

دراسة وتقييم السيليكا في منى خلال موسم حج ١٤٣٣ هـ

د. عاطف بن محمد فتحي

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة

الملخص

نظراً للطبيعة الجبلية والتضاريسية لمكة المكرمة وخاصة بمنطقة وادي منى، فقد تم دراسة وتقييم تراكيز الأتربة الصدرية وما تحتويه من مكونات كيميائية ضارة وخاصة مركبات السيليكا ذات التأثير السلبي الكبير إن وجدت على صحة الحجاج حيث ان التعرض لها يسبب أمراض كثيرة خطيرة، منها على سبيل المثال تحجر الرئة. كما تناول هذا البحث دراسة وتقدير تراكيز الأتربة الصدرية والسيليكا وذلك باستخدام الطرق الكيميائية وإستخدام تقنية التحليل الطيفي، بالإضافة إلى الإستعانة ببيانات محطات الرصد البيئي المستمر.

وقد تبين من خلال التحليل الكيميائي للعينات التي تم تجميعها بمواقع القياس أن تراكيز الأتربة الصدرية لم تتعدى الحدود القصوى المسموح بها في اللائحة التنفيذية لقانون حماية البيئة السعودي للأتربة الصدرية (٣٤٠ ميكروجم/م^٣). ويعزى ذلك إلى الطبيعة الجبلية المحيطة بوادي منى التي تساعد على صد الرياح المحملة بالأتربة الصدرية وتقليل تراكيزها.

كما تبين أن تراكيز السيليكا للعينات التي تم تجميعها بمواقع القياس لم تتعدى الحدود العتبية (TLV) للتعرض المهني (١٠٠ ميكروجم/م^٣ في الأتربة الصدرية) أو الحدود القصوى (MAK) لها في الأتربة الصدرية (١٥٠ ميكروجم/م^٣).

summary

According to the nature of the mountain and terrain in Makkah, especially which surrounding the valley of Mina. This research was conducted, which aimed to study and evaluate the concentration of respirable dust (PM₁₀) and its harmful components, such as silica that had a negative impact on the health of pilgrims. The exposure to dust (PM₁₀) that contains high levels of Silica causes many dangerous



السعودية، وهناك احتياطي كبير لمقابلة الاحتياجات المحلية والتصدير إلى دول الخليج العربي (Al-Maghrabi, 2004).

السيليكا غير المتبلورة يتم تحريرها في الهواء المحيط من مجموعة متنوعة من المصادر. ويمكن تحديد مستويات ضئيلة من السيليكا غير المتبلور في الهواء في المناطق الحضرية وشبه الحضرية باعتبارها عنصرا من مكونات الأتربة الصخرية المنبعثة من الأنشطة البشرية (عمليات الهدم والبناء ، تكسير الجبال ، الكسارات ، صناعة الأسمنت ، مصانع الطوب الأسمنتى ، وورش الرخام والبلاط). كما ان التعرض لتركيزات عالية من السيليكا غير المتبلور يحدث في المقام الأول في أماكن العمل المهنية ، ويؤدي الى الإصابة بمرض السيليكوزيس (NIOSH, 1997).

السيليكوزيس (Silicosis) هو مرض معروف منذ زمن، ناتج أساسا عن استنشاق جزيئات الأتربة الصدرية المحتوية على مركبات سيليكات البلورية الحرة صغيرة الحجم، التي تصل إلى الحويصلات الهوائية وتبقى محجوزة داخل النسيج الرئوي وتقوم بتسميمه لينتج عنه قصر في التنفس، حيث يصبح المصاب يعاني من ضيق في التنفس، والعياء ويتأثر القلب بشكل ملحوظ، حيث تعد هذه المادة من المسببات الرئيسية لداء السيليكوز عند تركيزها في الهواء الذي يستنشقه الإنسان، وتختلف مضاعفات وخطورة الإصابة بالداء كلما زادت تراكيز السيلكا في الهواء المستنشق أكثر. وإلى الآن لم تستطع الجهات الطبية إيجاد علاج جذري لهذا المرض بالرغم من الأبحاث العديدة المنجزة (WHO, 2000).

