مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد42 العدد (1) – 2025: 50-59

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 42 number (1) -2025: 50-59

"الحد من مستوى الضجيج واثره على صحة العاملين في المؤسسات الصناعية (دراسة حالة معمل السجاد الالي)"

عصام فهد قرقوط*[1]

*[1]. دكتور، مهندس، قسم هندسة التصميم الميكانيكي، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق
EssamKarkout@damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

يعد الضجيج Noise واحداً من أشكال التلوث البيئي (Environmental pollution) الخطيرة على صحة واداء العاملين في مواقع العمل الصناعية، والتي تسبب أمراضاً مهنية شبه دائمة للعاملين الذين يعملون لساعات عمل طويلة وبشكل يومي في بيئة ينتشر فيها الضجيج بمعدلات مرتفعة.

تتميز صناعة النسيج Carpet Industryعموماً وصناعة السجاد بشكل خاص، والتي ما زالت تستخدم أنوالاً قديمة الطراز بأن جميع ميكانيزماتها ميكانيكية، وطرأ عليها التقادم وتراجع حالتها الفنية، مما جعلها مصدراً لمستويات عالية من الضجيج.

من هنا فقد اهتمت الأبحاث العلمية في مجال السلامة المهنية والأمن الصناعي بموضوع الضجيج وآثاره السلبية، وجاء هذا البحث الذي يتناول دراسة معدلات الضجيج في معمل آلي للسجاد وإمكانية تقليل هذا الضجيج إلى المستويات الموصى بها من قبل لجان الأمن والسلامة المهنية للحفاظ على صحة العاملين.

الكلمات المفتاحية: الضوضاء، الديسيبل، السلامة المهنية، صناعة السجاد.

تاريخ الإيداع: 2023/**6/26**
تاريخ القبول: 2023/8/2**0**

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

ISSN (online): 2789-6854
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

Reducing Noise Level and its effect on the health of workers in industrial establishment. [Case study of the Automated carpet Factory]

Essam Fahed Karkout*1
Dr, Mechanical Design Department Faculty of Mechanical and Electrical Engeeniring, Damascus university.
EssamKarkout@damascusuniversity.edu.sy

Received: 26/6/2023
Accepted: 20/8/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a
CC BY- NC-SA

Abstract:
Noise is one of the forms of environmental pollution dangerous to the health of workers in industrial work sites, which causes semi -permanent occupational diseases for workers who work long hours daily in an environment where noise spreads at high rates.
The carpet industry that uses old fashioned mechanical looms is characterized in its technical condition, which made it a source of high levels of noise.
Hence, scientific research in the field of occupational safety and industrial security has focused on the issue of noise and its negative effects.
This research deals with the study of noise levels in the carpet factory and the possibility of reducing this noise to the levels permitted by the occupational safety committees to preserve the health of workers.
Key words: Noise, dB, Occupational safety, Carpet industry.

المقدمة:

يعد الضجيج Noise واحداً من مظاهر التلوث السمعي للبيئة المحيطة واصبح يشكل خطراً على صحة الجهاز السمعي للإنسان والصحة الجسدية والنفسية بشكل عام.

خاصة انه في الوقت الراهن ازدادت وتنوعت بشكل كبير مصادر هذا الضجيج من حركة وسائل النقل المختلفة وخاصة الطائرات والقطارات، بالإضافة الى معدات الإنتاج الصناعي المختلفة.

وقد أثبتت الدراسات العلمية ذات الصلة الأثر السلبي الكبير لهذا الضجيج على أداء الأفراد بمختلف اختصاصاتهم وعلى سلامتهم الصحية وعلى انتاجية العمل ايضاً.

من هنا نجد أن أية دراسة من شأنها دراسة أسباب الضجيج في أية مؤسسة صناعية وتخفيضها إلى المستويات المسموح بها ستعود بنتائج إيجابية على صحة وسلامة العاملين بالإضافة إلى نتائج اقتصادية على المنشأة عموما. (المعهد الأردني للسلامة المهني،2020،www.facebook.com/qroups) ،

(الحسين، 2000، ندوة الصوت في بيئة العمل).

