الكفـــــــــاءة الكليـــــة للمعدات
(حالة دراسية لمصنع السيراميك / مصراتة - ليبيا)

عادل صالح عامر
كلية الهندسة ، قسم الهندسة الصناعية والتصنيع
مصراته - ليبيا
a.amer@eng.misuratau.edu.ly

القنيدي حسين الصغير
كلية الهندسة ، قسم الهندسة الصناعية والتصنيع
مصراته - ليبيا
e.elsaghier@eng.misuratau.edu.ly

محمود إمحمد أبوشعالة
كلية الهندسة ، قسم الهندسة الصناعية والتصنيع
مصراته - ليبيا
m.abushaala@eng.misuratau.edu.ly

محمد نجيب طرينة
كلية الهندسة ، قسم الهندسة الصناعية والتصنيع
مصراته - ليبيا
Najib.trian@yahoo.com

الملخص— **تتحقق فعالية وكفاءة الصيانة في المؤسسات الصناعية وذلك بقدرتها على تحقيق إتاحية ومعولية عالية لآلات والمعدات، والقدرة على التحكم في تكاليف الصيانة. ولضمان هذه الوضعية تحتاج المؤسسة إلى وسائل معينة لتعقب وتتبع أداء عمليات الصيانة؛ وهذا يتحقق عن طريق إيجاد وتحديد مؤشرات لقياس أداء الصيانة تكون قادرة على إبراز الفجوات التي تحدث في سياسة وأعمال الصيانة مثل مؤشر الكفاءة الكلية للمعدات.**

تهدف هذه الدراسة إلى حساب الكفاءة الكلية للمعدات بأهم منطقة بمصنع سيراميك ليبيا الواقع بمدينة مصراتة، من أجل توفير قاعدة بيانات لاتخاذ القرارات الهامة المتعلقة بالصيانة. واعتمد البحث على المنهج التحليلي، وذلك من خلال جمع البيانات من واقع الأحداث اليومية والشهرية وفق بيانات السجلات اليومية بقسمي التخطيط والإنتاج.

تم تجميع البيانات للأشهر الستة (من سبتمبر إلى ديسمبر من عام 2017م) و(يناير وفبراير من عام 2018م)، وقد تم تصنيفها وترتيبها بغية تحديد مستويات الأداء بالمصنع وذلك من خلال التقارير اليومية والشهرية.، ومن أهم النتائج المتوصل إليها أن متوسط الكفاءة الكلية لخطي الإنتاج الأول والثاني 61.28% و64.08% على التوالي. كذلك وجد أن متوسط وقت بين الأعطال لخطي الإنتاج الأول والثاني 57.06 ساعة و33.59 ساعة على التوالي خلال فترة الدراسة، أما متوسط الوقت بين الإصلاح لخطي الإنتاج الأول والثاني 38.30 ساعة و24.85 ساعة على التوالي، وبلغ متوسط الإتاحية لكل من الخطين الأول الثاني 95.98%.

الكلمات المفتاحية: **(كفاءة المعدات، مؤشر الاداء، الصيانة، اتخاذ القرارات)**

1. المقدمة

تمت الدراسة في منطقة الفرز والتي تعتبر آخر مرحلة من مراحل الإنتاج، والمختصة بفحص السيراميك وتصنيفه حسب جودته إمّا درجة أولى أو درجة ثانية أو ثالثة أو معدوم، ويتم في هذه المنطقة عدة مراحل نذكرها وهي كالآتي: -

1-الآلي: لنقل السيراميك
2- طاولة التصنيف
3-الجهاز القارئ للدرجة
4- فرز الدّرجات وتجميعها
5- تغليف السيراميك
6- طباعة الكود
7- تجميع السيراميك في وحدة الإنتاج
8-الإنتاج التام

استلمت الورقة بالكامل في 6 ديسمبر 2018 وروجعت في 23 ديسمبر 2018 وقبلت للنشر في 29 ديسمبر 2018

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 31 ديسمبر 2018

2. جمع وتحليل البيانات

لقد تم القيام بجمع البيانات للأشهر الأربعة الأخيرة من سنة 2017م والشهرين الأولين من سنة 2018م، وتصنيفها وترتيبها وفقاً لمؤشر الكفاءة الكلية للمعدات بغية تحديد مستويات الأداء لمنطقة الفرز بمصنع سيراميك ليبيا، وذلك استناداً على البيانات الفعلية من واقع الأداء التشغيلي. ثمّ عرض هذه البيانات في جداول، وحساب واستخراج الكفاءة الكلية ومؤشرات الصيانة لخطي الإنتاج ومقارنتها بالمؤشرات العالمية. هذه البيانات جمعت من قسم إدارة الإنتاج، وكذلك تم الاستعانة بقسم الصيانة والتقارير اليومية والشهرية، ويوضح الجدول رقم (1) يوضح بيانات الكفاءة الكلية لخطي الإنتاج؛ حيث يشتمل على بيانات الإنتاج المحقق خلال الأشهر الستة محل الدراسة، وكذلك كمية الإنتاج المعيب، والإنتاجية، والطاقة الإنتاجية وفق الخطة، وعدد ساعات التشغيل المخطط، وعدد ساعات العمل الكلية.

