مجلة كلية الآداب. جامعة الإسكندرية . المجلد ٦٩ . العدد ٩٦ .

# تأثير الأنشطة البشرية في تكون السحابة السوداء في إقليم القاهرة الكبرى

اعداد:

أسماء محمد أحمد محمود عويس
مدرس مساعد- قسم الجغرافيا
كلية الآداب- جامعة المنيا

ا.د/ محمد ابراهيم محمد شرف
أستاذ المناخ التطبيقي- قسم الجغرافيا
كلية الآداب – جامعة الاسكندرية

ا.م.د/ أسامه حسين شعبان
أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد
كلية الآداب- جامعة المنيا

مقدمة:

تجلب المشكلات البيئية تدهوراً عاماً في مظاهر الحياة على سطح الأرض بسبب إنتشار الأمراض والأوبئة بين الكائنات الحية مما يعرض حياة الأجيال المقبلة للخطر والفناء وتعتبر السحابة السوداء شكل من أشكال تلوث الهواء الجوي الذي تشهده المدن والمناطق العمرانية نتيجة الأنشطة البشرية يسمى علمياً بالضباب الدخاني وإعلامياً بالسحابة السوداء وهي إختصار لكلمتي دخان Smoke وضباب Fog وفيه تجثم سحابة من الضباب الدخاني الكثيف فوق المنطقة المتعرضة في ظروف جوية تقل فيها حركة الريح مما يساعد على ركود الملوثات وعدم تشتتها، وأصبحت الأنشطة البشرية من أهم الأسباب في تلوث الهواء الذي نستنشقه حيث المناطق الصناعية، ومحطات توليد الطاقة ووسائل النقل بكافة أنواعها والاستخدامات المنزلية كل هذه المصادر تبث بشكل يومي آلاف الاطنان من الملوثات المختلفة نحو الهواء، ومع زيادة الأنشطة البشرية تفاقمت ظاهرة السحابة السوداء عاماً بعد عام وأصبح إقليم القاهرة الكبرى من أكثر المناطق تعرضاً لهذه الظاهرة التي تتزايد خطوراتها وأضرارها خلال السنوات المقبلة.

ويهدف هذا البحث إلى مدى تأثير الأنشطة البشرية على تكون ظاهرة السحابة السوداء بما يفيد في وضع خطة للانذار المبكر بحدوثها ومواجهة أخطارها وتجنب أضرارها على السكان وصحتهم والنبات والحيوان وتعتبر ظاهرة السحابة السوداء نوبة من نوبات التلوث الحاد للهواء وهى مشكلة بيئية كبيرة ظهرت في الأونة الأخيرة بمنطقة الدراسة، وفي أواخر شهر أكتوبر وحلول شهر نوفمبر عام ١٩٩٩ ظهرت سحابة ضبابية قاتمة غطت سماء القاهرة الكبرى أطلق عليها لقب السحابة السوداء[١] وكانت بمثابة وداع أليم للألفية الثانية، على الرغم من معرفة أسباب تلوث الهواء ألا أن تلك الظاهرة كانت ومازالت مصدراً لمخاطر متعددة لسكان الاقليم والمناطق المحيطة به.

تطورت ظاهرة السحابة السوداء بإقليم القاهرة الكبرى في فترة السبعينات والثمانينيات فكانت تظهر سحابة الدخان ولكن بصورة ضعيفة جداً، وفي الأعوام ١٩٩٥و١٩٩٦ ظهرت السحابة السوداء بصورة ضعيفة، أما في بداية عام ١٩٩٩ ظهرت سحابة الدخان بصورة شديدة وذلك لضعف المفهوم البيئي لدى العامة فكانت من ناتجة عن الحرق المكشوف للقمامة وبعض المخلفات الزراعية وخاصة حرق قش الأرز

[١] سادت السحابة الدخانية أجواء القاهرة في الآونة الأخيرة تعكس بصدق مدى التلوث الذي أصاب الهواء فوق المدينة وهي تعد إنذار خطير إلى أن التلوث الهوائي تجاوز الخطوط الحمراء وفاق كل التصورات ووصل لحد الكارثة.

