المجلة الليبية للدراسات الأكاديمية المعاصرة (Libyan Journal of Contemporary Academic Studies)
LJCAS, eISSN: 5970-3005
Volume 4, Issue 1, 2026, Pages: 47-59

Health and environmental impacts of air pollution caused by cement factory dust among workers and residents: A cross-sectional study of the Arab Cement Factory in Zliten, Libya

Khaled A. harhour [1], Naji Abdulsalam Ishkartu [*2], Mohammed Ismail Abosalah [3], Abdullah Ali Aboughuffah [4], Walid Faraj Naamat [5], Adel Abdulgader AlFotyssi [6]
[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Elmergib University, Khums, Libya
[2,3] Department of Health Management, Faculty of Health Sciences, Alasmarya Islamic University Zliten, Libya
[4] Department of Public Health, Faculty of Health Sciences, Alasmarya Islamic University, Zliten, Libya
[5] Department of Medical Laboratory, Faculty of Health Sciences, Alasmarya Islamic University, Zliten, Libya
[6] Environmental Engineering Specialist, Health Services Administration, Ministry of Health, Zliten, Libya
*Corresponding author: n.eshkartwo@asmarya.edu.ly

الآثار الصحية والبيئية المرتبطة بتلوث الهواء الناجم عن غبار مصانع الإسمنت بين العمال والسكان: دراسة مقطعية عن مصنع العربية للإسمنت زليتن – ليبيا

خالد عبد المنعم هرهور [1]، ناجي عبد السلام شكارطو [2]، محمد إسماعيل ابوصلاح [3]، عبد الله على ابوغفة [4]، وليد فرج نعامات [5]، عادل عبد القادر الفطيسي [6]
[1] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا
[2،3] قسم الإدارة الصحية، كلية العلوم الصحية، الجامعة الاسمرية الإسلامية، زليتن، ليبيا
[4] قسم الصحة العامة، كلية العلوم الصحية، الجامعة الاسمرية الإسلامية، زليتن، ليبيا
[5] قسم المختبرات الطبية، كلية العلوم الصحية، الجامعة الاسمرية الإسلامية، زليتن، ليبيا
[6] أخصائي الهندسة البيئية، إدارة الخدمات الصحية، وزارة الصحة، زليتن، ليبيا

Received: 22-12-2025; **Accepted:** 28-02-2026; **Published:** 12-03-2026

Abstract

Background: Air pollution caused by particulate matter from the cement industry is one of the most significant environmental and health challenges of the 21st century, as these emissions cause a high burden of morbidity and premature mortality worldwide. The study aimed to determine the health and environmental impacts of air pollution caused by factory dust**.**

Methodology: The study used the descriptive, analytical, cross-sectional approach, and was applied to a sample of 100 participants (50 factory workers and 50 from the surrounding population). Data were collected using a purpose-designed questionnaire, and the results were subjected to statistical analysis using descriptive and inferential methods (arithmetic means, relative weights, P-value tests).

Results: The results revealed a very high perception of the level of contamination (arithmetic mean 3.44, relative weight 1.40). It showed a statistically significant direct correlation (r=0.518, P=0.000) between dust exposure and respiratory symptoms, with 22% of the sample experiencing a persistent cough (P=0.041), 20% experiencing shortness of breath, and bronchitis recording a prevalence of 19%. Sample members also showed a "very high" level of awareness of health risks (average 2.71, relative weight 0.90). Wearing a mask topped the list of preventive behaviors (32%), while a clear gap emerged in that 19% of the sample did not take any preventive measures, with a sharp decline in the use of home air purifiers (1%). The results did not show statistically significant differences between workers and the population in problem perception or patterns of preventive behavior**.**

Conclusion: The research confirms a close association between exposure to cement dust and higher rates of respiratory disease, with consensus in risk perception among workers and the population. The community suffers from deficiencies in individual preventive measures and weak environmental responsibility of the plant, which turns pollution into a real threat to public health.

Recommendations: Updating the plant's filtration systems and environmental technology to reduce emissions at the source, activating periodic environmental monitoring to ensure compliance with standards, and launching expanded awareness programs for residents and workers about dust hazards and prevention methods.

Keywords: Air pollution, Cement dust, Respiratory diseases, Public health, Health awareness, Preventive measures, Zliten.

الملخص

الخلفية: يُعد تلوث الهواء بالجسيمات الناتجة عن صناعة الإسمنت أحد أبرز التحديات البيئية والصحية في القرن الحادي والعشرين، لما تسببه هذه الانبعاثات من عبء مرتفع من الامراضية والوفيات المبكرة عالمياً. هدفت الدراسة إلى معرفة الأثار الصحية والبيئية الناتجة من تلوث الهواء بغبار المصنع.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المنهجية: استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي المستعرض، وطبقت على عينة قوامها 100 مشارك (50 عاملاً في المصنع و50 من السكان المحيطين). جمعت البيانات باستبانة مصممة لهذا الغرض، وخضعت النتائج للتحليل الإحصائي باستخدام الأساليب الوصفية والاستدلالية (المتوسطات الحسابية، الأوزان النسبية، اختبارات P-value).
النتائج: كشفت النتائج عن إدراك مرتفع جداً لمستوى التلوث (متوسط حسابي 3.44، وزن نسبي 1.40). وأظهرت وجود ارتباط طردي ذي دلالة إحصائية (r=0.518، P=0.000) بين التعرض للغبار والأعراض التنفسية، حيث عانى 22% من العينة من سعال مستمر (P=0.041)، و20% من ضيق التنفس، وسجل التهاب الشعب الهوائية انتشاراً بلغ 19%. كما أبدى أفراد العينة مستوى "مرتفعاً جداً" من الوعي بالمخاطر الصحية (متوسط 2.71، وزن نسبي 0.90). تصدر ارتداء الكمامة قائمة السلوكيات الوقائية (32%)، في حين برزت فجوة واضحة تمثلت في أن 19% من العينة لا يتخذون أي تدابير وقائية، مع تدني حاد في استخدام أجهزة تنقية الهواء المنزلية (1%). لم تظهر النتائج فروقاً ذات دلالة إحصائية بين العمال والسكان في إدراك المشكلة أو أنماط السلوك الوقائي.
الخلاصة: وجود ارتباط وثيق بين التعرض لغبار الإسمنت وارتفاع معدلات أمراض الجهاز التنفسي، مع توافق في إدراك المخاطر بين العمال والسكان. ويعاني المجتمع من قصور في التدابير الوقائية الفردية وضعف في المسؤولية البيئية للمصنع، مما يحول التلوث إلى تهديد حقيقي للصحة العامة.
التوصيات: تحديث أنظمة الترشيح والتكنولوجيا البيئية في المصنع للحد من الانبعاثات من المصدر، تفعيل الرقابة البيئية الدورية لضمان الامتثال للمعايير، وإطلاق برامج توعوية موسعة للسكان والعاملين حول مخاطر الغبار وطرق الوقاية.

الكلمات المفتاحية: تلوث الهواء، غبار الإسمنت، أمراض الجهاز التنفسي، الصحة العامة، الوعي الصحي، التدابير الوقائية، زليتن.

المقدمة:

يمثل تلوث الهواء بجسيمات الغبار أحد أهم التحديات البيئية والصحية في القرن الحادي والعشرين، حيث يرتبط بعبء مرتفع من الممراضة والوفيات المبكرة على مستوى العالم. تشير النماذج الوبائية الحديثة إلى أن تلوث الهواء بالجسيمات الدقيقة (PM2.5)مسؤول عن ملايين الوفيات سنوياً وخسارة ملحوظة في متوسط العمر المتوقع، تتجاوز في بعض المناطق أثر عوامل خطر تقليدية مثل التدخين والضغط (Lelieveld et al., 2020).(Schraufnagel et al., 2019) وتُعد الصناعات الثقيلة، وفي مقدمتها صناعة الإسمنت، من المصادر الرئيسة للانبعاثات الجسيمية، بما في ذلك الجسيمات القابلة للاستنشاق والنافذة عميقاً إلى الجهاز التنفسي، مما يضفي على الموضوع بعداً استراتيجياً يتجاوز حدود الصحة المهنية إلى الصحة العامة وجودة الحياة في المجتمعات المحيطة بالمصانع.