جدول 1. بيانات الكفاءة الكلية لخطي الإنتاج

البيان	خط الفرز الحائطي					
	الشهور					
	9	10	11	12	01	02
كمية الإنتاج(م2)	64073.0	81858	83089.3	87467.3	83902.9	64073.0
كمية الإنتاج المعيب(م2)	1908.90	2150.90	3201.20	2486.20	2799.40	1587.5
الإنتاجية(م2/ساعة)	110.193	108.99	115.40	117.56	112.77	95.34
الطاقة وفق الخطة(م/ساعة)	231.48	224.01	231.48	224.01	224.01	248.01
ساعات العمل الكلية(ساعة)	720	720	744	744	744	672
التشغيل المخطط(ساعة)	691	291	715	715	715	643
الزمن المخصص للصيانة(ساعة)	29	29	29	29	29	29
البيان	خط الفرز الأرضي					
	الشهور					
	9	10	11	12	01	02
كمية الإنتاج(م2)	67296.1	78095.5	60934.3	80014.4	84890.8	88543.8
كمية الإنتاج المعيب(م2)	1250.56	1633.60	1321.76	1981.60	2286.24	1388.32
الإنتاجية(م/ساعة)	93.46	104.96	84.63	107.54	114.10	131.76
الطاقة وفق الخطة(م/ساعة)	231.48	224.01	231.48	224.01	224.01	248.01
ساعات العمل الكلية(ساعة)	720	720	744	744	744	672
التشغيل المخطط(ساعة)	691	691	715	715	715	643
الزمن المخصص للصيانة(ساعة)	29	29	29	29	29	29

تمّ حساب الإنتاجية الموضحة بالجدول (1) من خلال قسمة كمية الإنتاج للشهر على عدد أيام الشهر في عدد ساعات العمل اليومية. وعلى سبيل المثال فإن الإنتاجية للشهر الأول (شهر 9) تم حسابها كالآتي:

الإنتاجية = 79339.56 (م2) / (30 يوم×24 ساعة) =110.193 م2 / ساعة

وكذلك تم حساب الطاقة وفق الخطة من خلال إيجاد الإنتاج الشهري المستهدف للمصنع للخط الواحد حيث أنّ:

الإنتاج الشهري المستهدف لخط الفرز الحائطي = 121333.21 م2

الإنتاج الشهري المستهدف لخط الفرز الأرضي = 111999.89 م2

الطاقة وفق الخطة = الإنتاج المستهدف للشهر / (عدد أيام الشهر × عدد ساعات العمل اليومية)

لذلك فإن الطاقة وفق الخطة للشهر الأول (شهر 9) للخطين يمكن حسابها كالآتي:

الطاقة وفق الخطة لخط الفرز الحائطي = 121333.21 / (24 × 30) = 168.51 م2

الطاقة وفق الخطة لخط الفرز الأرضي = 111999.89 / (24 × 30) = 155.55 م2

وكذلك تم حساب ساعات العمل الكلية من خلال ضرب عدد أيام الشهر في عدد ساعات الوردية الواحدة في عدد الورديات اليومية. فعلى سبيل المثال فإن عدد ساعات العمل الكلية للشهر الأول (شهر 9) تم حسابها كالآتي:

عدد ساعات العمل الكلية =30 يوم × 8 ساعات × 3 ورديات = 720 ساعة.

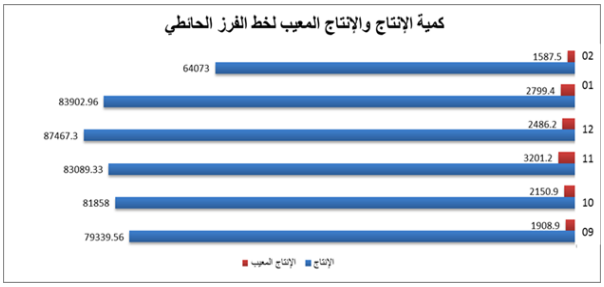
وكذلك فقد تم حساب التشغيل المخطط من خلال طرح الزمن المخصص للصيانة من ساعات العمل الكلية بالمصنع. فعلى سبيل المثال، التشغيل المخطط للشهر الأول (شهر 9) تم حسابه كالآتي:

التشغيل المخطط = 720 ساعة – 29 ساعة = 691 ساعة.

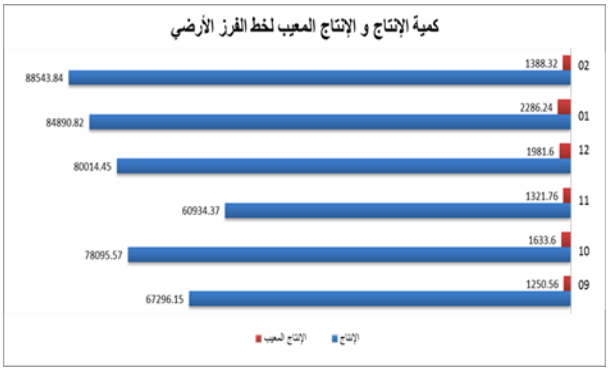
إن كمية الإنتاج وكمية الإنتاج المعيب الموضحة بالجدول (1) تم الحصول عليها من قسم إدارة الإنتاج، والزمن المخصص للصيانة تم الحصول عليه من الخطة السنوية للمصنع.

- **الإنتاج المعيب لخطي الإنتاج:**

يبين الجدول (1) وجود كميات من الإنتاج المعيب وصلت إلى 3201 م2 في شهر (11) أي ما يمثل نسبة 3.85% من الإنتاج الكلي لخط الفرز الحائطي لنفس الشهر، أما الشكلين (3) و(4) فيوضحان النسب المئوية للإنتاج والإنتاج المعيب لخطي الفرز.



الشكل (3) النسب المئوية للإنتاج والإنتاج المعيب لخط الفرز الحائطي



الشكل (4) النسب المئوية للإنتاج والإنتاج المعيب لخط الفرز الأرضي

نلاحظ من الشكل (3) و(4) أنّ الإنتاج المعيب في خطي الإنتاج كان مرتفعاً فيما يلي توضيح أهم مسببات الأعطال.

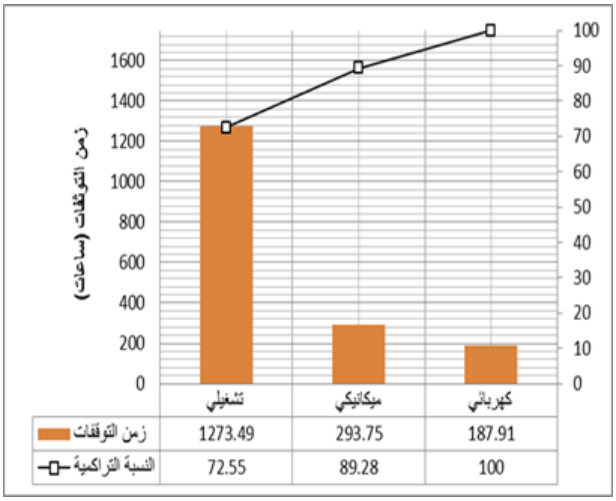
4-مسببات الأعطال لخطي الإنتاج باستخدام مخطط باريتو:

يوضح الجدول (2) أسباب التوقفات وزمن التوقف بالساعة لكل خط من خطي الإنتاج، حيث تم تصنيف أسباب التوقفات إلى ثلاث أسباب رئيسية هي أسباب ميكانيكية وأسباب كهربائية وأسباب تشغيلية.

