

رقم الصفحة	الموضوع
20/4	2/2/5-4: معامل انتقال الحرارة لإطار النافذة
20/4	1/2/2/5-4: الأطر اللدائنية (Plastic Frames)
21/4	2/2/2/5-4: الأطر الخشبية (Wood Frames)
22/4	3/2/2/5-4: الأطر المعدنية (Metal Frames)
25/4	3/2/5-4: معامل انتقال الحرارة الخطي لنقاط الإطار/الزجاج
25/4	7/3/2/5-4: فواصل الزجاج من الألمنيوم أو الفولاذ
26/4	2/3/2/5-4: فواصل زجاجية ذات عزل حراري محسن (Thermally Improved Spacers)
31/4	3/5-4: معامل انتقال الحرارة للأبواب
31/4	1/3/5-4: الأبواب المزججة بالكامل (Fully Glazed Doors)
31/4	2/3/5-4: الأبواب المتضمنة ألواح من الزجاج أو المواد غير الشفافة
32/4	3/3/5-4: الأبواب ذات الأوجه الخارجية غير المحواة على زجاج
32/4	4/5-4: حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر غير متجانسة التركيب
33/4	5/5-4: تصحيح معامل انتقال الحرارة
34/4	1/5/5-4: التصحيح نتيجة لوجود الفجوات الهوائية في العازل الحراري
36/4	2/5/5-4: تصحيح معامل انتقال الحرارة نتيجة للتثبيت الميكانيكي للعازل الحراري
37/4	3/5/5-4: تصحيح معامل انتقال الحرارة لنظام السقوف النهائية المعكوبة (Inverted Roof System)
38/4	6-4: حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعبئية
38/4	7-4: التيار الحراري المنقول عبر العناصر الإنشائية
40/4	8-4: متطلبات تصميم العزل الحراري
40/4	1/8-4: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value)
40/4	1/1/8-4: السقوف النهائية والأرضيات (Final Roofs and Floors)
41/4	2/1/8-4: الجدران
41/4	3/1/8-4: الأبواب والنوافذ

رقم الصفحة	الموضوع
2/4	4-1/3: الجسور الحرارية الإنشائية
4/4	4-2/1/3: الجسور الحرارية النظامية (Systematic Thermal Bridges)
4/4	4-3/1/3: الجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري (Convective Thermal Bridges)
5/4	4-2/3: جيوب العازل الحراري في الأبنية
5/4	4-4: تحديد المقاومة الحرارية [Thermal Resistance (R)]
6/4	4-1/4: المقاومة الحرارية السطحية (المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية والداخلية للعناصر الإنشائية)
6/4	4-1/1/4: العناصر الإنشائية ذات السطوح المستوية
8/4	4-2/1/4: العناصر الإنشائية ذات السطوح غير المستوية
9/4	4-2/4: المقاومة الحرارية للتجاويف الهوائية
9/4	4-4/2/4: التجاويف الهوائية المغلقة أو غير التهوية (Unventilated Air Layers)
10/4	4-5/2/4: التجاويف الهوائية جيدة التهوية (Well-Ventilated Air Layers)
10/4	4-6/2/4: التجاويف الهوائية قليلة التهوية (Slightly Ventilated Air Layers)
11/4	4-3/4: المقاومة الحرارية لطبقات المواد في العناصر الإنشائية
12/4	4-5: حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة (U-Value) للعناصر الإنشائية المختلفة
12/4	4-1/5: حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر المؤلفة من عدة طبقات متجانسة
14/4	4-2/5: معامل انتقال الحرارة للنوافذ
16/4	4-1/2/5: حساب معامل انتقال الحرارة للزجاج
16/4	4-1/1/2/5: الزجاج المنفرد (طبقة واحدة فقط من الزجاج)
17/4	4-2/1/2/5: الزجاج متعدد الطبقات

رقم الصفحة	الموضوع
5/3	9/6-3: امتصاص الرطوبة (Moisture Absorption)
5/3	10/6-3: نفاذية بخار الماء (Water Vapor Permeability)
5/3	11/6-3: ثبات الأبعاد (Dimensional Stability)
5/3	12/6-3: الاحتراق والانقذابية (Combustion and Flammability)
6/3	13/6-3: مقاومة الضغط (Pressure Resistance)
6/3	14/6-3: مقاومة العوامل الجوية (Weathering Resistance)
6/3	15/6-3: درجة الحرارة التشغيلية (السعة الحرارية) (Working Temperature)
6/3	16/6-3: التراص و الهبوط (مقاومة الانضغاط) (Compacting and Setting)
6/3	17/6-3: استرجاع الأبعاد (Dimensional Recovery)
6/3	18/6-3: خاصية الالتصاق (Adhesion)
6/3	19/6-3: خاصية الانكماش (Shrinkage)
6/3	7-3: طرائق تثبيت المواد العازلة
7/3	8-3: خزن و تأثير المواد المستعملة على البيئة و الصحة العامة
	مراجع الباب (3)
الباب (4) أسس ومبادئ وأساليب تصميم العزل الحراري	
1/4	1-4: تمهيد
1/4	2-4: طرائق انتقال الحرارة
1/4	1/2-4: انتقال الحرارة بالتوصيل
1/4	2/2-4: انتقال الحرارة بالحمل
2/4	3/2-4: انتقال الحرارة بالإشعاع
2/4	3-4: العيوب الحرارية (Thermal Defects)
2/4	1/3-4: الجسور الحرارية (Thermal Bridges)

رقم الصفحة	الموضوع
3/3	1/4/3-3: العوازل العضوية (Organic Insulators)
3/3	2/4/3-3: العوازل غير العضوية (Inorganic Insulators)
3/3	5/3-3: تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على مبدأ عازليتها للحرارة
3/3	1/5/3-3: المواد العازلة لانتقال الحرارة بالتوصيل
3/3	2/5/3-3: المواد العازلة لانتقال الحرارة بالحمل
3/3	3/5/3-3: المواد العازلة لانتقال الحرارة بالإشعاع
3/3	6/3-3: تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على مواقع استعمالها
3/3	1/6/3-3: العوازل المستعملة في السطوح
3/3	2/6/3-3: العوازل المستعملة في الجدران
3/3	3/6/3-3: العوازل المستعملة في الأرضيات
3/3	4/6/3-3: العوازل المستعملة في الأسس
4/3	7/3-3: تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على وفرتها محلياً
4/3	4-3: الطلاءات الداخلية للسيطرة على الأحمال الحرارية الإشعاعية
4/3	5-3: العازل الحراري الهوائي
4/3	6-3: خواص المواد العازلة للحرارة
4/3	1/6-3: الموصلية الحرارية [(C - value) Thermal Conductance]
4/3	2/6-3: معامل الموصلية الحرارية [(k - value) Thermal Conductivity]
4/3	3/6-3: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة [(U-value) Overall heat transfer coefficient]
4/3	4/6-3: المقاومة الحرارية [(R - value) Thermal Resistance]
5/3	5/6-3: الانبعاثية (Emissivity)
5/3	6/6-3: الموصلية الحرارية السطحية [(F - value) Surface Thermal Conductance]
5/3	7/6-3: الكثافة الكتلية (Density)
5/3	8/6-3: امتصاص الماء (Water Absorption)

رقم الصفحة	الموضوع
29/2	2-7/1: عزل حراري خارج
29/2	2-7/2: عزل حراري داخلي
29/2	2-8: المتطلبات التصميمية المعمارية لترشيد إستهلاك الطاقة في المباني
	مراجع الباب (2)
الباب (3) مواد العزل الحراري أنواعها وخصائصها	
1/3	3-1 : تمهيد
1/3	3-2 : العوامل المحددة لاختيار مواد العزل الحراري
1/3	3-3 : تصنيف المواد العازلة للحرارة
1/3	3-3/1 : تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على مصادرها
1/3	3-3/2 : تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على تركيبها المسامي
1/3	3-3/1/2 : المواد العازلة الرقائقية (Flake Insulators)
2/3	3-3/2/2 : المواد العازلة الليفية (Fiber Insulators)
2/3	3-3/3/2 : المواد العازلة المسامية (Porous Insulators)
2/3	3-3/4/2 : المواد العازلة الخلوية (Cellular Insulators)
2/3	3-3/5/2 : المواد العازلة العاكسة (Mineral Insulators)
2/3	3-3/3 : تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على أشكالها و تراكيبها النهائية
2/3	3-3/1 : ألواح جاسئة (Rigid Panels)
2/3	3-3/2 : ألواح شبه جاسئة (Semi- Rigid Panels)
2/3	3-3/3 : خرسانة عازلة للحرارة (Thermal Insulator Concrete)
2/3	3-3/4 : مواد عازلة سائبة (Loose-Fill Insulators)
3/3	3-3/5 : عوازل تتزغى بالرش (Spray Foam Insulators)
3/3	3-3/6 : مواد عازلة فرشية (Blankets)
3/3	3-3/4 : تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على تركيبها الكيميائي

رقم الصفحة	الموضوع
19/2	2-2/1/5/4: الستائر والمظلات الخارجية المتحركة الرأسية والمائلة والدوارة من الخشب واللدائن والمعادن والاقمشة... الخ
19/2	2-3/1/5/4: الستائر المعدنية التي توضع في فراغ النوافذ ذات الزجاج المزدوج
19/2	2-4/1/5/4: الأذرع العمودية المعدنية المتحركة
19/2	2-5/1/5/4: مظلات مصنوعة من المعادن أو البلاستيك
19/2	2-2/5/4: التظليل بالأجزاء الإنشائية والتركيبية
20/2	2-1/2/5/4: المصدات الانقيّة
20/2	2-2/2/5/4: المصدات العمودية
20/2	2-3/2/5/4: المصدات الممرّبة
20/2	2-3/5/4: التظليل بإستعمال البامبات والشرف والفناءات
20/2	2-4/5/4: التظليل بإستعمال الأشجار والنباتات والمسطحات المائية والنافورات
21/2	2-5: العوامل المؤثرة في تصميم العزل الحراري
21/2	2-1/5: الظروف الجوية
23/2	2-2/5: المتطلبات لمعمارية
23/2	2-3/5: معامل انتقال الحرارة الإجمالي (U-Value) للعناصر الإنشائية
23/2	2-6: الراحة الحرارية (Thermal Comfort)
23/2	2-1/6: عوامل مؤثرة في الراحة الحرارية مرتبطة بالإنسان نفسه (Personal Factors)
23/2	2-1/1/6: نوع النشاط الإنساني
24/2	2-2/1/6: معامل لملمس
24/2	2-2/6: عوامل مؤثرة في الراحة الحرارية ذات ارتباط مباشر بالظروف البيئية المحيطة
28/2	2-7: توزيع الطبقات وعلاقته باختزان الحراري
28/2	2-1/7: اختزان الحرارة (Heat Storage)
29/2	2-2/7: تأثير موقع العازل الحراري على الاختزان الحراري

رقم الصفحة	الموضوع
الباب (2)	
البيانات المناخية العراقية والمتطلبات المعمارية في تصميم العزل الحراري للمباني	
1/2	1-2: تمهيد
1/2	2-2: البيانات المناخية العراقية
14/2	3-2: سقف المباني والمنشآت لإغراض العزل الحراري
14/2	1/3-2: بحسب قصورها الحراري (Thermal Inertia)
14/2	1/1/3-2: مبان ذات قصور حراري كبير (ثقيلة التركيب)
14/2	2/1/3-2: مبان ذات قصور حراري متوسط (متوسطة التركيب)
14/2	3/1/3-2: مبان ذات قصور حراري منخفض (خفيفة التركيب)
14/2	2/3-2: بحسب درجة تعرضها إلى الأحمال الحرارية الخارجية
15/2	4-2: المتطلبات المعمارية في تصميم العزل الحراري للمباني
15/2	1/4-2: الإتجاه الجغرافي للمبنى
17/2	2/4-2: شكل البناء وموقعه
17/2	1/2/4-2: اختلاف موقع البناء
18/2	2/2/4-2: علاقة موقع البناء بمواقع الأبنية المجاورة
18/2	3/2/4-2: ارتفاع المبنى
18/2	3/4-2: غلاف المبنى
18/2	4/4-2: النوافذ
18/2	1/4/4-2: موقع النافذة للسيطرة على أشعة الشمس المباشرة
18/2	2/4/4-2: موقع النافذة للتهوية الطبيعية
19/2	3/4/4-2: الأشكال الهندسية للنوافذ للسيطرة على أشعة الشمس
19/2	5/4-2: التظليل الخارجي
19/2	1/5/4-2: التظليل بالأجزاء المتحركة
19/2	1/1/5/4-2: المشبكات الخشبية

رقم الصفحة	الموضوع
6/1	13/ 2/ 5-1 : الحاجز لمعيق للهواء (Air Retarder)
7/1	14/ 2/ 5-1 : الحاجز لمعيق لبخار الماء (Vapor Retarder)
7/1	15/ 2/ 5-1 : روابط الجدار (Wall Ties)
7/1	16/ 2/ 5-1 : زاوية ارتفاع الشمس (Sun's altitude)
7/1	17/ 2/ 5-1 : السقف النائي (Roof Overhang)
7/1	18/ 2/ 5-1 : السقف المقلوب (Inverted Roof)
7/1	19/ 2/ 5-1 : السقف الثانوي (False Ceiling)
7/1	20/ 2/ 5-1 : صندوق توزيع الهواء (Plenum)
7/1	21/ 2/ 5-1 : القصور الحراري (Thermal Inertia)
7/1	22/ 2/ 5-1 : مجموعة أجزاء السقف النهائي (Roof Assembly)
7/1	23/ 2/ 5-1 : منظومة السقف النهائي (Roof System)
7/1	24/ 2/ 5-1 : ميل السقف النهائي (Roof Slope)
8/1	25/ 2/ 5-1 : مجرى هواء (Air duct)
8/1	26/ 2/ 5-1 : منظومة تجهيز الهواء (Supply air system)
8/1	27/ 2/ 5-1 : منظومة إرجاع الهواء (Return air system)
8/1	28/ 2/ 5-1 : منظومة تهوية (Ventilation system)
8/1	29/ 2/ 5-1 : منظومة مجاري الهواء (Duct system)
8/1	30/ 2/ 5-1 : مقاومة بخار الماء (Water Vapor Resistance)
8/1	31/ 2/ 5-1 : معامل الملابس (Clothing Insulation)
8/1	32/ 2/ 5-1 : واجهة من الطابوق (Brick Veneer)
9/1	3/5-1 الرموز
	مراجع الباب (1)

المحتوى

رقم الصفحة	الموضوع
	الباب (1) المقدمة
1/1	1-1: تمهيد
1/1	2-1: الهدف
1/1	3-1: أهمية العزل الحراري في الأبنية العراقية
2/1	4-1: تطبيقات مدونة العزل الحراري
3/1	5-1: المصطلحات و التعاريف و الرموز
3/1	5-1/1: المصطلحات
5/1	5-1/2: التعاريف
5/1	5-1/2/1: ألواح التغطية للسقوف النهائية (Cover Boards)
5/1	5-1/2/2: أغطية مجاري الهواء (Duct coverings)
5/1	5-1/2/3: أدوات (Appliance)
5/1	5-1/2/4: الاكساء للسقوف النهائية (Roof Covering)
5/1	5-1/2/5: الاكساء الخارجي (Exterior Cladding)
6/1	5-1/2/6: بطانة مجرى (Duct lining)
6/1	5-1/2/7: البلاطات الخرسانية المركبة جاهزة الصب
6/1	5-1/2/8: التجويف الهوائي
6/1	5-1/2/9: جدار فاصل (Curtain Wall)
6/1	5-1/2/10: الجدار المجوف (Cavity Wall)
6/1	5-1/2/11: الجدران المصمتة (المفردة) (Solid Walls)
6/1	5-1/2/12: حاجز هوائي (Air Barrier)

كلمة فريق الاعداد

بسم الله الرحمن الرحيم

بتوفيق من الله وفضل وقع الاختيار من قبل الجهات ذات العلاقة على فريقنا التابع لمكتب الاستشارات العلمية والهندسية للجامعة التكنولوجية لاعداد مدونة العزل الحراري.

لا يخفى على احد اهمية اعداد المدونات عموما وخاصة مدونة العزل الحراري بما يتلاءم والظروف البيئية العراقية، اذ ان وجود المدونات يساهم في تطوير قطاع التشييد والعمل على وفق المواصفات المحلية والاقليمية والعالمية بما يضمن اداء جيداً لكافة مواد العزل الحراري المختارة بحسب متطلبات العمل.

حرص فريق الاعداد على تضمين هذه المدونة كافة المعلومات المطلوبة في اعمال العزل الحراري للمباني، حيث تكونت المدونة من تسعة اواب واعتمدت في توصيف العمل على احدث المواصفات العراقية او المواصفات الاخرى في حالة عدم وجود مواصفة عراقية مختصة. ويسر فريق الاعداد وهو يضع بين ايدي المختصين هذه المدونة ان يقدم شكره وتقديره الى اللجنة العليا لمشروع المدونات وإدارة مشروع اعداد وتطوير وتحسين مواصفات وتشريعات ومدونات البناء واللجنة الفنية لمشروع اعداد المدونات وكافة الجهات التي ساهمت في اظهار هذه المدونة كذلك يسرنا ان نستقبل اي اراء او ملاحظات من شأنها تحسين المدونة مستقبلا ومن الله التوفيق.

أ.د. شاكر احمد صالح
رئيس فريق الاعداد

تقديم
بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كَانَ يَحِقُّ لِلأُمَّمِ والأَفْرَادِ أَنْ تَفْتَخَرَ بِبَنَائِهَا الفِكْرِيِّ والعِلْمِيِّ مِمَّا يُجَلِّي مَنْقِبَهُ ظَاهِرَةً،
أَوْ مَزِيَّةً يَصْغُبُ مَرَامُهَا، فلوزارة الاعمار والاسكان السَّيْقُ والقُدْحُ المَعْلَى في أَنْ تَكُونَ قد
اضْطَلَعَتْ بأعباء قيادة مهمة مشروع إصدار مُدَوِّنَاتٍ ومواصفات البناء في العراق.
فانْزَبَتْ لَهُ بعزيمة ماضية وغاية شَمَاءَ لاتَقْفُ دُونَهَا غَايَةً، بِأَنْ كَلَّفَتْ أُولِي العِرْفَانِ وأَهْلَ
التَّحْصِيلِ في كُلِّ عِلْمٍ (من عُلُومِ مُدَوِّنَاتٍ ومواصفات البناء) مِمَّنْ هُمْ أَهْلٌ للاعداد، أَعَانَهُمْ في
ذلك نُظَرَاءُ لَهُمْ بالرَّأيِ المشورة مُدَقِّقِينَ عَمَلِ أَقْرَانِهِمْ، مُؤَازِرِينَ لَهُمْ بِرَأْيِ حَصِيفٍ وَمَشُورَةٍ
صَوَابٍ.

فَسَارَتْ عَمَلِيَّةُ إَعْدَادِ كُلِّ مُدَوِّنَةٍ عَلَى رَوِيَّةٍ يَخْذُوهَا عَقْدٌ مُوثَّقٌ، مُيَمِّمَةٌ سَمَتْ غَايَتُهَا
مُقْتَصَبَةً أَثَرَ تَجَارِبِ الأَخْرَيْنِ في دَوِّنَاتِهِمْ، تَنْحُو نَهْجاً مُسَدَّداً، فَجَاءَتْ حَسَنَةُ الدِّيْبَاجَةِ، مُحْكَمَةً
التَّبْوِيْبِ، مُطَرَّدَةً الفُصُولِ، جَزِيْلَةً البَحْثِ، مَبْسُوطَةً العِبَارَةِ، مُسْتَوْعِبَةً لأَطْرَافِ غَايَتِهَا، عَلَى
النَّحْوِ الَّذِي يَنْ يَدِي قَارِئِهَا.

وما بَقِيَ عَلَى عَاتِقِ الغَيْرِ إِلَّا الِانْتِفَاعُ مِنْ عَصَاةِ الفِكْرِ هَذِهِ بِجَلِيلِ المَنْفَعَةِ وَأَرْجَاهَا، وَأَنْ
تَتَضَافَرَ الجُهُودُ نَحْوَ جَعْلِهَا مَوْضِعَ التَّطْبِيقِ والإِثْرَامِ، بِنِيَّةٍ جَازِمَةٍ حَازِمَةٍ، وَعِنْدَ ذَلِكَ لَنْ يَغْدُو
المَطْلَبُ صَغْباً في أَنْ يَأْتِيَ البناءُ في العِرَاقِ مُحْكَمَ السَّمَاتِ والأَشْرَاطِ تَخْطِيطاً وتنْفِيزاً وإِشْرَافاً
وَاسْتِعْمَالاً.

ووزارة الإعمار والإسكان تَضَعُ هَذِهِ المُدَوِّنَةَ لِيَنَّةً تَرْصُفُهَا لِإِعْلَاءِ صَرْحِ رَايَةِ العِلْمِ والبناءِ في
عِرَاقِنَا العَزِيزِ، وَاللَّهُ المَوْفِيقُ لِسَوَاءِ السَّبِيلِ، إِنَّهُ نِعْمَ الهَادِي وَنِعْمَ الدَّالِّمُ.

المهندس

محمد صاحب الدراجي

وزير الإعمار والإسكان

رئيس اللجنة العليا

لمشروع المدونات و المواصفات العراقية

اللجنة الفنية للمشروع

الخبير المهندس سعد عبد الوهاب / رئيس اللجنة
الدكتور المهندس علي عبد الحسين مجبّل
الدكتور الجيولوجي فراس فيصل عبد الحميد
مهندسين أقدم حسين محمد علي
الدكتور المهندس خالد احمد جودي
الدكتور المهندس خالد كامد لداود
الدكتور المهندس رائد رمزي العمري
الدكتور المهندس محمد مصلح سلمان
مهندسين أقدم داود عواد حمود
الدكتور المهندس ليث خالد كامد ل
مهندسين أقدم نيران حسين علوان
مهندسين جنان رضا محمد

اللجنة الإدارية للمشروع

الخبير المهندس حسين مجيد حسين / مدير المشروع
الدكتور المهندس رائد حسن عبدود
م.مهندسين الهام ابراهيم عبد الرزاق

لجنة متابعة المدونة

الخبير المهندس جبار حمزة لطيف / رئيس اللجنة
الخبير / سميرة ابراهيم علي

الفريق العامل على إعداد
مدونة العزل الحراري

الأستاذ الدكتور / شاكر أحمد صالح

الأستاذ مساعد الدكتور / وسن اسماعيل خليل

الأستاذ المساعد الدكتور / طالب كشاش مرتضى

المدرس الدكتور / زينب عامر شمس الدين

المدرس / اسيل شعبان منسي

فريق تدقيق
مدونة العزل الحراري

الأستاذ الدكتور / بهجت رشاد شاهين

الأستاذ / زهير ميخائيل ساكو

الأستاذ الدكتور / زين العابدين محمد رؤوف

الأستاذ المساعد / صدقي اسماعلي رزوقي

اللجنة العليا لمشروع المواصفات الفنية والمدونات العراقية

محمد صاحب الدراجي / وزير الاعمار والاسكان / رئيس اللجنة

استبرق ابراهيم الشوك / الوكيل الاقدم لوزارة الاعمار والاسكان

د. محمد علي عمران الاتباري / عضو هيئة المستشارين / الامانة العامة لمجلس الوزراء

سعد عبد الوهاب / رئيس الجهاز المركزي للتقسيص والسيطرة النوعية / رئيس اللجنة الفنية

حسين مجيد حسنين / مدير عام الهيئة العامة للمباني / وزارة الاعمار والاسكان / مدير المشروع

رياض حمودي الوزير / مدير عام التخطيط والمتابعة / وزارة البلديات والأشغال العامة

جلال حسين حسن / مدير عام شركة الرشيد / وزارة الصناعة والمعادن

لواء كريم العبيدي / وزارة البيئية

د. نعيم خورشيد سعيد / قسم هندسة البناء والإنشاءات / الجامعة التكنولوجية

رعد عبد الجليل عبد الامير / مدير عام دائرة التصميم الهندسية / وزارة الموارد المائية

صادق محمود الشمري / مدير عام شركة ابن الرشيد / امانة بغداد

خضير عباس داود / مدير عام دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في اقليم / وزارة العلوم والتكنولوجيا

جمهورية العراق

وزارة التخطيط

وزارة الإعمار والإسكان

الجهاز المركزي للتقليس والسيطرة النوعية

الهيئة العامة للمباني

مدونة العزل الحراري مدونة بناء عراقية

م.ب.ع. ٥٠١



ان هذه الشؤلة معبدة رسماً وملزمة بموجب قانون الجهاز المركزي
للتقليس والسيطرة النوعية ومنشورة في جريدة الوقائع العراقية في اصدارها
ذي العدد ٤٣٣٣ في ٢٠١٤/٩/١ وجميع ما تحويه من اشتراطات معززة
الانواع والقطاعات الحكومية والقطاع الخاص لاجل
المشاريع الانشائية وقطاع التشييد في جمهورية العراق وكل لسنة غير
مخلومة بختم الوزارة صاحبة حقوق الطبع والنشر والتوزيع تعتبر موزورة
وزارة الاعمار والسكان



الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

جمهورية العراق

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

وزارة الإعمار والإسكان

الهيئة العامة للمباني

مدونة العزل الحراري

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥٠١



الطبعة الاولى

٢٠١٣م - ١٤٣٤هـ

هذه المداونة مفصلة رديما وبليغ
للبيع

من الجهة المصنعة للعازل المطلوب يمكننا معرفة الموصلية الحرارية له وهي ($k=0.047 \text{ W/m.K}$) عند متوسط درجة حرارة قدرها (23.9°C). إن قيمة الموصلية هذه هي أعلى وخارج حدود الموصلية الحرارية المذكورة بالجدول 9-1/3 والمناظرة لنفس معدل درجة حرارة الماء المار بالأنبوب، حيث كانت ($0.032-0.04 \text{ W/m.K}$)، لذا فإن سمك العازل المطلوب سيحسب من المعادلة (9-1/3) كما يلي:

$$T = r \left[\left(1 + \frac{t}{r} \right)^{K/k} - 1 \right]$$

$$T = 13.65 \left[\left(1 + \frac{2.5}{13.65} \right)^{0.047/0.04} - 1 \right]$$

$$T = 3 \text{ cm}$$

T = أقل سمك مطلوب للعازل الحراري (سم).

r = نصف القطر الخارجي للعازل للأنبوب ويساوي (13.65 سم).

t = سمك العازل المطلوب ويؤخذ من الجدول 9-1/3 ويساوي (2.5 سم) للحالة المعطاة.

K = الموصلية الحرارية للعازل البديل وهي ($k=0.047 \text{ W/m.K}$) وتؤخذ من الجهة المصنعة.

k = أعلى قيمة موصلية حرارية للعازل من الجدول 9-1/3، بحسب معدل درجة حرارة المائع وللحالة

المعطاة كانت قيمتها ($k=0.040 \text{ W/m.K}$).

إن أقرب أكبر سمك قياسي للعازل البديل يكون اختياره هو (1.5 in أو 2 in) أي (3.75 سم أو 5 سم)

9- مخرج هواء خلال مجمع إرجاع الهواء (Supply Outlet in Return Plenum)

مجمع الهواء المتصل بمخارج الهواء هو جزء من منظومة مجاري تجهيز الهواء لذلك يجب عزله كما تعزل مجاري تجهيز الهواء التي ستذكر في الفقرة (11).

10- مجرى تجهيز هواء مرن خلال مجمع إرجاع (Supply Run-out in Return Plenum)

إن هذا المجرى ولحد 3 أمتار (المسافة إلى مخارج الهواء أو إلى صناديق وحدات الهواء المتغير (VAV) فإنها تحتاج لعازل بمقاومة حرارية (R-0.62) . لذلك يمكن استعمال مجرى قياسي مرن (Standard Flexible Duct) مع عازل سمكه 1 انج حيث تكون مقاومته الحرارية (R-0.7) . إن استعمال مجرى مرن مع عزل سمكه 2in عموماً غير متيسر دائماً.

11- مجرى تجهيز هواء خلال مجمع إرجاع (Supply Ducts in Return Plenum)

يعتبر مدع إرجاع الهواء مكيفاً بصورة غير مباشرة بسبب التدفق الحجمي الكبير للهواء الراجع خلاله. يعزل مجرى الهواء المجهز خلال هذا الحيز بصورة مشابهة للحالة (6) حتى إذا كان سطحها معرضاً للخارج، أي يكون عزلها باذن مقاومته الحرارية (R-0.62) .

12- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال الحيز المكيف

(Supply and Return Duct in Conditioned Space)

إن مجاري تجهيز وإرجاع الهواء المارة خلال الحيز المكيف نفسه كما واضح بالشكل لا تحتاج إلى عزل حراري. لكن من وجهة نظر عملية فإن عزل مجرى تجهيز الهواء البارد يكون مطلوباً لمنع حدوث عملية التكثف خصوصاً عندما يمر هذا المجرى بأماكن ذات رطوبة مرتفعة.

13- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز أرضي مع تهوية

(Supply and Return Duct in Vented Crawl Space)

الحيز الأرضي مع التهوية يعتبر حيزاً غير مكيف ولذلك فإن مجاري الهواء المارة خلاله يكون عزلها على وفق الحالة (5).

14- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء المارة تحت الأرض

(Supply and Return Duct Below Grade)

مجرى هواء التجهيز المارة تحت الأرض يجب أن تعزل بعازل مقاومته الحرارية (R-0.62) . أما مجرى إرجاع الهواء فلا يحتاج لعازل.

المثال د-2 العزل الحراري لمنظومة أنابيب الماء

مطلوب عزل أنبوب فولاذي (Steel pipe) لتجهيز ماء متلج قطره (10 in) ويمر خارج البناية. درجة الحرارة التصميمية للماء المتلج (6.7 °C-12.2 °C)، والعازل المطلوب استعماله من نوع الخلايا الزجاجية (Cellular Glass) حيث يفضل هذا النوع من العوازل للاستعمال الخارجي كونه متيناً ولا يمتص الماء كما هو الحال

4- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خارج البناية

(Supply and Return Duct on Exterior of the Building)

اعتمادا على الجدول 2/4-9 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والمار خارج البناية يُعزل بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-1.06) . أما مجرى إرجاع الهواء فيُعزل بطبقة مقاومتها (R-0.62) .

5- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز غير مكيف

(Supply and Return Duct in Unconditioned Space)

النفق «عمودي» (Shaft) الموضح بالشكل هو حيز غير مكيف تكون جدرانه مع الحيز المكيف معزولة ومع الخارج غير معزولة. بحسب ما ذكر في الجدول 2/4-9 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والمار خلال هذا النفق يُعزل بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-0.62) . أما مجرى إرجاع الهواء فلا يحتاج لعزل.

6- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز علوي بدون تهوية وسقفه معزول

(Supply and Return Duct in Unvented Attic with Roof Insulation)

في هذه الحالة فإن مجرى الهواء يمر خلال حيز علوي بدون تهوية لكن سقفه معزول حراريا من الأعلى. بحسب ما ذكر في الجدول 2/4-9 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والمار خلال هذا الحيز يُعزل بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-0.62) . أما مجرى إرجاع الهواء فلا يحتاج لعازل.

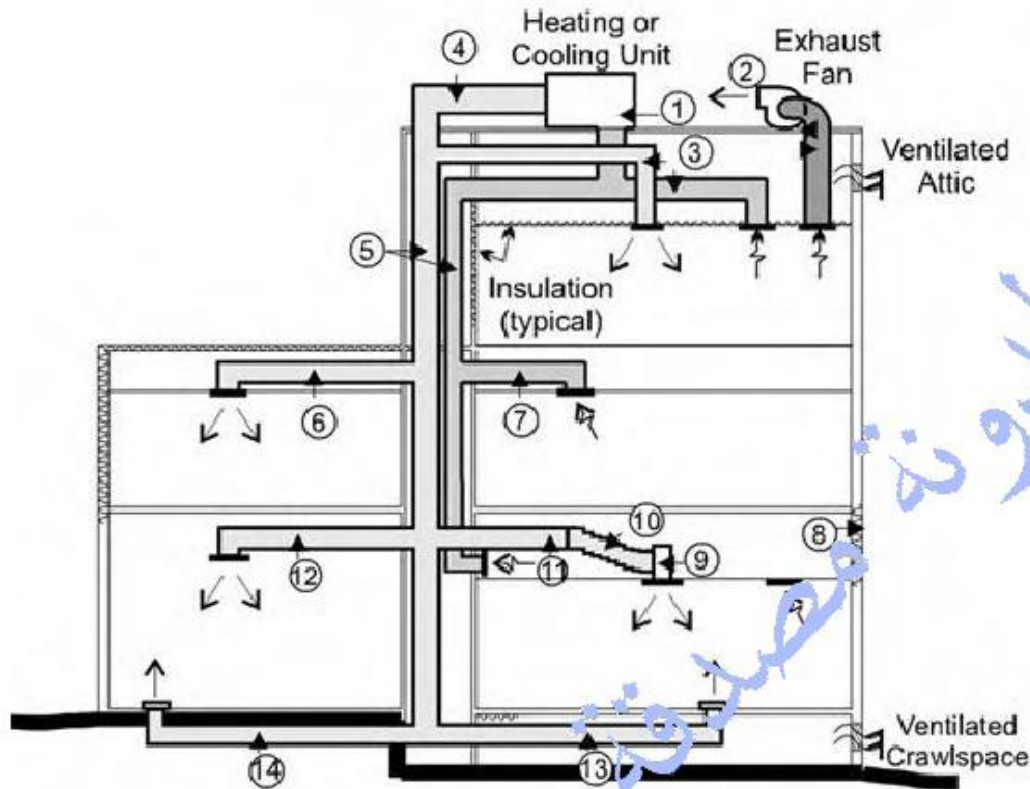
7- مجاري إرجاع الهواء خلال حيز مكيف سقفه مكيف بصورة غير مباشرة

(Return Duct in Indirectly Conditioned Ceiling Space)

مجرى الهواء في هذه الحالة يمر خلال سقف علوي غير معرض للظروف الخارجية مع وجود تكييف غير مباشر عبر السقف ومن حيز مكيف. لذلك بحسب الجدول فلا حاجة لعزل مجرى الهواء الراجع.

8- الجدار الخارجي لمجمع الإرجاع (Exterior Wall of Return Plenum)

في هذه الحالة فإن السقف الثانوي يستعمل كمجمع إرجاع (Return Plenum) لذلك فإن الجدران الخارجية لهذا الحيز هي عمليا تجعل الحالة وكأنها حالة مجرى إرجاع هواء معرض الخارج. لذا تتم المعالجة إما بعزل جزء الجدار المعرض للخارج أو اعتبار الحالة كأنها مجرى معرض للخارج ويتحقق عزله كما ذكر بالفقرة (4).



الشكل د-1: مثال لشبكة مجاري هواء في منظومة تكييف

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1- الغلاف الخارجي لوحدة التكييف. | 8- جدار خارجي لمجمع إرجاع الهواء. |
| 2- مجرى الهواء لعدام. | 9- مخرج تجهيز خلال مجمع هواء. |
| 3- تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز علوي بتهوية. | 10- مجرى تجهيز من خلال مجمع. |
| 4- التجهيز خارج البنية. | 11- تجهيز هواء خلال مجمع. |
| 5- التجهيز والإرجاع خلال النفق. | 12- تجهيز الهواء خلال ميز مكيف. |
| 6- التجهيز خلال حيز علوي بدون تهوية. | 13- تجهيز خلال حيز أرضي مع تهوية. |
| 7- الإرجاع خلال سقف ثانوي مكيف بصورة غير مباشرة. | 14- تجهيز تحت الأرض وبدون تهوية. |

الملحق (د) أمثلة العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية

لتوضيح ما ورد بالباب التاسع حول العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية نقدم الأمثلة التالية:
المثال د-1 العزل الحراري لمنظومة مجاري الهواء

الشكل (د-1) يبين منظومة مجاري هواء تستعمل لأغراض التدفئة والتبريد في بناية تقع في مدينة بغداد. لغرض تحديد متطلبات العزل الحراري للمنظومة فقد قُسمت إلى مقاطع بحسب الظروف التي يتعرض لها كل مقطع وكما يلي:-

1- مجاريات الهواء والغلاف الخارجي لوحدة التدفئة أو التبريد

(Heating or Cooling Unit Casing and Plenums)

إذا كانت هذه الوحدات منفصلة ومصنعة على وفق القياسات والمعايير العالمية الخاصة بترشيد الطاقة بما فيها الغلاف الخارجي فلا تحتوي على تطبيقات عزل مجاري الهواء. أما إذا كانت خلاف ذلك فإن الغلاف الخارجي يجب أن يعزل كما لو كان مجرى هواء معرضاً للظروف الخارجية.

2- مجرى الهواء العادم (Exhaust Ductwork)

لا تحتاج مجاري الهواء العادم إلى عزل حراري، حيث أنها لم تذكر في كل من الجدولين 9-1/4 و 9-2/4، في جميع التطبيقات، لأن عزل مجاري الهواء العادم ليس له تأثير على الحمل الحراري للبنية.

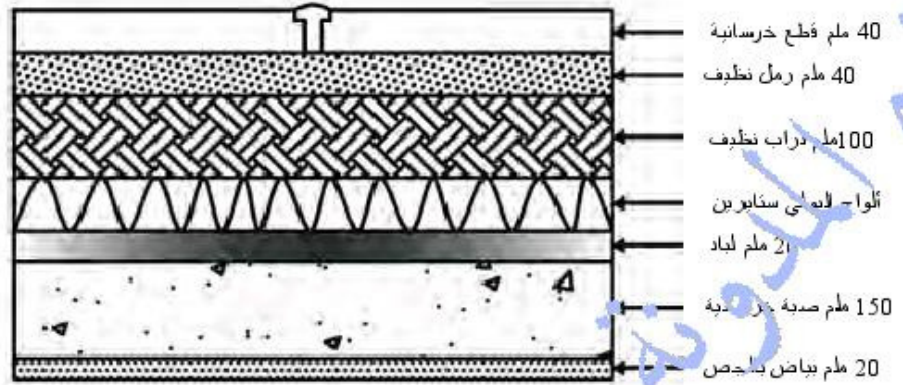
3- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز علوي بتهوية

(Supply and Return Duct in Vented Attic)

يمر مجرى الهواء خلال حيز علوي (ذو سطح خارجي) له تهوية إلى الخارج. اعتماداً على الجدول 9-2/4 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد يمر خلال هذا الحيز ويتحقق عزله بطبقة عازل مقاومته الحرارية $(R-1.06 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W})$. أما مجرى إرجاع الهواء المار خلال هذا حيز فيعزل بطبقة مقاومته $(R-0.62)$.

المثال (ج-2/2)

سقف خرساني نهائي بإستعمال عازل حراري



عند إستعمال ألواح البولي ستايرين بسمك 25 ملم

$$R_T = 0.13 + \frac{0.04}{0.85} + \frac{0.04}{0.24} + \frac{0.1}{0.25} + \frac{0.025}{0.03} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{0.15}{1.49} + \frac{0.02}{0.57} + 0.04$$

$$R_T = 1.263 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U_T = 0.509 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

عند إستعمال ألواح البولي ستايرين بسمك 50 ملم

$$R_T = 2.796 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

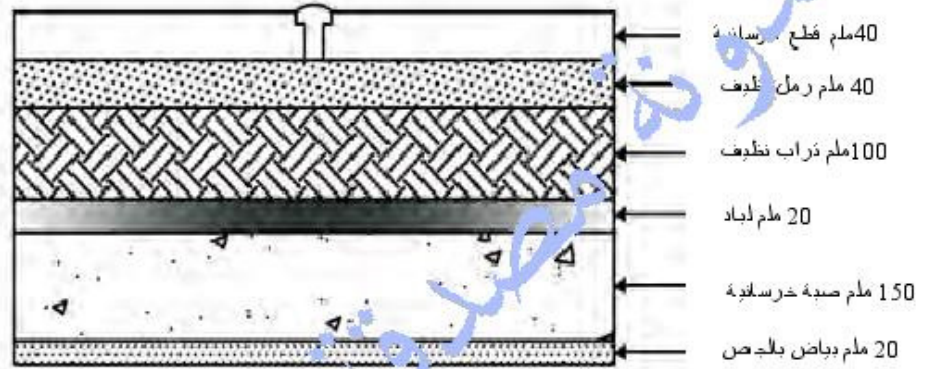
$$U_T = 0.358 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

ج-2 معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقف

يُحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقف المكونة من طبقات من مواد إنشائية مختلفة من سمك كل طبقة ومعامل موصليتها الحرارية المبين في الملحق ب، وكما مبين في المثالين التاليين:

المثال (ج-1/2)

قف خرساني نهائي بدون إستعمال عازل حراري



$$R_T = 0.13 + \frac{0.04}{0.85} + \frac{0.04}{0.24} + \frac{0.1}{0.25} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{0.15}{1.49} + \frac{0.02}{0.57} + 0.04$$

$$R_T = 1.1296 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U_T = 0.885 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

المثال (ج-1/2)

لجدار حامل للأنتقال يتكون من الطبقات التالية (من الداخل الى الخارج)

1- بياض بالجنس بسمك 20 ملم

2- بلوك مجوف بسمك 200 ملم

3- غبقة بولي ستايرين بسمك 50 ملم

4- بلوك مجوف بسمك 200 ملم

5- حجر حلان بسمك 50 ملم

فأن معامل انتقال الحرارة الاجمالي يحسب كالتالي:

$$R = R_{si} + \frac{d_1}{k_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{d_3}{k_3} + \frac{1}{c_4} + \frac{d_5}{k_5} + R_{se}$$

$$R = 0.13 + \frac{0.02}{0.57} + \frac{1}{1.4} + \frac{0.05}{0.02} + \frac{1}{1.4} + \frac{0.05}{1.13} + 0.04$$

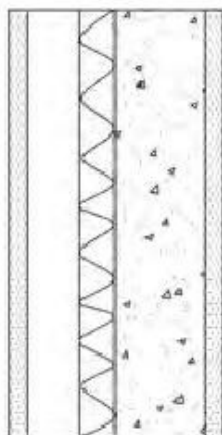
$$R_T = 2.6654 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U_T = 0.3752 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

تتمة الجدول ج-1

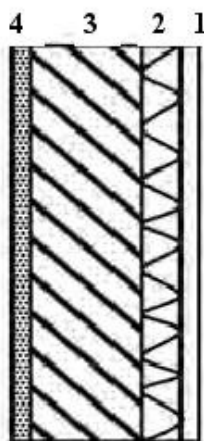
معامل انتقال لحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$	جدار حامل للأثقال مزدوج ذو عازل حراري				
	تركيب الجدار				
	طبقة (5)	طبقة (4)	طبقة (3)	طبقة (2)	طبقة (1)
0.698	20 ملم ليخ بلاست	80 ملم جدار خرساني	50 ملم صوف معدني	200 ملم جدار خرساني	20 ملم بيض بالجص
0.802	20 ملم ليخ بلاست	80 ملم جدار خرساني	25 ملم عازل بولي ستايرين	200 ملم جدار خرساني	20 ملم بيض بالجص
0.481	20 ملم ليخ بلاست	80 ملم جدار خرساني	50 ملم عازل بولي ستايرين	200 ملم جدار خرساني	20 ملم بيض بالجص
0.624	20 ملم ليخ بلاست	120 ملم جدار طابوق صلد	50 ملم صوف معدني	200 ملم جدار خرساني	20 ملم بيض بالجص
0.707	20 ملم ليخ بلاست	120 ملم جدار طابوق صلد	25 ملم عازل بولي ستايرين	200 ملم جدار خرساني	20 ملم بيض بالجص
0.445	20 ملم ليخ بلاست	120 ملم جدار طابوق صلد	50 ملم عازل بولي ستايرين	200 ملم جدار خرساني	20 ملم بيض بالجص

5 4 3 2 1



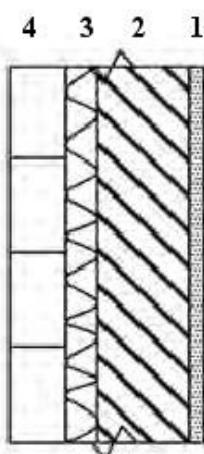
تتمة الجدول ج-1

معامل انتقال لحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$	جدار حامل للأثقال ذو عازل حراري داخلي			
	تركيب الجدار			
	طبقة (1)	طبقة (2)	طبقة (3)	طبقة (4)
0.583	20 ملم تغليف خشب	50 ملم صوف معدني	240 ملم طابوق صلد	20 ملم ليخ بالسمنت
0.654	20 ملم تغليف خشب	20 ملم عازل بولي ستايرين	240 ملم طابوق صلد	20 ملم ليخ بالسمنت
0.516	20 ملم تغليف خشب	50 ملم صوف معدني	360 ملم لافوق صلد	20 ملم ليخ بالسمنت
0.571	20 ملم تغليف خشب	25 ملم عازل بولي ستايرين	360 ملم طابوق صلد	20 ملم ليخ بالسمنت
0.387	20 ملم تغليف خشب	50 ملم عازل بولي ستايرين	360 ملم طابوق صلد	20 ملم ليخ بالسمنت
0.414	20 ملم تغليف خشب	50 ملم صوف معدني	240 ملم ثرمستون	20 ملم ليخ بالسمنت
0.449	20 ملم تغليف خشب	25 ملم عازل بولي ستايرين	240 ملم ثرمستون	20 ملم ليخ بالسمنت
0.327	20 ملم تغليف خشب	50 ملم عازل بولي ستايرين	240 ملم ثرمستون	20 ملم ليخ بالسمنت

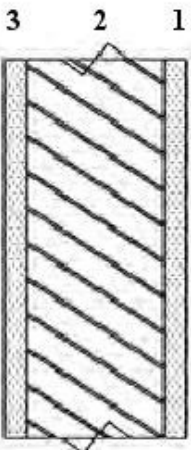
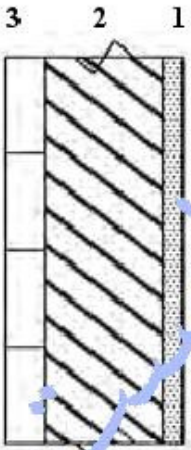


تتمة الجدول ج-1

معامل انتقال لحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$	جدار حامل للأنتقال نو عازل حراري خارجي			
	تركيب الجدار			
	طبقة (1)	طبقة (2)	طبقة (3)	طبقة (4)
0.529	20 ملم بياض بالجص	240 ملم طابوق صلد	50 ملم صوف معدني	120 ملم طابوق تغليف
0.587	20 ملم بياض بالجص	240 ملم طابوق صلد	25 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف
0.394	20 ملم بياض بالجص	240 ملم طابوق صلد	50 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف
0.473	20 ملم بياض بالجص	360 ملم طابوق صلد	50 ملم صوف معدني	120 ملم طابوق تغليف
0.519	20 ملم بياض بالجص	360 ملم طابوق صلد	25 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف
0.362	20 ملم بياض بالجص	360 ملم طابوق صلد	50 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف
0.416	20 ملم بياض بالجص	240 ملم ثرمستون	25 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف
0.309	20 ملم بياض بالجص	240 ملم ثرمستون	50 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف



الجدول ج-1: معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران

	معامل انتقال الحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$	جدار حامل للأثقال		
		تركيب الجدار		
		طبقة (3)	طبقة (2)	طبقة (1)
	1.493	20 ملم لبخ بالسمنت	240 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	1.121	20 ملم لبخ بالسمنت	360 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	0.731	20 ملم لبخ بالسمنت	240 ملم ثرمستون	20 ملم بياض بالجص
	معامل انتقال الحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$	جدار حامل للأثقال يتضمن طبقة تغطية خارجية		
		تركيب الجدار		
		طبقة (3)	طبقة (2)	طبقة (1)
	1.441	50 ملم حجر حلان	240 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	1.355	100 ملم حجر حلان	240 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	1.092	50 ملم حجر حلان	360 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	1.042	100 ملم حجر حلان	360 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	0.718	50 ملم حجر حلان	240 ملم ثرمستون	20 ملم بياض بالجص
	0.696	100 ملم حجر حلان	240 ملم ثرمستون	20 ملم بياض بالجص

الملحق (ج)

أمثلة للتصميم الحراري لعناصر إنشائية مختلفة

يمكن حساب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للعناصر الإنشائية المختلفة (الجدران والسقوف والأرضيات) بإتباع الخطوات المبينة في الأمثلة التالية:

1-1-1 معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران

يُحسب معامل انتقال الحرارة للجدران المكونة من طبقات من مواد إنشائية مختلفة سمك كل طبقة (di) ومعامل التوصيلية الحرارية لكل طبقة (ki) والمبين في الملحق (ب).

المثال (ج-1/1)

لجدار حامل للانتقال يحترق من 20 ملم بياض بالجص من الداخل و 240 ملم طابوق مصمت فإن معامل انتقال الحرارة الإجمالي يتم بحسب التالي:

$$U_T = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = R_{si} + R_{1T} + R_2 + R_{se}$$

$$R_T = 0.13 + \frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + 0.04$$

$$R_T = 0.13 + \frac{0.02}{0.57} + \frac{0.24}{0.54} + 0.04$$

$$R_T = 0.6495 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$U_T = 1.539 \text{ W/(m}^2.\text{K)}$$

يُحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران ذات الطبقات المتجانسة من المواد الإنشائية المختلفة بنفس الطريقة المبينة في المثال السابق، علماً إن قيم معامل التوصيلية الحرارية (k) للمواد الإنشائية المختلفة ومواد العزل الحراري مبينة في الملحق ب. الجدول ج-1 يبين قيم معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران.

تتمة الجدول ب-3

ت	المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة (kg/m ³)
10	المون والخرسانات العازلة بيبرلايت سائب مونة البيرلايت مونة السمنت الرغوي غيرمكيولايت سائب مونة غيرمكيولايت خرسانة الركام خفيف الوزن الخرسانة الباردة	0.06 - 0.039 0.11 - 0.079 0.25 - 0.1 0.056 0.303 - 0.135 1.3 - 0.18 0.75 - 0.36	176 - 32 610 - 400 880 - 400 100 960 - 480 1920 - 640 1920 - 1120
11	مطاط جاسي	0.016	1190
12	قطن	0.042	1500
13	صوف نسيجي	0.063 - 0.036	330 - 110

تتمة الجدول ب-3

ت	المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة (kg/m ³)
7	منتجات الصوف الصخري	0.43	130
	أغطية	0.049	70
	لباد	0.055- 0.043	350 -100
	ألواح	0.044	150
8	أللياف سائبة		
	منتجات البولي يوريثين		
	ألواح	0.027-0.02	40 -30
9	بولي يوريثين منفذ بالرش	0.026	30
	منتجات الفلين		
	ألواح	0.039-0.033	130 -110
	فلين حبيبات	0.052-0.039	115 -100

ملاحظة: في الجدول ب-1 أعطيت قيم معامل الموصلية الحرارية (k) للمواد لأنها مواد متجانسة، في حين في الجدول ب-2 أعطيت قيم معامل المواصلة الحرارية (c) للطابوق المثقب والكتل الخرسانية المجوفة لأنها مواد غير متجانسة حيث يصعب إيجاد معامل موصليتها لوحدة الطول. وتحسب المقاومة الحرارية للمواد غير المتجانسة كالتالي:

$$R = \frac{1}{C}$$

الجدول ب-3: معامل الموصلية الحرارية لمواد العزل الحراري

المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة (kg/m ³)
1	0.049	256
2	0.79	1800
3	0.2	670
4	0.18 – 0.14	950 -600
5	0.033-0.025 0.037-0.03 0.045	40 -28 40 -15 15
6	0.045 0.05-0.045 0.043	أقل من 32 أكبر من 72 130

تتمة الجدول ب-1

ت	المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة الكتلية (kg/m ³)
18	أنواع مختلفة من الرخام العراقي	2.53 - 2.4	2700 - 2650
19	أنواع مختلفة من الحجر العراقي	1.96 - 1.22	2400 - 1900
20	الطابوق الجيري	1.23	1830
21	الطابوق الفرشي	0.49	1350
22	الطابوق السيراميكي (الكريلاني)	0.52	1700
23	الرخام الصناعي	2.39	2350
24	جص عادي	0.36	980
25	ماتريكس	0.52	1700
26	رمل كريلاني	0.33	2110
27	كاشي بلاستيكي	0.46	1640
28	الرصاص	34.8	11300
29	الحديد الصلب	45.3	7830
30	الزنك	110	7130
31	الالمنيوم (ألواح)	221	2740
32	النحاس الاحمر	150	8780
33	النحاس الأصفر	120	8310

الجدول ب-2: معامل الموصلية الحرارية للطابوق المثقب والكتل الخرسانية المجوفة

ت	المادة	السكك (m)	معامل الموصلية الحرارية (c) [W/(m ² .K)]	الكثافة الكتلية (kg/m ³)
1	الطابوق المثقب	0.24 0.12	1.37 2.78	1200
2	كتل خرسانية مجوفة	0.20	1.40	1440

الملحق (ب)

جداول معامل الموصلية الحرارية للمواد الإنشائية

الجدول ب-1: معامل الموصلية الحرارية لمواد البناء

ت	المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة الكتلية (kg/m ³)
1	الماء	0.63	1000
2	لزجاج	1.08	2450
3	تربة طينية	1.5	-
4	الخرسانة 4:2:1	1.49	2300
5	الطابوق الصلب	0.54	1460
6	الكاشي الموزاييك	0.93	2230
7	جص فني	0.57	1200
8	مونة السمنت و الرمل بنسب خلط: 1:1 حجا (سمنت: رمل) 2:1 حجا (سمنت: رمل) 3:1 حجا (سمنت: رمل) 4:1 حجا (سمنت: رمل) 5:1 حجا (سمنت: رمل)	1.20 1.08 0.99 0.96 0.75	2070 2050 2020 2000 1980
9	الرمل النهري	0.24	1690
10	قير التسطیح	0.24	1070
11	القياد	0.35	1400
12	الثرمستون	0.21	760
13	بلاطات خرسانية للتسطيح	0.85	2240
14	رخام	2.2	2500
15	جرانيت	2.3	2600
16	حجر الحلان	1.13	1680
17	تربة التهوير (تحت التسطیح)	0.25	1450

ت	الرمز	التسمية	الوحدات
70	U_{win}	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للنوافذ الخارجية	واط/م ² .كلفن
71	$U\Delta_r$	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة للتكثيف في نظام السقوف المقلوب	واط/م ² .كلفن
72	U_T	معامل انتقال الحرارة الإجمالي لكامل المبنى	واط/م ² .كلفن
73	U_d	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأبواب	واط/م ² .كلفن
74	U_F	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة	واط/م ² .كلفن
75	U_G	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات الملامسة للتربة	واط/م ² .كلفن
76	U_R	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف المكشوفة	واط/م ² .كلفن
77	V	سرعة الرياح القريبة من السطح الخارجي	م/ثانية
78	X	معامل زيادة الفقدان الحراري الناتج من اختراق مياه الأمطار في طبقة العازل المائي	(واط.يوم)/ (م ² .كلفن.ملم)
79	ΔU_f	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة الإجمالي نتيجة لمواد التثبيت الميكانيكية	واط/م ² .كلفن
80	ΔU_g	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة وجود الفراغات الهوائية في العازل الحراري	واط/م ² .كلفن
81	σ	ثابت يسمى Stefan-Blotzmann Constant	واط/م ² .كلفن
82	ξ	الانبعاثية	بلا وحدات
83	ρ	معدل سرعة تكثيف بخار الماء خلال الفصوص الحارة	ملم/يوم
84	$g\psi$	معامل انتقال الحرارة الخطي نتيجة للتأثير المشترك للزجاج و فواصل الزجاج والإطار	واط/م ² .كلفن

ت	الرمز	التسمية	الوحدات
48	$R_{T,v}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي جيد التهوية	$m^2 \cdot \text{كلفن} / \text{واط}$
50	R_T	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة	$m^2 \cdot \text{كلفن} / \text{واط}$
51	R_{si}	المقاومة الحرارية السطحية الداخلية	$m^2 \cdot \text{كلفن} / \text{واط}$
52	R_c	المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية	$m^2 \cdot \text{كلفن} / \text{واط}$
53	R_{se}	المقاومة الحرارية السطحية الخارجية	$m^2 \cdot \text{كلفن} / \text{واط}$
54	$R_{T,h}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بإهمال أية جسور حرارية	$m^2 \cdot \text{كلفن} / \text{واط}$
55	R_T	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي قبل حساب التصحيح	$m^2 \cdot \text{كلفن} / \text{واط}$
56	t_{si}	درجة حرارة السطح الداخلي للعنصر الإنشائي	درجة مئوية
57	t_{se}	درجة حرارة السطح الخارجي للعنصر الإنشائي	درجة مئوية
58	t_i	درجة حرارة الهواء الداخلي	درجة مئوية
59	t_e	درجة حرارة الهواء الخارجي	درجة مئوية
60	T	أقل سمك مطلوب للعازل الحراري	سم
61	t	سمك العازل المدرج بالجدول (9-1/3) بحسب معدل درجة حرارة المانع و القطر الاسمي للأنبوب	سم
62	T_m	معدل درجة الحرارة الديناميكية	كلفن
63	U	المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة	$\text{واط} / m^2 \cdot \text{كلفن}$
64	U_g	المقاومة الحرارية السطحية الخارجية	$\text{واط} / m^2 \cdot \text{كلفن}$
65	U_f	معامل انتقال الحرارة لإطار النافذة	$\text{واط} / m^2 \cdot \text{كلفن}$
66	U_f	معامل انتقال الحرارة للإطارات الخشبية	$\text{واط} / m^2 \cdot \text{كلفن}$
67	U_p	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للألواح غير الشفافة	$\text{واط} / m^2 \cdot \text{كلفن}$
68	U_d	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأنابيب الخارجية	$\text{واط} / m^2 \cdot \text{كلفن}$
69	U_w	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية	$\text{واط} / m^2 \cdot \text{كلفن}$

ت	الرمز	التسمية	الوحدات
27	h_{ro}	معامل الإشعاع الحراري لسطح الجسم الأسود	واط/م ² .كلفن
28	h_f	عدد مسامير التثبيت في المتر لمربع الواحد	-
29	I_g	المحيط الكلي للزجاج والذي يمثل مجموع المحيط المرئي للوح الزجاج في النافذة أو الباب	(م) متر
30	I_p	المحيط الكلي للوح المعتم	(م) متر
31	k	معامل الموصلية الحرارية	واط/متر. كلفن
32	k	الموصلية الحرارية للعازل البديل مقاسة عند متوسط درجة حرارة مذكورة ضمن الجدول (1/3-9)	واط/متر. كلفن
33	k	الموصلية الحرارية للعازل من الجدول (1/3-9) بحسب معدل درجة حرارة المانع	واط/متر. كلفن
34	k_f	معامل الموصلية الحرارية لمسامير التثبيت	واط/م.كلفن
35	K_i	المقاومة الحرارية السطحية الداخلية	واط/متر. كلفن
36	k_j	معامل الموصلية الحرارية الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j	واط/متر. كلفن
37	n	المقاومة الحرارية لدراغات الهوائية	م ² .كلفن/واط
38	Q	معدل التيار الحراري	واط
39	q	كثافة معدل التيار الحراري	واط/م ²
40	R_1	المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري التي يحصرها مسمار التثبيت	م ² .كلفن/واط
41	R_1	المقاومة الحرارية للطبقة الحاوية على فجوات هوائية	م ² .كلفن/واط
42	R_1	المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الواقعة فوق طبقة العازل المائي	م ² .كلفن/واط
43	R	المقاومة الحرارية	م ² .كلفن/واط
44	r	نصف القطر الخارجي الفعلي للأنبوب	سم
45	R_{sj}	المقاومة الحرارية للفراغ الهوائي بين طبقت الزجاج	م ² .كلفن/واط
46	R_s	المقاومة الحرارية السطحية للعنصر الإنشائي ذي السطح المستوي	م ² .كلفن/واط
47	$R_{T,u}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي مغلق	م ² .كلفن/واط

الملحق (أ) : الوحدات

ت	الرمز	التسمية	الوحدات
1	A	المساحة السطحية الفعلية للجزء النائي	م ²
2	A _d	المساحة الصافية للأبواب	م ²
3	A _F	مساحة الأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة	م ²
4	A _f	مساحة مقطع مسمار تثبيت واحد	م ²
5	A _f	مساحة الإطار للنافذة	م ²
6	A _{f,ex}	المساحة الظاهرية (التفصيلية) الخارجية للإطار	م ²
7	A _{f,ex}	المساحة الظاهرية (التفصيلية) الداخلية للإطار	م ²
8	A _{f,e}	مساحة الاسقاط الخارجية للإطار	م ²
9	A _{f,i}	مساحة الاسقاط الداخلية للإطار	م ²
10	A _G	مساحة الأرضيات الملامسة للتربة	م ²
11	A _g	مساحة الزجاج للنافذة أو الباب والتي تكون المساحة الأقل من المساحتين اللتين من كلا الجانبين للنافذة أو الباب	م ²
12	A _p	مساحة الاسقاط للجزء النائي	م ²
13	A _p	مساحة اللوح غير الشفاف (المعتم) للنافذة أو الباب	م ²
14	A _v	مساحة الفتحات في التجويف الهوائي	م ²
15	A _w	المساحة الصافية لأجزاء المصمت من الجدران الخارجية	م ²
16	A _{win}	المساحة الصافية للنوافذ الخارجية	م ²
17	b _j	عرض قواطع الحرارة	م
18	b _f	عرض الإطار	م
19	d	سمك الطبقة مقاسة بالمتر	م
20	d _i	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة	م ²
21	d _j	سمك طبقة الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j	م
22	d _o	سمك طبقة العازل الحراري التي يمر خلالها مسمار التثبيت	م
23	d _i	طول مسمار التثبيت الذي يخترق طبقة العازل الحراري	م
24	f	معامل الإنتقال لمياه الأمطار	-
25	h _c	معامل الحمل الحراري	واط/م ² .كلفن
26	h _r	معامل الإشعاع الحراري	واط/م ² .كلفن

إن جميع تلك المعالجات ضد تأثيرات ظروف الطقس الخارجية لا تلغي الحاجة لمانع الرطوبة بالنسبة لمواضع استعمال مجاري الهواء البارد.

