

# الأتربة العالقة بساحات المسجد النبوي الشريف-المدينة المنورة

خلال رمضان ١٤٣٤هـ

إعداد:

د. تركى بن محمد حبيب الله	د. عصام عبدالحليم مرسي
قسم البحوث البيئية والصحية	قسم البحوث البيئية والصحية
معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - جامعة أم القرى	معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - جامعة أم القرى
د. سيد منير	د. عاطف محمد فتحى
قسم البحوث البيئية والصحية	قسم البحوث البيئية والصحية
معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - جامعة أم القرى	معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - جامعة أم القرى

## المستخلص

تلوث الهواء هو مصدر قلق كبير في العديد من المدن الكبرى في البلدان المتقدمة أو النامية في جميع أنحاء العالم. لذلك تهتم الدراسة الحالية بتقدير واعداد خرائط لتلوث الهواء بساحات المسجد النبوي الشريف. في الوقت الحاضر اهتم الباحثين باعداد خرائط لتركيز الملوثات مما يسهل من استقراء البيانات والتوزيع المساحي للملوثات بمنطقة الدراسة. تعتمد هذه الأساليب وجودتها على المدخلات ومدى تغطية البيانات الميدانية التي تم تجميعها. ويتعرض هذا البحث لقياس وتحليل تركيزات الملوثات بساحات المسجد النبوي بالمدينة المنورة وذلك بقياس الجسيمات العالقة بأحجامها المختلفة (PM1، PM2.5، PM7، PM10، TSP). وقد تم جمع البيانات باستخدام جهاز محمول PM Dustmeter AEROCET-531 وتم تحديد موقع كل نقطة باستخدام نظام تحديد المواقع الجغرافي (GPS).

تناول هذا البحث رصد وقياس جميع أحجام الجسيمات العالقة (الأتربة الصدرية ذات الحجم ١ ميكرومتر، الأتربة الصدرية ذات الحجم ٢.٥ ميكرومتر، الأتربة الصدرية ذات الحجم ٧ ميكرومتر، الأتربة الصدرية ذات الحجم ١٠ ميكرومتر، الأتربة العالقة الكلية) خلال أيام الذروة للمسجد النبوي

التي تتمركز خلال شهر رمضان ١٤٣٤ هـ وبصفة خاصة خلال العشر الأواخر من هذا الشهر الكريم.

ومن خلال جميع القياسات والنتائج يتضح أن تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ١ ميكرون أو أقل كمتوسط ساعى تتراوح بين صفر - ١١ ميكروجم/متر<sup>٣</sup>. الأتربة الصدرية ذات الحجم ٢.٥ ميكرون أو أقل كمتوسط ساعى بين ٣ - ٥٤ ميكروجم/متر<sup>٣</sup>. وتتأرجح الأتربة الصدرية ذات الحجم ٧ ميكرون أو أقل كمتوسط ساعى بين ٢٢ - ٩٦ ميكروجم/متر<sup>٣</sup>. وتتغير تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ١٠ ميكرون أو أقل كمتوسط ساعى بين ٣٣ - ١٢٩ ميكروجم/متر<sup>٣</sup>. تتراوح تراكيز الأتربة العالقة الكلية كمتوسط ساعى بين ٤٥ - ١٨٧ ميكروجم/متر<sup>٣</sup>.

كما يتضح جلياً أن تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ١٠ ميكرون PM10 لم تتجاوز أو تتعدى الحدود المسموح بها فى القانون المصري كمتوسط ساعى (١٥٠ ميكروجم/م<sup>٣</sup>). ولم تتجاوز أو تتعدى تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ١٠ ميكرون PM10 عن الحدود المسموح بها فى اللائحة التنفيذية للقانون السعودى كمتوسط يومي (٣٤٠ ميكروجم/م<sup>٣</sup>).

ومن خلال نسب متوسط التوزيع الحجمي للجسيمات العالقة خلال أيام الدراسة والمسح الميداني تبين أن الجسيمات ذات الأحجام المتوسطة والخشنة هي الأكثر انتشاراً وتواجداً بساحات المسجد النبوي الشريف وتمثلان معاً أكثر من ٦٢.٤٪ من اجمالي الجسيمات العالقة بالساحات ، ([TSP-PM10] = ٢٢.١-٣٥.٦٪) و ([PM2.5-PM7] = ٢٧.٨-٣٦.٧٪) مما يعزي الى أن مسببات الجسيمات العالقة بساحات المسجد النبوي هي اعادة تعليق هذه الجسيمات بواسطة زوار المسجد النبوي. وتتميز هذه الأحجام من الجسيمات بأنها مؤقتة التواجد بالبيئة الهوائية وقليلة الضرر على الجهاز التنفسي للإنسان بالمقارنة بالجسيمات دقيقة الحجم.

وتم استنتاج أن أعلى تراكيز للأتربة المستنشقة بمختلف أحجامها تنحصر فى يومي ٢١ و ٢٤ رمضان خلال موسم رمضان ١٤٣٤ هـ ويكافئ يوم ٢١ رمضان بداية العشر الأواخر ويكافئ يوم ٢٤ رمضان ليلة الخامس والعشرون وبداية التهجد.

## أدبيات البحث

تحتل المدينة المنورة عاصمة الإسلام الأولى ومنطلق رسالة الإسلام إلى كافة أرجاء الدنيا مكانة متميزة في نفوس المسلمين حيث شيد فيها مسجد رسول الله صلى الله عليه وسلم الذي تشد إليه الرحال وقبره الشريف، وكثير من تلك الصفات والآثار الدينية التي أعطتها مكانة خاصة في قلوب المسلمين تتحرك بها المشاعر الإيمانية كلما ورد اسمها على الألسنة وخطر رسمها على القلوب. وللمدينة المنورة صفات جغرافية مميزة فهي تحتل موقعاً حصيناً منخفضاً محمياً بما يحيط بها من حرات وسلاسل جبلية وهضاب تنتهي إلى مجموعة الدرع العربي التي تحاذي البحر الأحمر من شماله

إلى جنوبه، ويخترقها من الجنوب والشرق ثلاثة أودية رئيسية تجتمع عند طرفها الشمالي الغربي فيما يسمى بمجمع الأسياح.

وتعتبر مؤشرات استعمالات الأراضي بالمدينة المنورة من أهم المؤشرات التي تعكس الطبيعة الجيولوجية للمدينة، حيث تبلغ مساحة الأراضي المعمورة والمأهولة نحو ٤٧,٥٤٤ كم<sup>٢</sup> بنسبة تبلغ حوالي ٥,٧٧٪ من إجمالي مساحة النطاق العمراني، ومساحة الجبال والأودية ١٥٧,٧٢ كم<sup>٢</sup> أي بنسبة تبلغ حوالي ٥,٢٢٪ وهي مناطق يصعب استغلالها عمرانياً.

وقد زاد الأهتمام في السنوات الحديثة بدراسة ورصد والتنبؤ بنوعية الهواء وأصبحت مثل هذه القضايا محل أهتمام الجهات البيئية التنفيذية حول العالم (EPA). وتمثل الجسيمات العالقة (PM) من الملوثات التي تمثل أهمية خاصة نظراً لمردودها الصحي المباشر على المدى القريب والبعيد مسببة الأمراض التنفسية والجلدية مثل أمراض الربو والسعال والانتفاخ الرئوي وتصلب الرئة، وبالتالي إلى قصور في وظيفة الرئتين والقلب (Krewski et al., 2000; HEI, 2004). وتتكون الجسيمات العالقة في معظم الأحوال من كربون وعناصر معدنية بمختلف الأحجام متراوحة بين ١٠٠٠٠ إلى ١٠٠٠ ميكرومتر. وكلما قل حجم الجسيمات العالقة بالبيئة الهوائية كلما زاد تعلق الملوثات الأخرى بها محتوية على كثير من العناصر والمركبات الضارة. بالإضافة الى ذلك أن الجسيمات العالقة ذات الأحجام الدقيقة تتوغل داخل الجهاز التنفسي وتلتصق بهذه الأغشية لأزمنة طويلة. ومن هنا زاد الأهتمام في الأونة الأخيرة بدراسة الجسيمات العالقة بالمملكة العربية السعودية نظراً للطبيعة الجبلية الصحراوية المحيطة بالتجمعات العمرانية.

إن معظم الأضرار الصحية الناتجة عن التعرض للجسيمات العالقة تتسبب فيها جسيمات متناهية في الصغر (WHO 1999, Brunekreef and Holgate 2002)، أقل من ١٠ ميكرون وتخترق هذه الجسيمات طريقها حتى تصل إلى الرئة مسببة أعراض مرضية مختلفة (مثل الربو الشعبي، السعال والأزمات التنفسية .. إلخ). ولإيجاد بيئة هوائية نقية آمنة لحياة الإنسان. من هنا فإنه يلزم خفض تركيزات الملوثات بالهواء المستنشق لأقل قدر ممكن خاصة في التجمعات الكبيرة جدا (Dockery et al. 1993, Pope et al. 1995, Katsouyanni et al. 1997, Samet et al. 2000).

وقد أثبتت معظم الدراسات الصحية الحديثة أن الجسيمات الدقيقة (PM<sub>2.5</sub>) تأتي من المصادر البشرية وأكثر ضرراً من الجسيمات الخشنة (كبيرة الحجم) (Schwartz et al. 1996, Laden et al. 2000, Mar et al. 2000, Hoek et al. 2002, Pope et al. 2002) ومعظم دراسات الجسيمات العالقة بالبيئة الهوائية على دراسة الأجسام الدقيقة (Peters et al. 2003, Ruuskanen et al. 2001, de Hartog et al. 1997).

وتعتبر المدينة المنورة من أكثر المدن بالعالم ازدحاماً خلال شهر رمضان ويتوافد على المسجد النبوي ملايين المسلمين نظراً لأهميتها القدسية والدينية. ودراسة الجسيمات العالقة له أهمية

خاصة لتأثيره الصحي والمباشر على الأنسان. ومن مسببات زيادة تراكيز الجسيمات العالقة بالبيئة الهوائية زيادة التدفق المروري والأعمال الأنشائية من توسعات ومرافق وغيرها وتأثير الرياح الشديدة على البيئة الصحراوية المحيطة بالأضافة الى الظروف الجغرافية والمناخية (منطقة جافة) مع زيادة درجة الحرارة وقلّة سقوط الأمطار (Munir et al, 2013).

