



## تطبيق برنامج رسمي لمراقبة ضبط الجودة وضمانها وتأثيره على تطوير صناعة الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة

محمد أحمد محمد الظريف<sup>١</sup>، محمد أحمد أبو اليزيد الجزار<sup>٢</sup>، حسين بن محمد عارف عز الدين<sup>٣</sup>،  
خالد بن سليمان المسلم<sup>٤</sup>

<sup>١</sup> قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة المنصورة، جامعة أم القرى بمكة المكرمة  
<sup>٢</sup> معهد بحوث إدارة المياه - المركز القومي لبحوث المياه  
<sup>٣</sup> أمانة العاصمة المقدسة، الإدارة العامة للطرق، إدارة مختبر المواد

Access this article online	
Quick Response Code:	Website: <a href="http://www.uqu.edu.sa/jea">www.uqu.edu.sa/jea</a>
	E-mail: <a href="mailto:jea@uqu.edu.sa">jea@uqu.edu.sa</a>
	Table of Contents - Current issue: <a href="https://uq.sa/43mMzG">https://uq.sa/43mMzG</a>
© Umm Al-Qura University Journal for E & A, Vol.9 Issue No.2, pp.49-64 October 2018	
Under Legal Deposit No. p- ISSN: 1658-4635 / e- ISSN: 1658-8150	

## تطبيق برنامج رسمي لمراقبة ضبط الجودة وضمانها وتأثيره على تطوير صناعة الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة

محمد أحمد محمد الظريف<sup>١</sup>، محمد أحمد أبو اليزيد الجزار<sup>٢</sup>، حسين بن محمد عارف عز الدين<sup>٣</sup>،  
خالد بن سليمان المسلم<sup>٤</sup>

<sup>١</sup> قسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة، جامعة المنصورة - جامعة أم القرى بمكة المكرمة  
<sup>٢</sup> معهد بحوث إدارة المياه - المركز القومي لبحوث المياه  
<sup>٣</sup> أمانة العاصمة المقدسة - الإدارة العامة للطرق - إدارة مختبر المواد

### الملخص:

تعتبر مكة المكرمة المدينة المقدسة الأولى للمسلمين بشتى بقاع الأرض حيث يتوجه إليها ما يزيد على ١٥ مليون مسلم سنوياً لأداء مناسك الحج والعمرة. كما تشهد مكة المكرمة تطوراً سنوياً في البنية التحتية والمنشآت عامة، ومنشآت الأماكن المقدسة خاصة لتأمين سبل الراحة لزائريها وتيسيرها، مما يترتب عليه زيادة سنوية في استخدام كميات الخرسانة الجاهزة المنتجة من مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة. وفي الأعوام الماضية تم رصد العديد من مشاكل المنشآت الخرسانية بعد تشغيلها لاسيما أثناء فترة الإنشاء، بعضها نتيجة عيوب تصميم العناصر الإنشائية وتنفيذها، وبعضها نتيجة ضعف جودة الخرسانة كمنتج لعدم وجود جهة رقابية تشرف على جودتها خاصة بالمشاريع الخاصة التي لا يشرف عليها مكتب إستشاري.

لذا قامت أمانة العاصمة المقدسة في عام ١٤٣٦هـ بإطلاق برنامج رسمي لمراقبة ضبط الجودة وضمانها بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة، وجاء خطاب معالي وزير الشؤون البلدية والقروية بالملكة داعماً لهذا البرنامج الذي يفيد بتعميم التجارب السابقة في هذا المجال مثل برنامج أمانة الرياض الذي بدأ في ١٤١٥هـ. وبالإطلاع على ما توصل إليه برنامج أمانة الرياض بالإضافة الى البرامج الدولية لمراقبة الجودة في مصانع الخرسانة الجاهزة في بعض الدول المتقدمة مثل بريطانيا (QSRMC) والولايات المتحدة الأمريكية (NRMCA)، تم إعداد برنامج خاص بأمانة العاصمة المقدسة لتطوير أداء مصانع الخرسانة وتحسين جودة الخرسانة الجاهزة المنتجة بما يتناسب مع ظروف العمل وطبيعته بمنطقة مكة المكرمة. وتعرض هذه الورقة أهداف هذا البرنامج وعناصره ومخرجاته ومعايير تصنيف مصانع الخرسانة الجاهزة وأسسها والتأثير الإيجابي الفعال لذلك على تطوير صناعة الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة، حيث تشير نتائج البرنامج إلى ضرورة وجود نظام حكومي رسمي لمراقبة تطبيق ضبط الجودة وضمانها بمصانع الخرسانة الجاهزة وتعميم ذلك على كافة المناطق بالملكة.

الكلمات المفتاحية: ضبط الجودة وضمانها، الخرسانة الجاهزة، تصنيف مصانع الخرسانة، المنشآت الخرسانية، أمانة العاصمة المقدسة.

**مقدمة:**

تعتبر الخرسانة من أهم المواد المستخدمة في إنشاء المباني ليس في مكة المكرمة فحسب، ولكن أيضاً في معظم دول العالم لتوفر المواد اللازمة لها بالإضافة الى ديمومتها ورخص أسعارها مقارنة بمواد الإنشاء الأخرى [1]، الجدول (1) يوضح سعر الخرسانة الجاهزة مقارنةً بأسعار المواد الإنشائية الأخرى والصادر من هيئة الإحصاء بالمملكة العربية السعودية لعام ٢٠١٧. ونظراً لأهمية الخرسانة الجاهزة وخطورة تأثيرها على الحالة الإنشائية للمباني فقد وضعت الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية والفيزيائية المطلوبة للحصول على خرسانة جيدة بمواصفات الدول المختلفة. واعتماداً على عدم وعي المواطن العادي بمواصفات الخرسانة الجيدة وخصوصاً بالمشاريع الخاصة التي ليس لديها مكتب هندسي إستشاري متخصص وعدم وجود أي جهة رقابية رسمية لمراقبة جودة إنتاج الخرسانة الجاهزة، يقوم بعض منتجي الخرسانة الجاهزة بالمنافسة السلبية للأسعار على حساب جودة المنتج عن طريق استخدام مواد رديئة الجودة أو عدم أخذ احتياطات إنتاج الخرسانة بالأجواء الحارة أو استخدام جهاز فني من أشخاص غير مؤهلين فنياً.

الشهر	الخرسانة الجاهزة	الحديد (طن)	الأخشاب (متر مكعب)
أكتوبر	176.73	2314	2483.96
نوفمبر	174.57	2361	2474.12
ديسمبر	177.29	2361	2491.84

بصورة عامة يمكن تقسيم مراحل استخدام الخرسانة الجاهزة بالمنشآت إلى ثلاث مراحل رئيسية: (١) مرحلة إنتاج الخرسانة، (٢) ومرحلة نقل الخرسانة وصيها بموقع الإنشاء، (٣) ومرحلة ما بعد الصب. لكل مرحلة من هذه المراحل شروطها الفنية التي يجب تطبيقها للحصول على منشأ بمواصفات إنشائية جيدة. ونظراً لكثرة الجهات ذات العلاقة بهذه المراحل الثلاث حيث تشمل منتجي الخرسانة الجاهزة والجهات المالكة للمشاريع والمكاتب الاستشارية وشركات المقاولات، رأيت أمانة العاصمة المقدسة أن تهتم كبداية بجودة الخرسانة الجاهزة بالمرحلة الأولى وهي مرحلة الإنتاج لتشمل تطبيق نظام رسمي لمراقبة ضبط الجودة وضمانها على مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.