جدول2. أسباب التوقفات وزمن التوقف بالساعة

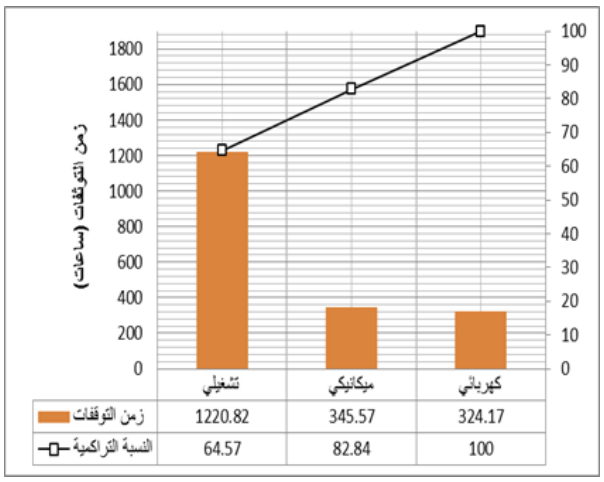
نوع التوقف	خط الفرز الحائطي						خط الفرز الأرضي				
	الشهور						الشهور				
	9	10	11	12	1	2	9	10	11	12	1
ميكانيكي	12.50	0	36.50	23.75	58.50	162.50	24	28.50	22.50	42.50	173.41
كهربائي	14	86.50	7	33.66	35.75	11	9.50	114	65.350	53.91	19.91
تشغيلي	211.08	177.75	249.50	250.91	231.25	153	218.08	212.75	310	211.58	144.33

باستخدام البيانات الموضحة بالجدول (2) تم رسم مخطط باريتو لتمثيل المشاكل الموجودة في العملية الإنتاجية بيانيا، كما تم عرض الأعطال وتحديد أهمها لخطي الإنتاج بالمصنع. والشكل (5) يبين مخطط باريتو لتحليل الأعطال لخط الفرز الحائطي.



الشكل 5. مخطط باريتو لتحليل الأعطال لخط الفرز الحائطي

من مخطط باريتو لخط الفرز الحائطي الشكل (5) يتضح أن نسبة التوقفات التشغيلية قد بلغت 72%، والنسبة المتراكمة للتوقفات بسبب الأعطال التشغيلية والميكانيكية 89%، ومن خلال المخطط يتضح أن هناك مشكلتين رئيستين تتسببان في 89% من الأعطال وهي الأعطال الميكانيكية والتشغيلية، وعلى المسؤولين في المصنع تقليل هذه الأعطال لإحداث 89% من التحسينات لهذا الخط.



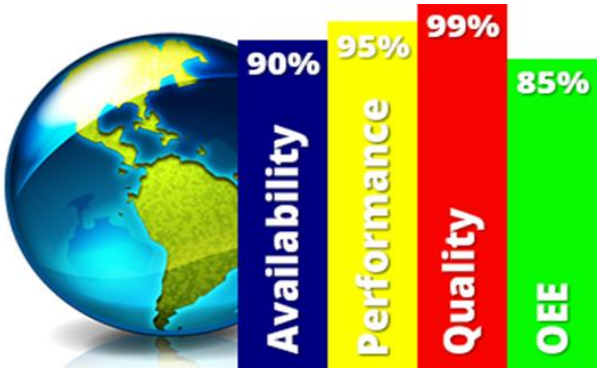
شكل 6. مخطط باريتو لتحليل الأعطال لخط الفرز الأرضي

من مخطط باريتو لخط الفرز الأرضي الشكل (6) يتضح أن نسبة التوقفات التشغيلية قد بلغت 64%، والنسبة المتراكمة للتوقفات بسبب الأعطال التشغيلية والميكانيكية 89%، ومن خلال المخطط يتضح أن هناك مشكلتين رئيستين تتسببان في 82% من الأعطال وهي الأعطال الميكانيكية والتشغيلية، وعلى المسؤولين في المصنع تقليل هذه الأعطال لإحداث 82% من التحسينات لهذا الخط.

- **حساب ومقارنة الكفاءة الكلية وعواملها لخطي الإنتاج:**

سيتم حساب كلا من عامل الإتاحية وعامل الأداء وعامل الجودة وذلك من خلال بيانات الإنتاج وساعات العمل الكلية والمخططة الموضحة بالجدول (1) ، ثم بعد ذلك يتم حساب الكفاءة الكلية لخطي الإنتاج من خلال العوامل الثلاثة المذكورة مسبقا والموضحة بالجدول(3)، ومقارنة هذه النتائج مع القيم العالمية الموضحة بالشكل(7)**[1]**.

