

أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف:
دراسة ميدانية على المباني الحكومية

إعداد الطالب/

خالد محمد الرشيد

251000340

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید محمد حسن

العام الدراسي:

2025

المقدمة:

يشهد قطاع البناء والتشييد في المملكة العربية السعودية تطورات متسارعة مدفوعة بتوجهات وطنية طموحة نحو تحقيق التنمية المستدامة وتحسين كفاءة الإنفاق في المشروعات الحكومية. وفي ظل هذه التوجهات، بات من الضروري إعادة النظر في ممارسات التصميم والتنفيذ المعماري، خصوصًا ما يتعلق بنوعية المواد المستخدمة في تشييد المباني العامة. ومن هنا، تبرز أهمية تبني المواد المعمارية المستدامة كأداة فاعلة لتحسين جودة البناء وتقليل التكاليف على المدينين القصير والطويل (زينة، 2021).

تعتمد المواد المستدامة في جوهرها على مبادئ ترشيد الموارد، وتقليل البصمة البيئية، ورفع الكفاءة التشغيلية، وهو ما يجعلها متوافقة مع متطلبات المشروعات الحكومية التي تخضع غالبًا لمعايير صارمة من حيث الجودة، السلامة، والجودة الاقتصادية. وعلى عكس التصور السائد بأن المواد المستدامة مكلفة أو صعبة التطبيق، تشير التجارب المتقدمة إلى أنها تمثل استثمارًا نوعيًا يعود بفوائد كبيرة في خفض تكاليف الصيانة، إطالة عمر المباني، وتحقيق أداء بيئي وهندسي أفضل (Kumar et al., 2024).

وفي سياق ما سبق، يتطلب في البيئة الحكومية العمل التقيد بالميزانيات المحددة وضمان الامتثال للمواصفات القياسية، يصبح استخدام مواد مستدامة خيارًا استراتيجيًا يوازن بين الكفاءة الاقتصادية والمسؤولية البيئية. ويزداد هذا الخيار أهمية في ظل ما تشهده المملكة من توسع في المشاريع الحكومية الكبرى، وارتفاع سقف التوقعات تجاه تحسين جودة الخدمات العامة، وتعزيز الصورة المؤسسية للمباني الحكومية كمرافق ذكية ومستدامة (Omera, 2024).

ورغم الاهتمام المتزايد عالميًا بالعمارة المستدامة، إلا أن البحوث التطبيقية المحلية التي تتناول الأثر المباشر لاستخدام المواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في سياق المباني الحكومية لا تزال محدودة. ومن هنا تنبع أهمية هذه الدراسة في تقديم قراءة ميدانية تستند إلى بيانات واقعية، بهدف تقييم مدى فاعلية

المواد المستدامة في رفع جودة الإنشاء وضبط المصروفات، مع تقديم توصيات عملية قابلة للتنفيذ داخل المشاريع الحكومية.

وتسعى هذه الدراسة إلى الوقوف على الكيفية التي يمكن من خلالها استثمار المواد المعمارية المستدامة في رفع كفاءة التنفيذ داخل مشاريع البناء الحكومية، مع التركيز على تحديد نوعية المواد الأكثر تأثيراً في تقليل التكاليف وتحسين مخرجات الأداء الإنشائي. كما تهدف إلى تقديم إطار تطبيقي يساعد متخذي القرار في المؤسسات الحكومية على تبني استراتيجيات أكثر وعياً بمتطلبات الاستدامة، بعيداً عن الحلول التقليدية التي قد تُهدر الموارد أو تُضعف جودة التنفيذ. وبهذا، تأمل الدراسة أن تُسهم في تعزيز ثقافة البناء المستدام، ودعم التوجهات الوطنية نحو مشاريع حكومية تتسم بالكفاءة، والجودة، والالتزام البيئي.

المشكلة البحثية:

تمثل مشاريع البناء الحكومية أحد أهم أوجه الاستثمار العام في البنية التحتية، وتشكل في الوقت ذاته بيئة تشغيلية تواجه تحديات متعددة تتعلق بتقلبات التكاليف، تدني جودة التنفيذ في بعض الحالات، وضعف الالتزام بالمعايير البيئية والمستدامة. في ظل هذا الواقع، يبرز سؤال جوهري حول مدى قدرة المواد المعمارية المستدامة على معالجة هذه الإشكاليات من خلال توفير حلول إنشائية توازن بين الكفاءة الفنية، والاستدامة البيئية، والفعالية الاقتصادية.

ورغم تزايد الاهتمام بمفاهيم الاستدامة في قطاع البناء على المستوى العالمي، إلا أن هناك تفاوتاً واضحاً في تطبيقاتها داخل المشاريع الحكومية في الدول النامية، ومن ضمنها المملكة العربية السعودية. فلا تزال القرارات المتعلقة باختيار المواد المعمارية غالباً ما تُتخذ بناءً على معايير تقليدية تركز على التكلفة المبدئية أو التوافر المحلي، دون النظر بعمق في الأثر التراكمي لهذه المواد على جودة التنفيذ أو على إجمالي تكلفة المشروع على المدى الطويل.

إن المواد المستدامة، بما تملكه من خصائص فيزيائية وهندسية متقدمة، مثل تقليل الفاقد، مقاومة العوامل البيئية، وعمر الاستخدام الطويل، تُعد من العوامل المؤثرة في تحسين الأداء البنائي، إلا أن الممارسات الميدانية تُشير إلى أن كثيرًا من المشاريع لا تستثمر بشكل كافٍ في هذه الإمكانيات، إما بسبب غياب الوعي، أو نقص الأدلة التطبيقية التي تربط بين المادة المستخدمة وبين النتائج الفعلية من حيث الجودة والتكلفة.