على الرغم من وجود أنظمة عالمية لمراقبة ضبط جودة الخرسانة الجاهزة في مرحلة إنتاجها في دول متقدمة مثل الولايات المتحدة الأمريكية [٥، ٦، ٧، ٨] والمملكة المتحدة [٩]، لا يمكن تطبيق بعض عناصر هذه الأنظمة - كما هي - في المملكة العربية السعودية في الوقت الحالي لعدم توفر بعض المقومات اللازمة لتطبيقها مثل استخدامات الطاقة المتجددة بدلاً عن مصادر الطاقة التقليدية وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. لذا تم مراعاة توفر الهياكل التنظيمية بالمملكة عند وضع خصائص برنامج مراقبة ضبط الجودة بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة، حيث يشتمل البرنامج على تقييم مصانع الخرسانة الجاهزة بالعاصمة المقدسة وتصنيفها بتقييم ثلاثة مؤشرات رئيسية هي:

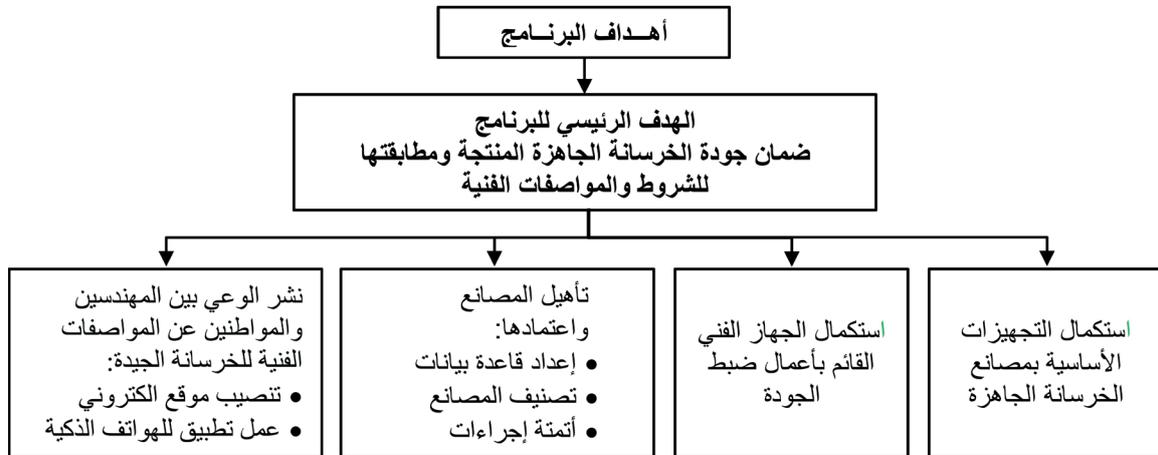
١. مؤشر المصنع والتجهيزات الأساسية.
٢. مؤشر المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية.
٣. مؤشر جودة الإنتاج.

ويحتوي كل مؤشر من هذه المؤشرات على مجموعة بنود بها مجموعة من الشروط تختلف أوزانها بما يتناسب مع درجة تأثيرها في جودة الخرسانة المنتجة. وتعرض هذه الورقة البحثية تفاصيل هذه المؤشرات ومدى فاعلية تطبيقها في تصنيف مصانع الخرسانة الجاهزة وتطوير جودة المنتج النهائي.

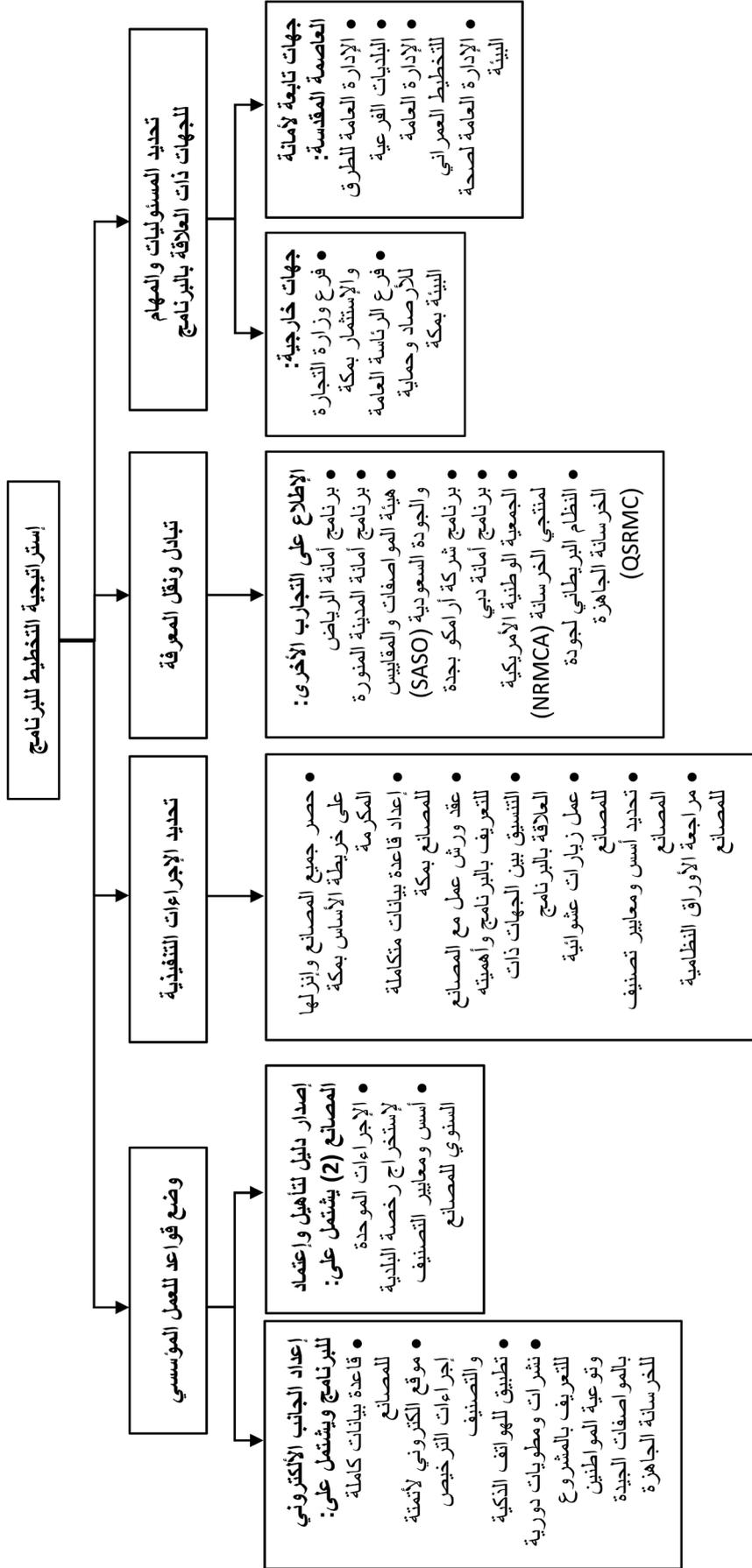
## أهداف وإستراتيجية التخطيط للبرنامج:

- عند بداية تطبيق برنامج مراقبة ضبط الجودة بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة في رجب ١٤٣٦هـ، واجه البرنامج كثيراً من الصعوبات والتحديات مثل:
١. عدم وجود حصر لمواقع مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة بالإضافة إلى انتشارها بطريقة عشوائية داخل النطاق العمراني للمدينة وخارجه.
  ٢. عدم اكتمال التجهيزات الأساسية لبعض مصانع إنتاج الخرسانة الجاهزة.
  ٣. عدم اكتمال الجهاز الفني المؤهل داخل بعض هذه المصانع.
  ٤. عدم وجود مختبر للجودة ببعض هذه المصانع.
  ٥. المنافسة السلبية في الأسعار على حساب جودة الخرسانة المنتجة.
  ٦. عدم الاهتمام باحتياجات إنتاج الخرسانة في الأجواء الحارة ودرجة حرارة الخرسانة الطازجة.
  ٧. ضعف الوعي لدي المواطنين عن مواصفات الخرسانة الجيدة وانتشار ثقافة عدد أكياس الإسمنت (محتوى الإسمنت) وعدم الاهتمام بالمقاومة المميزة للخرسانة (رتبة الخرسانة).

