المقدمة

تتوقف الراحة الفسيولوجية للإنسان على الثأتير الشامل لعدة عوامل ومنها العوامل المناخية مثل درجة الحرارة والرطوبة وحركة الهواء والإشعاع الشمسي .

وللتهوية داخل المبنى أهمية كبيرة وتعتبر إحدى العناصر الرئيسية في المناخ ونق الانطلاق في تصميم المباني وارتباطها المباشر معها فالتهوية والتبريد الطبيعيين مهمان ودورهما كبير في تخفيف وطأة الحر ودرجات الحرارة الشديدة ، بل هما المخرج الرئيسي لأزمة الاستهلاك في الطاقة إلى حد كبير لأن أزمة الاستهلاك في الطاقة مردها التكييف الميكانيكي والاعتماد عليه كبير والذي نريده فراغات تتفاعل مع هذه المتغيرات المناخية أي نريد أن نلمس نسمة هواء الصيف العليلة تنساب في دورنا ومبانينا ونريد الاستفادة من الهواء وتحريكه داخل بيئتنا المشيدة لإزاحة التراكم الحراري وتعويضه بزخات من التيارات الهوائية المتحركة المنعشة . فكل شي طبيعي عادة جميل وتتقبله النفس وترتاح له فضلا عن مزاياه الوظيفية .

وعلى المعماري كمبدأ منطقي عام البدء بتوفير الراحة طبيعياً ومعمارياً كلما أمكن ذلك ومن تم استكملها بالوسائل الصناعية لتحقيق أكبر قدر ممكن من الراحة مقتصداً في استعمال الطاقة الصناعية ومحققا للكفاءة الاقتصادية من ناحية التكاليف .

وللتهوية داخل المبنى سواء كانت طبيعية أو ميكانيكية أهمية كبيرة وكل أهمية من هذه المهام تتطلب احتياجات ومتطلبات خاصة تتغير طبقاً لتغير المناخ وهذا ما سنتطرق اليه في هذا البحث إن شاء الله .

وظائف التهوية الطبيعية/

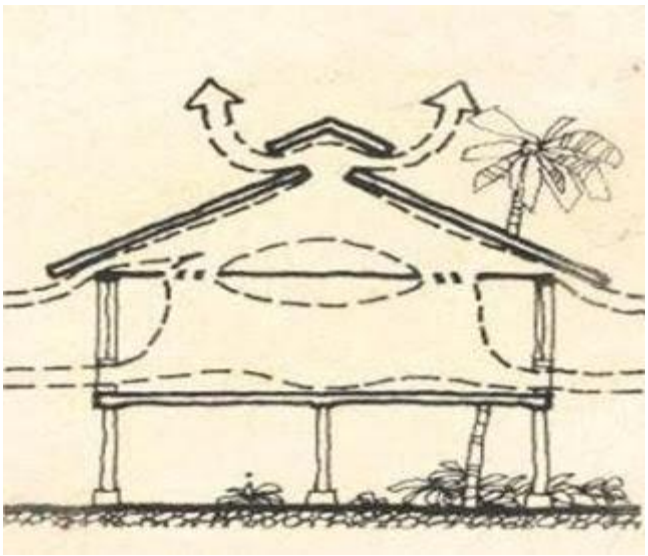
التهوية الطبيعية وحركة الهواء تحقق ثلاثة وظائف هى :-

1. التزويد بالهواء النقي والصحي.
2. تبريد أو تدفئة المباني من الداخل بتيارات الحمل وهذا يتأتى عندما يكون هناك فرق في درجة الحرارة بين الداخل والخارج أي أنه حتى يتم تبريد المبنى من الداخل يجب أن تكون درجة الحرارة فى الخارج أقل برودة من الداخل والعكس صحيح أى أنه إذا أردنا تدفئة المبنى من الداخل يجب أن تكون درجة الحرارة في الخارج أعلى منها فى الداخل وهذا الفرق في درجات الحرارة يعتمد على مدى تغير درجات الحرارة خلال اليوم (الحرارة المكتسبة من الخارج والحرارة المتولدة فى الداخل أو اتحاد كل تلك العوامل وهذا النوع من التهوية يسمى التبريد البنائي أو التركيبي)
3. تبريد القاطنين أو الساكنين فى ظروف معينة وذلك بتبريد الجسم وإزالة العرق والرطوبة من جسم الإنسان وحيث أن التهوية تزيد من عملية فقدان الجسم للحرارة بواسطة تيارات الحمل الحراري convection نتيجة لحركة الهواء السريعة فى وجود تيارات هوائية .وإذا كنا لا نشعر بالتهوية الجيدة على مستوى الجسم فإنها لن تؤدى الغرض المطلوب من البرودة والشعور بالانتعاش لأن الشعور بالبرودة والانتعاش لا يأتي نتيجة برودة الجسم ولكن يأتي نتيجة لمرور تيارات هوائية بسرعة كافية لتبخير العرق والإقلال من درجة حرارة الجسم تدريجياً مما يؤدى إلى الشعور بالبرودة .

وحركة الهواء هو المصطلح الذى يستعمل للتعبير عن هذا النوع من التهوية وهى تتأثر نسبياً بسرعة التيارات الهوائية وتأتي رها المبرد للجسم.

قوة إنتاج التهوية الطبيعية فى المبانى تنتج من تغيير الهواء بسبب الاختلاف فى درجات الحرارة وهو مايعرف بتأثير المداخن stack effect

عندما الهواء الداخلى الدافئ الخفيف يستبدل بالهواء الخارجى البارد الكثيف وكذلك بحركة الهواء أو انسيابه نتيجة الاختلاف فى الضغط بينما حركة الهواء ذات السرعة البطيئة نسبياً والناتجة من القوى الحرارية stack effect ممكن تكفى لكل من التزويد بالهواء النقى والتبريد بالحمل .
هذه القوى نادراً ما تكفي لخلق حركة هواء يمكن إدراكها ومطلوبة في بعض المناطق الحارة لتوفير الراحة الحرارية .



الشكل يوضح تأثير المداخن على حركة وسرعة الهواء

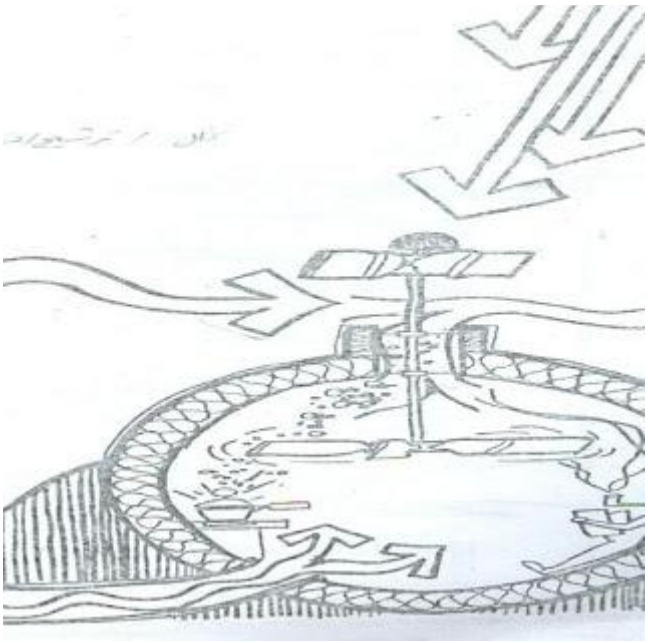
فقط قوة الطبيعة التى نستطيع الإعتماد عليها لأجل هذا الغرض (الثأتير الديناميكي) للرياح وكل المجهودات الضرورية لتعمل على اصطياد أكبر قدر ممكن من الرياح
ومن هنا نستنتج أن الأهمية الحتمية للتهوية ممكن الحصول عليها بثلاث طرق مختلفة وهى :-

1. بواسطة تأثير المداخن stack effect كنتيجة لتغيير ضغط تبعاً لتغير درجات الحرارة
2. بواسطة ضغط الرياح والتيارات الهوائية .
3. بطرق ميكانيكية

الأسباب التي تدعو إلى استبدال وتغيير الهواء في المباني/
تغيير الهواء وإبداله في المبانى مطلوب لعدة أسباب وهي :-
1- تغيير الهواء المستعمل والفاسد (المشبع بغاز ثانى أكسيد الكربون) بهواء خارجى جديد منعش يأتي من الخارج والحد الأدنى من التهوية لهذا الغرض نحتاجه لكل حجرة أو مساحة مشغولة لطرد الهواء المستنفد وثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس وتزويدنا بالأكسجين ففى حجرة المعيشة يحتاج الهواء إلى تجديد من 1- 1.5 مرة لكل / ساعة .
2- ازالة الدخان والروائح والتخلص منها ؛ فالمباني المشغولة تحتاج إلى معدل عالي من التهوية لطرد الروائح والدخان كما تعتبر التهوية ضرورية لطرد نواتج الاحتراق من المداخن والطهي فى المطابخ وطرد الأبخرة الرطبة الناتجة عن الطهي لمنع ترسبها وتكثفها داخل الأبنية وتدخين السجائر أيضاً يزيد من الحاجة الملحة لوجود التهوية وهذه المتطلبات للتهوية يطلق عليها اسم التهوية الصحية .
3- إفراغ الهواء الدافئ الغير مرغوب فيه وإدخال هواء جديد للراحة . فى المباني الضيقة المغطاة والمحمية من الشمس حيث تسرب الهواء يكون أقل (حد أدنى) وخصوصاً المباني التى تحت السطح يجب أن تزود بتهوية كافية ويمكن أن تستعمل التهوية عملياً للتبريد بصورة جدية ولكن نحتاجها أيضاً خلال فترات التدفئة .
إذ أن أكثر أنظمة التسخين أو التدفئة الشمسية السلبية تستعمل الكتلة الحرارية المشعة . بعض حركات الهواء وتغييرها ممكن تظهر أو تحدث بدون تأثير سيئ علي عملية التسخين.

التهوية السلبية نستطيع تحقيقها أو انجازها بعدة طرق مختلفة والشيء الذى يمكن تذكره في كل الحالات هو ضبط حجم ومكان كل فتحة لتسمح لكل فراغ داخل المبنى للتكيف أو التأقلم حسب ما تتطلبه الفصول المختلفة . كل المنافذ يجب أن يكون فتحها مضبوط ومعدل

وجيدة العزل ومحكمة عند الغلق عندما الهواء يذهب وينتحي ليحل محله هواء آخر فالهواء القادم سيكون طبيعي ما إذا برد أو سخن قبل التوزيع.

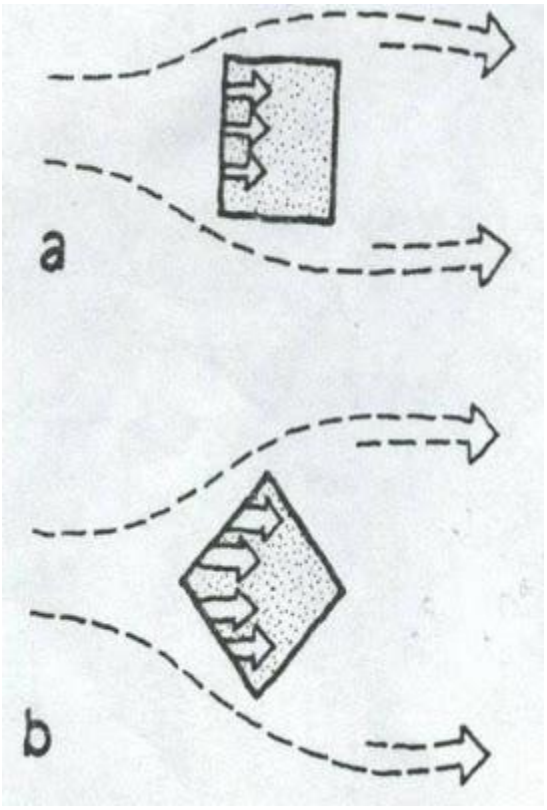


شكل يوضح وظائف التهوية وأسباب تغيير الهواء في المباني

العوامل التي تؤثر على التهوية وانسياب الهواء/

العوامل التى تؤثر علي التهوية وانسياب
التهوية وانسياب الهواء يتأثر بعوامل مختلفة وهي :-

1. **التوجيه Orientation:**



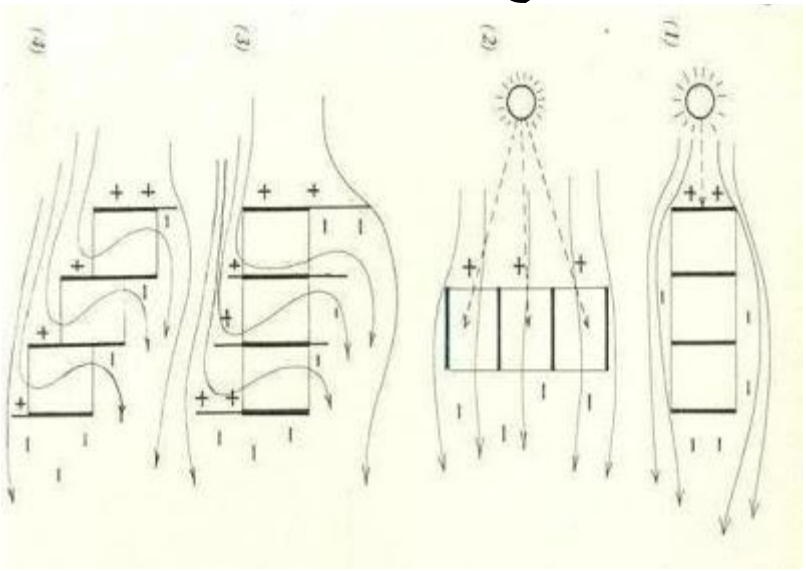
الشكل يوضح توجيه المبانى ودورها فى توزيع الهواء

من سوء الحظ أن التوجيه الجيد للشمس والمناسب إلى حد بعيد للرياح السائدة نادراً جداً ما تتوافق وأحسن حل يتوصل إليه في كل حالة (حل وسط)

بالرغم من أن أكبر ضغط فى جانب المبنى المواجه للريح يتولد عندما تكون واجهة المبنى عمودية علي اتجاه الريح كما موضح بالشكل a جيفونى أشار الي أنه إذا وضعت النوافذ عند زاوية 45 درجة علي اتجاه الرياح فإن معدل سرعة الهواء الداخلى تزيد وتوفر أفضل توزيع لحركة الهواء فى الداخل كما موضح بالشكل bوهذا التضارب ممكن أن يساعد فى حل مشكلة التوجيه عندما الشمس والرياح تتطلب التناقض .

حلول بديلة لمشكلة الشمس والرياح عندما تاتي من الغرب في المناخ الحار حيث تكون التهوية مطلوبة للراحة/

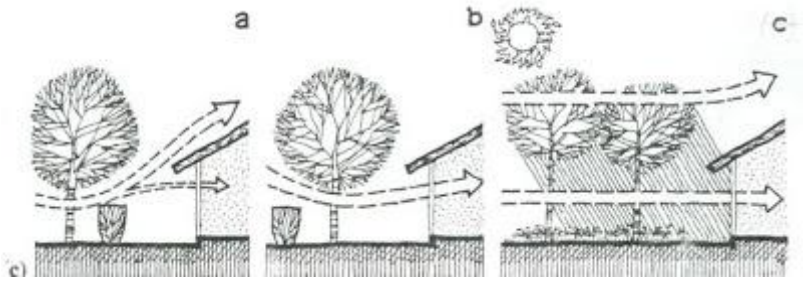
- الرياح والشمس من الغرب و وتكون الفراغات بواجهتين شمال وجنوب ففى هده الحالة تعطينا حركة هواء خفيفة وحماية من أشعة الشمس
- واجهات الفراغات شرقية وغربية ستعطينا نسيم وأشعة شمسية وهدا التركيب مرغوب نوعا ما
- الاهنام بإقامة حوائط خارجية ونستطيع استخدام هدا الحل لخلق منطقة ضغط عالى ومنطقة ضغط منخفض للحصول على جسر تهوية (تدوير حركة الهواء 90درجة)
- تدريج الفراغات لتحقيق نفس النتيجة والاستفادة من التهوية العبارة والحماية من الإشعاع الشمسى فى نفس الوقت



2. **الغطاء النباتي Vegetation/**

معلم او صورة أخرى لها تأثير قليل فى التحكم في حركة الهواء حول المباني العالية ولكن موضعها وحجمها نستطيع القول بأنه عندها تأثير واضح على حركة الهواء فوق وحول المباني المنخفضة خلال اليوم فى المنطقة الساخنة والرطبة عندما تكون التهوية مهمة جداً يدخل

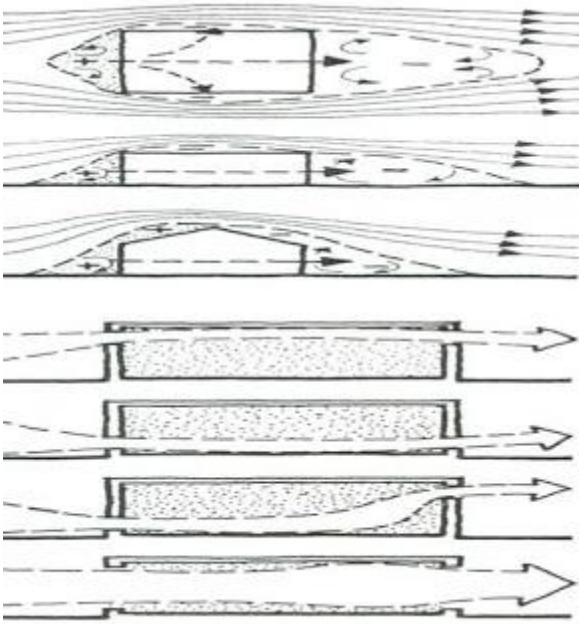
الهواء إلى المبانى خلال الظل بدون أن يعبر فوق الأسطح الساخنة والنباتات فى هذه الحالة ضرورية مادامت لاتحد من الإنسياب الحر للنسيم .



شكل يوضح مرور الهواء خلال الظل وفوق المسطحات الخضراء

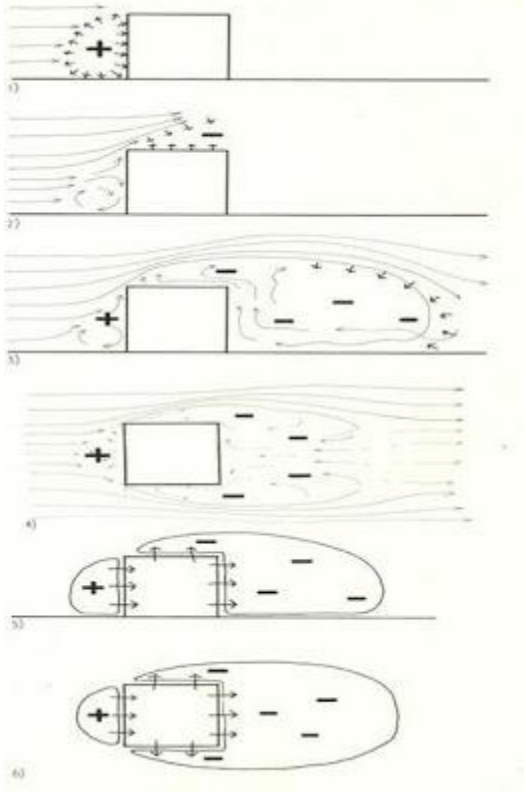
3. مرور الهواء Cross Ventilation/

عندما تهب الرياح نحو المبنى الهواء المتجمع فوق الجانب المواجه للريح يخلق منطقة ذات ضغط مرتفع والهواء الآتى حول المبنى يخلق منطقة ذات ضغط منخفض للمبنى مباشرة باتجاه الريح .



علاقة المبنى بالرياح وخلق منطقة ضغط مرتفع ومنطقة ضغط منخفض

بناء عليه اختلاف الضغط الموجود بين الجانب الذى تهب منه الريح والجانب الذى تهب نحوه الريح في مثل هذه الطريقة الهواء سيتحرك خلال المبنى إذا كان الفتحات الموجودة من جانب الضغط العالى (منطقة الضغط العالى) إلى جانب الضغط المنخفض (منطقة المص)



شكل يوضح المناطق الناتجة عن حركة الهواء

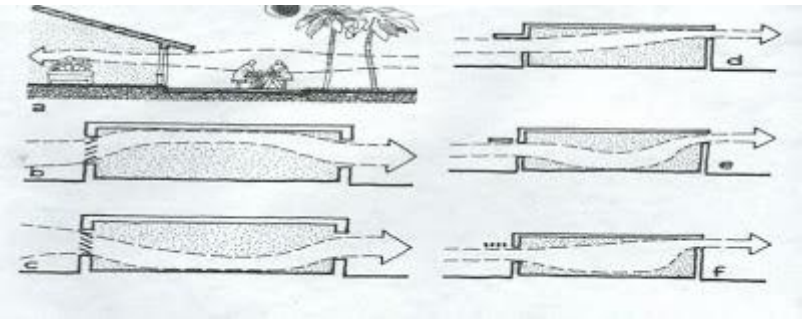
+ منطقة ضغط مرتفع - منطقة ضغط منخفض

*

النوافذ الكبيرة والعالية تزيد من سرعة الهواء الداخل ولكن هذه النظرية تكون صحيحة عندما تكون الفتحات التى يدخل منها الهواء تساوى نفس الفتحات التي يخرج منها الهواء .

وعندما تكون فتحات الحجرة غير متساوية والفتحات التى يخرج منها الهواء أكبر وأكثر ارتفاعاً السرعة تكون أعلى وفي حالة تكون

الفتحات التى يخرج منها الهواء أقل ارتفاع السرعة المتوسطة تسود ويجب أن نأخذ فى الاعتبار عدم اعتراض مرور الهواء بالتصميم الخاطئ للفواصل الداخلية وبالوضع والحجم الصحيح للفتحات نضمن حركة هواء رائعة وفعالة .



شكل يوضح مرور وحركة الهواء من خلال الفراغات

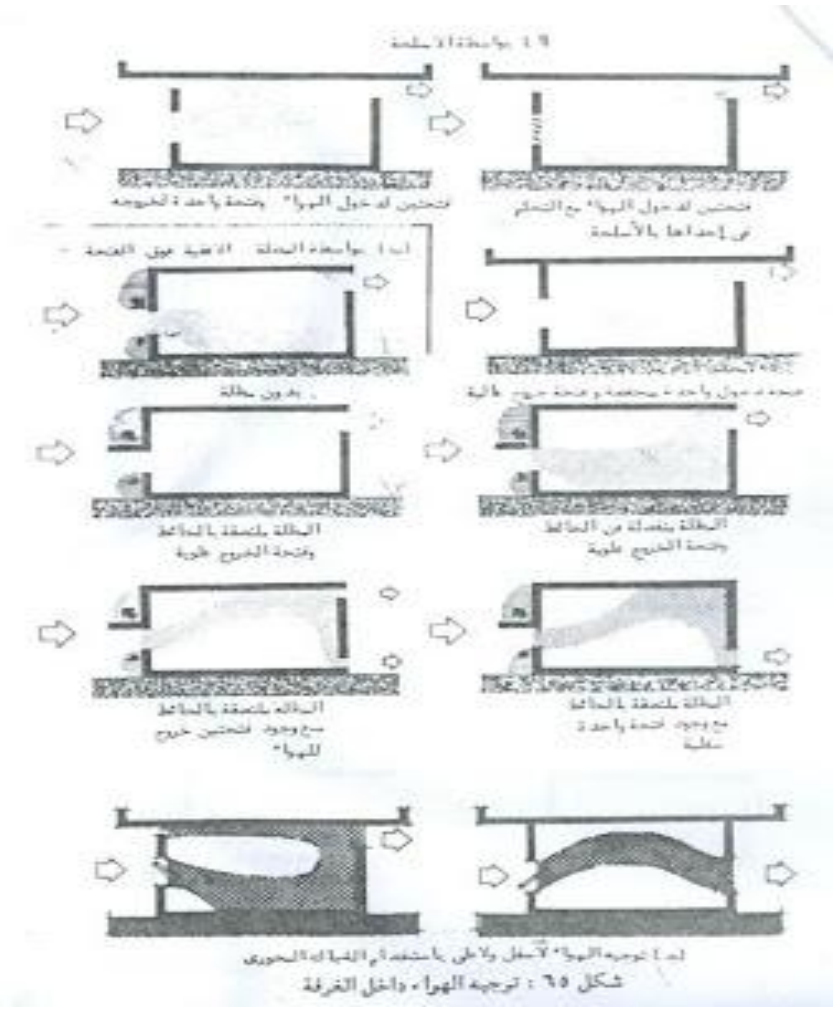
ينساب الهواء من مناطق الضغط المرتفع (+) إلى مناطق الضغط المنخفض (-) مكوناً مناطق مختلفة في الضغط حول المبنى كذلك يختلف الضغط بين خارج المبنى وداخله ويمكن التحكم فى مناطق الضغط عن طريق دراسة فتحات المبنى من ناحية الوضع والمساحة .

