https://doi.org/10.33261/jaaru.2020.27.3.012 *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences(2020 )27:112–124*

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences
مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

# أثر السقوف الباردة على تحقيق حفظ الطاقة داخل فضاءات المبنى الاداري

***دعاء فعّال نعمه*** [1*]، ***غادة محمد اسماعيل عبد الرزاق كمونة*** [2]،

[1] قسم هندسة العمارة، كلية الهندسة، جامعة بغداد،بغداد،العراق eng.duaan@yahoo.com

[2]قسم هندسة العمارة، كلية الهندسة ، جامعة بغداد،بغداد،العراق ghada2010mi@yahoo.com

[*]الباحث الممثل: دعاء فعال eng.duaan@yahoo.com

نشر في: 30 ايلول 2020

**الخلاصة** – تجاوز العالم مرحلة ادراك ان الوقود الأحفوري يعد من مصادر الطاقة الناضبة، وان الارض تمر بمرحلة الاحتباس الحراري، وانه من المهم ايجاد بدائل الطاقة الضرورية، وبأقل تأثير بيئي، ومعالجة استهلاك الطاقة في قطاع الابنية خصوصاً، لذا يتم الحث على تحقيق مفهوم حفظ الطاقة وذلك عبرتطبيق النظم المنفعلة واستخدامها، او دمجها مع النظم الفعالة. وبسبب اعتماد البيئة العمرانية العراقية على الطاقة الكهربائية بشكل كبير والتي مصدرها الوقود الاحفوري، اصبح من المهم ايجاد الحلول المناسبة، لا سيما في فصل الصيف بسبب ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الجفاف، وذلك عن طريق الاستفادة من تجارب الدول ضمن هذا النطاق، وتطبيقها على الابنية. نظراً لكون السقف يعد المصدر الاساس للكسب الحراري داخل الابنية بات من الضروري اتخاذ نظم السقوف الباردة والتي تعد من الاليات المنفعلة في تسقيف الابنية، لتسهم في تحسين البيئة الداخلية وتحقيق الراحة الحرارية لشاغلين، بناءاً على ذلك تمثلت **المشكلة البحثية**: "عدم وجود تصور واضح حول امكانية تطبيق نظم السقوف الباردة في الابنية الادارية المحلية"، وان هدف البحث هو:"توضيح اهمية تحقيق مفهوم حفظ الطاقة وتحسين الاداء الحراري عبر تطبيق نظم السقوف الباردة في الابنية الادارية في البيئة العمرانية العراقية ذات المناخ الحار الجاف"، ليتضمن البحث جانبين **الاول**: تناول مفهوم الاداء الحراري، وحفظ الطاقة في الابنية الادارية، وآلية تحقيق حفظ الطاقة باستخدام السقوف الباردة، في حين تضمن **الجانب العملي**: تناول عدة تجارب عالمية لأبنية ادارية مستدامة استخدمت السقوف الباردة وبيان مدى تأثير هذا النظام، على كفاءة الاداء الحراري وتحقيق حفظ الطاقة للمبنى. **وتوصل البحث** الى انه من الممكن تطبيق السقوف الباردة في مناخ العراق(الحار- الجاف) لان السقف البارد له القابلية على عكس كمية كبيرة من الاشعاع الشمسي الساقط على سطح السقف، بذلك تقلل الكسب الحراري للمبنى وتعمل على تحسين الاداء الحراري لغلاف المبنى الاداري، وبالنتيجة تحقق حفظ الطاقة داخل فضاءاته.

**الكلمات الرئيسية** – حفظ الطاقة، الاداء الحراري، السقوف الباردة،الابنية الادارية.

## 1. المقدمة

تعد السقوف الباردة من النظم المنفعلة (Passive Systems) المستخدمة في الابنية المستدامة، والتي تعمل على تحسين جودة البيئة الداخلية، وتعزز كفاءة الاداء الحراري لغلاف المبنى، وحفظ الطاقة داخل فضاءاته، حيث ان طبيعة عمل هذا النوع من النظم في الاساس هي عكس اكبر قدر ممكن من الاشعاع الشمسي الساقط على سطح السقف وبذلك تقلل الكسب الحراري للمبنى بسبب اكساء سطح السقف بمواد ذات قيم انعكاس شمسي عالي، وهي خاصية لا تتمتع بها السقوف الاعتيادية الداكنة ذات الكسب الشمسي العالي، مع فاعليتها في تقليل درجة حرارة البيئة الخارجية، فضلا عن تقليل تأثير الجزر الحرارية الحضرية في محيط الابنية المستخدمة فيها، كما تعد كلف تنفيذها وصيانتها قليلة نسبياً، ولخصوصية الابنية الادارية حيث تكون ساعات الاشغال طيلة فترة النهار اي في ذروة الكسب الشمسي، والذي يسهم في زيادة الطلب على نظام التكييف، ولكن بتنفيذ السقوف الباردة على سقف المبنى الاداري، يمكن تقليل الحاجة الى نظام التكييف وبالنتيجة رفع كفاءة الاداء الحراري للمبنى، وتحقيق مفهوم حفظ الطاقة، وبذلك تمثل السقوف الباردة حلا مستداماً لابنية الادارية في المناطق ذات المناخ الحار الجاف وبضمنها العراق.

## 2. غلاف المبنى

يعمل غلاف المبنى بشكل اساس على تطويق وحماية الحيز الفضائي، موفراً بذلك حاجزاً وبدرجات مختلفة من الحماية للفعاليات البشرية القائمة فيه، مع وقاية المبنى من المتغيرات والتقلبات المناخية الخارجية المحيطة به.

ويُعّرف غلاف المبنى على انه: "الوسيط الفاصل بين بيئتي المبنى الخارجية (المتغيرات المناخية المحيطة بالمبنى)، والداخلية (ظروف الراحة الحرارية المطلوبة داخل فضاءات المبنى)، ويتألف غلاف المبنى من مجموعة من المكونات الاساس: السقف، والجدران، والنوافذ، والابواب. ويشمل تصميم غلاف المبنى اهداف اداء رئيسة هي: السلامة الانشائية، والسيطرة على درجات الحرارة داخل غلاف المبنى، والسيطرة على الرطوبة، فضلا عن السيطرة على حدود ضغط الهواء[32].

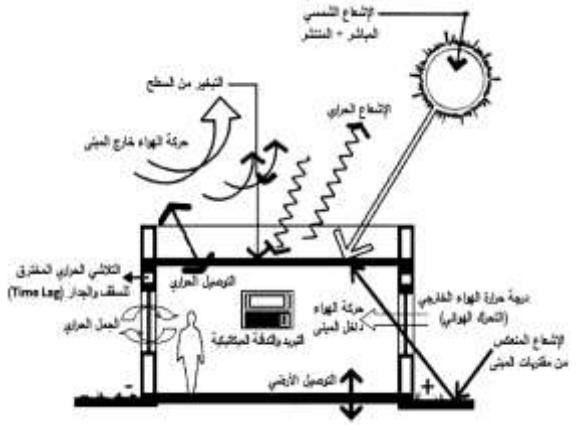
كما يلعب غلاف المبنى الدور الاساس في التعرض للعوامل المناخية والبيئية المحيطة به، مما ينعكس بدوره على ضرورة تصميم غلاف المبنى وفقاً لستراتيجيات التصميمية المنفعلة والفعالة ( Passive & Activ strategies) وبما يتلاءم مع خصوصية الموقع والبيئة المناخية المحيطة به.

من ثم، يجب ان يكون غلاف المبنى متكامل مع القرارات التصميمية المتعلقة بالشكل، والتوجيه، وحجم الفتحات (بما ينسجم مع توفيرالاضاءة، والتهوية الطبيعية) والمواد .. الخ، فضلاً عن النظم الميكانيكية والكهربائي وغيرها، مع التأكيد على ربط كل ذلك بجودة الاداء وتحقيق مستويات عالية من الراحة الحرارية داخل فضاءات المبنى، اذ يعد غلاف المبنى عاملا حاسماً في تحقيق كفاءة الاداء الطاقوي داخل اي مبنى [24].

ويمتلك غلاف المبنى الدور الاساس في تحقيق عمليات السيطرة الحرارية بين البيئتين الخارجية والداخلية للمبنى اذ يعمل على تقليل تأثير التباين في

1726-4081© 2020 The author(s). Published by Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences. This is an open access article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

درجات الحرارة بين النهار والليل. حيث تعد فاعلية اداء الغلاف الخارجي للمبنى والمتحققة بواسطة: التصميم الصحيح لغلاف المبنى، واختيار الشكل الملائم له ،واستعمال الوان خارجية فاتحة لغلاف المبنى، فضلا عن اختيار المواد البنائية المناسبة لمكوناته، احدى العوامل الاساس في التحكم بدرجات الحرارة داخل فضاءات المبنى، وتقليل الحمل الحراري فيه والذي يرتبط بصورة مباشرة بسلوك الانتقال الحراري لمكونات الغلاف البنائي من عمليات كسب و فقدان حراري[9]،الشكل(1).




**الشكل 1**: الإجهادات الحرارية المسلطة على غلاف المبنى مع عمليات التبادل الحراري بين جسم الإنسان والبيئة الداخلية للمبنى.المصدر: تنظيم الباحثتان استناداً للمصدر[10]

بالنتيجة، يجب ان يصمم غلاف المبنى للحد من الاكتساب الحراري صيفاً، والفقدان الحراري شتاءاً. ويجب ان يطبق هذا النهج الواضح في المباني وفقاً لاستخدامها، وسياق المناخ المحلي المحيط بها.[7]

**بناءاً على ما تقدم يمثل غلاف المبنى المنظومة الاساس المعرضة للمتغيرات المناخية والبيئية، التي يتعين تطويعها بما ينسجم مع مفاهيم الاستدامة البيئية،اذ يجب تصميم مكونات الغلاف البنائي المتمثلة بالسقف، والجدران، والنوافذ والفتحات، وفقاً للاستراتيجيات التصميمية المنفعلة والفعالة والتي تساعد على تحقيق مفهوم حفظ الطاقة وكفاءة استخدامها داخل فضاءات المبنى، فضلا عن التأكيد على الحد من المساحات المرصوفة المحيطة بالمبنى ومعالجتها بالأسلوب الذي يقلل من انعكاس الاشعة الشمسية والحرارية نحو غلاف المبنى، مع التأكيد على زيادة المساحات الخضراء والتشجير، والمسطحات المائية، بغرض رفع كفاءة المناخ الموضعي (Microclimate) في البيئة المحيطة بالمبنى والذي ينعكس بدوره ايجاباً على الاداء الحراري والطاقوي داخل فضاءات المبنى.**

## 3. الاداء الحراري لسقف المبنى

يتعرض سقف المبنى بصورة كبيرة لأشعة الشمس المباشرة طوال ساعات النهار مقارنةً بعناصر الغلاف البنائي الاخرى. ولهذا السبب بات السقف المصدر الرئيس لنفاد الطاقة الحرارية الى داخل فضاءاته، الا ان نسبة نفادها عن طريق السقف تختلف باختلاف المواد المستعملة في انشائه وتزداد هذه النسبة كلما كانت المادة المستعملة لها خاصية اكتساب الحرارة بسرعة، وتقل مع استعمال مواد لها خاصية الاكتساب البطيء للحرارة. فالمواد التي لها خاصية اكتساب الحرارة ببطء مع القدرة على الاحتفاظ بها مدة طويلة تكون مناسبة في ظروف المناطق الحارة – الجافة حيث ارتفاع درجات الحرارة خلال النهار وتدنيها بعد الغروب واثناء الليل اذ يعد عامل التأخير الزمني (Time Lag) الذي تستغرقه الحرارة للانتقال عبر مواد السقف (من سطحه الخارجي الى داخل المبنى ) يكون مؤشراً اساس في اختيار المواد الملائمة لإنشاء السقف، فضلا عن ضرورة اعتماد مجموعة من المعالجات في طريقة انشاء السقف بغرض الحد من نفاد الطاقة الحرارية عبره الى فضاءات المبنى الداخلية[11]. ويمثل السقف المستدام احد الحلول التي تحقق اداء حراري عالي الجودة للمنظومة السقف بشكل خاص ومن ثم تحسين جودة البيءة الداخلية في المبنى.