تم التغلب على هذه الصعوبات من خلال تحديد أهداف البرنامج (شكل ١) بشكل يضمن جودة الخرسانة الجاهزة المنتجة بمكة المكرمة وضمان مطابقتها للشروط والمواصفات الفنية من خلال إستكمال التجهيزات الأساسية بالمصنع والجهاز الفني المؤهل للقيام بأعمال ضبط الجودة داخل المصنع، وإعداد قاعدة بيانات للمصانع، وتحديد الأسس والمعايير التي يتم تصنيف المصنع على أساسها، ونشر الوعي بين المواطنين عن المواصفات الجيدة للخرسانة الجاهزة من خلال موقع إلكتروني خاص بأتمتة إجراءات ترخيص مصانع الخرسانة وتصنيفها بمكة المكرمة وعمل تطبيق للهواتف الذكية يستطيع من خلاله المواطن العادي أن يتفاعل معه لمعرفة مدى صحة اختياره للمصنع. ولتحقيق تلك الأهداف تم وضع إستراتيجية لتخطيط البرنامج (شكل ٢) بعقد ما يزيد عن ١٢٠ فعالية تشمل ورش عمل مصغرة وعامة واجتماعات مع أصحاب المصالح والجهات ذات العلاقة بالبرنامج لتحديد مسئوليات كل جهة ومهامها (شكل ٣) وتبادل المعرفة ونقلها مع البرامج السابقة وتحديد آلية التنفيذ ووضع ذلك في إطار عمل مؤسسي لضمان استمرارية البرنامج.

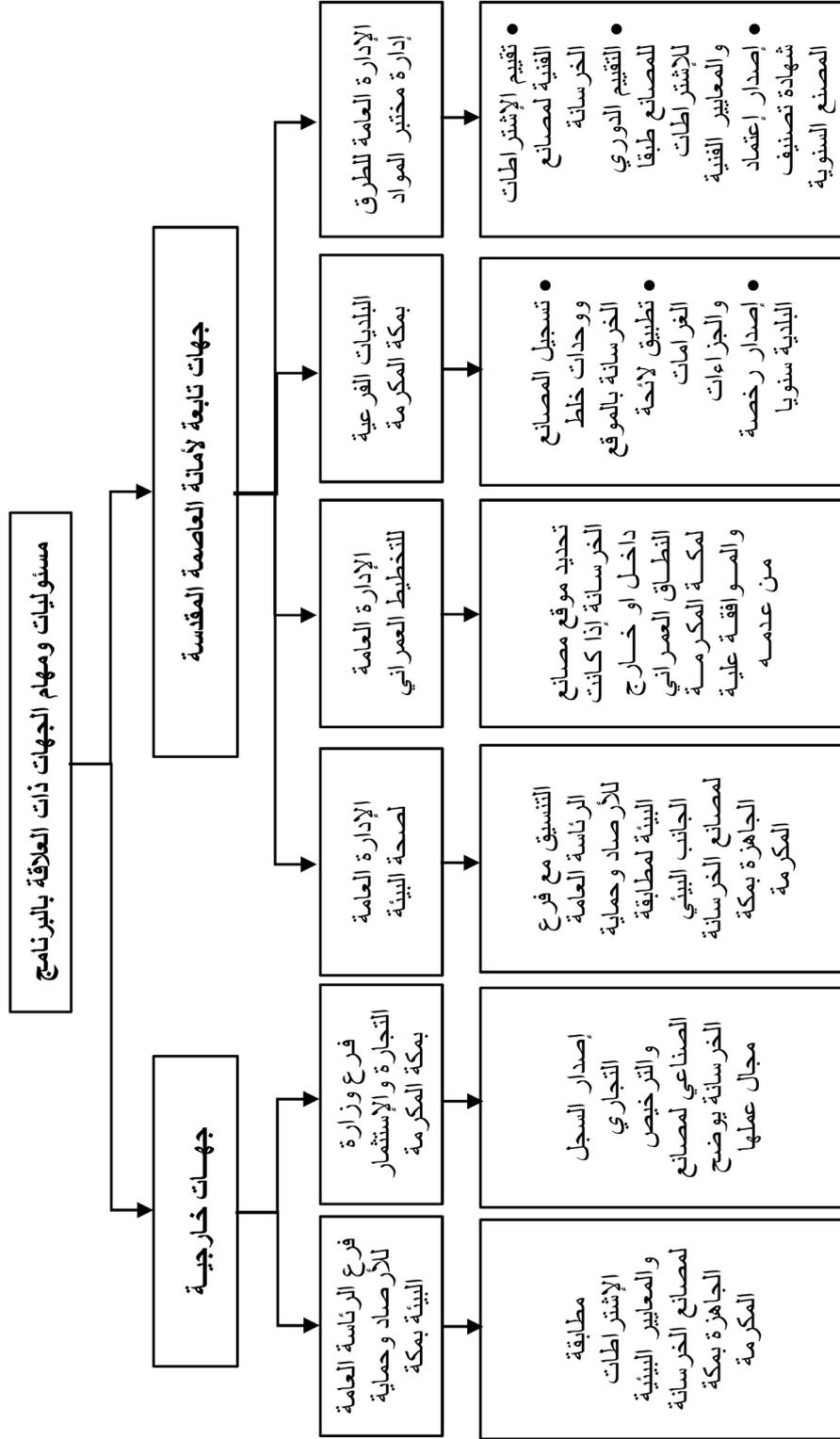


(شكل ١): أهداف برنامج مراقبة ضبط الجودة وضمانها بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.



(شكل ٢): إستراتيجية التخطيط للبرنامج مراقبة ضبط وتأکید الجودة بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.

وفي الأجزاء التالية من هذا البحث سيتم التركيز على عرض الاشتراطات والمعايير الفنية وآلية تطبيقها والتي تم على أساسها تصنيف مصانع الخرسانة بمكة المكرمة وتأثير ذلك على تطوير صناعة الخرسانة الجاهزة بالعاصمة المقدسة.



(شكل ٣): مسؤوليات ومهام الجهات ذات العلاقة ببرنامج ضبط وتأكد الجودة بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.

## أسس ومعايير تصنيف مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة:

تم وضع أسس ومعايير وشتراطات لتصنيف مصانع الخرسانة الجاهزة بالعاصمة المقدسة وتعميمها على جميع مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة وإصدارها بشكل واضح ومفصل في دليل التأهيل والاعتماد لمصانع الخرسانة الجاهزة [٢] لتتوافق مع الأنظمة والهيكل التنظيمية والاشتراطات الفنية المتاحة في المملكة بعد الاطلاع على الاشتراطات والمعايير الفنية لإقامة مصانع بيع الخرسانة الجاهزة الصادرة من وزارة الشؤون البلدية والقروية لعام ١٤٢١هـ [٣]، ودراسة التجارب الأخرى ومن ضمنها تجربة أمانة مدينة الرياض [٤] وأمانة المدينة المنورة وأرامكو السعودية بجدة والهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة لتلافي السلبات والانطلاق من حيث انتهى الآخرون، والإطلاع على أنظمة مراقبة الجودة في مصانع الخرسانة الجاهزة في بعض الدول المتقدمة مثل النظام البريطاني لجودة الخرسانة الجاهزة [٩] وبرنامج الجمعية الوطنية الأمريكية لمنتجي الخرسانة الجاهزة [٥، ٦، ٧، ٨]. تتفق هذه الأنظمة والبرامج في الإطار العام لضبط الجودة وضمانها ولكنها تختلف في درجة تطبيق بعض التفاصيل الفنية من دولة إلى أخرى حسب ما يتوفر من هيكل وهيات تنظيمية في هذه الدول.

ولضمان نجاح عملية التصنيف ولكي تكون ذات مصداقية، فلا بد أن تبني عملية التصنيف على أسس ومعايير واضحة ومحددة تعكس التزام المصنع بتوفير التجهيزات الأساسية للمصنع والمختبر، والجهاز الفني المؤهل ومتابعة المصنع لجودة الخرسانة المنتجة من خلال أنشطة ضبط الجودة الذاتية داخل المصنع، بحيث تتم عملية التصنيف بتقييم ثلاث مؤشرات هي:

١. مؤشر المصنع والتجهيزات الأساسية: ويتم تقييمه ثلاث مرات في العام بمعدل مرة كل أربعة أشهر.
٢. مؤشر المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية: ويتم تقييمه ثلاث مرات في العام بمعدل مرة كل أربعة أشهر.
٣. مؤشر جودة الإنتاج: ويتم تقييمه بعمل ٢٤ زيارة عشوائية في العام بمعدل زيارتين لكل شهر.