والشكل (7) يوضح القيم العالمية للكفاءة الكلية للمعدات



شكل 7. القيم العالمية للكفاءة الكلية للمعدات[1]

حساب ومقارنة عامل الإتاحية لخطي الإنتاج:

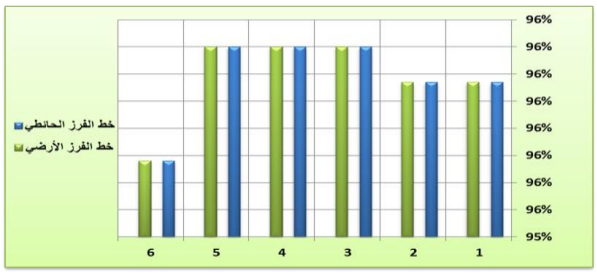
سيتم حساب عامل الإتاحية لخطي الإنتاج من خلال المعادلة الآتية:

عامل الإتاحية = (التشغيل المخطط / ساعات العمل الكلية) × 100

وعلى سبيل المثال يمكن حساب عامل الإتاحية للشهر الأول (شهر9) لخط الفرز الحائطي كالتالي **[2]:**

عامل الإتاحية = (691 ساعة / 720 ساعة) × 100 = 95.97%

ومن خلال النتائج في الجدول (3) يمكن ملاحظة أن متوسط عامل الإتاحية لخط الفرز الحائطي ومتوسط عامل الإتاحية لخط الفرز الأرضي متساويان بسبب تساوي كل من؛ ساعات العمل الكلية وساعات التشغيل المخطط وكذلك تساوي الزمن المخصص للصيانة للخطين، وبمقارنة متوسط الإتاحية للخطين المبينة بالجدول المذكور (95.98%) مع القيم العالمية لعامل الإتاحية (90%)نجد أن متوسط عامل الإتاحية لخط الفرز أعلى كفاءة من القيمة العالمية، والشكل (8) يوضح مقارنة عامل الإتاحية لخطي الانتاج.



شكل 8. مقارنة عامل الإتاحية لخطي الفرز

-حساب ومقارنة عامل الأداء لخطي الإنتاج:

يمكن حساب عامل الأداء لخطي الإنتاج من خلال المعادلة التالية:

عامل الأداء = الإنتاجية (م2 / ساعة) / الطاقة الإنتاجية وفق الخطة (م2 / ساعة) × 100

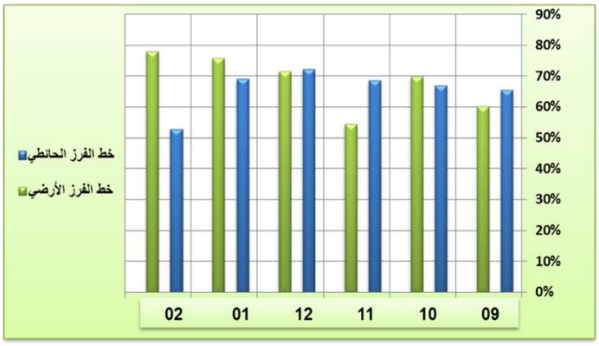
لذلك فإن عامل الأداء للشهر الأول (شهر9) لخط الفرز الحائطي يمكن حسابه كالتالي **[3]:**

عامل الأداء = 110.193 (م2 / ساعة) / 168.51 (م2/ ساعة) × 100

عامل الأداء = 65.39%

وعند مقارنة عامل الأداء لخطي الإنتاج المبينة بالجدول (3) يلاحظ أن متوسط عامل الأداء لخط الفرز الأرضي (68.24%) أعلى بنسبة بسيطة من متوسط عامل الأداء لخط الفرز الحائطي (65.78%)، وهذا الفرق البسيط بين الخطين بسبب الفروق البسيطة في الإنتاجية ب (م2 / ساعة) والطاقة الإنتاجية وفق الخطة ب (م2 / ساعة).

وبمقارنة النتائج المبينة بالجدول (3) بالقيم العالمية لعامل الأداء، نجد أن متوسط عامل الأداء لخط الفرز الحائطي (65.78%)، ومتوسط عامل الأداء لخط الفرز الأرضي (68.24%) منخفض جدا بالنسبة للقيمة العالمية (95%)؛ وهذا الانخفاض الكبير بسبب أن الإنتاجية كانت متدنية جدا للخطين مقارنة بالطاقة الإنتاجية وفق الخطة الموضوعة من قبل إدارة الإنتاج والعمليات، وهذا يفسر الانخفاض والفرق الكبير بين متوسطي عامل الأداء للخطين والقيم العالمية لعامل الأداء، والشكل (9) يوضح مقارنة عامل الاداء لخطي الانتاج.



شكل 9. مقارنة عامل الأداء لخطي الإنتاج

حساب ومقارنة عامل الجودة لخطي الإنتاج:

يمكن حساب عامل الجودة لخطي الإنتاج من خلال المعادلة التالية:

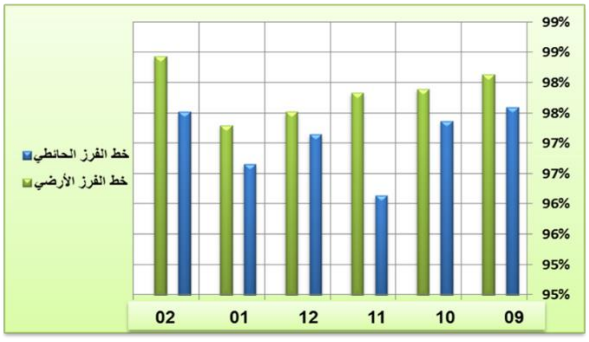
عامل الجودة = (الإنتاج – الإنتاج المعيب / الإنتاج) × 100

لذلك فإنه يمكن حساب عامل الجودة للشهر الأول (شهر 9) لخط الفرز الحائطي كالتالي**[4]** :

عامل الجودة = (79339.56(م2 / ساعة) -1908.90(م2/ ساعة))/ 79339.56 (م2 / ساعة) × 100

عامل الجودة = 97.59%

ومن الجدول (3) نلاحظ أن متوسط عامل الجودة لخط الفرز الحائطي قد بلغ (97.07 %) وهو منخفض بنسبة بسيطة مقارنة بمتوسط عامل الجودة لخط الفرز الأرضي (97.85 %)، ولكن عند مقارنة متوسط عامل الجودة للخطين بالقيمة العالمية لهذا العامل (99 %)، حيث نجد فيه انخفاضاً كبيراً عن هذه القيمة؛ وهذا بسبب كثرة الانتاج المعيب، والشكل (10) يوضح مقارنة عامل الجودة لخطي الانتاج.