وتظهر الدراسات ان تلوث الهواء بالجسيمات الدقيقة والمتوسطة الحجم قادرة على إحداث طيف واسع من التأثيرات الحادة والمزمنة على الجهاز التنفسي؛ بدءاً من تهيج الأغشية المخاطية، مروراً بنوبات الربو، وصولاً إلى داء الانسداد الرئوي المزمن والالتهابات الرئوية وسرطان الرئة (Hamanaka & Mutlu, 2025; Schraufnagel et al., 2019).(Eltair, 2023) كما أظهرت دراسات وبائية واسعة النطاق أن الارتفاع قصير وطويل الأمد في تراكيز الجسيمات الدقيقة يرتبط بزيادة في دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي في مختلف الفئات العمرية، مع قابلية أكبر للإصابة لدى الأطفال وكبار السنوالنساء.(Lei et al., 2023; Zhang et al., 2025). ويحظى غبار مصانع الإسمنت باهتمام خاص نظراً لطبيعته الكيميائية والفيزيائية وتركيزه المكاني العالي حول مواقع الإنتاج. يتكون هذا الغبار من مزيج معقد من الجسيمات المعدنية (مثل السيليكا، أكاسيد الكالسيوم، الألومنيوم) وأحياناً شوائب من المعادن الثقيلة، إضافة إلى طيف من أحجام الجسيمات من الخشنة إلى الدقيقة جداً .(Cetintepe et al., 2025; Sánchez-Soberón et al., 2015) et al., 2025) وتُظهر الدراسات أن هذه الجسيمات لا تبقى محصورة في بيئة المصنع المغلقة، بل يمكن أن تنتقل إلى الأحياء السكنية المجاورة عن طريق المداخن، لتصبح مشكلة صحة مجتمعية، خصوصاً في غياب نظم فعالة للسيطرة على الانبعاثات. وتُظهر الأبحاث المهنية الطولية والمقطعية على عمال مصانع الإسمنت علاقة ارتباطية واضحة بين التعرض لغبار الإسمنت وحدوث الأعراض التنفسية المزمنة وتراجع وظائف الرئة. فقد بيّنت مراجعة منهجية شاملة وجود انخفاض ملحوظ في مؤشرات وظائف الرئة (FEV1, FVC) وارتفاع في معدل الأعراض التنفسية مثل السعال المزمن والبلغم وضيق النفس .(Fell & Nordby, 2017; Nordby et al., 2016).

كما أظهرت دراسة مقطعية حديثة أن التعرض لغبار الإسمنت المصحوب ببعض المعادن الثقيلة يرتبط بانخفاض معنوي في مؤشرات وظائف الرئة حتى بعد ضبط عوامل مربكة مثل التدخين، مما يدعم فرضية الأثر السمي المركب للجسيمات والمعادن.(Cetintepe et al., 2025) يُفسَّر الأثر المرضي لغبار الإسمنت على الجهاز التنفسي من خلال تفاعل عدة آليات فيزيولوجية وبيوكيميائية. فاختراق الجسيمات القابلة للاستنشاق إلى الشجرة القصبية والحويصلات الهوائية يؤدي إلى تفعيل الاستجابة الالتهابية. (Hu et al., 2024; Sierra-Vargas et al., 2023) هذا الإجهاد التأكسدي المتكرر يسهم في إحداث تلف خلوي، واضطراب في إصلاح الأنسجة، وتليف تدريجي في جدران القصيبات والحويصلات، وهو ما يُعد مساراً مشتركاً في العديد من الأمراض التنفسية المزمنة. إضافة إلى ذلك، فإن خصائص الحجم والشكل والتركيب الكيميائي لجسيمات الغبار تحدد عمق ترسبها في الجهاز التنفسي PM2.5وPM1 قادرة على النفاذ إلى المناطق الحويصلية، مع جرعة أعلى نسبياً لدى الأطفال وكبار السن بسبب نمط التنفس والأنشطة اليومية، ما يزيد من احتمالات التأثيرات الضارة في هذه الفئات الضعيفة .(Sánchez-Soberón et al., 2015) وتتقاطع هذه النتائج مع الأدلة الأوسع التي تربط التعرض للجسيمات

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الدقيقة بزيادة مخاطر الربو، والتهاب القصبات، والتهاب الجيوب الأنفية المزمن، والانسداد الرئوي المزمن (Zhang et al., 2025).

برغم توفر العديد من الدراسات حول الأثر الصحي لتلوث الهواء عموماً وغبار الإسمنت خصوصاً، إلا أن ثمة فجوات علمية ما زالت قائمة. على الرغم من إن غالبية الدراسات تتركز على فئات العمال داخل المصانع، بينما تقل الأبحاث التي تستقصي الأثر بعيد المدى لانبعاثات غبار الإسمنت على المجتمعات السكنية المجاورة، خاصة في البيئات النامية التي تتسم بضعف نظم الرقابة البيئية وتداخل مصادر التلوث الهوائي(Fell & Nordby, 2017; Zhang et al., 2025) ما زال هناك قدر من عدم اليقين فيما يتعلق بجرعات العتبة الآمنة للتعرض المزمن لغبار الإسمنت في الهواء المحيط، والعلاقة الكمية بين مستويات الجسيمات في الهواء الطلق ومعدل حدوث الأمراض التنفسية في السكان.

تُظهر دراسات المراقبة الزمنية للأثر أن تحسين إجراءات التحكم بالغبار في مصانع الإسمنت يرتبط بانخفاض في مستويات الغبار، وتراجع في انتشار الأعراض التنفسية وانسدادات مجرى الهواء بين العمال(Tungu et al., 2014) ، لكن لا تتوفر بيانات كافية عن انعكاس هذه التدخلات على مؤشرات الصحة التنفسية في السكان المحيطين بالمصانع. وأخيراً، تُعد الدراسات في السياق الليبي على وجه الخصوص، محدودة من حيث التغطية الجغرافية، وجودة المقاييس التعرضية، وتكامل المؤشرات البيئية والصحية، ما يخلق فجوة معرفية بين خصوصية الواقع المحلي والدروس المستفادة من الخبرة العالمية.

ضمن هذا الإطار، تبرز الحاجة إلى دراسات ميدانية منهجية تستقصي العلاقة بين تلوث الهواء بغبار مصانع الإسمنت المنتشرة في البلدان العربية ومنها ليبيا، وبين أنماط انتشار أمراض الجهاز التنفسي في المجتمعات القريبة، مع الأخذ في الاعتبار العوامل الاجتماعية-الاقتصادية، وأنماط السكن، ومستوى البنية التحتية الصحية، والاختلافات في تطبيق التشريعات البيئية. ويتمحور الهدف الرئيس للدراسة حول تحليل العلاقة بين مستويات تلوث الهواء بغبار مصنع الإسمنت في منطقة الدراسة وانتشار أمراض الجهاز التنفسي بين السكان القاطنين في محيطه المباشر، مع التركيز على تحديد أنماط الأعراض التنفسية، والتشخيصات السريرية الشائعة.

تستمد الأهمية النظرية للدراسة في مساهمتها في سد فجوة معرفية حول الأثر الصحي لغبار مصانع الإسمنت، ضمن بيئة ذات خصائص اجتماعية ومناخية وتنظيمية مختلفة. كما تسهم النتائج المتوقعة في إثراء الأدبيات المتعلقة بآثار تلوث الهواء الموضعي على الأمراض التنفسية.

أما من الناحية التطبيقية، فمن شأن الدراسة أن توفر قاعدة بيانات علمية يمكن أن يستند إليها صانعو القرار في تصميم سياسات أكثر صرامة للرقابة على انبعاثات مصانع الإسمنت، وتحسين تخطيط استخدامات الأراضي حول هذه المنشآت، وتعزيز برامج الرصد البيئي والصحي المشترك. كما يمكن للنتائج أن تدعم تطوير برامج توعوية واستراتيجيات وقائية تستهدف الفئات السكانية الأكثر عرضة، وتوجيه استثمارات في تقنيات التحكم بالغبار التي أثبتت فعاليتها في خفض الأعراض التنفسية لدى العمال في دراسات سابقة (Tungu et al., 2014). وبهذا، تسهم الدراسة في بناء جسر بين المعرفة العلمية والعمل التنظيمي، بما ينعكس إيجابياً على صحة الجهاز التنفسي للسكان وجودة الهواء في المناطق الصناعية.

مشكلة البحث:

تلوث الهواء من المشاكل البيئية الخطيرة التي تؤثر على الصحة العامة، وخاصة في المناطق الصناعية. يعتبر مصنع اسمنت العربية من المصادر الرئيسية لتلوث الهواء بسبب الغبار المتصاعد من العمليات الانتاجية، والذي يتكون من مواد دقيقة يمكن استنشاقها بسهولة مما يؤدي إلى مشاكل صحية خطيرة، خاصة في الجهاز التنفسي.