وضع الفتحات:-

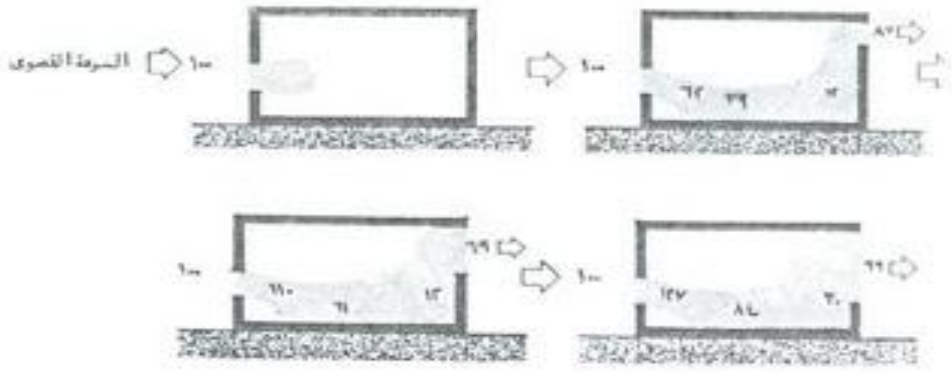
- عند وجود فتحتين في حائطين متقابلين في غرفة ، أحداهما عمودية على اتجاه الريح فإن الهواء يتدفق مباشرة من هذه الفتحة إلى الفتحة المقابلة مكوناً تياراً هوائياً مسبباً نوع من الإزعاج ، بينما يجوب جزء صغير فقط من هذا التيار أرجاء الغرفة مسبباً تحريكاً بسيطاً للهواء ويؤدي هذا الاختلاف إلى عدم تجانس التهوية في فراغ الغرفة
- عندما تكون الفتحتان في نفس الوضع السابق ولكن الرياح تكون مائلة على فتحة الدخول فإن معظم حجم الهواء يمر ويتحرك خلال فراغ الغرفة ويزيد بذلك تدفق الهواء في الجوانب والأركان محققاً بذلك تهوية أكثر تجانساً

يمكن الحصول على تهوية جيدة أيضاً بوضع الفتحتين في حائطين متجاورين مع تعامد اتجاه الرياح على فتحة الدخول، يؤدي ارتفاع منسوب فتحتي دخول وخروج الهواء إلى ركود في حركة الهواء على مستوى جسم الإنسان الموجو في الغرفة كما يؤدي وضعهما على منسوب منخفض إلى الحصول على حركة الهواء على المستوى المطلوب وتكون التهوية سيئة عند وضع أحداهما عالية والأخرى منخفضة

يمكن توجيه الهواء إلى أعلى أو أسفل بواسطة الأسلحة Louvers توجيه المظلات الأفقية الموجودة على فتحة دخول الهواء إلى أعلى ويمكن تصحيح مسار الهواء إما بفصل المظلة عن الواجهة أو بوضع فتحات الخروج في أماكن مناسبة. وعموماً فأنه فيما عدا الشبابيك المفصلية العادية والشبابيك المنزلقة فإنه يمكن التحكم في تحديد مسار الهواء الداخل إلى المبنى عن طريق التحكم في اتجاه فتح الشباك باستخدام الشبابيك المحورية سواء التي تتحرك على محور أفقي أو على محور رأسي وتوجه الهواء بتغيير طريقه واتجاه فتح الضلفة.



شكل ٦٥ : توجيه الهواء داخل الغرفة

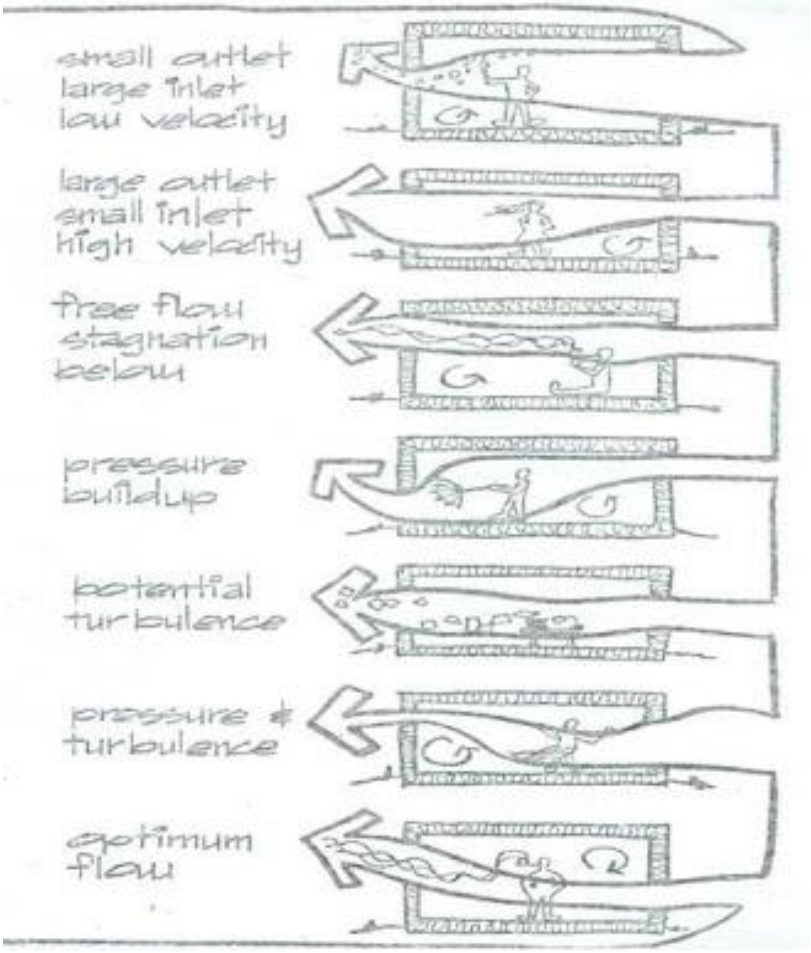


(أ) علاقة سرعة الهواء بحجم ووضع الفتحات

شكل (٦٦ - أ) علاقة سرعة الهواء بحجم ووضع الفتحات

تأثير الفتحات/

اتجاه وسرعة تدفق الهواء يحدد تأثير التبريد على التهوية
الطبيعية وعلمياً درجة الحرارة تنزل إلى 3 درجة مئوية إذا كانت سرعة الهواء 61 م/ دقيقة .(200 قدم / دقيقة) وسرعة الهواء نستطيع ضبطها بواسطة الفتح والإغلاق وضبط مواضع النوافذ لتلائم احتياجات الراحة .
لتقوية التهوية يستوجب أن يكون هناك مدخل ومخرج على النظير أو على الجوانب المجاورة للفراغ ، تدفق الهواء على فتحات الفراغ فى الجانب المواجه للريح أكثر فاعلية عندما يكون اتجاه الرياح فى حدود 30 درجة وفى الوضع الطبيعي للفتحات.



*

بالرغم من أن الغاية هي تقوية حركة الهواء في كامل أعماق المبنى (من الأرضية إلى السقف) ومن المهم ضمان تلك التيارات الهوائية داخل الفراغات عند المستوى وفى النمط الذي يناسب وظيفته؛ علي سبيل المثال في غرف النوم خصوصاً فى المناطق الساخنة الرطبة التدفق الجوي الرئيسي يجب أن يكون في جزء الغرفة الذى وضع فيه السرير وعلى ارتفاع قليل فوق مستوى السرير.

حركة الهواء من الداخل إلي خارج المبنى قد يكون مرغوب أو غير مرغوب وهذا يعتمد على درجة الحرارة فى الخارج وعلاقتها بدرجة الحرارة الداخلية .

في المناطق الحارة حيث درجة الحرارة الجوية تحت درجة الحرارة فى المبنى أو تحت درجة حرارة الجسم تدفق الهواء يقوى لكى يروج للتبريد بالتبخير والشعور المريح بحركة الهواء .

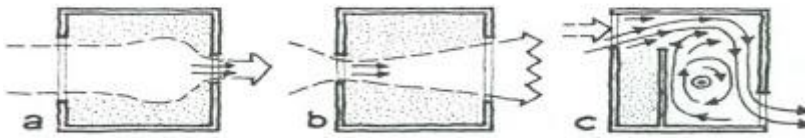
وضع الفواصل وتأثيرها على التهوية/

عندما الحجرة تقسم بواسطة فاصل او عدة حجرات تبدو متجمعة مع مداخل ومخارج مفصولة بأبواب أو صالات الهواء يتغير اتجاهه وسرعته عند مروره خلال الحجرة وعموماً تقليل حركة الهواء بالرغم من خلق أو تكوين حركة هواء مضطربة ودائرية داخل الحجرة ممكن ينتج أو يؤدى إلى عامل تهوية في المساحة الأكبر.

من الممكن أن تكون التهوية مرضية فى المباني عندما يمر الهواء من حجرة إلي أخرى مادام الربط أو الفصل بين الفراغات يظل مفتوحاً وعندما تكون التهوية مطلوبة.

مثلاً السرعة تكون أقل عندما تكون الفواصل قريبة من فتحات النوافذ وبالتالي تجبر الهواء علي تغيير اتجاهه بسرعة ومن الأفضل للغرف الكبيرة علي جانب فوق مهب الريح لزيادة حركة الهواء داخل المبنى .

يصل متوسط سرعة الهواء داخل المبنى إلى أقل قيمة عندما يكون وضع الفواصل أقرب إلى فتحة دخول الهواء وفي مواجهتها بينما ترتفع قيمته عندما تكون هذه الفواصل أقرب إلى فتحة المخرج يفضل أن تكون الفراغات الأكبر هى التى تواحه دخول الرياح وذلك للحصول على سرعات أكبر للهواء داخل فراغات المبنى المختلفة للحصول على تهوية جيدة لفراغات المبنى الداخلية يجب أن يمر الهواء من فراغ لآخر بحرية ويمكن التحكم في التهوية بواسطة أبواب تفتح وتغلق حسب الحاجة.



شكل يوضح تأثير الفواصل على سرعة الهواء

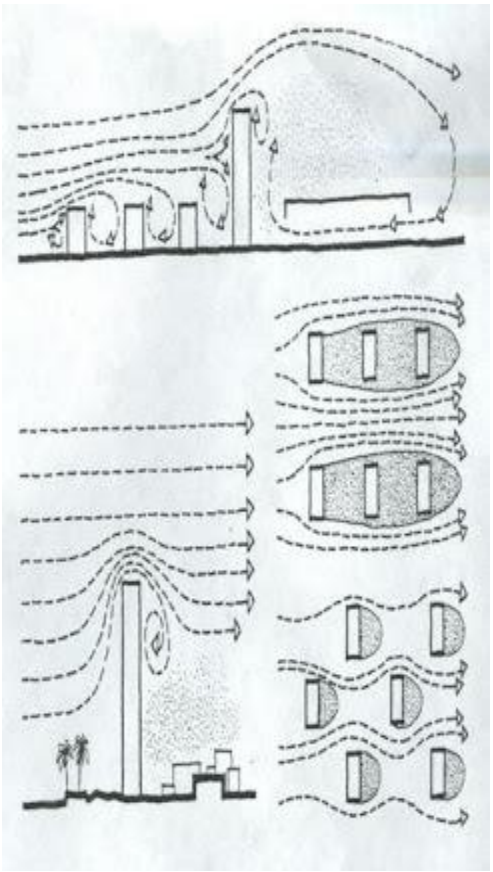
علاقة أرتفاعات و توزيع المبانى وأثرها على حركة الرياح/

أن طوابق المبانى المزودة بالتهوية التقليدية مثل منازل الأقاليم الدافئة الرطبة أحياناً رفعت إلى أعلى للتعرض الأفضل للنسيم السائد،الذى يميل إلى أن يكون رطب عن طريق النباتات المحيطة بالإضافة إلى أن هذه الطريقة تمكن المباني من تبريد الأرضية من تحت وهذا مفيد جداً فى الليل بالإضافة إلى حماية المبانى من الفيضانات والحشرات والقوارض المختلفة .

تأثير العمارات العالية يجب أن يحلل والذى يجب تذكره هو أنه إذا كان البناية منخفضة وواقعة في ظل ريح الكتلة العالية هذا يمكن أن يؤدى إلى الهواء المتدفق خلال المستوى المنخفض للمبنى في الاتجاه المقابل للريح .

أما المبانى الموضوعة بطريقة متنظمة تكون مناطق السكون خلف المبنى معرضة للألتحام وبالتالى منع حركة الهواء بالنسبة

6 لصفوف المبانى الخلفية إذا لم تترك مسافة تساوى أرتفاع المبنى مرات على الأقل وفى هذه الحالة يمكن أن تنتج سرعة هواء شديدة ملامسة لكتل المبانى يمكن أن تستغل جيدا للتهوية . وذلك بدراسة الفتحات فى المبنى وتحقق المبانى الموضوعة بطريقة تبادلية أنتظاماً أكبر فى حركة الهواء وتقلل من مناطق السكون .



علاقة ارتفاعات المبانى وشكل وسريان الرياح وكذلك وضع الكتل

تصميم الفتحات لحركة الهواء والتهوية داخل المباني/

للتهوية داخل المباني أهمية كبيرة تقوم على تغيير الهواء الداخلي بالخارجي وكل أهمية من هذه المهام تتطلب احتياجات خاصة مثل حجم وموقع الشبابيك وفتحات التهوية الأخرى ونتيجة لتغير البيئة والمناخ من منطقة لأخرى فإن هذه الإحتياجات والمتطلبات تتغير طبقاً

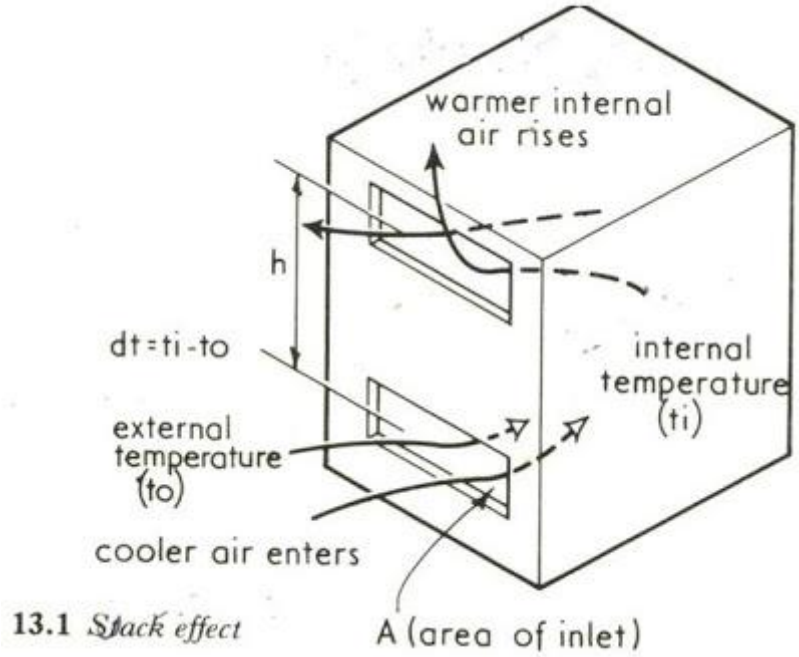
لتغير المناخ ولهذا يجب أن نحدد أهمية التهوية قبل أن نقرر كيفية تنفيذه

التهوية خلال الشبابيك بواسطة تأثير المداخن :-

عندما يكون هناك فرق فى درجات الحرارة بين الداخل والخارج فإن الاختلاف فى الضغط المتولد نتيجة لتمدد الهواء ممكن أن يستعمل في إيجاد أو توليد تهوية نتيجة لتأثيرالمداخن

معدل التهوية (V) يعتمد على الاختلاف فى درجة الحرارة بين الداخل والخارج (dt).

الاختلاف في الارتفاع بين المدخل والمخرج (مدخل ومخرج التيار) يقاس من مركز الفتحات (h) ومساحة مدخل الهواء (A)



13.1 *Stack effect*

شكل يوضح تأثير المدخنة

معدل التهوية لكل وحدة (مساحة الفتحة) معطاة بالمعادلة التالية :

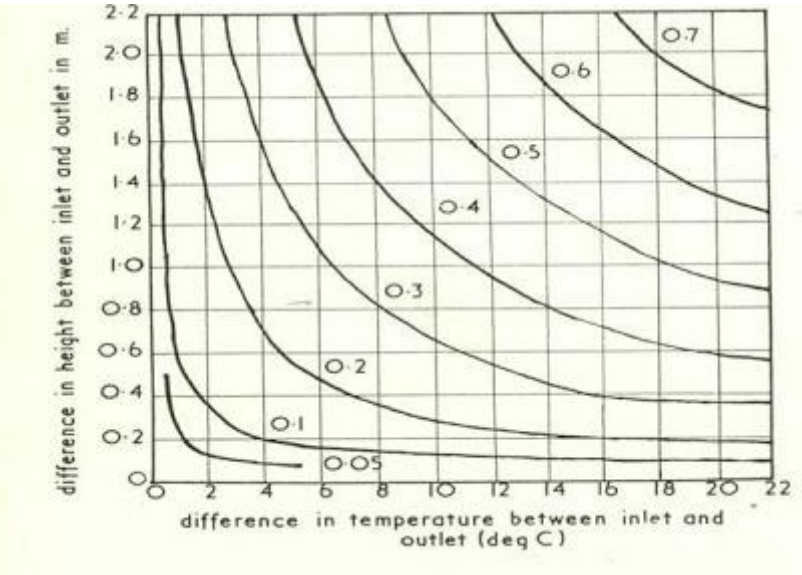
$$V = 0.117\ A\ \Pi\ h\ .\ d\ t\ \ m3 / sec /\ m2$$

عندما تختلف مساحة مدخل الهواء على مساحة المخرج اختلافاً كبيراً فإن
معامل التصحيح تستعمل لإنقاص أو زيادة قيمة (V) أو معدل التهوية.

مساحة المدخل ÷ مساحة المخرج ***Area of outlet ÷ Area of inlet***	***مُعامل التصحيح*** ***Correction factor***
5	***1.38***
4	***1.37***
3	***1.32***
2	***1.26***
1	***1.0***
0.75	***0.85***
0.5	***0.63***
0.25	***0.34***

وتستعمل المعادلة السابقة لحساب سرعة التيار الهوائي المتدفق خلال المدخل والمخرج كوظيفة لإختلاف الحرارة الحقيقى والاختلاف في الارتفاع .

والقيمة يمكن تحديدها فى الرسم البيانى الموضح وهذه السرعة فى التيار من الممكن تنظيمها باستعمال معامل التصحيح المعطاة سابقاً إذا كان هناك اختلاف فى حجم المدخل والمخرج



شكل يوضح العلاقة بين درجات الحرارة والفتحات وسرعة الهواء

كما يمكن استعمال الرسم البياني الموضح لإيجاد معدل التهوية عندما يكون حجم الفتحات معلوم كما أن الرسم البياني يوضح عدة نقاط أهمها :-

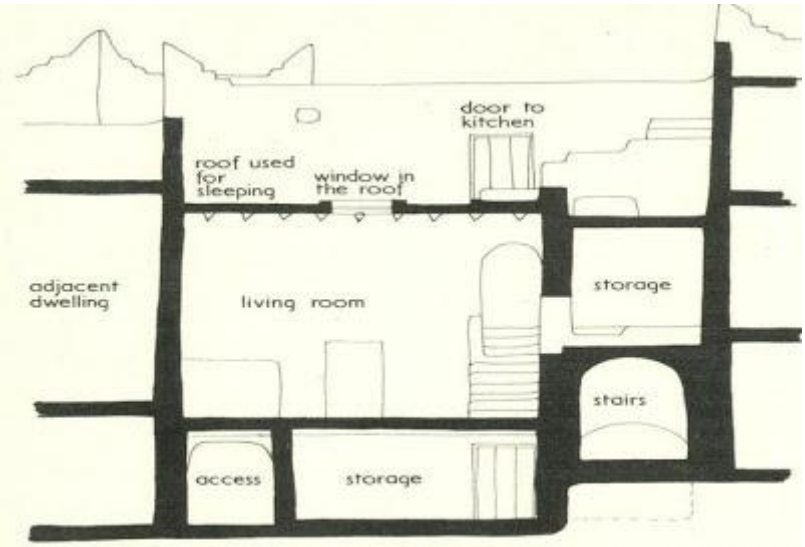
- ❖ أنه حتى فى وجود اختلاف بسيط فى درجات الحرارة واختلاف بسيط في الارتفاع فأنه توجد حركة بسيطة للهواء نتيجة لتأثير المداخن (Stack effect) .
- ❖ سرعة الرياح في المداخل تكون أكبر عندما يكون هناك اختلاف في درجات الحرارة بين الداخل والخارج وهذا يتأتى بواسطة التدفئة في الشتاء.
- ❖ تحت ظروف جوية دافئة مع فتح الشبابيك فإن الاختلاف في درجات حرارة الجو بين الداخل والخارج لا يزيد عن الخمس درجات وأن أعلى اختلاف في الارتفاع بين المدخل والمخرج في بناء بطابق واحد مع فتحات كبيرة لا يزيد على 1.5 متر .

- في الأجواء الحارة الجافة فإن البناء يكون ثقيلاً ومعرض للاختلاف اليومي في درجات الحرارة أقله 5˚ م ويزيد حتى يصل إلى 10˚ م وليلاُ عندما تنخفض درجة الحرارة في الخارج فان تأثير الكتلة سيساهم في تبريد درجة حرارة المبنى.

حركة الهواء على الأسطح المستوية/

درجة حرارة الطبقة الرقيقة من الهواء فوق الأسقف المستوية ستتغير طبقاً لتغير درجة الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي وامتصاصية السطح وكذلك قدرة السطح النسبية على إطلاق الحرارة بالإشعاع وشدة الإشعاع المنطلق إلى السماء . درجة حرارة هذه الطبقة أو الغشاء الرقيق من الهواء فوق السطح ممكن أن تنخفض تحت درجة حرارة الجو أثناء فترة الليل ومن الممكن أن نستفيد منها في تبريد الفراغات الداخلية والخارجية وخلال النهار السطح يكون ساخن فيرفع من درجة حرارة الهواء بواسطة تيارات الحمل الطبيعي.

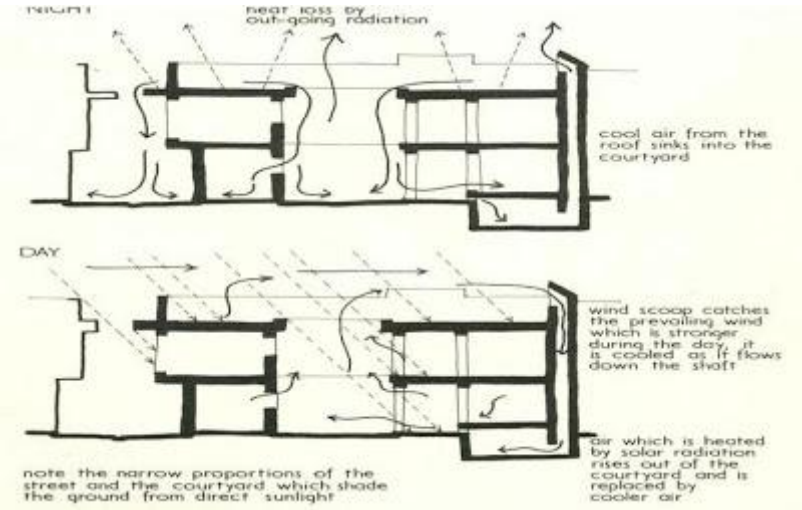
عند الليل الهواء البارد بقائه على السطح مطلوب لزيادة الكثافة ولحجز هذا الهواء والاستفادة منه نحتاج إلى حوائط لمنع الهواء البارد المتدفق بعيداً عن حافة السقف إلى المساحات التى لا نستطيع الاستفادة بها الحوائط أيضاً تقلل من حركة الهواء الذى سيقلل من تكوين برك الهواء البارد بخلط طبقة السطح الرقيقة الباردة مع درجة حرارة الجو العادية وأبسط طريقة للاستفادة من الهواء البارد ستكون بتوفير نوافذ على السطح لكى يتدفق الهواء البارد إلى الأسفل عندما يكون الهواء على السطح أبرد من الهواء الداخلى والنافذة هذه ستكون لكي يكون تأثير التبريد للهواء أكبر من تأثير التسخين للشمس وهذه الطريقة مستخدمة فى بعض المباني فى الصحراء حيث هطول المطر يكون قليلاًُ كما هو الحال في مدينة غدامس والموضح بالشكل التالي.



11.1 *Section of a typical dwelling in the oasis of Ghadames Libya*

جيفوني اختبر هذه الوسيلة التى عملت بإتقان وذلك بحجز الهواء البارد بواسطة صفيحة من البوليثيلين
أو معدن رقيق طلي باللون الأبيض وتهويته والنافذة مفتوحة .

طريقة بسيطة نافعة للاستفادة من الهواء البارد وانحداره إلى الفناء الصغير المغلق والذى يعمل عمل الحوض فيصطاد الهواء البارد ويسمح له بالمرور والإنسياب داخل الحجرات الموجودة حول الفناء بينما الهواء الساخن يخرج من الحجرات إلى الفناء ويرتفع ألى أعلى خارجاً وبناء على ذلك تحاط الأفنية بدرابزون مفتوح مع حاجز حجرى منخفض ليساعد على تدفق وانسياب الهواء البارد إلى الحجرات كما هو موضح بالشكل.