شكل 10. مقارنة عامل الجودة لخطي الإنتاج

- **حساب ومقارنة الكفاءة الكلية لخطي الانتاج:**

بعد أن تم حساب عامل الأداء وعامل الإتاحية وعامل الجودة يمكن حساب الكفاءة الكلية للمعدات (OEE) وذلك من خلال المعادلة التالية:

الكفاءة الكلية للمعدات (OEE)=عامل الإتاحية × عامل الأداء × عامل الجودة

وعلى سبيل المثال تم حساب الكفاءة الكلية للمعدات (OEE) للشهر الأول (شهر9) لخط الفرز الحائطي كالتالي**[5]** :

الكفاءة الكلية للمعدات =% 97.56 × % 65.39 × 95.97 %

الكفاءة الكلية للمعدات=61.24%

ومن خلال النتائج الموضحة في الجدول (3) يمكن ملاحظة أن متوسط الكفاءة الكلية لخط الفرز الأرضي (64.08 %) قد تجاوزت قيمة متوسط الكفاءة الكلية لخط الفرز الحائطي (61.28 %)، ومقارنة القيمتين بالقيمة العالمية للكفاءة الكلية للمعدات (85 %) نلاحظ أن الكفاءة الكلية للخطين منخفضة بنسبة كبيرة عن القيمة العالمية، والشكل (11) يوضح مقارنة الكفاءة الكلية لخطي الانتاج.

شكل 11. مقارنة الكفاءة الكلية لخطي الإنتاج

يمكن توضيح النتائج المتحصل عليها من العمليات الحسابية السابقة في الجدول (3).

جدول 3. نتائج الكفاءة الكلية والعوامل الثلاثة لخطي الإنتاج

ت	البيان	خط الفرز الحائطي						
		الشهور %						
		9	10	11	12	01	02	المتوسط %
1	عامل الإتاحية	95.97	95.97	96.10	96.10	96.10	95.68	**95.98**
2	عامل الأداء	95.36	66.83	68.48	72.08	69.15	52.80	**65.78**
3	عامل الجودة	97.59	97.37	96.14	97.15	96.66	97.52	**97.07**
4	الكفاءة	61.24	62.44	63.26	67.29	64.23	49.26	**61.28**
ت	البيان	خط الفرز الأرضي						
		الشهور %						
		9	10	11	12	01	02	المتوسط %
1	عامل الإتاحية	95.97	95.97	96.10	96.10	96.10	95.68	**95.98**
2	عامل الأداء	60.08	69.73	54.40	71.44	75.79	87.05	**68.24**
3	عامل الجودة	98.14	97.90	97.83	97.52	97.30	98.43	**97.85**
4	الكفاءة	56.58	65.51	51.14	66.95	70.86	73.50	**64.08**

- **حساب مؤشرات أداء الصيانة:**

سوف نقوم بحساب مؤشرات أداء الصيانة من خلال حساب مؤشرات قابلية الصيانة والمؤشرات القيادية.

- **حساب مؤشرات قابلية الصيانة:**

تم حساب مؤشرات قابلية الصيانة من خلال الأوقات الفعلية التي كانت فيها المكائن في حالة عمل وأوقات الأعطال والتوقفات الفجائية نتيجة الأعطال، حيث اعتمد حساب هذه المؤشرات على الأعطال الميكانيكية والكهربائية، وقد تم استبعاد الأعطال والتوقفات الأخرى المتمثلة في التوقفات التشغيلية وأعمال المناولة والأعمال الإدارية الأخرى، والجدول (4) يوضح البيانات المطلوبة لحساب مؤشرات قابلية الصيانة لخطي الإنتاج.

جدول 4. بيانات لمؤشرات قابلية الصيانة لخطي الإنتاج

البيان بالساعات (hr)	خط الفرز الحائطي					
	الشهور					
	9	10	11	12	01	02
عدد الأعطال	9	4	12	10	17	5
مجموع أوقات التوقفات	237.58	264.25	293	308.33	325.50	326.50
مدة التشغيل	482.42	455.75	451	435.67	418.50	345.50
التشغيل المخطط	691	691	715	715	715	643
مجموع ساعات الاشتغال	720	720	744	744	744	672
الزمن المستعمل للصيانة	17	86.50	43.50	50.25	92.25	171.50
الزمن المخصص للصيانة	29	29	29	29	29	29
البيان بالساعات (hr.)	**خط الفرز الأرضي**					
	الشهور					
	9	10	11	12	01	02
عدد الأعطال	12	10	12	16	19	11
مجموع أوقات التوقفات	251.58	355.25	398	318	337.66	240.25
مدة التشغيل	468.42	364.75	346	426	406.34	431.75
التشغيل المخطط	691	691	715	715	715	715
مجموع ساعات الاشتغال	720	720	744	744	744	744
الزمن المستعمل للصيانة	18.5	142.50	88	102.50	193.33	193.33
الزمن المخصص للصيانة	29	29	29	29	29	29

تمّ إيجاد مجموع ساعات الاشتغال الموضحة بالجدول أعلاه من خلال ضرب عدد أيام الشهر في عدد ساعات الوردية الواحدة في عدد الورديات اليومية، فعلى سبيل المثال فإن عدد ساعات العمل الكلية للشهر الأول (شهر 9) لخط الفرز : الحائطي يمكن حسابها كالتالي

مجموع ساعات الاشتغال = 30 × 8 × 3 = 720 ساعة

وكذلك مدة التشغيل الموضحة بالجدول يمكن حسابها من خلال طرح مجموع أوقات التوقفات من مجموع ساعات الاشتغال وقد تم حساب مدة التشغيل الكلية لشهر 9 لخط الفرز الحائطي كالتالي:

مدة التشغيل = 720 ساعة – 237.58 ساعة = 482.42 ساعة.

