Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (38), (Dec, 2025)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) العدد 38 ديسمبر 2025
ردمد: 3014-6266

تحسين العمليات التشغيلية في صناعة الإسمنت باستخدام منهجية Six Sigma: دراسة حالة باستخدام تقنية Deming

محمد احمد حديدان [2]المعهد العالي للعلوم والتقنية – الخمس، ليبيا

الصادق مصطفى بالرزق [2]المعهد العالي للعلوم والتقنية – الخمس، ليبيا

موسى محمد محمد اللافي المعهد العالي لتقنيات علوم البحار – الخمس

تاريخ الاستلام:2025/12/2 –تاريخ المراجعة: 2025/12/6– تاريخ القبول: 2025/12/12– تاريخ للنشر: 16/12/ 2025

الملخص:

تُعد صناعة الإسمنت قطاعًا حيويًا يواجه تحديات كبيرة تتعلق بالكفاءة التشغيلية، جودة المنتج، والأثر البيئي. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم فعالية تطبيق منهجية Six Sigma في تحسين العمليات التشغيلية بصناعة الإسمنت، مع التركيز على العوامل الحرجة والتحديات المرتبطة بذلك، ودمج تقنية ديمينغ (Deming Technique) كإطار داعم. اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، حيث جُمعت البيانات من مصنع البرج لصناعة الإسمنت بمدينة زليتن، ليبيا، خلال شهر أبريل 2025، عبر استبيانات ومقابلات مع المسؤولين والعاملين. تم تحليل البيانات كمياً باستخدام تحليل الانحدار واختبار الفرضيات (t–test) في برنامجSPSS ، ونوعياً باستخدام تحليل المحتوى. أظهرت النتائج أن الوعي بتطبيق Six Sigma لا يزال محدوداً (37.14% فقط لديهم دراية)، وأن المصنع طبقها بنسبة منخفضة (31.43%). كما كشفت الدراسة أن أبرز التحديات تكمن في عدم كفاية التدريب (57.14%) وغياب الدعم الإداري (45.71%)، بينما تُعد القيادة الفعالة (77.14%) والتواصل الفعال (71.43%) من أهم سبل التغلب على هذه التحديات. على الرغم من ذلك، أقر غالبية المشاركين بإمكانية مساهمة Six Sigma في تحسين جودة المنتج (51.43%)، تعزيز استقرار العمليات (48.57%)، وتحسين السلامة (51.43%). تؤكد الدراسة على الإمكانات الواعدة لـ Six Sigma في صناعة الإسمنت، وتوصي بضرورة تعزيز الدعم الإداري والتدريب الشامل لضمان نجاح تطبيقها المستقبلي.

الكلمات المفتاحية: منهجية سيجما ستة،تحسين العمليات التشغيلية ،صناعة الإسمنت، مصنع البرج للإسمنت.

Abstract:

The cement industry is a vital sector facing significant challenges related to operational efficiency, product quality, and environmental impact. This study aims to evaluate the effectiveness of applying the Six Sigma methodology in improving operational processes within the cement industry, focusing on critical factors and associated challenges, and integrating Deming Technique as a supportive framework. The research adopted a descriptive-analytical approach. Data was collected from Al-Burj Cement Plant in Zliten, Libya, during April 2025, through questionnaires and interviews with officials and employees. Quantitative data was

analyzed using regression analysis and t-tests in SPSS, while qualitative data was analyzed using content analysis. The results indicated that awareness of Six Sigma application remains limited (only 37.14% have knowledge), and the plant's implementation rate was low (31.43%). The study also revealed that the main challenges include insufficient training (57.14%) and a lack of management support (45.71%). Conversely, effective leadership (77.14%) and effective communication (71.43%) were identified as crucial for overcoming these challenges. Despite these hurdles, the majority of participants acknowledged Six Sigma's potential contribution to improving product quality (51.43%), enhancing operational stability (48.57%), and improving safety (51.43%). The study confirms the promising potential of Six Sigma in the cement industry and recommends the necessity of strengthening management support and comprehensive training to ensure its successful future implementation.

Keywords: Six Sigma methodology; improving operational processes; cement industry;Al-Burj Cement Plant.

1- المقدمة:

تعد صناعة الإسمنت من القطاعات الحيوية التي تواجه تحديات كبيرة تتعلق بالكفاءة التشغيلية، جودة المنتج، والتأثير البيئي. وفقًا لتقرير الرابطة العالمية للإسمنت (2023)، فإن صناعة الإسمنت مسؤولة عن حوالي (7%) من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية، مما يسلط الضوء على الحاجة الملحة لتحسين العمليات التشغيلية، في هذا السياق، برزت منهجية Six Sigma كأداة فعالة لتحسين الجودة وتقليل الهدر في صناعات مختلفة. أظهرت دراسة إجراها Lee et al. (2020) أن تطبيق Six Sigma أدى إلى تحسين جودة المنتج بنسبة (25%) في صناعة التصنيع. وبالمثل، وجد Chen et al. (2021) أن Six Sigma قللت التكاليف التشغيلية بنسبة (20%) في قطاع الرعاية الصحية. لتكملة Six Sigma، تم اعتماد تقنية Deming، التي طورها W. Edwards Deming (1986)، كإطار توجيهي. تركز تقنية Deming على التحسين المستمر (Kaizen) وإشراك الموظفين، مما يعزز فعالية Six Sigma (Deming, 1986).

منهجية Six Sigma:

Six Sigma هي منهجية إدارية تركز على تحسين الجودة وتقليل التباين في العمليات من خلال استخدام أدوات إحصائية وتقنيات منهجية (Harry & Schroeder, 2000). تعتمد على منهجية DMAIC (تحديد، قياس، تحليل، تحسين، ضبط) لتحقيق أهدافها (Pande et al., 2000). وقد أثبتت فعاليتها في صناعات مثل التصنيع والرعاية الصحية (Lee et al., 2020; Chen et al., 2021).

تقنية Deming:

تقنية Deming، التي تقوم على 14 نقطة إدارية، تركز على التحسين المستمر، إشراك الموظفين، والقيادة الفعالة (Deming, 1986). وفقًا لـ Antony & Banuelas (2002)، فإن دمج تقنية Deming مع Six Sigma يعزز الثقافة التنظيمية ويزيد من فرص النجاح.

أهداف الدراسة:

يهدف هذا البحث التقييم فعالية تطبيق Six Sigma في تحسين العمليات التشغيلية في صناعة الإسمنت وتحديد العوامل الحرجة التي تساهم في نجاح تطبيق Six Sigma باستخدام تقنية Deming كما يهدف الى تقديم إطار عمل عملي لتحسين العمليات التشغيلية في صناعة الإسمنت.

التساؤلات البحثية:

1- كيف يمكن تطبيق منهجية Six Sigma لتحسين العمليات التشغيلية في صناعة الإسمنت؟

2 - ما هي العوامل الحرجة التي تساهم في نجاح تطبيق Six Sigma باستخدام تقنية Deming؟

3 - ما هي التحديات التي تواجه تطبيق Six Sigma في صناعة الإسمنت، وكيف يمكن التغلب عليها؟

الفرضيات البحثية:

اولا : الفرضيات الاساسية:

الفرضية الاولى تشير الى ان هناك علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين تطبيق Six Sigma وتقليل التعرض للسيليكا الكريستالين في صناعة الإسمنت والفرضية الثانية هي ان تقليل التعرض للسيليكا الكريستالين يؤدي إلى تحسين المؤشرات الصحية للعمال في صناعة الإسمنت.

ثانيا : الفرضياتالفرعية:

- يؤثر التزام القيادة الفعال بشكل مباشر على نجاح تطبيق Six Sigma في تقليل التعرض للسيليكا الكريستالين (Antony &Banuelas, 2002).
- يساهم التدريب الشامل على Six Sigma في تحسين ممارسات السلامة وتقليل التعرض للسيليكا الكريستالين (George et al., 2005).
- يعد جمع البيانات الدقيقة وتحليلها أساسيين لتحديد مصادر التعرض وتطوير حلول فعالة (Pande et al., 2000).

2- الدراسات السابقة:

على الرغم من النجاح الملحوظ الذي حققته منهجية سيجما الستة (Six Sigma) في تحسين العمليات ضمن العديد من الصناعات، إلا أن نطاق تطبيقها في قطاع الإسمنت لا يزال محدوداً. ومع ذلك، تشير الدراسات البحثية القائمة إلى إمكانات واعدة لهذه المنهجية في إحداث تحسينات جوهرية عبر مراحل الإنتاج المختلفة. توضح المراجعة التالية أبرز مساهمات الدراسات السابقة في هذا السياق:

تحسين الكفاءة التشغيلية وجودة المنتج: أظهرت دراسة Wang et al. (2019) أن تطبيق سيجما الستة، وتحديداً منهجية DMAIC ، على عملية طحن الإسمنت أسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية بنسبة (18%). وفي سياق جودة المنتج النهائي، كشفت دراسة Rao et al. (2017) عن تحقيق تحسن بنسبة 15% في جودة الإسمنت بعد تطبيق المنهجية.وفي دراسة Putri, Nilda Tri et al. (2018) بعنوان *Implementation of Six Sigma Method for Quality Improvement in Cement Industry*، تم اتباع خطوات DMAIC لجمع وتحليل بيانات العيوب باستخدام أدوات إحصائية مثل Pareto Chartو Cause-and-Effect Diagram، مما أدى إلى انخفاض معدل العيوب وتحسن مستوى السيجما من 3.4 إلى 4.1، مع التوصية بمواصلة مراقبة مؤشرات الجودة وتوسيع التطبيق ليشمل عمليات أخرى.

خفض الهدر واستهلاك الموارد: سلطت دراسة Gupta et al. (2018) الضوء على قدرة سيجما الستة في تقليل الهدر بنسبة (25%) من خلال تطبيقها على عملية خلط المواد الخام في إحدى شركات الإسمنت. ومن منظور استهلاك الطاقة، أشارت نتائج دراسة Singh & Kumar (2016) إلى انخفاض بنسبة (12%) في استهلاك الطاقة بمصانع الإسمنت بفضل تطبيق هذه المنهجية. وفي هذا السياق، توصلت دراسة Kumar, R. & Sharma, M. (2018) بعنوان *Implementation of Six Sigma in a Cement Industry*إلى أن تطبيق DMAIC مع تحليل الأسباب الجذرية للعيوب واستخدام الضبط الإحصائي للعمليات أدى إلى تقليل التباين، وتحقيق تحسن كبير في استقرار الجودة، وزيادة كفاءة الإنتاج، وتقليل الفاقد، مع التوصية بتدريب الموظفين ودمج Six Sigma في استراتيجية التحسين المستمر.

تحسين العمليات اللوجستية والحد من الأخطاء: بينت دراسة Jain et al. (2015) أن تطبيق سيجما الستة على عملية تعبئة الإسمنت أدى إلى انخفاض ملحوظ في معدل الأخطاء بنسبة (30%). وفي مجال إدارة المخزون، توصلت دراسة Patel et al. (2020) إلى أن استخدام سيجما الستة يمكن أن يخفض تكاليف المخزون بنسبة (20%) ، كما ركزت دراسة Isaksson, Raine & Taylor, Norman (2009) بعنوان *Logistics Performance Management in Cement Industry with Six Sigma*على تحسين أداء سلاسل الإمداد والخدمات اللوجستية باستخدامDMAIC ، مما أسفر عن تقليل زمن التسليم وتحسين

دقة الطلبات وخفض التكاليف التشغيلية، مع التوصية بتوسيع التطبيق لأقسام أخرى.وإضافة إلى ذلك، تناولت دراسة da Costa, Sérgio Luis et al. (2019) بعنوان *Using DMAIC for In-Plant Logistic Activities Improvement in a Cement Industry* تحسين أنشطة اللوجستيات الداخلية من خلال جمع وتحليل بيانات زمن النقل الداخلي، ما أدى إلى تقليل زمن النقل وتحسين تدفق المواد وزيادة الكفاءة التشغيلية، وأوصت بدمج التحسينات مع أنظمة الجودة وتطبيق أدوات التحسين بشكل دوري.