أسئلة البحث:

1. هل يعتبر مستوى غبار الإسمنت مرتفعًا بما يكفي للتأثير على الصحة العامة؟
2. هل يوجد ارتباط وعلاقة إيجابية بين مستوى التعرض لغبار الإسمنت وحدوث الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي؟
3. ما مدي وعي العاملين بمصنع الإسمنت والسكان المحيطين حول المخاطر الصحية لتلوث الهواء بغبار الإسمنت؟
4. ما هي أكثر التدابير الوقائية فعالية التي يقوم بها السكان المحيطين بالمصنع لتقليل التعرض لغبار الإسمنت؟
5. ما هي الإجراءات التي يمكن اتخاذها لتحسين جودة الهواء والحد من التلوث وتحسن الصحة العامة؟

أهداف البحث:

1. تقييم الآثار الصحية والبيئية المرتبطة بتلوث الهواء الناجم عن غبار مصانع الإسمنت من وجهة نظر المقيمين بجوار المصنع وعينة من العاملين بالمصنع.
2. تحديد العلاقة بين التعرض لغبار الإسمنت وانتشار أمراض الجهاز التنفسي وتفاقم الأعراض الصحية لدى السكان المحيطين بالمصنع.
3. تحديد التدابير الوقائية التي يعتمدها السكان للحد من تأثير الغبار، مثل ارتداء الكمامات وإغلاق النوافذ.التي يمكن أن تقلل من تأثير غبار الإسمنت مع تقييم فعالية هذه التدابير في تقليل التعرض لغبار الإسمنت وتأثيره على الصحة.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

منهجية البحث:

تصميم البحث

تعتمد منهجية البحث على المنهج الوصفي التحليلي المقطعي، وهو المنهج الأنسب لدراسة الظواهر البيئية والصحية وتفسير العلاقات بين المتغيرات (التعرض للغبار مقابل الحالة الصحية).

مجتمع وعينة الدراسة:

تم اختيار عينة قصدية مكونة من (100) فرد، سواء كانوا من الكادر الوظيفي داخل المنشأة أو من السكان القاطنين في النطاق الجغرافي المحيط. وتم تقسيمهم بالتساوي إلى فئتين: (50) عاملاً في المصنع و(50) فرداً من السكان المحيطين، لضمان دقة المقارنة الإحصائية.

جمع البيانات:

اعتمد البحث على الاستبانة كأداة رئيسية، صُممت لجمع بيانات حول ثلاثة محاور أساسية:

المحور الصحي: رصد الأمراض التنفسية المشخصة (مثل الربو والتهاب الشعب الهوائية).

المحور العرضي: تتبع الأعراض الصحية اليومية كالسعال وضيق التنفس.

المحور الوقائي: حصر التدابير التي يتخذها الأفراد للحد من التأثيرات الصحية.

حيث تم توزيع استبيان لجمع البيانات من عينة الدراسة، مقسمين الي (50عينة لعمال المصنع، و50 عينة من السكان المحيطين الغير عاملين بالمصنع).

التحليل الإحصائي:

تحليل البيانات: تمت معالجة البيانات باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، مع التركيز على الاختبارات التالية:

التكرارات والنسب المئوية: لوصف التوزيع الديموغرافي والانتشار المرضي بين العينة.

اختبار الدلالة الإحصائية (P-value): لتحديد مدى معنوية الفروق بين العمال والسكان بمستوى دلالة قياسي (0.05).

الجداول المتقاطعة (Cross tables): لتحليل العلاقة الارتباطية بين نوع التعرض لغبار الإسمنت وحدوث الأعراض أو الأمراض.

أخلاقيات الدراسة:

تمت مراعاة الجوانب الأخلاقية من خلال التنسيق المسبق مع الجهات المعنية، وقبل توزيع الاستبيان تم الحصول على الموافقة من قبل المشاركين. وقد تم طمأنتهم بأن إجاباتهم ستُعامل بسرية تامة ولن تُستخدم إلا في الإطار الإحصائي والتحليلي للدراسة، مع الالتزام التام بعدم إلحاق أي ضرر معنوي أو مهني.

النتائج:

أولاً: البيانات الديموغرافية:

الجنس: تبين أن أكثر من نصف عينة البحث بنسبة 74% من الذكور، وبنسبة 26% من الاناث، كما مبين في الجدول رقم (1)

جدول (1): توزيع العينة حسب الجنس

الجنس	العدد	%
الذكور	74	74
الإناث	26	26
المجموع	100	100

الفئة العمرية: تبين أن 34% اعمارهم من18-30 سنة، تليها النسبة 26% اعمارهم من 46 -60 سنة، وبنسبة 21% اعمارهم من 31-45 سنة، واخيرا النسب الاقل كانت 10% و9% أعمارهم أكثر من 60 سنة وأقل من 18 سنة. كما مبين في الجدول (2)

جدول(2): توزيع العينة حسب العمر

العمر	العدد	%
أقل من 18	9	9
30-18	34	34
45-31	21	21
60-46	26	26
أكثر من 60	10	10
المجموع	100	100

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ثانيا: تلوث الهواء بغبار الإسمنت.

1. الفصول التي يزداد فيها تلوث الهواء بالغبار:

من خلال الجدول (3) تبين أن هناك اختلاف معنوي (P<0.05) بين استجابات عينة البحث عند مستوى معنوية 5%، حيث تم ملاحظة أن العاملين وبنسبة مئوية 42% أجابوا بأن جميع الفصول يزداد فيها تلوث الهواء بالغبار، تليها النسبة 36% لفصل الصيف. وبينت استجابات السكان المحيطين بالمصنع أن 38% أجابوا بأن فصل الخريف يعتبر من أكثر الفصول التي يزداد فيها تلوث الهواء بالغبار، تليها النسبة 36% لفصل الصيف.

جدول (3): نتائج استجابات عينات البحث حول الفصول التي يزداد فيها تلوث الهواء بالغبار

البيان		عامل في المصنع	السكان المحيطين بالمصنع	الاجمالي	P-VALUE
الصيف	العدد	18	18	36	0.014
	%	36 %	36 %	36 %	
الشتاء	العدد	4	5	9	
	%	8 %	10 %	9 %	
الخريف	العدد	6	19	25	
	%	12 %	38 %	25 %	
الربيع	العدد	1	3	4	
	%	2 %	6 %	4 %	
جميع الفصول	العدد	21	5	26	
	%	42 %	10 %	26 %	
المجموع	العدد	50	50	100	
	%	100 %	100 %	100 %	

2. مستوى تلوث الهواء بغبار الإسمنت في المنطقة المحيطة بالمصنع:

يُظهر الجدول رقم (4) نتائج استجابات عينة البحث حول مستوى التلوث بغبار الإسمنت، حيث أن النسبة الأكبر من أفراد العينة أفادوا بأن مستوى التلوث "مرتفع جداً" و"مرتفع" حوالي 60% من إجمالي العينة (35% و25% على التوالي). وبتحليل الأوساط الحسابية، نجد أن المتوسط العام بلغ 3.77 بانحراف معياري قدره 1.145 ووزن نسبي وصل إلى 0.75، مما يضع تقدير مستوى التلوث في الفئة "العالية" وفقاً للمقياس المستخدم. أما من الناحية الاستدلالية، فقد بلغت قيمة الدلالة الإحصائية (P- Value) حوالي 0.379، وهي قيمة أكبر من مستوى الدلالة المعتمد (0.05)، مما يشير إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين آراء العاملين بالمصنع والسكان المحيطين به تجاه تقييم مستوى التلوث؛ وهذا يعني وجود حالة من التوافق والوعي المشترك بين المجموعتين بخطورة الوضع البيئي القائم. وتفسر هذه النتائج واقعياً بأن انبعاثات غبار الإسمنت قد بلغت مستويات حرجة تتجاوز القدرة على التكيف، مما يجيب على تساؤلات البحث حول مدى ارتفاع مستوى التلوث وتأثيره المحتمل على الصحة العامة. إن هذا التوافق في الإدراك بين العمال الذين هم في مواجهة مباشرة داخل البيئة الصناعية والسكان المتعرضين للتلوث في مناطق سكناهم يعكس واقعية الأثر البيئي، ويؤكد الحاجة الملحة لاتخاذ تدابير وقائية وإجراءات تصحيحية لتحسين جودة الهواء والحد من مخاطر أمراض الجهاز التنفسي المرتبطة بهذا النوع من التلوث.

جدول (4): نتائج استجابات عينات البحث حول مستوى التلوث بغبار الإسمنت.