5-9 العزل الحراري للأجهزة

1/5-9 العزل الحراري للأجهزة الخاصة بدرجات الحرارة المنخفضة

1/1/5-9 يعزل السطح الخارجي لوحدات المياه المبردة بواسطة طبقتين من حبيبات الفلين النقي المشكل بسمك 38 ملم للطبقة الواحدة أو طبقتين من الصوف الزجاجي بكثافة 96 كغم/م³ أو طبقاً لمستندات المشروع .

2/1/5-9 يجب أن تثبت المادة العازلة على سطح الوحدات بمادة لاصقة مع احكام التثبيت بواسطة مسامير أو أسرطة وتغطي المادة العازلة بغطاء معدني من الألمنيوم بسمك 1 ملم.

3/1/5-9 يعزل خزان التمدد الخاص بالمياه المثجة بعازل كما ذكر آنفاً وبسمك 50 ملم.

4/1/5-9 يجب أن يغطي السطح الخارجي بطلاء نهائي.

2/5-9 العزل الحراري للأجهزة الخاصة بدرجات الحرارة المرتفعة

جميع السخانات، المبادلات الحرارية، خزانات التمدد والوحدات المماثلة الأخرى يجب أن تعزل بطبقات أو قطع مشكلة من مادة الصوف الزجاجي بكثافة 96 كغم/م³ وبسمك لا يقل عن 50 ملم أو طبقاً لمتطلبات مستندات المصنعي وكما أشير الى ذلك في عزل الوحدات ذات درجات الحرارة المنخفضة.

مراجع الباب (9)

- [1]-International Organization of Standards (ISO), 9774, “*Thermal Insulation for Building Applications- Guidelines for Selecting Specification Requirements*”, (2001).
- [2]-ANSI/ASHRAE/ISSNA Standard 90.1-2007.
- [3]-“*Uniform Mechanical Code*”, 2006.
- [4]-“*International Mechanical Code*”, 2006.

9-4/2/8 في حالة كون درجة حرارة الهواء المار مجرى الهواء أقل من المحيط الخارجي، يستعمل العازل لمنع تكثف بخار الماء على سطح مجرى الهواء أو ضمن العازل نفسه، فالماء يؤدي لفقدان خواص العازل ونمو الطفيليات والميكروبات. ولمنع أضرار هذا التكثف يجب وضع معيق نفاذ البخار (Vapor Retardant) حول العازل إذا لم يكن العازل يحتوي عليه. جميع الاختراقات ومناطق الربط في معيق البخار يجب أن تكون محكمة الغلق.

9-4/2/9 تجهز جميع الأماكن التي تتطلب الصيانة بقطع عازل منفصلة لسهولة لفك والتركيب.

9-4/2/10 تعمل نهايات العازل عند المساند، النتوءات والتوقفات بعناية ومهارة.

9-4/2/11 يركب عازل مجاري الهواء من النوعين A و B باستعمال لاصق مصادق عليه مع وسائل ربط ميكانيكية. جميع الوصلات الميكانيكية يجب أن تكون محكمة بشريط عريض من ورق الألمنيوم عرضه 2 إنش (5 سم). يحكم غلق منافذ موانع البخار بوسائل ربط ميكانيكية مع لاصق مانع للرطوبة. يربط العازل بسلك من زوايا من الحديد المغلون قياس 26 وعلى طول المجرى وتكون المسافات بين الربطات 200 ملم.

يوقف مد العازل ويربط حول أبواب العبور (Access doors) والمخمدات (Dampers) بشكل يسمح للعامل بالوصول إليها بدون إلحاق أي ضرر بها. العازل عند منافذ الأجهزة أو اللوحات يجب أن يكون متحركاً وبزوايا معدنية.

9-4/2/12 يركب العازل الصوتي (Acoustic Liner) من النوع C باستعمال لاصق مصادق عليه ويجب أن يغطي كامل المساحة المراد عزلها. لنتيبت العازل تستعمل أيضاً وسائل ربط ميكانيكية في مركز قمة وجوانب مجرى الهواء وبما لا يزيد عن 375 ملم بين واحدة وأخرى وبمسافة 500 ملم على طول مجرى الهواء. المفاصل تكون محكمة وناعمة ولا يجوز استعمال رولط على شكل مسامير. تُحكم عدم نفاذية مانع الرطوبة بروابط ميكانيكية مع لاصق مانع للرطوبة. يشترط أيضاً إضافة صفائح معدنية لجميع حافات البطانة المكشوفة. من المهم زيادة حجم مجرى الهواء بقدر سبك البطانة لضمان بقاء صافي مساحة مقطع مجرى وصندوق توزيع الهواء كما مصمم ومذكور بالمخططات.

9-4/3 تسرب الهواء (Air Leakage)

لتحقيق الفائدة كاملة من استعمال العازل الحراري في مجاري الهواء، يجب أن تكون هذه المجاري محكمة ضد تسرب الهواء عند الضغط التشغيلي للمنظومة. ولا يجب الاعتماد على العازل الحراري لمقاومة تسرب الهواء ما لم يكن العازل جزءاً من مجرى الهواء الفعلي.

9-4/4 مجاري الهواء الخارجية (Outdoor Ducts)

إن مجاري الهواء المعرضة للخارج عموماً تحتاج إلى حماية خاصة ضد ما تتعرض له من ظروف خارجية مثل الماء، ارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة، الرياح، الأشعة فوق البنفسجية، الطيور والحيوانات الأخرى إضافة إلى الاستعمال الميكانيكي. إن استراتيجية حماية عازل مجاري الهواء الخارجية تتضمن

تتمة الجدول 3/4-9

ت	تطبيقات استخدام مجرى الهواء	نوع العازل	سمك العازل (in) cm	كثافة العازل kg/m ³
5	جميع مجاري الهواء المجهز ولراجع لماوة خلال الأنفاق العمودية والأماكن الفارغة (Shafts and Void Spaces)	A	5 (2)	24.03
6	بطانة العزل الصوتي الداخلية للمركبة داخل مجرى الهواء	C(ع)	2.5 (1)	48.06
7	بطانة العزل الصوتي الداخلية للمركبة داخل صندوق توزيع الهواء	C	2.5 (1)	48.06
8	بطانة العزل الصوتي الداخلية للمركبة داخل مجرى الهواء بعد صندوق الهواء المتغير (VAV Boxes)	C	5 (2)	48.06

أ-العازل A: صوف زجاجي مرن (Flexible Fiberglass) وبموصلية حرارية (k) لا تتجاوز 0.036 واط/متر. كلفن وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية وكثافة قدرها 24.03 كغم/م³ ومجهز برفلقت الألمنيوم من الخارج.

ب-العازل B: صوف زجاجي جاسئ (Rigid Fiberglass) وبموصلية حرارية (k) لا تتجاوز 0.036 واط/متر. كلفن وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية وكثافة قدرها 48.06 كغم/م³ ومجهز برفلقت الألمنيوم من الخارج.

ج-العازل C : بطانة عزل صوتي (Acoustic Liner) تتركب على السطح الداخلي لمجرى ومجمعات الهواء وبموصلية حرارية (k) لا تتجاوز 0.036 واط/متر. كلفن وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية وكثافة قدرها 48.06 م³ ومجهزة برفلقت الألمنيوم من الخارج.

2/4-9 طرائق التحضير وتثبيت العازل (Preparation and Installation)

1/2/4-9 فحص واختبار مجاري الهواء والمصادقة عليها.

2/2/4-9 تنظيف مجاري الهواء من كل الأوساخ قبل تركيب العازل.

3/2/4-9 تنظيف السطوح قبل وضع المواد اللاصقة.

4/2/4-9 يركب مباشرة العازل مع ضمان منع الأبخرة من الاختراق.

5/2/4-9 يركب العازل طبقاً لتوصيات الجهات المصنعة وطبقاً لما هو منصوص عليه في مستندات المشروع.

6/2/4-9 يجب أن يكون العازل الحراري مصنوعاً من مواد غير قابلة للاشتعال وانتشار الدخان وطبقاً لمتطلبات مدونة حماية الابنية من الحريق (م.ب.ع.405).

7/2/4-9 يجب تثبيت العازل الحراري بطريقة لا تقلل من قدرة العازل الحراري على العمل.

الجدول 9-2/4: أقل مقاومة حرارية مطلوبة لعازل مجاري الهواء المستعملة لكل من التدفئة والتبريد وللمجاري إرجاع الهواء وبما يتلاءم مع ظروف العراق⁽¹⁾ [1]

مكان مرور مجرى الهواء Duct Location						
خارج (البنية) ^(ب)	أماكن علوية مع تهوية ^(د)	أماكن علوية بدون تهوية فوق سقف معزول ^(د)	أماكن علوية بدون تهوية بسقف معزول ^(د)	حيز غير مكيف ^(د)	حيز مكيف بصورة غير مباشرة ^(د)	تحت الأرض ^(د)
مجارى تجهيز لهواء (Supply Ducts)						
1.06	1.06	1.41	0.6	0.6	العزل غير مطلوب	0.6
مجارى إرجاع لهواء (Return Ducts)						
0.6	0.6	0.6	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب

أ- قيم المقاومة الحرارية للعازل هي $0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ، وكما مركب وينون الأخذ بنظر الاعتبار تأثير مقاومة طبقة الهواء (Film Resistance). السمك الأدنى المطلوب لا يأخذ بنظر الاعتبار لنقل بخار الماء واحتمالية تكثفه على السطح. المقاومة الحرارية مقاسة على سطح أفقي اعتماداً على ASTM C 518 وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية. ب- ح كما عرفت مع الجدول 9-1/4.

9-1/4 المواد العازلة لمجاري هواء منظومات التدفئة، التهوية والتكييف

لأغراض العزل لحاراري لمجاري الهواء المستعملة في منظومات التدفئة والتهوية والتكييف، تستعمل المواد العازلة المذكورة في الجدول 9-3/4 بحسب مقدار السمك المطلوب ومواضع استعمال كل مجرى هواء، بحيث لا تزيد أو تقل درجة حرارة الهواء المار داخل مجرى الهواء عن 1 درجة مئوية لكل 200 متر من طول المجرى.

الجدول 9-3/4: عوازل مجاري الهواء والسمك المطلوب لكل عازل.

ت	تطبيقات استخدام مجرى الهواء	نوع العازل	سمك العازل (in) cm	كثافة العازل kg/m ³
1	مجارى الهواء المجهز والراجع والنفي المارة خلال السقوف الثانوية	A ⁽¹⁾	2.5 (1)	24.03
2	مجارى الهواء المجهز والراجع والنفي الداخلية المكشوفة للنظر	B ^(ب)	5 (2)	48.06
3	مجارى الهواء المجهز والراجع والنفي خلال غرف ادافعات	B	5 (2)	48.06
4	جميع مجاري الهواء المجهز والراجع المعرضة للخارج حيث يبطن أيضاً من الداخل 1 إنش بطانة ذات عزل صوتي	B	5 (2)	48.06

الجدول 9-1/4: أقل مقاومة حرارية مطلوبة لعازل مجاري الهواء المستعملة للتدفئة فقط

أو للتبريد فقط ولمجاري إرجاع الهواء وبما يتلاءم مع ظروف العراق⁽¹⁾ [1]

مكان مرور مجرى الهواء Duct Location						
خارج (البنائية-ب)	أماكن علوية مع تهوية (ج)	أماكن علوية بدون تهوية فوق سقف معزول (د)	أماكن علوية بدون تهوية بسقف معزول (هـ)	حيز غير مكيف (و)	حيز مكيف بصورة غير مباشرة (ز)	تحت الأرض (ح)
مجاري هواء لأغراض لتدفئة فقط Heating-Only Ducts						
العزل غير مطلوب	عزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب
مجاري هواء لأغراض لتبريد فقط Cooling-Only Ducts						
1.06	1.06	1.41	0.6	0.6	العزل غير مطلوب	0.6
مجاري إرجاع الهواء Return Ducts						
0.6	0.6	0.6	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب

أ- قيم المقاومة الحرارية للعازل هي بوحدة $(m^2.K/W)$ وكما مركب ويدون الأخذ بنظر الاعتبار تأثير مقاومة طبقة الهواء (Film Resistance). لسمك الأذن المطلوب لا أخذ بنظر الاعتبار انتقال بخار الماء واحتمالية تكثفه على السطح. المقاومة الحرارية مقاسة على سطح فعلي اعتماداً على ASTM C5 18 وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية.

ب- خارج البنائية (Exterior) ويشمل مجاري ومجمعات الهواء المعرضة للخارج.

ج- يشمل ذلك الأماكن تحت سقف البنائية (Vented Attic) (غرفة، سقيفة، بيتونه... إلخ) وتكون معزولة حرارياً مع الأماكن المكيفة المجاورة لها وتحتوي على تهوية خارجية.

د- يشمل ذلك الأماكن تحت سقف البنائية (غرفة، سقيفة، بيتونه... إلخ) وتكون معزولة حرارياً مع الأماكن المكيفة المجاورة لها ولا تحتوي على تهوية خارجية (Unvented Attic Above Insulated Ceiling).

هـ- في حالة (Unvented Attic with Roof Insulation) يكون سقف الأماكن الحرة معزولة حرارياً، ولا تحتوي على تهوية خارجية.

و- يشمل ذلك الأماكن غير المكيفة (Unconditioned Space) مثل غرف المكنن التي لا دأورها أكن مكيفة.

ز- (Indirectly Conditioned Space) ويشمل صناديق توزيع الهواء (Plenum)، الأنفاق للموئيد (Shafts) وغرف المكنن المجاورة لأماكن مكيفة.

ح- يشمل ذلك مجاري الهواء الممندة تحت الأرض (Buried).

3/3-9 عزل الأنابيب ذات درجات الحرارة الأعلى من درجة حرارة المحيط (Insulation for Above-Ambient Temperature)

تعزل جميع أنابيب الماء الساخن وأنابيب البخار ذي الضغط العالي والمنخفض وأنابيب التكثف الراجع، بعازل من الصوف الزجاجي بحسب ما ذكر بالجدول 9-1/3 بحسب ما ذكر آنفاً ولكن بدون معيق نفاذ البخار ويستبدل ذلك بغطاء حماية مناسب. يجب أيضاً الاهتمام بالمظهر إضافة للمتانة عند مد الأنابيب المعزولة داخل البناية. أما في حالة الخارج فيجب أن يكون الإنهاء محمياً من ظرف الطقس الخارجي (Weather Protection). هذا الإنهاء قد يكون غطاءً مصنعاً (Factory-Applied Jackets) أو مجالاً معدنياً (Field-applied metal) أو غطاءً من النوع (Polymeric Jackets).

4/3-9 عزل الأنابيب تحت الأرض (Underground Pipe Insulation)

كلنا أنابيب منظومتي التدفئة والتبريد الممتدة تحت الأرض يجب عزلها. إن حماية هذه الأنابيب المعزولة تكون أكثر صعوبة من تلك الصادرة فوق الأرض لاحتمالية وجود المياه الجوفية وما تسببه من تأثيرات كيميائية على التربة والتي تتطلب دسماً خاصاً لحماية عازل الأنابيب من التآكل مع المحافظة على سلامة المواصفات الحرارية له. ولتحقيق أفضل أداء فإن الأنفاق، القنوات والأغطية ذات الحماية المتكاملة هي بصورة عامة من أساليب حماية هذه الأنابيب وإزالة من تأثير المياه عليها.

4-9 العزل الحراري لمجاري الهواء

جميع مجاري تجهيز وإرجاع الهواء إضافة إلى مجمعات الهواء المركبة ضمن منظومات توزيع الهواء لأغراض التدفئة والتبريد يجب أن تعزل حرارياً باستعمال عوازل ذات مقاومة حرارية تساوي أو أكبر مما ذكر في الجدولين 9-1/4 و 9-2/4. إن قيم المقاومة لحرارية ضمن الجدولين لا تتضمن تأثير مقاومة طبقة الهواء (Film Resistance). الجدول 9-1/4 خاص بمجاري الهواء المستعملة لتدفئة فقط أو للتبريد فقط ولمجاري إرجاع الهواء. أما الجدول 9-2/4 فهو خاص بمجاري الهواء المستعملة لكل من التدفئة والتبريد ولمجاري إرجاع الهواء. إن متطلبات العزل المذكورة في هذين الجدولين إضافة إلى مواضع استعمال مجاري الهواء يجب أن تأخذ بالاعتبار كلا من طبيعة المنطقة المناخية (Climate Zone) وأماكن مرور هذه المجاري المعرفة أسفل الجدول. إن القيم أيضاً لم تأخذ بنظر الاعتبار انتقال بخار الماء أو تكثفه، لذلك حتى إذا كانت الموصلية المطلوبة ذات قيمة قليلة أو تساوي صفراً فإنه يتطلب إضافة طبقة رقيقة من العزل لمنع تكثف بخار الماء على سطح مجرى.

5/1/3-9 يوضع العازل طبقاً لتوصيات الجهات المصنعة وطبقاً لما هو منصوص عليه في مستندات المشروع.

6/1/3-9 يجب أن يكون العازل الحراري مصنعا من مواد غير قابلة للاشتعال وانتشار الدخان وطبقاً لمتطلبات مدونة حماية الابنية من لحريق (م.ب.ع.405).

7/1/3-9 تثبت المادة العازلة بمادة لاصقة مقاومة للمياه ولا تسبب تلف الأنابيب .

8/1/3-9 يُركب بعدها العازل مباشرة مع ضمان منع الأبخرة من الاختراق.

9/1/3-9 يستعمل العازل أيضاً لمنع تكثف بخار الماء على سطح الأنبوب أو ضمن العازل نفسه، والذي يؤدي لفقدان خواص العازل ونمو الطفيليات والميكروبات. لمنع أضرار هذا التكثف يجب وضع معيق نفاذ البخار (Vapor Retardant) حول عازل أنابيب الماء المنلج وأنابيب مائع التلجيج في خط السحب والمركبة خارج الحيز لسيف، إذا لم يكن العازل يحتوي عليها. جميع الاختراقات ومناطق الربط في معيق البخار يجب أن تكون محبسة الغلق.

10/1/3-9 في الأنابيب المعزولة مع معيق نفاذ البخار، تعزل التراكيب مثل التوصيلات المرنة، مناطق الربط، توصيلات التمديد والمطبات بغطاء من نفس مادة العازل وبالسبك المستعمل في الأنابيب نفسها.

11/1/3-9 في الأنابيب المعزولة بدون معيق بخار والأنابيب التي تتقل مائع بدرجة حرارة 60 درجة مئوية أو أقل لا تعزل الأجزاء المسماة (Unions) و (Flange) في الآلات التي تحتويها لكن يجب طي وسد نهايات العازل عند هذه المواقع.

12/1/3-9 في الأنابيب المعرضة للخارج تكون أماكن لحام وربط غلاف العازل واضحة للنظر.

13/1/3-9 تجهز جميع الأماكن التي تتطلب الصيانة بقطع عزل، منفصلة لسهولة الفك والتركيب.

14/1/3-9 تعمل نهايات العازل عند المساند، والنتوءات والتوقفات بعناية ومهارة.

15/1/3-9 يستعمل اللاصق عند فواصل العازل البلاستيكي الخلوي (Cellular Plastic Insulation).

16/1/3-9 العازل المركب على جميع المصافي (Strainers) يجب أن يحوي على غطاء قابل للرفع لأغراض التنظيف.

2/3-9 عزل الأنابيب ذات درجات الحرارة الأقل من درجة حرارة المحيط

(Insulation For Below-Ambient Temperature)

إضافة لما ذكر آنفاً يجب أن يحقق العازل ما يلي:-

1/2/3-9 أن لا تقل درجة حرارة العازل الخارجي عن درجة نقطة الندى حتى لا يحدث تكثف على السطح الخارجي للعازل. ويتحقق ذلك بسبك عازل يضمن درجة حرارة سطح أعلى قليلاً من نقطة الندى للهواء المحيط بالعازل.

2/2/3-9 يجب أن يضمن العزل عدم تسرب أي رطوبة من سطح العازل الخارجي إلى سطح الأنابيب.

3/2/3-9 يجب أن يكون العزل مناسباً بحيث يضمن عدم زيادة أو نقصان بدرجة حرارة المائع خلال

الجدول 9-1/3: أقل سمك مطلوب للعازل الحراري للأنايبب (cm) ⁽¹⁾

القطر الاسمي للأنبوب mm					موصلية لعازل الحرارية		معدل درجة حرارة الملح (°C)
200≥	200 > 100	100 > 40	40 > 25	25 >	متوسط درجة حرارة (°C)	الموصلية الحرارية W/(m.K)	
منظومات التدفئة (بخار، بخار متكاثف والماء الحار) ^(2,3) Heating System (Steam, Steam Condensate, and Hot Water)							
10.2	10.2	7.6	7.6	6.4	121	0.049 - 0.046	>177
7.6	7.6	7.6	6.4	3.8	93	0.046 - 0.042	177 - 122
5.1	5.1	5.1	3.8	3.8	66	0.043 - 0.039	121 - 94
3.8	3.8	2.5	2.5	2.5	52	0.042 - 0.036	93 - 61
2.5	2.5	2.5	1.3	1.3	38	0.040 - 0.032	41 - 60
منظومات الماء الحار للاستعمال المنزلي Domestic and Service Hot-Water Systems							
2.5	2.5	2.5	1.3	1.3	38	0.040 - 0.032	41+
منظومات التبريد (الماء المالح، المحلول الملحي ومائع التبريد) ⁽⁴⁾ Cooling Systems (Chilled Water, Brine, and Refrigerant)							
2.5	2.5	2.5	1.3	1.3	38	0.040 - 0.032	16-4
3.8	2.5	2.5	2.5	1.3	38	0.040 - 0.032	<4

- أ- بالنسبة لبقية العوازل التي لها موصلية حرارية لم تذكر ضمن الجدول فإن أقل سمك عزل يحسب من المعادلة (9-1/3).
- ب- سمك العازل ضمن هذا الجدول يمثل الحد الأدنى المطلوب مستندا على اعتبارات فعالية الطاقة. زيادة هذا السمك مطلوبة أحيانا نسبة إلى متطلبات الأمان / درجة حرارة السطح.
- ج- لا توجد حاجة لعزل الأنابيب الوصل بين الملف وسخان السيطرة إذا كان قطر الأنبوب 25 ملم أو أقل وكان الصمام لا يبعد أكثر من 1.2 متر.
- د- سمك العازل ضمن هذا الجدول يمثل أقل سمك مطلوب مستندا على اعتبارات فعالية الطاقة. زيادة هذا السمك مطلوبة أحيانا لأغراض منع عملية التكثف.

9-1/3 طرق تحضير وتثبيت العازل (Preparation and Installation)

- 9-1/1/3 فحص واختبار الأنايبب والمصادقة عليها ثم طلاؤها بطبقتين من مادة مقاومة للصدأ.
- 9-2/1/3 لا تغلف الأنايبب بالعازل حتى الانتهاء من كافة الفحوص على المنظومة والتأكد من خلوها من العيوب.
- 9-3/1/3 تنظيف الأنايبب من كل الأوساخ قبل تركيب العازل.
- 9-4/1/3 تنظيف السطوح قبل وضع المواد اللاصقة.

الباب 9

العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية

1-9 تمهيد

يتطرق هذا الباب لمتطلبات العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية كمجاري الهواء، الأنابيب، الخزانات، الأحواض وبقيّة الآلات المستعملة ضمن هذه المنظومات كما يتطرق لأهداف العزل وشروط تثبيت المواد العازلة.

2-9 أهداف العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية

يستعمل العزل الحراري أولاً لخفض الكسب أو الفقد الحراري من سطوح آلات وأجزاء هذه المنظومات عندما تكون درجة حرارتها تختلف عن درجة حرارة المحيط. والعازل يستعمل في هذه المنظومات لتحقيق عدة أهداف أهمها حفظ الطاقة (Energy Conservation)، وحماية الأشخاص من ملامسة السطوح ذات الدرجات الحرارية المرتفعة أو المنخفضة (Personal Protection)، التقليل من إمكانية تكثف بخار الماء على السطوح (Condensation Control)، تقليل الطاقة المطلوبة للمحافظة على الأماكن المجمدة لأطول مدة زمنية (Freeze Protection)، كما يستعمل أيضاً للسيطرة على ضوضاء المنظومات الميكانيكية (Noise Control) ومنع أو تقليل احتمالية انتشار الحريق (Fire Safety).

3-9 العزل الحراري للأنابيب

جميع الأنابيب المركبة ضمن منظومات التدفئة والتبريد يجب أن تعزل حرارياً على وفق الجدول 9-1/3. إن قيم سمك العازل الحراري المذكورة ضمن الجدول تمثل أقل سمك مطلوب للعازل (Minimum Thickness) بموصلية حرارية ضمن الحدود المدرجة عند متوسط درجة الحرارة المناظرة له في الجدول (Mean Rating Temperature) ولمعدل درجات الحرارة التصميمية للمائع المار خلال الأنبوب (Fluid Design Temperature Range). إن هذه الموصلية مطابقة لعازل الصوف الزجاجي (Fiberglass Insulation) ولعازل الرغوة المرنة (Elastomeric Foam Insulation) المستعملين عادةً كعازل حراري لمواضع الاستعمال هذه. أما بالنسبة لبقيّة العوازل التي لها موصلية حرارية لم تذكر ضمن الجدول فإن أقل سمك عازل يحسب كما يلي:-

$$(1/3-9)T = r \left[\left(1 + \frac{t}{r} \right)^{K/kt} - 1 \right]$$

T = أقل سمك مطلوب للعازل الحراري ، cm

r = نصف القطر الخارجي الفعلي للأنبوب ، cm

t = سمك العازل المدرج بالجدول 9-1/3 بحسب معدل درجة حرارة المائع والقطر الاسمي للأنبوب.

K = الموصلية الحرارية للعازل البديل مقاسة عند متوسط درجة الحرارة المذكورة ضمن الجدول.

kt = الموصلية الحرارية للعازل من الجدول 9-1/3 بحسب معدل درجة حرارة المائع.

3/6-8 التأكد من استعمال القطع الرأسية من العازل الحراري بحيث تثبت على الجدران بشكل جيد حول محيط الأرضية لمنع حدوث الجسور الحرارية نتيجة لانتقال الحرارة من داخل المبنى خلال الطبقة الداخلية للجدار المزدوج.

4/6-8 التأكد من أن سمك الأرضية و العازل و طبقات الإنهاء هي ضمن المواصفات المحددة للعمل.

5/6-8 التأكد من أن خواص المادة العازلة المستعملة في التنفيذ مطابقة للمواصفات العالمية المعتمدة ومواصفات ومتطلبات العمل.

مراجع الباب (8)

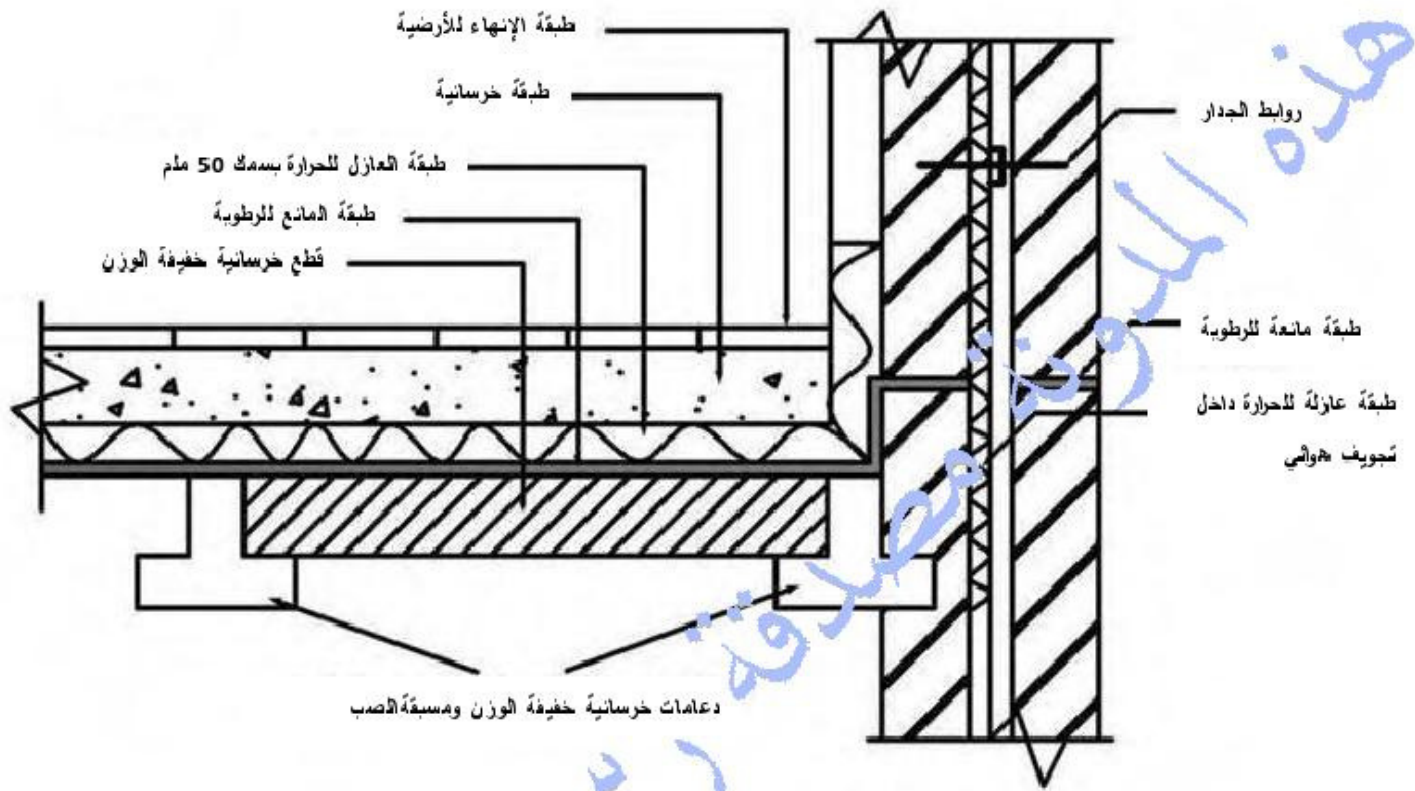
[1]-Charlett, A., "**Fundamental Building Technology**", First Published by Taylor and Francis, (2007).

[2]- "**Thermal Insulation, Environmental Acoustics**", Volume C4.06, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials,(2005).

[3]- "**Thermal Insulation of Floors**", Dow Construction Products, a Division of the Dow Chemical Company Ltd.

[4]- "**Insulation**" Chapter Seven, Energy Smart Housing Manual, Sustainable Energy Authority Victoria,(2002).

الخرسانة بسمك 100 ملمتر فوق طبقة العازل الحراري وأخيرا تستكمل طبقة الإنهاء للأرضية طبقا لنوع الإنهاء المحدد في مواصفات العمل، فُظر الشكل 2/5-8.



الشكل 2/5-8: تفاصيل تنفيذ الأرضيات المعلقة المعزولة حرارياً [1]
(الأبعاد للمثال فقط)

6-8 تفتيش التنفيذ

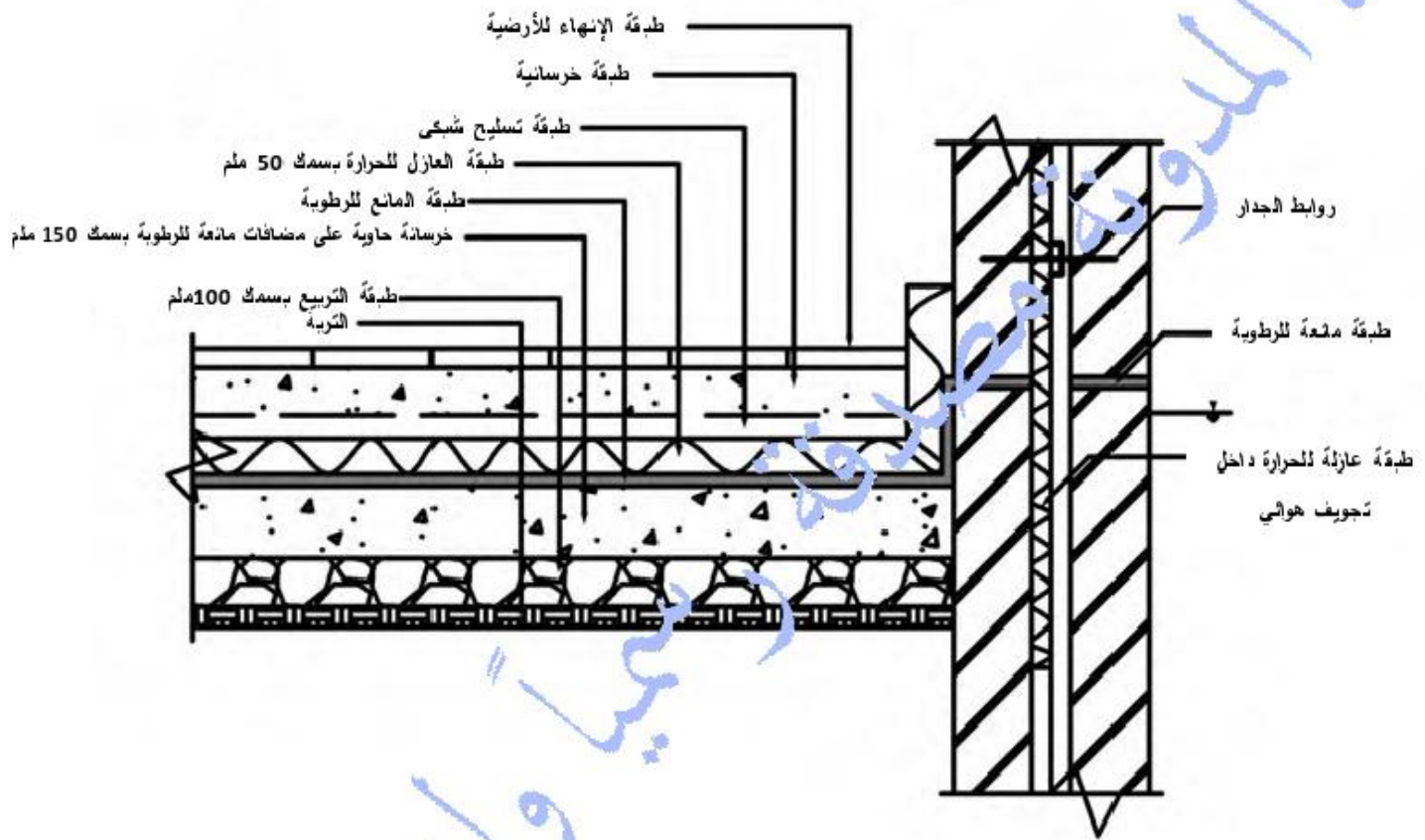
تؤخذ النقاط الآتية بنظر الاعتبار عند تفتيش التنفيذ للأرضيات.

1/6-8 تكون طبقة المانع للرطوبة في الأرضيات مستمرة، غير منفذة للماء مرتبطة مع طبقة المانع للرطوبة في الجدار.

2/6-8 التأكد من عدم وجود فراغات وفجوات هوائية بين ألواح العازل الحراري عند التنفيذ والتأكد من الترتيب التبادلي للمفاصل (Staggered Joints) بين الألواح في حالة استعمال أكثر من طبقة من العازل استداري، ويراعى الدقة عند تقطيعها بحيث تتطابق الزوايا والفراغات غير المنتظمة.

7/1/5-8 تصب الأرضية الخرسانية فوق طبقة العازل الحراري، ويمكن إن تتضمن هذه الطبقة حديد تسليح على شكل مشبك بحسب الحاجة حيث يمنح هذا التسليح المقاومة الإنشائية لطبقة الأرضية الخاصة في المواقع الضعيفة.

8/1/5-8 تستكمل الطبقة النهائية للأرضية طبقاً لنوع الإنهاء المحدد في مواصفات العمل [استعمال كاشي، خشب.....الخ] ، أنظر الشكل 1/5-8.



الشكل 1/5-8: تفاصيل تنفيذ الأرضيات المصممة الملاصقة للتربة المعزولة حرارياً [1]
(الأبعاد للمثال فقط)

2/5-8 تنفيذ الأرضيات المعلقة

إن تنفيذ هذا النوع من الأرضيات يكون بإستعمال الخرسانة مسبقة الصب (Precast Concrete) حيث تتكون من دعامات على شكل حرف T مقلوب مسبقة الصب وخفيفة الوزن لغرض تسهيل عملية نقلها ووضعها في الموقع. وتكون هذه الدعامات مسبقة الجهد لغرض تقليل أبعادها وأوزانها. ثلأ المسافات بين هذه الدعامات بقطع خرسانية مسبقة الصب وخفيفة الوزن أيضاً، ثم توضع طبقة من العازل المائي مباشرة فوق الأرضية الخرسانية تارداً طريقة العازل الجداري بسمك لا يقل عن 50 ملم. بعد ذلك تصب طبقة من

3/3-8 الألياف الزجاجية (Glass Fibers)

تكون قيمة معامل التوصيل الحراري بحدود 0.04 واط/(م.كلفن).

4/3-8 ألواح البولي يوريثان (Polyurethane Boards)

تكون قيمة معامل التوصيل الحراري لهذه الألواح بحدود 0.025 واط/(م.كلفن).

4-8 متطلبات تصميم العزل الحراري للأرضيات الملامسة للتربة

إن متطلبات تصميم لعزل الحراري للأرضيات هي كالتالي:

1/4-8 يجب أن لا يتجاوز معامل انتقال حرارة للأرضيات المختلفة القيم المبينة في الجدول 4-1/8.

2/4-8 تجنب حدوث الجسور الحرارية وذلك بمنع حصول نقب أو اختراق مادة لعزل الحراري بواسطة

الخدمات المختلفة (أنابيب المياه، مجاري الهواء وغيرها) أو بالعناصر الإنشائية المختلفة.

3/4-8: التأكد من إستمرارية طبقة العازل الحراري في مناطق الربط بين الأرضيات الملامسة للتربة وعناصر

البناء المختلف مثل الجدران وغيرها.

5-8 طرق التنفيذ

1/5-8 تنفيذ الأرضيات المصنوعة الملامسة للتربة

تتبع الخطوات التالية لتنفيذ الأرضيات المصنوعة الملامسة للتربة:-

1/1/5-8 ترص طبقة من مواد صلبة بشكل جيد وتسمى هذه الطبقة بالتربيع.

2/1/5-8 تتكون طبقة التربيع من طابوق مكسر، حجر مكسر، خرسانة أو حجارة غير مصقولة.

3/1/5-8 تكون القطع المستعملة في طبقة التربيع كبيرة. بعد أن ترص طبقة التربيع بشكل جيد تفرش على

سطحها طبقة من الرمل النظيف لمساعد على ملء الفجوات الكبيرة الموجودة بين قطع طبقة التربيع ويمنع

الفقدان في كميات الخرسانة بسبب دخولها بين هذه الفراغات في أثناء عملية صب الأرضية.

4/1/5-8 تصب طبقة من الخرسانة الاعتيادية وباستعمال أنواع خاصة من المضافات للحصول على

خرسانة قليلة النفاذية.

5/1/5-8 ثم توضع طبقة من العازل المائي بحسب متطلبات العزل المائي وراعى أن تكون طبقة العازل

المائي مستمرة في الاتجاه العمودي عند إنقواء الأرضية بالجدار مع إمتدادها عرضياً عبر الجدار وكما

موضح في الشكل 1/5-8.

6/1/5-8 توضع طبقة من العازل الحراري بسمك لا يقل عن 50 ملمتراً فوق طبقة العازل المائي، كما

توضع طبقة من العازل الحراري بشكل رأسي على الطول المحيط بالأرضية وتثبت على الجدران المحيطية

بالأرضية بارتفاع لا يقل عن 500 ملمتراً وذلك لمنع الفقدان الحاصل في الحرارة في منطقة إنقواء الأرضية

بالجدران وكذلك ضمان استمرارية طبقة العازل الحراري في مناطق إنقواء العناصر الإنشائية المختلفة، عندما

يكون من الضروري استعمال أكثر من طبقة واحدة من مادة العزل الحراري فإن ذلك يتطلب وضع المادة

العازلة للحرارة بطبقتين ترتبان بطريقة تبادلية (Staggered Joints) لتلافي وجود المفاصل فوق بعضها.

الباب 8

العزل الحراري للأرضيات

1-8 تمهيد

يشكل التدفق الحراري مشكلة مهمة في الأرضيات الملاصقة للتربة فقط، حيث إن الحرارة يمكن أن تنتقل من المبنى إلى التربة التي تكون بدرجة حرارة أقل من درجة الحرارة داخل المبنى. ولهذا السبب يكون من الضروري استعمال مادة عازلة للحرارة عند إنشاء الأرضيات الملاصقة للتربة. كذلك تنتقل الرطوبة من التربة الموجودة أسفل الأرضيات إلى المبنى بواسطة الخاصية الشعرية عن طريق الفراغات الموجودة في مواد الإنشاء لهذه الأرضيات. وبذلك فإن الأرضيات الملاصقة للتربة تحتاج إلى وضع حاجز مانع للرطوبة (Damp Proof Barrier) عند التنفيذ لغرض مقاومة ارتفاع الرطوبة من التربة إلى المبنى أو توضع مادة عازلة للحرارة ذات قابلية امتصاص واطئة للرطوبة.

2-8 أنواع الأرضيات

هناك نوعان من الأرضيات الملاصقة للتربة وهي

1/2-8 الأرضيات المصمتة الملاصقة للتربة (Solid Ground Floors)

تتكون هذه الأرضيات من طبقة إنشائية تصب بشكل مباشر على طبقة مرصوفة بشكل جيد من مواد صلبة يطلق عليها طبقة التبريع. وهذه الطبقة توضع فوق التربة مباشرة ثم تليها الطبقات الأخرى من العازل المائي والحراري وكما مبين في الشكل 1/5-8.

2/2-8 الأرضيات المعلقة (Suspended Floors)

إن هذه الأرضيات لا تستند مباشرة على التربة ولكن تستند على مساند خاصة، وهذه المساند تستند بدورها بشكل مباشر على التربة. ويستعمل هذا النوع من الأرضيات في المواقع التي يكون سطح التربة غير مستو أي يميل بمقدار معين حيث إن ذلك يقلل من كمية المواد اللازمة لملء الفراغات لغرض الحصول على الاستوائية المطلوبة للتربة. كذلك فإن هذا النوع من الأرضيات يمكن استعماله لحل مشكلة التغير في تحمل التربة الموجود في بعض المناطق، كما مبين في الشكل 2/5-8.

3-8 مواد العزل الحراري المستعملة في الأرضيات

تعزل الأرضيات عادة باستعمال ألواح العزل الحراري الجاسنة وذات الكثافة العالية لكي تتحمل قوى الضغط المسلطة عليها وتشمل:

1/3-8 ألواح البولي ستايرين الممدد (Expanded Polystyrene Boards)

تكون قيمة معامل التوصيلية الحرارية لهذه الألواح بحدود 0.035 واط/(م.كلفن).

2/3-8 ألواح البولي ستايرين المشكلة بالبتق (Extruded Polystyrene Boards)

تكون قيمة معامل التوصيل الحراري لهذه الألواح بحدود 0.025 واط/(م.كلفن).

مراجع الباب (7)

- [1]-Charlett, A., (*Fundamental Building Technology*), First Published by Taylor and Francis, 2007.
- [2]-Persily, A.K., "*Envelope Design Guidelines for Federal Office Buildings: Thermal Integrity and Air Tightness*", March 1993.
- [3]- "*Insulation*", DOE/CE-0180, Department of Energy, Assistant Secretary, Energy Efficiency and Renewable Energy, 2008.
- [4]-"*Insulation HandBook Part1: thermal performance*", an Independent Publication of The Insulation Concil of Australia and New Zealand, March, 2008.
- [5]- "*المواصفات بنود أعمال العزل الحراري (إشتراطات أسس التصميم والتنفيذ)* ", جمهورية مصر العربية، وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، 2008.
- [6]- "*Insulation*" Chapter Seven, Energy Smart Housing Manual, Sustainable Energy Authority ,Victoria, 2002.
- [7]- "*Thermal Insulation, Environmental Acoustics*", Volume 04.06, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2005.
- [8]- "*Technical Notes on Brick Construction Brick Masonry Cavity Walls Selection of Materials*", Brick Industry Association, Virginia, Feb.1999.
- [9]-Lemieux, D. J. and Totten P.E., "*Building Envelope Design Guide-Wall Systems*", Supported by Building Enclosure Council (BEC), 2009.
- [10]-Yarbrough, D.W., "*Reflective Insulation for Residential and Commercial Applications*", Issue of construction specifier magazine, Sep. 2005.
- [11]-Bynum, R.T., "*Insulation HandBook*", 2000.
- [12]- "*المواصفات القياسية العامة للعزل الحراري والمائي لمدينة دبي* ", الجزء رقم (1)، سبتمبر، 2006

7-3/4/8 يُخلط مركبا المادة المرغاة في الخلطات الخاصة بها وبالنسب التي توصي بها الشركة المنتجة، ثم تُضخ المادة المرغاة مباشرة في الثقوب من أسفل إلى الأعلى لحين ظهورها من الثقب الأعلى.

7-4/4/8 يُغلق الثقب بمونة سريعة التصلب ويكرر العمل لحين ملء الفراغ بالكامل بالمادة المرغاة العازلة.

7-5/4/8 عندما يكون من الضروري إستعمال حاجز معيق للبخر (Vapour Retarder) في أي نوع من أنواع الجدران فإنه من الضروري في الأجواء الباردة تثبيت هذا الحاجز على سطح الجدار الذي يكون في تماس مع الفضاء الداخلي، أما في الأجواء المختلطة (الحارة والباردة) في العراق وخاصة في المنطقتين الشمالية والوسطى والغربية تثبت معيقات البخار على كلا السطحين الداخلي والخارجي للجدار. ولكن في الأجواء الحارة الرطبة كما في جنوب العراق يصبح من الضروري تثبيت الحاجز المعيق للبخار على سطح الجدار الذي في تماس مع الفضاء الخارجي للمبنى.

9-7 تفتيش التنفيذ

عند تفتيش تنفيذ العزل الحراري للجدران ينبغي أن تؤخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار:

7-1/9 التأكد من مطابقة المادة العازلة للحرارة المستعملة للمواصفات العراقية إن وجدت أو أي مواصفات أخرى معتمدة مثل المواصفات العالمية ISO و المواصفات البريطانية B.S والمواصفات الأمريكية ASTM.

7-2/9 تفتيش كون التنفيذ مطابقاً للمخططات ومواصفات المحددة.

7-3/9 غلق جميع الفراغات الموجودة حول النوافذ والأبواب بشكل محكم باستعمال رغوة البولي يوريثين أو مواد مماثلة لها لمنع تسرب ودخول الهواء داخل الجدران من خلال هذه الفراغات مع عدم استعمال الرغوات التمددية (Expanding Foams).

7-4/9 التأكد أن المواد العازلة لا تتعرض إلى انكسار عند تثبيتها.

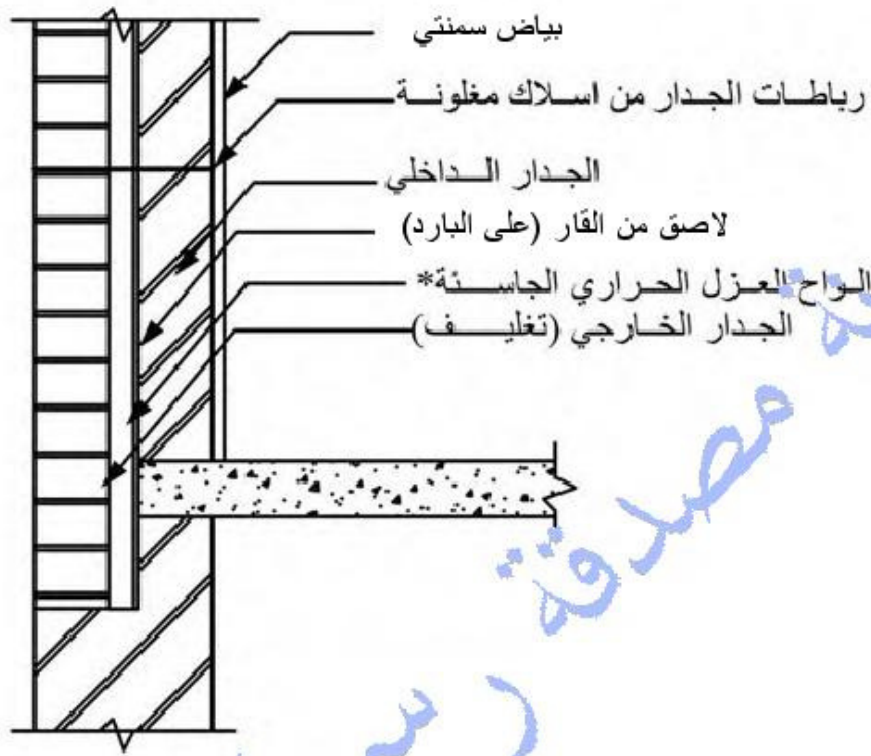
7-5/9 التأكد أن طبقة المادة العازلة مستمرة، وخصوصاً في مناطق التماس بين الجدران مع بعضها البعض أو بين الجدران والعناصر الإنشائية الأخرى (السقوف النهائية والأرضيات).

7-6/9 التأكد أن المواد العازلة للحرارة تثبت بشكل صحيح حول صناديق الربط لمفاتيح الكهرباء، مجاري الهواء، أنابيب المياه، الأبواب، النوافذ وغيرها من العناصر التي تخترق طبقة العازل الحراري.

7-7/9 التأكد أن المواد العازلة للحرارة تكون بعيدة بمسافة 100 ملليمتر على الأقل عن مصادر الإنارة أو أي مصدر آخر لانبعاث الحرارة.

7-8/9 تكون جميع المآخذ الكهربائية والأسلاك الكهربائية آمنة ومغلقة بشكل جيد قبل تثبيت أي نوع من المواد العازلة للحرارة.

أنظر الشكل 6/8-7 الذي يبين تفاصيل تنفيذ العزل الحراري لجدار مزدوج باستعمال ألواح العزل الحراري الجاسئة.



*ألواح العزل الحراري الجاسئة المتركة اما بمفاصل خاصة (أنظر الشكل 4/8-7) أو بمفاصل تبادلية

(أنظر الشكل 5/8-7)

الشكل 6/8-7: تفاصيل تنفيذ العزل الحراري لجدار مزدوج بالمواد العازلة الجاسئة [5]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 5/4/8-7)

4/8-7 طرائق التنفيذ باستعمال المواد العازلة المرغاة

تتبع الخطوات التالية لتنفيذ لعزل الحراري لجدار مزدوج قائم باستعمال المواد العازلة المرغاة:

1/4/8-7 تحقن المادة العازلة الرغوية للجدار القائم بعد حفر نقوب في الجدار الخارجي باستعمال آلات خاصة لهذا الغرض.

2/4/8-7 تكون النقوب متباعدة بمسافة متر في الاتجاهين ويقطر يتراوح من 2 إلى 5 سنتيمترات.

3/8-7 طريقة التنفيذ باستعمال المواد العازلة الجاسئة

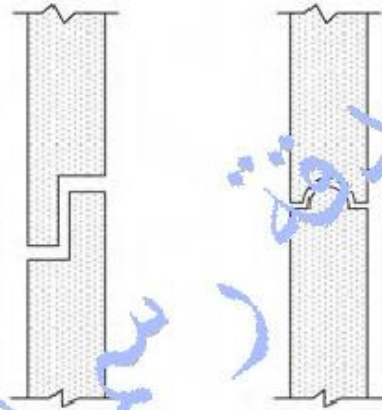
يمكن استعمال هذا النوع من المواد العازلة للحرارة في الجدران المزدوجة والجدران المنفردة (المصنعة) حيث تعتمد طريقة التنفيذ على نوع الجدار وهي كالتالي:

1/3/8-7 طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار مجوف (مزدوج)

1/1/3/8-7 بناء الجدار الداخلي وتثبيت الألواح ذات السمك المطلوب عليه من الجهة الخارجية مع ربطها ببعضها بأنواع من المفاصل كما مبين في الشكل 4/8-7. وفي حالة عدم توافر هذا النوع من الألواح يمكن استعمال النوع العادي ولكن باستعمال طبقتين من الألواح مكافئتين للسمك المطلوب، على أن تكون مفاصل الألواح تبادلية (Staggered Joints) كما مبين في الشكل 5/8-7.

7-1/2 وضع الألواح وتثبيتها بمستحلب القار على البارد أو بمسامير التثبيت.

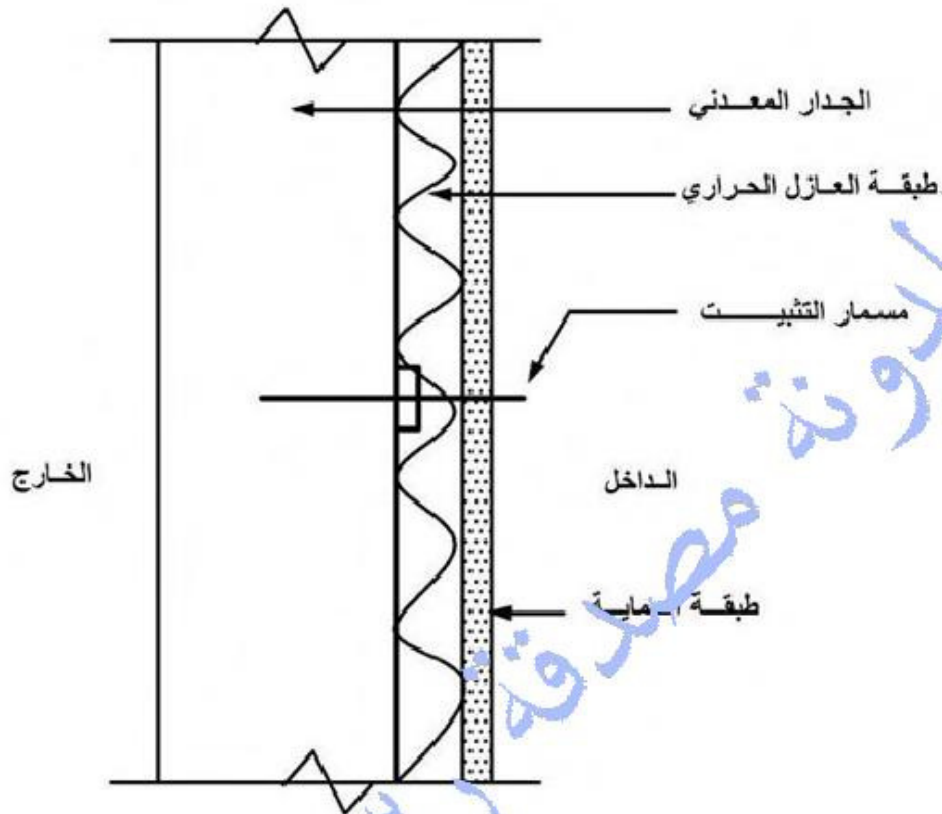
7-1/3 بناء الجدار الخارجي مع استعمال روابط الجدران التي تساعد على ربط الجدار الداخلي والخارجي مع بعضهما.



الشكل 4/8-7: أنواع المفاصل للألواح العازلة الجاسئة المستعملة في الجدران [5]



الشكل 5/8-7: أسلوب وضع طبقتين من الألواح الجاسئة العادية بمفاصل تبادلية [5]

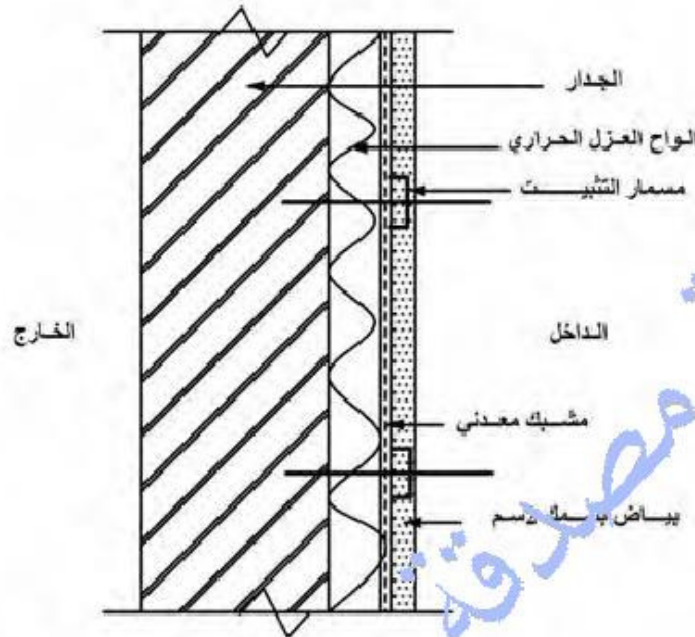


الشكل 7-3/8: طريقة العزل الحراري لجدار منفرد معدني باستعمال المواد العازلة شبيهة الجاسئة [5]
(يُثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-3/2/8-1 تثبيت المادة العازلة على السطح الداخلي للجدار باستعمال السيلكون في عدة نقاط.
7-2/3/2/8-2 وضع طبقة حماية من ألواح الألمنيوم أو الفولاذ غير القابل للصدأ وتثبيتها ميكانيكياً بمسامير التثبيت.

2/2/8-7 طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المنفردة

تتبع الخطوات التالية عند تنفيذ العزل الحراري لجدار منفرد باستعمال ألواح العزل الحراري شبه الجاسئة، وكما مبين في الشكل 2/8-7.



الشكل 2/8-7: طريقة تثبيت العزل الحراري لجدار منفرد باستعمال المواد العازلة شبه الجاسئة [5]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 5/4/8-7)

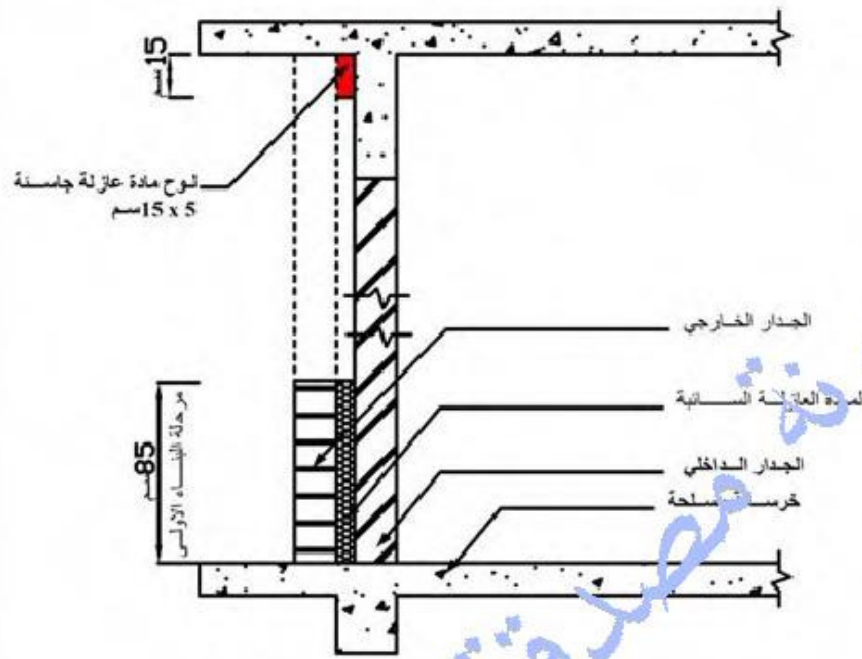
2/2/8-7 1 تثبيت المادة العازلة بالغراء أو السيلكون في عدة نقاط على الوجه الداخلي للجدار بحيث يكون غلافها للخارج إذا وجد.

2/2/2/8-7 تركيب مشبك معدني بالتثبيت الميكانيكي بمسامير تثبيت.

3/2/2/8-7 وضع طبقة بياض سمكتي فوق المشبك المعدني للوقاية بسمك 20 ملمترا.

3/2/8-7 طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار معدني

تتبع الخطوات التالية عند العزل لحراري لجدار معدني باستعمال ألواح شبه جاسئة وكما مبين في الشكل 3/8-7.



الشكل 7-1/8: طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار مزدوج باستعمال مواد العزل السائبة [5]

(يُنْبَت معيق النار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-2/8 طرائق التنفيذ باستعمال المواد العازلة شبه الجائسة

يمكن استعمال المواد العازلة شبه الجائسة للعزل الحراري للجدران المزدوجة أو المنفردة من الطابق أو الخرسانة المسلحة وتستخدم أيضا لعزل الجدران المعدنية. إن طريقة تنفيذ المتبعة للعزل الحراري لأنواع الجدران المختلفة هي كما يلي:

7-1/2/8 طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المزدوجة

تتبع الخطوات التالية لتنفيذ العزل الحراري للجدران المزدوجة باستعمال ألواح العزل الحراري شبه الجائسة:

7-1/1/2/8 بناء الجدار الداخلي بارتفاع الطابق الكامل للبذلية.