وزيادة الكثافة المرورية بالشوارع وقرب المناطق السكنية من المصانع وقبل التطرق لدراسة تأثير الأنشطة البشرية لابد من التعرف على ماهية السحابة السوداء.

**ماهية السحابة السوداء أو (الضباب الدخاني):**

هي ناتجة عن التفاعلات بين أشعة الشمس والهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين التي لم تحترق إحتراقاً تاماً ولم وتتأكسد تاكسداً تاماً وتنتج من دخان المصانع والمركبات ومحطات الوقود ونظراً لاحتواء الخليط الغازي السام على ثاني أكسيد النتروجين الذي يمتص الأشعة البنفسجية فإنه يتفكك الى أكسيد النيتريك في ظل وجود الأكسجين الحر(الذري) الذي يتفاعل مع جزيئات الأكسجين ليتكون الأوزون الأرضي ($O_3$) ليدخل في سلسلة من التفاعلات مع الهيدروكربونات النشطة والموجودة في الخليط ونتيجة لهذا التفاعل الكيميائي الضوئي يتكون الضباب الدخاني في الهواء ويمثل غلافاً جوياً حول المدن، بالإضافة لأهم مكوناته مركب بيروكسي أسيل نيترات PAN، والألدهيدات والأركولين.[١]

**أسباب تكون السحابة السوداء:**

تتشكل السحابة السوداء بشكل أسرع وأكثف فى الجو المشمس الحار الرطب، وأيضاً في حالة سكون الرياح وحدوث ظاهرة الإنقلاب الحراري في الليالي الباردة وقبل شروق الشمس حيث يعلو الهواء البارد وهو (الأعلى كثافة) هواء أعلى منه حرارة وهو(الأقل كثافة) فتستقر الملوثات بالقرب من سطح الأرض، ولا تتصاعد لأعلى حتى ترتفع درجة حرارة الهواء مرة أخرى وقت الظهيرة وتقل حدة الضباب الدخاني.[٢]

يرتفع الهواء القريب من سطح الأرض إلى أعلى حاملاً معه كميات من الملوثات ولكن عند تعرض المنطقة لضغط جوي مرتفع يدور الهواء فيه بشكل حلزونات عكسية فتهبط تيارات الهواء لأسفل ببطء نحو الأرض وأثناء الهبوط ترتفع درجة الحرارة ذاتياً وعندما يتقابل الهواء الهابط والصاعد تكون درجة حرارة الهواء الصاعد أقل من درجة حرارة الهواء الهابط ( ويعد هذا مخالفاً للتغير الرأسي الطبيعي لدرجة حراره الهواء) وبذلك تتكون بين طبقة كتلتي الهواء ما يسمى بمنطقة الإنعكاس أو الانقلاب الحراري "Temperature Inversion" وهي عامل مساعد لإستقرار الضباب الدخاني وتشكل هذه الطبقة من الهواء غطاء يحجز الملوثات والحد من إنتشارها أو تشتتها لأعلى مما يؤدي لتركيزها بدرجة كبيرة وتحدث