1-حساب ومقارنة مؤشر متوسط الوقت بين الأعطال:(MTBF)

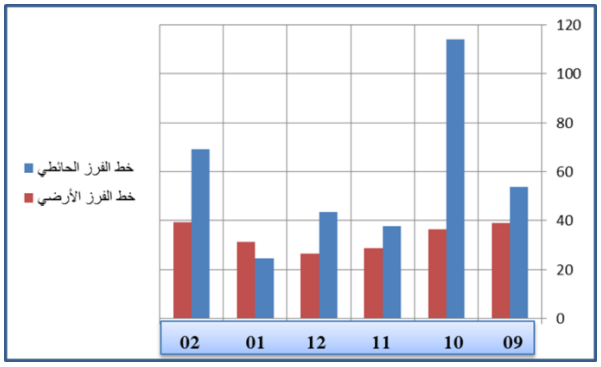
يتم حساب مؤشر MTBF لخطي الإنتاج من خلال العلاقة التالية:

MTBF = مدة التشغيل / الأعطال**[6].**

وتم حساب MTBF للشهر الأول (شهر 9) كمثال كالتالي:

MTBF = 482.42 / 9 = 53.60

ونلاحظ من الجدول (5) أن متوسط MTBF لخط الفرز الحائطي للأشهر الستة محل الدراسة 57.06 ساعة وهي أكبر من متوسط MTBF لخط الفرز الأرضي 33.59 ساعة، ومن المعروف أنه كلما كانت قيمة MTBFأعلى كان أداء المؤشر أفضل، والشكل (12) يوضح مقارنة MTBFلخطي الإنتاج.



شكل 12. مقارنة مؤشر لخطي الإنتاج MTBE

2-حساب ومقارنة مؤشر MTTR لخطي الإنتاج:

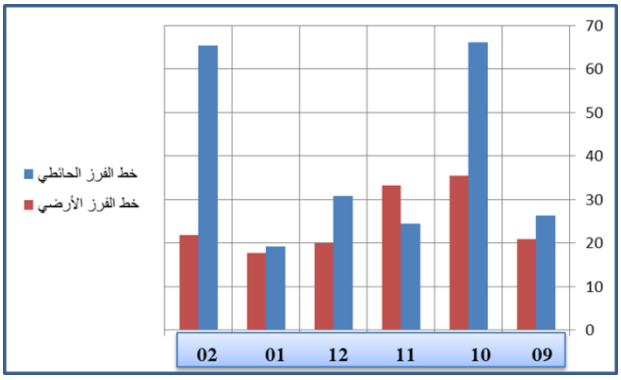
يمكن حساب MTTR لخطي الإنتاج من خلال المعادلة التالية:

MTTR= مجموع أوقات التوقفات/ عدد الأعطال**[7].**

وعلى سبيل المثال يمكن حساب MTTR لشهر 9 لخط الفرز الحائطي كالتالي:

MTTR = 237.58/9 = 26.39 ساعة

وقد أظهرت النتائج أن متوسط MTTR لخط الفرز الحائطي 38.30 ساعة أعلى من متوسط MTTR لخط الفرز الأرضي مما يدل على أفضلية خط الفرز الأرضي لأن انخفاض هذا المؤشر يدل على سرعة التصليح للأعطال بينما ارتفاعه يدل على أن الأعطال أخذت وقتا أطول من اللازم لإصلاحها، ويوضح الشكل (13) مقارنة MTTR لخطي الإنتاج.



شكل 13. مقارنة مؤشر ***MTTR*** لخطي لإنتاج

3- حساب ومقارنة مؤشر معدل الفشل لخطي الانتاج :

يمكن حساب معدل الفشل لخطي الانتاج من خلال المعادلة التالية:

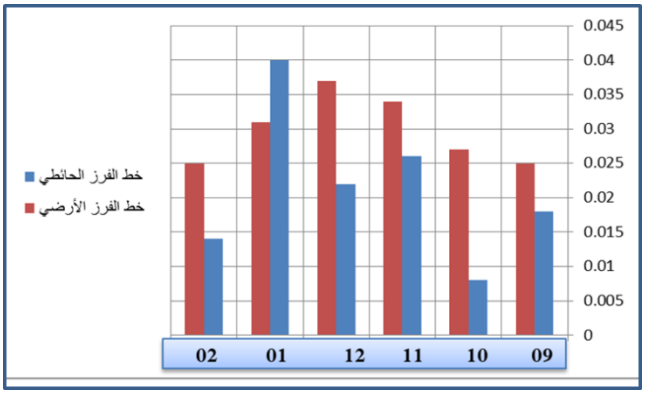
معدل الفشل = 1/MTBF **[7]**

وعلى سبيل المثال يمكن حساب معدل الفشل للشهر الأول (شهر 9) كالتالي:

معدل الفشل = 1 /53.60

معدل الفشل = 0.018

ومن خلال النتائج نجد أن متوسط معدل الفشل لخط الفرز الحائطي (0.021) أقل وأفضل من متوسط معدل الفشل لخط الفرز الأرضي(0.029)، وهذا بسبب أن متوسط معدل الفشل يعتمد علىMTBF، أي أنه كلما زاد MTBF كان معدل الفشل أقل وهو الأفضل، والشكل (14) يوضح مقارنة معدل الفشل للخطين.



شكل 14. مقارنة معدل الفشل لخطي الإنتاج

4- حساب ومقارنة مؤشر الإتاحية لخطي الانتاج:

تم حساب مؤشر الإتاحية ضمن مؤشرات الكفاءة الكلية للمعدات.

5- حساب ومقارنة مؤشر الفاقد الزمني لخطي الإنتاج:

يمكن حساب الفاقد الزمني لخطي الإنتاج من خلال المعادلة التالية:

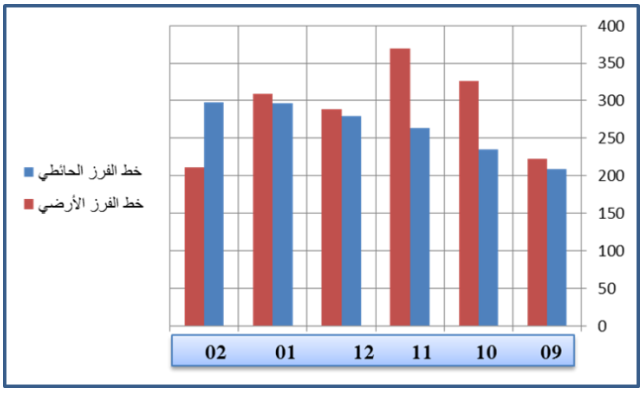
الفاقد الزمني = التشغيل المخطط – مدة التشغيل

وقد تم حساب الفاقد الزمني للشهر الأول (شهر9) لخط الفرز الحائطي كمثال كالتالي:

الفاقد الزمني = 691 ساعة – 482.42 ساعة

الفاقد الزمني = 208.58 ساعة

ومن خلال النتائج الموضحة بالجدول (5) نلاحظ أن متوسط الفاقد الزمني لخط الفرز الحائطي 263.52 ساعة أقل من متوسط الفاقد الزمني لخط الفرز الأرضي 287.79 ساعة، والشكل (15) يوضح مقارنة مؤشر الفاقد الزمني لخطي الانتاج.



