المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات
journal homepage:www.ijeit.misuratau.edu.ly

تحسين الإنتاجية من خلال إدارة عمليات الصيانة "دراسة تطبيقية على مصنع لبدة للإسمنت"

د. منصور سالم زغينين
كلية التقنية الصناعية/ مصراتة
قسم الهندسة الصناعية
manszn@yahoo.co.uk

م. الهاشمي فرج بن طاهر
الأكاديمية الليبية/مصراتة

د. القنيدي حسين الصغير
كلية الهندسة/ مصراتة
قسم الهندسة الصناعية
e.elsaghier@eng.misuratau.edu.ly

د. محمود علي الجعراني
كلية الهندسة/ مصراتة
قسم الهندسة الصناعية
m.eljaarani@eng.misuratau.edu. ly

الملخص— **تعد الصيانة نشاطاً حيوياً يضمن سير العملية الإنتاجية من خلال المحافظة على المعدات والحد من التوقفات وتقليل الأعطال إلى أدنى حد ممكن في مختلف الشركات الصناعية، مما تلزمها بضرورة تطبيق أسس عملية لقياس جودة أداء عمليات الصيانة. كما أن الدور الفاعل لإدارة عمليات الصيانة في ترشيد استغلال واستخدام الطاقات الإنتاجية المتاحة يتطلب اتباع أساليب علمية لتنفيذها بجودة عالية وتكلفة أقل.**

تهدف الورقة إلى دراسة مؤشرات تقييم أداء عمليات الصيانة بمصنع لبدة للإسمنت باستخدام المنهج الوصفي التحليلي بما يزيد من الخصائص التشغيلية للمكائن والمعدات الإنتاجية فيها.

توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها: محدودية الأساليب العلمية في تخطيط وبرمجة أعمال الصيانة بالمصنع، محدودية الاستفادة من التقنية وبرامج الحاسب الآلي في أعمال الصيانة والإصلاح، وغياب الرقابة على عمليات الصيانة، وعدم الاهتمام ببطاقة معلومات المعدة رغم وجودها ضمن وثائق متطلبات الجودة للمصنع.

الكلمات المفتاحية: **إدارة الصيانة، تحسين الانتاجية، قياس أداء الصيانة.**

1. المقدمة

إن التطور الكبير في عالم الصناعة وتنوع استعمال الآلات والمعدات في القطاعات المختلفة وارتفاع تكاليفها، كل ذلك يتطلب العناية بتلك الآلات والمعدات والاهتمام بوضع برامج وخطط لصيانتها لضمان عملياتها على أكمل وجه، وهذا يأتي عن طريق التدريب والتأهيل واكتساب الخبرة بالعمل الميداني على المستويات الفنية المختلفة.

تعد الصيانة وإدارتها من أهم النشاطات المرافقة للعملية التشغيلية في أي مؤسسة صناعية، حيث أنها تعمل على تخفيض التكاليف، ورفع مستوى جودة المنتجات أو الخدمات المقدمة. وهذا الأمر يضع مديري التشغيل والصيانة تحت ضغط دائم لتقييم النفقات غير الضرورية، وضمان الأداء العالي للمعدات والآلات المستخدمة في العمليات التشغيلية. وعليه، لابد من إعطاء الاهتمام اللازم للأنشطة المتعلقة بإدارة الصيانة كإحدى الفعاليات الرئيسة لضمان كفاءة الأداء والتحسين المستمر للإنتاجية"[1]. كما ينبغي أن تكون إدارات الصيانة على معرفة ودراية بالقوانين والتشريعات والتعليمات الخاصة بالعمل، وكذلك على دراية ومعرفة بالأمن الصناعي، وأن تكون على اطلاع تام بنظم وأساليب الصيانة المختلفة ومتابعة التطور الحاصل محلياً ودولياً[2] .

تواجه الشركات الصناعية والخدمية اليوم سلسلة من التطورات التكنولوجية السريعة وظهور معدات وتسهيلات حديثة تسهم في تقديم السلع والخدمات، رافق ذلك تعقد أساليب الصيانة الواجب اتخاذها لمعالجة التوقفات الطارئة بسبب ما تتمتع به هذه المعدات من تقنية عالية. الدول المتقدمة تفضل استبدال المعدات بدلاً من تحمل تكاليف صيانتها بخلاف ما هو معمول به في دول العالم الثالث. وتعد الصيانة نشاطاً حيوياً يضمن سير العملية الإنتاجية من خلال المحافظة على المعدات والحد من التوقفات وتقليل الأعطال إلى أدنى حد ممكن في مختلف الشركات الصناعية، مما تلزمها بضرورة تطبيق أسس عملية لقياس جودة أداء عمليات الصيانة.

والجدير بالانتباه أن مقاييس كفاءة أعمال الصيالة تبنى على وجود دورة مستنديه كاملة واضحة لنشاط أعمال الصيانة ليسهل متابعة الأعمال المقررة في الخطة المنفذة، وساعات التشغيل لكل عامل أو مجموعة من العمال، وطبيعة الزمن الذي تم فيه العمل (وقت عمل إضافي، وقت عمل أصلي)، والمواد وقطع الغيار لكل عملية، وفئات أجور العمالة،.....الخ[3].

هناك العديد من الدراسات ذات العلاقة بموضوع البحث نذكر منها على سبيل المثال ما يلى:

أجرى (جبريل، 2001) دراسة على نظام تخطيط موارد الصيانة بمصنع الدرفلة المسطحة على البارد بالشركة الليبية للحديد والصلب بمصراتة". وهدفت الدراسة إلى تصميم نظام تخطيط موارد الصيانة في مصنع الدرفلة المسطحة على البارد، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي. وبينت نتائج الدراسة إمكانية تخطيط وتحديد الاحتياجات من الموارد المختلفة اللازمة لعمليات الصيانة، وامكانية تحديد مراحل عمليات الصيانة بشكل واضح وتحديد أولويات أنشطة الصيانة، وامكانية التنسيق والسيطرة على جميع الأنشطة التي تتطلبها عمليات إنجاز الصيانة بالمصنع. واقترحت الدراسة جملة من التوصيات أهمها: الاهتمام بالأفراد العاملين بإدارة وتخطيط أعمال الصيانة من خلال تدريبهم وتحفيزهم في العمل، إدخال نظم الصيانة الحديثة مثل الصيانة التنبؤية لمراقبة أداء المعدات الإنتاجية، إنشاء منظومة تربط بين ادارات المخازن والصيانة والإنتاج لما لها من دور في انجاح نظم وتخطيط وبرمجة أعمال الصيانة وإدخال الأساليب الكمية الحديثة في تخطيط أعمال الصيانة[4].

في حين قامت (الشارف، 2007) بدراسة موضوع إحلال الآلات وتكلفة الإنتاج بالمجمع الصناعي السواني لصناعة مواد البناء. هدفت تلك الدراسة إلى التعرف على الأساليب الكامنة وراء عدم القيام بإحلال الآلات وتوضيح مدى تأثير التأخر في احلال الآلات على تكلفة الإنتاج، واستخدمت المنهج الوصفي التحليلي باستخدام البرنامج الاحصائي (SPSS)، وتوصلت الباحثة إلى جملة من النتائج أهمها: أن عدم الاستقرار الإداري لإدارة المصنع يؤدي إلى التأخر في اتخاذ قرار إحلال الآلات بالمجمع الصناعي موضوع الدراسة، وأن تكرار الأعطال في خطوط الإنتاج يؤثر على تكلفة الإنتاج بالمجمع الصناعي، وافتقار المجمع الصناعي لمهندسين متخصصين في أعمال الصيانة يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الصيانة والإنتاج. اقترحت الباحثة بعض التوصيات لتطوير نظام الصيانة بالمجمع الصناعي موضوع الدراسة أهمها: العمل على تطوير الهياكل الإدارية بما يتناسب مع حجم وطبيعة أعمال الصيانة، وإدخال نظم الصيانة الحديثة لمنع تكرار الأعطال وضرورة القيام بتدريب العاملين في مجال تخطيط وصيانة الآلات، واستقطاب فنيين ومهندسين من ذوي الخبرات والكفاءات الفنية الجيدة للقيام بأعمال الصيانة للمجمع[5].