لكل مؤشر من هذه المؤشرات مجموعة من البنود. ويشتمل كل بند على مجموعة شروط ولكل شرط درجة محددة تعتمد على مدى تأثير هذا الشرط على جودة المنتج النهائي. وهذه الدرجات معلنة للمصانع من خلال دليل التأهيل والاعتماد لمصانع الخرسانة الجاهزة [٢] بحيث يستطيع كل مصنع تقييم نفسه، مما يعطي عملية التصنيف قدراً كبيراً من الوضوح والشفافية. الشكل ٤ يعرض المؤشرات والشروط القائم عليها التقييم والتصنيف لمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.



(شكل ٤): معايير تصنيف مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة وأسسها.

## آلية تطبيق معايير التصنيف وأساسه:

لتطبيق معايير تصنيف مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة وأساسه بطريقة عادلة، تم تخصيص فريق عمل، يتكون كل فريق من مهندس مواد متخصص ومؤهل فنياً لاختبارات الخرسانة الميدانية ومعتمد من المعهد الأمريكي للخرسانة (ACI) وعامل مدرب فنياً لإعداد عينات الخرسانة. يقوم كل فريق بعمل زيارتين عشوائيتين شهرياً من دون ترتيب مسبق لمصنع الخرسانة، ويتم اختبار كل من درجة حرارة الخرسانة الطازجة والهبوط بموقع المصنع وعمل مكعبات الخرسانة لاختبار مقاومة الضغط بمختبر المواد بأمانة العاصمة المقدسة، حيث يتم عمل ترميز للعينة بطريقة فنية لضمان سرية نتائج الاختبار ومصداقيته، ويتم توثيق كل زيارة بالصور محدداً عليها تاريخ الاختبار ووقته.

كما يقوم فريق العمل بزيارة المصنع مرة كل أربعة أشهر بترتيب مسبق مع المصنع لتقييم كل من مؤشر المصنع والتجهيزات الأساسية ومؤشر المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية من خلال قائمة تدقيق (قائمة مراجعة) [٢] معدة مسبقاً ومعلنة للمصانع. وفي نهاية كل عام يتم تقييم المؤشرات الثلاثة وإصدار تصنيف للمصنع بالإضافة إلى إعداد تقرير سنوي مفصل بدرجات المصنع وتصنيفه ونقاط الضعف بكل مؤشر (ملحق ١).

ويتم تصنيف مصانع الخرسانة في مكة المكرمة سنوياً إلى ثلاث فئات: فئة (أ) للمصانع ذات الأداء الممتاز وفئة (ب) للمصانع ذات الأداء الجيد وفئة (ج) للمصانع ذات الأداء المقبول، الجدول ٢ يحدد النسب الدنيا لكل مؤشر والتي يجب أن يحققها المصنع في كل فئة.

المؤشر / الفئة	فئة (أ)	فئة (ب)	فئة (ج)
المصنع والتجهيزات الأساسية	80%	65%	50%
المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية	80%	65%	50%
جودة الإنتاج	85%	70%	60%

(جدول ٢): النسب الدنيا للمؤشرات بكل فئة تصنيف.

حيث يتم تحديث قائمة التصنيف سنوياً. ولاستمرار عملية التصنيف وتحفيز المصانع على تطوير أدائها تم وضع عوامل محفزة للمصانع مثل الربط بين إصدار تراخيص البناء والتعاقد مع مصانع مصنفة بالإضافة إلى اشتراط التعاقد مع مصانع ذات تصنيف معين يتناسب مع حجم كل مشروع وتكلفته لكي تستمر المنافسة الإيجابية بين المصانع وبالتالي الارتقاء بمستوى أداء تلك المصانع مما يكون له مردود إيجابي على صناعة الخرسانة الجاهزة بالعاصمة المقدسة، حيث سيعكس التصنيف مدى التزام المصانع خلال عام كامل بجودة الخرسانة المنتجة وتوفير التجهيزات اللازمة للمصنع والمختبر لضمان ذلك.

## تقييم مؤشر المصنع والتجهيزات الأساسية:

يتم تقييم هذا المؤشر ليعبر عن مدى التزام المصنع بتحقيق متطلبات البنود الموضحة بالجدول ٣ حيث تم توزيع الدرجات بين البنود المختلفة اعتماداً على مدى تأثير شروط هذا البند (ملحق ١) على جودة المنتج النهائي.

10%	التنظيم الإداري والتأهيل الفني
12.5%	تنظيم الموقع والاحتياجات البيئية
12.5%	تخزين المواد ومناولتها
25%	محطات الخلط
10%	شاحنات خلط الخرسانة ونقلها
10%	احتياجات إنتاج الخرسانة في الجو الحار
10%	نظام طلب الخرسانة وتوريدها (الفوترة)
10%	متطلبات الصحة والسلامة

(جدول ٣): البنود الخاصة بمؤشر المصنع والتجهيزات الأساسية.

## تقييم مؤشر المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية:

يتم تقييم هذا المؤشر ليعبر عن مدى التزام المصنع بتجهيز مختبر داخل المصنع يكون مؤهلاً لعمل أنشطة ضبط الجودة الموضحة بالجدول (٤)، حيث تم توزيع الدرجات بين البنود المختلفة اعتماداً على مدى تأثير شروط هذا البند على جودة المنتج النهائي.

30%	أ- مختبر الجودة والتجهيزات الخاصة به
6%	مختبر الجودة
6%	الجهاز الفني
9%	الاجهزة والادوات (التجهيزات)
9%	متطلبات اختبار مقاومة الضغط
70%	ب- أنشطة ضبط الجودة الذاتية
21%	إختبارات المواد (الركام، الاسمنت، ماء الخلط، ...)
17.5%	إختبارات الخرسانة وطريقة معالجة العينات وإختبارها
14%	التوثيق وسجلات المختبر والتقارير
17.5%	تقديم تقرير كل (٤) أشهر يحتوى على نتائج إختبارات المواد (الاسمنت - الركام - ماء الخلط) صادر من أحد المختبرات الخاصة المعتمدة لدى الأمانة

(جدول ٤): البنود الخاصة بمؤشر المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية.

## تقييم مؤشر جودة الإنتاج:

يتم تقييم هذا المؤشر بتقييم نتائج الإختبارات الموضحة في الجدول 5 طبقاً للمواصفات بالمعيار السعودي [10] (SPC304) والمواصفات الأمريكية [11، 12] [12، 11] (ASTM & ACI 318 & 214R-02-ACI 14)؛ حيث تم اختيار مقاومة الضغط باعتبارها الخاصية الأهم للخرسانة والتي ترتبط بها معظم خواص الخرسانة الأخرى، بالإضافة إلى اختبار الهبوط لقياس مدى قابلية الخلطة الخرسانية للتشغيل والصب واختبار درجة الحرارة لتأثير زيادتها الضار على انكماش الخرسانة وديمومتها، كما يتم تحدي مستوى التحكم في الإنتاج طبقاً للمعيار الأمريكي [11] (ACI 214R-02).