7-2/1/2/8 تثبيت الألواح الجائسة على الوجه الخارجي للجدار الداخلي بحيث تكون أغلفتها إلى الخارج ويكون التثبيت بالسيكون في عدة نقاط أو باستعمال مشابك مرتبة كل 400 ملليمترًا ويتحصر ذلك على كل سطح الجدار.

7-3/1/2/8 تثبيت الألواح الجائسة على الوجه الخارجي للجدار الداخلي بارتفاع الطابق الكامل.

7-7 زيادة فعالية العزل الحراري للأبواب

إن فعالية العزل الحراري للأبواب تقدر أيضا بمعامل انتقال الحرارة. إذ تتوفر في الوقت الحاضر أنواع عديدة من الأبواب ذات الفعالية العالية للعزل الحراري وتشمل:

1/7-7 الأبواب ذات الأوجه الحديدية والمحشوة بمواد عازلة للحرارة

حيث تكون فعاليتها للعزل الحراري أعلى بكثير من الأبواب غير الحاوية على لب من مادة عازلة للحرارة. وأكثر الأنواع شيوعا هي الأبواب المغلفة بالحديد الحاوية على رغوة البولي يوريثين العازلة للحرارة كمادة مألثة.

2/7-7 أبواب ألياف الزجاج المعزولة حراريا

يفترض أن تكون هذه الأبواب بنفس فعالية العزل الحراري للأبواب الحديدية المعزولة، وذات مظهر وشكل خادمي مماثل للخشب أو غيره من الانهاءات. ولا تحتاج هذه الأبواب إلى طلاء وليس لها القابلية على الصدأ واستلزم عند تعرضها إلى تغيرات في الحرارة والرطوبة.

يراعى التثبيت الجيد والنوافذ والأبواب للحصول على العزل الحراري الجيد، حيث يجب غلق الفراغات المتكونة بين إطار النوافذ والأبواب والجدار بشكل محكم لتقليل فقدان في الحرارة ومنع حدوث التكثف داخل العناصر الإنشائية.

8-7 طرائق التنفيذ

تعتمد طرائق تنفيذ لعزل الحراري للجدران على نوع المادة العازلة المستعملة ونوع الجدار.

1/8-7 طرائق التنفيذ باستعمال المواد العازلة السائبة

يفترض أن تستعمل هذه المواد لعزل الجدران المزدوجة (مجموفة). ويمكن تلخيص طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المزدوجة باستعمال المواد العازلة بما يلي:

1/1/8-7 بناء مرحلة أولى من الجدار الخارجي بارتفاع 750 إلى 1000 ملليمترا مع ترك الفراغ التصميمي بين الجدارين بحيث لا يقل عن 50 ملليمترا.

2/1/8-7 يوضع غشاء حاجز للبخار على السطح الداخلي للجدار الخارجي ثم تستخرج المادة العازلة السائبة من عبواتها داخل الفراغ يدويا حتى يملأ بها الفراغ تماما.

3/1/8-7 يكرر العمل ببناء مرحلة أخرى من الجدار الخارجي حتى المرحلة الأخيرة إلى منسوب يقل بمقدار 150 ملليمترا من أسفل السقف ليتيسر ادخال المادة العازلة السائبة منه.

4/1/8-7 يوضع لوح عازل من مادة جاسئة بإبعاد 50×150 ملليمترا في أعلى الفراغ الهوائي بنصفه بالسقف بواسطة السيلكون في عدة نقاط ثم يستكمل بناء الجدار الخارجي.

أنظر الشكل 1/8-7 الذي يبين تفاصيل تنفيذ عزل الجدار المزدوج باستعمال مواد عازلة سائبة.

2/1/6-7 الزجاج الفعال للعزل الحراري (Efficient Glazing)

يفترض أن يتكون هذا النوع من الزجاج من طبقتين أو ثلاث طبقات من الزجاج تفصل بينهما طبقة من الهواء. ويكون الفقدان في الحرارة لهذا النوع من الزجاج اقل بمقدار النصف بالمقارنة مع الزجاج المفرد، وعلى الرغم من ذلك فإن هذا الفقدان في الحرارة لا يزال كبيراً بالمقارنة مع الفقدان الحراري الحاصل خلال العناصر الإنشائية الأخرى.

3/1/6-7 الزجاج ذو الفعالية العالية للعزل الحراري (High-Efficient Glazing) أو الزجاج ذو الاتبعائية الواطئة

يمتاز هذا النوع بطلاء السطح الخارجي للوح الزجاج الداخلي بمادة خاصة تسمح للضوء بالمرور من خلال الشوح ولكن تسمح بمرور مقدار قليل من الحرارة. تكون الخواص الحرارية لهذا النوع من الزجاج 50-60% أفضل بالمقارنة بالزجاج الفعال للعزل الحراري. فضلاً عن الأنواع السابقة، فإن هناك أنواعاً من الزجاج يُدعى فيها الفراغ بين طبقتي الزجاج بغاز نبيل (خامل) بدلاً من الهواء، حيث إن معامل التوصيل الحراري للغاز النبيل اقل من الهواء، وفي أغلب الأحيان فإن الغاز النبيل المستعمل هو غاز الاركون.

إن استعمال الزجاج المكون من ثلاث طبقات يساعد في زيادة فعالية العزل الحراري. إذ بوجود طبقة ثالثة من الزجاج مع طلاء الطبقتين الداخليتين بطلاء معدني يمكن الحصول على أفضل عزل حراري يتعزز باستعمال احد الغازات النبيلة مثل الكريبتون (Krypton) أو الزينون (Xenon) بدلاً من غاز الاركون. يبين الجدول 4-3 معامل انتقال الحرارة لأنواع الزجاج المختلفة.

2/6-7 زيادة فعالية العزل الحراري لإطار النافذة

فضلاً عن الزجاج فإن إطار النوافذ يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار عند العمل على زيادة فعالية العزل الحراري للنوافذ في المبنى. فالإطار المصنوع من الخشب له خواص حرارية جيدة ولكن ديمومته واطئة عند تعرضه للرطوبة. ومن ناحية أخرى تمتلك الأطر المصنوعة من المواد الصناعية مثل البولي فينيل كلوريد أو البولي يوريثين خواص عزل حراري مقاربة للإطار المصنوع من الخشب. أما إطار النوافذ المصنوع من الياف الزجاج أو الفينيل فينبغي أن يتضمن ثباً من مادة عازلة لتسوية الحرارة ليعطي عزلاً حرارياً جيداً. لاحظ الجدول 4-4.

إذا كان إطار النوافذ مصنوعاً من الألمنيوم فينبغي أن يتضمن مواد عازلة للحرارة داخل الفراغ الموجود في مقطع الإطار. وحيث أن من المحتمل أن يحصل فقدان في الحرارة من خلال الفراغات الموجودة بين النافذة المتحركة وإطارها الكلي لذلك تستعمل أشربة خاصة تسمى (Weather Stripping) توصف في محيط الاطار، على أن تصنع هذه الأشربة من مواد قابلة للانضغاط تساعد على غلق الفراغات الموجودة بين إطار النافذة المتحركة وإطارها الكلي عند غلقها للتقليل من الفقدان المحتمل للحرارة.

2/2/3/4-7 العزل الحراري بالألواح الجاسئة مع حمايتها بتغليفها بألواح خشبية أو بناء جدار داخلي أو بعمل بياض سممتي على مشبك.

ملاحظة: توضع المادة العازلة في موضع يكون أقرب الى مصدر الحرارة وذلك على وفق مبادئ انتقال الحرارة. ففي البلدان الباردة توضع المادة العازلة من الداخل في حين في البلدان الحارة توضع المادة العازلة من الخارج.

5-7 متطلبات تصميم العزل الحراري للجدران

ينبغي ان تؤمن متطلبات تصميم العزل الحراري للجدران ما يلي:

1/5-7 لا تزيد قيم معامل انتقال الحرارة للجدران عن القيم الموضحة في الجدول 4-1/8.

2/5-7 من الضروري حماية جميع المواد العازلة للحرارة من ظروف الرطوبة (مثل اختراق مياه الأمطار ومصادر رطوبة داخلية وغيرها).

3/5-7 غلق جميع الفتحات الموجودة في الجدار بإحكام لمنع حدوث تسرب الهواء خلال الجدار أو تقليله قدر الإمكان، حيث يجب ان لا يزيد مقدار تسرب الهواء عن 3 لتر/ثانية للأبواب و 2 لتر/ثانية للفتحات الرأسية الأخرى.

4/5-7 لا يكون البولي ستايرين المشكل بالبنق في تماس مع السطوح التي تزيد درجة حرارتها عن 75 درجة مئوية (حماية له من خطر الاحتراق).

5/5-7 تثبت الألواح الجاسئة العازلة للحرارة في الجدران المجوفة بشكل جيد بحيث لا تحدث حركة أو إزاحة لهذه الألواح عن موقعها داخل التجويف الهوائي.

6-7 العزل الحراري للنوافذ

إن اغلب الفقدان في الحرارة يحدث خلال النوافذ وهذا يعود إلى أن الزجاج يسمح للحرارة بالتسرب من خلاله بشكل اكبر من باقي مواد البناء الأخرى. تختلف النوافذ بشكل كبير عن المواد العازلة المستعملة في الجدران، حيث ان النوافذ ترتبط وتتأثر بدرجة حرارة الهواء الخارجي، ضوء الشمس، الرياح، فضلاً عن درجة حرارة الهواء داخل المبنى وكذلك باستعمالها من قبل شاغلي المبنى. تتأثر النوافذ أيضاً بالإشعاع الشمسي ويتدفق الهواء الموجود حولها، لذلك فان مقدار المقاومة الحرارية (R-value) لا يبين بشكل دقيق هذا الترابط بين النوافذ ومحيطها، ولهذا فان فعالية العزل الحراري للنوافذ تقدر من قبل صانعي النوافذ بمعامل انتقال الحرارة (U-Value).

1/6-7 زيادة فعالية العزل الحراري للزجاج

ينبغي تقليل الفقدان الحاصل للحرارة خلال النوافذ وذلك بتحسين الخواص الحرارية للزجاج المستعمل فيها. بصورة عامة هناك أنواع عديدة من الزجاج المستعمل في الأبنية وهي كالتالي:

1/1/6-7 الزجاج المنفرد

وهو النوع المتعارف عليه والشائع استعماله في الأبنية القديمة والذي لا يمنح عزلا حراريا جيدا للمبنى.

2/1/1/4-7 عزل المباني القائمة بدون إيقاف العمل داخل المبنى في أثناء تنفيذ العزل كالمستشفيات والمدارس .

3/1/1/4-7 عزل المباني المعرضة للرطوبة الخارجية.

2/1/4-7 المواد العازلة للحرارة المستعملة للعزل من الخارج

من نسب المواد المستعملة هي:

1/2/1/4-7 التغطية بألواح مركبة المقطع من الرخام والبولي ستايرين.

2/2/1/4-7 التغطية بألواح مركبة المقطع من الايبوكسي والبولي ستايرين، لاحظ 1/2/6/3-7.

3/2/1/4-7 التغطية بألواح مركبة المقطع من الحجر الصناعي والبولي ستايرين، لاحظ 3/2/6/3-7.

4/2/1/4-7 الخرسانة الخلوية (Cellular Concrete)

2/4-7 المواد العازلة للحرارة المثبتة بين الطبقتين الخارجية والداخلية للجدار المجوف (المزدوج)

1/2/4-7 حالات استعمال للمواد العازلة بين الطبقات الإنشائية

1/1/2/4-7 عزل المباني تحت التنفيذ بمراعاة عمل جدران خارجية تحتوي على فراغ هوائي بدون مادة

عازلة حيث تحقق المادة المطلوب لملء الفراغ وتحسين الأداء الحراري للمبنى.

2/2/4-7 المواد العازلة للحرارة المثبتة في وسط الجدار المجوف (المزدوج)

تصلح جميع المواد العازلة للحرارة للاستعمال في المباني قيد التنفيذ. أما في حالة المباني القائمة، فالمواد العازلة المناسبة هي التي يمكن حفظها داخل الفراغ القائم عن طريق عمل ثقوب في الاتجاهين ثم ضخ المادة العازلة من أسفل إلى الأعلى وتشمل.

1/2/2/4-7 البولي يوريثان العازل للحرارة

2/2/2/4-7 أنواع الملاط الخلوي الخفيف العازل للحرارة

3/2/2/4-7 ملاط الفيرميكيولايت

4/2/2/4-7 ملاط حبيبات البولي ستايرين

3/4-7 المواد العازلة المثبتة على السطح الداخلي للجدار

1/3/4-7 حالات استعمال المواد العازلة الداخلية

1/1/3/4-7 عزل الجدران المبنية والقائمة الملاصقة لمبنى مجاور.

2/1/3/4-7 في حالة تعذر عزل الجدران من الخارج مثل عزل جدران شقة في الطوابق العليا بحيث

يتعذر الوصول لجدرانها من الخارج لإجراء العزل الحراري عليها.

3/1/3/4-7 في حالة عزل واجهات مبنى ذي قيمة أثرية.

2/3/4-7 المواد العازلة للحرارة المستعملة للعزل من الداخل

ان من انسب المواد المستعملة في العزل من الداخل هي:

1/2/3/4-7 التغطية بألواح مركبة المقطع من الايبوكسي و البولي ستايرين.

تركب هذه الألواح على سطوح الجدران من الطابوق باستعمال المونة السمنتية الاعتيادية. أما عند تركيبها على السطوح الخرسانية الملساء فانها تُلصق بمادة لاصقة أساسها راتنج بولي فينيل استيرل (P.V.A) أو ستايرين البيوتادين ربر (S.B.R) حيث تفرش العجينة على سطح الخرسانة ثم تمشط بمشط صلب، بعد ذلك يضغط على البلاطة بعد وضعها فوق العجينة حتى يتم التصاقها بالعجينة. ويكون تركيب الألواح من أسفل الجدار إلى الأعلى. يعتمد مقدار العزل الحراري لهذه البلاطات على سمك طبقة البولي ستايرين الذي يتراوح بين 20-50 ملليمترًا.

7-3/2/2 ألواح مركبة المقطع من الرخام والبولي ستايرين

(Composite Boards from Marble and Polystyrene)

هذه الألواح مشابهة لتلك المبنية في العبارة 7-3/2/1 فيما عدا إن الطبقة الأمامية عبارة عن رخام طبيعي بسمك يتراوح من 10-15 ملليمترًا، وطريقة التركيب لهذه الألواح مشابهة للنوع السابق من الألواح. يعتمد مقدار العزل الحراري لهذه البلاطات على سمك طبقة البولي ستايرين الذي يتراوح بين 20-50 ملليمترًا.

7-3/2/3 ألواح مركبة لمقطع من الحجر الصناعي والبولي ستايرين

(Composite Boards from Artificial Rock and Polystyrene)

هي ألواح مركبة المقطع من مونة رينيمرية أو جبسية معالجة بطبقة سطحية ذات ملمس وشكل يشبهان الحجر الطبيعي مع طبقة خلفية من رغوة البولي ستايرين قليل الامتصاص للماء. تركيب هذه الألواح على الجدران الطابوقية باستعمال المونة السمنتية الاعتيادية أو قد تستعمل العجينة اللاصقة الجاهزة لغرض تركيبها على سطوح الخرسانة الناعمة أو البياض. يعتمد مقدار العزل الحراري لهذه البلاطات على سمك طبقة البولي ستايرين التي يتراوح سمكها بين 20-50 ملليمترًا.

7-3/2/4 رقائق الألمنيوم العاكسة (Reflective Aluminum Foils)

هي عبارة عن طبقات من الألمنيوم. تتميز هذه الرقائق بمنع انتشار الحرارة بالإشعاع. يكون تركيبها عادة على السطح الخارجي أو بين فراغات الجدران المزدوجة.

7-4 اختيار موقع المادة العازلة للحرارة في الجدران

هناك ثلاث طرائق لوضع المادة العازلة للحرارة في الجدران وهي:

7-4/1 المواد العازلة للحرارة المثبتة على السطح الخارجي للجدار

7-4/1/1 حالات استعمال المواد العازلة الخارجية

تستعمل المواد العازلة المثبتة على السطح الخارجي للجدار في الحالات التالية:

7-4/1/1/1 عزل المباني الأثرية القائمة بدون إتلاف المحتويات الأثرية الداخلية من نقوش ورخام، وديكورات وخلافه.

6/3-7 مواد الإنهاء الداخلي والخارجي

هناك العديد من المواد تستعمل كمادة إنهاء خارجية أو داخلية للجدران لتحقيق العزل الحراري ومنها:

1/6/3-7 ملاط البياض (Plastering Mortars)

ينبغي إنهاء الجدران بأنواع بياض داخلي وخارجي خفيفة الوزن ذات موصلية حرارية منخفضة ومن أمثلتها:

1/1/6/3-7 بياض السمنت الرغوي (Foamed Cement Plaster)

تستعمل مضافات كيميائية للخلطات السمنتية تحدث تفاعلات كيميائية تنتج منها غازات مولدة للرغوة المنتجة منه منتج ملاط "سمنتيا" خفيف الوزن ذا موصلية حرارية منخفضة بحسب كثافة المونة الناتجة.

1/6/3-7 بياض البيرلايت الممدد (Expanded Perlite Plaster)

البيرلايت هو رابع بركاني طبيعي يخلط مع السمنت لإنتاج بياض خفيف الوزن عازل للحرارة. وتتوافر منه في الأسواق المحلية خلطات جاهزة تخلط فقط بالماء لعمل البياض المطلوب.

3/1/6/3-7 بياض حبيبات رغوة البولي ستايرين (Foamed Polystyrene Beds Plaster)

تتكون الخلطة من رمل سليكي مدمج وسمنت بورتلاندي عادي وحبيبات رغوة البولي ستايرين و ماء الخلط ومضافات خاصة لتحسين قابلية التشغيل وزيادة التماسك.

4/1/6/3-7 بياض الفيرميكيوليت (Vermiculite Plaster)

يستعمل الفيرميكيوليت في إنتاج بياض خفيف الوزن عازل للحرارة. وتتكون الخلطة من فيرميكيوليت و سمنت بورتلاندي أو جبس و ماء ومواد ملدنة.

5/1/6/3-7 بياض الجص اللامائي

لعمل ملاط البياض للطبقة الأولية يخلط الجص اللامائي مع الرمل ثم يخلط مزيجهما بالماء للوصول إلى القوام المناسب. ولغرض عمل ملاط بياض طبقة الأكساء الخارجية النهائية يخلط الجص فقط بالماء. ولتحسين الخواص الحرارية للخلطة يمكن إضافة حبيبات رغوة البولي ستايرين أو البيرلايت أو الفيرميكيوليت للخلطات السابقة.

2/6/3-7 مواد الأكساء للجدران

إن مواد أكساء الجدران العازلة للحرارة الشائعة هي:

1/2/6/3-7 ألواح مركبة المقطع من الايبوكسي والبولي ستايرين

(Composite Boards from Epoxy and Polystyrene)

هي عبارة عن رخام صناعي ذي مقطع مركب من طبقتين مندمجتين باستعمال مادة لاصقة وهما:

أ- الطبقة الأمامية من المونة الايبوكسية المسلحة.

ب- الطبقة الخلفية من البولي ستايرين قليل الامتصاص للماء.

1/3/3-7 ألواح البولي ستايرين الممدد والمقوَّب (Expanded and Molded Polystyrene Boards) تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM E 2430-05 و ASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85 .

2/3/3-7 ألواح البولي ستايرين المشكَّل بالبثق (Extruded Polystyrene Boards) تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85 .

3/3/3-7 ألواح البولي يوريثين الممدد (Expanded Polyurethane Boards) تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85 .

4/3/3-7 ألواح البولي ايسو سينورات (Polyisocyanurate Boards) تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 1289-98 و ASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85 .

5/3/3-7 ألواح الألياف المعدنية تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 1101M-95 و ASTM C 1101C-95 و ASTM C 550-95 و ASTM C 612-00a و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85 .

6/3/3-7 ألواح البيرلايت (Perlite boards) تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 728-97 و ASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85 .

4/3-7 المواد العازلة المرغاة موقعية (Foamed-in-Place insulations) تتكون أغلب المواد المرغاة من مجموعتين من المواد تخلط مع بعضها وتتفاعل كيميائياً. من المواد المرغاة الأكثر شيوعاً رغوة البولي يوريثين المرشوش الذي تكون مناسبة لملء التجاويف في الجدران الهيكلية الخارجية.

5/3-7 المواد العازلة العاكسة للحرارة (Reflective Insulations) يشمل هذا النوع من العزل الحراري المواد التالية:

1/5/3-7 الرقائق المعدنية العاكسة (Reflective Foils) تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 1224-99 و ASTM C 727-90 .

2/5/3-7 قطع الرقائق المقواة (Concertina Foil Batts) تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 1224-99 و ASTM C 727-90 .

3/5/3-7 قطع الرقائق متعددة الخلايا (Multi-Cell Foil Batts) تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 1224-99 و ASTM C 727-90 .

يفترض ان جميع المواد المشار إليها في الفقرات المذكورة آنفاً مناسبة للاستعمال في الجدران الهيكلية.

3/1/3-7 الصوف الزجاجي والصخري المدعم برقائق معدنية مثل رقائق الألمنيوم
(Glass and Rock Wool with Aluminum Foils)

يكون مطابقاً للمواصفة الأمريكية ASTM C 167-98.

4/1/3-7 المواد العضوية (Organic Materials)

ومنها مثلاً الصوف الطبيعي و البولي استر . تكون مطابقة للمواصفة الأمريكية ASTM C 167-98 .
إن جميع المواد لمشار إليها في الفقرات المذكورة آنفاً تستعمل في جميع الجدران المعرضة للظروف الجوية الخارجية (رياح، اشعة شمس، امطار، رطوبة ... الخ).

5/1/3-7 المواد العازلة الفرشية المرنة (Flexible Blankets)

يوصى باستعمال الألياف المعدنية على الجدران ذات السطوح المستوية مثل البلاطات الخرسانية مسبقة الصب التي تكون مطابقة للمواصفة الأمريكية ASTM C1101/C1101M - 95 والمواصفة ASTM C 447-85

2/3-7 المواد العازلة السائبة التي تضخ أو ترش موقعا

(Loose-Fill (blown-in) or Sprayed in Place)

هناك العديد من المواد العازلة بدرارة المترافرة بشكل مواد سائبة تضخ أو ترش موقعا وتشمل:

1/2/3-7 الصوف المعدني مثل الصوف الصخري الحبيبي

يكون مطابقاً للمواصفات الأمريكية ASTM C 687-96 و ASTM C 447-85 .

2/2/3-7 الدائن السيليلوزية والرغوية

تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 687-96 و ASTM C 1015-99 و ASTM C 447-85 .

3/2/3-7 ألياف الزجاج

تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 687-96 و ASTM C 447-85 .

4/2/3-7 حبيبات البيرلايت السائبة

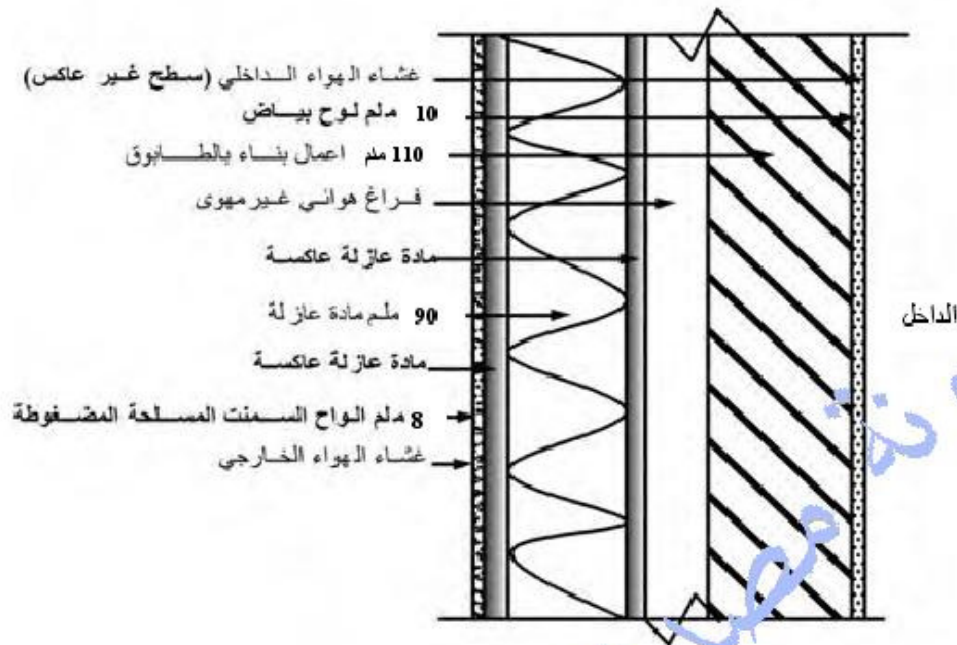
تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 687-96 و ASTM C 549-02 و ASTM C 520-98 و ASTM C 447-85 .

5/2/3-7 حبيبات البولي ستايرين السائبة

تكون مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM C 687-96 و ASTM C 520-98 و ASTM C 447-85 .

3/3-7 المواد العازلة الجاسئة (Rigid Insulations)

هناك العديد من الألواح الجاسئة المستعملة لإغراض العزل لحراري للجدران وأكثرها شيوعاً هي:



الشكل 7-2/10: مقطع لجدار هيكلي بضقة داخلية من الطابوق (الابعاد هي للمثال) [4]
(يُثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-8/4/5)

7-3 المواد العازلة المستعملة في الجدران

يمكن استعمال أنواع مختلفة من المواد العازلة للحرارة في جدران وتشمل هذه الأنواع ما يلي:

7-3/1 المواد العازلة الفروشية والمواد العازلة على شكل قطع (Batts and Blankets)

تستعمل هذه المواد عادة في الجدران الهيكلية الخشبية لإغراض عزل حراري وصوتي معا وتشمل ما يأتي:

7-3/1/1 قطع ألياف الزجاج العازلة للمباني (Glass Fiber Batts Building Insulation)

تكون مطابقة للمواصفتين الأمريكيتين ASTM C 167-98 و ASTM C 165-95.

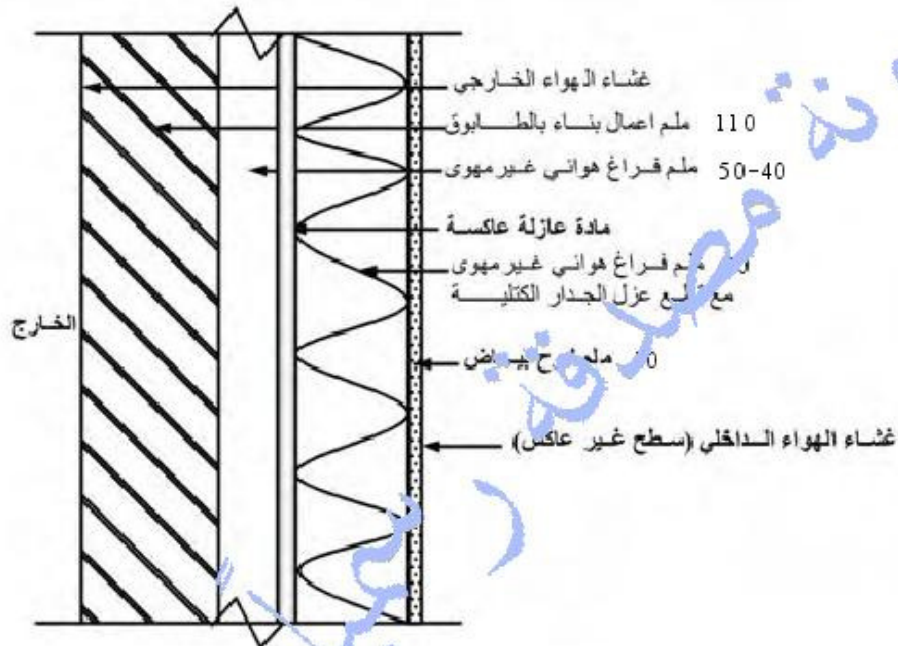
7-3/1/2 قطع الصوف المعدني العازلة للمباني (Mineral Wool Batts Building Insulation)

تكون مطابقة للمواصفة الأمريكية ASTM C 167-98.

7-2/4/1 الجدران الهيكلية الخشبية ذات الواجهة الخارجية من الطابوق

(Brick Masonry Veneer Walls)

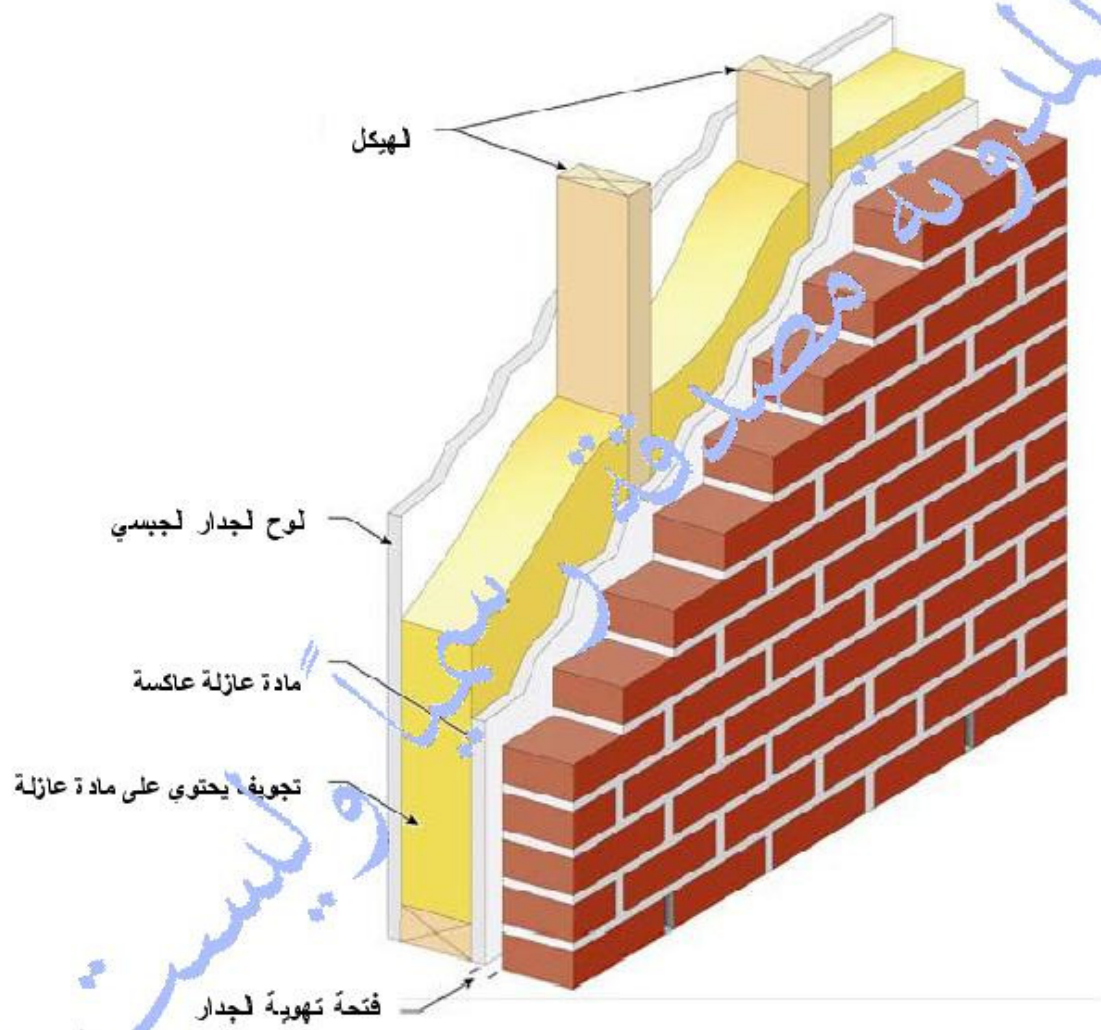
ينبغي إنشاء هذا النوع من الجدران من طبقة من الطابوق الطيني على السطح الخارجي للهيكل الخشبي الخاص بالجدار مع تثبيت مادة العزل الحراري من النوع العاكس مباشرة على السطح الخارجي للهيكل، كما مبين في الشكلين 7-2/8 و 7-2/9.



الشكل 7-2/9: مقطع لجدار هيكلي بواجهة من الطابوق (الابعاد هي للمثال) [4]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-2/4/5)

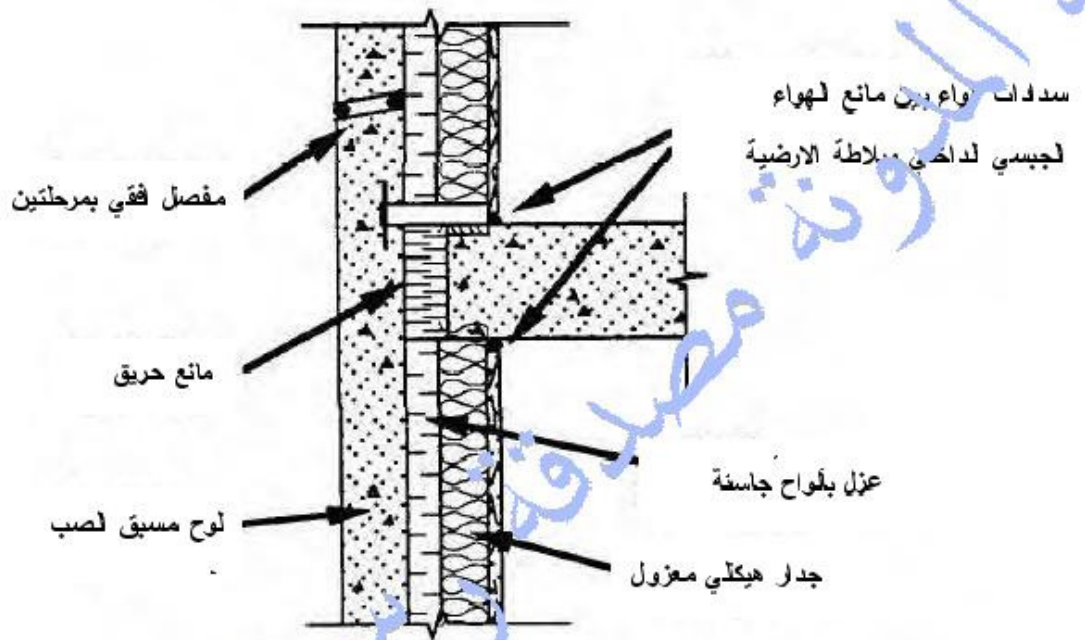
7-2/4/2 الجدران الهيكلية الخشبية ذات الواجهة الداخلية من الطابوق

يتكون هذا النوع من الجدران من طبقة من الطابوق تقع على السطح الداخلي لهيكل الجدار إضافة إلى طبقات أخرى من مواد بناء مختلفة يتألف الجدار منها كما مبين في الشكل 7-2/10.



الشكل 8/2-7: جدار هيكل خشبي بواجهة من الطابوق الطيني [3]

(يُثبت معيق البخار بحسب الفقرة 5/4/8-7)



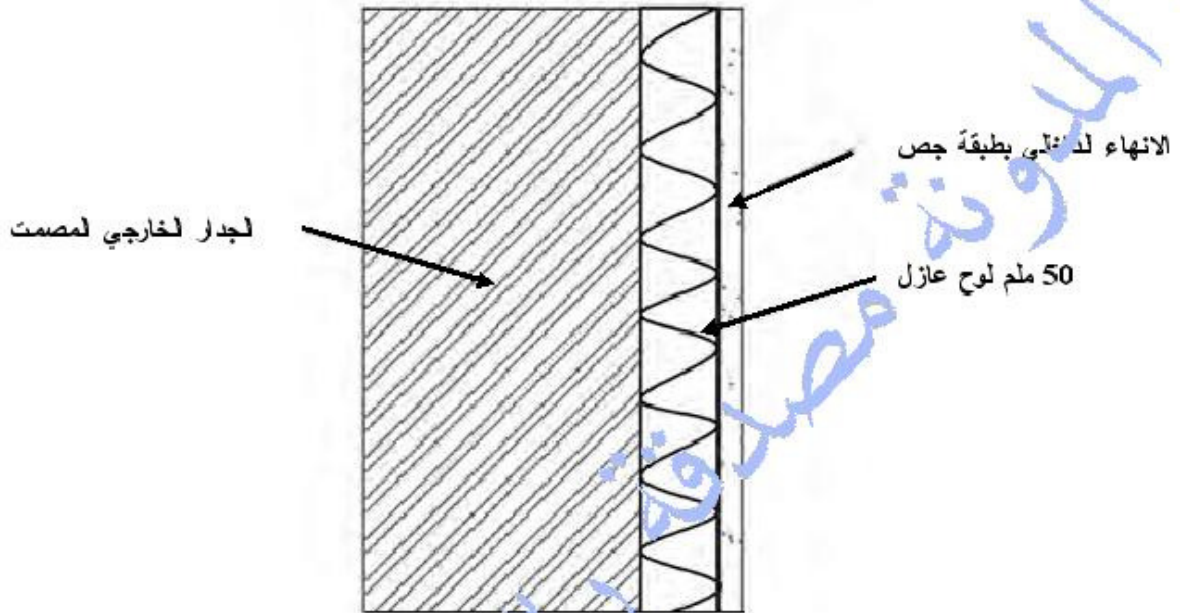
الشكل 7-2: جدار مسبق الصب مع عزل جاسي [2]

(يُثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

4/2-7 الجدران الهيكلية الخشبية [Framed Walls (Stud Walls)]

تصنف الجدران الهيكلية الخشبية التي تحتاج إلى دقة في التنفيذ إضافة إلى ارتفاع كلفتها والمبينة تفاصيلها كمقطع عام في الشكل 7-2/8 إلى:

يحدث التكثف داخل الجدار عند عدم استعمال حاجز البخار الذي يجب تثبيته على السطح الساخن من طبقة العازل الحراري.



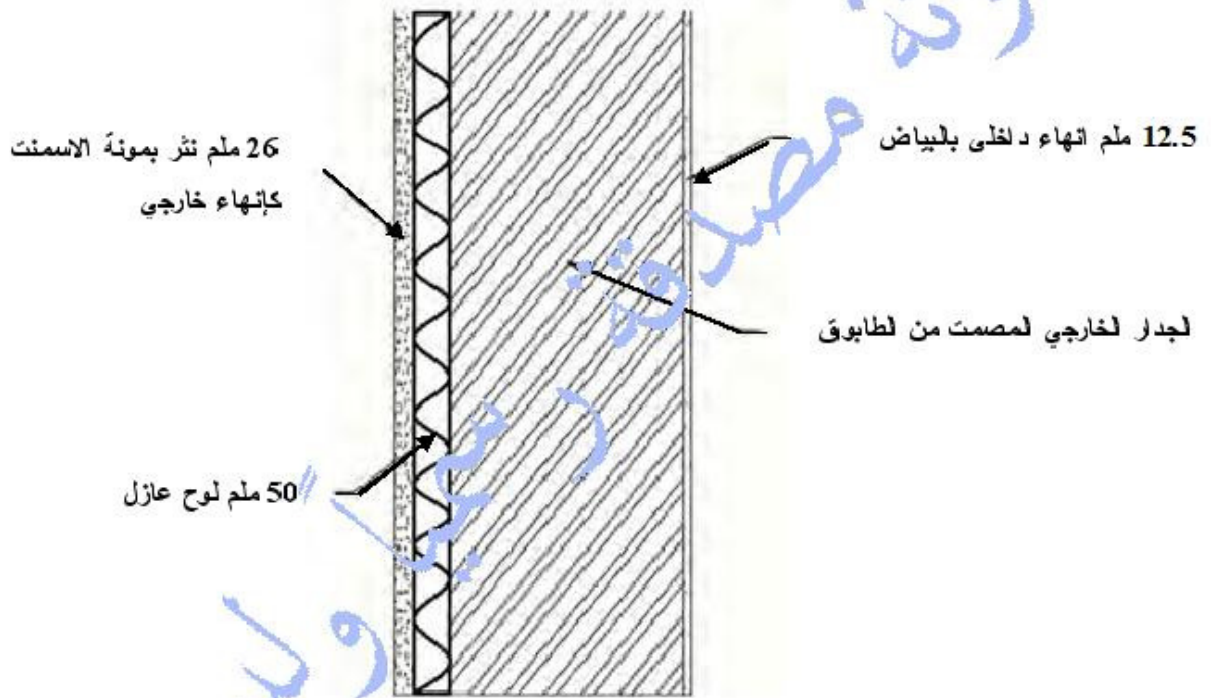
الشكل 7-6/2: تثبيت طبقة العازل الحراري على الوجه الداخلي لجدار مصمت (الأبعاد هي للمثال) [1]
(يُثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4)

7-3/2 جدران الألواح الخرسانية مسبقة الصب (Precast Concrete Panel Walls)
توضع طبقة العازل الحراري على الوجه الداخلي للجدار اللوحي الخرساني سبق الصب المعزول حرارياً حيث تثبت المادة العازلة للحرارة مباشرة على وجهه الخلفي، لاحظ الشكل 7-7/2. في بعض الأحيان توضع طبقة المادة العازلة ضمن وداخل اللوح الخرساني وتسمى الألواح في هذه الحالة بالألواح المركبة أو الألواح الشطائرية (ألواح السندوج) (Sandwich Panel).

2/2-7 الجدران المفردة المصمتة (Solid Walls)

يشمل هذا النوع جدران الكتل الخرسانية، جدران الطابوق الطيني، جدران الألواح الخرسانية. وتكون هذه الجدران مصمتة غير حاوية على تجويف ضمن تركيبها. ويصنف هذا النوع من الجدران اعتماداً على موقع طبقة العازل الحراري إلى:

1/2/2-7 الجدران المفردة المصمتة المعزولة من الخارج بطبقة من المادة العازلة للحرارة وهي جدران توضع فيها الطبقة العازلة للحرارة من الخارج قبل طبقة الانهاء الأخيرة، لاحظ الشكل 5/2-7. إن استعمال العزل الحراري على السطح الخارجي للجدران بعض المساوئ لاحتتمل تضرره نتيجة لتعرضه إلى الصدمات والاحمال الحرارية المباشرة.

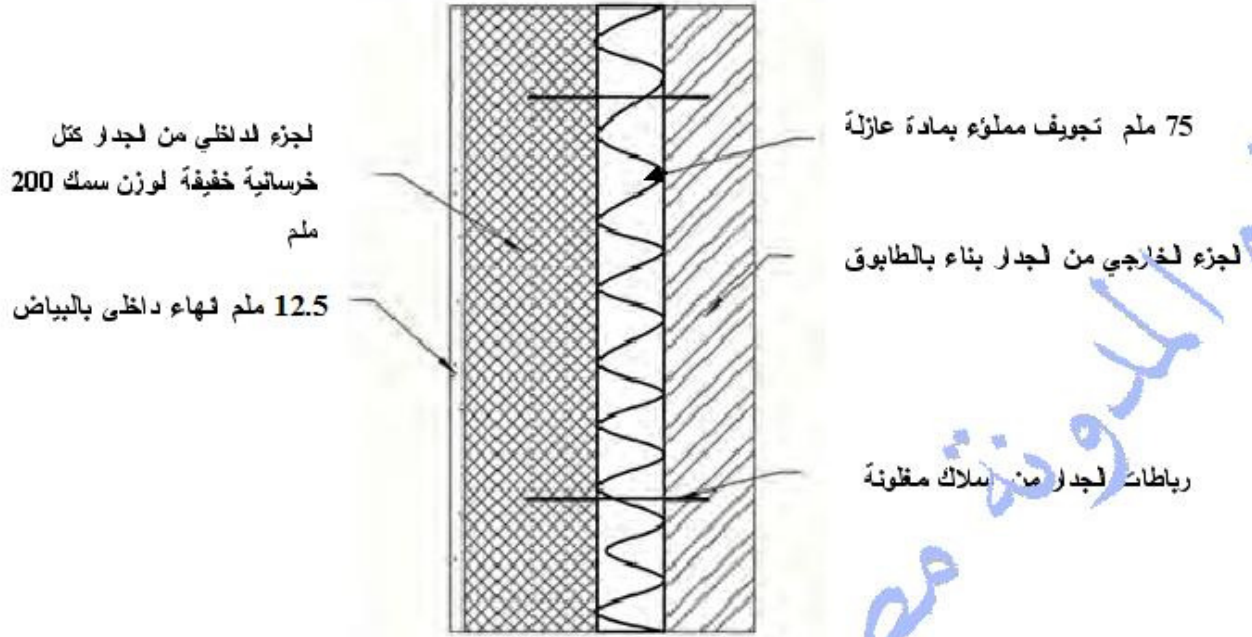


الشكل 5/2-7 : نموذج تثبيت طبقة العازل الحراري على الوجه الخارجي لجدار مصمت

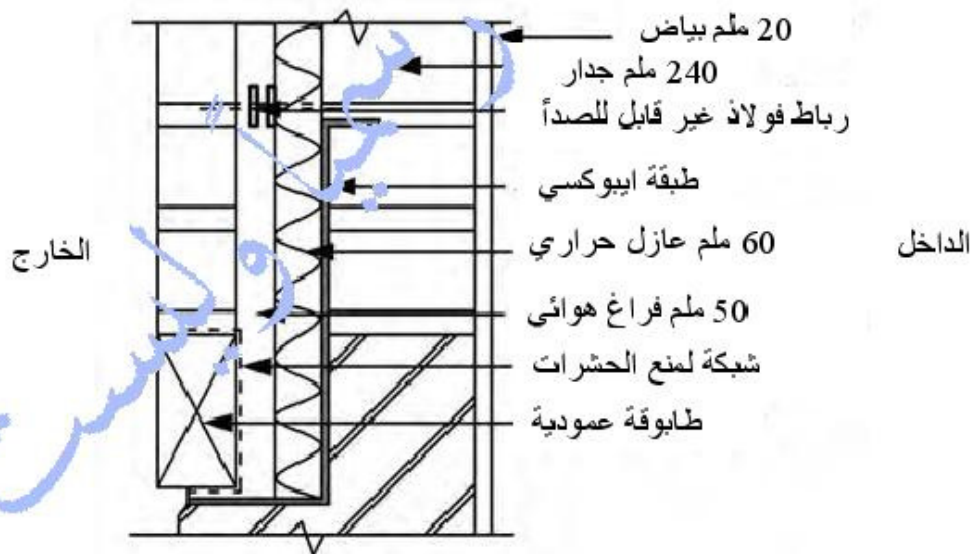
(الأبعاد هي للمثال) [1]

(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 5/4/8-7)

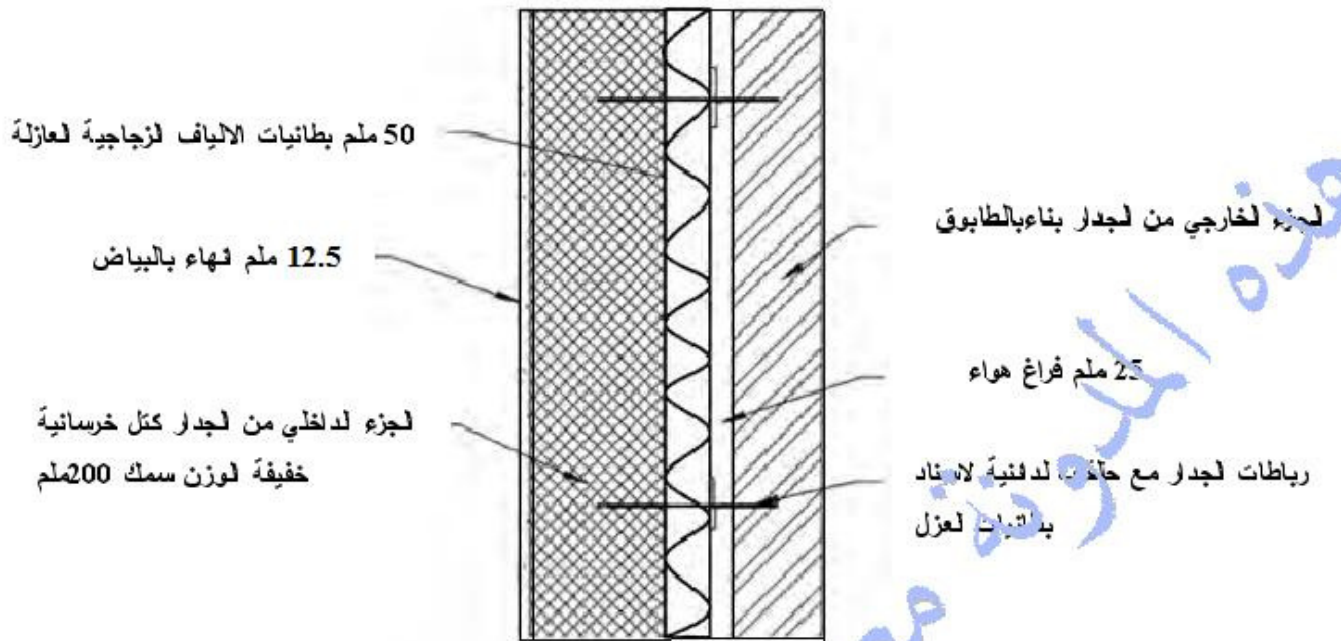
2/2/2-7 الجدران المفردة المصمتة المعزولة من الداخل بطبقة من المادة العازلة للحرارة في هذا النوع توضع طبقة المادة العازلة للحرارة من الجهة الداخلية للجدار قبل طبقة الانهاء الداخلي، لاحظ الشكل 6/2-7. إن استعمال هذا الأسلوب سيقلل من أبعاد الغرفة أو المحيط الداخلي للمبنى كذلك



الشكل 7-3/2: نموذج جدار مزدوج بعزل حراري كلي (الابعاد هي للمثال) [1]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)



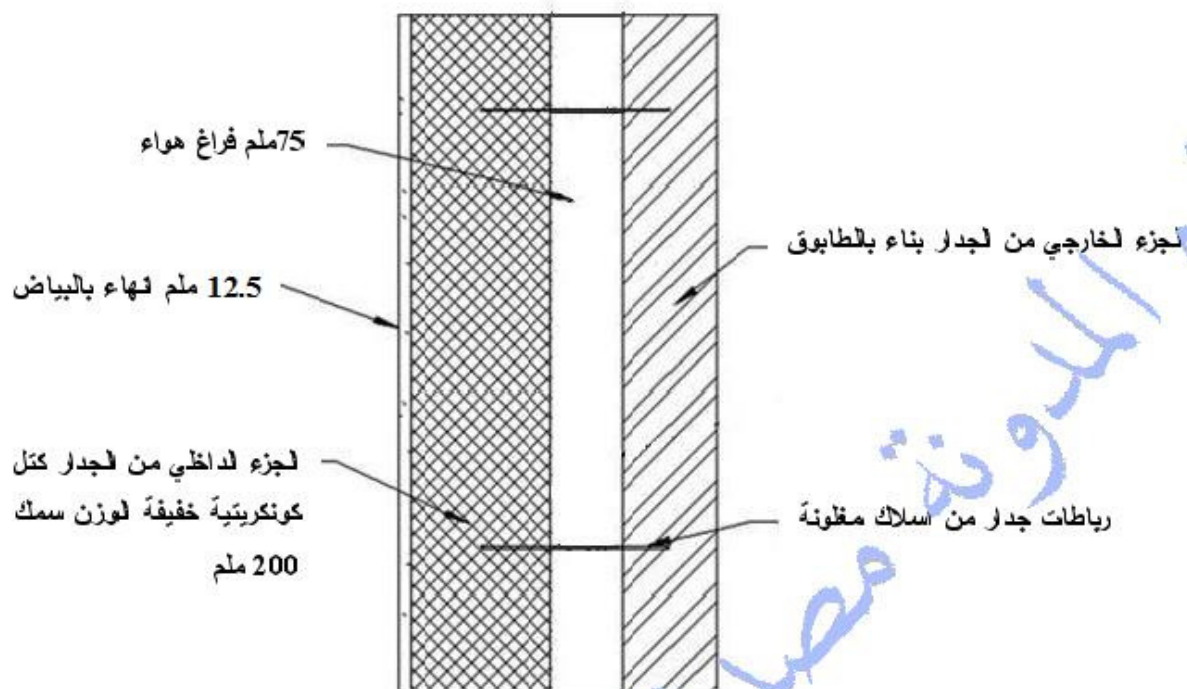
الشكل 7-4/2: نموذج جدار لتثبيت عازل حراري يتأثر بالرطوبة (الابعاد هي للمثال)
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)



الشكل 7-2/2: نموذج جدار مزدوج بعزل حراري جزئي (الابعاد هي للمثل)[1]
(يُثبت معرف البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

3-1/2-7 الجدران المزدوجة ذات التجويف المعزول حرارياً شكل كامل
يتضمن هذا النوع من الجدران تجويفاً بين طبقتي الجدار الخارجية والداخلية مملوءاً بمادة عازلة للحرارة، لاحظ الشكل 7-3/2. ويمكن استعمال هذا النوع في زيادة فعالية العزل الحراري للجدران القائمة المزدوجة ذات التجويف الهوائي الذي لا يحتوي على مواد عازلة المذكورة في الفقرة 7-1/1/2 حيث يكون التنفيذ باستعمال مواد رغوية والتي سيرد ذكرها في البند 7-4/8.

من سلبيات هذا النوع من الجدران امكانية نفوذ الماء من الوجه الخارجي الى الوجه الداخلي للجدار والذي يمكن علاجه اما باستعمال مواد عازلة حاوية على راتنج طاردة للماء او بجعل الدار كما في المخطط الموضح في الشكل 7-4/2. ومن اهم العوازل الحرارية المستعملة لمثل هذا النوع المواد العازلة الرغوية او لتي ترش موقعياً.



الشكل 7-1/2: نموذج جدار مزدوج بتجويف هوائي لا يحتوي على مادة عازلة (الابعاد هي للمثال) [1]
(يشتت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-2/1/2 الجدران المزدوجة ذات التجويف الهوائي الحوي من عزل حراري جزئي
في هذا النوع من الجدران يملأ جزء من التجويف الهوائي بمادة عازلة للحرارة. من اهم العوازل المستعملة في
هذا النوع من الجدران هي المواد العازلة على شكل قطع كقطع الباف الزجاج او قطع الصوف المعدني
والشكل 7-2/2 يوضح تفاصيل جدار مزدوج ذي عزل حراري جزئي.

الباب 7

العزل الحراري للجدران والأبواب والنوافذ

7-1 تمهيد

يتأثر المعامل الاجمالي للانتقال الحراري (U-Value) للجدار الخارجي بشكل كبير بدرجة تعرض الجدار للظروف الخارجية، مقدار الإشعاع الشمسي الذي يتسلمه وحالة الجو من الرياح والرطوبة وعدد الفتحات كالأبواب والنوافذ. تحدث زيادة واضحة في المعامل الإجمالي للانتقال الحراري للجدار الخارجي عند احتوائه على عدد كبير من الفتحات، لأن هذه العناصر لها معامل انتقال حراري أعلى من الجدار.

7-2 أنواع الجدران

يمكن بذ كل عام تصنيف الجدران كالتالي:

7-1/2 الجدران المجوفة (المزدوجة) (Cavity Walls)

يفترض ان تُنشأ هذه الجدران من طبقتين من الطوبوق أو من الكتل الخرسانية لا يقل سمك كل منهما عن 90 ملليمترًا، يفصل بين هاتين الطبقتين فراغ أو تجويف هوائي حيث يعتبر الهواء الموجود في هذا التجويف عازلاً جيداً للحرارة وهو يمنح قارمة جيدة لتدفق الحرارة خلال الجدار. إن زيادة أو قلة سمك التجويف الهوائي للجدار يحكم حالة العزل الحراري للجدار، حيث يجب ان لا يقل سمك التجويف الهوائي للجدار عن 50 ملليمترًا ويمكن ان يصل سمكه إلى 75 ملليمترًا أو حتى 100 ملليمتر كحد أقصى.

ينبغي ان تستعمل روابط الجدران (Wall Ties) لغرض ربط الطبقة الخارجية مع الطبقة الداخلية للجدران المجوفة لتحقيق الاستقرار الإنشائية للجدار. تصنف الجدران المجوفة (المزدوجة) إلى:

7-1/2-1 الجدران المزدوجة ذات التجويف الهوائي الذي لا يحتوي على مادة عازلة

يتم الاعتماد في هذا النوع من الجدران على الهواء الموجود في تجويف كمادة عازلة للحرارة، الشكل 7-1/2.

[6]- “ *Thermal Bridges in Residential Building in Denmark*”, Organization for the Promotion of Energy Technologies, (2002).

[7]- “ *Insulation*” Chapter Seven, Energy Smart Housing Manual, Sustainable Energy Authority Victoria, (2002).

هذه المملوكة مصدقة رسمياً وليس للبيع

2/2/5-6 تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال الألواح الجاسئة

تتبع الخطوات التالية لتنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال مواد العزل لحراري من الألواح الجاسئة مثل ألواح الألياف المعدنية الصلبة، الألواح الزجاجية الخشوية، ألواح البولي يوريثين، ألواح البولي ستايرين ذي الضغط العالي:

1/2/2/5-6 يُثبت الهيكل المعدني للسقف أولاً ثم تصب الخرسانة خفيفة الوزن داخل الهيكل.

2/2/2/5-6 تُثبت الألواح العازلة للحرارة فوق طبقة الخرسانة خفيفة الوزن.

3/2/2/5-6 تُصب طبقة من الخرسانة خفيفة الوزن بسمك 40 مم.

4/2/2/5-6 تُفرش ثلاث طبقات من القير بسمك 30 مم.

5/2/2/5-6 تُفرش طبقة من الرمل النظيف بسمك 40 مم.

6/2/2/5-6 يترك السقف النهائي بالبلاط السمبتي أو أي مادة انتهاء تحظى بموافقة المهندس.

ان تفاصيل تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال ألواح العزل الحراري الجاسئة مبينة في الشكل 6-3/5-6.

6-6 تنفيذ التنفيذ

يجب تنفيذ أعمال تنفيذ العزل الحراري للسقوف النهائية كما يلي:

1/6-6 التأكد أن التنفيذ للسقف النهائي يتم تزي مطابق للرسوم والتفاصيل المعطاة.

2/6-6 التأكد أن ميل السقف النهائي هو مناسب ومطابق لمواصفات العمل.

3/6-6 التأكد أن التصريف الجيد لمياه الأمطار للسقف النهائي.

4/6-6 التأكد أن عملية التثبيت للمادة العازلة للحرارة مطابقة لصفات والمتطلبات المحددة من قبل المنتج.

والتأكد من عدم حدوث أي فراغات بين المادة العازلة والسطوح المثبتة عليها.

5/6-6 يجب أن تطابق خواص المادة العازلة للحرارة متطلبات الفصل 3-5 من مدونة العزل الحراري.

مراجع الباب (6)

[1] - مواصفات بنود أعمال العزل الحراري (إشترطات أسس التصميم والتنفيذ)، جمعية مهندسي العربية، وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، (2008).

[2] - " دليل العزل الحراري " ، اللجنة الإستشارية للطاقة، المركز القومي للإستشارات الهندسية/ إصدار قسم الإعلام والعلاقات العامة وزارة النفط - طبعة جديدة ومنقحة بدون تاريخ.

[3]-Smith, T., " **Building Envelope Design Guide-Roofing Systems**", Supported by Building Enclosure Council (BEC), (2009).

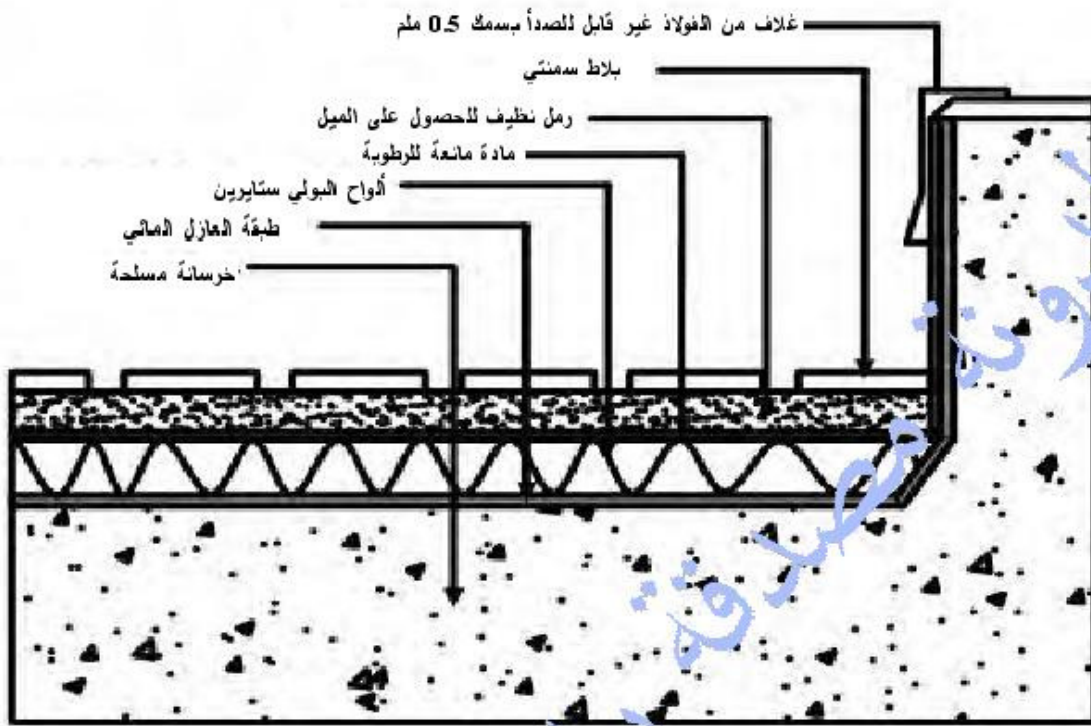
[4]-National Aeronautics and Space Administration (NASA), Division 07-Thermal and Moisture Protection, Section 07220, " **Roof and Deck Insulation**", June (2005).