وركزت دراسة (ابريكة، 2003) على واقع صيانة الآلات وأثرها على الإنتاج في 7 مصانع تتبع الشركة الوطنية العامة للمطاحن والأعلاف بمنطقتي طرابلس وسهل الجفارة، حيث أشارت الدراسة إلى كثرة التوقفات بهذه المصانع بسبب تهالك الكثير من الآلات وعدم إمكانية تنفيذ برامج الصيانة المختلفة للنقص الشديد في قطع الغيار اللازمة، وأن صيانة الكثير من هذه الآلات مكلف جداً الأمر الذي يتطلب احلالها بآلات حديثة تواكب التطور الحاصل في هذه الصناعة[6].

وتناولت (الزليتني، 2004) دراسة بعنوان الصيانة الوقائية وأثرها على الانتاجية. هدفت الدراسة إلى إبراز الدور الفعال لتطبيق عمليات

استلمت الورقة بالكامل في 20 مابو 2022 وروجعت في 21 يونيو 2022 وقبلت للنشر في 19 يوليو 2022

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 21 يوليو 2022

الصيانة الوقائية المبرمجة بشكل علمي وموضوعي في المنظمات الصناعية، ومن ثم توضيح الصعوبات التي تواجه سير عمليات الصيانة بالشركة. واستخدمت الباحثة المنهج التجريبي في جمع البيانات بإجراء تجربة فنية على آلات خط الإنتاج حيث طبقت هذه الدراسة على الشركة الوطنية لصناعة المواسير الواقعة على بعد 17 كيلو متر غرب طرابلس، وأظهرت نتائج الدراسة أن تطبيق الصيانة الوقائية المبرمجة على الآلة كان له الأثر الواضح في زيادة إنتاجية الخط الإنتاجي، المشغل الماهر يلعب دوراً كبيراً في إنجاح الصيانة الوقائية المبرمجة وكذلك المحافظة على كفاءة الآلة التشغيلية، وتطبيق الصيانة الوقائية يزيد من استثمار العمر الإنتاجي للآلات، وإدراك إدارة الشركة بعد إجراء التجارب الفنية لدور الأساليب العلمية وتطبيق الصيانة الوقائية المبرمجة على إنتاجية الآلات. توصلت الباحثة إلى التوصيات التالية: تطبيق الصيانة الوقائية المبرمجة في إدارة العمليات الإنتاجية، واتباع نظم الصيانة الوقائية المبرمجة بغية الاكتشاف المبكر للأعطال قبل حدوثها، والمحافظة على الآلات والمعدات من خلال الكشف الدوري وما يشمله من تنظيف وتشحيم وتزييت وإعداد التقارير اللازمة عن حالة أداء المعدات، وتدريب العاملين في مجالات الصيانة والتشغيل والعمل على تحفيزهم[7].

وأجرى (الطروق، 2000)، دراسة عن واقع الصيانة والانتاجية بقطاع الصناعات الهندسية والكهربائية بمنطقة طرابلس للتعرف على العوامل التي تسهم في الحد من انخفاض انتاجية الآلات والعمل على رفعها وتحسين معدلات الأداء في الشركات الصناعية. استخدمت في تحليل بيانات هذه الدراسة الأساليب الإحصائية المتنوعة بعد جمع بيانات من خلال توزيع (235) استبانة على أفراد عينة الدراسة، وتم تحليل البيانات باستخدام البرنامج الإحصائي (**SPSS**) وأظهرت نتائج الدراسة وجود علاقة وثيقة بين أعمال الصيانة والإنتاجية داخل الشركات الصناعية موضوع الدراسة، حيث أشارت النتائج أنه كلما ازداد حجم الإنفاق على أعمال الصيانة كلما انخفض الفاقد في الإنتاج، وأن ما يتم إنفاقه على التدريب والبحوث في قطاع الصناعات الهندسية والكهربائية لا يقارن مع نفقات الدراسات والأبحاث والتدريب في أي شركة من الشركات العالمية التي تعمل بصفة مستمرة على تطوير ورفع كفاءة أفرادها وتحديث منتجاتها الصناعية، وضعف الرقابة والمتابعة الإدارية على خطط وبرامج الصيانة بشكل دوري. وتوصلت الدراسة إلى التوصيات التالية: العمل على تدريب العاملين في مجال إدارة وتخطيط نظم الصيانة، ووضع المعايير والمؤشرات والضوابط الرقابية بهدف قياس أداء العاملين في قسمي الصيانة والإنتاج، وتطبيق نظم الصيانة الوقائية والتصحيحية المبرمجة وفق أسس علمية، وتطوير نظم الاتصالات داخل إدارات الصيانة مع الإدارات الأخرى[8].

وقام (حنيش، 2007) بدراسة تطبيق تقنيات الصيانة التنبؤية لتحسين نظام إدارة الصيانة بمحطة كهرباء الزاوية. هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق الشرطية أو التشوية على أداء نظام إدارة الصيانة بمحطة كهرباء الزاوية. واستخدم في الدراسة المنهج التجريبي والاستقرائي والاطلاع على نتائج تطبيق نظام مراقبة المعدة بالمحطة. وخرجت الدراسة بنتائج أهمها: ضرورة التوسع في تطبيق تقنيات الصيانة التوقعية للمعدات والأنظمة الحرجة الأخرى مثل مولدات الديزل، وضرورة تجميع البيانات لمحطات مماثلة (داخل وخارج الشركة)، والتخطيط المسبق واتخاذ التدابير اللازمة قبل البدء في تطبيق الصيانة التوقعية، وأن التدريب الجيد لفرق الصيانة يعطي مردوداً إيجابياً على عمليات التشخيص واتخاذ القرارات. توصل الباحث إلى بعض التوصيات أهمها: العمل على إدخال نظم الصيانة الحديثة لاكتشاف الأعطال في وقت مبكر، وضرورة التدريب الجيد والمتخصص في مجال التخطيط وبرمجة أعمال الصيانة، وإجراء البحوث والدراسات والاستفادة من التجارب العالمية في تطبيق نظم الصيانة الحديثة[9].

أما دراسة (العائب، 2010) فقد تناولت الصعوبات التي تواجه إدارة الصيانة في تنفيذ خططها وبرامجها. هدفت هذه الدراسة إلى تحديد الصعوبات التي تواجه فرق الصيانة وتعوقها في تنفيذ خطط وبرامج إدارة الصيانة بمصنع إسمنت زليتن، وبينت الدراسة أن عدم إجراء برامج الصيانة بالشكل الصحيح يرجع لعدم توفر قطع الغيار المطابقة للمواصفات الفنية في الوقت المناسب، بالإضافة لعدم توفر الأجهزة المتطورة والحديثة اللازمة للكشف عن الأعطال. اقترح الباحث جملة من التوصيات تمثلت في أهمية ادخال نظم الصيانة الحديثة كالصيانة التنبؤية لمتابعة أداء المعدات والكشف المبكر على الأعطال، وإعداد البرامج التدريبية المتخصصة لتدريب وتأهيل فرق التشغيل والصيانة للرفع من كفاءتهم، وتوفير قطع الغيار اللازمة في الوقت المحدد والمطابقة للمواصفات الفنية الموضوعة، وتوفير الأجهزة والمعدات الحديثة للكشف عن الأعطال المتكررة في المصنع[10].

أجرى (**Raouf**، 1994) دراسة تهدف لتحسين إنتاجية الآلات من خلال التقليل من تكاليف الإنتاج والصيانة، وتقييم نظام إدارة الصيانة، وإتباع منهجية الصيانة الانتاجية الشاملة للتأكيد على وضع الآلات الإنتاجية في حالة جيدة وتقليل زمن التوقفات. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن الوسائل التقليدية لتقييم نظم إدارة الصيانة لا تعطي إنتاجية عالية مقارنة بتلك التي تعتمد على فعالية معدة الإنتاج (Production Equipment Effectiveness (PEE)، وهي أداة فعالة يمكن استخدامها لتحسين الانتاجية من خلال السيطرة الفعالة لنظم الصيانة. واقترحت الدراسة منهجية لتحسين فعالية معدة الإنتاج[11].