وبعمل حصر للعديد من الأبحاث والدراسات الدولية المهمة بتراكيز السيليكا في الأتربة الصدرية، وجد في بعض المدن بالولايات المتحدة الأمريكية أن تركيز الأتربة الصدرية (٢٩,٠ ميكروجم/م^٣) و السيليكا (١,٧ ميكروجم/م^٣) بنسبة ٦,٠% من الأتربة الصدرية بمدينة أكرون ، الأتربة الصدرية (٣٢,٠ ميكروجم/م^٣) و السيليكا (١,٨ ميكروجم/م^٣) بنسبة ٥,٧% من الأتربة الصدرية بمدينة بوسطن ، الأتربة الصدرية (٢٨,٠ ميكروجم/م^٣) و السيليكا (٠,٨ ميكروجم/م^٣) بنسبة ٢,٩% من الأتربة الصدرية بمدينة يوفلو ، الأتربة الصدرية (٣٢,٠ ميكروجم/م^٣) و السيليكا (١,٥ ميكروجم/م^٣) بنسبة ٤,٧% من الأتربة الصدرية بمدينة دلس ، الأتربة الصدرية (٣٤,٠ ميكروجم/م^٣) و السيليكا (٠,٣ ميكروجم/م^٣) بنسبة ١,٠% من الأتربة الصدرية بمدينة بورتلاند (Gift and Goldsmith, 1997).

ووجد أن تراكيز الأتربة الصدرية (٢٨٤,٧٤ ميكروجم/م^٣) و السيليكا (٤١,٠٧ ميكروجم/م^٣) بنسبة ١٤,٤% من الأتربة الصدرية في الهند (Bhagia, 2009). كما وجد أن مستوى السيليكا في عمليات التعدين في الولايات المتحدة الأمريكية (١٩٨٨ - ١٩٩٢) عادة أقل من ١٠٠ ميكروجم/م^٣ (IARC,)

(1997). وفي ٢٠ منجم بالصين كان متوسط تراكيز السيليكا البلورية على النحو التالي: تعدين تحت الأرض (٣٩٠ - ٤٨٩٠ ميكروجم/م^٣) ، تعدين السطحي (٢٧٠ - ١٧٥٠ ميكروجم/م^٣) ، مناجم الحديد والنحاس (٢٠٠ - ٧٥٠ ميكروجم/م^٣) ، ومناجم القصدير (٤٥٠ - ٣٤٩٠ ميكروجم/م^٣) (Dosemeci et al., 1995; IARC, 1997).

كما تراوحت تراكيز السيليكا في مناجم الذهب بجنوب أفريقيا بين ٥٠ و ٥٨٠ ميكروجم/م^٣ (Beadle and Bradley, 1970). وكانت ١٦٠ ميكروجم/م^٣ في منجم للنحاس في فنلندا (Ahlman et al., 1991). وفي المملكة المتحدة كانت (٣٠ - ١٥٠٠ ميكروجم/م^٣) (IARC, 1997). بينما كانت في الهند (٦٠ - ١١٢٠ ميكروجم/م^٣) (Fulekar et al., 1995 ; IARC, 1997). وفي مسابك الحديد والصلب والألمنيوم والنحاس كانت (١٩٠ - ٥٢٦٠ ميكروجم/م^٣) في فنلندا (Siltanen et al., 1976; IARC, 1997) ، و (١٣٠ - ٦٣٠ ميكروجم/م^٣) في السويد (Gerhardsson, 1976; IARC, 1997) ، و (٨٦ - ١٣٠ ميكروجم/م^٣) في كندا (Oudyk, 1995; IARC, 1997).

وفي موقع للبناء في فنلندا كانت ١٠٠ ميكروجم/م^٣ (Riala, 1988) ، وفي الهواء الجوى بالولايات المتحدة الأمريكية كانت (٢٠ - ٧٠ ميكروجم/م^٣) خلال الأنشطة الزراعية (Lawson et al, 1995) ، و كانت (٧ - ١١٠ ميكروجم/م^٣) أثناء حصاد الفاكهة (Stopford, 1995). وفي كندا كانت أقل من ١٠٠ ميكروجم/م^٣ (Dufresne et al., 1987).