---

[١] مركب بيروكسي أسيل نيترات PAN وهو عبارة عن مركبات هيدروكربونية تتفاعل مع شقوق الهيدروكسيل والأكسجين وأكاسيد النيتروجين ويعتبر هذا المركب من أهم مصادر السحابة السوداء، الألدهيد Aldehyde مركب عضوي يحوي مجموعة وظيفية كربونيلية مع بديل واحد، فتكون الصيغة العامة للألدهيدات R-CHO، وبهذا يتميز عن الكيتونات التي تحوي بديلين ويمثل R في الصيغة ذرة هيدروجين أو جذراً ألكيلياً وإذا أزلنا R من الصيغة العامة للألديهايد فإننا نحصل على مجموعة الفورميل، الأكرولين Acrolein هو أبسط الألدهيدات الغير المشبعة، وهو سائل عديم اللون ذو رائحة نفاذة تنتج من الأغذية الغنية بالدهون عند معاملتها بالحرارة العالية، ففي حالة تعرض المادة الدهنية لدرجات الحرارة المرتفعة واحتراقها كما هو الحال عند قلي الأطعمة تتكون مادة الأكرولين، وهي مركب متطاير يعتقد أنه مسبب لمرض السرطان، كما أنه يسبب تهيج الأغشية المخاطية للأنف والعين ،كما أن هذه المادة توجد في السجائر وهي تعمل على منع نقل الرواسب الدهنية إلى الكبد، مما يؤدي إلى إرتفاع مستوى الكولسترول في الدم.

[٢] محمد إبراهيم محمد شرف، ظاهرة الضبخان smog، الضباب fog، الدخان smoke، محاضرة علمية، بدون تاريخ.

السحابة السوداء في أوقات مختلفة من السنة ولكن تظهر بصورة ملموسه في فصل الخريف بسبب سكون الهواء واستقراره (عدم تحركه)، وتعتبر ظاهرة الانقلاب الحراري شرط أساسي لحدوثها.

**١- <u>الأنشطة البشرية:</u>**

يقصد بها كل المصادر الناتجة عن الاستخدامات البشرية بكافة أشكالها مثل محطات إنتاج الطاقة الكهربائية الحرارية والصناعات وحرق الوقود الأحفوري فالزيادة المستمرة في عدد السكان وإستغلالهم المتنامي للمواد والضغط المستمر عليها وزيادة صور إستهلاك الطاقة من الوقود الأحفوري داخل المساكن وعلى الطرق وفي المصانع وزيادة الزحف العمراني على الأراضي الزراعية وزيادة حجم النفايات وغيرها صور تؤدي لتدهور العناصر البيئية وتقلل من قيمتها الإقتصادية.[١] ولعل من أهم الاسباب البشرية المحدثة لظاهرة السحابة الدخانية السوداء، هى قش الارز وعوادم المركبات ودخان المصانع ومنابع التلوث العشوائي الذي يحيط بإقليم القاهرة مثل المكامير، الفواخير، قمائن الطوب، المسابك، الكسارات، أفران الجير الحي الأبيض، الخيش المقطرن، والبترول الثقيل (البيتومين) وغيرها من الملوثات.[٢]

تنبعث من مصادر متعددة منها المصادر المتحركة مثل وسائل النقل، والثابتة كالمصانع ومحطات توليد الطاقة وغيرها وتنبعث منها مجموعتين من الملوثات هما: الملوثات الرئيسية وتشكل ٩٠% من ملوثات الهواء وتنتج عن عمليات الاحتراق مثل الجسيمات والغازات مثل أكاسيد الكربون والكبريت والنتروجين والملوثات الثانوية وهي التي تنتج عن عمليات التفاعل الكيميائي التي تحدث في الجو بين الملوثات الرئيسية.[٣] وكما تتباين مصادر ملوثات الهواء فيما بينها من حيث طريق إنطلاق الملوث ما بين إنطلاق لحظي Instantaneous مثل العواصف الترابية أو مستمر Continuous مثل محطات توليد الطاقة الكهربائية أو متقطع Intermittent مثل عوادم السيارات في أوقات الذروة.[٤]

**أولاً: لوافظ المناطق السكنية:**

أدت الزيادة السكانية لإقليم القاهرة الكبرى ومايصحبها من أنشطة تنموية إلى عدة عوامل تسببت في تكون السحابة السوداء التي تعتبر كارثة بيئية طبقاً لما ورد بقانون البيئة رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ قياساً على تعريف الكارثة البيئية.[٥]

---

[١] محمد إبراهيم محمد شرف، المشكلات البيئة المعاصرة، الاسباب، الاثار، الحلول، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، ٢٠٠٧، ص ١٣.