وقد تم حصر تراكيز الأتربة الصخرية من الدراسات العلمية التي تم تسجيلها فى مكة المكرمة بموسم حج عام ١٤٣١هـ/١٤٣٢هـ ، وكذلك في العديد من بلدان العالم مثل الصين والهند وكوريا والمكسيك والبرازيل والأرجنتين وسويسرا وإيطاليا (كما هو موضح بجداول ١) وذلك للوقوف على الوضع الحالي لتراكيز الغبار بالمسجد النبوي الشريف.

جدول (١): متوسط تركيز المواد القابلة للذوبان فى الماء بالأتربة الصخرية بدول العالم المختلفة (ميكروجم/م<sup>٣</sup>)

الدولة	المدينة	الأتربة العالقة
المملكة العربية السعودية	الحرم المكي - ١٤٣١هـ	١٤٥.٤
	الحرم المكي - ١٤٣٢هـ	٢٩٦.١
الصين	نانجينغ	٦٨٢
	شنغهاي	٢٣٠.٥
	بكين	٥٠.٦.٩
الهند	منغوليا	٥٣.٠
	التبت	٥٥.٥٤
	أحمد آباد	١٧١
تايوان	تايوان	١٧٢.٠
سويسرا	برن	٤٠.٢
إيطاليا	مونت سيمون	١٦
اليونان	اثينا	٤٤.١
البرازيل	ريو دي جانيرو	٣٤.٤
	ساو باولوا	٣٨
تنزانيا	دار السلام	٦٩

المصدر: Zhang, et al., 2011; Hegde, et al., 2007 ; Wang, et al., 2006; Mouli, et al., 2003; Fang, et al., 2002.

## أهداف البحث

يمكن تلخيص أهداف البحث كالتالى:-

انشاء قاعدة البيانات الخاصة بنوعية الهواء بساحات المسجد النبوي الشريف لتمثل حجر أساس لصانعي القرار و المهتمين بأبحاث نوعية الهواء في المدينة المنورة.

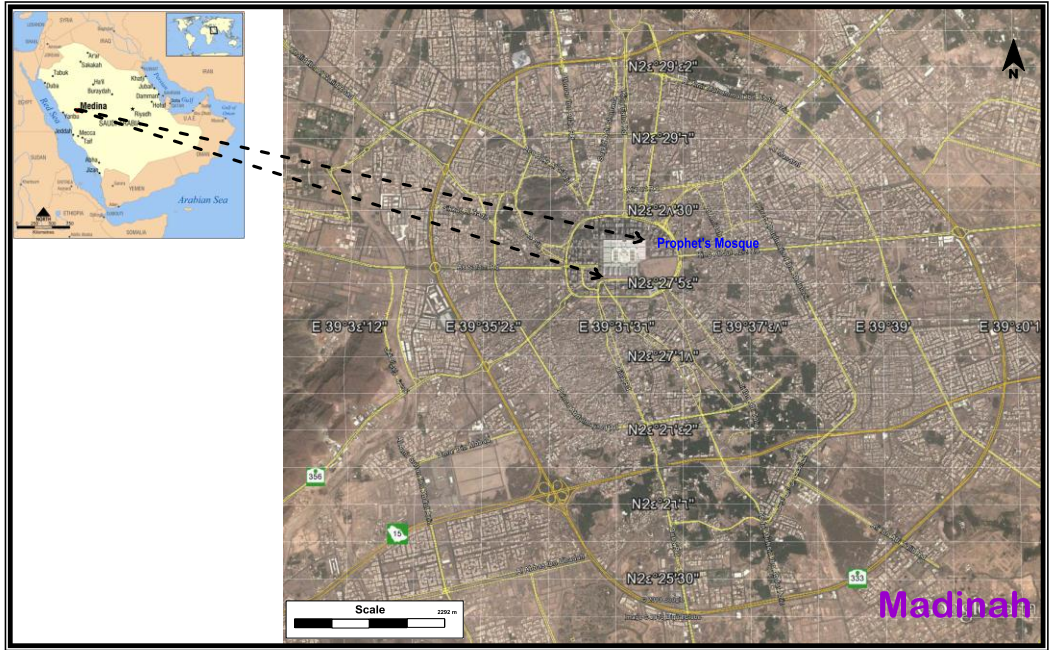
تقييم نوعية الهواء المحيط (الغبار) بساحات المسجد النبوي الشريف بالمدينة المنورة.  
تحديد المؤشرات الرئيسية للغبار بمختلف أحجامه بالمنطقة المركزية بالمدينة المنورة.  
تحديد ورصد الجسيمات العالقة والمستنشقة بمختلف أحجامها (١ ميكرون، ٢.٥ ميكرون، ٧ ميكرون، ١٠ ميكرون، الجسيمات العالقة الكلية).  
تحديد حجم الجسيمات العالقة الأكثر انتشاراً بساحات المسجد النبوي الشريف وتفسير مسبباتها.  
تحديد أيام الذروة للتراكيز خلال شهر رمضان.

### **منهجية البحث**

وتتلخص منهجية البحث فى الخطوات التالية:  
تجميع بيانات نوعية الهواء المتاحة بالمدينة المنورة ان وجدت.  
اجراء نظم الجودة الشاملة والتحقق من جودة البيانات.  
مقارنة النتائج التى تم الحصول عليها بقانون حماية البيئة السعودي واللائحة التنفيذية والقوانين والحدود الإقليمية والعالمية.  
توظيف البرامج الكنتورية والأحصائية لتقييم مدى تواجد ونسب الجسيمات العالقة بالبيئة الهوائية بالساحات.  
تحديد نسب التوزيع الحجمي للجسيمات العالقة بساحات المسجد النبوي الشريف.  
اعداد التقرير النهائى للدراسة.

### **منطقة الدراسة والعمل الميداني**

يمكن وصف منطقة الدراسة بأنها منطقة عمرانية شديدة الازدحام خلال شهر رمضان. وتم تجميع البيانات الميدانية (الجسيمات العالقة بأحجامها المختلفة (PM1, PM2.5, PM7, PM10, and TSP)) وذلك لتغطية الساحات المحيطة بالمسجد النبوي الشريف ما بين الساعة ٠٩:٠٠ - ١٢:٠٠ مساءً ويتميز وقت القياس بتواجد كثيف للمصلين حيث صلاة التراويح والتهدج.



شكل (١): موقع المسجد النبوي الشريف بالنسبة للمدينة المنورة - المملكة العربية السعودية.

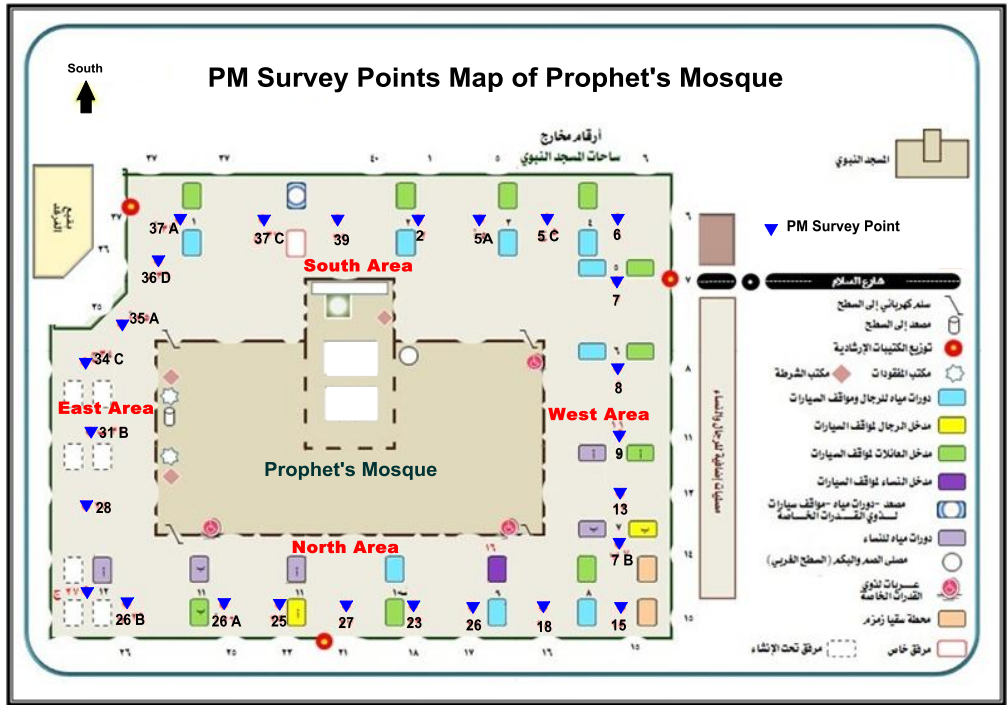
مع تزايد عدد زوار المسجد النبوي الشريف وزيادة الطلب على استخدام وسائل المواصلات المختلفة والنشاطات البشرية المتعددة ومع تقدم أجهزة الرصد والتحليل وفى ضوء توجهات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة لدراسة الملوثات الموجودة والمؤثرة على نوعية وجودة الهواء التى تمثل خطورة على الصحة والبيئة، فقد تم التخطيط لهذه الدراسة لتقييم الوضع الحالى للجسيمات العالقة فى البيئة الهوائية بالساحات.

حيث تهدف هذه الدراسة الى تقييم نوعية الهواء بساحات المسجد النبوي الشريف. ولهذا الغرض تم اختيار سبعة وعشرون موقع بجميع الساحات كافة أثناء موسم رمضان ١٤٣٤ هـ لرصد وتوثيق تراكيز الأتربة المستنشقة بمختلف أحجامها بغرض معرفة توزيع تراكيزها وبالتالي إعداد خرائط كنتورية لسهولة استقراؤها مع امكانية ربط هذه التراكيز بمصادر الإنبعاثات مما يساهم فى وضع الحلول المثلى.

تم اجراء الرصد والقياس بساحات المسجد النبوي الشريف -المدينة المنورة ، والموضحة فى شكل رقم (١ و ٢) والتي سيتم وصفها على النحو التالي (جدول ١):

جدول (١): مواقع الرصد والقياس بساحات المسجد النبوي الشريف -المدينة المنورة.