1 . هدف البحث:

يتمثل هدف هذا البحث بدراسة مستويات الضجيج وأسبابها في صالة الإنتاج في معمل السجاد الآلي بالسويداء، بالإضافة إلى وضع المقترحات الممكنة عملياً للحد من شدة هذا الضجيج للوصول إلى مستويات مقبولة حسب ما توصي به دراسات الأمن والسلامة المهنية، مما يقلل من الآثار السلبية الخطيرة على صحة العاملين وأدائهم.

2. الأساس النظري لانتقال الصوت والضجيج:

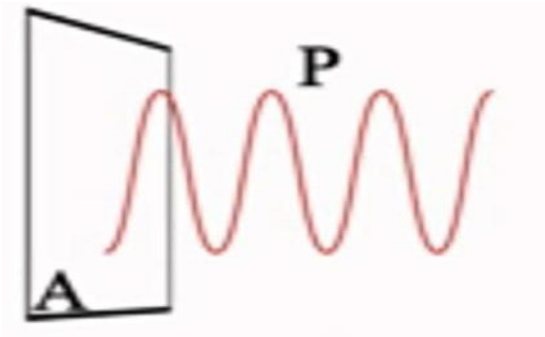
الصوت هو عبارة عن موجات ميكانيكية طويلة تنتقل في الأوساط المادية (الصلبة والسائلة والغازية) بسرعة معينة تعتمد على مواصفات وخصائص الوسط الناقل من ضغط ودرجة حرارة وغيرها وتعادل سرعة انتقال الصوت في الهواء تقريباً (340 m/s) ويمكن أن تزيد أو تنقص قليلاً حسب درجة حرارة الجو والضغط الجوي بينما لا ينتقل الصوت في الخلاء، والاذن البشرية تستطيع أن تميز أصوات شدتها تقع بين 20Hz كحد أدنى و 20000Hz (20 KHz) كحد أعلى.

الموجات التي شدتها أقل من 20Hz تسمى الموجات تحت الصوتية والتي تزيد عن 20KHz تسمى بالموجات فوق الصوتية Ult sound Waves (جمال، 27،2017)، (الحسين، 2000، ندوة الصوت في بيئة العمل).

إن أي منبع صوتي يتمتع باستطاعة يعبر عنها بالواط (Watt) وتنتقل هذه الاستطاعة (الطاقة) بالفضاء بجميع الاتجاهات.

تعرف شدة الصوت Sound Power بأنها الطاقة التي تحملها موجة الصوت بالثانية عبر واحدة المساحة العامودية على اتجاه انتشار الموجة ويرمز لها ب ***I*** .

كما بالشكل(1).



الشكل(1) موجة الصوت.

$$(1)\ I = \frac{P}{A} \quad (W/m^2)$$

حيث:

P: قدرة الصوت بواحدة الواط (W).

A: مساحة السطح المستقبل لموجة الصوت (m^2)

والمعروف عملياً بانه يستخدم الديسيبل (dB) لقياس مستوى الصوت، لكن يجب التفريق بينهما.

مقياس الديسيبل هو مقياس لوغاريتمي يستخدم لتحديد مقدار استجابة الأذن للأصوات وكما بينا سابقا فالأذن تستجيب لأصوات تتراوح ترددتها في حدود

(20 الى 20000) هرتز بشرط أن تكون شداتها بين 10^{-12} W/m^2) الى (1 W/m^2

(المعهد الأردني للسلامة المهني،2020،www.facebook.com/qroups).يدعى المقدار $I_{0=10^{-12}}$ w/m^2 الحد الادنى من الشدة أو الشدة المرجعية ويمثل الأساس في مقارنة الأصوات حسب مستوى الشدة مستخدميين العلاقة التالية :

$$\beta(\mathrm{dB}) = 10\log_{10}\frac{I}{I_0} \quad (2)$$

حيث:

β: هي مستوى الصوت مقدرة بالديسيبل(dB)

I: شدة الصوت مقدرة بالواط على المتر المربع (W/m^2)

وكما هو واضح من العلاقة (2) أن الديسيبل (أو مستوى الصوت) هي عبارة عن قيمة لوغارتمية تمثل النسبة بين قيمتين فيزيائيتين.