ولضبط أعمال الصيانة قام كلا من (ASultan & Puffina - 1995) باقتراح نموذج رياضي لضبط عملية الصيانة بهدف تزويد مخططات، وجداول عملية، وطرق وأساليب لقياس أداة الصيانة". كشفت نتائج الدراسة أنه لتطبيق نظام مراقبة معلومات الصيانة Maintenance Control Information System (MCIS) يتطلب الأمر تطوير نموذجين برمجيين رياضيين، أولهما البرنامج العشوائي الذي يزود خطة الصيانة الكلية والآخر لعمل الجدولة اليومية والأسبوعية. كاستخدام طريقة (Gits)، واقتراح المداخل النوعية المعتمدة على البرمجة الرياضية، ومن ثم تعريف متطلبات نظام معلومات ضبط الصيانة[12].

مما سبق يلاحظ أن معظم الدراسات تناولت أهمية اتباع نظم الصيانة الحديثة لما لها من فائدة تعود على الشركات الصناعية التي تطبق الأسس السليمة لإدارة الصيانة، وكذلك تلك التي تهتم بمواكبة التطورات التي تستجد بين الحين والآخر نتيجة التطور العلمي. ونظراً لأهمية أعمال الصيانة فإن على الإدارة العليا للمؤسسة أن تهتم بإدارة الصيانة وأن تكون على نفس مستوى الكفاءة للإدارات الأخرى في المؤسسات، ولكي تتمكن إدارة الصيانة من القيام بمهامها بطريقة سليمة تضمن تحقيق الأهداف المحددة لها، يجب أن تضع مبادئ تنظيمية سليمة للإدارة وأن تلتزم بمبادئ التخطيط والرقابة على أعمالها. كما أشارت الدراسات أيضاً إلى أن وظيفة الصيانة، ليست مقتصرة على مجموعة من الأعمال التقنية فقط التي يعهد بها إلى عدد من المهندسين أو الإخصائيين من تشخيص ونظافة وإصلاح الأعطال، بل هي مجموعة العمليات المتصلة بالنشاط العام للمؤسسة، وتقوم به إدارة مختصة تتمثل في إدارة أعمال الصيانة. ولنجاح هذه الإدارة في تنفيذ الأعمال المطلوبة منها يجب أن توفر لها مجموعة من المتطلبات الضرورية مثل مخازن قطع الغيار والموارد البشرية والوثائق والمعلومات والميزانية التابعة لذلك.

لتحقيق أهداف البحث تم اتباع المنهجية التالية:

1. المقابلات الشخصية للمهندسين والعاملين بخطوط الإنتاج والصيانة للمصنع قيد الدراسة للتعرف على مسار الإنتاج ونشاط الصيانة في المصنع.
2. تطبيق المؤشرات الكمية الملائمة لطبيعة البيانات التي يمكن الاستدلال بها في تحليل النتائج.
3. استخدام المعالجات الاحصائية التي تساهم في تحليل الجانب التطبيقي وهي: النسبة المئوية، معامل ارتباط بيرسون لقياس العلاقات بين المتغيرات والمؤشرات، اختبار (t) لمعرفة مستوى معنوية العلاقات.

2. الجانب التطبيقي للبحث

1.2 تمهيد

تهدف هذه الدراسة للتعرف على أثر علاقة إدارة عمليات الصيانة في تحسين الإنتاجية بالتطبيق على مصنع لبدة للإسمنت، من خلال التعرف على واقع عمليات الصيانة بالمصنع وقياس أداء عمليات الصيانة ومعرفة مدى تحقيق هذه العمليات لأهدافها، ومن ثم دراسة المؤشرات الحديثة في تقييم أداء عمليات الصيانة في الشركات الصناعية وتحسين الخصائص التشغيلية للآلات والمعدات الإنتاجية فيها.

2.2 نبذة مختصرة عن مصنع لبدة للإسمنت

يقع مصنع لبدة للإسمنت جنوب شرق مدينة الخمس بحوالي 20 كلم، ويبعد عن مدينة طرابلس شرقاً بمسافة 130 كلم، ويتضمن هذا المصنع خطاً انتاجياً واحداً بطاقة تصميمية قدرها مليون طن من الإسمنت سنوياً، حيث دخل المصنع مرحلة الإنتاج الفعلي سنة 1980م. يتبع مصنع لبدة للإسمنت ضمن عدد 6 مصانع أخرى للشركة الأهلية للإسمنت المساهمة وهي: مصنع إسمنت زليتن وهو أكبر وأحدث المصانع وأكثرها إنتاجاً، ومصنع سوق الخميس للإسمنت ومواد البناء، ومصنع الأكياس الورقية في

مسلاتة الذي يعد أكبر مصنع للأكياس الإسمنتية في ليبيا، ومصنع الجبس الناعم في بئر الغنم.
تتمتع الصيانة في مصنع إسمنت لبدة بإدارة مستقلة عن إدارة الإنتاج، ويطلق عليها أحياناً اسم الإدارة الفنية. وتقوم هذه الإدارة بمهام الصيانة وتمارس اختصاصاتها ضمن سياسة وأهداف الشركة الأم، وتدير إدارة الصيانة مهامها من خلال الأقسام التالية: قسم الصيانة الميكانيكية، قسم الصيانة الكهربائية، قسم الصيانة الإلكترونية، قسم الدراسات والبرمجة، قسم صيانة الإنشاءات.

3.2 مناقشة وتحليل البيانات

1.3.2 تحليل إجمالي ساعات التوقف والتشغيل للوحدات الإنتاجية

تم الاطلاع على التقارير الفنية الواردة لوحدة الدراسة وبرمجة الصيانة التابع لإدارة المصنع وحصر كل أوامر العمل لسنة 2020م وتحليل هذه التقارير، حيث تم حساب ساعات التشغيل وساعات التوقف للوحدات الإنتاجية، ونسبة ساعات التشغيل لكل وحدة لإجمالي ساعات التشغيل لكافة الوحدات، ونسبة ساعات التوقف لكل وحدة لإجمالي ساعات التوقف لكافة الوحدات باستخدام برنامج الجداول الإلكترونية (الإكسل) كما في جدول (1).

جدول 1. ساعات التوقف والتشغيل للوحدات الإنتاجية

الوحدة	ساعات التشغيل	ساعات التوقف	إجمالي الساعات	نسبة التشغيل لإجمالي ساعات التشغيل %	نسبة التوقف لإجمالي ساعات التوقف %
الكسارة الرئيسية	1,443.30	2,206.30	3,649.6	6.28	6.00
طاحونة المواد الخام	3,712.05	5,035.90	8,747.9	16.15	13.70
الفرن	4,584.45	5,884.15	10,468.6	19.95	16.00
طاحونة الإسمنت رقم (1)	0.000.0	8,760.00	8,760.0	0	23.83
طاحونة الإسمنت رقم (2)	6,149.2	2,606.10	8,755.3	26.76	7.09
التعبئة الآلية رقم (1)	2,364.0	2,630.00	4,994.0	10.29	7.15
التعبئة الآلية رقم (2)	2,364.0	2,630.00	4,994.0	10.29	7.15
التعبئة الآلية رقم (3)	2,364.00	2.013.9	4,377.9	10.29	5.48
التعبئة الآلية رقم (4)	0.000.0	4,994.00	4,994.0	0	13.59
الإجمالي	**22,981**	**36,760.35**	**59,741.3**	**100**	**100**

الجدول رقم (2) يبين تحليل التوقفات للكسارة الرئيسية حيث تشير النتائج إلى أن نسبة التوقف بسبب امتلاء مخازن صوامع المواد الأولية إلى إجمالي ساعات التوقف قد بلغت 47.50%، ويعزى ظهور هذه النتيجة إلى توقف الوحدات الإنتاجية الأخرى مما سبب في امتلاء مخازن صوامع المواد الأولية، حيث أن عمليات التصنيع عمليات مترابطة وتكاملية. وبينت النتائج أن التوقفات المبرمجة لغرض الصيانة الوقائية بلغت نسبتها 22.21% من إجمالي التوقفات. وتراوحت التوقفات الأخرى ما بين 0.54% إلى 10.61%.

