهذا السبب، لايجب أن نتجاهلها عند تخطيط المساحة الخارجية على نطاق إما الأحياء أوالأرصفة. ومن منطلق حقيقة أن الماء نادر وقليل ومكلف في معظم المناطق القاحلة فإن أحجام قطع الأرض يجب أن تكون بشكل يمكن المالكين من زراعتها وحراثتها بسهولة أوأن يعتنوا بها بطرق أخرى لكامل المنطقة التابعة لهم. وهذا يستدعي في حالة المنازل المنفردة وجود قطعة صغيرة من الأرض للإسكان المنخفض الكلفة والذي يكون كافياً لحدائق صغيرة ويمكن المحافظة عليها بحالة جيدة بشكل فعال من قبل السكان. وكاستثناء من وجهة النظر هذه في حالة الأناس المترفين الذين يستطيعون تحمل المصاريف المرتبطة بالمحافظة على حدائق كبيرة والعناية بها.

وعند تطوير الأحياء الجديدة في مناطق الصحراء يجب الانتباه بشكل خاص لمعالجة الحدود التي تكون في مواجهة الرياح. يجب المحافظة على الأرض بشروطها الطبيعية قدر الإمكان بحيث يحد الغطاء الأرضي الطبيعي من نباتات الصحراء من تولد الغبار.

١١

البناء والتصاميم المدنية للمناطق الحارة والرطبة

مقدمة:

يتعامل هذا الفصل مع الأهداف والمبادئ في المناطق الحارة والرطبة في مقاييس كل من البناء والمدنية. من منطلقي الراحة البشرية والحفاظ على الطاقة.

المناطق الحارة والرطبة متميزة من منظور تصميم البناء والمدينة عبر النقاط التالية:

- المناخ في الصيف غير مريح والأصعب في التعديل أوالتحسين بواسطة التصميم .
- الأناس الذين يعيشون في العديد من المناطق الحارة الرطبة معظمهم فقراء.
- الأبحاث التي تم إجراؤها على المواءمة المناخية للتصميم المدني والأبنية لهذا المناخ كانت أقل منهجية بالمقارنة مع الأبحاث التي تمت على المناخات الأخرى.
- بعض المناطق الحارة والرطبة عرضة لعواصف قوية ومدمرة (الأعاصير والأعاصير الاستوائية) والفيضانات.
- والواقع أن معظم البلدان التي تقع في المناطق الحارة والرطبة هي بلدان نامية له تأثير كبير على عملية بعض المفاهيم «الحديثة» لتصميم الأبنية والتصميم المدني من منظور المناخ. حيث إن الأغلبية الساحقة من الناس ليس بمقدورها شراء أجهزة التكييف. وبالتالي فإن الضغط الحراري (وتأثيره على الصحة والإنتاجية) يجب أن

يقلل مبدئياً بواسطة التصاميم المدنية وتفاصيل تصاميم الأبنية المناسبة والتي لاتستلزم كلفة عالية. يعلق لاندسبرغ (١٩٨٤) أنه حوالي ٤٠٪ من سكان العالم يعيشون في المناطق الاستوائية ومن المتوقع أن يزيد هذا الجزء لحوالي ٥٠٪ بنهاية القرن. وأرقام السكان هذه تشير لأهمية تحسين شروط الراحة في المناطق الحارة والرطبة عبر تواؤم الأبنية والمن بشكل أعم للمناخ .

العديد من المناطق الحارة والرطبة وخاصةً القسم الشرقي من القارات تكون عرضةً أيضاً للعواصف الاستوائية : الأعاصير في الجزر الكاريبية والولايات الأمريكية الجنوبية والأعاصير الاستوائية في جنوب شرق آسيا شمال شرق أستراليا. هذه الحقائق تدعولأنظمة بناء قوية وثابتة وغالباً ما تكون معتمدة على الأسمنت المقوى مما يعطي أبنية ذات كتلة كبيرة. وهذا على ما يبدويتعارض مع الأبنية ذات الكتلة المنخفضة التي تعتبر تقليدياً طراز البناء الأكثر ملائمة للمناطق الحارة والرطبة. وسوف يتم شرح الحلول الهيكلية الجديدة في الأبنية ذات الكتلة المنخفضة والتي تجمع كل من السلامة أثناء العواصف والأداء الحراري في فقرة الاعتبارات الهيكلية المتعلقة بالأعاصير.

المواصفات المناخية للمناطق الحارة والرطبة المتعلقة بتصميم الأبنية والتصميم المدني:

كل المناطق ذات فصول الصيف الحارة والرطبة لها خواص ومواصفات مشتركة. ولذلك، يمكن تقسيمها لعدة أنواع مناخية. التقسيم يمكن أن يكون ذا معنى من مفهوم التصميم هوبين ،من ناحية ، المناطق الاستوائية والمناطق الاستوائية والمناطق المدارية البحرية والتي تكون دافئة على مدار العام و، من ناحية أخرى، المناطق ذات فصول الصيف الحارة والرطبة ولكن تتمتع بفصول شتاء باردة ولطيفة. المناطق الاستوائية والمناطق المدارية البحرية لديها درجات حرارة ، و رطوبة وهطولات مطرية متشابهة ولكنها مختلفة برياحها وهذا العامل وهذه الحقيقة لها وقعها وتأثيرها على تصميم الأبنية.

المناخ الاستوائي يبدي «شريط» طويل من درجات الحرارة التي تصل حتى ١٥ درجة مئوية على طرفي خط الاستواء: في جنوب شرق آسيا، وشمال شرق أستراليا ، ميكرونيزيا (شرق الفيليبين) ، أفريقيا ووسط وجنوب أمريكا. المناخ الاستوائي البحري يتوضع على الحدود الشرقية لأفريقيا الجنوبية وأمريكا الجنوبية . المناطق ذات فصول الصيف الحارة والرطبة ولكن تتمتع بفصول شتاء باردة ولطيفة تتواجد ، على سبيل المثال، في جنوب شرق الصين وفي جنوب شرق الولايات المتحدة على طول خليج المكسيك (فلوريدا، جورجيا، آلاباما، لويزيانا، وتكساس) وحتى في العديد من المناطق الشمالية في نصف الكرة الأرضية الشمالي مثل تنيسي وكارولاينا وفيرجينيا في الولايات المتحدة الأمريكية وفي شرق الصين وفي منتصف وجنوب اليابان والتي تكون باردة في الشتاء وحارة ورطبة بشدة في الصيف.

الملامح المناخية الأساسية التي تصف المناطق الاستوائية والمناطق الاستوائية البحرية مرتبطة نسبياً مع المعدل السنوي للحرارة والرطوبة. بينما الفوارق اليومية كبيرة واضحة فإن المعدل الشهري يكاد يكون ثابت. المعدل السنوي للحرارة حوالي ٢٧ درجة مئوية (٨٠ فهرنهايت) ومجال المعدل الشهري حوالي ١-٣ درجة مئوية (٢-٥ فهرنهايت). التراوح الحراري اليومي من ناحية أخرى هوحوالي ٨ درجات (١٥ فهرنهايت) . ومعدل درجات الحرارة الأعظمي حوالي ٣٠ درجة مئوية (٨٦ فهرنهايت) ولكن في الأيام الصافية يمكن أن يصل لحوالي ٣٨ درجة مئوية (١٠٠ فهرنهايت).

نسبة الرطوبة وهطول الأمطار تكون عالية على مدار العام . وتكون نسبة الرطوبة بالتحديد حوالي ٢٠غ/كغ (كمية بخار الماء في وحدة واحدة من كتلة الهواء الجاف) وتصعد في بعض الأحيان لتصل لحوالي ٢٥غ/كغ (٠٢.٠ - ٠٢٥.٠ ليبرة/ليبرة) مع رطوبة نسبية تصل غالباً لفوق ٩٠٪.

شروط الرياح تعتمد على بعد المسافة عن البحر ويمكن أن تتراوح وتتغير أثناء السنة وبالاعتماد على التغيرات السنوية لحزام الرياح التجارية شمالاً أوجنوباً. في

المناطق الساحلية فإن نمط التسخين والتبريد المستمر لمناطق البحر واليابسة يخلق نسيم بحري منتظم مما يؤمن حركة هوائية منتظمة ويمكن ويلطف الضيق الحراري وبشكل رئيسي أثناء ساعات بعد الظهر. وغالباً ما تكون الليالي خالية من الرياح. في المناطق الداخلية فإن الرياح الساكنة متكررة حتى أثناء النهار مما يركز ويزيد من الضيق الحراري الذي يسببه الجمع بين درجات الحرارة العالية والرطوبة.

المناطق المدارية البحرية تتمتع بشكل منتظم أكثر بالرياح التجارية التي تهب من ناحية الغرب وتتقارب باتجاه خط الاستواء. والمسار الذي تتخذه الرياح التجارية يتحرك شمالاً وجنوباً مع التغيير السنوي لميلان الشمس.

المناطق الحارة والرطبة تتعرض لأعاصير متكررة والأعاصير استوائية التي تتواجد في جزر الكاريبي ، الولايات المتحدة الجنوبية الشرقية ، وفي جنوب شرق الصين واليابان وجزر الفليبين وشمال شرق أستراليا.

إن اجتماع الرطوبة العالية والحرارة بالإضافة لتأثيرها على الراحة البشرية تزيد نموالعفن والفطور ، صدأ المعادن وتعفن الخشب والمواد العضوية الأخرى. ويمكن أن تتآكل مواد البناء بشكل سريع ويزداد تواجد الحشرات المختلفة والذباب والبعوض.

وكمثال على المناخ الحار والرطب يعطي Nieuwolt (١٩٨٤) معلومات مناخية عن سينغافورة: إن أنماط الحرارة اليومية تعتمد بشكل رئيسي على شروط الغيوم. في الأيام الصافية يمكن أن يصل مجال تراوح الحرارة اليومي إلى حوالي ٨ درجات مئوية (٤.١٤ فهرنهايت) مع درجات حرارة أعظمية أومتدنية حوالي ٢٤ و٣٢ درجة مئوية (٢.٧٥ و٦.٨٩ فهرنهايت) عل التتابع. في الأيام الغائمة يكون المجال فقط حوالي ٤ درجات مئوية (٢.٧ فهرنهايت) مع درجات أعظمية ومنخفضة حوالي ٢٣ و٢٧ درجة مئوية (٧٣ و٨٠ فهرنهايت) على التتابع. ومن ناحية أخرى تكون المعدلات الشهرية للموارد المستمرة تقريباً ثابتة على مدار العام مشيرةً لغياب أي تغييرات أوتباينات موسمية.

من وجهة نظر التصميم المدني وتصميم الأبنية فإن الشروط المناخية الاعتيادية لايمكن استخدامها بدون مرجع مباشر للتغييرات اليومية في المناخ. وبالتالي وعلى سبيل المثال فإن معدل كثافة الإشعاع الشمسي تكون أقل في المناطق الاستوائية منها في بعض المناخات الأخرى ومعدل الحرارة الأعظمية لايتجاوز حوالي ٣٠ درجة مئوية (٨٦ فهرنهايت) ولكن في الأيام الصحوة يمكن أن تكون قوة الإشعاع الشمسي أكبر ويمكن أن تصل درجات الحرارة حوالي ٣٨ درجة مئوية (١٠٠ فهرنهايت) متصاحبة مع رطوبة عالية جداً. وعلى أي حال في معظم الأحيان تكون السماء غائمة جزئياً ويكون الإشعاع المنعكس من السماء مكون أساسي من الكسب الحراري الشمسي الكلي. وبالتالي، فإن أجهزة التظليل والتي تعترض فقط الإشعاع الشمسي المباشر ستكون أقل فعالية في المناطق الحارة والرطبة منها في الأمكنة التي تتمتع بسماء صافية أغلب الأوقات بالصيف.

المواصفة التقليدية في العديد من المواقع الحارة والرطبة هي أهمية الارتفاع اليومي للبخار بالجوالمحيط مع ارتفاع درجة الحرارة. ويمكن رؤية هذا بالشكل ١-٥ (الصفحة ٢٤) والذي يظهر درجات الحرارة الأعظمية والمنخفضة المسجلة على الترموستات (مقياس الحرارة)الرطب والجاف. في المدن الحارة والرطبة،مثل كوليما في المكسيك (givoni ١٩٩٤) والسبب هوتزايد التبخر من أوراق الخضرة المحيطة ومن التربة الرطبة. الناتجة عن من درجة الحرارة والإشعاع الشمسي المرتفع. هذه المواصفة تضيف بالطبع إلى عدم الارتياح للسكان. إنها تؤثر أيضاً إمكانية تطبيق بعض أنظمة التبريد السلبية.

في المناطق الاستوائية تكاثف البخار يحدث بشكل رئيسي بسبب التيارات الحرارية الصاعدة للهواء الرطب، الناتجة عن دوران وتصاعد الرياح التجارية في المنطقة الاستوائية بعد المرور فوق مناطق كبيرة من المحيط. نموذج التدفق هذا يؤدي في العديد من المناطق لنموذج منتظم من الأمطار في فترة ما بعد الظهر والتي تصاحب غالباً مع عواصف رعدية قوية.

ومن منظور تصميم لأبنية فإن الشروط السائدة أثناء الأيام المشمسة (وخاصةً في ساعات منتصف النهار) مهمة جداً، حيث إن تفاصيل التصميم يجب أن تهدف إلى رفع الضغط الحراري في هذه الساعات بالذات. ومن منظور السلامة وفي المناطق العرضة للعواصف الاستوائية فإنه من المهم بناء الأبنية التي تستطيع الصمود بوجه قوى الإعصار والأعاصير الاستوائية (التايفون).

ويجب على الأبنية أيضاً التقليل من الإزعاج الحراري والحاجة للتكييف الميكانيكي.

خطوط التوجيه المعمارية للمناطق الحارة والرطبة:

العديد من المواصفات المعمارية والهيكلية للأبنية في المناخ الحار والرطب يمكن أن تؤثر على شروط المناخ في الداخل وعلى راحة السكان وعلى استهلاك الطاقة في تكييف الهواء. في المناطق التي تكون عرضة لعواصف استوائية عنيفة وفيضانات قوية فإن التصميم الأساسي للأبنية يمكن أن يؤثر أيضا على سلامة السكان. وبالتالي فإن هدف التصميم يجب أن يكون تعديل المناخ الداخلي من أجل تحسين راحة السكان وتقليل استهلاك الطاقة في الأبنية من أجل التدفئة في الشتاء ومن أجل التبريد في الصيف ومن أجل التقليل من أخطار الحياة والتلف المادي من العواصف الاستوائية.

أهداف التصميم الأساسية في المناطق الحارة والرطبة (البعض منها تتعارض بشكل واضح مع مفاهيم تصميم البناء) يمكن تلخيصها على الشكل التالي:

- التقليل من التسخين الشمسي للأبنية للحد الأدنى
- رفع معدل التبريد ي الأمسيات للحد الأعظمي
- تقديم تهوية طبيعية فعالة حتى أثناء المطر

- منع تسرب المطر حتى أثناء العاصفة المطرية
- منع دخول الحشرات مع الإبقاء على النوافذ المفتوحة للتهوية
- تقديم مساحات للنشاطات الخارجية كجزء لايتجزأ من «مساحة أوفسحة المعيشة»

في المناطق التي تكون عرضة للأعاصير والأعاصير الاستوائية (التايفون) يجب أن يكون أحد الأهداف الرئيسة هوتقليل خطورة العواصف الاستوائية للحد الأدنى

التفاصيل الرئيسة لتصميم الأبنية التي تؤثر على الحفاظ على هذه الأهداف هي:

- مخطط البناء أوتوضعه
- اتجاه الغرف الرئيسة وفتحاتها
- حجم وتفاصيل النوافذ والأبواب
- تنظيم وتقسيم المساحة الداخلية
- تظليل الفتحات والجدران
- تقسيم الشرفات والفرندات
- نوع وتفاصيل السقف
- خواص السقف والجدران الحرارية والهيكلية
- مسح الموقع

توضع البناء:

التوضع المناسب للبناء في المناطق الحارة والرطبة يعتمد على فما إذا كان من المفصود أن يكون البناء مكيف في معظم الأوقات أوإذا كان يقصد منه أن يعتمد على التهوية الطبيعية بقدر الإمكان . في الحالة الأولى ومن أجل التقليل من مساحة

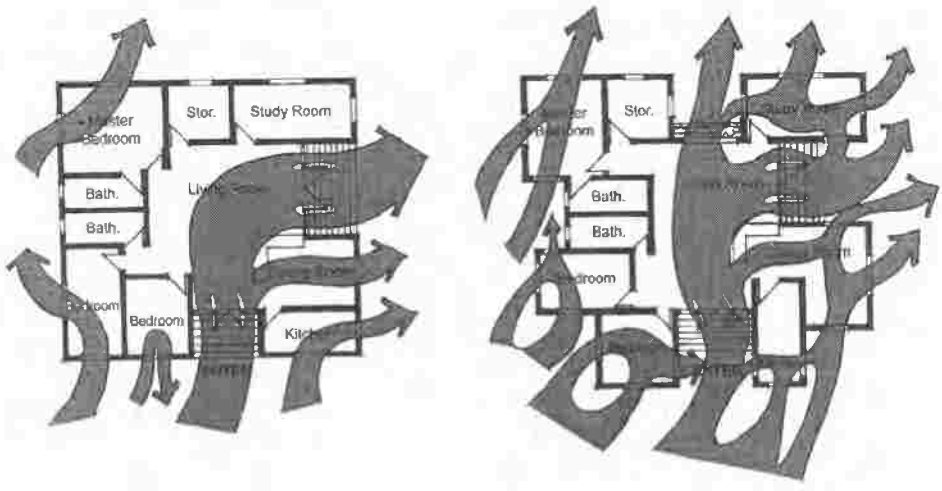
سطحه المحيط بالتناسب مع المساحة التي يحتلها وبشكل خاص التقليل من مساحة النوافذ وبالتالي من أجل التقليل من اكتساب الحرارة عبر المحيط وحمل معدات التبريد. هذا الحل قابل للتنفيذ بالطبع فقط بالنسبة للأشخاص الذين يستطيعون شراء وتركيب وتشغيل تكييف الهواء ولن يتم شرحه في هذا الكتاب.

في الحالة الثانية فإن البناء الوسع مع نوافذ كبيرة قابلة للفتح يمكن من الحصول على تهوية طبيعية عبر البناء أكثر من البناء الصغير. وعندما يكون البناء مهوى أثناء ساعات النهار فإن حرارته الداخلية تميل للتدفق للخارج. في هذه الحالة فإن التدفق الحراري عبر المحيط يكون صغير ولاتعود مساحة السطح الكبيرة للبناء الكبير تؤثر بشكل كافي على الحرارة الداخلية أثناء ساعات النهار. ومن ناحية أخرى أثناء ساعات المساء والليل عندما تهدأ عادةً الرياح فإن المساحة الأكبر للمحيط والنوافذ المفتوحة الأكبر تؤمن تبريد أسرع وتهوية أفضل وبالتالي تقلل من إزعاج النوم المريح للنائم.

الشكل ١١-١ يبين نموذج لتصميم للمرشح بروفيسور بجامعة UCLA السيد SUKANYA NUTALAYA والذي يقارن إمكانيات التهوية (توضع اختياري للنوافذ) لحلي تصميم لمنزلين بذات المساحة وبرنامج محدد واحد : صغير (مضغوط) وكبير(منتشر).

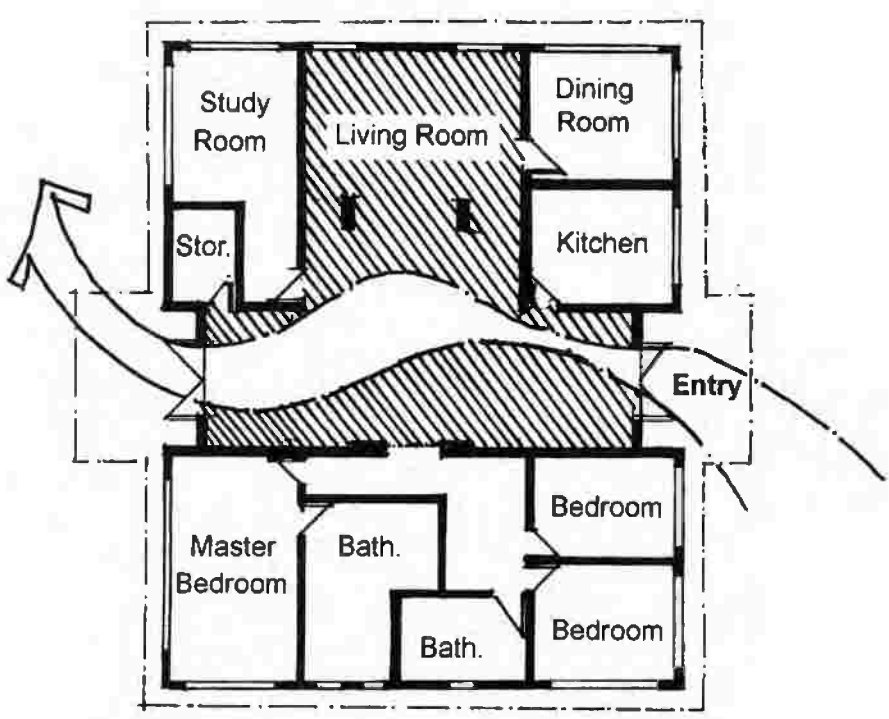
الشرفات العميقة بين الغرف المحيطة يمكن أن تساعد أيضاً بزيادة إمكانيات التهوية ومعدل التبريد أثناء ساعات المساء والليل. ويمكنها أن تقدم أيضاً بحماية المساحة الشبه خارجية لاستخدام العائلة مع نوع من الخصوصية.

وبما أن التكييف بعيد عن منا ل غالبية الناس في البلدان النامية والتي تشكل معظم مساحة المناطق الحارة والرطبة فإن توضع البناء الذي يقدم إمكانيات جيدة للتهوية هوأكثر مناسبة للإسكان العام.