40%	مقاومة الضغط للخرسانة (Compressive strength test - BS1881)
25%	التحكم في درجة حرارة الخلطة الخرسانية (ASTM C1064)
25%	قابلية التشغيل للخلطة الخرسانية (Slump Test - ASTM C143)
10%	مستوى التحكم في الإنتاج (ACI 214R-02)

## أولاً: تقييم مقاومة الضغط للخرسانة

تعتبر مقاومة الضغط للخرسانة الخاصية الأهم من خواصها التي تؤثر بصورة مباشرة على خواص الخرسانة الميكانيكية الأخرى، كما تؤثر بشكل غير مباشر على بعض الخواص الفيزيائية الأخرى مثل ديمومة الخرسانة ومقاومتها للظروف البيئية مع الزمن. ولذلك تم تخصيص 40% من درجة تقييم مؤشر جودة الإنتاج لها، كما تم إلزام المصنع بكتابة رتبة الخرسانة ونوع العنصر بفاتورة التوريد حيث كانت معظم المصانع تكتفي بكتابة محتوى الإسمنت فقط وعدم الاهتمام بتحقيق المقاومة المميزة للخرسانة. وطبقاً للمعيار الأمريكي [11] (ACI 214R-02) تعتبر مقاومة ضغط الخرسانة مقبولة إذا حققت المقاومة المتوسطة المطلوبة للعينات ( $f_{cr}'$ ) المعادلات التالية:

$$f_{cr}' = f_c' + 8.4 \text{ MPa} \quad 20 < f_c' \leq 35 \text{ MPa} \quad (1)$$

$$f_{cr}' = 1.1 f_c' + 4.8 \text{ MPa} \quad f_c' > 35 \text{ MPa} \quad (2)$$

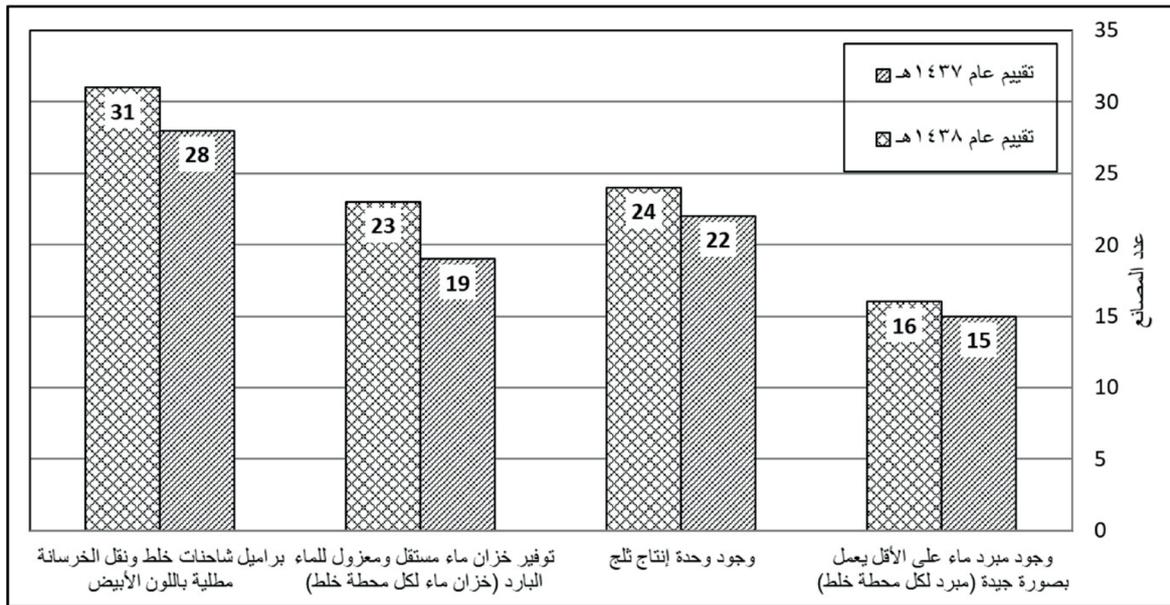
حيث ( $f'_c$ ) تمثل المقاومة المميزة للخرسانة بعد 28 يوماً. وتتوافق هذه المعادلات مع متطلبات المعيار السعودي للجودة [10] (SPC304 - 2007) للعينات المعالجة بالموقع. أما بالنسبة للعينات المعالجة بالمعمل والتي تتفق مع حالة العينات المأخوذة من مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة، حيث تؤخذ العينات وتعالج وتختبر تحت ظروف تحكم دقيقة، فيشترط المعيار السعودي [10] (SPC304 - 2007) لقبول العينة أن يتحقق الشرطان التاليان:

١. أن لا يقل المتوسط الحسابي لنتائج مقاومة الضغط ( $f'_m$ ) عن المقاومة المميزة للخرسانة ( $f'_c$ ).
٢. أن لا تقل مقاومة العينة الفردية ( $f'_i$ ) بأكثر من 3.5 ميجاباسكال عن المقاومة المميزة للخرسانة ( $f'_c$ ).

حيث يعتبر المصنع قد حقق مقاومة الضغط المميزة للخرسانة (رتبة الخرسانة) المنتجة إذا تحقق كلا الشرطين السابقين.

### ثانياً: تقييم درجة حرارة الخرسانة الطازجة بالمصنع:

طبقاً للمعيار السعودي [10] (SPC304 - 2007) يجب التحكم بدرجة حرارة الخرسانة الطازجة وتقليل كمية التبخر، حيث يؤثر ارتفاع درجة حرارة الخرسانة الطازجة بصورة سلبية على مقاومة الخرسانة والانكماش اللدن وديمومة الخرسانة. لذلك يوصي المعيار بأن لا تزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة عند وقت الصب عن 35 درجة مئوية مما يترتب عليه أن لا تزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة في موقع المصنع عن 32 درجة مئوية. كما توصي المعايير المختلفة بإتخاذ احتياطات لإنتاج الخرسانة بالأجواء الحارة والتي من شأنها أن تتحكم بدرجة حرارة الخرسانة الطازجة، مثل استخدام مياه باردة أو الثلج، مما يترتب عليه وجود بعض التجهيزات بالمصنع مثل مبردات المياه ووحدات إنتاج الثلج. ونظراً لعدم وجود مثل هذه التجهيزات في بعض المصانع وارتفاع تكلفتها، فقد واجه البرنامج في بدايته اعتراضاً من بعض المصانع على تنفيذ هذا البند. وقد تم التغلب على ذلك بعقد ورش عمل مكثفة مع أصحاب هذه المصانع ومشرفي الجودة بها لتوضيح أهمية التحكم بدرجة حرارة الخرسانة الطازجة وتأثير ارتفاعها السلبي على خواص الخرسانة الأخرى. يوضح الشكل 5 تطوير تجهيزات مصانع الخرسانة بمكة المكرمة للتحكم بدرجة حرارة الخرسانة المنتجة.



شكل (٥): تطوير تجهيزات مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة لتحقيق بعض احتياطات إنتاج الخرسانة بالجو الحار.

### ثالثاً: تقييم قابلية الخرسانة الطازجة للتشغيل:

لضمان صب الخرسانة ودمكها في القوالب بشكل فعال يشترط الكود السعودي [10] (SPC304 - 2007) أن لا يقل مقدار هبوط الخرسانة الناتج من اختبار الهبوط (Slump Test - ASTM C143) عن 75 مم في وقت الصب. لذلك يشترط برنامج أمانة العاصمة المقدسة لضبط الجودة بمصانع الخرسانة الجاهزة أن لا يقل مقدار الهبوط عن 125 مم بموقع المصنع، حيث يقل مقدار الهبوط مع مرور الوقت اللازم لنقل الخرسانة من المصنع إلى الموقع.

### رابعاً: تقييم مستوى التحكم في الإنتاج:

يتم تقييم مستوى التحكم في الإنتاج طبقاً للمعيار الأمريكي [11] (ACI 214R - 02) بحساب نسبة معامل التشتت (V) كما في المعادلة (3) لعينات كل رتبة من الخرسانة المنتجة ومقارنتها بحدود معامل التشتت الموضحة بالجدول (6).

$$V = (S / f_m) * 100 \quad (3)$$

حيث  $(f_m)$  تمثل المقاومة المتوسطة لعينات الخرسانة المختبرة بعد 28 يوماً، وتمثل (S) الانحراف المعياري لنتائج اختبار مقاومة الضغط بعد 28 يوماً طبقاً للمعادلة (4).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f_m)^2}{(n-1)}} \quad (4)$$

حيث (n) إجمالي عدد العينات،  $(f_i)$  نتيجة مقاومة الضغط لكل عينة مختبرة بعد 28 يوماً من تاريخ الصب.