جدول 2. ساعات التوقف والتشغيل للكسارة الرئيسية

ت	سبب التوقف	مدة التوقف بالساعة	نسبة التوقف لإجمالي التوقفات %
.1	امتلاء مخازن صوامع المواد الأولية	1,048.00	47.50
.2	توقفات مبرمجة	490.00	22.21
.3	اعطال ميكانيكية	199.30	9.03
.4	اعطال انسدادات	157.00	7.12
.5	اعمال كهربائية	66.00	2.99
.6	توقفات أخرى	234.00	10.61
.7	أعطال الكترونية	12.00	0.54
إجمالي ساعات التوقف 2,206.30		إجمالي ساعات التشغيل 1,443.30	

أما إجمالي ساعات التوقف لطاحونة المواد الخام بلغت (5,035.9) ساعة في حين كان إجمالي ساعات التشغيل (3,712.05) كما هي مبينة بالجدول (3).

جدول 3. ساعات التوقف والتشغيل لطاحونة المواد الخام

ت	سبب التوقف	مدة التوقف بالساعة	نسبة التوقف لإجمالي التوقفات %
.1	امتلاء مخازن صوامع	233,55	4.64
.2	توقفات مبرمجة	1,541.55	30.61
.3	اعطال ميكانيكية	1,029.25	20.44
.4	اعطال انسدادات	138.50	2.75
.5	اعمال كهربائية	43.35	0.86
.6	أعطال الكترونية	20.55	0.41
.7	توقفات أخرى	2,029.15	40.29
إجمالي ساعات التوقف 5,035.9		إجمالي ساعات التشغيل 3,712.05	

وبينت نتائج تحليل ساعات التوقف للفرن بالجدول (4) أن إجمالي ساعات التوقف للفرن بلغت (5,884.15) وأن إجمالي ساعات التشغيل للفرن بلغت (4,584.45).

جدول 4. ساعات التوقف والتشغيل للفرن

ت	سبب التوقف	مدة التوقف بالساعة	نسبة التوقف لإجمالي التوقفات %
.1	نقص مواد	1,620.00	27.53
.2	توقفات مبرمجة	1,285.35	21.84
.3	أعمال إنشائية	416.55	7.80
.4	اعطال ميكانيكية	404.00	6.87
.5	اعطال انسدادات	17.50	0.30
.6	اعمال كهربائية	105.25	1.79
.7	أعمال فصل	6.05	0.10
.8	أعطال الكترونية	0.30	0.01
.9	توقفات أخرى	2,029.15	34,49
إجمالي ساعات التوقف 5,884.15		إجمالي ساعات التشغيل 4,584.45	

يتضح من نتائج تحليل ساعات التوقف لطاحونة الإسمنت رقم (1) في الجدول (5) أن إجمالي ساعات التوقف للفرن بلغت (8,760.00) وأن إجمالي ساعات التشغيل لها بلغت (0.000). ويعزى ظهور هذه النتيجة للنقص الشديد في قطع الغيار وعدم إمكانية الحصول عليها في الوقت الراهن في ظل شح الموارد المالية خصوصاً وأن قطع الغيار يستلزم توريدها توفر العملة الصعبة.

جدول 5. ساعات التوقف والتشغيل لطاحونة الإسمنت رقم (1)

ت	سبب التوقف	ساعات التوقف	نسبة التوقف لإجمالي التوقفات %
.1	توقفات مبرمجة	1,320.00	15.10
.2	توقفات أخرى	7,440.00	84.93
إجمالي ساعات التوقف 8,760.00		إجمالي ساعات التشغيل 0.000	

وبينت نتائج تحليل ساعات التوقف لطاحونة الإسمنت رقم (2) الموضحة بالجدول (6) أن إجمالي ساعات التوقف لطاحونة الإسمنت رقم (2) بلغت (2,606.10) وأن إجمالي ساعات التشغيل لها بلغت (6,149.20).

جدول 6. ساعات التوقف والتشغيل لطاحونة الإسمنت رقم (2)

ت	سبب التوقف	ساعات التوقف	نسبة التوقف لإجمالي التوقفات %
.1	توقفات مبرمجة	545.10	20.92
.2	اعطال ميكانيكية	746.60	28.65
.3	أعمال إنشائية	302.00	11.59
.4	اعطال انسدادات	359.30	13.79
.5	اعمال كهربائية	97.00	3.72
.6	امتلاء (مخازن صوامع)	82.00	3.15
.7	أعطال الكترونية	23.25	0.89
.8	نقص مواد	31.20	1.19
.9	أعطال فصل	41.10	1.99
.10	توقفات أخرى	378.55	14.53
إجمالي ساعات التوقف 2,606.10		إجمالي ساعات التشغيل 6,149.20	

وتشير نتائج تحليل إجمالي ساعات التوقف لوحدة التعبئة الآلية رقم (1) إلى أن إجمالي ساعات التوقف بلغ (2,630.00) لعدم صيانة هذه الوحدة منذ فترة طويلة بسبب عدم توفر قطع الغيار اللازمة لإجراء الصيانة، وأن إجمالي ساعات التشغيل بلغ (2,364.0).

أما نتائج تحليل إجمالي ساعات التوقف لوحدة التعبئة الآلية رقم (2) فتشير إلى أن إجمالي ساعات التوقف بلغ (2,630.00) بسبب التوقفات الأخرى في حين بلغ إجمالي ساعات التشغيل (2,364.00).

وبينت نتائج تحليل إجمالي ساعات التوقف للتعبئة الآلية رقم (3) الموضحة بالجدول (7) أن إجمالي ساعات التوقف لهذه العملية بلغت (2.013.9)، وأن إجمالي ساعات التشغيل لها بلغت (2,364.00).

جدول 7. ساعات التوقف والتشغيل للتعبئة الآلية رقم (3)

ت	سبب التوقف	ساعات التوقف	نسبة التوقف لإجمالي التوقفات %
.1	توقفات مبرمجة	1,077.30	53.49
.2	اعطال ميكانيكية	75.30	3.74
.3	اعطال انسدادات	223.00	11.07
.4	اعمال كهربائية	17.00	0.84
.5	أعطال الكترونية	547.30	27.18
.6	توقفات أخرى	74.00	3.67
إجمالي ساعات التوقف 2.013.9		إجمالي ساعات التشغيل 2,364.00	

في حين بينت نتائج تحليل إجمالي ساعات التوقف للتعبئة الآلية رقم (4) أن إجمالي ساعات التوقف لهذه العملية بلغت (4,994.00) وأن إجمالي ساعات التشغيل لها بلغت (0.00). ويرجع سبب التوقف إلى نقص قطع الغيار وتقادم آلة التعبئة وعدم تطويرها أو إحلالها بآلة جديدة.

2.3.2 تحليل أسباب التوقفات وعدد مرات الأعطال للكسارة الرئيسية

تم تحليل أسباب التوقفات وعدد مرات الأعطال للوحدات الإنتاجية، ومعالجة البيانات المتحصل عليها من التقارير الواردة لقسم الدراسات وبرمجة أعمال الصيانة لسنة 2020 وتبويبها، وعلى ضوئها تم تحليل مؤشرات قياس كفاءة إدارة الصيانة.

تبين نتائج الجدول (8) أن امتلاء (مخازن – صوامع) من أهم أسباب التوقفات للكسارة الرئيسية بنسبة تمثيل 47.5%، تليها التوقعات المبرمجة بنسبة 22.21%، وأن الأعمال الإلكترونية سجلت أقل نسبة تمثيل بلغت 0.54%.