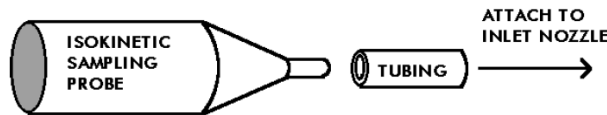
الساحة	موقع نقطة القياس	م	الساحة	موقع نقطة القياس	م
الساحة الشرقية	باب - ٢٧ أ	١٢	الساحة الغربية	مبنى - ٧ ب	١
	باب - ٣٦ د	١٣		باب - ١٣	٢
	باب - ٣٥ أ	١٤		باب - ١١	٣
	باب - ٣٤ ج	١٥		باب - ٨	٤
	باب - ٣١ ب	١٦		باب - ٧	٥
	باب - ٢٨	١٧		باب - ٦	٦
	باب - ٢٧ ج	١٨		باب - ٥ ج	٧
الساحة الشمالية	باب - ٢٦ ب	١٩	الساحة الجنوبية	باب - ٥ أ	٨
	باب - ٢٦ أ	٢٠		باب - ٢	٩
	باب - ٢٥	٢١		باب - ٣٩	١٠
	باب - ٢٣	٢٢		باب - ٣٧ ج	١١
	باب - ٢١	٢٣			
	باب - ١٨	٢٤			
	باب - ١٧	٢٥			
	باب - ١٦	٢٦			
	باب - ١٥	٢٧			



شكل (٢): خريطة توضح مواقع وأماكن القياس بساحات المسجد النبوي الشريف.

## طرق القياس

تم استخدام جهاز PM Dustmeter AEROCET-531 ويعتبر هذا الجهاز من أحدث الأجهزة المتخصصة في هذا المجال ويتميز بأنه جهاز محمول يقوم باحصاء الجسيمات العالقة ويقوم بعرضها على شاشة عالية الدقة (EPA Certified). وتم استخدام طريقة احصاء الجسيمات بطريقة مرجعية للقياس وتجميع البيانات بوحدة ميكروجرام/متر<sup>3</sup> وذلك بعد سحب الهواء المحيط بالجهاز من خلال مضخة داخلية للأحجام المشار إليها مسبقاً. وتعتمد نظرية تشغيل الجهاز على عدد الجسيمات التي تم سحبها بالمضخة الداخلية وذلك بتوظيف الحساس متساوي-الكمية الحركية متدفقة داخل nozzle خلال مسار صغير المسافة Tygon tubing (شكل (٣)).



شكل (٣): طريقة تشغيل جهاز القياس.



هذا الحساس متساوي-الكمية الحركية يساعد في تقليل معدل الخطأ لأحشاء وعد الجسيمات العالقة المرتبطة بسرعة تدفق الهواء المسحوب. وعند سحب عينة من بيئة هوائية محيطية أو بيئة عمل داخلية تكون فتحة الحساس متجهة لأعلى. وعندما يقوم الجهاز في بيئة ذات ثبات في سرعة الرياح نوعاً ما مثل الغرفة النظيفة وبعض الأماكن المرشحة هوائياً يجب ضبط فتحة الحساس متسقاً ومتوازياً مع اتجاه سحب الهواء.

وتم استخدام جهاز متخصص عالي الدقة لقياس الأتربة الصخرية بمختلف أحجامها يسمى AEROCET 531 ويعتبر هذا الجهاز من أحدث الأجهزة المتخصصة في هذا المجال (شكل ٤). وتمت معايرته قبل البدء في قياس ورصد العينات (شكل ٤) وقد تم أخذت عينات الهواء لمدة ٣ ساعات يومياً خلال فترة الدراسة في موسم رمضان ١٤٣٤ هـ (٢٠ - ٢٧ رمضان ١٤٣٤ هـ) وذلك أثناء فترات الذروة (صلاة العشاء والتراويح والتهدج).



شكل (٤): جهاز قياس الأتربة المستنشقة بجميع أحجامها مع جهاز المعايرة.

## نتائج البحث

تم تجميع البيانات وتحميلها علي برمجيات حاسب الي خاصة للتحقق من جودة البيانات لجميع مواقع الدراسة، لذلك كان يتم تفريغ البيانات بصورة يومية للتحقق من جودة القياس لمختلف عوامل الرصد ومعالجة سلبيات عملية تشغيل الأجهزة أولاً بأول. وفيما يلي وصف كامل وتفصيلي لنتائج الدراسة التي تم تجميعها.

إهتمت هذه الدراسة بتقدير تراكيز الأتربة المستنشقة بجميع أحجامها خلال موسم رمضان ١٤٣٤ هـ بجميع ساحات المسجد النبوي الشريف من ١٩ - ٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ (٢٥ يوليو ٢٠١٣ م - ٢ أغسطس ٢٠١٣ م) - المكافئ ١٩ - ٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ) وذلك لمتابعة التغير في تركيزات الأتربة المستنشقة في الهواء المحيط بجميع الساحات.

## التوزيع الكنتوري للعوامل البيئية المقاسة

خط الكنتور (الذي يعرف أيضاً باسم Isoline أو Isoleth أو Isarithm) لدالة رياضية ذات متغيرين هو منحنى يكون عليه قيمة ثابتة للدالة. وفي علم الخرائط، يربط خط الكنتور (الذي يسمى غالباً "كنتور") نقاط ذات ارتفاع متساو فوق مستوى معين، مثل مستوى سطح البحر. وتعد الخريطة الكنتورية هي خريطة توضح الخطوط الكنتورية، على سبيل المثال، الخريطة الطبوغرافية، والتي توضح بالتالي الوديان والتلال، وشدة انحدار المنحدرات. كما تعد المسافة الكنتورية للخريطة الكنتورية هي الفارق في الارتفاع بين الخطوط الكنتورية المتعاقبة والمتتالية.

وبشكل أعم، خط الكنتور لدالة ذات متغيرين هو منحنى يربط نقطتين لهما نفس القيمة المحددة على الدالة. ودائماً ما يكون تدرج الدالة عمودياً على الخطوط الكنتورية. وعندما تكون الخطوط قريبة من بعضها البعض يكون حجم الانحدار كبيراً أي يكون التغيير شديد الانحدار. مجموعة المستوى هي تعميم لخط الكنتور للدوال ذات أي عدد من المتغيرات.

تم تمثيل البيانات التي تم قياسها ميدانياً خلال موسم رمضان ١٤٣٤ هـ بساحات المسجد النبوي الشريف كنتورياً ثنائي الأبعاد وذلك بغرض عرض البيانات بطريقة سلسلة وسهلة تمكن المطلع على التقرير فهم واضح لا التباس فيه للزيادة والنقصان للغبار بمنطقة الدراسة.

وتم استخدام حزمة برمجية Surfer Mapping System - Surfer Version 10.1.561 - Golden Software, Inc ويمكن تعريفه على أنه مجموعة من الحزم البرمجية للتصور ثنائي وثلاثي الأبعاد، والتوزيع والتخريط الكنتوري بالإضافة إلى حزمة النمذجة السطحية التي يتم تشغيلها ضمن Microsoft Windows. ويستخدم هذا البرنامج على نطاق واسع لنمذجة التضاريس، ونمذجة قياس الأعماق، وتصوير المناظر الطبيعية، وتحليل سطح، ورسم الخرائط الكنتورية ومستجمعات المياه ورسم الخرائط السطحية ثلاثية الأبعاد، Gridding، الحجمي، وأكثر من ذلك بكثير.

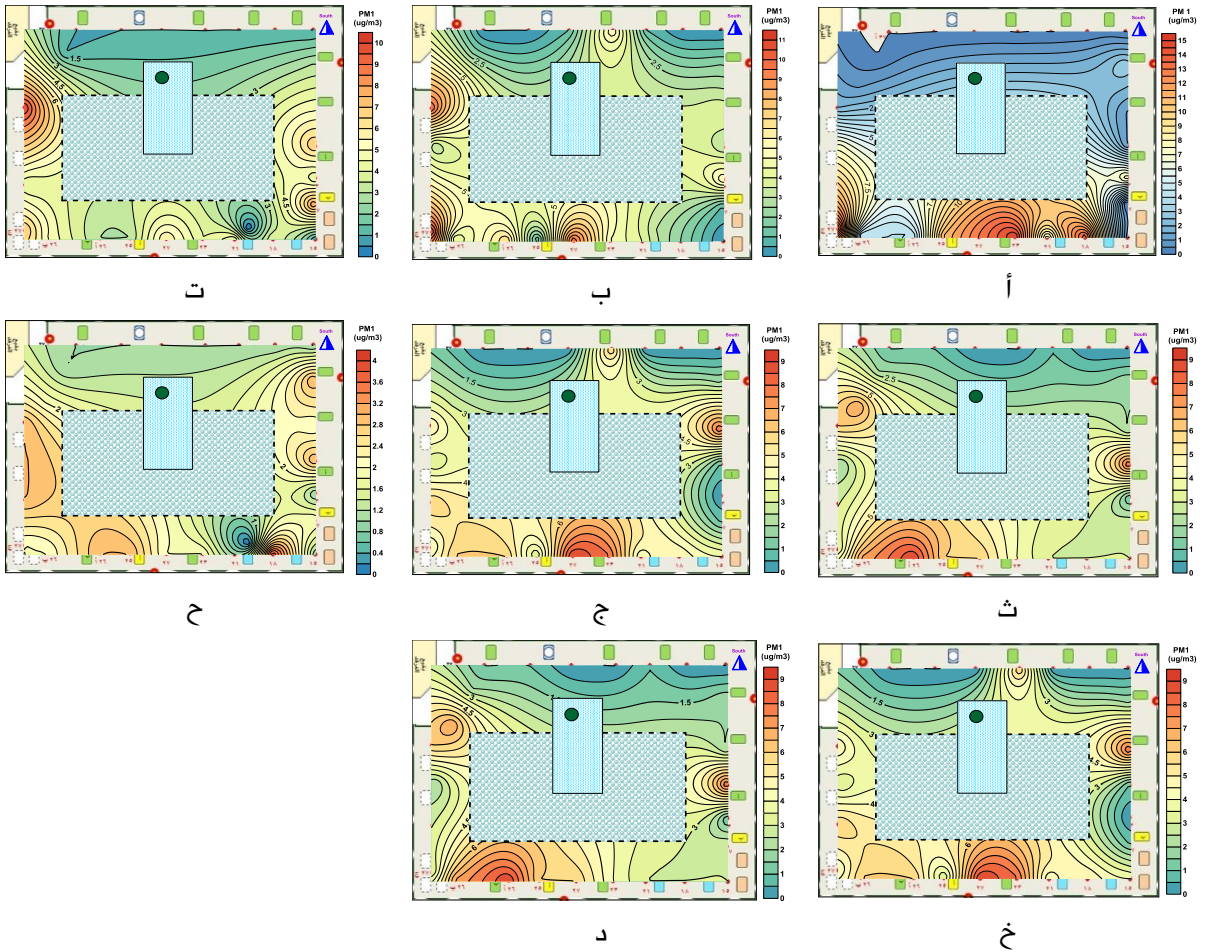
ويعتمد برنامج SURFER على أساس تجميع البيانات وتحويلها إلى نظام ثلاثي المحاور XYZ. و يوفر البرنامج أكثر الأساليب Gridding والمزيد من السيطرة على المعلومات Gridding، بما في ذلك Variograms حسب الطلب، من أي حزمة برمجية أخرى في السوق. يمكنك أيضاً استخدام ملفات الشبكة التي تم الحصول عليها من مصادر أخرى، مثل ملفات DEM USGS أو ملفات شبكة ESRI. ويستخدم في تقييم وتحديد الأسطح ثلاثية الأبعاد ومستجمعات المياه، والخرائط إضافة

الى خرائط الأساس والجمع بين أنواع الخرائط المختلفة لخلق عرض أكبر قدر من المعلومات الممكنة.