[٢] زكريا طاحون، السحابة الدخانية ضيف مصر الثقيل (غير المرحب به) الأسباب–الوقاية، سلسلة صون البيئة (١٣)، ٢٠٠٩، ص١٧٧.

[3] Redia, Bryson and John Kutzach (1988). Air pollution, University of Wisconsin, mades on association of American geographers, Washington,

[4] Storm.G, (1979) .Transport and diffusion of stack effluents, in Air pollution, Vol .1 Stem A.C Academic press Inc,New York, p12.

[٥] نهى الخطيب، إستخدامات نظم المعلومات في إدارة الكوارث البيئية بالتطبيق على تلوث هواء القاهرة الكبرى (السحابة السوداء)، مجلة البحوث الإدارية، بحوث محكمة، ٢٠٠٧، ص ١٣٥.

أ- **انبعاث الغازات بسبب استهلاك موارد الطاقة:**

تسهم زيادة أعداد السكان في زيادة حدة مشكلة التلوث واستهلاك السكان للوقود ومصادر الطاقة، من خلال ما يطرحه الانسان من نفايات ومن أنشطة مختلفة ويساهم إقليم القاهرة الكبرى بمحافظاته الثلاث (القاهرة، الجيزة، القليوبية) بنصيب ثابت يبلغ حوالى ٢٥% من حجم السكان فى مصر وتعد الأنشطة المنزلية مثل طهو الطعام وعمليات التنظيف والتدفئة واستخدام المبيدات والمنظفات المنزلية التي تسهم في تلوث الهواء داخل المباني بالاضافة إلى زيادة كمية المخلفات الصلبة الناتجة عن المنشآت السكنية والتي يتم التخلص منها عن طريق الحرق المكشوف ومايتبعث عنها من روائح كريهة وغازات سامة أثناء حرقها مما يؤثر على صحة الانسان، بالاضافة إلى استهلاك الكهرباء وتتركز محطات القوى الكهربائية في بالجيزة الوراق ومحطة شبرا الخيمة و حلوان.

تشكل الأفران والمطاعم أحد مصادر تلوث الهواء وذلك بسبب ماينجم عن استخدامها للمشتقات النفطية كوقود وينتج عنها كميات من الوقود المحروق التي تنطلق إلى الهواء بالاضافة لوجود هذه الأفران بين المباني السكنية وتأثيرها على صحة السكان، أما المطاعم تستخدم الغاز السائل والفحم للمشويات ومايترتب على ذلك انبعاث الملوثات من غبار ورماد ناتجة عن الفحم وبعض الغازات الأخرى.[١]

**ب-انبعاث الغازات من المخلفات والفضلات:**

تعتبر المخلفات أهم مصادر تلوث الهواء في إقليم القاهرة الكبرى حيث تتراكم كميات كبيرة من المخلفات والقمامة بالشوارع والأماكن الخالية وتنتشر المقالب العشوائية في عدة أماكن حيوية وأصبح الحرق المكشوف للنفايات الوسيلة الرئيسية الأسهل للتخلص منها وتمثل المخلفات الزراعية النصيب الأكبر بنسبة (٣٣.٦%) يليها المخلفات البلدية بنسبة (٢٣.٥%)، وتتركز مناطق الحرق المكشوف في مقالب القمامة بـ ١٥مايو وحلوان وطره وعزبة الزبالين، أما المقالب العمومية مقلب القطامية القديم وأبوالمجد بمدينة نصر ومدينة السلام وفي القليوبية مقلب مسطرد وأبوزعبل وعزبة الزبالين بالخصوص وفي الجيزة أرض اللواء، البراجيل، المعتمدية بالإضافة لمناطق تراكمات قمامة ١٤ منطقة بالجيزة، ٤٠ منطقة بالقاهرة ومناطق حرق الكاوتش والمازوت تتركز في حي الشرابية (مخازن الخيش) ومدينة نصر (بجوار مقلب أبوالمجد) ومناطق حرق الكابلات في بولاق (أرض الترجمان) والشرابية والزاوية الحمراء وشبرا الخيمة، ويتضح من الجدول رقم (١) والشكل رقم (١) التوزيع العددي والنسبي للمخلفات المتولدة وتساهم المخلفات الزراعية بنسبة ٣٣.٦% من حجم الملوثات بالأتربة الصدرية العالقة بهواء القاهرة بينما تساهم المخلفات البلدية بنسبة ٢٣.٥% ومخلفات الترع والمصارف بنسبة ٢٨%، بالإضافة الى الرياح الشمالية التي تحمل قدراً من الملوثات الناشئة عن الصناعات بالمناطق الشمالية إبتداءاً من مسطرد حتي أبو زعبل.