مثال: إذا كان شخص يتحدث بصوت مرتفع شدته

$$I = 10^{-2} W/m^2$$

فإن مستوى هذا الصوت مقدرة بالديسيبل تساوي:

$$\beta = 10\log_{10}\frac{10^{-5}}{10^{-12}} = 10\log 10^7$$

$$7 = 70\ \mathrm{dB} \times = 10\beta$$

ويوضح الجدول التالي:

الجدول(1) مقياس الديسيبل مقابل

شدة الصوت مقاسة بالواط لكل متر مربع (W/m^2)

شدة الصوتW/m^2	مستوى الصوت (dB)
10^{-12}	0
10^{-11}	10
10^{-10}	20
10^{-9}	30
10^{-7}	50
10^{-9}	70
10^{-1}	110
1	120

1-2 الضوضاء (الضجيج):

التعريف التقليدي للضوضاء هو الصوت غير المرغوب فيه أو المثير للقلق أو المسبب لأضرار على الصحة (المعهد الأردني للسلامة المهني، 2020،www.facebook.com/qroups).

(موسى،2006، 379)، ويعد الضجيج واحدً هاماً من أشكال تلوث بيئة العمل والذي لم يلقَ الاهتمام والدراسة الكافيين من الباحثين الأخصائيين، و للتلوث الضوضائي آثار سلبية كبيرة على صحة وسلامة العاملين وحسن ادائهم في العمل وبالتالي على إنتاجية العمل أيضاً.

وعلى الأخص تأثيرات ضارة سمعية منها ما هي مؤقتة، ومنها تأثيرات دائمة تسبب ضعف للسمع بدرجة كبيرة وأحياناً فقد السمع بشكل كامل بالإضافة لما يسببه الضجيج من صعوبة التخاطب في مكان العمل والضيق والعصبية وقلة الاتزان وغيرها من الاثار السلبية الضارة.

يصنف مستوى الصوت تبعاً لأثره الصحي على الإنسان إلى خمسة مجالات حسب الشكل(2) وهي:

- ضعيف
- معتدل
- مرتفع جداً
- مزعج جداً
- مؤلم

الشكل(2) مستوى الصوت.

من هنا كانت الضرورة الملحة لإيجاد الطرائق الفعالة للوقاية من الضجيج والحد من آثاره على صحة العاملين، وهذا يستدعي اجراء قياسات الضجيج في بيئة العمل بشكل دوري وفي اماكن مختلفة من مواقع العمل وتحديد موقع المستويات الخطرة من ناحية الضجيج واتخاذ التدابير الهندسية والوقائية

اللازمة لمعالجته (المعهد الأردني للسلامة المهني،2020، ومن هذه التدابير:

1. تخفيض مستوى الضجيج من المصدر بالتحكم بمستوى الطاقة وتحسين تصميم الآلات.
2. تخفيض مستوى الضجيج من خلال التحكم بالممر الناقل للصوت.
3. التحكم بالشخص المستقبل للضجيج واستخدام معدات الوقاية الشخصية.

– بالنسبة لتخفيض الضجيج من المصدر عن طريق استبدال بعض أجزاء الآلة المتقادمة أو استبدالها بأخرى حديثة إن أمكن، أو إجراء تعديل تصميمي مناسب على الالة وتغيير في مبدأ عملها مثل:

استبدال الجمل الميكانيكية بأخرى هيدروليكية أو هوائية بالإضافة الى وضع أرجل مطاطية ماصة للصوت تحت الآلة وعزلها في غرفة خاصة إن أمكن وعزل جدرانها بمواد ماصة للصوت، بالإضافة الى إجراء برامج صيانة دورية وقائية للآلة بشكل دائم.

– بالنسبة للتحكم بالممر الناقل للصوت يكون بتغيير مكان مصدر الضجيج او مكان المستقبل للصوت ان امكن، عن طريق بناء جدران معزولة بمواد ماصة للصوت في الممرات بحيث تشكل عائق لانتقال الصوت وامتصاص جزء منه.

– اما عن التحكم بمستقبل الصوت فيكون بعزل العامل ان أمكن بعيداً عن المصدر في غرفة خاصة وتقليل مدة التعرض للضوضاء، وهذا يقلل الضجيج بمعدل (15÷40) ديسيبل وهي عملية غير مكلفة وتؤمن بيئة مناسبة للعامل ولكنها لا تقلل الضوضاء الصادرة عن الآلة عموماً.

وهنا لا بد من الإشارة الى مسؤولية ادارة المؤسسة في مراقبة مستويات الضجيج بشكل دوري وتحديد قيمها وحساب الفترة الزمنية التي يستطيع العامل تحملها دون التعرض لخطر الاصابة المهنية.