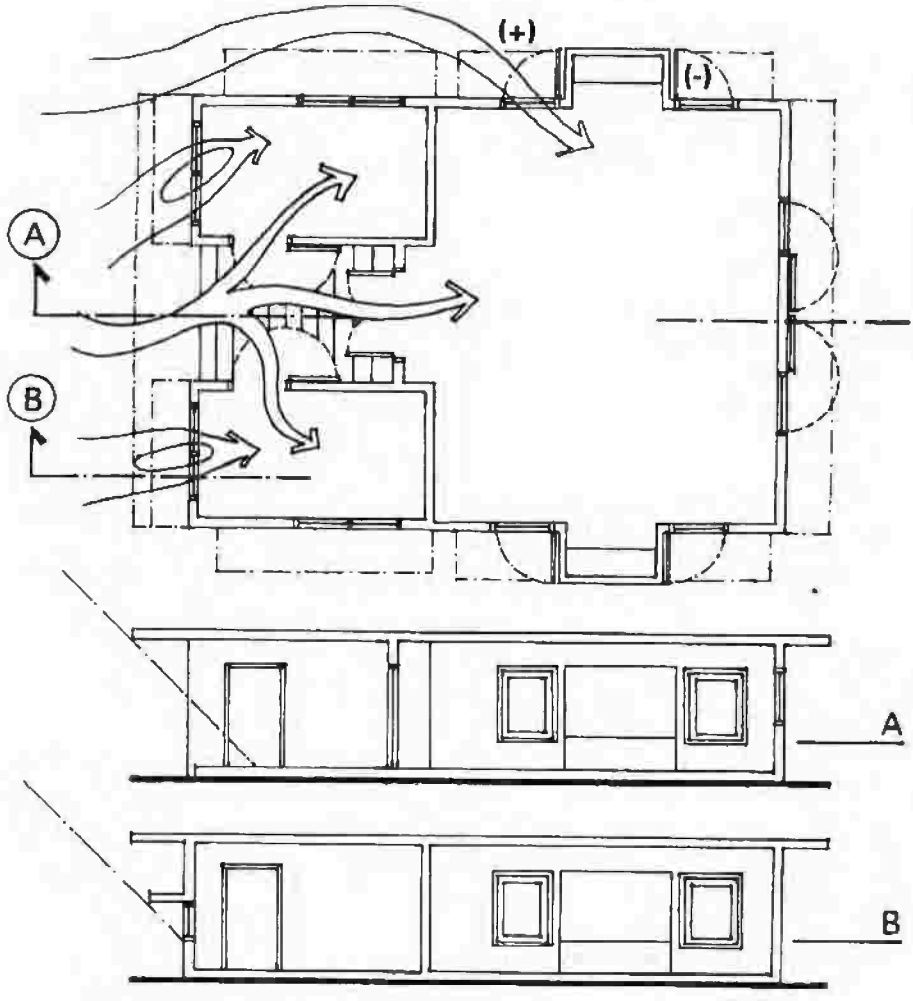
الشكل ١١-١ مقارنة بين إمكانيات التهوية (توضع اختياري للنوافذ) لحلي تصميم : أحدهما صغير (مضغوط) والآخر كبير (منتشر) بذات المساحة والبرنامج

أكثر ملامح التصميم فعالية والتي تجمع بين التهوية الطبيعية والحماية من المطر هوممر الهواء (الدهليز) . هوممر «يقطع» عبر أويمتد على طول كامل عرض المنزل وهوعريض بشكل كاف ليستوعب الجلوس أوتناول الطعام أي بعرض حوالي ٢-٣ متر (٧-١٠ قدم) . مثل هذا الدهليز يمكن أن يركز الريح وبالتالي يحسن الراحة أثناء الفترات العالية الرطوبة أوحتى الماطرة مع رياح خفيفة جداً. الدهليز يمكن أن يجهز بوسائل للإغلاق من النوع الذي يمكن من منع نفوذ المطر ويمسح بذات الوقت بمرور تدفق الهواء أثناء الرياح الخفيفة ولكن يمكن أيضاً من صد الرياح أثناء العواصف كما هوموضح بالشكل ١٢-١.



الشكل ١١-٢ تصميم تصوري يوضح الدهليز

ويمكن أيضاً أن يصمم الدهليز بتفاصيل يمكن أن تؤمن شروط تهوية جيدة حتى عندما تكون الرياح تقريباً موازية للمحور الطولي للبناء. كمثال، ي مكان ذو نوافذ كبيرة من الشرق يكون اتجاه البناء بمحاوره الطولية شرق - غرب سيكون لديه إمكانية تهوية ضعيفة أوفقيرة للغرف في القسم الغربي من البناء (انظر الفصل الثالث) . وبالواقع فإن الغرف الموجودة على الحائط الشرقي فقط سيكون لديها إمكانيات تهوية جيدة . الدهليز الذي «يقطع» عبر منتصف البناء مع التفاصيل الموضحة في التصميم التصوري كما هوموضح بالشكل ١١-٣ يمكن أن تؤمن منطقة مريحة للنشاطات العائلية المختلفة.



الشكل ١١-٣ مخطط يوضح إمكانية استخدام الرياح التي تهب من الشرق عبر الفتحات التي تواجه الجنوب ومحمية من الشمس.

اتجاه الغرف الرئيسة:

مع الأخذ بعين الاعتبار لأهمية التهوية الطبيعية في المناخات الحارة والرطبة فإن العلاقة بين البناء مع اتجاه الرياح يجب أن يكون لها اعتبار كبير في تحديد موقع الغرف الرئيسة - غرف المعيشة والنوم - أثناء مرحلة التصميم.

وبسبب الارتفاع المنخفض في الأماكن الحارة والرطبة فإن النموذج أوالنمط السنوي لحركة الشمس يسبب فارق كبير أكثر منه في الارتفاعات العالية بين الإشعاع الذي يضرب الجدران الشرقية والغربية من ناحية والنوافذ والجدران الشرقية والغربية تستقبل على مدار العام إشعاع أكبر من الجدران الشمالية والجنوبية.

العديد من المناطق الحارة والرطبة على الارتفاعات المنخفضة تستقبل رياح بشكل رئيسي من الاتجاه الشرقي والشمال شرقي بالتغيير السنوي الشمالي الجنوبي لحزام لرياح التجارية. ويبدوفي هذه الحالة ظهور تضارب بين الاتجاه الأمثل من ناحية الاتجاه الشمسي (جنوب - شمال) والاتجاه الأمثل للتهوية. هذا التضارب الواضح يمكن أن يحل عبر تفاصيل التصميم المناسبة.

وكما تم مناقشته بالتفصيل في الفصل الثالث فإن اتجاه الأبنية للتهوية لايتضمن كون البناء مواجه لاتجاه الرياح. الرياح المواجه للجدران بزوايا بين ٣٠ و١٢٠ درجة وخاصة بين ٤٥ و١٠٥ درجة التي تتوضع بها (المدخل) النافذة يمكن أن تؤمن تهوية فعالة في الفتحات (المنافذ) التي تتواجد في الجدران الموجودة باتجاه الرياح أوالتي تهب باتجاهها الرياح على التتابع.

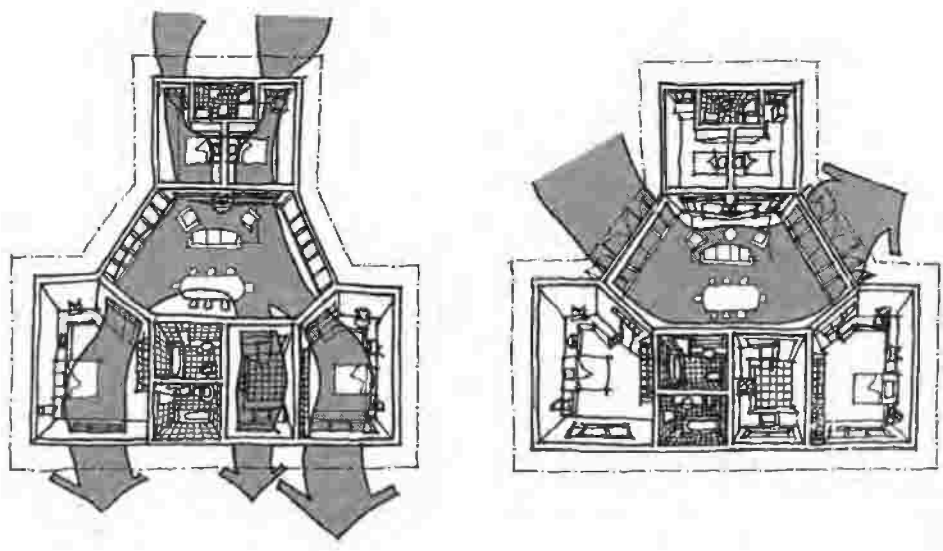
ثباتية الرياح الشرقية تسهل على تفاصيل التصميم تحسين التهوية بالرياح من هذا الاتجاه. ولكن وبذات الوقت فإن مشكلة اختراق الإشعاع الشمسي المباشر الغير مرغوب عبر النوافذ الشرقية والكسب الحراري الشمسي عبر الجدران الشرقية يجب أن تحل ويمكن أن تحل عبر وسائل معمارية.

إن حمل الإشعاع الشمسي على البناء يمكن التحكم به عبر تظليل فعال وعبر اللون الأبيض الكتيم للجدران. الجدار الأبيض أوالجدار المظلل بالنباتات الخضراء يمتص بفعالية مستوى منخفض من الإشعاع حتى عندما يكون مواجه للشرق أوالغرب . وبشكل مماثل النوافذ الشرقية أوالغربية التي تكون مجهزة بمصاريع مناسبة يمكن أن تكون محمية بطريقة عملية من الشمس وبذات الوقت تستغل من الرياح الشرقية (أوالغربية) للتهوية.

يمكن أن تصمم الشرفات لتوضع بين الغرف (الأبواب والنوافذ الكبيرة كمثال) يمكن أن تكون على القسم من الحائط الذي يقود للشرفات ذات النوافذ الصغيرة والمظللة في الجدران الرئيسة الشرقية والغربية . الشرفات إذا كانت كبيرة كفاية يمكن أن تستخدم أيضاً كأماكن شبه مفتوحة تقدم الحماية من الشمس والمطر للعديد من النشاطات العائلية . مع مثل تفاصيل التصميم هذه يمكن أن يكون للبناء تهوية بواسطة الرياح الشرقية وبذات الوقت يكون الفتحات أوالمنافذ الرئيسة تواجه الشمال والجنوب، وتكون محمية ومظللة بشكل فعال بواسطة الشرفات. يجب التأمين والتأكد من أن الهواء يمكن أن يتدفق لداخل البناء من فتحات المداخل لفتحات المخارج بدون أي إعاقة بأكثر طريقة عملية ممكنة.

تنظيم وتقسيم المساحة (الفراغ) الداخلية:

مخطط البناء الذي يعتبر «مثالي» للمناخ الحار والرطب هوالبناء المنفصل الطولي ذوصف واحد من الغرف ذات فتحات (نوافذ و/أوأبواب) في حائطين متقابلين. مثل هذا التنظيم يمكن التهوية في كل غرفة على حدا وبشكل مستقل عن الغرف الأخرى. يجب أن يكون للغرف مدخل مباشر للشرفات أوالفرندات على أحد جوانب أوجانبي البناء. تؤمن الشرفات حماية للجدران والنوافذ من المطر والشمس وتخدم أيضاً كمكان للنشاطات الخارجية. مثل هذا التصميم متعارف علية في الهندسة المعمارية العامة أوالجماعية وأيضاً في بعض الأبنية الحديثة في المناطق الحارة والرطبة.



مخطط البناء المراد منه تحقيق هذه الأهداف موضح في الشكل ١١- ٤ . حيث يوضح إمكانية استخدام والاستفادة من الريح التي تهب من الشرق عبر الفتحات التي تواجه الشمال والجنوب ومحمية من الشمس.

ولكن مع التمدن وارتفاع كلفة الأرض، يمكن أن يصبح تصميم مثل هذه الأبنية الضيقة والطويلة غير عملي من أجل الإسكان العام أوالجماعي. غالباً ما يصبح من الضروري زيادة عمق البناء ليشمل على الأقل غرفتين بين الجدران الخارجية .وهذا يكون بشكل خاص في حالة الأبنية المتعددة الطوابق، التي تصبح أكثر انتشاراً في المناطق المدنية الكثيفة. القدرة على الحصول على تهوية عندئذ تصبح معتمدة على تنظيم المساحة الداخلية. : الهواء الذي يدخل البناء عبر الفتحات (النوافذ أوالأبواب) في غرفة ما يجب أن يكون قادر على التدفق بأقل إعاقة ممكنة عبر غرفة أخرى (أوسلسلة من الغرف) قبل أن يستطيع الخروج عبر فتحات المخارج في غرفة أخرى.

على أي حال يجب ملاحظة أنه في مثل هذه الحالة فإن الخصوصية الصوتية بين هاتين الغرفتين تتعرض للخرق. وبالتالي فإن «المزاوجة» بالتهوية للغرف المختلفة يجب أن تأخذ بعين الاعتبار حساسية استخدام الغرف للخصوصية الصوتية. ولذلك يمكن جمع غرفة النوم الرئيسة مع غرفة المكتب ولكن يمكن أن يكون جمعها مع غرفة نوم الأطفال مشكلة حتى وإن كان يفصلهما دهليز (كوريدور).

تخطيط «الفراغ» الداخلي:

التصميم الداخلي الأمثل في المناطق الحارة والرطبة هوأن تمتلك مخطط مفتوح لوحدة المعيشة. «المخطط المفتوح» يعني أويتضمن توضع النشاطات أوالوظائف المختلفة ضمن مساحة غير مقسمة. الفصل بين الوظائف المختلفة يحقق عب فواصل «رمزية» مثل الأثاث، تغيير المستويات، أوالتقسيمات المفتوحة،. العديد من الوظائف أوالنشطات التي عادةً ما تكون متوضعة في غرف منفصلة مثل غرفة المعيشة، غرفة الطعام، المطبخ، والمكتب ..الخ يمكن أن تتوضع ضمن فراغ واحد أوفراغات متصلة التي تؤمن تدفق حر للهواء عبرها.

للدرجة التي يمكن قبولها اجتماعياً لحضارة معينة لمجموعة السكان ، المخطط المفتوح مفضل لعزل النشاطات المختلفة لحياة العائلة في غرف معزولة «مغلقة» من منظور التهوية. ولكن مشكلة تأمين الخصوصية تبرز في الغرف التي تصميم المخطط المفتوح.. هذه المشكلة تكون أكثر جدية وخطورة في غرف النوم حيث إن التهوية مهمة في المناطق الحارة والرطبة أثناء الليل.

الخصوصية النظرية (البصرية) يمكن تأمينها عبر تصميم أبواب مفصلة كمصاريع تمنع الرؤية ولكن تسمح بمرور تدفق الهواء. وهناك حل آخر عبر جعل القسم الأعلى من باب الغرفة من فوق مستوى النظر قابل للفتح من الأعلى بواسطة مفصلات . وعندما يكون القسم الأعلى مفتوح فإنه يوجه تدفق الهواء عبره للأسفل باتجاه القسم الأسفل المسكون.

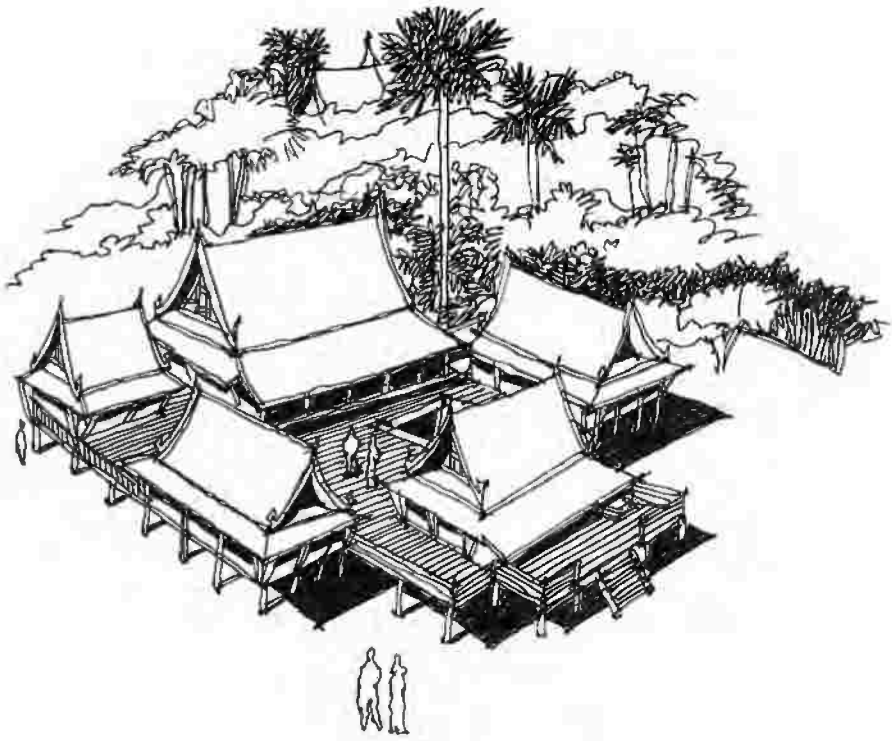
تأمين الخصوصية الصوتية أصعب بكثير للغرف التي تتم تهويتها عبر تدفق الهواء من المساحات الأخرى من البناء. ولذلك عندما تكون مثل هذه الخصوصية مهمة يجب أن يمكن تهوية هذه الغرف بشكل مستقل عبر تواجد كل من نوافذ الهواء الداخل والخارج ضمنها.

العلاقة بين البناء والأرض المحيطة:

المناطق الحرة والرطبة غالباً ما تتعرض للفيضانات. رفع الأبنية على عوارض (عضائد) يقلل من إمكانية أن يصل الفيضان لمستوى الأرض. الطريقة المتعارف عليها في تايلاند هي رفع كامل المنصة التي تحمل كل من الغرف ومساحات المعيشة الخارجية مبينة في الشكل ١١-٥ (مرسوم من قبل NUTALAYANA الدارس للحصول على درجة بروفيسور من تايلاند).

بالإضافة لمشكلة الفيضان فإن رفع الأبنية عن الأرض يمكن أن يحسن بشكل كبير إمكانية التهوية. وبسبب التكثيف العالي للبخار فأن الأرض في المناطق الحارة والباردة غالباً ما تكون مغطاة بالنباتات الخضراء مثل الأشجار والعرائش العالية والعشب. وبوجود الخضرة والأبنية معاً فإنهما يعملان على تقليل سرعة الرياح القريبة من الأرض. النوافذ في الأبنية ذات الطابق الواحد على مستوى الأرض غالباً ما تتواجد في منطقة ذات رياح محدودة السرعة الأمر الذي يقلل من إمكانية تأمين تهوية للمساحة الداخلية.

فوق مستوى قمة وظل العرائش تزيد سرعة الرياح بشكل متسارع. لذلك يكون فصل حاد في بيئة سرعة الرياح بين المستويين فوق مستوى الأرض : مستوى الكثافة الخضرية وذلك التي فوقها. عندما يكون البناء مرفوع فوق عوارض لارتفاع بين ٢.٥-٣ متر (٨-١٠ قدم) - مساحة صافية - فوق مستوى الأرض يمكن الحصول على ميزات عديدة.



الشكل ١١-٥ مخطط معروف في تايلاند لمجمع أبنية مرفوعة على منصة تتضمن كل من الغرف وأماكن المعيشة الخارجية (مقدمة من قبل NUTALAYA الدارس للحصول على درجة بروفيسور بجامعة UCLA التايلندي الأصل).

أ- النوافذ في الغرف تكون على متوسط ارتفاع حوالي ٤م (١٣ قدم) فوق الأرض وعندئذ يكون مجال التهوية أفضل من الغرف الموجودة على مستوى الأرض بسبب انخفاض مستوى تأثير الخضرة على تدفق الريح

ب- المنطقة تحت البناء مظللة ومحمية بشكل فعال من المطر. ويمكن استخدامها والاستفادة منها أثناء كل من الأوقات المطيرة والأوقات المشمسة والحارة من قبل أفراد العائلة للعديد من النشاطات مثل منطقة لعب للأطفال.

ت- إذا حصل الفيضان فإن أذاه سيقل بدرجة كبيرة. ولن تخترق المياه البناء إلافي الفيضانات فوق مستوى ٥.٢ -٣م (٨-١٠ قدم).

حجم وتفاصيل الفتحات:

الفتحات في المناخ الحار والرطب تلعب دور رئيسي في تحديد الراحة الحرارية للسكان. موقعها وحجمها يحدد شروط التهوية في البناء. وفي هذا المنظور فإن وجود فتحات كبيرة في كل الجدران يمكن أن يؤمن حل تصميمي للحصول على تهوية فعالة. ولكن الإشعاع الشمسي يمكن أن يخترق بشكل مباشر عبر الفتحات الغير مظللة إلى داخل البناء ويرفع الحرارة الداخلية أكثر من الحرارة الخارجية. ولذلك يجب اتخاذ أكبر قدر من العناية للتأكد من أن الفتحات في محيط البناء مظللة بشكل فعال.

ومن أجل تأمين تهوية مستقلة لكل غرفة منفردة في البناء فإن كل غرفة يجب أن يكون لها على الأقل فتحتين في حائطين مختلفين ويفضل أن تكون واحدة منها في الحائط الذي يواجه اتجاه الريح. وبالواقع يكون من الصعب في العديد من الحالات تأمين تهوية فعالة مستقلة في كل غرفة منفردة في البناء وبخاصة في المجمعات الكبيرة وحتى في المنازل الصفية في مركز المدينة . وفي مثل هذه الحالات يكون من المهم التأكد من أن الهواء يستطيع أن يتدفق داخلاً وخارجاً من كل غرفة ماراً عبر سلسلة من الغرف في البناء.

عندما يكون اتجاه الريح بزاوية صغيرة جداً (تقريباً موازية) للجدار كما هي الحال في الأبنية الطولية التي تواجه الشمال والجنوب في مناطق ذات رياح جنوب شرقية وشمال شرقية من الممكن خلق تهوية فعالة في غرفة محددة عبر إيجاد نافذتين على الأقل في الجدار الذي يكون باتجاه الريح كل منها ذات مسقط «موارب» أوعامودي (انظر المناقشة في الفصل ٢) . في كل واحدة من هذه النوافذ يجب أن يكون المسقط على جانبين مختلفين (يمين أويسار) . يفضل أن تكون النوافذ عامودية أي ضيقة وعالية. وبأي اتجاه للرياح موجهة أوموازية حتى ١٥ درجة من الحائط فإن نافذة واحدة ستكون ضمن منطقة ضغط الرياح وتقوم مقام المدخل والنافذة الأخرى سوف تكون في منطقة الامتصاص وتقوم مقام المخرج.

مساقط العناصر المعمارية الهندسية أمام الحائط الرئيس مثل المكتبات الحائطية أوخزائن الكتب وبوجود النوافذ أمامها وخلفها يمكن أن تكون فعالة بتحسين التهوية. الشكل ٢-١٨ يوضح تحسن التهوية عبر المساقط المعمارية الهندسية.

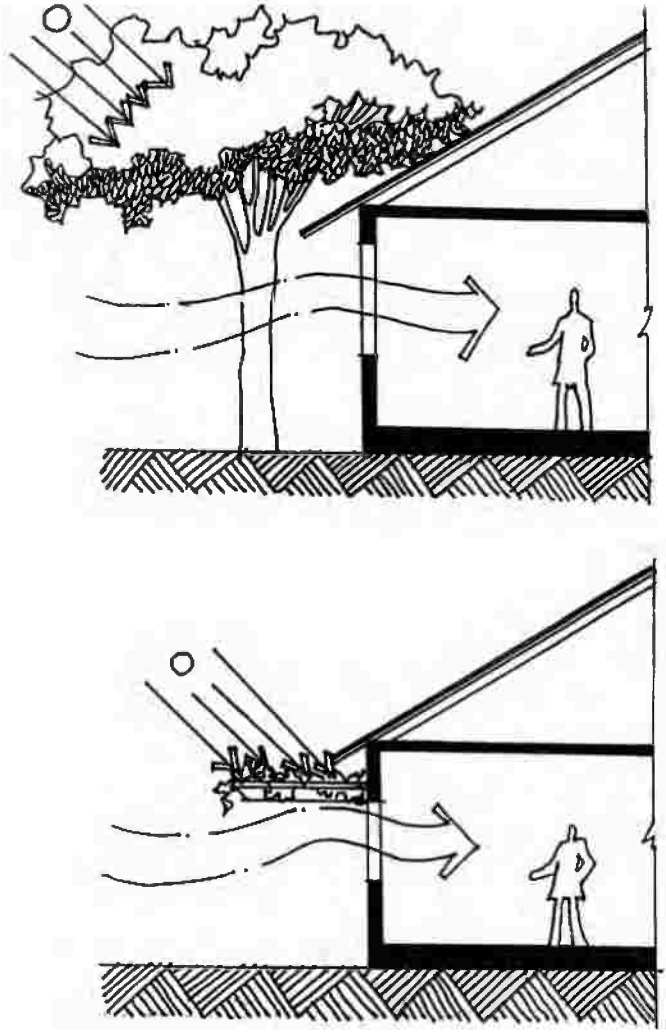
تظليل الفتحات والجدران:

بالإضافة لموضوع التهوية فإن المنع الفعال للتسخين الشمسي للبناء هام وحيوي جداً لتقديم الراحة الحرارية في المناطق الحارة والرطبة. إن موضوع التظليل ربما يكون أكثر تعقيداً في المناخات الحارة والرطبة منه في المناخات الحارة والجافة وذلك لسببين: أ- يمكن أن تكون النوافذ أكبر بكثير من أجل التهوية وب- الحماية من الإشعاع المرتد للسماء الملبدة بالغيوم تكون الحماية منه أصعب من شعاع الشمس المباشر.