شكل 15. مقارنة مؤشر الفاقد الزمني لخطي الإنتاج

6- حساب ومقارنة مؤشر نسبة الزمن المستغرق للصيانة لخطي الإنتاج:

يمكن حساب مؤشر نسبة الزمن المستغرق للصيانة لخطي الإنتاج من خلال المعادلة التالية:

مؤشر نسبة الزمن المستغرق للصيانة

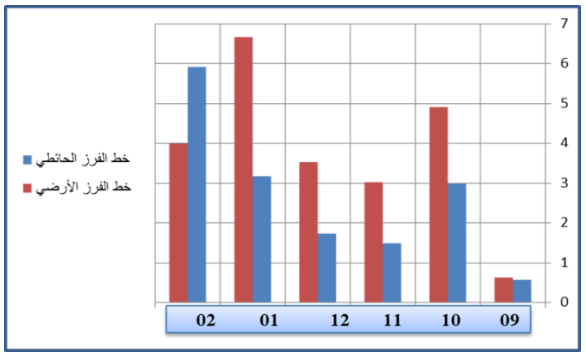
= الزمن المستعمل للصيانة / الزمن المخصص للصيانة

وقد تم حساب مؤشر نسبة الزمن المستغرق للصيانة للشهر الأول (شهر9) لخط الفرز الحائطي كمثال بالشكل التالي:

مؤشر نسبة الزمن المستغرق للصيانة = 17 / 29

مؤشر نسبة الزمن المستغرق للصيانة = 0.58

ويمكننا أن نلاحظ من الجدول (5) أن متوسط مؤشر نسبة الزمن المستغرق للصيانة لخط الفرز الحائطي والذي بلغ 2.64 ساعة وهي نسبة أقل من متوسط مؤشر نسبة الزمن المستغرق للصيانة لخط الفرز الأرضي والتي كانت 3.79 ساعة، والشكل (16) يوضح مقارنة مؤشر نسبة الزمن المستغرق للصيانة لخطي الإنتاج.



شكل 16. مقارنة مؤشر نسبة الزمن المستغرق في الصيانة لخطي الإنتاج

يوضح الجدول (5) مؤشرات قابلية الصيانة لخطي الانتاج والتي تم حسابها من خلال البيانات الموضحة سابقا بالجدول (4).

الجدول 5. نتائج مؤشرات قابلية الصيانة لخطي الإنتاج

المؤشرات	خط الفرز الحائطي						
	الشهور %						
	9	10	11	12	01	02	المتوسط %
متوسط الوقت بين الأعطال	53.60	113	37.5	43.56	24.61	69.1	57.06
متوسط وقت الإصلاح	26.39	66.06	24.4	30.83	19.14	65.3	38.30
معدل الفشل	0.018	0.008	0.02	0.022	0.040	0.01	0.021
الفاقد الزمني (ساعة)	208.5	235.2	264	297.3	296.5	297	263.52
مؤشر نسبة الزمن المستغرق	0.58	2.98	1.50	1.73	3.18	5.91	2.64
المؤشرات	خط الفرز الأرضي						
	الشهور %						
	9	10	11	12	01	02	المتوسط %
متوسط الوقت بين الأعطال	39.03	36.47	28.8	26.62	31.38	39.25	33.59
متوسط وقت الإصلاح	20.96	35.52	33.1	19.87	17.77	21.84	24.85
معدل الفشل	0.025	0.027	0.03	0.037	0.031	0.025	0.029
الفاقد الزمني (ساعة)	222.5	326.2	369	289	308.66	211.25	287.79
مؤشر نسبة الزمن المستغرق	0.63	4.91	3.03	3.53	6.66	4.00	3.79

- **حساب المؤشرات القيادية:**

يتم حساب مؤشرات القيادية لمعرفة فاعلية أعمال الصيانة في قسم الصيانة بالمصنع، وذلك بالنسبة للوقت المتاح للصيانة وكيفية توزيعه بشكل صحيح، ويوضح الجدول (6) أزمنة الصيانة لخطي الانتاج.

الجدول 6. بيانات المؤشرات القيادية لخطي الإنتاج

ت	البيان	خط الفرز الحائطي						خط الفرز الأرضي					
		الشهور						الشهور					
		9	10	11	12	1	2	9	10	11	12	1	2
1	إجمالي الوقت المستعمل للصيانة (hr)	17	86.50	43.50	50.25	92.25	171.50	18.5	142.50	88	102.50	193.33	116.16
2	إجمالي الوقت المتاح للصيانة (hr)	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29

إن بيانات إجمالي الوقت المستعمل للصيانة تم الحصول عليها من مشرفي الصيانة المسؤولين بقسم الصيانة بالمصنع وكذلك بيانات إجمالي الوقت المتاح للصيانة تم الحصول عليها من إدارة الانتاج بالمصنع. ومن خلال البيانات الي تم جمعها في الجدول (6) تم حساب ومقارنة مؤشرات القيادية لخطي الإنتاج كما يلي:

حساب ومقارنة مؤشر نسبة أعمال الصيانة لخطي الإنتاج:

يمكن حساب مؤشر نسبة أعمال الصيانة لخطي الانتاج من خلال المعادلة التالية:

مؤشر نسبة أعمال الصيانة = إجمالي الوقت المستعمل للصيانة / إجمالي الوقت المتاح للصيانة