[5]-Unified Facilities Guide Specifications (UFGS) Section 072200, " **Roof and**

2/3/1/5-6 وضع طبقة من مادة مانعة للرطوبة فوق طبقة العازل للحرارة ثم نقرش طبقة من الرمل فوقها مع مراعاة الحصول على الميل المطلوب للسقف.

3/3/1/5-6 يُكسى السقف النهائي بالبلاط السمنتي أو أي مادة إنهاء تحظى بموافقة المهندس.

إن تفاصيل تنفيذ العزل الحراري للسقف النهائي المقلوب مبينة في الشكل 4/5-6 .



الشكل 4/5-6 : تفاصيل العزل الحراري للسقف بالنظام المقلوب [1]

2/5-6 طرائق تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية

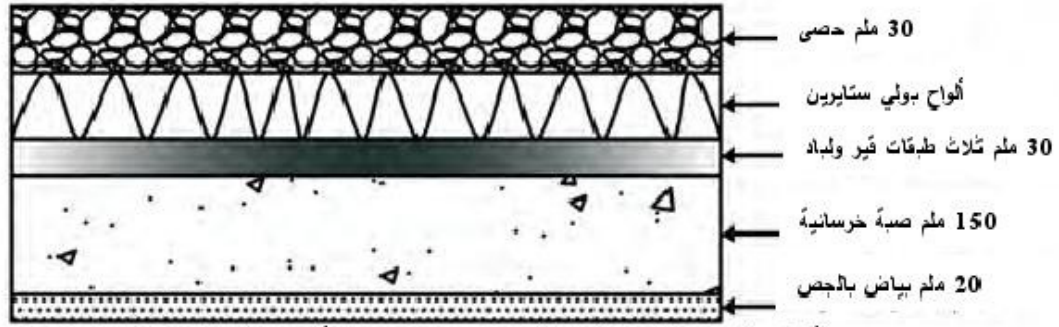
يُستعمل البولي يوريثين والألياف المعدنية لغرض العزل الحراري للسقوف المعدنية ويكون التنفيذ كالتالي:

1/2/5-6 تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال البولي يوريثين

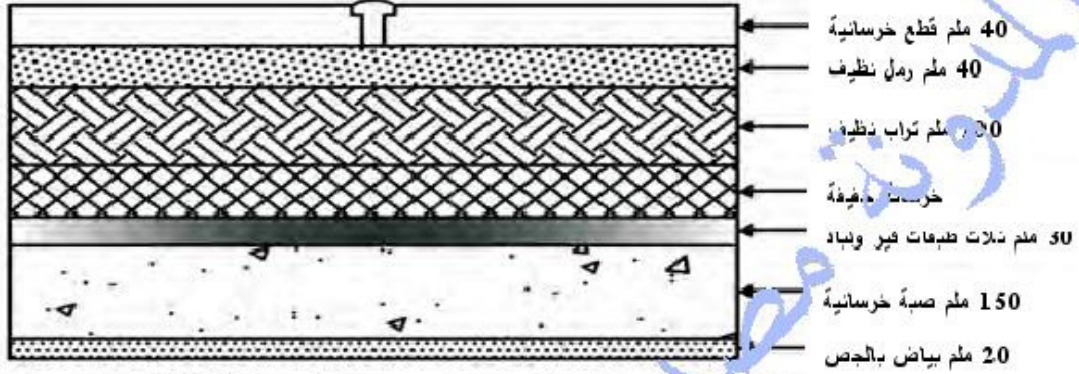
تُتبع الخطوات التالية لتنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال البولي يوريثين:

1/1/2/5-6 يستعمل البولي يوريثين في حالته الرغوية لغرض العزل الحراري في السقوف المعدنية حيث

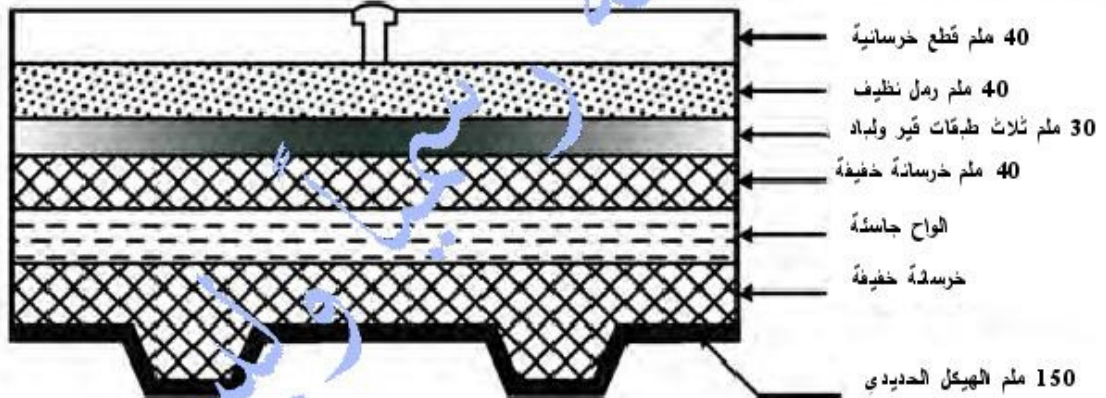
يُحقن بين لوحين معدنيين ويتم ذلك في المصنع بحيث تُنقل السقوف المعزولة الى موقع العمل كاملة.



أ- تسطیح باستعمال عازل حراري من نوع ألواح البولي ستايرين
الابعاد للمثال فقط



ب- تسطیح باستعمال عازل حراري من نوع خرسانة خفيفة
الابعاد للمثال فقط



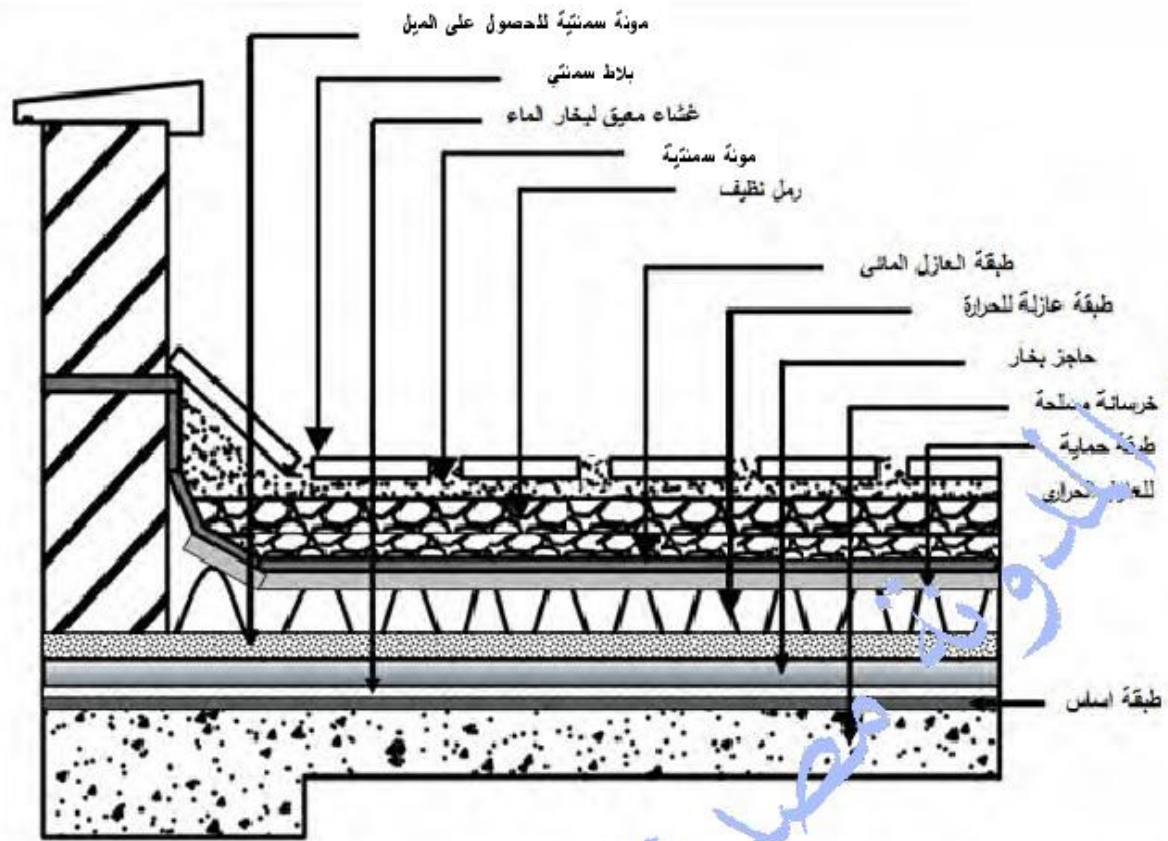
ج- تسطیح باستعمال عازل حراري من نوع ألواح البولي ستايرين في المباني الحديدية
الابعاد للمثال فقط

الشكل 3/5-6: أمثلة لنماذج سقوف معزولة حرارياً [2]

3/1/5-6 طريقة تنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية المقلوبة (المحمية)

تتبع الخطوات التالية عند تنفيذ العزل الحراري لنظام السقف المقلوب:

3/1/5-6 وضع طبقة من العازل المائي فوق بلاطة السقف، ثم نوضع طبقة العازل للحرارة فوقها.



الشكل 1-5-6: تفاصيل العزل الحراري لسقف نهائي تقليدي للمناطق الباردة [1]

أما للمناطق الحارة الجافة فتتبع الخطوات التالية لتنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية التقليدية:

3/2/1/5-6 تُستعمل ثلاث طبقات من القير واللباد فوق الاسدة الخرسانية ثم تُوضع طبقة من البولي أنثلين فوق طبقات القير واللباد.

4/2/1/5-6 تُوضع طبقة العازل الحراري مثل البولي ستايرين ثم طبقة من البولي أنثلين عليها طبقة من تراب نظيف.

5/2/1/5-6 يُستعمل رمل نظيف للحصول على الميل المطلوب للسطح ثم يدس السطح بطبقة من البلاط السمّنتي أو أي مادة انتهاء أخرى مع ملء الفراغات بين البلاطات بالماسك.

ان تفاصيل تنفيذ العزل الحراري للسقف النهائي التقليدي في المناطق الحارة الجافة مبينة في الشكل 2/5-6، كذلك يبين الشكل 3/5-6 أمثلة أخرى لنماذج سقوف معزولة حرارياً.

6-4/1 يجب إن لا يزيد معامل انتقال الحرارة للسقوف النهائية عن 0.5 واط/(م².كلفن) مثلما مبين في الجدول 4-1/8.

6-4/2 من المهم التأكد ان المادة العازلة للحرارة قد تثبتت بشكل صحيح، وذلك لان فعالية العزل الحراري لهذه المادة نقل بشكل كبير عند تثبيتها بشكل غير صحيح.

6-4/3 تجنب حصول ثقوب أو اختراق لطبقة العازل الحراري سواء بالخدمات المختلفة كأنبيب المياه ومجاري الهواء أو بالعناصر الإنشائية المختلفة.

5-طرائق التنفيذ

6-5/1 طرائق تنفيذ العزل الحراري للسقوف الخرسانية المستوية

6-5/1/1 تهيئة سطح السقف الخرساني النهائي المستوي

6-5/1/1/1 يجب إن يكون سطح السقف نظيفاً قبل وضع المادة العازلة للحرارة فوقه.

6-5/1/1/2 من أجل إجراء عملية الإصلاح لكل التشققات الموجودة في سطح السقف النهائي باستعمال مواد الإصلاح الخاصة لهذا الغرض مثل مواد الایبوكسي والمواد البوليمرية. وهناك عدة أسماء تجارية شائعة يمكن استعمالها. عند التأكد من مطابقتها للمواصفات التي من أهمها ASTM C 882-99.

6-5/1/1/3 معالجة كل من نقاط التقاء السطوح الرأسية (ستارة لسقف النهائي) مع السطوح الأفقية للسقف النهائي وكذلك أماكن مفاصل الصب باستعمال المونة الخاصة بذلك مثل الحشوات الفلينية.

6-5/1/1/4 معالجة أماكن اختراق التراكيب الميكانيكية للسقف النهائي بالمونة الخاصة لهذا الغرض.

6-5/1/2 طريقة تنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية التقليدية

ينفذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية التقليدية المناطق الباردة باتباع الخطوات التالية:

6-5/1/2/1 تثبت غشاء معيق للبخر فوق بلاطة السقف النهائي ثم وضع حاجز الرطوبة وبعده طبقة مونة سميتة للحصول على الميل ثم طبقة العازل الحراري ، ثم يوضع مانع البخار لمنع بخار الماء من الاختراق إلى طبقة العازل لحراري.

6-5/1/2/2 تُوضع طبقة العازل المائي ثم طبقة من الرمل النظيف مع إعادة الحصول على الميل المطلوب ثم يُكسى السطح بطبقة من البلاط السميتي أو أي طبقة إنهاء تحظى بموافقة المهندس، كما مبين في الشكل 6-5/1 الذي أخذ بنظر الاعتبار أسلوب التسطیح المقترح في الدراسة المقدمة من قبل المركز الوطني للإستشارات الهندسية في وزارة الإعمار و الإسكان.

الباب 6

العزل الحراري للسقوف النهائية المستوية

1-6 تمهيد

يحدث فقدان أو اكتساب كبير للحرارة خلال السقوف النهائية للمبنى ولهذا السبب أصبح من الضروري استعمال مواد عازلة للحرارة عند إنشاء السقوف النهائية للمبنى لغرض تيسير عزل حراري مناسب لهذه السقوف. يعتبر تكثف بخار الماء داخل السقوف النهائية ونقل الحرارة الكبير من الخارج الى الداخل الذي يحدث صيفاً في المناطق الحارة الجافة من المشاكل المهمة التي تتعرض لها هذه السقوف. ولمنع حدوث هذا التكثف مع تهيئة عزل حراري مناسب للسقوف النهائية فان ذلك يتطلب تصميماً جيداً ومناسباً للعزل الحراري لها.

2-6 أنواع أنظمة العزل الحراري في السقوف الخرسانية المستوية

بشكل عام هناك نوعان لنظم العزل الحراري للسقوف الخرسانية النهائية المستوية هما:

1/2-6 النظام التقليدي للعزل الحراري (Traditional Thermal Insulation System)

في هذا النظام تثبت طبقة العازل الحراري أسفل طبقة العازل المائي. ويكون هذا النظام في مناسباً حالة استعمال مواد عازلة للحرارة ذات قابلية امتصاص عالية للماء.

2/2-6 النظام المقلوب (المحمي) للعزل الحراري (Inverted Thermal Insulation Roof System)

في هذا النظام، تثبت طبقة العازل الحراري فوق طبقة العازل المائي، مما يساعد في المحافظة على طبقة العزل المائي من التغيير في درجات الحرارة. وتستعمل في هذا النظام مواد العزل الحراري الأقل قابلية لامتصاص الماء.

3-6 مواد العزل الحراري المستعملة في السقوف النهائية المسطحة

إن مواد العزل الحراري المستعملة في السقوف النهائية المستوية يجب أن تمتاز بالخواص المبينة في

الفصل 3-3

هناك خمسة أشكال رئيسية للمواد العازلة للحرارة المستعملة في السقوف النهائية المستوية وهي:

1/3-6 المواد العازلة الفرششية (Blankets)

2/3-6 المواد العازلة السائبة (Loose - Fill Insulations)

3/3-6 المواد العازلة المرغاة موقعا (Foamed - In - Place Insulations)

4/3-6 المواد العازلة الجاسئة (Rigid Insulations)

5/3-6 المواد العازلة العاكسة (Reflective Insulations)

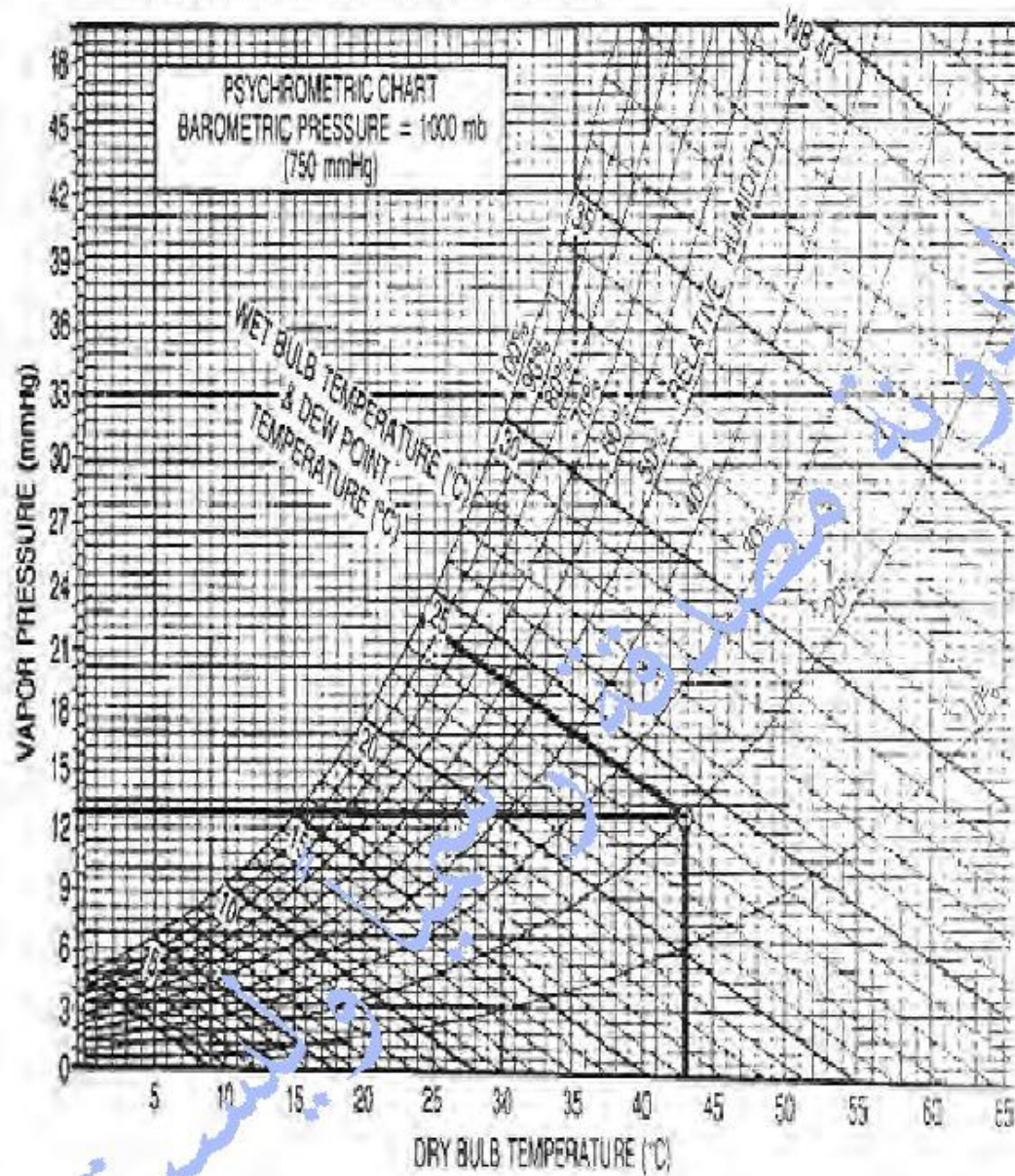
4-6 متطلبات تصميم العزل الحراري للسقوف النهائية المستوية

يمكن تلخيص أهم المتطلبات لتصميم لعزل الحراري للسقوف النهائية المستوية بما يلي:

مراجع الباب (5)

- [1]-Straube ,J . F., "**Moisture in Buildings**", ASHRAE Journal , (2002), 5pp.
- [2]-Lstiburek , J., "**Relative Humidity**", Building Science Corporation, (2002),8pp.
- [3] - الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني " كود العزل الحراري"، جامعة الدول العربية، مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب، (2003).
- [4]-Lstiburek , J., "**Moisture Control for Buildings**", ASHRAE Journal, (2002),6pp.
- [5]-Directory of Building Inspection and Testing Professionals , "**Table of Dew Point Data for Building Condensation** ", www.inspectApedia.com
- [6]-American Society for Testing and Materials E2178-03, "**Standard Test Method for Air Permeance of Building Materials** ", Annual Book of ASTM, (2003), 7PP.
- [7]-"**Insulation Hand Book Part 1: Thermal Performance**", an Independent Publication of The Insulation Council of Australia and New Zealand, March,(2008).

THEMAL STANDARDS AND MEASUREMENT TECHNIQUES



الشكل 5-1/8 : تحديد نقطة الندى وضغط بخار الماء [5]

إن أهم المتطلبات التي يجب توافرها في مواد حواجز الهواء هي الديمومة وعدم نفاذية الهواء والاستمرارية والإسناد الإنشائي.

الديمومة: يجب اختيار المادة المناسبة لعمر المبنى وإلا فهي ستحتاج إلى صيانة دورية
عدم نفاذية الهواء: يجب اختيار المادة التي تمنع الهواء من المرور خلالها وبحسب الشروط التي حددت في المواصفة ASTM E 2178.

الاستمرارية: يجب ضمان ترابط القطع المستعملة كحواجز للهواء سواء في السقوف أو الجدران أو الأرضيات وعدم ترك الفراغات التي تسمح بتسرب الهواء.

الإسناد الإنشائي: يجب إسناد المواد بمثبتات أو مواد لاصقة لتتمكن من تحمل أحمال الرياح أو مكيفات الهواء بدرجتها أو نكسرها أو تلفها أو إزاحتها أو انحنائها.

من المهم تحديد مقاومة المواد لتسرب الهواء فإذا قلت عن 50% من ضغط الهواء فلا يمكن اعتبارها حواجز للهواء وإنما هي طوائف الهواء (Air Retarders).

5-7/2 موقع الحواجز الهوائية ضمن البناء

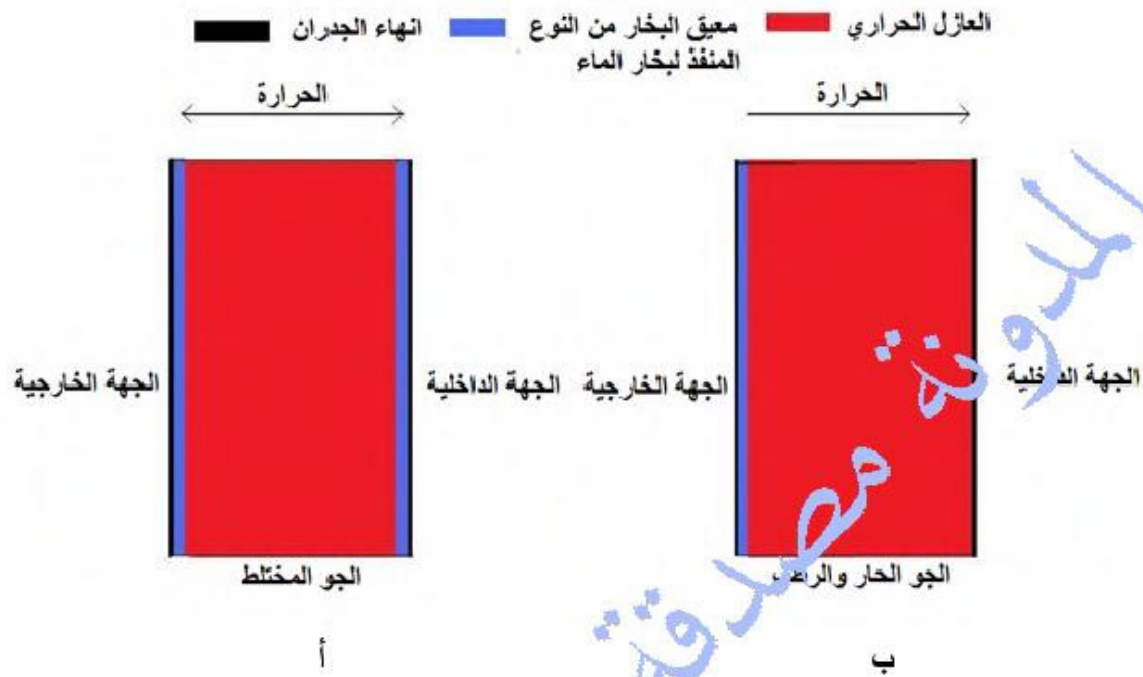
يثبت حاجز الهواء في أي مكان في البناء بهدف منع تسرب الهواء، ولكن يمكن الاستفادة من حاجز الهواء كمبطئ لبخار الماء أيضاً بدونه في الجهة الرطبة والدافئة من المبنى حيث ضغط بخار الماء عال، وفي هذه الحالة يسمى بحاجز الهواء والبخار وعند استعماله خارجياً يجب أن تكون مادته تتحمل التغيرات الحرارية المسببة لتمدددها وتقلصها، وعليه تستعمل مواد مقاومة للأشعة فوق البنفسجية. وكما يجب توافر تهوية كافية ليومين أو ثلاثة أيام عند استعمال مواد تختم للمعالجة.

5-8 تحديد نقطة الندى السطحية للأبنية

تمثل نقطة الندى (Dew point) درجة الحرارة التي عندها يبدأ بخار الماء بالتكثف بعد ملامسة الهواء للسطوح الباردة للأبنية. لا يحدث تكثف لبخار الماء عند درجات حرارة أعلى من نقطة الندى، ولكن عند درجات حرارة مساوية أو أقل من نقطة الندى فإن بخار الماء يتكثف على أسطح الأبنية الملامسة للهواء. يمكن تقدير مدى حدوث التكثف لبخار الماء على أسطح الأبنية باستعمال الشكل 5-1/8، حيث يشير هذا الشكل إلى العديد من خواص الهواء. عند معرفة خاصيتين للهواء فقط وبعد تحديد نقطة التقاطع، يمكن إيجاد الخواص الأخرى للهواء من الشكل. عند رسم خط أفقي من نقطة التقاطع يوازي المحور السيني فإن نقطة تقاطعه مع منحنى التباعد الممثل للرطوبة النسبية 100% يمثل نقطة الندى. مثال على ذلك، عندما تكون درجة حرارة الغرفة 43 درجة مئوية والرطوبة النسبية 20% فإن نقطة الندى هي 15 درجة مئوية وكما مبين في

الشكل 5-1/8.

أما في الأجواء الحارة والرطبة كما في جنوب العراق، تحتاج الأبنية إلى حمايتها من الرطوبة الخارجية لذلك تثبت معيقات بخار الماء على السطح الخارجي للعناصر البنائية لمنع انتقال بخار الماء إلى داخل البناء (لاحظ الشكل 5-1/6 (ب)).



الشكل 5-1/6 : أماكن تثبيت معيقات بخار الماء [4]

5-7 الحواجز الهوائية (Air Barriers)

تعرف الحواجز الهوائية على أنها وسيلة لحماية المبنى بما فيه المواد البنائية و العوازل الحرارية من التلف بسبب الرطوبة. وعليه يجب أن تكون حواجز الهواء مقاومة لتسرب الهواء وقوية وذات ديمومة عالية ومحيطة بالبناء ومستندة على سطوح خارجية وداخلية قوية تمنعها من الحركة عند هبوب الرياح القوية.

5-7/1 المواد والمتطلبات

تستعمل العديد من المواد كحواجز للهواء على شكل طبقات من مواد مصمتة لسطوح الكبيرة أو شرائح للمفاصل المتحركة.

نقسم مواد حواجز الهواء إلى:

5-7/1/1 طبقات مرنة مثل البولي أثيلين.

5-7/1/2 طبقات المواد المصمتة كالخشب الرقائقي (المعاكس)، الزجاج.

5-7/1/3 مواد الختم مثل رغوة البوريثان، السليكون

5-7/1/4 شرائح لحجز الهواء والتي تثبت مع الأبواب والنوافذ.

الجدول 5-6/2 : العلاقة بين موضع استعمال الغشاء المعيق لانتقال الماء وبين الخاصية المطلوبة منه

ت	النوع	مقاومة الانتقاب	مقاومة القشط	مقاومة التمزق	مقاومة الحرائق	مقاومة الصدا	مقاومة التعفن	مقاومة الشد
1	الجدران في الابنية السكنية	واطنة	واطنة	واطنة				
2	تحت اسقوف للابنية التجارية والسكنية	عالية	عالية	واطنة			مفضلة	
3	عوازل الانابيب (صفر درجة مئوية)	متوسطة	متوسطة	متوسطة	مفضلة	مفضلة		واطنة
4	عوازل الانابيب (تحت درجة الصفر المئوي)	عالية	عالية	عالية	مفضلة	مفضلة		متوسطة
5	عوازل مجاري الهواء والتكييف	متوسطة	متوسطة	متوسطة	مفضلة	مفضلة		متوسطة
6	عوازل الابنية المعدنية	متوسطة	متوسطة	متوسطة	مفضلة	مفضلة		متوسطة

5-6/2 موقع معيقات بخار الماء ضمن البناء

في الأجواء المختلطة (الحارة والباردة) في العراق وخاصة في المناخات الشامية والوسطى والغربية منه، تحتاج الأبنية إلى حمايتها من لرطوبة الخارجية والداخلية. تثبت معيقات بخار الماء ذات النفاذية على كلا السطحين الداخلي والخارجي للعناصر البنائية وذلك للسماح لبخار الماء بالانتقال الى خارج البناء ومنع تجمعه ضمن البناء. إن ضغط بخار الماء يكون أعلى في الوجه الساخن للعنصر الإنشائي من وجهه البارد، لذا يكون انتقال بخار الماء من منطقة لضغط الأعلى (الوجه الساخن) نحو منطقة الضغط المنخفض (الوجه البارد)، و في الأبنية السكنية يكون الفرق في ضغط بخار الماء (بين داخل البناء و خارجه) أكبر ما يمكن في فصل الشتاء، ويكون اتجاه حركة بخار الماء من داخل البناء (الادفأ) نحو خارجه (الأبرد). لذا يجب أن توضع الطبقة المعيقة لبخار الماء عند الوجه الداخلي الادفأ مع مراعاة أن تكون المادة التي تغلف المادة العازلة من الجهة الباردة ذات مقاومة بخار ماء منخفضة لتسهيل عملية مرور بخار الماء من خلالها نحو السطح الخارجي للبناء قبل أن يتكثف داخل العازل الحراري ويضر به. (لاحظ الشكل 5-6/1 (أ)).

- 5- 5/1/6 مواد شبه منفذة لبخار الماء مثل الخشب الرقائقي (المعاكس) والأسفلت الثقيل
- 5- 6/1/6 مواد منفذة لبخار الماء مثل الألواح الجبسية غير المطلية والعوازل السليلوزية.

الجدول 5-1/6: مقاومة المواد لنفاذ بخار الماء [3]

ت	المواد	مقاومة بخار الماء (نيوتن * 10 ⁶ . ثانية / غم . متر)
1	الصخور البنائية الجيرية والرممية	135 - 80
2	الوحدات الخرسانية المصمتة	80 - 54
3	الوحدات الخرسانية المجوفة	54 - 27
4	الطابوق الطيني المصمت والمجوف	54 - 27
5	خرسانة الركام الخفيف الوزن	800 - 380
6	الخرسانة الرغوية	54 - 27
7	الكاشي السيراميكي	1620 - 540
8	السطح	4300
9	اللبخ بالسمنت	190 - 80
10	البياض بالجص	54
11	الخشب الطبيعي	200
12	ألواح الخشب الرقائقي (المعاكس)	450 - 270
13	الاسفلت والفار سمك 20 ملم	10000
14	ألواح البولي ستايرين (كثافة 30 كغم / م ³)	540 - 200
15	ألواح البولي ستايرين (كثافة 25 كغم / م ³)	380 - 160
16	ألواح البولي ستايرين (كثافة 15 كغم / م ³)	270 - 100
17	البولي يوريثان	540 - 100
18	الألياف النباتية والمعدنية	4
19	ألواح الفلين لمزفت	160 - 27

5-2/5 زيادة درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء بعزلها حراريا بشكل جيد بحيث لا يزيد الفرق بين درجة حرارتها ودرجة حرارة الهواء الداخلي على (3 درجات مئوية).

5-3/5 أن تكون الطبقة التي تلي مادة العزل الحراري من الجهة الباردة فيه ذات نفاذية عالية لبخار الماء لتساعد على مروره خلالها بسهولة إلى السطح الخارجي بدون أن يتكاثف على مادة العزل الحراري ويضر بخصائصها الحرارية.

5-4/5 اختيار المواد الإنشائية بحيث تقل مقاومتها لبخار الماء كلما تجهنا الى الطبقات الإنشائية الخارجية.

5-5/5 أن توضع طبقة العازل الحراري داخل العنصر الإنشائي أقرب إلى جانبه الخارجي في حين توضع الطبقات الأخرى مقاومة للحرارة في الجانب الداخلي منه.

5-6/5 تشغيل التدفئة المستمرة لمدة تزيد على 16 ساعة / اليوم في الأبنية الثقيلة كالأبنية الحجرية والخرسانية لتجنب تكثف الرطوبة على السطوح الداخلية للجدران الخارجية التي تحتاج لمدة زمنية لخرن الحرارة قبل أن تصبح درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة نقطة الندى.

5-7/5 تشغيل التدفئة غير المستمرة لمدة نقل عن 8 ساعات/اليوم للأبنية الخفيفة والأبنية المعزولة حراريا.

6-5 معوقات بخار الماء (Vapor Retarder)

تعرف معوقات بخار الماء على أنها مواد تبطئ لنقل بخار الماء. وتكون من مواد ذات أشكال وخواص ومواصفات مختلفة تثبت على وفق متطلبات وطرائق محددة. لاحظ الجدول 5-6/1 الذي يبين مقاومة المواد لنفوذ بخار الماء (Water Vapor Permeability).

5-6/1 المواد والمتطلبات

تستعمل مواد معوقات بخار الماء بالأشكال التالية:

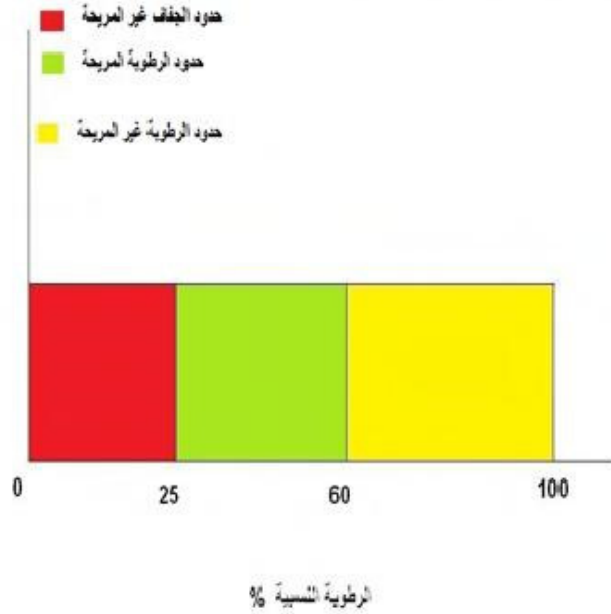
5-6/1/1 أغشية غير حاملة للأثقال مصنعة على شكل طبقات ورقائق لدنة أو رقائق معدنية مطوية لاحظ الجدول 5-6/2 الذي يبين العلاقة بين موضع استعمال لغشاء وبين الخاصية المطلوبة منه بحسب متطلبات المواصفة الأمريكية ASTM C 755-97.

5-6/1/2 مواد قيرية بنفاذية واطئة و شبه سائلة، تُرش على أو تُطلى بها السطح باستعمال المالج أو الفرشاة أو أية وسيلة أخرى تحظى بموافقة المهندس المخول.

5-6/1/3 مواد بنائية صلبة أو شبه صلبة ذات نفاذية واطئة تشكل جزءا من البناء.

ومن الممكن تصنيف معوقات بخار الماء اعتمادا على نفاذيتها و كميالي:

5-6/1/4 مواد غير منفذة لبخار الماء مثل الأغشية المطاطية، رقائق البولي إيثيلين والزجاج وطلاء الألمنيوم المطوية.



الشكل 2/4-1: الرطوبة النسبية و الارتياح للاماكن المأهولة [2]

2/4-5 أضرار التكثف السطحي

1/2/4-5 يعتبر وجود الرطوبة على السطوح الداخلية للأبنية سببا رئيسا في التلوث الداخلي بسبب ما لها من تأثيرات سلبية على صحة الإنسان نتيجة نمو البكتريا بالإضافة إلى تلف العناصر البنائية.

2/2/4-5 يسبب زيادة كلفة التكييف.

3/2/4-5 يسبب زيادة كلفة الصيانة الدورية للأبنية بسبب تلف مواد الانتهاء الداخلية للسقوف و الجدران.

4/2/4-5 يسبب نقصان المقاومة الحرارية للعنصر الإنشائي وتعازل الحراري نفسه إن حصل داخله.

3/4-5 أضرار التكثف داخل العنصر الإنشائي

1/3/4-5 يسبب تجمع الرطوبة داخل العناصر الإنشائية ومنها الخرسانة المسلحة صدأ حديد التسليح والمعادن الأخرى.

2/3/4-5 يسبب انتفاخ وتلف مواد العزل الحراري.

3/3/4-5 وجود الأملاح والمركبات الكيميائية وزيادة تراكيزها يؤدي إلى تدهور المواد الإنشائية وكذلك، قد يؤدي إلى تلف بعض أنواع التأسيسات الكهربائية والميكانيكية والصحية.

5-5 الإجراءات اللازمة لتجنب تكثف بخار الماء

1/5-5 زيادة معدل التهوية الطبيعية أو الميكانيكية الى حوالي 30 م³ / الساعة للتخلص من رطوبة الهواء الداخلي بتجديد الهواء بهواء جاف نقي فتزداد درجة حرارة نقطة الندى الداخلية. ولأجل ذلك يجب أن لا تقل

المساحة المفتوحة المخصصة للتهوية الطبيعية عن 5 % من المساحة الداخلية للتطبيق.

2/3-5 تسرب الهواء (Air Leakage)

يتسرب الهواء خلال البناء من الداخل للخارج وبالعكس بسبب عدم السيطرة على حركته نتيجة عدم احكام غلق منافذ البناء ووجود الفراغات بين اطر الأبواب والنوافذ والجدران وغيرها.

3/3-5 انتقال الرطوبة

تنتقل الرطوبة من المناطق ذات تركيز البخار العالي إلى مناطق تركيز البخار الاوطأ من خلال مواد مسامية أو من خلال الخاصية الشعرية. يمكن تلخيص مصادر الرطوبة داخل البناء وكميلتها الناتجة منها في الجدول 1/3-5.

الجدول 1/3-5: المصادر الداخلية المتنوعة للرطوبة [1]

ت	المصادر	الرطوبة الناتجة (لتر/يوم)
1	الاستحمام (معدل التبخر لكل شخص)	1.2
2	الاستحمام لكل شخص	0.4 – 0.2
3	غسل الأرضيات	0.2
4	غسل الصحون	0.5
5	الطبخ لأربعة أشخاص	2 - 0.9
6	التبخر الفصلي للمواد الإنشائية للمنزل	8 - 3
7	النباتات (خمسة نباتات)	0.5 – 0.2
8	الحيوانات المنزلية (حيوان واحد)	0.5 – 0.2

4-5 أضرار تكثف بخار الماء

1/4-5 اضرار الرطوبة النسبية

يتراوح معدل الرطوبة النسبية المريحة للإنسان بين (25- 60) % وعند نقصان الرطوبة النسبية الى اقل من 25 % أو زيادتها الى اعلى من 60 % سيكون مقدار الرطوبة النسبية غير مريح والشكل 1/4-5 يوضح المجال المريح للرطوبة النسبية لانعكاسه المناسب على تكثف بخار الماء.

الباب 5

تأثير الرطوبة الداخلية وفوائد معيقات بخار الماء وحواجز الهواء في الأبنية

1-5 تمهيد

تتعرض اغلب الأبنية إلى مصادر عديدة للرطوبة والبخار مسببة تلفا للمواد البنائية غير المقاومة للرطوبة بتعجيل تآكلها وصدئها وتدهور حالتها مع الزمن. يهتم هذا الفصل بأنواع تكثف بخار الماء والعوامل المسببة له والمشاكل والحلول والطرائق المتبعة لمنع تكثف بخار الماء في الجدران والسقوف والأرضيات وأخيرا معيقات البخار وحواجز الهواء.

5-2 أشكال تكثف بخار الماء

يبدأ التكثف عند انخفاض درجة حرارة الهواء إلى نقطة الندى (dew point) أو عند تماس الهواء الرطب مع سطح بارد. ويخزن التكثف لبخار الماء على شكلين:

5-2/1 تكثف بخار الماء السطحي (Surface Condensation)

يحدث عندما يكون الهواء الرطب في تماس مع سطح داخلي بارد للبنية. ويلاحظ ذلك في المطابخ والحمامات والنوافذ وفي المساح الداخلية والمغلقة.

5-2/2 تكثف بخار الماء داخل العنصر الإنشائي (Interstitial Condensation)

يحدث عند انتقال الرطوبة الناتجة من بخار الماء من الأماكن الدافئة (حيث يكون فيها ضغط بخار الماء أكبر) خلال المواد البنائية إلى السطوح الأبرد (التي يكون فيها ضغط بخار الماء أوطأ) بسبب الخاصية الشعرية لدخول الماء عبر مسام المادة مما يؤدي إلى تلف الطبقات الداخلية للمواد البنائية مع الزمن. وعليه من المهم جدا وضع معيقات لانتقال بخار الماء (Vapor barriers) ومثال عليها رقائق البولي إثيلين والاسفلت الثقيل... الخ.

ان هذه الظاهرة لا تشكل خطورة او اهمية كبيرة إلا في مناطق محدودة. فالتكثف قلما يحدث في الصيف لأن الفرق في درجة حرارة الداخلية للأبنية لا يكون اقل من (15-20) درجة مئوية عن درجة الحرارة الخارجية. ولا يحدث إلا عندما تكون الرطوبة في الخارج عالية جدا وهذه الظروف لا تكون إلا في أوقات وجيزة جدا وفي مناطق محددة جدا في شمال العراق.

5-3 العوامل المسببة لتكثف بخار الماء

تشمل العوامل المسببة لتكثف بخار الماء ما يلي:

5-3/1 تدفق الحرارة (Heat Flow)

يكون سريان أو انتقال الحرارة من السطح الأكثر حرارة إلى السطح الأقل حرارة ويتأثر هذا الانتقال بالفرق بين درجة حرارة السطحين وخواص المواد التي تنتقل الحرارة من خلالها.

[10]-National Mechanical Insulation Committee (NMIC)“ ***Mechanical Insulation Design Guide-Design Data***”, (2009).

[11]-Persily, A.K., “ ***Envelope Design Guidelines for Federal Office Buildings: Thermal Integrity and Air Tightness***”, March, (1993).

[12]-International Organization of Standards (ISO), 9774, “ ***Thermal Insulation for Building Applications- Guidelines for Selecting Specification Requirements***”, (2001).

[13]-International Organization of Standards (ISO), 13370:2007(E), “ ***Thermal Insulation Performance of Buildings- Heat Transfer Via the Ground - Calculation***”, (2007).

[14]-Straube, J., “ ***Thermal Control in Buildings***”, Building Science Digest 011, (2006).

[15]- “ ***Reflective Insulation, Radiant Barriers and Radiation Control Coatings***”, Compiled by RIMA International (Reflective Insulation Manufacturers Association), Second Edition, May, (2002).

[16]- “ ***Thermal Bridges in Residential Building in Denmark***”, Organization for the Promotion of Energy Technologies, (2002).

1/2/8-4 الاهتمام بتصميم مناطق لربط بين العناصر الإنشائية للتأكد من استمرارية الطبقة العازلة للحرارة وحاجز الهواء.

2/2/8-4 التقليل قدر الإمكان من اختراق الأجزاء الخدمية للمبنى (أنابيب الماء، مجاري الهواء وغيرها) أو أجزائه الإنشائية للعازل لحراري.

3/8-4 كمية بخار الماء المتكاثف ضمن العناصر الإنشائية

1/3/8-4 لا يجوز أن تتجاوز كمية بخار الماء المتكاثف داخل العنصر الإنشائي قيمة 0.5 كغم/م²، وتحسب بحسب الفصل 8-5.

2/3/8-4 لا يجوز أن تتجاوز كمية بخار الماء المتكاثف عن 0.3 كغم/م² داخل المادة العازلة إن كانت من النوع الرغوي أو ضمن فراغ الهواء أو أي مادة عالية الامتصاص للماء.

مراجع الباب (4)

[1]-International Organization of Standards (ISO), 6946, 2007 (E), “*Building Components and Building Elements- Thermal Resistance and Thermal Transmittance- Calculation Method*”, Second Edition, (2007).

[2]-International Organization of Standards (ISO), 13789, “*Thermal Performance of Buildings– Transmission and Ventilation Heat Transfer Coefficients-Calculation Method*”, (2006).

[3]-International Organization of Standards (ISO), 10456, “*Building Materials and Products– Hygrothermal Properties– Tabulated Design Values and Procedures for Determining Declared and Design Thermal Values*”, (2007).

[4]-International Organization of Standards (ISO), 10077-1, “*Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters- Calculation of Thermal Transmittance, Part 1: General*”, Second Edition, Sep, (2006).

[5]-International Organization of Standards (ISO), EN 673, “*Glass in Building Determination of Thermal Transmittance (U-Value)– Calculation Method*”, (2007).

[6]-International Organization of Standards (ISO), 10077-2, “*Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters- Calculation of Thermal Transmittance, Part 1: Numerical Method for Frames*”, (2007).

[7]-International Organization of Standards (ISO), EN 12412, “*Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters- Determination of Thermal Transmittance by Hot Box Method– Part 2: Frames*”, (2007).

[8] – “كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية”، بدون تاريخ.

[9] – “*Energy Smart Housing Manual*”, Chapter7, Insulation, (2006).

يجب أن لا تزيد قيمة معامل انتقال الحرارة للجدران عن القيم المسموح بها المبينة في الجدول 4-1/8-1.

4-1/8-3 الأبواب والنوافذ

تصنف الأبواب والنوافذ بحسب قيمة المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لها. ولتحديد معامل انتقال الحرارة لأنواع مختلفة من الأبواب والنوافذ تستعمل الجداول 4-3/5 و 4-7/5 الى 4-10/5 أو يمكن استعمال قيمة معامل انتقال الحرارة المعطاة من قبل الشركات المصنعة للأبواب والنوافذ.

يجب أن لا تزيد قيم معامل انتقال الحرارة للفتحات الزجاجية عن القيم المثبتة في الجدول 4-1/8-1.

الجدول 4-1/8-1: القيم القصوى المسموح بها للمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لعناصر البناء المختلفة [8]

القيم القصوى المسموح بها لمعامل انتقال الحرارة $W/(m^2.K)$	الرمز	العنصر الإنشائي
0.5	U_{roof}	السقف الأخير
0.8	U_w	الجدران الخارجية بدون فتحات
5.2	U_{win}	الفتحات عندما تكون: $A_{win} \leq 0.2 A_{facade}$
3.5	U_{win}	الفتحات عندما تكون: $A_{win} > 0.2 A_{facade}$
1.5	U_{facade}	الواجهات الخارجية شاملة جميع الفتحات
1	U_G	الأرضيات الملاصقة للتربة
1	U_F	الأرضيات ما بين الطوبق
0.5	U_F	الأرضيات المكشوفة

حيث إن:

A_{facade} : مساحة الواجهة

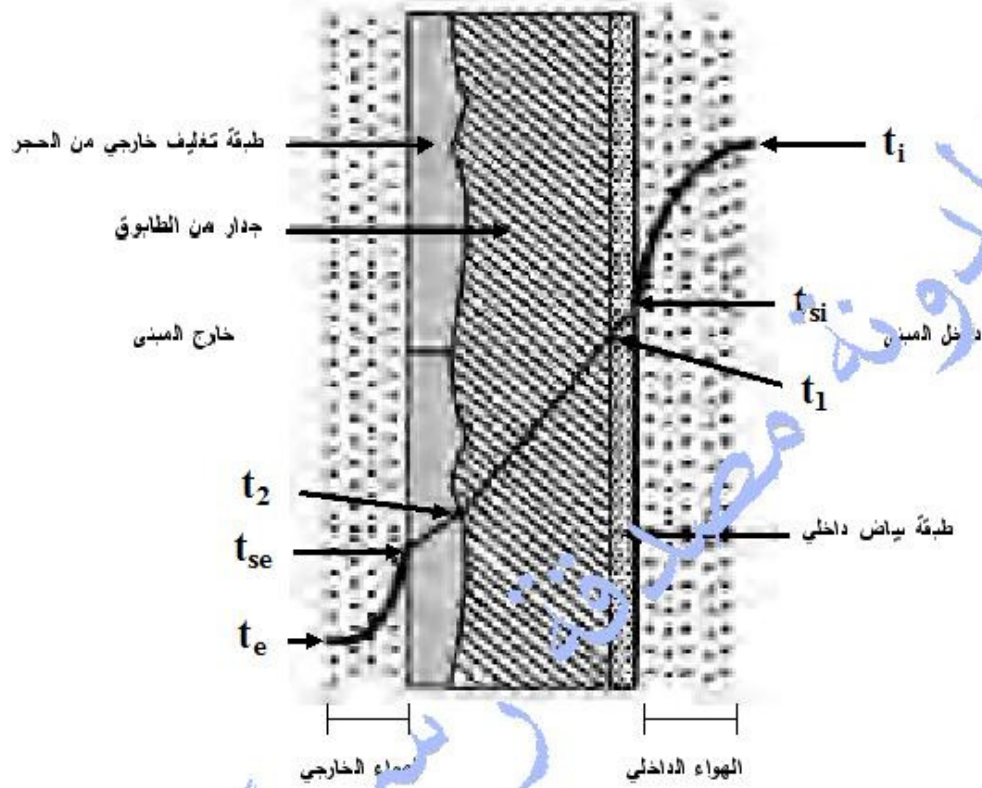
A_{win} : مجموع مساحة النوافذ والأبواب الخارجية

4-2/8-2 الجسور الحرارية

تؤدي الجسور الحرارية وتسرب الهواء إلى زيادة فقدان الحرارة من المبنى، ولهذا السبب تؤخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار عند تصميم العزل الحراري للمبنى لغرض تقليل الجسور الحرارية وتسرب الهواء.

وبذلك فإن المعادلة العامة هي كالتالي:

$$t_n = t_{n-1} - (R_n \cdot q) \text{ (C}^\circ\text{)} \quad (6/7-4)$$



الشكل 4-1/7: توزيع درجات الحرارة خلال عنصر إنشائي مكون من عدة طبقات [8]

8-4 متطلبات تصميم العزل الحراري [8]

1/8-4 المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value)

1/1/8-4 السقوف النهائية والأرضيات (Final Roofs and Floors)

يجب أن لا تتجاوز قيمة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة لكل من السقوف النهائية والأرضيات القيم المذكورة في الجدول 1/8-4.

2/1/8-4 الجدران

تزداد القيم لكلية للمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للجدران الخارجية بزيادة عدد الفتحات من الأبواب والنوافذ ضمن هذه الجدران، حيث إن معامل انتقال الحرارة للنوافذ والأبواب أعلى من معامل انتقال الحرارة للجدار

المصمت (Masonry Wall).

$$q = Q/A = U (t_i - t_e) \quad (2/7-4)$$

حيث إن:

q : كثافة معدل انتقال الحرارة ، W/m^2

يستخدم معدل التيار الحراري (Q) أساساً لحساب كمية الحرارة المفقودة والمكتسبة خلال العناصر الإنشائية اللازمة لغرض تحديد إحمال التدفئة وأحمال التكييف المطلوبة للمبنى .
تحتسب درجة حرارة السطح الداخلي والسطح الخارجي للعنصر الإنشائي من المعادلات التالية:

$$t_{si} = t_i - (R_{si} \cdot q) \quad (3/7-4)$$

$$t_{si} = t_i - (R_{si} \cdot U \cdot \Delta t) \quad (4/7-4)$$

$$t_{se} = t_e - (R_{se} \cdot U \cdot \Delta t) \quad (5/7-4)$$

حيث إن:

t_{si} : درجة حرارة السطح الداخلي للعنصر الإنشائي ، $^{\circ}C$

t_{se} : درجة حرارة السطح الخارجي للعنصر الإنشائي ، $^{\circ}C$

t_i : درجة حرارة الهواء الداخلي ، $^{\circ}C$

t_e : درجة حرارة الهواء الخارجي ، $^{\circ}C$

R_{si} : المقاومة الحرارية للسطح الداخلي ، $(m^2.K)/W$

R_{se} : المقاومة الحرارية للسطح الخارجي ، $(m^2.K)/W$

q : كثافة معدل انتقال الحرارة ، W/m^2

U : معامل انتقال الحرارة الإجمالي للعنصر الإنشائي ، $W/(m^2.K)$

Δt : الفرق بين درجة حرارة الهواء الداخلي والخارجي ، $^{\circ}C$

لحساب درجة حرارة السطوح الفاصلة بين طبقات العنصر الإنشائي كما مبين في الشكل 4-1/7، نستخدم

العلاقات التالية:

$$t_{si} = t_i - (R_{si} \cdot q) \quad (^{\circ}C)$$

$$t_1 = t_{si} - (R_1 \cdot q) \quad (^{\circ}C)$$

$$t_2 = t_1 - (R_2 \cdot q) \quad (^{\circ}C)$$

|

|

|

$$t_{se} = t_e - (R_{se} \cdot q) \quad (^{\circ}C)$$

4-6 حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للبناء [8]

تُحسب قيمة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة لكامل البناء من المعادلة التالية:

$$U_T = \frac{\sum (U_d A_d + U_F A_F + U_G A_G + U_R A_R + U_w A_w + U_{win} A_{win})}{A} \quad (1/6-4)$$

حيث إن:

U_T : المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة لكل المبنى ، $W/(m^2.K)$

U_d : المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للأبواب الخارجية ، $W/(m^2.K)$

U_F : المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للأرضيات غير الملامسة للتربة ، $W/(m^2.K)$

U_G : المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للأرضيات الملامسة للتربة ، $W/(m^2.K)$

U_R : المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للسقوف المكشوفة ، $W/(m^2.K)$

U_w : المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية ، $W/(m^2.K)$

U_{win} : المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ ، $W/(m^2.K)$

A : المساحة الخارجية الإجمالية للمبنى ، m^2

A_d : المساحة الصافية للأبواب الخارجية ، m^2

A_F : مساحة الأرضيات غير الملامسة للتربة ، m^2

A_G : مساحة الأرضيات الملامسة للتربة ، m^2

A_R : مساحة السقوف المكشوفة ، m^2

A_w : المساحة الصافية للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية ، m^2

A_{win} : المساحة الصافية للنوافذ ، m^2

4-7 التيار الحراري المنتقل عبر العناصر الإنشائية [8]

يُحسب معدل التيار الحراري المنتقل خلال العناصر الإنشائية من داخل المبنى حيث درجة حرارة الهواء الداخلي (t_i) إلى الهواء الخارجي بدرجة حرارة (t_e) على وفق المعادلة التالية:

$$Q = A.U (t_i - t_e) \quad (1/7-4)$$

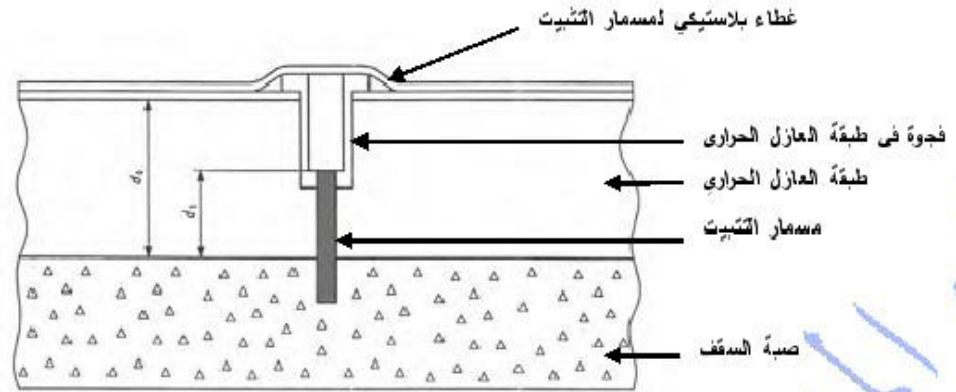
حيث إن:

Q : معدل الفيض الحراري المنتقل ، W

A : مساحة العنصر الإنشائي ، m^2

U : معامل انتقال الحرارة للعنصر الإنشائي ، $W/(m^2.K)$

يمكن حساب كثافة معدل التيار الحراري المار من خلال وحدة المساحة بإستعمال المعادلة التالية:



الشكل 4-11/5: مسامير التثبيت من النوع الذي يحدث فجوة في طبقة العازل الحراري [1]

(Recessed Roof Fastener)

3/5/5-4 تصحيح معامل انتقال حرارة لنظام السقوف النهائية المقلوبة (Inverted Roof System) [1]
في نظام السقف المقلوب تثبت طبقة العازل الحراري فوق طبقة العازل المائي. يُجرى التصحيح لنظام السقوف النهائية المقلوبة وذلك نتيجة لاختراق مياه الأمطار لهذه السقوف وتجمعها بين الطبقة العازلة للحرارة وطبقة العازل المائي. ولا تُجرى عملية التصحيح لمعامل انتقال الحرارة للمباني المكيفة حيث إن خطر تكثف بخار الماء يكون قليلاً في هذه المباني.

تُحسب قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة للسقوف النهائية (ΔU_r) من المعادلة التالية:

$$\Delta U_r = \rho \cdot f \cdot X \cdot \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad (18/5-4)$$

حيث إن:

ρ : هو معدل سرعة تكثف بخار الماء خلال الفصول الحارة ، ملم/يوم.

f : معامل الانتقال لمياه الأمطار.

X : معامل زيادة فقدان الحرارة الناتج من اختراق مياه الأمطار إلى طبقة العازل المائي،
(W.day)/(m².K.mm)

R_1 : المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الواقعة فوق طبقة العازل المائي، (m².K)/W

R_T : المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي قبل حساب التصحيح، (m².K)/W

عند استعمال طبقة واحدة من العازل الحراري فوق طبقة العازل المائي مع وجود مفاصل بين ألواح العازل

الحراري من النوع (Butt Joints) ولحالة الأكساء المفتوح (Open Covering) للسطح كالاكساء بالركام فإن

قيمة $f \cdot X = 0.04$.

4-5/2 تصحيح معامل انتقال الحرارة نتيجة للتثبيت الميكانيكي للعازل الحراري [1]

عندما تخترق مواد التثبيت الميكانيكية طبقة العازل الحراري (مسامير التثبيت والروابط وغيرها) مثل الروابط (Ties) التي تربط بين الجدارين الخارجي والداخلي للجدار المزدوج (Cavity Wall) أو مسامير التثبيت في السقوف فإن قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة تكون على وفق المعادلة التالية:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{K_f A_f n_f}{d_0} \left[\frac{R_1}{R_{T,h}} \right]^2 \quad (4-5/16)$$

حيث أن:

α : معامل يكون ثابتاً بقيمة 0.8 إذا كانت مسامير التثبيت تخترق الطبقة العازلة للحرارة بالكامل .

أما إذا كان سمار التثبيت يحدث فجوة في طبقة العازل للحرارة (Recessed Fastener) كما مبين في الشكل 4-5/11 فإن قيمة α تحسب من المعادلة:

$$\alpha = 0.8 \times \frac{d_1}{d_0} \quad (4-5/17)$$

حيث أن:

K_f : معامل الموصلية الحرارية لمسار التثبيت - واط/(م.كلفن).

n_f : عدد مسامير التثبيت في المتر المربع الواحد

A_f : مساحة مقطع مسار تثبيت واحد ، m^2

d_0 : سمك طبقة العازل الحراري التي يمر خلالها سمار التثبيت ، m

d_1 : طول مسار التثبيت الذي يخترق طبقة العازل الحراري ، m

R_1 : المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري التي يخترقها مسار التثبيت ، $(m^2.K)/W$

$R_{T,h}$: المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بإهمال أي جسر حراري ، $(m^2.K)/W$

وكما مبينة حساباتها في البند 4-5/1 ويتطبيق المعادلة 4-5/3.

ملاحظة:- يمكن إن تكون قيمة d_1 اكبر من سمك طبقة المادة العازلة إذا اخترق مسار التثبيت هذه الطبقة بصورة مثالية. في حالة مسامير التثبيت المسببة لحدوث الفجوة فإن قيمة d_1 تكون أقل من سمك طبقة المادة العازلة للحرارة وتحسب R_1 من حاصل قسمة d_1 على معامل الموصلية الحرارية للمادة العازلة.