وسوف تقوم هذه الدراسة بجمع عينات للأتربة الصدرية من ثلاثة مواقع بوادي منى خلال موسم حج عام ١٤٣٣ هـ ، كما سيتم تحليل هذه العينات لتقدير تراكيز السيليكا الموجودة بالأتربة الصدرية ومقارنتها بالحدود المسموح بها في قوانين البيئة العالمية.

أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى الآتي:

- أ- دراسة وتقييم تراكيز الأتربة الصدرية بوادي منى.
- ب- دراسة وتقييم تراكيز مركبات السيليكا ذات التأثير السلبي الكبير على صحة الحجاج

منهجية البحث

تتلخص منهجية البحث في الخطوات التالية:

- أ- رصد نوعية الهواء بوادي منى خلال موسم الحج.
- ب- رصد تراكيز الأتربة الصخرية الموجودة بالوادي والناجمة من الزحام خلال أداء المناسك بموسم الحج.
- ج- الإستعانة ببيانات محطات الرصد البيئي المستمر التابعة للرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة السعودية.
- د- إجراء التحاليل الكيميائية للغبار المستنشق لتقدير تراكيز السيليكا الموجوده في الأتربة الصخرية.
- هـ- مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بقانون حماية البيئة السعودي واللائحة التنفيذية والقوانين والحدود العالمية.
- و- دراسة الآثار الصحية الناتجة من التعرض للسيليكا.

مواقع القياس

تم جمع العينات في ثلاثة مواقع داخل وادي منى خلال موسم حج ١٤٣٣ هـ (شكل-١) توصف على النحو التالي:

- موقع (A): المتواجد بمقبرة ربوة الحضارم بالقرب من جسر الجمرات.
- موقع (B): داخل مركز الطب الوقائي.
- موقع (C): بمركز صحي ١٢ بوادي منى.

وتم اختيار هذه المواقع على ان تحقق جميع الأنشطة والمرجعيات الموجودة بالبيئة المحيطة بوادي منى، حيث أن الموقع (A) يمثل مدخل وادي منى ويمثل مسار تدفق الهواء الى الوادي بجانب قربه الشديد من الجبال المحيطة بالوادي. أما الموقع (B) يمثل المنطقة المركزية بوادي منى والمتواجد بها جميع الأنشطة من سكنية وحياتية. والموقع (C) يمثل نهاية الوادي من الناحية الشمالية الشرقية والتي تعبر عن الأنشطة المرورية نظراً لقربها الشديد من طريق الملك عبدالله.



شكل (٢): جهاز تجميع عينات الأتربة الصخرية (PM_{10}).