كما يمكن عد سقف المبنى " مستداما"، عندما يحقق نظامه الانشائي مزايا بيئية عالية، ويكون خالياً من المشكلات وكلفته مناسبة وذلك طوال دورة حياة المبنى. ويتميز السقف المستدام بخصائص مترابطة مهمة عالية الاداء تستوجب مراعاتها عند اختيار نظام التسقيف، وهذه الخصائص هي: الاداء الطاقوي، والمتانة (يمتلك القدرة على التحمل والديمومة )، والاقتصاد (كلف مناسبة)، والتصميم الذكي وغيرها من المزايا البيئية العديدة.

ويعد السقف عالي الاداء من الستراتيجيات القوية والاساس في تقليل استهلاك الطاقة داخل فضاءات المبنى، وبواسطته يكون السقف موفراً للطاقة (يحقق مفهوم حفظ الطاقة داخل فضاءات المبنى )[25]

وبالنتيجة، يتعين اتخاذ بعض التدابير اللازمة في طريقة انشاء السقوف في المناطق الحارة الجافة بغرض الحد من نفاذية الطاقة الحرارية وتحقيق حفظ الطاقة عبرها، ومن اهم هذه التدابير [11] :

- تغطية السطح العلوي للسقف بمادة عاكسة مثل الالواح المعدنية العاكسة لسطح، او الانهاء بمادة بلون ابيض.
- ترك فراغ هوائي عازل بين السطح العلوي للسقف المعرض لأشعة الشمس والفراغات الداخلية للمبنى، وذلك لنفاذ الحرارة الخارجية نهاراً والبرودة ليلاً الى داخل المبنى، حيث يتم انشاء السقف من طبقتين بينهما فراغ مع مراعاة ترك بعض الفتحات المتقابلة بين طبقتي السقف وفي اتجاه حركة الهواء السائدة بالمنطقة لتجديد الهواء باستمرار مع رفع كفاءته كعازل حراري بين خارج المبنى وداخله .
- تغطية السطح السفلي الممتد من السقف الى خارج جدران المبنى (Cantilever) بمادة ماصة للأشعة الشمسية، كي لا تنعكس اشعة الشمس من سطح الارض المحيطة بالمبنى بواسطة هذا الجزء الممتد من السقف.

وهنالك مجموعة من المتغيرات التي تؤثر على الاداء الحراري لسقف المبنى منها [15]:

- الموقع : ويشمل خط العرض، والطول للمبنى، وزاوية ارتفاع الشمس، ودرجات الحرارة، وسرعة الرياح، والرطوبة النسبية، والعوامل المناخية للموقع.
- الاشعاع الشمسي: وهو من المتغيرات المهمة والمؤثرة على الية عمل السقف، حيث يتعين معرفة مركبة الاشعاع الشمسي المباشر(Radiation Direct ) ومركبة الاشعاع الشمسي المنتشر(Diffuse Radiation)،ومركبة الاشعاع المنعكس والاشعاع الشمسي المنعكس من الاسطح المحيطة بالمبنى.
- الاكتساب الحراري: يشمل عدد من المتغيرات وهي زاوية سقوط الاشعاع الشمسي، والمساحة المعرضة للإشعاع الشمسي وشدة الاشعاع الشمسي الساقط، فضلاً عن الكسب الحراري، ومعامل مواجهة السقف ومصدر الاشعاع الشمسي(اختلاف زاوية السقف ).
- خواص السقف: تعد المواد المستخدمة في التسقيف مهمة ويتعين معرفة خصائصها؛ كالخصائص الفيزيائية للسطح (انعكاسية او امتصاصية المواد)، والمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-value)، والمقاومة الحرارية للسطح الخارجي.

## 4. حفظ الطاقة وسقف المبنى

ادت متطلبات الحفاظ على الطاقة في الابنية والرغبة في تقليل او ازالة الحاجة لمكيفات الهواء، الى تصميم ابنية تهدف الى العمل في حدود قدرتها خلال ظروف الطقس المصمم عليها المبنى.

يعرف مفهوم حفظ الطاقة ( Energy Conservation ) على انه: "الاستخدام الواعي والرشيد والادارة المتنامية والدقيقة لمصادر الطاقة عن طريق استخدام الطاقة لغرض معين بشكل اكثر كفاءة، او هو مفهوم يدل على تقليل او الحد من استخدام الطاقة تماماً"[11].

من ثم، يكمن المعنى الضمني الذي يحمله مفهوم (الحفاظ على الطاقة) في المحافظة عليها عند القيام بنشاط معين من اجل توفيرها، عوضاً عن تقليل استخدام الطاقة للقيام بنشاط معين[12]. لا سيما، ان خبراء صناعة المباني، يتفقون على أن تحسين كفاءة أنظمة البناء[1] يمثل استراتيجية مهمة وبالتالي تؤدي الى زيادة حفظ الطاقة في المباني، ويأخذ نهج النظم في الاعتبار تفاعلات المكونات داخل أنظمة البناء المختلفة فيما بينها (مثل أنظمة التبريد والتدفئة، وأنظمة الإضاءة، والأحمال الكهربائية المتنوعة)، والتفاعل بين المبنى وشبكة الطاقة الكهربائية ومدى تأثيرها على الية حفظ الطاقة[5].

ونظراً، لكون السقف العنصر الأفقي في غلاف المبنى، فأنه يتعرض لأعلى شدة إشعاع شمسي وحراري، ولمدة اطول مقارنة ببقية مكونات غلاف المبنى، حيث يخزن السقف الحرارة ويشعها للداخل بفعل الإشعاع الليلي العكسي مما يسبب شعورا بعدم الراحة وكذلك يضيف حملا حراريا على أجهزة التبريد مما يجعلها تعمل بشكل متزايد مما يؤدي الى استهلاك كمية كبيرة من الطاقة للمحافظة على درجات الحرارة الداخلية، مما يستدعي اتخاذ إجراءاً ملائما لمعالجة هذه المشكلة، من ثم، هنالك حاجة الى استخدام النظم المنفعلة التي تعزز عمل السقوف وتعمل كآلية لحفظ الطاقة في المبنى [33].

ولأن السقوف الباردة تقوم بحفظ البرودة بواسطة امتلاكها اسطحاً تعكس اشعة الشمس، وتبعث الحرارة بكفاءة اكثر من السقوف الساخنة او القاتمة اللون التي بالمقابل تستوعب الطاقة الشمسية اكثر بكثير مقارنة بالسقوف الباردة، مما يجعلها اكثر سخونة [17]، لذلك من الممكن ان تحقق مفهوم حفظ الطاقة في الابنية في الاجواء الحارة الجافة كما في البيئة العمرانية العراقية.

وبإمكان مواد التسقيف ذات الانعكاس العالي، او الالبيدو العالي ( High Albedo)، ان تعكس ما يصل الى (85%) من الاشعاع الشمسي الواصل الى سقف المبنى مقارنة بالسطوح العادية للسقوف والتي قد تعكس بحدود (20%) فقط. وتتضمن تقنيات السقوف الباردة كل من الطلاء، والاغشية( Membranes)، والبلاطات(Tiles)، والالواح الخشبية ( Shingles ) [29].

ومن الجدير بالذكر ايضاً، ان أداء تقنيات السقوف المستدامة يمكن في كثير من الأحيان ان يكون الأمثل إذا ما تم دمجها مع تقنيات سقف مستدامة مختلفة، على سبيل المثال، غالباً ما تتحسن كفاءة النظام الكهروضوئي( PV system)، عندما يتم وضعه فوق سقف بارد (Cool Roof) [8].

ويعتمد الشاغلين في الابنية الادارية على الظروف المريحة المتوفرة في المبنى لأداء مهامهم المختلفة، ومن ثم، تعتمد إنتاجيتهم بشكل مباشر على مستوى الراحة الموفّر داخل المبنى، ولتحقيق ذلك تستهلك المباني الادارية كمية كبيرة من الطاقة في شكل تبريد، وتدفئة، والتهوية، وإضاءة، ومعدات مكتبية، وتسخين المياه، وتطبيقات أخرى، في المباني الادارية النموذجية. تعد الإضاءة والتبريد، والتدفئة، والمعدات المكتبية، المساهم الرئيس في استهلاك الطاقة، كما أشارت وكالة الطاقة الدولية إلى أن عمليات التبريد والتدفئة تستهلك الجزء الأكبر من الطاقة في المباني الادارية تليها الإضاءة الإصطناعية بسبب متطلبات التشغيل والشاغلين، لذلك من المهم تحسين اداء غلاف المبنى الحراري لتقليل استهلاك الطاقة في فضاءات المبنى[18] وهي من اسباب تركيز البحث على الابنية الادارية.

ويعد تصميم وتنفيذ مبنى اداري عالي الاداء طاقوياً، مقاربة متكاملة حيث تمثل عوامل مثل الراحة الحرارية، وجودة الهواء الداخلي، والاضاءة والصوتيات من الأولويات الواجب تحقيقها ويجب ان لا تتأثر سلباً بجهود خفض الطاقة، سيما، تكامل أنظمة الإضاءة عالية الجودة بمزيج من أنظمة الإضاءة الطبيعية وأنظمة الإضاءة الكهربائية الموفرة للطاقة، والتي تكمل بعضها البعض عن طريق تقليل الضغط البصري وتوفير جودة إضاءة أفضل. كما يمكن أن تنتج أنظمة التدفئة والتبريد المتقدمة الموفرة للطاقة مساحات أكثر هدوءاً وأكثر راحة للشاغلين وإنتاجية، بالنتيجة يعزز تحقيق مفهوم حفظ الطاقة في الابنية الادارية: تقليل استهلاك الطاقة، وتقليل انبعاثات ثنائي اوكسيد الكاربون CO2 والاحتباس الحراري العالمي والتقليل او الحد من تأثير الجزر الحرارية الحضرية[28].