لا يُجرى التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة لوجود مسامير التثبيت في الحالات التالية:

4-5/5/2/1 عندما يكون هناك روابط للجدران (Wall Ties) تمر خلال التجويف الهوائي الفارغ بين الجدار الخارجي والداخلي للجدران المجوفة المزدوجة.

4-5/5/2/2 عندما يكون معامل الموصلية الحرارية لمسامير التثبيت أقل من 1 واط/(م.كلفن).

الجدول 4-11/5: تصحيح المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة نتيجة للفجوات الهوائية $\Delta U''$ [1]

المستوى	الوصف	قيمة التصحيح $\Delta U''$ W/(m ² .K)
0	عدم وجود فجوات هوائية في العازل الحراري، أو وجود فجوات هوائية ثانوية ليس لها تأثير واضح على قيمة معامل انتقال الحرارة.	0.00
1	وجود فجوات هوائية تربط بين السطحين الساخن والبارد للعازل الحراري ولكن لا تسبب حدوث دوران للهواء بين السطحين الساخن والبارد للعازل الحراري.	0.01
2	وجود فجوات هوائية تربط بين السطحين الساخن والبارد للعازل الحراري مع وجود فجوات تسبب حدوث دوران للهواء بين السطحين الساخن والبارد للعازل الحراري.	0.04

تُعدل القيم المثبتة في الجدول 4-11/5 ($\Delta U''$) لغرض إيجاد قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة لوجود الفجوات الهوائية (ΔU_g) بحسب المعادلة التالية:

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_{Th}} \right)^2 \quad (15/5-4)$$

حيث ان :

$\Delta U''$: القيم المثبتة في الجدول 4-11/5.

R_1 : المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الحاوية على فجوات هوائية ، W/(m².K) ، كما مبين في البند 4-3/4 وباستعمال المعادلة 4-9/4.

R_{Th} : المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بإهمال الجسور الحرارية ، W/(m².K) ، كما مبين في البند 4-1/5 وباستعمال المعادلة 4-3/5.

حيث تحسب قيمة التصحيح الكلي لمعامل انتقال الحرارة ΔU بإستعمال المعادلة التالية :

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \quad (14/5-4)$$

حيث إن:

ΔU_g : قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة وجود الفراغات الهوائية في العازل الحراري، $W/(m^2.K)$ ، وتحسب كما سيوضح في الفقرة 4-1/5/5.

ΔU_f : قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة لمواد التثبيت الميكانيكية ، $W/(m^2.K)$ ، وتحسب كما سيوضح في الفقرة 4-2/5/5.

ΔU_r : قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة للتكثف في نظام السقوف المقلوبة ، $W/(m^2.K)$ ، وتحسب كما سيوضح في الفقرة 4-3/5/5.

إذا كانت قيمة التصحيح الكلي لمعامل انتقال الحرارة (ΔU) اقل من 3% من القيمة الكلية لمعامل انتقال الحرارة (U) فليس هناك حاجة أخذ التصحيح لمعامل انتقال الحرارة بنظر الاعتبار في تصميم العزل الحراري.

4-1/5/5 التصحيح نتيجة لوجود الفجوات الهوائية في العازل الحراري [1]

تستعمل الفجوات الهوائية كمصطلح عام للفراغات الهوائية الموجودة في العازل الحراري أو كعازل حراري بعينه أو بين العازل الحراري وأجزاء العنصر الإنشائي المجاورة له. تقسم الفجوات الهوائية إلى مجموعتين رئيسيتين:

4-1/1/5/5 الفراغات الهوائية (Gaps) التي تحصل نتيجة أخطاء في التنفيذ للعزل الحراري أو توجد ضمن المادة العازلة وتكون باتجاه تدفق الحرارة.

4-2/1/5/5 الفجوات الهوائية الشقية التي يطلق عليها (Cavities) ويكون على شكل شقوق طويلة موجودة بين طبقات المادة العازلة للحرارة أو بين المادة العازلة والعنصر الإنشائي المثبتة فيه المادة العازلة وبتجاه عمودي على اتجاه تدفق الحرارة.

ليس هناك ضرورة لإجراء التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة لوجود الفجوات الهوائية عند تثبيت المادة العازلة المكونة من أكثر من طبقة واحدة بمفاصل تبادلية الترتيب (Staggered Joints).

لغرض تسهيل إجراء حسابات عملية التصحيح لمعامل انتقال الحرارة فإن طريقة تثبيت المادة العازلة على سطح العنصر الإنشائي تستعمل كأساس لعملية التصحيح، حيث هناك ثلاثة مستويات للتنفيذ مبينة في الجدول 4-11/5.

ويحسب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للجدران التي تحتوي عناصر غير متجانسة من نوافذ وأبواب على وفق العلاقة التالية :

$$U = \frac{\sum U_d A_d + \sum U_w A_w + \sum U_{win} A_{win}}{A} \quad (12/5-4)$$

حيث إن:

U : معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران الخارجية شاملة جميع الفتحات الخارجية ، $W/(m^2.K)$

U_d : معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأبواب الخارجية ، $W/(m^2.K)$

U_w : معامل انتقال حرارة الإجمالي للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية ، $W/(m^2.K)$

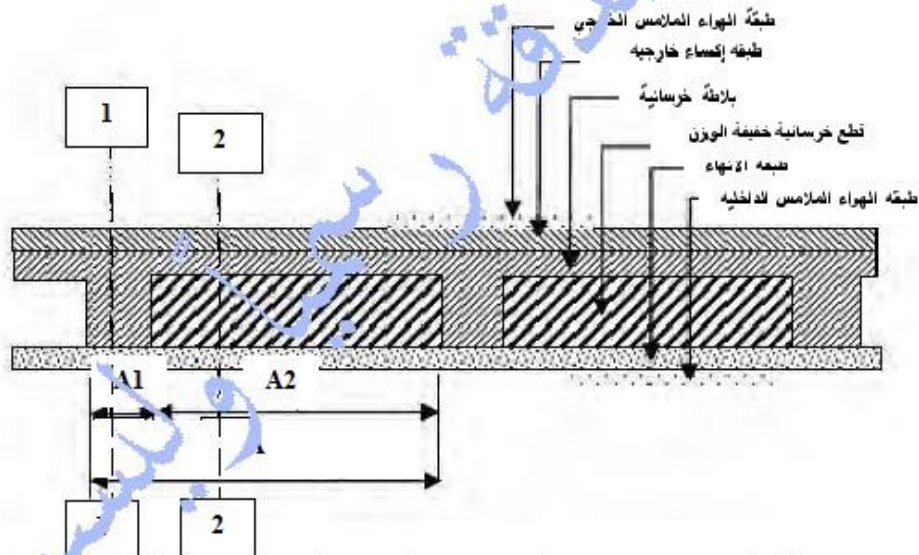
U_{win} : معامل الإجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ الخارجية ، $W/(m^2.K)$

A : المساحة الكلية للجدران الخارجية شاملة جميع الفتحات الخارجية ، m^2

A_d : المساحة الصافية (Net Area) للأبواب الخارجية ، m^2

A_w : لمساحة الصافية (Net Area) للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية ، m^2

A_{win} : المساحة الصافية (Net Area) للنوافذ الخارجية ، m^2



الشكل 10/5-4: تفاصيل عنصر إنشائي غير متجانس التركيب [8]

5/5-4 تصحيح معامل انتقال الحرارة [1]

يمكن حساب معامل انتقال الحرارة المصحح (U_c) بإضافة قيمة التصحيح الكلي لمعامل انتقال الحرارة (ΔU) إلى معامل انتقال حرارة المحسوب للعنصر الإنشائي (U) كما ذكر سابقاً في هذه المدونة وكما يلي:

$$U_c = U + \Delta U \quad (13/5-4)$$

الملاحظة (1):- القيم الاعتيادية والنموذجية لأنواع مختلفة من أطر النوافذ والمبينة في الفقرة 4-2/5-2 تستعمل أيضا لأطر الأبواب.

الملاحظة (2):- القيم النموذجية لمعامل انتقال الحرارة الخطي ψ لتقاطع الإطار/الترجيح والمبينة في الفقرة 4-3/2/5 تستعمل أيضا للأبواب.

4-3/3/5-4 الأبواب ذات الأوجه الخارجية غير الحاوية على زجاج

يحسب معامل انتقال الحرارة للأبواب المعتمدة غير الشفافة وغير المتضمنة للإطار باستعمال المعادلة 4-4/5 حيث تعتبر مساحة لزجاج ومحيطه I_g ، A_g مساويتين إلى صفر.

4-4/5-4 حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر غير متجانسة التركيب

تُحسب الخفالية الحرارية للعناصر غير متجانسة التركيب بتقسيمها إلى عدة مساحات متجانسة التركيب، وذلك لأن المدة الحرارية لمكونات هذه العناصر تختلف من مساحة إلى أخرى. بعد ذلك تُحسب انتقالية الحرارة لكل مساحة U_i حدة بحسب المعادلتين 4-2/5 و 4-3/5 ثم يحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي (U-Value) للعنصر غير متجانس التركيب بحسب المعادلة التالية:

$$U = \frac{\sum U_i A_i}{A} \quad (10/5-4)$$

حيث إن:

A : المساحة الإجمالية للعنصر غير متجانس التركيب، m^2

A_i : مساحة الجزء (i) من العنصر، m^2

U : المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعنصر، واط/(م².كلفن).

U_i : معامل انتقال الحرارة للمساحة i من العنصر، $W/(m^2.K)$ ، وكمثال على ذلك، يحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للعنصر الإنشائي غير متجانس التركيب المبين في الشكل 4-10/5 باستعمال المعادلة التالية:

$$U = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2}{A} \quad (11/5-4)$$

حيث إن :

U_1 : معامل انتقال الحرارة لجزء العنصر الذي مقطعه (1-1)، $W/(m^2.K)$

A_1 : مجموع مساحة الجزء الذي مقطعه (1-1)، m^2

U_2 : معامل انتقال الحرارة لجزء العنصر الذي مقطعه (2-2)، $W/(m^2.K)$

A_2 : مجموع مساحة الجزء الذي مقطعه (2-2)، m^2

A : مجموع لمساحات $(A_2 + A_1)$ ، m^2

3/5-4 معامل انتقال الحرارة للأبواب

يحسب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لأنواع المختلفة من الابواب كما يلي:

1/3/5-4 الأبواب المزججة بالكامل (Fully Glazed Doors)

يحسب معامل انتقال الحرارة للأبواب U_d ، التي تكون فيها طبقة أو وجه الباب مزججة بشكل كامل بتطبيق المعادلة التالية:

$$U_d = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum I_g \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \quad (8/5-4)$$

حيث إن $A_f, A_g, U_g, U_f, \Psi_g$ كما معرفة في المعادلة 4/5-4. في حالة لوح زجاج المنفرد يعتبر الحد الأخير من البسط للمعادلة 8/5-4 ($\sum I_g \Psi_g$) صفراً (عدم وجود تأثير لفواصل الزجاج) حيث يُهمل كل تصحيح.

2/3/5-4 الأبواب المتضمنة لواح من الزجاج أو المواد غير الشفافة

عندما يتضمن الباب الإطار وواحاً من الزجاج ومواد غير شفافة فعند ذلك تستعمل المعادلة التالية لغرض حساب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للباب U_d :

$$U_d = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum I_g \Psi_g + \sum I_p \Psi_p}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_f} \quad (9/5-4)$$

حيث إن:

$A_g, A_p, A_f, U_g, U_p, U_f, \Psi_g, \Psi_p$ تم تعريفها في المعادلة 4/5-4. A_p : مساحة اللوح غيرالشفاف (المعتم) للنافذة أو الباب والتي تمثل المساحة الأصغر من المساحات المنظورة على جانبي النافذة أو الباب ، m^2 ، الشكل 2/5-4.

I_p : المحيط الكلي للوح المعتم ، m ، وهو مجموع المحيط المنظور للوح المعتم في النافذة أو الباب. إذا كان المحيط مختلفاً على جانبي النافذة أو الباب يؤخذ المحيط الأكبر، الشكل 2/5-4.

Ψ_p : معامل انتقال الحرارة للألواح غير الشفافة ، $W/(m^2.K)$ ،

عندما لا يحتوي على أي أعمال زجاج فإن $A_g = 0$ و $I_g = 0$.

Ψ_p تعتبر صفراً عندما يكون:

1/2/3/5-4 الاكساء الخارجي والداخلي للإطار بمعامل موصلية حرارية اقل من 0.5 واط/(م.كلفن).

2/2/3/5-4 معامل الموصلية الحرارية لأي مواد تكوّن جسوراً حرارية عند حافات الأبواب بمعامل انتقال

حرارة اقل من 0.5 واط/(م.كلفن).

الجدول 10/5-4: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ الرأسية (U_{win}) ذات الواجه زجاج واطارات وفواصل زجاج ذات عزل حراري محسن بمساحة اطار تشكل 20% من المساحة الكلية للنافذة [4]

المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لانواع شائعة من اطر لزجاج													U_g W/(m ² .K)	نوع لزجاج
7.0	3.8	3.4	3.0	2.6	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8		
6	5.3	5.2	5.2	5.1	5	5	4.9	4.9	4.8	4.8	4.8	4.7	5.7	منفرد
4.1	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3	3	2.9	3.3	مزدوج أو ثلاثي
4	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3	3	2.9	2.9	2.9	3.2	
3.9	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3	3	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	3.1	
3.8	3.3	3.2	3.2	3.1	3	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	3	
3.7	3.2	3.2	3.1	3	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6	2.9	
3.7	3.2	3.1	3	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.8	
3.6	3.1	3	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.7	
3.5	3	2.9	2.8	2.6	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.6	
3.4	2.9	2.8	2.8	2.5	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.5	
3.3	2.8	2.8	2.7	2.4	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.4	
3.3	2.8	2.7	2.6	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.3	
3.2	2.7	2.6	2.5	2.3	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.2	
3.1	2.6	2.5	2.4	2.2	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1	
3.1	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2	1.9	2.0	
3	2.5	2.5	2.3	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	2	1.9	1.9	1.8	1.9	
2.9	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.0	2	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	
2.9	2.3	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	
2.8	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	
2.7	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	
2.6	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	
2.5	2	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	
2.5	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	
2.4	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	
2.3	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	
2.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	
2.1	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.8	
2.1	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.7	
2.0	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.6	
1.9	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.5	

الجدول 4-9: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ الرأسية (U_{win}) ذات الواجه زجاج واطارات وفواصل زجاج ذات عزل حراري محسن بمساحة اطار تشكل 30% من المساحة الكلية للنافذة [4]

المعامل الاجمالي لانتقال لحرارة لانواع شائعة من اطر لزجاج													U_g W/(m ² .K)	نوع لزجاج
7.0	3.8	3.4	3.0	2.6	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8		
6.1	5.1	5	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	5.7	منفرد
4.4	3.6	3.5	3.4	3.2	3.1	3	3	2.9	2.9	2.8	2.7	2.7	3.3	مزدوج أو ثلاثي
4.4	3.5	3.4	3.3	3.2	3	3	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	3.2	
4.3	3.5	3.3	3.2	3.1	3	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	3.1	
4.2	3.4	3.3	3.1	3	2.9	2.8	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	3.0	
4.2	3.3	3.2	3.1	3	2.8	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.9	
4.1	3.2	3.1	3	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.8	
4	3.2	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.7	
3.9	3.1	3	2.9	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.6	
3.9	3.0	2.9	2.8	2.5	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.5	
3.8	3	2.8	2.7	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2	2.4	
3.7	2.9	2.8	2.7	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2	2	2.3	
3.7	2.8	2.7	2.6	2.3	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2	2	2	2.2	
3.6	2.8	2.6	2.5	2.2	2.3	2.2	2.1	2.1	2	2	2	1.8	2.1	
3.6	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1	2.1	2	2	1.9	1.8	1.8	2.0	
3.5	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2	2	2	1.9	1.8	1.7	1.9	
3.5	2.6	2.5	2.4	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.8	
3.3	2.5	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.7	
3.3	2.5	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.6	
3.2	2.4	2.3	2.1	2	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.5	
3.2	2.3	2.2	2.1	2	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	
3.1	2.2	2.1	2	1.9	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	
3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.7	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	
3	2.1	2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	
2.9	2	1.9	1.7	1.8	1.6	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	
2.8	2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	
2.8	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	
2.7	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.7	
2.6	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1	1	0.9	0.9	0.8	0.6	
2.5	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1	1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.5	

الجدول 4-8/5: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ الرأسية (U_{win}) ذات الواح زجاج واطارات وفواصل زجاج مختلفة بمساحة اطار تشكل 20% من المساحة الكلية للنافذة [4]

المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لاتواع شائعة من اطر لزجاج														U_g W/(m ² .K)	نوع لزجاج
7.0	3.8	3.4	3.0	2.6	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8			
6	5.3	5.2	5.2	5.1	5	5	4.9	4.9	4.8	4.8	4.8	4.7	5.7	منفرد	
4.1	3.6	3.5	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3	3	3	3.3	مزدوج أو ثلاثي	
4	3.5	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.1	3	3	3	2.9	2.9	3.2		
3.9	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3	3	3	2.9	2.9	2.8	2.8	3.1		
3.9	3.4	3.3	3.2	3.1	3.1	3	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7	3.0		
3.8	3.3	3.2	3.1	3.1	3	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.9		
3.7	3.2	3.1	3.1	3	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.8		
3.6	3.1	3.1	3	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.7		
3.5	3.1	3	2.9	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.6		
3.5	3	2.9	2.8	2.5	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.5		
3.4	2.9	2.8	2.7	2.4	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4		
3.3	2.8	2.7	2.7	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3		
3.2	2.7	2.7	2.6	2.3	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2		
3.1	2.7	2.6	2.5	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2	2	2.1		
3.1	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2	2	2.0		
3.1	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.1	2.1	2.1	2	2	1.9	1.9	1.9		
3	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2	2	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8		
2.9	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7		
2.8	2.3	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6		
2.7	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5		
2.7	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4		
2.6	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3		
2.5	2	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2		
2.4	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1		
2.3	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.0		
2.3	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	0.9		
2.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1	0.8		
2.1	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1	1	0.9	0.7		
2	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.6		
1.9	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.5		

- باطار بمعامل انتقال للحرارة $U_F \leq 2$ من الخشب أو PVC .
- يمكن أن يتم تحديد قيم معامل انتقال الحرارة لنوافذ بأبعاد أخرى ومثبتة بشكل ليس رأسياً وبمساحات أخرى للإطار كجزء من المساحة الإجمالية للنافذة باستعمال المعادلات السابقة المذكورة آنفاً في البند 2/5-4.
- ملاحظة:- يراعى الأخذ بنظر الاعتبار تقليل التسرب الحراري بين الاطار والأجزاء المتحركة بأقل ما يمكن وذلك باستعمال مواد عازلة تساعد في احكام الغلق بين الجزء المتحرك والاطار .

الجدول 4-7/5: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ الرأسية (U_{win}) ذات الواح زجاج واطارات وفواصل زجاج مختلفة بمساحة اطار تشكل 30 % من المساحة الكلية للنافذة [4]

نوع لزجاج	U_g ($m^2.K$)	لمعامل الاجمالي لانتقال لحرارة لانواع شائعة من اطر لزجاج											
		U_F $W/(m^2.K)$											
		7.0	3.8	3.4	3.0	2.6	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
منفرد	5.7	6.1	5.1	5	4.9	4.8	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	4.3
مزدوج أو ثلاثي	3.3	4.5	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3	2.9	2.9	2.8	2.8
	3.2	4.4	3.6	3.5	3.3	3.2	3.1	3	2.9	2.9	2.8	2.7	2.6
	3.1	4.3	3.5	3.4	3.3	3.1	3	2.9	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6
	3.0	4.2	3.4	3.3	3.2	3.1	3	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5
	2.9	4.2	3.4	3.2	3.1	3	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4
	2.8	4.1	3.3	3.2	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.3
	2.7	4	3.2	3.1	3	2.9	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.3
	2.6	4	3.2	3	2.9	2.6	2.7	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2
	2.5	3.9	3.1	3	2.8	2.5	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2
	2.4	3.8	3	2.9	2.8	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1
	2.3	3.8	3	2.8	2.7	2.4	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2
	2.2	3.7	2.9	2.8	2.6	2.3	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2	1.9
	2.1	3.6	2.8	2.7	2.6	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2	2	1.9
	2.0	3.6	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.2	2.1	2.1	2	2	1.9
	1.9	3.6	2.7	2.5	2.5	2.3	2.3	2.1	2.1	2	1.9	1.9	1.8
	1.8	3.5	2.7	2.6	2.4	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1.7
	1.7	3.4	2.6	2.5	2.4	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6
	1.6	3.3	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6
	1.5	3.3	2.5	2.3	2.2	2.1	2	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5
	1.4	3.2	2.4	2.3	2.2	2	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4
	1.3	3.1	2.3	2.2	2.1	2	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4
	1.2	3.1	2.3	2.1	2	1.9	1.8	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3
	1.1	3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2
	1.0	2.9	2.1	2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2
	0.9	2.8	2	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1
	0.8	2.8	2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1
	0.7	2.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1	0.9
	0.6	2.7	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.2	1.1	1	1	0.9
	0.5	2.6	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1	1	1.9	0.8

2/3/2/5-4 فواصل زجاجية ذات عزل حراري محسن (Thermally Improved Spacers)

يبين الجدول 6/5-4 قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي لأنواع مختلفة من الزجاج لها فواصل ذات عزل حراري محسن.

الجدول 6/5-4: قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي لأنواع مختلفة من فواصل الزجاج المحسنة حرارياً [4]

المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي لأنواع مختلفة الفواصل المحسنة حرارياً $W/(m^2.K)$		نوع الإطار
زجاج ثنائي أو ثلاثي ^(أ) أو ثلاثي ^(ب) الطبقة مطلي بطلاء منخفض الانبعاثية ويفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز	زجاج ثنائي أو ثلاثي الطبقة غير مطلي ويفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز	
0.06	0.05	الخشب أو PVC
0.08	0.06	معادن يحتوي على قاطع حراري (Metal with a Thermal Break)
0.04	0.01	معادن لا يحتوي على قاطع حراري
(أ) لوح واحد زجاجي مطلي للزجاج ثنائي الطبقة. (ب) لوحان مطليان للزجاج ثلاثي الطبقة.		

تبين

الجدول 7/5-4 إلى 10/5-4 قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ أ- ذات الموقع الرأسي.

ب- بأبعاد 1.23م × 1.48 م.

ج- بمساحة إطار تساوي 30% و 20% من المساحة الإجمالية للنافذة.

د- ذات لوح زجاج وإطار من الأنواع التالية:

- زجاج بمعامل انتقال حراري $U_g \leq 2.1$ وغير مطلي.
- زجاج بمعامل انتقال حراري $U_g \geq 2.0$ ذي انبعاثية واطئة.
- بإطار له معامل انتقال حراري U_f مساوٍ إلى 7.0 ومن معادن لا يحتوي على قاطع للحرارة.

3/2/5-4 معامل انتقال الحرارة الخطي لتقاطع الإطار/الزجاج

يمثل معامل انتقال الحرارة للزجاج، U_g ، معامل انتقال الحرارة لمنتصف مساحة الزجاج ولا يمثل تأثير فواصل الزجاج (Glass Spacers) الموجودة في حافته. ومن الناحية الأخرى، فإن معامل انتقال الحرارة للإطار (U_f)، هو للإطار فقط بدون الزجاج.

يمثل معامل انتقال الحرارة الخطي (Ψ_g)، التوصيل الحراري الإضافي الناتج من التداخل بين الإطار والزجاج والفواصل للزجاج الذي يتأثر بالخواص الحرارية لكل من هذه الأجزاء.

يبين الجدولان 5/5-4 و 6/5-4 قيم Ψ_g لأنواع شائعة من الترابط بين الإطارات والزجاج وفواصل الزجاج التي يمكن استعمالها عند عدم توافر نتائج تفصيلية للحسابات المعتمدة بحسب ISO 10077-2 [6].

ملاحظة:- الزجاج المنفرد فإن قيمة Ψ_g تساوي صفراً.

1/3/2/5-4 فواصل الزجاج من الألمنيوم أو الفولاذ

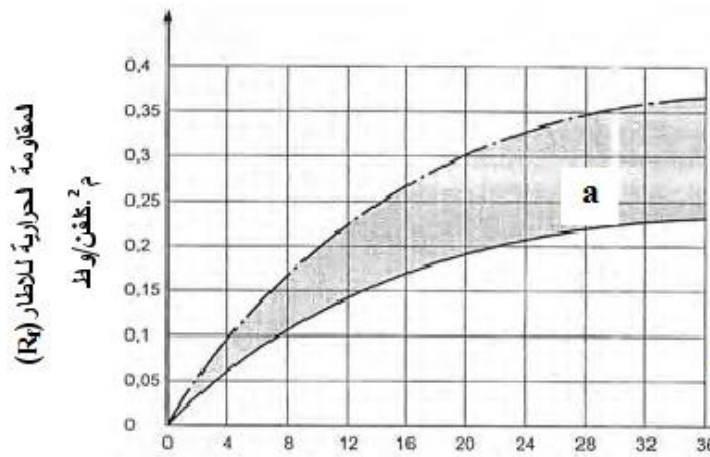
يشير الجدول 5/5-4 إلى قيم Ψ_g للفواصل الزجاجية من الألمنيوم أو الفولاذ غير السبائكي

Non-Alloy Steel لأنواع محددة من الإطارات والزجاج.

الجدول 5/5-4: قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي لأنواع شائعة من فواصل الزجاج

(مثل فواصل الزجاج من الألمنيوم أو الفولاذ) [4]

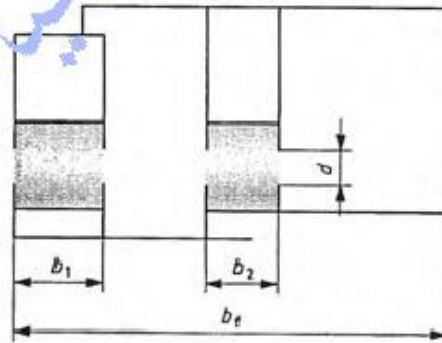
نوع الإطار	لمعامل الاجمالي انتقال الحرارة الخطي لأنواع مختلفة من الزجاج $W/(m^2 \cdot K)$
زجاج شفاف ثنائي أو ثلاثي	زجاج ثنائي ^(أ) أو ثلاثي ^(ب) الطبقة
الطبقة غير مطلية وبفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز	مطلية، نلاء منخفض الانبعاثية وبفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز
الخشب أو PVC	0.06
معدن يحتوي على قاطع حراري (Metal with a Thermal Break)	0.08
معدن لا يحتوي على قاطع حراري	0.02
(أ) لوح واحد زجاجي مطلية للزجاج ثنائي الطبقة . (ب) لوحان مطليان للزجاج ثلاثي الطبقة.	



لإسافة الأقل (d) بين مقاطع معدنية متقابلة (مم)

الشكل 4-5/8: قيم المعايير الحرارية للإطار المعدني المتضمن قواطع حرارية [4]

(a) تشير المساحة المظلمة المبينة في الشكل إلى حدود القيم التي تم الحصول عليها من مجموعة فحوص وقياسات للإطار مشتقة من الفرق في درجة الحرارة السطحية خلال الإطار.



d: المسافة الأصغر (الأقل) بين مقاطع الألمنيوم المتقابلة الحاوية على قواطع الحرارة .

b_j: عرض قواطع الحرارة (Width of Thermal Break).

b_f: عرض مقطع الإطار (باتجاه تدفق الحرارة)

الشكل 4-5/9: المسافة الأصغر بين المقاطع المتقابلة من قواطع الحرارة للإطار المعدني (d) [4]

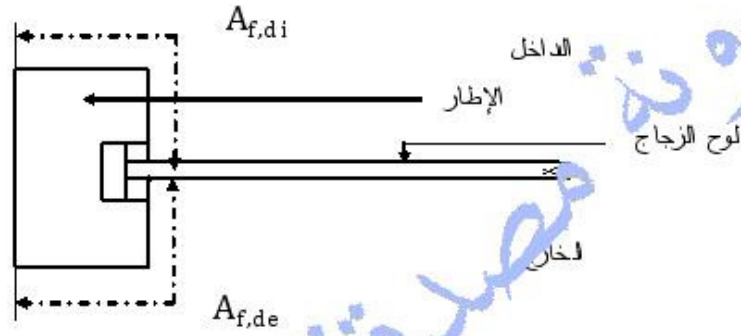
$A_{f,i}$: مساحة الاسقاط الداخلية للإطار ، m^2 ، وهي كما مبينة في الشكل 3/5-4 في البند 2/5-4 .

$A_{f,e}$: مساحة الاسقاط الخارجية للإطار ، m^2 ، وكما مبينة في الشكل 3/5-4 في البند 2/5-4 .

$A_{f,di}$: المساحة الظاهرية (التفصيلية) الداخلية للإطار ، m^2 ، وهذه هي مساحة الإطار وتشمل معها مساحة الإطار المحيط بالزجاج (Sashes) إن وجد. وتكون هذه المساحة في تماس مع الهواء الداخلي للمبنى، الشكل 7/5-4 .

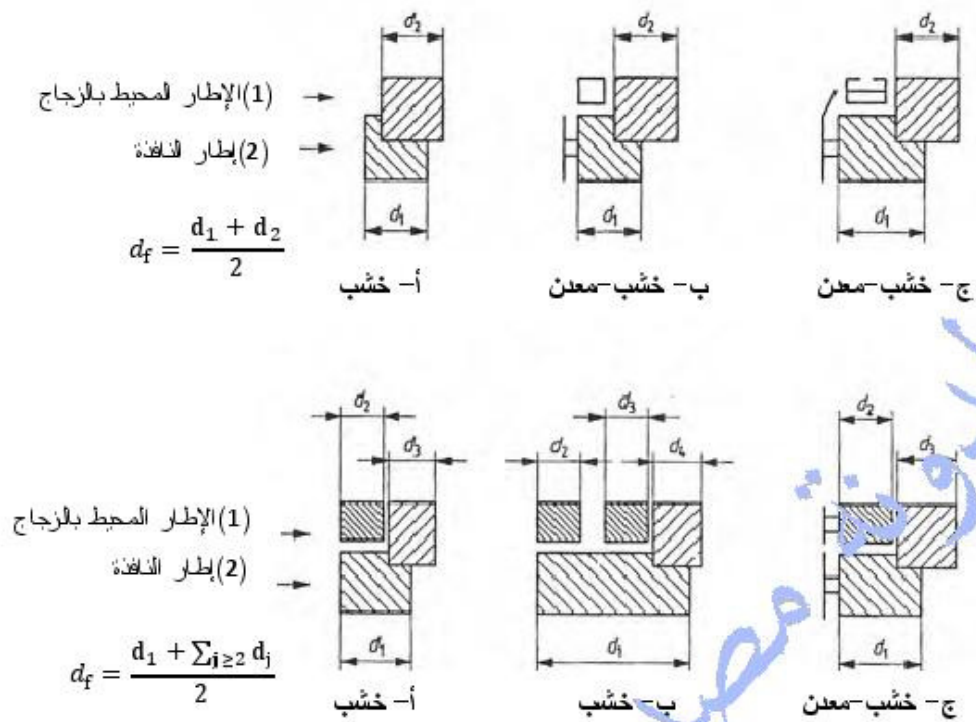
$A_{f,de}$: المساحة الظاهرية (التفصيلية) الخارجية للإطار ، m^2 ، وهي تشمل مساحة الإطار المحيط بالزجاج (Sashes) إن وجد. وتكون هذه المساحة في تماس مع الهواء الخارجي، أنظر الشكل 7/5-4 .

R_f : مقاومة الحرارية لمقطع الإطار ، $(m^2.K)/W$ ،



الشكل 7/5-4: المساحة الظاهرية الداخلية والخارجية لإطار النافذة [4]

- أ- تكون قيمة المقاومة الحرارية للإطار المعدني غير الحاوي على قاطع حراري (Thermal Break) مساوية إلى الصفر ($R_f = 0$).
- ب- أما للإطار المعدني الحاوي على قواطع حرارية فإن المقاومة الحرارية للإطار R_f تؤخذ من الشكل 8/5-4 حيث يستعمل الخط المنقط من هذا الشكل.



ملاحظة:- الجانب الأيمن من مقطع النافذة يمثل الداخل

الجانب الأيسر من مقطع النافذة يمثل الخارج

الشكل 4-6/5: تعريف سمك الإطار (d_f) لأنواع مختلفة من النوافذ [4]

3/2/2/5-4 الأطر المعدنية (Metal Frames)

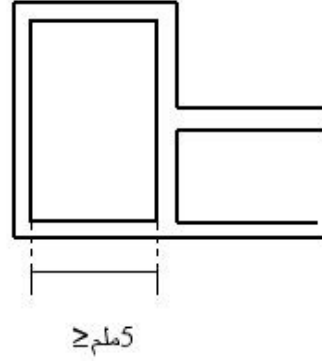
يتم إيجاد المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للإطارات المعدنية U_f ، بتطبيق المعادلة التالية:

$$U_f = \frac{1}{R_{si}A_{f,i}/A_{f,di} + R_f + R_{se}A_{f,e}/A_{f,de}} \quad (7/5-4)$$

حيث إن:-

R_{si} : المقاومة الحرارية السطحية الداخلية المناسبة للإطار وعند عدم توافرها يعوض عنها بقيمة $0.13(m^2.K)/W$

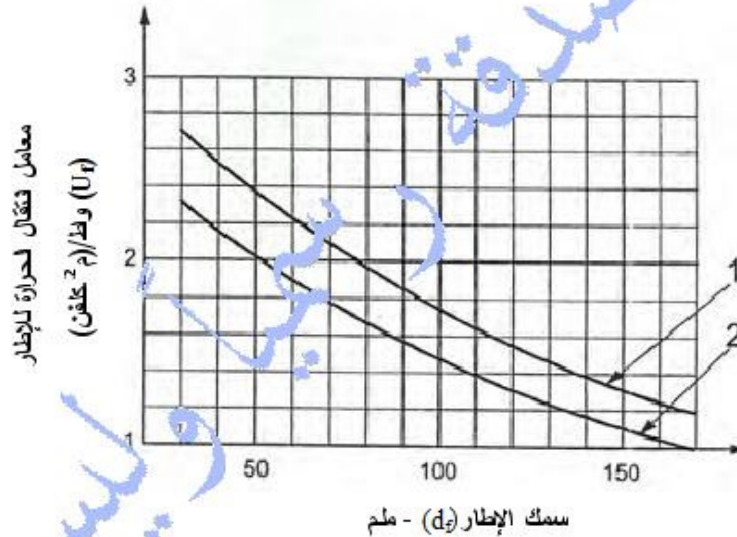
R_{se} : المقاومة السطحية الخارجية المناسبة للإطار وعند عدم توافرها يعوض عنها بقيمة $0.04(m^2.K)/W$



الشكل 4-5/4: تجويف فارغ في مقطع إطار لدائني للنافذة

2/2/2/5-4 الأطر الخشبية (Wood Frames)

يتم الحصول على قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للأطر الخشبية (U_f) من الشكل 5/5-4 حيث إن هذه القيم هي لخشب بمحتوى رطوبة بمقدار 12%.



الشكل 5/5-4: معامل انتقال الحرارة الاجمالي للأطر الخشبية وأطر الخشب-المعدن بالاعتماد على سمك الإطار، d_f ، لاحظ الشكل 6/5-4 [4].

ملاحظة:- المنحني (1) يستعمل لإطار مصنوع من الخشب الصلب (Hard wood) بكثافة 700 kg/m^3 ، ومعامل موصلية حرارية $k = 0.18 \text{ W/(m.K)}$.
والمنحني (2) يستعمل لإطار مصنوع من الخشب الطري (Soft Wood) بكثافة 500 kg/m^3 ، ومعامل موصلية حرارية $k = 0.13 \text{ W/(m.K)}$.

4-2/2 معامِل انتقال الحرارة لإطار النافذة

إن الأسلوب المفضل لتحديد قيم لمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لإطار النافذة هو بطريقة الحسابات العددية (Numerical Calculation Methods) وذلك بالاعتماد على ISO10077-2 [6] أو باستعمال طرق القياس المباشر مثل طرائق الصندوق الساخن (Hot-Box Methods) على وفق ISOEN12412 [7] في حالة عدم توافر مثل هذه المعلومات لإغراض التصميم الحراري عندها يجب الحصول على القيم من الجداول والإشكال البيانية المبينة في هذه الفقرة حيث يتم الاعتماد عليها لغرض إجراء الحسابات التصميمية لأنواع مختلفة من أطر النوافذ لرأسية.

4-1/2/2 الأطر اللدائنية (Plastic Frames)

يبين الجدول 4-5/4 القيم التقريبية للمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للأطر اللدائنية الحاوية على تسليح معدني، وكذلك يمكن استعمال القيم المبينة في هذا الجدول للأطر غير المسلحة عند عدم توافر المعلومات اللازمة لها.

الجدول 4-5/4: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للأطر اللدائنية المسلحة [4]

نوع مادة الإطار	نوع الإطار	U_f $W/(m^2.K)$
بولي يورثين	إطار له لب معدني سمك البولي يورثين $5 \leq$ ملم	2.8
PVC ^(*) بمقطع مجوف	مقطع بدائني داخل خارج	2.2
	مقطع بثلاثة تجاويف داخل خارج	2.0
(*) تكون المسافة بين السطوح الداخلية لجدران التجاويف الهوائية لمقطع الإطار لانتقال عن 5 ملليمتر [كما موضح في الشكل 4-5/4]		

الجدول 4-3: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للزجاج الراسي ثنائي وثلاثي الطبقات والحاوي على فراغات مملوءة بأنواع مختلفة من الغاز [4]

للمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لأنواع مختلفة من الفراغات الغازية أ (W/(m².K)) (Ug)					لزجاج			
زيتون	SF 6	الكريبتون	الارغون	الهواء	الأبعاد mm	الانبعاثية	الزجاج	النوع
2.6	3	2.8	3	3.3	4-4	0.89	زجاج غير مطلي(زجاج اعتيادي)	زجاج ثنائي الطبقات
2.6	3.1	2.7	2.9	3.1	4-4			
2.6	3.1	2.6	2.7	2.8	4-12-4			
2.6	3.1	2.6	2.6	2.7	4-16-4			
2.6	3.1	2.6	2.6	2.7	4-20-4	0.2 ≥	لوح واحد مطلي من الزجاج	
1.6	2.3	1.9	2.3	2.7	4-4			
1.6	2.4	1.7	2.1	2.4	4-4			
1.6	2.4	1.6	1.8	2	4-12-4			
1.6	2.5	1.6	1.6	1.8	4-16-4			
1.7	2.5	1.6	1.7	1.8	4-20-4	0.2 ≥	لوح واحد مطلي من الزجاج	
1.5	2.2	1.8	2.3	2.6	4-4			
1.4	2.3	1.6	2	2.3	4-4			
1.5	2.3	1.5	1.6	1.9	4-12-4			
1.5	2.4	1.5	1.5	1.7	4-16-4			
1.5	2.4	1.5	1.5	1.7	4-20-4	0.1 ≥	لوح واحد مطلي من الزجاج	
1.4	2.1	1.7	2.2	2.6	4-4			
1.3	2.2	1.4	1.9	2.2	4-4			
1.3	2.3	1.3	1.5	1.8	4-12-4			
1.4	2.3	1.3	1.4	1.6	4-16-4			
1.4	2.3	1.4	1.4	1.6	4-20-4	0.05 ≥	لوح واحد مطلي من الزجاج	
1.2	2	1.5	2.1	2.5	4-4			
1.1	2.1	1.3	1.7	2.1	4-4			
1.2	2.1	1.1	1.3	1.7	4-12-4			
1.2	2.2	1.2	1.2	1.4	4-16-4			
1.2	2.2	1.2	1.2	1.5	4-20-4	0.89	زجاج غير مطلي(زجاج اعتيادي)	
1.7	1.9	1.8	2.1	2.3	4-4-4-4			
1.6	1.9	1.7	1.9	2.1	4-4-4-4			
1.6	2	1.5	1.8	1.9	4-12-4-12-4	0.2 ≥	لوحان مطليان من الزجاج	
0.9	1.3	1.1	1.5	1.8	4-4-4-4			
0.8	1.3	1	1.3	1.5	4-4-4-4			
0.8	1.3	0.8	1	1.2	4-12-4-12-4	0.15 ≥	لوحان مطليان من الزجاج	
0.9	1.2	1.1	1.4	1.7	4-4-4-4			
0.8	1.2	0.9	1.2	1.5	4-4-4-4			
0.7	1	0.7	1	1.2	4-12-4-12-4	0.1 ≥	لوحان مطليان من الزجاج	
0.8	1.1	1	1.3	1.7	4-4-4-4			
0.7	1.1	0.8	1.1	1.4	4-4-4-4			
0.7	1.2	0.6	0.9	1.1	4-12-4-12-4	0.05 ≥	لوحان مطليان من الزجاج	
0.7	1.1	0.9	1.2	1.6	4-4-4-4			
0.5	1.1	0.7	1	1.3	4-4-4-4			
0.5	1.1	0.5	0.8	1	4-12-4-12-4			

ملاحظة: قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة المستبقة في الجدول احتسبت على وفق ISO-EN673 وتطبق للغازات بالإنبعائية والثرانيز المحددة في الجدول.

أ تركيز لغاز 90%

ب يمنع استعمال غاز SF6 في بعض الحالات.

يبين الجدول 2/5-4 بعض القيم للمقاومة الحرارية للفراغ الهوائي بين ألواح الزجاج المزدوجة (R_{sj}) (Double Glazing) محسوبة بالاعتماد على ISO-EN673 [5] وهذه المعلومات تطبق:

أ- للنوافذ الرأسية.

ب- للنوافذ الحاوية على فراغات مملوءة بالهواء.

ج- عندما يكون سطح الزجاج غير مطليين أو يطلى احدهما بطبقة ذات انبعاثية حرارية واطنة.

الجدول 2/5-4: المقاومة للفراغ الهوائي غير المتهوى (المقفّل) (Unventilated) للنوافذ الرأسية المزدوجة [4]

المقاومة الحرارية السطحية R_s ($m^2.K/W$)					سمك فراغ الهوائي m_n
لسطحين غير مطليين	سطح واحد مطلي بطبقة ذات انبعاثية اعتيادية بمقدار				
	0.4	0.4	0.2	0.1	
0.127	0.132	0.163	0.191	0.211	6
0.154	0.162	0.211	0.259	0.292	9
0.173	0.182	0.247	0.316	0.377	12
0.186	0.197	0.297	0.364	0.447	15
0.179	0.189	0.260	0.330	0.406	50

يمكن الحصول على قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U_g) للزجاج الراسي متعدد الطبقات من الجدول 3/5-4.

ملاحظة:- في حالة عدم توافر معلومات محددة عن الزجاج المستعمل في النوافذ يتم اعتماد قيمة معامل التوصيلية للحرارة بمقدار 1 W/(m.K)

d_j : سمك طبقة الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j ، m

R_{si} : المقاومة الحرارية السطحية الداخلية ، $(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$ ، تؤخذ من الجدول 4-1/5.

إن قيم المقاومة الحرارية السطحية الداخلية والخارجية المبينة في الجدول 4-1/5 هي لسطوح الزجاج ذات الانبعائية الاعتيادية (الأعلى من أو المساوية إلى 0.8).

الجدول 4-1/5: المقاومة الحرارية السطحية للزجاج [4]

السطح الخارجي R_{se} ($\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$	السطح الداخلي R_{si} ($\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$	موقع النافذة
0.04	0.13	رأسي، أو مائل بزاوية α مع الأفق حيث $90^\circ \geq \alpha \geq 60^\circ$ (اتجاه تدفق الحرارة $30 \pm$ عن المستوى الأفقي)
0.04	0.1	أفقي، أو مائل بزاوية α مع الأفق حيث $60^\circ > \alpha \geq 0^\circ$ (اتجاه تدفق الحرارة أكثر من 30° عن المستوى الأفقي)

4-1/2/5 الزجاج متعدد الطبقات

يحسب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة، U_g ، للزجاج متعدد الطبقات : $W/(\text{m}^2.\text{K})$ كما يلي:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{k_j} + \sum_j R_{sj} + R_{si}} \quad (4-5/6)$$

حيث إن:

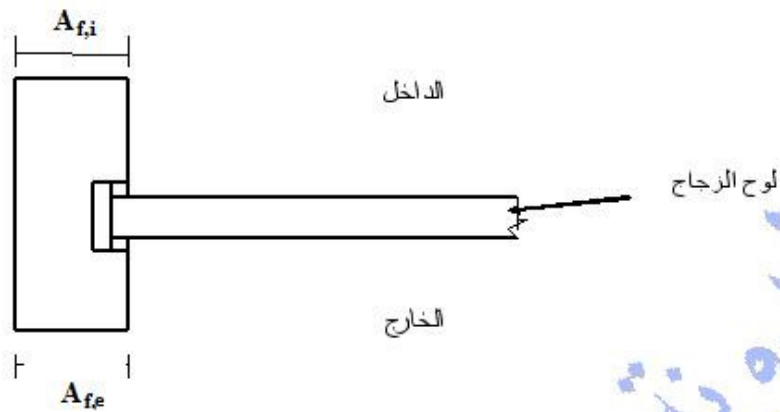
R_{se} : المقاومة الحرارية السطحية الخارجية ، $(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$ ، وتؤخذ من الجدول 4-1/5.

k_j : معامل التوصيلية لحرارية للزجاج أو المادة المكونة للطبقة j ، W/(m.K)

d_j : سمك طبقة الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j ، m

R_{si} : المقاومة الحرارية السطحية الداخلية ، $(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$ ، وتؤخذ من الجدول 4-1/5.

R_{sj} : المقاومة الحرارية السطحية بين طبقتي الزجاج j و $j+1$ ، $(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$



الشكل 4-5/3. مساحة الاسقاط الداخلية والخارجية لإطار النافذة أو الباب [4]

ملاحظة: - يتم تحديد أبعاد النافذة (الارتفاع، العرض، عرض الإطار وسمك الإطار) إلى أقرب ملليمتر.

في حالة الزجاج المنفرد (أي طبقة واحدة من الزجاج) فإن الحد الأخير من البسط في المعادلة 4-5/4 $[I_g \Psi_g]$ يؤخذ صفراً (ليس هناك تأثير لفواصل الزجاج) حيث أن أي تصحيح لقيم معامل انتقال الحرارة للزجاج يهمل في هذه الحالة.

1/2/5-4 حساب معامل انتقال الحرارة للزجاج

1/1/2/5-4 الزجاج المنفرد (طبقة واحدة فقط من الزجاج)

يحسب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للزجاج المنفرد أو نوع الزجاج المكون من عدة طبقات مختلفة بدون وجود فراغ هوائي فيها بإستعمال المعادلة التالية :

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{k_j} + R_{si}} \quad (5/5-4)$$

حيث إن:

R_{se} : هي المقاومة الحرارية السطحية الخارجية ، $(m^2.K)/W$ ، وتؤخذ من الجدول 4-5/1.

k_j : معامل الموصلية لحرارية للزجاج أو المادة المكونة للطبقة j ، $W/(m.K)$

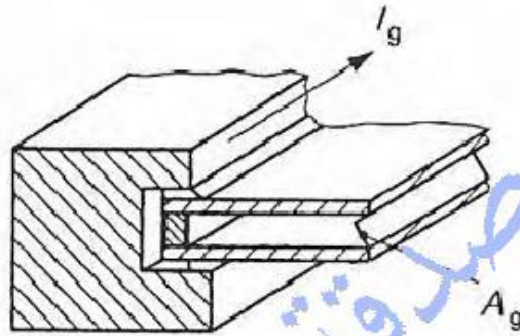
Ψ_g : المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي نتيجة للتأثير المشترك للزجاج، فواصل الزجاج (Spacer) والإطار ، $W/(m^2.K)$ ، ويحسب كما سيوضح في الفقرة 4-2/5.3.

A_g : مساحة الزجاج للنافذة أو الباب وهي المساحة الأقل من المساحتين المرئيتين من كلا الجانبين للنافذة أو الباب ، m^2 ، وكما مبين في الشكل 4-2/5.

I_g : المحيط الكلي للزجاج والذي يمثل مجموع المحيط المرئي للوح الزجاج في النافذة أو الباب ، m . عندما يكون المحيط على جانبي لوح الزجاج (الخارجي والداخلي) مختلفا ففي هذه الحالة يؤخذ المحيط الأكبر، الشكل 4-2/5.

A_f : مساحة الإطار للنافذة ، m^2

إن مساحة الإطار للنافذة هي المساحة الأكبر من مساحتي الاسقاط الخارجية ($A_{f,e}$) والداخلية ($A_{f,i}$).



الشكل 4-2/5: توضيح مساحة الزجاج ومحيط التزجيج للنافذة أو الباب [4]

I_g - المحيط الكلي للزجاج المرئي

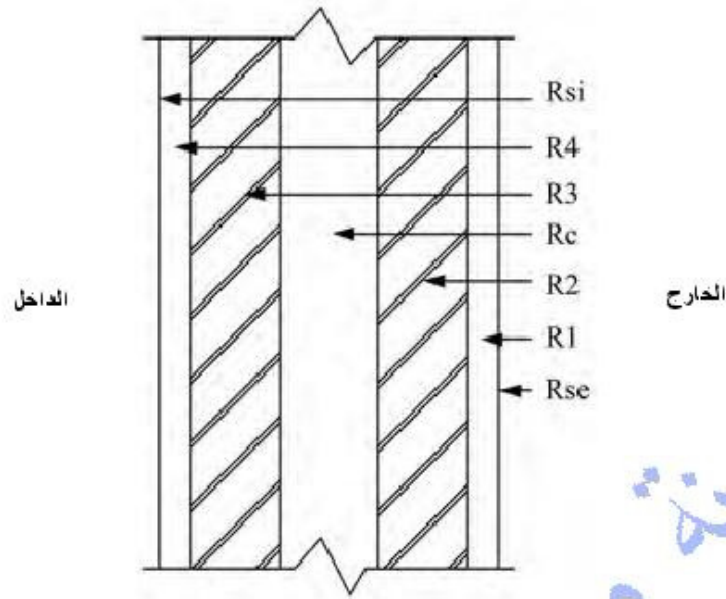
A_g - مساحة الزجاج للنافذة

$A_{f,i}$: مساحة الاسقاط الداخلية للإطار ، m^2

تمثل مساحة الاسقاط الداخلية للإطار بوحدات m^2 ، مساحة مسقط الإطار الداخلي للنافذة وتشتمل على الإطار المحيط باللوح الزجاجي (Sashes) إن وجد وفي مستوى مواز لمستوي لوح الزجاج، انظر الشكل 4-3/5.

$A_{f,e}$: مساحة الاسقاط الخارجية للإطار ، m^2

تمثل مساحة الاسقاط الخارجية للإطار ، مساحة مسقط الإطار الخارجي للنافذة وتشتمل على الإطار المحيط بالتزجيج (Sashes) إن وجد وفي مستوى مواز لمستوي لوح الزجاج، الشكل 4-3/5.



Rsi: المقاومة الحرارية السطحية الداخلية
 R4: المقاومة الحرارية لانتهاء الداخلي
 R3: المقاومة الحرارية لملء الجدار الداخلي
 Rc: المقاومة الحرارية للفراغ الهوائي
 R2: المقاومة الحرارية لملء الجدار الخارجي
 R1: المقاومة الحرارية لملء الانتهاء الخارجي
 Rse: المقاومة الحرارية السطحية الخارجية

الشكل 4-1/5: مقطع في جدار مؤلف من طبقات متجانسة

4-2/5 معامل انتقال الحرارة للنوافذ

يمكن حساب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنافذة، U_{win} ، بتطبيق المعادلة التالية:

$$U_{win} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum I_g \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \quad (4/5-4)$$

حيث إن:

U_g : المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للزجاج ، $W/(m^2.K)$ ، ويحسب كما سيوضح في الفقرة

4-2/5-1 أو يمكن الحصول عليه من الجدول 4-3/5.

U_f : المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لإطار النافذة ، $W/(m^2.K)$ ، حيث يحسب كما سيوضح في الفقرة

4-2/5-2.

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{k_i} + R_c + R_{se} \quad (3/5-4)$$

حيث إن:

R_{si} : المقاومة الحرارية السطحية الداخلية ، $(m^2.K)/W$ ، كما في البند 4-1/4.

R_c : المقاومة الحرارية للتجاويف الهوائية ، $(m^2.K)/W$ ، كما في البند 4-2/4.

R_{se} : المقاومة الحرارية السطحية الخارجية ، $(m^2.K)/W$ ، كما في البند 4-1/4.

d_i : سمك الطبقة i ، m

k_i : معام الموصيلة الحرارية للطبقة i ، $W/(m.K)$ وتُحسب قيمته بحسب ISO 10456 [3] أو تؤخذ من

الجدولين ب-1 و ب-3 في الملحق (ب).

n : عدد الطبقات الموضوعة في العنصر الإنشائي.

عند حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعناصر الإنشائية الداخلية (القواطع وغيرها) أو العناصر الإنشائية الموجودة بين المحيط الداخلي والفضاء غير المشمول بالتدفئة (Unheated Space)، فإن المقاومة الحرارية السطحية الداخلية (R_{si}) يعوض عنها قيمتها لكلا سطحي العنصر الإنشائي (لسطح الداخلي والسطح الخارجي).

ملاحظة (1): من الأمثلة على فضاءات الأبنية غير المشمولة بالتدفئة هي مواقف السيارات، غرف الخزن.

ملاحظة (2): تُحذف المقاومة الحرارية السطحية الخارجية والداخلية من المعادلة 3/5-4 عند حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي من السطح إلى السطح الأخر.

العنصر الإنشائي متجانس التركيب والمكون من مواد غير متجانسة مثل الكتل لخرسانية المجوفة (البلوك) والطابوق المثقب وماشابه ذلك فتحسب مقاومته الحرارية بأستعمال المعادلة التالية:

$$R = \frac{1}{c} \quad (10/4-4)$$

حيث ان:

C: معامل المواصلية الحرارية للمادة غير المتجانسة المكونة للطبقة ويتم ايجادها اعتمادا على الجداول المبينة في الملحق (ب) ، $W/(m^2.K)$ ،
يجب حساب المقاومة الحرارية مقربة إلى ما لا يقل عن ثلاثة أرقام عشرية في حسابات تصميم العزل الحراري

4-5 حساب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value) للعناصر الإنشائية المختلفة

توصف في بعض الأحيان المادة العازلة للحرارة متكاملة التنفيذ بالاعتماد على المعامل الاجمالي (U-value) لانتقال الحرارة بدلا من معامل المقاومة الحرارية (R-value) في حالة الاكتساب الحراري من الخارج الى الداخل.

يعتبر المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value) مقياسا لانتقال الحرارة خلال العنصر الإنشائي من الخارج الى الداخل في حين ان معامل المقاومة الحرارية (R-Value) هو مقياس لمقاومة المادة لانتقال الحرارة من الداخل الى الخارج .

يستعمل المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة بشكل خاص لوصف الخواص الحرارية للزجاج والنوافذ والأبواب ولغرض حساب مقدار الاكتساب الحراري للمبنى . ويمثل معامل انتقال الحرارة مقلوب معامل المقاومة الحرارية أو يمثل معامل المقاومة الحرارية مقلوب معامل انتقال الحرارة حيث إن:

$$R = \frac{1}{U} \text{ أو } U = \frac{1}{R} \quad (1/5-4)$$

يعبر عن قيمة المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة بوحدات ، واط/(م² كلفن) $[W/(m^2.K)]$.

4-5/1 حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر المؤلفة من عدة طبقات متجانسة

يحسب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر المؤلفة من عدة طبقات متجانسة (انظر الشكل 4-5/1) بأستعمال المعادلة التالية:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (2/5-4)$$

حيث إن:

U: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة ، $W/(m^2.K)$.

R_T: المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة ، $(m^2.K)/W$ ،

تحسب المقاومة الحرارية الإجمالية **R_T** بأستعمال المعادلة التالية:

ملاحظة: تعتمد المقاومة الحرارية للتجويف الهوائي على نوع مادة السطوح المحيطة بالتجويف، عرض التجويف، واتجاه تدفق الحرارة خلاله. بصورة عامة، تزداد المقاومة الحرارية للتجويف الهوائي الرأسي بزيادة عرض (سمك) التجويف حتى تصل إلى قيمتها القصوى عند عرض 20 ملليمتر تقريباً ولا تزداد بعد ذلك. أما التجويف الهوائي الأفقي فأن مقاومته للتدفق الحراري الهابط أعلى من مقاومته للتدفق الحراري الصاعد، كما تزداد المقاومة الحرارية للتجويف إذا كانت السطوح المحيطة به ذات انبعاثية منخفضة كأن يغلف احد سطوحه بورق الألمنيوم مثلاً.

الجدول 4-4: المقاومة الحرارية للتجاويف الهوائية المقفلة المحاطة بسطوح ذات انبعاثية عالية [1]

المقاومة الحرارية (m ² .K)/W			سمك التجويف الهوائي (mm)
اتجاه تدفق الحرارة			
إلى الأسفل (هابط)	أفقي	إلى الأعلى (صاعد)	
0.00	0.00	0.00	0
0.11	0.11	0.11	5
0.13	0.13	0.13	7
0.15	0.15	0.15	10
0.17	0.17	0.16	15
0.19	0.18	0.16	25
0.21	0.18	0.16	50
0.22	0.18	0.16	100
0.23	0.18	0.16	300

ملاحظة : يمكن الحصول على لمقاومة الحرارية لتجويف هوائي سمكه بين القيم لمتبنة في الجدول بإستعمال طريقة الإنسكمال الخطي (Linear Interpolation)

القيم المبينة في الجدول 4-4 هي لتجاويف هوائية محاطة بسطحيين وتوازيين وعموديين على اتجاه تدفق الحرارة ولهما انبعاثية حرارية لا تقل عن 0.8.

4-4/3 المقاومة الحرارية لطبقات المواد في العناصر الإنشائية

يتم حساب المقاومة الحرارية (R) لأي طبقة من طبقات العنصر الإنشائي متجانس التركيب والمكون من مواد متجانسة بإستعمال المعادلة التالية:

$$R = \frac{d}{k} \quad (9/4-4)$$

حيث إن :

d : سمك الطبقة، m

k : معامل التوصيلية الحرارية للتصميمية للمادة المكونة للطبقة، ويحسب إما بالاعتماد على

ISO10456 [3] أو يتم إيجادها اعتماداً على الجداول المبينة في الملحق (ب) وتكون بوحدات W/(m.K). أما

4-4/2/4-2 500 ملم² لكل متر مربع من المساحة السطحية للتجويف الهوائي الأفقي.

ملاحظة :- تعتبر فتحات التصريف على هيئة مفاصل عمودية مفتوحة والتي تكون موجودة في الطبقة الخارجية لجدار مجوف (Masonry Cavity Wall) فتحات مغلقة.

4-4/2/5-5 التجاويف الهوائية جيدة التهوية (Well-Ventilated Air Layers)

تكون الفتحات الموجودة بين هذه التجاويف الهوائية والمحيط الخارجي تزيد عن:

4-4/2/5-1 1500 ملم² لكل متر طول (بالاتجاه الأفقي) للتجاويف الهوائية الرأسية.

4-4/2/5-2 1500 ملم² لكل متر مربع من المساحة السطحية للتجاويف الهوائية الأفقية.

يتم حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي الحاوي على تجاويف هوائية جيدة التهوية (R_{TV}) بإهمال مقاومة الحرارة للتجويف الهوائي وجميع الطبقات الأخرى بين التجويف لهوائي والمحيط الخارجي. ويتم استعمال مقاومة الحرارة السطحية الخارجية كما مبين في البند 4-4/1 أو استعمال المقاومة الحرارية السطحية الداخلية (R_{Ti}) المبينة في الجدول 4-4/1.

4-4/2/6-6 التجاويف الهوائية قليلة التهوية (Slightly Ventilated Air Layers)

إن التجاويف الهوائية قليلة التهوية هي تلك التجاويف التي يكون لها شرط أساسي لتحديد التدفق الهوائي من المحيط الخارجي إلى داخلها من خلال فتحات تكون ضمن الحدود التالية:

4-4/2/6-1 أكبر من 500 ملم² ولكن أقل من 1500 ملم² لكل متر طول بالاتجاه الأفقي للتجاويف الهوائية الرأسية.

4-4/2/6-2 أكبر من 500 ملم² ولكن أقل من 1500 ملم² لكل متر مربع من المساحة السطحية للتجاويف الهوائية الأفقية.

يمكن حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي (R_T) الحاوي على تجويف هوائي قليل التهوية بإستعمال المعادلة التالية:

$$R_T = \frac{1500 - A_v}{1000} R_{T,u} + \frac{A_v - 500}{1000} R_{T,v} \quad (8/4-4)$$

حيث إن:

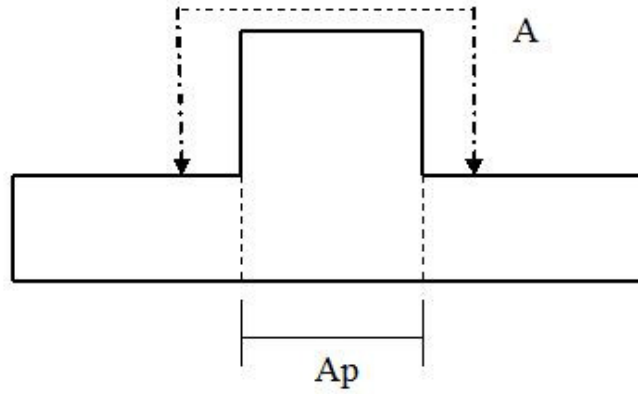
$R_{T,u}$: المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي مغلق، $(m^2.K)/W$ ، وتحسب

المقاومة الحرارية للتجويف بالاعتماد على الجدول 4-4/4.