برغم تعدد الدراسات النظرية التي تناولت مفاهيم البناء المستدام، إلا أن معظمها ركز على الأطر العامة أو البعد البيئي فقط، ولم تُعطِ اهتمامًا كافيًا للعلاقة التطبيقية المباشرة بين استخدام المواد المستدامة وجودة تنفيذ المباني العامة، ولا سيما في السياقات الخليجية أو السعودية على وجه التحديد. كما أن الأدبيات المتوفرة تُعاني من محدودية في الدراسات الميدانية التي تقيّم فعليًا أثر هذه المواد على عناصر ملموسة مثل تقليل معدلات الهدر، تقليل وقت التنفيذ، أو خفض التكاليف التشغيلية والصيانة مستقبلاً.

من هنا تتبع أهمية هذه الدراسة، إذ تهدف إلى سد هذه الفجوة من خلال تحليل ميداني يُعالج الموضوع داخل بيئة المشاريع الحكومية في المملكة، مقدمة بذلك رؤية تطبيقية مبنية على بيانات واقعية. وبهذا، تسعى الدراسة إلى تفعيل دور المواد المستدامة ليس فقط كخيار بيئي، بل كأداة استراتيجية لتحسين نتائج البناء، وتوجيه السياسات الإنشائية نحو معايير أعلى من الجودة والكفاءة والتكلفة.

أهمية البحث

1- الأهمية العلمية

- تكتسب هذه الدراسة أهمية علمية من تركيزها على واحد من أبرز توجهات العمارة الحديثة، وهو الاستخدام المستدام للمواد في مشاريع البناء، بما ينسجم مع مفاهيم الاستدامة البيئية والاقتصادية في قطاع الإنشاءات.

- تساهم الدراسة في إثراء الأدبيات المعمارية من خلال ربط استخدام المواد المستدامة بمؤشرين تطبيقيين هامين: جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، حيث تقتصر البحوث المعمارية إلى دراسات ميدانية تربط بين اختيار المواد وأثرها الفعلي على الأداء الإنشائي والمالي في المباني الحكومية.
- تقدم الدراسة نموذجًا تطبيقيًا قابلاً للقياس من خلال تحليل أبعاد الكفاءة البيئية، والخصائص التقنية، والجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة، ما يساهم في بناء إطار نظري وميداني متكامل حول معايير اختيار هذه المواد.

- تبرز القيمة العلمية أيضًا من خلال تطبيق الدراسة على قطاع المباني الحكومية، الذي يُعد من أكثر القطاعات تأثيرًا في الإنفاق العام واستراتيجيات التنمية الحضرية، مما يتيح للباحثين فرصة لفهم دور المواد المستدامة في تحسين الأداء المؤسسي للدولة في مجال الإنشاءات.

2- الأهمية العملية

- تقدم الدراسة توصيات عملية تساعد صناع القرار في الجهات الحكومية على اختيار المواد المعمارية المستدامة التي تضمن تحقيق جودة تنفيذ أعلى بتكلفة أقل، ما يعزز من كفاءة إدارة المشروعات الحكومية.
- تساعد نتائج البحث في توجيه السياسات الهندسية والمشتريات الحكومية نحو خيارات مستدامة تحقق التوازن بين الأداء الفني والمردود الاقتصادي.
- تتيح نتائج الدراسة للمخططين والمقاولين والمهندسين المعماريين إطارًا مرجعيًا لاتخاذ قرارات مبنية على مؤشرات بيئية واقتصادية مثبتة.
- تتسجم أهداف الدراسة مع التوجهات الوطنية في رؤية المملكة 2030، خاصة فيما يتعلق بكفاءة الإنفاق، والتحول إلى البناء المستدام، وتقليل الأثر البيئي لمشاريع البنية التحتية.

أهداف البحث

الهدف الرئيسي:

تحليل أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية.

الأهداف الفرعية:

(1) بيان أثر الكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.

(2) تحليل أثر الخصائص التقنية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.

(3) قياس أثر الجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.

تساؤلات البحث

السؤال الرئيسي:

إلى أي مدى يسهم استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة في تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية؟

الأسئلة الفرعية:

(1) ما أثر الكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف؟

(2) كيف تؤثر الخصائص التقنية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف؟

(3) ما مدى تأثير الجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية؟

فرضيات البحث

الفرضية الرئيسية:

لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية.

الفرضيات الفرعية:

(1) لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

(2) لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للخصائص التقنية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

(3) لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

الدراسات السابقة:

أولاً: الدراسات العربية

دراسة زينة (2021):

تناولت الدراسة الدور المحوري للهندسة القيمة في خفض تكاليف إنشاء وحدات الإسكان الحكومي، حيث سعت إلى توضيح كيف يمكن لتقنيات تحليل الوظائف وتحسين القيمة أن تسهم في تحقيق الكفاءة الاقتصادية من دون الإخلال بجودة المنتج النهائي. اعتمد الباحث على دراسة تحليلية وصفية للعمليات

التنفيذية في مشروعات إسكانية حكومية، وتم فحص كيفية تطبيق مبادئ الهندسة القيمة خلال مراحل التصميم والتنفيذ.