## 5. السقف البارد

يتم انشاء سقف المبنى من طبقة او اكثر من طبقات المواد، ويحدد السطح المعرض للشمس في ما اذا كان السقف بارداً او لا. حيث توفر نظم التسقيف خيارات مختلفة للأسطح، وعن طريق اختيار السطح المناسب للسقف، يمكن انشاء سقفاً بارداً للمبنى [17].

"تعد تقنية السقف البارد حلًا مستدامًا من حيث الطاقة وقابلاً للاستمرار من الناحية المالية، وتقليل استهلاك الطاقة في المباني لأغراض التبريد وتخفيف الجزر الحرارية الحضرية"[4]. حيث تُحقق السقوف الباردة ( Cool Roof) وفورات كبيرة في الطاقة المطلوبة لتبريد المبنى والتي تصل الى حوالي (10-43)%، وذلك بسبب قدرتها على عكس الطاقة الشمسية الواصلة اليها بكفاءة عالية، وبالنتيجة تقليل استخدام الطاقة اللازمة لتكييف الهواء[13].

وتُعَرف "السقوف الباردة (Cool Roofs)"على انها: " تلك السقوف المصممة بغرض المحافظة على درجة حرارة اقل للسقف مقارنة بأسطح السقوف العادية حينما تكون الشمس مشرقة (نهاراً)، حيث تعد اشعة الشمس العامل الرئيس الذي يجعل السقوف ساخنة جداً".[17] وبذلك يمكنها ان تصل الى بيئة داخلية مريحة للشاغلين وبكلف تطبيق وصيانة اقل من غيرها من السقوف المستدامة [11].

اجمالاً، تمت المصادقة على السقوف الباردة بواسطة مجلس تقييم السقف البارد ((Cool Roof Rating Council(CRRC حيث يكمن مؤشر قياس الانعكاس الشمسي لسطح السقف ( Solar Reflectance Index (SRI) ) في قدرته على عكس الحرارة، وتبلغ قيمة مؤشر قياس الانعكاس (100) للسقف الابيض القياسي ( الذي يعكس 80%)، بينما تبلغ قيمة مؤشر قياس الانعكاس الشمسي (صفراً) للسقف الاسود القياسي. وتعكس هذه المعايير بشكل وثيق تقييم نجمة الطاقة (Energy Star) للسقف، اذ تقلل منتجات السقف العاكسة المؤهلة لنجمة الطاقة من ذروة الطلب على التبريد بنسبة (10-15%) وتقلل من استخدام الطاقة في المباني بنسبة تصل الى (50%) [16]، كما يوضح الشكل (2) الفرق بين تأثير كل من السقف الابيض والسقف الاسود على البناية نفسها ودرجة حرارة المدينة والمحيط.

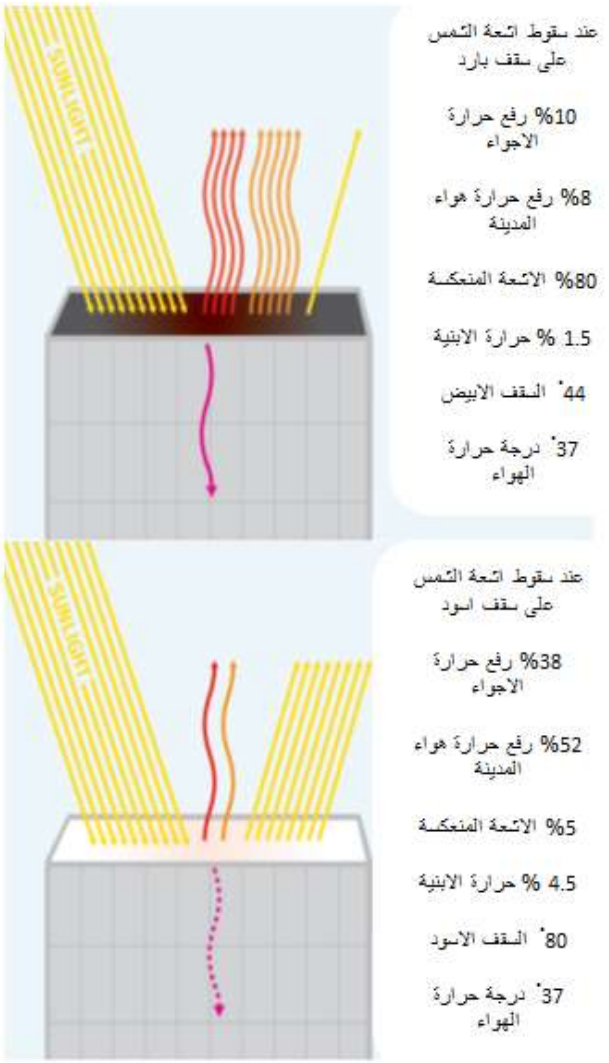
على الرغم من ان المواد البيضاء تميل الى ان تكون عاكسات شمسية جيدة جداً، الا انه يمكن ايضاً تصنيع مواد التسقيف الملونة لتعكس المزيد من اشعة الشمس الشكل (3)، حيث انه اكثر من نصف ضوء الشمس الذي يصل الى الارض غير مرئي للعين البشرية، وضوء الشمس غير المرئي هذا يسخن السطح. والسطح الملون الذي يعكس الكثير من ضوء الشمس غير المرئي يسمى بلون غامق بارد او لون بارد. بينما يعكس اللون الداكن اللامع اشعة الشمس اكثر من اللون الداكن التقليدي المظهر، ولكن اقل من السطح ذي الالوان الفاتحة، وعلى سبيل المثال: قد يعكس السطح ذو الون الداكن التقليدي (20%) من ضوء الشمس الواصل اليه، ويعكس السطح ذو

[1]) نظام البناء: مزيج من المعدات والعمليات والضوابط و الملحقات ووسائل الربط البيني التي تستخدم الطاقة لأداء وظيفة محددة.

اللون الغامق البارد (40%) من ضوء الشمس الواصل اليه، بينما يعكس السطح الفاتح اللون (80%) من ضوء الشمس الواصل اليه.[8]

كما ان السقف البارد يعد من اول الخيارات المستخدمة في التسقيف المستدام عالمياً، حيث يشجع كل من منظمة LEED،وEnergy Star للطاقة على استخدامها كمبدأ توجيهي عام في انظمة التسقيف، خاصة بالنسبة لأنظمة السقوف القائمة على الإسفلت، لما لها دور كبير في تحقيق حفظ الطاقة، وكفاءة استخدام الطاقة داخل فضاءات المبنى المستدام بيئياً.على سبيل المثال تم تصميم جامعة الملك عبد الله للعلوم والتكنولوجيا في المملكة العربية السعودية كحَرم جامعي مستدام، حيث تم اختيار مواد متينة لتغليف الابنية،والتي لا تتآكل في الهواء الذي يحتوي نسبة عالية من الملح، والناتجة عن قرب المشروع من البحر الأحمر، ومن ضمنها مواد السقوف الباردة المستخدمة في المشروع، الامر الذي يعزز كفاءة الاداء الحراري لمباني المشروع والذي ينعكس بدوره ايجاباً على تحقيق حفظ الطاقة فيه، شكل(5) [21].واهم الخصائص التي تميز تقنية السقف البارد هي اتصافه بما يأتي[13]:

1. الانعكاس الشمسي((Solar Reflectance(SR)
هو مقياس لكمية ضوء الشمس المنعكسة من السطح يتراوح معدل (SR) بين 0.04 (4%) بالنسبة للفحم الى0.90 (90%) بالنسبة للثلج النقي فالانعكاس الشمسي العالي هو اهم خاصية للسطح البارد.
2. امتصاص الطاقة الشمسية (( Solar Absorptance (SA)
هو مقياس لكمية اشعة الشمس الممتصة من قبل السطح يكون ما بين (0-1) أو ( 0%- 100%) تميل الاسطح ذات الامتصاص الشمسي العالي الى تسخين السطح في الشمس خاصة اذا كان السطح معتماً، فأن الامتصاص الشمسي يساوي (1) مطروحاً منه الانعكاس الشمسي.
3. الانبعاث الحراري (( Thermal Emittance (TE)
الكفاءة التي ينبعث بها الاشعاع الحراري وتكون ما بين (0-1) الانبعاث الحراري العالي يساعد على تبريد السطح عن طريق اشعاع الحرارة الى محيطها. فجميع الاسطح اللافلزية تقريباً لها انبعاثات حرارية عالية عادة ما تكون بين (0.80 -0.95) يحتوي المعدن غير المطلي على انبعاثات حرارية منخفضة، مما يعني انه سيبقى دافئاً في الشمس، لأنه ينبعث منها اشعاع حراري اقل (TE) وهي ثاني اهم خاصية للسطح البارد.
4. مؤشر عاكس الطاقة الشمسية ( Solar Reflective Index (SRI)) بالإضافة الى ما تم ذكره سابقا، فهو المؤشر الذي يقارن درجة حرارة سطح السقف في فترة ما بعد الظهيرة المشمسة الى درجة حرارة السقف الاسود النظيف (SRI=0) والسقف الابيض النظيف (SRI=100) حيث يتم احتساب (SRI) من الانعكاس الشمسي والانبعاث الحراري ويمكن ان يكون اقل من (0) لسطح حار استثنائي (على سبيل المثال مجمع شمسي) او اكبر من (100) لسطح بارد بشكل استثنائي (على سبيل المثال سقف ابيض ناصع البياض).
5. المقاومة الحرارية (قيمة R)
وهو مقياس لقدرة المادة أو النظام على منع تدفق الحرارة عبرها، ويمكن تحسين المقاومة الحرارية للسقف عن طريق إضافة العزل، او حاجز مشع، أو كليهما كما في الشكل (4)،حيث تمت المقارنة بين سطح مصبوغ ومغطى بمواد تكسبه صفة البرودة والآخر لم يتم تغطيته.




**الشكل2:** الفرق بين سقف اسود واخر ابيض في وقت الظهيرة في فصل الصيف وكلاهما في نفس درجة الحرارة (37°)[13].

**الشكل 3**: الالوان الغامقة الباردة مع قيم انعكاسيتها الشمسية (R) حيث تظهر البلاطات ذات اللون البارد تماما مثل ذات الالوان التقليدية ولكنها تمتلك انعكاسات شمسية اعلى[17].

**الشكل 4**: الفرق بين سطح مغطى بمواد تكسبه صفة البردة واخر غير مغطى والذي يبين الفرق بين قيمة كل من (SRI)،( SR)،(TE)،(R) لكليهما [13].

**الشكل 5**: جامعة الملك عبد الله للعلوم والتكنولوجيا فيالمملكة العربية السعودية استخدم فيها السقوف الباردة[13].

### *5.1 الية عمل السقف البارد*

عادة ما يكون السقف العاكس فاتح اللون ويمتص ضوءاً اقل من اشعة الشمس، مقارنة بالسقف التقليدي الداكن اللون. بالنتيجة، فأن الاسطح العاكسة تقلل من استخدام الطاقة المصروفة لأغراض التكييف، وتزيد من مستوى راحة شاغلي المبنى.