$R_{T,v}$: المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي جيد التهوية، $(m^2.K)/W$ ،

بالاعتماد على المحددات المبينة في الفقرة 4-4/2/5.

A_v : مساحة الفتحات في التجويف الهوائي، mm^2



الشكل 4-4/1: المساحة السطحية الفعلية للجسر المقلوب (A) ومساحة الإسقاط (Ap) للجزء الناتئ من العنصر الإنشائي (الجسر المقلوب) [1]

4-4/2 المقاومة الحرارية لتجاويف الهوائية [1]

يتم تطبيق قيم المقاومة الحرارية المثبتة في هذا البند على التجاويف الهوائية التي:

4-4/2/1 تكون محاطة بسطحين متوازيين وعديدين على اتجاه تدفق الحرارة ولهما انبعاثية حرارية لا تقل عن 0.8.

4-4/2/2 لها سمك (باتجاه تدفق الحرارة) أقل من 0.1 متر في حاصل ضرب أي من بعديها الآخرين ولا يزيد عن 0.3 متر.

4-4/2/3 ليس لها تبادل بالهواء مع المحيط الداخلي للمبنى (تجاويف مغلقة).

ملاحظة (1): إن أغلب مواد البناء لها انبعاثية حرارية عالية أعلى من 0.8.

ملاحظة (2): لا يتم حساب معامل انتقال الحرارة للعناصر الإنشائية الحاوية على تجاويف هوائية بسمك أكبر من 0.3 متر لعدم أهميته في التوصيل الحراري وبدلاً من ذلك يجب حساب التدفق الحراري بتطبيق مبدأ التوازن الحراري (ISO 13789) [2].

هناك عدة أنواع من لتجاويف الهوائية:

4-4/2/4 التجاويف الهوائية المغلقة أو غير المتهوية (Unventilated Air Layers)

وهي التجاويف التي لا يكون هناك تدفق للهواء خلالها والقيم التصميمية للمقاومة الحرارية لهذه التجاويف

الهوائية مبينة في الجدول 4/4/4.

إن التجويف الهوائي الذي لا يحتوي على عازل حراري بينه وبين المحيط الخارجي والمتضمن فجوة صغيرة نافذة إلى المحيط الخارجي يمكن اعتباره تجويفاً هوائياً مغلقاً، إذا كانت هذه الفتحات مرتبة بطريقة تمنع حدوث التدفق الهوائي خلال التجويف الهوائي وعندما لا تزيد هذه الفتحات عن:

4-4/2/4/1 1500 ملم² لكل متر من الطول (باتجاه الأفق)، للتجاويف الهوائية الرأسية.

وتمثل v سرعة الرياح القريبة من السطح الخارجي، m/sec
يبين الجدول 3/4-4 قيم المقاومة الحرارية السطحية الخارجية (R_{se}) بالاعتماد على سرعة الرياح المختلفة.

الجدول 3/4-4: قيم المقاومة الحرارية السطحية الخارجية (R_{se}) عند سرع رياح مختلفة [1]

سرعة الرياح (m/sec)	R_{se} (m ² .K)/W
1	0.08
2	0.06
3	0.05
4	0.04
5	0.04
7	0.03
10	0.02

2/1/4-4 العناصر الإنشائية ذات السطوح غير المستوية

إن الأجزاء الإنشائية الناتئة من السطوح العناصر الإنشائية مثل الأعمدة تهمل عند حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي إذا كانت مكونة من مواد لها معامل موصلية حرارية لا يزيد عن 2.5 واط/(م.كلفن).

أما إذا كانت الأجزاء الناتئة مؤلفة من مواد لها معامل موصلية حرارية يزيد عن 2.5 واط/(م.كلفن) أو إذا كانت غير معزولة حرارياً، فيتم إجراء حسابات المقاومة الحرارية الإجمالية على فرض عدم وجود هذه الأجزاء ولكن لحساب المقاومة الحرارية السطحية فإن المقاومة الحرارية السطحية الفعلية المحسوبة بدون وجود هذه الأجزاء الناتئة تضرب بنسبة تمثل قيمة مسقط المساحة الناتئة (Projected Area) مقسومة على قيمة المساحة السطحية الفعلية للجزء الناتئ حيث تحسب بإستعمال المعادلة التالية:

$$R_{sp} = R_s \times \frac{A_p}{A} \quad (7/4-4)$$

حيث إن :

R_{sp} : المقاومة الحرارية السطحية محسوبة بأخذ الجزء الناتئ بنظر الاعتبار، (m².K)/W

R_s : المقاومة الحرارية السطحية للعنصر الإنشائي ذي السطح المستوي، (m².K)/W، محسوبة بحسب

الفقرة 1/1/4-4.

A_p : مساحة الإسقاط للجزء الناتئ، m²

A : المساحة السطحية الفعلية للجزء الناتئ، m²، كما مبين بالشكل 1/4-4

تستعمل المعادلة 7/4-4 لحساب كل من المساحة السطحية الخارجية والداخلية للعنصر الإنشائي الحاوي على

h_r : معامل إنتقال الحرارة بالإشعاع ، $W/(m^2.K)$ ،
وأن:

$$h_r = \xi h_{ro} \quad (2/4-4)$$

$$h_{ro} = 4\sigma T_m \quad (3/4-4)$$

حيث إن:

ξ : الانبعاثية للسطح.

h_{ro} : معامل إشعاع حراري لسطح الجسم الأسود ، $W/(m^2.K)$ ، فُطر الجدول 2/4-4.

σ : هو ثابت جسمي (Stefan-Blotzmann) وقيمته $5.67 \times 10^{-8} W/(m^2.K)$

T_m : متوسط درجة الحرارة الديناميكية (Mean Thermodynamic Temp.) للسطح وما يحيط به ، K .

إن قيمة الاندلائية ، المتباينة إلى 0.9 تعتبر مقبولة للسطوح الخارجية والداخلية.

الجدول 2/4-4 قيم معامل إنتقال الحرارة بالإشعاع لسطح الجسم الأسود، h_{ro} [1]

معدل درجة الحرارة C°	h_{ro} $W/(m^2.K)$
10-	4.1
0	4.6
10	5.1
20	5.7
30	6.3

يمكن إيجاد المعامل h_c كالتالي:

في حالة السطوح الداخلية أو الخارجية للتجاويف الهوائية جيدة التهوية [لاحظ المرفقة 5/2/5-4] فإن:

$$h_c = h_{ci} \quad (4/4-4)$$

حيث إن:

$h_{ci} = 5$ واط/م² (كلفن) $[W/(m^2.K)]$ عند تدفق الحرارة إلى الأعلى.

$h_{ci} = 2.5$ واط/م² (كلفن) عند تدفق الحرارة أفقياً.

$h_{ci} = 0.7$ واط/م² (كلفن) عند تدفق الحرارة إلى الأسفل.

أما في حالة السطوح الخارجية فإن:

$$h_c = h_{ce} \quad (5/4-4)$$

حيث إن:

$$h_{ce} = 4 + 4v \quad (6/4-4)$$

1/4-4 المقاومة الحرارية السطحية (المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية والداخلية للعناصر الإنشائية)

1/1/4-4 العناصر الإنشائية ذات السطوح المستوية

1/1/1/4-4 في حالة عدم توافر معلومات محددة ودقيقة عن الظروف البيئية المحيطة بالعناصر الإنشائية

فان قيم المقاومة السطحية الداخلية (R_{si}) والمقاومة السطحية الخارجية (R_{se}) تؤخذ من الجدول 1/4-4 الخاص بالعناصر الإنشائية ذات السطوح المستوية.

الجدول 1/4-4: المقاومة الحرارية السطحية [1]

اتجاه تدفق الحرارة			المقاومة الحرارية السطحية ($m^2.K)/W$
إلى الأسفل (هابط)	أفقياً	إلى الأعلى (صاعد)	
0.17	0.13	0.10	المقاومة الحرارية السطحية الداخلية (R_{si})
0.04	0.04	0.04	المقاومة الحرارية السطحية الخارجية (R_{se})
ملاحظة (1): إن القيم الموضحة في الجدول هي قيم تصميمية وفي حالة حساب القيم الحرارية التي لا تعتمد على اتجاه تدفق الحرارة أو عندما يكون اتجاه تدفق الحرارة متغيراً ففي هذه الحالات يمكن استعمال الاتجاه الأفقي لتدفق الحرارة.			
ملاحظة (2): تطبق قيم المقاومة الحرارية السطحية الموجودة في هذا الجدول على السطوح التي تكون في تماس مع الهواء ولا يتم تحديد أي قيمة للمقاومة الحرارية السطحية للسطوح التي تكون في تماس مع مواد أخرى غير الهواء.			

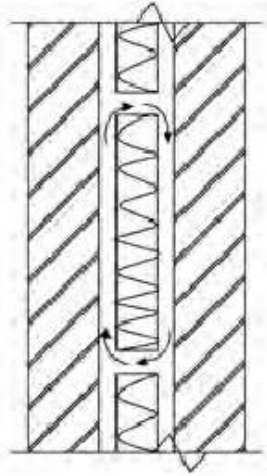
ملاحظة :- تم حساب قيم المقاومة السطحية الداخلية المبينة في الجدول 1/4-4 باستعمال ثبعائية (ϵ) مساوية 0.9 وقيمة h_{ro} محسوبة عند درجة حرارة 20 °م. كذلك تم حساب قيمة المقاومة السطحية الخارجية باستعمال $\epsilon=0.9$ وقيمة h_{ro} محسوبة عند درجة حرارة 10 °م، باستعمال سرعة رياح مساوية إلى 4 متر/ثانية.

1/1/1/4-4 في حالة تحديد الظروف المحيطة بسطوح العناصر الإنشائية فإن المقاومة الحرارية السطحية للعنصر الإنشائي تحسب باستعمال المعادلة التالية:

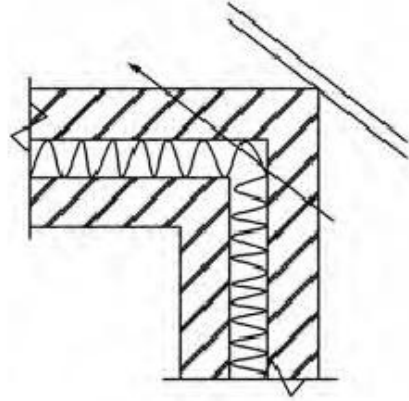
$$R_s = \frac{1}{hc + hr} \quad (1/4-4)$$

حيث إن:

h : معامل انتقال الحرارة بالحمل، $W/(m^2.K)$



ب- حمل لطبيعي حول طبقة لعازل حراري



أ- اخرون، لهواء لخارجي لى دغل لمبنى

شكل 4-3/4: بعض الامثلة للجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري

4-3/4 عيوب العازل الحراري في الأبنية

يجب تجنب حدوث عيوب في العازل الحراري والتي تتضمن ما يلي:

4-3/4 عدم الاستمرارية للمادة العازلة للحرارة في تصميم العزل الحراري للأبنية يؤدي إلى تقليل فعالية المادة العازلة للحرارة.

4-3/2 وجود الفجوات والشقوق داخل العازل الحراري نتيجة التثبيت والتفتيز غير الجيدين لطبقة المادة العازلة للحرارة.

4-3/2 تحرك طبقة المادة العازلة عن موقعها المحدد نتيجة عدم تحذف التثبيت الجيد والكافي لها.

4-4 تحديد المقاومة الحرارية [R] [Thermal Resistance]

تعتبر المقاومة الحرارية (R-Value) عن مقاومة المادة لتدفق الحرارة. لها حيث كلما كانت قيمة المقاومة الحرارية لعناصر المنشأ عالية كانت أفضل من ناحية العزل الحراري، ويعبر عن قيمة المقاومة الحرارية بوحدات (م².كلفن)/واط [W/(m².K)].

حيث إن:

(m²) م²: يشير إلى متر مربع واحد من تركيب انشائي باسمك محددة لتراكيبها.

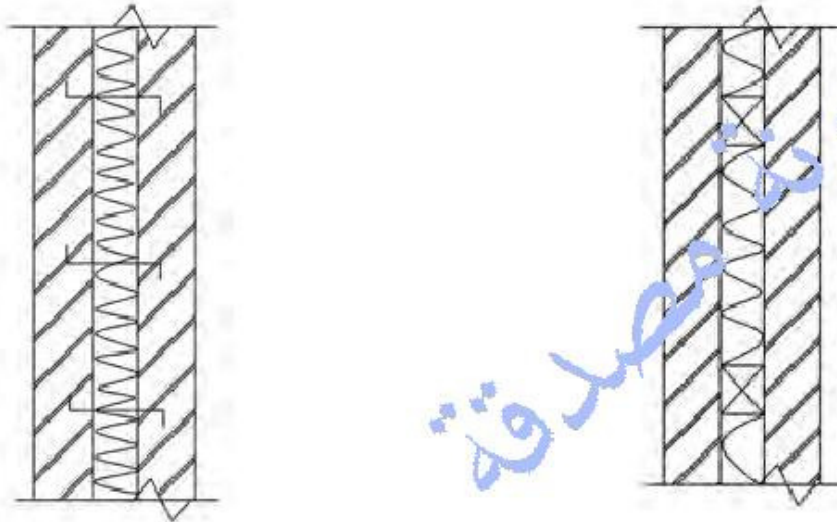
(K) كلفن: يشير إلى الفرق بدرجة حرارية واحدة ما بين سطحي المادة.

(W) واط: يشير إلى كمية الحرارة المتدفقة خلال المادة.

تعتمد المقاومة الحرارية للمادة العازلة على نوع المادة، سمكها وكثافتها.

4-1/2 الجسور الحرارية النظامية (Systematic Thermal Bridges)

يحدث هذا النوع من الجسور الحرارية بسبب استعمال روابط الجدار (Wall Ties) أو المفاصل الموجودة في الجدار المصمت أو بسبب وجود الدعامات (Studs) في نوع الجدران الحاوي على دعامات (Stud Wall) يمكن تقليل تأثير حدوث هذا النوع من الجسور وذلك باستعمال روابط الجدار او دعامات الجدران المصنوعة من مواد ذات موصلية حرارية واطنة مثل البلاستيك عالي المقاومة بحيث يتم الحصول على قيم لمعامل انتقال الحرارة للعنصر الإنشائي ضمن الحدود المبينة في 4-8 . الشكل 4-3/3 يبين أمثلة للجسور الحرارية النظامية.



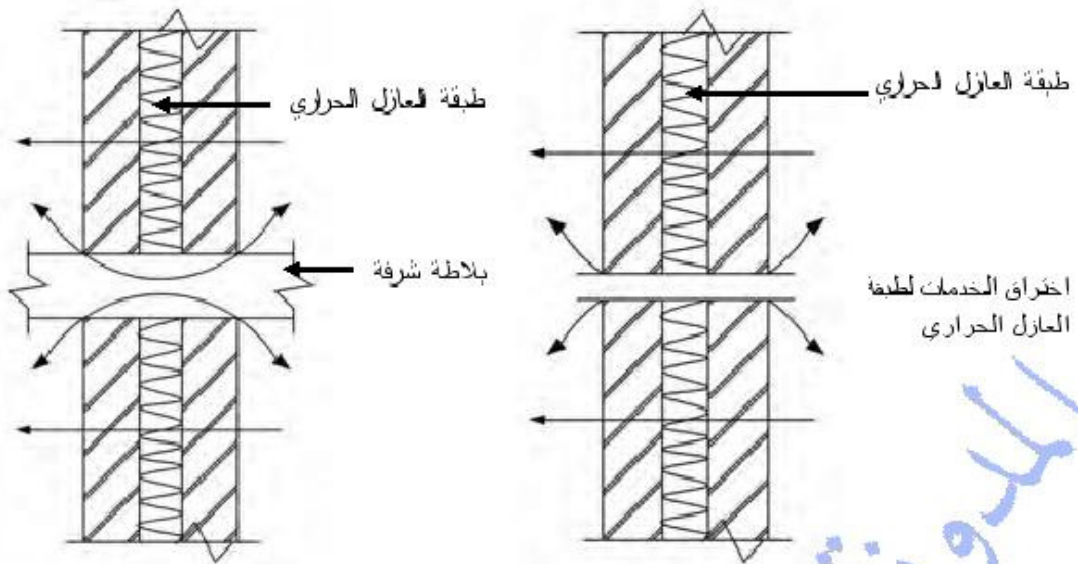
أ- لدعامات في جدران لمزدوجة ولحاوية على دعامات داخلية ب- لروابط في جدران لمزدوجة

الشكل 4-3/3: بعض الأمثلة للجسور الحرارية النظامية

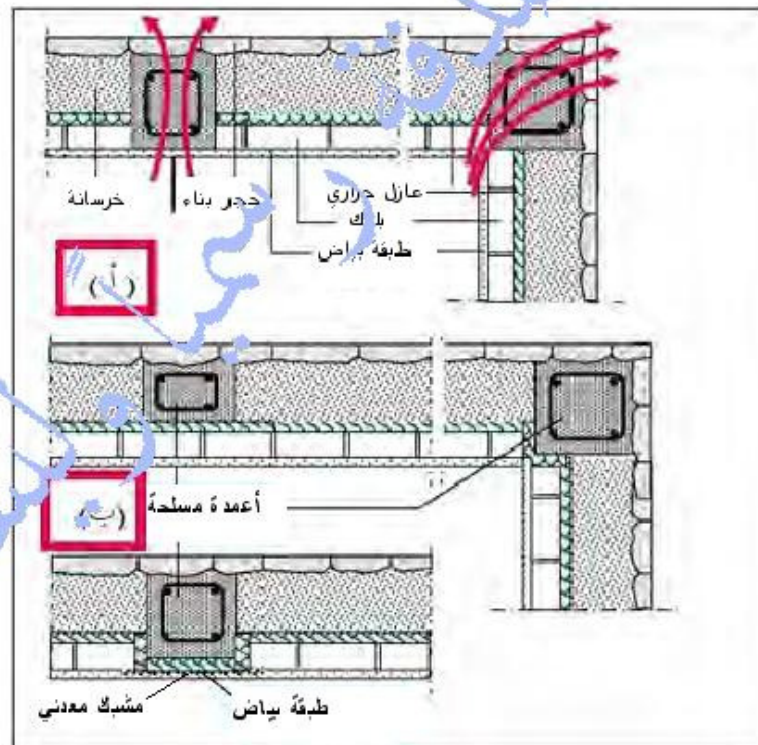
4-1/3 الجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري (Convective Thermal Bridges)

تسير الجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري إلى مواقع في المبنى تحدث فيه حركة غير مرغوب بها للهواء داخل العناصر الإنشائية لذلك المبنى، وذلك نتيجة لحدوث الحمل الحراري داخل الفجوات الهوائية الموجودة في العنصر أو الفجوات الهوائية الموجودة في المادة العازلة للحرارة نفسها أو في التجاويف الهوائية الموجودة على جانبي الطبقة العازلة للحرارة نتيجة التنفيذ والتنشيط غير الجيدين لطبقة العازل الحراري. كذلك فإنه من المحتمل حدوث زيادة في فقدان الحرارة عند دخول الهواء الخارجي إلى داخل الطبقة العازلة للحرارة أو البخار أو الماء.

يبين الشكل 4-4/3 بعض الأمثلة للجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري.



- أ- اختراق بعض الخدمات (مثل مائيب المياه مجاري لهواء وغيرها) طبقة لعازل
 ب- تقاطع لجدار مع بلاطة شرفة
- الشكل 1/3: أمثلة لبعض احتمالات الجسور الحرارية الانشائية



- أ- مسقط أفقي لتلاقي جدارين مسببا لجسور حرارية
 ب- حل لمقترح لمعالجة لجسور حرارية عند نقاط الالتقاء
- الشكل 2/3-4: مسقط أفقي لتلاقي جدارين والحل المقترح لمعالجة الجسور الحرارية عند نقاط الالتقاء

4-2/3 انتقال الحرارة بالإشعاع

تتحول جزء من الطاقة الحرارية الداخلية في الجسم (حركة الجزيئات والذرات) إلى طاقة إشعاع على شكل موجات كهرومغناطيسية بسرعة الضوء حيث تنتقل الطاقة من السطوح الساخنة إلى السطوح الباردة، عندما ترتطم هذه الطاقة بسطح ما، فإنها تمتص من قبل هذا السطح وتتحول من جديد إلى طاقة حرارية تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة ذلك السطح.

هناك مصطلح عادة ما يتم استخدامه عند وصف لنقل الحرارة بالإشعاع وهو الانبعاثية (Emissivity) المعروف في الفصل 3-6.

4-3 العيوب الحرارية (Thermal Defects)

تصنف العيوب الحرارية في نظام العزل الحراري إلى الأنواع التالية:

4-3/1 الجسور الحرارية (Thermal Bridges)

تحدث الجسور الحرارية بشكل رئيس نتيجة لاختراق عناصر إنشائية لها معامل توصيل حراري عال طبقة العازل للحرارة، مما يؤدي إلى زيادة معدل تدفق الحرارة خلالها.

تصنف الجسور الحرارية إلى أربع أنواع التالية:

4-3/1/1 الجسور الحرارية الإنشائية

تحدث الجسور الحرارية الإنشائية عندما تدفق عنصر إنشائية عالية المقاومة وذات معامل توصيل عال للحرارة طبقة العازل الحراري. إن أبرز الأمثلة النموذجية لهذا النوع من الجسور الحرارية وأكثرها شيوعاً هي:

4-3/1/1/1 مناطق تقاطع الأعتاب مع الجدران.

4-3/1/1/2 فتحات النوافذ في الجدران.

4-3/1/1/3 اختراق العديد من خدمات البنية للعازل الحراري مثل أنابيب الماء، المداخن، مجاري الهواء وحزم القابلات الكهربائية (Cables) ومواد التثبيت.

يبين الشكل 4-3/1 أمثلة لبعض احتمالات الجسور الحرارية الإنشائية، ويبين الشكل 4-3/2 الحلول المقترحة لمعالجة الجسور الحرارية الإنشائية.

الباب 4

أسس ومبادئ وأساليب تصميم العزل الحراري

4-1 تمهيد

يساهم التصميم الجيد للعزل الحراري للمباني في تقليل 50 إلى 70 بالمائة من الطاقة المستهلكة في التدفئة والتبريد لهذه الأبنية بسبب تقليله من الاكتساب والفقدان في الحرارة من المباني، وبذلك فإن تحسين فعالية استهلاك الطاقة للمباني يساعد بشكل كبير على تقليل تكاليف التدفئة والتبريد وبتيح ظروفًا مريحة وصحية داخل هذه المباني. فضلًا عن ذلك فإن مثل هذا التحسن في فعالية استهلاك الطاقة يساهم في إطالة عمر المنشأ ويقلل من تكاليف صيانتها ويقلل التلوث البيئي والانبعاثات الحرارية. من المعروف أن المنشآت التي تستهلك قدرًا أقل من الطاقة المصنعة لتشغيلها وإشغالها تُعد صديقة للبيئة.

4-2 طرائق انتقال الحرارة

تكون عملية تدفق لحرارة (Heat Flow) إما متغيرة مع الزمن (Transient Process) أو ثابتة (Steady Process)، ففي الحالة المتغيرة فإن درجة الحرارة و/أو تدفق الحرارة يتغيران مع الزمن في حين تحدث الحالة الثابتة لانتقال الحرارة عندما تصل درجة الحرارة وتدفق الحرارة إلى حالة الاتزان حيث تبقى ثابتة ولا تتغير مع الزمن (حالة الاستقرار الحراري).

4-1/2 انتقال الحرارة بالتوصيل

إن انتقال الحرارة بالتوصيل الحراري هو الانتقال المباشر للحرارة خلال جزيئات المادة الصلبة والنتاج من التماس الفيزيائي بين جزيئات المادة الصلبة، حيث يحدث لنقل الحرارة بالتوصيل نتيجة حركة الجزيئات للمادة والذي ينتج منه انتقال طاقة الجزيئات العالية إلى الجزيئات المجاورة لها واطئة الطاقة وبالتالي زيادة درجة حرارتها. يعتبر معامل الموصلية الحرارية للمادة (k-value) صفة مميزة للمادة المتجانسة العازلة للحرارة وهو يتغير مع درجة الحرارة وكثافة المادة (درجة الرص للمادة) وتركيبها. إن بعض القيم النموذجية لمعامل الموصلية الحرارية لمواد بناء مختلفة مبينة في الملحق (ب) يمكن أخذها بنظر الاعتبار في تصميم العزل الحراري للمباني.

4-2/2 انتقال الحرارة بالحمل

إن انتقال الحرارة بالحمل الحراري في الأبنية هو انتقال الطاقة الحرارية الناتج من حركة جزيئات الهواء الساخن المحيط للمادة، حيث يرتفع الهواء الساخن إلى الأعلى بسبب نقصان كثافته ويحل محله الهواء البارد الذي ينزل إلى الأسفل مكونًا دورة من الحمل الحراري والذي يطلق عليه الحمل الحراري الحر.

[11]-Malloy, T. ,et. al., " *Thermal Insulation Handbook*",McGraw-Hill ,1981, pp. 929.

[12]-The American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, " *ASHRAE Handbook Fundamentals* " ,1981 .

[13]-American Society for Testing and Materials C578-09, " *Standard Specification for Rigid , Cellular Polystyrene Thermal Insulation* " , 2009.

[14]-International Building Code , 2009.

[15]-British Standard Institute, BS 6676: Part2: 1986, " *Code of Practice for Installation of batts (Slabs) Filling the Cavity*".

هذه المملوكة مصدقة
رسمياً وليس للبيع

3-8 تخزين وتأثير المواد المستعملة على البيئة و الصحة العامة

3-8/1 يجب أن تكون المواد غير سامة ولا تنتج أية أبخرة وغير قابلة للتعفن.

3-8/2 يجب إتباع تعليمات الصحة والسلامة للشركة المنتجة عند استعمالها وخاصة قابليتها على الاشتعال وتبعات الغازات السامة كرسوخة البولي يوريثان.

3-8/3 يجب ارتداء القفازات والملابس الواقية لمنع الإصابة بحساسية الجلد وحماية العينين بلبس النظارات والجهاز التنفسي ومنع استنشاقها بوضع كامات للأف.

3-8/4 يجب تخزينها في مخازن مسقفة وجيدة التهوية وبعيدة عن الرطوبة ومصادر النيران ، ويجب الانتباه إلى تخزين المواد المعزولة في مكان جاف وضمان عدم تمزقها أو تشققها ومعالمتها بمشبات نحاسية أيضا عند تثبيتها. وتشتمل بعض هذه المواد خطراً على صحة الإنسان مما يستوجب معرفة تركيبها الكيميائي وخواصها الفيزيائية .

- يجب أن تعامل مع مواد صلبة الحشرات و القوارض.

مراجع الباب (3)

[1]- الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني "كود العزل الحراري"، جامعة الدول العربية، مجلس وزراء الإسكان والتعمير لعرب، 2003.

[2] - "كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية" ، بدون تاريخ.

[3]- "المواصفات القياسية العامة للعزل الحراري والمائي لمدينة دبي" ، الجزء رقم (1)، سبتمبر 2006 .

[4]- المواصفة العراقية (I.O.S) رقم 1477، "الصوف المعدني"، الجهاز المركزي للنقييس والسيطرة النوعية، 1990.

[5]- المواصفة العراقية (I.O.S) رقم 3926، "الصوف الصخري"، الجهاز المركزي للنقييس والسيطرة النوعية، 2004.

[6]- Elroy, Mc. , etal., " *Thermal Insulation Performance*",ASTM STP 718, 1980, pp. 666.

[7]-Graves, et. al., " *Insulation Materials: Testing and Applications*", ASTM STP 116, 2nd volume , 1991 , pp. 654.

[8]-Harley,B., " *Insulate and Weatherize*",2002.

[9]- Powell , et. al., " *Thermal Insulation: Materials and Systems* " ASTM International , 1988, pp. 755 .

[10]- Bynum, R. T. " *Insulation Handbook*" , 2000, pp. 494

ذات قابلية على بعث غاز ثنائي اوكسيد الكربون بكثافة عالية لتغطية المادة العازلة في حالة احتراقها ومن ثم إطفائها تلقائيا .

3-6/13 مقاومة الضغط (Pressure Resistance)

قابلية المادة العازلة للحرارة على تحمل الضغوط المسلطة عليها في أثناء نقلها وتركيبها وخلال العمر الوظيفي لها .

3-6/14 مقاومة العوامل الجوية (Weathering Resistance)

مقاومة مواد العزل الحراري للظروف البيئية المختلفة في حالة تعرضها المباشر لها كالرياح والأمطار وأشعة الشمس ... الخ .

3-6/15 درجة الحرارة التشغيلية (السعة الحرارية) (Working Temperature)

يجب معرفة درجة الحرارة العليا والدنيا اللتين تعمل عندها المادة العازلة للحرارة بفعالية بدون أي ضرر أو تشوه والتأكد من عدم تعرضها لدرجات حرارة خارجة عن تلك الحدود في أثناء استعمالها .

3-6/16 القراص و الهبوط (مقاومة الانضغاط) (Compacting and Setting)

خاصية المادة العازلة للحرارة بتغير أبعادها وكثافتها عند تعرضها للأحمال أو الاجهادات وبالتالي تغير خواصها الأخرى . من المهم اختيار مادة ملائمة لمثل هذه الظروف .

3-6/17 استرجاع الأبعاد (Dimensional Recovery)

قدرة المادة العازلة للحرارة على استرجاع أبعادها الأصلية بعد زوال العوامل المؤثرة . وهي مهمة في المحافظة على خواصها وفعاليتها .

3-6/18 خاصية الالتصاق (Adhesion)

قدرة المادة العازلة وخاصة الرغوية منها على الالتصاق بالمواد بطوح بدون تقشر وفي درجات حرارة مختلفة لضمان التصاق جيد ولمدة زمنية طويلة .

3-6/19 خاصية الانكماش (Shrinkage)

قابلية انكماش مادة لعزل الحراري وهي قد تسبب تشققها وتؤثر على بقية العناصر .

3-7 طرق تثبيت المواد العازلة

يرتبط أداء المواد العازلة لوظيفتها بطرائق تثبيتها في السقوف والجدران والأرضيات ويجب إتباع توجيهات الشركة المنتجة لهذه المواد وتكون بإحدى الطرائق التالية:

3-7/1 التثبيت بالمواد اللاصقة .

3-7/2 التثبيت برش المواد على السطح .

3-7/3 التثبيت الميكانيكي .

3-7/4 التثبيت بالمواد الضاغطة كالمشبكات السلكية و المكبوسة مصنعا .

3-6/5 الانبعاثية (Emissivity)

نسبة الطاقة الإشعاعية التي يصدرها جسم ما درجة حرارته (t) إلى الطاقة الإشعاعية التي يصدرها الجسم الأسود ذو درجة الحرارة نفسها، حيث أن انبعاثية الجسم الأسود المطلق تساوي واحد. يعرف الجسم الأسود المطلق بأنه الجسم أو السطح الذي يمتص كامل الطاقة الإشعاعية الساقطة عليه و يصدر أكبر طاقة إشعاعية مقارفة بما تصدره الأجسام الأخرى.

3-6/6 الموصلية الحرارية السطحية [(F-value) Surface Thermal Conductance]

كمية الحرارة المنقولة في أثناء وحدة الزمن من سطح المادة أو المائع الملامس لها (الهواء أو غيره) ذي وحدة مساحة (متر) عندما يكون الفرق بين درجتي حرارة المائع والسطح درجة مئوية واحدة. تقاس بوحدة (واط/م².كلفن).

3-6/7 الكثافة الكتلية (Density)

تعرف الكثافة الكتلية للمادة العازلة للحرارة على أنها كتلة المادة (كغم) أو (غم) إلى حجم المادة (متر³) أو (سم³)، والكثافة الوزنية للمادة تحسب بالنيوتن / متر³ أو الدالين / سم³. لاحظ الملحق (ب).

3-6/8 امتصاص الماء (Water Absorption)

قابلية المادة العازلة للحرارة على امتصاص الماء في حالة تعرضها للمياه. ومن المهم تحديد الأساليب والوسائل لمنع وصول الماء إليها وضمان كثافتها وعدم تلفها.

3-6/9 امتصاص الرطوبة (Moisture Absorption)

قدرة المادة العازلة للحرارة على امتصاص الرطوبة على شكل بخار الماء. ومن المهم تحديد الأساليب والوسائل لمنع وصول الرطوبة إليها وخروجها منها وضمان فعاليتها وعدم تلفها.

3-6/10 نفاذية بخار الماء (Water Vapor Permeability)

يجب حساب كمية بخار الماء النافذة والمتكاثفة خلال مادة العزل الحراري بتأثير فرق ضغط بخار الماء بين سطحي المادة، حيث ينتقل بخار الماء من السطح الدافئ إلى السطح البارد وذلك لاتخاذ الوسائل والأساليب لمنع تكاثف البخار في المادة العازلة للحرارة وضمان فعاليتها وعدم تلفها.

3-6/11 ثبات الأبعاد (Dimensional Stability)

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على الاحتفاظ بحجمها وشكلها مع مرور الزمن رغم تعرضها لتغيرات الحرارة والرطوبة، ولذلك يجب اختيار مادة العزل الحراري القادرة على المحافظة على أبعادها وثقلها رغم الاجهادات الحرارية والرطوبة التي تتعرض لها خلال العمر الوظيفي لها.

3-6/12 الاحتراق والانتقادية (Combustion and Flammability)

رفع درجة الانتقاد لمواد العزل الحراري تعتمد على اصول تصنيفها معمليا و إجراءات حملتها من خلال التغليف بمواد ذات درجة انتقاد عالية، فضلا عن درجة لتقاد المادة العازلة. كذلك يفضل إدخال مواد تكميلية

3-7/ تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على توافرها محلياً

مثل الصوف المعدني الذي يجب أن يكون مطابقاً للمواصفة العراقية 1477/1990 والصوف الصخري الذي يجب أن يكون مطابقاً للمواصفة العراقية 3926/2004 وكتل الخرسانة الخلوية (الثرمستون) التي يجب أن تكون مطابقة للمواصفة العراقية 1441/2000 والبولي ستايرين الذي يجب أن يكون مطابقاً للمواصفات الأمريكية ASTM C578.

3-4/ الطلاءات الداخلية للسيطرة على الأحمال الحرارية الإشعاعية

يجب أن تغطي الجدران والسقوف والأرضيات بطلاءات تعمل كحواجز إشعاعية Radiant Barriers ووظيفتها الأساسية كمادة عازلة للحرارة. يجب تطبيق المواصفة ASTM C1321-09 فيما يخص هذا الفصل من حيث تنفيذ واستعمال هذه الطلاءات.

3-5/ العازل الحراري الهوائي

عبارة عن فجوة هوائية في الجدار المجوف بسمك 40 ملم. من الممكن وضع مادة عازلة حرارياً لتملأ جزءاً من الفجوة والجزء الآخر يترك كفجوة هوائية تحافظ على جفاف المادة العازلة.

3-6/ خواص المواد العازلة للحرارة

3-6/1 الموصلية الحرارية [Thermal Conductance (C - value)]

هي كمية الحرارة المنقولة عمودياً من خلال وحدة مساحة (متر²) في أثناء وحدة الزمن (ساعة) للتركيب الإنشائي عند كون الاختلاف بين درجتي حرارة سطحيه درجة واحدة ونقاس بوحدة (واط / متر². كلفن).

3-6/2 معامل الموصلية الحرارية [Thermal Conductivity (k-value)]

هي كمية الحرارة المنقولة عمودياً عبر المادة متجانسة في خلال وحدة مساحة (متر²) ووحدة سمك (متر) عند كون الاختلاف بين درجتي حرارة سطحيه الخارج والداخلي درجة واحدة وخلال وحدة زمن (ساعة) ونقاس بوحدة (واط / متر.كلفن). لاحظ الملحق (ب).

3-6/3 المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة [Overall heat transfer coefficient (U-value)]

هي كمية الحرارة المنقولة عمودياً في أثناء وحدة الزمن (ساعة) من خلال وحدة مساحة (متر²) للتركيب الإنشائي متكامل عند كون الاختلاف بين درجة حرارة سطحيه درجة واحدة ونقاس بوحدة (واط / متر². كلفن). لاحظ الملحق (ج).

3-6/4 المقاومة الحرارية [Thermal Resistance (R - value)]

هي الممانعة التي يبديها التركيب الإنشائي لانتقال الحرارة خلاله في أثناء وحدة الزمن (ساعة) وخلال وحدة مساحة (متر²) عند وجود فرق درجة واحدة بين سطحيه. تقاس بوحدة (متر². كلفن/ واط) ويتم معكوس الموصلية لحرارية (C - value).

نظراً لقدرة العوازل السائبة على امتصاص الماء أو الرطوبة فيجب حمايتها من الماء أو الرطوبة، ولأن هذه المواد قابلة للتعرض عندما تتعرض لأحمال مسلطة وبالتالي تقلل من فعاليتها في العزل الحراري، لهذا يجب عدم تعريضها لأيّة أحمال.

3-3/5 عوازل تترغى بالرّش (Spray Foam Insulators)

عوازل ترش على شكل طبقة رغوية في السقوف، الأرضيات والسطوح، بسمك معين. تتطلب هذه العملية مهارة عالية في التنفيذ لملء الفجوات بشكل كامل ومتجانس مع مراعاة نظافة السطوح والأحوال المناخية مثل درجة الحرارة، الرياح والمطر عند التنفيذ. مثال على ذلك رغوة البولي يوريثان.

3-3/6 مواد عازلة فرشية (Blankets)

مواد تتوافر على شكل قطع بأبعاد مختلفة لغرض فرشها واستعمالها في العزل الحراري للسقوف والسطوح.

3-3/4 تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على تركيبها الكيميائيّة

3-3/4/1 العوازل المعدنية (Organic Insulators)

مثل الألياف النباتية كالقصب، القطن، وكذلك أصواف الحيوانات، البولي ستايرين، البولي يوريثان.

3-3/4/2 العوازل غير العضوية (Inorganic Insulators)

مثل ألياف الزجاج، الصوف الصخري، الرقائق المعدنية ... الخ.

3-3/5 تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على مبدأ عزلتها للحرارة

3-3/5/1 المواد العازلة لانتقال الحرارة بالتوصيل

مثل الفلين، البولي يوريثان، البولي ستايرين، الخرسانة الخفيفة الرغوية.

3-3/5/2 المواد العازلة لانتقال الحرارة بالحمل

مثل الفلين، البولي يوريثان، البولي ستايرين، الخرسانة الخفيفة الرغوية.

3-3/5/3 المواد العازلة لانتقال الحرارة بالإشعاع

مثل رقائق الألمنيوم، والقصدير.

3-3/6 تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على مواقع استعمالها

3-3/6/1 العوازل المستعملة في السطوح

مثل الفلين، البولي يوريثان، البولي ستايرين.

3-3/6/2 العوازل المستعملة في الجدران

مثل ألياف الزجاج، الصوف الصخري ... الخ.

3-3/6/3 العوازل المستعملة في الأرضيات

مثل ألياف الزجاج، الصوف الصخري ... الخ.

3-3/6/4 العوازل المستعملة في الأسس

مثل الفلين والعوازل المصنعة المتكاملة والقابلة للصلق عمودياً.

2/2/3-3 المواد العازلة الليفية (Fiber Insulators)

مواد مكونة من ألياف شعرية تتخللها فجوات هوائية ويمكن أن تكون مواد غير عضوية مثل ألياف الزجاج، السيراميك، لصوف الصخري، أو مواد عضوية مثل أصواف الحيوانات، القطن، القصب وألياف نباتية أخرى.

3/2/3-3 المواد العازلة المسامية (Porous Insulators)

مواد تحتوي على مسام وفراغات مختلفة في حجمها وطريقة توزيعها وهي إما طبيعية مثل الخشب، القش، القصب، الحجارة البركانية، البيرلايت أو صناعية بشكل لدائن مسامية كالاسفنج.

2/3-3 المواد العازلة الخلوية (Cellular Insulators)

مواد ذات تركيب خلوي بفراغات صغيرة الحجم وموزعة بشكل متجانس وهي إما عضوية مثل الفلين، البولي يوريثان، البولي ستايرين، أو غير عضوية مثل الزجاج الرغوي، الخرسانة الخفيفة الرغوية.

5/2/3-3 المواد العازلة العاكسة (Reflective Insulators)

رقائق معدنية عاكسة للإشعاع الحراري مثل رقائق الألمنيوم والقصدير .

3/3-3 تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على أشكالها و تركيبها البنائية

1/3/3-3 ألواح جاسئة (Rigid Panels)

ألواح صلبة ضعيفة النشي بأبعاد وقياسات محددة، وتستخدم لعزل الجدران، السقوف والأرضيات حرارياً، مثل البولي يوريثان والبولي ستايرين.

2/3/3-3 ألواح شبه جاسئة (Semi-Rigid Panels)

ألواح مرنة تكون على شكل طبقات أو لفائف تستخدم في المناطق غير المعرضة لأية أحمال لعدم قدرتها على مقاومة الأحمال المسلطة عليها، وتثبت بواسطة المسامير وغيرها في حالة استعمالها في الجدران و يفضل استعمال الغشاء اللاصق المتكامل مصنعياً (بدون مسامير) تثبيتها لجنب نشوء الجسور الحرارية وكذلك لضمان عدم نفذية البخار و الماء، لإمكانية هطولها تحت تأثير وزنها، وبالتالي حصول نشوء في أثناء عملية البناء ومثال على ذلك الصوف الصخري والزجاجي الخ

3/3/3-3 خرسانة عازلة للحرارة (Thermal Insulator Concrete)

عبارة عن مزج أنواع مختلفة من الركام الخفيف مع السمنت و الماء التي تتحول بعد جفافها إلى خرسانة رديئة التوصيل للحرارة، ومثال على ذلك الخرسانة الرغوية، وخرسانة الركام الخفيف.

4/3/3-3 مواد عازلة سائبة (Loose-Fill Insulators)

عبارة عن حبيبات أو ألياف سائبة أو مساحيق تستخدم لملء الفراغات والتجاويف بطريقة الضع ومثال على ذلك حبيبات البيرلايت، البولي ستايرين ... الخ.

الباب 3

مواد العزل الحراري أنواعها وخصائصها

1-3 تمهيد

يتناول هذا الباب أنواع وخواص المواد العازلة للحرارة التي تعرف على أنها تلك المواد التي تقلل من انتقال الحرارة و تتميز بكثافتها الكتلية الواظنة ومساميتها العالية ورداءة توصيلها الحراري. ان الهدف الرئيس من استعمال هذه المواد هو تأخير سريان الحرارة وبالتالي التحكم في درجة الحرارة النهائية للمبنى واستقراره الحراري.

2-3 العوامر المحددة لاختيار مواد العزل الحراري

1/2-3 أن تكون المادة مقاومة للماء و الرطوبة بنفسها، أو بواسطة حواجز غشائية مبطنة تعمل كطبقة داخلية تمنع الهواء الدافئ أو البارد من الخروج، أو مواد تشكل طبقة سطحية خارجية تمنع دخول الرياح للحفاظ عليها من التلف.

2/2-3 أن تكون المادة ذات خصائص ميكانيكية جيدة، مثل تحمل الضغط، الشد والقص وقليلة الانفعالات الناتجة من الأحمال التي تتعرض لها.

3/2-3 أن تكون المادة ذات متانة وديمومة عالية و ذات عمر وظيفي طويل.

4/2-3 أن تكون المادة ذات قابلية تمدد وتقلص قليلة ومتوافقة مع الجزء الإنشائي المراد عزله.

5/2-3 أن تكون المادة سهلة التركيب واقتصادية، كذلك يفضل أن تكون العوازل الحرارية مستكملة مصنعيًا ولها القابلية على الالتصاق والالتواء في حالات خاصة ومحجرة بمشبكات تقوية وبمواد كيميائية مقاومة للحشرات و مقاومة للحريق بدرجة انقار عالية أو بمواصفات إعطاء تلقائي مع عزلها بطبقتين من مادة مقاومة لنفاذية البخار أو الماء ولا تبعث غازات سامة عند الاحتراق.

6/2-3 صديقة للبيئة عند تصنيعها واستعمالها.

3-3 تصنيف المواد العازلة للحرارة

1/3-3 تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على مصادرها

1/1/3-3 المواد العازلة الطبيعية مثل ألياف السليلوز وأصواف الحيوانات ... الخ.

2/1/3-3 المواد العازلة الصناعية مثل الاسفنج والصوف الزجاجي وأنواع الخرسانة الخفيفة أو المونة الرغوية والخلوية مثل الثرمستون وغيره.

2/3-3 تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على تركيبها المسامي

1/2/3-3 المواد العازلة الرقائقية (Flake Insulators)

مواد على شكل رقائق متراكمة أو قشور تتخللها مسام هوائية مثل الفيرمكيولايت والمايكا الممددة.

مراجع الباب (2)

[1]-Weather Underground , www. Wunerground

[2]- "أطلس مناخ العراق"، الهيئة العامة للأبنواء الجوية العراقية، بغداد، (1989).

[3]- "ليل العزل الحراري"، اللجنة الإستشارية للطاقة، المركز القومي للإستشارات الهندسية/ إصدار قسم الإعلام والعلاقات العامة وزارة النفط - طبعة جديدة ومنقحة بدون تاريخ.

[4]-ASHRAE Handbook, HVAC Applications,(2007).

[5]-Victor Olgyay, " *Design with Climate*", Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton, New Jersey,(1963).

[6]-وخا نوب، "الطاقة الاشعاعية والشمس والعمارة"، طشقند، (1973) (باللغة الروسية).

[7]- "العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية"، بدون تاريخ.

[8]- الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني، "عزل العزل الحراري"، جامعة الدول العربية، مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب، (2003).

[9]-ASHRAE Handbook Fundamentals,(2009).

[10]-Turner L., " *Climate and Architechure*", Report for Honor's Section 8 of MET 1010 International to the Atmosphere, Florida State University, Dec. (2003).

تتمة الجدول 2-8/1: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشيح الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7,3]

التوصيات	نوع الفعالية
<ul style="list-style-type: none"> • استعمال العزل الحراري للعلاف. • استعمال جدران وسقوف مزروجة. • زيادة سمك العلاف. • استعمال الاقنعة والمزروعات والمتسلقات وللمسطحات لمائية والمياه المتدفقة في مقتربات المبني. • استعمال لجدار لمخزن للحرارة (لحجر الطبيعي) (ذي السعة الحرارية العالية). • الفناءات لمظلة والمشمسة. • المناور الخدمية وخاصة بالملاقف الهوائية. • السقوف لتأنيبة. 	<div> <div> - لتقليل انتقال الحرارة </div> <div> - أخير انتقال الحرارة الداخل </div> <div> - عناصر معمارية مساعدة </div> </div> معالجات علاف لمبنى
<ul style="list-style-type: none"> • الحفاظ قدر الإمكان على لمكونات لطبيعية للموقع من أشجار ومزروعات ومسطحات مائية وناحورات. • استعمال حزام من الأشجار لترشيح الهواء لمحمل التلوث أو كمصدات للرياح. • استعمال الاشجار لاعانة لظلال وتوجيه حركة الهواء 	تنسيق لموقع

تتمة الجدول 2-8/1: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشييد الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7,3]

التوصيات	نوع الفعالية
<ul style="list-style-type: none"> • لسحب لهواء من الخارج وتوزيعه بصورة متجانسة . • لزيادة الإشعاع الشمسي داخل الفراغات باستعمال سطوح عاكسة خارج الفتحات في الموسم الشتوي. • لإسقاط الضوء لطبيعي لعمق كبير داخل فراغ باستعمال عواكس على الفتحات (لرفوف لضوئية). 	<div>تصميم الفتحات</div> <div>محل فتحات علوية</div>
<ul style="list-style-type: none"> • لاستعمال الإنهاء لخصن للواجهات لإلقاء لظلال وتشتيت الحرارة (مناخ حار). • لاستعمال الألوان فاتحة لأعمال الإنهاء الخارجية لكي تعكس الحرارة (مناخ حار). • لاستعمال ألوان دكنة حول الفتحات لتلافي الانعكاسات الحرارية والضوئية المباشرة إلى الداخل (مناخ حار). 	مواد الإنهاء

تتمة الجدول 2-1/8: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشيح الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7.3]

التوصيات	نوع الفعالية
<ul style="list-style-type: none"> • يعد إتجاه الجنوب بالزاوية المحصورة بين سمت 135-225 هو الأمثل تبعاً لإعتبارات الشمس والرياح والإضاءة. يلي ذلك إتجاه لشمال ثم الشرق مع لتظليل لجهد صيفاً بإتجاه الشرق ولستبعاد لواجهة لغربية بقدر الامكان. • تهيئة السطح للازم للتهوية الطبيعية لجينة من خلال السقائف لثانوية ولمظلات لخفيفة. • تكبير مساحة الفتحات لجنوبية مع تأمين لتظليل صيفاً (مناخ بارد). • تقليل مساحة النوافذ لمعرضة للرياح لباردة شتاءً مع لسد المحكم (مناخ بارد). • في السطح الاتي تكون الفتحات متقابلة قدر الإمكان لتحقيق لتهوية النافذة، وعلى ان تكون الفتحات في جانب المبنى لمدير للرياح (LeeWard) أكبر من تلك في جانبه لسواجه للرياح (WindWard). • تكون مناسب لفتحات المقابلة متغيرة لتحقق حركة الهواء الملطفة لجسم الانسان. • كسر حدة الإشعاع الشمسي باستعمال لواقبات .كاسرات الشمس. وبحسب لمحددات لمشار إليها سابقاً. • تقليل نفاذ لحرارة للداخل باستعمال زجاج خاص (زجاج مطلي بمواد عاكسة للحرارة أو استعمال زجاج ثنائي لوثلاثي لطبقات عازل للحرارة). • لتحكم في توجيه الهواء الداخل باستعمال لاضلف لمحورية ولشرايح المتحركة. 	<p>- لتوجيه</p> <p>-لواجهات ولسطح</p> <p>- لوضع</p> <p>تصميم لفتحات</p> <p>- لمعالجات</p>

تتمة الجدول 2-1/8: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشييد الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7,3]

التوصيات	نوع الفعالية
<ul style="list-style-type: none"> • لواجهة ذات الإستطالة تكون لواجهات الشمالية ولواجهات الجنوبية المظللة صيفا ولمفتحة شتاء لضمان لحجب الصيفي والانفتاح لشتوي. • تظليل الفتحات على لواجهات الشرقية والغربية والجنوبية (باستعمال كاسرات شمسية مناسبة). وبحسب لفقرة 2-5/1/4 	<div> <div>لتوجيه</div> <div>- إعتبرات لشمس</div> <div>إعتبرات الإستارة الطبيعية</div> </div>
<ul style="list-style-type: none"> • تستعمل السقوف لمستوية بعازلية حرارية عالية في المناطق الحارة لجافة. • تستعمل السقوف المزروجة بنفائنية هوائية فيما بينها لتقليل الاعباء الحرارية على السقف الاساس. 	تشكيل لسقوف

الجدول 2-1/8: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشيح الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7,3]

نوع الفعالية	التوصيات
إختبار وتخطيط لموقع لعام	<ul style="list-style-type: none"> • ينبغي تظليل الممرات ولطرق. • يجب استعمال طوبوغرافية الأرض والمباني المجاورة للحماية من لرياح لباردة (مناخ بارد). ولتقليل لمساحات لخارجية للجدران من خلال لتضام.
شكل لبناء وكتلته	<ul style="list-style-type: none"> • ينبغي تقليل نسبة لمساحة السطحية للبناء إلى حجمه مما يحقق أكبر قدر من لفراغات لداخلية (مناخ حار جاف/بارد). • يجب الاهتمام بالتشكيل ولتوجيه المناسب للبناء لتقليل التعرض للرياح لباردة (مناخ بارد). • البناء تحت الأرض أو جزئيا تحت الأرض (مناخ حار جاف / بارد). • شكل لبناء هو الاستطالة حيث تفضل الاستطالة بالشكل القريب من المربع وعلى أن تكون الاستطالة باتجاه شمال/جنوب للواجهة لولسعة لاعطاء مؤونة في تأثير الحمل الحراري لجمالي (سدا).

2-7/2 تأثير موقع العازل الحراري على الاختزان الحراري

2-7/2-1 عزل حراري خارجي

يجب وضع الطبقة الخفيفة العازلة للحرارة إلى الخارج من العنصر الإنشائي، ففي فصل الشتاء فإن الطبقة الداخلية تقوم بامتصاص الحرارة الداخلية في أثناء عملية تدفئة المبنى واختزنها والاحتفاظ بها، في حين تقوم الطبقة الخارجية العازلة للحرارة بإعاقة ومنع انتقال الحرارة المختزنة داخل الطبقة الداخلية إلى الخارج والحيلولة دون فقدانها بسرعة. وبذلك تكون كمية الحرارة المختزنة كبيرة، وهذه الحرارة المختزنة سوف تنبعث ثانية إلى داخل المبنى في ساعات توقف أجهزة التدفئة عن العمل مما يساعد على بقاء الجو الداخلي دافئاً لمدة من الزمن.

أما في الصيف، فإن الطبقة الخارجية العازلة للحرارة تعمل على إعاقة انتقال حرارة الجو الخارجية المرتفعة إلى داخل المبنى. يحمي الطبقة الداخلية من تأثيرات الحرارة الخارجية المرتفعة.

2-7/2-2 عزل حراري داخلي

يمكن وضع الطبقة الخفيفة العازلة للحرارة إلى الداخل للعنصر الإنشائي، وفي هذه الحالة فإن هذه الطبقة ونتيجة لصغر موصليتها الحرارية أقل قابليتها على اختزان الحرارة، تعمل على إسراع عملية تدفئة المبنى أو تكييفه ولكن في نفس الوقت فإن نواتج أجهزة التدفئة والتكييف عن العمل يؤدي أيضاً إلى سرعة فقدان الحرارة الداخلية شتاءً وارتفاعها صيفاً.

2-8 المتطلبات التصميمية المعمارية لترشيد استهلاك الطاقة في المباني

تؤخذ التوصيات البيئية والإنسانية المذكورة في الجدول 2-8/1 بنظر الاعتبار في التصميم المعماري لغرض الترشيح الأمثل لاستهلاك الطاقة في المباني.

2-7 توزيع الطبقات وعلاقته بالاختزان الحراري

يعتمد الاختزان الحراري للمادة على كثافتها الكتلية وسعتها الحرارية ان كانت مادة متجانسة واحدة أو مجموعة مواد مكونة لتركيبي انشائي متكامل لتصبح أساسا في عملية الاختزان الحراري والتي تعتمد أساسا على الاختلاف الحراري بين وجهي المادة المتجانسة لواحدة أو التركيب الانشائي المتكامل.

2-7/1 اختزان الحرارة (Heat Storage)

تناسب مقدرة المادة على اختزان الحرارة طوريا مع كثافتها الكتلية (ρ) وسعتها الحرارية (C_p)، وحجمها

(V) والفرق في درجات الحرارة المؤثرة (Δt).

يمكن إيجاد كمية الحرارة المخزنة (Q_s) باستعمال المعادلة التالية:

$$Q_s = \rho \cdot C_p \cdot V \cdot \Delta t \quad (2-7/1)$$

حيث :

Q_s : كمية الحرارة المخزنة في المادة ، J (جول)

ρ : الكثافة الكتلية للمادة وتقدر بـ kg/m^3

C_p : السعة الحرارية النوعية بثبوت الضغط للمادة ، J/kg .K

Δt : فرق درجة الحرارة بين السطح الداخلي والخارجي للمادة ، K

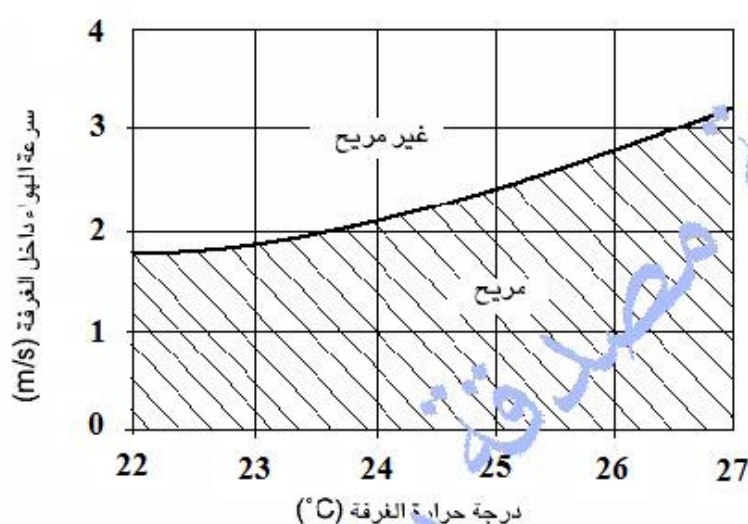
V : حجم المادة ، m^3

تؤخذ قيمة السعة الحرارية النوعية للمادة من الجدول 2-7/1.

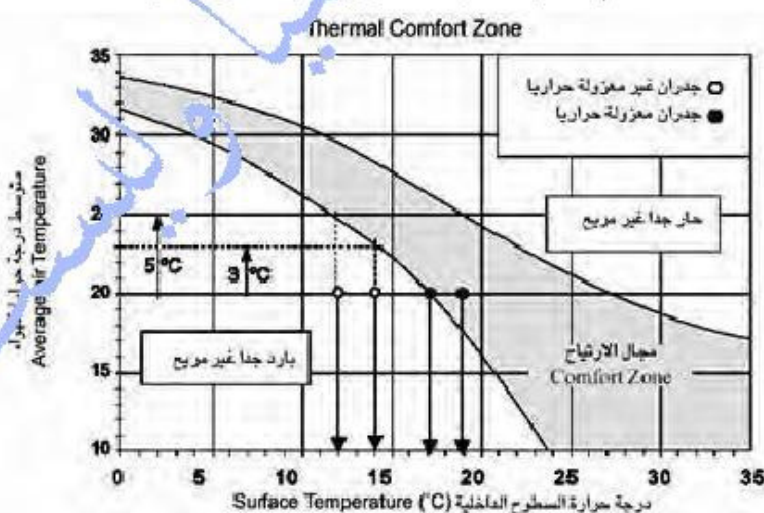
الجدول 2-7/1: السعة الحرارية النوعية لبعض المواد [7، 8]

المادة	السعة الحرارية النوعية (جول/كغم.كلفن)
المواد اللاعضوية والمواد العازلة المصنوعة منها	1000
الخشب والصفائح الخشبية	1800
الألياف النباتية والنسجية	1300
المواد اللدائنية والمواد العازلة المصنوعة منها	500
المعادن	
- الألمنيوم	900
- الفولاذ	500
- النحاس	400
الهواء (كثافة 1.2 كغم/م ³)	1000
الماء	4180

ملاحظة: يتم اعتماد درجات الحرارة والرطوبة النسبية (المتغيرات الثابتة والمأخوذة عن نشرات الانواء الجوية لجميع فصول السنة) والتي يتطلب تسقيطها مباشرة على مخطط التقويم البيومناخي وكذلك يشير المخطط الى المناطق خارج حدود الراحة الحرارية ومحددات اعادة التقويم من خلال ادخال مقومات تقويمية اضافية للوصول الى الراحة الحرارية كالتحرك الهوائي في حالة درجات الحرارة لغاية (33 درجة مئوية) والترطيب في حالة الجفاف لحراري (رطوبة نسبية اقل من 30%) او الاشعاع الحراري المضاف في حالة تقليل درجة الحرارة عن الحد الادنى للراحة الحرارية (يتراوح بين 12-75 كيلو سرعة/ساعة)، وكذلك يحدد المجال الذي يتطلب مداخلات ميكانيكية (تبريد أو تدفئة) في الحالات الحرجة والتي لايمكن معالجتها طبيعياً.