وأظهرت النتائج أن إدماج فرق متعددة التخصصات منذ مرحلة التخطيط يؤدي إلى تحديد البدائل الأنسب، وتقليل الإنفاق الزائد، وتعزيز المخرجات من حيث الاستدامة والجودة. كما بينت الدراسة أن تطبيق أدوات مثل تحليل الوظائف وإعادة التصميم وفق معايير التكلفة/الفائدة ساعد في تجنب الهدر وتعظيم المنفعة. وأوصى الباحث بضرورة اعتماد الهندسة القيمة كأداة أساسية في مشروعات الإسكان الحكومية، وتكثيف التدريب الموجه للمهندسين والمصممين حول تطبيقاتها العملية.

دراسة العنزي وجبر (2015):

هدفت هذه الدراسة إلى استكشاف مدى فعالية تطبيق الهندسة القيمة في الحد من تعثر مشاريع الإسكان في المؤسسات العامة للرعاية السكنية في الكويت، وذلك عبر دراسة ميدانية على عينة من العاملين في القطاع الإنشائي الحكومي. استخدم الباحثان المنهج الكمي من خلال استبانة تم تحليلها إحصائياً لتقييم مستويات التعثر وأسبابه، ومدى ارتباطه بعدم تطبيق مبادئ الهندسة القيمة.

كشفت النتائج أن المشاريع التي لم تُدمج فيها منهجية الهندسة القيمة منذ المراحل الأولى تعاني من نسب تعثر مرتفعة نتيجة ضعف التنسيق، وعدم كفاءة التكاليف، وعدم وضوح أولويات التصميم. بالمقابل، أظهرت البيانات أن وجود فريق متعدد الاختصاصات وتطبيق تحليل الوظائف ساعد في تقليل التعثر وتحقيق التوازن بين الكلفة والوظيفة. توصلت الدراسة إلى مجموعة توصيات أبرزها ضرورة اعتماد سياسة مؤسسية تلزم بتطبيق الهندسة القيمة في المشاريع الحكومية الكبرى، وإنشاء وحدة هندسية متخصصة لتقييم الجدوى وتحديد الأولويات ضمن الميزانيات المحددة.

دراسة الرقّاد وغنيم (2023):

ركّزت هذه الدراسة على تحديد واختيار المواقع المثلى لإنشاء المجمعات السكنية الاستثمارية في مدينة عمان، من خلال حالة تطبيقية على منطقة الجبيهة، وذلك باستخدام أدوات التحليل المكاني. اعتمد الباحثان على منهج وصفي تحليلي يدعمه تحليل مكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد العوامل التي تؤثر في اتخاذ القرار المتعلق باختيار الموقع الأمثل. تم تحليل مجموعة من المعايير مثل البنية التحتية، القرب من المراكز الحيوية، إمكانية التوسع العمراني، وتوفر الخدمات العامة.

وتوصلت الدراسة إلى أن اختيار الموقع السليم يساهم في خفض التكاليف التشغيلية للمشروع ويزيد من فرص الاستثمار العقاري. كما بيّنت النتائج أن ضعف التنسيق بين الجهات التنظيمية يؤثر سلباً على دقة اختيار المواقع. وأوصت الدراسة بضرورة تطوير قاعدة بيانات مركزية للمواقع الاستثمارية وتفعيل آليات التشاور بين المطورين العقاريين وأمانة عمان لتسهيل اتخاذ القرار وتحقيق الجدوى الاقتصادية في مشاريع الإسكان.

دراسة إسحاقيات وخوالدة (2019):

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم فعالية مشاريع قطع الأراضي المخدمية في الأردن، من خلال دراسة حالة على مشاريع المؤسسة العامة للإسكان والتطوير الحضري في محافظة عمان. ركز الباحثان على تحليل الجوانب التخطيطية والتنفيذية لتلك المشاريع، وتقييم مدى تحقيقها للأهداف التنموية والاجتماعية، خاصة فيما يتعلق بتوفير سكن ميسر للأسر منخفضة ومتوسطة الدخل. استخدم الباحثان المنهج الوصفي التحليلي مدعوماً بأدوات جمع بيانات ميدانية مثل الاستبيانات والمقابلات مع المستفيدين، إضافة إلى تحليل وثائق المشروع وتقاريره الرسمية.

أظهرت النتائج أن هناك تفاوتاً في مدى نجاح المشاريع المدروسة، حيث سجلت بعض المواقع أداءً جيداً على مستوى البنية التحتية والخدمات الأساسية، في حين عانت مواقع أخرى من ضعف في التخطيط

المكاني أو التأخير في تنفيذ الخدمات، ما أثر على معدل الاستفادة السكنية. كما لاحظت الدراسة غيابًا نسبيًا لمشاركة المجتمع المحلي في مراحل التخطيط، وهو ما انعكس سلبيًا على ملاءمة بعض التصميمات لمتطلبات السكان. وخلصت إلى أن تحقيق الاستفادة في هذه المشاريع يتطلب تعزيز الشراكة المؤسسية، والارتقاء بجودة الدراسات الأولية، وتبني نهج تشاركي يراعي الاحتياجات الفعلية للسكان.

ثانيًا: الدراسات الأجنبية

دراسة Kumar et al (2024):

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم مراجعة شاملة لاستخدام المواد المستدامة في ممارسات البناء الصديقة للبيئة. يناقش الباحثون التحولات التي يشهدها قطاع الإنشاءات نحو الاستدامة البيئية، ويركزون على مجموعة من المواد البديلة مثل الخرسانة المعاد تدويرها، والأخشاب المعالجة طبيعيًا، والطوب المصنع من مواد نفايات صناعية. تم تحليل الخصائص الفيزيائية والحرارية والبيئية لهذه المواد، ومدى توافقها مع متطلبات الأبنية الخضراء. وتوضح الدراسة أن اعتماد هذه المواد لا يقتصر على خفض الأثر الكربوني، بل يشمل تقليل استهلاك الطاقة والموارد الطبيعية خلال دورة حياة المبنى.