الحد من الانبعاثات وتحسين السلامة المهنية: فيما يتعلق بالأثر البيئي، أظهرت نتائج دراسة Khan et al. (2021) انخفاضاً في الانبعاثات الضارة بنسبة (18%) من خلال تحسين عملية حرق الكلنكر باستخدام سيجما الستة. وعلى صعيد السلامة المهنية، أشارت دراسة Sharma et al. (2019) إلى انخفاض في معدل الحوادث بنسبة (25%) بعد تطبيق المنهجية في مصانع الإسمنت.

تؤكد هذه الدراسات مجتمعة على الإمكانات الكبيرة لمنهجية سيجما الستة في معالجة التحديات التشغيلية، البيئية، والخاصة بالسلامة في صناعة الإسمنت. ومع ذلك، لا تزال هناك حاجة ماسة لمزيد من الأبحاث التطبيقية والمعمقة لتوسيع نطاق فهم وتطبيق هذه المنهجية بشكل أوسع في هذا القطاع الحيوي.

3-منهجية وحدود البحث:

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، فجُمعت البيانات من مصنع البرج لصناعة الإسمنت بمدينة زليتن، ليبيا، خلال شهر أبريل 2025، عبر استبيانات ومقابلات مع المسؤولين والعاملين. وتم تحليل البيانات كمياً باستخدام تحليل الانحدار واختبار الفرضيات (t-test) باستخدام برنامج SPSS، ونوعياً باستخدام تحليل المحتوى من خلال العودة لأدبيات الموضوع وتحليل الدراسات السابقة واعتماد مصنع البرج للإسمنت بمدينة زليتن كعينة للدراسة. ومن خلال العودة لأدبيات الموضوع وتحليل الدراسات السابقة.تقع حدود العينة المختارة للبحث ضمن مصنع البرج لصناعة الاسمنت الذي يقع ضمن نطاق مدينة زليتن ويتبع لشركة الاتحاد العربي للمقاولاتوهو أحد المصانع المهمة لإنتاج الأسمنت في ليبيا بطاقة انتاجية تبلغ حوالي 4,400 طن أسمنت بورتلاندي (88,000 كيس أسمنت يومياً) حيث بدأ التشغيل الفعلي له في 1 نوفمبر 2005.يعتمد المصنع على تقنيات حديثة في صناعة الأسمنت ويتميز المصنع بوجود مختبرات لمراقبة جودة المواد الخام والمنتجات النهائية. وقد تم تنفيذ هذا البحث في شهر ابريل سنة 2025. تم استخدام أسلوب المسح الميداني للعينة المختارة بجمع البيانات عن طريق الاستبيانات الموزعة على المسؤولين والعاملين بالمصنع واستخدام اختبارات إحصائية مثل تحليل الانحدار (Chi-Square) واختبار الفرضيات للتحليل الكمي وتحليل نوعي تمثلفي تحليل البيانات النصية من المقابلات باستخدام تحليل المحتوى (Content Analysis)وقداستخدم البرنامج الاحصائي spss في المعالجات الاحصائية لتحليل البيانات واستخلاص النتائج.

4-النتائج:

4-1 الاحصاء الوصفي لعينة البحث:

جدول (1) يبين توزيع العينة وفقاً للمتغيراتالديمغرافية

		الليبيين		الأجانب		العينة الكلية	
		ن	%	ن	%	ن	%
الموهل العلمي	الثانوية ما دونها	2	8.696	0	0	2.00	5.71
	البكالوريس	19	82.61	11	91.67	30.00	85.71
	ماجستير	1	4.348	1	8.333	2.00	5.71
	الدكتوراه	0	0	0	0	0.00	0.00
	اخري	0	0	1	8.333	1.00	2.86
الوظيفة الحالية في المصنع	الإدارة العليا	0	0	1	8.333	1.00	2.86
	إدارة العمليات	2	8.696	5	41.67	7.00	20.00
	مهندس عمليات	4	17.39	5	41.67	9.00	25.71
	مراقبة الجودة	1	4.348	0	0	1.00	2.86
	السلامة المهنية	1	4.348	0	0	1.00	2.86
	الصيانة	13	56.52	5	41.67	18.00	51.43
	اخرى	2	8.696	0	0	2.00	5.71
مدة العمل في المصنع	من 5إلى 10 سنوات	1	4.348	1	8.333	2.00	5.71
	من 10 إلى 20 سنة	20	86.96	8	66.67	28.00	80.00
	أكثر من 20 سنة	0	0	4	33.33	4.00	11.43

يُظهر الجدول (1) المتعلق بتوزيع العينة وفق المؤهل العلمي والوظيفة الحالية ومدة الخدمة في المصنع أن غالبية المشاركين يمتلكون **مؤهلًا جامعيًا (بكالوريوس)** بنسبة (85.71%)، مع نسبة معتبرة من حملة الماجستير (5.71%)، الأمر الذي يعكس توفر مستوى علمي يؤهلهم لفهم واستيعاب منهجيات التحسين مثل **Six Sigma** وتقنية **ديمنغ .PDCA** كما أن وجود فئة محدودة من ذوي المؤهل دون الثانوي يشير إلى أن معظم القوى العاملة المشاركة تنتمي إلى الشريحة المؤهلة أكاديميًا، وهو ما يعزز دقة البيانات التي يمكن الحصول عليها منهم في إطار هذا البحث.

أما من حيث التوزيع الوظيفي، فإن أكثر من ثلاثة أرباع العينة يعملون في أقسام **الصيانة** و**هندسة العمليات** و**إدارة العمليات**، وهي الأقسام الأكثر ارتباطًا بالعمليات التشغيلية والإنتاجية التي تستهدفها منهجية Six Sigmaللتحسين، مما يدعم قدرة البحث على جمع بيانات واقعية من مصادرها المباشرة. ويلاحظ أيضًا تمركز الخبرات الأجنبية في المواقع التقنية المتقدمة، في حين يغلب على الكوادر الليبية العمل في الصيانة،

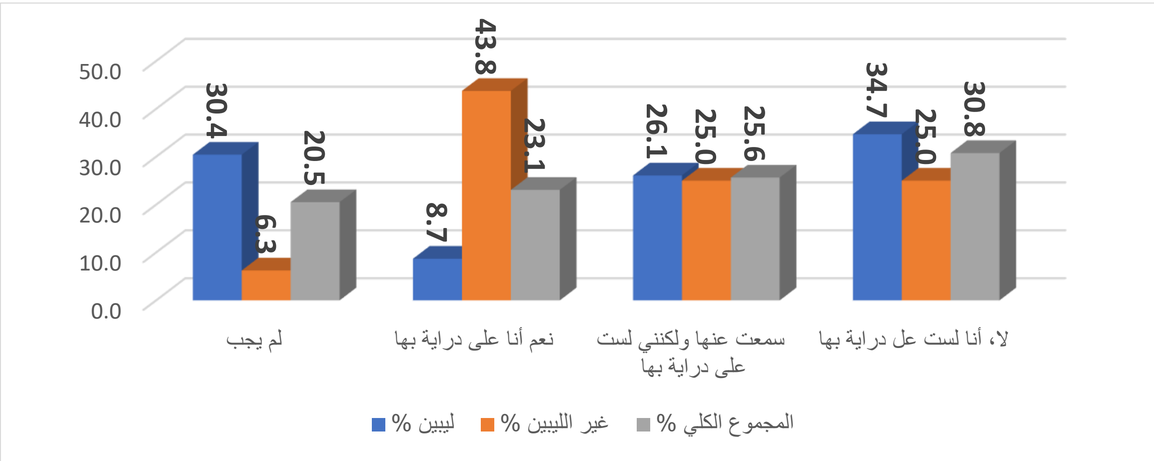
وهو ما يعكس مزيجًا من الخبرات المحلية والخارجية يمكن أن يسهم في إنجاح تطبيق برامج التحسين إذا تم استثماره بالشكل الأمثل.

وفيما يتعلق بمدة الخدمة، فإن الغالبية العظمى من المشاركين لديهم خبرة تتراوح بين **10 و20 سنة** (80%)، إضافة إلى نسبة من ذوي الخبرة التي تتجاوز 20 سنة (11.43%)، جميعهم من الأجانب. هذا يشير إلى أن المشاركين يتمتعون بخبرة عملية طويلة تمكّنهم من تقديم تقييمات دقيقة وموضوعية حول واقع العمليات التشغيلية وتحدياتها، وهو ما يتماشى مع هدف البحث في **تحليل فعالية تطبيق Six Sigma في بيئة إنتاجية حقيقية ومعقدة مثل صناعة الأسمنت.**

وبناءً على ما سبق، فإن خصائص هذه العينة من حيث المؤهل العلمي، والموقع الوظيفي، والخبرة العملية، تتوافق بدرجة عالية مع أهداف البحث، وتضمن أن البيانات المستخلصة تمثل آراء وتجارب فاعلة ومؤثرة في بيئة العمل المستهدفة.

4-2 فهم الستة سيجما وتأثيرها:

تبين نتائج الشكل (1) إلى تفاوت واضح في مستوى الدراية بمنهجية Six Sigma بين الفئتين (الليبين وغير الليبين)، مع وجود فرق معنوي عند مستوى (0.01)، وهو ما يدل على أن الخلفية الثقافية أو المهنية قد تؤثر على المعرفة المسبقة بهذه المنهجية. هذا يتفق مع ما توصلت إليه دراسة **Implementation of Six Sigma in a Cement Industry** التي أوضحت أن ضعف المعرفة المبدئية بـ Six Sigma يعد من أبرز معوقات التطبيق، وأن التدريب الموجه يسهم في رفع مستوى الفهم.