---

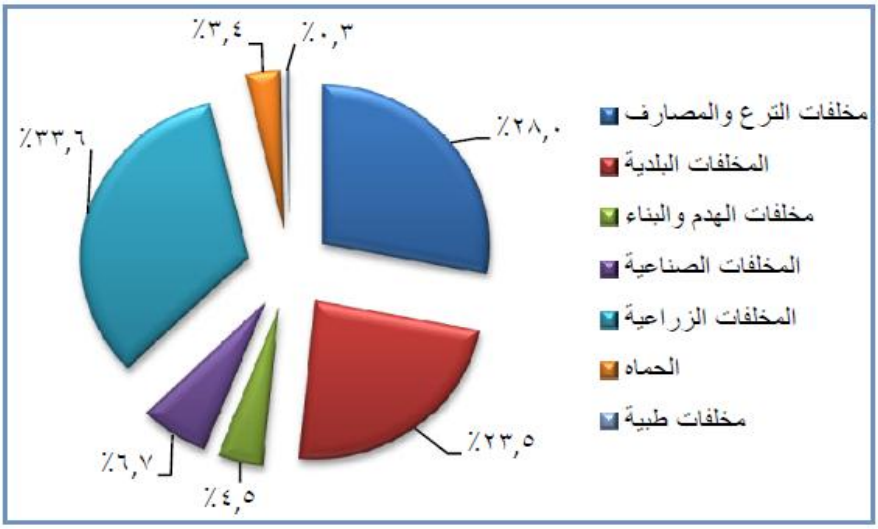
[١] مؤيد حسن قاسم، تحليل جغرافي لمشكلة تلوث الهواء في مدينة الزبير وتأثيراتها الصحية، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة البصرة، ٢٠١١ ، ص ٦٢.

جدول (١) التوزيع العددي والنسبي للمخلفات الصلبة المتولدة في مصر عام ٢٠١٣م

| المخلفات الصلبة | الكمية المتولدة (مليون طن) | % |
|---|---|---|
| مخلفات الترع والمصارف | ٢٥ | ٢٨ |
| المخلفات البلدية | ٢١ | ٢٣.٥ |
| مخلفات الهدم والبناء | ٤ | ٤.٥ |
| المخلفات الصناعية | ٦ | ٦.٧ |
| المخلفات الزراعية | ٣٠ | ٣٣.٦ |
| الحمأة | ٣ | ٣.٤ |
| المخلفات الطبية | ٠.٢٨ | ٠.٣ |
| الاجمالي | ٨٩.٢٨ | %١٠٠ |