كما تؤكد النتائج على أهمية التكامل بين التصميم المعماري واختيار المواد المستدامة لضمان تحقيق الاستفادة الهيكلية والبيئية. توصي الدراسة بإجراء تقييمات دورية للأثر البيئي للمواد التقليدية، واعتماد سياسات تشجع على التحول إلى بدائل مستدامة في المشروعات الكبرى.

دراسة Omera (2024):

تتناول هذه الدراسة دور المواد الإنشائية الخضراء في تعزيز العمارة المستدامة، مع التركيز على المفهوم المتكامل للبيئة العمرانية المستدامة في المنطقة العربية. استعرض الباحث مزايا المواد المستدامة مقارنة

بالمواد التقليدية من حيث الكفاءة الحرارية، والعمر الافتراضي، والأثر البيئي. كما سلطت الدراسة الضوء على معايير اختيار هذه المواد في المشاريع المعمارية المعاصرة، مشيرة إلى أهمية الجوانب الجمالية والوظيفية معًا.

وأظهرت النتائج أن استخدام الطوب الطيني، والأخشاب الطبيعية، والعوازل الحيوية يساهم في تقليل انبعاثات الكربون وتكاليف الطاقة بشكل ملحوظ. وبيّنت الدراسة أن تطبيق هذه المواد يتطلب دعمًا تشريعيًا من المؤسسات المعمارية والهندسية، وتطوير كودات بناء تُعزز التوجه نحو الاستدامة. كما أوصى الباحث بضرورة تعزيز وعي المماريين والمطورين العقاريين حول خصائص المواد الصديقة للبيئة وتأثيرها الإيجابي على الأداء البيئي للمباني.

دراسة (2021) Manjunath & Patil:

بحثت الدراسة أثر استخدام المواد المستدامة على الطاقة الكامنة، والبصمة الكربونية، وتكاليف البناء في مشروع سكني تقليدي مقترح. وتمت مقارنة أداء هذه المواد بمواد البناء التقليدية من خلال نموذج حسابي تم تطبيقه على مشروع شقة سكنية. أظهرت النتائج أن المواد المستدامة مثل الخرسانة منخفضة الانبعاثات والعوازل الطبيعية قللت من البصمة الكربونية بنسبة تتجاوز 30%، مع توفير في استهلاك الطاقة خلال الاستخدام طويل الأمد.

كما بيّنت الدراسة أن تكلفة البناء باستخدام المواد الخضراء قد تكون أعلى في البداية، لكنها تحقق وفورات مالية طويلة المدى نتيجة خفض مصاريف التشغيل والصيانة. واعتمد التحليل على معايير علمية دقيقة لتقييم الطاقة الكامنة في كل مادة، مما أتاح رؤية مقارنة واضحة بين البدائل. وأوصى الباحثان باعتماد هذه المعايير في تقييم المشاريع المستقبلية، وتضمين تقييم الأثر البيئي ضمن دراسات الجدوى الاقتصادية للمشاريع.

دراسة Cao & Zeng (2022):

تسلط هذه الدراسة الضوء على تطور اختيار المواد الخضراء في قطاع البناء في ظل التحولات البيئية العالمية. تناول الباحثان مفهوم "المواد الخضراء" في السياق الحديث، موضحين المعايير التي تُستخدم في تصنيف المواد بأنها صديقة للبيئة، بما في ذلك قابلية التدوير، والانبعاثات المنخفضة، ومدى التأثير على الموارد الطبيعية.

وتُظهر الدراسة أن ثمة اهتمامًا متزايدًا باختيار مواد تتماشى مع معايير البناء المستدام، مثل الأسمنت الحيوي، والطلاء الخالي من المركبات العضوية المتطايرة. كما ناقش الباحثان التحديات التي تواجه سوق البناء في التحول نحو هذه المواد، وعلى رأسها الكلفة، وغياب وعي كافٍ لدى بعض المهندسين والمقاولين. وتوصي الدراسة بضرورة دعم البحث والتطوير لتوفير مواد أكثر تنوعًا وأقل تكلفة، وربط ذلك بسياسات عمرانية وتشريعية حازمة، لتحفيز استخدام المواد الخضراء في كافة مراحل دورة حياة البناء.

دراسة Kampilong et al (2024):

تناولت هذه الدراسة العلاقة بين استخدام مواد البناء الصديقة للبيئة وإدارة النفايات الإنشائية، وبين تحقيق الكفاءة في التكاليف واستدامة المشاريع في منطقة كراوانغ بإندونيسيا. اعتمدت الدراسة على تحليل مشاريع سكنية وتجارية، وقياس تأثير اعتماد المواد المستدامة على خفض النفايات وتحسين الأداء البيئي والمالي. أشارت النتائج إلى أن المؤسسات التي دمجت مواد مستدامة مثل الطوب المعاد تدويره، والخرسانة قليلة الانبعاثات، تمكنت من تقليل حجم المخلفات بنسبة تتجاوز 40%، كما حسّنت مؤشرات الأداء المالي في مشاريعها.