### تفسير البيانات والخرائط الكنتورية

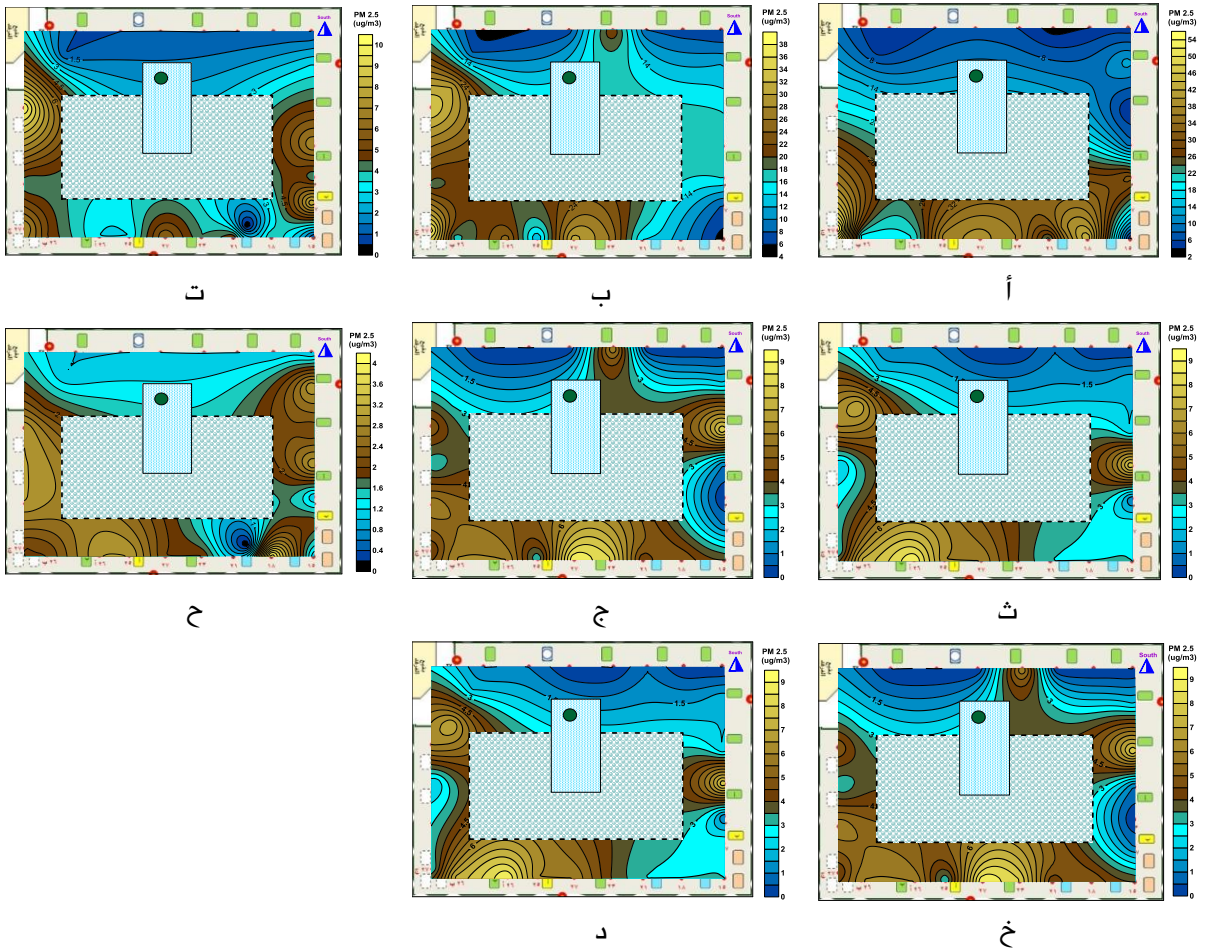
أوضحت الخرائط الكنتورية التي تم اعدادها ما تم التوصل اليها مسبقاً وتوضح الأشكال من (شكل ٥ - أ) الخرائط الكنتورية ثنائية الأبعاد للتوزيع ثنائي الأبعاد للجسيمات ذات الحجم ١ ميكرون بساحات المسجد النبوي الشريف خلال الفترة من ١٩ - ٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ. والأشكال من (شكل ٦ - أ) توضح وتبين الخريطة الكنتورية ثنائية الأبعاد لتوزيع الجسيمات ذات الحجم ٢.٥ ميكرون بساحات المسجد النبوي الشريف خلال الفترة من ١٩ - ٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ. والأشكال من (شكل ٧ - أ) توضح وتبين الخرائط الكنتورية ثنائية الأبعاد لتوزيع الجسيمات ذات الحجم ٧ ميكرون بساحات المسجد النبوي الشريف خلال الفترة من ١٩ - ٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ. والأشكال من (شكل ٨ - أ) توضح وتبين الخرائط الكنتورية ثنائية الأبعاد لتوزيع الجسيمات ذات الحجم ١٠ ميكرون بساحات المسجد النبوي الشريف خلال الفترة من ١٩ - ٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ. والأشكال من (شكل ٩ - أ) توضح وتبين الخريطة الكنتورية ثنائية الأبعاد لتوزيع الجسيمات العالقة الكلية بساحات المسجد النبوي الشريف خلال الفترة من ١٩ - ٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ.

أوضحت الخرائط الكنتورية أن التراكيز العالية للجسيمات العالقة الدقيقة جداً ( $PM_{10}$ ) تتواجد في الساحات الشمالية وأحياناً تتمركز هذه التراكيز العالية بالساحات الشرقية للمسجد النبوي الشريف (شكل ٥ - أ) ويمكن تفسير ذلك بكثافة الزوار في الساحات الشمالية والتي يتواجد بالقرب منها الفنادق السكنية بكثافة وتُفسر التراكيز العالية بالساحات الشرقية لقربها من أرض البقيع الطاهرة غير المعبدة.



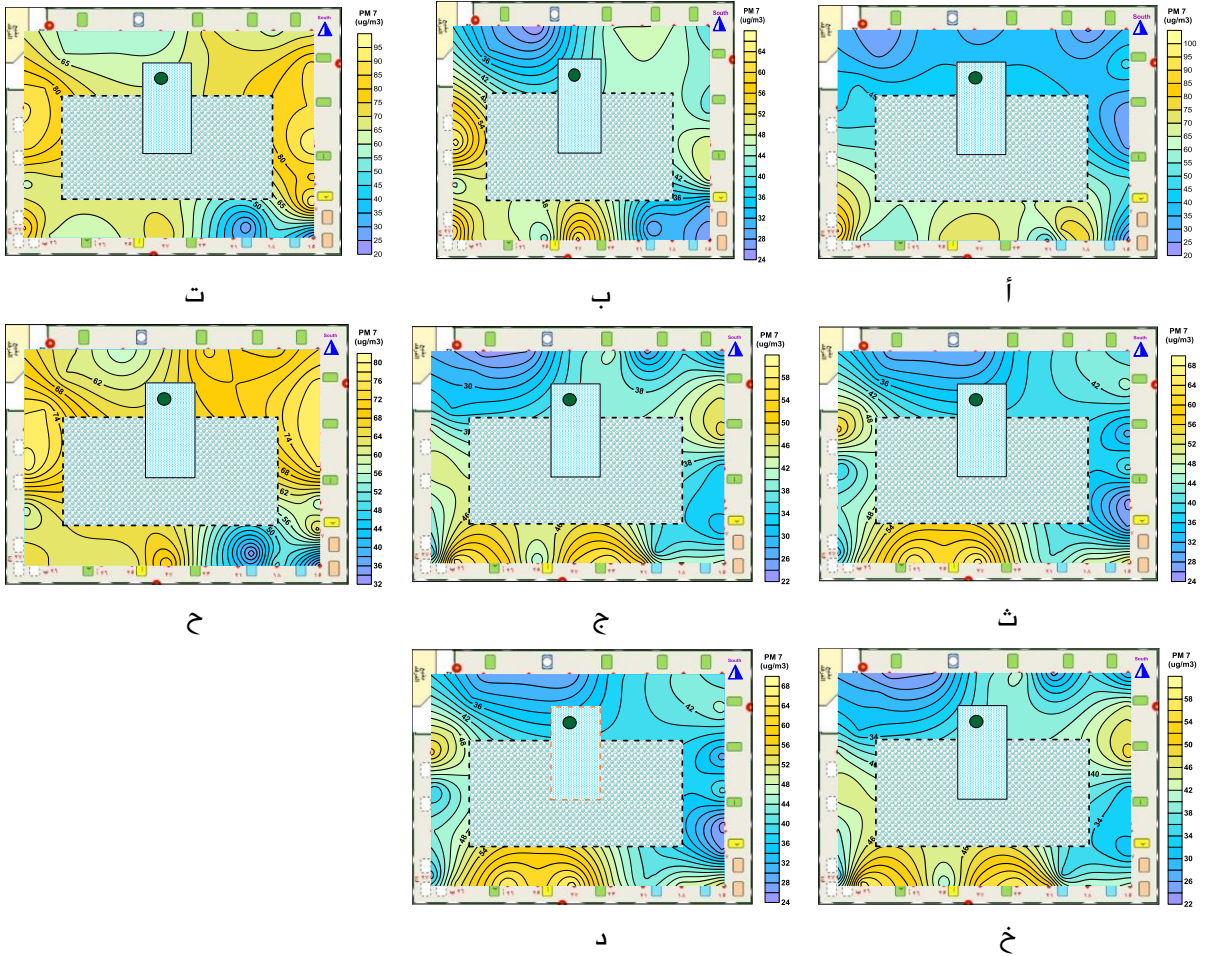
شكل (٥): التوزيع الكنتوري لتراكيز الجسيمات ذات القطر ١ ميكرون للأيام (أ) ١٩ رمضان، (ب) ٢٠ رمضان، (ت) ٢١ رمضان، (ث) ٢٢ رمضان، (ج) ٢٣ رمضان، (ح) ٢٤ رمضان، (خ) ٢٥ رمضان و (د) ٢٦ رمضان.