المصدر: جهاز شئون البيئة، التقرير السنوي للاحصاءات البيئية عام ٢٠١٣م

شكل رقم (١) التوزيع النسبي للمخلفات الصلبة في مصر عام ٢٠١٣م




ومع زيادة الأنشطة التجارية والصناعية التي يصحبها نقص في القدرات المؤسسية للرصد والمراقبة بالإضافة لإهمال الأثر البيئي للعديد من من قطاعات الإنتاج وصلت مشاكل تلوث الهواء لمستوى الأزمة، والمساهم فيها الغبار والهباء الجوي وبإستخدام مواقع إنتاج عدد الحرائق من النقاط الساخنة التي تظهر شذوذ حراري عالي تم تحديدها خلال أشهر أكتوبر من(٢٠٠١-٢٠٠٤م) أظهرت التغيرات الشهرية في عدد الحرائق تغيرات مفاجئة خلال أشهر أكتوبر مقارنة بالأشهر الأخرى من السنة.[١]

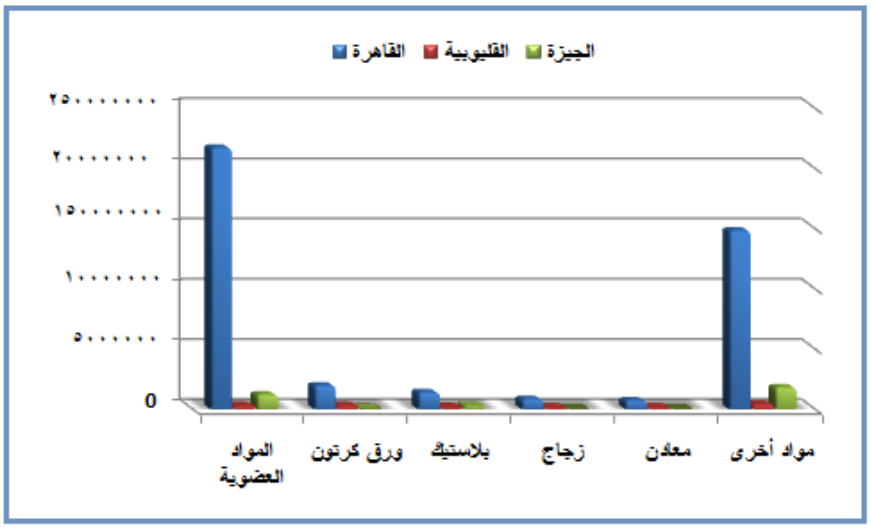
جدول رقم (٢) توزيع المخلفات الصلبة (قمامة المنازل) موزعة طبقاً لمكوناتها (٢٠١١-٢٠١٢م)

| المحافظة | إجمالى الكمية بالطن/ عام | المواد العضوية | ورق كرتون | بلاستيك | زجاج | معادن | مواد أخرى |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| القاهرة | ٤١٤٦٩١٩٣ | ٢١٦٩٨٨٢٩ | ١٩٦٣٦١٣ | ١٣٩٩٧٧٦ | ٨٤٥٣١٩ | ٧٢٣٠٦٨ | ١٤٨٣٨٥٨٨ |
| القليوبية | ١٢٨٤٥٥٠ | ٢٥٦٩١٠ | ٢٥٦٩٢٠ | ١٤٤٩٢٥ | ١٢٨٤٥٥ | ١١١٩٧٥ | ٣٨٥٣٦٥ |
| الجيزة | ٣٠٩٦٦٦٠ | ١٢١٠٧٩٤ | ١٨٥٨٠ | ٢٧٥٦٦١ | ٩٦١٠ | ١٣٦٢٥ | ١٨١٦١٩٠ |

المصدر: التقرير السنوي لاحصاءات البيئة عام ٢٠١٥، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، اصدار أبريل ٢٠١٧.

(1) H. El- Askary Air Pollution Impact on Aerosol Variability Over Mega Cities Using Remote Sensing Technology, volume 9, 2006, Case Study, Cairo, Egypt pp, 31-40.