يكمن الهدف الاساس من تقنية السقف البارد في الحد من كمية الطاقة الشمسية التي يمتصها سطح السقف، حيث تسمح مواد الطلاء المتقدمة الجديدة بامتصاص وانعكاس الاطوال الموجية الطيفية المختلفة، الامر الذي يتيح تصميم نظم تسقيف ذات تلوين بصري بإمكانه ان يُعزز من خصوصية المبنى وفي الوقت نفسه عكس كمية كبيرة من اجمالي الطاقة الشمسية الواصلة لسقف المبنى، والتي يمتد جزء كبير منها الى نطاق الموجات المرئية لتشمل ضوء الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية، والنتيجة النهائية هي ان الجزء الادنى من الطاقة الشمسية الواصلة الى سقف المبنى (والذي يكون بحدود 20% فقط او اقل) يتم امتصاصها بواسطة هيكل السقف. الامر الذي يقلل بالنتيجة من اجمالي حمل التبريد المطلوب على اجهزة التكييف والتهوية (HVAC) في المبنى، كما يزيد وبشكل كبير من العمر الافتراضي المتوقع لسقف المبنى.[26] (الشكل 6) **ويتأهل السقف ليكون سقفاً باردا بإحدى الطريقتين**:

1- بواسطة تلبية او تجاوز الحد الادنى لقيم الانعكاس الشمسي، وقيم الابتعاثية الحرارية.

2- عن طريق تلبية او تجاوز الحد الادنى المطلوب لقيمة مؤشر الانعكاس الشمسي Solar Reflectance Index (SRI) لسطح السقف.

بالنتيجة يتيح هذا لبعض السقوف التي تمتلك انبعاث حراري منخفض وانعكاس شمسي عالي (او بالعكس) بأن تكون مؤهلة كسقف بارد.

يعد مؤشر الانعكاس الشمسي ( Solar Reflectance Index (SRI) عبارة عن مقياس لمقارنة "برودة" اسطح السقف، وكلما ارتفع مؤشر الانعكاس الشمسي (SRI) كلما كان السقف اكثر برودة في الشمس على سبيل المثال: يمكن ان يكون للسقف الاسود النظيف مؤشر الانعكاس الشمسي (SRI) يساوي صفر، بينما قد يكون للسقف الابيض النظيف مؤشر الانعكاس الشمسي (SRI) يساوي 100، وعادة ما يبلغ مؤشر(SRI) للسطح الداكن اقل من 20 [18].

يعد الانعكاس الشمسي (Solar Reflected) والابتعاثية الحرارية (Thermal Emittance ) من خصائص سطح المواد والتي تُحدد درجة حرارة السقف، وتمتلك كل مجموعة منها نطاقاً يتراوح ما بين (0 الى 1). واكبر قيمة فيهما تعني ابرد سقف تحت اشعة الشمس، فالانعكاس الشمسي، هو جزء من ضوء الشمس الذي يعكسه السطح، حيث يتم امتصاص ضوء الشمس الذي لا ينعكس كحرارة، ويتم قياس الانعكاس الشمسي على مقياس يتراوح ما بين (0-1) على سبيل المثال : السطح الذي يعكس (55%) من ضوء الشمس الواصل اليه، يمتلك انعكاس للطاقة الشمسية بحدود (0.55). وتعكس معظم مواد السقف الداكنة اللون ما بين (5-20%) من ضوء الشمس الواصل اليها، بينما تعكس مواد السقف ذات الالوان الفاتحة عادة ما بين (0.80-0.95) مِما يساعدها على التبريد. اما الاسطح المعدنية اللامعة، مثل رقائق الالومنيوم، فتكون ذات ابتعاثيه حرارية منخفضة، مما يساعدها على البقاء دافئة. ويبقى السطح المعدني العاكس (الذي يعكس ضوء الشمس بقدر السطح الابيض ) اكثر دفئاً في الشمس، لكونه يبعث اشعاع حراري اقل [17].

وعند استخدام السقوف الباردة للابنية المشيدة من المهم معرفة ما يلي :

1- معرفة نوع وعمر الابنية لانها تلعب دور اساس في تحقيق مفهوم حفظ الطاقة وذلك بترشيح النوع المناسب من السقف البارد فهنالك حالات يكون السقف غير قابل لتنفيذ هذا النوع من السقوف لانه مهترأ مثلا.

2- يجب معرفة النسيج الحضري للتوصل الى النسبة المئوية للمباني التي يمكن ان يغطيها السقف البارد ودرجة تأثيره على الجزر الحرارية الحضرية لتكون النتائج واقعية وليس مجرد تخمينات.

3- وضع التشريعات التي تدعم تنفيذ السقف البارد ومن الممكن ادراجه ضمن قوانين البناء كما حصل في التجارب العالمية مثل الهند [13].

**بناءاً على ما تقدم توصل البحث الى التعريف الاجرائي للسقف البارد: "هو منظومة السقف التي توفر لسطح السقف الخارجي قابلية انعكاس عالية مما يؤدي الى خفض درجة حرارة السقف خلال ساعات النهار، وبنسبة اكبر من السقف التقليدي، يتحقق ذلك بواسطة طلاء او مواد ذات طبيعة عاكسة". ويسهم السقف البارد بتقليل الجهد الحراري على البيئة الداخلية مما يساعد على تخفيض استهلاك الطاقة لغرض تكييف الفضاء الداخلي، وبشكل عام يعتمد حجم التوفير في الطاقة لكل مبنى على كل من: نوع المبنى، ومستوى عزل السقف، وحجم مكيفات الهواء وكفاءتها، فضلا عن كمية انعكاس الطاقة الشمسية مِن على السقف.**

**الشكل 6**: درجات حرارة السقف الداكن مقابل درجات حرارة السقف البارد (الابيض اللون )حيث يصبح السقف الداكن (أ) اكثر سخونة بكثير من السقف الابيض البارد (ب ) كلاهما بعد ظهر يوم مشمس [17].

### 5.2 مزايا و سلبيات السقوف الباردة

**تمتلك السقوف الباردة عدداً كبيراً من المزايا الانية والمزايا الطويلة الاجل والتي تنعكس ايجابياً على مالكي وشاغلي الابنية وارتأى البحث تقسيم هذه المزايا الى المجالات الاتية [29] [16]:**

***اولاً / مجال حفظ الطاقة :***

- تتميز تقنية السقف البارد بأداء حراري عالي ينعكس ايجاباً في مجال حفظ الطاقة حيث يعكس بحدود (85%) من الاشعاع الشمسي الواصل الى سقف المبنى، مقارنة بالسقف الاعتيادي الذي بدوره يعكس الى ما يصل (30-60%) من الاشعاع الشمسي الواصل الى سقف المبنى.
- يمتص السقف البارد بحدود (20%) من الاشعاع الشمسي الواصل الى سقف المبنى، مقارنة بالسقف الاعتيادي الذي بدوره يمتص الى ما يقارب (40-70%) من الاشعاع الشمسي الواصل الى سقف المبنى (تسخين السطح العلوي للسقف ،مضافاً اليه احمال التبريد والحرارة الحضرية ).
- تسهم السقوف الباردة في تحقيق اهداف كفاءة الطاقة في قوانين البناء، وبالنتيجة تحقق مفهوم حفظ الطاقة في المبنى، لا سيما في الفضاءات الواقعة تحت السقف البارد.
- في حال تثبيت الخلايا الكهروضوئية على السقف البارد، فأنه يساعد على زيادة كفاءة منشآت الطاقة الشمسية الكهروضوئية، وذلك عن طريق خفض درجات الحرارة السطحية للسقف، حيث يمكن ان يؤدي القضاء على الحرارة الزائدة الى زيادة انتاج الطاقة الكهروضوئية بنسبة تصل الى (16%).
- يقلل السقف البارد من كمية الطاقة اللازمة لتكييف الهواء بنسبة تصل الى (15%) من مبنى مؤلف من طابق واحد، مما يؤدي الى وفورات كبيرة في فواتير الطاقة. كما يقلل السقف البارد من الحاجة الى مكيفات الهواء في المباني متعددة الطوابق ايضاً، الامر الذي يقلل من انتقال الحرارة الى الطوابق العليا، والتي تكون في الغالب اكثر دفئاً بسبب الحرارة المرتفعة من الطوابق السفلية.

***ثانياً / المجال البيئي :***

- تتمثل الفوائد البيئية للسقوف والاسطح الباردة في قدرتها على تقليل او حتى الحد من تأثير الجزر الحرارية الحضرية ( Urban Heat Island (UHI) في محيط المبنى والمناطق الحضرية، وذلك عن طريق عكس بعض الطاقة الشمسية الواصلة الى الفضاء بدلا من امتصاص الحرارة واطلاقها ثانية في المناطق المحيطة .
- تسهم السقوف الباردة في تقليل تراكم الحرارة، من ثم تسهم في تحسين نوعية الهواء في المناطق الحضرية وتقليل درجات الحرارة الكلية للمدينة بأكملها، مع تقليل ذروة الطلب على الطاقة، وتقليل الامراض المرتبطة بأرتفاع درجات الحرارة، وتقليل كلف اجهزة تكييف الهواء.
- تسهم السقوف الباردة في التخفيف من اثار تغيير المناخ وذلك عن طريق تقليل كمية الوقود الاحفوري التي يتعين حرقها لتوليد الطاقة لتكييف الهواء، حيث ينبعث عدد اقل من غازات الدفيئة في الغلاف الجوي. ويقابل السقف الابيض الذي تبلغ مساحته بحدود (305م$^2$ ) حوالي (10أطنان ) من غاز ثنائي اوكسيد الكربون على مدار (20 عاماً) مقارنة بالسقف الاسود.

***ثالثاً / المجال الاقتصادي :***

- تقليل فواتير المياه والكهرباء بسبب تقليل الحاجة لأجهزة تكييف الهواء، ومن ثم ستكون اجهزة التكييف بحجم اصغر.
- خفض كلف الصيانة للسقف وذلك عن طريق عكس ضوء الشمس، حيث تعمل السقوف الباردة على تقليل الضررالذي يمكن ان تسببه الاشعة فوق البنفسجية والاشعة تحت الحمراء على السقف مع مرور الوقت، مما يقلل من تكاليف الصيانة والاستبدال، وبالنتيجة يؤدي الى انتاج نفايات بناء اقل.