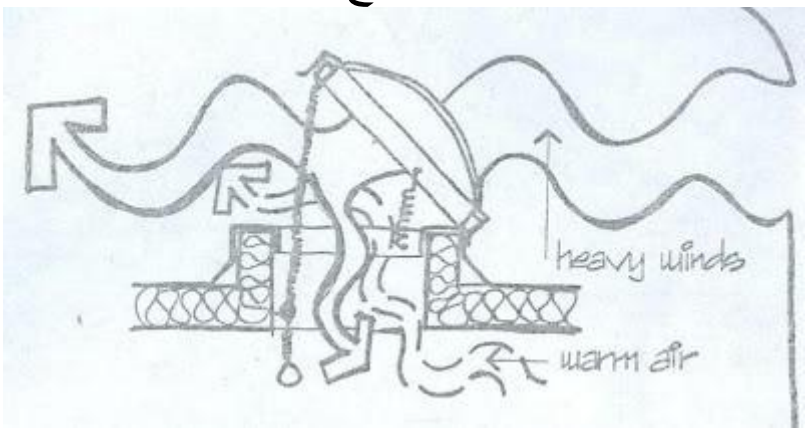


شكل يوضح الفناء وتأثيره على انسياب الهواء داخل الحجرات

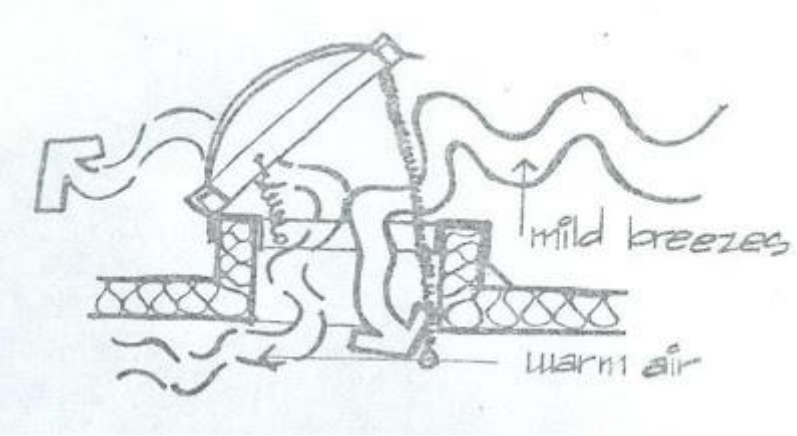
بعض أشكال فتحات التهوية/

المناور Skylights:

المناور وسيلة مفيدة للتهوية فهي تعمل عمل جهاز تهوية وايضاً مفيدة للإضاءة الطبيعيةو هى وحدات تجارية جائزة الفتح إلى الدرجة المطلوبة ومانعة للتسرب أثناء الغلق وتحفظ الرطوبة خارجاً مع تخفيض التسرب وعادة ما يستخدم نوعية الزجاج المزدوج لزيادة العزل وفكرة عملها عند ضغط النابض أو الزنبرك يفتح المنور لأعلى وحجز السلسلة المستخدمة لضبط الفتح والغلق.



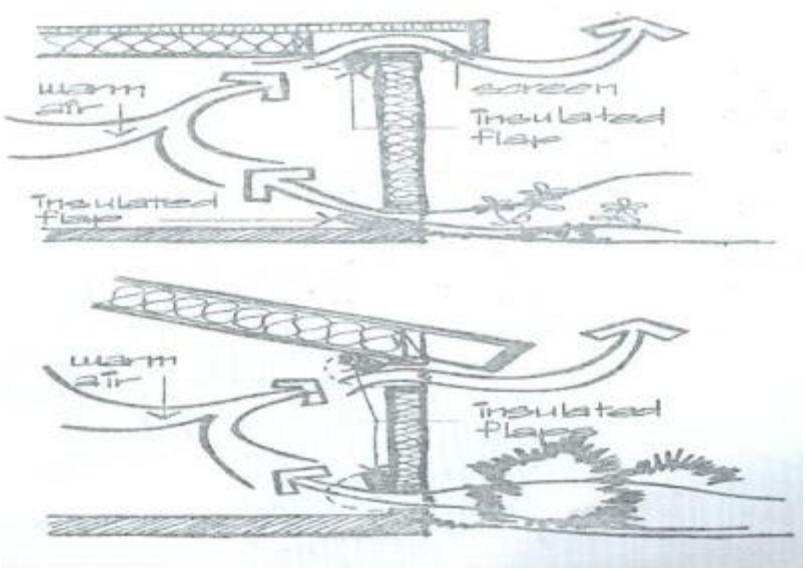
شكل يوضح المنور



شكل يوضح نوع أخر للمنور

الإفريز وفتحات الأرضية:

المنافذ الواقعة في العوارض التى تدعم أرضية الفراغ والكمرات أو ما بين الارتفاعات تحت الجزء البارز من السقف تعتبر طريقة اقتصادية لتهوية المحيط فالهواء الداخلي الساخن يرتفع خارجاً والهواء البارد الخارجي يسقط مباشرة إلى الأسفل وكذلك الأمر بالنسبة للضغط والحرارة ، عدد هذه الفتحات الصامدة للجو مع الموقع الاستراتيجي يسمح بتهوية للمنطقة وكل الحوائط المحيطة والمدهش هو كيف تعمل هذه الأجهزة البسيطة بصورة مجدية وفعالة

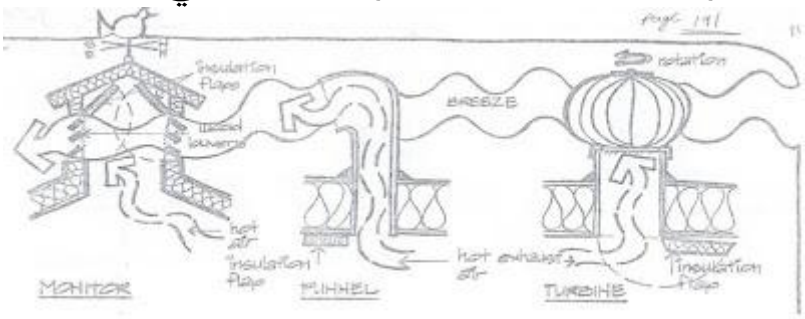


شكل يوضح الإفريز وفتحات الأرضية

فتحات الأسقف:

تفريغ الهواء الساخن الداخلي والتخلص منه عن طريق الأسلوب الطبيعي السالب يتم بأكثر سهولة عند أعلى نقطة فى السقف وهذه تكون عندما يتجمع الهواء الداخلي الساخن للخروج وهذه الفتحات تسمح له بالخروج .

المرصد monitor والمدخنة و التربينات هي أجهزة تعديل لتسمح بدخول النسيم وتفريغ الهواء الداخلى إلى الخارج عندما يتجمع عند الحاجز وتقفل درفة الفتحة وهذه الطريقة فعالة في التهوية .

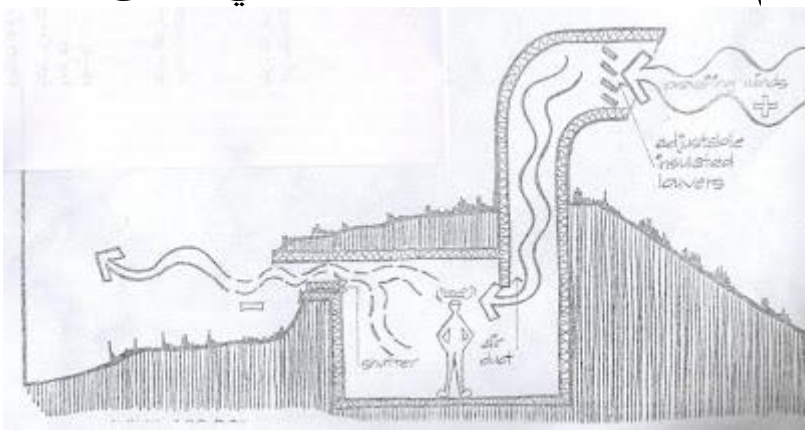


شكل يوضح فتحات الأسقف

مجرفة الرياح الثابتة Fixed wind scoop**:**

مجرفة الرياح الثابتة تمتد عالياً لاصطياد الهواء المتحرك من الرياح السائدة وهى طريقة ممتازة ومفضلة لتوفير حركة هواء خلال المبنى فى المناطق المناخية الدافئة .

الرياح السائدة بوجه عام قوتها تكون 6 – 12 متر فوق الأرض ويتكون الهواء على هيئة قمع نازلاً وهذا يعتمد على سرعة الرياح السائدة والضغط المصاحب أو المرافق لحركة الهواء خلال المبنى ودمج مواقع فتحات الاستهلاك بدقة مع الأنابيب في التركيب سيسمح بتوزيع منتظم لمختلف الحجرات الموجودة في المبنى .

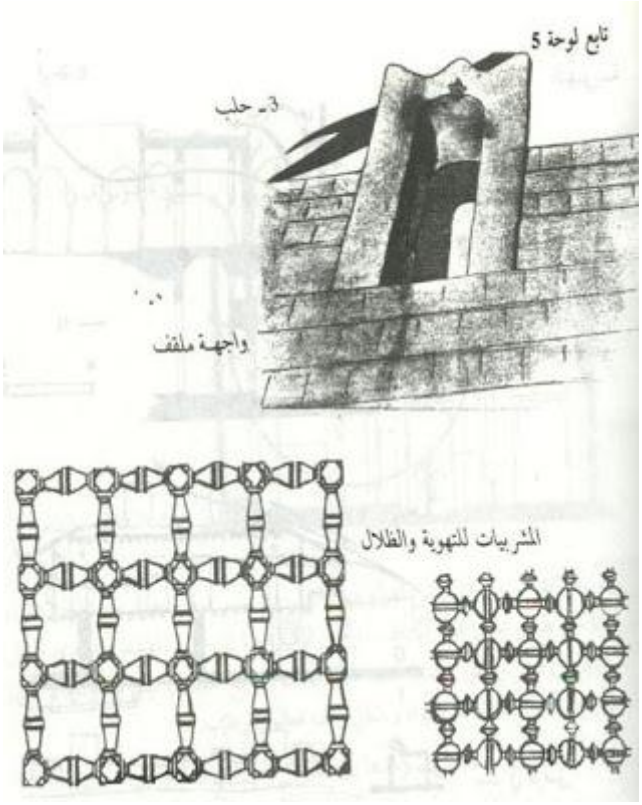


شكل يوضح مجرفة الرياح

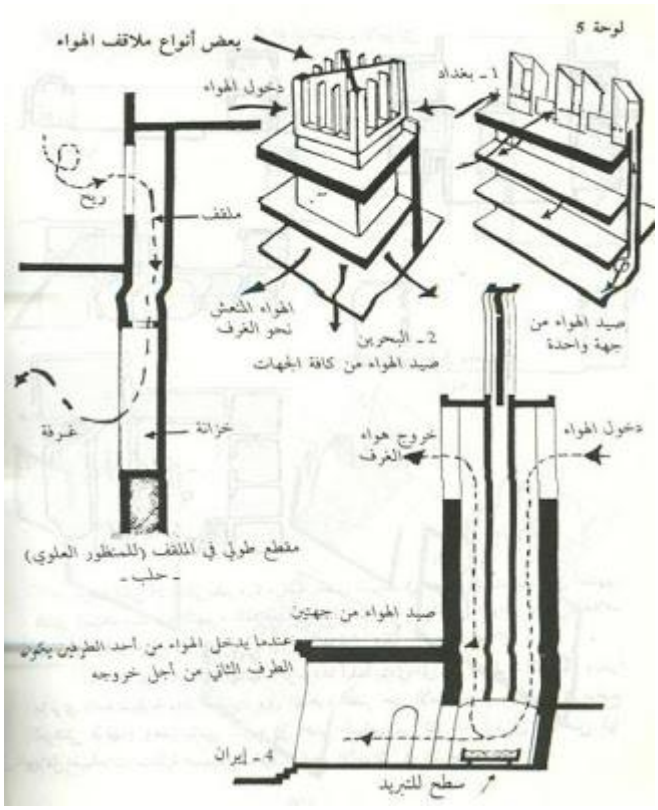
التهوية في العمارة التقليدية/

من العناصر الأساسية في العمارة العربية القديمة ما ينطبق عليه ما أوجده الأسلاف من حلول معمارية موفقة روعي فيها تلطيف حرارة الجو في أشهر الصيف الطويلة والتغلب على الواقع المناخي القاسي بحلول بسيطة أصيلة والتى تستدعى الدراسة والعمل على التجديد فيها بحيث يمكن تطبيقها فى العمارة الحديثة اليوم والسعي إلى تطويرها

ومن امثلة الابتكارات المعمارية التقليدية المشربية لتوزيع الهواء والملقف الذى تكمن وظيفته فى جذب الهواء من أعلى وتوجيهه إلى داخل المبنى وهو يختلف باختلاف المناطق المناخية من حيث الوظيفة ونوعية الهواء الداخل فإذا كان جافاً مر بحامل للمياه وإذا كان رطباً مر بحامل لمواد تمتص الرطوبة كما في حالة البادجير ، العمارة التقليدية فى دبي حيث يستقبل الهواء من الجهات الأربع . وتوضع عادة أجسام هذه الملاقف ضمن الجدران الداخلية حتى لاتتعرض لأشعة الشمس وحتى يبقى الهواء فيها بارداً وفى مصر توضع جرار من الفخار مملوءة بالماء فى طريق مجرى هواء الملاقف

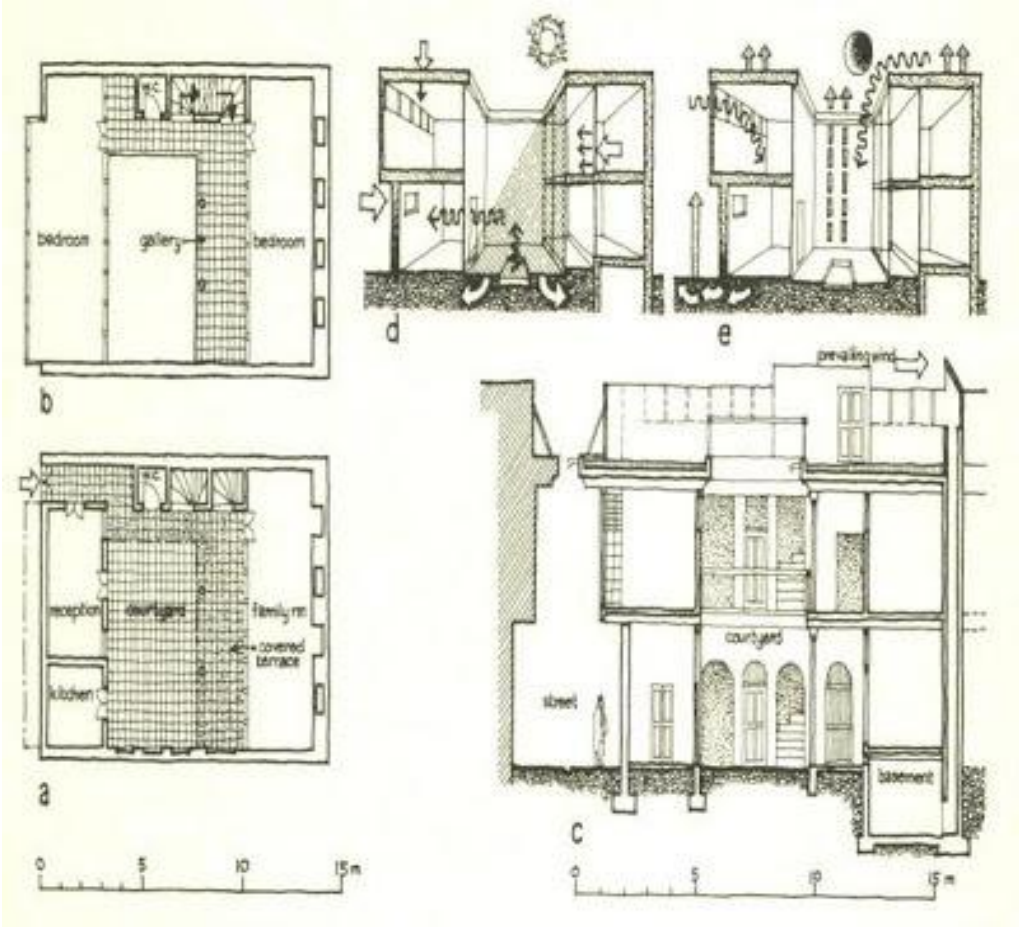


شكل يوضح المشربيات ودورها فى تشتيت تيار الهواء الهواء الداخل نشره بصورة أكثر تجانس



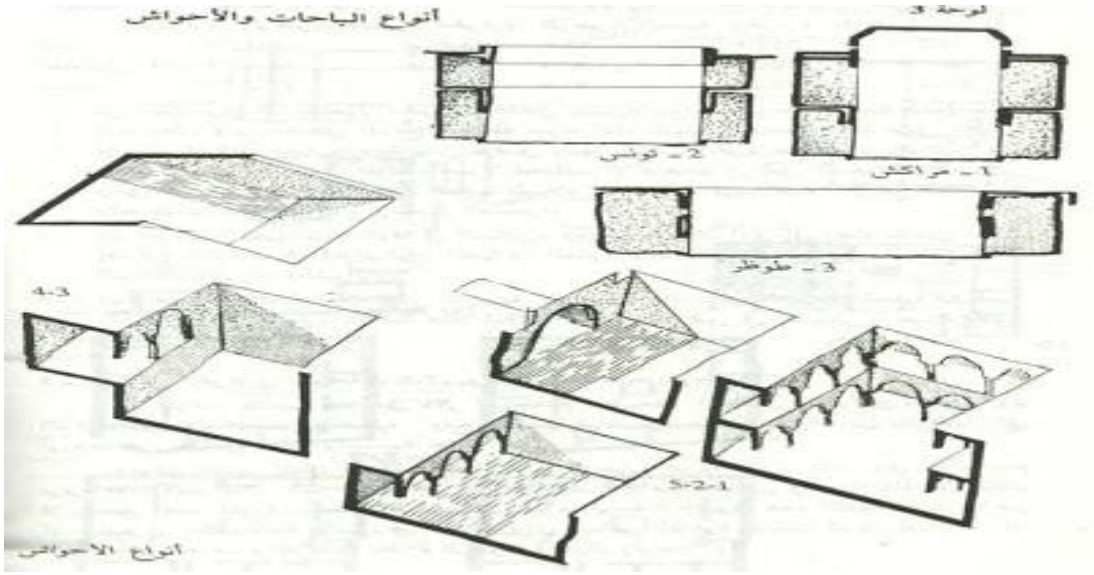
شكل يوضح بعض أنواع ملاقف الهواء

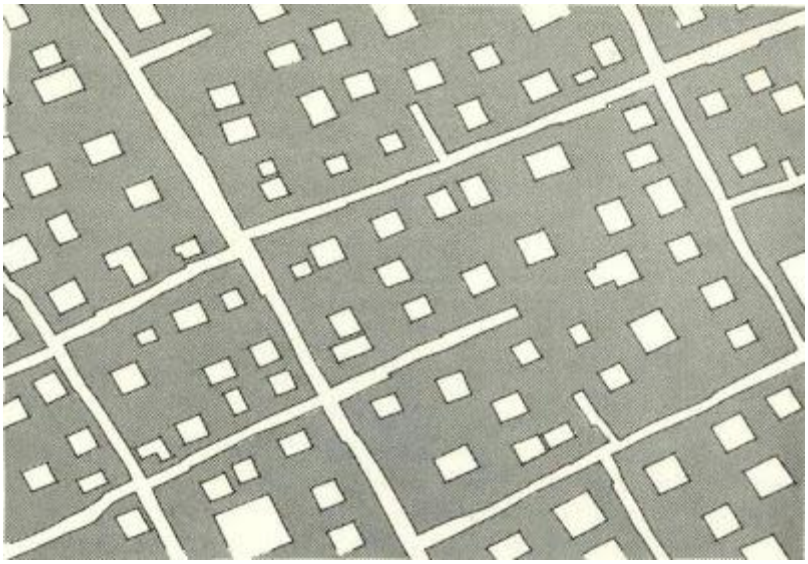
وكذلك الفناء بالمسكن في المناطق الحارة والشوارع الضيقة التعرجة والمظللة والحارات في المدن العربية القديمة وتأثيرها على خفض درجة الحرارة من خلال الظل الذي تخلفه المنازل على الشوارع واستعمال النافورة في ترطيب الجو الجاف وتخفيض الحرارة .



شكل يوضح استخدام الأفنية فى تهوية الفراغات الداخلية

الأبنية المستمرة التى تشكل العنصر المسيطر في المدينة يتخلل هذه الكتلة الهائلة الأفقية حارات ضيقة ومتعرجة ومظللة وتسقف أحياناً بغرف مبنية فوق الشارع أو فوق جزء منه ويحقق تصميم المدينة هذا كيزة التعادل الحراري بوجود الحارات خارج المسكن والأحواش داخله وفي كليهما يسيطر الظل ويتجمع الهواء الرطب الليلي بحيث يكون من الصعب جداً طرد الهواء المعتدل منه أثناء النهار لضيق الفراغات وكل مجال مفتوح درست أبعاده بشكل لا تستطيع الرياح السائدة في النهار أن تأخذ الهواء اليلي من الأحواش والحارات بسهولة.



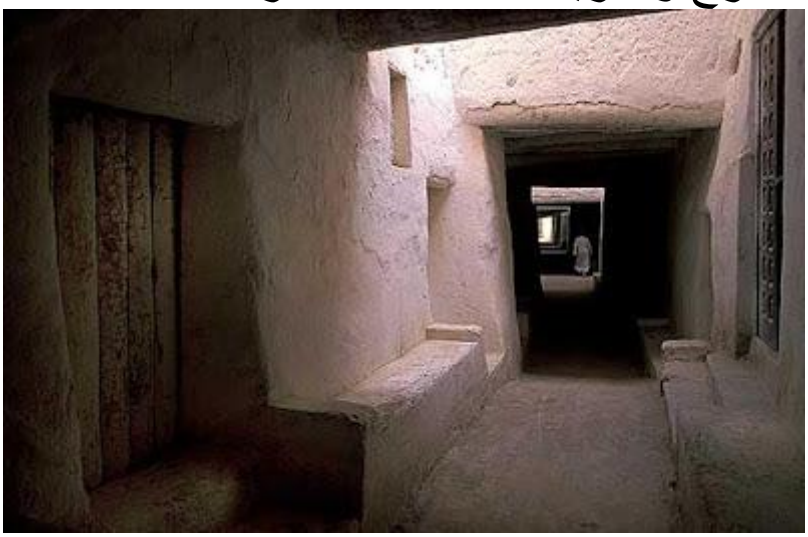


شكل يوضح الأفنية والشوارع الضيقة

الحلول التي وضعت لتهوية مدينة غدامس/

المدينة مؤسسة أو مبنية على أساس الحماية من الظروف المناخية (المناخ الصحراوى الحار الجاف) كما أن سكان مدينة غدامس

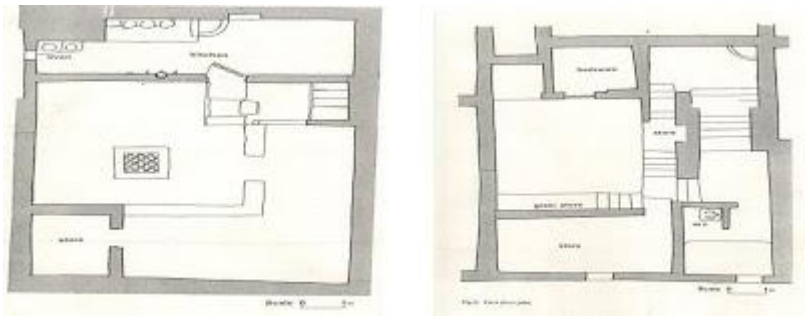
استفادوا من الطبيعية حيث أن واحة غدامس محاطة بالنخيل من جميع الجهات مما جعل الواحة محاطة بالظل وهده العناصر الثلاثة وهى الماء والظل والرياح تعمل على تلطيف مناخ المنطقة بالكامل لأن الرياح تمر عبر الظل وهده التيارات الهوائية الباردة تدخل المدينة من خلال فتحات التهوية الموجودة بشوارع المدينة وتطرد التيارات الهوائية الساخنة عن طريق تيارات الحمل الطبيعي كما أن الممرات المغطاة للحماية من أشعة الشمس والفتحات الموجودة بها لجدب الهواء البارد من الخارج وتحريكه داخل هده الممرات.



صورة للممرات المحمية من الأشعة الشمسية ووجود المقاعد بها

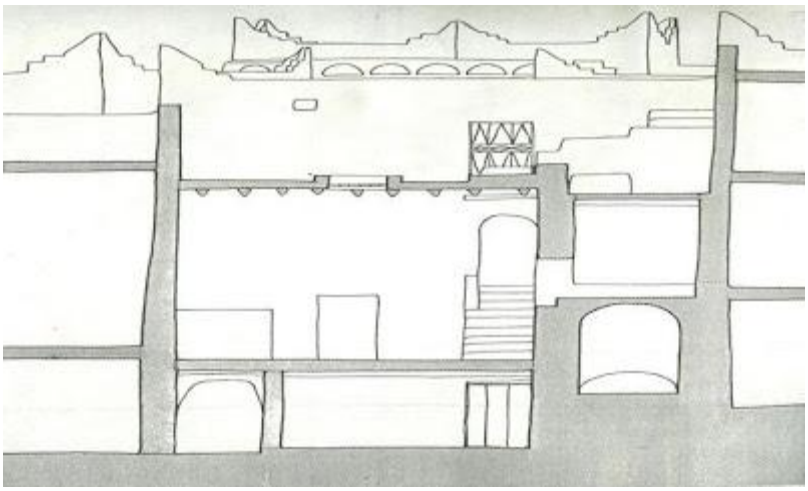
وتصميم المدينة ومساكنها منظم حسب مناخ المنطقة فهناك النوافذ في الأسطح وهى النافذة الوحيدة فى الحجرة الرئيسية المفتوحة فى السقف ومساحتها 75 سم2 والتى تزود الفراغات السفلية بكمية كافية من الضوء.

هذه النافذة لا يوجد بها زجاج ومفتوحة إلى السماء ويوجد بها واقي screen من سيقان النخيل لتعطى حماية لأولئك الدين يمشون على السقف .



شكل يوضح المسقط الأفقي للدور الأول والسطح، حيث تظهر فتحة التهوية العلوية

مستوى السقف مربوط بسلم ويحتوي على مطبخ ومخزن ووجود المطبخ على السطح للتخلص من الهواء الساخن حيث أن وجوده فى الدور الأرضى يسبب سخونة وارتفاع فى درجة الحرارة في الداخل، خلال أشهر الصيف ، السقف يكون أكثر فضاء مريح للنوم كما موضح بالشكل.