وبيّنت الدراسة أن الإدارة الفعّالة للمخلفات الإنشائية من خلال إعادة التدوير يقلل من التكلفة الكلية للمشروع، ويرفع من درجة التقييم البيئي لدى الجهات الرقابية. وأوصى الباحثون بتبني سياسات تحفيزية

للاستثمار في تقنيات المعالجة وإعادة استخدام مواد الهدم، بما يسهم في خلق بيئة عمرانية أكثر استدامة وتكاملاً اقتصادياً وبيئياً.

دراسة Pan (2024):

ناقشت الدراسة التقدم البحثي في مجال استخدام مواد البناء الخضراء في الهندسة المدنية، مركزة على التطورات التقنية والممارسات الميدانية التي عززت هذا التحول. تضمنت الدراسة مراجعة منهجية للأبحاث التي تناولت المواد المستدامة، مثل الخرسانة الحيوية، والأسمنت الجيو-بوليمري، والمركبات المعاد تدويرها. وقد تم تحليل الأثر البيئي لهذه المواد باستخدام مؤشرات البصمة الكربونية والطاقة الكامنة. وأظهرت النتائج أن هذه المواد تمثل خياراً بيئياً واقتصادياً أكثر كفاءة، خاصة عند تطبيقها ضمن أنظمة البناء المتكاملة. كما بينت الدراسة أن ثمة تحديات في مسألة التوحيد القياسي لهذه المواد، وضرورة توفير معايير بناء محلية تتناسب مع الخصائص البيئية لكل منطقة. وتوصي الدراسة بزيادة الاستثمارات في البنية التحتية للبحث والتطوير، وربط مراكز الابتكار الهندسي مع قطاع المقاولات لتعزيز استخدام مواد البناء المستدامة على نطاق أوسع.

دراسة Rifkah (2024):

سعت هذه الدراسة إلى تقييم استخدام المواد البيئية الصديقة في مشروع "تامن أنجريك" السكني، كأحد نماذج البناء الأخضر. تم التركيز على تحليل مدى فاعلية استخدام هذه المواد في تقليل الأثر البيئي للمباني وتحقيق كفاءة في استهلاك الطاقة والمياه.

أظهرت نتائج الدراسة أن اعتماد مواد مثل الخيزران المعالج والعزل الطبيعي قلل من درجة الحرارة الداخلية بنسبة كبيرة، مما انعكس على تقليل استخدام أجهزة التبريد. كما أوضحت الدراسة أن دمج هذه المواد في التصميم المعماري ساعد في تحسين الأداء الحراري والجمالي للمباني. ناقشت الدراسة أيضًا التحديات التي تواجه قطاع البناء في إندونيسيا، من حيث التكلفة والوعي المجتمعي، وأكدت على أهمية التعليم المعماري البيئي في دعم هذا الاتجاه. وقد أوصت بتطوير خطط حكومية لدعم المنتجين المحليين لمواد البناء البيئية، وتقديم حوافز ضريبية للمطورين العقاريين الذين يتبنون مبادئ الاستدامة.

دراسة Wang (2025):

تركز هذه الدراسة على تطبيق المواد البيئية في مشاريع البناء الحضري، حيث استعرض الباحث دور هذه المواد في تحسين جودة البناء، وتقليل التأثيرات البيئية، وتعزيز مفاهيم المدن المستدامة. وتم تحليل مشاريع بناء حضرية متعددة في الصين استخدمت فيها مواد صديقة للبيئة مثل الخرسانة القابلة للنفاد، والطلاء العاكس للحرارة، والعوازل الحيوية.

وأوضحت النتائج أن هذه المواد ساهمت في تقليل استهلاك الطاقة بنسبة تتجاوز 25%، كما حسنت من الراحة الحرارية الداخلية. واستعرضت الدراسة تأثير ذلك على جودة الحياة في المناطق الحضرية المكتظة، من حيث جودة الهواء وخفض التلوث الضوضائي. وأوصى الباحث بضرورة دمج هذه المواد في سياسات التخطيط العمراني، والتشجيع على استخدام نظم البناء المعياري التي تسهل إدماج المواد المستدامة في التصميم والتنفيذ. كما دعت الدراسة إلى التعاون بين القطاعين العام والخاص لدعم سلاسل التوريد المحلية لمواد البناء البيئية.

أوجه التشابه والاختلاف بين الدراسات السابقة والدراسة الحالية:

أوجه التشابه:

1- التركيز على تحسين كفاءة المشاريع الحكومية:

معظم الدراسات السابقة تناولت مشروعات إسكان أو تطوير حضري بتمويل أو إشراف حكومي، وسعت إلى تقييم الأداء العام من حيث التكلفة، والجودة، والفعالية، وهو ما يتقاطع مع اهتمام الدراسة الحالية بتقييم جودة تنفيذ المباني الحكومية.

2- الاهتمام بالجانب الاقتصادي والتكلفة:

ركزت الدراسات السابقة على خفض التكاليف سواء من خلال الهندسة القيمة أو تحسين آليات التخطيط والتنفيذ، وهو ما يتشابه مع هدف الدراسة الحالية في بحث العلاقة بين استخدام المواد المستدامة وتقليل التكاليف.

3- المنهج الوصفي التحليلي والدراسات الميدانية:

اعتمدت الدراسات السابقة على المنهج الوصفي التحليلي باستخدام استبيانات أو تحليل وثائق رسمية للمشاريع، وهذا يتوافق مع منهجية الدراسة الحالية في تحليل ميداني قائم على بيانات واقعية من مشاريع قائمة.

أوجه الاختلاف:

1- اختلاف في طبيعة المتغير المستقل:

بينما ركزت الدراسات السابقة على مفاهيم مثل الهندسة القيمة، التخطيط الحضري، أو تقييم المواقع، تميزت الدراسة الحالية باهتمام خاص باستخدام "المواد المعمارية المستدامة" كمتغير رئيس يؤثر على التنفيذ والتكلفة.