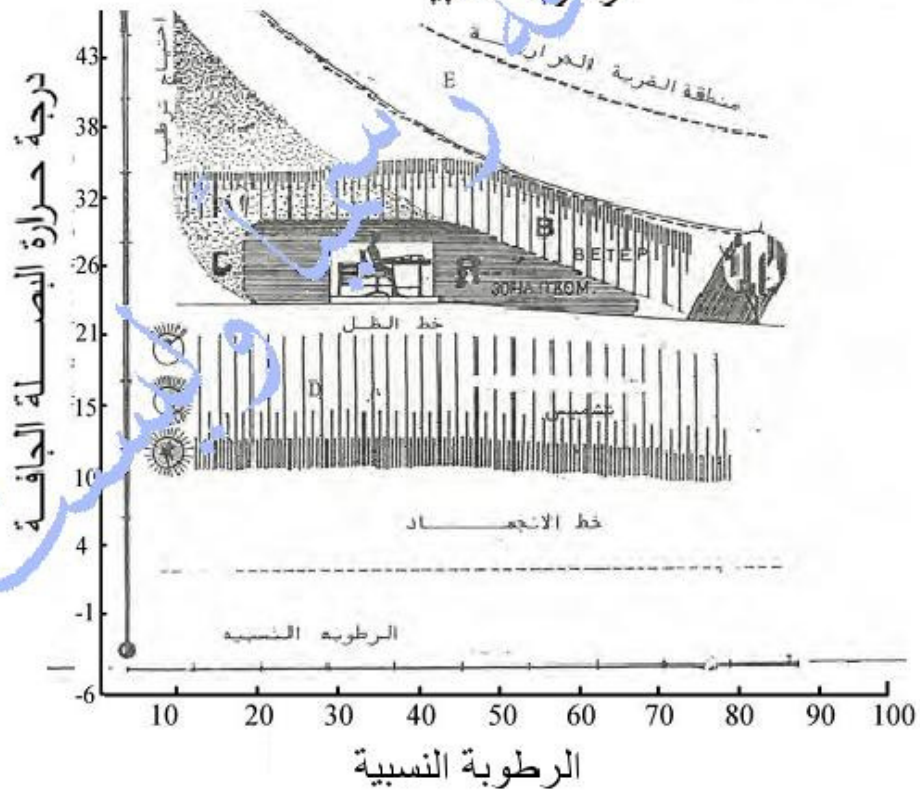
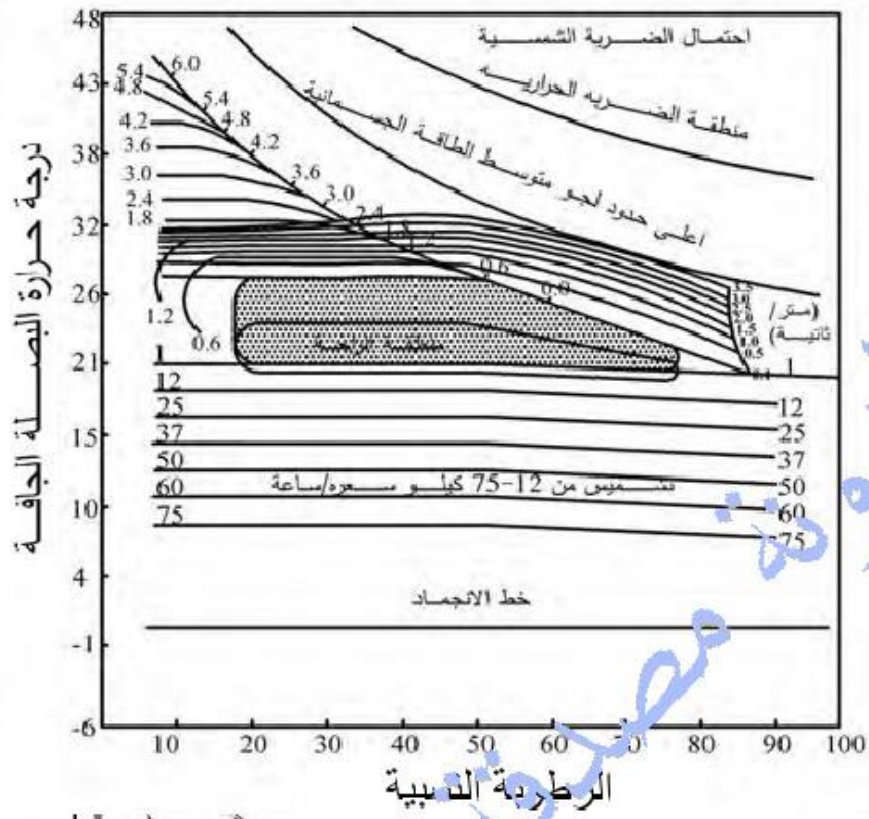


الشكل 2-6/2: مجال الراحة الحرارية تبعا لسرعة الهواء [7]



الشكل 2-6/3: مجال الراحة الحرارية تبعا لمتوسط درجة حرارة الهواء داخل حيز الاشغال ومتوسط راحة

حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء [7]



الشكل 2-1/6: مخطط التقويم البيومناخي (الأولكي) والذي يشير إلى حدود منطقة الراحة الحرارية بأعداد

2/6-2 عوامل مؤثرة في الراحة الحرارية ذات ارتباط مباشر بالظروف البيئية المحيطة

هناك أربعة عوامل للظروف البيئية المحيطة لها تأثير على الراحة الحرارية هي:

1/2/6-2 درجة حرارة الهواء (C°) Air Temperature

2/2/6-2 الرطوبة النسبية (%) Relative Humidity

3/2/6-2 حركة أو سرعة الهواء (m/s) Air Velocity

4/2/6-2 متوسط درجة الحرارة الإشعاعية (C°) Mean Radiant Temperature

يتم تحديد مستوى الراحة الحرارية للعوامل المؤثرة المذكورة أعفا بأشكال بيانية تبين مجال الراحة الحرارية الذي يقع فيه هذا المستوى.

يبين الشكل 1/6-2 مجال الراحة الحرارية تبعا لدرجة حرارة الهواء ورطوبته النسبية داخل حيز الأشغال ويبين الشكل 2/6-2 مجال الراحة الحرارية تبعا لسرعة الهواء داخل حيز الأشغال.

يبين الشكل 3/6-2 مجال الراحة الحرارية تبعا لمتوسط درجة حرارة الهواء داخل حيز الأشغال ومتوسط درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء، فعلى سبيل المثال، إذا كانت درجة حرارة الهواء داخل مبنى غير معزول حراريا في الشتاء تساوي 20 درجة مئوية ومتوسط درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء تساوي 12 درجة مئوية، فعند استعمال الشكل 3/6-2 يتبين أن الإقامة في هذا المبنى تكون غير مريحة بسبب ازدياد كمية الطاقة الإشعاعية الصادرة عن جسم الإنسان إلى السطوح الداخلية الباردة لعناصر البناء والتي تشكل الجزء الأكبر من الطاقة الحرارية التي يفقدها جسم الإنسان وهذا يؤدي إلى حدوث خلل في الاتزان الحراري وللوصول إلى الراحة الحرارية فإن ذلك يتطلب رفع درجة حرارة الهواء داخل المبنى عدة درجات أعلى من 20 درجة مئوية لغرض الدخول في مجال الراحة الحرارية وهذا يعني لمزيد من استهلاك وهدر الطاقة. أما في حالة العزل الحراري الجيد لعناصر البناء المختلفة فإن درجة حرارة السطوح الداخلية لهذه العناصر تكون قريبة من درجة حرارة الهواء داخل المبنى وتقع ضمن مجال الراحة الحرارية كما مبين في الشكل 3/6-2، كذلك يبين الشكل 3/6-2 الحدود القصوى للراحة الحرارية والتي يجب مراعاتها في تصميم العزل الحراري للعناصر الخارجية للمبنى بهدف الوقاية الحرارية في فصل الصيف.

الجدول 2-1/6: كمية الحرارة المتحررة عن جسم الإنسان بحسب نوع النشاط المبذول [7]

نوع النشاط	كمية الحرارة المتحررة (واط/شخص/ساعة)
النوم	70
الجلوس مع حركة خفيفة	160-130
الوقوف مع عمل خفيف	190-160
الجلوس مع حركة كثيفة	230-190
الوقوف مع عمل متوسط وحركة خفيفة	290-230
المشي مع حمل أو رفع ثقل خفيف	410-290
عمل كثيف منقطع	580-440
عمل شاق محتمل	700-580
عمل شاق بأقصى حد لمدة 30 دقيقة	1100
<p>القيم المذكورة هي قيم متوسطة مستقاة من عدة مراجع وتشمل الحرارة المحسوسة والكامنة، حيث أن:</p> <p>الحرارة المحسوسة: هي الحرارة التي يحس بها جسم الإنسان بارتفاع أو انخفاض درجة حرارة البصلة الجافة. إن ثبوت الحرارة المحسوسة يعني ثبوت درجة حرارة البصلة الجافة. الهواء.</p> <p>الحرارة الكامنة: هي الحرارة التي تكتزن بإضافة بخار الماء أو إزالة من الهواء. إن ثبوت الحرارة الكامنة يعني بقاء كمية بخار الماء للممزوجة مع الهواء ثابتة.</p>	

2/1/6-2 معامل الملابس

يحدد نوع الملابس الذي يرتديه الإنسان كمية الحرارة التي يفقدها الجسم إلى الوسط المحيط، حيث أن كمية الحرارة المفقودة من جسم الإنسان بزيادة نوع الملابس وعدده وقدرته على عزل الحرارة. إن العزل الحراري للملبس تعتبر من العوامل المهمة والمؤثرة في احتساب حدود الراحة الحرارية للإنسان وتتأثر ما بين (clo. 1-0.5) في الموسم الصيفي و (clo. 2-1.5) في الموسم الشتوي وتعتبر (clo. 4) أعلى قيمة لمعامل الملبس شتاءً، والذي يترتب عليه تقليل درجة الراحة الحرارية المعتمدة شتاءً.

*ملاحظة: يتم اعتماد معامل تصحيح لعموم المعايير المعتمدة في الجدول 2-1/5 ليكون الجدول أكثر ملاءمة للظروف المناخية العراقية بحسب توصيات وبحوث تطبيقية عالمية عديدة في ظروف المناطق الاستوائية [6.5].

2-5/2 المتطلبات المعمارية

لقد تم الإشارة الى المتطلبات المعمارية الضرورية في تصميم العزل الحراري للمباني في الفصل

4-2.

2-5/3 معامل انتقال الحرارة الإجمالي (U-Value) للعناصر الإنشائية

تعتمد قيمة معامل انتقال الحرارة الإجمالي لعناصر البناء على عدة عوامل، منها خواص المواد المكونة للتركيب الإنشائي، سمكها ودرجة تعرض السطوح الخارجية للعناصر الإنشائية إلى العوامل الجوية. عند زيادة قيمة معامل انتقال الحرارة الإجمالي لعناصر البناء فإن كمية الحرارة المفقودة شتاءً والمكتسبة صيفاً سوف تزداد، وبالتالي يزداد استهلاك الطاقة اللازمة لتدفئة وتكييف المبنى، وعليه يجب تصميم العناصر الإنشائية للمبنى بحيث تكون قيمة معامل انتقال الحرارة الإجمالي لها ضمن الحدود المسموح بها التي ستذكر في الجدول 4-1/8.

2-6 الراحة الحرارية (Thermal Comfort)

تتأثر الراحة الحرارية بالعوامل التالية:

2-6/1 عوامل مؤثرة في الراحة الحرارية مرتبطة بالإنسان نفسه (Personal Factors)

هذه العوامل تشمل:

2-6/1/1 نوع النشاط الإنساني

تعتمد كمية الطاقة الحرارية الناتجة من معدل الأيض لجسم الإنسان والتي يقوم الإنسان بتبديدها في الجو المحيط على نوع النشاط الذي يمارسه الإنسان وهي مبينة في الجدول 3-1/6.

الجدول 1/5-2: درجات الحرارة والرطوبة النسبية الموصى بها داخل الاماكن المكيفة* [4]

رقم	لمكان لمكيف	صيفا		شتاء		سرعة لهُواء (متر/ثانية)
		درجة حرارة لبطلة لجافة (درجة مئوية)	لرطوبة نسبية (%)	درجة حرارة لبطلة لجافة (درجة مئوية)	لرطوبة نسبية (%)	
1	الورش السكينة	24	55-50	21	50-40	0.15-0.13
2	الاسواق المركزية	26	55-50	21	50-40	0.25
3	الكافتريا	26	50	23-21	30-20	0.25
4	المطاعم	26-23	60-55	23-21	30-20	0.15-0.13
5	المطابخ	31-29	-	23-21	-	0.25-0.15
6	المكاتب	26-23	60-50	23-21	30-20	0.23 - 0.13
7	المكتبات	22-20	55-40	22-20	55-40	اقل من 0.13
8	المتاحف	22-20	55-40	22-20	55-40	اقل من 0.13
9	غرف الهاتف	26-22	50-40	26-22	50-40	0.15-0.13
10	استديوهات الاذاعة والتلفزيون	26-23	55-45	23-21	50-40	0.15-0.13

2-5 العوامل المؤثرة في تصميم العزل الحراري

يمكن تحديد العوامل التالية لإعتبارها المؤثر في التصميم:

2-5/1 الظروف الجوية

قبل البدء بعملية التصميم للعزل الحراري يجب تحديد المتطلبات التصميمية اللازم توافرها داخل المبنى والظروف الجوية السائدة صيفا وشتاءً وهي كما يلي :

2-5/1/1 المتطلبات التصميمية اللازم توافرها داخل المبنى لكل منطقة مناخية وتتضمن التالي:

2-5/1/1/1 درجات الحرارة التصميمية الداخلية.

2-5/1/1/2 الرطوبة النسبية التصميمية الداخلية المتوقعة.

2-5/1/1/3 معدل التهوية التصميمية

2-5/1/2 الظروف المناخية الخارجية السائدة صيفا وشتاءً لكل منطقة مناخية وتتضمن التالي:

2-5/1/2/1 درجات الحرارة الخارجية.

2-5/1/2/2 الرطوبة النسبية القصوى والدنيا السائدة.

2-5/1/2/3 سرعة الرياح واتجاهها.

2-5/1/2/4 شدة الأشعة الشمسية ورطوبة غلافها.

2-5/1/2/5 درجة حرارة الهواء.

الجدول 2-5/1 يبين درجات الحرارة والرطوبة النسبية الموصى بها داخل الأماكن المكيفة.

الفارق في درجات الحرارة بين الحيز والسطوح الداخلية يجب ان لا يزيد عن 3°م مع الأخذ بنظر الاعتبار

امكانية رفع درجة الحرارة في حالة تصعيد التحرك الهوائي لغرفة 1متر/ثانية بمعامل ملابس 0.5 clo. وتتبدل

بحسب الجهد الذي يتعرض له الانسان.

2-4/5/1 المصدات الأفقية

تعمل المصدات الأفقية على منع أشعة الشمس المباشرة في الأوقات التي تكون فيها زاوية ارتفاع الشمس عالية (Sun's altitude) وزاوية الظل الأفقية صغيرة ويفضل استعمالها في الإتجاه الجنوبي بين زاويتي سمت 135° إلى 225°، ويمكن أن تكون ثابتة أو متحركة بدوران.

2-4/5/2 المصدات العمودية

تعمل المصدات العمودية على صد أشعة الشمس المباشرة في الأوقات التي تكون فيها زاوية ارتفاع الشمس واطئة وزاوية الظل الأفقية كبيرة ويفضل استعمالها في الإتجاه ما بين صفر - 90° من الشمال وما بين 270 - 360° بإتجاه الشمال، ويمكن أن تكون ثابتة أو متحركة بدوران.

2-4/5/3 المصدات المركبة

وهي المصدات التي تتكون من مصدات أفقية ومصدات عمودية وتعتبر هذه المصدات فعالة في كل الإتجاهات ولكنها مهمة جدا في الإتجاهات بزاوية سمت من 45°-135° عن الشمال وزاوية سمت من 225°-315° بإتجاه الشمال (الزاوية الغربية). كما يفضل في هذه الإتجاهات استعمال الالقعة الخشبية ذات الغلق التام في الأوقات الصعبة.

2-4/5/3 التظليل باستعمال الباحات والشرف والفناءات

يراعى استعمال الباحات والشرف كمعالم معمارية للأبنية الواقعة في مناطق تمتاز بمناخها الحار حيث إنها تهيء الظل وتعتبر وقيات جيدة من أشعة الشمس.

2-4/5/4 التظليل باستعمال الأشجار والنباتات والمسطحات المائية والنافورات

إن الأشجار والنباتات والمسطحات المائية والنافورات تستعمل في مقتربات المباني لتقليل تأثير الاحمال الحرارية الخارجية على المبنى حيث يقل متوسط درجة حرارة الهواء الخارجية في هكذا ظروف بمقدار يتراوح بين 8-10° مئوية.

تؤخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار عند إختيار النبات المناسب للتظليل:

2-4/5/1 استعمال النباتات كثيفة التوريق التي تعطي ظلا كثيفا، أما النباتات قليلة التوريق فانها تعطي ظلا متقطعاً يؤثر على قابليتها في حجب الحمل الحراري الخارجي المؤثر.

2-4/5/2 استعمال النباتات المرتفعة وكثيرة الإنتشار حيث أنها أفضل في تقليل أعباء الاحمال الحرارية الخارجية.

2-4/5/3 استعمال الأشجار والشجيرات متساقطة الأوراق شتاءً (النباتات الموسمية) حيث أنها تعطي خواص مناخية جيدة فتستعمل صيفا للتظليل أما في الشتاء فتسمح لأشعة الشمس بالدخول الى الفضاء الداخلي.

(المناطق المظللة والمناطق المشمسة).

3/4/4-2 الأشكال الهندسية للنوافذ للسيطرة على أشعة الشمس

يعتبر الشكل المستطيل والمربع والأشكال القريبة منها هي السائدة للنوافذ في أغلب التصاميم الهندسية وقد توضع هذه النوافذ في الجدران بوضع أفقي أو عمودي وبحسب الاتجاهات التالية:

1/3/4/4-2 في الإتجاه الشمالي (وشمال-الشمال الشرقي) (وشمال-الشمال-الغربي) يفضل استعمال النوافذ العمودية لفعاليتها الصيفية في تخفيض الأشعة الشمسية الصيفية.

2/3/4/4-2 في الزاوية المحصورة بين الإتجاه الجنوبي الشرقي 135° والإتجاه الجنوبي الغربي 225° يفضل استعمال النوافذ العمودية لفعاليتها الجيدة في تخفيض الأشعة الشمسية الصيفية والسماح لأكبر كمية من الأشعة الشمسية الشتائية إذا ما قورنت بالنوافذ الأفقية.

5/4-2 التظليل الخارجي [3]

يعتبر تظليل الواجهة، وتظليل الفتحات والنوافذ من العوامل المؤثرة على التقليل من الحمل الحراري المسلط على المباني في موسم الصيف، حيث إنه يساعد على التخلص من الأشعة المباشرة في الأيام الحارة.

تشمل أساليب التظليل للسيطرة على أشعة الشمس ثلاثة أنواع وهي كالتالي:

1/5/4-2 التظليل بالأجزاء المتحركة.

يراعى استعمال الأجزاء المتحركة على الواجهات التي لا يمكن منع الشمس فيها نهائياً لكل ساعات النهار كالواجهتين الشرقية التي تواجهها الشمس منذ ظهورها والغربية التي تستلم الإشعاع الشمسي بعد زوال الشمس وتبقى زوايا إرتفاع الشمس أمامها واطئة لساعات طويلة. لا يمكن منعها نهائياً بواسطة المانعلات الثابتة الأفقية والعمودية. وتشمل الأجزاء المتحركة للتظليل:

1/1/5/4-2 المشبكات الخشبية.

2/1/5/4-2 الستائر والمظلات الخارجية المتحركة الرأسية وثمانلة والدوارة من الخشب واللدائن والمعادن والاقمشة... الخ.

3/1/5/4-2 الستائر المعدنية التي توضع في فراغ النوافذ ذات الزجاج المزدوج.

4/1/5/4-2 الأذرع العمودية المعدنية المتحركة.

5/1/5/4-2 مظلات مصنوعة من المعادن أو البلاستيك.

2/5/4-2 التظليل بالأجزاء الإنشائية والتركيبية

وهي أجزاء تستعمل بشكل رئيس لمنع أشعة الشمس من النفوذ الى داخل المباني من الفتحات والنوافذ وتدعى بمانعلات أو مصدات الشمس وتقسّم الى:

2/2/4-2 علاقة موقع البناء بمواقع الأبنية المجاورة

إن وجود المبنى ضمن مجمع سكني كثيف يساعد في تخفيف تأثير شدة الرياح والأمطار وأشعة الشمس عليه.

3/2/4-2 ارتفاع المبنى

إن زيادة ارتفاع موقع المبنى عن باقي الأبنية المجاورة له والمحيطه به يجعله أكثر عرضة لمواجهة الرياح والأمطار المباشرة مما لو كان بارتفاع مساو لباقي الأبنية.

3/4-2 غلاف المبنى

إن لغلاف المبنى الأثر الكبير على كمية الفقدان الحراري شتاءً والاكسباب الحراري صيفاً، ولذلك تؤخذ النقاط الآتية بنظر الاعتبار عند تنفيذ غلاف المبنى:

1/3/4-2 إستعمال مواد التشييد ذات الموصلية الحرارية الواطئة وذات السعة الحرارية العالية للحصول على حدود معامل انتقال الحرارة الاجمالي للعنصر الانشائي المحدد وبحسب الجدول 4-1/8 ولغرض الوصول الى إستقرار في درجات الحرارة داخل المبنى وقلة التغير في درجات الحرارة بين الليل والنهار.

2/3/4-2 ينبغي إستغلال قابلية ألوان للإمتصاص والانعكاس الحراري للمواد في واجهات المباني.

3/3/4-2 ينبغي إستعمال الجدران المرفوعة المزدوجة أو إستعمال العوازل الحرارية والنباتات المنسلقة في واجهات المباني.

4/4-2 النوافذ

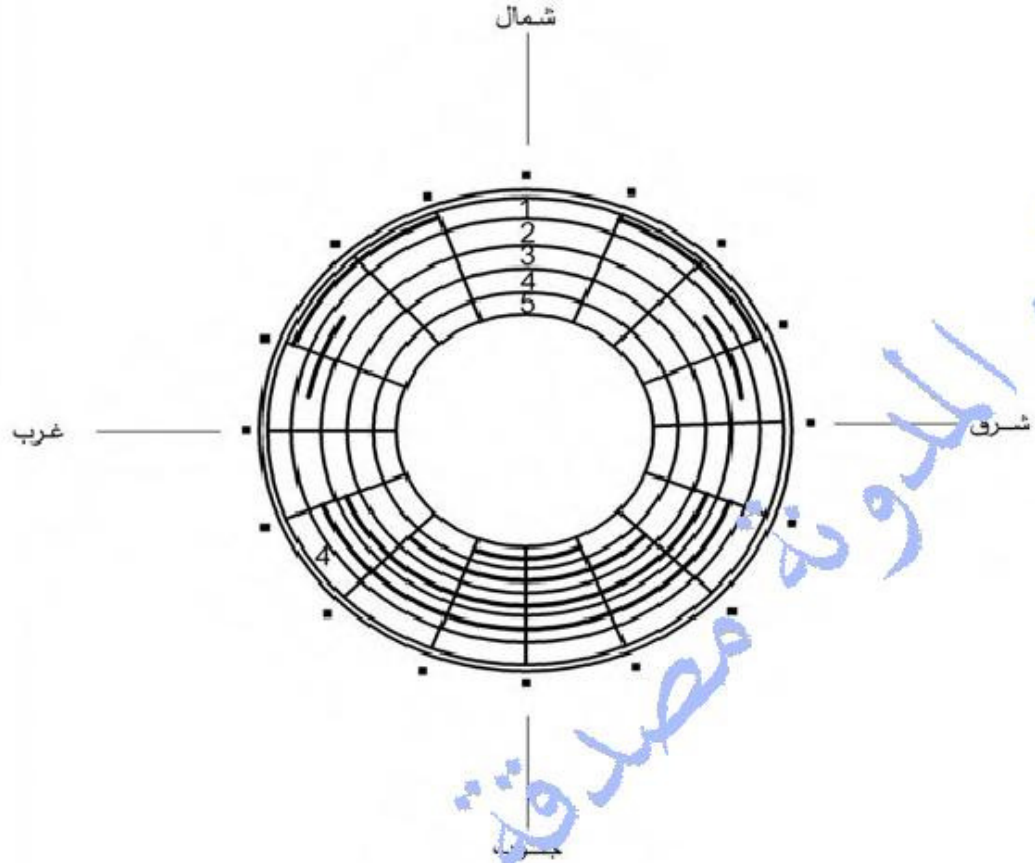
تعتبر النوافذ من الأجزاء الرئيسة المؤثرة على زيادة الكسب أو الفقدان الحراري وتزداد إيجابياتها في التبادل الحراري إذا ما أحسن إختيار موقعها وأبعادها واتجاهها

1/4/4-2 موقع النافذة للسيطرة على أشعة الشمس المباشرة

يجب وضع أقل ما يمكن من النوافذ في إتجاه الغرب والشرق ويجب وضع النوافذ الواسعة في الإتجاه الجنوبي ويترك الى المصمم تقدير سعة النافذة في الإتجاهات الأخرى مستنداً الى الحاجة للإضاءة الطبيعية والتهوية مع التأكيد على تجهيزات الحجب الشمسي في الاوقات المزعجة من السنة.

2/4/4-2 موقع النافذة للتهوية الطبيعية

ينبغي توافر نافذتين على الأقل في كل فضاء احدهما باتجاه الرياح السائدة والأخرى بالاتجاه المعاكس للحصول على التهوية الطبيعية ولتقليل الأحمال الحرارية داخل الفضاءات ولتكوين حركة مواء محسوسة لزيادة الراحة الحرارية وللتخلص من الرطوبة والروائح، على أن يؤخذ بنظر الاعتبار أن تكون النافذة ممدبرة للرياح (Lee ward) أكبر من نافذة دخول الهواء المواجهة للرياح (windward) لتكوين سرعة رياح مسوية داخل الفضاء وأكثر انتظاماً. إن التهوية الطبيعية في مباني المناطق الحارة الجافة تحكمها قرارات اختلاف الضغط ما بين واجهات المباني (من خلال الانضغاط والانفتاح للمباني ومن خلال فرق درجة الحرارة.... الخ) ويتم ذلك باستعمال النوافذ والمناور والمداخل الهوائية ومناورة الاقتراب والابتعاد بين المباني



الشكل 2/4-2: توصيات حدود استعمال المصدات الشمسية الثابتة [3]

1- مصدات عمودية 2- مصدات مركبة 3- مصدات أفقية 4- المشبكات الخشبية 5- حافة أفقية

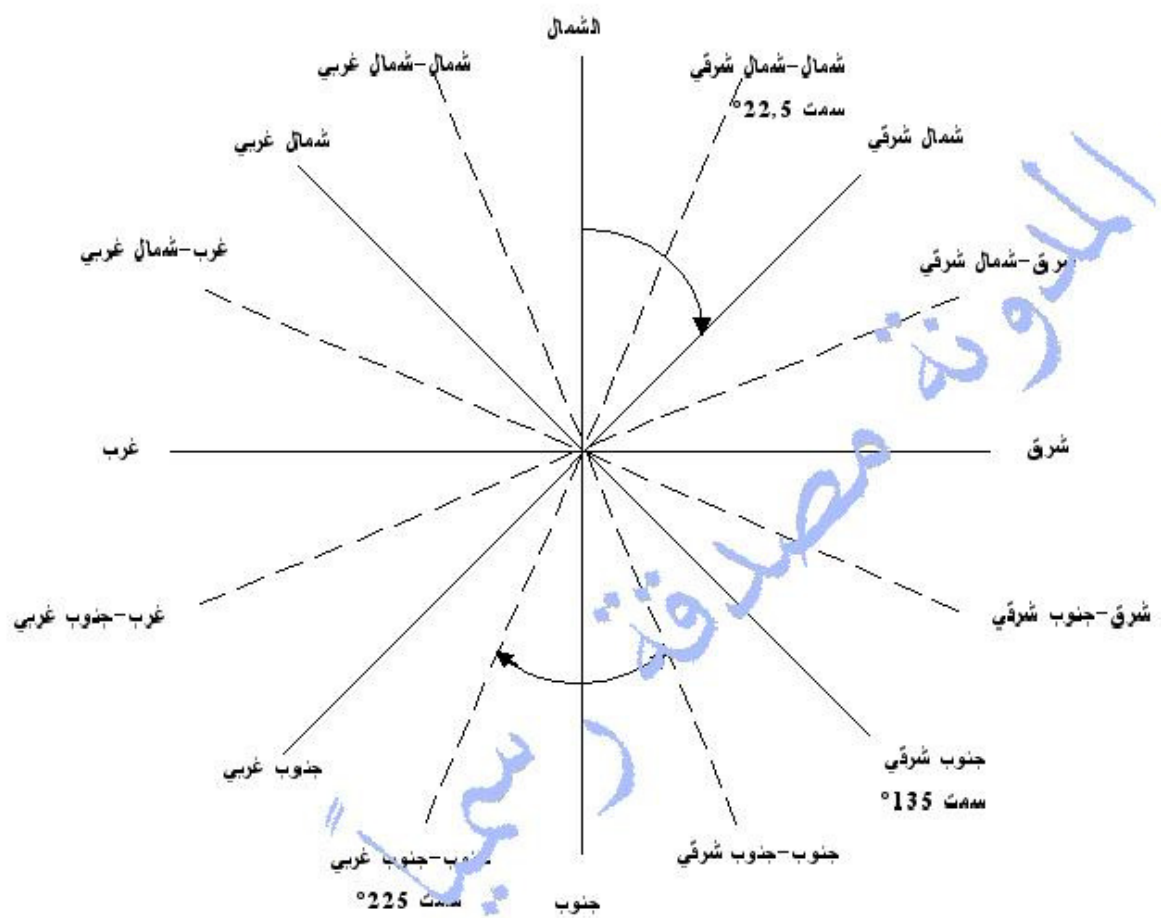
ملاحظة- للواجهات الشرقية والغربية يجب استعمال مصدات شمسية متحركة لعدم صلاحية المصدات الثابتة.

2/4-2 شكل البناء وموقعه

هنالك عدة عوامل أخرى تؤخذ بنظر الاعتبار في التصميم وهي:

1/2/4-2 اختلاف موقع البناء

يتعرض المبنى الذي يقع على قمة مرتفعة إلى الرياح وأشعة الشمس والأمطار أكثر من المبنى الواقع في واد منخفض، كذلك يتعرض المبنى الواقع على سفح الجبل المواجه للرياح السائدة (windward side) إلى تأثير هذه الرياح بشكل أكبر من لمبنى الواقع على السفح المعاكس (Leeward side).



الشكل 2-1/4: الاتجاهات الجغرافية

2-4 المتطلبات المعمارية في تصميم العزل الحراري للمباني

هناك العديد من المتطلبات المعمارية التي يجب أخذها بنظر الاعتبار عند تصميم العزل الحراري للمباني، وهذه المتطلبات تعتمد على عدة عوامل تؤثر على مقدار الفقدان والاكْتساب الحراري عبر العناصر الخارجية للمبنى وأهم هذه العوامل هي:

2-4/1 الإتجاه الجغرافي للمبنى

تؤثر الرياح تأثيراً كبيراً على المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية للعناصر البنائية المواجهة لها، وتتناسب هذه تأثير السطوح بالرياح مع شدة الرياح نفسها، فكلما تزداد سرعة الرياح فإن المقاومة الحرارية السطحية الخارجية لعناصر البناء (المواجهة للرياح) سوف تنخفض، فضلاً عن ازدياد إمكانية تسرب الهواء إلى داخل المبنى من خلال مفاصل الأبواب والنوافذ المواجهة للرياح، إضافة إلى ذلك فإن أشعة الشمس المباشرة تعتبر مصدراً حرارياً، مما يفرض على الاستفادة منه واستثماره في فصل الشتاء وتجنبه في فصل الصيف. لذلك فإن الإتجاه الجغرافي للمبنى يؤدي دوراً مهماً في عمليات فقد الحرارة وكسبها، وبناءً على ذلك يجب مراعاة الاعتبارات التالية عند تصميم العزل الحراري للمباني وصولاً لأفضل تعامل حراري مع البيئة:

2-4/1/1 يراعى جعل الواجهة والجدران الكبيرة للمبنى نحو الإتجاهات التي تكون فيها زوايا إرتفاع الشمس كبيرة صيفاً وصغيرة شتاءً، ويجب تقليل من الواجهات المقابلة لزوايا شمس الصيف الواطئة (يفضل الزاوية المحصورة بين سمت 135° ولغاية 225° كما مبين في الشكل 2-4/1).

2-4/1/2 يجب أن تكون نوافذ الأبنية الواقعة باتجاه الرياح محكمة وصغيرة في حين تكون النوافذ الكبيرة في الاتجاه المعاكس.

2-4/1/3 يجب أن يكون ضلع البناية الصغير عمودياً على اتجاه الرياح المزعجة.

2-4/1/4 ينبغي تقليل مساحات الأبواب والنوافذ والواجهات الزجاجية المعرضة للرياح السائدة.

2-4/1/5 اتخاذ التدابير اللازمة لمنع وحجب أشعة الشمس من الدخول إلى المبنى صيفاً، والسماح بدخولها إلى المبنى شتاءً باستعمال مظلات واقية، مع ملاحظة التوصيات في استعمال المصدات الثابتة في الشكل

2-4/2.

2-3 تصنيف المباني والمنشآت لإغراض العزل الحراري

تُصنف الأبنية لإغراض العزل الحراري كما يلي:

2-1/3 بحسب قصورها الحراري (Thermal Inertia)

يعرف القصور في العازلية الحرارية للمبنى كما مبين في الفقرة 1-21/2/5. تُقسم الأبنية بحسب قصورها في العازلية الحرارية عند عدم إستعمال مواد العزل الحراري الى ثلاثة أنواع، ثقيلة التركيب ومتوسطة التركيب وخفيفة التركيب.

2-1/3-1 مبان ذات قصور حراري كبير (ثقيلة التركيب)

وهي المباني أو المنشآت الحجرية أو الخرسانية أو المشيدة بالطابوق وذات تقسيمات داخلية (Partitions) متعددة مبنية من الطابوق أو الخرسانة.

2-2/3-1 مبان ذات قصور حراري متوسط (متوسطة التركيب)

وهي الأبنية المؤلفة من طابق واحد والمبنية من الخرسانة أو الطابوق وتحتوي على تقسيمات داخلية قليلة جدا مبنية من الطابوق أو الخرسانة.

2-3/3-1 مبان ذات قصور حراري منخفض (خفيفة التركيب)

هذه المباني يمكن تصنيفها إلى:

2-1/3-1/3 الأبنية ذات طابق واحد المبنية من مواد خفيفة الوزن ولا تحتوي على تقسيمات داخلية.

2-2/3-1/3 الأبنية ذات طابق واحد ومبنية من مواد خفيفة الوزن وتحتوي على تقسيمات داخلية قليلة جدا مبنية من نفس المواد.

2-3/3-1/3 الطوابق العليا من المباني المبنية من مواد خفيفة الوزن ولا تحتوي على تقسيمات داخلية.

2-2/3-2 بحسب درجة تعرضها إلى الأحمال الحرارية الخارجية

تُصنف الأبنية بحسب درجة تعرضها إلى الأحمال الحرارية الخارجية (العوامل الجوية) إلى:

2-1/3-2 أبنية محمية: حيث تكون سرعة الرياح اقل من 0.5 متر/ثانية وتشمل:

2-1/2/3-2 الطابقين الأولين فوق مستوى الأرض في الأبنية الواقعة ضمن المخطط الداخلية في المدن.

2-2/3-2 أبنية معتدلة التعرض: حيث تكون سرعة الرياح (0.5-5) متر/ثانية وتشمل:

2-1/2/3-2 الطوابق الثالث والرابع والخامس من الأبنية الواقعة ضمن المناطق الداخلية في مراكز المدن.

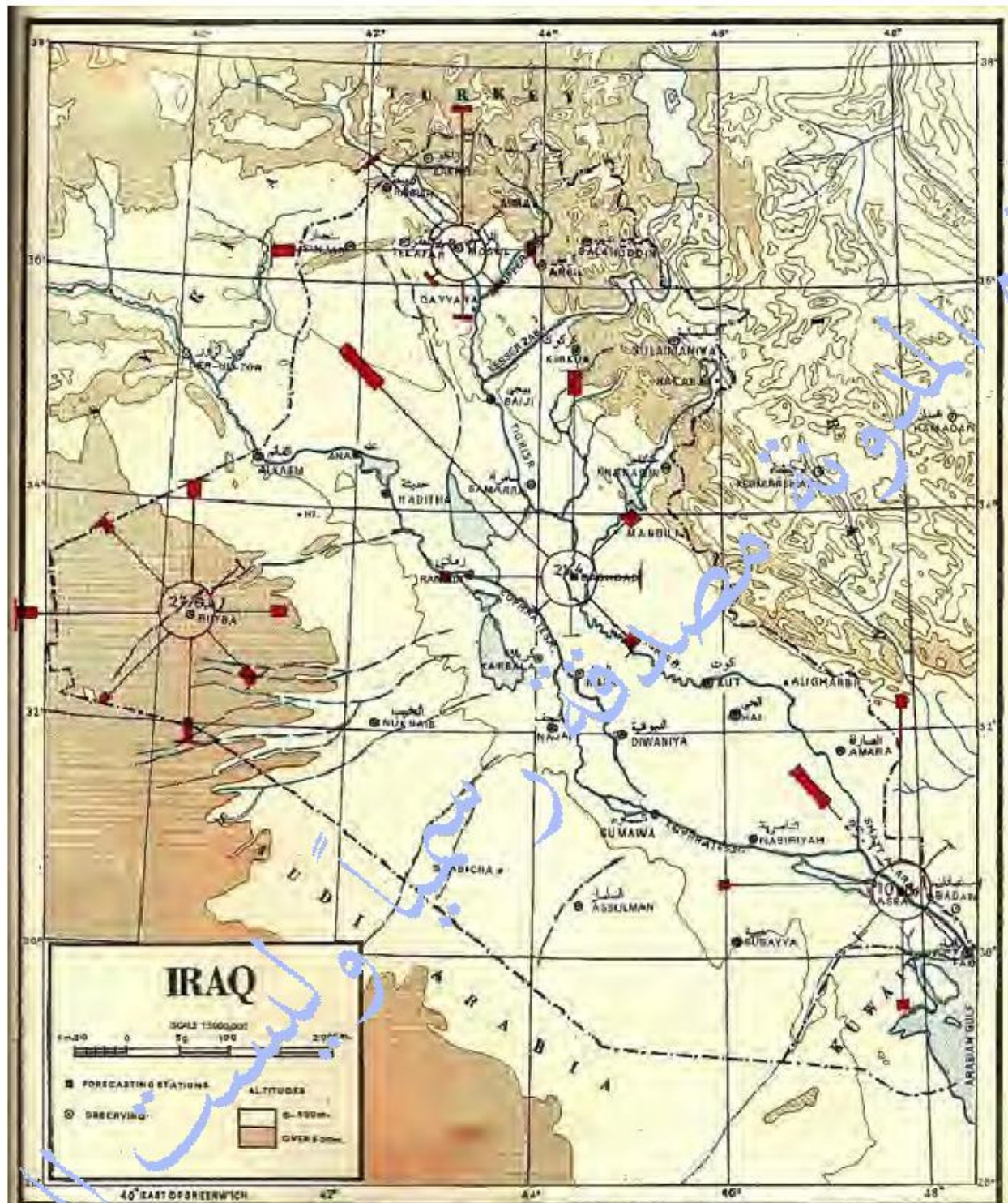
2-2/3-2 الطوابق الأول والثاني والثالث في الأبنية الواقعة ضمن المناطق المحيطة بالمدن.

2-3/3-2 أبنية شديدة التعرض: حيث سرعة الرياح اكبر من 5 متر/ثانية وتشمل:

2-1/3/3-2 الطابق السادس والطوابق الأخرى التي تعلوه في الأبنية التي تقع ضمن المناطق الداخلية مركز المدن.

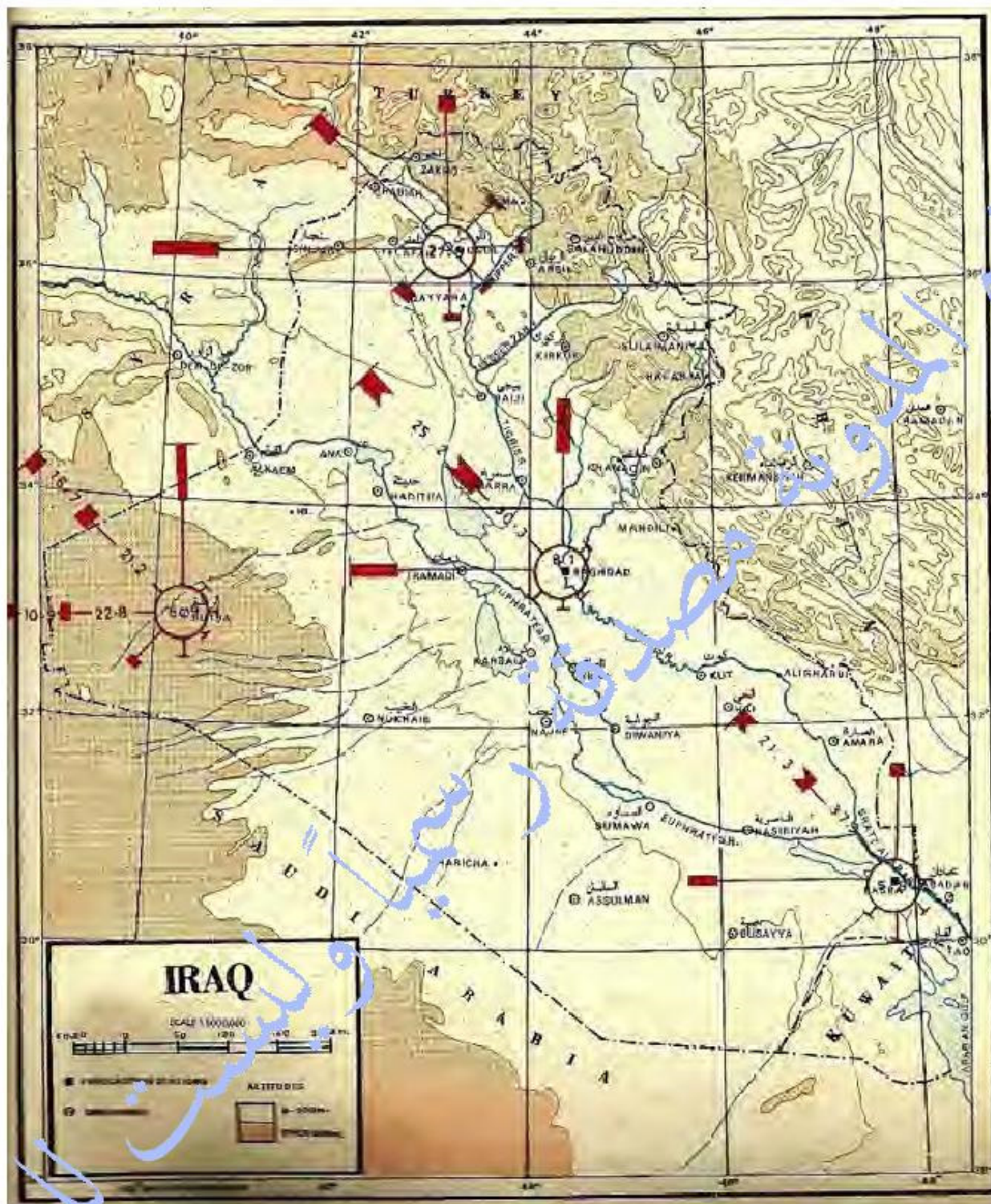
2-2/3/3-2 الطابق الرابع والطوابق الأخرى التي تعلوه في الأبنية الواقعة ضمن المناطق المحيطة بالمدن.

2-3/3/3-2 الأبنية الواقعة بالقرب من الشواطئ أو على جوانب المرتفعات.



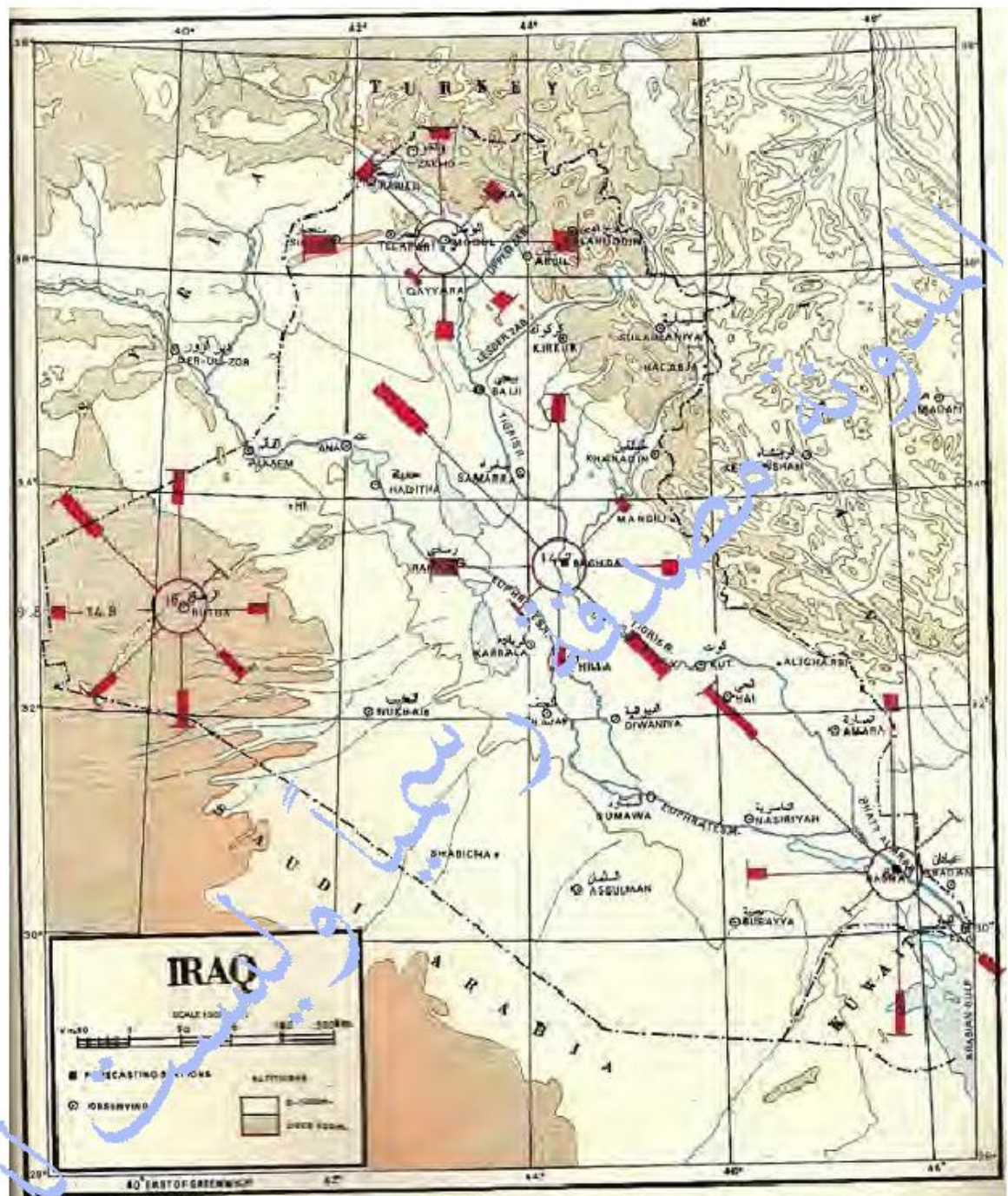
الشكل 2-12: المعدل الشهري لتكرارات الرياح "سرعة واتجاهاً" ضمن الاتجاهات المعينة خلال شهر

تشرين الأول [2]

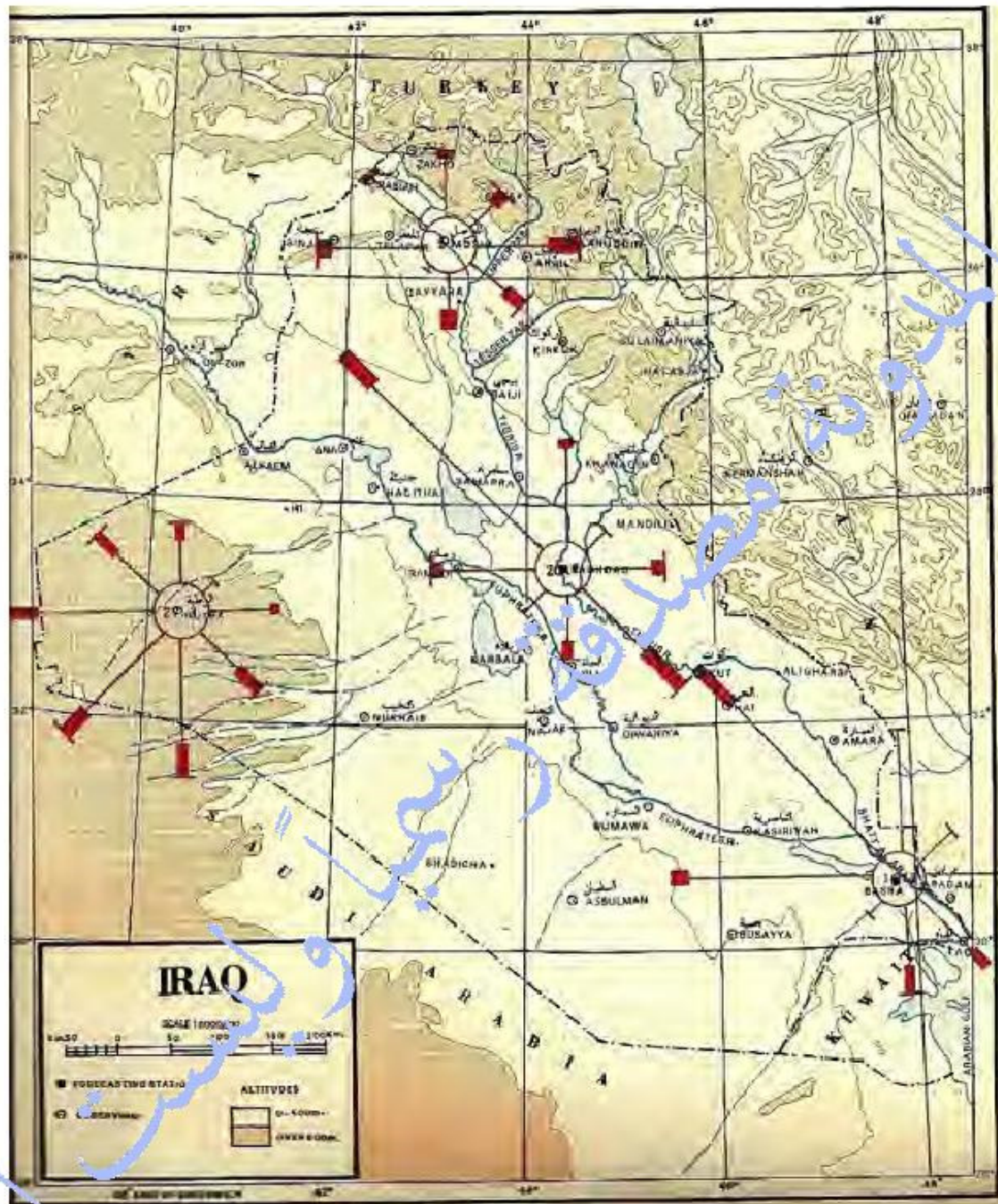


الشكل 2-11: المعدل الشهري لتكرارات الرياح "سرعة واتجاهاً" ضمن الاتجاهات المعينة خلال شهر

تموز [2]

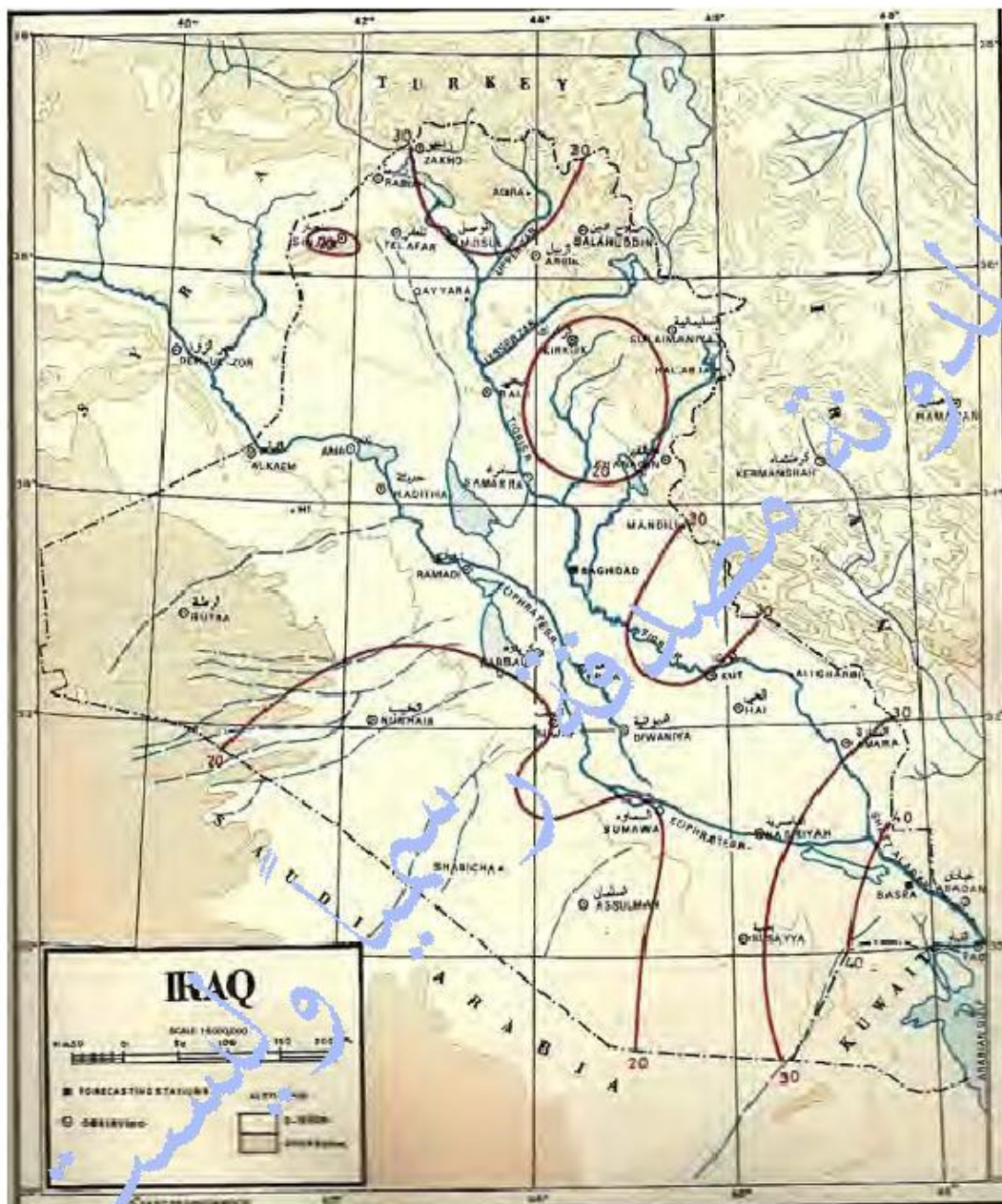


الشكل 2-10: المعدل الشهري لتكرارات الرياح "سرعة واتجاهاً" ضمن الاتجاهات المعينة خلال شهر نيسان

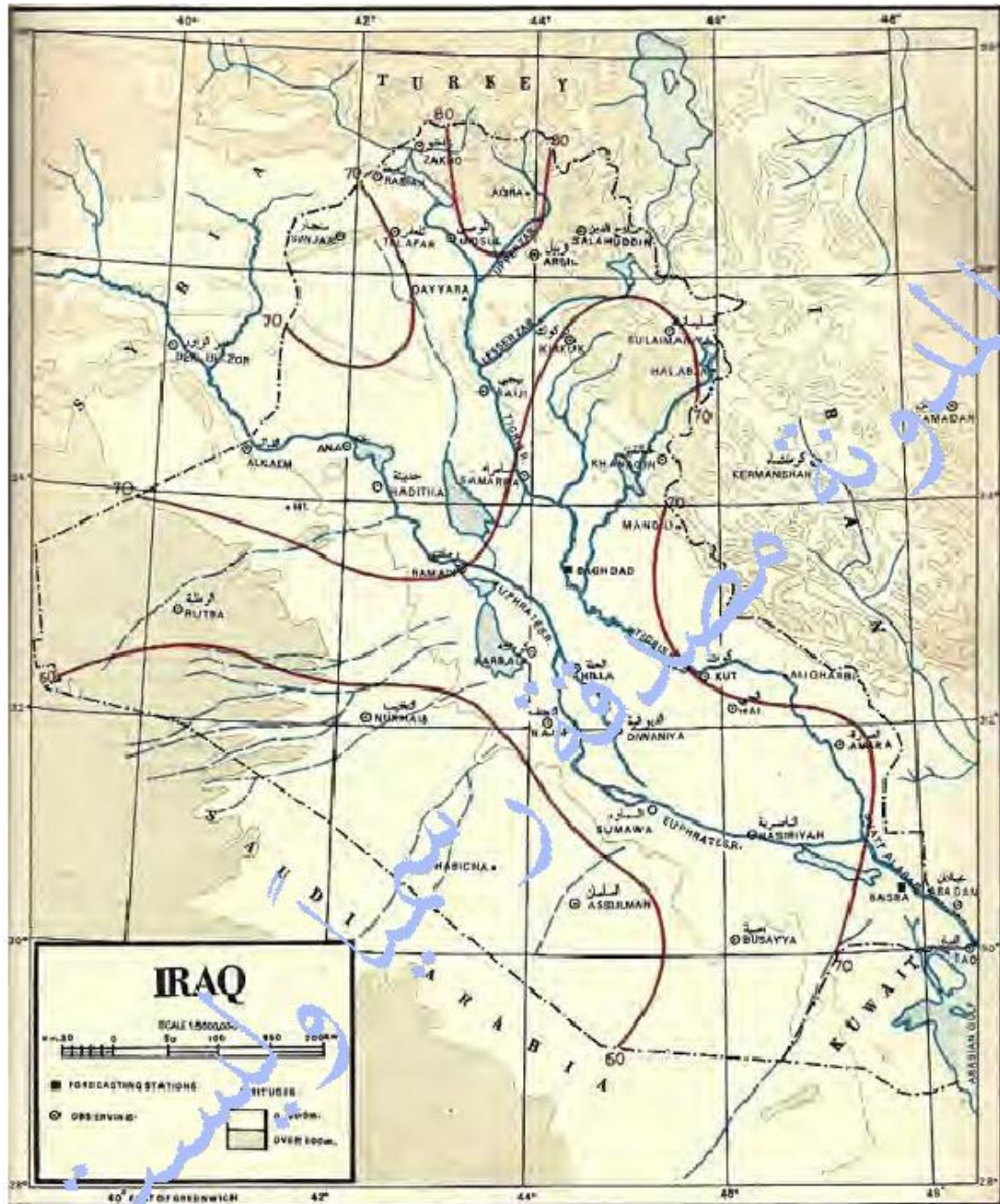


الشكل 2-9: المعدل الشهري لتكرارات الرياح "سرعة واتجاهاً" ضمن الاتجاهات المعينة خلال شهر

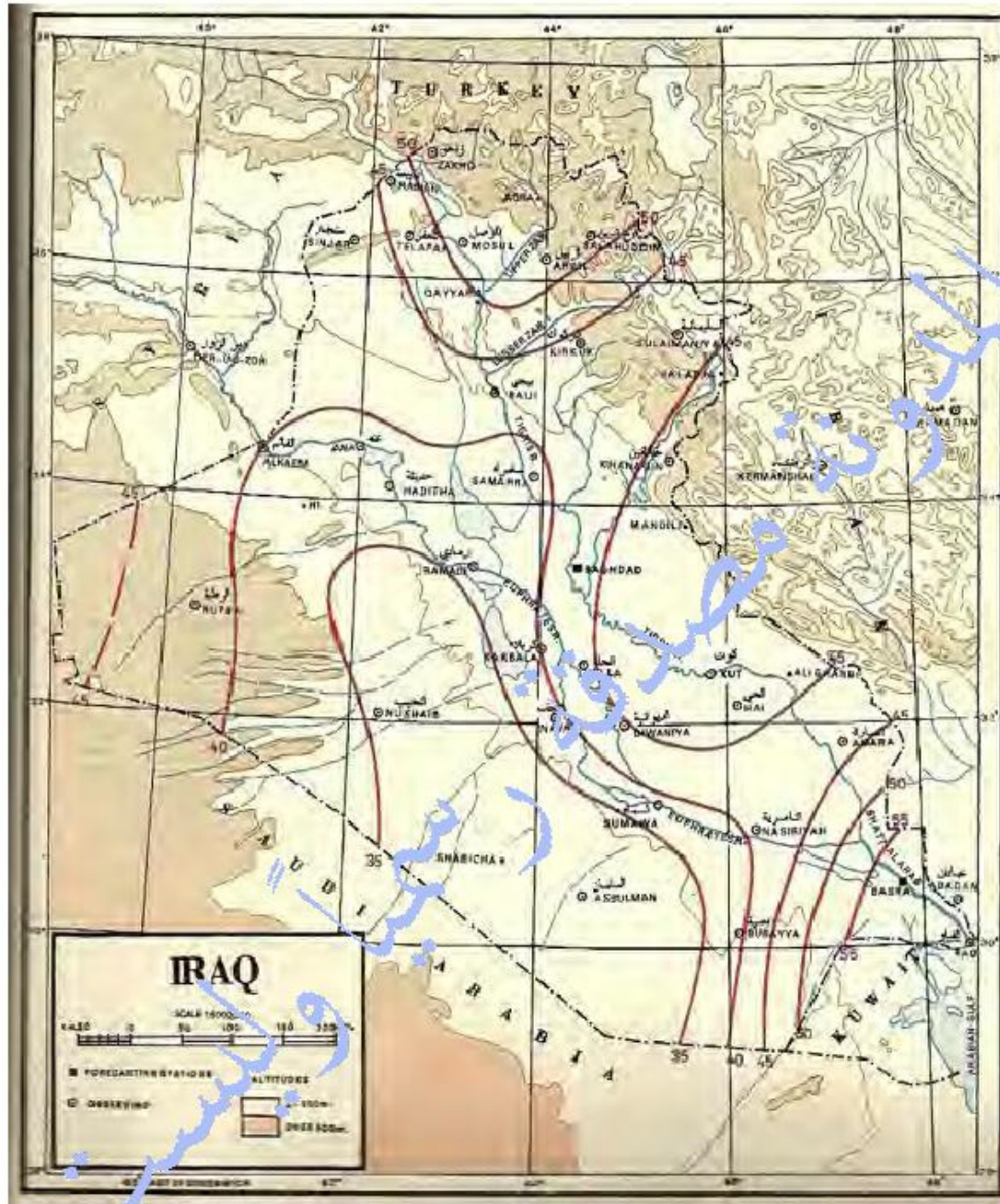
كانون الثاني [2]