جدول 8. نتائج تحليل أسباب التوقفات للكسارة الرئيسية

ت	سبب التوقف	ساعات التوقف	نسبة التوقف لإجمالي التوقفات %
.1	أعطال ميكانيكية	199.30	9.03
.2	أعمال كهربائية	66.00	2.99
.3	أعمال الكترونية	12.00	0.54
.4	اعمال انسدادات	157.00	7.12
.5	توقفات مبرمجة	490.00	22.21
.6	امتلاء (مخازن صوامع)	1,048.00	47.50
.7	توقفات أخرى	234.00	10.61
	الإجمالي	2206.3	100

والجداول (9،10،11،12،13) تبين تفاصيل أسباب التوقفات لكل نوع من الأعطال المذكورة بالجدول رقم (8)، حيث تبين نتائج تحليل أسباب التوقفات للكسارة الرئيسية (أعطال ميكانيكية) بالجدول (9) أن كسر عمود السرعات العالية بصندوق التروس بالمغذي الثانوي (M16) تكرر إصلاحه مرتين وبزمن إصلاح قدره 53 ساعة يليه قطع في سير البوم الخاص بآلة تكديس المواد الرئيسية حيث تكرار إصلاحه مرتين بزمن إصلاح 28 ساعة كما تراوحت الاصلاحات الباقية بين ساعتين إلى 27 ساعة بتكرار إصلاح بين مرة ومرتين.

جدول 9. نتائج تحليل أسباب التوقفات للكسارة الرئيسية (أعطال ميكانيكية)

ت	اسم العطل	مدة التوقف بالساعة	عدد الأعطال
.1	تغيير مضخة مياه تبريد صندوق التروس الرئيسي للكسارة	12	1
.2	الكشف على مضخة المياه الخاصة بتبريد منظومة الزيت لصندوق التروس بالكسارة	2	1
.3	تركيب الحاجز الحديدي لحوض الكسارة الرئيسة	10	1
.4	تغيير الزيت الخاص بصناديق التروس لمطارق الكسارة (المجموعة1،2)	7	1
.5	قطع في سير البوم الخاص بآلة تكديس المواد الرئيسية	28	2
.6	قطع بالسير (M23)	3	1
.7	كسر عمود السرعات العالية بصندوق التروس بالمغذي الثانوي (M16)	53	2
.8	تركيب مدحرجات جديدة (M16) لحام وخراطة عمود السرعات العالية لصندوق التروس	20	2
.9	تغيير سير نقل الحركة للمغذي الثانوي رقم (M16)	5	1
.10	تغيير الوصلة الهيدروليكية الخاصة بالمجموعة الأولى للمطارق	27	1
.11	إعادة تلصيق السير المطاطي رقم (M16)	2	1
.12	الشد على السير رقم (23) لوجود ارتخاء فيه	2.30	1
.13	كسر في عمود الإدارة الخاص بصندوق التروس لمحرك السير المغذي (N04)	18	1
.14	تعديل سير البوم لآلة تكديس الإضافات	10	1
	إجمالي ساعات التوقف	**199.30**	**17**

يلاحظ من نتائج الجدول (10) أن تلف في الكابل الرئيس الخاص بآلة تكديس المواد الرئيسية قد تكرر 3 مرات بزمن إصلاح بلغ 11 ساعة في حين تكررت الأعطال الأخرى مرة واحدة بزمن اصلاح تراوح بين ساعة واحدة واثنا عشرة ساعة.

جدول 10. نتائج تحليل أسباب التوقفات للكسارة الرئيسية (أعطال كهربائية)

ت	اسم العطل	مدة التوقف بالساعة	عدد الأعطال
.1	تغيير مدحرجات محرك بكرة لف الكيبل الخاصة بآلة تكديس المواد الرئيسية	8	1
.2	صيانة دائرة التحكم الخاصة بحركة آلة تكديس المواد الرئيسة	5	1
.3	تلف بالكابل الرئيسي الخاص بآلة تكديس الإضافات	9	1
.4	تلف في الكابل الرئيس الخاص بالة تكديس المواد الرئيسية	11	3
.5	تغيير محرك المنظف (M18)	9	1
.6	تعبير مفتاح الطواري لآلة تكديس المواد الرئيسية	5	1
.7	الكشف على الحساسات والمرحلات الزمنية لصدوق بتروس (M01)	12	1
.8	الكشف على الدوائر الكهربائية لسير (m17)	2	1
.9	إعادة الكابل إلى مجاله مع البكرة لآلة تكديس المواد	1	1
.10	تغيير المتحرجات لمحرك السير المغذي	2	1
.11	زيادة في الجهد الكهربائي بالمحطة الرئيسية	2	1
	إجمالي ساعات التوقف	**66**	**13**

يلاحظ من نتائج الجدول (11) أن إضافة مادة الإلكتروليت لميزان الكسارة قد تكررت مرتين بزمن إصلاح بلغ 5.30 ساعة وتكررت عملية تعديل مراقب الدوران لميزان الكسارة مرتين بزمن إصلاح 3 ساعات، كما أن إجمالي ساعات التوقف للأعمال الإلكترونية بلغ 11.6 ساعة.

جدول 11. نتائج تحليل أسباب التوقعات للكسارة الرئيسية (أعطال إلكترونية)

ت	اسم العطل	مدة التوقف بالساعة	عدد الأعطال
.1	معايرة الميزان الرئيسي	2	1
.2	إضافة مادة الالكتروليت لميزان الكسارة	5.30	2
.3	تعديل مراقب الدوران لميزان الكسارة	3	2
.4	تعديل مراقب الدوران لسير البوم لآلة تكديس المواد الرئيسية	1.30	1
	إجمالي ساعات التوقف	**11.6**	**6**

تبين نتائج الجدول (12) أن مشكلة الانسداد بالبوابة الخاصة بمحطة العينات قد تكررت 7 مرات بزمن إصلاح بلغ 50 ساعة وأن مشكلة انسداد بالمطارق بسبب تراكم الأحجار بحوض الكسارة تكرر عطلها 3 مرات بزمن إصلاح 57 ساعة في حين تراوح تكرار أعطال الانسدادات الأخرى بين المرة ومرتين بزمن إصلاح تراوح بين 4 إلى 36 ساعة.

جدول 12. نتائج تحليل أسباب التوقفات للكسارة الرئيسية (أعطال انسدادات)

ت	اسم العطل	مدة التوقف بالساعة	عدد الأعطال
.1	انسداد بالمطارق بسبب تراكم الأحجار بحوض الكسارة	57	3
.2	انسداد بالبوابة الخاصة بمحطة العينات	50	7
.3	انسداد بمطارق الكسارة بسبب رطوبة بالمواد	36	2
.4	انسداد بمصب سير البوم الخاص بآلة تكديس المواد الرئيسية	5	2
.5	تراكم مواد بالسير المغذي (M05)	4	2
.6	تراكم مواد على سير البوم لآلة تكديس الإضافات	5	1
	إجمالي ساعات التوقف	**157**	**17**

أما مدة التوقفات المبرمجة للكسارة الرئيسية فقد بلغت 490 ساعة بتكرار 23 مرة.

تبين نتائج الجدول (13) أن عملية استخدام المعدات للنظافة داخل المصنع تكررت 7 مرات بزمن قدره 45 ساعة، وأن نقص معدات نقل مواد تكرر 7 مرات بزمن 24 ساعة وأن تكرار حدوث رطوبة عالية بالمواد بسبب الأمطار تكرر 4 مرات بزمن اصلاح 19 ساعة.

جدول 13. نتائج تحليل أسباب التوقفات للكسارة الرئيسية (أعطال أخرى)

ت	اسم العطل	مدة التوقف بالساعة	عدد الأعطال
.1	رطوبة عالية بالمواد بسبب الأمطار	19	4
.2	نظافة صناعية	1	1
.3	انقطاع التيار الكهربائي	2	1
.4	توقف معدات التحميل	11.30	2
.5	توقف سيارة رش المياه	37	2
.6	استخدام المعدات للنظافة داخل المصنع	45	7
.7	تنظيف وتغيير بعض الرولات المساعدة لسير البوم الآلة تكديس المواد الرئيسية	11	1
.8	توقف المعدات لعدم وجود وقود	10	1
.9	عطل بمعدات التحميل	3	1
.10	أعمال نظافة بمحطة العينات	20	3
.11	تغيير مسار عمل آلة تكديس المواد على الكومة الجديدة	5.30	2
.12	أعمال نظافة بالسير (M18)	4	1
.13	نقص معدات نقل مواد	24	7
.14	سقوط دنير بالحوض الرئيسي للكسارة	14	2
.15	سقوط قطعة من الحديد على المطارق	7	1
.16	عطلة رسمية بمناسبة عيد الأضحى	10	1
	إجمالي ساعات التوقف	**223.6**	**37**

كما تبين النتائج أن مشكلة امتلاء مخازن وصوامع المواد من أكثر المشاكل المسببة للتوقف حيث بلغت ساعات التوقف (1,048.00) ساعة (جدول 2)، وزمن اصلاح تكرر 29 مرة، وهذا يرجع إلى المشاكل الأخرى المتعلقة بالعملية الإنتاجية.