نتائج البحث

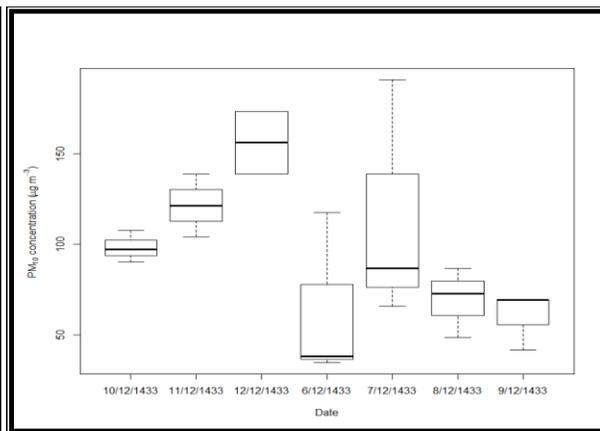
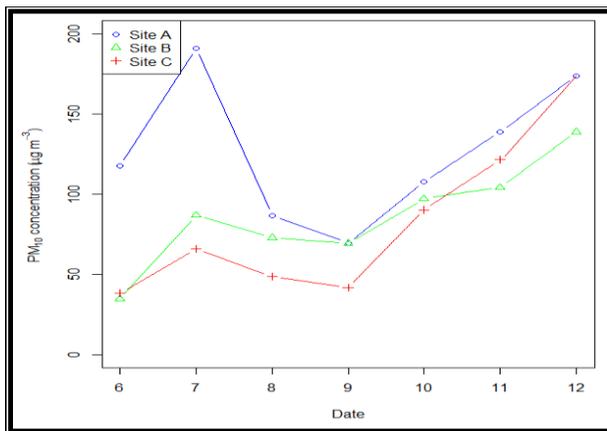
وقد تبين من خلال التحليل الكيميائي للعينات التي تم تجميعها أن تراكيز الأتربة الصخرية تتراوح بين ($38,19 - 173,61$ ميكروجم/م³) ، ($34,72 - 138,89$ ميكروجم/م³) ، ($69,44 - 190,97$ ميكروجم/م³) بموقع A ، B ، C على التوالي (كما هو موضح بجدول ١ وشكل ٣). وهذه التراكيزات لم تتعدى الحدود القصوى المسموح بها في قانون حماية البيئة السعودي للأتربة الصخرية (340 ميكروجم/م³). ويعزى ذلك إلى الطبيعة الجبلية المحيطة بوادي منى التي تساعد على صد الرياح المحملة بالأتربة الصخرية وتقليل تراكيزها ، إضافة إلى الجهود الجبارة المبذولة من حكومة المملكة العربية السعودية في توفير هواء وبيئة نظيفة لحجاج بيت الله الحرام خالية من الملوثات الهوائية المضرة خلال فترة إقامتهم بوادي منى لأداء مناسك الحج.

جدول (١): تراكيز الأتربة الصخرية (ميكروجم/م³) في مناطق الدراسة خلال موسم الحج لسنة ١٤٣٣ هـ

الموقع/اليوم	موقع-A	موقع-B	موقع-C	المتوسط	أعلى قيمة	أقل قيمة
١٢/٦	١١٧,٦٥	٣٤,٧٢	٣٨,١٩	٦٣,٥٢	١١٧,٦٥	٣٤,٧٢
١٢/٧	١٩٠,٩٧	٨٦,٨١	٦٥,٩٧	١١٤,٥٨	١٩٠,٩٧	٦٥,٩٧
١٢/٨	٨٦,٨١	٧٢,٩٢	٤٨,٦١	٦٩,٤٥	٨٦,٨١	٤٨,٦١
١٢/٩	٦٩,٤٤	٦٩,٤٤	٤١,٦٧	٦٠,١٨	٦٩,٤٤	٤١,٦٧

الموقع/اليوم	موقع A	موقع B	موقع C	المتوسط	أعلى قيمة	أقل قيمة
١٢/١٠	١٠٧,٦٤	٩٧,٢٢	٩٠,٢٨	٩٨,٣٨	١٠٧,٦٤	٩٠,٢٨
١٢/١١	١٣٨,٨٩	١٠٤,١٧	١٢١,٥٣	١٢١,٥٣	١٣٨,٨٩	١٠٤,١٧
١٢/١٢	١٧٣,٦١	١٣٨,٨٩	١٧٣,٦١	١٦٢,٠٣	١٧٣,٦١١	١٣٨,٨٩
المتوسط	١٢٦,٤٣	٨٦,٣١	٨٢,٨٤			
أعلى قيمة	١٩٠,٩٧	١٣٨,٨٩	١٧٣,٦١			
أقل قيمة	٦٩,٤٤	٣٤,٧٢	٣٨,١٩			

موقع (A): مقبرة ربوة الحضارم بالقرب من جسر الجمرات - موقع (B): الطب الوقائي - موقع (C): بمركز صحي ١٢ بوادي منى.