البيان		عامل في المصنع	السكان المحيطين بالمصنع	المجموع	P-VALUE
منخفض	العدد	7	5	12	0.379
	%	14 %	10%	12 %	
متوسط	العدد	13	12	25	
	%	26 %	24%	25 %	
مرتفع	العدد	14	11	25	
	%	28 %	22%	25 %	
مرتفع جدا	العدد	14	21	35	
	%	28 %	42%	35 %	
لا يوجد تلوث	العدد	2	1	3	
	%	4 %	2%	3 %	
المجموع	العدد	50	50	100	
	%	100 %	100 %	100 %	

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المتوسط الحسابي	3.62	4.00	3.84	3.77	
الانحراف المعياري	1.159	1.080	1.179	1.145	
الوزن النسبي	0.72	0.80	0.77	0.75	
المستوى	عالي	عالي	عالي	عالي	

3. مستوى التعرض لغبار الإسمنت وعلاقته بزيادة معدلات الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي:

تشير نتائج الجدول رقم (5) المتعلق بمدى إدراك عينة الدراسة لغبار الإسمنت كسبب رئيس للمشاكل التنفسية في المنطقة؛ حيث سجل المتوسط الحسابي العام استجابة قدرها (2.37) بوزن نسبي بلغ (79%)، وهي قيمة تقع ضمن المستوى "العالي" وفقاً للمقاييس الإحصائية المستخدمة. وبالتحليل التفصيلي للفئات، نجد أن السكان المحيطين بالمصنع كانوا أكثر جزماً بهذه العلاقة بوزن نسبي قدره (86%) ومتوسط (2.59)، مقارنة بالعمال الذين سجلوا وزناً نسبياً قدره (72%) ومتوسطاً قدره (2.16). وعند اختبار الدلالة الإحصائية للفروق بين المجموعتين، بلغت قيمة (P-Value) نحو (0.223)، وهي قيمة أكبر من مستوى الدلالة المعتمد (0.05)، مما يشير إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين وعي العمال ووعي السكان المحيطين حول مسببات الأمراض التنفسية؛ فكلا الطرفين يدركان بشكل مرتفع أن غبار الإسمنت هو العامل الأساسي في تدهور الحالة الصحية بالمنطقة. وتفسر هذه النتائج واقعياً بأن الأثر الصحي للمصنع قد تجاوز أسواره ليصبح حقيقة مُدركة لدى الجميع، حيث بلغت نسبة الذين أجابوا بـــ "نعم" من السكان (70%). ويعزى ارتفاع هذه النسبة إلى ملامسة السكان المباشرة للأعراض التنفسية وتراكم الغبار في محيطهم السكني بشكل يومي، في حين أن وعي العمال (40% أجابوا بنعم) رغم انشغالهم بالعملية الإنتاجية، يؤكد على وضوح المخاطر الصحية حتى في البيئة المهنية. تبرهن هذه النتائج على وجود ارتباط وثيق بين التعرض للغبار وزيادة معدلات الإصابة بالأمراض، مما يستوجب تفعيل تدابير وقائية وإجراءات عاجلة لتحسين جودة الهواء في المنطقة.

جدول (5): نتائج استجابات عينة البحث حول ما إذا كان غبار الإسمنت هو السبب الرئيسي للمشاكل التنفسية في المنطقة المحيطة بالمصنع

البيان		عامل في المصنع	السكان المحيطين بالمصنع	المجموع	P-VALUE
لا	العدد	12	6	18	0.223
	%	24.0%	12 %	18%	
غير متأكد	العدد	18	9	27	
	%	36%	18%	27%	
نعم	العدد	20	35	55	
	%	40%	70%	55.0%	
المجموع	العدد	50	50	100	
	%	100 %	100%	100 %	

البيان	عامل في المصنع	السكان المحيطين بالمصنع	المجموع	P-VALUE
المتوسط الحسابي	2.16	2.59	2.37	**0.223**
الانحراف المعياري	0.79	0.70	0.77	
الوزن النسبي	%72	%86	%79	
المستوى	عالي	عالي	عالي	

ثالثا: المشاكل الصحية الناتجة من التعرض للغبار:

1. انتشار الأمراض التنفسية بين العاملين بالمصنع والسكان المحيطين المتأثرين بغبار الإسمنت:

يتضح من الجدول رقم (6) المتعلق بانتشار الأعراض والأمراض التنفسية لدى عينة الدراسة، وجود مؤشرات دالة على تأثر الحالة الصحية لكل من العاملين بالمصنع والسكان المحيطين بالمصنع. حيث تشير النتائج إلى أن نسبة (22%) من إجمالي العينة يعانون من "سعال مستمر"، وهي قيمة ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية (0.05) حيث بلغت قيمة (P-Value) حوالي (0.041)، مما يؤكد وجود علاقة ارتباطية بين التعرض لغبار الإسمنت وظهور هذه الأعراض. كما سجلت النتائج تقارباً في نسب المعاناة من "ضيق التنفس والصدر" و"احتقان الأنف" بنسبة (20%) لكل منهما، مع ملاحظة ارتفاع طفيف في حدة ضيق التنفس لدى فئة العمال بنسبة (24%) مقارنة بالسكان (16%)، وهو ما يعكس التأثير المباشر لبيئة العمل الملوثة. وبالنسبة للأمراض المزمنة، كشفت النتائج أن "التهاب الشعب الهوائية" هو الأكثر شيوعاً بنسبة (19%)، يليه "الربو" بنسبة (9%)، مع تركز الإصابة بالتهاب الشعب الهوائية لدى العاملين بنسبة (22%). ورغم أن نسبة (67%) أفادوا بعدم إصابتهم بأمراض مشخصة.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

جدول (6): نتائج استجابات عينة البحث حول انتشار الأمراض التنفسية بين السكان المتأثرين بالتلوث

المعاناة المستمرة من الأعراض	فئة القياس	عامل في المصنع	السكان المحيطون	المجموع	P-Value
سعال مستمر	العدد	11	11	22	0.041
(يشمل السعال منفرداً أو مع أعراض أخرى)	%	%22	%22	%22	
ضيق في التنفس والصدر	العدد	12	8	20	
(يشمل ضيق التنفس، ألم الصدر، الصفير)	%	%24	%16	%20	
احتقان بالأنف	العدد	10	10	20	
(يشمل الاحتقان منفرداً أو مع أعراض أخرى)	%	%20	%20	%20	
كل ما ذكر	العدد	1	0	1	
	%	%2	%0	%1	
لا أعاني من أي أعراض	العدد	16	21	37	
	%	%32	%42	%37	
المجموع الكلي	العدد	50	50	100	
	%	%100	%100	%100	

الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي		عامل في المصنع	السكان المحيطين بالمصنع	المجموع	P-VALUE
مرض الانسداد الرئوي المزمن(COPD)	العدد	3	2	5	0.274
	%	6%	8%	5%	
التهاب الشعب الهوائية	العدد	11	8	19	
	%	22%	13%	19%	
الربو	العدد	5	6	9	
	%	10%	14 %	9%	
لا أعاني من أي أمراض	العدد	31	36	67	
	%	62%	56 %	67%	
المجموع	العدد	50	50	100	
	%	100 %	100 %	100 %	

***دال إحصائيا عند مستوى معنوية 5%**

رابعا: العلاقة بين التعرض لغبار الإسمنت وحدوث الأمراض التنفسية:

في الجدول (7) تُظهر النتائج الإحصائية عن وجود علاقة طردية جوهرية ذات دلالة عالية بين المتغيرات المستقلة، والمتمثلة في التعرض لغبار الإسمنت، وبين المتغيرات التابعة المرتبطة بالصحة التنفسية وجودة الحياة. وتشير البيانات إلى أن مستوى الوعي بالتلوث في المنطقة المدروسة يرتبط ارتباطاً وثيقاً بظهور الأعراض التنفسية المزمنة وتكرار مراجعة الأطباء، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط ($r = 0.518$) عند مستوى دلالة ($P\text{-value} = 0.000$). ويؤكد ذلك أن الإدراك الحسي للتلوث يمثل مؤشراً موضوعياً لانخفاض جودة الحياة اليومية. كما يتضح من السياق الإحصائي أن الشعور اليومي بغبار أو رائحة الإسمنت يُعد العامل الأكثر تأثيراً في التنبؤ بحدوث الأمراض التنفسية، إذ سجّل ارتباطاً معنوياً قوياً بلغت قيمته (0.314) عند مستوى دلالة (0.001)، مما يدل على وجود ارتباط بين التعرض اليومي لغبار الإسمنت وحدوث الاعتلالات الصحية المسببة للأمراض التنفسية. كما أظهرت النتائج مفارقة إحصائية لافتة، حيث لم تُسجّل "مدة الإقامة في المنطقة" أي ارتباط معنوي مع تدهور الحالة الصحية، إذ بلغت قيمة الدلالة (0.965)، وهي أعلى بكثير من العتبة المقبولة (0.05). ويشير ذلك إلى أن الضرر الصحي يرتبط بكثافة الغبار المستنشق آنياً.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الجدول (7): نتائج العلاقة الارتباطية بين التعرض لغبار الإسمنت وحدوث الأمراض التنفسية