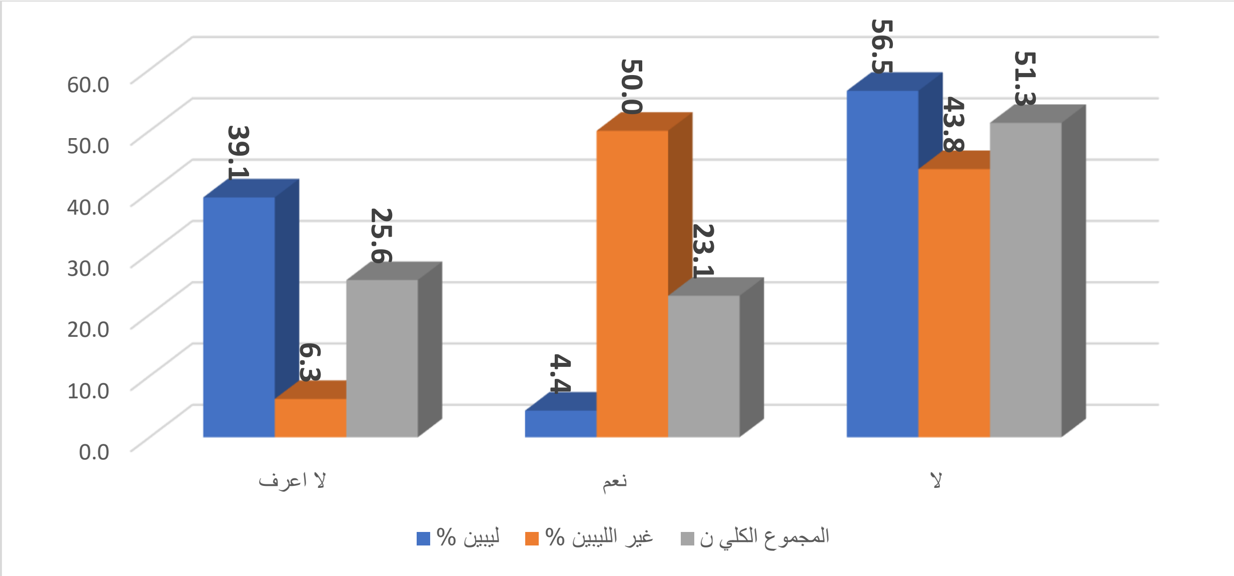


كاي تربيع (Chi-Square) = 10.28 درجة الحرية (df) = 3 مستوى المعنوية (Sig) =0.01

شكل (1) يبين مستوى الدراية بمنهجية سيجما ستة

يبين من الشكل (2) أن نسبة كبيرة من المستجيبين لا يعرفون ما إذا كان المصنع قد طبقSix Sigma ، مع فروق معنوية عند (0.001)، مما يعكس ضعف التواصل الداخلي حول برامج التحسين. هذا يتماشى

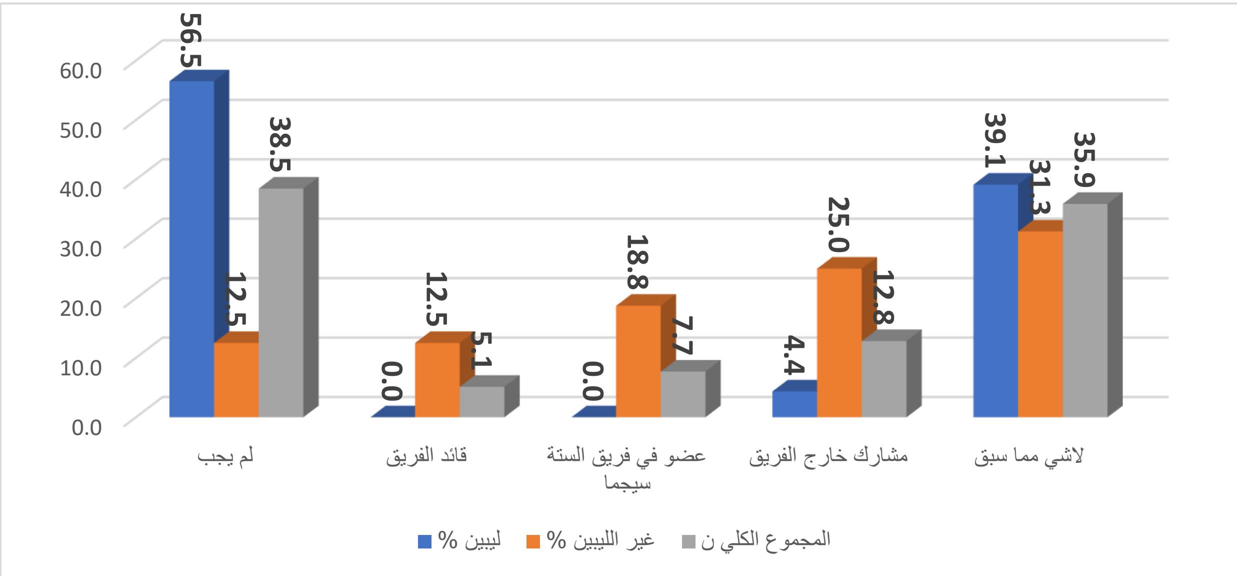
مع دراسة **Using DMAIC for In-plantLogisticActivities** التي شددت على ضرورة نشر ثقافة التحسين بين العاملين لضمان فعالية التنفيذ.



كاي تربيع (Chi-Square) = 7.21 درجة الحرية (df) = 1 مستوى المعنوية (Sig) =0.001

الشكل (6) يبين قيام المصنع بتنفيذ سيجما ستة من قبل أم لا

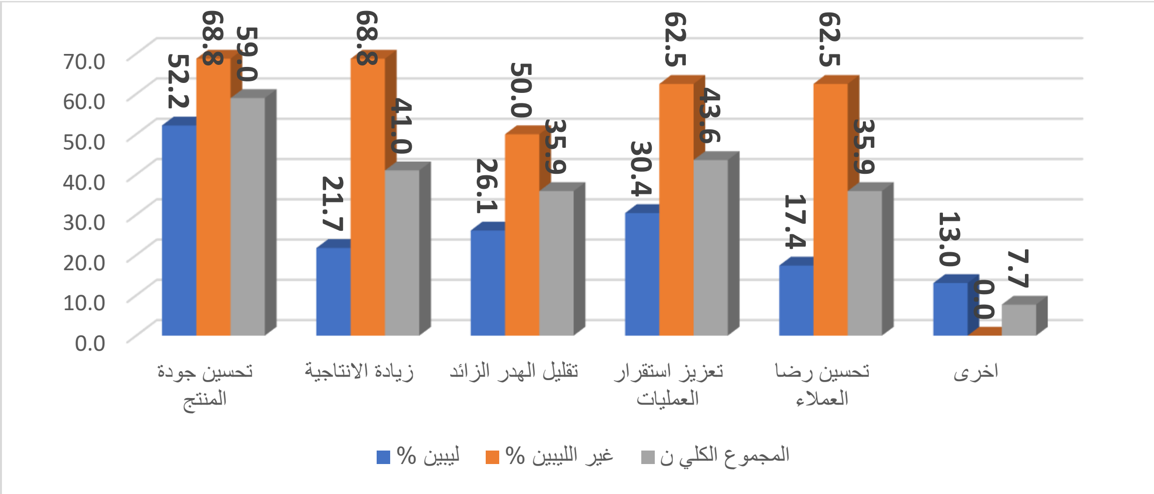
تبين نتائج الشكل (2) أن غالبية الأفراد لم يشاركوا بشكل مباشر في فرقSix Sigma ، مع فروق معنوية عالية (0.001)، مما يشير إلى أن التنفيذ قد يكون محدودًا على مستوى الإدارة أو فرق مختارة فقط، بينما تطبيق دورة ديمنغ (PDCA) يتطلب مشاركة أوسع.



كاي تربيع (Chi-Square) = 17.18 درجة الحرية (df) = 3 مستوى المعنوية (Sig) =0.001

شكل (2) يبين الأدوار التي قام بها أفراد العينة في تنفيذ سيجما ستة

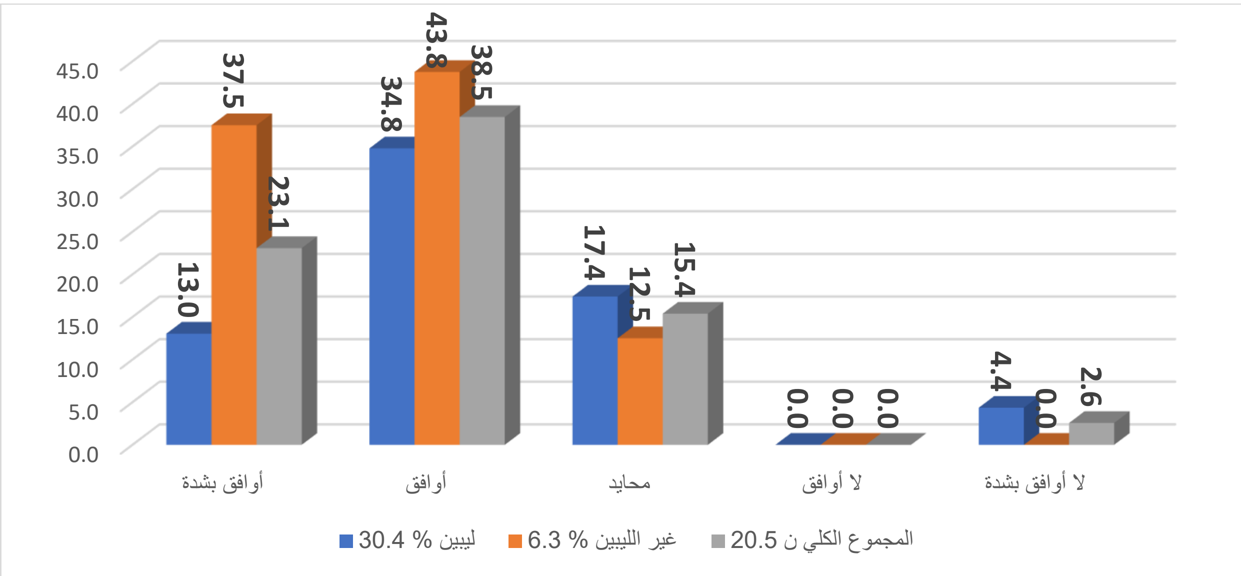
يبين الشكل (3) أن أبرز الأهداف التي أشار إليها المستجيبون هي تحسين جودة المنتج وزيادة الإنتاجية، يليها تقليل الهدر وتعزيز استقرار العمليات. هذا يتوافق مع نتائج دراسة **CemLean6S** التي أكدت أن جودة المنتج وكفاءة العمليات هما المحركان الرئيسيان لتبني Six Sigma في صناعة الإسمنت. ورغم أن الفروق الإحصائية هنا غير معنوية (0.07)، إلا أن الاتجاه العام يؤكد الأولويات التشغيلية.



كاي تربيع (Chi-Square) = 10.007 درجة الحرية (df) = 5 مستوى المعنوية (Sig) =0.07

شكل (3) يبين الأهداف الرئيسية لتنفيذ سيجما ستة في صناعة الأسمنت

يظهر الشكل (4) أن أغلب المستجيبين يوافقون أو يوافقون بشدة على دور Six Sigma في تحسين السلامة، لكن الفروق الإحصائية غير معنوية (0.44). هذا يشير إلى إدراك إيجابي عام، وإن لم يكن مدعومًا بتجربة مباشرة لدى جميع الأفراد. الدراسات السابقة، مثل حالة تطبيق PDCA في الصناعات الثقيلة، توضح أن التحسينات التشغيلية غالبًا ما تنعكس على مؤشرات السلامة على المدى الطويل.