بخصوص الجدران، الحاجة للتظليل تعتمد بشكل رئيسي على لونها. ليس هنالك حاجة أساسية للعزل الحراري العالي ولاقدرة حرارية عالية في الأبنية المهواة في المناخات الحارة والرطبة. ولكن لوكانت الجدران والسقف ذات لون خارجي داكن ولدينا عزل حراري منخفض نسبياً فإنهم سوف يسببون معدل عالي من التدفق الحراري من الأسطح الخارجية المسخنة بواسطة الشمس للداخل. في هذه الحالة حتى لوكان البناء مهوى بشكل فعال وكانت درجة حرارة الهواء الداخلي أثناء أوقات النهار قريبة من حرارة الخارج فإن تدفق الحرارة الشمسية عبر الجدران سوف يرفع حرارة السطوح الداخلية مسببة إشعاع حراري وإزعاج من الحرارة للسكان وخاصة أثناء الليالي العديمة الرياح.

ليس من السهل في المناخ الحار والرطب تأمين اللون الأبيض للجدران وخاصةً بالنسبة للجدران المظللة «بشكل دائم» بالخضرة بسبب النموالفطري. يوجد هناك مقاربتان للتعامل مع هذا الموضوع: أ- رفع العزل بشكل كبير لمقاومة الكسب الحراري الشمسي أو ب- المحافظة عبر الطلاء المتكرر على اللون الأبيض بالنسبة للجدران الغير مظللة حتى تساعد الشمس على تجفيف الجدران وتقلل نموالفطريات.

في الأبنية الأحادية الطوابق ن الممكن تظليل الجدران والنوافذ بواسطة شرفات واسعة مصممة كامتداد للسقف أومعلقات فق الجدران. مثل هذه المعلقات تشكل بالفعل منطقة خارجية مفتوحة مغطاة مظللة ومحمية من المطر التي يمكنها أن تخدم كمناطق شبه خارجية لنشاطات العائلة. التظليل بواسطة الخضرة يمكن أن يؤمن أيضاً بشكل سهل نسبياً للأبنية المرتفعة بشكل بسيط في المناطق الحارة والجافة كما هوكبين في الشكل ١١- ٦ .



الشكل ١١- ٦ التظليل بواسطة النباتات بدون حجب الرياح.

في المناطق ذات الارتفاع البسيط من الممكن تقديم تظليل فعال للجدران والفتحات المواجهة للشمال والجنوب في الأبنية المتعددة الطوابق بواسطة شرفات واسعة تمتد كامل الواجهة.

الجدران الشرقية والغربية معرضة لتأثير الشمس المنخفضة. في هذه الحالة يجب أن تكون الظلل المثبتة للنوافذ قادرة على حجب وصد خيوط أشعة الشمس المنخفضة ومن الممكن تظليلهم بشكل فعال بواسطة المعلقات المائلة التي تصل قرب مستوى عتبة النافذة. هذا التفصيل يمكن من التهوية ولكن بذات الوقت يصد ويحجب أشعة الشمس ويمنع اختراق المطر. ولكن على أي حال يجب ملاحظة أنه يحجب بذات الوقت المناظر.

دور وتفاصيل الفرندات والشرفات:

غالباً ما يكون الجوفي الخارج في المناطق الحارة والرطبة ألطف منه في الداخل. أيضاً حجم المنزل في مناطق الإسكان المنخفض الكلفة (الإسكان الشعبي) عادةً ما تكون صغيرة جداً ولاتكفي لاستيعاب كل نشاطات سكان المنزل، والعديد من الأعمال يجب أن تجرى بالخارج.وبهذا الشأن فإن المناطق الخارجية المحمية من المطر والشمس يمكن أن مفيدة جداً. الأشجار والعرائش يمكن أن تؤمن بالطبع الحماية من الشمس ولكن ليس من الأمطار المتكررة في العديد من المناطق الحارة والرطبة.

أحد الملامح المعتادة في بعض الأبنية الجماعية في هذه المناطق هي الفرندة التي تحيط كامل البناء. وغالباً ما تكون الفرندة مشكلة من تمديدات مبنية للأسقف المنحدرة ممتدة لما بعد الجدران، ولكن يمكن أن يكون لها أيضاً نظام هيكلي بنائي منفصل عن ذلك الخاص بالسقف.

مثل هذه الفرندات يمكن أن تؤمن تظليل فعال وحماية معقولة لابأس بها من المطر لكامل محيط البناء الأحادي الطوابق أوحتى الثنائية الطوابق . المنطقة المظللة يمكن أن تستخدم للنشاطات الخارجية حتى أثناء الفترات الحارة والمشمسة

أوالماطرة حين تكون المناطق الخارجية المحمية أكثر راحة من الداخل. وهذا ما يكون في الفترات المعدومة الرياح.

في المناطق المعرضة للزوابع العاصفة يمكن أن تطير الرياح الفرندة. إذا كانت الفرندة عبارة عن امتداد هيكلي لسقف البناء يمكن أن تدمر العاصفة السقف نفسهً. من الممكن فصل هيكل الفرندة من ذلك العائد للسقف بشكل أنه حتى لودمرت الفرندة بالعاصفة يبقى السقف غير متأثر.

بعض الأبنية السكنية المتعددة الطوابق المعاصرة تستخدم بلكونات كعنصر معماري هندسي أساسي كما هوموضح في الشكل ١١-٧ - صورة لبناء في BOCA FLORIDA،RATON (مقدم من البروفيسور PATRICK QUINN) مثل هذه البلكونات تقدم بعض المناطق الخارجية المريحة في الأبنية ذات الطوابق العالية.

تخطيط الأرض حول البناء وفي المنتزهات العامة:

حيث إن الرطوبة العالية صفة مميزة للأماكن الحارة والرطبة فمن المهم جداً توافر سرعة رياح حول البناء وفي المنتزهات العامة ومناطق اللعب للحصول على الراحة. ولذلك وعند تصميم المنطقة المحيطة يجب أن يكون من أهم الاعتبارات التقليل من صد الرياح.

الأهداف المناخية في تخطيط المنطقة المحيطة بالبناء في المناطق الحارة والرطبة يجب أن تكون:

- من أجل التقليل من صد وحجب الرياح في موقع البناء وخاصةً أمام النوافذ.
- لتأمين الظل حول الأبنية ومن أجل مستخدمي المنتزهات العامة.
- عند تخطيط المناطق المدنية الخضراء ومن أجل أهداف إضافية التي يمكن أن تكون التقليل للحد الأدنى من مخاطر الفيضان في المناطق المدنية الأخرى الأكثر حساسية وأهمية.

الشكل ١١-٧ بناء سكني متعدد الطوابق في FLORIDA،BOCA RATON مع بلكونات أوشرفات كعنصر معماري أساسي مقدمة من البروفيسور باتريك كوين

وبسبب التكاثف العالي في المناطق الحارة والرطبة فإن النباتات المحلية لاتحتاج للري معظم أوقات السنة. ولذلك من الممكن المحافظة على الخضرة بأقل أعمال صيانة ورعاية ومصاريف من تلك في المناطق المهواة.

تأثير النباتات على الراحة البشرية في المناطق الحارة والرطبة يمكن أن يكون نعمة مزدوجة. حيث إن وجود ظل الأشجار مرحب به دائماً. وعلى كل فإن حجب الرياح ومساهمتها بمستوى الرطوبة عبر التبخير من الأوراق والأغصان يمكن أن يزيد من راحة البشرية وخاصةً أثناء الساعات التي تكون فيها الرياح خفيفة جداً.

الأشجار ذات الجذوع الطويلة والظل الواسع هي النباتات الأكثر فعالية في تقديم الظل للاستخدام وخاصة إذا كانت تستطيع تظليل جزء من السقف . وإذا توضعت بشكل كثيف على جانب المنزل المواجه للرياح يمكنها بالطبع أن تمنع الرياح. ولذلك تكون أفضل استراتيجية مع مثل هذه الأشجار أونضعهم فقط في الأماكن يمكن فيها الاستفادة من ظلها بدون حجب الرياح مثل قرب الجدران ولكن ليس أمام النوافذ. حوامل العرائش أمام وفوق النوافذ يمكن أن تؤمن أيضاً تظليل فعال بون أي حجب (الشكل ١١-٨). إذا كانت هذه الأشجار والعرائش موسمية يمكنها أن تسمح لضوء النهار والاكتساب الشمسي في الشتاء. ولكن يجب أن نكون حذرين ونتجنب وضع الأشجار القصيرة والشجيرات الطويلة أمام النوافذ على أطراف البناء المواجه للرياح. مثل هذه النباتات يمكن أن تقوم بعمل صادات للرياح وتقلل بشكل كبير إمكانيات التهوية.

الشجيرات العالية تحجب وتصد الريح و«تساهم» بمستوى الرطوبة بدون تقديم ظل مفيد باستثناء عندما توضع على طول الجدران. لذلك يجب أن يكون تواجدها بالحد الأدنى وخاصة على الأجزاء المواجه للرياح من الموقع.

المزيج المؤلف من الأعشاب وأحواض الزهور القصيرة وأشجار الظل بجذوعها العالية هوإذاً المزيج المناسب في الأرض المحيطة بالبناء في المناخات الحارة والرطبة.

الأراضي المنخفضة والمسطحة والمعرضة للفيضان يمكن أن تعشب وتزرع بالأشجار التي تستطيع الصمود أمام الفيضان. وإذا كانت النباتات تستطيع تحمل ارتفاع معين من الماء لعدة أيام فإن مثل هذه المناطق يمكن الاستفادة منها للتحكم بالفيضان أثناء ومباشرةً بعد العواصف المطرية. وفي الفترات ما بين العواصف مثل هذه المناطق يمكنها أن تكون مرة أخرى مفيدة كمساحات خضراء عامة للترفيه والمرعى وهكذا.

التصميم والاختيار الهيكلي للمواد في المناطق

الحارة والرطبة:

الدور المناخي للمواد في الأبنية الغير مكيفة والمهواة طبيعياً في المناطق الحارة والرطبة هوللتقليل من التسخين الشمسي للمناطق الداخلية أثناء ساعات النهار ورفع معدل التبريد للحد الأقصى إثناء المساء وساعات الليل. التخفيض الواضح لحرارة الهواء الداخلي بشكل أخفض من مستوى الحرارة في الخارج ليس عملياُ في المناطق الحارة والرطبة بسبب الحاجة لتهوية البناء أثناء ساعات النهار ومعدل الحرارة اليومي الصغير. هذا الوضع يعطي مقاومة حرارية متوسطة للمحيط وبشكل رئيسي لافتراض الأثر المتوقع للإشعاع الشمسي على جدران ولسقف البناء.

المواد الخفيفة الوزن مثل الهيكل الخشبي (ذوقدرة حرارية منخفضة) اعتيادي في الأبنية العامة والجماعية في المناخات الحارة والرطبة. مثل هذه القدرة الحرارية المنخفضة يمكن أن تحسن معدل تبريد البناء أثناء ساعات المساء والليل عندما تسكن الرياح عادةً. ولكن الأبحاث الحديثة أوضحت أنه إذا أمكن تأمين تهوية ليلية فعالة عبر امتصاص مراوح العادم فإن الأبنية ذات الكتلة الكبيرة يمكن أن تصبح مريحة وخاصةً أثناء ساعات النهار أكثر من الأبنية الخفيفة الوزن. هذه النقطة معلق عليها بشكل أكبر في فقرة الاعتبارات الحرارية للكتلة.

أيضاً في العديد من المناطق الحارة والرطبة التي تحدث فيها الأعاصير فإن الأبنية ذات الكتلة المنخفضة تكون هشة وعرضة للتلف الكبير وحتى للتدمير أثناء العواصف. هذه الهشاشة تكون مشكلة واضحة وتعارض واضح بين الاعتبارات المناخية واعتبارات السلامة. وهذا الموضوع مغطى في المناقشة حول المشاكل الخاصة للأسقف في البلدان النامية.

المقاومة الحرارية لمحيط البناء:

عندما يكون البناء مهوى فإن درجة حرارة الداخل تتبع بشكل متقارب مستوى درجة حرارة الخارج وخاصةً عندما تكون سرعة الرياح أعلى بحوالي ٢م/ثا (حوالي ٧كم/يا) (٤٠٠ قدم /م) والتي هي رياح لطيفة نسبياً . ولكن حرارة السطوح الداخلية لمحيط البناء يمكن أن تكون أعلى بكثير كنتيجة لامتصاص الطاقة الشمسية على السطوح الخارجية للجدران والسقوف وتدفق الحرارة للداخل. درجة الحرارة المشعة العالية في الداخل تزيد من الضغط الحرارية النفسي وعدم الراحة الحرارية للسكان. أثناء الساعات التي تنعدم فيها الرياح فإن درجة حرارة الهواء بالداخل ترتفع أيضاً حتى إذا بقيت النوافذ مفتوحة بسبب تدفق الحرارة للداخل من كتلة الجدران الدافئة. وعندئذ تتبع درجة الحرارة الداخلية معدل درجة حرارة السطح (المشعة) بشكل قريب.

الحاجة للمقاومة الحرارية بالبناء المهوى بشكل متواصل من المنظور الصيفي تحدد عندئذ بالرغبة بالتقليل من ارتفاع درجة حرارة الداخل المشعة وبالتحديد درجات حرارة السطوح الداخلية للسقف والجدران الخارجية أعلى من درجة حرارة الهواء بالداخل.

التسخين الشمسي للمحيط الخارجي للبناء تعتمد على قوة الإشعاع الشمسي المصطدم وعلى مدى قدرة امتصاص (لون) السطوح الخارجية والتي هي لحد ما عامل تصميمي.

في المناخ الحار والرطب يكون من غير العملي اتخاذ اللون الأبيض للجدران والسقف بسبب النموالفطري الكبير. ولذلك حتى ولوتم تجنب الألوان الغامقة بالطلاء فإن الامتصاص الحقيقي للسطوح الخارجية يمكن الافتراض أنه يصل مع الزمن لقيمة تصل حوالي ٠,٦ إلاإذا تم طلاء البناء باللون الأبيض على فترات.

إن قوة الإشعاع الشمسي المرتطم يعتمد بالطبع على شروط التظليل للجدران. عندما تكون الجدران مظللة بواسطة الفرندات أوالبلكونات فإن الإشعاع المرتطم يكون غالباً منعكس من الأرض والأبنية المجاورة القريبة. وبما أنه من المعتاد أن تكون الأرض مغطاة بالنباتات الخضراء في المناطق الحارة والرطبة فإن الإشعاع المنعكس لن يكون كبيراً.

كما تم مناقشته أعلاه فإن تظليل الجدران الشمالية والجنوبية في المناطق المنخفضة الارتفاع يكون سهل على سبيل المثال بواسطة الشرفات الممتدة. ولكن تظليل الجدران الشرقية والغربية من الشمس ليس سهلاً ومحدود عملياً باستخدام النباتات والعرائش المتسلقة والأشجار.

وعبر «السماح» بارتفاع مجدد بحرارة لسطوح الداخلية للجدران أوالسقف فوق حرارة الهواء الداخلي أثناء ساعات قمة درجة الحرارة الخارجية بافتراض رياح خفيفة جداً وبافتراض شدة محددة لقوة الإشعاع الشمسي التي تضرب السطوح الخارجية وبافتراض كفاءة محددة للسطوح الخارجية والداخلية يصبح من الممكن اقتراح مستوى مطلوب المقاومة الحرارية كعمل ووظيفة للون الخارجي وشروط التظليل. الإجراء المقترح مبني على بعض الافتراضات التقريبية.

الافتراضات (وحدات مترية):

(نتائج العمليات معطاة أيضاً بالوحدات البريطانية)

● درجة حرارة الهواء في الداخل تساوي الخارج . هذا الافتراض أقرب للحقيقة أثناء ساعات النهار في الأبنية ذات النوافذ المفتوحة ولكن مظللة أكثر منه في الليل.

● مع وجود رياح خفيفة جداً فإن كفاءة السطوح الخارجية h0، هي حوالي ١٣ (C.m2/w) (٢,٦٤ btu/h.fh2.f) للسقف وللجدران. وبوجود تدفق بسيط للداخل فإن كفاءة السطوح الداخلية hi، تكون حوالي ٧ (c.m2/w) (١,٢ btu/h.ft2.f) . مقاومات السطح r0، وri، هي المقاومة المقابلة والمتعلقة مع كفاءة السطوح: ٠,٠٦٧ و٠,١٤ (٠,٣٨ و ٠,٨) على التتابع.

● شدة الإشعاع الشمسي على السطح هي ١٠٠٠ وعلى الجدران ٥٠٠ (واط/م٢) (٣٢٠ & ١٦٠ btu/h.ft2.f) .

● الارتفاع «المسموح به» لدرجات حرارة السطح الداخلي فوق حرارة الهواء dTi، هي K٢ (F٣,٦) . هذا الحد سوف يعتمد بالواقع على الحالة الاقتصادية للسكان. إن ارتفاع درجة حرارة الهواء بواسطة الشمس لسقف تحت سماء صافية dT s-a يمكن حذفه عبر المعادلة التالية: ٥- (a.I/h0) = dTs-a وتلك الخاصة بالجدار:

٢- dT s-a = (a I/h0)

عندما تكون «a" » هي امتصاص (لون) السطح مفترضة ٠,٦ للسطوح الغير مطلية بشكل متقطع) (لون متوسط). للسطوح المطلي تفترض قيمة الامتصاص ٠,٣ (اللون الفاتح).

مع الافتراضات السابقة فإن ارتفاع درجة حرارة الهواء المسخن بالشمس تكون :

للسقف ذواللون المتوسط: dTs-a=0.6*1000/15-5=35 k (63F)

للسقف ذواللون الفاتح: dTs-a=0.3*1000/15-5=15 k (27F)

للجدار ذواللون المتوسط: dTs-a=0.6*600/15-5=22 k (39.6F)

للجدار ذواللون الفاتح: dTs-a=0.3*600/15-5=10 k (18F)

المقاومة الحرارية المطلوبة للسقف المطلي بلون متوسط ستكون عندئذ:

R = (13 ft2.F.h/Btu) (w/c.m2)٢,٣=٠,١٤-٢/(٣٥ ×٠,١٤)

وللسقف المطلي بلون فاتح:

$$R = (ft2.F.h/Btu٥)\ (w/c.m2)٠,٩=٠,١٤-٢/(١٥ \times ٠,١٤)$$

وللجدار المطلي بلون متوسط:

$$R = (ft2.F.h/Btu٨)\ (w/c.m2)١,٤ = ٠,١٤-٢/(٢٢\times ٠,١٤)$$

وللجدار المطلي بلون فاتح:

$$R = (ft2.F.h/Btu٣,٤)\ (w/c.m2)٠,٦=٠,١٤-٢/(١٠\times٠,١٤)$$

ومن الممكن ملاحظة أن الأبنية المهواة طبيعياً فصن المقاومة الحرارية المطلوبة (ومستوى العزل المطلوب بالنتيجة) للعناصر المحيطة يتأثر بشكل كبير بشروط لون وتظليل المحيط. إن دهن الجدران والسقف في المناطق الحارة والباردة باللون الأبيض يمكن أن يخفض بشكل كبير الحاجة للعزل للحصول على مستوى محدد من الراحة ومذلك من أجل تحسين الحفاظ على الطاقة للأبنية المكيفة.

هذا الإجراء يمكن أن يستخدم لحساب المقاومة الحرارية المطلوبة تحت أي افتراضات المتعلقة بالألوان ، الإشعاع الشمسي المرتطم (أوتأثير التظليل عليه) والارتفاع المقبول للحرارة المشعة الداخلية فوق مستوى الهواء الداخلي.

الاعتبارات الحرارية للكتلة :

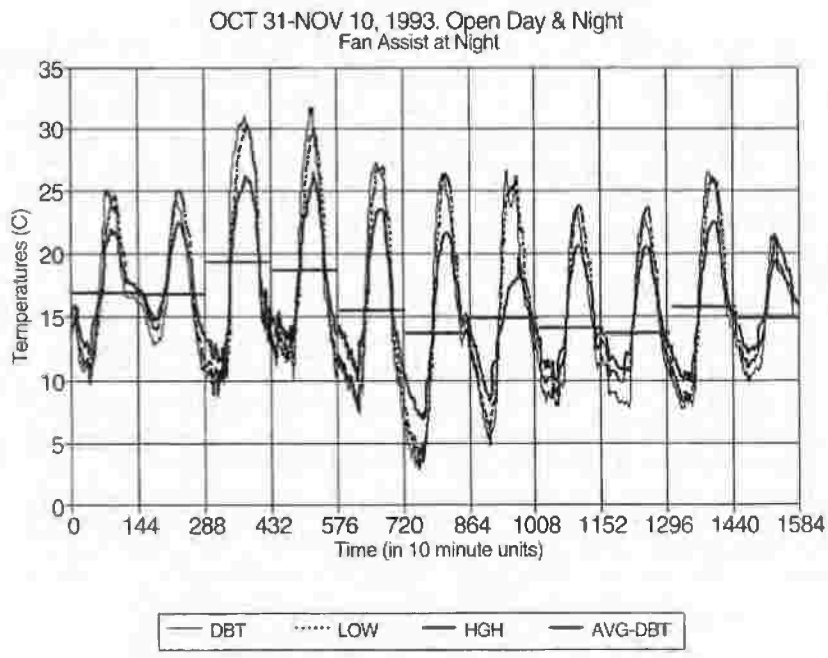
الأبنية الجماعية والعامة في المناطق الحارة والرطبة تبنى بشكل عام بمواد ذات كتلة منخفضة وبشكل رئيسي من الهيكل الخشبي. مثل هذه الأبنية تعتبر مناسبة لهذا المناخ حيث إن درجة حرارتها الداخلية تنخفض بشكل سريع في ساعات المساء عندما تسكن الرياح عادةً. الأبنية ذات الكتلة العالية تبرد بشكل أبطأ أثناء ساعات المساء الأمر الذي يسبب عدم الراحة ونوم قلق. سبب آخر لسيادة الهيكل الخشبي لنوع الأبنية هوتوافر المواد النباتية في المناطق الحارة والرطبة.

وعلى أي حال وكما تم توضيحه في دراسة تجريبية للمؤلف في Pala بكاليفورنيا تمتلك الأبنية ذات الكتلة الكبيرة حرارة داخلية منخفضة أكثر من الأبنية ذات الكتلة القليلة. في ساعات الليل يتم مساعدة التهوية بواسطة مراوح العادم (جهاز منخفض الكلفة جداً وذواستهلاك منخفض للطاقة) درجة الحرارة الداخلية في الأبنية الكبيرة الكتلة قريبة جداً لتلك في الأبنية ذات الكتلة القليلة كما يمكن من ملاحظة ذلك في الشكل ١١ -٨ . والنتيجة التي نستخلصها من هذه الدراسة كانت أنه عند تقديم المساعدة من المروحة للتهوية الليلية فإن الأبنية ذات الكتلة العالية يمكن أن تكون أكثر راحة أثناء معظم الأوقات من الأبنية ذات الكتلة المنخفضة.

الاعتبارات الهيكلية فيما يتعلق بالأعاصير:

العديد من المناطق الحارة والرطبة وخاصةً في الأجزاء الشرقية من القارات تكون عرضةً أيضاً للعواصف المدارية : الأعاصير في جنوب شرق الولايات المتحدة ، الأعاصير الاستوائية في جنوب شرق آسيا وفي شمال شرق أستراليا وهكذا. الصفة الأساسية لهذه العواصف من منظور تصميم البناء هي قوتها الرافعة القوية التي تدمر وترفع حرفياً الأسقف وأحياناً الأبنية بالكامل.