شكل يوضح قطاع رأسي في منزل غدامسي

تؤدى النافذة الموجودة فى السقف عدد من الوظائف فهى كما تضئ وتهوي الغرفة التى تحتها فهى تحمي القاطنين من الوهج والدى يعتبر من المشاكل المتكررة في المناخ الصحراوي بطريقتين

أولا : وضعها خارج زاوية النظر الطبيعي (فوق مستوى النظر)

ثانياً : تعطى المنظر العام للسماء الزرقاء الغامقة التى تسر العين وتريحها أكثر من النظر إلى ضوء الشمس اللامع والمباشر والذى يمكن أن نراه بالوضع التقليدى أو المعروف للنوافذ،
هده النافذة تضيق الأشعة العمودية لنور الشمس الداخلة والسقف يكو ن كالسطح الكشوف للشمس . وهدا النور يشبه الضوء المنعكس بواسطة الشاشة عند الفتح.

أما الوظيفة الثانية للنافدة والأهم هى تهوية الحجرة وتبريدها فهي تسمح للهواء البارد بالدخول والتخلص من الهواء الساخن فهي تأخذ مزايا تيارات الحمل الطبيعى وهده إحدى الطرق التى تحقق تدفق الحرارة
عند الليل سطح الاسقف يكون بارد وذلك لنقص الاشعاع وصفاء السماء فيبرد الهواء الدى اصبح كثيف وانحدر من خلال النافدة إذا كان ابرد من الهواء الداخلي والهواء الساخن الموجود بداخل الحجرة يرتفع بتيارات الحمل.

وفي النهار درجة الحرارة في الداخل تكون اقل من درجة الحرارة في الخارج التهوية تقل والهواء البارد في الحجرة يكون محفوظ .

خلال النهار الهواء الساخن يرتفع ويتجمع تحت السقف حيث لا يكون له تأثير على الساكنين الموجودين تحت 4 امتار.

صورة توضح ممرات الأسقف (المسالك العلوية)
الخاصة بالنساء وفتحات التهوية

في الشتاء تعمل النافذة كصمام للحرارة والحوائط الضخمة وشكل المدينة لمتراص يضمن عدم سقوط أو نزول الحرارة الداخلية الى المستويات المنخفضة الممرات السفلية (تحت المنازل) في الدور الأرضي تحافظ أيضاً على انتظام الحرارة طول السنة عن طريق massive وclosely
المسالك او الممرات تكون دافئة نسبيا في الشتاء ومحمية من الرياح وباردة في الصيف مع الحماية التامة من الاشعة الشمسية
وهنالك بعض المقاعد حيث يتمكن الرجال من الجلوس والمحادثة والاستراحة فى السلوى خلال الأيام الحارة.

الخلاصة/

لا ننكر التطور التقني الذى وصلت إليه الإنسانية خلال القرن العشرين والذى شمل الكثير فى مجال هندسة المبانى وبالرغم من هذا يجب علينا الاستعانة بما قطعته الانسانية من أشواط في سبيل الوصول إلى تقنية للحصول على مباني ملائمة باستخدام أساليب بسيطة وممكنة وغير مكلفة وكذلك غير ضارة بالبيئة أى بما يعرف اليوم بمفهوم العمارة البيئية فالأسلوب المحلي الذى استعمله الأجداد ولا يخلو من تطبيقات جيدة وحلول مبتكرة حسب الإمكانيات المتوفرة آنذاك وخاصة فى مجال التهوية الطبيعية وهذه الحلول العملية من الممكن الاستفادة منها وتطويرها وتطبيقها حالياً لأنه ليس من الضروري أن تكون المباني الضخمة والمزودة بمنظومات مختلفة خاصة بالتكييف والعزل ...الخ صالحة أو ضرورية أو حتى ذات جدوى اقتصادية فضلاً عن أضرارها البيئية في بعض الأحيان فالضرر لازال يلحق بالمجتمعات التى توصف بالمتقدمة باستنزافها وتدميرها للبيئة وذلك للوسائل

التكنولوجية المتقدمة والضرر لازال يلحق بالمجتمعات التى توصف بالنامية وذلك لمحاولتها اللحاق بما يصنعه العالم المتقدم في هذا المجال الأمر الذى يكلفها أعباء اقتصادية كبيرة ولنضرب مثلاً على ذلك نرى المبانى الخراسانية التى تطالعنا في بيئات صحراوية مرتفعة الحرارة حيث عزف سكان هذه المناطق على السكن فى منازل حديثة ذات حوائط خراسانية وجو خانق وشديد الحرارة لأنه لا يلبى متطلبات الإنسان في الراحة المنشودة لذا يجب علينا أن نحدو حذو الأسلاف في طرق الاستفادة من التهوية الطبيعية مع تطويرها لتواكب التطورات العلمية وكذلك العمل علي إيجاد تصور معين لطراز معماري ملائم لاحتياجات المجتمع وبعيد عن التشوهات المعمارية معدلات التهوية الطبيعية والميكانيكية أخذين فى الاعتبار الإرث الحضاري لتراث العمارة الاسلامية وبالتالي تأثيرها في العمارة المحلية وبالاستعانة بما تقدمه العمارة والتكنولوجيا المعاصرة من حلول للمشاكل الهندسية.

تصميم المبانى الموفرة للطاقة: المبانى السكنية و المبانى التجارية الصغيرة

- **مقدمة**

إن موضوع الطاقة في تصميم المباني مجاله واسع و عميق. و سوف نقدم في هذا الفصل نظرة عامة تساعد الطالب فيما بعد على التخصص في بعضاً من مواضيعه أو التوسع في دراسته.

- **مرحلة ما قبل التصميم: إختيار الموقع، و حجم المبنى، و وسائل المواصلات**

إن عملية إتخاذ القرار السابقة لمرحلة التصميم - و بخاصة إختيار الموقع و حجم المبنى - من الممكن أن يتحدد على أساسها معدلات إستهلاك الطاقة و الآثار البيئية للمباني السكنية. فإختيار الموقع يحدد معدلات إستهلاك الطاقة المستخدمة في المواصلات. فعلى سبيل المثال سكان المباني الموفرة للطاقة و الموجودة في ضواحي المدن يعتمدون على السيارات في إنتقالاتهم، و بدائل وسائل الموصلات الأخرى محدودة. و بالتالي فإنهم على الأرجح يستهلكون معدلات من الطاقة سنوياً لكل فرد أكثر من سكان المباني الأقل توفيراً للطاقة و الموجودة في مواقع المدينة الأكثر إزدحاماً.

إن مواقع المباني التي من خلالها يمكن إنجاز معظم أو كثير من المهام اليومية بدون إستخدام السيارات تعتبر ميزة من وجهة نظر ترشيد إستهلاك الطاقة. فتقليل مصاريف المواصلات، و ما تتضمنه من إمكانية الحد من عدد السيارات لكل منزل، يتم أيضاً ترجمته إلى مزايا إقتصادية، و تجعل عمليات الإسكان مُيَسَّرة. و عادة عملية إختيار موقع البناء يكون خارج عن نطاق مصمم المباني. و مع ذلك فمن الممكن أن يقوم المصمم بتوعية زبائنهم حول **أثار إستهلاك الطاقة في المواصلات المصاحبة لإختيار موقع البناء.** (لمزيد من المعلومات، أنظر فقرة "التوسع العمراني الذكي، و التمدن الحديث" بفصل 16.)

إن **حجم المبنى** مرتبط بمعدلات إستهلاك الطاقة؛ و لذلك فإن المباني الضخمة عادةً تستهلك مزيد من الطاقة و تحتاج إلى مزيد من الموارد لزوم تشييدها. فعادةً المباني الموفرة للطاقة التي مساحتها 4,000 قدم مربع أو يزيد تحتاج في تشغيلها إلى معدلات إستهلاك طاقة أكبر من المباني الأقل توفيراً للطاقة و التي مساحتها 2,500 قدم مربع أو أقل. و رغم أن تحديد حجم المشروع عادةً خارج نطاق مصمم المباني، إلا أن تحليل الإحتياجات المكانية ليست كذلك. فعليه مساعدة زبائنه على تحديد حجم المبنى المطلوب لتوفير الجمال، و الراحة، و إنجاز المهام المطلوبة. مع الأخذ في الإعتبار الإحتياجات الفراغية التي قد تظهر في المستقبل، بدون الإفراط في حجم المباني بصورة روتينية.

سلوك السكان و أنماط حياتهم

بينما حجم المبنى مرتبط بإحتياجاته من الطاقة، فإن إختيارنا لنمط الحياة و **احمال التوصيل الكهربائي** المصاحب لهذا الإختيار تؤثر تأثيراً كبيراً على **معدلات إستهلاك الطاقة** . و حمل التوصيل هي أي جهاز كهربائي يتم توصيله بالمقبس الكهربائي. و من أمثلة ذلك أجهزة الكمبيوتر، و التليفزيون و ما يرتبط به من أجهزة أخرى، و الثلاجات، و غسالات الملابس و الصحون، و ألعاب DVD، و التليفونات اللاسلكية، و شاحن البطاريات، و ألعاب الفيديو، و مجموعة من الأجهزة و الأدوات الأخرى. فهذه الأجهزة لا تستهلك الكهرباء فقط في حال تشغيلها و لكنها تستمر في إستهلاك الكهرباء حتى بعد إيقافها. و كما يتم الحد من إستهلاك الطاقة المصاحبة لتشغيل أنظمة التدفئة و التبريد و الإضاءة أثناء التصميم، تتزايد أهمية أحمال التوصيل.

إن معدلات إستهلاك الطاقة في منزلين متطابقين بهما نفس العدد من السكان قد تختلف إختلافاً كبيراً بإختلاف أنماط السلوك بهما. و لابد بقدر الإمكان توعية الزبائن بترشيد إستهلاك الطاقة و التكاليف المالية المصاحبة لأحمال التوصيل. و قم على قدر الإمكان بإستخدام إرشادات نجمة الطاقة لوكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) عند إختيار تلك المنتجات الإستهلاكية.

تصميم المباني السكنية الموفرة الطاقة

يوجد العديد من الخطوات التي تنطبق على جميع المجالات بهدف تقليل معدلات إستهلاك الطاقة و الأثار البيئية بالمباني السكنية. فلابد أن يقوم المصمم بإستغلال موقع البناء إستغلالاً صحيحاً، و إختيار شكل المبنى المناسب للإقليم المناخي المتواجد به، و الفصل الحراري بين البيئة الداخلية و الخارجية، و تزويده بالهواء المتجدد، و إختيار السعة المناسبة من المعدات الموفرة للطاقة، و من ثم تكامل تلك العناصر مع الطاقات الجديدة و المتجددة.

إن أهداف ترشيد إستهلاك الطاقة في المباني السكنية تعتمد ببساطة على خمسة عناصر:

- **الإستفادة من التصميم المتوافق مع الإقليم المناخي و تكامله مع التقنيات الذاتية لترشيد إستهلاك الطاقة المصاحبة لعمليات التدفئة، و التبريد، و تسخين المياه.**
- **إستغلال غلاف المبنى في خلق حدود حرارية جيدة بين البيئة الداخلية و الخارجية، و ذلك من خلال منع تسرب الهواء، و عزل الحرارة، و إزالة الجسور الحرارية، و إختيار مواد التشطيب**

الخارجية، و إختيار و إستخدام النوافذ و المسطحات الزجاجية المناسبة و التي لها أداء حراري مرتفع.

- **تزويد المبنى بوسائل تهوية يمكن التحكم فيها.**
- **إختيار السعة المناسبة من معدات التبريد و التدفئة، و إختيار المعدات و الأجهزة الموفرة للطاقة.**
- **التعظيم من إستخدام الطاقات الجديدة و المتجددة لتلبية باقي إحتياجات المبنى من الطاقة.**

- **التصميم المتوافق مع الإقليم المناخي و الوسائل الذاتية**

إن أول خطوة لعمل تصميم متوافق مع المناخ هو تحديد نوعية الإقليم المناخي لموقع البناء. التاريخية ببيانات الأقاليم المناخية لتحديد التصنيف المناخي بموقع البناء.

إن تقنيات التصميم الذاتي تعكس المعرفة بنوعية المناخ، و الظروف المحيطة بموقع البناء، و الهندسة الشمسية، و شكل المبنى، و مواد البناء المستخدمة للإستفادة من أو طرد الطاقة الطبيعية الموجودة بموقع البناء و تؤثر على المبنى. و التقنيات الذاتية تحتاج إلى أن يتم دمجها مع الإختيار المدروس لمواد البناء و التفاصيل الإنشائية للتحكم في تدفق الحرارة بين البيئة الخارجية والداخلية. فعن طريق التكامل مع التقنيات الذاتية يمكن تحقيق الراحة الحرارية و في نفس الحد من الحاجة إلى التدفئة و التبريد الميكانيكي. و لقد تم الإتفاق على نطاق واسع بأن منطقة الراحة لسكان المباني تتضمن الأخذ في الإعتبار درجة حرارة الهواء، و الرطوبة، و متوسط درجة الحرارة المشعة، و وجود أو غياب أشعة الشمس المباشرة، و سرعة حركة الهواء داخل

الغرفة، بالإضافة إلى عوامل شخصية مثل مستوى العزل الحراري للملابس، و مستوى النشاط المبذول. و عادة يفترض تحقيق الراحة الحرارية لنسبة تتراوح من 80% إلى 90% من سكان المبنى عندما تكون درجة الحرارة بين 68°F و 82°F (20°C و 27.75°C)، و الرطوبة النسبية بين 20% و 50%. و عندما ترتفع الرطوبة النسبية و تصل إلى 80%، فإن القيم العظمي المقبولة لدرجة الحرارة تنخفض من 82°F إلى 75°F (من 27.75°C إلى أقل قليلا من 24°C).

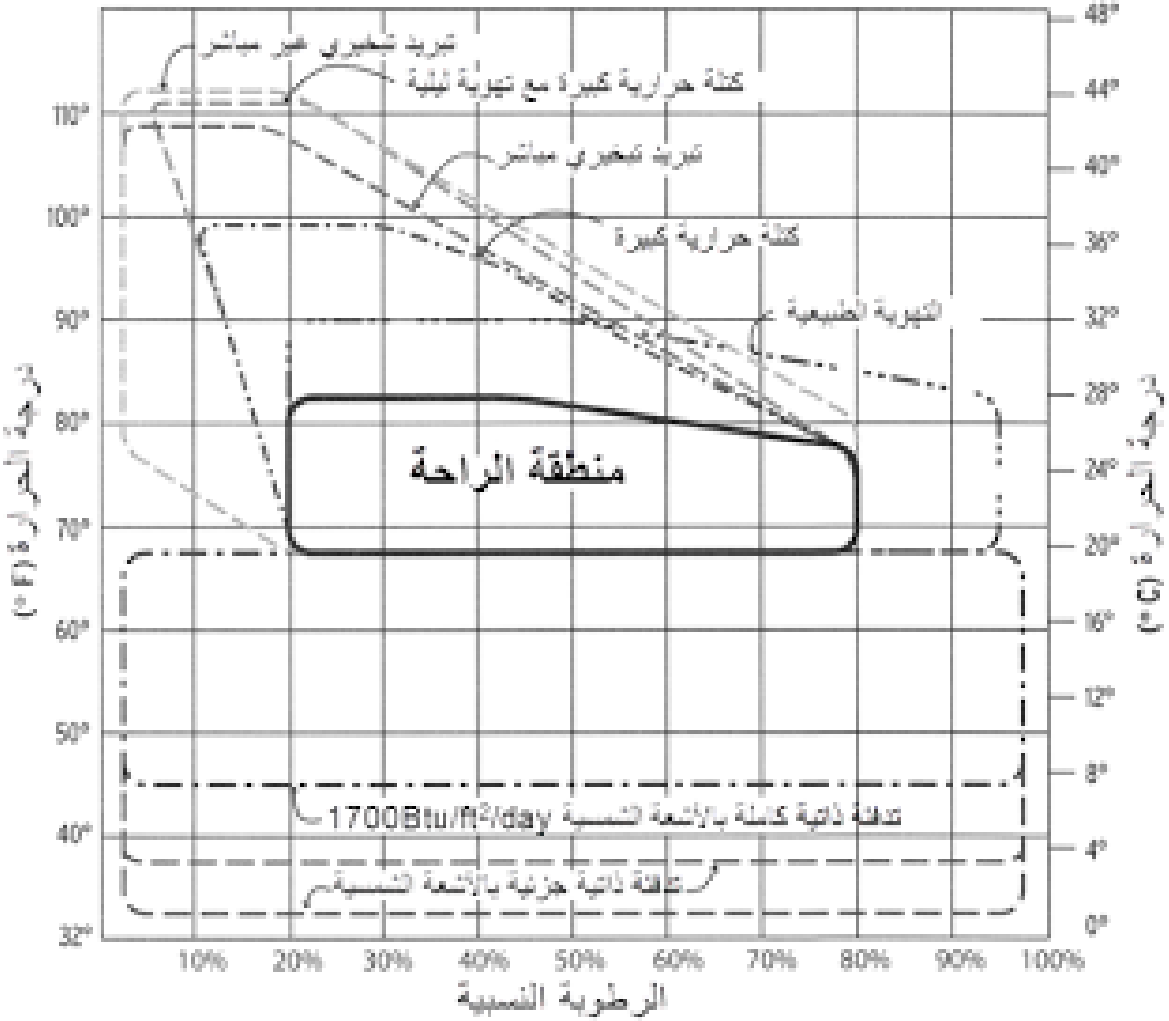
بالإضافة إلى هذه العوامل يوجد كثير من الجدال عن أسباب إدراك سكان المباني للراحة الحرارية. فعلى سبيل المثال نجد أن مستوى التحكم في الظروف البيئية الشخصية يبدي زيادة في مستوى رضاء السكان عن الظروف الحرارية التي يتعرضوا لها. و لمزيد من المعلومات عن ذلك الموضوع، إرجع إلى معايير ASHRAE رقم 55 - *الظروف البيئية الحرارية للسكان* ، بالإضافة إلى أبحاث الراحة الحرارية بجامعة كاليفورنيا، بيركلي، مركز البيئة المبنية.1 [4] و من المفيد أيضاً البحث التي أجراه ب. أول فانجر - الذي قام بتطوير طريقة حساب الراحة الحرارية - بالإضافة إلى البحث الذي قام به كلاً من ريتشارد دي دير، و جيل فريجر، و أليسون ووك، و مايكل هامفريز، و فيرجس نيكول على نماذج الراحة و عادات و تقاليد الراحة الحرارية.

إن خريطة الرطوبة تعتبر من الأدوات الأساسية التي يستخدمها المهندسون في تصميم الأنظمة الميكانيكية. 2[5] أما المعماريين و

المصممين فيفضلون إستخدام خريطة المناخ الحيوي البس يطة التي تحدد منطقة الراحة بناءً على درجة الحرارة و الرطوبة النسبية. فخريطة المناخ الحيوي تظهر كيفية إمتداد منطقة الراحة بإستخدام خمسة وسائل ذاتية، أو بإستراتيجيات موفرة لإستهلاك الطاقة. 3[6] فهذه الوسائل الذاتي هي التدفئة الشمسية، و التهوية الطبيعية، و الكتلة الحرارية، و التهوية الليلية للكتلة الحرارية، و التبريد التبخيري.

إن التدفئة الذاتية بالأشعة الشمسية أثبتت فاعلية في تصميم المباني السكنية عندما تنخفض درجات الحرارة تحت 68°F (20°C). فالسماح لأشعة الشمس بالدخول إلى المبنى يؤدي إلى تدفئة الأفراد و الموجودات. و يتم ذلك في الحال. أما إذا تم وضع مواد ذات كتلة حرارية - مثل البلاطة الخرسانية للأرضيات، أو الجدران المصنوعة من الطوب، أو خزانات من المياه - بحيث تسقط عليها أشعة الشمس، فإن هذه الأشياء ستقوم بتخزين الحرارة. و تلك المواد في المساء سوف تعيد إشعاع هذه الحرارة، و بالتالي تتسبب في تدفئة السكان و الفراغات الداخلية للمنزل، حتى عندما تنخفض درجة حرارة الجو الخارجي.

82°F. فالتهوية الطبيعية تعتمد فقط على حركة الهواء في تبريد السكان. و يتطلب الأمر وجود مداخل و مخارج على شكل نوافذ أو شيش على الجوانب المتقابلة من المبنى و لابد أن يكونوا مفتوحين. و نظراً لأنه لا يمكن التنبؤ بسرعة رياح تكفي لضمان تحقيق الراحة فغالباً ما يتم إستخدام مرواح و مداخن. فالمدخنة لها فتحتين أحداهما


تبريد تبخيري غير مباشر
كتلة حرارية كبيرة مع تهوية ليلية
تبريد تبخيري مباشر
كتلة حرارية كبيرة
التهوية الطبيعية
منطقة الراحة
1700Btu/ft²/day كتلة ذاتية كاملة بالأشعة الشمسية
كتلة ذاتية جزئية بالأشعة الشمسية
درجة الحرارة (° F)
درجة الحرارة (° C)
الرطوبة النسبية
110°
100°
90°
80°
70°
60°
50°
40°
32°
48°
44°
40°
36°
32°
28°
24°
20°
16°
12°
8°
4°
0°
10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%

شكل 11-1 منطقة الراحة و التصميم الذاتي: تظليل أشعة الشمس، حركة الهواء، الترطيب، و إستخدام الكتلة الحرارية مكنهم مد حدود منطقة الراحة الحرارية للإنسان.

في الأعلى و الأخرى في الأسفل من المدخنة، و لابد أن تكون طويلة بشكل يكفي لخلق فرق درجات حرارة داخل المدخنة يتسبب في سحب الهواء و تحريكه إلى أعلى. كما يمكن إستخدام مراوح لتحريك الهواء. و بالرغم من أن هذه الطريقة ليست طريقة ذاتية إلا أنها تتطلب كميات من الطاقة أقل بكثير من التي تتطلبها مكيفات الهواء. أما عندما تتجاوز درجات الحرارة 90°F (32.2°C) فإن التهوية لوحدها لا يمكنها تحقيق الراحة الحرارية.

عندما يتم تظليل المواد ذات الكتلة الحرارية بالمباني ضد سقوط أشعة الشمس المباشرة عليها فإنها يمكنها إمتصاص الحرارة و تخزينها طوال النهار. و إذا أنخفضت درجة حرارة الجو الخارجي إنخفاضاً كافياً، فإن الكتلة الحرارية تعيد إنطلاق الحرارة التي تم تخزينها في النهار إلى الخارج ليلاً، و من الممكن أن يتم تكرار ذلك في اليوم التالي. و قدرة الكتلة الحرارية على إمتصاص الحرارة يمكن زيادتها بالتهوية الليلية. و لكي تكون التهوية الليلية فعالة فإن التأرجح في درجات الحرارة اليومية لابد أن يكون كبيراً. و يتم سحب الهواء الخارجي البارد ليلاً على الكتلة الحرارية إما بإستخدام التهويةالطبيعية أو عن طريق مراوح سحب. و بالتالي فإن الكتلة الحرارية تكون سابقة التبريد و تتزايد قدرتها على إمتصاص الحرارة في اليوم التالي. فكلاً من الكتلة الحرارية، و الكتلة الحرارية المصحوبة بالتهوية الليلية يعتبران من الوسائل الذاتية التي أثبتت فاعلية في الأقاليم الحارة الجافة.

إلا أن الكتلة الحرارية لا يمكنها توفير تبريد ذاتي في الأقاليم الحارة الرطبة.

إن التبريد التبخيري هو إستراتيجية ذاتية أخرى فعالة في الأقاليم الحارة الجافة. فبإضافة رطوبة إلى الهواء الحار الجاف و زيادة رطوبته النسبية، فإن درجة الحرارة المحسوسة تنخفض، و تتحول الحرارة إلى صورتها الكامنة.

تأثير موقع المبنى

إن العوامل المرتبطة بموقع البناء - مثل التضاريس، و عناصر تنسيق المناظر الطبيعية، و المباني المجاورة، و المناخ الجزئي - تؤثر على إستراتيجيات التصميم الذاتي للمباني السكنية ذات الإرتفاعات الصغيرة. فالمواقع الموجودة جنوب الهضاب قد يصاحبها فرص ممتازة للإستفادة من الطاقة الشمسية في عمليات التدفئة، و تسخين المياه، و توليد الكهرباء. و المواقع الموجودة شمال الهضاب قد تحد من دخول أشعة الشمس شتاءً، و هو الفصل الذي تحتاج فيها الفراغات المعمارية بشدة إلى التدفئة. و المباني المجاورة يمكنها حجب أشعة الشمس، و هي سمة لها عيوبها و مزاياها. ففي بعض الحالات قد ترمي المباني المجاورة بظلالها على مصفوفة من الخلايا الضوكهربائية فتقلل من معدلات توليد التيار الكهربائي، و في حالات أخرى يمكنها بمنتهى الفاعلية حجب أشعة الشمس ذات زوايا الإرتفاع الشمسية المنخفضة من الدخول إلى الفراغات المعمارية من خلال النوافذ الغربية.

إن تنوع و كثافة الأشجار و المسطحات الخضراء الأخرى الموجودة بالموقع و المواقع القريبة تتيح فرص و تفرض قيود على المصمم. فالسمات الخاصة بموقع البناء قد تعزز أو تحد من فرص التبريد و التدفئة الذاتية. فمن الممكن عدم تحقيق بعض الأهداف المطلوبة لكل منزل موجود في كل موقع، على سبيل المثال تكوين مباني عديمة إستهلاك الطاقة. إلا أن ذلك الهدف ممكن تحقيقة على نطاق الحي أو المجمع السكني بحيث أن المباني التي تتمتع بوفرة الأشعة الشمسية يمكنها إنتاج كميات وفيرة من التيار الكهربائي و ما يزيد عن حاجتها تستفيد منه المباني التي تعاني من قلة الأشعة الشمسية. و القيود المفروضة على موقع البناء لا تساعد في تصميم مباني موفرة للطاقة إلا عن طريق توجيه شكل المبنى و فتحات النوافذ توجيهاً مدروساً.