التعرض لغبار الإسمنت / حدوث الأمراض التنفسية	مدة الاقامة في المنطقة المحيطة بالمصنع			مستوى التلوث بالغبار في منطقتك؟			الشعور بغبار و رائحة الإسمنت بشكل يومي			مدى تأثير الغبار على جودة حياتك اليومية		
هل تعاني أي من الاعراض التالية بانتظام؟	قيمة الارتباط	0.112	-0.004	قيمة الارتباط	-0.178	0.314**	قيمة الارتباط	-0.137	0.209*	قيمة الارتباط	-0.012	0.518**
هل تم تشخيصك بأحد الأمراض التنفسية؟	الدلالة الإحصائية	0.269	0.965	الدلالة الإحصائية	0.076	0.001	الدلالة الإحصائية	0.175	0.037	الدلالة الإحصائية	0.909	0.000
هل لاحظت تفاقم أعراضك الصحية بسبب تلوث الهواء؟	حجم العينة	100	100	حجم العينة	100	100	حجم العينة	100	100	حجم العينة	100	100
كم مرة تزور الطبيب بسبب مشاكل تنفسية؟	قيمة الارتباط	0.112	-0.004	قيمة الارتباط	-0.178	0.314**	قيمة الارتباط	-0.137	0.209*	قيمة الارتباط	-0.012	0.518**
هل تستخدم أدوية لعلاج أمرض الجهاز التنفسي؟	الدلالة الإحصائية	0.269	0.965	الدلالة الإحصائية	0.076	0.001	الدلالة الإحصائية	0.175	0.037	الدلالة الإحصائية	0.909	0.000
هل تعتقد أن غبار الإسمنت يؤثر سلبا على الصحة العامة؟	حجم العينة	100	100	حجم العينة	100	100	حجم العينة	100	100	حجم العينة	100	100
هل ترى أن غبار الإسمنت هو السبب الرئيسي للمشاكل التنفسية في منطقتك؟	قيمة الارتباط	0.112	-0.004	قيمة الارتباط	-0.178	0.314**	قيمة الارتباط	-0.137	0.209*	قيمة الارتباط	-0.012	0.518**

خامسا: الوعي المجتمعي بالمخاطر الصحية عن تلوث الهواء بغبار الإسمنت:

في الجدول (8) تُظهر النتائج الإحصائية تقارباً معرفياً ملحوظاً بين فئات الدراسة حول المخاطر الصحية لتلوث الهواء؛ حيث سجلت العينة الكلية متوسطاً حسابياً عاماً قدره (2.71) بوزن نسبي مرتفع بلغ (0.90)، مما يضع الوعي المجتمعي ضمن تصنيف "عالي جداً". ويُلاحظ من القراءة التفصيلية أن فئة السكان هي الأكثر إدراكاً للمخاطر بمتوسط (2.86) ووزن نسبي (0.95)، مع تسجيل انحراف معياري منخفض (0.342)، وهو ما يشير إلى تجانس كبير وضيق في تشتت الآراء وسط هذه الفئة حول التأثيرات السلبية للغبار. أما فئة العمال، فقد أظهرت مستوى وعي "عالي" بمتوسط (2.56) ، إلا أن قيمة الانحراف المعياري لديهم كانت الأعلى (0.675)، مما يعكس تبايناً نسبياً في وجهات النظر الداخلية قد يعزى لدرجة الاحتكاك المباشر بالعمليات الصناعية أو اختلاف المستويات الوظيفية .ومن الناحية الاستدلالية، بلغت قيمة الدلالة الإحصائية (P-value=0.118)، وهي قيمة أكبر من مستوى المعنوية المعتمد (0.05)، مما يؤكد عدم وجود فروق جوهرية تعزى لمتغير طبيعة العمل؛ فالخطر الصحي المتمثل في تلوث الهواء بات حقيقةً موضوعية يدركها الجميع بصرف النظر عن موقعهم المهني، مما يدل علي أن التلوث الهوائي في المنطقة قد تجاوز الحدود المهنية الضيقة ليصبح قضية صحة عامة تمس عامة المحيط المجتمعي بالكامل.

جدول (8): نتائج استجابات عينة البحث حول تفاقم الأعراض الصحية بسبب تلوث الهواء

فئة الدراسة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	المستوى المعياري	القيمة الاحتمالية (P-VALUE)
عامل في المصنع	2.560	0.675	0.85	عالي	0.118
السكان المحيطين بالمصنع	2.860	0.342	0.95	عالي جداً	(غير دالة إحصائياً)
المجموع الكلي للعينة	2.710	0.556	0.90	عالي جداً	(0.05 > P)

سادسا: التدابير الوقائية للحد من التلوث بغبار مصنع الإسمنت:

1. التدابير الوقائية التي يعتمدها السكان والعاملين بالمصنع للحد من تأثير الغبار:

يُظهر التحليل الإحصائي لبيانات الجدول رقم (9)، والمتعلق بالتدابير الوقائية التي يتخذها السكان والعاملين بالمصنع للحد من تأثير الغبار، تبايناً ملحوظاً في السلوك الوقائي بين عمال المصنع والسكان المحيطين به. ويتضح أن "ارتداء الكمامة" يمثل الوسيلة الوقائية الأكثر شيوعاً بنسبة إجمالية بلغت 25%، مع تركز واضح لدى فئة العمال بنسبة 32% مقابل 18% للسكان. وفي المقابل، يُلاحظ ميل السكان المحيطين إلى اعتماد استراتيجية "إغلاق النوافذ" كخيار أول بنسبة 26%، مقارنة بـ 16% فقط لدى العمال. ومن المثير للاهتمام إحصائياً أن نسبة 19% من إجمالي العينة أفادوا بعدم اتخاذ أي تدابير وقائية على الإطلاق، وهي نسبة مرتفعة تبرز فجوة في الوعي الصحي أو القدرة على التكيف مع المخاطر البيئية.

وعند فحص الدلالة الإحصائية للنتائج، تشير قيمة (P-value) البالغة 0.921 إلى أنها أكبر بكثير من مستوى الدلالة المعياري (0.05). وهذا التقدير الرقمي يعني موضوعياً عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين العمال والسكان في "نمط" اختيار

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

التدابير الوقائية؛ أي أن الاختلافات المرصودة في النسب تعود لعوامل عشوائية أو ظروف لوجستية وليست لتباين جوهري في المنهجية الوقائية المتبعة بين الفئتين.

وبرغم أن التدابير المتخذة هي تدابير "فردية وتقليدية" (كالكمامات وإغلاق النوافذ) وليست حلولاً جذرية تقنية، حيث سجل استخدام "أجهزة تنقية الهواء" أدنى المستويات بنسبة 1% فقط. وبناءً على ذلك، فإن هذه النتائج تبين وجود وعي وقائي مؤسسي أو منهجي متقدم لدى العمال يتفوق على السكان. وبدلاً من ذلك، تشير النتائج إلى أن الجهود المبذولة تظل دون المستوى المطلوب لمواجهة حجم الانبعاثات، مما يستوجب إعادة النظر في كفاءة إجراءات السلامة المهنية والبيئية المتبعة في المنطقة.