شكل (٣): تراكيز الأتربة الصخرية خلال فترة الدراسة في موسم حج عام ١٤٣٣ هـ

كما تبين أن تراكيز السيليكا تتراوح ما بين (٢,٨٥ - ١٣,٩١ ميكروجم/م^٣) ، (٠,٧٩ - ٩,٠٠ ميكروجم/م^٣) ، (٢,٤١ - ١١,٢٧ ميكروجم/م^٣) ، بموقع A ، B ، C على التوالي (كما هو موضح بالجدول ٢ و شكل ٤). ورغم عدم وجود معايير وحدود للسيليكا في الهواء المحيط بقانون البيئة السعودي، إلا أن تراكيز السيليكا في جميع المواقع لم تتعدى الحدود العتبية (TLV) للتعرض المهني (١٠٠ ميكروجم/م^٣ في الأتربة الصخرية) أو الحدود القصوى (MAK) لها في الأتربة الصخرية (١٥٠ ميكروجم/م^٣) (ACGIH, 1999).

جدول (٢): تراكيز عنصر السيليكا (ميكروجم/م^٣) في الأتربة الصخرية بمواقع الدراسة بوادي منى بموسم حج عام ١٤٣٣ هـ

الموقع/اليوم	موقع A	موقع B	موقع C	المتوسط	أعلى قيمة	أقل قيمة
١٢/٦	٢,٨٥	٠,٧٩	٢,٤١	٢,٠٢	٢,٨٥	٠,٧٩
١٢/٧	١٣,٩١	٢,٧٠	٢,٨١	٦,٤٧	١٣,٩١	٢,٧٠

الموقع/اليوم	موقع A-	موقع B-	موقع C-	المتوسط	أعلى قيمة	أقل قيمة
١٢/٨	٥,٩٣	٢,٨١	٢,٧٨	٣,٨٤	٥,٩٣	٢,٧٨
١٢/٩	٤,٢٩	٤,٠٩	٣,٠٧	٣,٨٢	٤,٢٩	٣,٠٧
١٢/١٠	٤,٦٠	٥,٥١	٥,٣٦	٥,١٦	٥,٥١	٤,٦٠
١٢/١١	١١,٣٢	٨,٤٦	١٠,١٩	٩,٩٩	١١,٣٢	٨,٤٦
١٢/١٢	١٢,٠١	٩,٠٠	١١,٢٧	١٠,٧٦	١٢,٠١	٩,٠٠
المتوسط	٧,٨٤	٤,٧٧	٥,٤١			
أعلى قيمة	١٣,٩١	٩,٠٠	١١,٢٧			
أقل قيمة	٢,٨٥	٠,٧٩	٢,٤١			

موقع (A): مقبرة ربوة الحضارم بالقرب من جسر الجمرات - موقع (B): الطب الوقائي - موقع (C): بمركز صحنى ١٢ بوادى منى.

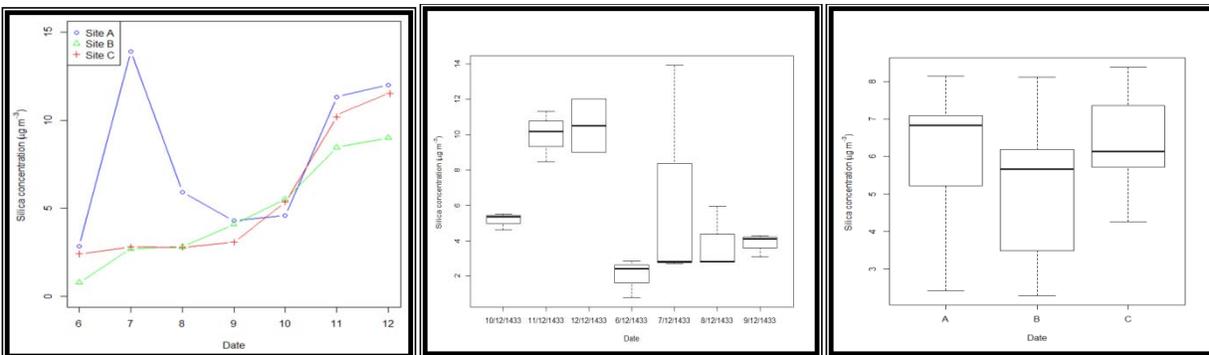
كما أن النتائج لم تتعدى حدود التعرض للسيليكا في ٨ ساعات وهي كالتالى:

- حدود التعرض الموصى بها فى NIOSH (RELS: Recommended Exposure Limits) هي ٥٠ ميكروجم/م^٣ (NIOSH, 1997).
- حدود التعرض الموصى بها فى المؤتمر الأمريكى لعلماء الصحة الصناعىة الحكوميين (ACGIH) (TLVs: Threshold Limit Values) هي ٥٠ ميكروجم/م^٣ (ACGIH, 1999).
- حدود التعرض الموصى بها فى وزارة العمل الأمريكىة (OSHA) (PELS: Permissible Exposure Limits) يتم حسابها بوحدرة ميكروجم/م^٣ بإستخدام المعادلة التالىة (CFR, 1994):

$$10 \times 1000$$

$$PEL (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

$$\% \text{ silica} + 2$$



شكل (٤): تراكيز السيليكا فى الأتربة الصدرية فى مناطق الدراسة خلال موسم حج عام ١٤٣٣ هـ

كما أوضح البحث أن نسب السيليكات تتراوح بين (٢,٤٢ - ٨,١٥ %) ، (٢,٢٩ - ٨,١٢ %) ، (٤,٢٦ - ٨,٣٨ %) بموقع A ، B ، C على التوالي (جدول ٣-٣، شكل-٥). وهذه النسب لم تتعدى معيار وكالة حماية البيئة الأمريكية للسيليكات في الهواء المحيط (لا بد ألا تتعدى ١٠ % من تركيز الأتربة الصدرية) (وكالة حماية البيئة الأمريكية ١٩٩٦)، وبالتالي يتضح أن فرصة الإصابة بمرض السحار الرملي خلال موسم الحج بوادي منى تكاد تكون منعدمة. ومن خلال بيانات المعامل البيئية المتنقلة للرصد المستمر لنوعية الهواء بالموقعين A و B تبين أن جميع البيانات التي تم الوصول إليها عن طريق التحليل الكيميائي بيانات صحيحة ومتوافقة مع نتائج المعامل البيئية المتنقلة.

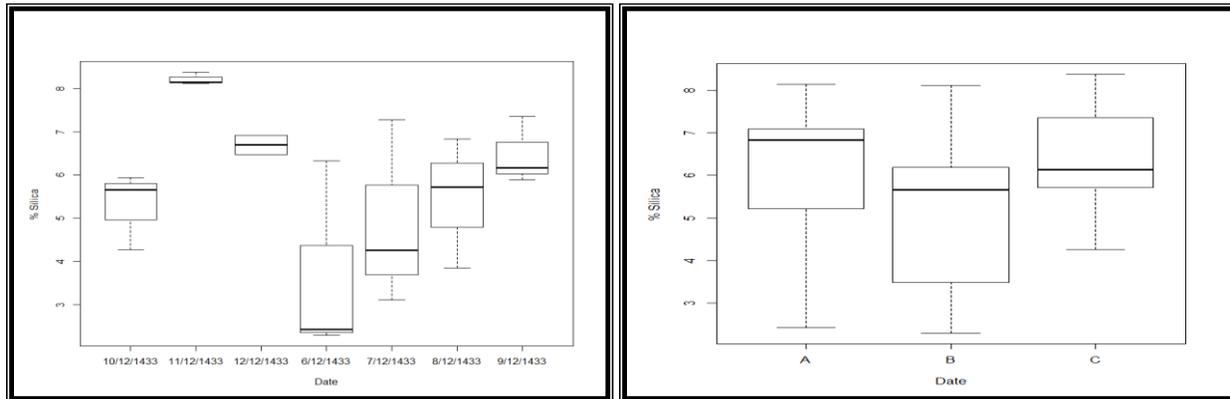
ومن خلال ما سبق يتضح جلياً أن تراكيز السيليكات بمواقع القياس المشار إليها مسبقاً لم تتعدى الحدود والمعايير العالمية المسموح بها، لذلك ليس من الدواعي والضروريات البحثية دراسة الآثار الصحية الناتجة من تعرض الحجاج للسيليكات بوادي منى لأنعدام فرصة الإصابة بمرض السحار الرملي.