***سلبيات السقوف الباردة :***

بالرغم من جميع المزايا السابقة، الا ان السقوف الباردة تمتلك بعضاً من السلبيات من بينها [30]:

- لا تشكل السقوف الباردة بديلا عن استخدم مواد العزل الحراري، على الرغم من انها تحد من الكسب الحراري الشمسي فالمواد العازلة المضافة للسقف تقلل من كميات الحرارة المكتسبة والمفقودة عن طريق السقف وبطرق لا يستطيع السطح العاكس تحقيقها بمفرده.
- عندما تتسخ السقوف الباردة (الاتربة، وآثار الاقدام، والامطار، والثلوج) تقل كفاءتها، لذلك من المهم عند تنصيب اي نوع منها يجب معرفة آلية التنظيف الممكنة والتي قد تكون في بعض الاحيان مكلفة، او مؤذية للسقف نفسه، ففي حالة السقوف الباردة الحادة الميلان لا تتجمع الاوساخ وبمجرد تعرضها للمياه تستعيد كفاءتها ومن المهم ايضاً، معرفة منظومة تصريف مياه الامطار لكي لا تتراكم وتؤثر على عمل السقف بالشكل المطلوب. حيث وجدت دراسة ميدانية تقيس آثار التعرية والتجوية على عشرة سقوف في كاليفورنيا استخدمت مواد باردة للسقف وتعرضت للترسبات السخام والغبار يمكن أن ينخفض ادائها بنسبة تصل إلى (15%)، مما يؤكد على ضرورة تنظيف هذه الترسبات.

### 5.3 نظم السقوف الباردة

تُصنع السقوف الباردة بصورة عامة من طبقة واحدة او اكثر وتُغلف، وهذه المواد التي تغلف بها هي التي تكسب السطح صفة البرودة، كأن تكون اصباغ سميكة جدا والتي تعمل على حماية السقف من الاشعة فوق البنفسجية، الاضرار الكيميائية، وتكسبه صفة الانعكاسية، او بشكل تغليف مثل (الاغشية Membranes، المعادن Metals ، الحبيبات granules ) والتي تعمل على اطالة عمر السقف، وتحميه من المياه،[19] وتتنوع نظم السقوف الباردة مع نظمها الفرعية كما يأتي:

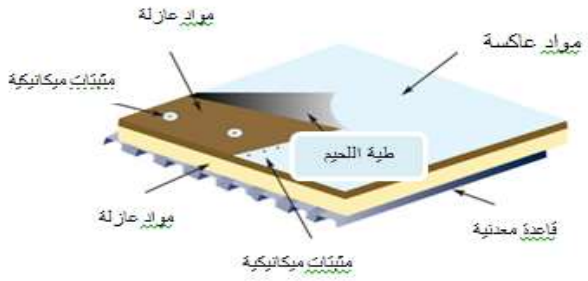
#### 5.3.1 نظم السقوف قليلة الميلان ( Low Sloped Roofs):

تعتمد خيارات السقف البارد المتاحة لمبنى في جزء كبير منه على نوع المبنى(وظيفته) ونوع السقف (مستوي ،قليل الميلان او شديد الميلان ) ومع ذلك، هناك خيار لكل نوع من السقوف تقريباً، ومن السهل نسبيا تنفيذ السقوف الباردة للمباني التجارية، وأسطح معظم المباني السكنية، باستخدام السقوف الباردة قليلة الميلان (أي شبه مستوية)،وهي غير مرئية من الشارع، وبصورة عامة جميع انواع السقوف الباردة قليلة الميلان تكون قليلة التكلفة عند تغيير الون، او أثناء عملية الصيانة أو عند تسرب المياه، وهذا النظام من السقوف الباردة يقسم الى اربع انواع او انظمة فرعية هي:

##### 5.3.1.1 سقوف الاغشية الرقائقية الاحادية ( Single –ply Membranes).

يتكون هذا النوع من السقوف الباردة من رقائق مسبقة الصنع من البوليمرات المطاطية ونسيج البوليسر، ويتم وضع سقوف الاغشية الرقائقية الاحادية في طبقة واحدة فوق السطح ،ويمكن وضع الاغشية الرقائقية الاحادية بثبات على السطح اما بالمواد اللاصقة او تثبيتها ميكانيكياً، الشكل(7)، ويوجد نوعان رئيسيان من سقوف الاغشية الرقائقية، هما: اللدائن الحرارية (Thermoplastics ) والمطاط الصناعي( Synthetic Rubber)،كما يمكن تحديد منتجات التسقيف هذه بسطح عاكس للأشعة فوق البنفسجية حيث تعتمد سقوف الاغشية الرقائقية الاحادية، عادةً على طبقات من البوليمر وعلى نسيج بوليستر، والبوليمرات المستخدمة هي

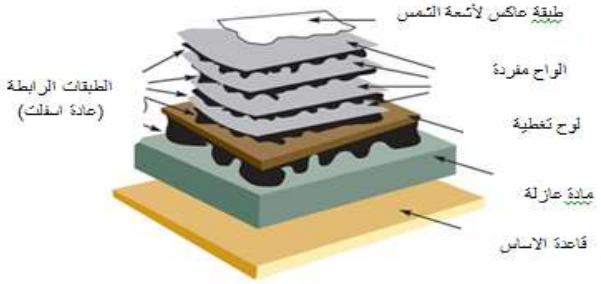
عبارة عن مادة صناعية مرنة، ومفردة، متعددة الاغراض وتكون على ثلاث انواع :إيثيلين بروبيلين دين تيربوليمر (EPDM)، بولي فينيل كلوريد(PVC)، وثرموبلاستك أوليفين بالحرارة (TPO)،وتستخدم هذه المواد المضافة لتعزيز الاستقرار في الهواء الطلق والمقاومة للاشعة فوق البنفسجية، ومن مميزاته: معظم النظام صديقة للبيئة، ويتصف بمرونة كبيرة حتى في درجات الحرارة المنخفضة للغاية، ولديه مقاومة كبيرة للثقوب، كما ان لديه مقاومة للمواد الكيميائية، الحمض، الاملاح، الزيت،..إلخ، ومقاوم للتشقق[26].




**الشكل7:**مكونات سقوف الاغشية الرقائقية [26]

### *5.3.1.2 السقوف المبنية (Built –Up Roofs) ( BUR)*

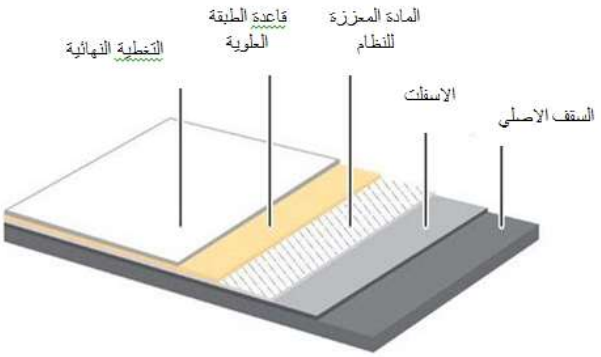
يتكون هذا النوع من السقوف الباردة من قاعدة الأساس، طبقات تعزيز النسيج، وطبقة سطحية واقية تكون داكنة اللون تقليدياً، يمكن تصنيع الطبقة السطحية بعدة طرق مختلفة، وإحدى طرق التصنيع تتم باستبدال رقائق الرخام العاكسة او الخبث الرمادي بطبقة من الاسفلت تحتوي الركام المعدني (الحصى) ضمنها، وبذلك يمكن جعل السقف بارداً والطريقة الثانية هي انهاء الطبقة الاخيرة من السقوف المبنية بصفيحة معدنية، ويمكن تحويلها الى سقف بارد باستخدام حبيبات معدنية عاكسة أو بتغطية مسبقة الصنع، فضلاً عن خيار سقف آخر ينطوي على طلاء السقف مع مزيج الأسفلت الاسود يمكن تبريد هذا النوع من خلال صب طبقة باردة عاكسة مباشرة أعلى الخليط الاسفلتي، وبذلك يكون اكساب هذا النوع من السقف البرودة بإضافة اما،(حبيبات، صفيحة عاكسة، او طبقة تغطية عاكسة)[6] ويوضح الشكل (8) طبقات السقوف الباردة المبنية، ومن مميزاته: يتصف بالديمومة والعمر الطويل، ومقاومة الطقس، وسهولة اصلاحه [21].




**الشكل8**: طبقات السقوف الباردة لنظام السقف المبني(Built-Up Roof) [6].

### *5.3.1.3 سقوف اغشية صفيحة البيتومين المعدلة ( Modified Bitumen Sheet membranes)*

هو نوع من السقوف الباردة تتم في عملية صنعه بإضافة المواد المحسنة إلى الأسفلت القياسي للسقوف لتحل محل المواد البلاستيكية التي تمت إزالتها أثناء عملية التقطير، ويتم تقوية البيتومين بطبقة من الألياف الزجاجية أو ألياف البوليستر من أجل زيادة المتانة والقوة. هنالك نوعان من سقوف اغشية صفيحة البيتومين المعدلة وهما SBS و APP. يزيد استخدام SBS (ستيرين-بوتادين-ستيرين) من مرونة الغشاء ويسمح له أن يتمتع بقدرات تمدد وتقلص أقوى، اما APP (البولي بروبيلين attactic) يعمل على زيادة عمر نظام السقف، غالباً ما يكون SBS هو النظام الأكثر شيوعاً لأن المادة المضافة من المطاط الصناعي تزيد من مرونة المنتج، ويمكن أيضاً استخدام سقوف اغشية صفيحة البيتومين المعدلة مع النوع السابق من السقوف الباردة المبنية، ويسمى في هذه الحالة بالسقف "المختلط"( Hybrid Roof). يمكن تعديل الأسطح البيتومين المعدلة مسبقًا في المصنع لجعلها باردة ،ومن مميزاته: بالديمومة، مقاومة الطقس، سهل الإصلاح ،فالصفائح مسبقة الصنع هي أسهل لتثبيت، وضمان مراقبة الجودة، ويتصف بالمرونة من حيث التمدد والتقلص، [17] [21]الشكل (9).




**الشكل9:**يوضح الطبقات المكونة لسقوف اغشية صفيحة البيتومين المعدلة [3].

### *5.3.1.4 رش رغوة البولي بوريثين( Spray Polyurethane Foam).*

هو نوع من السقوف الباردة تتم صناعته عن طريق خلط اثنين من المواد الكيميائية السائلة التي تتفاعل وتتوسع لتشكل قطعة صلبة واحدة تلتصق بالسقف، ونظراً لأن الرغوة شديدة الحساسية للأضرار الميكانيكية والرطوبة والأشعة فوق البنفسجية، فهي تعتمد على طبقة واقية، وهذه الطبقة الواقية هي طلاءات عاكسة بطبيعتها، وبذلك تقدم أداءاً بارداً لسقف، ويتم رش أنظمة الرغوة المطبقة ميدانياً على شكل سائل وتتصلب عند وضعها فوق سطح السقف [21]. ومميزاته هي: الحماية ضد تسرب المياه لنظام التسقيف سواء ان كان جديد أو مشيد، اي تعمل كعوازل لسقف الاصلي مما يؤدي الى إطالة عمر أنظمة السقوف التقليدية وتعمل كغشاء واقي للأضرار المادية، والتآكل، والأشعة فوق البنفسجية، ويمكن ان تقلل من تكلفة التبريد اثناء الصيف. الشكل (10) يوضح السقوف الباردة رش رغوة البولي بوريثين[17]

**الشكل10**: السقوف الباردة نظام رش رغوة البولي بوريثين[17]

### *5.3.2 السقوف الحادة الميلان (Steep Sloped Roofs)*

تعد نوع من انظمة السقوف الباردة وتتكون من الطبقة السفلية والتي هي عبارة عن لباد مشبع بالإسفلت أو مواد أخرى على شكل صفائح (قد تكون