كاي تربيع (Chi-Square) = 2.70 درجة الحرية (df) = 3 مستوى المعنوية (Sig) =0.44

شكل (4)موافقة العينة على مساهمة سيجما في تحسين عمليات السلامة داخل المصنع

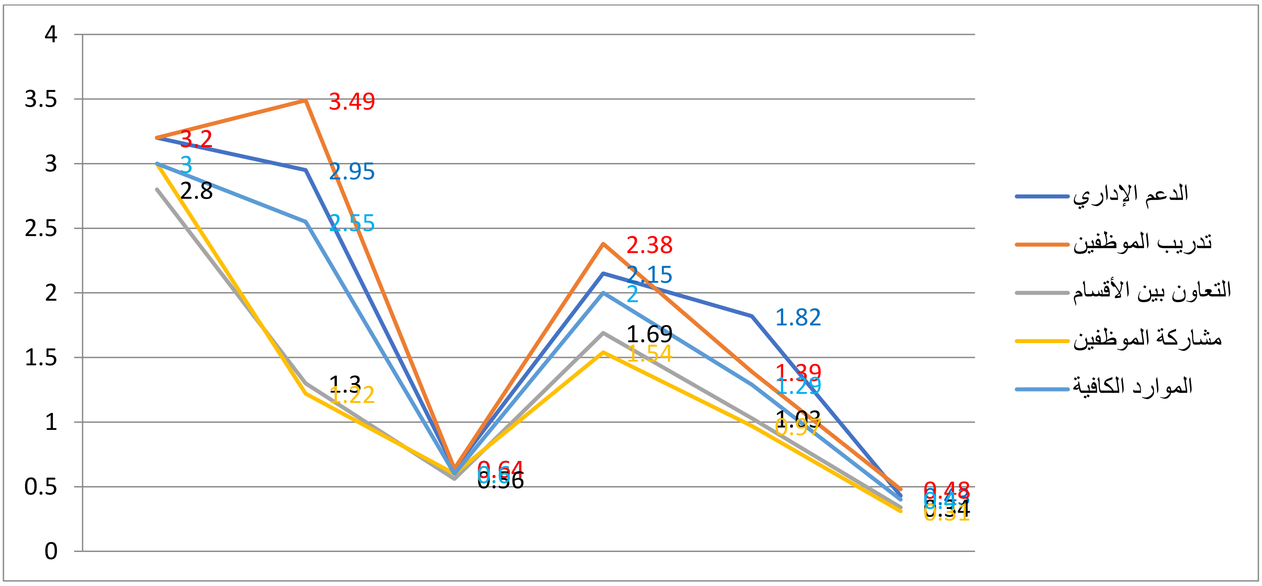
3-4 العوامل المساهمة في نجاح سيجما ستة:

تبين نتائج الجدول(2) والشكل (5) أن تقييم عوامل النجاح مثل "الدعم الإداري" و"تدريب الموظفين" كان أعلى لدى الليبيين (3.2 لكل منهما)، مقارنة بالأجانب، لكن الفروق غير دالة (كاي = 0.98، Sig = 0.32). وهو ما تدعمه دراسة **Implementation of Six Sigma in a Cement Industry** التي بينت أن نجاح التطبيق يرتبط ارتباطًا مباشرًا بالتأهيل المستمر والدعم القيادي.

جدول (2)يبين عوامل نجاح تنفيذ سيجما ستة

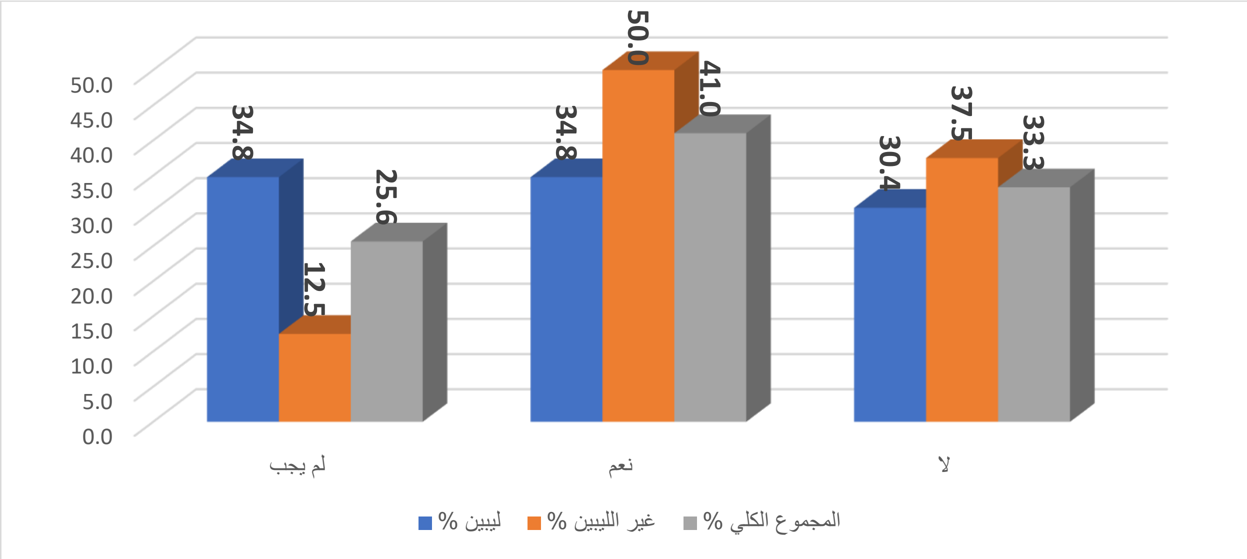
	الليبيين		الأجانب	
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
الدعم الإداري	3.2	2.95	2.15	1.82
تدريب الموظفين	3.2	3.49	2.38	1.39
التعاون بين الأقسام	2.8	1.3	1.69	1.03
مشاركة الموظفين	3	1.22	1.54	0.97
الموارد الكافية	3	2.55	2	1.29

كاي تربيع (Chi-Square) =0.98 درجة الحرية (df) = 4 مستوى المعنوية (Sig) =0.32



شكل (5)يبين عوامل نجاح تنفيذ سيجما ستة

تبين نتائج الشكل (6) أن (25.6%) يعتقدون بوجود عوامل نجاح مهمة لتطبيق سيجما، حيث كان الأجانب أكثر قناعة (50%) مقارنة بالليبيين (34.8%)،رغم عدم وجود فروق معنوية دالة إحصائياً عند مستوى معنوية (0.05).

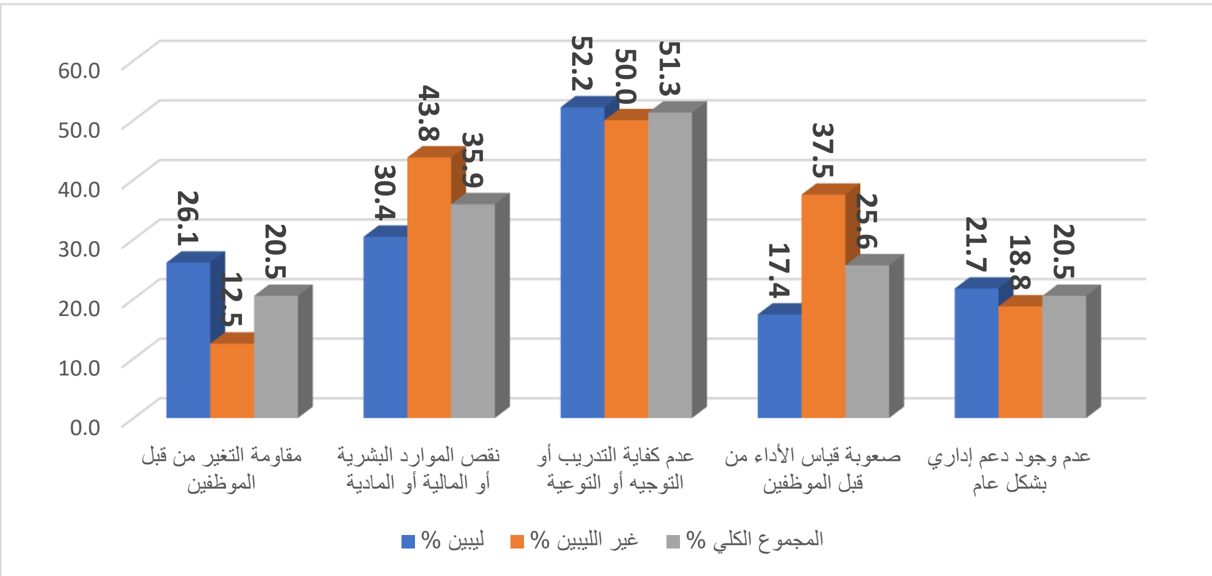


كاي تربيع (Chi-Square) = 0.042 درجة الحرية (df) = 1 مستوى المعنوية (Sig) =0.83

شكل (6)يبين وجود عوامل مهمة لنجاح تنفيذ سيجما ستة في صناعة الإسمنت

4-4 التحديات والحواجز التي تواجه تنفيذ سيجما ستة:

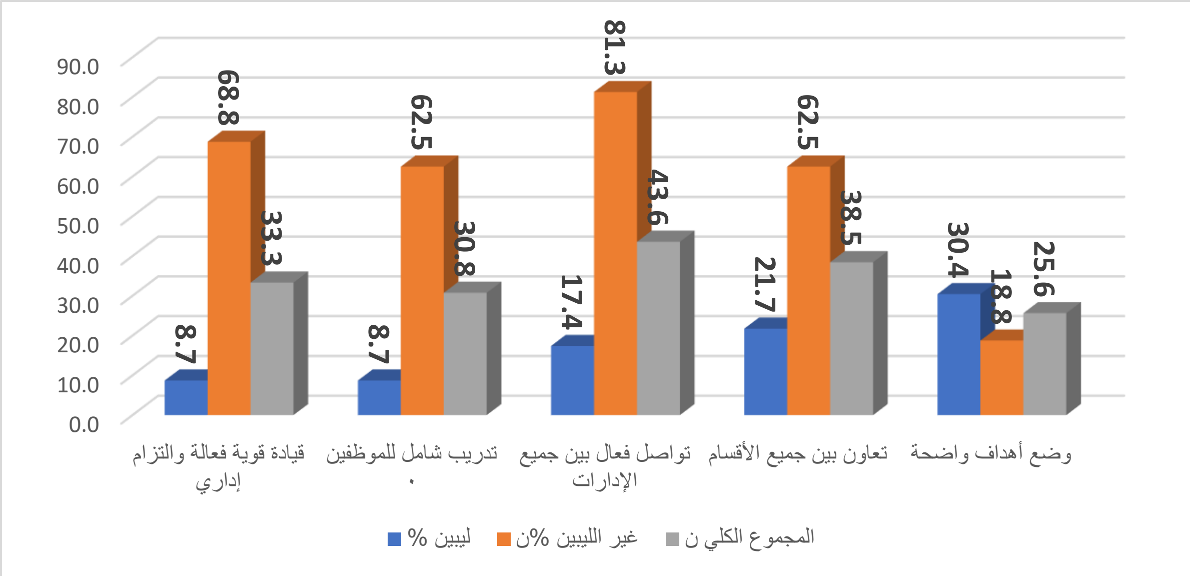
الشكل (7) يشير إلى أن **نقص التدريب ونقص الموارد** هما أبرز التحديات، وهي نتائج تتطابق مع ما وجدته دراسة **DMAIC in Cement Logistics**، التي أوصت بخطط تدريبية مرحلية وتخصيص موارد واضحة.



كاي تربيع (Chi-Square) = 1.40 درجة الحرية (df) = 3 مستوى المعنوية (Sig) =0.70

شكل (7)يبين التحديات والحواجز التي تواجه تنفيذ سيجما ستة

تبين نتائج الشكل (8) أن التغلب على التحديات يتم عبر "القيادة الفعالة" (33.14%) و"التواصل الفعال" (43.6%)، بفروق معنوية بين الليبيين والأجانب) كاي = 10.40، .Sig = 0.03).