كما يتوجب على الإدارة تأمين أدوات الوقاية الشخصية كواقيات الأذن والسماعات وإجراء الفحوصات الطبية الدورية للعاملين للوقوف على مدى الضرر السمعي إن وجد ومعالجته والحد من أسبابه.

وقد حددت منظمة العمل العربية الحدود المسموح بها للضوضاء في بيئة العمل (85dB) كحد اقصى عند العمل لمدة 8 ساعات يومياً.

بينما في بريطانيا والولايات المتحدة تم اعتماد قيمة (90dB).

تصنيف الضجيج: يمكن تصنيف الضجيج وفق عدة 3-2- معايير والاكثر شيوعاً هو التصنيف حسب استمراريته وعلاقته بالزمن حيث يصنف الى (Handbook of Industrial Safety and Health،1998،25)

1. ضجيج مستمر Continuos Noise أو يسمى بالمستقر وتكون شدة الضوضاء مستقرة وثابتة تقريباً وهو ما يلاحظ في صالات الإنتاج عموماً مثل صالات النسيج وغيرها.
2. ضجيج غير مستقر Non-steady Noise حيث تتغير شدة الضوضاء بدرجة كبيرة خلال فترة مراقبة محدودة. الضجيج المتقطع. Intermittent Noise كما هو.
3. الحال في ورشات الحدادة والضوضاء الصادرة عن المطارق الهيدروليكية وما شابهها والتي تصل فيها شدة الضوضاء الى مستوى140dB احياناً ولفترات زمنية قصيرة.

2-2- تحصيل شدة الصوت من أكثر من مصدر:

كما بينا في العلاقة (2) فإن مستوى الصوت مقدرة بالديسيبل تمثل قيمة لوغارتمية، ومن هنا لا نستطيع تطبيق عملية الجمع الحسابي لتحصيل مقدار مستوى الصوت الصادرة من مصدرين متجاورين أو أكثر متواجدين في نفس حيز الفراغ كما هو الحال في صالات الانتاج حيث تتواجد عدة آلات تعمل معاً وكل الة تصدر مستوى ضوضاء خاص بها.

يتم حساب مستوى الضوضاء الاجمالي: تبعاً لمستوى الضغط الصوتي الناتج عن كل مصدر وفق العلاقة التالية:

(Factory Noise Estimates and Sound Basics،1998، 85)

$$P_{tot} = 10 \text{ Log } \left[\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{pi}{10}} \right]$$

حيث:

P_{tot}: مستوى ضغط الصوت الاجمالي.

p_i: مستوى ضغط الصوت عند منبع معين.

n: عدد مصادر (منابع) الصوت.

كما وتوجد طريقة عملية ومباشرة لتحصيل مستوى الصوت الصادر عن منبعين متواجدين في نفس المكان تتمثل بإضافة مقدار محدد على مستوى الصوت الصادرة عن المصدر ذو الصوت الاعلى لنحصل على محصلة مستوى الصوت من المصدرين وهي كما يلي (جمال، 27،2017)

لو كان الفرق بين المصدرين:

(0÷1)dB يتم اضافة 3 واحدة (3dB) عن المصدر الاعلى للصوت .

(2÷3)dB يتم اضافة 2 واحدة (2dB)

(4÷9)dB يتم اضافة 1 واحدة (1dB)

مثال: في صالة انتاج تتواجد آلتين متجاورتين، مستوى الضجيج الصادر عن الآلة الأولى 80 dB وعن الثانية 83 dB، فيكون مستوى الصوت(الضجيج) عن الآلتين معاً يساوي 85 dB

3.الدراسة العملية:

الدراسة العملية لهذا البحث تمت في إحدى معامل السجاد الوطنية التابعة للشركة العامة لصناعة الصوف والسجاد وذلك من اجل الوقوف على حالة التلوث الضوضائي في صالة الإنتاج ومعدلات الضجيج المنبعثة من الآلات وإمكانية تخفيف مستويات الضجيج الى المستويات المسموح بها.