وعكست الخرائط الكنتورية للأجسام العالقة الدقيقة التي قطرها أقل من ٢.٥ ميكرومتر ( $PM_{2.5}$ ) مدى زيادة هذه التراكيز في جميع الساحات ما عدا الساحة الجنوبية التي تتميز بانخفاض تراكيزها ويمكن تفسير ذلك بكثافة الزوار في الساحات الشمالية والتي يتواجد بالقرب منها الفنادق السكنية بكثافة وتُفسر التركيزات العالية بالساحات الشرقية لقربها من أرض البقيع الطاهرة غير المعبدة.



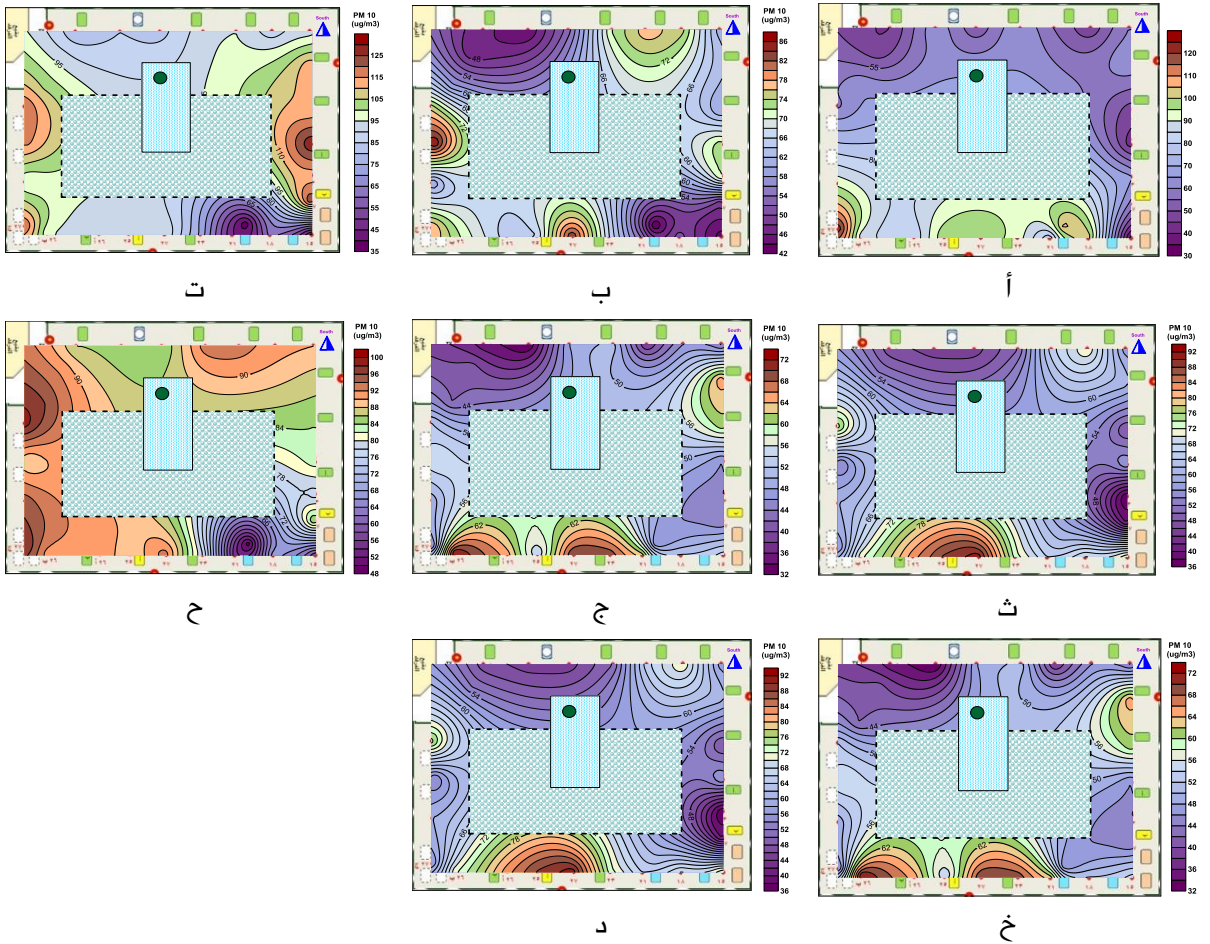
شكل (٦): التوزيع الكنتوري لتراكيز الجسيمات ذات القطر ٢.٥ ميكرون للأيام (أ) ١٩ رمضان، (ب) ٢٠ رمضان، (ت) ٢١ رمضان، (ث) ٢٢ رمضان، (ج) ٢٣ رمضان، (ح) ٢٤ رمضان، (خ) ٢٥ رمضان و (د) ٢٦ رمضان.

وأظهرت الخرائط الكنتورية لتوزيع الجسيمات العالقة التي قطرها أقل من ٧ ميكرومتر ( $PM_{7}$ ) أن أعلى التركيزات تتركز في الساحات الشمالية وأحياناً تتواجد هذه التركيزات العالية بالساحات الشرقية من المسجد النبوي الشريف ويمكن تفسير ذلك بكثافة الزوار في الساحات الشمالية والتي يتواجد بالقرب منها الفنادق السكنية بكثافة وتُفسر التركيزات العالية بالساحات الشرقية لقربها من أرض البقيع الطاهرة غير المعبدة.



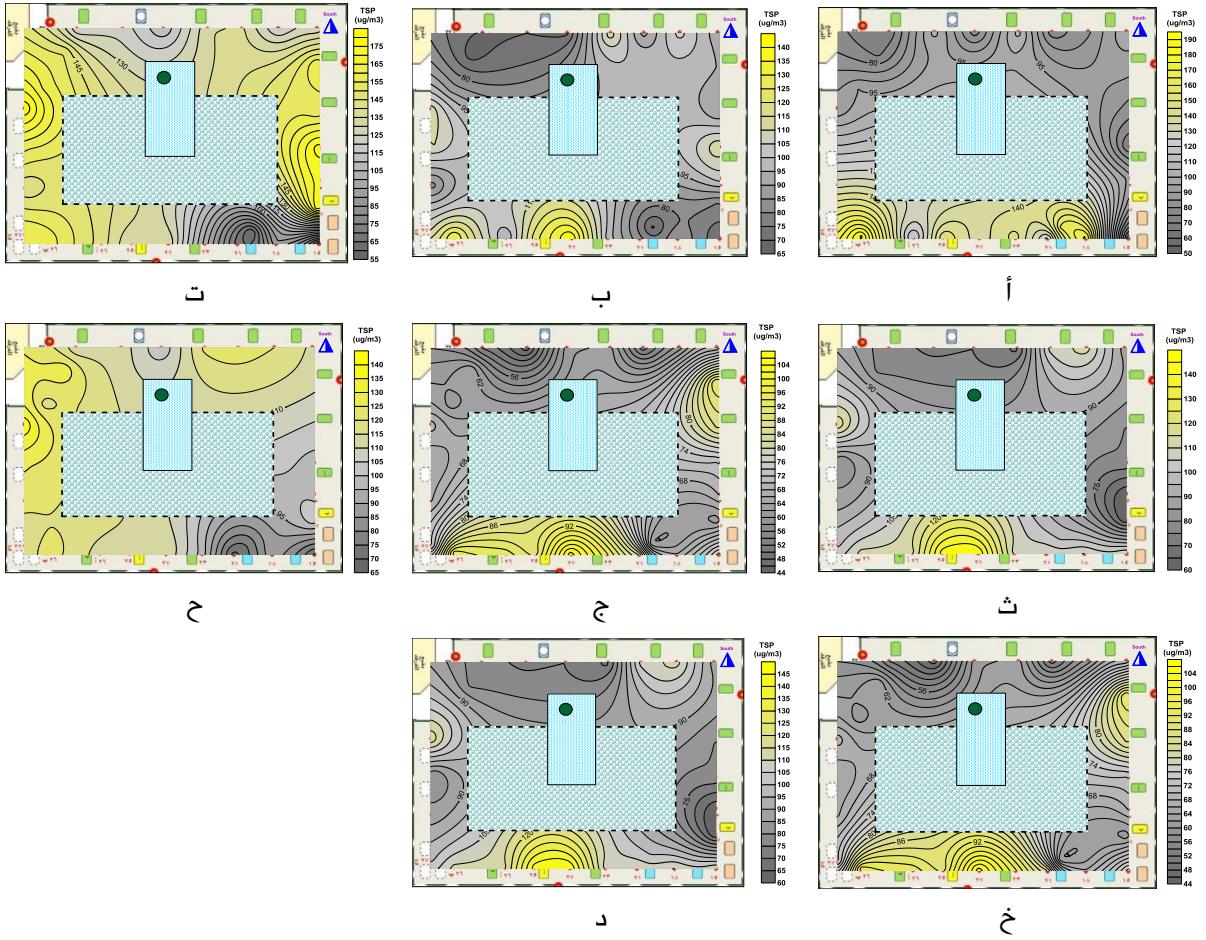
شكل (٧): التوزيع الكنتوري لتراكيز الجسيمات ذات القطر ٧ ميكرون للأيام (أ) ١٩ رمضان، (ب) ٢٠ رمضان، (ت) ٢١ رمضان، (ث) ٢٢ رمضان، (ج) ٢٣ رمضان، (ح) ٢٤ رمضان، (خ) ٢٥ رمضان و (د) ٢٦ رمضان.