2- تركيز بيئي واستدامي غير مسبوق:

الدراسة الحالية تدمج بين البعدين الاقتصادي والتنفيذي من جهة، والبعد البيئي من جهة أخرى، عبر توظيف مفهوم الاستدامة في اختيار المواد، وهو جانب لم تتطرق إليه الدراسات السابقة بنفس العمق.

3- البيئة التطبيقية للمباني الحكومية:

الدراسات السابقة ركزت غالبًا على مشاريع إسكان عام أو تطوير حضري لأغراض سكنية، بينما تركز الدراسة الحالية على نوعية مختلفة من المشاريع، وهي المباني الحكومية، ما يضيف بُعدًا مؤسسيًا خاصًا في التحليل.

المنطلقات النظرية للبحث:

1) المواد المعمارية المستدامة

تشير المواد المعمارية المستدامة إلى تلك المواد التي تُستخدم في مشاريع البناء وتُنتج بطرق تقلل من الأثر البيئي، وتسهم في تحقيق التوازن بين الجوانب البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية. وتعتمد هذه المواد على خصائص مثل الكفاءة في استهلاك الطاقة، وقابلية إعادة التدوير، والعمر الافتراضي الطويل، مما يجعلها بديلًا مسؤولًا للمواد التقليدية في تنفيذ المباني (Omera, 2024).

الأبعاد المرتبطة بها تشمل:

- الكفاءة البيئية: القدرة على تقليل الانبعاثات وتقليل استهلاك الموارد الطبيعية.
- الخصائص التقنية: مثل العزل الحراري، مقاومة التآكل، والملاءمة المناخية.
- الجدوى الاقتصادية: انخفاض تكلفة الصيانة وطول دورة الحياة مقارنة بالمواد التقليدية.

2) جودة التنفيذ

تمثل جودة التنفيذ أحد مؤشرات الأداء الرئيسية في المشاريع المعمارية، وتعني مدى التزام القائمين على المشروع بالمواصفات الفنية والهندسية المحددة، مع تقليل الأخطاء، وضمان سلامة الهيكل، وتناسق التشطيبات، وتُقاس جودة التنفيذ من خلال عناصر مثل: دقة العمل، الالتزام بالمعايير والمخططات، وضبط العيوب والتشوهات (Galli et al., 2021).

كما تُعد الجودة مقياسًا حاسمًا في الحكم على كفاءة المشروع وقدرته على تحقيق أهدافه الإنشائية والوظيفية على المدى الطويل.

(3) تقليل التكاليف

يشير هذا المفهوم إلى القدرة على خفض النفقات المالية المرتبطة بعملية البناء، سواء في مرحلة الإنشاء أو في مراحل التشغيل والصيانة المستقبلية. ويتضمن ذلك خفض تكاليف المواد، تقليل الفاقد، تقليص الحاجة إلى الصيانة الدورية، والحد من التعديلات اللاحقة (Nabijanov, 2022).

في سياق استخدام المواد المستدامة، يُفهم تقليل التكاليف كأثر مباشر ناتج عن كفاءة الموارد، وتحقيق استدامة تشغيلية تضمن نفقات أقل على مدى دورة حياة المبنى.

منهج البحث

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، نظرًا لما يتمتع به من قدرة منهجية على دراسة العلاقة بين متغيرات الدراسة الأساسية، وهي استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المتعددة، وتأثيرها في تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية. ويُعد هذا المنهج الأكثر مناسبة لأغراض البحث، حيث يسمح بوصف الواقع القائم بدقة، وتحليل العوامل المؤثرة في جودة عمليات البناء، وتقدير حجم الكفاءة الاقتصادية الناتجة عن تطبيق معايير الاستدامة المعمارية.

يرتكز المنهج الوصفي التحليلي على تشخيص الواقع كما هو في بيئة البناء الحكومية، ثم تفكيك الظاهرة إلى مكوناتها الفنية والمالية، بغرض فهم مدى تأثير استخدام المواد المستدامة على الجوانب التنفيذية والاقتصادية للمشاريع الحكومية. وتقوم الدراسة على تحليل العلاقة بين المتغير المستقل المتمثل في المواد المعمارية المستدامة (بأبعادها: الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية)، وبين المتغير التابع المتمثل في نتائج التنفيذ من حيث الجودة والتكلفة.

سيتم جمع البيانات من خلال العمل الميداني باستخدام أداة أساسية هي الاستبانة المغلقة، والتي تم تصميمها استناداً إلى الأدبيات العلمية الحديثة في مجالات الاستدامة، وإدارة مشاريع البناء، وتقييم الأداء الفني والمالي. وقد روعي في إعداد الاستبانة أن تُغطّي الأبعاد الثلاثة للمواد المستدامة، إلى جانب مؤشرين رئيسيين لنتائج البناء: جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

يُوجّه تطبيق أداة الدراسة إلى عينة قصدية من المهندسين المعماريين، مشرفي المشاريع، مسؤولي إدارة العقود، وخبراء الجودة في الإدارات الهندسية للمباني الحكومية في عدد من الوزارات والجهات الخدمية. وتسهم هذه الفئة في تقديم تصور دقيق وموضوعي حول مدى تأثير طبيعة المواد المستخدمة على نتائج المشروع من حيث الكفاءة والفعالية.