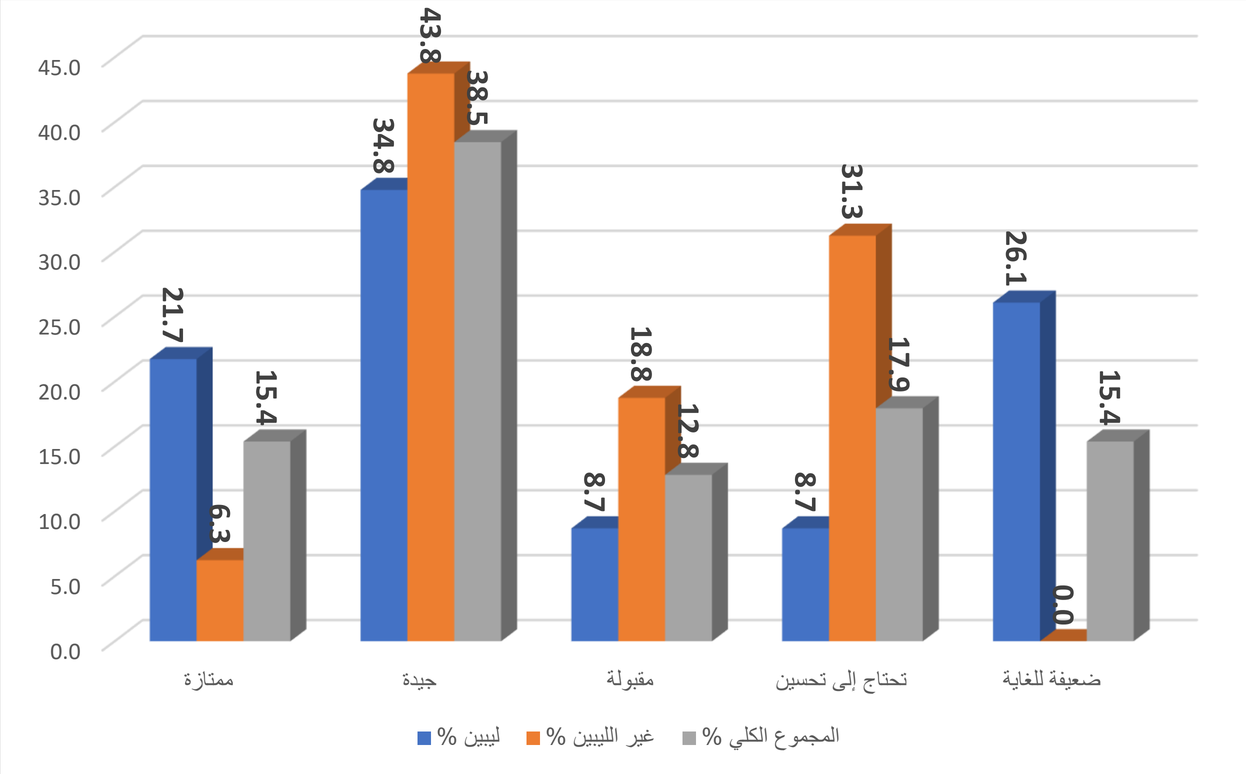


كاي تربيع (Chi-Square) = 10.40 درجة الحرية (df) =4 مستوى المعنوية (Sig) =0.03

شكل (8)يبين كيف يمكن التغلب على هذه التحديات بنجاح في رأيك

4-5 تأثير سيجما ستة على سلامة العمليات التشغيلية:

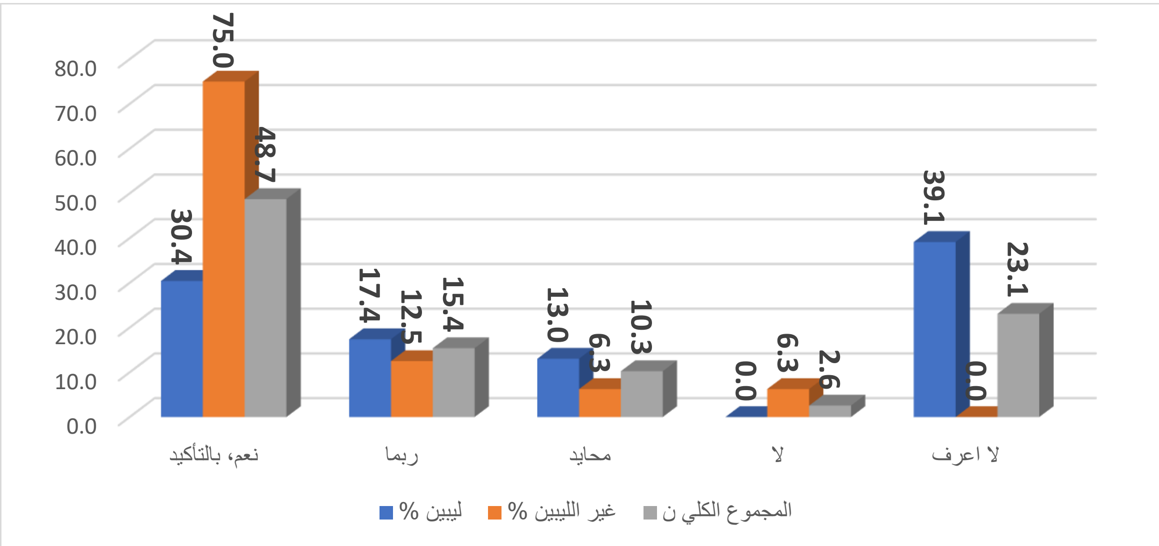
تبين نتائج الشكل (9) أن (38.5%) ، يرون أن إجراءات السلامة جيدة، و (15.4%) يرون بأنها ممتازة، و(12.8%) يرونها مقبولة، في حين يرى (17.9%) بأنها تحتاج إلى تحسين، و(15.4%) يرونها ضعيفة للغاية، مع وجود فروق دالة بين الليبيين والأجانب لصالح الأجانب، حيث بلغت قيمة كاي (22.7)، بمستوى معنوية (0.00).



كاي تربيع (Chi-Square) = 22.73 درجة الحرية (df) = 4 مستوى المعنوية (Sig) =0.000

شكل (9) يبين مستوى كفاءة إجراءات السلامة الحالية في مصنعك

تبين نتائج الشكل (10) أن (48.7%) من العينة الكلية يؤمنون بأن سيجما تساهم بشكل مؤكد في تحسين السلامة، لا توجد فروق معنوية (كاي = 5.95)، عند مستوى معنوية (0.11) بالرغم من أن نسبة من يؤمنون بمساهمتها من غير الليبيين كانت أعلى من نسبة من يؤمنون بمساهمتها من الليبيين (75%) مقابل (35%).



كاي تربيع (Chi-Square) = 5.95 درجة الحرية (df) = 3 مستوى المعنوية (Sig) =0.11

شكل (10)يبين الاعتقاد بمساهمة تنفيذ سيجما ستة في تحسين عمليات السلامة داخل المصنع

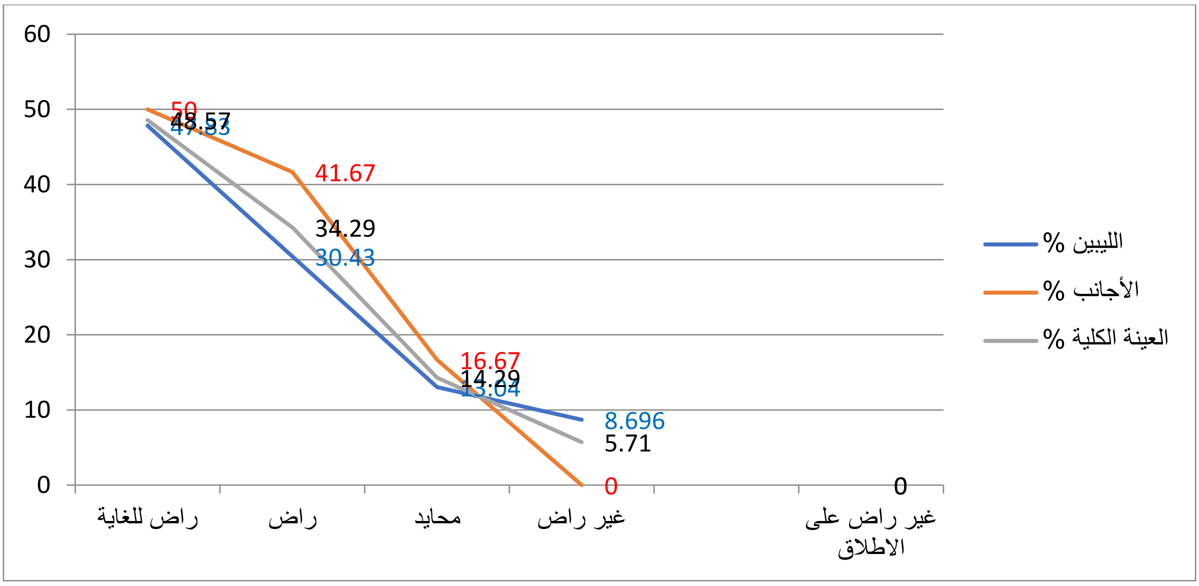
4-6 رضا العملاء :

يبين الجدول (3) والشكل (11) أن (34.29%) من المشاركين راضون عن جودة منتجات الإسمنت، بفروق معنوية دالة) كاي = 12.43، بمستوى معنوية (0.01) لصالح الأجانب.

جدول (3)يبين مستوى رضا العملاء عن منتجات الاسمنت وجودتها

	الليبيين		الأجانب		العينة الكلية	
	ن	%	ن	%	ن	%
راض للغاية	11	47.83	6	50	17	48.57
راض	7	30.43	5	41.67	12	34.29
محايد	3	13.04	2	16.67	5	14.29
غير راض	2	8.696	0	0	2	5.71
غير راض على الاطلاق	0	0	0	0	0	0.00

كاي تربيع (Chi-Square) =12.43 درجة الحرية (df) =3 مستوى المعنوية (Sig) =0.01



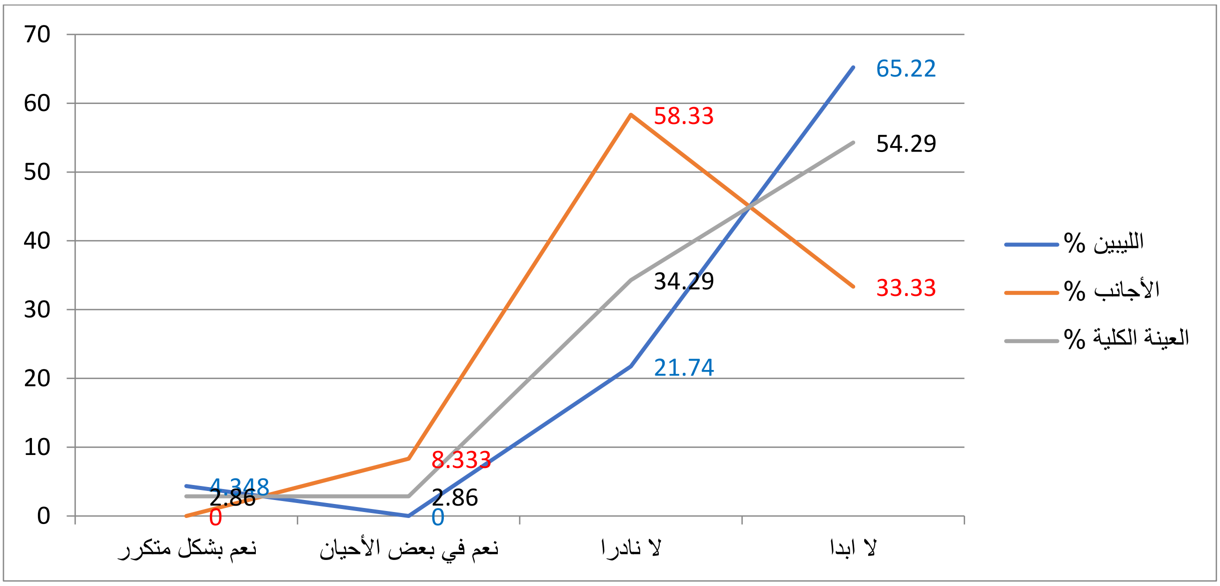
شكل (11)يبين مستوى رضا العملاء عن منتجات الاسمنت وجودتها