ذاتية الالتصاق) مثبتة بين سطح السقف والسقوف الحادة الميلان، ويتم تثبيتها على سطح السقف قبل تنفيذ مادة التغطية، والاسفلت اكثر استخداما تحت السقوف المسقفة (Shingled Roofs) في الابنية السكنية تحديداً، ومن ثم ،توضع طبقة التغطية وهي عبارة عن طبقة من الخشب او اللباد توضع على العوارض الخشبية للسقف المائل قبل ان يتم تثبيت الالواح او البلاط او القرميد في مكانها النهائي، ويتم استخدم مواد بلاستيكية لهذا الغرض ايضاً، وتقسم السقوف الحادة الميلان الى النوعين التاليين[20]:

#### 5.3.2.1 السقوف المسقفة ( Shingled Roofs).

هي نوع من انواع السقوف الباردة، وتكون على شكل ألواح وتُجمع بشكل سلسلة من الوحدات المتداخلة الفردية لتشكل صفوفاً متراصة، بدءاً من الحافة السفلية للسقف، مكونة حاجزاً مصمماً لصد اشعة الشمس مع صد المياه والثلوج كذلك، وتستخدم منتجات التسقيف هذه بشكل شائع في المباني السكنية أو المباني ذات الميلان الحاد موقعياً، بما في ذلك بعض المباني التجارية، يأتي الانعكاس الشمسي ذي الارتفاع العالي للسقوف المسقفة "الباردة من حبيبات تحتوي على أصباغ عاكسة للشمس، وتوفر الانواع المختلفة للسقوف المسقفة كفاءة حفظ الطاقة خاصة في الطابق الواقع تحتها مباشرة وتكون على نوعين وهي: الواح السقوف المسقفة ( 3-Tab Roof Shingles)، وبلاط السقوف المسقفة المعمارية ( Architectural Roof Shingles)،ومن مميزاتها: ذا ديمومة عالية، وكلفة صيانة قليلة نسبياً، ومتاح بألوان واسعة [20]، الشكل (11) يوضح نوعي السقوف المسقفة (البلاط و الالواح).

**الشكل11:** نظم السقوف الباردة المسقفة وهما (أ) السقوف المسقفة المعمارية (البلاط) (ب) السقوف المسقفة (الالواح) [23]

#### 5.3.2.2 سقوف القرميد ( Tile Roofs)

هي احد انواع السقوف الباردة التي تصنع من الطين أو الألواح الخرسانية، بعضها عاكس بشكل طبيعي بما يكفي لتحقيق معايير السقف البارد، ولكن يمكن للمعالجات السطحية تحويل القرميد ذي الانعكاس الشمسي المنخفض إلى قرميد بارد، حيث تتوفر منتجات البلاط (الطين أو الخرسانة) بأسطح عاكسة للطاقة الشمسية وبالوان مختلفة تزيد من عدد الألوان "الباردة" التي توسع خيارات للمصمم للتسقيف. فضلاً عن ذلك، يوفر التركيب الترابي الكثيف لمنتجات البلاط مزيداً من خصائص الكتلة الحرارية والتهوية، والتي تحقق وفورات إضافية في الطاقة لا يتم التقاطها من خلال الانعكاس الشمسي وقياسات الانبعاث الحراري. كما يمكن ان يتم تزجيج البلاط لتوفير العزل المائي وهي خصائص مهمة للسقف [17] [2]،يوضح الشكل (12) طبقات التسقيف بالقرميد وآلية تخلخل الهواء عبر وحدات التسقيف مما يساهم في تقليل درجة حرارة الفضاء تحت السقف مباشرة.

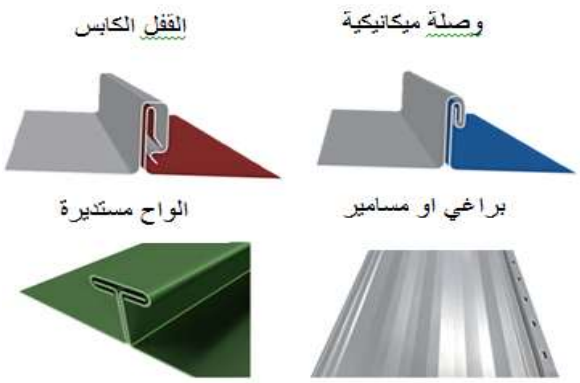
الشكل (12)طبقات السقف البارد من نوع سقوف القرميد [2] .

### 5.3.3 السقوف الباردة المنخفضة و الحادة الميلان ( Low and Steep Sloped Roofs)

توفر السقوف الباردة ذات المنحدر المنخفض والحادة الميلان، سنوات من التكلفة المنخفضة وأداء صيانة منخفض. تعد الأسقف الباردة ذات المنحدرات المنخفضة من الأسطح المفضلة للمباني التجارية والمؤسسية والصناعية لسنوات نظراً لقدرتها على الحماية من العناصر الجوية، والسماح لتصريف المياه بعيداً عن سطح السقف،ويتكون هيكل السقف البارد ذو الميلان المنخفض، والذي يستخدم عموماً على درجات انحدار السقف التي تتراوح من (12: $1/4$ )الى( 3:12 ) من ألواح متشابكة، والتي ترتب عمودياً على سطح السقف، وتأتي هذه الألواح بشكل عام اما مطلية بطلاء نهائي أو مطلية بأكريليك شفاف، وتحتوي نظام تصريف مياه الامطار هذا ما يمنع تشكل البرك وبقايا الامطار ويبقيها جافة ومن مميزاتها :عمر الخدمة الطويل، وانخفاض تكلفة دورة حياة السقف، ومستدامة، وامكانية إعادة تدويرها، ومتطلبات صيانة منخفضة، وخفيفة الوزن، ومقاوم لرياح.[27] ويعد السقف المعدني اهم انواعها.

#### 5.3.3.1 السقوف المعدنية (Metal Roofs)

تعد السقوف المعدنية من انواع السقوف الباردة المنخفضة والحادة الميلان، وبصورة عامة تكون المعادن غير الملوثة عاكسات شمسية جيدة ولكنها بواعث حرارية ضعيفة، لذلك نادراً ما تلبي متطلبات سقف بارد منحدر منخفض، ولنفرض ان السقف المعدني الاعتيادي له انعكاس شمسي يبلغ(0.70)، وانبعاث حراري يبلغ 0.10 في هذه الحالة الانعكاس قد يكون مرتفعاً بما يكفي، ولكن بالتعويض وحساب قيمة (SRI) سيكون هذا السقف يحوي (60)(SRI) وهذا مرتفع كفاية ( SRI اكبر من 16) ليكون بارداً، ولكن لنوع السقوف الباردة الحادة الميلان (Steep Slope roof)،الا انه منخفض جدا لنوع السقوف الباردة منخفضة الميلان ( Low-Slope )، ويمكن تحقيق صفة السقف البارد في حالة طلاء السقف المعدني لزيادة الانعكاس الشمسي والانبعاث الحراري، وهونظام تسقيف يحتوي على طبقة أساس واحدة على الأقل؛ مثبت بمسمار واحد على الأقل تحت طبقة سطح السقف،[14]ويمكن تشكيل منتجات تسقيف المعدن لتبدو وكأنها ألواح خشبية أو صفائح، أو لتناسب الانحناءات الفريدة ،فضلاً عن شكلها الاصلي كصفائح مستوية. كما إنها تأتي في مجموعة متنوعة من القوام والألوان مسبقة الصنع، بما في ذلك الألوان "الداكنة" ذات الصبغات العاكسة بالأشعة تحت الحمراء، وتربط الوصلات بين قطعة واخرى، والتي تمنع التسرب عبرها. كما في الشكل (13) الذي يوضح انواع الوصلات بين الالواح المعدنية للسقوف المعدنية الباردة[21]




**شكل13**:يوضح انوع الوصلات بين الالواح المكونة للسقوف الباردة المعدنية [22]

## 6. الجانب العملي

عمد البحث الى انتخاب تجارب عالمية نفذت نظام السقوف الباردة كواقع حال، لتوضيح مدى تأثير السقف البارد في تحسين الاداء الحراري وتحقيق مفهوم حفظ الطاقة وكفاءة استخدامها، ضمن مناطق ذات مناخ مختلف عن الاخر والاقرب الى مناخ العراق (حار- جاف).

***مثال رقم (1) مركز ساتيام للتكنولوجيا ( Satyam Offices/ Learning Centre)، حيدر أباد ، الهند*** **[29]** [1]

المالك للمشروع : مدينة حيد آباد

نوع المبنى: اداري، تعليمي

موقع المبنى: حيدر آبا ،الهند

مناخ الموقع: حار صيفاً- معتدل شتاءاً

المساحة الاجمالية : 700م$^2$

يتكون مركز ساتيام (Satyam Learning Centre)من مبنيين: الجناح الشرقي والغربي، يقع الموقع على بعد حوالي 30 كم من مدينة حيدر أباد (الهند)، وهي ذات مناخ حار خلال الصيف وبارد معتدل في فصل الشتاء. المبنى عبارة عن طابقين (أرضي + أول) وتتكون مواد البناء من الخرسانة والطابوق، بنظام بناء انشائي هيكلي اعمدة وجسور، تبلغ مساحة المبنى 700م$^2$، وتم تنفيذ السقف البارد بإنهاء سطح السقف بالطلاء الابيض كما في الشكل (13) يحتوي السقف على لوح خرساني 102 ملم تقليدي مع 20 ملم من الجص على الجانب العلوي، واستخدم البوليسترين الموسع (thermocol) كعزل ضمن طبقات السقف، في البداية كان السطح العلوي للسقف رمادي اللون، تبلغ قيمة المعامل الاجمالي لإنتقال الحرارة (U-value) للسقف الرمادي (0.618 $Wm^{-2}K^{-1}$)، ثم تم تنفيذ الطلاء الأبيض الذي خفض انتقال الطاقة الشمسية بواسطة السقف إلى (0.3) وتُمكن السقف البارد من تقليل متوسط درجة حرارة السقف السطحية، فضلا عن تخفيض استهلاك الطاقة لأغراض تكييف الهواء ومن ثم تحقيق وفورات كبيرة في تكلفة التكييف والكهرباء وحمل الذروة وزيادة مستوى الراحة عن طريق تركيب هذه الأسطح الباردة على المباني حيث تعمل على تقليل درجة الحرارة في حيدر أباد والمناطق المحيطة بها. فقد أظهرت نتائج المحاكاة ان الحد الأقصى لدرجة الحرارة تصل إلى 2.5 درجة مئوية و3.5 لتدابير تخفيف حدة الحرارة المعتدلة والعالية على التوالي. ويوضح الجدول (2) فاعلية السقوف الباردة في تحقيق حفظ الطاقة في فضاءات مبنى ساتيام للتكنولوجيا.