تصميم غلاف المبنى

التأثير الشمسي

إن التأثير الشمسي يعتبر عامل مركزي لكل مشروع من مشاريع المباني. ففي المباني المحكومة بالحرارة الخارجية - و من ضمنها المباني السكنية - ينبغي السماح لأشعة الشمس من الدخول إلى الفراغات المعمارية عندما تكون الأجواء الخارجية باردة و يمنع دخولها عندما تكون حارة. و ينبغي أن يتغير ميعاد هذه الفترات بتغير المناخ. و طريقة التحكم في السماح بدخول أشعة الشمس و منعها يتشكل على أساسة إتجاه المبنى، و نوعية كتلته الحرارية، و أماكن تركيب النوافذ و المناور السماوية. كما أن الشمس تؤثر أيضاَ على إتجاه الأسطح العلوية للمباني، و أماكن تركيب المداخن، و فتحات

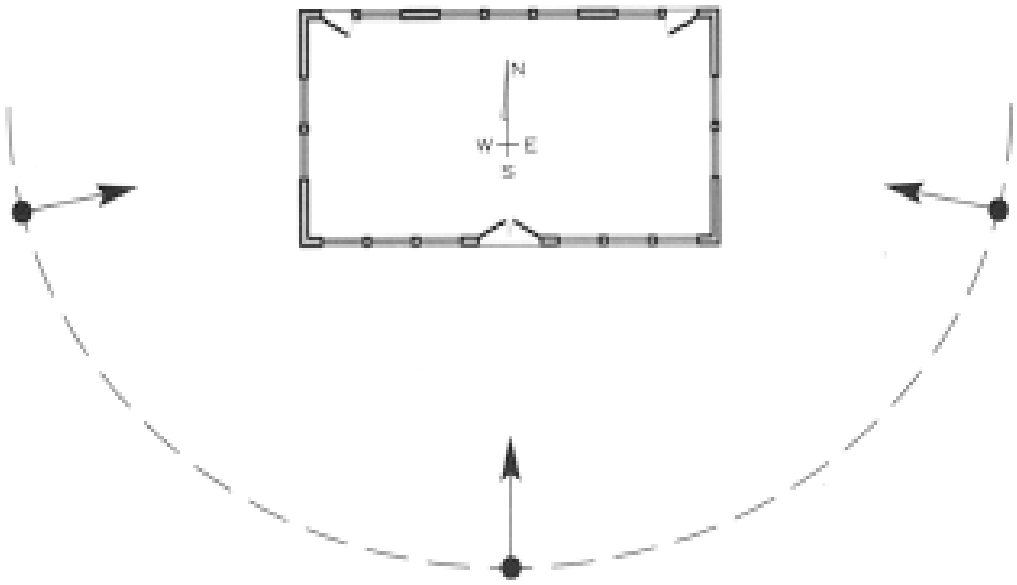
التهوية، و المعدات، حيث أن تلك القرارات تؤثر على أداء أنظمة تسخين المياه و توليد الكهرباء.

إتجاه المبنى

قبل إنتشار مكيفات الهواء في المباني السكنية كان إتجاه المبنى يحظى بإهتمام كبير. و لقد تم إفتراض أن إنتشار إستخدام مكيفات الهواء في المباني الجديدة سيصاحبه توفر الطاقة اللازمة لتشغيلها بأسعار منخفضة نسبياً. و تزايد الطلب العالمي على الطاقة قد أدى إلى زيادة أسعار النفط و الغاز الطبيعي و إنشاء محطات جديدة لتوليد الكهرباء تعمل بالفحم في مناطق كثيرة حول العالم. و يقترح المهتمون بالشئون الإقتصادية، و الجيوسياسية، و البيئية بأننا سوف لا نخسر إلا القليل و ستعم علينا فائدة عظيمة بالحد من إحتياجاتنا من التبريد عن طريق سلامة توجيه المبنى و تصميم غلافه الخارجي.

يُفَضَّل - من منظور الأداء الحراري - إستطالة المباني السكنية و المباني الصغيرة في إتجاه المحور الشرقي الغربي في كل الأقاليم المناخية بشمال أمريكا. فذلك الوضع يزيد من نسبة الواجهات المطلة على الإتجاه الشمالي و الجنوبي، مما يوفر دخول أشعة الشمس عند الحاجة إليها في التدفئة. فكما ذكرنا في الفصول السابقة، أن الشمس تكون مرتفعة جنوباً في السماء خلال الأشهر الحارة و تكون منخفضة جنوباً خلال الأشهر الباردة. و إذا تم وضع النوافذ مواجهة للإتجاه الجنوبي فإن شرفات الأسطح العلوية للمنازل، و وسائل التظليل، و التعريشات النباتية ستكون من أسهل وسائل التظليل التي تحجب أشعة الشمس خلال الأشهر الحارة بينما تسمح بدخولها إلى الفراغات المعمارية خلال الأشهر الباردة. كما أن إستطالة المباني في إتجاه

المحور الشرقي الغربي تسهل أيضاً من خلق إنارة داخلية متوازنة من خلال السماح بدخول الإضاءة الإنتشارية عبر النوافذ المطلة على الإتجاه الشمالي.



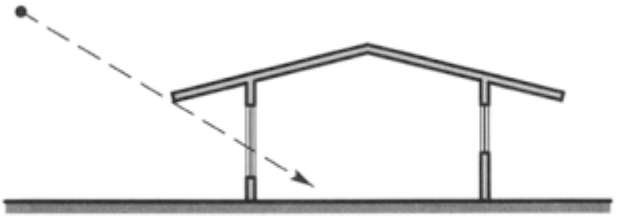
الإستطالة في الإتجاه الشرقي الغربي

شكل 11-3 توجية المبنى للتحكم في الأشعة الشمسية: إن الشمس تكون في الإتجاه الجنوبي أكثر إرتفاعاً منها في الإتجاه الشرقي و الغربي. و بإستطالة المبنى في الإتجاه الشرقي و الغربي، و بتقليل النوافذ في الإتجاه الشرقي و الغربي و زيادتها في الإتجاه الشمالي و الجنوبي يسهل التحكم في أشعة الشمس من خلال تصميم المبنى ذاته.

إن الظروف المناخية تختلف إختلافاً كبيراً عبر القارة، كما يختلف طول مواسم التبريد و التدفئة بإختلاف المناطق الجغرافية. و لابد أن يتم تصميم عمق و عرض شرفات أسطح المنازل العلوية و وسائل التظليل لتتوافق مع المتطلبات المناخية. فالشرفات العميقة و الواسعة التي تحد بشدة المكتسبات الداخلية من أشعة الشمس تناسب الأقاليم المناخية الحارة و الرطبة بشمال ساحل الخليج الأمريكي. أما الشرفات الضيقة و القصيرة فتناسب الأقاليم المناخية سائدة البرودة بولايات جبال روكي الأمريكية، و شمال الولايات المتحدة الأمريكية، و كندا. و قد ناقشت عدد من الكتب تصميم وسائل التظليل بتفاصيل كبيرة. 4[7]
و نجد أن النوافذ الغربية و الشرقية تمثل إشكالية - من حيث حرارة الأشعة الشمسية - في كل المناطق الجغرافية تقريباً. و نجد أن الشمس تغرب في الفترة بين 21 سبتمبر و 21 مارس في الجنوب الغربي تقريباً. و لا تستطيع النوافذ المواجهة للغرب السماح بدخول كمية من الحرارة تقترب من التي تدخل عبر النوافذ الجنوبية خلال فصل الشتاء. و مع ذلك فإن الشمس في فصل الصيف تنخفض في السماء أثناء إقترابها من الإتجاه الغربي أو الشمال الغربي. و في أشد الساعات حرارة - عندما تتراكم الحرارة على مدار اليوم داخل الفراغات المعمارية - يصعب تظليل الواجهات الغربية. **فالنوافذ الغربية على عكس النوافذ الجنوبية لا توفر مصدر جيد للحرارة خلال فصل الشتاء، كما أنها تسمح بدخول الحرارة داخل الفراغات المعمارية في فصل الصيف، و ذلك بالضبط على عكس ما تحتاجه ظروف التشغيل. فمن وجهة نظر ترشيد إستهلاك الطاقة، من الأفضل تقليل مساحة النوافذ الغربية.**

إن النوافذ الشرقية شبيهة بالنوافذ الغربية حيث أن الشمس تشرق من جهة الجنوب الشرقي شتاءً و من الصعب تظليلها صيفاً. و يختلف أداء النوافذ الشرقية في الأقاليم الحارة الجافة التي نجدها في أجزاء من الشمال الغربي الأمريكي. ففي هذه الأقاليم نجد تأرجح يومي كبير في درجات الحرارة، حيث أنه يوجد فرق كبير بين درجة الحرارة المرتفعة نهاراً و درجة الحرارة المنخفضة ليلاً. و نظراً لبرودة الجو في الصباح الباكر فإنه قد يفضل دخول كمية محدودة من أشعة الشمس في ذلك الوقت. و الحل يكمن في عدم الإفراط في مساحات النوافذ الشرقية.

رغم أن الأداء الحراري في غاية الأهمية إلا أنه ليس العامل الوحيد الذي يدخل في نوعية التشكيل المعماري للمباني. فالمناظر، و الإحتياجات الوظيفية، و البيئة الحضرية، و الإعتبارات الجمالية كلها تؤثر على كيفية وضع الأهداف التصميمية للمشروع و الموازنة بينها. فالمساكن المطلة على الإتجاه الغربي من الشوارع الممتدة من الجنوب



المسطحات الزجاجية الغربية

شكل 11-4 مشاكل النوافذ الغربية: نظراً لأن الشمس عندما تصل إلى الإتجاه الغربي تكون منخفضة في السماء فإنه يصعب التحكم في

المكتسبات الحرارية الشمسية خلال النوافذ الغربية خلال الفترات الحارة من السنة.

إلى الشمال لابد أن تكون مرتبطة بطبيعة الحياة العامة و في نفس الوقت تحد من المكتسبات الحرارية صيفاً. و المصمم الجيد سوف يعمل على تعظيم الأداء الحراري، و تظليل النوافذ الغربية و تقليل مساحاتها، و في نفس الوقت يكون على وعي بالإحتياجات الكلية للمشروع.

الحواجز الهوائية

إن غلاف المبنى المحكوم ضد تسرب الهواء و الذي يخلق حاجز حراري إبتداءً من الأساسات، و عبوراً بأسطح الجدران المعتمة، و حول الأبواب و النوافذ، و وصولاً إلى قمة السطح العلوي للمبنى، سوف يحد بشدة الحركة العفوية للهواء بين البيئة الداخلية و الخارجية في المباني. و ذلك يزيد من فاعلية إستراتيجيات وسائل التصميم الذاتية و يحد من الحاجة إلى الطاقة المساعدة للوسائل الذاتية.

إن الحواجز الهوائية تعتبر عنصر هام من العناصر التي تخلق أغلفة المباني المحكومة. و أي نوع من أنواع المواد التي تتمتع بمناعة نسبية ضد النفاذية و ذات عمر إفتراضي طويل يمكن أن يتم إستخدامها كحاجز هوائي. و التحدي الذي يكمن في تصميم أي نظام من أنظمة الحواجز الهوائية هو صناعته من مواد و عناصر متصلة ببعضها البعض من أساس المبنى حتى سطحه العلوي. و ما أن يتم تصميمه يصبح من الضروري تركيبه تركيباً سليماً. و تمثل الحواجز الهوائية نوعية من الأعمال تجمع بين ترشيد إستهلاك الطاقة، و قوة التحمل، و

فراغات معمارية صحية. فالحد من تسرب الهواء إلى داخل المبنى سوف يساعد في تحقيق كل هذه الأهداف.

كما أن الحواجز الهوائية تحد من إمكانية إرتداد غازات الإحتراق من الأفران و سخانات المياه إلى الفراغات المعمارية المشغولة بالأشخاص. فإرتداد تلك الغازات ممكن أن يحدث عندما لا يتم فصل أجهزة الإحتراق عن أماكن المعيشة. فتسرب الهواء بكميات كبيرة إلى داخل الفراغات المعمارية، أو تشغيل أجهزة تهوية مثل مراوح السحب من المطابخ يمكنه خلق فروق عفوية في الضغوط عند فتحات التهوية، و يشمل ذلك فتحات المداخن التي تم تركيبها بقصد تنفيس غازات الإحتراق. و بالتالي فإن الغازات التي من المفترض أن يتم تنفيسها إلى خارج الفراغات المعمارية يمكن أن ترتد إلى داخل المناطق المشغولة بالأشخاص، و يصاحبها آثار صحية سلبية.

إن الحواجز الهوائية تقلل من المكتسبات أو المفقودات الحرارية المحمولة، و ذلك بالحد من إمكانية تحرك الهواء خلال عناصر المبنى. كما أن الحواجز الهوائية سوف تقلل أيضا من إنتقال الرطوبة المحمولة مع تسرب الهواء العفوي إلى داخل العناصر الإنشائية. و قد تكون درجة حرارة الأسطح الباردة داخل العناصر المكونة للجدران مساوية أو أقل من درجة حرارة ندى الهواء الرطب. و عندما يحدث ذلك تتكثف الرطوبة على هذه الأسطح داخل العناصر المكونة للجدران. و أثناء موسم التدفئة تتكثف الرطوبة على الاسطح الباردة على الجانب الخارجي من الجدار عندما يتحرك الهواء الدافئ من الداخل إلى الخارج. و من الممكن حدوث عكس ذلك خلال موسم التبريد عندما يتحرك الهواء الحار من الخارج إلى الداخل و تتكثف الرطوبة علي

الأسطح الداخلية الباردة. و إذا لم يتم تجفيف تلك المياه أو صرفها إلى خارج الفراغات المعمارية، فمن الممكن أن تتسبب في ظهور عفن، و تَلَفٌ بالعناصر الإنشائية، و مشاكل في مستوى جودة الهواء الداخلي.

إن الحواجز الهوائية تختلف عن عوازل الرطوبة في أن الأولي تسمح نسبيا بنفاذ الرطوبة إلا أن الأخيرة لا تسمح بذلك بحكم تعريفها. فمنع دخول المياه من خارج المبنى و الحد من تكثف المياه في عناصره الإنشائية كانت دائما في قمة أولويات المصممين. و رغم ذلك فإنه حتى في أفضل التصميمات نجد تسرب بعضاً من الرطوبة عبر الجدران. و التصميم الجيد هو الذي يحد من إمكانية دخول الرطوبة إلى العناصر الإنشائية بالجدران، و في نفس الوقت يخلق مسارات تسمح بالتخلص من الرطوبة التي دخلت إلى الجدران. فالحواجز الهوائية القابلة لنفاذ الرطوبة، و المحكمة ضد التسرب يمكن أن تقترن بتفاصيل تصريف سليمة لتحقيق ذلك الهدف.

إن مسارات التصريف - الموجودة مباشرة خلف الكسوة الخارجية للجدران - تساعد على حركة المياه إلى خارج المبنى. و المنتجات التجارية لتصريف المياه متوفرة أو يمكن صناعتها من مواد أخرى. كما توجد إستراتيجيات تصريف معينة تختلف بإختلاف الأقاليم المناخية. و لمزيد من المعلومات إرجع إلى أفضل الإرشادات العملية بالأقاليم المناخية بزيارة موقع وزارة الطاقة الخاصة ببناء أمريكا و التي تحتوي على مصادر إضافية.5[8]

العوازل الحرارية

إن العوازل الحرارية تحد من إنتقال الحرارة من خلال الجدران و الأسقف، و إلى أسفل الأرضيات المرفوعة، و البلاطات الإنشائية، و القبو، و الأساسات. و يتم صنع العوازل من عدد من المواد المختلفة و بأشكال مختلفة، و في أغلب الأحيان يتم توريدها على شكل لفائف، و مواد سائبة، و رغويات منخفضة الكثافة (سواءً عن طريق رشها في الموقع أو سابقة التصنيع على شكل ألواح). و يتم قياس أداء العازل الحراري للمادة بمدى قدرتها على مقاومة تدفق الحرارة و يشار إليها بمقدار R (أو معامل R). و عادةً يتم إدراج قيم R في جداول لكل بوصة من ثخانة المادة، أو قيمة R الكلية لثخانة الفجوة الهوائية التي يتم تركيب العزل الحراري فيها.

إن العوازل التي على شكل لفائف يتم تصنيعها من الألياف الزجاجية أو الألياف المعدنية. و تتوفر بمقاسات (عرض اللفة) مساوية للأبعاد القياسية للهياكل الإنشائية الخاصة بالجدران، و الأرضيات، و الأسقف. و تتضمن العوازل المرشوشة و السائبة الألياف المعدنية، أو الأوراق التي تمت إعادة تدويرها على شكل مواد سليلوزية. و كما يدل عليها إسمها فإنها من الممكن أن يتم رشها في تجاويف أو أسقف المباني. و العوازل الرغوية مصنوعة من مواد لزجة يمكن أيضاً بصقها داخل تجاويف المباني. و من ضمن الفوائد الإضافية للمواد الرغوية، أنها تعمل أيضا على عدم تسرب الهواء عندما بشرط تركيبها تركيباً سليماً. و مع ذلك فإنه من الصعب عمل إحكام هواء فعَّال في المباني القائمة التي لا يمكن فيها رؤية الأجزاء الداخلية للجدران.

يتم تصنيع ألواح العوازل الحرارية من مواد ليفية أو رغويات بلاستيكية عن طريق ضغطها أو بصقها على شكل ألواح أو صفائح. و يمكن إستخدامها مع توليفة أخرى من العوازل، فعلى سبيل المثال تركيبها على الأسطح الخارجية للجدران التي تم ملئها بمواد سليلوزية أو عوازل من الألياف الزجاجية. و عادةً يتم تركيب ألواح العزل الحراري على الأسطح الخارجية للهياكل الإنشائية عندما يتم صنعها من الفولاذ. فألواح العوازل الحرارية تمنع تكوين الجسور الحرارية عبر الهيكل الإنشائي. كما يتم أيضاً إستخدام ألواح العزل الحراري في عمل الأساسات.

إن معظم العوازل - أياً كان نوعها - تقوم بدورها العازل لإنتقال الحرارة عن طريق خلق كثرة حاشدة من الفراغات الهوائية الساكنة التي تحد من حركة الهواء داخل المادة العازلة. و ذلك يزيل الفقد الحراري بالحمل و يحد كثيراً من إنتقال الحرارة بالتوصيل. و من الضروري إستيعاب أن العوازل الحرارية لا تقوم فقط إلا بإيقاف حركة الهواء داخل المادة العازلة نفسها. و العوازل الحرارية لا تعتبر بديل عن الحواجز الهوائية بل هي تتكامل معها. فلابد أن يتم ملئ التجاويف بالكامل بالعوازل الحرارية و تركيبها بإحكام حتى تصبح في ذروة فاعليتها. فمدى جودة العوازل الحرارية تؤثر بشدة على أدائها.

أما العوازل العاكسة - و التي غالبا ما يتم الإشارة إليها بالحواجز الإشعاعية - تقوم بدورها العازل للحرارة عن طريق الحد من إنتقال الحرارة بالإشعاع. و عادة ما يتم صنعها من معادن لامعة ذات إشعاعية حرارية منخفضة (قيمة ε منخفضة). و الإشعاعية الحرارية هي مقياس لقدرة سطح المادة على إشعاع الحرارة. و نظراً لأن

الإشعاع الحراري يحدث بين سطحين يفصل بينهما حيز هوائي، فإن العوازل العاكسة لا تكون مؤثرة إلا عندما يكون أحد أوجه المادة العازلة مواجهاً للحيز الهوائي. فإذا كان السطح المواجهة للعازل الإنعكاسي أكثر سخونة، فإن العازل يعكس الإشعاع الحرارة مرة أخرى على ذلك السطح. و إذا كان العازل الإنعكاسي أكثر سخونة، فإن إنخفاض إشعاعية سطح المعدن اللامع للمادة العازلة ستحد من قدرته على إشعاع الحرارة عبر الحيز الهوائي.

بالتالي فإن العازل الإنعكاسي سيمنع إنتقال الحرارة عبر الحيز الهوائي بغض النظر في أي جانب من جوانبه قد تم تركيبه، سواء في ذلك الجانب الأكثر سخونة أم برودة. و من الضروري إستيعاب أن العوازل العاكسة ليس لها دور يُذكر في الحد من إنتقال الحرارة بالتوصيل و الحمل. و بالتالي لا ينبغي إعتبارها بديل لأنواع العوازل الحرارية الأخرى. و يوجد العديد من التوصيات المناخية المحددة بشان تفاصيل و مكان تركيب العوازل. و كبداية، إرجع إلى أفضل الإرشادات العملية المناسبة للإقليم المناخي و المتوفرة على موقع "بناء أمريكا" الخاص بوزارة الطاقة الأمريكية، و جدول خصائص المواد العازلة الذي يوفره مختبر أواك ريدج الوطني.6[9]

إن كمية العزل المطلوبة مرتبطة بالهدف من العزل. فكود ترشيد إستهلاك الطاقة العالمي يطالب بتحقيق مستويات عزل ذات مردود إقتصادي عالي بناءً على إفتراضات تم وضعها بشأن أسعار الطاقة الحالية و المستقبلية. و موقع برنامج نجم الطاقة يحتوي على مجموعة من الخيارات المعمارية (BOPs) بشأن مستويات العزل الموصى بها

لكل مقاطعة من المقاطعات الموجودة بالولايات المتحدة الأمريكية، و هي قيم ضرورية لتحقيق شروط نجم الطاقة المنزلي.7[10] و إذا كان المستهدف من العزل هو منزل عديم الإستهلاك الكلي للطاقة فإن مستويات العزل ستكون مرتفعة. و لابد أيضاً عند تحديد مستويات العزل الحراري أن يتم الأخذ في الإعتبار التكوين الإنشائي للجدران و الأسقف المطلوب لتركيب العوازل الحرارية.

الجسور الحرارية

إن الحرارة تنتقل من درجة الحرارة الأعلى إلى درجة الحرارة الأقل. و تسعى الحرارة إلى الإنتقال في عناصر المباني الإنشائية خلال المسار الذي يتمتع بأقل مقاومة حرارية. و هذا المسار سيكون خلال العناصر التي لها توصيلية حرارية أكبر من المواد المحيطة بها. فإذا توفر مسار ذو توصيلية حرارية مرتفعة خلال أي عنصر من العناصر الإنشائية فمن الممكن حدوث إنتقال حرارة خلاله بمعدلات كبيرة. كما أن درجات الحرارة المنخفضة بطول ذلك المسار يمكنها أيضاً أن تتسبب في حدوث تكثف للرطوبة على أسطح المواد الموصلة للحرارة. و يشار إلى ذلك المسار *بالجسر الحراري*.

إن مادة الألومنيوم تتمتع بأعلى توصيلية حرارية من بين مواد البناء المعتادة. كما أن الفولاذ يتمتع أيضاً بتوصيلية حرارية مرتفعة. و مع ذلك فإن أي مادة من مواد البناء، أو اي مجموعة من المواد المتلامسة على التوالي مع بعضها البعض بحيث تخلق مسار حراري ذو توصيلية حرارية أكبر بكثير من مواد البناء المحيطة بها، ستكون بمثابة جسر حراري. و يعمل الجسر الحراري على تقليل المقاومة

الحرارية الكلية للعناصر الإنشائية و التي على سبيل المثال تتضمن الجدران المعزولة. فالعوارض، و الألواح، و الروافد المعدنية التي تتكون منها الجدران الهيكلية التقليدية تعتبر جسور حرارية. و لذلك السبب فإن مقدار R الفعّال للجدران ذات الهياكل الخشبية المزودة بعوازل R-11 تقترب من R-8. و النوافذ ذات الإطارات المعدنية (الألومينوم) و التي لم يتم فصلها حرارياً عن الجدران المعزولة عزلاً حرارياً جيداً ستكون بمثابة الجسر الحراري الرئيسي في تلك الجدران.

إن المعادن المستخدمة في الجدران تمثل فرصة ممتازة لخلق الجسور الحرارية. و لذلك لابد من دراسة التفاصيل اللازمة للقضاء على الجسور الحرارية - خلال تلك المواد التي تتمتع بتوصيلية حرارية مرتفعة - دراسة متأنية. فإذا تم إستخدام عوارض معدنية على الجدران الخارجية فلابد من تغطيتها بألواح عازلة يتم تثبيتها بوسائل غير معدنية. و عادةً تتكون الجسور الحرارية على حواف النوافذ، و أركان الجدران، و عند إلتقاء الجدران بالأسطح العلوية للمباني التقليدية ذات الهياكل الخشبية. و الإطارات الخشبية حول الجدران و النوافذ تقلل من كمية العوازل الحرارية و تمثل جسر من الجسور الحرارية. و التفاصيل الإنشائية بهذه الأماكن تحتاج إلى بذل إهتمام خاص بهدف الحد من آثار هذه الجسور. فزيادة المسافة بين العناصر الإنشائية يعمل على زيادة المساحة المعزولة من الجدار. و تتساوى في ذلك العوامل الأخرى، فالجدران الهيكلية التي تبعد العوارض فيها عن بعضها البعض مسافة 24 بوصة تتمتع بمقاومة حرارية فعّالة أكبر من نظيرتها التي تبعد العوارض فيها مسافة 16 بوصة.