ومن أجل أن يتحمل البناء قوى مثل هذه العواصف يفضل أن يتمتع بنظام هيكلي ثقيل وقوي، غالباً ما يكون مبني على أسس من الإسمنت المسلح، الأمر الذي ينتج عنه بناء عالي الكتلة ومستقر قادر على مقاومة قوى العواصف الرافعة والشادة . ولكن الأبنية ذات الكتلة الكبيرة تبدومتناقضة مع الأبنية من النوع المنخفض الكتلة والتي هي تقليدية في المناطق الحارة والرطبة . الحل الهيكلي والبنائي الجديد الذي يؤمن الأمان والسلامة أثناء العواصف وبذات الوقت يرفع الراحة للحد الأعظمي في البيئة العالية الرطوبة مقترح هنا.



الشكل ١١ – ٨ بوجود تهوية فعالة بالنهار والليل فإن درجات الحرارة في ساعات النهار في الأبنية العالية الكتلة أقل من تلك في الأبنية المنخفضة الكتلة.

كما تم ذكره سابقاً المشكلة الأساسية في الأداء المناخي للأبنية العالية الكتلة في المناطق الحارة والرطبة هومستوى تبريدهم البطيء ودرجة حرارة السطوح الداخلية العالية فيها في ساعات المساء عندما تسكن الرياح حتى عندما تكون النوافذ مفتوحة للتهوية. يوجد حلان تصميميان متوفران للتغلب على هذه الصعوبات.

الأول هو تزويد البناء بمراوح عادم (تخرج الهواء) لتحسين معدل التهوية أثناء ساعات الليل.

الحل الثاني هو هيكلي: تطين الجدران والسقوف بطبقة عزل داخلية ، مثال، طبقة مصنوعة من البليسترين ومثبتة بجير مؤخر أومعيق للنار(مثال جيبسوم). مثل هذه التفاصيل بالجدار تؤمن جمع جيد بين درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر

المحيط والهواء الداخلي عندما تتم تهوية البناء حتى مع معدل تبديل هواء صغير. مثل هذا العزل الداخلي سيؤمن المقاومة المطلوبة للتقليل للحد الأدنى من وقع وتأثير الطاقة الشمسية الممتصة على المحيط. ومن منظور الصفات والمواصفات الحرارية فإن مثل هذا البناء عندما تتم تهويته يتصرف بشكل مماثل للأبنية الخفيفة الوزن.

على أي حال يجب ملاحظة أن العزل الداخلي يعوق إمكانية تخزين الطاقة الشمسية أثناء ساعات النهار للاستخدام الليلي في الشتاء. ولذلك فإن مثل هذا التصميم يجب اقتراحه فقط للمناطق الحارة والرطبة ذات الشتاء المعتدل حيث يمكن قبول التسخين الشمسي النهاري بدون أن يمكن تخزينه.

العواصف المدارية تتصاحب مع أمطار غزيرة وفيضانات وفي المناطق الساحلية تتصاحب مع هيجان بحري وأمواج. إن رفع الأبنية الإسمنتية الثقيلة فوق عضائد بارتفاع حوالي ٣م (١٠ قدم) فوق مستوى الأرض يمكن أن يقلل من تكرار حدوثه وفي العديد من الحالات يقضي على ضرر الفيضان في الأبنية بدون التأثير على قدرة البناء على الصمود بوجه العاصفة. ولكن يوجد هناك فائدة إضافية بسيطة هامشية من رفع البناء فوق مستوى الأرض وهي تحسين إمكانية تهوية البناء طبيعياً.

البناء ذوالكتلة الكبيرة والمبني بالأسمنت المسلح الثقيل والمعزول من الداخل يجمع إذاً مواصفات الأداء الحراري للبناء المنخفض الكتلة مع الحماية القصوى والمتفوقة من العواصف المدارية. يبدوللمؤلف أن تصميم الهيكل هذا يمكن أن يكون حل مثالي في المناطق الحارة والرطبة المعرضة للأعاصير أوالأعاصير الاستوائية (التايفون).

حماية النوافذ من الأعاصير:

في حين يؤمن التركيب الهيكلي الثقيل للجدران والسقف تمت مناقشته فيما تقدم يمكن أن يؤمن الحماية من العواصف الاستوائية والمدارية فإن النوافذ تبقى النقطة الضعيفة في البناء. النوافذ الكبيرة المنصوح بها لتحسين التهوية الطبيعية يمكن أن تشكل خطر أثناء الإعصار. الحماية المناسبة من الرياح القوية يمكن

تأمينها عبر مصاريع خارجية قوية بيضاء وكتيمة. مثل هذه المصاريع إذا كانت مصممة بشكل يكون فيه قسمها الأسفل قابل للفتح للخارج بمفصلات بدرجة حوالي ٤٥ درجة يقدم تظليل فعال جداً بدون تهديد إمكانية التهوية الطبيعية وبخاصة للنوافذ الشرقية والغربية . عندما تغلق وتثبت على الجدران العالية الكتلة يمكن أن تأمن حماية فعالة للزجاج أثناء العواصف.

مشاكل خاصة بالأسقف في البلدان النامية:

أنواع الأسقف المعروفة في المناطق الحارة والرطبة هي الإسمنت - الاسبيستوس أوالحديد المطلي بشكل أطباق متموجة، وطوب طيني وإسمنتي. لحد أن مثل هذه الأسقف يمكن المحافظة عليها باللون الأبيض الأمر الذي يخفف مشكلة التسخين الشمسي الزائد بالحدود الدنيا. ولكن بشكل العام من المسلم به أن المناخ الحار والرطب يكون من غير العملي المحافظة على اللون الأبيض للأسقف بسبب النموالفطري. التجربة في برمودا تدحض هذا الافتراض.

على جزيرة برمودا التربة من منشأ مرجاني ولاتستطيع الاحتفاظ مياه المطر الوفيرة الفائضة. وبالتالي يجب على كل منزل أن يجمع ويخزن مياه الأمطار حيث لاوجود لأي شبكة توزيع عامة للمياه هناك. ومن أجل أسباب صحية فإن كل الأسقف في برمودا (والتي هي مصنوعة من الطوب الإسمنتي) مطلية باللون الأبيض والذي هوعبارة عن مزيج من الكلس وزيت الآلات. اللون الأبيض يصمد لمدة حوالي ٥ سنوات قبل أن يتوجب القيام بعملية إعادة الطلاء.

التجربة في برمودا توضح أنه حتى في المناخ الرطب من الممكن المحافظة على اللون الأبيض للسقف مثل هذا الطلاء الأبيض يمكن أن يكون له دور مهم جداً في تقليل الضغط الحراري في الإسكان المنخفض التكلفة. تظليل السقف استطاع بالواقع التقليل مت زيادة التسخين الشمسي.

في العديد من البلدان النامية يكون النوع المتعارف عليه للسقف «الحديث» هوالمصنوع من الحديد المغلفن بأطباق متموجة . مثل هذه السقف موصلة عالية وتسبب ضغط حراري شديد وعدم راحة أثناء ساعات النهار. ولكن أثناء ساعات الليل مثل هذه الأسقف يمكنها أن تبرد بسرعة كبيرة وغالباً تحت مستوى حرارة الهواء المحيط. بسبب الإشعاعات الطويلة الموجة للسماء. ولذلك تكون مفضلة بالصيف من منظور الراحة الليلية.

سيكون التظليل مساعد كبير في التقليل من درجة الحرارة بساعات النهار لمثل هذه الأسقف. الأشجار ذات الجذوع العالية وظل واسع المزروعة بالقرب وحول الجدران يمكن أن تؤمن ظل فعال فوق السقف. العرائش التي تتسلق فوق السقف يمكن أن لاتكون عملية بسبب الحاجة لعملية إعادة الطلاء المتكررة للتقليل من تآكل الصفائح المعدنية.

نظام التبريد السلبي المشع «مشكل ومفصل» للأبنية ذات الجدران المصنوعة من الطوب أومن الإسمنت والسقوف المعدنية تم وصفها في الفصل ٥.

تم بناء واختبار نموذج من مثل هذا النظام في جامعة UCLA . تم بناء النموذج من صفائح من الخشب المصنع من عدة طبقات والمعزول للجدران والأرضية مع سقف معدني موشوري . الألواح المتمفصلة في النموذج كانت مصنوعة من الألمنيوم الملفوف حول إطار خشبي . الكتلة الداخلية كانت بشكل زجاجات مملوءة بالماء . تم إغلاق النموذج بالليل والنهار لمنع التهوية وتبادل الحمل الحراري .بحيث إن التبريد الذي يحصل بالليل عبر السقف بشكل رئيسي بسبب خسارة الإشعاع الطويل الموجة للسماء.

الشكل ٥-٣ و ٥-٤ يبين درجات حرارة الداخل والخارج والعلية التي قيست بالنموذج المادي لهذا النظام. السقف المعدني أدى عمل نظام تبريد مشع فعال أثناء الليل بينما صفائح السقف المفصلية قللت من اكتساب الحرارة من العلية الأكثر حرارة أثناء ساعات النهار.

المواصفات المناخية لمختلف أنواع الأبنية

في المناطق الحارة والرطبة:

أنواع الأبنية المختلفة لها مواصفات أداء مناخي محدد في المناطق الحارة والرطبة. وبما أن معظم البلدان التي تقع في المناطق الحارة والرطبة هي بلدان نامية فإن المشاكل الاجتماعية الخاصة وحاجات السكان الخاصة يجب أن تكون عامل هام وأساسي في اختيار نوع البناء المحدد. ولكن وبما أن هذا الكتاب محدود بالتعامل مع النواحي المناخية فإن الأثر الاجتماعي لمختلف أنواع الأبنية لن تتم مناقشته هنا ماعدا بعض التعليقات عندما تبدومناسبة. المواصفات المناخية لمختلف أنواع الأبنية ضمن سياق البلدان النامية في المناطق الحارة والرطبة تتم مناقشتها كالتالي.

المنزل العائلي المنفصل:

تعريفاً المنازل المنفصلة معرضة للهواء الخارجي من كل الجوانب. هذا العامل يقدم إمكانية جيدة للتهوية الطبيعية وهي مفضلة في المناخ الحار والرطب. وبضوء مقاومة حرارية محددة للمحيط فإن درجة حرارة الداخل والراحة البشرية أثناء ساعات النهار إذا كان البناء مهوى لن تكون أسوء منها في بناء من نوع أصغر حجماً. أيضاً أثناء ساعات المساء والليل عندما تكون الرياح الخارجية ضعيفة أوساكنة عادةً. المنزل المنفصل سوف يبرد بشكل أسرع من أنواع البناء الأخرى وبالتالي يوفر راحة أكبر.

هذا النوع من البناء هوعلى الأقل أكثر حساسية لاتجاه البناء من منظور التهوية. وفي العديد من الحالات فإن مالكي المنازل يفضلون ، أوكما تقتضي تعليمات التخطيط، أن تكون المنازل موازية للشوارع. وبالتالي فإن المنازل المنفصلة يمكن أن تصمم وتتوافق مع أي توضع ومخطط للشوارع بدون التخلي عن التهوية .وهذا العام يكون مفضل بشكل خاص في المناخ الحار والرطب.

وبوجود كثافة مدنية محددة (معدل الأرض للمنطقة - FAR) وبالمساحة الكلية لأرض المنزل فإن المنازل المنفصلة المزدوجة الطوابق أوحتى ثلاثية الطوابق تقدم إمكانيات تهوية طبيعية أفضل من الأبنية الأحادية الطوابق. وهذا يعود لسببين: الأول، أنه وبوجود ذات المساحة الأرضية فإن المنزل الأحادي الطبقة يغطي جزء أكبر من كتلة البناء وبالتالي يترك مسافة أصغر بين الأبنية، وهذا العامل يقلل إمكانية التهوية. والثاني، أن تهوية الطابق الأرضي غالباً ما يكون حاوياً لأشجار والشجيرات القريبة التي يمكن أن متواجدة بكثرة في العديد من المناطق الحارة والرطبة بينما الطوابق الأعلى تكون معرضة أكثر للرياح.

وبالملخص فمن المنظور لمناخي تكون المنازل المنفصلة هي الأكثر مناسبة للمناطق الحارة والرطبة. هذا العامل يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند المخططين المدنيين وخاصةً أن هذا النوع هومناسب أيضاً من الناحية الاجتماعية والعملية لحاجات العائلات الكبيرة ذات الدخل المنخفض. ولكن المنازل المنفصلة تؤدي لكثافة سكانية مدنية منخفضة مع مشاكلها المساحية للامتداد المدني، والاختناق المروري في مناطق مركز المدينة وهكذا.

منازل البلدة (المنازل الصفية):

تتكون منازل البلدة من مجموعة من وحدات المنازل العائلية المنفردة مرتبطة مع بعضها البعض بجدرانها الجانبية وتشكل بالتالي «صف» من وحدات المعيشة. يمكن أن ترتب الوحدات حسب الارتفاع من الطابق الواحد وحتى الثلاثة طوابق مشغولة كلها بذات المنطقة. في المناطق الحارة والرطبة تقدم المنازل المدنية من المنظور المناخي الخيار الأفضل الثاني لأنواع البناء للإسكان الجماعي بعد المنازل المنفصلة وبذات الوقت يؤمن كثافة مدنية أكبر. ولكن المنازل المدنية حساسة لاتجاهها أكثر من المنازل التي تسكنها عائلة واحدة من منظور التهوية بما يتعلق باتجاه الريح.

في المنازل المدنية المتعددة الطوابق يمكن أن تشكل الأدراج الداخلية محاور لتدفق الهواء العامودي . عندما تكون هذه المحاور كبيرة بشكل كاف فإنها تغير كامل الفراغ الداخلي للمنزل ليصبح فراغ متداخل من منظور تدفق الهواء. وبالتالي أثناء فترات سكون الرياح يمكن أن تستفيد المنازل المدنية المتعددة الطوابق الفرق بين درجات الحارة بالداخل والخارج لتهوية أكثر فعالية من المنازل ذات الطابق الواحد وبخاصة أثناء الليل عندما تسكن الرياح عادةً.

الأبنية السكنية المتعددة (تحوي عدة شقق) الطوابق:

هذا النوع من البناء هوالأقل كلفة من الإسكان الجماعي وخاصة بالنسبة للأبنية التي تحتوي مصاعد وبالتالي فإن سلطات الإسكان الجماعي تميل لتفضيلها عن الأنواع الأخرى من الأبنية ولكن الأبنية التي تحوي العديد من الشقق المتعددة الطوابق يمكن أن تمثل صعوبات في تقديم التهوية إلاإذا تم تصميمها مع أدراج (أومصاعد في الأبنية التي تحوي العديد من الطوابق للصعود) التي تخدم فقط وحدتين في كل طابق كما تم مناقشته في الفصل ٦.

مثل هذه الأبنية هي حساسة أكثر من المنازل العائلية المنفردة . أسوء الشروط تكون في الأبنية ذات الدهاليز الداخلية المزدوجة.

ولذلك ، مثل هذه الأبنية التي تحوي عدة شقق يجب تجنبها في المناطق الحارة والرطبة إلاتجهيز هذه الأبنية بمراوح عادمة لكامل المنزل أوأن توضع مثل هذه المراوح في كل غرفة من الشقة.

عندما تكون الدهاليز خارجية ومفتوحة(مثل الشرفة) من الممكن الحصول على تهوية في الشقق التي تكون على امتدادها فقط عبر وجود نوافذ مفتوحة أيضاً على جانب الشقة المجاور للدهليز . وهذا بالطبع يؤثر بشكل كبير على الخصوصية الصوتية والبصرية للسكان.

الحل التصميمي الفعال لموضوع لخصوصية البصرية في البناء ذوالشقق الذي يحوي دهاليز خارجية هووضع الممر بمستوى أخفض بحوالي ٥٠-٧٠ سم (٢٠-٢٨ إنش) أسفل مستوى الطابق الأساسي مع أدرج تقود بشكل منفرد لكل وحدة من الممر. النوافذ الموجودة في جدران الشقة المجاورة للممر بارتفاع عتبة النافذة حوالي ١,٢٠م والتي ستكون تحت السقف بالممر وفوق مستوى نظر الشخص المار بالممر كما هوموضح بالشكل ٢-١٤. هذا التفصيل بالتصميم يمكن من تهوية وحدة المعيشة ويؤمن بذات الوقت الخصوصية البصرية.

عندما يخدم الدرج في البناء الشققي وحدتين فقط بكل طابق فإن كل شقة تتعرض على الأقل لجدارين خارجيين. وبالتنظيم الداخلي المناسب للفراغ الداخلي يصبح من الممكن عندئذ تأمين شروط تهوية جيدة لكامل وحدة المعيشة. ولتحقيق هذا الهدف يجب أن يكون اتجاه واجهة البناء الطولية إما مواجه للرياح السائدة أومعاكس لاتجاه الريح بزاوية لاتزيد عن ٦٠ درجة من الوضع المواجه للرياح.

عندما تبنى مجمعات الشقق المتعددة الطوابق حول فناء أوساحة فإن الكتل الموجودة باتجاه الرياح المنخفضة تكون حالتها أدنى من منظور التهوية. كل من الجانب «الداخلي» للساحة من كتلة البناء والجانب «الخارجي» تكون تحت ضغط منخفض. أحد الحلول التصميمية لمثل هذه المشكلة هوخفض عدد الطوابق بجزء من الكتل الموجودة بمكان الرياح الصاعدة كما هوموضح في الشكل ١١ - ٥

الأبنية المرتفعة «البرجية»:

هذا النوع من الأبنية التي تتطلب هيكل معقد تكون المصاعد والأنظمة الميكانيكية الأخرى مناسبة بشكل خاص للأناس ذوي الدخل المرتفع نسبياً وبالتالي لايمكن أن تحل مشاكل الإسكان الجماعي في معظم البلدان وبخاصةً البلدان النامية. ولكن هذا النوع من الأبنية له بعض المواصفات المثيرة للاهتمام من الناحية المناخية في المناطق الحارة والرطبة وبالتالي تستحق الاهتمام.

عندما توضع الأبنية العالية والضيقة بشكل متباعد نسبياً فإنها لاتخفف سرعة الهواء بالقرب من مستوى الأرض، كما تم مناقشته بالفصل ٩ . وبالواقع مثل هذه الأبنية يمكن أن تزيد بشكل جيد مستوى سرعة الهواء بالقرب من الأرض حولها وبالتالي تحسن إمكانية التهوية للأبنية المنخفضة بينها وأيضاً بالشوارع. سكان الطوابق العالية يتمتعون بدرجات حرارة أخفض وكذلك برطوبة أقل (حيث يتم توليد البخار من الخضرة والرطوبة من الأرض عند أوبالقرب من مستوى الأرض). هذا بالإضافة لإمكانيات التهوية الأفضل والمنظر الأجمل المقدمة من قبل الطوابق العليا.

تقديم الإسكان العالي الجودة ، مع ارتفاع كلفته، في المدينة يمكن أن يزيد أيضاً من جاذبيتها للمحترفين ولمجموعات السكان ذوي الدخل العالي، هذه الجاذبية التي يمكن أن تكون مصدر مالي للبلدات بالبلدان النامية.

الخطوط الأساسية للتصميم المدني للمناطق

الحارة والرطبة:

الهدف الأساسي للتصميم المدني في المناطق الحارة والرطبة يتضمن نوعين من المواضيع:

- التقليل من مخاطر العواصف المدارية والفيضانات للحد الأدنى
- التقليل من الانزعاج الحراري واستهلاك طاقة التبريد للحد الأدنى.

هذه الأهداف العامة يمكن شرحها أكثر والتعليق عليها :

التقليل من مخاطر العواصف المدارية والفيضانات للحد الأدنى:

- تقليل مخاطر الفيضانات من الماء المتدفق خلف حدود المدينة (التي هي مكان المشكلة بشكل رئيسي)
- التخلص السريع من مياه المطر الزائدة الناتجة عن التمدن
- تقديم الحماية من المطر للمشاة في الشوارع» التجارية».

التقليل من الانزعاج الحراري واستهلاك طاقة التبريد للحد الأدنى.:

- تقديم الظل للمشاة (على الأرصفة)
- تقديم الظل للنشاطات الخارجية مثل مناطق لعب الأطفال.
- تأمين تهوية جيدة طبيعية للفراغ المدني (شوارع، أماكن مفتوحة بين الأبنية، أماكن عامة مفتوحة،وهكذا).
- تقديم إمكانية تهوية جيدة للأبنية (شروط لتدفق الهواء حولها)
- التقليل من تأثير «الجزيرة الحرارية» في المناطق ذات الكثافة المعمارية للحد الأدنى.

المواصفات التصميمية الأساسية التي يمكن أن تسهم لتحقيق هذه الأهداف هي:

- الاعتبارات المكانية ضمن المناطق الحارة والرطبة
- التقليل من مخاطر الفيضان عبر مواصفات تصميمة مدنية خاصة
- توضع ومخطط شبكة الشوارع
- الكثافة المدنية وارتفاعات الأبنية في المناطق الحارة والرطبة

مناقشة وقع وتأثير هذه المواصفات المدنية على مناخ راحة السكان في المناطق الحارة والرطبة واقتراحات لاستراتيجيات التصاميم المرتبطة بها مقدمة لاحقاً.

الاعتبارات المكانية ضمن المناطق الحارة والرطبة:

عند التخطيط لمدينة أوبلدة جديد في منطقة محددة تختص بمناخ حار ورطب و«مبلل» أوعند تخطيط حي جديد أوإعادة هيكلة مدينة موجودة يجب أن يأخذ المخططون الاعتبارات التالية بعين الاعتبار:

● تجنب مناطق الفيضان المنخفضة للاستخدامات السكنية أوالتجارية الكثيفة . مياه الفيضان هذه يمكن أن تنشأ في مناطق بعيدة جداً عن المدينة بحد ذاتها (مثال: الجبال المحيطة بها)

● تفضيل المناطق ذات رياح طبيعية جيدة وأيضاً إن وجد، ذات درجات حرارة أخفض. هذا العامل هام جداً بشكل خاص للمناطق السكنية. ولكن وحتى في شوارع المناطق التجارية وبافتراض أن معظم الأبنية مكيفة فإن التهوية الجيدة مهمة جداً لراحة المشاة

● توافر مجاري تصريف أومصارف طبيعية في الملامح الطبوغرافية للمنطقة على النطاق الصغير، وبشكل رئيسي لمياه المطر الزائدة المتراكمة ضمن المنمطة المدنية ذاتها.

اعتبارات مخاطر الفيضان:

المناطق المسطحة على جوانب الأنهار أوقرب مصبات أومخارج الأنهار يمكن أن تكون عرضة لفيضانات شديدة عند المطر الغزير، وغالباً في مناطق تجمع الأمطار ، ترفع مستوى المياه فوق مستوى الفيضان «الطبيعي »

العديد من المناطق الحارة والرطبة الساحلية موجودة في مناطق مسطحة وعرضة للأعاصير (أوالأعاصير الدائرية (السايكلون) كما تدعى في جنوب شرق آسيا). العواصف تترافق مع هطول غزير للأمطار. على طول المناطق الساحلية، الارتفاع بمستوى البحر والأمواج العالية التي تسببها الرياح الساحلية القوية يمكن أن تسبب ضرر كبير وخسارة بأرواح الناس القاطنين في المناطق المغمورة.

يمكن تحقيق بعض الحماية من رياح الأعاصير عبر استغلال بعض الملامح الطبوغرافية التي تؤمن ملجأ من الرياح القوية باختيار موقع المستوطنة. أيضاً الأحراش الكثيفة والغابات ذات الأشجار العالية والقوية يمكن أن تؤمن بعض الحماية من رياح الأعاصير. (بعد de Carmona ١٩٨٤).