مستوى التحكم	نسبة معامل التشتت لكل رتبة، %
ممتاز	أقل من 3
جيد جداً	3 إلى 4
جيد	4 إلى 5
مقبول	5 إلى 6
ضعيف	أكبر من 6

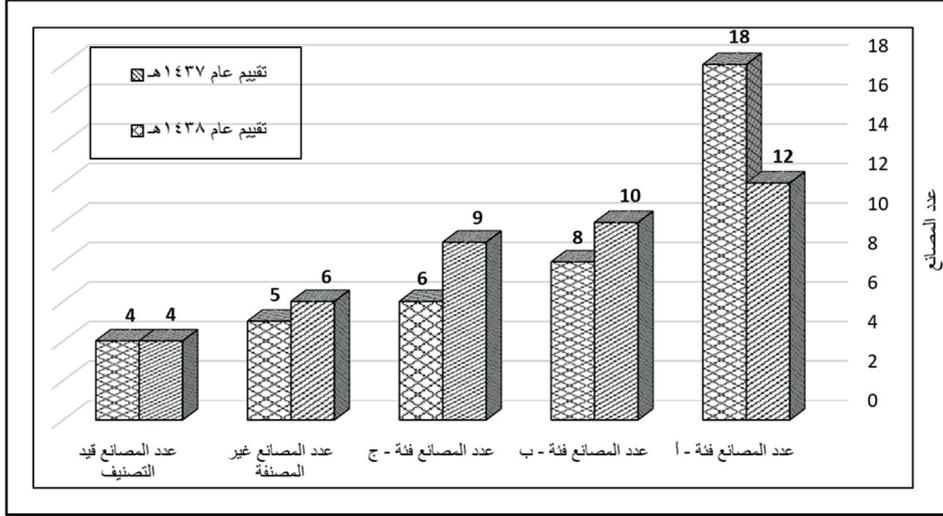
جدول (6): مستويات التحكم لكل رتبة من الخرسانة طبقاً لنسبة معامل التشتت [11].

طبقاً لتقرير المعهد الأمريكي لتقييم نتائج اختبار مقاومة الخرسانة [11] (ACI 214R - 02) يوجد ثلاثة منحنيات يمكن من خلالها تحديد اتجاه التحكم بجودة الإنتاج وهي: منحنى التحكم بالجودة لنتائج الاختبارات الفردية (Individual test QC chart)، ومنحنى التحكم بالجودة للمتوسط المتحرك لثلاث قيم (Moving average of three QC chart)، ومنحنى التحكم بالجودة للمجموع التراكمي لمقاومة الضغط (-CU SUM QC chart for compressive strength)، حيث أن المنحنى الأول أقلها تأثراً بحدوث تغيير في نتائج الاختبارات والمنحنى الأخير أكثرها تعبيراً عن مستوى التحكم بجودة الإنتاج حيث أن له حساسية عالية للتغير في نتائج الاختبارات [11]. لذلك تم تحديد اتجاه تحكم كل مصنع بجودة الإنتاج وإرفاقه بالتقرير السنوي للمصنع (ملحق 1) باستخدام منحنى التحكم بالجودة للمجموع التراكمي لمقاومة الضغط (CUSUM QC chart for compressive strength).

## تأثير تطبيق نظام مراقبة ضبط وتأكيد الجودة بمصانع الخرسانة على تطوير صناعة الخرسانة بمكة المكرمة.

### • تأثير تطبيق نظام مراقبة ضبط الجودة على تطوير التجهيزات الأساسية بالمصانع

تم إجراء متابعة مستمرة لتقييم مؤشر التجهيزات الأساسية بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة من خلال القيام بزيارة مرتبة مسبقاً للمصنع كل أربعة أشهر وإفادة المصنع بنقاط القوة والضعف عند كل زيارة للعمل على تحسين نقاط الضعف. ساهمت تلك المتابعة بشكل فعال في تطوير التجهيزات الأساسية بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة كما هو موضح بالشكل ٦، حيث زاد عدد المصانع الحاصلة على تصنيف فئة (أ) بهذا المؤشر بنسبة ٥٠٪ بينما قابل ذلك نقص بعدد المصانع ذات التصنيف فئة (ب) و فئة (ج). أما المصانع غير المصنفة فقد تحسنت تجهيزاتها الأساسية بما يحقق ٨٠٪ أو أكثر من متطلبات وشروط مؤشر المصنع والتجهيزات الأساسية.



(شكل ٦): تطوير مؤشر التجهيزات الأساسية لمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.

الشكل (٧) يوضح مدى التطوير ببعض بنود مؤشر المصنع والتجهيزات الأساسية وشروطها والتي ترتب عليها

بصورة عامة تطوير المؤشر خلال عامي ١٤٣٧ هـ و ١٤٣٨ هـ بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.



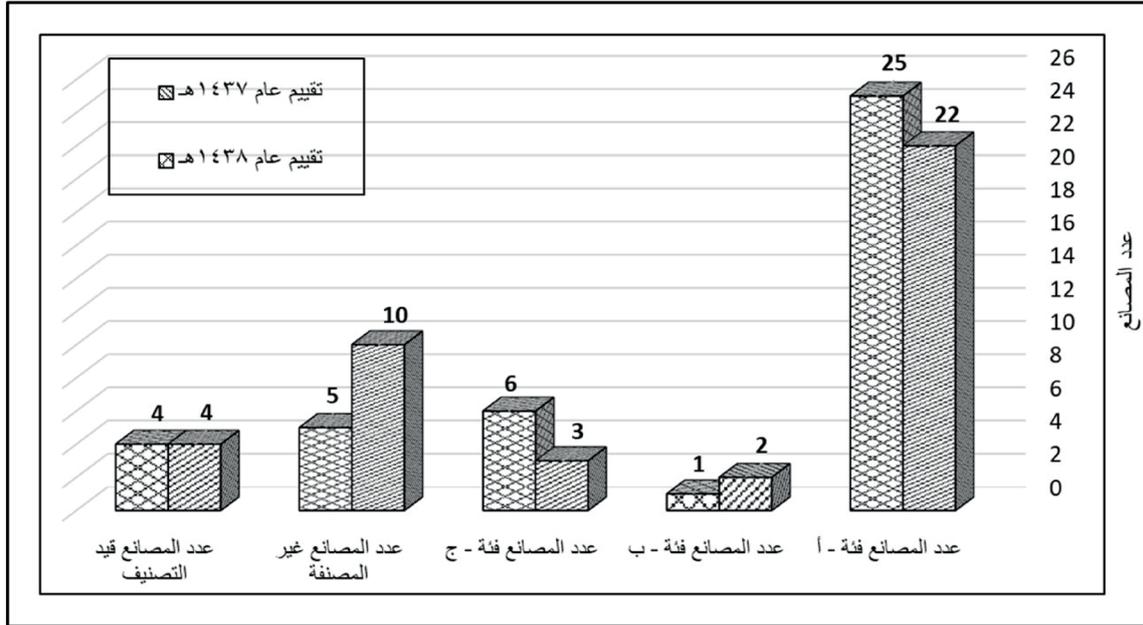
متطلبات الصحة والسلامة

تخزين ومنولة المواد (ماء الخلط والإضافات)

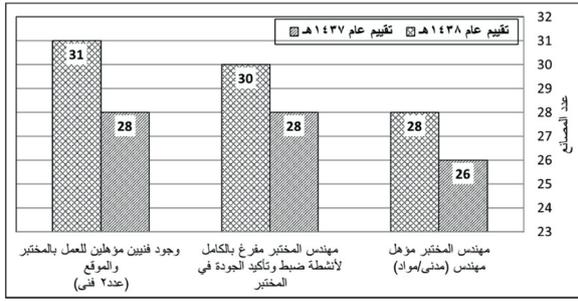
(شكل ٧): تطوير بعض بنود مؤشر المصنع والتجهيزات الأساسية وشروطها.