وبنفس الطريقة السابقة تم تحليل أسباب التوقفات للوحدات الإنتاجية الأخرى والتي تعتبر أساس القياس وتقويم معدلات أداء عمليات الصيانة وإتاحية المكائن الإنتاجية.

3.3.2 تحليل مؤشرات قياس كفاءة إدارة الصيانة

1 - متوسط التوقف بين الأعطال:

Mean Time Between Failures (MTBF)

يعد متوسط التوقف بين الأعطال **(**MTBF**)** مؤشراً هاماً لقياس جودة أداء الصيانة حيث يقيس متوسط الوقت بين الأعطال التي تحدث في الآلة الإنتاجية أو أحد أجزائها القابلة للتصليح، ويحتسب وفقاً للصيغة الآتية:

$$\text{متوسط الوقت بين عطلين متتاليين} = \frac{\text{مدة التشغيل(الوقت الكلي لساعات التشغيل)}}{\text{عدد العطلات}}$$

ويدل ارتفاع (MTBE) على الكفاءة المتاحة للآلات والأجهزة في إنتاج منتوجات بالكميات والجودة المطلوبة، وبالتالي يعد مؤشراً أساسياً لقياس أداة الصيانة.

2 متوسط وقت التصليح:

Mean Time To Repair (MTTR)

أما متوسط وقت التصليح **(**MTTR**)** والتي تسمى بالإنجليزية **(**Maintainability**)** وتعني القدرة على الصيانة فيمكن حسابها وفق الصيغة الآتية:

$$\text{متوسط وقت التصليح} = \frac{\text{مجموع أوقات التصليح}}{\text{عدد حالات الإصلاح}}$$

ويعد (MTTR) مقياساً للقدرة على الصيانة (Maintainability) وعامل مهم لأداء المسار الإنتاجي.

3. الإتاحية (Availability) للمكائن والمعدات:

وتعبر عن الدرجة التي تكون فيها العمليات التشغيلية جاهزة للعمل، ويعبر عنها بنسبة متوسط الوقت بين العطلات **(**MTBF**)** إلى مجموع **(**MTBF**)** مضاف إليه متوسط وقت التصليح **(**MTTF**).**

$$\text{الإتاحية} = \frac{\text{متوسط الوقت بين عطلين متتاليين}}{\text{متوسط الوقت بين عطلين متتاليين+متوسط وقت التصليح}}$$

ولسرعة إنجاز المعادلات الثلاثة المشار إليها تم استخدام برنامج الجداول الإلكترونية (الأكسل) بعد أن تم تحليل البيانات سالفة الذكر المتعلقة بالوحدة الانتاجية "الكسارة الرئيسية" بمصنع لبدة للإسمنت، تضمنت هذه البيانات بشكل أساس الأوقات الفعلية لعمل الآلات وأوقات إصلاح أعطال المكائن وأعداد

الأعطال والتوقفات، إذ اعتمدت حالات الأعطال (التوقف) الميكانيكية والكهربائية واستبعدت الأعطال الأخرى المتمثلة بالإجراءات الإدارية والتنظيمية، كما يوضحها الجدول رقم (14).

جدول 14. البيانات الأساسية لتحليل مؤشرات قياس كفاءة إدارة الصيانة

الوحدة الإنتاجية	مجموع أوقات التوقف (س)	عدد الأعطال	مجموع ساعات العمل	مجموع أوقات اصلاح الآلات (س)	متوسط التوقف بين الأعطال MTBF	متوسط وقت التصليح (MTTR)	+(MTBF) (MTTR)	الإتاحية
الكسارة الرئيسية	2,206.3	142	1,443.3	590	10.16	4.15	14.31	0.71
طاحونة المواد الخام	5,035.9	282	3.712.05	1044.3	13.16	3.70	16.86	0.78
الفرن	5,884.1	86	4,584.45	2016.45	53.31	22.91	76.22	0.70
طاحونة الإسمنت رقم (1)	8,760.0	3	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00
طاحونة الإسمنت رقم (2)	2,606.1	213	6,149.2	166.3	28.87	0.78	29.65	0.97
التعبئة الآلية رقم (1)	2,630.0	1	0	0	0.0	0.00	0.0	0.00
التعبئة الآلية رقم (2)	2,630.0	131	2,364.0	755.15	18.05	5.76	23.81	0.76
التعبئة الآلية رقم (3)	2,013.9	135	2,364.0	987.3	17.51	7.31	24.82	0.71
التعبئة الآلية رقم (4)	4,994.0	2	0	0	0.0	0.00	0.0	0.00
الاجمالي	**36,760**	**997**	**22,981**	**5559.5**				

حيث تبين النتائج أن الآتي:

1. تزايد عدد الأعطال بشكل كبير في كافة الوحدات الإنتاجية باستثناء [طاحونة الإسمنت رقم (1)، والتعبئة الآلية رقم (1)، والتعبئة الآلية رقم (4)] نتيجة توقفها وتقادم أجزائها وعدم صيانتها فترة طويلة.
2. أثرت ساعات التوقف للوحدات الإنتاجية على ساعات التشغيل حيث بلغ إجمالي ساعات التوقفات (36,760.35) ساعة.
3. بلغت ساعات الإصلاح (5559.5) ساعة.
4. أثر انخفاض ساعات الاشتغال الفعلية للآلات وتزايد عدد الأعطال على انخفاض مؤشر متوسط الوقت بين العطلين MTBF.
5. ضعف معولية الاعتماد على هذه الآلات بسبب تقادمها، حيث كان بداية اشتغالها عام 1980، فضلاً عن ضعف صيانتها مما أثر في ضعف كفاءة أدائها وعدم إنتاج مادة الإسمنت بالكميات والجودة المطلوبة، وانخفاض نسب الانتفاع من طاقتها الإنتاجية.
6. أعلى متوسط لوقت الاصلاح (MTTR) حدد بـ (22.91) ساعة لكل عطل وإصلاح في الوحدة الإنتاجية الفرن، حيث ارتفع مجموع ساعات إصلاح هذه الوحدة، إذ بلغ (2016.45) ساعة، بينما أقل وقت إصلاح لطاحونة الإسمنت رقم (2)، إذ حدد (0.78) ساعة لكل عملية إصلاح، وتذبذبت بالانخفاض والارتفاع لبقية الوحدات الإنتاجية.
7. اعتماداً على نتائج الفقرتين الأولى والثانية، استخرجت نسب الإتاحية والمبينة في الجدول (14)، إذ بلغت أقل نسبة إتاحية (0.79) للوحدة الإنتاجية الفرن، وترتفع هذه النسبة أيضاً في وحدات إنتاجية أخرى، إذ تراوحت بين (0.71 – 0.97)، ومثل هذه النسب تعد حقيقية بسبب ارتفاع مجموع أوقات توقفات هذه الوحدات الإنتاجية فضلاً عن ارتفاع أوقات إصلاحها وصيانتها.
8. بعد دراسة وتحليل مؤشرات إتاحية الوحدات الإنتاجية للمصنع قيد الدراسة، تبرز مسألة مهمة تخص العلاقات بين نسب إتاحية وأداء عمليات الصيانة متمثلة بمتوسط الوقت بين عطلين، ومتوسط وقت إصلاح المكائن، إذ استخدم معامل الارتباط لبيان قوة ومعنوية العلاقات بين هذه المؤشرات، والجدول (15) يبين نتائج اختبار **(t)** لتحديد مدى معنوية كل ارتباط، حيث يتضح وجود علاقة تربط بين متوسط الوقت بين عطلين ونسب إتاحية الوحدات الإنتاجية، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط بينهما (0.69)، والعلاقة طردية بينهما. وتعد هذه النتيجة نتيجة حقيقية للتعبير عن أن أي زيادة في الأوقات بين عمل وآخر في الوحدات الإنتاجية تؤدي إلى زيادة في نسب الإتاحية والعكس صحيح، مما يؤكد أن الاعتمادية (Reliability) عالية بينهما، أي القدرات التشغيلية للوحدات الإنتاجية في أداء العمليات الإنتاجية، وقيمة **(t)** المحسوبة تعزز صحة هذه النتيجة إذ زادت على القيمة المؤشرة في الجدول.
9. كما تبين نتائج الجدول (15) وجود علاقة بين متوسط وقت إصلاح الوحدات الإنتاجية ونسب إتاحية الوحدات الإنتاجية، إذ كانت قيمة معامل الارتباط سالبة (2.262-)، أي أن العلاقة عكسية بينهما. وهذه نتيجة منطقية أخرى تثبت قدرة أداء عمليات الصيانة على إصلاح الوحدات الإنتاجية وإعادتها للإنتاج، أي كلما تقل الأوقات المستغرقة في إصلاح وصيانة الوحدة الإنتاجية تتزايد نسبة إتاحية تشغيل الوحدة الإنتاجية والعكس صحيح. وأكدت قيمة **(t)** المحسوبة والتي بلغت (5.041-) صحة هذه النتيجة، حيث كانت أعلى من القيمة المجدولة البالغة (2.262-)، التي تؤكد العلاقة والتأثير المعنوي بين أوقات الصيانة.
10. كما تثبت النتائج إمكانية تكرار الأعطال بالوحدات الإنتاجية، أي أن نسب الإتاحية تتحدد فعلاً بزيادة الأوقات بين عطل وآخر والتي تعني رفع درجات الاعتمادية بالوحدات الإنتاجية، فضلاً عن انخفاض أوقات إصلاحها وصيانتها بعد حدوث التوقفات والأعطال (السرعة في إعادة المكائن للعمل) وكلاهما مؤشران لتحسين جودة أداء عمليات الصيانة.