تحتوي صالة الانتاج المذكورة على عدة أنوال ميكانيكية لصناعة السجاد كما في الشكل(3) ويعود تاريخ إنشاء هذا المعمل إلى عام 1976، أي ان الأنوال المستخدمة من موديلات قديمة وميكانيكية بشكل كامل وحصل عليها تقادم كبير، مما انعكس بشكل واضح على عملها بشكل عام وعلى الضجيج الذي تسببه بشكل خاص، وخاصة في السنوات العشر الاخيرة بسبب ظروف الحرب والحصار الذي تعاني منه مؤسساتنا الصناعية وعدم توفر القطع التبديلية اللازمة لأعمال الصيانة والتطوير والتحديث لهذه الآلات.

يتم قياس مستوى الضجيج أو مستوى الصوت بإستخدام جهاز يسمى جهاز قياس الضوضاء Noise Level Meter كالمبين على الشكل 4.

الشكل(3) a نول صناعة السجاد.

الشكل(4) جهاز قياس مستوى الصوت (الضجيج).

الشكل(3)b : صالة الانتاج.

بالنسبة لصالة الانتاج يتم قياس الضجيج الصادرة عن ثلاثة انوال، كل نول لوحده مع توقف باقي انوال الصالة، حيث تم تركيب جهاز القياس بجانب النول مباشرة في مكان وقوف عامل التشغيل وكانت النتيجة كما هي في الجدول(2).

الجدول(2) مستوى الضجيج.

النول	الضجيج dB
النول الأول	96.7
النول الثاني	99.8
النول الثالث	101.6
القيمة المحصلة	103.6

وكما نلاحظ هي جميعها قيم مرتفعة خارج الحدود الموصى بها في مواقع العمل بحيث لاتتجاوز 85dB وإذا تم تحصيل قيمة الضجيج الكلية الصادرة عن الأنوال الثلاثة معاً حسب ما ذكرنا سابقاً فهي تساوي 103.6dB. من مراقبة عمل النول لاحظنا أن الصوت والضجيج الأكبر في عمل النول يصدر عن آلية تسمى (بآلية الحدف) وهي المسؤولة عن حدف (قذف) المكوك من اليمين إلى اليسار وبالعكس على عرض النول وهي حركة متقطعة دورية تتم بمعدل (45÷50) مرة/دقيقة.

وينتج عنها صوت شديد أي أن الضجيج الشديد الصادر عن النول هو بشكل أساسي يصدر عن آلية الحدف هذه المسؤولة عن قذف المكوك يميناً ويساراً باستمرار. لذلك تركز بحثنا في معالجة الضجيج الصادر عن آلية الحدف هذه بالإضافة الى الاهتمام بصيانة كافة العناصر والميكانزمات الميكانيكية مما يحسن من أدائها.

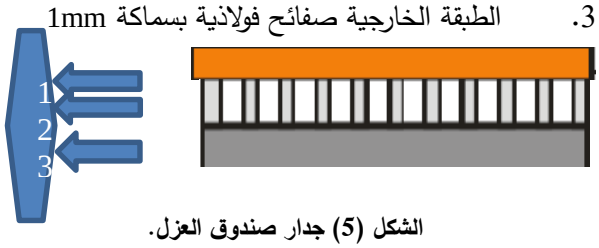
بالعودة الى ما تم ذكره في بداية هذا البحث بأن التدابير الممكنة لمعالجة الضجيج والحد منه تنحصر بثلاثة اتجاهات (فياض، 2020،) نجد أن الحلول المتاحة لهذه المشكلة تنحصر هنا بإحدى اتجاهين رئيسين:

1. اجراء تعديل تصميمي على النول يتمثل بتطوير آلية الحدف من خلال استبدال الآلية الميكانيكية الموجودة بآلية هيدروليكية أو هوائية توفر سلاسة وانسجام في العمل وتقلل بدرجة كبيرة من شدة الضجيج الصادر وهو حل يتطلب اجراء تعديلات تصميمية على النول وتكلفته المادية مرتفعة.
2. عزل مصدر الضجيج، المتمثل بآلية الحدف بمواد عازلة وماصة للصوت بدرجة كبيرة تعمل على تخفيض مستوى الضجيج الصادرة عنها، ونظراً للظروف الاقتصادية الحالية والحصار الخارجي المفروض على بلدنا تم الاخذ بالحل الثاني في هذا المجال.