أوضحت الخرائط الكنتورية لتوزيع الجسيمات العالقة التي قطرها أقل من ١٠ ميكرومتر ( $\text{PM}_{10}$ ) أن أعلى التركيزات تتمركز في الساحات الشمالية وأحياناً تتواجد هذه التركيزات العالية بالساحات الشرقية من المسجد النبوي الشريف ويمكن تفسير ذلك بكثافة الزوار في الساحات الشمالية والتي يتواجد بالقرب منها الفنادق السكنية وتُفسر التركيزات العالية بالساحات الشرقية لقربها من أرض البقيع الطاهرة غير المعبدة.



شكل (٨): التوزيع الكنتوري لتراكيز الجسيمات ذات القطر ١٠ ميكرون للأيام (أ) ١٩ رمضان، (ب) ٢٠ رمضان، (ت) ٢١ رمضان، (ث) ٢٢ رمضان، (ج) ٢٣ رمضان، (ح) ٢٤ رمضان، (خ) ٢٥ رمضان و (د) ٢٦ رمضان.

أوضحت الخرائط الكنتورية لتوزيع الجسيمات العالقة الكلية (TSP) أن أعلى التركيزات تتركز في الساحات الشمالية وأحياناً تتواجد هذه التركيزات العالية بالساحات الشرقية من المسجد النبوي الشريف ويمكن تفسير ذلك بكثافة الزوار في الساحات الشمالية والتي يتواجد بالقرب منها الفنادق السكنية وتُفسر التركيزات العالية بالساحات الشرقية لقربها من أرض البقيع الطاهرة غير المعبدة.



شكل (٩): التوزيع الكنتوري لتراكيز الجسيمات العالقة الكلية للأيام (أ) ١٩ رمضان، (ب) ٢٠ رمضان، (ت) ٢١ رمضان، (ث) ٢٢ رمضان، (ج) ٢٣ رمضان، (ح) ٢٤ رمضان، (خ) ٢٥ رمضان و (د) ٢٦ رمضان.

### التوزيع الحجمي للجسيمات بالساحات

الغبار هو عنصر هام من عناصر نوعية الهواء التي لها مردود سريع ومباشر بمختلف النتائج الصحية السلبية فضلا عن وجود آثار بيئية عامة. فإنه ليس من الواضح حتى الآن العوامل المسببة والآليات الأساسية المسؤولة عن هذه الآثار الصحية الضارة. ومع ذلك، فمن المرجح أن مصدر الجسيمات، وخصائصها وتكوينها، تلعب دورا في تحديد الآثار الصحية لتلك الجسيمات. غالبية الدراسات الصحية الأخيرة تشير إلى أن الجسيمات الدقيقة ( $PM_{2.5}$ ) الناشئة أساساً من مصادر من صنع الإنسان هي أكثر ضرراً من الجسيمات الخشنة (Schwartz et al. 1996, Laden et al. 2000, Mar et al. 2000, Hoek et al. 2002, Pope et al. 2002)، وبالتالي، ركزت معظم الدراسات الحديثة على قياس وتحليل الجسيمات الدقيقة ( $PM_{2.5}$ ) أكثر من الجسيمات الخشنة



(PM<sub>2.5-10</sub>). أيضاً تهدف عدة جهود بحثية أنية على وجه التحديد إلى دراسة تركيزات والآثار الصحية المحتملة من ما يسمى جزيئات متناهية الصغر في نطاق حجم ٠.١ ميكرون (Peters et al. 1997, Ruuskanen et al. 2001, de Hartog et al. 2003).

ومع ذلك، فقد اكتشفت بعض الدراسات أيضاً الآثار الصحية السلبية المرتبطة بالجسيمات الخشنة (Gordian et. al. 1996, Tiittanen et al. 1999, Mar et al. 2000)، وتسلط الضوء على أهمية السيطرة على تركيز ودراسة الآثار الصحية المحتملة من كل أحجام PM المختلفة. بالإضافة إلى ذلك، شرعت الدول الأوروبية إلى إعادة النظر في الحدود العتبية والمعايير القياسية لكل مختلف أحجام الجسيمات العالقة.

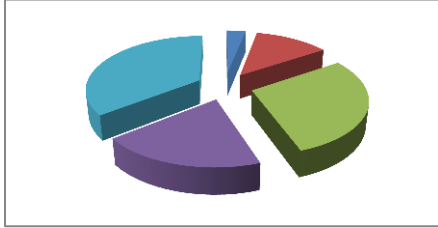
ان دراسة التوزيع الحجمي للجسيمات العالقة بالبيئة المحيطة من أهم الدراسات التي تستهوى عدد كبير من الباحثين المتخصصين نظراً لعظم مدلولها. لذا توجه الباحثون في هذه الدراسة إلى تعظيم الاستفادة من البيانات التي تم قياسها. وتم تحديد وتوضيح أن الجسيمات العالقة الكلية (TSP) هي مجموع ما يتواجد من جسيمات بالبيئة المحيطة (أي أنها تمثل ١٠٠٪). وتم حساب المعدل النسبي من الأتربة المستنشقة (PM<sub>10</sub>) وذلك بطرح تراكيز الأتربة المستنشقة من الجسيمات العالقة الكلية TSP وهكذا بالمثل لبقية أحجام الجسيمات حتى الجسيمات العالقة التي قطرها أقل من ١ ميكرون PM<sub>1</sub>.

تفاوتت الجسيمات العالقة حسب طول أقطارها من بضعة نانومترات (نانومتر) إلى عشرات الميكرومترات (ميكرون). ويلعب حجم الجسيمات العامل الأكثر أهمية في خصائص الجسيمات ولها انعكاسات على تشكيل والخصائص الفيزيائية والكيميائية، والتحول، والنقل، وإزالة الجزيئات من الجو. و نظراً لحجم الجسيمات عادة باسم قطرها الأيروديناميكي. ويشار عادة للجسيمات العالقة التي قطرها أكبر من ٢.٥ ميكرون باسم الجسيمات الخشنة، والجسيمات التي قطرها أقل من ٢.٥ ميكرون و ١٠٠ نانومتر يشار إليها بالجسيمات الدقيقة والجسيمات متناهية الصغر. بينما يشار للجسيمات العالقة الكلية (TSP) إلى تركيز الجسيمات التي قطرها أقل من ٤٠ إلى ٥٠ ميكرون (Seinfeld and Pandis 1998). وتعتبر المصادر الرئيسية للانبعاثات المنشأة للجسيمات والتي تشمل التلوث المروري، وعمليات الاحتراق، والتدفئة، والتلوث الصناعي وغبار الشارع مما يتسبب في تشكيل الجسيمات الثانوية.

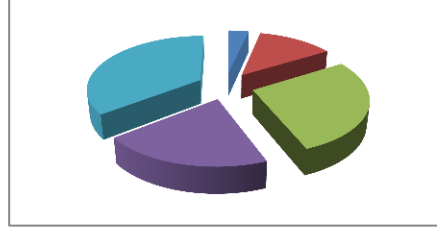
وتم تصنيف البيانات المجمعة ميدانياً للجسيمات العالقة (PM) وفقاً لأحجامها المختلفة التي تم قياسها، وذلك بغرض تحديد الجسيمات السائدة والأكثر انتشاراً. يتم طرح البيانات (PM<sub>7</sub>-PM<sub>10</sub>) وقسمتها على TSP، ومن ثم يتم طرح البيانات (PM<sub>2.5</sub>-PM<sub>7</sub>) وقسمتها على TSP، وفي النهاية تم طرح البيانات (PM<sub>1</sub>-PM<sub>2.5</sub>) وقسمتها على TSP، وبالتبعية فإن PM<sub>1</sub> تمثل أدق الجسيمات العالقة. ويمكن التعبير عن ذلك رياضياً:

$$TSP = (TSP-PM_{10}) + (PM_{10}-PM_7) + (PM_7-PM_{2.5}) + (PM_{2.5}-PM_1) + PM_1$$

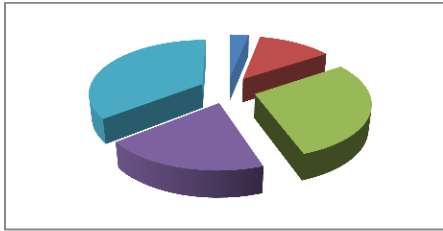
وتوضح الأشكال التالية (شكل ١٠-أ، ١٠-د) المتوسط الحسابي وتوزيع أحجام الجسيمات لجميع أيام القياس من ١٩ رمضان حتى ٢٦ رمضان ١٤٣٤هـ.