جدول 15. نتائج تطبيق معامل الارتباط واختبار (T) لتحديد مدى معنوية كل ارتباط

مؤشرات أداء الصيانة	إتاحية المكائن الإنتاجية		
	معامل الارتباط	قيمة (t) المحسوبة	قيمة (t) الجدولية
متوسط الوقت بين عطلين	0.69	5.47	2.262
متوسط وقت إصلاح الآلات	-0.369	-5.041	-2.262

4.3.2 تحليل عوامل ومؤشرات الإنتاجية

ويقصد بها النسبة المئوية للانتفاع بالعمالة خلال الفترة المطلوبة، حيث تقيس مدى تواجد فرق الصيانة لأداء عمليات الصيانة، وذلك نتيجة تداخل بعض التوقفات، فقد يحدث في فترة من ازدحام العمل على فرق الصيانة، وفي فترة أخرى لا يكون فيها أعمال تستدعي تشغيل كافة العمالة، ويمكن حسابها من نماذج أوامر العمل للصيانة الوقائية والفجائية واحتساب صافي أوقات العمل وتقسيمها على إجمالي الوقت المدفوع كأجر أو حسابها من خلال المعادلة التالية:

$$\text{الإنتاجية} = \frac{\text{الإنتاج/طن}}{\text{ساعات التشغيل للوحدة الإنتاجية}}$$

تبلغ الطاقة التصميمية لمصنع لبدة للإسمنت مليون طن سنوياً، إلا أن الإنتاج الفعلي للمصنع لم يتجاوز 500000 طن سنوياً من الإسمنت، أي بنسبة استغلال حوالي 44% والتي تمثل نسبة الاستفادة من الطاقة التصميمية من خلال كمية الانتاج المتحقق فعلاً.

يفهم من الطاقة الإنتاجية أنها تمثل أقصى حجم يمكن إنتاجه من منتج معين خلال فترة زمنية محددة، عند الاستخدام العقلاني لإدارة عمليات الصيانة متمثلة في الأصول المنتجة والموارد المالية والمنتجة، وعناصر الإنتاج، وتوظيف التكنولوجيا المتقدمة، والتنظيم العلمي للإنتاج، وبرمجة وتخطيط أعمال الصيانة.

تشير نسبة التشغيل إلى قياس توقع الإدارة الهندسية لدرجة الاستفادة من الطاقات التصميمية للمصنع على ضوء توفر مستلزمات الإنتاج. الجداول (16 - 18) توضح إنتاجية ساعات العمل للسنوات (2018، 2019، 2020م).

جدول 16. انتاجية ساعات العمل لسنة 2018م

اسم الوحدة	الإنتاج بالطن	نسبة المحقق المستهدف	ساعات التشغيل	ساعات التوقف	الإنتاجية طن/ساعة
الكسارات	890225	69.87	1712.30	1937.30	519.90
طاحونة المواد الخام	942718	82.42	4488.50	4271.10	210.03
الفرن	546496	82.18	5387.20	3372.40	101.44
طاحونة الإسمنت رقم (1)	189496	58.54	3116.20	5643.40	60.81
طاحونة الإسمنت رقم (2)	383955	104.43	5759.45	3000.15	66.67
اجمالي طواحين الإسمنت (2،1)	573451	82.95	8876.05	8643.55	64.61
خطوط التعبئة	خط رقم 1		/	4994.00	/
	خط رقم 2		2990.30	2003.30	/
	خط رقم 3		2750.50	2243.10	/
	خط رقم 4		837.00	4157.00	/
الإجمالي المكيس	275865	72.65	6577.80	13397.40	41.94
اسمنت سائب	300305.929	96.67	/	/	/
التعبئة	582043.929	84.31	/	/	/
الإنتاجية					**1,065.4**

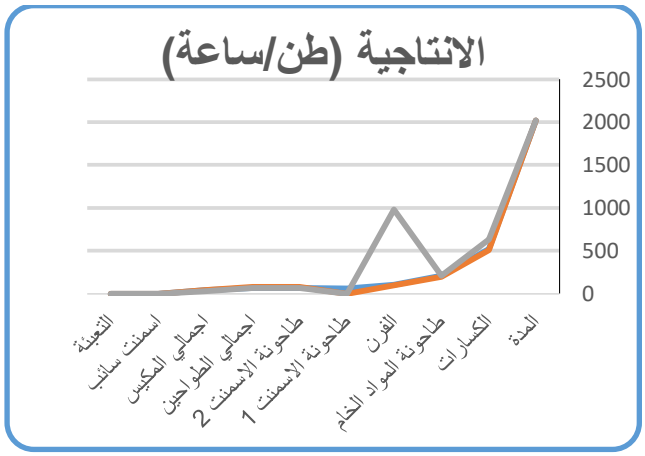
جدول 17. انتاجية ساعات العمل لسنة 2019م

اسم الوحدة	الإنتاج بالطن	نسبة المحقق المستهدف	ساعات التشغيل	ساعات التوقف	الإنتاجية طن/ساعة
الكسارات	721820	52.12	1424.00	2226.00	506.90
طاحونة المواد الخام	769760	66.96	3895.50	4864.10	197.60
الفرن	452500	68.07	4543.50	4216.30	99.59
طاحونة الإسمنت رقم (1)	0	0	0	8760.30	0.00
طاحونة الإسمنت رقم (2)	419525	91.16	5441.45	3318.15	77.10
اجمالي طواحين الإسمنت (2،1)	419525	73.18	5441.45	12078.15 5441.45	77.10
خطوط التعبئة	خط رقم 1		/	4994.00	/
	خط رقم 2		2928.30	2633.60	/
	خط رقم 3		2906.30	2294.30	/
	خط رقم 4		/	4994.00	/
الإجمالي المكيس	232425	60.51	5834.60	14,915.30	39.84
اسمنت سائب	184452.78	58.69	/	/	/
التعبئة	423669.78	60.66	/	/	/
الإنتاجية					**998.13**

جدول 18. انتاجية ساعات العمل لسنة 2020م

اسم الوحدة	الإنتاج بالطن	نسبة المحقق المستهدف	ساعات التشغيل	ساعات التوقف	الإنتاجية طن/ساعة
الكسارة	914145	74.16	1,443.30	2,206.30	633.37
طاحونة المواد الخام	769350	67.18	3,712.05	5,035.90	207.26
الفرن	444215	66.35	4,584.45	5,884.15	96.90
طاحونة الإسمنت رقم (1)	0	0	0	8760.30	0
طاحونة الإسمنت رقم (2)	399600	114.60	6,149.2	2,606.10	64.98
اجمالي طواحين الإسمنت (2،1)	399600	57.09	6,149.2	11,366.4	64.98
خطوط التعبئة	خط رقم 1		2,364.0	2,630.00	/
	خط رقم 2		2,364.0	2,630.00	/
	خط رقم 3		2,364.0	2.013.9	/
	خط رقم 4		/	4994.00	/
الإجمالي المكيس	148545	38.59	7,092	12,267.9	20.95
اسمنت سائب	240290.04	76.29	/	/	/
التعبئة	393303.04	56.19	/	/	/
الإنتاجية					**1,088.44**

والشكل رقم (1) مقارنة بين إنتاجية ساعات العمل للطن الواحد من الإسمنت خلال السنوات (2018،2019،2020).