أفاد ديفيس (١٩٨٤) أن المناطق الرئيسة الضعيفة أمام الرياح القوية والفيضان هي أودية الأنهار، مصبات الأنهر، والأحزمة الساحلية المعرضة لعواصف السايكلون. مثل هذه المناطق غالباً ما تكون جذابة بسبب الزراعة ذات الري الطبيعي بسبب خصوبة الأراضي أولتقديمها فرصة للصيد والتجارة الساحلية. هذه الجاذبية الاقتصادية يجب أن تقاس بما يقابلها من الخطورة على الحياة وإمكانية خسارة الممتلكات أثناء فيضانات السايكلون.

اعتبارات التهوية الطبيعية:

العامل الرئيس في تحديد الضغط الحراري في المنطقة الحارة والرطبة هوإمكانية التهوية الطبيعية . الملامح الطبوغرافية للأرض يمكن أن تبدي مواصفات مختلفة جداً من حالة الرياح في الأماكن القريبة وخاصةً أثناء فترات الرياح الخفيفة.

المنحدرات التي تكون باتجاه الرياح مفضلة عن المنحدرات التي تكون بعكس الرياح من منطلق التهوية. يمكن أن تتعرض منحدرات الوادي لتيارات هوائية منخفضة أثناء الليالي الساكنة الرياح وبالتالي يمكن أن تقدم شروط مريحة اكثر بالمقارنة مع منطقة أرض الوادي (Lyons ١٩٨٤).

مناطق الساحل البحري وسواحل البحيرات يمكن أن تستفيد من النسيم البحري النهاري والنسيم على الأرض الليلي. والنسيم البحري النهاري هوذوأهمية خاصة والذي عادةً ما يبلغ سرعته القصوى في فترة ما بعد الظهر عندما يكون فرق درجات الحرارة أكبر ما يكون بين البحر الأكثر برودة والأرض الأدفأ . وفي هذه الحالة يقدم نسيم البحر راحة للمناطق التي تتأثر به بمزيج من السرعة الأعلى ودرجات الحرارة المنخفضة بالمقارنة مع المناطق القريبة «المحمية».

التقليل من مخاطر الفيضان عبر مواصفات تصميمة مدنية خاصة:

الفيضانات في المناطق المدنية يمكن أن تسببها إما الأمطار الناشئة في المناطق

البعيدة التي تسيل عبر المدينة أومياه الأمطار الزائدة المتكونة فوق منطقة المدينة التي لايمكن أن تمتص بالتربة أوالتي تخرج بالسرعة المناسبة. أثناء الأمطار تزيد المدينة نفسها من تفريغ المياه الزائدة: قدرة الأرض في المناطق المدنية على امتصاص المياه تقل كنتيجة لتغطية الأرض بالمباني ، الطرقات ، مناطق وقوف السيارات، وهكذا. هذا العامل يزيد من مخاطر الفيضان في المناطق المدنية المنخفضة والمسطحة .

التدفق المركز لمياه المطر من المناطق البعيدة أكثر بكثير من منطقة البلدة نفسها يمكن أن يرفع مستوى المياه بعدة ياردات فوق» الطبيعي» ويسبب دمار كبير. لايمكن لأي تفاصيل تصميمية أن تمنع مثل هذا الفيضان ولكن ببساطة تتجنب المناطق المعرضة لها. وبالتالي منع مثل هذه المخاطر والتي تتضمن غالباً خسارة بالأرواح يكون عبر تجنب التطوير المدني في المناطق التي تكون فيه مثل هذه الفيضانات واردة.

وبالواقع فإن اعتبارات أخرى والتي تكون بكل رئيسي اقتصادية يمكن أن تشكل ضغط للتوسع المدني في المناطق المعرضة للفيضان مثل تلك التي تكون على ضفاف الأنهار أوالمناطق المنخفضة والمسطحة وهكذا. إن إمكانية حدوث مستوى محدد من الفيضان ضمن منطقة ما (على عدد من السنين) غالباً ما يستخدم كقاعدة لاعتبارات الكلفة /الربح للتطوير المدني في منطقة ما عرضة للفيضانات بسبب المياه القادمة والمتكونة في مناطق بعيدة. الاعتبار الحذر لمثل هذا المنطلق في الموقع المبدئي لبلدة يمكن أن ينقذ أرواح ويقلل من الخسارة بالممتلكات الناتجة عن الفيضانات الكبيرة في المناطق ذات الكثافة السكانية.

ومن ناحية أخرى إن خطورة الفيضانات بسبب مياه الأمطار الزائدة ضمن حدود المدينة نفسها يمكن تقليله للحدود الدنيا عبر تفصيلات تصميمة مدنية . التفاصيل التصميمية التالية يمكن تطبيقها لتحقيق هذا الهدف:

- زيادة امتصاص التربة للمطر في المناطق المدنية وبالتالي تقليل التفريغ
- الحفاظ على ملامح الأرض ذات التصريف الطبيعي مثل نظام الأودية المتصلة

● تجميع التفريغ الزائد في خزانات مدنية مثل البحيرات الصغيرة التي يمكن أن تستوعب أيضاً ضمن تصميم المخطط المدني.

إن شبكة الأودية التي تصرف بشكل طبيعي مياه المطر من منطقة المدينة يمكن أن تخدم كمنتزهات مدنية أومناطق مفتوحة أخرى. وبالزراعة المناسبة يمكن أن يعاد استخدامها لمثل هذه الوظائف بعد أن تتراجع مياه الأمطار. وبهذه الطريقة يمكن أن تخدم احتياجات الفعاليات الاجتماعية للناس مع هذه الوظيفة المرتبطة بالمناخ.

من كل ما تقدم يكون من الواضح أن التقليل من مخاطر الفيضان للحد الأدنى يجب أن يبدأ من تخطيط موقع واستخدام الأرض والتي هي المراحل الأساسية الأولية للتصميم المدني.

قدم Dunne ١٩٨٤ نوعين من استراتيجيات التصميم التي تقلل من مخاطر الفيضان في المناطق المدنية والتي تهدف للأهداف التالية:

● تقليل حجم التفريغ الناتج عن العواصف

● تأخير التفريغ وتمديد مدة التصريف إلى مجاري أوقنوات التصريف

التقليل من حجم التفريغ:

يعلق dunne أن «معظم الطرق الواضحة لتقليل التفريغ هوالمحافظة قدر الإمكان على الخضرة والنباتات الطبيعية وعلى التربة السطحية النفوذة .» ويوصي أيضاً «بزرع الأغطية النباتية التي تكون فعالة في المحافظة على قدرة اختراق عالية وفي الحماية ضد تآكل التربة ...الأشجار، مثل العديد من أشجار الأوكاليبتوس التي تجعل التربة التي تحتها عارية وقابلة للحت ليست مفيدة جداً في التحكم بالتفريغ.»

يجب ملاحظة أن جزء كبير ومهم من المناطق السطحية المدنية ليست معرضة حركة سير كثيفة للمركبات مثل مرآب السيارات مناطق المشاة ومثلها. هذه المناطق يمكن تغطيتها بأرصفة نفوذة مثل كتل الإسمنت من النوع النفوذ أوبواسطة طوب

خاص. يمكن أيضاً تمهيد الأرض وبزرها بعشب مناسب لزيادة النفوذية. الطبقة المكونة من مزيج من الرمال والحصى تحت الكتل يمكن أن تزيد من منطقة الاختراق والنفوذ الفعال تحت السطح الشبه قاسي، وبالتالي تزيد من معدل الماء الممتص لداخل الأرض.

سياسة التخطيط المثيرة للاهتمام لزيادة امتصاص مياه المطر بالأرض طبقت في مدينة California – Davis. كل مناطق وقوف السيارات العامة بكتل مثقبة نفوذة. وبدلاً من أنابيب التصريف تحت الأرض يكون تصريف التفريغ عبر سلسلة مترابطة متصلة من أودية صغيرة عريضة وقليلة العمق تعمل كملامح تصريف طبيعية في المنطقة. هذه «الأودية» القليلة العمق تشكل قسم أوجزء متكامل من نظام الأماكن المدينة المفتوحة. أقنية التصريف الطبيعية المفتوحة أثبتت أنها أكثر فعالية من أنابيب التصريف التقليدية الموجودة تحت الأرض أثناء العواصف المطرية الشديدة.

تأخير التفريغ:

تأخير ذروة ومدة انتشار مياه التفريغ يتضمن تخزين مؤقت للكمية المحددة من الماء على سطح الأرض أوضمن طبقة الحصى الموجودة فوق التربة.

العديد من الأبنية المؤسساتية والتجارية والصناعية الحديثة لها سقوف مسطحة والتي يستطيع هيكلها أن يتحمل طبقة من المياه. يقترح Dunne ١٩٨٤ أن مثل هذه الأسقف يمكن استخدامها للاحتفاظ بالماء أثناء المطر وتفريغها بشكل بطيء لاحقاً.

يجب ملاحظة أن هذه «البرك السقفية أوالسطحية» تحتفظ بجزء محدد من الماء أيضاً بعد المطر، الذي يتبخر أثناء الفترات المشمسة بين الأمطار، يمكنها أن تقلل بشكل ملحوظ من حمل الحرارة على البناء.

البركات القليلة العمق المؤقتة من مياه المطر ممكنة أيضاً ضمن مواقف السيارات بشرط أن ارتفاع البركة لايمنع الاستخدام العملي لتلك المنطقة. إذا ملئت مواقف

السيارات بطبقة من الحصى بعمق محدد تحت السطح المستخدم فيمكنها أن تحتفظ بشكل مؤقت كمية من الماء بدون أن تتدخل باستخداماتها.

يقترح Dunne أيضاً أنه من الممكن الاستفادة من الانهيارات أوالحفر الطبيعية ضمن منطقة المدينة كسدود مؤقتة صغيرة في المناطق المناسبة طبوغرفياً لتكوين أحواض حجز. مثل هذه الأحواض يمكن استخدامها كمناطق عشبية أوترفيهية بين العواصف.

ولكن يجب أخذ الحذر بتجنب البرك التي تبقى فيها المياه لمدد طويلة والتي تصبح أماكن لتكاثر الحشرات.

توضع أومخطط شبكة الشوارع:

الأهداف المناخية الأساسية في المناخ الحار والرطب فيما يتعلق بمخطط الشوارع ضمن منطقة المدينة هوتقديم شروط تهوية جيدة للمشاة بالشوارع وإمكانية جيدة لتهوية الأبنية على طول الشوارع. الحل التصميمي «المثالي» لهذين الهدفين ليس ذاته (راجع الفصل ٨ ، عرض الشوارع واتجاهها ، الصفحة ٢٨٨) ويجب القيام بتسوية بينهما (حل وسط).

هدف آخر هوتقديم الظل فوق الأرصفة في الشوارع بضوء اعتبارات كبيرة للمشاة. مثل هذا الظل يمكن تقديمه بواسطة الأشجار على طول الأرصفة وكذلك عبر تفاصيل خاصة بالأبنية. وعندما يوجد تعارض بين مخطط الشارع التي تهدف لتوفير التهوية وتلك التي تهدف لتظليل الأرصفة، نواحي التهوية يمكن أن تكون أكثر أهمية في المناخ الحار والرطب.

موضوع اتجاه الشوارع وعرضها مهم جداً بشكل خاص في الأقسام من المدينة التي يكون فيها بناء كثيف مثل الأقسام التجارية والمناطق السكنية الكثيفة التي تحوي مجمعات سكنية (شققية) كبيرة . في المناطق ذات الكثافة السكنية القليلة والتي يكون سائد فيها المنازل المنفصلة للعائلة الواحدة مع المساحات الخاصة

المفتوحة المحيطة بها تكون المشكلة ذات أهمية قليلة. في مثل هذه المناطق المدنية يمكن للرياح أن تمر بين وحول الأبنية. وبالتالي يكون دور الشوارع في مرور الرياح قليل نسبياً. ولذلك فإن النقاش التالي مهم بشكل رئيسي للأقسام المدنية ذات الكثافة السكانية العالية.

يتم تحقيق أفضل تهوية ضمن الشوارع والأرصفة عندما يكون الشارع موازي لاتجاه الرياح السائدة أثناء ساعات بعد الظهر (عندما تصل الحرارة في المدينة حدها الأقصى) ولكن عندما تكون الشوارع موازية لاتجاه الرياح والأبنية الموجودة على طولها تواجه الشارع تتعرض إمكانية تهوية الأبنية للخطر. والسبب أنه بهذا الاتجاه تكون كل جدران البناء سوف تكون في مناطق «الامتصاص» . التهوية الداخلية الفعالة يمكن أن تحدث في بناء ما فقط عندما يكون أحد جدرانه على الأقل (ونوافذه) في منطقة «الضغط».

الشوارع المواجهة لاتجاه الريح والتي يوجد على طولها أبنية طويلة متقاربة يمكن أن تحجب الرياح في كامل المنطقة المدنية وبالتالي مثل هذه الشوارع الطويلة التي لاتوجد فيها قواطع تعوق فعلياً التهوية المدنية في المناطق الحارة والرطبة.

التوضع الجيد من منطلق التهوية المدنية في المنطقة الحارة والرطبة هويكون اتجاه الشوارع العريضة الرئيسة بزاوية منحرفة مع الرياح السائدة (مثال حوالي ٣٠ درجة) . هذا الاتجاه يؤمن أيضاً اختراق الرياح لقلب المدينة. الأبنية الموجودة على طول مثل هذه الشوارع معرضة لضغوط هواء مختلفة على واجهاتها الأمامية والخلفية – الجدار الموجود باتجاه الرياح العلوية يكون في منطقة ضغط بينما يكون الجدار الموجود في منطقة الرياح السفلى يكون فيمنطقة امتصاص.

هذا الاتجاه للشوارع يقدم بالتالي إمكانية جيدة للتهوية الطبيعية للأبنية وبذات الوقت تؤمن أيضاً تهوية جيدة ضمن الشوارع . وهي مرغوبة بشكل رئيسي في المناطق المدنية ذات الكثافة السكنية العالية .

الكثافة المدنية وارتفاع الأبنية في المناطق الحارة والرطبة:

الكثافة المدنية هي ضمن العوامل الأساسية التي تحدد شروط التهوية المدنية، وكذلك درجة حرارة المدينة. وتحت ظروف محددة المنطقة المدنية ذات الكثافة العالية بالمباني يمكن أن تتعرض لتهوية سيئة وتأثير «جزيرة الحرارة» قوي . في المناطق الحارة والرطبة هذه العوامل سوف تقود لمستوى عالي من الضغط الحراري للسكان وفي الأبنية المكيفة تقود لزيادة مستوى استهلاك الطاقة.

De Carmona(1984)علق أنه على الرغم من أن «الترتيب الطبيعي للأبنية في المناطق المدارية الرطبة سيبدوأنه يميل باتجاه كمية معينة من البعثرة ...ان الضرورات الاجتماعية والاقتصادية الملحة تقتضي أن المدن يجب أن تصبح أكثر تركيز مما يجعل من الضروري زيادة الكثافة لتقليل كلفة الخدمات العامة وتحقيق التماسك الاجتماعي المطلوب.س

وبالتالي فإن حقيقة التمدن الحديث تقود لتركيزات وكثافات عالية أعلى من ما كانت علية المستوطنات التقليدية. ولكن مع تفاصيل التصميم المدني وتفاصيل تصميم الأبنية المناسبة هذا يكون ويجب أن يكون قابل للتحقيق بأقل إساءة ممكنة لنوعية البيئية.

وبشكل عام كلما كانت كثافة الأبنية أعلى في منطقة محددة كلما كانت شروط التهوية فقيرة حسب التركيب الخاص للأبنية التي تم بواسطتها الحصول على الكثافة.

التركيب المدني الذي يجب تجنبه يقدر الإمكان في المناطق الحارة والرطبة هوالذي يحوي أبنية عالة طويلة ذات طول متساوي، مواجهة لاتجاه الرياح الائدة. هذا التركيب يحجب ويصد الرياح ويخلق شوط تهوية فقيرة في كل من الشوارع ولكل الأبنية حيث يعمل الصف الأول من الأبنية محواجز للرياح.

إن صورة المدينة ذات الارتفاعات المختلفة حيث الأبنية ذات ارتفاعات مختلفة والمتوضعة بالقرب من بعضها البعض وحيث الواجهات الطولية منحرفة عن الرياح تحسن التهوية المدنية (انظر تأثير الكثافة المدنية وارتفاع الأبنية على التهوية المنية ، الفصل ٨).

في مستوى محدد من الكثافة تكون شروط المناخ النظري الأمثل المتواجدة في المناخ الحار والرطب عندما يتم تحقيق هذه الكثافة بواسطة الأبنية العالية والضيقة («الأبراج ») متوضعة أبعد مايكون عن بعضها البعض بحيث تتوافق مع الكثافة المحددة. مثل هذا التركيب أوالشكل يقدم أفضل شروط تهوية للقطاع المدني المحدد ككل وبخاصة للسكان الأبنية. وتساهم عدة عوامل بهذا التأثير:

أ- أبنية ضيقة «شبيهة بالأبراج» المتوضعة بعيدة عن بعضها البعض تسبب اختلاط بمجرى الهواء وتدفقه على ارتفاعات عالية معالهواء القريب من الأرض. قسم من قوة الرياح في الارتفاعات العالية يتم نقله بالتالي للمستوى الأخفض مما يزيد من سرعة الرياح قرب الأرض. هذا التأثير يحسن شروط التهوية للطوابق السفلى وكذلك للمشاء في الشوارع والأماكن المفتوحة بين ابنية.

ب- مع هذا التركيب فإن القسم الأكبر من السكان يعيش ويعمل على ارتفاعات عالية فوق مستوى الأرض . كل من درجة الحرارة وضغط البخار تقل مع الارتفاع وبخاصة في المنطقة المدنية المبنية بكثافة . ولذلك شروط الراحة للناس الذين يعيشون في الطوابق العليا تحسنت.

ت- وبما أن درجة الحرارة على ارتفاع ٣٠-٤٠ م (٩٨-١٣٠ قدم) أقل من حرارة الهواء القريب من الأرض (الذي يتم تسخينه بسبب الأرض الأكثر دفئ) فإن الخلط بين الطبقات من ارتفاعات مختلفة والذي منشؤه الأبنية العالية يخفض حرارة الهواء على «مستوى المشاة».

على كل يجب ملاحظة أن الأبنية العالية تتضمن تقنية «عالية أومتقدمة» في كل

من عملية بنائها ونمط سكانها. وبشكل خاص الأبنية العالية تحتاج للمصاعد والصيانة الدورية،. وبالتالي تكون مناسبة بشكل رئيسي للأناس ذوي الدخول العالية . وكما يجب ملاحظة أيضاً أن الأبنية العالية يست مناسبة للعائلات ذات الأطفال الصغار وبخاصة للعائلات الكبيرة ذات الدخل المنخفض والتي تشكل الأكثرية الساحقة من السكان بالبلدان النامية .

وكملخص يبدوأن الأبنية العالية الارتفاع مصممة للعائلات ذات الدخل العالي وذات عدد قليل من الأطفال يمكنها أن تساهم بتحسين المناخ المدني في المناطق الحارة والرطبة عندما توزع بين الأبنية الأقل ارتفاعاً. إن تشجيع التطور المدني عبر الأبنية المختلفة الارتفاعات متوضعة بجانب بعضها البعض يحسن بالتالي التهوية المدنية.

١٢

البناء والتصاميم المدنية في المناخات الباردة

مقدمة

المناطق الباردة معرفة هنا كمناطق ذات معدل حرارة أثناء أشهر الشتاء (من نوفمبر إلى مارس) تحت درجة التجمد الصفر درجة مئوية (٣٢ فهرنهايت) وذات ظروف مناخية صيفية باردة ومريحة . في مثل هذه المناطق التصميم تكون الاهتمامات المناخية الرئيسة هي تقليل طاقة التدفئة في المباني، منع الازعاجات من التيارات الهوائية، والتقليل من الازعاجات البرد في الخارج. ومواضيع الراحة في الصيف في مثل هذه المناطق هي قليلة الأهمية بالمقارنة مع مشاكل الشتاء ومن المعتقد أن التهوية الجيدة بحد ذاتها يمكن أن تؤمن الراحة الداخلية.

الأهمية القليلة لمواضيع الراحة في الصيف في المدينة وتصاميم البناء هي الفارق الأساسية بين المناطق «الباردة» التي تتم مناقشتها في هذا الفصل والمناطق ذات الشتاء البارد ولكن اختبر الناس بها إزعاجات كبيرة من الحرارة في الصيف ، وهي المناطق التي يتم مناقشتها في الفصل ١٣. وبالتالي فإن هذا الفصل سيتعامل فقط مع مشاكل الشتاء وتأثيرهم على البناء وتصميم المدنية.

إزعاجات البرد في الخارج تتأثر بشكل قوي بسرعة الرياح التي بالتزامن مع درجة حرارة الهواء، تحدد ما يسمى بلسعة الهواء. ومن هنا تنبع أهمية الحماية من الرياح في الأماكن العامة المفتوحة مثل الشوارع ، الملاعب الشتوية، والحدائق التي تحوي نشاطات وألعاب شتوية.

إن تحسين المناخ المحلي في المدن الباردة يمكن أن يكون له كذلك قيمة اقتصادية كبيرة وهامة. علقت pressman (١٩٨٨) أن بعض المدن في كندا عاني من سفر الشرائح ذات الأحوال الجيدة من السكان والتي يعتقد أن المناخ القاسي ساهم فيه، وبالتالي يقلل من القاعدة الضريبية للمدن.

في هذا المجال فإن إمكانيات وسائل الترفيه الخارجية والنشاطات الرياضية للأطفال ، والبالغين ، والمتقدمين بالسن، وأيضاً التقليل من الازعاجات ، وعدم الملائمة والأخطار المرتبطة بالتنقل ضمن المدينة في الشتاء، يمكن أن يكون لها وقعها على جاذبية المدينة، وخاصةً لشرائح السكان الذين لديهم اختيارات أكبر في العمل والتوظيف في مكان آخر.

في المدن والقرى الباردة من المهم أن يتمكن السكان من القيام برحلات يومية سهلة واقتصادية للعمل، المتاجر، المدرس، وهكذا. المحافظة على هذه الأهداف يتطلب طرق للدخول ويؤثر على تصميم الإسكان ، التوظيف، الخدمات المدنية (مثل إزالة الثلوج) والترفيه. تقترح pressman «التصنيفات» التالية لأهداف التصميم المدني («المجال المدادي») في المدن الباردة:

١- حماية المشاة عبر تصميم الأعمدة والممرات ، الأقواس أوالمعابر المغطاة ، المعارض، الممرات عبر المباني، الردهات المتصلة، والمعابر تحت الأرض.

٢- تحسين المداخل عبر تقليل المسافات التي يجب عبورها بالخاج للوصول لمنشآت النقل، مواقف السيارات، مراكز المبيع المباشر الضخمة، المدارس، ومراكز الترفيه.

٣- تطويرات وتحسينات متكاملة عبر خطوط إرشادية وسياسات تروج للمناخ المحلي المحسن والمطور عبر أشكال مدنية مناسبة من المنافذ الشمسية، وعبر استخدامات مختلطة ومكثفة للأراضي، وممرات المواصلات (وسائط النقل)، وهكذا.

٤- مفاهيم للأماكن العامة وعلاقاتها مع الاستخدام الموسمي: تصميم وإدارة المساحات الخاصة بالمواطنين والسكان ومواقف السيارات بالأحياء لتعظيم

الاستخدام على مدار السنة. وهذا يمكن تحقيقه عبر الاستخدام المتعدد للعناصر الأساسية في المنطقة.

هذا المواضيع الخاصة بالمدن الباردة مناقشة على صعيدين. (أ) البناء بحد ذاته والموقع المحيط به و(ب) المقياس المدني.