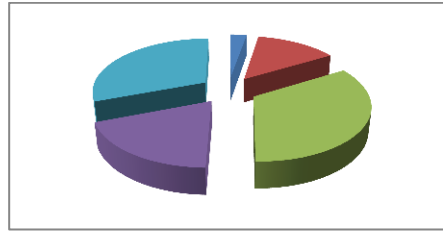
٢٠ رمضان ١٤٣٤ هـ



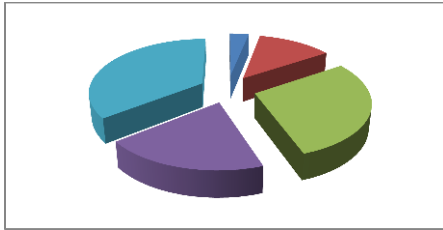
١٩ رمضان ١٤٣٤ هـ



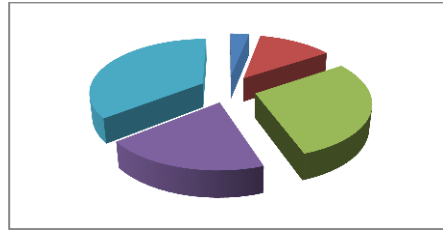
٢٢ رمضان ١٤٣٤ هـ



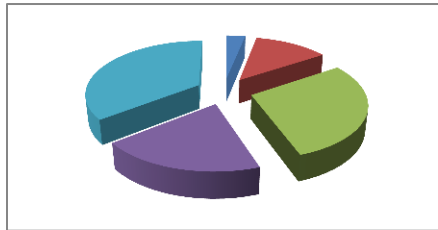
٢١ رمضان ١٤٣٤ هـ



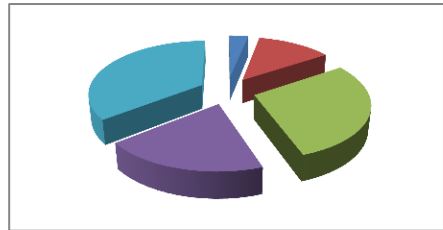
٢٤ رمضان ١٤٣٤ هـ



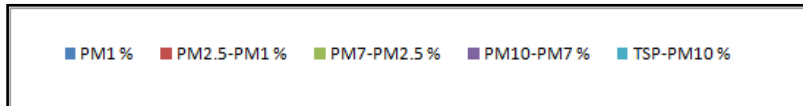
٢٣ رمضان ١٤٣٤ هـ



٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ

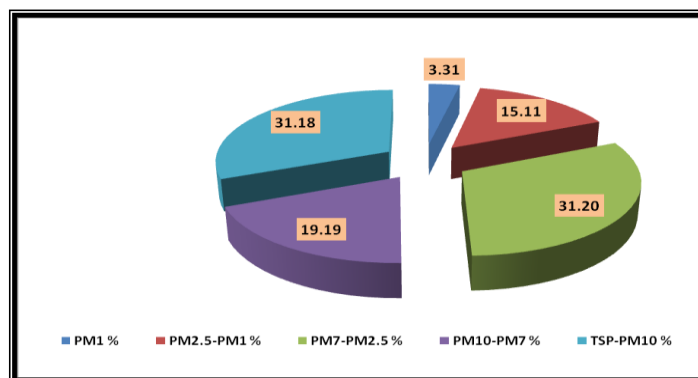


٢٥ رمضان ١٤٣٤ هـ



شكل (١٠): التوزيع الحجمي للجزيئات العالقة بمختلف أحجامها (١ ميكرون، ٢.٥ ميكرون، ٧ ميكرون، ١٠ ميكرون والجسيمات العالقة الكلية للأيام (أ) ١٩ رمضان، (ب) ٢٠ رمضان، (ت) ٢١ رمضان، (ث) ٢٢ رمضان، (ج) ٢٣ رمضان، (ح) ٢٤ رمضان، (خ) ٢٥ رمضان و (د) ٢٦ رمضان. ومن خلال الفحص والتحليل الأحصائي السابق للتوزيع الحجمي للجسيمات العالقة، يتأرجح حجم الجزيئات العالقة الأكثر انتشاراً بالبيئة الهوائية بساحات المسجد النبوي الشريف بين الحجم (TSP-PM<sub>10</sub>) (حجم الجزيئات المحدد بالأحجام التي قطرها أكبر من ١٠ ميكرون - يتراوح بين ٢٢.١٪ - ٣٥.٦ ٪) و الحجم (PM<sub>7</sub>-PM<sub>2.5</sub>) (حجم الجزيئات الأقل من ١٠ ميكرون حتى ٧ ميكرون - يتراوح بين ٢٧.٨٪ - ٣٦.٧٪).

ويمكن ايجاد المتوسط للتوزيع الحجمي للجسيمات لجميع أيام القياس (١٩-٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ) (شكل ١١) وجد أنه نسبة توزيع الجسيمات العالقة لجميع أيام الدراسة أن الجسيمات العالقة الخشنة والمتوسطة الحجم هي الجسيمات السائدة والأكثر انتشاراً في البيئة الهوائية بساحات المسجد النبوي الشريف، حيث أن متوسط نسبة الجسيمات أكبر من ١٠ ميكرون  $[PM_{10}-TSP] = ١.٢٢ - ٦.٣٥$  ٪) و  $[PM_{2.5}-PM_7] = ٨.٢٧ - ٣٦.٧$  ٪) هي المكونات الأكثر تواجداً من إجمالي TSP الذي يصل إلى حوالي ٦٢.٤٠٪ من إجمالي معدل الجسيمات العالقة الكلية (شكل ١١). ويمكن تفسير تواجد الجسيمات العالقة ذات الحجم المتوسط والكبيرة (الخشنة) أن هذه الجسيمات تم إعادة تعليقها بالبيئة الهوائية نتيجة الحركة الدائبة لزوار المسجد النبوي الشريف.



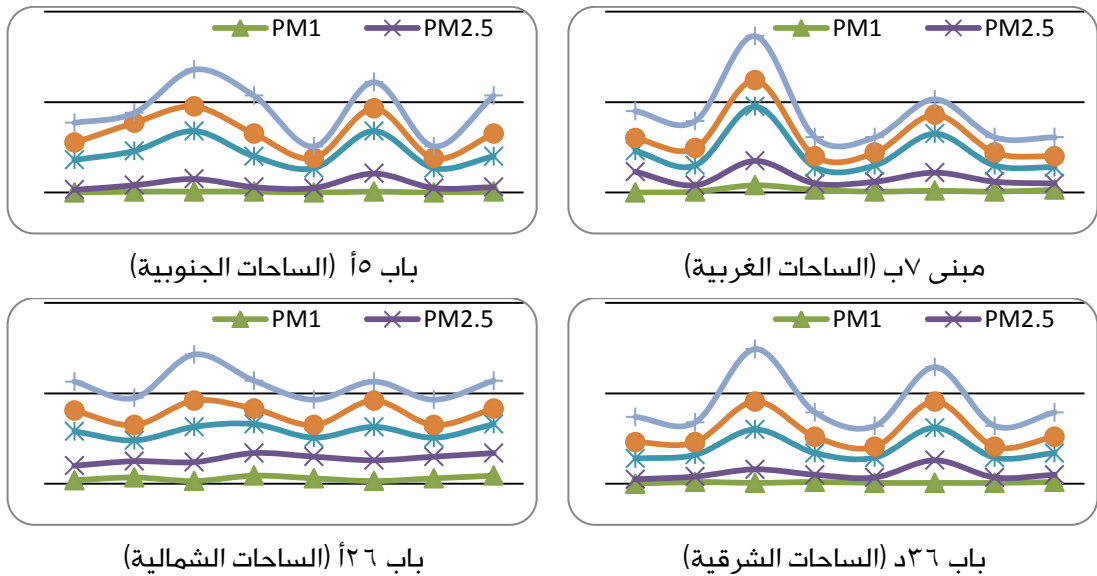
شكل (١١): متوسط التوزيع الحجمي للجزيئات العالقة بمختلف أحجامها لجميع أيام الدراسة (١٩ - ٢٦ رمضان ١٤٣٤ هـ).

يتم استخدام مصطلح إعادة تعليق ليشمل كل من الجسيمات المتولدة حديثاً، والجسيمات المتواجدة مسبقاً في الغلاف الجوي. وإعادة تعليق الجسيمات عملية معقدة التي يمكن أن تبدأ من الاضطرابات

الميكانيكية مثل الرياح، والاضطراب الناجم عن حركة المرور وإجهاد الإطارات، وأنشطة البناء. وغالبا ما تسمى الغبار الذي تثيره الرياح 'الغبار الطبيعي' بسبب قدوم معظمه من المناطق غير الحضرية (الصحراوية) (Chow et al. 1999). بما في ذلك مجموعة متنوعة من المصادر مثل الطرق، تعبئة الرمال أو أملاح إزالة الجليد، مواقع البناء والمناطق غير المعبدة الأخرى، عوادم السيارات والإطارات استخدام كابحات السيارات، تنظيف وصيانة الشوارع (Claiborn et al. 1995). الغبار المعاد تعليقه هو المشارك الرئيسي في تراكيز الجسيمات المحيطة، وخاصة مكون الجسيمات الخشنة. ووفقاً لنتائج الدول الأوروبية، يتراوح نسبة الحمل السنوي المعدني للغباري  $PM_{10}$  من ١٣٪ إلى ٣٧٪ في أوروبا (Putaud et al. 2004, Van Dingenen et al. 2004). هذه النسبة هي أقل بكثير بالمقارنة مع النسب الموجودة في بعض المناطق الجافة، على سبيل المثال في ولاية أريزونا ونيفادا، الولايات المتحدة الأمريكية، حيث مصادر الغبار المتشنت (الطرق المعبدة وغير المعبدة وأنشطة البناء) تمثل أكثر من ٨٠٪ من  $PM_{10}$  (Gertler et al. 1995, Chow et al. 1999).

### أيام الذروة للجسيمات بالساحات

ومن خلال رصد وقياس الجسيمات العالقة بمختلف أحجامها على مدار أيام القياس بجميع الساحات. تم اختيار موقع بكل ساحة لتبيان أيام الذروة بالأربع ساحات. حيث أكدت جميع المواقع أن أيام الذروة التي يصل بها أعلى تراكيز للجسيمات العالقة بمختلف أحجامها في أيام ٢١ و ٢٤ رمضان خلال موسم رمضان ١٤٣٤هـ مما يعني أن أعلى كثافة للزوار في هذه الأيام (شكل ١٢).



شكل (١٢): الشكل البياني لتوزيع الجسيمات العالقة بمختلف أحجامها خلال فترة القياس (١٩-٢٦ رمضان ١٤٣٤هـ).

## النتائج

من خلال جميع ما سبق وبصفة خاصة من نتائج الدراسة تبين ما يلي:-

تم رصد وتوثيق تراكيز الأتربة الصدرية بمختلف أحجامها بساحات المسجد النبوي الشريف - المدينة المنورة.

تتراوح تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ١ ميكرون أو أقل كمتوسط ساعي بين صفر - ١١ ميكروجم/م<sup>٣</sup>.

تتراوح تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ٢.٥ ميكرون أو أقل كمتوسط ساعي بين ٣ - ٥٤ ميكروجم/م<sup>٣</sup>.

تتراوح تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ٧ ميكرون أو أقل كمتوسط ساعي بين ٢٢ - ٩٦ ميكروجم/م<sup>٣</sup>.

تتراوح تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ١٠ ميكرون أو أقل كمتوسط ساعي بين ٣٣ - ١٢٩ ميكروجم/م<sup>٣</sup>.

تتراوح تراكيز الأتربة العالقة الكلية كمتوسط ساعي بين ٤٥ - ١٨٧ ميكروجم/متر<sup>٣</sup>.

لم يتجاوز أو يتعدى تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ١٠ ميكرون PM<sub>10</sub> عن الحدود المسموح بها فى القانون المصري كمتوسط ساعي (١٥٠ ميكروجم/م<sup>٣</sup>) (حيث لا يوجد متوسط ساعي باللائحة التنفيذية بقانون البيئة السعودي).