وعلى سبيل المثال يمكن حساب مؤشر نسبة أعمال الصيانة لشهر الأول (شهر9) كما يلي :

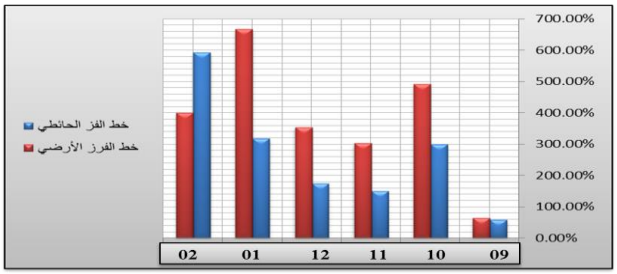
حساب مؤشر نسبة أعمال الصيانة = 17 / 29 = 58.62 %

ونلاحظ من الجدول (7) أنّ متوسط نسبة أعمال الصيانة تجاوز 264% لخط الفرز الحائطي، بينما تجاوز متوسط نسبة أعمال الصيانة لخط الفرز الأرضي 379%، وارتفاع هذه النسب يرجع فيه إلى عدم التقدير الجيد للأزمنة المخصصة للصيانة، بحيث يراعي فيها حجم الأعمال المطلوبة.

الجدول 7. نتائج المؤشرات القيادية لخطي الإنتاج

البيان	خط الفرز الحائطي						
	الشهور %						
	09	10	11	12	01	02	المتوسط
نسبة اعمال الصيانة	68.62	298.17	150	173.27	318.10	69.73	264.93

ويوضح الشكل (17) ومقارنة مؤشر نسبة أعمال الصيانة لخطي الانتاج.



الشكل 17. ومقارنة مؤشر نسبة أعمال الصيانة لخطي الانتاج

ومن هذه النتائج والحسابات السابقة يجب رفع كفاءة الخطين معاً حتى يصلا إلى الكفاءة المطلوبة.

3. الاستنتاجات

من خلال الدراسة بمنطقة الفرز بمصنع سيراميك ليبيا، ومن خلال تحليل البيانات التي تمّ حصرها، والنتائج التي تمّ التوصل إليها نستنتج ما يلي:

1- عدم استخدام مؤشر الكفاءة الكلية والأساليب الإحصائية في العملية الإنتاجية بالمصنع .

2- يعتبر مؤشر الفاعلية الكلية لمعدات الإنتاج (OEE) هو القوة الدافعة أو المحرّك المستخدم في تحسين مؤسسات التصنيع؛ لأنه يركز على الكلية والشمولية لإنجاز العمليات، وتتضمن ضمان استمرارية المعدة، ومعدل أدائها، ومعدل جودة مخرجاتها.

3- بلغت أعلى نسبة لمتوسط مؤشر الكفاءة الكلية 64.08%، وبلغت أعلى نسبة لمتوسط الإتاحية 95.98%.

4-عدم تدوين جميع أعمال الصيانة التي أنجزت بالمصنع؛ لنقص الخبرة الكافية أو لتقاعس بعض الفنيين عن عمليات التوثيق؛ لما لهذه البيانات من أهمية كبيرة في مراقبة ومتابعة الآلات وتقدير وقت الصيانة الأمثل.

4. التوصيات:

بناءً على الاستنتاجات التي تمّ التوصل إليها في هذا البحث، يمكن استخلاص التوصيات الآتية:

1- تحسين الكفاءة التشغيلية للمكائن الحالية عن طريق الصيانة الكلية أو الجزئية، والعمل على تحديث المكائن المتقادمة بعد الاعتماد على مؤشرات تقويم عمليات الاستبدال والتحديث.

2- دراسة معدلات الأعطال و قياس المعولية ودراسة توزيعات زمن العطل لجميع التجهيزات والأنظمة التقنية الموجودة في المؤسسة، و يفيد ذلك في مراقبة الجودة أثناء الإنتاج أو لإجراء تعديلات على تصميم النظام التقني.

3- تدوين البيانات الخاصة بأوقات الصيانة والكلف بصورة منتظمة كونها تساهم وبشكل كبير في ضمان دقّة النتائج مما يساعد على تخطيط وجدولة أعمال الصيانة الوقائية.

4- التركيز على قبول المهندسين والفنيين ذوي الكفاءة في تخطيط وإدارة الصيانة.

5- إعداد البرامج التدريبية للعاملين لاطلاعهم على أهم التطورات في تنفيذ أعمال الصيانة الوقائية, حيث غالباً ما يتم تحديد مدّة الصيانة الوقائية من قبل العاملين في حقل الصيانة وحسب الخبرة.

المراجع

1.زيارة شبكة المعلومات الدولية بتاريخ 2018/03/15م، الساعة (10:00م)، الموقع WWW.OEE.COM

2- مصطفى فنان- إبراهيم الدلنسي، العوامل المؤثرة على نظام الصيانة بمصنع الدرفلة المسطحة على البارد بالشركة الليبية للحديد والصلب، بحث مقدم لنيل درجة البكالوريوس، كلية التقنية الصناعية مصراتة، ربيع 2017م.

3- خالد عويس، أسس الصيانة وإدارتها، مجلة العلوم الهندسية، 2009/04/11م.

4. الزهرة الشمري، تصميم قائمة فحص للتقييم الصيانة الإنتاجية الشاملة في الشركة الصناعية، دراسة تطبيقية في الشركة العامة للصناعات الكهربائية، مجلة كلية بغداد للعلوم الاقتصادية، العدد الخامس والثلاثون، سنة 2013م.

5. زكريا معافه، عبد الرحمن الشعافي، دراسة الكفاءة الكلية للمعدات، بحث مقدم لنيل درجة البكالوريوس، كلية الهندسة، جامعة مصراته، خريف 2016م.

6.القادسية للعلوم الإدارية والاقتصادية المجلد 13 العدد 4، جامعة الموصل، سنة 2011م .

7. سامح، الصيانة الإنتاجية الشاملة، مجلة الإدارة والهندسة الصناعية، 2006/09/24م .