جدول (9): نتائج استجابات عينات البحث حول التدابير الوقائية التي يعتمدها السكان للحد من تأثير الغبار

التدابير لتقليل التعرض للغبار		عامل في المصنع	السكان المحيطين بالمصنع	المجموع	P-VALUE
ارتداء الكمامة	العدد	16	9	25	0.921
	%	% 32	18 %	% 25	
اغلاق النوافذ	العدد	8	13	21	
	%	% 16	26 %	% 21	
استخدام أجهزة تنقية الهواء	العدد	1	0	1	
	%	% 2	% 0	% 1	
تجنب الخروج في أوقات الغبار	العدد	4	5	9	
	%	% 8	10 %	% 9	
لا أقوم بأي تدابير	العدد	12	7	19	
	%	% 24	14 %	% 19	
ارتداء الكمامات واستخدام اجهزة تنقية الهواء وتجنب الخروج في أوقات الغبار	العدد	1	0	1	
	%	2.0%	0.0%	1 %	
ارتداء الكمامات واغلاق النوافذ	العدد	5	1	6	
	%	10 %	2 %	6 %	
اغلاق النوافذ واستخدام أجهزة تنقية الهواء	العدد	1	1	2	
	%	2 %	2 %	2 %	
اغلاق النوافذ وتجنب الخروج في أوقات الغبار	العدد	2	7	9	
	%	4 %	14 %	9 %	
جميع التدابير السابقة	العدد	0	1	1	
	%	0.0%	2 %	1 %	
ارتداء الكمامات واغلاق النوافذ وتجنب الخروج في أوقات الغبار	العدد	0	5	5	
	%	0 %	10 %	5 %	
اغلاق النوافذ واستخدام اجهزة تنقية الهواء وتجنب الخروج في أوقات الغبار	العدد	0	1	1	
	%	0 %	2 %	1 %	
المجموع	العدد	50	50	100	
	%	100 %	100 %	100 %	

2. الإجراءات التي يمكن اتخاذها للحد من تلوث الهواء وتحسين الصحة العامة:

فيما يتعلق بالإجراءات المقترحة للحد من التلوث وتحسين الصحة العامة، تُظهر النتائج الإحصائية المستخلصة من استجابات عينة البحث حول الآليات الممكنة للحد من تلوث الهواء وتحسين البيئة الصحية توجهاً واضحاً نحو الحلول الجذرية والسياسات العامة؛ حيث يُلاحظ أن النسبة الأكبر من افراد العينة تؤيد حزمة من الإجراءات المتكاملة التي تشمل "زراعة الأشجار، واستخدام مصادر طاقة بديلة واستخدام فلاتر لتنقية الهواء، وتشديد الرقابة الحكومية على المصانع". ويتضح وجود تباين طفيف في ترتيب الأولويات بين عمال المصنع والسكان، إذ يميل العمال بنسبة نوعية نحو المطالبة بتطوير الأنظمة التقنية داخل المنشأة، بينما يركز السكان المحيطون بشكل أكبر على تعزيز الأحزمة الخضراء والرقابة الصارمة كدرع واقٍ للمناطق السكنية.

وعند إخضاع هذه النتائج لاختبار الدلالة الإحصائية، تُشير قيمة (P-value) المرصودة للجدول (10) والتي تُقارن بمستوى الدلالة المعياري 0.05 إلى طبيعة العلاقة بين فئات العينة ومقترحات الحل؛ فإذا كانت القيمة المستخرجة أكبر من 0.05، فإن ذلك يُفسر علمياً بعدم وجود فروق جوهرية في الرؤية المستقبلية للحل بين العامل والساكن، مما يعكس وحدة المصير البيئي وتوافق الرؤى حول ضرورة التدخل العاجل. أما واقعياً، فإن هذه النتائج تظهر حالة من الوعي المجتمعي بضرورة الانتقال

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

من الحلول الفردية التقليدية (كارتداء الكمامات وإغلاق النوافذ التي لم تحقق كفاية وقائية) إلى الحلول المستدامة والسياسات البيئية الكلية.

جدول (10): نتائج استجابات عينة البحث حول الإجراءات التي يمكن اتخاذها للحد من تلوث الهواء وتحسين الصحة العامة

الإجراءات التي يمكن اتخاذها للحد من تلوث الهواء		عامل في المصنع	السكان المحيطين بالمصنع	المجموع	P-VALUE
تركيب فلاتر أفضل في المصنع	العدد	18	17	35	0.521
	%	36%	34 %	35%	
زيادة الرقابة البيئية	العدد	12	13	25	
	%	24 %	26 %	25%	
حملات توعوية للسكان	العدد	2	5	7	
	%	4%	10 %	7%	
تحسين صيانة المعدات في المصنع	العدد	11	6	17	
	%	22%	12 %	17%	
اخرى.	العدد	1	0	1	
	%	2%	0.0%	1%	
تركيب فلاتر أفضل في المصنع وزيادة الرقابة البيئية	العدد	2	4	6	
	%	4%	8 %	6%	
تركيب فلاتر أفضل في المصنع وزيادة الرقابة البيئية وحملات توعوية للسكان وتحسين صيانة المعدات في المصنع	العدد	1	2	3	
	%	2%	4 %	3%	
تركيب فلاتر أفضل في المصنع وتحسين صيانة المعدات في المصنع	العدد	3	1	4	
	%	6%	2 %	4%	
تركيب فلاتر أفضل في المصنع وزيادة الرقابة البيئية وتحسين صيانة المعدات في المصنع	العدد	0	2	2	
	%	0.0%	4 %	2%	
المجموع	العدد	50	50	100	
	%	100%	100%	100%	

المناقشة:

تشير نتائج الدراسة الحالية أن غالبية المشاركين (36%) أفادوا بأن فصل الصيف هو الفترة التي يزداد فيها تلوث الهواء بغبار الإسمنت بشكل ملحوظ، بينما أشار 26% إلى أن التلوث يحدث على مدار جميع الفصول، و25% ذكروا فصل الخريف. وجاءت هذه النتائج دالة إحصائياً عند مستوى معنوية 5% (P-value = 0.014).

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Christophe & Andre, 2025) حول التأثيرات الصحية لانبعاثات مصنع Figuil للأسمنت بالكاميرون، التي أشارت إلى أن تركيز الملوثات الجوية (PM2.5 وSO2) يبلغ ذروته خلال الموسم الجاف، مما يؤدي إلى زيادة ملحوظة في حالات الأمراض التنفسية كالربو والتهاب الشعب الهوائية والالتهابات الرئوية. ويُعزى هذا الارتفاع إلى انخفاض نسبة الرطوبة الجوية وقلة الأمطار في فصل الصيف والمواسم الجافة، مما يؤدي إلى تراكم الغبار في الهواء لفترات طويلة وزيادة مدة تعرض السكان له. كما أكدت دراسة(Beketie et al., 2022) في إثيوبيا على أن تركيزات الجسيمات الدقيقة PM2.5 وPM10 الناتجة عن مصانع الإسمنت ترتفع بشكل كبير خلال الفترات الجافة، حيث بلغت تركيزات PM2.5 بين 120-973 µg/m³ في وحدات المصنع، وهي أعلى بكثير من الحدود المرجعية المحلية البالغة 150 µg/m³. وهذا يؤكد أهمية الموسمية في تقييم مستويات التلوث بغبار الإسمنت.

وعند مقارنة هذه النتائج، نجد أن السكان المحيطين بالمصنع في الدراسة الحالية أبدوا تقييماً أعلى لمستوى التلوث (متوسط حسابي = 4.00، وزن نسبي = 0.80) مقارنة بالعاملين في المصنع (متوسط حسابي = 3.62، وزن نسبي = 0.72). ويمكن تفسير ذلك بأن العاملين قد اعتادوا على بيئة العمل الملوثة ويقضون معظم وقتهم داخل المصنع حيث قد تتوفر بعض تدابير السلامة الجزئية.

أشارت نتائج الدراسة إلى أن 55% من المشاركين يعتقدون أن غبار الإسمنت هو السبب الرئيسي للمشاكل التنفسية في المنطقة، بينما أبدى 27% عدم التأكد، ورفض 18% ذلك. وكان هناك فرق ملحوظ بين السكان المحيطين بالمصنع (70% منهم يعتقدون ذلك) والعاملين بالمصنع (40% فقط). وتتفق هذه النتائج مع دراسة(A Bader El-din & A Mohamed, 2016) حيث أظهرت وجود ارتباط قوي بين مدة التعرض لغبار الإسمنت وانتشار الأعراض التنفسية، وأن العاملين الذين لا يلتزمون بمعدات الحماية الشخصية يعانون من معدلات إصابة أعلى بكثير. كما أكدت دراسات

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

النمذجة الرياضية في Figuil بالكاميرون((Christophe & Andre, 2025)، أن المناطق القريبة من المصنع تواجه مخاطر صحية تبلغ 2.8 ضعف المناطق البعيدة، مما يدل على الأثر المباشر والواضح للقرب من مصدر الانبعاث. أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن 22% من المشاركين يعانون من سعال مستمر، و20% من ضيق في التنفس والصدر و20% من احتقان في الأنف، و1% يعانون من جميع الأعراض المذكورة، بينما أفاد 37% بعدم معاناتهم من أي أعراض تنفسية. وكانت الفروق بين العاملين والسكان المحيطين دالة إحصائياً عند مستوى معنوية 5% (P-value = 0.041). وعند مقارنة هذه النتائج مع الدراسات الدولية، نجد تطابقاً ملحوظاً فقد أفادت دراسة(A Bader El-din & A Mohamed, 2016)عن النسب التالية بين عمال مصنع الإسمنت في مصر(السعال: 37.3% ،البلغم والإفرازات 35.3% ،ضيق التنفس 32.7% ،الصفير30.7%) وعلى الرغم من أن النسب في الدراسة المصرية أعلى من تلك المسجلة في الدراسة الحالية، إلا أن الأنماط العامة متشابهة، مما يؤكد الطابع المتكرر والمشترك للتأثيرات الصحية لغبار الإسمنت عبر سياقات جغرافية مختلفة. ويمكن أن يُعزى الاختلاف في النسب إلى عوامل مثل مستوى التدابير الوقائية المتبعة في كل مصنع، وشدة التعرض، ومدة العمل في المصنع. كما أوضحت دراسة(Mkulisi et al., 2024) في جنوب أفريقيا أن الأعراض التنفسية الشائعة بين العاملين شملت أيضاً انسداد الأنف، العطاس، العيون الدامعة، والسرعة التنفسية، مما يؤكد التأثير المتعدد الجوانب لغبار الإسمنت على الجهاز التنفسي والأغشية المخاطية.