## تأثير تطبيق نظام مراقبة ضبط الجودة على تطوير أنشطة ضبط الجودة بالمصانع

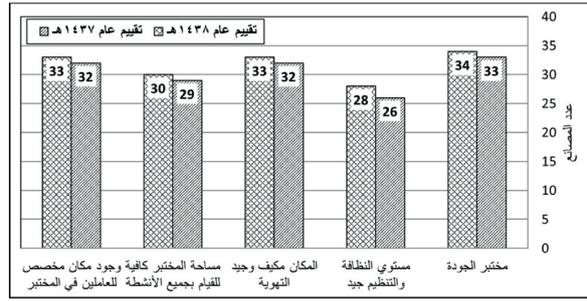
تحسن أداء مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة خلال عامي ١٤٣٧هـ و ١٤٣٨هـ بمؤشر المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية داخل المصنع كما هو مبين في الشكل ٨، حيث ارتفع عدد المصانع ذات الفئة (أ) بمعدل ١٣,٦٪ بينما تحسنت نسبة المصانع ذات الفئة (ج) بنسبة ٥٠٪ وقابل ذلك نقص في عدد المصانع ذات الفئة (ب) وغير المصنفة. وجاءت هذه النتيجة مترتبة على تطوير المصانع لبعض البنود والشروط لمؤشر المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية الموضحة في الشكل (٩).



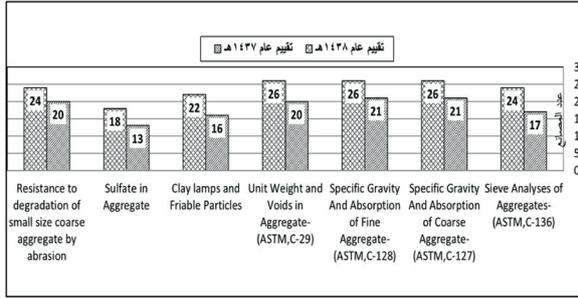
(شكل ٨): تطوير مؤشر المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.



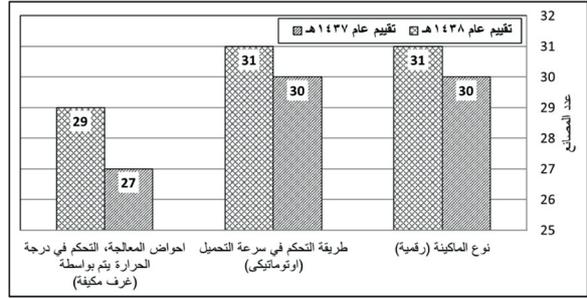
الجهاز الفني



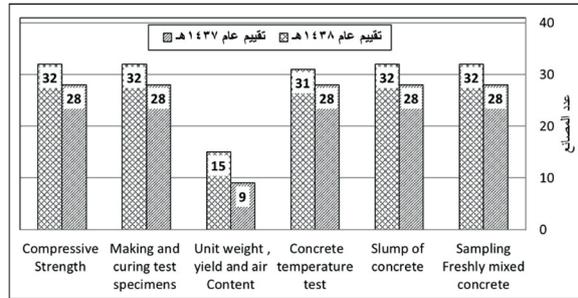
مختبر الجودة



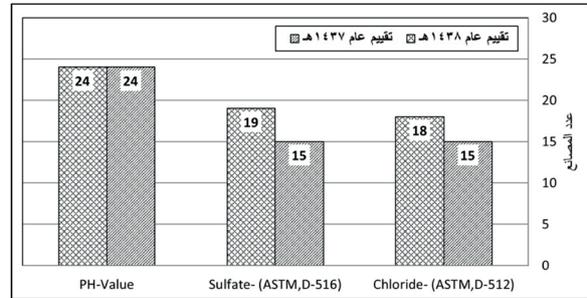
اختبارات الركام



متطلبات اختبار مقاومة الضغط



اختبارات الخرسانة وطريقة المعالجة واختبار المعكبات

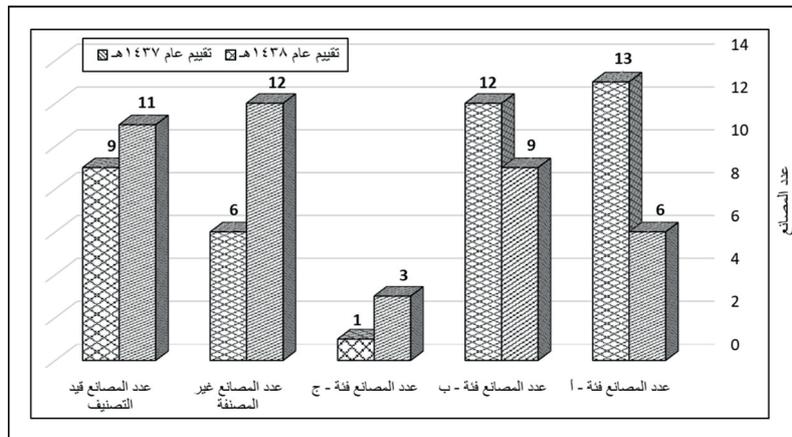


اختبارات ماء الخلط

(شكل ٩): تطوير بعض البنود والشروط لمؤشر المختبر وأنشطة ضبط الجودة الذاتية.

## تأثير تطبيق نظام مراقبة ضبط الجودة وضمانها على جودة الإنتاج:

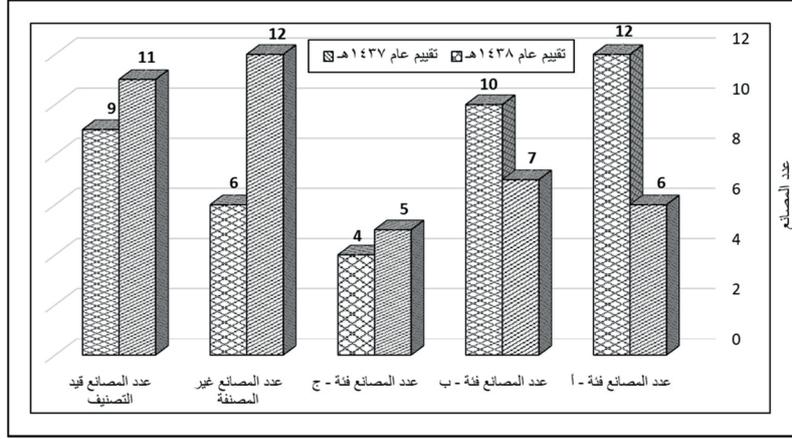
كان لتطبيق نظام مراقبة ضبط الجودة وضمانها على مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة خلال عامي ١٤٣٧ هـ و١٤٣٨ هـ تأثير فعال ومباشر على تحسين جودة إنتاج الخرسانة بمكة المكرمة، حيث ارتفع عدد المصانع ذات الفئة (أ) بهذا المؤشر بنسبة ١١٪، بينما ارتفعت هذه النسبة بمقدار ٣٣,٣٪ للمصانع ذات الفئة (ب) (شكل ١٠)، وترتب على ذلك نقص بعدد المصانع ذات الفئة (ج) وغير المصنفة والمصانع قيد التصنيف التي أنشئت حديثاً أو التي ليس بها إنتاج كافٍ لتقييم جودة منتجها.



(شكل ١٠): تطوير مؤشر جودة الإنتاج بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.

## تأثير تطبيق نظام مراقبة ضبط الجودة وضمانها على تطوير التصنيف السنوي للمصانع

نتيجة تطوير المؤشرات الثلاثة السابقة، فقد تحسن التصنيف السنوي لمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة كما هو موضح في الشكل ١١، حيث ارتفع عدد المصانع ذات الفئة (أ) بمقدار ١٠٠٪ والمصانع ذات الفئة (ب) بمقدار ٤٣٪ وترتب عليه انخفاض بنسبة ٢٠٪ و ٥٠٪ و ١٨٪ للمصانع ذات الفئة (ج) وغير المصنفة وقيّد التصنيف على التوالي.



(شكل ١١): تطوير التصنيف السنوي لمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة.