تصميم لبناء والموقع المحيط به في المناخات الباردة

في المناطق الباردة، كما تم تعريفها سابقاً، تتم تدفئة المباني بشكل مستمر لأشهر أثناء الشتاء. إن موسم التدفئة طويل وفروق الحرارة بين الأبنية المدفأة والخارج كبيرة. وبالتالي وعلى صعيد مقياس البناء يكون الهم الأساسي هو تقليل فقد الحرارة من البناء. وهذا يعني المحافظة على مستويات عالية من التدابير الاحتياطية في الجدران، السقف، ونوافذ البناء. قدرة الحرارة أوالتدفئة، أوالكتلة الحرارية، لها تأثير أو وقع كبير على طاقة التدفئة المستخدمة، ماعدا في الأبنية المدفأة بواسطة الأنظمة الشمسية السلبة.

الأبنية ذات العزل العالي

المقاربة الأساسية لحفظ الطاقة في المناطق الباردة هي بعزل الأبنية لمستوى أعلى من المعتاد أوالتقليدي. إن توافر مواد العزل الحديثة ، مثل الأنواع المتعددة من الرغاوي البلاستيكية ، والطلاءات العالية العزل، تجعل من تحقيق الأبنية ذات العزل العالي (السوبر) في المناطق الباردة اقتراح اقتصادي.

يصف Seifert (١٩٨٧) الميول باتجاه الأبنية ذات العزل العالي في ألاسكا. أن مكونات الجدران تتضمن صاد خارجي للرياح (TYVEK HOUSEWRAP) والذي هوماص لأبخرة الماء (لمنع تراكم الماء المتكاثف ضمن البناء) . مادة التركيب هي من رغوة PHENOLIC البلاستيكية المضادة للحريق مع سماكة تعادل ٣٣سم (١٣") من الصوف المعدني (الصخري) في الجدران وتصل لـ ٤٥ سم (١٨") في السقف.

وكما يتزايد مستوى الاضافات في الأبنية في المناخات الباردة وكذلك دور التهوية كمصدر لفقدان الحرارة، بالمعدلات المطلوبة للمحافظة على الهواء الداخلي بنوعية مرضية معقمة وصحية تصبح أكثر ضرورة (أكثر حيوية). في الأبنية ذات العزل العالي فإن الطاقة المبذولة على تدفئة هواء التهوية يمكن أن تكون مسؤولة عن قريب من نصف الحمل الحراري الإجمالي. وأحد الطرق لتقليل ضياع مصدر الحرارة هذا هو بتركيب نظام تبادل حراري ضمن نظام التهوية الذي يقوم بسحب الحرارة من الهواء المطرود ويدفئ الهواد الداخل بشكل أولي.

موضوع آخر تتم مواجهته في المناطق الباردة التي من المحتمل أن تسبب مشاكل كبيرة وخطيرة هو موضوع التكثفات ضمن مواد البناء للجدران والسقف. محتوى الرطوبة في الهواء البارد في الخارج منخفض جداً. بخار الماء المتولد في البناء بواسطة ساكنيه يصعد محتوى الرطوبة وضغط البخار في الهواء الداخلي. عندئذ يتشكل فرق ونسبة اختلاف في ضغط البخار عبر محيط المبنى بين السطوح الداخلية والخارجية، الأمر الذي يؤدي لدفع رطوبة الهواء الداخلي إلى المواد المحيطة بالمبنى وخاصةً لداخل التمديدات. وبالتالي فمن الضروري جداً توافر عازل بخار فعال على الطرف الداخلي من الجدران الخارجية وعلى تمديدات السقف، مثل رقائق أو شرائح البولي اتيلين. لمنع هجرة البخار إلى مواد التمديدات.

الحماية ضد الرياح والثلج على مستوى موقع البناء.

تصميم المواقع في المناطق الباردة يمكن أن يحسن راحة الأشخاص الموجودين في الخارج (مثال الأطفال الذين يلعبون في موقع البناء) ويسهم في المحافظة على الطاقة وبشكل رئيسي عبر منع الرياح بدون حجب الشمس. وبما أن رياح الشتاء في نصف الكرة الشمالي غالباً ما تكون من الشمال بينما الشمس تكون في الجنوب، توضع البناء وتصميم الموقع يجب أن يأخذ هذه العوامل والحقائق بالحسبان.

أي «مزيج» من الأبنية ذوات الارتفاعات المختلفة في نطاق ضيق يولد تيارات من الرياح السريعة عبر الواجهات المرتفعة التي تكون باتجاه الرياح في الأبنية الأعلى.

وبشكل خاص، المزيج من الأبنية الأعلى التي تكون باتجاه الرياح والأبنية المنخفضة المعاكسة للرياح يولد سرعة رياح على المستوى الرضي التي حتى يمكن أن تكون أعلى من سرعة الرياح المحيطة .

لذلك ولتقليل سرعة الرياح في حي محدد ذومناخ بارد يجب أن تكون الأبنية تريباً بذات الارتفاع.

في المناطق المدنية ذات الكثافات السكانية العالية حيث المجمعات المتعددة الطوابق والمنازل الريفية يمكن أن يكونوا من ذات الطراز الرئيس فإن تشكيل المجمعات يمكن أن يسهم بشكل كبير وملحوظ لنوعية المناطق الخارجية الخاصة بالموقع، حيث إن تشكيلات محددة يمكن أن تقدم حماية ضد الرياح فعالة جداً بالإضافة للتعرض للشمس.

إن تشكيلات U أوV من مجمعات الأبنية من ذات الارتفاع مفتوحة على الجنوب تقدم مكان مفتوح مشمس ومحمي ضد الرياح أثناء الشتاء عندما يكون اتجاه الرياح بشكل رئيسي من الشمال. في الصيف، عندما تحتوي الرياح على هواء جنوبي (من الجنوب الشرقي وحتى الجنوب الغربي) مثل هذه المكونات تحسن التهوية في كل من الجانب المفتوح والأبنية حوله.

إن خلق منشأت متنوعة للحياة في الخارج هام بشكل خاص في الأماكن التي تحوي أبنية متعددة الطوابق حيث الناس لايملكون حداثقهم الخاصة. إن مجمعات الأبنية التي تشكل «حلقة» حول حديقة تحمي الفسحة المحصورة من الرياح من كل الجهات.. مثل هذه الحلقات يمكن أن يكون لها أشكال متعددة : شكل متعامد (مربع أومستطيل) شكل معين، إهليلجي، دائري، وهكذا. أجري AGNIVTESV ET AL. (١٩٨٧) بحث مخبري حيث تم فيه قياس سرعات الرياح في الأماكن المحصورة بواسطة موديلات ونماذج من مجمعات الشقق ذات أبعاد ومكونات مختلفة تحت مختلف جهات الرياح. ولقد قدموا معلومات عن نسبة معدل سرعة الرياح في الأماكن المفتوحة المحددة بالمجمع بالنسبة لسرعة الرياح الداخلة («معامل التعرض للرياح»).

ويؤمن حزام من الأشجار الدائمة الخضرة ، مثل CONIFERS، على الحدود الشمالية من موقع البناء حماية من الريح على واجهات الأبنية المعاكسة للرياح. وتشكيلة من الأشجار والشجيرات الدائمة الخضرة يمكن أن يزيد من تأثير الحماية.

أحد المشاكل في المناخ الثلجي هي المحافظة على مدخل مفتوح وخالي من الثلج للمنزل والكراج. في بحث وصفي متعلق بتخطيط HAMMERFESET في النرويج الشمالية اقترح BORVE (١٩٨٨) أن الجانب الخلفي للبناء والكراج يجب أن يشكلامعاً صاد للرياح. توصياته الأخرى المتعلقة بتصاميم البناء الأخرى تتضمن:

١- زاوية مفتوحة باتجاه الجنوب - الجنوب الغربي مع سقف جنوبي منحدر بشدة للسماح للزجاج بالاستفادة القصوى من أشعة الشمس.

٢- الظهر المغلق والمنخفض، مواجهة الرياح والثلوج بسقف ذو انحدار ناعم ولطيف متناسب مع تيارات الهواء (أيروديناميك)

٣- وضع التيراسات في المنطقة المحمية ، مرفوعة غفوق الأرض لتجنب تراكم الثلوج.

ولقد علق BORVE أيضاً أن المشكلة ليست فقط بحماية البناء بمرحلة واحدة ولكن بجعل كل المنطقة الخارجية بالحي ككل أكثر بهجة. ولقد لخص أيضاً تعليقات السكان المقيمين في المستوطنة المخططة حول تجاربهم الفعلية:

- موسم الخروج» يبدأ بشهرين أبكر بسبب توضع ومنشأ البلكونات فوق المستوى الأرضي، محمية من الريح ومعرضة للشمس بسبب شكل البناء.
- مدخل آمن طوال فصل الشتاء بسبب تنظيف الثلوج بواسطة الرياح أمام الكراجات
- ظروف خارجية أكثر راحة خاصةً للأطفال في الملاعب وللأشخاص المتقدمين بالسن طوال السنة

● العمل والكلفة المتضمنة في إبقاء الموقع يعمل في أوقات الشتاء هوأقل منه في مستوطنات الحي.

الشمس والتدفئة (التسخين) الشمسي في المناطق الباردة

دخول الشمس في البناء مرغوب بشدة في المناطق الباردة. إنه يملك قيمة نفسية خاصة ومقدر أكثر من مساهمته بالطاقة. حتى عندما يكون توازن الطاقة للنوافذ سالب، كما هو الحال مع النوافذ الشرقية والغربية في منتصف الشتاء، الناس ربما يكونون جاهزين لدفع مثل هذا الثمن ليتمكنوا من التمتع ببعض لكميات من أشعة الشمس. ولكن، في العديد من الأماكن الباردة يستطيع توازن الطاقة بالفعل أن يكون موجباً عندما يستغدم زجاج عالي العزل.

العديد من المناطق الباردة يكون مشمساً أثناء جزء من الشتاء وطاقة هذه الأماكن الشمسية يمكن أن تكون مصدراً مهماً جداً من طاقة التدفئة (التسخين) المتجددة. وهذا له وقعه أوتأثيره المباشر على موضوع منشأ البناء: فقط الجدران والنوافذ المواجهة لخط الاستواء (الجنوبية في نصف الكرة الشمالي) يمكن أن تستخدم كعناصر جامعة للشمس. مثل هذا المنشأ (المصدر) الجنوبي معدل لاستخدام شمسي فعال .

العزل العالي الحديث بواسطة الزجاج يؤمن الحصول على كسب شمسي فعال حتى في المناخات الباردة. وبسبب الكلفة العالية لمثل هذا النوع من التزجيج يمكننا أن نعتقد أن التسخين الشمسي السلبي سيكون بشكل أساسي على شكل كسب مباشر عبر النوافذ والشرفات الشمسية ذات الزجاج العامودي الجنوبي.

إن احتمال التسخين الشمسي عبر الاختراق المباشر للشمس عبر الزجاج في موقع ما يمكن أن يقيم بواسطة معادلة بسيطة لتوازن الحرارة للزجاج. تحسب المعادلة نسبة الكسب الشمسي لنسبة فقد الحرارة (الكسب/الخسارة) للنوافذ أثناء فترة الشتاء. إنها تفترض مدل درجة حرارة الداخل T (مثال ٢٠ درجة مئوية أو ٦٨ فهرنهايت) ويأخذ بعين الاعتبار ثلاثة عوامل:

١- للمعدل اليومي للطاقة الشمسية، I أثناء الشتاء (WH/M^2.يوم على السهول العامودية الجنوبية)

٢- معدل درجة حرارة الهواء الشتوي في الخارج T

3- معادل انتقال الحرارة Ug ومعدل الإشاعاع الشمسي Tg للزجاج.

الزجاج الحديث العالي العزل له قيم Ug منخفضة تصل إلى ١-١,٥ وإشعاع شمسي بحوالي ٠,٦ (كمعدل لزوايا سقوط مختلفة).

المعدل اليومي الشتوي للطاقة الشمسية وفقد الحرارة، عبر وحدة مساحة من الزجاج الجنوبي، معطاة على التوالي عبر:

الكسب = Iv*Tg

الفقد = 24* Ug*(Ti-To)or :24*Ug*(20-To);24*Ug*(68-To)

كمثال ، في مينيابولس ، مينيسوتا معدل درجات الحرارة في الشتاء تحت درجة التجمد يدوم من نوفمبر وحتى مارس. قيمة المعدل لـ Iv هو٢٣٠٠ wh/m^2 . باليوم (btu/ft2.day٧٣٠) . معدل درجة الحرارة في الخارج في الشتاء في ذلك المكان هو-٧,٥ درجة مئوية (٤٥,٥ فهرنهايت) (بعد جونز ١٩٨٢). بفرض أن معدل Ug هو١,٢ (٠,٧) وأن معدل الإشعاع الشمسي ٠,٦ للنوافذ الجنوبية ذات الزجاج ذوالعزل العالي جداً فإن معدل توازن الحرارة اليومي الشتوي سيكون :

الكسب = 0.6 *2300 = 1380 Wh/m2.Day (440Btu/ft2.Day)

الفقد = 24* 1.2*(20- (-7.5)) = 790 Wh/m2. Day (250 Btu/ft2. Day)

وسيكون نسبة أداء الزجاج لكامل فصل الشتاء :

معدل الكسب/الفقد= ١٣٨٠/٧٩٠=١,٧٥

معدل الكسب الصافي من الطاقة (١٣٨٠-٧٩٠) سيكون ٥٩٠ wh/m2.day 188btu/ft2.day وهذه كمية صغيرة من الطاقة ولكنها تؤمن فائدة سيكولوجية إضافية لاختراق أأشعة الشمس للبناء فوق الكسب الصافي للطاقة. وكما في الشتاء في المناطق الباردة هناك احتمال ضعيف جداً لحدوث فرط حراري (فرط تدفئة) بسبب الكسب الشمسي، وتقريباً كل الكسب الحراري يمكن استخدامه فعلياً، مخفضاً تراكم الطاقة التقليدية.

التصاميم المدنية في المناخات الباردة

بأخذ المناخ القاسي أثناء الشتاء في البلدان ذات المناخ البارد بعين الاعتبار يمكن أن يواجه المخططون مشكلة: هل يجب عليهم «الهروب» من الشتاء في الأماكن المحصورة أويجب أن يطوروا بنية تحتية تمكن سكان البلدة من التمتع بنشاطات خارجية محتملة. مثل هذه المقاربة في التخطيط تتضمن تطوير مدني واعي للأحوال الشتوية:

- تطوير «ثقافة شتوية». منشأت خاصة للنشاطات الثلجية والجليدية.
- خطط ومنشأت لإزالة الثلوج. أحد العوامل المهمة للجاذبية المدنية، نوعية الحياة، النقل، وحرية الحركة.
- منشأت خاصة ومنظمات للأطفال، المواطنين المتقدمين بالعمر، والمعوقين.

Pressman (1988) يقترح المبادئ التالية للتصميم المدني في المناخات الباردة:

- الكثافة العالية في الأماكن السكنية ، المتاجر، والمخازن التجارية في المدينة، من أجل تقليل الحاجة لوسائط النقل والحاجة لتدفئة المكان. الكثافة المدنية العالية تتضمن معدل مكثف أكثرللأرض.
- استخدامات مختلفة لأماكن الإقامة في ذات البناء /المجمع : أماكن الإقامة، مكاتب، ومتاجر. من أجل تمكين الناس من العمل والتسوق في ذات البناء والمجمع حيث يقيمون.

● استخدام مختلط للأرض في المقياس المدني: مزج استخدام الأرض للأغراض أماكن السكن، المكاتب، المتاجر، والأماكن الصناعية، والترفيه ضمن الحي ذاته. والهدف هوالتقليل من الحاجة للتنقل. تقترح pressman أن مثل هذا الاستخدام المختلط للأرض سيحسن من الاكتفاء الذاتي للحي بسبب المجال الأوسع من الخدمات يمكن أن يكون ذا جدوى اقتصادية مع مداخل محسنة.

● الترويج لوسائط النقل الجماعي عبر التخطيط المدني، حيث إن هذا هو الشكل الأكثر كفاءة (فعالية) للتنقل من حيث الطاقة. ومن أجل أن يكون اقتصادي من حيث الكلفة يجب أن يخدم منطقة عالية الكثافة.

● أماكن تكميلية من الفعاليات المدنية المختلفة. الفعاليات التكميلية يجب أن تجمع حسب توافقها النسبي: مناطق الإقامة والعمل مرتبطة بوسائط التنقل المتنوعة، مناطق الترفيه يمكن الوصول لها من كل من أماكن التوظيف وأماكن التسلية.

ملاحظة: بالنسبة للتوصيات للاستخدام المتعدد للأبنية والاستخدام المختلط للأرض يجب الأخذ بالحسبان الازعاجات المحتملة التي يمكن أن تنتج عن مثل سياسات التخطيط هذه : الضجة، التراب (الغبار) ، فقد الخصوصية، والتي تنتج من الدخول الحر لغير المقيمين للمناطق الخاصة (الغير مخصصة للعامة) من مجمع البناء.

وقع وتأثير عوامل وعناصر التصميم المدني التالية على المناخ المحلي المدني مناقشة كما يي:

- المواقع المفضلة للأحياء الجديدة في المناطق الباردة
- توضع الشوارع
- مكونات أو المواصفات المدنية والكثافة.
- الاستخدام المختلط في الأبنية و/ أوالمناطق المدنية في المناطق الباردة

- الحدائق المدنية في المناطق الباردة

- مشاكل سقوط الثلج في المدارس بالمدينة.

المواقع المفضلة للأحياء الجديدة في المناطق الباردة.

في المناخ البارد الملامح الطبوغرافية لمنطقة ما لها تأثير مهم على شروط التعرض للرياح والشمس بالشتاء. عند اختيار موقع لحي جديد أو لبلدة جديدة، فإ الموقع المحمي والمشمس يقدم شروط أكثر راحة للسكان. وبوجود الرياح الشتوية الرئيسة التي تهب من الشمال عندئذ يجب أوتأخذ النقاط التالية يعين الاعتبار :

● المنطقة التي تنحدر باتجاه الجنوب تؤمن بيئة محمية ومشمسة أكثر من أي منحدرات أخرى. المنحدر الشمالي فيه رياح أكثر. بأخذ الزاوية المنخفضة جداً لصعود الشمس في الشتاء في المناطق الباردة بعين الاعتبار إن المنحدر الشمالي يمكن أن لايتمتع بالتعرض الشمسي المناسب والكافي.

● في المناطق التي تتمتع بالرياح الشوية الشمالية - الغربية فإن المنطقة الموجودة بالجنوب الشرقي من التل (المنحدر المنحدر باتجاه الريح) هومحمي بشكل اكبر من المنحدر الموجود بالجهة المقابلة من التل.

● التل الموجود في جنوب الموقع يمكن أن يحجب بشكل كامل الشمس المنخفضة بالشتاء. مثل هذه المواقع يجب تجنبها بقدر الإمكان.

تصميم أو مخطط الشوارع

في المناخ البارد أحد الأهداف من تصميم الشوارع يجب أن يكون التقليل من الرياح الشتوية المدنية (الشمالية). الملامح التالية يمكن أن تساعد على تحقيق هذا الهدف:

١- الشرايين المدنية الأعرض يفضل أن تكون متعامدة مع اتجاه الرياح . الخطوط المستمرة من الأبنية المرتفعة على طول مثل هذه الشوارع يقلل سرعة لريح في الشوارع.

٢- الشوارع الملتفة أوالمنحنية بزوايا لها سرعة رياح أقل من الشوارع المستقيمة ذات الملامح أوالمنشأ ذاته. هذه المواصفة مفيدة بشكل خاص في حالة الشوارع الضيقة الموازية للرياح بشكل عام.

٣- «الأبنية المتصلة بجسور» التي تمتد (تقاطع) فوق الشارع بارتفاع محدد فوق الشارع (لتسهيل حركة سير بالمركبات) بين الأبنية على طول الشارع. مثل هذه الأبنية المتصلة بالجسور تقلل سرعة الرياح الكلية أو العامة بالشارع. على أي حال يمكن أن تزيد بشكل ملحوظ سرعة الرياح تحتهم مباشرةً.

الشوارع المغطاة أو المزججة

في المناطق التجارية في المدينة «الشارع» المغطى بالسقف المزجج («ممرات») يؤمن حماية من الرياح والثلج لعدد كبير من المشاة، وبالتالي يحسن بشكل كبير راحة الزبائن في الشتاء. وهذا بدوره، يمكن أن يجذب المزيد من الزبائن للشوارع المغطاة وللمتاجر والمكاتب الموجودة بها وبالتالي تزيد من ربحيتهم. وبالتالي ربما يكون المالكون مجبرين على دفع مصاريف إضافية المتعلقة بتغطية الشوارع.

الطرق السريعة المغطاة، والتي عادةً ما تكون تحت الأرض، يمكن أن تؤمن سير خالي من الثلوج بين المناطق المدنية وعبر المدينة. في أوسلو- النرويج مكن طريق سريع نفقي ثلاثي المسارب سير السيارات الخالي من الثلج تحت المدينة وقلل بشكل ملحوظ عدد السيارات التي تعبر ساحة البلدية (CITY HALL SQUARE) . وفتح الواجهة البحرية أمام المشاة ليستخدموها ويستمتعوا بها.

الشكل والترتيب المدني والكثافة

الكثافة المدنية العالية في كل المناطق المدنية في المناخ البارد - السكني، التجاري، ومتاجر التجزئة - يقلل مشاكل النقل الخاص التي يسببها طول الثلج بالشتاء. الكثافة العالية تقلل مسافات المشي والتنقل (بالسيارة) . وبوجود التتيب المناسب

(مثال: وجود الأبنية بذات الارفاع تقريباً في منطة مدنية محددة) والكثافة العالية يمكن أن تؤمن المزيد من الحماية من الرياح.

الأبنية الكبيرة التي تحوي العديد من العائلات تقلل أيضاً من منطقة البناء المحيطة بالنسبة للحجم المسكون بالمقارنة مع الأبنية الأصغر(مثال، المنازل التي تسكنها عائلة واحدة) بذات الحجم المشغول الكلي. وكنتيجة ، فإن حمل التدفئة (التسخين) والذي هوالاستعمال الأهم للطاقة في المناخات الباردة يقل.

الكثافة السكنية العالية والدخول الشمسي

بسبب ارتفاع الشمس المنخفض جداً في الأماكن المرتفعة الباردة فإن طول الظل الملقى من قبل الأبنية على الأرض في شمالها يكون أضعاف مضاعفة أكبر من طولها.

الدخول الشمسي الكامل يتطلب خطة للحفاظ على مسافة كبيرة بين الأبنية المتجاورة في الاتجاه الشمالي - الجنوبي. الكثافة العالية في المناطق السكنية والتي كونتها صفوف من الأبنية العالية الارتفاع يمكن أن تمنع الدخول الشمسي لمعظم وحدات السكن.

الحل التصميمي الذي يمكن أن يقدم دخول شمسي جزئي ويحقق كثافة معتدلة هومنازل منفردة طويلة مكونة من ٢-٣ طوابق (منازل صفية) متجه باتجاه الجنوب. في مثل هذا النسق كل وحدة يمكن أن يكون لها تدفئة شمسية مباشرة «سلبية» على الأقل عبر نوافذ الطابق العلوي وعبر «فتحات المراقبة» الموجودة في السقف ذات الزجاج العالي العزل والمركبة ضمن المنحدر الجنوبي.

الإشعاع الذي يضرب المنحدر الجنوبي من السقف يمكن الاستفادة منه أيضاً من أجل تدفئة المكان عبر المجمعات الشمسية التي تسخن الهواء (عبر التسخين المسبق لهواء التهوية) المركبة ضمن أوموضوعة فوق المنحدر الجنوبي للسقف. ومن ثم ينفخ

الهواء المسبق تسخينه ضمن البناء بعد تسخينه أكثر بواسطة النظام الميكانيكي عندمالاتكون التدفئة الشمسية كافية.