النوافذ و المسطحات الزجاجية

إن تقنيات صناعة النوافذ و المسطحات الزجاجية قد شهدت تحسناً كبيراً خلال الثلاثين عاماً الماضية. فالنوافذ المزدوجة الألواح المزودة بوحدات زجاجية عازلة أصبحت أمراً معتادً. و في نفس الوقت تتوفر وحدات زجاجية ثلاثية الألواح، إلا أنها ليست منتشرة إنتشار النوافذ المزدوجة. كما يتوفر أيضاً وحدات مزدوجة الألواح مجهزة بطبقة أو أكثر من طبقات مادة البوليستر. و هذه الوحدات لها نفس الأداء الحراري للوحدات الزجاجية ثلاثية الألواح إن لم تكن تتفوق عليها و بدون أوزان الألواح الإضافية.

لقد ظهرت أُطر زجاجية من مواد لها أداء حراري جيد و لا تحتاج إلا إلى قدر ضئيل من الصيانة. كما إنتشرت مواد طلاء زجاجية ذات إشعاعية منخفضة، إلا أن هذه المنتجات ليست كلها متماثلة. فلابد من إختيار النوعية الصحيحة التي تناسب كلا من المناخ و التصميم المعماري لتحقيق أفضل أداء حراري بالمبنى. فإستخدام النوعية المخصصة للمناخ الحار في المناخ البارد - أو العكس - من الممكن أن تتسبب في أداء حراري أسوأ من المتوقع حدوثه بدونها.

إن أهم ثلاثة عوامل يتم أخذها في الإعتبار عند إختيار النوافذ و المسطحات الزجاجية هي قيمة U (أو معامل U)، و معامل المكتسبات من الأشعة الشمسية (SHGC)، و النفاذية البصرية. و عند التقييم لابد أن تمثل هذه العوامل أداء النافذة بالكامل، بمعنى تأثير كلاً من إطار النافذة و مسطحاتها الزجاجية على بعضهم البعض. و يعتبر المجلس الوطني لتصنيف النوافذ (NFRC) منظمة غير هادفة للربح أنشئها القائمون على صناعة النوافذ، و الأبواب، و المناور السماوية. و هذه المنظمة قد وضعت منظومة لتصنيف هذه المنتجات من وجهة نظر

ترشيدها لإستهلاك الطاقة، و ذلك بإستخدام طرق القياس التي قام بتطويرها معمل لورانس بريكلي الوطني. و تحمل النوافذ، و الأبواب، و المناور السماوية التي قامت بإختبارها منظمة NFRC ختم يظهر مؤشر يدل على مقدار توفيرها من الطاقة. وتعتبر NFRC بالنسبة للمصممين و أصحاب المنازل الوسيلة الوحيدة التي يعولون عليها لفهم الأداء الحراري للنوافذ و عند المقارنة بين منتجاتها المختلفة.

إن قيمة U (أو معامل U لكل تصنيف من تصنيفات منظمة NFRC) في غاية الأهمية بالنسبة إلى معدلات الفقد الحراري من داخل المباني شتاءً ؛ فقيمة U تمثل معدل الفقد الحراري من خلال النوافذ. و تدل قيم U المنخفضة على إنخفاض معدل الفقد الحراري و تحسين في القدرة العازلة. و ينصح بإستخدام قيم U منخفضة في كل الأجواء المناخية، حتى أنه يصل لدرجة إستخدام قيم U أقل من 0.40 في الأجواء المناخية الحارة. و تتزايد أهمية إستخدام قيم U شديدة الإنخفاض كلما أصبحت الأجواء المناخية شديدة البرودة، و عندما تهيمن التدفئة الشتوية على التبريد الصيفي. و لذلك يُنصح بإستخدام قيم U أقل من 0.30 بقدر المستطاع في الأقاليم المناخية الباردة.

إن معامل المكتسبات من الأشعة الشمسية مهم بالنسبة للمكتسبات الحرارية، و خاصةً أشعة الشمس المباشرة التي تنفذ من خلال النوافذ إلى داخل المبنى. فأشعة الشمس التي تسقط على النوافذ تنفذ من خلالها إلى داخل المبنى، أو تنعكس مرة أخرى إلى الخارج، أو تقوم النافذة بإمتصاصها و من ثم تعيد إشعاعها إلى الداخل و الخارج. و يُعَبِّر معامل المكتسبات من الأشعة الشمسية (SHGC) عن مقدار دخول الأشعة الشمسية من خلال النوافذ بالنسبة إلى كمية الأشعة الشمسية

الساقطة عليها. فمقدار SHGC عبارة عن رقم يتراوح بين 0 و 1. و يدل SHGC مقداره 0.50 على أن نصف الأشعة الشمسية الساقطة على النافذة قد تم السماح لها بالدخول إلى المبنى. و كلما إنخفض مقدار معامل المكتسبات من الأشعة الشمسية للنافذة، كلما إنخفضت معدلات دخول الإشعة الشمسية من خلالها. و تتزايد أهمية إستخدام قيم SHGC منخفضة عندما تكون النوافذ غير مظللة في الأجواء المناخية الحارة، و عندما يهيمن التبريد الصيفي على التدفئة الشتوية. و يُنصح بإستخدام قيم SHGC أقل من 0.30 عندما تسود هذه الظروف.

يشير معامل النفاذية البصرية (VT) إلى الضوء الذي دخل من النافذة إلى الفراغ الداخلي بالنسبة إلى الضوء الذي ساقط عليها. و طبقاً لإجراءات القياس التي تتبعها منظمة NFRC، فإن ذلك المعامل يتضمن تأثير إطار النافذه، و الذي لا يسمح بنفاذ إياً من الضوء المرئي الساقط عليه. أما معامل النفاذية (VT) للفتحات الموجودة بالجدران التي لا تحتوي على نوافذ فمقداره هو 1.0. و يتراوح معامل النفاذية للنوافذ المتوفرة تجارياً بين 0.3 و 0.8. و كلما إرتفاع مقدار VT كلما زادت معدلات الضوء الذي يعبر من النافذة. كما أن نوعية الإطار و المادة المستخدمة في تصنيعه تؤثر تأثيراً كبيراً على قيمة U. و من ضمن المواد المستخدمة في تصنيع إطار النافذة الألومنيوم، و الخشب، و الفينيل، و الصاج، و الألياف الزجاجية، و المركبات الهجينة.

تتميز أُطُر النوافذ المصنوعة من الألومنيوم بأنها خفيفة الوزن، و متينة، و عمرها الإفتراضي طويل، إلا أنها شديدة التوصيلة الحرارية. فمقدار U للنوافذ المصنوعة من الألومنيوم أعلى من النوافذ ذات

الأُطُر المصنوعة من مواد أخرى. و تستطيع جهات تصنيع النوافذ عمل حاجز حراري عن طريق تقسيم إطار النافذة إلى قسمين - أحدهما داخلي و الآخر خارجي - و تربط بينهما بمادة أقل توصيلاً للحرارة. و على الرغم من ذلك يؤدي إلى تقليل التوصيلية الحرارية للنافذة، إلا أن أطر النوافذ المصنوعة من الألومنيوم ذات الفواصل الحرارية لا يمكنها الوصول إلى مستويات من قيم U المنخفضة التي تتمتع بها أنواع الأطر الأخرى. و مع أن أطر النوافذ المصنوعة من الألومنيوم قد تكون مقبولة في بعض الأقاليم المناخية الحارة، إلا أنه ينبغي تجنب إستخدامها في المنشئات السكنية بالمناطق التي تحتاج إلى معدلات تدفئة تتعدى حداً أدنى. و أينما يتم إستخدام الأطر المصنوعة من الألومنيوم في واجهات المحلات التجارية الصغيرة، نجد أنها تتضمن حاجز حراري.

لقد قام الإنسان بإستخدام أطر النوافذ الخشبية منذ عدة قرونٍ مضت. و على الرغم من جودة الأداء الحراري لأطر النوافذ الخشبية، إلا أنها تحتاج إلى صيانة أكثر مما تحتاجها المواد الأخرى، و مع ذلك يمكنها أن تدوم لفترات طويلة إذا صاحبتها صيانة جيدة. و لتقليل متطلباتها من أعمال الصيانة، يتم تغليف السطح الخارجي لأطر النوافذ الخشبية أحياناً بمواد مقاومة لعوامل التعرية، على سبيل المثال مادة الفينيل أو الألومنيوم.

إن الأداء الحراري لأطر النوافذ المصنوعة من مادة الفينيل مشابهاً للنوافذ الخشبية. و هذه الأنواع من الأطر لا تحتاج عملياً إلى صيانة. و على الرغم من ذلك فإن أبعادها أقل إستقراراً من المواد الأخرى، فإنها تخضع لمزيد من التمدد و الإنكماش بتغيُّر درجة الحرارة. و عادة

تكون أطر النوافذ المصنوعة من مادة الفينيل مُجَوَّفَةٌ. و يمكن زيادة جودة أدائها الحراري - لتتعدى نظيرتها الخشبية - بملئ تجاويفها المُفَرَّغَة بالعوازل الحرارية. و على الرغم من جودة أدائها الحراري، إلا أن الآثار البيئية المصاحبة لتصنيع تلك المادة - الآثار الصحية التي يتعرض لها العاملون على تصنيعها، و المشاكل المصاحبة لإنتهاء العمر الإفتراض لمنتجاتها المتعلقة بصعوبة إعادة إستخدامها و تصنيعها، و إنطلاق الغازات السامة من تلك المادة عند تعرضها للإحتراق - جعلت الكثيرين يتجنبون توصيفها ضمن المواد التي تدخل في تصنيع أطر النوافذ.

يَتَوَفَّر بالأسواق أُطُر نوافذ مصنوعة من الألياف الزجاجية ذات أداء حراري ممتاز. و تتميز هذه الأطر بنفس المميزات التي تتميز بها الأطر المصنوعة من مادة الفينيل، مثل شدة إنخفاض متطلباتها من أعمال الصيانة، و قِلَّة عيوبها. فأبعادها ثابتة، و متينة - و مثلها مثل مادة الفينيل - بها تجاويف مفرغة أو ممتلئة بعوازل حرارية. و يتفوق الأداء الحراري لتلك الأطر الممتلئة بالعوازل الحرارية عن نظيرتها المصنوعة من الخشب.

يتزايد إنتشار إستخدام أطر النوافذ الهجينة و التي تتميز بإنخفاض أسعارها، و قلة متطلباتها من الصيانة، و ذلك في نفس الوقت الذي يتحسن فيه أدائها الحراري. و يُصاحب الأطار الخارجي المصنوع من مادة الألياف الزجاجية إطار داخلي مصنوع من الخشب في بعض التصميمات الجديدة. و أطر النوافذ المصنوعة من مركبات الألياف الخشبية و البلاستيك تعتبر تطور آخر جديد في صناعة أطر النوافذ. فأبعادها في غاية الإستقرار، كما أنها أكثر متانة و قوة من الأخشاب

التقليدية، و مقاومة للرطوبة و التَعَفُّن. و مثلها مثل باقي المنتجات الخشبية التخليقية، فإنها تعيد إستخدام نشارة الخشب و بَقَاياه. و على الرغم من ذلك فإن قابليتها لإعادة التدوير في نهاية عمرها الإفتراضي قد تحتوي على بعض المخاطر.

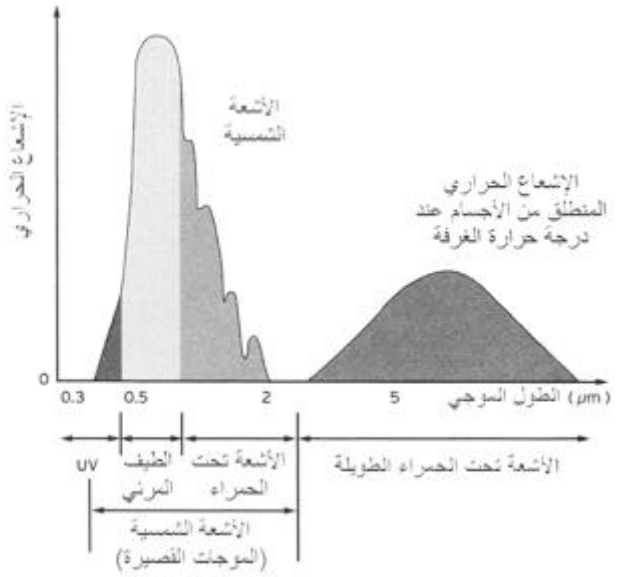
يتوقف إختيار نوعية النوافذ و أطرها على الميزانية و الصيانة المتاحة، كما يتوقف على المخاوف البيئية مثل قوة تحملها، و سُمِّيَّتها، و مكوناتها المعاد تدويرها، و قابلية إعادة تدويرها بعد إنتهاء عمرها الإفتراضي. و رغم ذلك فإن مؤشر الأداء الحراري الوحيد الذي له مصداقية هو علامة منظمة NFRC المطبوع على النافذة. فيمكن عن طريق طلاء المسطح الزجاجي للنافذة بمادة ذات إشعاعية حرارية منخفضة (قيمة ε منخفضة) تخفيض كلاً من قيمة U و قيمة SHGC. علماً بأن ليس لكل أنواع الطلاء بمادة منخفضة الإشعاعية نفس التأثير على الأداء الحراري للنوافذ. فبعض أنواع الطلاء بمادة منخفضة الإشعاعية تقلل قيمة U إلا أن تأثيرها ضعيف على قيمة SHGC، و بعضها الآخر يقلل من قيمة U و يقلل بشدة قيمة SHGC. فالنوافذ التي لها قيمة مرتفعة لمعامل المكتسبات من الأشعة الشمسية، و طلاء ذو إشعاعية منخفضة مثالية لإستخدامها في الأقاليم المناخية الشمالية. كما أن أدائها جيد في المباني السكنية أو المباني التجارية الصغيرة التي تم تصميمها وفقاً لمبادئ التدفئة الذاتية بالطاقة الشمسية في كل الأقاليم المناخية بشمال أمريكا تقريباً. و يتطلب التصميم الفعّال للتدفئة الذاتية بالطاقة الشمسية إختيار مكان تركيب النوافذ و وسائل التظليل وفقاً لفهم طبيعة التغير اليومي و السنوي لموقع الشمس في السماء. ففي حالة تظليل النافذة، نجد أن المكتسبات الحرارية يتم منعها من الدخول إلى

الفراغات المعمارية عبر مسطحات النافذة الزجاجية، و لا توجد حاجة إلى طلائها بمادة ذات إشعاعية منخفضة.

إن طلاء النوافذ يقلل من معامل SHGC على مدار العام. فخصائص الطلاء لا تتغير مع الفصول المناخية. فالطلاء بمادة تقلل من معامل المكتسبات من الأشعة الشمسية تمنع دخول حرارة الشمس إلى داخل المبنى صيفاً، مما يقلل من متطلبات التبريد. كما أنها تقلل دخول حرارة الشمس شتاءً، مما يزيد كثيراً من متطلبات التدفئة في ذلك الفصل. فنجد أن تقليل الطاقة اللازمة للتبريد بالمباني ذات الإستخدامات التقليدية في الأجواء الدافئة و الحارة يعوض زيادة الطاقة اللازمة للتدفئة و زيادة. إلا أنه في الأجواء المناخية المعتدلة و الباردة، أو في المنازل التي ليس بها مكيفات هواء، التوفير في الطاقة اللازمة للتبريد قد لا يعوض الزيادة في الطاقة اللازمة للتدفئة.

إن الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض بالإشعاع على شكل موجات كهرومغناطيسية - كما ذكرنا في الفصل السابق - تتراوح من الأشعة فوق البنفسجية (UV) إلى الأشعة تحت الحمراء (200nm إلى 2,500nm). و عين الإنسان حساسة للأشعة الشمسية التي يتراوح طولها الموجي من 400nm إلى 700nm. فحوالي 46% من الأشعة الشمسية تقع في ذلك النطاق. و تلك الأشعة المرئية لعين الإنسان تجمع بين الضوء و الحرارة. أما الأشعة تحت الحمراء القصيرة فتحمل الحرارة و لا تحمل ضوء مرئي لعين الإنسان و يتراوح طولها الموجي بين 700nm و 2,500nm. و حوالي 51% من الأشعة الشمسية تقع في ذلك النطاق. و الأشعة فوق البنفسجية تمثل الثلاثة بالمائة الأخرى.

إن الطول الموجي للأشعة الحرارية تحت الحمراء الطويلة التي تنطلق من معظم الأجسام الموجودة على سطح الأرض يتراوح من 8,000nm إلى 15,000nm. و سواءً أكانت أشعة أرضية أم شمسية فإنها عندما تسقط على المسطحات الزجاجية تنفذ من خلالها إلى الجانب الآخر، أو تنعكس بعيداً عنها، أو تقوم بإمتصاصها. فإذا قامت بإمتصاصها فإنها تقوم أيضاً بإعادة إشعاعها مرة أخرى. و يتوقف معدل إنتقال الحرارة بالإشعاع من سطحي النافذة الزجاجية على فرق درجات الحرارة بينهُما و بين الأسطح الأخرى التي تقع في مدى رؤية تلك النافذة من الجانبين. و بالتالي فإن معظم الحرارة يتم إشعاعها إلى الجانب الأكثر برودة. و عادة يكون ذلك الجانب هو المواجه للفراغ الداخلي صيفاً، بينما يكون هو الجانب المواجه للجو الخارجي شتاءً.

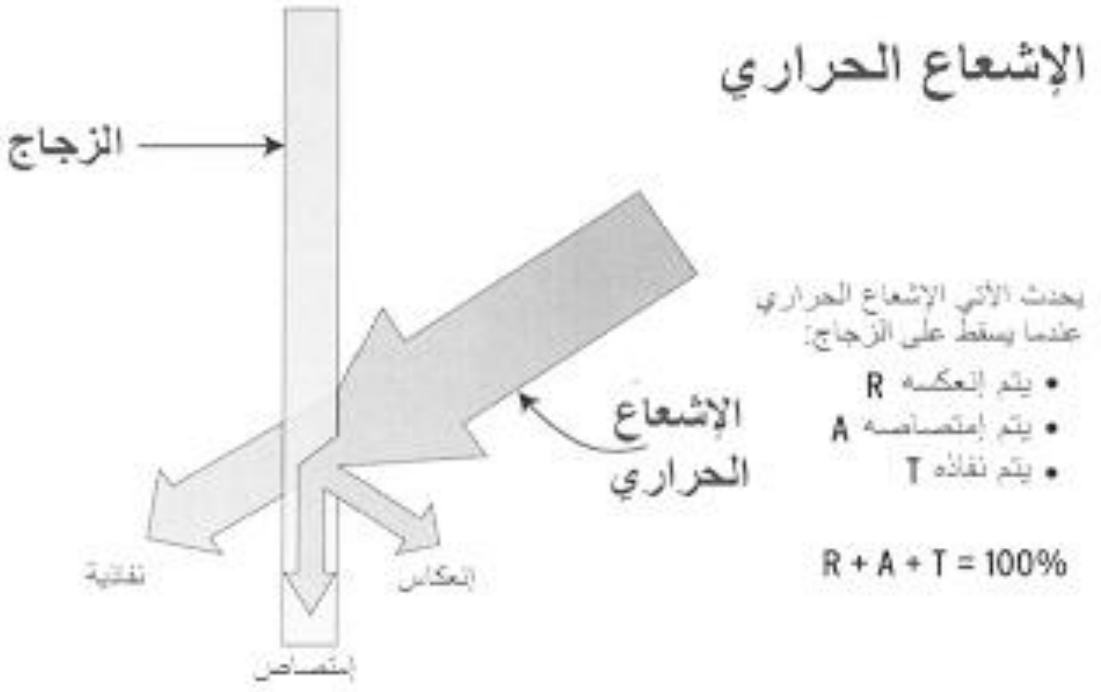


شكل 11-6 توزيع طيف الأشعة الشمسية: يتراوح الطول الموجي للأشعة الشمسية من الأشعة فوق البنفسجي إلى الأشعة تحت الحمراء القصيرة (200nm إلى 2,500nm) . عين الإنسان حساسة للأشعة الشمسية التي يتراوح طولها الموجي من 400nm إلى 700nm. و يشكل الضوء المرئي ما يقارب نصف إجمالي الأشعة الشمسية تقريباً.

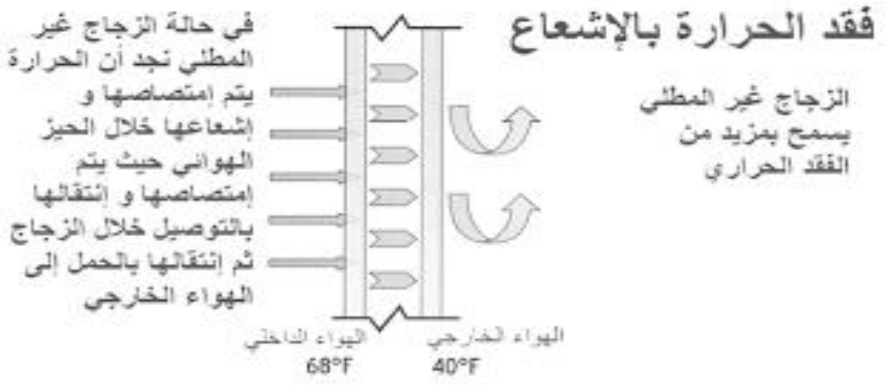
تختلف النسبة المئوية لكلاً من الإشعاع الحراري النافذ، و المنعكس، و الممتص بإختلاف طوله الموجي. فالزجاج الشفاف عالي النفاذية لإشعاع الشمسي إلا أنه يقوم بإمتصاص الأشعاع الأرضي ذو الأطوال الموجية تحت الحمراء بدلاً من السماح بنفاذها أو إنعكاسها. و ذلك هو السبب في ما يُعرف بظاهرة الصوبة الزجاجية. فالإشعاع الشمسي ينفذ عبر الزجاج حيث يتم إمتصاصه بالأجسام الموجودة داخل الفراغ الداخلي من المبنى و يتسبب في تدفئتها. و هذه الأجسام تقوم بدورها بإعادة إشعاع تلك الطاقة الحرارية و التي لا يمكنها في هذه الحالة النفاذ عبر الأسطح الزجاجية. و رغم ذلك فإن الصوبة الزجاجية لا تزال تفقد كثيراً من الحرارة المنطلقة من الأجسام الموجودة بالفراغ الداخلي بطرق أخرى.

إن الأشعة تحت الحمراء الطويلة المنطلقة من الأجسام الدافئة الموجودة داخل الفراغ الداخلي من المبنى لا تنفذ عبر الزجاج و لكن الزجاج يقوم بإمتصاصها. ثم هذه الحرارة بدورها تنتقل بالتوصيل عبر الزجاج و تنطلق بالإشعاع من على سطحه الخارجي إلى الأجسام الباردة الموجودة خارج المبنى. و هذه العملية تتم بنفس الشكل مع النوافذ مزدوجة الألواح. فيوجد بالنوافذ مزدوجة الألواح أربعة أسطح زجاجية. و جرت العادة على ترقيم هذه الأسطح من واحد إلى أربعة -

السطح رقم واحد هو السطح الخارجي للوح الخارجي، و رقم إثنين هو سطح اللوح الخارجي المواجه للفراغ الداخلي، و رقم ثلاثة هو سطح اللوح الداخلي المواجة للفراغ الخارجي، و رقم أربعة هو السطح الداخلي للوح الداخلي. فالحرارة المنطلقة من الغرفة يقوم بإمتصاصها سطح رقم أربعة و تنتقل بالتوصيل عبر الزجاج، الذي يقوم بإشعاعها عبر الحيز الهوائي من سطح رقم ثلاثة إلى سطح رقم إثنين. و مرة أخرى، تنتقل الحرارة بالتوصيل عبر الزجاج و تنطلق بالإشعاع من السطح رقم واحد إلى الأسطح الباردة بخارج المبنى.



شكل 11-7 الإشعاع الحراري و الزجاج: الإشعاع الحراري الذي يسقط على النافذة إما ينفذ من خلالها إلى داخل المبنى، أو ينعكس بعيداً عنها، أو يقوم اللوح الزجاجي بإمتصاصه. و تقوم الحرارة الممتصة بتدفئة الزجاج، و الذي بدوره يقوم بإعادة إشعاعه إلى كلاً من أسطح الفراغ الداخلي و الخارجي.



شكل 11-8 الفقد الحراري خلال زجاج النوافذ: خلال النوافذ ذات الزجاج المعزول نجد أنه يتم ترقيم الأسطح الزجاجية من رقم واحد إلى أربعة، بدأً من السطح الخارجي و إنتقالاً إلى الداخل. فالأجسام الدافئة داخل المبنى تشع حرارة بأطوال موجية خاصة بالأشعة تحت الحمراء الطويلة. و حيث أن الزجاج يعتبر سطح عاتم لهذه الأطوال الموجية، فأنه يقوم بإمتصاصها عند السطح رقم أربعة بدلا من السماح لها بالنفاذ من خلالها. و هذه الحرارة يتم إنتقالها بالتوصيل خلال الزجاج و من ثم إشعاعها من السطح رقم ثلاثة إلى لوح الزجاج الخارجي.