شكل رقم (٢) توزيع كمية المخلفات الصلبة (قمامة المنازل) بمنطقة الدراسة (٢٠١١-٢٠١٢م)




**ثانياً: لوافظ ناتجة عن الأنشطة البشرية:**

هناك عوامل كثيرة ومتعددة لحدوث السحابة السوداء بخلاف قش الارز (المتهم البريء) الذي يساهم مساهمة محدودة في حدوث الظاهرة بالمقارنة مع العوامل الاخرى المنتجه للغازات والملوثات الهوائية، ومنها عوادم المركبات والفواخير ولوافظ المصانع والمنشات الصناعية بداخل الكتلة السكنية في تفاقم ظاهرة السحابة السوداء ومن تتبع أرقام الجدول رقم (٣) تتضح لنا الحقائق التالية:

- المسابك: تتركز المسابك بالقاهرة الكبرى بعدد ٧٠٠مسبك بنسبة (٧٠%) من اجمالى عدد المسابك في مصر البالغ عددها ١٠٠٠مسبك، ٣٠٠ مسبك بشبرا الخيمة وأبو زعبل بنسبة (٣٠%)

- المحاجر والكسارات وورش الرخام: بلغ عدد المحاجر ٧٠ محجر بمساحة (١٢٠٠فدان) بالاضافة الى تلوث الهواء فهو تلوث بالضوضاء أيضاً (تفجير ديناميت)، تلوث التربة ومخصص(٣٠٠ فدان) لمحاجر الحجر الجيري طريق القطامية/العين السخنة، وبلغ عدد الكسارات ٧٠ كسارة في مصر القديمة و١٠٠كسارة في شق الثعبان بالاضافة الى ورش الرخام ٥٠ ورشة في الدرب الاحمر و٢٠٠ ورشة في شق الثعبان، وتعمل هذه الكسارات على تلوث الهواء خاصة عندما تتطاير كمية من الأتربة الناعمة الناتجة عن تكسير الحصى وعن المناخل الموجودة فيها تؤثر على صحة العمال.

- الفواخير: تشتهر محافظة القاهرة بصناعتها حيث بلغ عدد الفواخير ١٤٥ فاخورة تتركز في منطقة بطن البقرة بمصر القديمة.

- مصانع الطوب: تتركز بجنوب إقليم القاهرة الكبرى وتحتل محافظة الجيزة النصيب الأكبر على مستوى مصر في صناعة الطوب الطفلي في منطقة عرب أبو ساعد بعدد (٤١٨مصنع) بنسبة (٧٩%) من اجمالى مصانع الطوب، وتتركز بعض المصانع بالبدرشين والعياط وشمالاً في القليوبية.

- مصانع تعدينية: بعدد ١٢٠٦مصنع

- معمل تكرير البترول: وينتج عنه ثاني اكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين من مصافي البترول.