**الجدول1:**تأثير السقوف الباردة على حفظ الطاقة، وكفاءة الاداء الحراري المتحققتان في مبنى ساتيام للتكنولوجيا (تنظيم الباحثتان استناداً الى المصدر [29] [1])

| | |
|---|---|
| اسم المشروع | مركز ساتيام (الاداري) للتكنولوجيا، حيدر أباد، الهند |
| 1- نوع السقف البارد المستخدم في المشروع | طلاء السقف البارد الابيض |
| 2- كفاءة الاداء الحراري المتحققة في المشروع | بعد اجراء الاختبارات تم التوصل الى ان الطلاء الابيض قد خفض متوسط حرارة السطح اليومية القصوى في الصيف للمبنى ما بين (32C° - 52C°) مما انعكس ايجابياً على تحقيق حفظ الطاقة داخل فضاءات المشروع. |
| 3- تحقيق حفظ الطاقة بواسطة السقوف الباردة المستخدمة في المشروع | استطاع المشروع تحقيق وفورات في الطاقة عن طريق استخدام الطلاء الابيض حيث تم تخفيض استهلاك الطاقة لأغراض تكيف الهواء حوالي (30 كيلو واط / اليوم) اي بنسبة (5% في الايام الحارة و 8% في متوسط الايام ) و بذلك تحقق حفظ الطاقة داخل فضاءات المشروع. |

**الشكل 14**: (أ) تنفيذ السقف الابيض البارد على سطح السقف الاعتيادي (ب) مخطط الطابق الاخير لمبنى اداري في مركزساتيام للتكنولوجيا.

***مثال رقم (2) مبنى اداري في جامعة كاتانيا ( The University Campus of Catania)[30]//[31].***

المالك للمشروع : جامعة كاتانيا المحلية ،صقلية

نوع المبنى : اداري جامعي

موقع المبنى: مدينة كاتانيا، صقلية ، ايطاليا .

مناخ الموقع: حار جاف صيفاً و شتاء معتدل و ممطر.

المساحة الاجمالية للمشروع : 207 م$^2$

يقع المبنى الاداري ضمن الحرم الجامعي لجامعة كاتانيا( The University Campus of Catania)، في مدينة صقلية ،ايطاليا ذات المناخ الحار الجاف صيفاً وذات الشتاء المعتدل- الماطر، وهو مبنى ذا ارتفاع منخفض حيث يتكون من طابقين الارضي والسرداب، حيث تم طلاء جزء من سقف المبنى بمواد السقف البارد الابيض العاكس، مع المحافظة على الجزء المتبقي من السقف ذا الانهاء ببلاط طيني تقليدي، لمعرفة تأثير استخدام السقف البارد على الراحة الحرارية للشاغلين وكمية استهلاك الطاقة لأغراض التبريد، ومن الجدير بالذكر ان الطلاء المنفذ هو طلاء

مائي عضوي، حيث تم طلاء سقف ثلاث انواع للسقف البارد بشكل الاتي وكما مبين في الشكل (15) :

طلاء سقف بارد ابيض ذا قيمة r = 0.45

طلاء بارد بكفاءة افضل ذا قيمة r = 0.65

طلاء بارد بكفاءة افضل من سابقيه ذا قيمة r= 0,85

بالنتيجة، سجل السقف البارد زيادة في الانعكاس الشمسي لجميع العينات، مقارنة بالسقف الاعتيادي، ولكن بتأثيرها مختلف الكفاءة حسب الاتي: السقف ذا قيمة (r = 0.45 ) خفض حرارة سطح السقف من (°5C- 10 °C)، بينما السقف ذا قيمة( r = 0.85) خفض حرارة سطح السقف من (°30C -20C°) وهو ذا الاداء الافضل، اما بالنسبة لحمل الطاقة، بلغ اداء السقف ذا قيمة( r = 0.45 ) والذي اسهم بدوره في تقليل حمل التبريد بنسبة (14%) فيما ساهم اداء السقف (ذا قيمة r = 0.85) في تقليل حمل اجهزة التبريد بنسبة (44%)، ومن الجدير بالذكر، ان السقف البارد له تأثير واضح ايضاً، في تقليل حمل اجهزة التدفئة شتاءاً، ليس تقليل اجهزة التبريد صيفاً فقط، حيث قلل حمل التدفئة بنسبة (4.7%+) للسقف ذا قيمة (r = 0.45)، وبنسبة (14.7%+) للسقف ذا قيمة( r= 0,85). ويوضح الجدول(2) تأثير السقوف الباردة على كفاءة الاداء الحراري وحفظ الطاقة المتحققتان في المبنى.

**الجدول2:** تأثير السقوف الباردة على حفظ الطاقة، وكفاءة الاداء الحراري المتحققتان في مبنى اداري في جامعة كاتانيا ( The University of Catania Campus) (تنظيم الباحثتان استناداً الى المصدر [30][31])

| اسم المشروع | مبنى اداري في جامعة كاتانيا ( The University Campus of Catania).[21] |
|---|---|
| 1- نوع السقف البارد المستخدم في المشروع | طلاء السقف البارد الابيض. |
| 2-كفاءة الاداء الحراري المتحققة في المشروع | بعد اجراء الاختبارات تم التوصل الى ان الطلاء الابيض قد خفض متوسط حرارة السطح اليومية القصوى في الصيف للمبنى من درجة (°5C- °C 10)،ولنوع اخر من السقف البارد من (°20C- °30C) والذي اسهم بدوره في تحقيق حفظ الطاقة داخل فضاءات المشروع. |
| 3- تحقيق حفظ الطاقة بواسطة السقوف الباردة المستخدمة في المشروع | استطاع المشروع تحقيق وفورات في الطاقة عن طريق استخدام الطلاء الابيض حيث تم تخفيض استهلاك الطاقة لأغراض تكيف الهواء تتراوح بين (14-44)% صيفاً وتقليل الحاجة الى اجهزة التدفئة شتاءاً بنسبة(4.7+ الى 14.7+)%. |

**الشكل 15**:(أ) تنفيذ السقف الابيض البارد على سطح السقف الاعتيادي (ب) مخطط الطابق الاخير لمبنى اداري في جامعة كاتانيا ( The University of Catania Campus).

***مثال رقم (3)نوركال ( Nor-Cal) في كاليفورنيا [14]***

المالك للمشروع :شركة نوركال Nor-Cal الطبية

نوع المبنى : اداري

موقع المبنى: مدينة فيرمونت، ولاية كاليفورنيا.

المهندس المعماري: مكتب المعماريين Stern & Stern

مناخ الموقع: بصيف دافئ وجاف وشتاء معتدل رطب متأثر بمناخ البحر المتوسط.

المساحة الاجمالية : 13,950م$^2$

نوركال Nor-Cal هو مبنى اداري، لشركة نوركال Nor-Cal لتصوير الطبي عالي التقنية تخدم المستشفيات والعيادات في جميع أنحاء الولايات المتحدة، والمبنى مليء بملايين الدولارات من المعدات الإلكترونية الحساسة والأسلاك والبنية التحتية، ويقع المبنى في مدينة فيرمونت في ولاية كاليفورنيا ذات المناخ المتأثر بالبحر المتوسط دافئ وجاف صيفا ومعتدل رطب شتاءاً، لذلك كان اختيار مهندسي المشروع لنظام التسقيف أمراً بالغ الأهمية، علاوة على ذلك، أرادت الشركة أن يعبر المبنى عن التزامه بالاستدامة والعناية بالبيئة لذلك كان اختيار السقوف الباردة من قبل الشركة الانشائية ولفريق المعماري المصمم للمشروع، خياراً كفوءاً طاقوياً حيث، تم طلاء السقف بالطلاء الابيض العاكس الذي يسهم في عكس 80% من حرارة الشمس المشعة مما يعني انه يقلل من استخدام الطاقة في المبنى بنسبة 50 %،ويوضح الجدول (3) تأثير السقوف الباردة على تحقيق حفظ الطاقة داخل فضاءات المشروع المتحققتان في مبنى نوركال ( Nor-Cal).

**الجدول 3:**يوضح تأثير السقوف الباردة على كفاءة الاداء الحراري وحفظ الطاقة المتحققتان في مبنى نوركال ( Nor-Cal) (تنظيم الباحثتان استنادا الى المصدر[14])

| اسم المشروع | نوركال ( Nor-Cal) ، مدينة فيرمونت، كاليفورنيا |
|---|---|
| 1- نوع السقف البارد المستخدم في المشروع | مزيج من نظام السقف المفردة Single-Ply والسقوف الباردة المبنية Built-Up |
| 2- كفاءة الاداء الحراري المتحققة في المشروع | يحتوي المبنى على اجهزة طبية حساسة تحتاج لبيئة داخلية نموذجية، اي مبنى ذا غلاف عالي الاداء، لذلك كان اختيار السقف البارد خياراً مدروسا من قبل المهندسين لحماية هذه الاجهزة وتوفير ما يعزز مفهوم الاستدامة للمبنى، ورفع كفاءة الاداء الحراري للمبنى مما انعكس ايجاباً على تحقيق حفظ الطاقة فيه عبر السقف البارد. |
| 3- تحقيق حفظ الطاقة بواسطة السقوف الباردة المستخدمة في المشروع | يعد استخدام السقف البارد للمبنى خياراً كفوءاً طاقويا، حيث ان السقف قادر على عكس 80% من الاشعاع الشمسي الساقط على السقف وبذلك حقق وفورات في الطاقة بنسبة 50% داخل فضاءات المشروع. |

**الشكل 16:**السقف البارد المنفذ على مبنى نوركال Nor-Cal الاداري في مدينة فيرمونت ،كاليفورنيا

## 7. الاستنتاجات:

1. تُعزز السقوف الباردة تحقيق حفظ الطاقة، داخل فضاءات المشروع بجميع انواعها وبكلفة تنصيب، وتشغيل، وصيانة، وهدم قليلة مقارنة بغيرها من السقوف المستدامة، حيث يمتلك السقف البارد القدرة على عكس كمية كبيرة من الاشعاع الشمسي الساقط عليها وتقليل الحرارة المنتقلة الى داخل فضاءات المبنى خلالها، مما يحسن جودة البيئة الداخلية لفضاءات الابنية.
2. يمكن تطبيق السقوف الباردة في اكثر من منطقة جغرافية ذات عوامل مناخية مختلفة، حيث ان الية عملها لا تتأثر كثيراً بتساقط الامطار او العواصف، او الثلوج وبمجرد تنظيف السقف البارد بشكل الصحيح (حيث ان بعضها بمجرد غسلها بالماء يستعيد كفاءتها) كما ان تنظيف السقف مهم فالسقف المتسخ تقل كفاءته بمعدل (10% ).
3. تعد السقوف الباردة المبنية (Built-Up roof) الاكثر فعالية للاستخدام في ابنية المناطق الحارة- الجافة الامر الذي يدعم استخدامها في البيئة العمرانية العراقية، وذلك لأنها ذات طبقة انعكاس شمسي عالي خلال اليوم، ومن ثم فأن شكلها لا يؤثر على الخيارات التصميمية المعمارية، لأنها مستوية، كما تتصف بمقاومة الطقس، ومن السهل اصلاحها.
4. تمتلك السقوف الباردة القابلية على تقليل او حتى الحد من تأثير الجزر الحرارية الحضرية (Urban Heat Island)، وبذلك يساعد السقف البارد على تلطيف المناخ الموضعي (Microclimate) في محيط الابنية المستخدم فيها، لا سيما في حالة تطبيق الطلاءات العاكسة على الطرق والارصفة للحصول على اقصى نتيجة مستدامة وحفظ البيئة الحضرية من تأثيرات الاحتباس الحراري .
5. يتميز السقف البارد بقدرته على الوصول للأداء الأكفأ طاقوياً، وذلك في حالة دمج السقف البارد مع سقوف مستدامة اخرى كالسقف الاخضر او استعمال الخلايا الكهروضوئية (PV)، من دون ان تفقد السقوف الباردة خصوصيتها في الاداء.
6. ترشيح الابنية الحكومية الادارية بالدرجة الاولى والمدارس والمباني التجارية، لاستخدام هذا النوع من السقوف لتكون نموذج يحتذى به، مع الاستفادة من مميزات هذه السقوف ضمن مناخ العراق الحار الجاف وتحقيق مفهوم حفظ الطاقة بشكل كفوء.