استخدام المنازل الطويلة والعالية كصادات للرياح

الأبنية المتعددة الطوابق العالية والطويلة الموجه بطرق محددة بما يتناسب مع اتجاه الرياح الشتوية يمكن أن تحمي الأبنية الأقل ارتفاعاً منها الموجودة باتجاه الريح من اليراح. البناء الطويل على شكل المنحنى المحدب أوعلى شكل V عريض ذومحاور عامة باتجاه شرقي - غربي تحجب الرياح الشمالية وبالتالي تخلق منطقة محمية في جنوبها. وسلسلة من مثل هذه المباني يمكن أن تحمي منطقة كبيرة يمكن أن تبنى فيها المباني الأقل ارتفاعاً. المناطق المفتوحة بين الأبنية المنخفضة يمكن أن تحمى أيضاً من الرياح الشتوية بواسطة الأبنية العالية في الشمال.

الاستخدام المختلط للأبنية و/أوالمناطق المدنية في المناطق الباردة.

سياسة التخطيط المدني في المناخ البارد التي تسمح بمزج المناطق السكنية مع الاستعمالات اخرى للأرض ، مثل المكاتب ومتاجر التجزئة، ضمن ذات المبنئ، يمكن السكان الذين يعيشون في المبنى ، والذين أماكن عنلهم في ذات المبنى، من التحرك بين المنزل ومكان العمل بدون الحاجة لخروج والتعرض للطقس القاسي. المقيمون يمكنهم أيضاً أن يقوموا بالتسوق في المتاجر أويمكنهم التوجه لبعض المكاتب على أساس أنهم زبائن، بدون أن يعيشوا بذات البيئة المحمية.

هذا الحل التصميمي ليس فقط أكثر ملائمة للسكان ولكنه أيضاً يقلل الحاجة للتنقل (السفر) الأمر الذي يشكل عبئ على نظام السير المدني.

مزج استخدام الأرض بالطبع هوموضوع عام في التخطيط المدني وليس محدوداً للمناخات الابردة. ولكن ، بسبب المناخ القاسي في شتاءات مثل هذه المناطق فإن مقاربة التخطيط هذه له جاذبية خاصة في هذا االنوع من المناخ وبالتالي فإنه

يستحق اهتمام خاص. إن الاستخدام المختلط للأرض يمكن أن يخلق بعض المشاكل. غالباً ما يخلق أصحاب المناطق الغير السكنية من المبنى الضجة : عملاء يدخلةن للمكاتب، البائن في المتاجر، وهكذا. مركبات إزالة الثلوج تخلق ضجة أثناء تنظيفها للشوارع. الشاحنات التي تحضر البضائع للمتاجر تولد الغبار والتراب ، بالإضافة للضجة وهكذا.

وبالتالي، مثل هذا الاستخدام المختلط للأرض يتطلب شكلاً ما من الفصل المكاني بين الاستخدامات المختلفة للتقليل من مثل هذه المشاكل. الفصل يمكن تحقيقه عبر حللين تصميميين أساسيين : الفصل العامودي والأفقي أومزيج من الاثنين.

الفصل العامودي لاستخدامات الأرض المختلفة

الفصل العامودي للاستخدامات المختلفة للأرض في ذات البناء يكون عبر الطوابق . كمثال، الطابق الأرضي يمكن أن يحتوي متاجر التجزئة، التي تخدم أعداد كبيرة من الزبائن وتحتاج لمدخل مباشر من الشارع من أجل عملياتهم التجارية. الطابق الثاني يمكن أن يحتوي أيضاً على متاجر التجزئة المتخصصة. المكاتب يمكن أن تحتل الطوابق الموجودة فوق المتاجر . الوحدات السكنية توضع في الطوابق العليا، فوق المكاتب. عادةً ما نحتاج لمداخل منفصلة للطوابق ذات الاستخدام المتنوع للأرض من أجل تأمين الخصوصية للسكان وتقليل التدخلات .

مثل هذه المقاربات للتصميم تواجه طوابق السكان الشارع «التجاري» والضجة الناتجة عن هذا الشارع ولوأنه على مسافة عامودية . على الرغم من أن تقليل الضجة عبر المسافة العامودية يمكن أن لاتكون فعالة بشكل كبير.ولذلك ، فإن مشاكل الضجيج متوارثة بشكل معروف في التخطيط المدني الذي يتبى الفصل العامودي لاستخدامات الأرض المختلفة، وبخاصةً عندما تواجه الأبنية شارع تجاري أوشريان (طريق أساسي) سير .في المناطق الباردة في الشتاء عندما تكون النوافذ مغلقة ليلاً نهاراً عادة، يكون إزعاج الضجة في حدوده الدنيا. في الصيف، عندما

يكون المناخ في المناطق «الباردة «لطيفاً، وعندما تكون التهوية الطبيعية هي كل مانحتاجه لتقديم لراحة الحرارية (درجة الحرارة المريحة) عندئذ تصبح الضجة مشكلة حقيقية.

الفصل الأفقي للاستخدامات المختلفة للأرض:

الفصل الأفقي لاستخدامات الأرض المختلفة يكون عبر بناء مجمعات مبنية بذات الموقع. المباني ذات الاستخدام المختلف للأرض في المناطق الباردة يجب أن يكون مرتبط بممرات مغطاة بشكل يمكن السكان المقيمين أم يصلوا للمباني التجارية بدون التعرض للمناخ الخارجيز في مثل هذا الحل التصميمي فإن المباني التجارية التي تحتوي المتاجر في الأسفل والمكاتب فوقها يمكن أن تواجه الشارع التجاري. الأبنية السكنية يمكن أن تتوضع خلف تلك التجارية. في هذا الترتيب تخدم المباني التجارية كجدار صد (مفرغ صدمات). وتحمي المباني السكنية من ضجة الشارع.

وكما في مظم المناطق الباردة فإن رياح الشتاء من الشمال(في نصف الكرة الشمالي) فإن الترتيب والتكوين الذي تعطى فيه الأبنية التجارية في مجمع مدني ما تشكل شكل U مفتوح باتجاه الجنوب وتتوضع الأبنية السكنية ضمن الشكل U تقدم حل تصميمي جذاب جداً. الأبنية التجارية عادةً ما تكون مكيفة وذات نوافذ مغلقة وغالباً ما تولد كميات كبيرة من التسخين الأولي عبر الإضاءة ، الكومبيوترات، والمعدات المكتبية الأخرى. ولهذا فإنهم يكونون أقل حساسية لرياح الشتاء الباردة من الأبنية السكنية.

الشكل U المفتوح باتجاه الجنوب للأبنية التجارية يخلق منطقة محمية من رياح الشتاء ولكن مفتوحة للشمس التي تتوضع فيها الأبنية السكنية والفسحات الموجودة بينها. هذه الحماية من الرياح بالإضافة للحماية من الضجيج التي تقدمها الأبنية التجارية للسكان.

الحدائق المدنية في المناطق الباردة في المناطق الباردة يكون الاهتمام المناخي

الرئيس عند تصميم مناطق الحدائق العامة هوتأمين مداخل الشمس والحماية من الرياح.

في الأماكن التي يكون فيها اتجاه الرياح الشتوية من الشمال الغربي فإن الخطوط العالية والكثيفة من الأشجار الدائمة الخضرة (مثال: confires) على الحدود الشمالية أوالغربية للمنطقة المفتوحة يمكن أن تؤمن الحماية من الرياح يدون أن تحجب شمس الشتاء. الأحزمة من الشجيرات الدائمة الخضرة على طول الأشجار سوف تمنع اختراق الرياح تحت مستوى كتلة الشجرة.

أحزمة الشجيرات الدائمة الخضرة على شكل U حول المقاعد، المفتوحة باتجاه الجنوب والتي تحوي خلفها أشجار تطرح أوراقها موسمياً وذات جذوع عالية يمكن أن تؤمن أماكن لطيف للجلوس على مدار السنة في المناطق الباردة.

وذلك لأنهم سيكونون معرضين للشمس ومحميين من الرياح في الشتاء بينما يتمتعون بذات الوقت ظل الأشجار في الصيف. مثل هذه التفاصيل التصميمية للمقاعد يمكن أن تزيد وترفع من احتمال أوفرص استخدامهم أثناء الأيام المشمسة في الشتاء.

الحماية من الرياح مع التعرض الشمسي حول المنشآت لمختلف أنواع الرياضات الشتوية مثل التزحلق على الجليد فوق البرك المتجمدة يمكن أن تشجع أيضاً على استخدام الحدائق في الشتاء وبالتالي تحسين استخدام الحدائق على مدار السنة.

وكلما رغبنا باستخدام الحدائق المدنية أثناء الشتاء يجب أن يكونوا متوضعين في ماكن محمية طبيعياً ومشمسة. الحماية الطبوغرافية بواسطة التلال الموجودة بشمال ، غرب وشرق الحديقة يمكن أن يكمل بواسطة أجزمة الأشجار الدائمة الخضرة. وبالماراجعة لعدد من الدراسات عن التأثير العددي للنباتات كحواجز للرياح معطى في Robinette (١٩٧٢).

مشاكل تساقط الثلوج في المقاييس المدنية

أحد المشاكل التي غالباً ما تواجه في الناطق الباردة ذات الهطولات الثلجية الكبيرة هي تراكم الثلج في الشوارع المحلية والطرق السريعة وسدها .التخطيط المدني يشمل تنظيم إزالة الثلج من الطرق السريعة والشوارع المحلية وإيجاد (أوخلق) مواقع لرميه.

يشير sterten(١٩٨٨) أن في النورويج الشمالية الثلج المتطاير والثلج المتراكم بخلق مشاكل على كل أنواع الطرق. وخاصةً للدخول من الطريق للمنازل. وينصح أن العوامل الطبيعية بالإضافة للعوامل التي هي من صنع البشر يجب أن تستخدم لحماية المنازل والمناطق الخارجية المستخدمة من الرياح وتساقط وتطاير الثلوج. وهوينصح أن حواف الأرض ترفع سرعة الرياح مسببة الاحتكاك والتآكل في القمة وتوضع الثلج على الحرف المحجوب عن الرياح من الجرف. الأشجار والشجيرات لها أثر أكثر إعاقة في الموقع. وفي غياب الأشجار فإنه ينصح بمزيج من المطبات أوالأخاديد الأرضية والأسيجة الخشبية.

يصف sterten تخطيط بلدة Hammerfest في النورويج الشمالية (خط طول ٧١ N°) كمثال عن تخطيط التوصيات المذكورة أعلاه. لقد تم حجز مناطق واسعة مواجهة للريح في المستوطنة للأنواع المختلفة من الحمايات ضد الرياح والثلوج. أول خطوط الدفاع هو سياج خشبي عالي بارتفاع ٣م (١٠") مع ٥٠٪ مسامية (نفوذية)، ومن ثم منطقة تراكم ثلوج بعرض ٢٥متر (٨٢ط). «خط الدفاع» الثاني يتكون من حواجز أوحواف أرضية بارتفاع ٥, ١متر (٥") من التراب والحجر مع سياج خشبي بارتفاع ١متر (٣,٣») فوقها. وعلى الجانب المعاكس للرياح من السياج توزع صفوف من الأشجار. وكما تم تطوير نظام من الجدران والأشجار بين المنازل.

ولقد قدم (١٩٨٨) معلومات إضافية عن تخطيط المستوطنة وتصميم البناء في Hammerfest . وبأخذ بعين الاعتبار أن اتجه الرياح الأساسي من الشمال الشرقي

والجنوب الغربي فقد تم توجيه الشوارع بشكل خاص لتتنظف من الثلوج بواسطة الرياح السائدة. وتم تخطيط مكب لثلج ليكون بالقرب من النبع (الساقية) بحيث إن المياه الذائبة يمكنها أن تتدفق ضمن نظام صرف طبيعي. إن استخدام الملح أوالرمل يخلق مشاكل بيئية في الأنهار والمكبات حيث يتم التخلص من الثلج.

وذلك لدرجة أنه لايتم إزلة الثلج من موقع البناء بالتواتر الكافي بحث أنه يحد من حرية الحركة في المنطقة وإمكانيات النشاطات الشتوية المختلفة المتعددة في الموقع . مكونات بعض الأبنية أن تصميماتها ، مثل تلك الأبنية التي تكون على شكل V مفتوحة على الجنوب والتي لها ممرات بينها يمكن أن «توجه» الثلج المتطاير للمواقع المحددة لمراكمة الثلوج.

إن موضوع إزالة الثلوج وتوافر المناطق لرميه تم الاستشهاد به من قبل العديد من عمد (جمع عمدة) «المدن الباردة» في مؤتمر المدن الشمالية الرابع (Sapporo1990) كمشكلة أساسية وهامة بالنسبة لإدارة ومصاريف المدن الباردة.

إن تقسيم مسؤولية إزلة الثلوج بين حكومة المدينة والمواطنين غالباً ما يتأثر بالمعدل السنوي لتراكم تساقط الثلوج. وكذلك بالظروف الاقتصادية في البلد. وفي استبيان للأنظمة والممارسات في مدن مختلفة قدمع عمدة Sapporo في المؤتمر وجد أن العديد من المدن التي يكون بها معدل تراكم الثلوج قل من ٢متر (٥.٦») تكون المسؤولية الرئيس على عاتق المواطن ماعدا إزالة الثلوج من الشوارع العامة. بينما في المدن ذات معدل تراكم ثلوج أكثر من ٢مت (٥.٦») تتحمل حكومة المدينة المسؤولية الأساسية.

١٣

المناطق ذات الشتاء البارد والصيف الحار الرطب

مقدمة

المناطق ذات الشتاء الباردة والصيف الحر والرطب تتواجد بشكل رئيسي في المناطق الشرقية من القارات (مثال في الصين، اليابان، والولايات المتحدة) بين خطوط الطول ٣٠ و٤٥ درجة شمالاً. الشروط المناخية للولايات المتحدة الشرقية سيكون هو المعتبر فيما سيلي عند الاستشهاد بالمعلومات المناخية الكمية بسبب توافر معلومات مناخية هناك أكثر من شرق آسيا.

وعلى كل، فإن مناقشة متطلبات الراحة البشرية وأهداف أداء التصميم ستكون موجهة بشكل رئيسي للبلدان النامية ذات المناخات المماثلة. الشروط المناخية العامة في المناطق الشرقية من الصين مشابهة لتلك في الولايات المتحدة الشرقية. وعلى عكس الولايات المتحدة فإن الناس في البلدان النامية لايمكنهم الاعتماد على أجهزة التكييف ولذلك فإن الحصول على الراحة المقولة يجب أن يحقق عبر السياسات والاستراتيجيات المدنية وتصميم الأبنية.

وعبر كل هذه المنطقة المناخية فإن فصول الصيف تكون رطبة ودافئة الحرارة بينما فصول الشتاء تكون باردة وشديدة البرودة، وتتطلب كمية كبيرة من التدفئة في الأبنية. المناطق الشمالية من هذه المنطقة المناخية تكون فصول الشتاء أكثر حدة وقسوة من فصول الصيف بينما المناطق الجنوبية فإن فصول الصيف يمكن أن تكون الفصول الأكثر قسوة.

متطلبات الراحة والتصميم للتعامل مع فصول الصيف الحارة والرطبة نوقشت في الفصل ١١ ومواضيع فصول الشتاء في المناخ البارد نوقشت في الفصل ١٢. وعلى أية حال فإن خطوط تصميم الأبنية والمدنية الأساسية «المثالية» للصيف وللشتاء في هذه المناطق سيكون مختلفاً تماماً وحتى غالباً ما يكون متناقضاً. ولكن ، وكما سيتم مناقشته لاحقاً فإن التصميم الفعلي يمكن أن يقدم راحة مقبولة على مدار السنة. غالباً ما يكون من الممكن اقتراح خطط للمدينة أوتصاميم الأبنية التي ستحسن الراحة البشرية والحفاظ على الطاقة في كلاالفصلين على الرغم من الظروف المناخية وأهداف الأداء. هذه الاحتمالات ستمثل وتشرح بشكل أساسي في الأقسام التي تتعامل مع التهوية المدنية ومع مخطط الحي ومع تصميم الأبنية.

المواصفات المناخية ومتطلبات الراحة الحرارية

درجات الحرارة النهارية في هذا النوع من المناخ غالباً ما تكون فوق ٣٠ درجة مئوية (٨٩ فهرنهايت) متصاحبة مع رطوبة عالية. ويكون فصل الصيف أيضاً فصل مطير. فصول الشتاء تكون باردة مع درجات حرارة تحت مستوى الصفر بكثير. واتجاهات الرياح السائدة في المنطق ذات الصيف الحار الرطب والشتاء البارد غالباً ماتكون مختلفة في هذين الفصلين. في الولايات المتحدة الشرقية تكون رياح الشتاء بشكل رئيسي من الشمال الغربي وفي الصيف من الجنوب والجنوب الغربي. في الصين الشرقية تكون الرياح في الشتاء بشكل رئيسي من الشمال وفي الصيف من الجنوب الشرقي. هذا التغييرات الموسمية باتجاه الرياح يمكن الاستفادة منها في الصميم المدني وتصميم الأبنية لتحسين الرياح في الصيف ولقمعها في الشتاء.

المزيج من درجات الحرارة والرطوبة العالية في الصيف تتطلب الكثير من التهوية الطبيعية كاستراتيجية أساسية لتقليل الضغط الحراري في البلدان التي لاتتحمل مصاريف الاستخدام العام لأجهزة التكييف.

إن حقيقة أن فصل الصيف هو أيضاً فصل ممطر تقدم المزيد من صعوبات التصميمي. التهوية الطبيعية عبر النوافذ المفتوحة يمكن تقديمها عندما يتم منع دخول المطر للبناء (مثال، عبر شرفات جنوبية مغطاة بستارة محجوبة).

إن الحاجة لتقديم تهوية طبيعية كافية في الصيف يتطلب مخطط خاص محدد للتصميم المدني وتصميم الأبنية. الهيكل المدني يجب أن يحدد أو يمنع أقل قدر من رياح الصيف ممكن (من اتجاه الجنوب الغربي في الولايات المتحدة الشرقية أو من الجنوب الشرقي في الصين الشرقية) التي تمر عبر المساحات المدنية. يجب أن يكون البناء «مفتوحاً» لاتجاهات الرياح هذه.

هذه الأهداف تعاكس بشكل مباشر أهداف التصميم الشتوي فيما يتعلق بالرياح والتي هي التقليل من سرعة الرياح في المساحات والفراغات المدنية ولتقليل من اختراق الرياح للأبنية. ولكن إن حقيقة أن رياح الشتاء تأتي بشكل رئيسي من الشمال تجعل احتواء هذه الأهداف المختلفة ممكن.

وأيضاً فإم توضع ومخطط الأبنية «المثالي» سيكون مختلفاً في الصيف وفي الشتاء في مثل هذا النوع من المناخ. في الصيف، عندما تكون التهوية الطبيعية الكافية هي الهدف الأكبر فإن البناء بفضل أن يكون مكشوفً للرياح وله الحد الأعظمي من التعرض للهواء المحيط. في الشتاء، من الناحية الأخرى، فإن البناء المضغوط (المدمج) ذو الحدود الدنيا من التعرض للرياح سيحتاج لطاقة أقل للتدفئة وبالتالي سيكون هوالمفضل.

وكما ناقشنا في الفصل ٢ و١٠، فإن هذا الممكن، عبر تفاصيل محددة لتصميم البناء (توضع أو تصور). ومن أجل الحصول علة بناء «مكشوف» معرض للرياح في الصيف ولكن مدمج في الشتاء. والتصميم المناسب للحصول على هذه المواصفات الجغرافية المختلفة موضح لاحقاً بشكل أكبر .

وعبر تقييم الأهمية المرتبطة بأهمية شروط الصيف والشتاء، و«بتعديل أوتغيير» التصميم بشكل أكبر لأحد الفصول، وفيما يلي العوامل أو الحقائق التي يجب أخذها بعين الاعتبار:

١- الحماية الشخصية من البرد (مثال، عبر استخدام ألبسة أثقل أثناء فترات الاستيقاظ وبطانيات أثقل في الليل) أكثر سهولة وأسرع بالحصول عليها من الحماية الشخصية من ضغط فرط الحرارة.

٢- التدفئة يمكن أن تقدم عبر بواسطة أجهزة بسيطة ورخيصة نسبياً، بينما أجهزة التكييف أكثر تكلفة وبالواقع غير متوافرة لمعظم الناس في البلدان النامية.

٣- منع الرياح من النفوذ لداخل البناء يمكن تحقيقه عبر حل تصميمي بسيط (نوافذ مناسبة وأبواب خارجية) حتى في المناطق الكثيرة الرياح.

٤- التهوية الداخلية الفعالة يمكن تقديمها فقط إذا كانت سرعة الرياح حول البناء لها قيم دنيا - مثال حوالي ١م/ثا (٢٠٠ قدم /د) - وإذا استطاع الهواء أن يتدفق بحرية عبر البناء من فتحات الدخول والخروج (مما يحتاج ويتطلب مخططات وتوضعات خاصة ومحددة للبناء).

٥- مواد العزل الحديثة يمكن أن تقل بشكل كبير استهلاك الطاقة الحرارية حتى في المناطق الباردة. المواد التي تملك خواص حافظة للحرارة هي أقل فعالية في تعديل درجات الحرارة في الخارج عندما نفكر بالراحة في الصيف.

وبالتالي فإن مواضيع الراحة بالصيف يمكن أن يكون لها أفضلية أعلى من مواضيع التصميم المدني، في المناطق الباردة حيث الشتاء أكثر قسوة بكثير من الصيف.

اعتبارات تصميم البناء

إن مواضيع تصميم البناء التي تم نقاشها في هذا الفصل محددة ومحصورة لخواص المواد من منطلق الشتاء والصيف، الشكل (المواصفات والمكونات) مخطط

البناء، وفصل التبريد المحتملة المقدمة في المناطق ذات فصول الشتاء الباردة وفصول الصيف الحارة.

الخواص الحرارية لمحيط بالبناء

الاعتبارات الأساسية في اختيار المواصفات الحرارية للمحيط في الأبنية الغير مكيفة في المناطق ذات فصول الصيف لحارة والرطبة والشتاءات الباردة هي التقليل من التدفئة الضرورية في الشتاء. وهذا يدعو لمستوى عالي من العزل للجدران ، السقف، والنوافذ. في الصيف، عندما يكون البناء مهوى فإن المحيط المعزول يقلل أيضاً من تأثير الإشعاع الشمسي الممتص من المحيط مما يسبب ارتفاع بدرجة الحرارة.

المكونات والمواصفات المغايرة للأبنية السكنية

في المناخ ذي فصول الصيف الحارة والرطبة والشتاءات الباردة توجد أهداف ظاهرة متضادة من تصميم البناء في كل فصل من أقصى طرفي تقلب الحرارة.

في أثناء فصل الصيف الحار والرطب وعندما تكون التهوية الطبيعية والمتطورة هي هدف أساسي ورئيسي من تصميم البناء، فإن البناء الممتد والمتعرض للرياح وذونوافذ كبيرة (مظللة) يكون مناسباً. وفي الشتاء البارد عندما يكون البناء مدفأ تقريباً باستمرار فإن التكوين المدمج يكون مرغوباً أكثر للمحافظة على الطاقة.

والحل المثير للاهتمام ، وبخاصة في حالة الأبنية السكنية في المناطق ذات فصول الصيف الحارة والباردة والشتاءات الباردة ، سيكون القدرة على تغيير مكونات ومواصفات البناء: أن يكون مدمج بالشتاء ومكشوف (مفتوح) في الصيف عندما تكون التهوية الكبيرة والكافية مرغوبة معظم الأوقات.