يبين الجدول (4) والشكل (12) (54.29%) لم يتلقوا شكاوى من العملاء، حيث الأجانب أقل تعرضًا للشكاوى، دون فروق دالة (كاي = 6.74 ، Sig = 0.08)

جدول (4)مستوى تلقي أي تعليقات او شكاوى من العملاء فيما يتعلق بجودة منتجات الاسمنت

	الليبيين		الأجانب		العينة الكلية	
	ن	%	ن	%	ن	%
نعم بشكل متكرر	1	4.348	0	0	1	2.86
نعم في بعض الأحيان	0	0	1	8.333	1	2.86
لا نادرا	5	21.74	7	58.33	12	34.29
لا ابدا	15	65.22	4	33.33	19	54.29

كاي تربيع (Chi-Square) =6.74 درجة الحرية (df) =3 مستوى المعنوية (Sig) =0.08



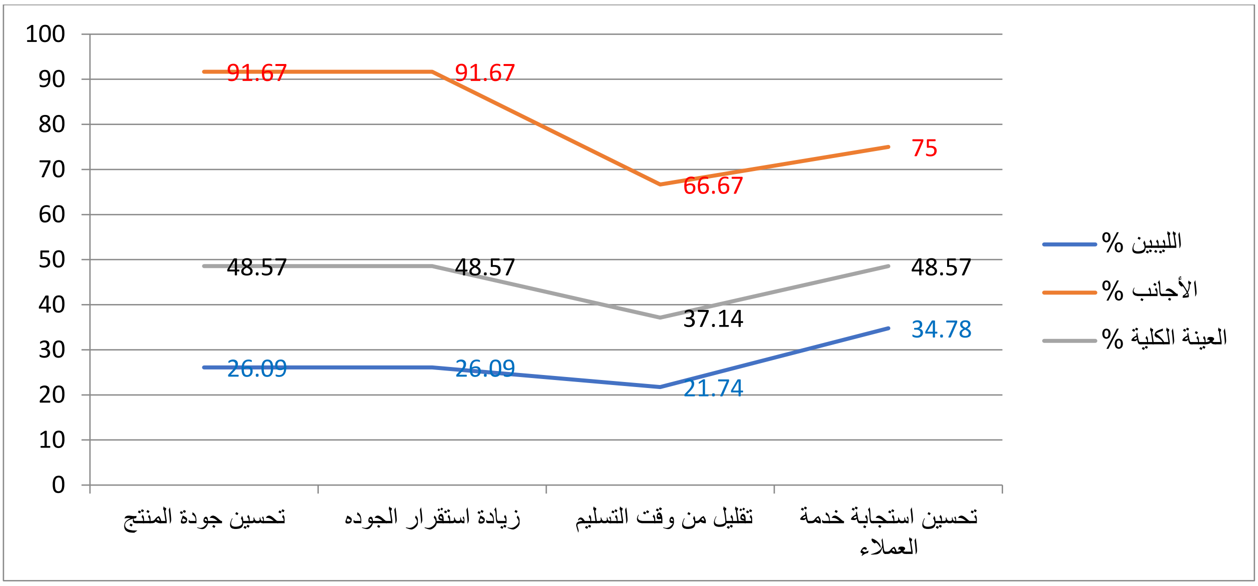
شكل (12) يبين مستوى تلقي أي تعليقات او شكاوى من العملاء فيما يتعلق بجودة منتجات الاسمنت

يبين الجدول (5) والشكل (13) أن "تحسين جودة المنتج" و"استقرار الجودة" كانا الهدفين الأبرز (48.57%) من تطبيق سيجما ستة، بدون فروق معنوية (كاي = 0.66، Sig = 0.88).

جدول (5) يبين مساهمة تنفيذ سيجما سته في تعزيز رضا العملاء

	الليبيين		الأجانب		العينة الكلية	
	ن	%	ن	%	ن	%
تحسين جودة المنتج	6	26.09	11	91.67	17	48.57
زيادة استقرار الجودة	6	26.09	11	91.67	17	48.57
تقليل من وقت التسليم	5	21.74	8	66.67	13	37.14
تحسين استجابة خدمة العملاء	8	34.78	9	75	17	48.57

كاي تربيع (Chi-Square) =0.66 درجة الحرية (df) =3 مستوى المعنوية (Sig) =0.88



شكل (13) يبين مساهمة تنفيذ سيجما سته في تعزيز رضا العملاء

7-4 النتائج والفوائد المتوقعة:

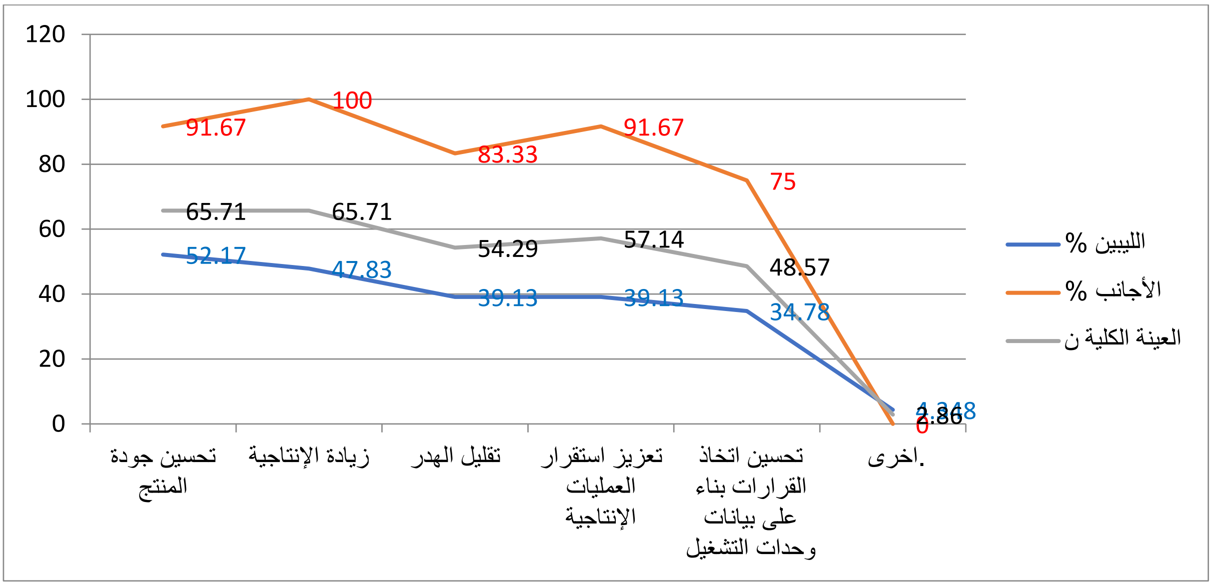
يبين الجدول (6) والشكل (14) أن أبرز النتائج الإيجابية المتوقعة من تطبيق سيجما ستة تمثلت في:تحسين جودة المنتج بنسبة (65.71%) من العينة الكلية، زيادة الإنتاجية بنفس النسبة.(65.71 %)، كما أشار (54.29%) إلى أن من النتائج تقليل الهدر، و(57.14%) لتعزيز استقرار العمليات الإنتاجية.عند المقارنة بين أفراد العينة:الأجانب سجّلوا نسبًا أعلى بكثير من الليبيين في جميع البنود تقريبًا، حيث بلغت نسبتهم مثلاً في "تحسين جودة المنتج" (91.67%) مقابل (52.17%) لليبيين، و(100%) في "زيادة الإنتاجية" مقابل (47.83%) لدى الليبيين.هذا يشير إلى إدراك الأجانب بدرجة أكبر للفوائد المتوقعة من تطبيق سيجما ستة، ربما نتيجة لخبرات أو ثقافة تنظيمية مختلفة.رغم هذه الفروقات، فإن قيمة كاي تربيع (1.31) ومستوى الدلالة (Sig = 0.93)تدلان على عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين، مما يعني أن الفروقات في التقديرات لم تكن معنوية.

جدول (6)النتائج الإيجابية المتوقعة من تنفيد سيجما سته في مصنع الاسمنت

	الليبين		الأجانب		العينة الكلية	
	ن	%	ن	%	ن	%
تحسين جودة المنتج	12	52.17	11	91.67	23	65.71
زيادة الإنتاجية	11	47.83	12	100	23	65.71
تقليل الهدر	9	39.13	10	83.33	19	54.29
تعزيز استقرار العمليات الإنتاجية	9	39.13	11	91.67	20	57.14

تحسين اتخاذ القرارات بناء على بيانات وحدات التشغيل	8	34.78	9	75	17	48.57
اخرى.	1	4.348	0	0	1	2.86

كاي تربيع (Chi-Square) =1.31 درجة الحرية (df) = 5 مستوى المعنوية (Sig) =0.93



شكل (14) النتائج الإيجابية المتوقعة من تنفيد سيجما سته في مصنع الاسمنت

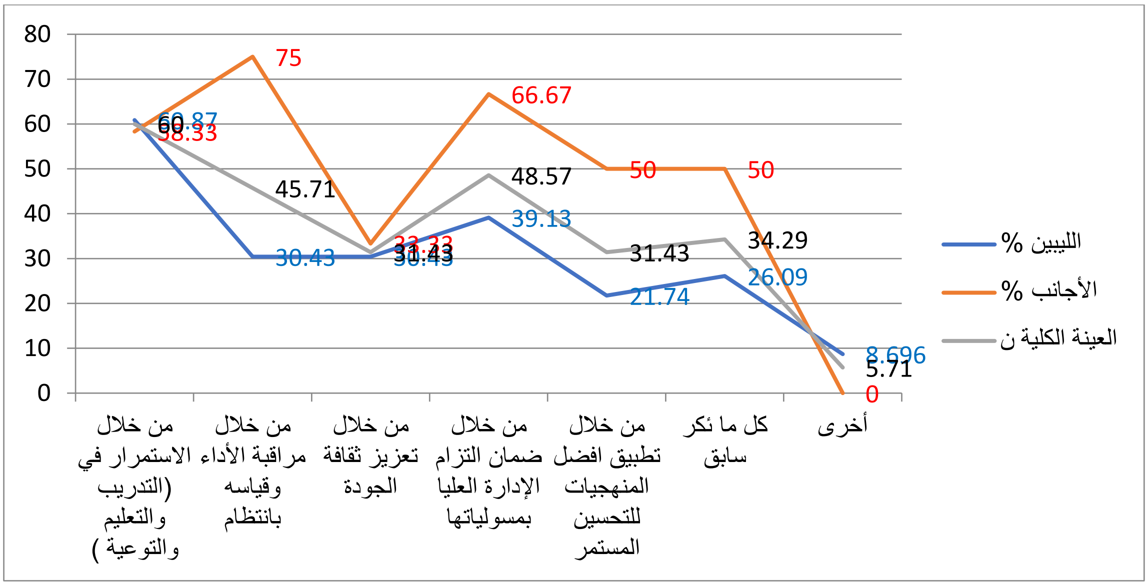
يبين الجدول (7) والشكل (15) طرق الحفاظ على النتائج الإيجابية على المدى الطويل:احتلت "الاستمرار في التدريب والتعليم والتوعية" المرتبة الأولى بنسبة (60.00%) من العينة الكلية، تلتها "ضمان التزام الإدارة العليا" بنسبة (48.57%)، ثم "مراقبة الأداء وقياسه بانتظام" بنسبة.(45.71%). بالمقارنة بين المجموعتين:تفوقت الأجنبية في بنود مثل "مراقبة الأداء وقياسه" بنسبة (75%) مقابل (30.43%) فقط لليبيين، كما بلغت نسبة "ضمان التزام الإدارة العليا" لدى الأجانب (66.67%) مقابل (39.13%) لليبيين.ومع ذلك، فإن قيمة كاي تربيع (2.84) ومستوى الدلالة (Sig = 0.72) يشيران أيضًا إلى عدم وجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين الليبيين والأجانب.