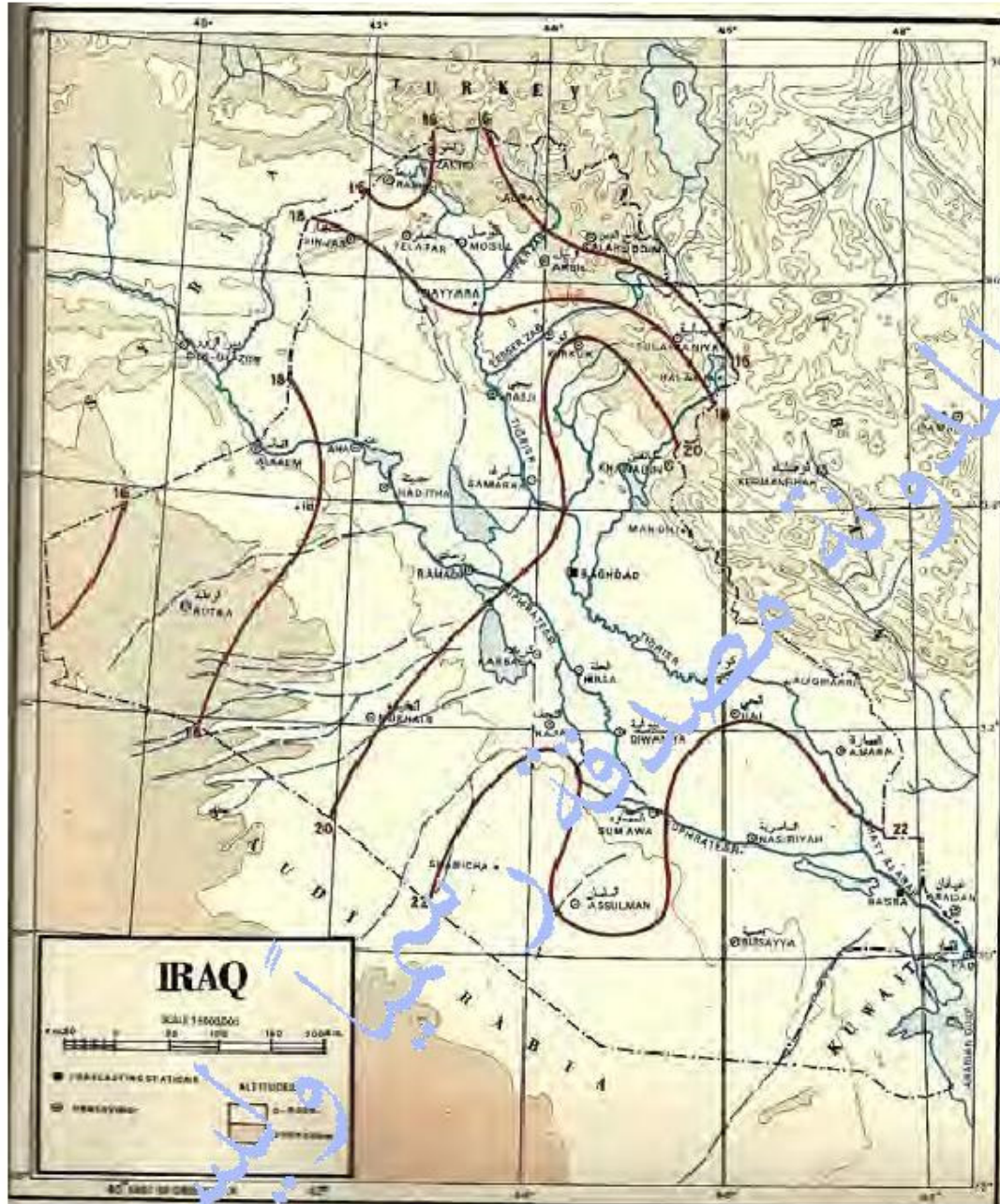
الشكل 2-8: خارطة العراق الكنتورية لمعدل الرطوبة النسبية لفصل الصيف (%) [2]



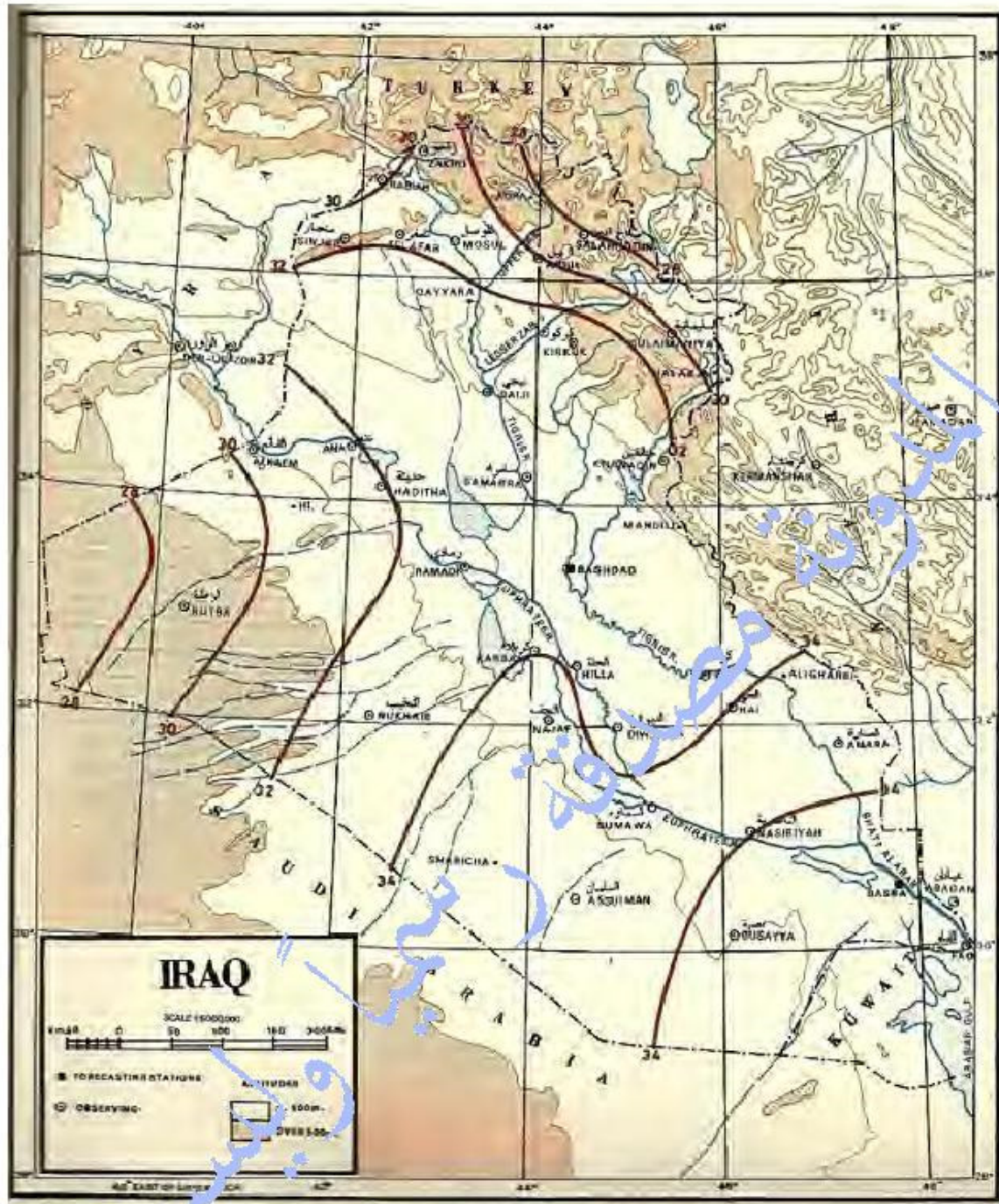
الشكل 2-7/2: خارطة العراق الكنتورية لمعدل الرطوبة النسبية لفصل الشتاء(%) [2]



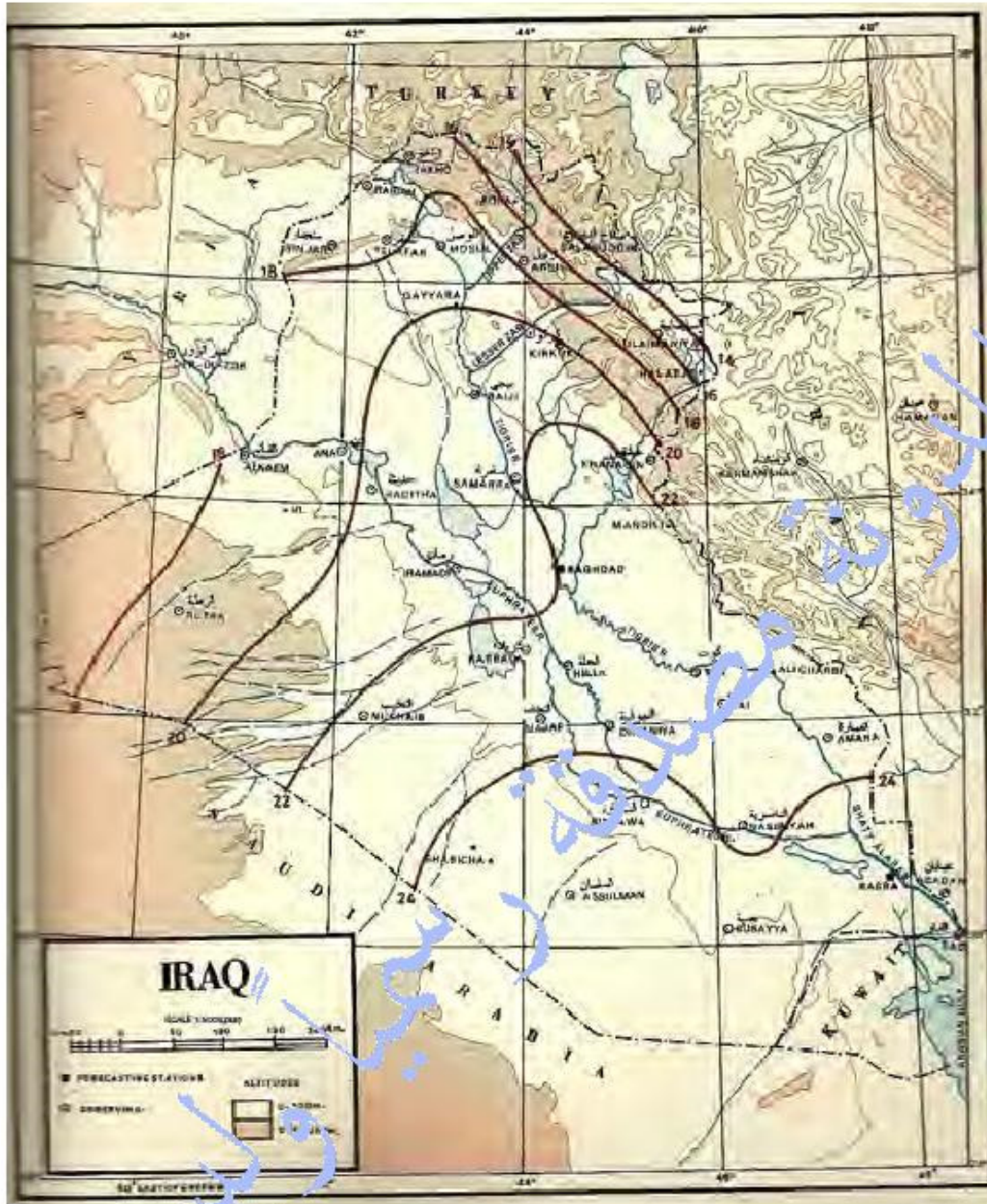
الشكل 2-6: خارطة العراق الكنتورية للمعدل السنوي للرطوبة النسبية (%) [2]



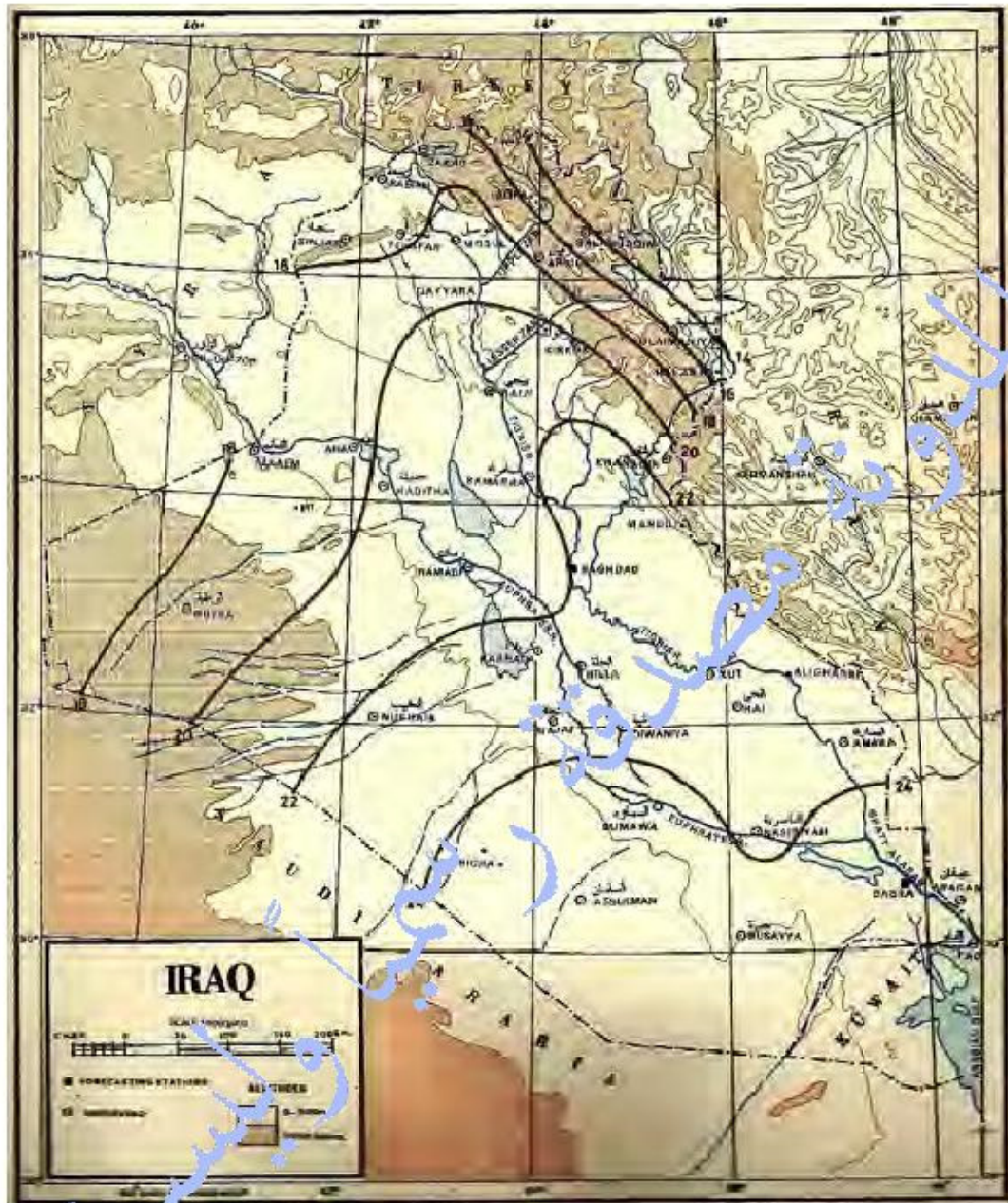
الشكل 2-5/2: خارطة العراق الكنتورية لمعدل درجات الحرارة لفصل الخريف (مارس) [2]



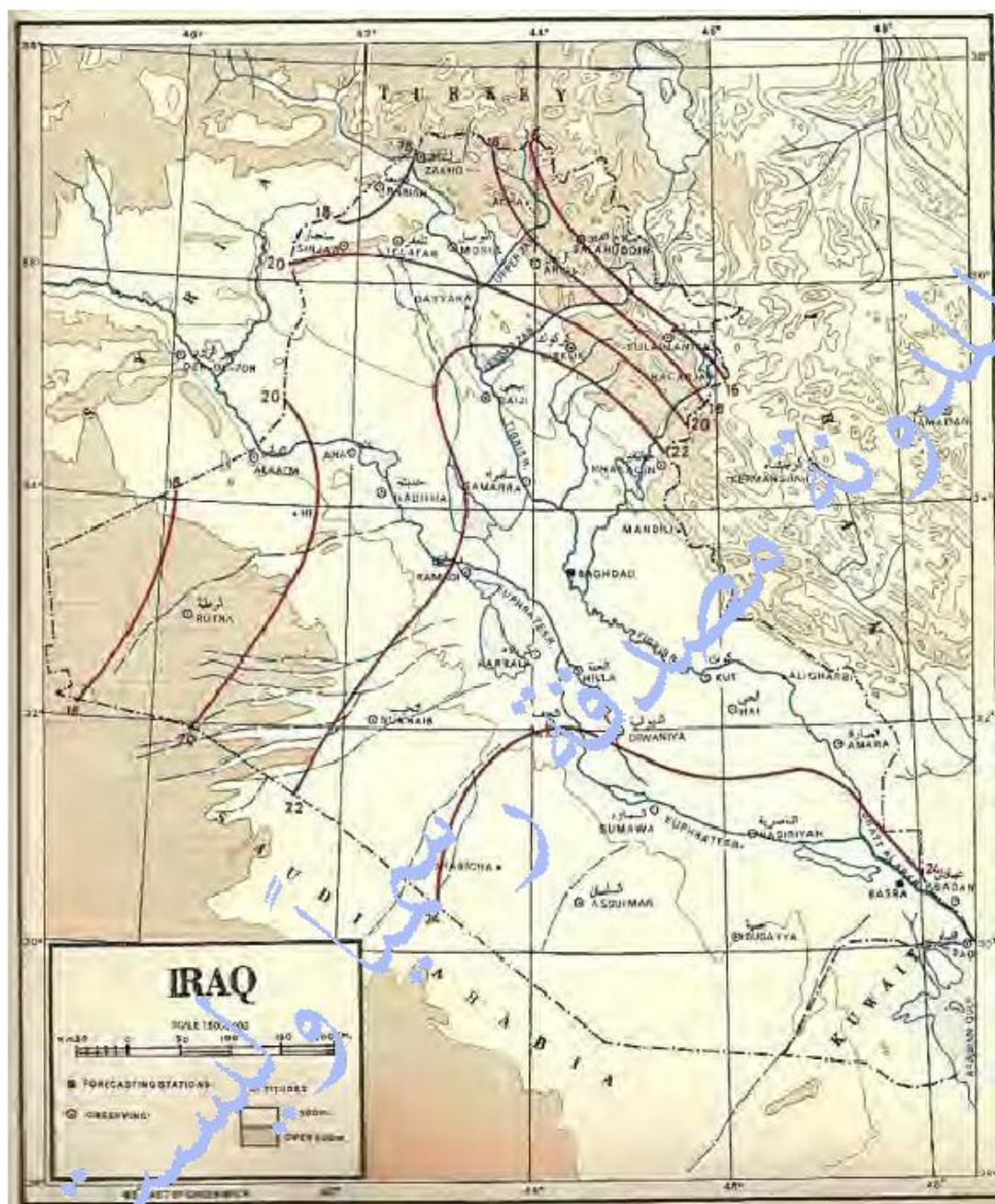
الشكل 2-2/4: خارطة العراق الكنتورية لمعدل درجات الحرارة لفصل الصيف (مئوي) [3]



الشكل 2-3: خارطة العراق الكنتورية لمعدل درجات الحرارة لفصل الربيع (هنوي) [2]



الشكل 2-2/2: خارطة العراق الكنتورية لمعدل درجات الحرارة لفصل الشتاء (متوسط) [3]



الشكل 2-1/2: خارطة العراق الكنتورية للمعدل السنوي لدرجات الحرارة (مئوي) [2]

الباب 2

البيانات المناخية العراقية والمتطلبات المعمارية في تصميم العزل الحراري للمباني

1-2 تمهيد

يمتاز مناخ العراق بأنه حار وجاف صيفا، بارد ممطر شتاءً حيث تصل درجات الحرارة الى -5 درجة مئوية أحيانا في فصل الشتاء وتصل الى أعلى معدلاتها من 46 الى 50 درجة مئوية أو في بعض الاحيان أعلى في شهري تموز وآب. تتميز أشهر الصيف في العراق بنوعين من الرياح، رياح جنوبية وجنوبية شرقية وهي رياح رملية جافة تهب عادة بين شهري نيسان ومايس. يغلب نوع آخر من الرياح على مناخ العراق بين شهري حزيران وأيلول تسمى الرياح الشمالية والشمالية الغربية وهي رياح جافة أيضا ومعتدلة الحرارة. من هذه البيانات المناخية يظهر وجود فارق كبير في درجات الحرارة بين فصلي الصيف والشتاء بل حتى خلال اليوم الواحد، لذلك يجب مراعاة تصميم الأبنية حراريا بإختيار الظروف الأكثر حرجا من حيث درجات الحرارة التصميمية وحلافها.

2-2 البيانات المناخية العراقية

فيما يلي أهم البيانات المناخية والخرائط الكنتورية المناخية العراقية:

الجدول 2-2: البيانات المناخية العراقية [1]

ت	المدينة	درجة الحرارة الجافة التصميمية (درجة مئوية)		الرطوبة النسبية %		الفارق اليومي في درجات الحرارة (درجة مئوية)	الارتفاع عن سطح البحر M	خط العرض N	خط الطول E
		صيفا	شتاء	صيفا	شتاء				
1	بغداد	47	1	16	82	18.7	34.1	33.23°	44.23°
2	الناصر	47	2.5	38	89	15	2.4	30.57°	47.78°
3	الموصل	46	0.5	18.5	90	18.5	223	36.32°	43.15°
4	سليمية	42	1.5	2.5	77	15	853	35.55°	45.45°
5	كركوك	46	2	14	81	16	331	35.47°	44.4°
6	نجف	48	4	14	82	17	50	32.0°	44.32°
7	سماوه	47	4.5	14	85	13.5	6	31.30°	45.25°
8	سنجار	42	1.5	17	78	12.5	538	36.32°	41.83°
9	حديثة	46	1	18	93	15	108	34.07°	42.37°

ت	الرمز	التعريف بالرمز
77	ξ	الانبعاثية
78	σ	ثابت ستيفان - بولتزمان (Stefan-Blotzmann Constant)
79	ρ	معدل سرعة تكثف بخار الماء خلال الفصول الحارة

مراجع الباب (1)

[1]-National Mechanical Insulation Committee (NMIC), “*Mechanical Insulation Design Guide-Glossary*”, (2009).

ت	الرمز	التعريف بالرمز
53	T	أقل سمك مطلوب للعازل الحراري
54	T _m	متوسط درجة الحرارة الديناميكية
55	t	سمك العازل المدرج في الجدول (9-3/1) و بحسب معدل درجة حرارة المائع و القطر الاسمي للأنبوب
56	t _e	درجة حرارة الهواء الخارجي
57	t _i	درجة حرارة الهواء الداخلي
58	t _{se}	درجة حرارة السطح الخارجي للعنصر الإنشائي
59	t _{si}	درجة حرارة السطح الداخلي للعنصر الإنشائي
60	U	المعامل الإجمالي للانتقال الحراري
61	U _d	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأبواب
62	U _F	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة
63	U _G	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات الملامسة للتربة
64	U _f	معامل انتقال الحرارة لإطار النافذة
65	U _g	معامل انتقال الحرارة للزجاج
66	U _R	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف المكشوفة
67	U _T	معامل انتقال الحرارة الإجمالي لكامل المبنى
68	U _w	معامل انتقال الحرارة الإجمالي لأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية
69	U _{win}	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للوافذ الخارجية
70	V	سرعة الرياح القريبة من السطح الخارجي
71	X	معامل زيادة الفقدان الحراري الناتج من اختراق مياه الأمطار إلى طبقة العازل المائي
72	ψ _p	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للألواح غير الشفافة
73	ψ _g	معامل انتقال الحرارة الخطي نتيجة للتأثير المشترك للزجاج و فواصل الزجاج والإطار
74	ΔU _g	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة وجود التجاويف الهوائية في العازل الحراري
75	ΔU _f	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة الإجمالي نتيجة لمواد التثبيت الميكانيكية
76	ΔU _r	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة تكثف بخار الماء في نظام السقوف

ت	الرمز	التعريف بالرمز
28	I_p	المحيط الكلي للوح المعتم
29	I_g	المحيط الكلي للزجاج الذي يمثل مجموع المحيط المرئي للوح الزجاج في النافذة أو الباب
30	k	معامل الموصلية الحرارية
31	k	الموصلية الحرارية للعازل البديل مقاسة عند متوسط درجة حرارة مذكورة ضمن الجدول
32	k_f	معامل الموصلية الحرارية لمسار التثبيت
33	k_j	معامل الموصلية الحرارية للزجاج أو المادة المكونة للطبقة j
34	k_t	الموصلية الحرارية للعازل من الجدول 9-3/1 و بحسب معدل درجة حرارة المانع
35	n	عدد الطبقات الموجودة في العنصر الإنشائي
36	n_f	عدد مسامير التثبيت في المتر المربع الواحد
37	q	معدل إنتقال الحرارة
38	Q	معدل الفيض الحراري المنتقل
39	R	المقاومة الحرارية
40	R_1	المقاومة الحرارية للطبقة الحارة على تجويف هوائي
41	R_1	المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الذي يخترقها مسار التثبيت
42	R_1	المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الواقعة فوق طبقة العازل المائي
43	R_c	المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية
44	R_s	المقاومة الحرارية السطحية للعنصر الإنشائي ذي السطح المستوي
45	R_{se}	المقاومة الحرارية السطحية الخارجية
46	R_{si}	المقاومة الحرارية السطحية الداخلية
47	R_{sp}	المقاومة الحرارية السطحية
48	R_T	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي قبل حساب التصحيح
49	$R_{T,h}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بإهمال أية جسور حرارية
50	$R_{T,u}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي مغلق
51	$R_{T,v}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي جيد التهوية
52	r	نصف القطر الخارجي الفعلي للأنبوب

1-5/3 الرموز

ت	الرمز	التعريف بالرمز
1	A	المساحة السطحية الفعلية للجزء الناتئ
2	A_d	المساحة الصافية للأبواب
3	A_F	مساحة الأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة
4	A_f	مساحة الإطار للنافذة
5	$A_{f,de}$	المساحة الظاهرية (التفصيلية) الخارجية للإطار
6	$A_{f,di}$	المساحة الظاهرية (التفصيلية) الداخلية للإطار
7	$A_{f,e}$	مساحة الإسقاط الخارجية للإطار
8	$A_{f,i}$	مساحة الإسقاط الداخلية للإطار
9	A_G	مساحة الأرضيات الملامسة للتربة
10	A_g	مساحة الحاجز للنافذة أو الباب والتي تكون المساحة الأقل من المساحتين لمرئيتين من كلا الجانبين للنافذة أو الباب
11	A_p	مساحة الإسقاط للجزء الناتئ
12	A_v	مساحة الفتحات في التجويف الهوائي
13	A_w	المساحة الصافية لأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية
14	A_{win}	المساحة الصافية للنافذة الخارجية
15	A_p	مساحة اللوح غير الشفاف (المعتمد) للنافذة أو الباب
16	b_f	عرض الإطار
17	b_j	عرض قواطع الحرارة
18	C	المواصلة الحرارية
19	d	سمك الطبقة
20	d_o	سمك طبقة العازل الحراري التي يمر خلالها مسمار التثبيت
21	d_1	طول مسمار التثبيت الذي يخترق طبقة العازل الحراري
22	d_i	سمك الطبقة i
23	d_j	سمك طبقة الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j
24	f	معامل الانتقال لمياه الأمطار
25	h_c	معامل انتقال الحرارة بالحمل
26	h_r	معامل انتقال الحرارة بالإشعاع

1-25/2/5 مجرى هواء (Air duct)

هو ممر لنقل الهواء من و إلى أدوت التهوية أو التكييف أو التدفئة و لا يشمل مجمعات الهواء و يكون مفتوحا أو ذا عوارض منظمة لتقسيم الهواء.

1-26/2/5 منظومة تجهيز الهواء (Supply air system)

هي مجموعة من مجاري ومخارج الهواء والمجمعات التي يتم إمرار الهواء من خلالها، تصل هذه المجموعة بين وحدة مناولة الهواء (دافعات الهواء) ولمكان أو الأماكن المطلوب تكييفها أو تهويتها.

1-27/2/5 منظومة إرجاع الهواء (Return air system)

هي مجموعة من مجاري ومخارج الهواء والمجمعات يتم بنقل الهواء خلالها من المكان المكيف إلى وحدة مناولة الهواء.

1-28/2/5 تهوية (Ventilation system)

هي منظومة ميكانيكية الغرض منها تحقيق التهوية القسرية وتغيير الهواء في مكان مغلق.

1-29/2/5 منظومة مجاري الهواء (Duct system)

هي مجموعة مجاري الهواء الموصلة لنقل الهواء فضلا عن التراكيب ومنظمات الخلق ومجمعات الهواء و المراوح و ملاحق وحدات مناولة الهواء.

1-30/2/5 مقاومة بخار الماء (Water Vapor Resistance)

هي المقاومة التي تبديها المواد المبطننة أو المعيقة لانتقال الرطوبة بهيئة بخار الماء في الأماكن التي يمكن أن تتعرض لتكاثف بخار الماء ووحدة قياسها (بيوتن * 10⁶ * ثا/ غم.متر)

1-31/2/5 معامل الملابس (Clothing Insulation)

هي المقاومة الحرارية المكافئة لمقاومة طبقة متجانسة واحد تغطي كافة أجزاء الجسم ، وهي تتأثر بنوع وكمية الملابس التي يرتديها الإنسان ويعبر عنها بوحدة (clo.) حيث أن: وحدة لمبليس (1clo.) تعادل 1.55 م²/واط.

1-32/2/5 واجهة من الطابوق (Brick Veneer)

هي طبقة سطحية من الطابوق تستعمل لغرض تغليف الجدار الهيكلي.

14/2/5-1 الحاجز المعيق لبخار الماء (Vapor Retarder)

هو أي عنصر يساهم في السيطرة أو تحديد تدفق بخار الماء خلال الجدار الخارجي.

15/2/5-1 روابط الجدار (Wall Ties)

عبارة عن أشرطة معدنية صغيرة مجمدة (Corrugated Stripes) تغرز في الطبقة الخارجية للجدار أو دعائم الجدار حيث تظمر داخل مفاصل المونة الموجودة بين الطابوق في الطبقة الخارجية لجدار الطابوق وتساعد على ربط جدار الطابوق الخارجي مع الجدار الآخر المغلف الذي يقع خلف جدار الطابوق.

16/2/5-1 زاوية ارتفاع الشمس (Sun's altitude)

هي الزاوية التي يصنعها الشعاع المباشر من الشمس مع السطح الأفقي و تختلف باختلاف الوقت ، حيث تكون في حدها الأعلى الساعة الثانية عشر ظهرا.

17/2/5-1 السقف النائم (Roof Overhang)

هو عبارة عن امتداد للسقف بعيدا عن الجدار الخارجي للمبنى.

18/2/5-1 السقف المقلوب (Inverted Roof)

هو نوع من أنواع السقوف النائمة ينفذ بوضع طبقة العازل الحراري فوق طبقة المانع للرطوبة.

19/2/5-1 السقف الثانوي (False Ceiling)

عبارة عن سقف وسطي معلق يتم تثبيته أسفل السقف الإنشائي، وبذلك فإن الفراغ المتكون بين السقفين يمكن استعماله لوضع مجاري الهواء أي استغلاله لتدوير الهواء وتوزيعه في المبنى.

20/2/5-1 صندوق توزيع الهواء (Plenum)

هي حجرة هواء يتصل بها عدد من مجاري الهواء وتكون جزءاً من منظومة توزيع الهواء

21/2/5-1 القصور الحراري (Thermal Inertia)

هو كمية الحرارة المخزنة داخل البناء عند درجة حرارة معينة ، ويساوي حاصل ضرب كتلة البناء في سعته الحرارية النوعية في درجة حرارته.

22/2/5-1 مجموعة أجزاء السقف النهائي (Roof Assembly)

يشمل هذا المصطلح، السقف الإنشائي، حاجز الهواء أو البخار (إن وجد)، طبقة العازل الحراري (إن وجدت) وطبقة الأكساء النهائية للسقف.

23/2/5-1 منظومة السقف النهائي (Roof System)

يشمل هذا المصطلح حاجز الهواء أو البخار (إن وجد)، طبقة العازل الحراري (إن وجدت) وطبقة الأكساء النهائية للسطح.

24/2/5-1 ميل السقف النهائي (Roof Slope)

هي الزاوية بين سطح السقف النهائي مع الخط الأفقي ويعبر عنها بنسبة وحدة طول راسي إلى وحدة طول أفقي.

1-5/2/6 بطانة مجرى (Duct lining)

هي مواد اللصق والعزل والربط والدهان والأشرطة المستعملة في تبطين السطح الداخلي للمجرى ومجمعت الهواء وأغطية المراوح ومجمع الهواء.

1-5/2/7 البلاطات الخرسانية المركبة جاهزة الصب

البلاطات تتضمن طبقة من المادة العازلة تقع ضمن البلاطة الخرسانية بين الطبقتين الخرسانيتين المكونتين لوجهي البلاطة وقد تتضمن البلاطات المركبة المصنعة في المعمل طبقة الإنهاء الداخلية أيضا.

1-5/2/8 التجويف الهوائي

هو المساحة أو المنطقة الموجودة بين طبقة العازل الحراري وطبقة الأكساء الداخلية أو الخارجية للجدار أو الفجوة الممتلئة بين طبقتي جدارين متوازيين (التجويف قد يكون مهوى aerated أو مقفل التهوية) من الطابوق أو الخرسانة.

1-5/2/9 جدار فاصل (Curtain Wall)

إن الجدار الفاصل هو أي جدار خارجي أو داخلي مرتبط بالمبنى لتقطيع الفضاءات الكبيرة ولا يتحمل الأحمال المسلطة على الأرضيات أو السقوف النهائية للمبنى. وهذا النوع يشمل الجدران الثقيلة مثل الجدران المكونة من طبقة من الطابوق 12 سم أو البلاطات الخرسانية المسبقة الصب 12 سم. في الاستعمالات العامة (الفضاءات المنفتحة على بعضها) إمان الجدران الفاصلة تعرف على إنها جدران ذات سمك قليل مكون عادة من هيكل من الألمنيوم ويستعمل الرباج أو الألواح المعدنية لغلق الفراغات الموجودة بين أجزاء هذا الهيكل.

1-5/2/10 الجدار المجوف (Cavity Wall)

الجدران التي تتشأ من قشرتين من الطابوق أو القطع الخرسانية تكون بينهما تجويف هوائي.

1-5/2/11 الجدران المصمتة (المفردة) (Solid Walls)

يفترض أن لا تحتوي الجدران المفردة على فراغ هوائي ضمن تركيبها تشمل الجدران الصماء أو المصمتة، جدران القطع الخرسانية، الألواح الخرسانية، جدران الطابوق، جدران البلاطات الخرسانية جاهزة الصب (Precast Concrete Panel Walls) التي تتكون من بلاطات خرسانية مصنعة داخل معامل تشيد على هيكل إنشائي من الحديد أو تتكون من الخرسانة المصبوبة موقعا، ويتم تثبيت عناصر إضافية داخل أو في بعض الأحيان ضمن هذه البلاطات لغرض إكمال جميع المتطلبات الإنشائية لها.

1-5/2/12 حاجز هوائي (Air Barrier)

هو أي عنصر يساعد بشكل فعال على مقاومة معدل تدفق الهواء خلال الجدار الخارجي أو العناصر الإنشائية الأخرى مثل السقوف وغيرها وبنسبة تزيد عن 50%.

1-5/2/13 الحاجز المعيق للهواء (Air Retarder)

أي عنصر يساعد بشكل فعال في مقاومة معدل تدفق الهواء خلال الجدار الخارجي وبين العناصر الإنشائية

ت	المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الانكليزية
50	المواد العازلة الفرشية	Batts and blankets
51	المواد العازلة الفرشية المرنة	Flexible blankets
52	المواد العازلة للحرارة السائبة أو التي ترش موقعا	Loose fill (blown –in) or sprayed in place
53	المواد العازلة للحرارة الجاسئة	Rigid insulations
54	منظومات ختم الهواء	Air sealing systems
55	المواد العازلة العاكسة للحرارة	Reflective insulations
56	نظام السقوف النهائية المقوية	Inverted roof system
57	النظام التقليدي للعزل لحارري	Traditional thermal insulation roof system
58	نقطة الندى	Dew point

2/5-1 التعاريف

1/2/5-1 ألواح التغطية للسقوف النهائية (Cover Boards)

عبارة عن طبقة رقيقة من المادة العازلة للحرارة (مثل ألواح البيرلايت أو ألياف الخشب)، تثبت هذه الألواح عادة فوق الطبقة الرئيسية العازلة للحرارة لغرض تحسين خواصها مثلا تحسين مقاومتها للحريق، مقاومتها للانضغاط، أو لمنع حدوث التلف الموقعي للطبقة الرئيسية العازلة للحرارة أو لمنع حدوث مشكلة عدم توافق خواص المادة الرئيسية العازلة مع المواد الأخرى التي في تماس معها.

2/2/5-1 أغطية مجاري الهواء (Duct coverings)

هي مواد اللصق والعزل والربط والأشرطة والأغطية والدهان وكل ما يستعمل لتغطية السطوح الخارجية للمجرى و مجمعات الهواء وأغطية المراوح.

3/2/5-1 أدوات (Appliances)

هي لية أدوات يتم بناؤها ووضعها لتؤدي وظيفة أو مجموعة من الوظائف التي أعدت من أجلها.

4/2/5-1 الأكساء للسقوف النهائية (Roof Covering)

هو الطبقة الخارجية التي تغطي طبقات السقف الأخرى، وتستعمل مواد مختلفة لأكساء السقوف النهائية مثل الكاشي، البلاطات السمنتية، ألواح رقائقية خاصة وغيرها.

5/2/5-1 الأكساء الخارجي (Exterior Cladding)

يعرف بشكل عام بأنه طبقة حملية أو طبقة إنهاء تثبت على السطح الخارجي للمنظومة البنائية كحيطة بالمبنى (مادة إنهاء، طابوق، زجاج، ألومنيوم، خشب ... الخ).

ت	المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الانكليزية
23	حاجز معيق البخار	Vapor retarder
24	الخرسانة الخلوية	Cellular concrete
25	درجة حرارة السطح	Surface temperature
26	روابط الجدار	Wall ties
27	رقائق الألمنيوم العاكسة	Reflective aluminum foils
28	الرقائق المعدنية العاكسة	Reflective foils
29	الزجاج الفعال للعزل الحراري	Efficient glazing
30	سمك	Thickness
31	السُمْك الاقتصادي	Economic thickness
32	مضدوك توزيع الهواء	Plenum
33	عازل	Insulation
34	العوازل الحرارية المرغاة موضعياً	Foamed –in –place insulations
35	فتحات الخدمة	Service openings
36	الفراغات الهوائية	Gaps
37	قطع الرقائق المقواة	Concertina foil batts
38	قطع الرقائق متعددة الخلايا	Multi-cell foil batts
39	لاصق	Adhesive
40	مجري الهواء	Air ducts
41	مجرى الهواء المجهز	Supply air duct
42	مجرى الهواء الراجع	Return air duct
43	مجرى الهواء العادم	Exhaust air duct
44	مجرى الهواء النقي	Fresh air duct
45	منظومة الأنابيب	Piping system
46	المقاومة الحرارية	Thermal resistance
47	المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة	Overall heat transfer coefficient (U-value)
48	معامل الموصلية الحرارية	Thermal conductivity coefficient
49	المفاصل التبادلية	Staggered joints

5-1 المصطلحات والتعاريف والرموز

1/5-1 المصطلحات

ت	المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الانكليزية
1	أغطية مجاري الهواء	Duct coverings
2	أنابيب	Pipes
3	الأرضيات المعلقة	Suspended floors
4	الأرضيات لمصمتة الملامسة للتربة	Solid ground floors
5	ألواح مركبة المقطع من الايبوكسي والبولي ستايرين	Composite boards from epoxy and polystyrene
6	ألواح مركبة المقطع من الرخام والبولي ستايرين	Composite boards from marble and polystyrene
7	ألواح مركبة المقطع من الحجر الصناعي والبولي ستايرين	Composite boards from artificial rock and polystyrene
8	بطانة مجاري الهواء	Duct linings
9	بياض حبيبات المرغى البولي ستايرين	Foamed polystyrene beds plaster
10	بياض الفيرمكيولايت	Vermiculite plaster
11	بياض السمنت الرغوي	Foamed cement plaster
12	بياض البيرلايت الممدد	Expanded perlite plaster
13	تسريب	Leakage
14	تكثف	Condensation
15	التجاويف الهوائية المقفلة أو غير المهواة	Unventilated air layers
16	التجاويف الهوائية جيدة التهوية	Well - ventilated air layers
17	التجاويف الهوائية قليلة التهوية	Slightly ventilated air layers
18	الجسور الحرارية	Thermal bridges
19	الجدران المجوفة	Cavity walls
20	الجدران المفردة المصمتة	Solid walls
21	جدران الألواح الخرسانية مسبقة الصب	Precast concrete panel walls
22	جدران الهياكل ذات الطبقات الخارجية من الطابوق الطيني	Clay brick masonry veneer walls

الدنيا المسموحة والتي عادة لا تتجاوز 20% من مساحة الفضاءات المخدمة وخاصة في غرف الطابق العلوي لان الزجاج هو السطح الأبرد شتاءً والادفأ صيفاً فضلاً عن أن هذه الفتحات تسمح بمرور تيارت الهواء الحار الأخف وزناً في الطوابق العلوية من الأبنية، أما إنشائياً فيفضل البناء بالطابوق، والكتل الخرسانية الخفيفة الوزن (الثرمستون) ذات العزل الحراري الجيد والابتعاد عن البناء بالكتل الخرسانية (البلوك) ذات العزل الحراري الرديء، كما يمكن إحاطة المدن بالحزام الأخضر والاستفادة من الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية وغيرها من وسائل العزل الحراري.

4- تطبيقات مدونة العزل الحراري

نطبق هذه المدونة في الأبنية التالية:

1/4-1 الأبنية والدور السكنية.

2/4-1 المدارس والمراكز التجارية.

3/4-1 الابنية الحكومية كالجامعات، المستشفيات والوزارات ... الخ.

4/4-1 المطاعم والفنادق والمرافق السياحية.

5/4-1 المكاتب والمرافق العامة.

الباب 1

المقدمة

1-1 تمهيد

يعتبر العراق من الدول التي يمتاز مناخها بحرارته الشديدة صيفاً وبرودته شتاءً، كما أن ظاهرة الاحترار العالمي (Global warming) ساهمت في جعل موسم الشتاء قصيراً مقارنة مع فصل الصيف الحار، وما يرافقه من شحة في الماء و بالتالي التصحر مما يعني ازدياد الحاجة إلى استهلاك الوقود والطاقة الكهربائية لأغراض التبريد والتدفئة، وهذا يؤثر سلباً على الاقتصاد الوطني نتيجة لتخصيص جزء كبير من ميزانية الدولة لسد الحاجة إلى الطاقة، بالإضافة للتلوث البيئي المرافق لحرق الوقود وبالتالي يستوجب تعاون جميع المؤسسات الحكومية وغير الحكومية والمنظمات الدولية لحل هذه المشكلات لتصبح مرجعاً تصميمياً للمباني.

2-1 الهدف

تهدف هذه المدونة إلى وضع أسس ومبادئ العزل الحراري للأبنية بما فيها الجدران والأرضيات والسقوف والأبواب والنوافذ والأثاث الميكانيكية والصحية وتطوير أداء الأبنية بالاستعمال الاقتصادي الأمثل لمواد العزل الحراري بما يتلاءم والبيئة العراقية فضلاً عن تحديد أنواع الرطوبة الداخلية في الأبنية وأسبابها وتأثيراتها السلبية على صحة الإنسان وما تسببه من تلف للمواد البنائية وطرائق المعالجة باستعمال حواجز الهواء ومبطنات بخار الماء.

3-1 أهمية العزل الحراري في الأبنية العراقية

يشمل العزل الحراري استخدام مواد ذات خواص عازلة حرارياً والتي تمتاز بكثافتها الواطئة ومساميتها العالية، أي أن توصيلها الحراري رديئاً وبهذا تمنع اكتساب الحرارة إلى المبنى صيفاً وتسريبها شتاءً، مما يؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وتأمين الارتياح الحراري للإنسان والذي يعرف على أنه شعور الإنسان بالارتياح الذهني وتمتعه بالنشاط في البيئة التي يعيش فيها.

إن التغيرات المناخية الكبيرة التي شهدتها العالم ومنه العراق بسبب الاحترار العالمي (Global warming) وما رافقه من تلوث ناتج عن استخدام الإنسان لمصادر غير طبيعية لإنتاج الطاقة، فضلاً عما تنفثه المصانع ووسائل النقل من ملوثات بيئية وإتباع أساليب البناء الحديثة كاستخدام الخرسانة المسلحة في تشييد الأبنية، كل هذا أدى إلى ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة مما يستوجب عزل الأبنية.

تمكنت العديد من دول العالم المتقدمة من الحصول على أبنية معزولة جيداً عن طريق استخدام مواد العازلة للجدران، السقوف، الأرضيات، الأبواب والنوافذ، فضلاً عن استخدام وسائل حديثة في العزل الحراري كتثبيت رقائق الألمنيوم على جدران الأبنية العالية، استخدام الزجاج المزدوج والعاكس لأشعة الشمس الإنهاء الخارجي للجدران بأنواع من الدهانات ذات الأسماء التجارية التي يصل عزلها الحراري إلى حوالي 60%.

إن الاطلاع على آخر ما توصلت إليه الشركات العالمية في مجال العزل الحراري وتطبيق ما نراه ملائماً

رقم الصفحة	الموضوع
9/9	9-5: العزل الحراري للأجهزة
9/9	9-5/1: العزل الحراري للأجهزة الخاصة بدرجات الحرارة المنخفضة
9/9	9-5/2: العزل الحراري للأجهزة الخاصة بدرجات الحرارة المرتفعة
	مراجع الباب (9)
	الملحق (أ)
1/أ	جدول الوحدات
	الملحق (ب)
	جداول معامل التوصيلية الحرارية للمواد الإنشائية
1/ب	الجدول ب-1 معامل التوصيلية الحرارية لمواد البناء
3/ب	الجدول ب-2 معامل الموصلة الحرارية للطابوق المتقنب والكتل الخرسانية المجوفة
4/ب	الجدول ب-3 معامل التوصيلية الحرارية لمواد العزل الحراري
	الملحق (ج)
	أمثلة للتصميم الحراري لعناصر إنشائية مختلفة
1/ج	ج-1: معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران
7/ج	ج-1: معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف
	الملحق (د)
	أمثلة العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية الصحية
1/د	المثال (د-1): العزل الحراري لمنظومة مجاري الهواء
4/د	المثال (د-2): العزل الحراري لمنظومة أنابيب الماء

رقم الصفحة	الموضوع
2/8	3-3: الألياف الزجاجية (Glass Fibers)
2/8	4-3: ألواح البولي يوريثان (Polyurethane Boards)
2/8	4-8: متطلبات تصميم العزل الحراري للأرضيات الملامسة للتربة
2/8	5-8: طرائق التنفيذ
2/8	1-5: تنفيذ الأرضيات المصمتة الملامسة للتربة
3/8	2-5: تنفيذ الأرضيات المعلقة
4/8	6-8: تفشي وتنفيذ
	مراجع الباب (8)
الباب (9)	
العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية	
1/9	1-9: تمهيد
1/9	2-9: أهداف العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية
1/9	3-9: العزل الحراري للأنباب
2/9	1-3-9: طرائق تحضير وتنشيط العازل (Preparation and Installation)
3/9	2-3-9: عزل الأنابيب ذات درجات الحرارة الأقل من درجة حرارة المحيط (Insulation For Below Ambient Temperature)
4/9	3-3-9: عزل الأنابيب ذات درجات الحرارة الأعلى من درجة حرارة المحيط (Insulation For Above-Ambient Temperature)
4/9	4-3-9: عزل الأنابيب تحت الأرض (Underground Pipe Insulation)
4/9	4-9: العزل الحراري لمجاري الهواء
6/9	1-4-9: المواد العازلة لمجاري هواء منظومات التدفئة، التهوية والتكييف
7/9	2-4-9: طرائق التحضير وتنشيط العازل (Preparation and Installation)
8/9	3-4-9: تسرب الهواء (Air Leakage)
8/9	4-4-9: مجاري الهواء الخارجية (Outdoor Ducts)

رقم الصفحة	الموضوع
18/7	7-7: زيادة فعالية العزل الحراري للأبواب
18/7	7-7/1: الأبواب ذات الأوجه الحديدية والمحشوة بمواد عازلة للحرارة
18/7	7-7/2: أبواب ألياف لزجاج المعزولة حرارياً
18/7	7-8: طرق التنفيذ
18/7	7-8/1: طرق التنفيذ باستعمال المواد العازلة السائبة
19/7	7-8/2: طرق التنفيذ باستعمال المواد العازلة شبه الجاسئة
19/7	7-8/2/1: طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المزدوجة
20/7	7-8/2/2: طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المنفردة
20/7	7-8/2/3: طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار معدني
22/7	7-8/3: طريقة التنفيذ باستعمال المواد العازلة الجاسئة
22/7	7-8/3/1: طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار محوّل (مزدوج)
23/7	7-8/4: طرق التنفيذ باستعمال المواد العازلة المرغاة
24/7	7-9: تفشي التنفيذ
	مراجع الباب (7)
الباب (8) العزل الحراري للأرضيات	
1/8	8-1: تمهيد
1/8	8-2: أنواع الأرضيات
1/8	8-2/1: الأرضيات المصنّعة الملامسة للتربة (Solid Ground Floors)
1/8	8-2/2: الأرضيات المعلقة (Suspended Floors)
1/8	8-3: مواد العزل الحراري المستعملة في الأرضيات
1/8	8-3/1: ألواح البولي ستايرين الممدد (Expanded Polystyrene Boards)
1/8	8-3/2: ألواح البولي ستايرين المشكلة بالبتق (Extruded Polystyrene Boards)

رقم الصفحة	الموضوع
14/7	2/2/6/3-7: ألواح مركبة المقطع من الرخام والبولي ستايرين (Composite Boards from Marble and Polystyrene)
14/7	3/2/6/3-7: ألواح مركبة المقطع من الحجر الصناعي والبولي ستايرين (Composite Boards from Artificial Rock and Polystyrene)
14/7	4/2/6/3-7: رقائق الألمنيوم العاكسة (Reflective Aluminum Foils)
14/7	4-7: اختيار موقع المادة العازلة للحرارة في الجدران
14/7	1/4-7: المواد العازلة للحرارة المثبتة على السطح الخارجي للجدار
14/7	1/1/4-7: حالات إستعمال المواد العازلة الخارجية
15/7	2/1/4-7: المواد العازلة للحرارة المستعملة للعزل من الخارج
15/7	2/4-7: المواد العازلة للحرارة المثبتة بين الطبقتين الخارجية والداخلية للجدار المجوف (المزدوج)
15/7	1/2/4-7: حالات الأستعمال للمواد العازلة بين الطبقات الإنشائية
15/7	2/2/4-7: المواد العازلة للحرارة المثبتة في سطح الجدار المجوف (المزدوج)
15/7	3/4-7: المواد العازلة المثبتة على السطح الداخلي للجدار
15/7	1/3/4-7: حالات إستعمال المواد العازلة الداخلية
15/7	2/3/4-7: المواد العازلة للحرارة المستعملة للعزل من الداخل
16/7	5-7: متطلبات تصميم العزل الحراري للجدران
16/7	6-7: العزل الحراري للنوافذ
16/7	1/6-7: زيادة فعالية لعزل حراري للزجاج
16/7	1/1/6-7: الزجاج المنفرد
17/7	2/1/6-7: الزجاج الفعال للعزل الحراري (Efficient Glazing)
17/7	3/1/6-7: الزجاج ذو الفعالية العالية للعزل الحراري (High-Efficient Glazing) أو الزجاج ذو الانبعاثية الواطئة
17/7	2/6-7: زيادة فعالية لعزل حراري لإطار النافذة

رقم الصفحة	الموضوع
12/7	7-3/3-1: ألواح البولي ستايرين الممدد والمقوَّب (Expanded and Molded Polystyrene Boards)
12/7	7-3/3-2: ألواح البولي ستايرين المشكَّل بالبتق (Extruded Polystyrene Boards)
12/7	7-3/3-3: ألواح البولي يوريثان الممدد (Expanded Polyurethane Boards)
12/7	7-3/3-4: ألواح البولي ايسو سينورات (Polyisocyanurate Boards)
12/7	7-3/3-5: ألواح الألياف المعدنية
12/7	7-3/3-6: ألواح البيرلايت (Perlite Boards)
12/7	7-3/4: المواد العازلة المرغاة موقعا (Foamed-in- Place insulations)
12/7	7-3/5: المواد العازلة العاكسة لحرارة (Reflective Insulations)
12/7	7-3/5-1: الرقائق المعدنية العاكسة (Reflective Foils)
12/7	7-3/5-2: قطع الرقائق المقواة (Concertina Foil Batts)
12/7	7-3/5-3: قطع الرقائق متعددة الخلايا (Multi-Cell Foil Batts)
13/7	7-3/6: مواد الإنهاء الداخلي والخارجي
13/7	7-3/6-1: ملاط البياض (Plastering Mortars)
13/7	7-3/6-1/1: بياض السمنت الرغوي (Foamed Cement Plaster)
13/7	7-3/6-2/1: بياض البيرلايت الممدد (Expanded Perlite Plaster)
13/7	7-3/6-3/1: بياض حبيبات رغوة البولي ستايرين (Foamed Polystyrene Beds Plaster)
13/7	7-3/6-4/1: بياض الفيرميكيوليت (Vermiculite Plaster)
13/7	7-3/6-5/1: بياض الجص اللامائي
13/7	7-3/6-2/6: مواد الإكساء للجدران
13/7	7-3/6-1/2: ألواح مركبة المقطع من الايبوكسي والبولي ستايرين (Composite Boards from Epoxy and Polystyrene)

رقم الصفحة	الموضوع
6/7	7-3/2: جدران الألواح الخرسانية مسبقة الصب (Precast Concrete Panel Walls)
7/7	7-4/2: الجدران الهيكلية الخشبية [Framed Walls (Stud Walls)]
9/7	7-1/4/2: الجدران الهيكلية الخشبية ذات الواجهة الخارجية من الطابوق (Brick Masonry Veneer Walls)
9/7	7-2/4/2: الجدران الهيكلية الخشبية ذات الواجهة الداخلية من الطابوق
10/7	7-3: المواد العازلة المستعملة في الجدران
10/7	7-1/3: المواد العازلة الفرشية والمواد العازلة على شكل قطع (Batts and Blankets)
10/7	7-1/1/3: قطع ألياف الزجاج العازلة للمباني (Glass Fiber Batts Building Insulation)
10/7	7-2/1/3: قطع الصوف المعدني العازلة للمباني (Mineral Wool Batts Building Insulation)
11/7	7-3/1/3: الصوف الزجاجي والصخري المدعم برفائق معدنية مثل رقائق الألمنيوم (Glass and Rock Wool with Aluminum Foils)
11/7	7-4/1/3: المواد العضوية (Organic Materials)
11/7	7-5/1/3: المواد العازلة الفرشية المرنة (Flexible Blankets)
11/7	7-2/3: المواد العازلة السائبة التي تضح أو ترش موقعا [Loss-Fill (blown-in) or Sprayed in Place]
11/7	7-1/2/3: الصوف المعدني مثل الصوف الصخري الحبيبي
11/7	7-2/2/3: اللدائن السيليلوزية والرغوية
11/7	7-3/2/3: ألياف لزجاج
11/7	7-4/2/3: حبيبات البيرلايت السائبة
11/7	7-5/2/3: حبيبات البولي ستايرين السائبة
11/7	7-3/3: المواد العازلة الجاسئة (Rigid Insulations)

رقم الصفحة	الموضوع
2/6	5-6: طرائق التنفيذ
2/6	1/5-6: طرائق تنفيذ العزل الحراري للسقوف الخرسانية المستوية
2/6	1/1/5-6: تهيئة سطح السقف الخرساني النهائي المستوي
2/6	2/1/5-6: طريقة تنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية التقليدية
5/6	3/1/5-6: طريقة تنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية المقلوبة (المحمية)
6/6	2/5-6: طرائق تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية
6/6	1/2/5-6: تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال البولي يوريثين
7/6	2/2/5-6: تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال الألواح الجاسئة
7/6	6-6: تفتيش التنفيذ
	مراجع الباب (6)
الباب (7)	
العزل الحراري للجدران والأبواب والنوافذ	
1/7	1-7: تمهيد
1/7	2-7: أنواع الجدران
1/7	1/2-7: الجدران المجوفة (المزدوجة) (Cavity Walls)
1/7	1/1/2-7: الجدران المزدوجة ذات التجويف الهوائي الذي لا يحتوي على مادة عازلة
2/7	2/1/2-7: الجدران المزدوجة ذات التجويف الهوائي الحاوي على عزل حراري جزئي
3/7	3/1/2-7: الجدران المزدوجة ذات التجويف المعزول حراريا بشكل كامل
5/7	2/2-7: الجدران المفردة المصمتة (Solid Walls)
5/7	1/2/2-7: الجدران المفردة المصمتة المعزولة من الخارج بطبقة من المادة العازلة للحرارة
5/7	2/2/2-7: الجدران المفردة المصمتة المعزولة من الداخل بطبقة من المادة العازلة للحرارة

رقم الصفحة	الموضوع
6/5	5-6/2: موقع معيقات بخار الماء ضمن البناء
7/5	5-7: الحواجز الهوائية (Air Barriers)
7/5	5-1/7: المواد و المتطلبات
8/5	5-2/7: موقع الحواجز الهوائية ضمن البناء
8/5	5-8: تحديد نقطة الندى السطحية للأبنية
	مراجع الباب (5)
الباب (6) العزل الحراري للسقوف النهائية المستوية	
1/6	6-1: تمهيد
1/6	6-2: أنواع أنظمة العزل الحراري في السقوف الخرسانية المستوية
1/6	6-1/2: النظام التقليدي للعزل الحراري (Traditional Thermal Insulation Roof System)
1/6	6-2/2: النظام المقلوب (المحمي) للعزل الحراري (Inverted Thermal Insulation Roof System)
1/6	6-3: مواد العزل الحراري لمستعملة في السقوف النهائية المستوية
1/6	6-1/3: المواد العازلة الفرشية (Blankets)
1/6	6-2/3: المواد العازلة السائبة (Loose - Fill Insulations)
1/6	6-3/3: المواد العازلة المرغاة موقعا (Foamed - In - Place Insulations)
1/6	6-4/3: المواد العازلة الجاسئة (Rigid Insulations)
1/6	6-5/3: المواد العازلة العاكسة (Reflective Insulations)
1/6	6-4: متطلبات تصميم العزل الحراري للسقوف النهائية المستوية

رقم الصفحة	الموضوع
42/4	2/8-4: الجسور لحرارية
42/4	3/8-4: كمية بخار الماء المتكاثف ضمن العناصر الإنشائية
	مراجع الباب (4)
	الباب (5)
	تأثير الرطوبة الداخلية وفوائد معيقات بخار الماء وحواجز الهواء في الأبنية
1/5	5-1: تمهيد
1/5	5-2: أشكال، تكثف بخار الماء
1/5	5-1/2: تكثف بخار الماء السطحي (Surface Condensation)
1/5	5-2/2: تكثف بخار الماء داخل العنصر الإنشائي (Interstitial Condensation)
1/5	5-3: العوامل المسببة لتكثف بخار الماء
1/5	5-1/3: تدفق الحرارة (Heat Flow)
2/5	5-2/3: تسرب الهواء (Air Leakage)
2/5	5-3/3: انتقال الرطوبة
2/5	5-4: أضرار تكثف بخار الماء
2/5	5-1/4: أضرار الرطوبة النسبية
3/5	5-2/4: أضرار التكثف السطحي
3/5	5-3/4: أضرار التكثف داخل العنصر الإنشائي
3/5	5-5: الإجراءات اللازمة لتجنب تكثف بخار الماء
4/5	5-6: معيقات بخار الماء (Vapor Retarder)
4/5	5-1/6: المواد والمتطلبات