المصادر:


[1] A. Bhatia, V. Garg, and J. Mathur, “Determination of Energy Saving of Cool Roof on an Office Building in Hyderabad , India Using Calibrated Simulation,” Sol. Energy Soc. India, vol. 20, no. 1&2 June-December, 2010,p. 32,33.

[2] A. Eagle, F. Rated, L. Transferable, and L. Product, “Concrete Roofing Tile,” *Cal-Vintage Roofing*, 2019. [Online]. Available: https://www.calvintageroofing.com/concrete-roofing-tile-info/. [Accessed: 09-Jun-2019]

[3] A. Of, U. A. Bitumen, R. On, and Y. Commercial, “Benefits of Installing Modified Bitumen Roofing in Frisco, TX,” *www.texasroof.com*, 2019. [Online]. Available: https://www.texasroof.com/benefits-modified-bitumen-roofing/. [Accessed: 06-Jun-2019].

[4] A. Synnefa and M. Santamouris, “Advances on technical, policy and market aspects of cool roof technology in Europe: The Cool Roofs project,” Energy Build., vol. 55,2012, pp. 35–41.

[5] Alliance to Save Energy-System Efficincy Initiative. (SEI), “Going Beyond Zero(the Systems Efficiency Initiative (SEI)),” North America, 2017,p.6.

[6] C. Roofing, B. Roofing, and B. Roofing, “Built-Up Roofing ( BUR ),” *on line*, 2019. [Online]. Available: https://www.roofingsouthwest.com/commercial/built-up-bur-roof. [Accessed: 04-Jun-2019].

[7] Dianna Lopez Barnett & William D. Browning, “A PRIMER ON SUSTAINABLE BUILDING ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE,” Green Development Services,USA, 2007,p.45.

[8] F. E. M. PROGRAM, “Cool Roof Resource Guide for Federal Agencies,” Natl. Renew. Energy Lab. (NREL), a Natl. Lab. U.S. Dep. Energy, Off. Energy Effic. Renew. Energy,2009, p.1.

[9] Ghada Mohamad Ismaail A.R. Kammouna, “The Influence of Dynamic Envelopes on the Efficiency of Thermal Performance of Hot – Arid Zones Buildings,” J. Eng. ,Baghdad Univ., vol. 15, no. 2, p. 689, 2009.

[10] Ghada Mohamad Ismaail A.R. Kammouna, “Strategies of Natural Climatic Design for Energy Conserration in The Building of Hot -Arid Regoins,” in the sixth engineering conference of the Faculty of Engineering, Axis II: Architecture,

http://pebplus.com/Standing-Seam-Roof-Systems.html. [Accessed: 06-Jun-2019].

[23] T. C. Guide, "17 Types of Roof Shingles," *918 Construction*, 2019. [Online]. Available: https://www.918construction.com/types-of-roof-shingles/. [Accessed: 06-Jun-2019].

[24] Thomas.Hootman, NET ZERO ENERGY DESIGN A GUIDE FOR COMMERCIAL ARCHITECTURE. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, USA, 2013,P.2.

[25] "The Five E ' s of High- performance Roofing,The word's Best Roof," www.duro-last.com., p. 2,3.

[26] T. H. E. Main, C. That, and D. S. Roofing, "Are You in Need of Single-Ply Roong in Frisco , TX ?," *www.texasroof.com*, 2019. [Online]. Available: https://www.texasroof.com/single-ply-roofing-in-frisco-tx/. [Accessed: 06-Jun-2019].

[27] T. M. C. Association, Low Slope Metal Roofs Benefits of Low Slope Metal Roofs Where Are Low Slope Metal Roofs Used , 2019, pp. 1–4.

[28] T. U. S. Department and O. Energy, "Advanced Energy Design Guides : Office Buildings," USA, 2014,p.1.

[29] USAID ECO-III. Project Office, "An Introduction To," USAID ECO-III, 2007,p. 2,3.

[30] V. Costanzo, G. Evola, L. Marletta, and A. Gagliano, "Proper evaluation of the external convective heat transfer for the thermal analysis of cool roofs," Energy Build., vol. 77, 2014,p. 470-472.

[31] Vincenzo Costanzo, Gianpiero Evola, Luigi Marletta, and Antonio Gagliano, "Cool roof for passive cooling: simulations of an existing building in Southern Italy," Energy Conserv. Technol. Mitig. Adapt. built Environ. role Vent. Strateg. smart Mater. February 2015, pp. 1073–1080.

[32] Word& Image,Green Building : Understanding, Bidding and Building Green. USA: Foundation of the Wall and Ceiling Industry(FWCI).

[33] Yahya A. Ebraheem, "The Effect of Utilizing Roof Pond System on Increasing The Efficiency of Thermal Performance of Buildings In Iraq," ,Master Thesis, Dep. Of Architecture University of Technology, Baghdad, 2006.

Architecture and Environment,(5 - 7) April, 2009, vol. 2, pp. 60-61,77.

[11] Ghada Mohamad Ismaail A.R. Kammouna, Green Architecture Systems in the Sustainable Environment Design"virtual Application for Greening the Presidency Building Of Baghdad University", Doctoral d. Baghdad: Architectural Engineering,Baghdad University, 2015.

[12] Ghada Mohamad Ismaail A.R. Kammouna, "The Effect of Green Roofs on Achieving Energy Conservation Concept in Buildings," in the 3th sustainable & Re newable Energy conference 23-24 Decembe,2017,pp.138.

[13] Global Cool Cites(GCCA). & (R20)Regions of C. Action, "A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements," no. January. coolrooftoolkit.org,2012,pp.10,11,12-20.

[14] Highland Commercial Roofing, "Case STudy:COMMERCIAL ROOFING PROJECT PROFILES," Case-studies, 2018. [Online].Available:https://www.highlandroof.com/case-studies/. [Accessed: 21-Apr-2019].

[15] Jamal Abed Al Wahid Jassim Al-Sudany, "Effect of the Geometry of the Roof on the efficiency of Thermal Performance (The city of Baghdad Case Study)," Iraqi J. Eng. Archit. Plan., vol. 5, 26179547/ 26179555,2009,p.172.

[16] Jerry Yudelson, Green Building A to Z understanding the languge of green building. Canada, 2007,p.54.

[17] K. Urban, B., Roth, "Guidelines for selecting cool roofs. US Department of EnergyeUrban, B., Roth, K. (2010). Guidelines for selecting cool roofs. US Department of Energye, (July), 1–23. Retrieved from https://heatisland.lbl.gov/sites/all/files/coolroofguide_0.pdf,". July, 2010,pp. 3,5-7,8,9.

[18] Marco Casini, "Smart Buildings(advance materials and Nanotechnology to improve Energy-Efficincy and Environmental Performance", 2016, p. 3.

[19] P. Berdahl, H. Akbari, R. Levinson, and W. A. Miller, "Weathering of Roofing Materials-An Overview," Calif. Digit. Libr. Univ. Calif.,2008,p. 3.

[20] R. J. BOOTHS and K. ROBERT, "THE USES AND PERFORMANCE REQUIREMENTS OF STEEP-SLOPE ROOF U N D E R L AYS IN NORTH AMERICA AND THE UNITED KINGDOM," in Proceedings of the North American Conference on Roofing Technology ,Sept. 16-17, 1999, p. 112.

[21] S. Hao, J. Clark, C. A. Novak, and S. Van Mantgem, "Cool Roofs for Hot Projects," Archit. Rec., October,2011,p. 205

[22] S. Seam and R. Systems, "Standing Seam Roof Systems Standing Seam Roof Systems Double lock mechanical systems feature TWO folds of the seam," *Pebplus Global*, 2019. [Online]. Available:

# The Effect of Cool Roofs on the Achieving of Energy Conservation with the Administrative Building Spaces

***Duaa Faal Niama*** [1*]***, Ghada Mohammed Ismail Abdulrazzaq Kammouna*** [2]***,***

[1] *Department of Architectural Engineering- University of Baghdad, Baghdad, IRAQ, eng.duaan@yahoo.com*

[2] *Department of Architectural Engineering- University of Baghdad, Baghdad, IRAQ, ghada2010mi@yahoo.com*

** Coressponding author: Duaa Faal Niama, eng.duaan@yahoo.com*

*Published online: 30 September 2020*

**Abstract—** The world has gone beyond the realization that fossil fuels are a depleted energy source, that the earth is going through a global warming phase, and that it is important to find the necessary energy alternatives, with the least environmental impact, and to address energy consumption in the building sector in particular. Passive systems and their use, or combined with effective systems. due to the dependence of the Iraqi urban environment on the electricitySignificantly and the source of fossil fuel, it is important to find suitable solutions, especially in the summer because of high temperatures and increased drought, by taking advantage of the experiences of countries within this scope, and applied to buildings , Because the roof is the main source of thermal gain inside the buildings it is necessary to take the systems of cool roofs, which is a passive system in the roofing of buildings, contribute to improving the internal environment and achieve the thermal comfort of the occupants, **the research problem** was:"There is no clear conception of the possibility of applying cool roof systems in the local administrative buildings" and The objective of the research is to" clarify the importance of achieving the concept of conservation of energy and improve thermal performance through the application of cool roof systems in the administrative buildings in the urban environment of Iraq with a hot- dry climate, "and then ensure the research **Two aspects,**first one:The concept of thermal performance and conservation of energy in administrative buildings and the way of achieving energy conservation using cool roofs, while **the practical side** included: the handling of several global experiences of sustainable administrative buildings used cool roofs and indicate the impact of this system on the efficiency of thermal performance, The research concluded that it is possible to apply cool roofs in claimte of Iraq (hot-dry) because the cool roof has the ability to reflect a large amount of solar radiation falling on the surface of the roof, thereby reducing the thermal gain of the building and improve the thermal performance of the administrative building envelope, and as a result achieved Save energy within its spaces.

**Keywords—** energy conservation, thermal performance, cool roofs, administrative buildings.