لم يتجاوز أو يتعدى تراكيز الأتربة الصدرية ذات الحجم ١٠ ميكرون PM<sub>10</sub> عن الحدود المسموح بها فى اللائحة التنفيذية للقانون السعودي كمتوسط يومي (٣٤٠ ميكروجم/م<sup>٣</sup>).

تصل أعلى تراكيز للجسيمات العالقة بمختلف أحجامها فى يومي ٢١ و ٢٤ رمضان ١٤٣٤ هـ مما يعني أن أعلى كثافة للزوار تتواجد بهذه الأيام.

تتأرجح الجسيمات العالقة المتواجدة بالساحات ذات الأحجام الكبيرة والمتوسطة (TSP-PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>-PM<sub>7</sub>) ويمكن تفسيرها بالجسيمات المعاد تعليقها بالجو نتيجة الحركة الدائبة والمستمرة لزوار المسجد النبوي الشريف.

يتضح من خلال النتائج الجهود الكبيرة المبذولة من قبل الرئاسة العامة لشئون المسجد النبوي من خلال التشغيل والصيانة الكاملة لرشاشات المياه الرذاذية التي تساهم بشكل فعال في ترطيب الجو واسقاط الجسيمات العالقة بالبيئة الهوائية مما يقلل من تكوين الجسيمات الثانوية.

## التوصيات

لذلك توصى هذه الدراسة بالتالي:

الأستمرارية فى جمع البيانات ورصدها وتوثيقها لتكوين قاعدة بيانات للبيئة الهوائية للمسجد النبوي الشريف لدراسة ووضع التصورات والرؤى والحلول المناسبة.

توزيع زوار المسجد النبوي الشريف بطريقة متجانسة لجميع الساحات حيث أنه من الملاحظ تمركز الزوار بالساحة الشمالية.

وضع محطات رصد بيئى مستمر بالساحات لرصد ورقابة تراكيز الأتربة المستنشقة.

اتخاذ الإجراءات الإحترازية اللازمة لوقف كل العمليات الإنشائية من هدم وبناء وأعمال انشائية خلال فترات الذروة.

لوحظ جيدا ارتفاع مستويات تركيز الجسيمات العالقة بمختلف أحجامها في الساحات الشرقية، والتي يمكن تفسيرها بتجاورها لأرض البقيع الطاهرة لذا فيجب تكثيف رشاشات المياه الرذاذية في الساحات الشرقية خلال أوقات الذروة.

أوضح هذا العمل الحاجة إلى مزيد من توصيف الجسيمات العالقة الدقيقة والخشنة خلال فترات الذروة (فترة الحج)، بما في ذلك التحديد الكمي للعناصر الضارة.

- Bauer, R., Guenster N. & Otten, R. 2004. Empirical evidence on corporate governance in Europe. *Journal of Asset Management* 5, 2, 91-104.
- Beaver, S., and A. Palazoglu, "Influence of Synoptic and Mesoscale Meteorology on Ozone Pollution Potential for San Joaquin Valley of California," *Atmospheric Environment*, 43, 1779-1788 (2009). DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.12.034
- Bert Brunekreef, Stephen T Holgate 2002: Review on Air pollution and health, Institute for Risk Assessment Sciences, Utrecht University, PO Box 80176, 3508 TD Utrecht, Netherlands (Prof B Brunekreef PhD); and RCMB Division, School of Medicine, Southampton General Hospital, Southampton, UK (Prof S T Holgate MD) Correspondence to: Prof Bert Brunekreef (e-mail: B.Brunekreef@iras.uu.nl) *Lancet* 2002; 360: 1233-42
- Chow JC, Watson JG, Egami RT, Frazier CA, Lu Z, Goodrich A, Bird A. 1990. Evaluation of Regenerative-Air Vacuum Street Sweeping on Geological Contributions to PM10. *J Air Waste Manage Assoc* 40: 1134-1142.
- Claiborn C, Mitra A, Adams G, Bamesberger L, Allwine G, Kantamaneni R, Lamb B, Westberg H. 1995. Evaluation of PM10 emission rates from paved and unpaved roads using tracer techniques. *Atmos Environ* 29: 1075-1089.
- de Hartog JJ, Hoek G, Peters A, Timonen KL, Ibaldo-Mulli A, Brunekreef B, Heinrich J, Tiittanen P, van Wijnen JH, Kreyling W, Kulmala M, Pekkanen J. 2003. Effects of fine and ultrafine particles on cardiorespiratory symptoms in elderly subjects with coronary heart disease - The ULTRA study. *Am J Epidemiol* 157: 613-623.
- Dockery DW, Pope CA, Xu XP, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG, Speizer FE. 1993. An Association between Air-Pollution and Mortality in 6 United-States Cities. *N Engl J Med* 329: 1753-1759.
- EPA: United States Environmental Protection Agency Regulations.
- Fang GC, Chang CN, Wu YS, Lu SC, Fu PPC, Chang SC, Cheng CD, Yuen WH. 2002. Concentration of atmospheric particulates during a dust storm period in central Taiwan, Taichung. *Sci Total Environ* 287: 141-145.
- Gertler AW, Lowenthal DA, Coulombe WG. 1995. PM10 Source Apportionment Study in Bullhead City, Arizona. *J Air Waste Manage Assoc* 45: 75-82.
- Gordian ME, Özkaynak H, Xue J, Morris SS, Spengler JD. 1996. Particulate air pollution and respiratory disease in Anchorage, Alaska. *Environ Health Perspect* 104: 290-297.
- He, K., Yang, F., Ma, Y., Zhang, Q., Yao, X., Chan, C. K., et al. (2001). The characteristics of PM2.5 in Beijing, China. *Atmospheric Environment*, 35, 4959-4970.
- Hegde P., A.K. Sudheer, M.M. Sarin, B.R. Manjunatha, Chemical characteristics of atmospheric aerosols over southwest coast of India. *Atmospheric Environment* 41, 2007, 7751-7766.

- Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA. 2002. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 360: 1203-1209.
- Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, Rossi G, Wojtyniak B, Sunyer J, Bacharova L, Schouten JP, Pönkä A, Anderson HR. 1997. Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: Results from time series data from the APHEA project. *Br Med J* 314: 1658-1663.
- Krewski D, Burnett RT, Goldberg MS, Hoover K, Siemiatycki J, Jerrett M, Abrahamowicz M, White WH. 2000. Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. A Special Report of the Institute's Particle Epidemiology Reanalysis Project. Health Effects Institute, Cambridge, MA.
- Laden F, Neas LM, Dockery DW, Schwartz J. 2000. Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U.S. cities. *Environ Health Perspect* 108: 941-947.
- Lazaridis M, Semb A, Larssen S, Hjellbrekke AG, Hov O, Hanssen JE, Schaug J, Torseth K. 2002. Measurements of particulate matter within the framework of the European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) I. First results. *Sci Total Environ* 285: 209-235.
- Mar TF, Norris GA, Koenig JQ, Larson TV. 2000. Associations between air pollution and mortality in Phoenix, 1995-1997. *Environ Health Perspect* 108: 347-353.
- Mouli C.P., V.S. Mohan, J.S. Reddy, A study on major inorganic ioncomposition of atmospheric aerosols at Tirupati. *Journal of HazardousMaterials B96*, 2003, 217-228.
- S. Munir; T. M. Habeebullah; A. R. Seroji; E. A. Morsy; A.M.F. Mohammed; W. Abu Saud; A. Esawee; A. Awad. Modelling Particulate Matter Concentrations in Makkah, Applying a Statistical Modelling Approach. *journal of Aerosol and Air Quality Research*.
- Peters A, Wichmann HE, Tuch T, Heinrich J, Heyder J. 1997. Respiratory effects are associated with the number of ultrafine particles. *Am J RespirCrit Care Med* 155: 1376-1383.
- PME 1427: Appendix 1, Standards of protection the environments, General system of environment and executive regulations, KSA. Document No. 1409-01, page 7.
- Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA-J Am Med Assoc* 287: 1132-1141.
- Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE, Heath CW. 1995. Particulate Air-Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective-Study of us Adults. *Am J RespirCrit Care Med* 151: 669-674.
- Putaud J, Raes F, Van Dingenen R, Brüggemann E, Facchini M-, Decesari S, Fuzzi S, Gehrig R, Hüglin C, Laj P, et al. 2004. A European aerosol



phenomenology 2: chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe. *Atmos Environ* 38: 2579-2595.

Ruuskanen J, Tuch T, Ten Brink H, Peters A, Khlystov A, Mirme A, Kos GPA, Brunekreef B, Wichmann HE, Buzorius G, Vallius M, Kreyling WG, Pekkanen J. 2001. Concentrations of ultrafine, fine and PM2.5 particles in three European cities. *Atmos Environ* 35: 3729-3738.

Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. 2000. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US Cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 343: 1742-1749.

Schwartz J, Dockery DW, Neas LM. 1996. Is daily mortality associated specifically with fine particles? *J Air Waste Manage Assoc* 46: 927-939.

Seinfeld JH, Pandis SN. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1998.

Surfer 10 "Golden software package" Version 10.

Tiittanen P, Timonen KL, Ruuskanen J, Mirme A, Pekkanen J. 1999. Fine particulate air pollution, resuspended road dust and respiratory health among symptomatic children. *EurResp J* 13: 266-273.

Van Dingenen R, Raes F, Putaud J, Baltensperger U, Charron A, Facchini M-, Decesari S, Fuzzi S, Gehrig R, Hansson H. 2004. A European aerosol phenomenology 1: physical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe. *Atmos Environ* 38: 2561-2577.

Wang Ying, GuoshunZhuang, Xingying Zhang, Kan Huang, Chang Xu, Aohan Tang, Jianmin Chen, Zhisheng An, The ion chemistry, seasonal cycle, and sources of PM2.5 and TSP aerosol in Shanghai. *Atmospheric Environment* 40, 2006, 2935-2952.

WHO 1999: *The World Health Report 1999, "Making a Difference Report"*, ISBN 92 4 156194 7, (NLM Classification: WA 540.1), ISSN 1020-3311, Printed in France, 99/12368 – Sadag – 20000.

Zhang T. , J.J. Cao a, X.X. Tie , Z.X. Shen , S.X. Liu , H. Ding, Y.M. Han, G.H. Wang, K.F. Ho, J. Qiang, W.T. Li. Water-soluble ions in atmospheric aerosols measured in Xi'an, China: Seasonal variations and sources. *Atmospheric Research* 102 (2011) 110–119.