ويرجع ذلك إلى طبيعة ونوع الصخور النارية الصلبة البللورية المحيطة بمنطقة الدراسة، إضافة إلى الطبيعة الجبلية المحيطة بوادي منى التي تساعد على صد الرياح المحملة بالأتربة الصدرية وتقليل تراكيزها. مما يؤكد أن فرصة التعرض لتراكيز عالية من السيليكات والإصابة بمرض تحجر الرئة وسرطان الرئة هي فرصة ضعيفة وضئيلة جداً وذلك لأن نسب تراكيز السيليكات في وادي منى خلال موسم حج ١٤٣٣ هـ اقل من الحدود الخطرة (١٠% من تركيز PM_{10}).

جدول (٣): نسب تراكيز عنصر السيليكات في الأتربة الصدرية بمواقع الدراسة بوادي منى خلال موسم حج عام ١٤٣٣ هـ

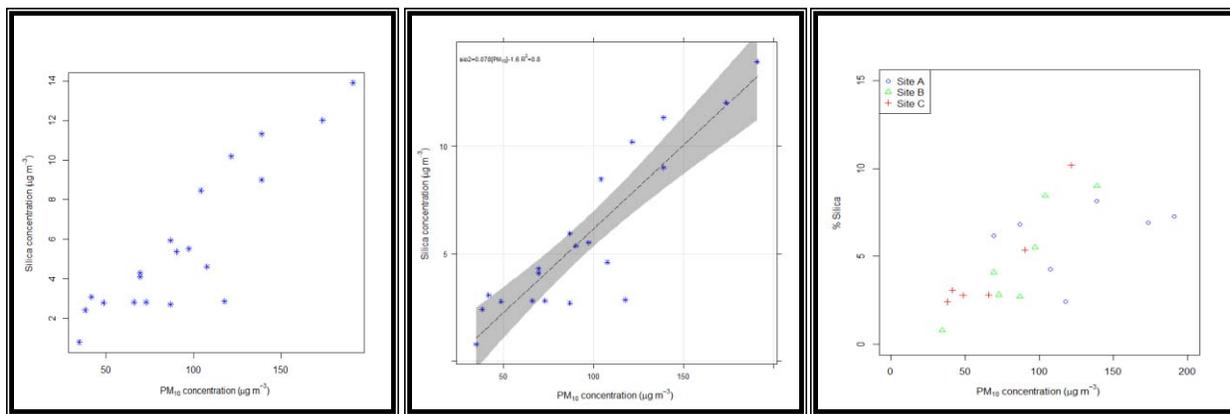
الموقع/اليوم	موقع-A	موقع-B	موقع-C	المتوسط	أعلى قيمة	أقل قيمة
١٢/٦	٢,٤٢	٢,٢٩	٦,٣٢	٣,٦٨	٦,٣٢	٢,٢٩
١٢/٧	٧,٢٨	٣,١١	٤,٢٦	٤,٨٨	٧,٢٨	٣,١١
١٢/٨	٦,٨٣	٣,٨٥	٥,٧٢	٥,٤٧	٦,٨٣	٣,٨٥
١٢/٩	٦,١٧	٥,٨٩	٧,٣٦	٦,٤٧	٧,٣٦	٥,٨٩
١٢/١٠	٤,٢٧	٥,٦٦	٥,٩٤	٥,٢٩	٥,٩٤	٤,٢٧
١٢/١١	٨,١٥	٨,١٢	٨,٣٨	٨,٢٢	٨,٣٨	٨,١٢
١٢/١٢	٦,٩٢	٦,٤٨	٦,٤٩	٦,٦٣	٦,٩٢	٦,٤٨
المتوسط	٦,٠١	٥,٠٦	٦,٣٥			
أعلى قيمة	٨,١٥	٨,١٢	٨,٣٨			
أقل قيمة	٢,٤٢	٢,٢٩	٤,٢٦			

موقع (A): مقبرة ريو الحضارم بالقرب من جسر الجمرات - موقع (B): الطب الوقائي - موقع (C): بمركز صحي ١٢ بوادي منى.