من الممكن تصميم بناء بشرفات متراجعة للخلف ومحاطة من الجوانب بغرف متصلة (انظر الشكل ١٠-١). الجدران بين الشرفات والغرف المتصلة يجب أن تكون لها باب أو

نوافذ كبيرة. الجانب المفتوح من الشرفة يجب أن يكون مجهز بألواح معزولة قابلة للمعالجة والتي يمكن أن تحوي أيضاً على نوافذ قابلة للمعالجة (التشغيل).

في الشتاء يمكن الإبقاء على هذه الألواح مغلقة معظم الأوقات وبالتالي تصبح غير فاعلة، وجزء متمم من محيط البناء. ومنطقة الشرفات خلفهم تصبح بالتبعية جزء متمم للفسحة الداخلية، كما هوموضح في الشكل ١٠-a١. هذا التركيب يخلق بناء مدمج حيث إن الواجهة تصبح مصقولة وناعمة وتقلل من مساحة فقد الحرارة بينما تصيح الشرفات جزء من الفراغ الداخلي. في هذا التركيب تسهم الشرفات بإعطاء إضافة صغيرة فقط للحمل الحراري للبناء.

الشرفات التي تواجه الجنوب (في نصف الكرة الشمالي) يمكن أن يكون لها ألواح مزججة قابلة للفتح، وزجاج ذو مقاومة حرارية عالية (مثال، E - low ذات زجاج مزدوج) بدلاً من الألواح الكتيمة المعزولة.. وبهذا التفصيل فإن الشرفات الجنوبية تتحول إلى أماكن مشمسة للشتاء بشكل وملمح جذاب الأمر الذي يضيف بشكل مرغوب لقيمة الأبنية.

في الصيف تبقى الألواح المعزولة (أوالمزججة) مفتوحة. وعندئذ تكون الشرفات أماكن شبه مفتوحة تقدم اختيار التهوية للغرف الموصولة عبر النوافذ أوالأبواب الموجودة بالجدران التي بينهم والغرف المتصلة كما يمكننا أن نرى في الشكل ١٠-b١. الشرفات تقدم الحماية من المطر للنوافذ والأبواب التي تقود للغرف المتصلة. والشرفات بحد ذاتها تقدم منطقة مفيدة وجيدة التهوية محمية بشكل جزئي من أمطار الصيف ، على الأقل عندما لاتكون الأمطر متصاحبة مع رياح قوية.

فرص التبريد الخاصة

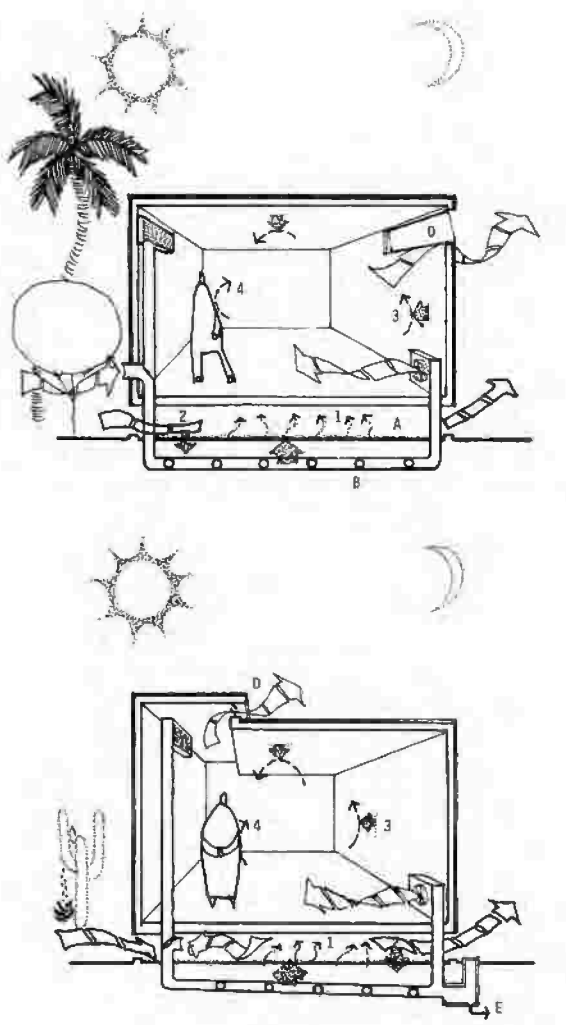
في التجارب التي أجريت في تالاهاسي - فلوريدا والتي نوقشت في الفصل ٥ (راجع الشكل ٥-١٤) لقد تم التوضيح والشرح أنه عندما يتم رفع بناء ما فوق الأرض ومع إبقاء التربة الموجودة تحته رطبة إما بواسطة أمطار الصيف و/أوعبر

ترطيبها (تبليلها) فإن حرارة التربة يحافظ عليها تحت المستوى الأدنى لدرجة حرارة المحيط عبر كامل فصل الصيف. هذا «الأداء» الظاهرة (المتميز) يحقق ليس فقط عبر تأثير التبخر من سطح التربة المظللة ولكن أيضاً نتيجة من تدفق الحرارة من سطح التربة المبردة للتربة الأكثر برودة الموجودة في الأعماق ، والتي تم تبريدها أثناء أشهر الشتاء . وبالواقع ، فإن حرارة التربة كانت أقل بشكل واضح من حرارة تشكل الندى في النهار.

المناطق ذات درجات حرارة الشتاء الأبرد من تالاهاسي فإن درجة حرارة التربة المتوقعة ستوكن حتى أكثر برودة بالتناسب مع الهواء المحيط. ولذلك فإن امكانتيات مثل مصدر التبريد هذا أكبر في مثل هذه المناطق أكثر منها في المناطق الحارة والرطبة ذات الشتاءات أكثر دفأً. ومصدر التبريد هذا يكون متوفر أيضاً بالطبع في المناطق ذات فصول الصيف الحارة والجافة والشتاءات الباردة. في هذه الحالة يجب القيام بترطيب التربة بواسطة الري بدون مساعدة كبيرة من أمطار الصيف.

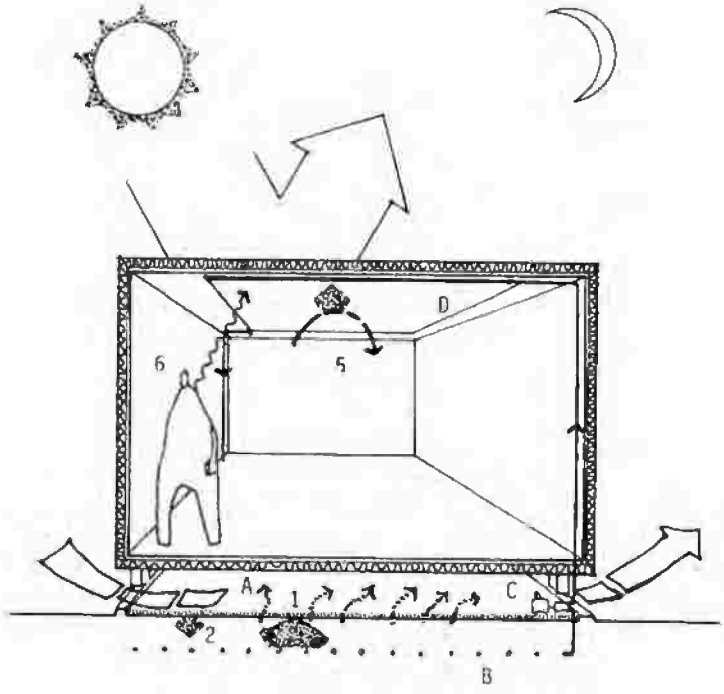
التربة المبردة الموجودة تحت البناء المرفوع يمكن أن تستخدم لتبريد البناء بطريقتين : فعالة وسالبة. الطريقة الفعالة هي أن وجود أنابيب الهواء أوالماء مدفونة ضمن التربة المبردة. بأنابيب الهواء يمكن تدوير إما الهواء الداخلي أوالخارجي عبر الأنابيب إلى البناء أثناء ساعات النهار الحارة . وتخدم الأنابيب كمبادل حراري والتربة الرطبة والمظللة تخدم كماص للحرارة، مبردة بشكل مستمر بواسطة تبخر الماء من سطحها. مثل هذه الخطة مصورة وموضحة في الشكل ١٣-١ .

ومع وجود أنابيب المياه مدفونة في التربة (الشكل ١٣-٢) فإنه توجد حاجة لنوافر مبادلات حرارية بين الهواء والماء ضمن البناء لتمتص الحرارة من الفراغ الداخلي وتنقلها للتربة المبردة. في المناطق ذات درجات تحت درجة التجمد شتاءً يتم استخدام مضاد للتجمد ليدور ضمن الأنابيب بدلاً من الماء.



الشكل ١٣-١. التربة المبردة تحت البناء تخدم كماص للحرارة. أنابيب الهواء المدفونة تخدم كمبادلات حرارة لنقل الحرارة الداخلية للتربة المبردة.

الطريقة «السلبية» لاستخدام التربة المبردة تحت البناء هي بتهويتها بواسطة الهواء المار عبر الفراغ بين أرض البناء والتربة المبردة. ولقد قام طالب هندسة في UCLA، واسمه SHYI-SHIUN CHIOU بتطبيق هذا الخيار في مشروع تصميم. ويظهر مقطع عبر البناء في الشكل ١٣-٣ ويوضح مثل خطة التهوية هذه.



الشكل ١٣-٢. التربة المبردة تحت البناء ذات أنابيب مياه مدفونة تخدم كماص للحرارة مع مبادلات حرارة بين الهواء والماء داخلية.

التركيب المدني للمناطق ذات فصول الصيف الحارة والرطبة والشتاءات الباردة

الأهداف الأساسية التصميم المدني في هذا النوع من المناخ ستكون:

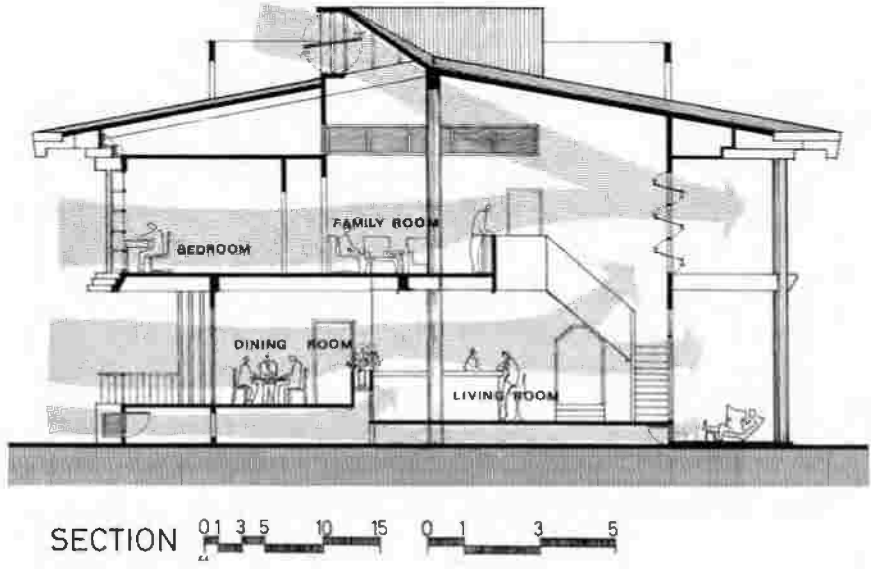
- التقليل للحدود الدنيا من التهوية المدنية عبر استخدام الرياح الجنوبية بالصيف.
- التقليل للحدود الدنيا من اختراق وسرعة الرياح الشمالية في المساحات المدنية شتاءً.
- زيادة الظل للحد الأعظمي على الممرات والأرصفة والأماكن المدنية المفتوحة الأخرى في الصيف وبذات الوقت زيادة التعرض الشمسي بالشتاء.

إن تحقيق هذه الأهداف يمكن أن يحسن عبر مزيج من أشكال التركيبات والمواصفات المدنية

الكثافة والمزج بين نواع الأبنية

باستغلال الاختلافات في اتجاهات الرياح السائدة في كل من الصيف والشتاء يصبح من الممكن أن يكون لدينا مريج معين من الترتيبات من مختلف أنواع البناء التي سوف تمنع وتحجب الرياح في الشتاء ولكن سوف تقدم مقاومة صغيرة نسبياً لتدفق الرياح المدنية في الصيف.

الصيف الحار والرطب تسببه رياح تصل المنطقة بعد المرور فوق المحيطات الدافئة . لموسم الحار والرطب في الهند تسبه رياح تنشأ فوق المحيط الهندي وفي الصين الشرقية يسببه رياح تهب فوق بحر الصين الجنوبي وفي الولايات المتحدة الشرقية يسببه الرياح التي تنشأ فوق خليج المكسيك.



الشكل ١٣-٣. التربة المبردة تحت البناء تستخدم لتبريد الهواء المستخدم وللتهوية. نصميم مقدم من SHYI-SHIUN CHIOU طالب هندسة في UCLA،

الشتاء البرد في الولايات المتحدة الشرقية يسببه الرياح التي تنشأ فوق المحيط المتجمد وفي الصين الشرقية يسببه رياح تنشأ فوق سيبريا. أثناء الشتاء سيكون من المستحب تقليل سرعة الرياح المدنية بقدر الإمكان بالليل والنهار.

ولذلك فإنه في المناطق ذات الشتاء البارد والصيف الحار والرطب من المحبب والمرغوب به قمع الرياح الشمالية بالقدر العملي بينما الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية أوالجنوبية الشرقية يجب أن «تشجع» عبر الهيكل المدني.

من أجل تحقيق هذا الهدف فإن الأبنية ذات ارتفاعات والأطوال المختلفة يجب أن تتجمع بخطوط متوازية من الشمال للجنوب. في الطرف (الحافة) الشمالية من الحي يجب أن تتوضع الأبنية الأعلى والأطول (مثال مجمعات الشقق) . ومن ثم الأبنية الأصغر والأخفض والتي سوف تشكل أجزاء مدنية تنفتح أكثر وأكثر باتجاه الجنوب. في الحافة الجنوبية من الحي يمكن أن تتوضع المنازل العائلية ذات الطابق الواحد.

وبالتالي فإن الحي بأكمله يمكن أن يتكون من مجمعات شقق عالية متعددة الطوابق وطويلة ، مجمعات شقق «مربعة» ذات ارتفاع متوسط، منازل منفردة مكونة من ٢-٣ طوابق (منازل صفية) ، منازل ثنائية الوحدات، ومنازل منفصلة .

مثل هذا المزيج بين أنواع الأبنية يمكن أن يقدم أيضاً كثافة مدنية عامة في الأحياء السكنية أعلى من تلك التي يمكن الحصول عليها في الأحياء ذات النوع الواحد من الأبنية مع نوعية بيئية مقارنة مع إمكانية على تهوية ليلية . الكثافة المدنية الأعلى غالباً ما تكون مرغوبة من كل من الناحية الاقتصادية واعتبارات التصميم المدني العامة. مثل هذه الخطة موضحة في الشكل ١٣ - ٤.

مخطط الشوارع

يمكن لمخطط الشوارع أن يستغل أيضاً التغييرات في اتجاهات الرياح في الصيف والشتاء. وعبر التوجيه الصحيح للشوارع من الممكن السماح باختراق رياح الصيف لقلب المدينة وبذات الوقت تقديم مقاومة ريح أكبر بكثير لرياح الشتاء.

سوف يقدم مثالان لمثل هذا المخطط للشوارع أحدهم من المناطق الشرقية للولايات المتحدة والآخر من الصين الشرقية.

في التعامل مع تأثير اتجاه الشوارع على حقل الرياح المدنية فإن النقاش المقدم في الفصل ٣ يجب أن يذكر. ولذلك فإن هذه النقطة سوف يتم تلخيصها شكل مختصر هنا.

عندما تكون الشوارع متعامدة أوقريبة من المتعامدة مع اتجاه الرياح والأبنية التي تمتد على طول الطريق شكل صفوف طويلة (كما هومتعارف عليه بالمدن) فإن المخطط المدني يقدم أعلى مقاومة للرياح المدنية. التيار الهوائي ارئيسي يتدفق فوق أسطحة المنازل وتقل سرعة الرياح على المستوى الأرضي بشكل كبير.

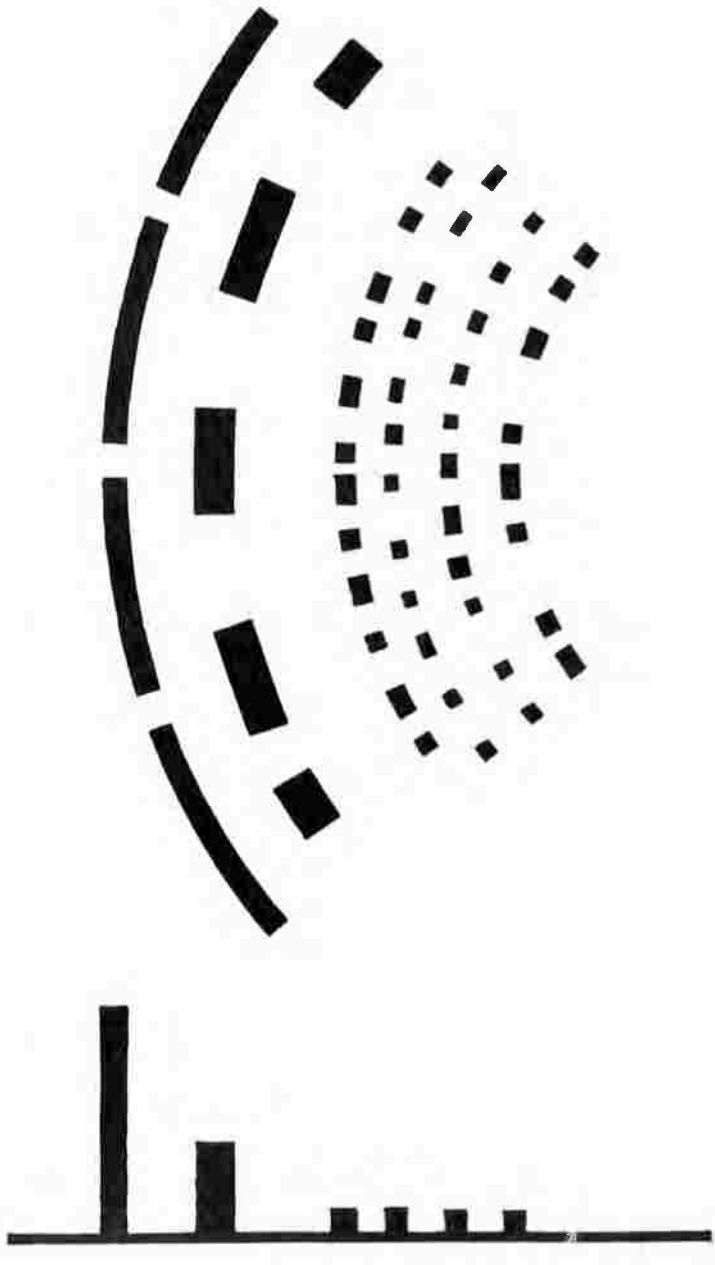
ومن الناحية الأخرى فعندما تكون الرياح موازية للشوارع أوحتى مائلة بزاوية تصل حتى ٤٥ درجة فإن الشوارع تكون ممرات خالية من أية عوائق والتي يمكن عبرها للرياح أن تخترق قلب المدينة.

بالإضافة لموضوع التهوية المدنية أوالحماية من الرياح للمشاة فإن اتجاه الشوارع يمكن أن يؤثر على فرص حصول الأبنية الموجودة على طول الشارع بالحصول على تهوية متقاطعة فعالية .

عندما تكون الشوارع موازية لاتجاه الرياح والواجهات ارئيسية للأبنية موازية للشارع فإن معظم الغرف تكون في مناطق «امتصاص» الرياح. وهذا اتجاه غير محبب للأبنية فيما يخص الرياح لأن التهوية المتقاطعة الفعالة يمكن تحقيقها فقط إذا وجد ولوحائط واحد على الأقل في منطقة «الضغط» من الرياح.

ومن هذا المنظور فإن الشوارع التي تكون منحرفة بالنسبة لاتجاه الرياح بحوال ٣٠-٦٠ درة تقدم أفضل اتجاه للتهوية الطبيعية للأبنية.

وبالتفكير بمواضيع التهوية للأماكن المدنية ككل مجموعة مع التهوية الطبيعية للأبنية يمكننا أن نستخلص اتجاه الشوارع التي تميل بحوال ٣٠-٤٥ درجة باتجاه الريح تعطي أفضل شروط التهوية العامة.



الشكل ١٣-٤. خطة التصميم المدني للحماية من الرياح من رياح الشتاء الشمالية ولتحسين التهوية بواسطة الرياح الجنوبية في الصيف.

إن تطبيق الشروط المذكورة أعلاه موضح فيما يلي بالنسبة للالمنطقتين ذات فصول الصيف الحار والرطب والشتاءات الباردة، وبالتحديد الجزء الشرقي للولايات المتحدة والصين الشرقية.

في المناطق الشرقية للولايات المتحدة فإن الرياح الشتوية السائدة تكون بشكل رئيسي من الشمال - الشمال الغربي والرياح الصيفية تكون بشكل رئيسي من الجنوب - والجنوب الغربي. في هذه الحالة فإن الشوارع العريضة التي تمر من اتجاه الغرب والجنوب الغربي للشرق والشمال الشرقي ستقدم سرعة رياح عالية على مستوى الشارع بالصيف وذات الوقت تقلل بشكل كبير الرياح في الشتاء. في الصيف كل من مساحة الشوارع والأبنية المتواجدة على طول الشارع المائلة باتجاه الرياح الصيفية السائدة بدرجة ٣٠-٤٥ درجة ستكون لها تهوية جيدة. وفي الشتاء عندما تكون الرياح الشمالية - الشمالية الغربية بالأساس متعامدة مع الشارع فإن الرياح سوف تمنع بشكل فعال من التدفق عبر الشارع.

في الصين الشرقية تكون رياح الشتاء من الشمال ورياح الصيف من الجنوب الشرقي. وفي هذه الحالة فإن الشوارع التي تسير باتجاه الشرقي - الغربي ستكون متعامدة مع الرياح الشتوية ولكن منحرفة بالنسبة لرياح الصيف بدرجة ٤٥ درجة . مثل هذا الاتجاه للشوارع سوف يقلل وقع الرياح في الشتاء وبذات الوقت يحسن شروط التهوية في كل من الشوارع والأبنية الموجودة على طول الطريق

وبالتالي في كل من المثالين المذكورين أعلاه فإن اتجاه الشوارع المختار بالنسبة لاتجاه الرياح هي أيضاً اختيار جيد من وجهة نظر التعرض للشمس في الشتاء بالنسبة للأبنية الموجودة على طول الطرق. ولكن المشاة على جانبي الطريق (الأرصفة) ربما لايحصلون على أي شمسفي الشتاء. ولذلك فمن وجهة نظر بيئية فإن نوعية الشوارع بحد ذاتها في الشتاء لايوجد أي تعارض بين اعتبارات الحماية من الرياح والتعرض للشمس.

وإذا أخذنا مدار العام بعين الاعتبار ،الصيف والشتاء، في مثل هذا النوع من المناخ، فإن الاتجاه المنصوح به للشوارع المدنية الرئيسة يبدوأنه يؤمن أفضل الظروف.

أي شبكة للشوارع المدنية تتألف من ،بالطبع، أيضاً من شوارع بزاوية صحيحة بالنسبة للشارع الرئيس. شرزط التهوية على طول هذه الشوارع «الصغرى» بالمقارنة مع الاتجاه العام المنصوح به لشبكة الشوارع،ستكون مرغوب بها بشكل أقل من تلك الموجودة على طول الطريق الرئيس. ولكن من ومنظور الشروط العامة للتهوية في المناطق المدنية فإن دور الريح على الطرق المنية الرئيسة متحكم به أكثر من الشوارع المحلية.