كشفت نتائج الدراسة الحالية أن 19% من المشاركين يعانون من التهاب الشعب الهوائية، و9% من الربو، و5% من مرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD)، بينما أفاد 67% بعدم إصابتهم بأي أمراض تنفسية. ولم تكن الفروق بين العاملين والسكان المحيطين دالة إحصائياً (P-value = 0.274). وتتطابق هذه النتائج بشكل لافت مع الدراسة التي أُجريت في منطقة Mugher بإثيوبيا(Beketie et al., 2022) ، حيث سجلت سجلات المرضى في القرية المجاورة للمصنع النسب التالية(التهاب الشعب الهوائية الحاد 37.4% ، التهاب الشعب الهوائية المزمن20.0%).

كما أكدت دراسة(A Bader El-din & A Mohamed, 2016)أن 22% من عمال مصنع الإسمنت في مصر يعانون من التهاب الشعب الهوائية المزمن. وتشير هذه التطابقات إلى أن التهاب الشعب الهوائية (الحاد والمزمن) يُعدّ من أبرز الأمراض التنفسية المرتبطة بالتعرض لغبار الإسمنت، يليه الربو ومرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD). وقد يُعزى انخفاض نسب الإصابة بالـ (COPD) في الدراسة الحالية إلى عوامل مثل الفئة العمرية الأصغر للمشاركين، حيث أن الـ (COPD) يتطور عادةً بعد سنوات طويلة من التعرض المزمن، وقد يكون بعض المشاركين لا يزالون في المراحل المبكرة من التعرض.

كما أشارت نتائج تحليل الارتباط في الدراسة الحالية وجود علاقات ارتباطية دالة إحصائياً بين عدة متغيرات تعكس مستوى التعرض لغبار الإسمنت وبين حدوث الأمراض التنفسية والأعراض الصحية، وأبرزها مستوى التلوث بالغبار في المنطقة أظهر ارتباطاً إيجابياً دالاً إحصائياً مع حدوث الأمراض التنفسية (قيمة الارتباط = 0.314 ، P-value = 0.001) والشعور بغبار ورائحة الإسمنت بشكل يومي أظهر ارتباطاً إيجابياً دالاً إحصائياً مع الأعراض الصحية (قيمة الارتباط = 0.20 ، P-value = 0.037) ومدى تأثير الغبار على جودة الحياة اليومية أظهر أقوى ارتباط إيجابي دال إحصائياً مع الأعراض الصحية (قيمة الارتباط = 0.518 ، P-value = 0.000). وهذه النتائج تتفق مع دراسة(Christophe & Andre, 2025)وجود ارتباط إحصائي بين ذرات تركيز PM2.5 وSO2 وبين زيادة حالات الربو والتهاب الشعب الهوائية والالتهابات الرئوية خلال الموسم الجاف. كما أكدت دراسة(A Bader El-din & A Mohamed, 2016) أن مدة التعرض، وسوء الالتزام بمعدات الحماية الشخصية، والتدابير الهندسية الناقصة ترتبط بشكل مباشر بارتفاع انتشار الأعراض التنفسية بين العمال. ودراسة(Mkulisi et al., 2024) استخدمت اختبارات إحصائية متعددة وأكدت وجود فروق معنوية في انتشار الأعراض بين العمال المعرضين للغبار مقارنة بالمجموعات الضابطة. وتشير هذه النتائج المتوافقة إلى أن التعرض المزمن لغبار الإسمنت يرتبط بشكل واضح ودال إحصائياً بزيادة معدلات الإصابة بالأمراض التنفسية وتفاقم الأعراض الصحية، وأن هذا الارتباط يتأثر بعوامل عديدة منها شدة التلوث، ومدة التعرض، والقرب من المصنع، ومدى الالتزام بالتدابير الوقائية.

أظهرت نتائج الدراسة أن الوعي بالمخاطر الصحية لتلوث الهواء بغبار الإسمنت كان عالياً جداً، حيث بلغ المتوسط الحسابي الإجمالي 2.71 والوزن النسبي 90%، وكان المستوى "عالياً جداً" بشكل عام. كما أظهرت النتائج أن السكان المحيطين بالمصنع كانوا أكثر وعياً بالمخاطر (متوسط حسابي = 2.86، وزن نسبي = 95%) مقارنة بالعاملين في المصنع (متوسط حسابي = 2.56، وزن نسبي = 85%)، إلا أن هذا الفرق لم يكن دالاً إحصائياً (P-value = 0.118).

أظهرت نتائج الدراسة أن التدابير الوقائية الأكثر شيوعاً التي يعتمدها المشاركون على التوالي هي (ارتداء الكمامة 25%، إغلاق النوافذ 21%، تجنب الخروج في أوقات الغبار 9%، استخدام أجهزة تنقية الهواء 1%، لا يقومون بأي تدابير وقائية 19%) كما أفاد بعض المشاركين باتباع تدابير متعددة مجتمعة، مثل ارتداء الكمامات وإغلاق النوافذ (6%)، أو إغلاق النوافذ وتجنب الخروج (9%). ولم تكن الفروق بين العاملين والسكان المحيطين دالة إحصائياً (P-value = 0.921).

وعند مقارنة هذه النتائج، نجد أن واقيات التنفس (الكمامات المناسبة) تُعدّ من أبرز التدابير الوقائية الموصي بها. فقد أوصت دراسات (A Bader El-din & A Mohamed, 2016)و(Abosalah et al., 2021) (Mkulisi et al., 2024) بضرورة استخدام معدات الحماية الشخصية المناسبة، وخاصة الكمامات الواقية من الجسيمات الدقيقة (مثل N95 أو FFP2)، للحد من التعرض المباشر لغبار الإسمنت. كما أوصت دراسة(Mkulisi et al., 2024)و(Abosalah et al., 2025) بتطبيق أنظمة تنظيف بالـ HEPA (High-Efficiency Particulate Air) في أماكن العمل للتقليل من تجمع

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الغبار، وهو ما يتوافق مع التوصية باستخدام أجهزة تنقية الهواء المحمولة في المنازل القريبة من المصنع. إلا أن الدراسة الحالية كشفت عن فجوة كبيرة في تطبيق هذه التدابير الوقائية، حيث أفاد 19% من المشاركين بعدم قيامهم بأي تدابير وقائية على الإطلاق، كما أن نسبة استخدام أجهزة تنقية الهواء كانت منخفضة جداً (1% فقط). وهذا يشير إلى الحاجة الماسة لتعزيز الوعي وتوفير الموارد اللازمة لتطبيق هذه التدابير بشكل فعال.

أظهرت نتائج الدراسة أن الإجراءات التي يعتبرها المشاركون ضرورية للحد من التلوث وتحسين الصحة العامة هي على التوالي (تركيب فلاتر أفضل في المصنع 35%، زيادة الرقابة البيئية 25%، تحسين صيانة المعدات في المصنع 17%، حملات توعوية للسكان 7%)، كما أفاد بعض المشاركين باتخاذ عدة إجراءات مجتمعة، مثل تركيب الفلاتر مع زيادة الرقابة (6%) أو تحسين صيانة المعدات (4%). ولم تكن الفروق بين العاملين والسكان المحيطين دالة إحصائياً (P-value = 0.521)وتتفق هذه التوصيات المحلية بشكل كبير مع التوصيات الواردة في الدراسات الدولية، ومنها ترشيح الانبعاثات من المصدر أوصت دراسات (Christophe et al., 2024; Christophe & Andre, 2025)و(Raza et al., 2019)و (Beketie et al., 2022) ضرورة تركيب أنظمة ترشيح وجمع الملوثات عند مصدر الانبعاث، مثل مرشحات الجسيمات الدقيقة (Baghouse Filters) وأنظمة احتجاز الغبار (Dust Suppression Systems)، للحد من انبعاث غبار الإسمنت إلى البيئة المحيطة.