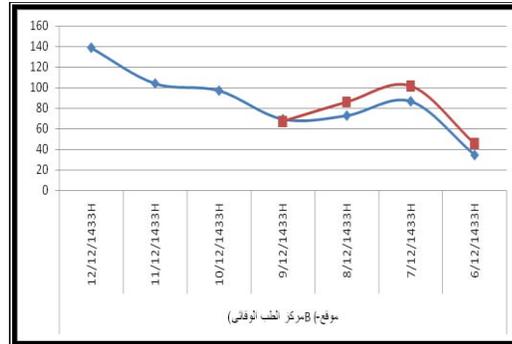
شكل (٥): المتوسط اليومي لنسب تراكيز السيليكا في الأتربة الصدرية بجميع مواقع الدراسة خلال موسم حج عام ١٤٣٣ هـ.

ويوضح الشكل (٦) العلاقة الطردية بين تراكيز السيليكا وتراكيز الأتربة الصدرية بجميع مواقع الدراسة خلال موسم حج عام ١٤٣٣ هـ ، كما يوضح العلاقة الطردية بين نسب تراكيز السيليكا وتراكيز الأتربة الصدرية بجميع مواقع الدراسة خلال موسم حج عام ١٤٣٣ هـ .

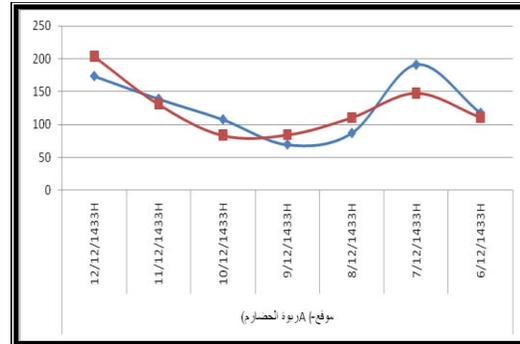


شكل (٦): العلاقة بين نسب تراكيز السيليكا وتراكيز الأتربة الصدرية بجميع مواقع الدراسة خلال موسم حج عام ١٤٣٣ هـ.

وبمقارنة تراكيز الأتربة الصدرية التي تم الحصول عليها من التحليل الكيميائي مع بيانات محطات الرصد البيئي المستمر التابعة للرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، تبين أنها متوافقة كما هو موضح بالشكل (٧).



موقع B (مركز الطب الوقائي)



موقع A (ربوة الحضارم)

شكل (٧): تراكيز الأتربة الصخرية (ميكروجم/م³).

التوصيات

إقترح الباحثون مجموعة من التوصيات والإجراءات الإحترازية للحد من التعرض لملوث السيليكا، وهي كالتالي:

- إتخاذ الإجراءات الإحترازية اللازمة لوقف كل العمليات الإنشائية من هدم وبناء وتكسير جبال منى خلال موسم الحج.
- التأكد والتنبيه على رصف جميع الطرق المؤدية والمحيطية بمشعر منى.
- إجراء دراسة جيوكيميائية لدراسة نوعية وتركيب الصخور المحيطة بوادى منى.
- وضع محطات رصد بيئى مستمر بوادى منى من منتصف ذوالقعدة حتى نهاية ذوالحجة من كل عام لرصد ورقابة تراكيز الأتربة الصخرية.
- تطبيق إستخدام نظام اتوماتيكي لرصد الأتربة الصخرية موصل به رشاشات مياه رذاذية تعمل اتوماتيكيا فى حالة زيادة تراكيز الأتربة الصخرية عن الحدود المسموح بها، وبالتالي هذا النظام يساعد على تقليل انبعاثات السيليكا فى الهواء الجوى المحيط.

المراجع الإنجليزية

ACGIH [1999]. TLV's and BEI's. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

Ahlman K, Koskela R-S, Kuikka P, Koponen M, Annanmäki M (1991) Mortality among sulfide ore miners. American journal of industrial medicine, 19:603–617.