حيث تم تصميم غلاف عازل على شكل صندوق يغلف آلية حدف المكوك ومثبت على الأرضية ومحضر من مواد ذات درجة عازلية ومعامل امتصاص مرتفع للضجيج. وتستخدم المواد الماصة للصوت بشكل واسع في عمليات العزل، وما يميز هذه المواد عن بعضها هو معامل امتصاص الصوت والذي يمثل نسبة شدة الصوت الممتص من المادة العازلة غلى شدة الصوت الساقط عليها. (Lewis H،1982،3)

هذا الصندوق مكون من ثلاث طبقات كما في الشكل (5):

1. الطبقة الداخلية من الخشب المضغوط (pdf) بسماكة 5mm
2. الطبقة الوسطى من الصوف الزجاجي بسماكة 40mm
3. الطبقة الخارجية صفائح فولاذية بسماكة 1mm



الشكل (5) جدار صندوق العزل.

ومن المعروف ان للصوف الزجاجي قدرة عالية على امتصاص الصوت وكذلك الخشب وهو ما يعبر عنه بمعامل تخفيض الضوضاء Noise Reduction coefficient (NRC)

الجدول(3) معامل تخفيض الضوضاء NRC لمواد عازلة

المادة	NRC
الصوف الزجاجي	0.78
الخشب	0.30
الاسفنج	0.56
الفوم	0.70

بعد تحضير الصندوق العازل كما ذكرنا تم تركيبه حول الية حدف (قذف) المكوك وتم اجراء قياس لشدة الضوضاء، وكانت النتيجة كما يلي (الجدول 4).

الجدول(4) مستوى الضجيج بعد العزل.

النول	الضجيج dB
النول الاول	79.5
النول الثاني	80.7
النول الثالث	82.6
القيمة المحصلة	84.6

وهذا ماينتج عنه تخفيف ملحوظ وجيد في معدل الضجيج الصادر عن آلية الحدف بشكل خاص وعن النول عموماً، وأصبحت ضمن الحدود الموصى بها والأقل ضرراً على العاملين.

4.النتائج والخاتمة:

بالعودة إلى النتائج التي تم التوصل اليها بقياس معدلات الضجيج في صالة الإنتاج والمبينة في الجدول(2) نلاحظ أن مستوى الضجيج بالحد الادنى تساوي 96.7dB وقيمتها العظمى 101،6dB، وشدة الضوضاء المحصلة من الأنوال الثلاثة تساوي 103.6dB، وجميع هذه القيم تعتبر مرتفعة جداً وتقع ضمن مجال الأصوات المزعجة جداً حسب التصنيف المبين على الشكل (2).

ومع تطبيق نظام العزل لآلية الحدف كان مستوى الصوت المسجل من الأنوال في الحدود dB (82.5……79.5) والقيمة المحصلة84.6dB وهي تقع ضمن المجال المرتفع جداً وضمن الحدود الموصى بها من منظمة العمل العربية بما لا يتجاوز 85dB.

وبالمقارنة نلاحظ أن عملية العزل قد حققت تخفيضاً ملحوظاً في مستوى الضجيج يصل إلى حدود 20% تقريباً.

هذا مع الإشارة إلى أن عملية العزل المقترحة تمثل طريقة بسيطة تقنياً وغير مكلفة اقتصادياً.

في الختام يجب القول إن تطبيق نظام صيانة فنية وقائية فعالة على جميع الآلات والمعدات من شأنه أيضاً أن يحسن من أدائها ويقلل من الضجيج الصادر عنها بالإضافة إلى تزويد العاملين بأجهزة الوقاية السمعية من الضوضاء. (غانم و قرقوط، 2021، 158).

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

References:

1. م. أحمد جمال. الضوضاء في بيئة العمل. حساب الضوضاء الناتجة عن مصدرين في مكان واحد ،2017.
2. أحمد توماش فيا. المخاطر الفيزيائية للصوت والضوضاء في بيئة العمل، المعهد الأردني للسلامة المهنية 2020.
3. صبحي الحسين. الصوت في بيئة العمل _المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية 2000.
4. علي حسن موسى _التلوث البيئي _دار الفكر_دمشق، 2006.
5. محمد غانم، عصام قرقوط. صيانة وسائل الانتاج، جامعة دمشق.2021
6. Handbook of Industrial Safety and Health_ 1998.
7. Factory Noise Estimates and Sound Basics.Vickers Electronic Catalogue_Hydraulic System_1998.
8. Lewis H.Bell، Douglas H.Bell 1982.Industrial Noise Control.