إن الزجاج الشفاف - مثله مثل كثيراً من مواد البناء - ذو إشعاعية مرتفعة. و الإشعاعية هي كمية ليست لها أبعاد و يتراوح مقدارها بين الصفر و الواحد. و تشير الإشعاعية المرتفعة إلى إنها تستطيع بسهولة إشعاع الحرارة، بينما تشير الإشعاعية المنخفضة إلى محدودية قدرتها

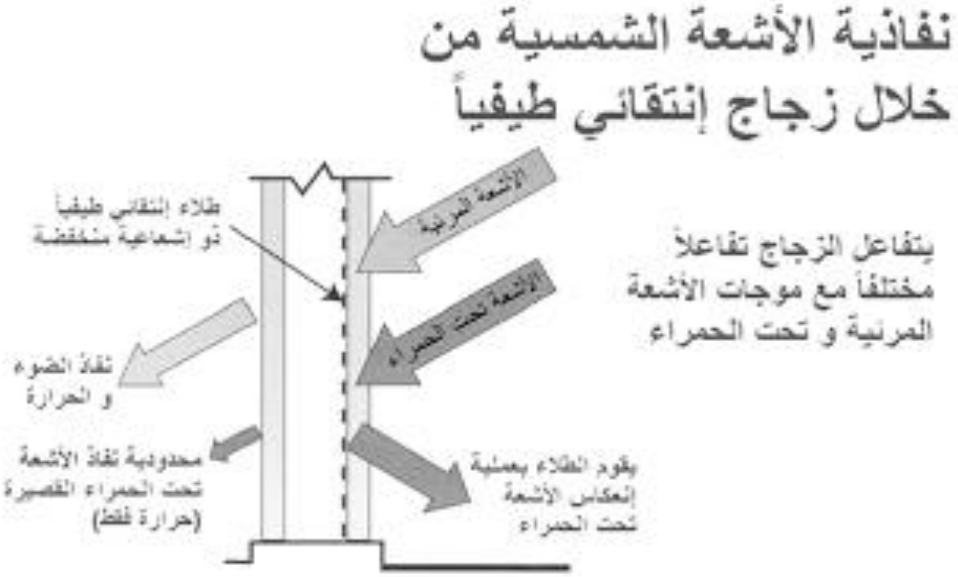
على إشعاع الحرارة. و نجد أن إشعاعية الأسطح المصقولة بشدة منخفضة جداً. و بوضع طبقة طلاء معدنية لامعة ذات ثخانة رقيقة مجهراً على أسطح الألواح الزجاجية الشفافة يغير إشعاعيتها بشكل كبير جداً ، فيخفضها من 0.9 إلى 0.2 أو أقل.

لقد إستهدف أول منتج في السوق من منتجات الزجاج ذو الإشعاعية المنخفضة إلى تقليل متطلبات التدفئة شتاءً، و لم يهتم بتقليل المكتسبات الحرارية صيفاً. فتأثير تخفيض إشعاعية أحد الأسطح الزجاجية في النوافذ مزدوجة الألواح هو تقليل الفقد الحراري إلى الخارج عندما تكون الظروف الجوية الخارجية باردة. فالأجسام الدافئة بالغرفة تشع الحرارة إلى الأسطح الزجاجية التي تقوم بدورها بإمتصاص الأشعة تحت الحمراء الطويلة عند وصولها إلى السطح رقم أربعة. ثم تنتقل الحرارة بالتوصيل خلال الزجاج، إلا أنه نظراً لأن السطح رقم ثلاثة - المواجه للحيز الهوائي - قد تم تخفيض إشعاعيته بوضع طبقة من الطلاء المعدني اللامع عليه، فإن الحرارة لا يمكنها الإنتقال بالإشعاع عبر ذلك الحيز الهوائي وصولاً إلى السطح رقم إثنين. و نتيجة لذلك فإن اللوح الزجاجي الداخلي سيحتفظ بحرارته، مما يقلل من معدل التبادل الحراري بالإشعاع بينه و بين الأجسام الموجودة بالغرفة.

إن هذه النوعية من الطلاء ذو الإشعاعية المنخفضة تأثيره ضعيف على الأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة التي يتم إنتقالها عبر الزجاج إلى داخل الغرفة. فرغم أنه يخفّض قليلاً من قيمة U إلا أن تأثيره صغير للغاية على قيمة SHGC. و لذلك فإنه يقلل من الفقد الحراري إلا أنه لا يحد من إمكانية تسخين الغرفة بالأشعة الشمسية. أما الجيل الثاني من أنواع الطلاء ذات الإشعاعية المنخفضة التي

ظهرت في الأسواق فيما بعد بسنوات قليلة فإنها إستهدفت التحكم في الأشعة الشمسية. و أفضل وصف لهذه النوعية من الطلاء هو طلاء *إنتقائي مخصوص* ذو إشعاعية منخفضة. فإنها تسمح بنفاذ معظم الأطوال الموجية المرئية من الإشعاع الشمسي، بينما تعكس الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء القصيرة التي لا تراها عين الإنسان. فزجاج المرايات - الذي لا يفرِّق بين موجات الأشعة المرئية و تحت الحمراء القصيرة - يحد من المكتسبات الحرارية على حساب منع دخول الإضاءة الطبيعية إلى داخل المبنى. فالطلاء الإنتقائي المخصوص ذو الإشعاعية المنخفضة يعكس نسبة تتراوح من 40% إلى 70% من الحرارة التي يسمح الزجاج الشفاف بمرورها خلال النافذة، إلا أنه يسمح أيضاً بمرور نسبة مرتفع جداً من الإضاءة الطبيعية.

شكل 11-9 كيفية الحد من فقد الحرارة شتاءً عن طريق الزجاج منخفض الإشعاعية ذو المكتسبات الحرارية العالية: طلاء الأسطح بمادة ذات إشعاعية منخفضة يحد من إشعاعيتها. فالحرارة التي تحملها الأشعة الحمراء الطويلة يقوم الزجاج بإمتصاصها و تنتقل بالتوصيل إلى الجانب الآخر من اللوح الزجاجي. و الطلاء ذو الإشعاعية المنخفضة على السطح رقم ثلاثة يحد من قدرته على إطلاق الحرارة بالإشعاع خلال الحيز الهوائي. و بالتالي يظل اللوح الداخلي من الزجاج دافئ.



بدخول كمية كبيرة من الإضاءة الطبيعية بينما يقوم بعملية إنعكاس كمية كبيرة من الحرارة التي تسقط على الزجاج

إن الأداء الحراري للنوافذ مزدوجة الألواح الزجاجية المانعة لتسرب الهواء يمكن أن يتحسن بإستبدال الهواء الموجود في الحيز الفراغي بين اللوحين بالغازات الخاملة. فملئ ذلك الحيز بغاز ذو توصيلية حرارية منخفضة - مثل الأرجون أو الكريبتون - يقلل من إنتقال الحرارة عبرها، و بالتالي يقلل من قيمة U. و أكثر الغازات إستخداماً و إنتشاراً لذلك الغرض هو غاز الأرجون، و ذلك نظراً لإنخفاض سعره. و على الرغم من أن غاز الكريبتون يتمتع بأداء حراري أفضل، إلا أن تكاليف إنتاجه أغلى. و هذه الغازات تتصف بأنها غير سامة، و شفافة، و ليس لها رائحة.

يؤدي إستخدام النوافذ ذات الزجاج المفرد إلى مكتسبات و مفقودات حرارية غير مرغوبٌ فيها مما يتطلب إستهلاك الطاقة لتحقيق التدفئة و التبريد المطلوب. و في الماضي أحياناً قد تضمن التصميم الذاتي أنظمة عزل متحركة على أسطح النوافذ لتقليل الفقد الحراري ليلاً. أما الدمج بين إستخدام الألواح الزجاجية المزدوجة أو الثلاثية، و وحدات الزجاج المعزول، و الملئ بغازات خاملة، و الطلاء بمادة منخفضة الإشعاعية فيمكنه السماح بدخول أشعة الشمس من النوافذ و الإحتفاظ بالحرارة داخل المبنى. و بناءً عليه، فإن النوافذ ذات الأداء الحراري المرتفع تعتبر جزء رئيسي في تصميم المباني السكنية و التجارية

.

تقليل إستهلاك الطاقة اللازمة لتدفئة المنازل

إن الإستراتيجيات التصميم وفقاً للمناخ تقلل الحاجة إلى إستهلاك الطاقة اللازمة للشعور بالراحة الحرارية في المباني السكنية.
فالتفاصيل المعمارية التي تؤدي إلى مستويات مرتفعة من العزل

الحراري، و الحواجز الهوائية بين الأماكن المكيفة و الجو الخارجي، و إختيار النوافذ و الأنظمة المناسبة للتحكم في أعمال التهوية يعتبروا جزءً من أجزاء التصميم وفقاً للمناخ. و غالباً ما يسمح التغليف الفعّال للمباني بتصغير قدرات وحدات التكييف و التهوية، مما يؤدي إلى إنخفاض تكاليفهم الإبتدائية.

إن الأنظمة الميكانيكية التي تستكمل وسائل التصميم وفقاً للمناخ تعمل بطرق مختلفة. فبالنسبة للتدفئة نجد أن أكثر الوسائل شيوعاً هي تدفئة الهواء قبل الدفع به إلى الأماكن المشغولة بالأشخاص من خلال قنوات هوائية. و من الوسائل الأخرى تدفئة المياه التي تتدفق خلال المشعاعات التي تقوم بتدفئة الهواء، مما يؤدي إلى خلق تيارات دائرية من الهواء الحامل للحرارة داخل الغرفة. كما أن المشعاعات تقوم أيضاً بتدفئة الأشخاص المتواجدين بالمبنى بالإشعاع المباشر، و ذلك عندما يكون كلاً من المشعاع و الأشخاص في مجال رؤية مباشرة بين بعضهم البعض. فضلاً عن إمكانية تدوير المياه خلال بلاطة الأرضية الخرسانية أو تحت تشطيب الأرضيات للقيام بالتدفئة بالإشعاع في أرجاء المكان بالكامل. و يعتبر التسخين بالمقاومة الكهربائية وسيلة ثالثة من وسائل التدفئة.

إن الأفران التي تعمل بالغاز تقوم بخلطه بالهواء و إشعاله في غرفة الإحتراق. و يقوم المبادل الحراري بنقل الحرارة من غرفة الإحتراق إلى الهواء أو المياه المستخدمة في توصيل الحرارة إلى المناطق المشغولة بالأشخاص. و يتم طرد الغازات المحترقة خارج المبنى من خلال مدخنة.

نجد في حالة الإحتراق المفتوح أن غرفة الإحتراق، و المبادل الحراري، و غازات العادم مفتوحة على الهواء المحيط بالأشخاص. و لا نجد ذلك في حالة الإحتراق المغلق. و يعني ذلك أن كل الهواء اللازم للإحتراق يتم سحبه من الخارج عبر مسارات خاصة مانعة للتسرب وصولاً إلى غرفة إحتراق مانعة للتسرب موجودة داخل الفرن. كما أن كل غازات الإحتراق يتم طردها إلى خارج المبنى عبر ماسورة عادم خاصة مانعة للتسرب. علماً بأن الإحتراق المغلق أكثر أماناً - و في أحياناً كثيرة - و كفاءة. و لذلك السبب ينبغي أن تعمل معدات التدفئة الحديثة بإستخدام غرف الإحتراق المغلقة. فهذه المعدات تقلل إحتمالية تلوث الهواء الجوي الداخلي، و الإصابة بالأمراض و الوفاة نتيجة التسمم بغاز أول أكسيد الكربون.

إن الأفران المستخدمة في التدفئة ينبغي إختيارها و تحديد قدراتها بشكل صحيح حتى يصبح أدائها فعّال. و لابد أن تحمل كل أفران الإحتراق و الغلايات المستخدمة في تسخين المياه علامة تدل على كفائة الإستهلاك السنوي من الوقود (AFUE). فمقدار كفاءة الإستهلاك السنوي من الوقود يمثل الطاقة الحرارية الموجودة في الوقود و التي يتم إنتقالها إلى أنظمة توزيع التدفئة. إلا أنها لا تتضمن المفقودات الحرارية عبر أنظمة التوزيع و التي تنتج عن تسرب الهواء من القنوات الهوائية أو تمديدها عبر أماكن غير مكيفة و هي غير معزولة عزلاً حرارياً مقبولاً. و لذلك ضع نصب عينيك عند إختيار أفران التدفئة تصنيف نجمة الطاقة الخاص بالأفران ذو كفاءة إستهلاك سنوي من الوقود مقدارها 90% أو أكثر.

إن أنظمة التدفئة ينبغي أن يتم إختيار قدراتها إختياراً صحيحا للحد من تكلفة المعدات و لتعظيم كفائتها. و ذلك يعنى أن يكون معدل إنتاج المنظومة من الحرارة أعلى بمقدار طفيف من معدل الفقد الحراري من المبنى تحت أقصى الظروف الجوية التي من المتوقع حدوثها في الإقليم المناخي. فلا ينبغي بأي حال من الأحوال تحديد قدرات المعدات إعتماداً فقط على الخبرة السابقة. فقد جرت العادة على أن يتم الإفراط في قدرات وحدات التدفئة و التكييف المستخدمة في المباني السكنية. و ذلك الإفراط يؤدي إلى تكرار إعادة تشغيل و إيقاف المعدات مما يعنى أنها سوف تعمل بكفاءة أقل من كفاءة المعدات التي تم إختيار قدراتها إختياراً سليما و تعمل لفترات طويلة لتلبية إحتياجات التدفئة أو التبريد.

إن الحد من فقد الطاقة خلال القنوات الهوائية الخاصة بأنظمة توزيع الهواء في غاية الأهمية. فأنظمة دفع الهواء شائعة الإستخدام نظراً لأنها تقوم بدفع الهواء اللازم للتدفئة، و التبريد، و التهوية في نفس شبكة القنوات الهوائية. إلا أن عملية تقسيمها إلى مناطق تحكم منفصلة أصعب من تقسيم أنظمة توزيع المياه فضلاً عن أنها مُعَرَّضَة إلى إنخفاض في كفائتها خلال تدفق الهواء بها.

ينبغي تركيب أنظمة توزيع الهواء داخل الأماكن المكيفة بقدر المستطاع. فالأماكن غير المكيفة من الممكن أن تكون حارة أو باردة جداً. و عندما يصبح الفرق كبير في درجات الحرارة بين الهواء داخل القنوات الهوائية و الهواء الموجود في الفراغ المعماري فإنه سوف يؤثر بالسلب على الأداء الحراري المطلوب تأثيراً شديداً. فإذا إقتضت الضرورة مرور القنوات الهوائية داخل فراغات معمارية غير مكيفة،

فلابد من التأكيد على عزلها حرارياً جيداً، و إحكام تسرب الهواء منها أو إليها.

لابد من عمل صيانة دورية لأنظمة توزيع الهواء - و يتضمن ذلك إستبدال فلاتر الهواء - حتى نحافظ على كفائتها عند قيمتها العظمى.

يتزايد شيوع إستخدام أنظمة التدفئة المائية حيث أنها توفر مستوى كبير من الراحة للسكان. و عادة تتضمن الأنظمة المائية إستخدام الغلايات في تسخين المياه. و هذه الأنظمة لابد من تحديد قدرات الغلايات المستخدمة فيها تحديدا سليما حتى تحقق تشغيلاً ذو كفاءة مرتفعة. و من الممكن أيضاً إستغلال أنظمة التسخين بالطاقة الشمسية في التسخين المبدئي للمياه قبل تسخينها بالغلايات، و بذلك تلبي جزءً من إحتياجات المبنى من المياه الساخنة بإستغلال الطاقة الجديدة و المتجددة.

تقوم الأنظمة المائية بتوزيع المياه الساخنة على الدفايات الموجودة بالفراغات المعمارية المشغولة بالأشخاص. و هذه الدفايات قد تكون على شكل مشعاعات، أو وحدات الملف و المروحة، أو تسخين الأرضيات أو الأسقف. و في حالة وحدات الملف و المروحة يتم إستخدام المياه في تسخين الهواء. فتقوم المروحة بدفع الهواء على ملف المياه الساخنة، فترتفع درجة حرارة الهواء قبل وصوله إلى الفراغ المعماري المستهدف. فكل غرفة من غرف المبنى لها وحدة الملف و المروحة الخاصة بها.

إن أنظمة الأرضيات المشعة تستغل الأرضية ذاتها كدفايات ذات توزيع متجانس نسبياً للحرارة. ففي هذه الأنظمة يتم تمديد خراطيم مرنة مصنوعة من مادة البولي إيثيلين المترابطة PEX خلال بلاطات

الأرضيات الخرسانية. فترتفع درجة حرارة البلاطة الخرسانية - أو في بعض الحالات ترتفع درجة حرارة طبقة منفصلة حرارياً من البلاطة الخرسانية - و تنطلق منها الأشعة تحت الحمراء الطويلة لتسقط على السكان و تعمل على تدفئتهم. إلا أن أنظمة التسخين بالبلاطات الخرسانية عادةً ما تحتاج إلى وقت طويل لإرتفاع درجة حرارتها، و ذلك يعني أن فاعليتها منخفضة في الحالات التي تحتاج إلى تدفئة فورية. و من الممكن الوصول إلى تدفئة سريعة نسبيا بوضع تلك الخراطيم في شقوق موجودة في البلاطة الخرسانية أو عن طريق ألواح معدنية لنقل الحرارة يتم تثبيتها تحت التشطيبات الخشبية من الأرضيات.

إن السجاد و الكليم يحد من فاعلية أنظمة الأرضيات المشعة حيث أنها تعزل الأرضيات حرارياً عن السكان. فلابد أن يتم أخذ ذلك في الإعتبار لتصميم تلك الأنظمة تصميماً سليماً.

إن السخانات الكهربائية تقوم بتسخين الهواء عن طريق تحريكه فوق مقاومات كهربائية. و هذه الطريقة تعتبر من أغلى طرق التدفئة بالمنازل، و لذلك فقد أصبحت نادرة الإستخدام. و ذلك هو نفس السبب الذي قد أدى إلى ترك إستخدام أنظمة التدفئة الكهربائية بالإشعاع (عن طريق غرس كبلات تسخين كهربائية أعلى البلاطة الخرسانية، أو الألواح الجبسية، أو الأسقف المعلقة).

إن التدفئة بالمضخات الحرارية الكهربائية ذات المصدر الهوائي مناسباً في الأقاليم المناخية المعتدلة التي لا تنخفض فيها درجة الحرارة تحت درجة حرارة التجمد. فهي تستفيد من دورة التبريد التي تقوم بنقل

الحرارة من مكان و "تضخها" إلى مكان آخر. كما يمكنها عكس الدروة لتقوم بتبريد الهواء بدلاً من تدفئته.

إن كفاءة المضخات الحرارية ذات المصدر الأرضي - أو الطاقة الحرارية الأرضية - أكبر من نظيرتها ذات المصدر الهوائي

عادة يتم إستخدام الترموستات للتحكم في أنظمة التدفئة. فهي تساعد السكان على تشغيل معدات التدفئة أو توقيفها وفقاً للتغير في درجات حرارة الغرفة. و تحتوي أنواع الترموستات القابلة للبرمجة على ساعة و حساس لدرجة الحرارة. فهي تسمح للسكان بضبط أوضاع الترموستات لكلاً من درجة الحرارة و توقيت التشغيل و بذلك يمكنها توفير قدراً كبيراً من الطاقة. و لتحقيق ذلك لابد أن يقوم السكان ببرمجة الترموستات (في وضع التدفئة) بحيث يقوم بتخفيض درجة الحرارة خلال النهار عندما يكونوا في أعمالهم أو مدارسهم أو ليلاً بعد ذهابهم إلى غرف نومهم. إلا أن الأبحاث قد أظهرت أن كثيراً من

.

الإضاءة الطبيعية في المنازل

ينبغي تصميم المباني السكنية و تحديد حجمها بحيث يدخل إلى معظم غرفها الكمية المطلوبة من الإضاءة من خلال النوافذ بدون الحاجة إلى الإضاءة الكهربائية خلال ساعات النهار. و ذلك يتيح الفرصة لترشيد إستهلاك الطاقة بإستغلال الإضاءة الطبيعية.

إن الأماكن المناسبة لوضع النوافذ و المناور اللازمة لإضاءة المباني نجدها في التاريخ منذ فترة طويلة كشكل من أشكال فنون العمارة. و رغم أن الإضاءة الطبيعية يمكنها الدخول إلى المباني بإستخدام طرق

جمالية متعددة و ينتج عنها بيئة بصرية جيدة لسكان المباني، إلا أنها لا ينبغي إعتبارها إجراء من إجراءات ترشيد إستهلاك الطاقة.

إن الإضاءة الطبيعية في المباني السكينة غالبا ما تؤدي إلى زيادة إستهلاك الطاقة بدلاً من توفيرها. فعندما يتم وضع نوافذ و مناور بمقاسات أكبر من المقاسات المطلوبة يؤدي ذلك إلى زيادة الإحترار صيفاً و فقد الحرارة شتاءً. و يختلف الأمر في المباني التجارية حيث أن الإضاءة الطبيعية فيها تعتبر إجراء إستراتيجي لترشيد إستهلاك الطاقة. أما في المباني السكنية فينبغي أن تكون الأولوية فيها لتجنب الإفراط في مقاسات النوافذ و المناور السماوية. فعندما يكون أي منزل

إن الطاقة اللازمة للإضاءة تتوقف على معدل الإستهلاك و فترة التشغيل. و إستخدام المصابيح ذات الفاعلية المرتفعة أو أجهزة الإضاءة التي تقوم بتوزيع الإضاءة في الأماكن التي تحتاج إليها - بدون إضاءة محيطية - تؤدي إلى تقليل معدل الإستهلاك. كما أن تخفيض مستوى الإضاءة بإستخدام وسائل لتعتيم المصابيح تقلل أيضاً من معدل الإستهلاك. و غلق المصابيح في الفترات التي لا نحتاج فيها إلى الإضاءة تقلل من فترة التشغيل. فإستخدام تقنيات ترشيد إستهلاك الطاقة اللازمة للإضاءة من خلال المصابيح ذات الفاعلية العالية، و

الإضاءة.

.

تسخين المياه

إن تسخين المياه بالطاقة الشمسية يقلل تكاليف التشغيل كما أنه يوفر إستهلاك الوقود الإحفوري بشكل كبير. لتقليل إستهلاك الغاز الطبيعي.

فتسخين المياه بالطاقة الشمسية هو أفضل وسيلة لترشيد إستهلاك الطاقة في حالة عدم توفر الغاز الطبيعي في المنازل، أو في حالة إستخدام أنظمة التسخين بالكهرباء أو إسطوانات غاز البروبان في المنازل القائمة. و عندما يهتم المصممين بترشيد إستهلاك الطاقة لابد أن لا ينتهي مجهودهم عند إستخدام السخانات الشمسية، بل لابد أن يقع إختيارهم على الأجهزة الصحية - أدشاس، و مراحيض، و صانبير مياه، و غسلات ملابس، و غسالات أطباق - الموفرة لإستهلاك المياه و التي تتعدى مواصفاتها الأكواد المطلوبة بقدر الإمكان. فأبسط الطرق و أرخصها لترشيد إستهلاك الطاقة المصاحبة لتسخين المياه هي بتقليل الحاجة إلى المياه الساخنة ذاتها. فتقليل الحاجة إلى المياه الساخنة يؤدي أيضاً إلى تقليل سعة السخانات الشمسية بقدر كبير، و يتبع ذلك التكلفة الإبتدائية لأنظمة التسخين. و لابد على المصممين أن يقوموا بتحديد درجة حرارة المياه الساخنة المناسبة. فالعديد من سخانات المياه يتم تصميمها لترفع درجة حرارة المياه إلى 140°F (60°C) أو أكثر. و تخفيض درجة الحرارة إلى 120°F (48.9°C) قد يكون ممكناً أو مفضلاً.

شكل 11-12 نموذج من السخانات الشمسية بمبنى خدمات صغير بالحديقة الوطنية.

ما أن يتم تطبيق الوسائل التي تحد من معدل إستهلاك المياه الساخنة، تبدأ دراسة سخانات المياه ذاتها. و في معظم أنظمة التسخين بالطاقة الشمسية توجد سخانات مياه مساعدة تعمل بالغاز الطبيعي أو الكهرباء. فهذه السخانات تقوم برفع درجة حرارة المياة إلى المستوى المطلوب عندما لا تستطيع أنظمة التسخين بالطاقة الشمسية تلبية أحمال التسخين بشكل كامل. فأنظمة السخانات الشمسية تستغل الطاقة الشمسية في بداية تسخين المياه، و من ثم تقوم السخانات المساعدة بإستكمال عملية التسخين. و نظراً لأن المياه عادةً تدخل إلى أنظمة السخانات الشمسية عند درجة حرارة 55°F (12.75°C) فإن أي زيادة في درجة الحرارة توفرها الطاقة الشمسية تقلل إستهلاك الطاقة في السخانات المساعدة. و حتى في الأيام الباردة الملبدة بالغيوم، فإن أنظمة التسخين بالطاقة الشمسية تقوم عادة برفع درجة حرارة المياه بضع درجات. فيندر في أمريكا الشمالية الإستغناء عن السخانات التقليدية بالكامل و إستبدالها بالسخانات الشمسية.

توجد أنظمة مختلفة لتسخين المياه بالطاقة الشمسية. و أول الإختلافات بين هذه الأنظمة هي الأنظمة الفعالة و الأنظمة الذاتية. فالأنظمة الفعالة تحتاج إلى طلمبات بينما الأنظمة الذاتية تعتمد فقط على الديناميكا الحرارية في تدوير المياه بين المجمعات الشمسية و خزان المياه. و الإختلاف الثاني هو بين الأنظمة المباشرة و غير المباشرة: ففي *الأنظمة المباشرة* يقوم السكان بإستهلاك المياه فور

خروجها من السخانات الشمسية. اما في *الأنظمة غير المباشرة* فإن المجمعات الشمسية تقوم بتسخين مياه مخلوطة بمانع تجمد - عادة من البوليبولين جليكول - ثم يقوم مبادل حراري بنقل الحرارة من خليط منع التجمد إلى المياه التي يستهلكها سكان المبنى. علماً بان البوليبولين جليكول يختلف عن الإثيلين جليكول المستخدم في السيارات، فهو غير سام.