## الخلاصة والتوصيات:

- من خلال دراسة نتائج تطبيق البرنامج الرسمي لأمانة العاصمة المقدسة لمراقبة ضبط الجودة وضمانها بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة، نستنتج النقاط التالية:
- أثبتت النتائج الأولية للبرنامج الفاعلية والأهمية لوجود برنامج نظامي لمراقبة ضبط الجودة بمصانع الخرسانة الجاهزة وضرورة تعميم هذا النظام في المستقبل محلياً على جميع مدن المملكة ونشره إقليمياً بجميع الدول العربية التي ليس لديها مثل هذا النظام.
- تطوير الأداء العام لمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة من خلال تطوير المصانع لا لجودة منتجها النهائي من الخرسانة الجاهزة فحسب، بل أيضاً من خلال تحسين التجهيزات الأساسية وتحسين أداء مختبر الجودة وأنشطة ضبط الجودة الذاتية بها.
- ضرورة المتابعة وعقد ورش العمل العامة لتوعية المواطنين بمواصفات الخرسانة الجيدة وعقد ورش عمل خاصة مع مسؤولي الجودة بالمصانع للوقوف على المشاكل الفنية التي تؤثر سلباً على جودة الخرسانة المنتجة ومناقشة تحديث المواصفات الفنية بالمعايير المختلفة وتأثير ذلك على تحسين خواص الخرسانة.
- أدى وجود برنامج رسمي لمراقبة ضبط الجودة بمصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة إلى تحسين تصنيفها خلال عامي ١٤٢٧ هـ و ١٤٢٨ هـ بنسبة ١٠٠٪ و ٤٣٪ للمصانع ذات الفئة (أ) والفئة (ب) على التوالي وانخفاض عدد المصانع غير المصنفة وقيّد التصنيف بنسبة ٥٠٪ و ١٨٪ على التوالي.
- ضرورة وجود حافز للمصانع لضمان استمرارية التطوير والارتقاء بمستوى تصنيفها من خلال ربط رخص البناء باشتراط التعاقد مع أحد المصانع المصنفة قبل منح الرخصة، واشتراط التعاقد مع مصانع ذات تصنيف مرتفع في حال ارتفاع تكلفة المشروع عن حد معين.
- من خلال التعامل مع الأطراف ذات العلاقة أثناء تطبيق البرنامج، يتضح ضرورة ربط التصنيف بوجود ترخيص رسمي للمصنع من البلدية التابع لها حتى يقع المصنع تحت المظلة النظامية للأمانة ومن ثم إمكانية

تطبيق لائحة الغرامات والجزاءات في حال عدم التزام المصنع، وقد تصل إلى إغلاق المصانع غير المصنفة في المستقبل لضمان مستوى مرتفع لجودة الخرسانة المنتجة بمكة المكرمة.

- ضرورة اتساع مظلة البرنامج في المستقبل لمراقبة تطبيق ضبط الجودة لا في مصانع الخرسانة الجاهزة فحسب، ولكن أيضاً تشمل شركات المقاولات والمكاتب الاستشارية بهدف ضمان جودة المنشآت الخرسانية بمكة المكرمة.

ولاستمرار تطوير البرنامج وليكون عملاً مؤسسياً، تم التنسيق لإطلاق برنامج إلكتروني يتكون من قاعدة بيانات كاملة للمصانع وموقع إلكتروني وتطبيق للهواتف الذكية لأتمتة جميع إجراءات الترخيص والتصنيف ونشر الوعي بين المواطنين عن مواصفات الخرسانة الجيدة ومساعدتهم في اختيار المصنع المناسب للتعاقده معه.

## شكر وتقدير

يتقدم المؤلفون بالشكر الجزيل لأمانة العاصمة المقدسة ممثلة في معالي أمين مكة المكرمة وسعادة وكيل الأمين للمشاريع والتعمير وسعادة مدير عام الطرق وسعادة مدير إدارة مختبر المواد، على اهتمامهم وحرصهم الكبير على إنجاح برنامج مراقبة ضبط الجودة وضمانها على مصانع الخرسانة الجاهزة بمكة المكرمة والذي تقوم الأمانة بتنفيذه بالتعاون مع المكتب الاستشاري - مكتب المهندس زكي الجوهري للاستشارات الهندسية.

## المراجع:

### أولاً: المراجع العربية:

- الهيئة العامة للإحصاء بالمملكة العربية السعودية، تقرير متوسط أسعار بعض المواد الإنشائية خلال عام ٢٠١٧، الهيئة العامة للإحصاء، المملكة العربية السعودية.
- خالد بن محمد الهيج، زهير بن عبد الرحمن سقاط، تركي بن سعد السريحي، حسين بن محمد عارف عز الدين، محمد أحمد الجزار، محمد احمد محمد الطريف، خالد بن سليمان المسلم، «دليل تأهيل واعتماد مصانع الخرسانة الجاهزة بالعاصمة المقدسة»، الإصدار الأول ١٤٣٧هـ، أمانة العاصمة المقدسة، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية بالمملكة العربية السعودية، «الاشتراطات والمعايير الفنية لإقامة مصانع بيع الخرسانة الجاهزة»، ١٤٢١هـ، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- عبد الرحمن محمد الحزيمي، عبد العزيز إبراهيم النغميش، صالح عبد الله السليمان، سعود جار الله السويداء، محيي الدين القحطاني، «نظام مراقبة جودة الخرسانة الجاهزة ودوره في تطبيق كود البناء السعودي للمنشآت الخرسانية»، ٢٠٠٩، مجلة جامعة أم القرى للهندسة والعمارة، مجلد ١، العدد ١، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- الكود السعودي للمنشآت الخرسانية رقم 304، 2007، SBC 304، الرياض، المملكة العربية السعودية.

### ثانياً: المراجع الأجنبية:

- National Ready Mixed Concrete Association P2P Steering Committee, William C. T., "Quality Management System for Ready Mixed Concrete Companies", February 2008, RMC Research & Education Foundation, USA.
- William C. T., "Preparation Guidelines for Quality Manual for Ready Mixed Concrete Companies", February 2008, RMC Research & Education Foundation, USA.
- William C. T., "Sample Quality Manual: Global Ready Mixed Concrete Company", February 2008, RMC Research & Education Foundation, USA.
- National Ready Mixed Concrete Association P2P Steering Committee, "Ready Mixed Concrete Company External Quality Audit Checklist for Compliance with Quality Plan", February 2008, RMC Research & Education Foundation, USA.
- The Quality Scheme for Ready Mixed Concrete, "The QSRMC Quality and Product Conformity Regulations", 2009, (Incorporating the Requirements of: BS EN 206-1:2000, BS 8500-1:2006, BS 8500-2:2006 and BS EN ISO 9001: 2008), UK.
- American Concrete Institute, «Evaluation of Strength Test Results of Concrete», 2002, Reported by ACI Committee 214, ACI 214-02, Detroit, USA.
- American Concrete Institute, «Building Code Requirements for Reinforced Concrete», 2014, ACI 318M-14, Detroit, USA.

Received: 17/03/2018

Accepted: 27/06/2018

# Application of Quality Control/Assurance System and its effect on the Improvement of Ready-mixed Concrete Industry in Makkah

## Abstract

Makkah Al-Mukarramah is the holiest city for Muslims in the world, where more than 15 million Muslims travel to it annually to perform Hajj and Umrah. Makkah is also witnessing an annual development in the infrastructure and public facilities, in particular those of the holy places to ensure the comfort of its visitors, resulting in an annual increase in the quantities of ready-mixed concrete produced from Ready-mixed Concrete (RMC) plants in Makkah. In the past years, many problems of concrete structures have been monitored, especially during the construction period, some of which were due to defects in the design and implementation of structural elements, while others were due to poor quality of concrete, as a result of the absence of an official quality control scheme, especially for private projects not supervised by a consultant office.

Therefore, the Municipality of the Holy Capital in 1436H launched an official scheme supported by the Minister of Municipal and Rural Affairs in the Kingdom to control and ensure the quality schemes in RMC plants in Makkah. By inspecting the local quality schemes in Riyadh, in addition to the international quality control programs in some developed countries such as Britain (QSRMC) and the United States of America (NRMCA), a special program is launched in accordance with the conditions and nature of work in Makkah region to develop the performance of RMC plants and improve the quality of produced RMC. This paper presents the objectives of this program: its outputs, and the criteria for classification of RMC plants. This quality scheme has a significant positive effect on developing the RMC industry in Makkah and has great potentials if dispersed over all regions of the Kingdom.