جدول (7) كيفية الحفاظ على هذه النتائج الايجابية من تنفيذ سيجما ستة على المدى الطويل

	الليبيين		الأجانب		العينة الكلية	
	ن	%	ن	%	ن	%
من خلال الاستمرار في (التدريب والتعليم والتوعية)	14	60.87	7	58.33	21	60.00
من خلال مراقبة الأداء وقياسه بانتظام	7	30.43	9	75	16	45.71
من خلال تعزيز ثقافة الجودة	7	30.43	4	33.33	11	31.43
من خلال ضمان التزام الإدارة العليا بمسولياتها	9	39.13	8	66.67	17	48.57

31.43	11	50	6	21.74	5	من خلال تطبيق افضل المنهجيات للتحسين المستمر
34.29	12	50	6	26.09	6	كل ما ذكر سابق
5.71	2	0	0	8.696	2	أخرى

كاي تربيع (Chi-Square) =2.84 درجة الحرية (df) =5 مستوى المعنوية (Sig) =0.72



شكل (15)كيفية الحفاظ علىهذه النتائج الايجابية من تنفيذ سيجما ستة على المدى الطويل

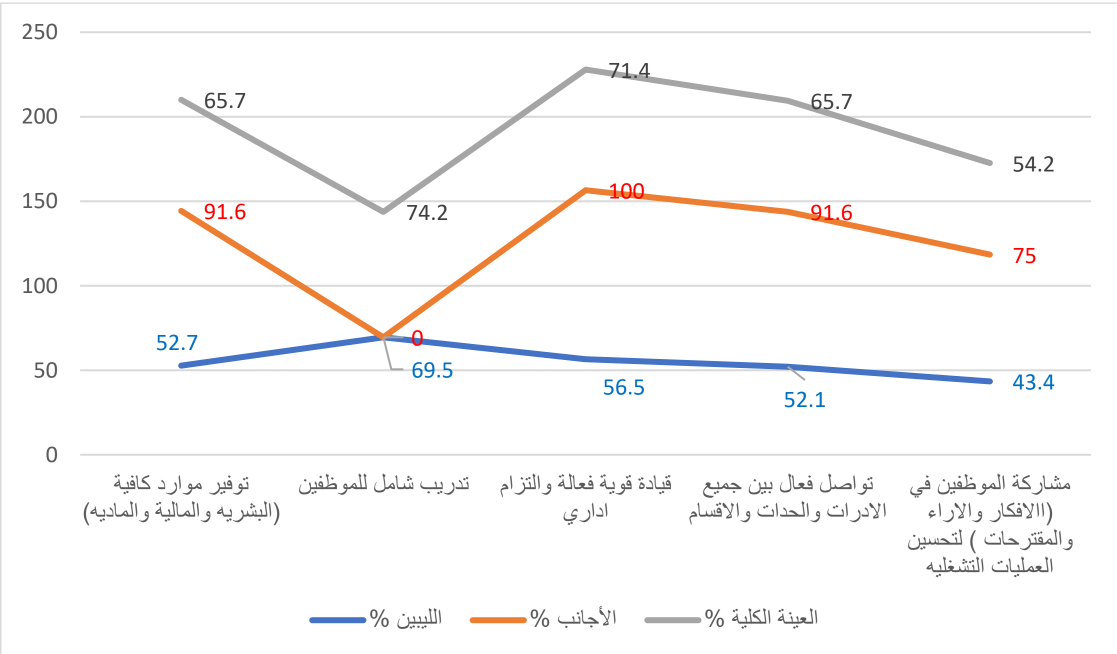
4-8 التوصيات والاقتراحات:

يبين الجدول (8) والشكل (16) التوصيات الموجهة لمصانع الإسمنت الأخرى: حيث جاءت "تدريب شامل للموظفين" كأبرز توصية بنسبة (74.2%) من العينة الكلية.تلتها "قيادة قوية فعالة والتزام إداري" بنسبة (71.4%)، و"توفير موارد كافية" بنسبة.(65.7 %) . بالمقارنة بين المجموعتين: الأجانب سجلوا نسبًا عالية، منها (100%) في "القيادة الفعالة"، و(91.6%) في "توفير الموارد"، مقابل (56.5%) و(52.7%) لليبيين على التوالي. وهذا يعكس إدراكًا أعلى لدى الأجانب لأهمية القيادة والتخطيط في إنجاح تنفيذ سيجما ستة. ولكن قيمة كاي تربيع (0.70) ومستوى المعنوية (Sig = 0.95) تدلان على عدم وجود فروق دالة إحصائيًا بين آراء المجموعتين.

جدول (8) يبين التوصيات التي يمكن تقديمها لمصانع الاسمنت الأخرى التي تنوي تنفيذ سيجما سته

	الليبين		الأجانب		العينة الكلية	
	ن	%	ن	%	ن	%
توفير موارد كافية (البشريه والماليه والماديه)	12	52.7	11	91.6	23	65.7
تدريب شامل للموظفين	16	69.5	10	833	26	74.2
قيادة قوية فعالة والتزام اداري	13	56.5	12	100	25	71.4
تواصل فعال بين جميع الادرات والحدات والاقسام	12	52.1	11	91.6	23	65.7
مشاركة الموظفين في (االافكار والاراء والمقترحات) لتحسين العمليات التشغيليه	10	43.4	9	75	19	54.2

كاي تربيع (Chi-Square) =0.70 درجة الحرية (df) =4 مستوى المعنوية (Sig) =0.95



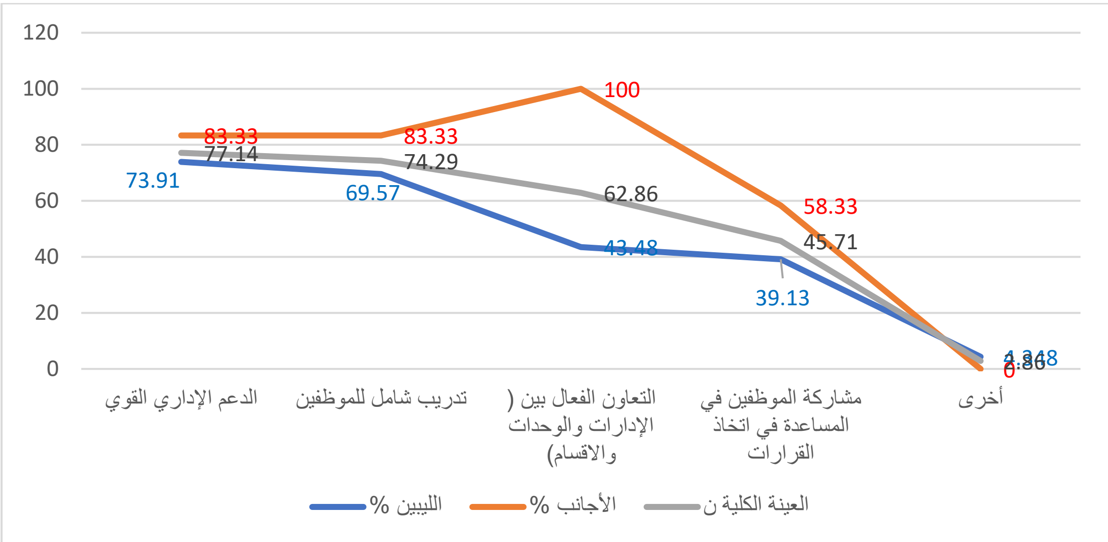
شكل (16)يبين التوصيات التي يمكن تقديمها لمصانع الاسمنت الأخرى التي تنوي تنفيذ سيجما سته

يبين الجدول (9) والشكل (17) أنأهم الممارسات لضمان نجاح تطبيق منهجية سيجما ستة":الدعم الإداري القوي" جاء في المرتبة الأولى بنسبة (77.14%) من العينة الكلية، ثم "تدريب شامل للموظفين" بنسبة (74.29%)، و"التعاون الفعال بين الإدارات" بنسب (62.86 %)

جدول (9)يبين اهم ثلاث ممارسات او اعتبارات لضمان نجاح تنفيذ منهجية سته في صناعةالاسمنت

	الليبين		الأجانب		العينة الكلية	
	ن	%	ن	%	%	ن
الدعم الإداري القوي	17	73.91	10	83.33	27	77.14
تدريب شامل للموظفين	16	69.57	10	83.33	26	74.29
التعاون الفعال بين (الإدارات والوحدات والاقسام)	10	43.48	12	100	22	62.86
مشاركة الموظفين في المساعدة في اتخاذ القرارات	9	39.13	7	58.33	16	45.71
أخرى	1	4.348	0	0	1	2.86

كاي تربيع (Chi-Square) = 2.56 درجة الحرية (df) = 4 مستوى المعنوية (Sig) =0.63



شكل (17)يبين اهم ثلاث ممارسات او اعتبارات لضمان نجاح تنفيذ منهجية سته في صناعةالاسمنت

5-تحليل النتائج الإحصائية الميدانية وتفسيرها وفقاً لمحاور الدراسة

أظهرت نتائج الجداول من (1) إلى (9) مجموعة من المؤشرات المهمة لفهم واقع تطبيق منهجية سيجما ستة في صناعة الأسمنت، وذلك من خلال مقارنة وجهات نظر الليبيين وغير الليبيين ضمن بيئة العمل في المصنع. وفيما يلي تلخيص لأهم النتائج وفق تسلسل الجداول:

1.**التركيبة الديموغرافية للعينة:** يتبين من الجدول (1) أن الفئة العمرية من (35–44 سنة) هي الأكثر تمثيلًا (54.29%)، مع تركّز ملحوظ للخبرات فيها، دون وجود فروق معنوية بين الليبيين والأجانب. كذلك أظهر الجدولأن معظم المشاركين يحملون مؤهل البكالوريوس (85.71%)، ما يعكس مستوى

تعليمي مناسب للعمل الصناعي.أما من حيث الوظيفة الحالية فقد تركزت الوظائف في قسم الصيانة بنسبة (51.43%) وهي النسبة الأعلى لدى الليبيين، دون فروق معنوية. وفيما يتعلق بمدة الخدمة فإن أغلب المشاركين لديهم خبرة بين 10 إلى 20 سنة (80%)، مع فروق معنوية لصالح الليبيين، ما يشير إلى استقرار وظيفي طويل.