توجد مشكلتين يصاحبان الأنظمة المباشرة (المفتوحة). أولهما التعرض للتآكل من الأكسجين. فمياه الشرب التي يستخدمها سكان المبنى تتدفق خلال المجمع الشمسي و يصاحبها الأكسجين الذي في النهاية سوف يؤدي إلى تآكل المواسير و الأنظمة المصنوعة من الحديد الزهر، و الفولاذ. و نظراً لذلك فلابد من إستخدام مواد مقاومة للتآكل، مثل النحاس الأحمر، و البرونز، و النحاس الأصفر، و الفولاذ المقاوم للصدأ، و البلاستيك، و خزانات المياه الساخنة المبطنة بالزجاج. أما الأنظمة غير المباشرة (المغلقة) فيتم ملئها بالسوائل عند تركيبها و لا يتم إستبدال هذه السوائل مرة أخرى. و يقوم المبادل الحرارة بنقل الحرارة التي إكتسبتها هذه السوائل من المجمع الشمسي إلى المياه المستهلكة. و نظراً لعدم دخول الأكسجين إلى المجمع الشمسي فلا توجد مشكلة في تآكل تلك الأنظمة.

الإعتبار الثاني في الأنظمة المفتوحة هو ما إذا كانت المياه المسحوبة عسيرة من عدمه. و خطورة ذلك تكمن في أن ترسبات الكالسيوم المصاحب للماء العسير تعمل على سدد المجمع الشمسي. و هذه الخطورة يمكن تجنبها عن طريق الإزالة الدورية للترسبات من المنظومة. فهذه النوعية من الصيانة في غاية الأهمية و من

دونها تتعرض المنظومة في نهاية الأمر إلى الإنهيار. و نتيجة لذلك يفضل إستخدام الأنظمة المغلقة في الحالات التي يصاحبها الماء العسر.

إن أبسط منظومة من الأنظمة الذاتية المباشرة هي منظومة سخانات الدفعات (batch heater).8[11] كما يتم إعتبار السيفونات الحرارية أيضاً من الأنظمة الذاتية. علماً بان كلا من أنظمة السيفونات الحرارية المباشرة و غير المباشرة يعتبران من الأنظمة الذاتية. و في كلا من نظامي سخانات الدفعات و السيفونات الحرارية نجد أن المجمع الشمسي و خزان المياه يتواجدان مع بعضهما فوق سطح المبنى. و ذلك يضيف اوزان كبيرة على سطح المبنى و قد يتطلب معالجة إنشائية. و نجد أن أنظمة سخانات الدفعات من بين انظمة السخانات الشمسية هو أرخصهم و أقلهم إحتياجاً إلى الصيانة الدورية. و مع انه أقلهم كفاءة إلا انه يظهر أداء مقبول للغاية في الاقاليم المناخية الدافئة.

إن خزان المياه - في حالة سخان الدفعات - هو أيضاً بمثابة المجمع الشمسي. و يؤدي ذلك إلى إكتساب الحرارة خلال النهار إلا أنه يفقدها ليلاً. و للحد من ذلك العيب فإن خزان المياه يتم وضعه داخل صندوق معزول حرارياً. و يتم وضع الصندوق في مكان يعظّم من الكمية التي يستقبلها من الأشعة الشمسية، و ذلك المكان عادة يكون فوق سطح المبنى. و يتم تغطية أحد جوانب الصندوق بلوح زجاجي و يتم توجيهه إلى الشمس بما يتناسب مع خط العرض

الجغرافي الذي يقع عليه المبنى. و تدخل أشعة الشمس إلى الخزان من خلال اللوح الزجاجي فترتفع درجة حرارة المياه.

إن المياه تدخل إلى الخزان من فتحة سفلية و تخرج منه خلال فتحة علوية. و عندما يتم سحب كمية من المياه فإن توزيع الضغط داخل خطوط المواسير بمنظومة السخان الشمسي تجعل المياه الباردة تتدفق إلى داخل خزان الدفعات من خلال الفتحة السفلية. و نظراً لأن المياه داخل خزانات السخانات الشمسية تتراكم إلى أعلى تحت تأثير درجات الحرارة، فإن المياه الدافئة تندفع من خلال الفتحة العلوية لتصل عن طريق المواسير إلى السخان الشمسي من خلال فتحته السفلية. و يتم إستخدام الغاز الطبيعي أو الكهرباء عند الحاجة إلى إضافة حرارة إلى تلك المياه الدافئة. إما إذا قامت الشمس برفع درجة حرارة المياه إلى المستوى المطلوب من المياه الدافئة داخل المنازل فسوف لا نحتاج إلى إستهلاك أي قدر من الوقود في السخانات المساعدة. و إذا قامت الأشعة الشمسية برفع درجة حرارة المياه فوق درجة الحرارة السابقة فيتم إضافة ماء بارد إلى المياه الموجودة في الخزان عن طريق صمام لتخفيض درجة حرارة المياه و منعها من الغليان.

إن افضل إستخدام لسخانات الدفعات هو في المنازل الصغيرة بالأقاليم المناخية الدافئة. و لا يمكن إستخدامها في الاقاليم المناخية التي تنخفض فيها درجات الحرارة تحت الصفر. و حتى في الاقاليم المناخية الدافئة فإن درجة حرارة المياه في الخزان تنخفض خلال الليل، و يعنى ذلك انها تصبح غير مناسبة في الحالات التي تتطلب كميات كبيرة من المياه الساخنة في الصباح الباكر.

إن أنظمة السيفونات الحرارية مشابهة لأنظمة سخانات الدفعات، إلا أن خزان المياه منفصل عن المجمع الشمسي. و يوجد أنواع مختلفة من المجمعات الشمسية، و ابسطهم و أكثرهم إنتشاراً هو المجمعات الشمسية ذات الألواح المستوية. و في تلك الألواح المستوية نجد مواسير نحاسية مزججة على اللوح المستوي إلى الأمام و الخلف داخل صندوق، و مدهونة باللون الأسود لإمتصاص الحرارة، و مغطاة بلوح زجاجي لتقليل الفقد الحراري. و إنفصال المجمع الشمسي عن خزان المياه يتيح زيادة المساحة السطحية للمجمع الشمسي. و عند زيادة المساحة السطحية للمجمع الشمسي لنفس كمية المياه المراد تسخينها نجد أن درجة حرارتها ترتفع أسرع.

إن المياه في أنظمة السيفونات الحرارية تتدفق بين المجمعات الشمسية و خزانات المياه تحت تأثير تراكم درجات الحرارة، و لذلك لابد من وضع الخزان في مستوى أعلى من المجمع الشمسي بمقدار 1 قدم على الأقل. و في تلك الأنظمة يمكن عزل خزانات المياه عزلاً جيدا لتقليل المفقودات الحرارية ليلاً. و ينحصر إستخدام أنظمة السيفونات الحرارية الذاتية *المباشرة* في الأقاليم المناخية التي لا تنخفض فيها درجات الحرارة ليلاً تحت درجة حرارة تجمد المياه. و مع ذلك فيمكن إستخدام أنظمة السيفونات الحرارية الذاتية *غير المباشرة* في الأقاليم المناخية التي لا يسود فيها إنخفاض درجة الحرارة تحت درجة حرارة تجمد المياه، و ذلك لأنها تستبدل المياه المتدفقة بين المجمع الشمسي و الخزان بخليط البروبيلين جليكول الذي يقوم بتسخين المياه عن طريق مبادل حراري.

إن الأنظمة الفعّالة المباشرة تعمل بكفاءة عالية في الأقاليم المناخية التي لا تنخفض فيها أبداً درجات حرارة الجو عن درجة حرارة تجمد المياه. و هذه الأنظمة تتيح الفرصة لوضع خزان المياه في مستوى أسفل من مستوى المجمع الشمسي داخل القبو أو غرفة ماكينات. و مع ذلك فينبغي تجنب تمديد مواسير المياه باطوال كبيرة حيث أن ذلك يؤدي إلى إنخفاض كفاءة المنظومة. و تقوم طلمبات كهربائية بدفع المياه الساخنة بين المجمع الشمسي و خزان المياه. كما تقوم حساسات بقياس درجات حرارة المياه عند مدخل و مخرج المجمع الشمسي. و عند إرتفاع الفرق بين درجات حرارة دخول و خروج المياه تقوم بتشغيل الطلمبات. و عند إنخفاضها تقوم بإيقاف تشغيل الطلمبات.

لقد إنتشرت سابقاً الأنظمة الفعّالة المباشرة التي تعتمد على أنظمة التحكم، و الطلمبات، و الصمامات لمنع تجمد المياه، إلا أنها أصبحت نادرة حالياً. ففي الأقاليم المناخية الدافئة التي لا تنخفض فيها درجة حرارة الجو تحت درجة حرارة تجمد المياه إلا نادراً تقوم الحساسات الموجودة عند المجمعات الشمسية بالتحقق من الظروف التي تؤدي إلى إمكانية تجمد المياه. و عندما تصل إلى تلك الظروف تقوم انظمة التحكم بتشغيل الطلمبات، فتتدفق المياه الساخنة بين خزان المياه و المجمع الشمسي. و ذلك بإفتراض أن تلك الحالة سوف لا تحدث إلا قليلاً و الفقد الحراري سيكون في اقل مستوياته.

في الأقاليم المناخية التي عادة تنخفض فيها درجة حرارة الجو تحت درجة حرارة تجمد المياه ينتشر إستخدام منظومة مشابهة للمنظومة السابقة (المنظومة المفتوحة) و لكنها أكثر تعقيداً، تُعرف بإسم بمنظومة الإستنزاف (drain-down). فعندما تكون الظروف الجوية دافئة تقوم حساسات درجات الحرارة بقياس الفرق بين درجة حرارة المياه عند مدخل و مخرج المجمع الشمسي لتشغيل و إيقاف الطلمبة لتدوير المياه بين الخزان و المجمع الشمسي، تماماً مثلما هو الحال في الأقاليم المناخية التي لا تنخفض فيها درجة حرارة الجو تحت درجة حرارة تجمد المياه. و عندما تنخفض درجة الحرارة تحت درجة حرارة تجمد المياه تقوم منظومة التحكم بغلق صمامات المياه عند مدخل و مخرج المجمع الشمسي و عزله عن بقية المنظومة، و في نفس الوقت تقوم بفتح محبس يسمح فقط بخروج المياه من المجمع الشمسي لتصريف المياه الموجوده به إلى الخزان.

حالياً لا يتم عادة إستخدام كلاً من النظامين السابقين المانعين لتجمد المياه، و ذلك لإخفاقهما عن تحقيق التسخين المطلوب، أو تعطل الحساسات أو منظومة التحكم، أو عطب الصمامات، بجانب أسباب أخرى.

إن أنظمة منع التجمد المغلقة هي أكثر الأنظمة المضمونة لمنع التجمد. فهذه الأنظمة تقوم بتدوير مخلوط جيليكول غير سام بين المجمعات الشمسية و المبادل الحراري. و عيبها الوحيد هو إرتفاع درجة حرارة مخلوط الجليكول عندما تصل درجة حرارة المياه إلى

درجة الحرارة المطلوبة حيث تتوقف الطلمبات عن العمل و يتوقف تدفق مخلوط الجليكول. و يتطلب الأمر إضافة بعض العناصر إلى المنظومة لمعالجة هذه المشكلة مما يجعلها أكثر تعقيداً. و بغض النظر عن ذلك العيب فإن أنظمة منع التجمد المغلقة هي الأكثر موثوقية من بين الأنظمة الأخرى.

توجد أنواع من أنظمة منع التجمد المغلقة تُعرف بإسم أنظمة التفريغ (drain-back)، و هذه الأنظمة تعالج مشكلة إرتفاع درجة حرارة خليط الجليكول. فنظام التفريغ يقوم بتفريغ المجمع الشمسي من خليط الجليكول عند توقف الطلمبات تحت أي ظرف من الظروف. و رغم أنه يمكن إستخدام المياه بدلاً من خليط الجليكول إلا أنه يفضل إستخدام الجليكول لضمان منع التجمد في حالة تعرض أي جزء من أجزاء المنظومة إلى العطب.

إن أنظمة منع التجمد المغلقة مشابهة للأنظمة الفتوحة الفعّالة، فتوجد بها طلمبة تعمل وفقاً لقراءة حساسات درجات الحرارة عند مدخل و مخرج المجمع الشمسي. و الطلمبة تقوم بضخ خليط الجيليكول من خزان صغير إلى المجمع الشمسي و مرة أخرى إلى الخزان فترتفع درجة حرارته عند الخروج من المجمع الشمسي. و يقوم المبادل الحراري الموجود داخل ذلك الخزان بنقل الحرارة إلى المياه. و عندما تتغير الظروف الجوية الخارجية و لا يستطيع المجمع الشمسي تجميع الطاقة الشمسية فإن الطلمبة تتوقف عن العمل و يعود كل خليط الجيليكول إلى الخزان الصغير. و رغم أن أنظمة التفريغ المغلقة كفائتها أقل من كفاءة الأنظمة الأخرى نظراً

لإستخدامها مبادل حراري و إحتياجها إلى طلمبات أكبر من نظيراتها، إلا انها ذات موثوقية كبيرة في الاقاليم المناخية الباردة و في أي أقاليم مناخية أخرى مياهها عسيرة.

شكل 11-13 تركيبات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية: منظومة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية على سطح المبنى المواجهة للإتجاه الجنوبي بإحدى المنازل بسانفرانسيسكو.

يعتمد إختيار نظام السخانات الشمسية المناسب للمشروع تحت الدراسة على نوعية المياه المستخدمة، و المناخ، و سعة السخان الشمسي المطلوب. فعندما تكون المياه المستخدمة عسيرة قم بإختيار أحدى الأنظمة المغلقة أيما كان الأقليم المناخي في موقع المشروع.

تتوفر اختيارات أكثر عندما تتوفر المياه العذبة. ففي الأقاليم المناخية التي لا تنخفض فيها درجة الحرارة تحت درجة حرارة

تجمد المياه نجد أن سخانات الدفعات أو أنظمة السيفونات الحرارية يمكنها تلبية إحتياجات الوحدات السكنية الصغيرة. أما الأنظمة الفعّالة المفتوحة التي تقوم بتدوير المياه بين الخزان و المجمع الشمسي فإنها تلبي إحتياجات أكبر من إحتياجات الوحدات السكنية الصغيرة. و عندما يتطلب الأمر منع تجمد المياه فقم بإستخدام الأنظمة المغلقة المصحوبة بموانع تجمد و مبادلات حرارية.

توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية

يمكن إستخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء على المستوى الإقليمي في التجمعات السكنية أو الأحياء أو المباني السكنية.

كما يمكن على مستوى أكبر إستخدام محطات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية عن طريق تركيز الأشعة الشمسية بإستخدام مرايات عاكسة لتسخين المياه حتى يتم تحويلها إلى بخار. فيقوم البخار بتدوير تربينات لتوليد الكهرباء. و يتم إستخدام هذه المحطات على المستوى الإقليمي لتلبية إحتياجات آلاف من المنازل من الكهرباء. و يتم تغذية شبكات توزيع الكهرباء بنفس الطريقة المستخدمة مع باقي محطات توليد الكهرباء.

كما يمكن توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية بإستخدام الخلايا الضوئية (PV). و يتم صنع الخلايا الضوئية من السيليكون. فعندما تسقط أطوال موجية معينة من الأشعة الشمسية على الخلايا

الضوئية تنطلق إلكترونات من السيليكون و يتم توليد الكهرباء. و ذلك يعني أن الخلايا الضوئية تقوم بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.

يتم تجميع الخلايا الضوئية مع بعضها البعض في مجموعات لتكوين وحدات كهربائية. ثم يتم تجميع تلك الوحدات مع بعضها البعض في مجموعات لتكوين مصفوفات. و المصفوفات هي عنصر من عناصر منظومة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية؛ مثل وسائل التثبيت و التعليق، و الوصلات الكهربائية المختلقة، و محول الكهرباء، و في بعض الحالات يتم إضافة بطاريات لتخزين الطاقة الكهربائية.

إن وسائل التثبيت و التعليق يتم إستخدامها لضبط إتجاه ألواح الخلايا الشمسية بالنسبة للشمس، كما أنها تضمن سلامة تثبيت الالواح على المبنى أو عناصره الإنشائية. كما أن الوصلات الكهربائية تقوم بربط عناصر المنظومة مع بعضها البعض. و في معظم الحالات يتم إستخدام محول لتحويل الكهرباء من تيار مستمر (DC) إلى التيار المتردد (AC) المستخدم في معظم المباني. و يتطلب الأمر إستخدام قواطع كهربائية لضمان السلامة المهنية أثناء عمليات الصيانة. أما في الأنظمة المرتبطة مع بعضها البعض فإن القواطع الكهربائية تقوم بعزل كل نظام من أنظمة الخلايا الشمسية عن شبكة الكهرباء. و يتطلب الأمر إستخدام تلك القواطع الكهربائية لمنع إمكانية الوفاة أثناء عمليات إصلاح اعطال شبكة الكهرباء.

حالياً يتزايد ربط المصفوفات الشمسية بشبكة مرفق الكهرباء. و ذلك الأمر يلغي الحاجة إلى البطاريات لتخزين الكهرباء، فالمبنى يستطيع سحب الكهرباء من الشبكة عندما تغيب الشمس لأي سبب من الأسباب. و عندما تقوم الأنظمة الشمسية بتوليد كمية من الكهرباء أكبر من التي يحتاجها المنزل خلال فترات ذروة الأشعة الشمسية، فإن مرفق الكهرباء يمكنه شراء كمية الكهرباء الزيادة و يدخلها في رصيد أصحاب المنازل من الكهرباء. و ذلك الرصيد يمكن إستخدامه لمعادلة زيادة فاتورة الكهرباء المسحوبة من الشبكة خلال فترات الليل أو خلال شهور الشتاء عندما ينخفض معدل توليد الكهرباء من الخلايا الشمسية. و رغم ذلك فإن أنظمة الخلايا الشمسية لا يمكنها توفير الكهرباء إلى السكان بدون إستخدام أي شكل من أشكال البطاريات الإحتياطية و إستخدام قواطع كهربائية بالمحول في حالة إنقطاع الكهرباء من شبكة مرفق الكهرباء.

إن أنظمة الربط بشبكة الكهرباء يمكنها أيضاً تحسين إستقرار الشبكة و تقليل الحاجة إلى بناء محطات توليد كهرباء جديدة. فتوليد الكهرباء من أنظمة الخلايا الشمسية يحدث خلال فترات ذروة الأحمال على شبكة مرفق الكهرباء. و تغذية الشبكة بالفائض من هذه الكهرباء الشمسية يساعد مرفق الكهرباء على تلبية تلك الأحمال. إلا أن فترات ذروة الأحمال تمتد عادة إلى ما بعد الظهيرة نتيجة تشغيل مكييفات الهواء. و نجد أنه من منظور كل مبنى على حدى أن توجيه الخلايا الشمسية (PV) إلى إتجاه الجنوب يعظِّم عادة من معدل توليد الكهرباء. و يعتمد ذلك على الأقليم المناخي و المناخ الجزئي microclimate. أما من منظور شبكة مرفق الكهرباء فإنه من الأفضل توجيه الخلايا الشمسية إلى ناحية الإتجاه الغربي.

فتوليد الكهرباء عند الساعة الثالثة ظهراً أفضل لمرفق الكهرباء من توليد نفس الكمية من الكهرباء عند الساعة التاسعة صباحاً، و ذلك نظراً لأن الأحمال العامة على الشبكة بعد الظهيرة أعلى من الأحمال عليها في الصباح. و الحوافز المالية المقدمة من الولايات و مرافق الكهرباء لتركيب أنظمة الخلايا الضوئية يعكس أهمية توقيت فترة ذروة الأحمال الكهربائية.

يفضّل إستخدام أنظمة الخلايا الشمسية المعزولة عن شبكة الكهرباء عندما تكون تكلفة تلك الأنظمة أقل من تكلفة تمديد خطوط شبكة الكهرباء إليها. و حاليا ينتشر إستخدام نوعين من وحدات الخلايا الشمسية PV: الخلايا الكريستالية، و الخلايا الرقائقية و التي تعرف أيضاً بإسم السيليكون غير المتبللر (amorphous silicon). و يعود إستخدام خلايا السيليكون المتبللر إلى الخمسينيات من القرن العشرين. أما السيليكون غير المتبللر فهو تقنية حديثة قد تم إستخدامها منذ ما يقرب من عقدين من الزمان.

إن كفاءة تحويل الضوء إلى كهرباء من وحدات الخلايا الشمسية المصنوعة من السيليكون المتبللر أكبر من كفاءة السيليكون غير المتبللر. و على الرغم من ذلك فإن التركيز فقط على الكفاءة مضلِّل. فمعدل توليد الكهرباء من السيليكون غير المتبللر لا يتأثر كثيراً بتظليل الخلايا الشمسية. كما أن السيليكون غير المتبللر يمكن أيضاً إستخدامه في حالات لا يمكن فيها إستخدام السيليكون المتبللر. و على الرغم من ان السيلكون المتبللر أكثر كفاءة إلا أن سعره أغلى من السيليكون غير المتبللر. و من منظور التكلفة لكل وحدة كهرباء

متولدة فإن كلا النوعين متساويين تقريباً. و نتيجة لذلك فلا يوجد نوع أفضل من الآخر. ففي المناطق الحضرية التي تعاني من قلة المساحات المتاحة لتركيب الخلايا الشمسية فيمكن تفضيل السيليكون المتبللر على غير المتبللر. أما في المباني الريفية - مثل الإسطبلات و المخازن - فقد يتم تفضيل إستخدام السيليكون غير المتبللر. و توجد عوامل كثيرة تؤثر في إختيار نوعية الخلايا الشمسية.

حالياً يتم إستخدام مواد أخرى في تصنيع الخلايا الشمسية الرقائقية. فقد تم تطوير تقنيات جديدة تعمل على ترسيب مواد موصلة للكهرباء على رقائق تأسيسية، مشابهة للتقنيات المستخدمة في طابعات حقن الأحبار. و هذه المواد مُبَشَرَة في تقليل أسعار توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية و تعمل على زيادة تطبيقاتها. فالخلايا الشمسية المتكاملة مع تصميم المباني - التي تقوم بوظائف مزدوجة عندما تحل محل مواد البناء مثل ألواح تثقيف سطح المبنى أو المناور السماوية - أصبحت أكثر إنتشاراً. و من الخطأ التمسُّك بتقنيات توليد الكهرباء المتاحة حالياً إعتقاداً بأن المنتجات الحديثة لا تزال غير منتشرة. فالتغير في الأسعار و نوعية التطبيقات يتطور مع الوقت و لا يحدث بشكل طَفْرَوِي.

إن أنظمة توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية تعمل بأفضل أداء عندما لا يعيق وصول أشعة الشمس إليها أي عائق، و ذلك بغض النظر عن التقنية المستخدمة في تشغيلها. فأي تظليل جزئي على مصفوفاتها يمكن أن يؤدي إلى إنخفاض كبير في معدل الكهرباء المتولدة. و العناصر الرئيسية التي تؤثر على نجاح أنظمة توليد

الكهرباء من الطاقة الشمسية هي الفترة الزمنية التي تصل إليها الأشعة الشمسية و المساحة المتاحة من هذه المصفوفة.

ما زالت التكلفة الأولية لأنظمة الخلايا الضوئية PV تعتبر أعلى تكلفة لإنتاج الطاقة الكهربائية مقارنة بالأنظمة الأخرى. و رغم ذلك فإنه بالنظر إلى مشكلة الإحترار العالمي، و نضوب مصادر الطاقة التقليدية فإنه يتزايد الإدراك بأن أنظمة توليد الطاقة التي لها تأثير منخفض على البيئة لها فوائد على المدى الطويل. و لذلك نجد أن العديد من المؤسسات المالية الحكومية قد وضعت برامج تحفيزية لتركيب أنظمة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية، كما قامت الولايات و الحكومة الفيدرالية بوضع حوافز ضريبية بهذا الشأن.

ترشيد إستهلاك الطاقة و الطاقات الجديدة و المتجددة

إن تقنيات التصميم الذاتي تزيد من فاعلية الطاقات الجديدة و المتجددة من أجل تقليل الأثار البيئية للمباني. و كما ذكرنا سابقاً فإن أنظمة الطاقات الجديدة و المتجددة المستخدمة في توليد الكهرباء و التي يتم تركيبها في المباني مازالت تكاليفها مرتفعة. و الإجراءات المتبعة في تصميم المباني التي تهدف إلى ترشيد إستهلاك الطاقة تكاليفها أقل كثيراً من وسائل توليد الطاقة بالمباني. فالتوجيه الناجح للمباني، و إحكام تسرب الهواء إلى داخل المباني، و مستوى جودة التركيبات الفنية، و إستخدام الأجهزة الموفرة للطاقة، و الوسائل الذاتية الأخرى نجد أن لها جدوى إقتصادية كبيرة في ترشيد إستهلاك الطاقة.

إن المباني الموفرة للطاقة تتكامل مع وسائل الطاقات الجديدة و المتجددة. فلابد أولاً من تصميم المباني بحيث تقوم بترشيد إستهلاك الطاقة إلى أقصى مستوى ممكن قبل تغذيتها بما تحتاجه من كهرباء عن طريق الطاقات الجديدة و المتجددة. فينبغي - عن طريق التصميم الناجح - أن نجعل المباني مستحقة لإستثمارات ربطها بوسائل الطاقات الجديدة و المتجددة.

إن إستغلال الطاقة الشمسية يؤثر ايضاً على توجيه أسطح المباني العلوية، و أماكن تركيب المداخن و فتحات التهوية و المعدات. فلابد من العناية باماكن تركيب هذه العناصر حتى تصبح السخانات الشمسية و أنظمة توليد الكهرباء من الخلايا الضوئية متكاملة بنجاح مع المبنى.