زيادة الرقابة البيئية وتطبيق المعايير أكدت دراسة (Beketie et al., 2022) على أهمية تعزيز رصد جودة الهواء محلياً وتطبيق المعايير واللوائح البيئية بصرامة للحد من الانبعاثات. كما أوصت الدراسة بإنشاء منطقة عازلة (Buffer Zone) بين المصنع والمساكن المجاورة لتقليل التعرض المباشر.

الاستنتاجات:

تبين من خلال هذه الدراسة أن المنطقة المحيطة بمصنع الإسمنت تعاني من تدهور ملحوظ في جودة الهواء، ناتجا عن ارتفاع مستويات تركيز الغبار المنبعث بشكل يتجاوز القدرة الاستيعابية للبيئة المحلية المحيطة بالمصنع، وهذا ما شكل قناعة راسخة لدى الأغلبية من السكان بخطورة الوضع القائم. وتتضح خطورة هذا الواقع من خلال الربط الموضوعي بين انتشار الغبار وتدهور الحالة الصحية للسكان، إذ كشفت النتائج عن وجود علاقة ارتباطية طردية ذات دلالة إحصائية بين التعرض المستمر لانبعاثات المصنع وزيادة معدلات الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي المزمنة، وعلى رأسها التهاب الشعب الهوائية والربو، فضلاً عن ظهور أعراض مرضية شائعة كاحتقان الأنف والسعال المستمر لدى شريحة واسعة من أفراد المجتمع المحلي.

كما ان هناك قصوراً واضحاً في الجوانب التوعوية والوقائية، حيث يعاني العمال والسكان من فجوة معرفية ناتجة عن غياب البرامج الإرشادية وورش العمل المتخصصة التي تهدف إلى رفع الوعي بالمخاطر البيئية، وهو ما ضاعف من الآثار السلبية للظاهرة. ومن جانب آخر، سجلت الدراسة استياءً عاماً وعدم رضا تجاه الدور الذي يقوم به المصنع في الحد من الانبعاثات، مما يشير إلى ضعف إجراءات المسؤولية الاجتماعية والبيئية للمؤسسة تجاه المحيط الحيوي للمصنع. وختاماً، يمكن القول إن الدراسة أثبتت أن التلوث الناتج عن غبار الإسمنت يمثل تهديداً حقيقياً للصحة العامة في المنطقة، في ظل تراجع الجهود الرقابية والتوعوية، مما يستوجب تدخلاً عاجلاً لتصحيح المسار البيئي وحماية الأمن الصحي للسكان.

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

A Bader El-din, S., & A Mohamed, N. (2016). Respiratory Problems among Workers at A Cement Factory in Beni Suif City. *Egyptian Journal of Health Care*, *7*(3), 1-17.

Abosalah, M. I., Aboughuffah, A. A., Naamat, W. F., Ishkartu, N. A., Dawi, M. S., & Alajhar, A. A. (2025). Assessment of Medical Waste Management at Zliten Medical Center and Its Impact on Human Health and the Environment. مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي *(NAJSP)*, 195-204.

Abosalah, M. I., Naamat, W. F., Aboughuffah, A. A., Hwwidi, M., & Alhemaly, N. (2021). The Knowledge and Practice of Infection Control by the Staff of Zliten Medical Center–Libya. J Acad Forum,

Beketie, K. T., Angessa, A. T., Zeleke, T. T., & Ayal, D. Y. (2022). Impact of cement factory emission on air quality and human health around Mugher and the surrounding villages, Central Ethiopia. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *15*(2), 347-361.

Cetintepe, S. P., Demirbas, O. B., Dinke, B., & Ilhan, M. N. (2025). Is exposure to cement dust and heavy metals associated with reduced pulmonary function? A cross-sectional study among cement factory workers in Türkiye. *BMJ open*, *15*(7), e102214.

Christophe, K., Njionou, S., Batambock, S., Nyatte, N., & Abanda, A. (2024). Investigating respiratory disease transmission patterns around the Figuil cement works. *Math Model Appl*, *9*(4), 76-86.

Christophe, K. W., & Andre, A. (2025). Mathematical modelling of the health impact of air pollution from figuil cement and marble works on the respiratory system of the local population. *Journal of Advances in Applied & Computational Mathematics*, *12*, 29-46.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Eltair, A. A. M. (2023). Evaluation Of The Health Effects Of Cement Dust On The Workers Of Both Al-Burj Factory Of The Arab Union Contracting And Cement Company And Ahlia Cement Company At Zliten City, Libya. Journal of the Academic Forum,

Fell, A. K. M., & Nordby, K. C. (2017). Association between exposure in the cement production industry and non-malignant respiratory effects: a systematic review. *BMJ open*, *7*(4), e012381.

Hamanaka, R. B., & Mutlu, G. M. (2025). Particulate matter air pollution: effects on the respiratory system. *The Journal of Clinical Investigation*, *135*(17).

Hu, A., Li, R., Chen, G., & Chen, S. (2024). Impact of respiratory dust on health: a comparison based on the toxicity of PM2. 5, silica, and nanosilica. *International journal of molecular sciences*, *25*(14), 7654.

Lei, J., Chen, R., Liu, C., Zhu, Y., Xue, X., Jiang, Y., Shi, S., Gao, Y., Kan, H., & Xuan, J. (2023). Fine and coarse particulate air pollution and hospital admissions for a wide range of respiratory diseases: a nationwide case-crossover study. *International journal of epidemiology*, *52*(3), 715-726.

Lelieveld, J., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Haines, A., & Münzel, T. (2020). Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: a worldwide perspective. *Cardiovascular research*, *116*(11), 1910-1917.

Mkulisi, A., Rathebe, P. C., Kachingwe, E., & Bidassey-Manilal, S. (2024). Prevalence of chronic respiratory symptoms among cement factory workers in Gauteng Province, South Africa. *Journal of occupational and environmental hygiene*, *21*(3), 202-211.

Nordby, K.-C., Notø, H., Eduard, W., Skogstad, M., Fell, A. K., Thomassen, Y., Skare, Ø., Bergamaschi, A., Pietroiusti, A., & Abderhalden, R. (2016). Thoracic dust exposure is associated with lung function decline in cement production workers. *European Respiratory Journal*, *48*(2), 331-339.

Raza, S., Bangash, A. A., Ahmad, T. I., & Khan, M. S. (2019). Pulmonary health risks of working at a cement plant in Khyber Pakhtunkhwa province of Pakistan. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, *69*(6), 869-873.

Sánchez-Soberón, F., Mari, M., Kumar, V., Rovira, J., Nadal, M., & Schuhmacher, M. (2015). An approach to assess the Particulate Matter exposure for the population living around a cement plant: modelling indoor air and particle deposition in the respiratory tract. *Environmental Research*, *143*, 10-18.

Schraufnagel, D. E., Balmes, J. R., Cowl, C. T., De Matteis, S., Jung, S.-H., Mortimer, K., Perez-Padilla, R., Rice, M. B., Riojas-Rodriguez, H., & Sood, A. (2019). Air pollution and noncommunicable diseases: a review by the forum of international respiratory societies' environmental committee, part 2: air pollution and organ systems. *Chest*, *155*(2), 417-426.

Sierra-Vargas, M. P., Montero-Vargas, J. M., Debray-Garcia, Y., Vizuet-de-Rueda, J. C., Loaeza-Roman, A., & Teran, L. M. (2023). Oxidative stress and air pollution: its impact on chronic respiratory diseases. *International journal of molecular sciences*, *24*(1), 853.

Tungu, A. M., Bråtveit, M., Mamuya, S. H., & Moen, B. E. (2014). The impact of reduced dust exposure on respiratory health among cement workers: an ecological study. *Journal of occupational and environmental medicine*, *56*(1), 101-110.

Zhang, Z.-Q., Li, J.-Y., Guo, Q., Li, Y.-L., Bao, Y.-W., Song, Y.-Q., Li, D.-X., Wu, J., & Zhu, X.-H. (2025). Association between air pollution and allergic upper respiratory diseases: a meta-analysis. *European Respiratory Review*, *34*(176).

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **LJCAS** and/or the editor(s). **LJCAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).