2. **مدى المعرفة بسيجما ستة:** أظهرت النتائج أن (37.71%)فقط على دراية بسيجما ستة، وهي نسبة أعلى بين الأجانب (66.67%) مقارنة بالليبيين (21.74%)، مما يسلط الضوء على ضعف المعرفة المحلية بهذه المنهجية. وبالرغم من ذلك، فإن الجدول (8) أشار إلى أن ثلث المشاركين فقط أكدوا تنفيذ سيجما ستة في المصنع، دون دلالة إحصائية.. أما الجدول (9) فقد أوضح أن نحو 45.71% لم يشاركوا بأي دور في تنفيذ سيجما ستة، مما يشير إلى قلة الانخراط العملي، رغم تفوق الأجانب كقادة فرق.
3. **أهداف التطبيق ومدى فاعليته:** أظهرت النتائج أن "تحسين جودة المنتج" و"تعزيز استقرار العمليات" هما الهدفان الرئيسيان لتطبيق المنهجية، فيما بيّن الجدول (11) أن معظم العينة ترى أن سيجما تساهم في تحسين السلامة (51.43%)، لكن دون فروق معنوية واضحة.
4. **عوامل نجاح سيجما ستة:** وفقًا للنتائج فقد تبين فإن الليبيين قيّموا عوامل النجاح مثل الدعم الإداري والتدريب بشكل أعلى من الأجانب، لكن دون فروق معنوية. بينما أشار الجدول (13) إلى وجود فروق معنوية دالة في الاعتقاد بوجود عوامل مهمة لتطبيق سيجما ستة، حيث كان الأجانب أكثر اقتناعًا (Sig = 0.01).
5. **التحديات والحواجز:** تبين من النتائج بأن أبرز التحديات تمثلت في "عدم كفاية التدريب" (57.14%) و"غياب الدعم الإداري" (45.71%)، مع وجود فروق معنوية دالة(Sig = 0.011) ، ما يشير إلى تفاوت إدراكي في العوائق. وفي الجدول(15) ، تركزت حلول المشاركين في "القيادة الفعالة" و"التواصل بين الإدارات" و"تدريب الموظفين"، وهو ما ينسجم مع التحديات السابقة.

6- الاستنتاجات

يمكن استنتاج أن البيئة الصناعية في مصنع الإسمنت تمتلك مقومات بشرية وتعليمية تؤهلها لتطبيق سيجما ستة، ولكن تعاني من ضعف الوعي العام، وغياب التدريب الكافي، وضعف الدعم الإداري، خصوصًا لدى الفئة الليبية مقارنة بالأجانب. وقد ظهرت بعض الفروق الإحصائية المهمة، خاصة في مدة العمل والاعتقاد بوجود عوامل نجاح، وكذلك إدراك التحديات، ما يعزز أهمية تعزيز الثقافة التنظيمية والتدريبية بشأن سيجما ستة، خاصة على المستوى المحلي.

مقارنة بين الليبيين والأجانب:تفاوت واضح، حيث سجل الأجانب (100%) في "التعاون بين الإدارات" مقابل (43.48%) لليبيين. كما سجلوا (83.33%) في "الدعم الإداري" و"التدريب"، مقابل (73.91%) و(69.57%) لليبيين.ومع أن الفـروق تبدو واضحـة، فـإن قيمة كـاي تربيع (2.56) ومـستوى الدلالة (Sig =% 0.63) يؤكدان عدم وجود دلالة إحصائية لهذه الفروق.

رغم تباين آراء الليبيين والأجانب في تقييم النتائج والفوائد والتوصيات المتعلقة بتطبيق سيجما ستة، إلا أن التحليل الإحصائي (اختبار كاي تربيع) في جميع الجداول أظهر عدم وجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين. وهذا يعزز مصداقية النتائج ويشير إلى وجود اتفاق عام بين العاملين من مختلف الجنسيات على أهمية تطبيق منهجية سيجما ستة في تحسين جودة الإنتاج وتعزيز الأداء في صناعة الإسمنت.

جدول (10)مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة

المحور	نتائج الدراسة الحالية	ما توصلت إليه الدراسات السابقة	أوجه الاتفاق / الاختلاف
مستوى المعرفة بـ Six Sigma	تفاوت واضح في المعرفة مع فروق معنوية (0.01)، وضعف إدراك لوجود تطبيق سابق في المصنع.	Implementation of Six Sigma in a Cement Industry أكدت أن ضعف المعرفة يمثل عائقًا رئيسيًا ويستلزم برامج تدريبية.	اتفاق تام على أن ضعف الوعي هو معوق أساسي للتطبيق.
المشاركة في فرق التنفيذ	محدودية المشاركة الفعلية، مقتصرة على فئة قليلة.	CemLean6S شددت على أهمية إشراك جميع المستويات الوظيفية لضمان استدامة التحسين.	اتفاق، مع إشارة الدراسات إلى أن مشاركة الجميع شرط لنجاح.PDCA
أهداف التنفيذ	تحسين جودة المنتج، زيادة الإنتاجية، تقليل الهدر.	CemLean6Sو Implementation of Six Sigma أكدت نفس الأهداف كمحفزات رئيسية للتبني.	اتفاق كامل في تحديد الأهداف.
دور Six Sigma في السلامة	إدراك إيجابي لدور المنهجية في تحسين السلامة، بدون فروق معنوية.	تطبيق Six Sigma مع PDCA في الصناعات الثقيلة حسن مؤشرات السلامة على المدى الطويل.	اتفاق في التوجه، مع اختلاف في الدلالة الإحصائية.

المحور	نتائج الدراسة الحالية	ما توصلت إليه الدراسات السابقة	أوجه الاتفاق / الاختلاف
عوامل النجاح	التدريب والدعم الإداري هما الأعلى أهمية.	Implementation of Six Sigmaو Using DMAIC for In-plantLogisticActivities حددا نفس العاملين كأساس للنجاح.	اتفاق كامل.
التحديات	نقص التدريب، نقص الموارد، مقاومة التغيير.	جميع الدراسات المرفقة أكدت أن نقص التدريب والموارد ومقاومة التغيير أبرز المعوقات.	اتفاق كامل.
السلامة والتعرض للسيليكا	تفاوت في معرفة المخاطر وإجراءات الوقاية، مع وجود مؤشرات لتحسينها.	لم تركز بعض الدراسات المرفقة على السيليكا تحديدًا، لكن أوصت بدمج الصحة المهنية ضمن مشاريع التحسين.	اتفاق جزئي، مع خصوصية دراستك في إدراج السيليكا.
الأداء والمخاطر الصحية	إدراك أثر السيليكا على الأداء بفروق معنوية (0.01).	الأدبيات تشير إلى أن التحسين المستمر يقلل من الحوادث والأمراض المهنية.	اتفاق كامل.
الممارسات الوقائية	موجودة لكن فعاليتها متفاوتة.	DMAIC in Cement Logistics أوصت بتحسين الممارسات وفق بيانات المراقبة المستمرة.	اتفاق كامل.

بشكل عام، تكشف نتائج هذه الدراسة المبينة في الجدول (10) عن توافق كبير مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة في مجال تحسين العمليات التشغيلية باستخدام منهجية Six Sigma وتقنية ديمنغ(PDCA) في صناعة الإسمنت والصناعات المشابهة. فقد اتفقت النتائج على أن ضعف المعرفة المبدئية بالمنهجية يمثل أحد أبرز معوقات التطبيق، وهو ما أشار إليه Implementation of Six Sigma in a Cement Industry، مما يستلزم برامج تدريبية متخصصة لرفع وعي العاملين قبل وأثناء التنفيذ. كما تأكدت أهمية الدعم الإداري والتواصل الفعال والقيادة القوية، وهي عوامل أكدت عليها كل من CemLean6Sو Using DMAIC for In-plantLogisticActivitiesباعتبارها شروطًا جوهرية لنجاح التطبيق واستدامته.

وفيما يتعلق بالأهداف، أظهرت الدراسة الحالية اتفاقًا مع الدراسات السابقة في أن تحسين جودة المنتج وزيادة الإنتاجية وتقليل الهدر هي المحركات الرئيسة لتبنيSix Sigma ، مع توافق أيضًا حول أثر هذه المنهجية في تحسين مؤشرات السلامة، وإن لم تصل النتائج الحالية إلى فروق معنوية في هذا الجانب. أما من حيث التحديات، فقد تطابقت النتائج في تحديد نقص التدريب والموارد ومقاومة التغيير كعوائق رئيسية، وهو ما ينسجم مع الأدبيات ذات الصلة.

وتبرز خصوصية هذه الدراسة في تناولها **قضية التعرض للسيليكا الكريستالين** وأثرها على الصحة المهنية والأداء، وهو جانب لم تتناوله معظم الدراسات السابقة بشكل مباشر. وقد أظهرت النتائج أن هناك حاجة ماسة لدمج برامج الوقاية من السيليكا ضمن إطار Six Sigma وPDCA، مع اعتماد **إجراءات مراقبة وتحسين مستمرة** لضمان فعالية الممارسات الوقائية ورفع مستوى السلامة والصحة المهنية.

وبذلك، فإن هذه الدراسة لا تؤكد فقط صلاحية منهجية Six Sigma وتقنية ديمنغ كأدوات لتحسين الأداء التشغيلي، بل تضيف أيضًا بعدًا وقائيًا وصحيًا يثري تطبيقات هذه المنهجيات في بيئات العمل عالية المخاطر مثل صناعة الإسمنت.

المراجع

1 - Antony, J., &Banuelas, R. (2002). "Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma." International Journal of Quality&Reliability Management, 19(8), 984-1000.

2 - Deming, W. E. (1986). Out of the Crisis. MIT Press.

Harry, M., & Schroeder, R. (2000). Six Sigma: The Breakthrough Management StrategyRevolutionizing the World's Top Corporations. Currency.

3 - Lee, J., Kim, S., & Park, H. (2020). "Impact of Six Sigma on Product Quality in ManufacturingIndustry." Journal of ManufacturingTechnology Management, 31(4), 789-805.

4 - Chen, Y., Wang, L., & Zhang, X. (2021). "Effectiveness of Six Sigma in Healthcare Sector." International Journal of Health Care Quality Assurance, 34(2), 156-170.

5 - Pande, P. S., Neuman, R. P., &Cavanagh, R. R. (2000). The Six Sigma Way. McGraw-Hill.

6 - George, M. L., Rowlands, H., Price, M., &Maxey, J. (2005). The Lean Six Sigma Pocket Toolbook. McGraw-Hill.

7 - Kumar, M., Suresh, N., & Chand, S. (2010). "Operational Excellence in Cement Industrythrough Lean Six Sigma." International Journal of Engineering, Science and Technology, 2(10), 567-578.

8 - Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2014). The Handbook for Quality Management. McGraw-Hill.

9 - Wang, Y., Li, X., & Zhang, J. (2019). "Application of Six Sigma in Cement Industry." Journal of Cleaner Production, 235, 1037-1048.

10 -Gupta, A., Singh, R., & Kumar, S. (2018). "Reducing Waste in Cement Production Using Six Sigma." International Journal of Production Research, 56(15), 4890-4905.

11 - Rao, K. S., Prasad, R. N., & Kumar, A. (2017). "Improving Cement QualityUsing Six Sigma Methodology." International Journal of Quality&Reliability Management, 34(6), 789-802.

12 - Singh, A., & Kumar, P. (2016). "Energy Consumption Reduction in Cement IndustryUsing Six Sigma." Journal of SustainableDevelopment, 9(3), 112-125.

13 - Jain, V., Sharma, A., & Singh, R. (2015). "Improving Packaging Process in Cement IndustryUsing Six Sigma." International Journal of Advanced ManufacturingTechnology, 81(1-4), 457-468.

14 - Khan, M. A., Ahmed, S., & Ali, S. (2021). "Clinker Burning Process Optimization in Cement IndustryUsing Six Sigma." Journal of Industrial and Production Engineering, 38(5), 234-245.

15 - Patel, R., Patel, A., & Shah, D. (2020). "Inventory Management Improvement in Cement IndustryUsing Six Sigma." International Journal of Supply Chain Management, 9(2), 567-578.

16 - Sharma, H., Kumar, S., & Singh, P. (2019). "EnhancingWorkerSafety in Cement IndustryUsing Six Sigma." Safety Science, 118, 345-356.