وتعتمد الدراسة على عدد من الأساليب الإحصائية لتحليل البيانات المجمعة باستخدام برنامج (SPSS)، من بينها:

الإحصاء الوصفي لتحليل الخصائص العامة للعينة، وتقدير اتجاهات الرأي حول كل بعد من أبعاد المتغير المستقل.

تحليل الانحدار الخطي لاختبار الأثر المباشر للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

اختبارات الفروق لمقارنة وجهات النظر باختلاف الخبرات والمناصب الفنية.

كما تعزز الدراسة المنهج الكمي بمدخل نوعي تكميلي، من خلال إجراء مقابلات نصف مهيكلّة مع نخبة من مسؤولي المشاريع الكبرى في الجهات الحكومية، وذلك بهدف الوصول إلى رؤى تطبيقية ومعوّقات واقعية في استخدام المواد المستدامة، واستقراء مدى تأثير هذه الممارسات على جودة المنتج النهائي وتكلفته. وبهذا الإطار، فإن هذه المنهجية المتكاملة تُسهم في تقديم تحليل علمي دقيق وواقعي للعلاقة بين المواد المستدامة والأداء التنفيذي في مشاريع القطاع العام، ما يُعزز من موثوقية النتائج ويمنح التوصيات النهائية قيمة تطبيقية قابلة للتنفيذ داخل بيئات القرار الهندسي الحكومي.

مصادر البيانات في الدراسة

أولاً: المصادر الثانوية

تشمل المصادر الثانوية في هذه الدراسة مجموعة من الأدبيات العلمية والدراسات السابقة التي تناولت موضوع المواد المعمارية المستدامة، وآثارها على مشاريع البناء من حيث جودة التنفيذ والجدوى الاقتصادية. تم الرجوع إلى كتب أكاديمية، وأبحاث منشورة في مجلات علمية محكمة تختص بمجالات الاستدامة المعمارية، الهندسة المدنية، الاقتصاد البنائي، وإدارة المشاريع.

كما تم تحليل عدد من التقارير الصادرة عن جهات حكومية ومؤسسات دولية تهتم بتقييم أداء المباني المستدامة، ومقارنتها بالمنشآت التقليدية من حيث الكفاءة وجودة المخرجات والتكلفة. وجرى التركيز على الدراسات التي تناولت تطبيق المواد المستدامة في البيئة السعودية أو الخليجية، لضمان ملاءمة الخلفية النظرية لسياق الدراسة.

ثانياً: المصادر الأولية

تُستمد البيانات الأولية من ميدان الدراسة، من خلال استبانة مغلقة تُوزع على عينة قصدية من المهندسين، والمشرفين الفنيين، ومديري المشاريع، والمراقبين الفنيين العاملين في تنفيذ مشاريع المباني الحكومية التي تبنت استخدام مواد مستدامة في البناء.

تم تصميم الاستبانة لتغطية الأبعاد الثلاثة للمواد المستدامة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية)، وقياس مدى انعكاسها على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف ضمن المشاريع قيد الدراسة. وسيتم توزيع الاستبانة يدويًا أو إلكترونيًا بحسب ظروف الجهات المستهدفة. كما تسعى الدراسة إلى تدعيم الجانب الكمي بإجراء مقابلات شبه منظمة مع عدد من مديري المشاريع الحكومية لاستخلاص رؤى ميدانية معمقة حول تطبيقات الاستدامة المعمارية وتأثيرها الفعلي.

أدوات الدراسة والأساليب الإحصائية

أولاً: التحليل الإحصائي الوصفي

- التكرارات والنسب المئوية:

تُستخدم لتوصيف الخصائص العامة لأفراد العينة من حيث المؤهل العلمي، التخصص، سنوات الخبرة، ونوع المشروع الذي شاركوا فيه، ما يساعد في فهم السياق المهني للمستجيبين.

- الوسط الحسابي والانحراف المعياري:

تُستخدم لتقدير مستوى إدراك المشاركين لأهمية المواد المستدامة، وتقييمهم لتأثيرها على جودة تنفيذ المباني الحكومية، ومدى مساهمتها في خفض التكاليف.

ثانياً: التحليل الإحصائي الاستدلالي

- تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Regression):

يُستخدم لتحليل العلاقة بين كل بعد من أبعاد المواد المستدامة (مثل الكفاءة البيئية) بشكل منفصل، وتأثيره المباشر على جودة التنفيذ أو تقليل التكاليف.

- تحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression):

يُستخدم لقياس الأثر التراكمي لجميع أبعاد المواد المستدامة على المتغيرات التابعة معًا، مما يُظهر مدى التفاعل بينها وتأثيرها المشترك في نتائج المشروع.

- اختبارات التوزيع الطبيعي (Skewness & Kurtosis):

تُستخدم للتأكد من طبيعة توزيع البيانات ومدى مطابقتها لافتراضات التحليل الإحصائي، مما يعزز دقة النتائج.

- اختبارات الفروق (ANOVA و T-test):

تُستخدم لمقارنة اختلاف الإدراك بأثر المواد المستدامة على جودة البناء والتكلفة، باختلاف خصائص المستجيبين (مثل الخبرة أو جهة العمل أو التخصص).

نموذج الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على تحليل العلاقة بين متغيرين رئيسيين، بهدف فهم الكيفية التي تسهم بها المواد المعمارية المستدامة في تحسين جودة تنفيذ المشاريع الحكومية، وتقليل التكاليف المرتبطة بعمليات البناء والتشغيل.

المتغير المستقل:

المواد المعمارية المستدامة، ويُقاس هذا المتغير من خلال ثلاثة أبعاد رئيسية:

الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية.