شكل (1). مقارنة بين إنتاجية السنوات (2018،2019،2020) للإسمنت (طن/ساعة)

يبين الشكل (1) أن إنتاجية المصنع بلغت (1,065.4) طن/ساعة سنة 2018م، ثم انخفضت في سنة 2019م حيث بلغت (998.13)، ثم ارتفعت في سنة 2020 لتصل إلى (1,088.44) طن/ساعة، ويعزو سبب تدني إنتاجية المصنع إلى كثرة توقفات الوحدات الإنتاجية بسبب الأعطال الناتجة عن عدم إجراء الصيانة اللازمة والتي تتطلب وقت طويلاً لإصلاحها، بالإضافة إلى الانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي وعدم توفر قطع الغيار.

3. الاستنتاجات

إن الدور الفاعل لإدارة عمليات الصيانة في ترشيد استغلال واستخدام الطاقات الإنتاجية المتاحة يتطلب اتباع الأساليب العلمية الحديثة لتنفيذ هذه العمليات بجودة أعلى وتكلفة أقل. ويمكن إيجاز ما خلصت إليه نتائج الورقة في الآتي:

1. ضعف الاستفادة من الأساليب العلمية لتخطيط وبرمجة أعمال الصيانة.
2. محدودية الاستفادة من التقنية وبرامج الحاسب الآلي في أعمال الصيانة والإصلاح.
3. عدم الاهتمام ببطاقة معلومات المعدة رغم وجودها ضمن وثائق متطلبات الجودة للمصنع.
4. ضرورة تحديد مجموعة من المؤشرات لأداء عمليات الصيانة بعد تحليل توقفات الوحدات الإنتاجية بالمصنع.
5. متوسط التوقف بين الأعطال مؤشراً أساسياً لقياس أداء الصيانة.
6. يعد متوسط وقت التصليح مقياساً للقدرة على الصيانة وعامل مهم لأداء المسار الإنتاجي.
7. أدى زيادة عدد الأعطال وساعات التوقف إلى انخفاض نسبة الإتاحية لعدد من الوحدات الإنتاجية الأساسية في المصنع، إذ انخفضت الأوقات فيما بين حدوث الأعطال لهذه الوحدات الإنتاجية، وتزايدت فترات إصلاحها، ما يشير إلى ضعف عمليات الصيانة وبشكل خاص الفرن، وطاحونة المواد الخام التي تعد أساسية في المسار الإنتاجي للمصنع.
8. أثرت زيادة عدد الأعطال إلى انخفاض نسب الانتفاع من الطاقة الإنتاجية لعدد من وحدات الإنتاج مما تشير إلى عدم تحقيق المصنع لمؤشرات الأداء المطلوب لعمليات الصيانة.
9. تراوحت نسب إتاحية الوحدات الإنتاجية بين (71% - 97%).
10. هناك تأثير كبير لساعات التوقف للوحدات الإنتاجية على ساعات التشغيل، حيث بلغ إجمالي ساعات التوقفات (36,760.35) ساعة.
11. بلغت أعلى أوقات التوقف (**8,760.0**) ساعة لطاحونة الإسمنت رقم (1) يليها الفرن بعدد ساعات توقف بلغت (**5,884.15**) ساعة، ثم طاحونة المواد الخام (5,035.90) ساعة، والتي تتطلب أوقات أطول لإصلاحها.

4. التوصيات

1. اعتماد منهجية قياس الأداء وفق هيكل يشمل سياسة وأعمال الصيانة وعلاقتها بالأنشطة الأخرى.
2. الاستفادة من الأساليب العلمية لتخطيط وبرمجة أعمال الصيانة.
3. تبني نظام معلومات خاص بعمليات الصيانة بالمصنع والشركة يعتمد على تسجيل وتحليل البيانات الخاصة بتوقفات الوحدات الإنتاجية والقطع التي يتم استبدالها أو إصلاحها.
4. الاستفادة من بطاقة معلومات المعدة في معالجة العطلات وتقويم سير نشاط الصيانة وجودتها.
4. الاعتماد على المؤشرات الكمية لقياس جودة أداء الصيانة.
5. تحسين الكفاءة التشغيلية للوحدات الإنتاجية الحالية عن طريق الصيانة الكلية أو الجزئية، والعمل على تحديث الوحدات الإنتاجية المتقادمة بعد الاعتماد على مؤشرات تقويم عمليات الاستبدال والاحلال.
6. تبني أساليب لدراسة مختلف التكاليف المرتبطة بالصيانة سواء المباشرة أو غير المباشرة لتقليصها.
7. تكثيف البرامج التدريبية التخصصية مع التركيز على الجانب العملي.

المراجع

1. الحذيفي، رامي، وعلوان، حيدر، والبياتي، فائز، الاتجاهات الحديثة في إدارة الصيانة المبرمجة عمان: دار وائل للنشر، الطبعة الأولى، 2004.
2. اللامي، غسان قاسم داود، دور جودة أداء الصيانة في اتاحية المكائن الانتاجية، مجلة الجامعة، بغداد: المجلد [12، العدد [8]، 2011.
3. بن حكومة، مصطفى أحمد، إدارة الصيانة"، طرابلس: درا الوليد للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، 2012.
4. جبريل، حسين نظام تخطيط موارد الصيانة: دراسة تطبيقية في مصنع الدرقلة المسطحة على البارد، رسالة ماجستير في الإدارة والتنظيم، أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس، 2001.
5. الشارف، عفاف مسعود، "احلال الآلات وتكلفة الإنتاج، رسالة ماجستير في الإدارة والتنظيم، أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس، 2007.
6. ابريكة، عمار امبارك، صيانة الآلات وأثرها على الإنتاج"، رسالة ماجستير في إدارة الأعمال، أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس، 2003.
7. الزليتني، نجية أحمد، "الصيانة الوقائية وأثرها على الانتاجية، رسالة ماجستير في إدارة الأعمال، أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس، 2004.
8. الطروق، ناصر ميلاد، "الصيانة والإنتاجية"، رسالة ماجستير في الإدارة والتنظيم، أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس، 2000
9. حنيش، عبدالناصر عمر، تطبيق تقنيات الصيانة التنبؤية لتحسين نظام إدارة الصيانة بمحطة كهرباء الزاوية، رسالة ماجستير في الإدارة والتنظيم، أكاديمية الدراسات العليا طرابلس، 2007.
10. العائب، عبدالمنعم عملية، "الصعوبات التي تواجه إدارة الصيانة في تنفيذ خططها وبرامجها "، رسالة ماجستير في إدارة المشاريع الهندسية، أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس، 2010.
11. A. Raouf, (1994), "Improving Capital Productivity through Maintenance", International Journal of Operations & Production Management, Vol. [14], No 7, MCB University Press.
12. Khaled S. Al-Sultan and Salih O. Duffuaa, (1995), "Maintenance control via mathematical programming, Engineering", Journal of Quality in Maintenance Vol. 1 No 3. MCB University Press.