المتغير التابع:

جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

حدود البحث:

الحدود الزمانية:

تُجرى هذه الدراسة خلال العام الميلادي 2025م، وهي فترة تشهد تزايداً ملحوظاً في تبني معايير البناء المستدام في المشاريع الحكومية، استجابة لتوجهات المملكة نحو تحقيق الاستدامة البيئية في ظل رؤية 2030.

الحدود المكانية:

تتركز الدراسة على عدد من المباني الحكومية في المملكة العربية السعودية، التي تم تنفيذها باستخدام مواد معمارية مستدامة، لا سيما في مناطق ذات اهتمام بيئي عالٍ كالعاصمة الرياض، والمنطقة الشرقية، ومنطقة المدينة المنورة.

الحدود الموضوعية:

تنحصر الدراسة في تحليل أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشروعات الحكومية، دون التطرق إلى مؤشرات أخرى مثل رضا المستخدمين النهائيين، الأثر الجمالي، أو الجوانب الاجتماعية للبناء المستدام. كما لا تشمل الدراسة المنشآت غير الحكومية أو المشاريع التي لم تعتمد فعلياً على تطبيق المواد المستدامة في مراحل التنفيذ.

قائمة المراجع:

(1) زينة، عمرو أحمد محمد علي. (2021). دور الهندسة القيمة في خفض تكاليف إنشاء وحدات الإسكان الحكومي. مجلة التصميم الدولية، مج11، ع5 ، 111 - 119. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1165482>

(2) العنزي، بدر ملبس ندا عايد الدايدي، وجبر، رمضان. (2015). دور الهندسة القيمة في الحد من تعثر المشاريع في المؤسسات العامة للرعاية السكنية (رسالة ماجستير). جامعة مؤتة، مؤتة.

مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/786344>

(3) الرقاد، محمد عبد الحافظ خلف، وغنيم، عثمان محمد يوسف. (2023). تحديد واختيار مواقع مشاريع المجمعات السكنية الاستثمارية في أمانة عمان الكبرى: دراسة حالة منطقة الجبيهة (رسالة ماجستير). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1418079>

(4) إسحاق، هند عز الدين سليم، و خوالدة، حمزة علي أحمد. (2019). تقييم مشاريع قطع الأراضي المخدمة في الأردن: دراسة حالة لمشاريع المؤسسة العامة للإسكان والتطوير الحضري في محافظة عمان (رسالة دكتوراه). الجامعة الاردنية، عمان. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1415170>

(5)

- 6) Kumar, B. S., Chandrashekar, R., Kurien, S. T., Nijhawan, G., Pahwa, S., Habelalmateen, M. I., & Khan, I. (2024). A Comprehensive Review on Using Sustainable Materials for Environmentally Friendly Construction Practices. E3S Web of Conferences, 529, 01030. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452901030>
- 7) Omera, A. A. H. bin. (2024). The use of green building materials in enhancing sustainable architecture. International Journal of Advanced Research on Planning and Sustainable Development, 6(1), 51–70. <https://doi.org/10.21608/ijarpsd.2024.274890.1005>
- 8) Manjunath, A., & Patil, N. N. (2021). Effect of sustainable materials on embodied energy, carbon footprint and cost for a proposed conventional apartment. 1166(1), 012037. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1166/1/012037>
- 9) Cao, K., & Zeng, Z. (2022). Selection and research of green building materials in the new era. BCP Social Sciences & Humanities, 18, 40–44. <https://doi.org/10.54691/bcpssh.v18i.921>
- 10) Kampilong, J. K., Febriyanto, W., Nugroho, Y. J., & Yusuf, R. (2024). Analysis of the Use of Environmentally Friendly Building Materials and Construction Waste Management on Cost Efficiency and Project Sustainability in Karawang. West Science Social and Humanities

Studies/West Science Social And Humanities Studies, 2(09), 1508–1519.

<https://doi.org/10.58812/wsshs.v2i09.1298>

- 11) Pan, N. (2024). Research Progress on Green Building Materials in Civil Engineering. Science and Technology of Engineering, Chemistry and Environmental Protection, 1(10). <https://doi.org/10.61173/k4s52t22>
- 12) Rifkah, R. (2024). Penggunaan material ramah lingkungan pada bangunan hijau: perumahan taman anggrek. Bearing, 9(2), 122. <https://doi.org/10.32502/jbearing.v9i2.9033>
- 13) Wang, X. (2025). Application of Environmentally Friendly Building Materials in Urban Construction. Applied and Computational Engineering, 126(1), 155–161. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.20030>
- 14) Omera, A. A. H. bin. (2024). The use of green building materials in enhancing sustainable architecture. International Journal of Advanced Research on Planning and Sustainable Development, 6(1), 51–70. <https://doi.org/10.21608/ijarpsd.2024.274890.1005>
- 15) Galli, T., Chiclana, F., & Siewe, F. (2021). Quality Properties of Execution Tracing, an Empirical Study. 4(1), 20. <https://doi.org/10.3390/ASI4010020>

- 16) Nabijanov, B. (2022). Company costs and their optimization.
Economics and Education, 23(2).
https://doi.org/10.55439/eced/vol23_iss2/a56

Mid-Ocean University

College of Management

Master of project management



The Impact of Using Sustainable Architectural Materials on Execution Quality and Cost Reduction: A Field Study on Government Buildings

Preparation:

Khalid Mohammed Alrashdi

251000340

Supervision:

Dr. Al-Faisal Abdelhamid Mohamed Hassan

1447-2025