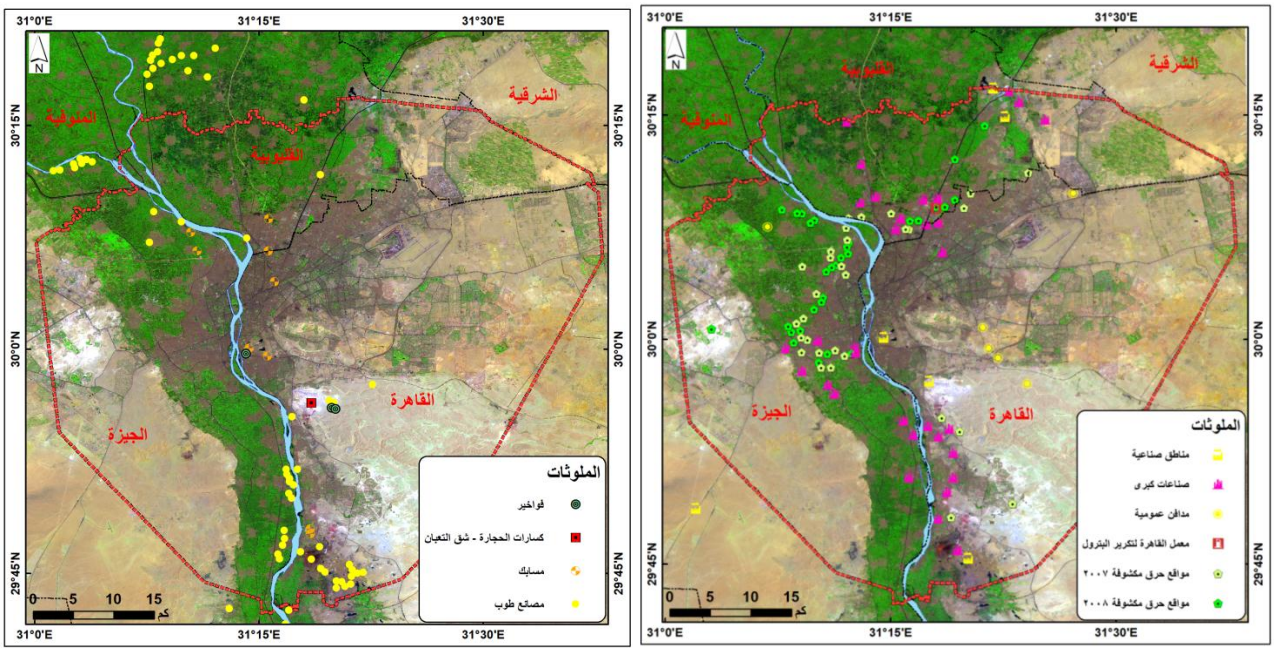
– محطات توليد الكهرباء: تتركز في الوراق بالجيزة ومحطة شبرا الخيمة وحلوان ويتم حرق الديزل أو الزيت الخام لتوليد الكهرباء من أهم مصادر تلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت $SO_2$ نظراً لاحتواء الوقود المستخدم في انتاج الكهرباء على نسبة عالية من الكبريت حوالي (٢% بالوزن).

جدول رقم (٣) التوزيع العددي لمصادر تلوث الهواء بإقليم القاهرة الكبرى

| النشاط | العدد | النشاط | العدد |
|---|---|---|---|
| المسابك | ١٠٠٠ | معامل تكرير بترول | معمل |
| المحاجر | ٧٠محجر(١٢٠٠فدان) | محطات توليد الكهرباء | ٦ |
| كسارات الحجارة | ١١٠ | المنشآت الصناعية | ١٣٦٠٨ |
| ورش الرخام | ٢٥٠ | مكامير الفحم | ٢٣٠ |
| الفواخير | ١٤٥ | مصانع الغراء | ٨ |
| أفران الجير الحي | ٧٢ | المقالب العمومية | ٧ |
| مصانع الطوب | ٥٣٠ | المقالب العشوائية | ٢٠ |
| مصانع تعدينية | ١٢٠٦ | المركبات | ٢.٥مليون |

المصدر: وزارة الدولة لشئون البيئة، مشروع نظم المعلومات البيئة المصري، ٢٠٠٥

شكل رقم (٣) توزيع مواقع الملوثات الرئيسية بإقليم القاهرة الكبرى




المصدر: من عمل الطالبة اعتماداً على بيانات الهيئة العامة للتصنيع والدراسة الميدانية باستخدام برنامج ( Arc GIS 10.3) والخلفية مرئية فضائية للقمر الصناعي الأمريكي Landsat OLI بتاريخ ١٧ فبراير ٢٠١٧

– المنشأت الصناعية: تنتشر الصناعات والمنشآت الصناعية في منطقة الدراسة وتتركز في شبرا الخيمة وحلوان والتبين والعديد من المناطق الأخرى بالاضافة إلى الصناعات العشوائية داخل المناطق السكنية مما أدى لزيادة انبعاث الملوثات وتأثيرها السلبي على صحة السكان، وتشير بيانات الهيئة العامة للتصنيع بأن القاهرة الكبرى تستأثر بحوالي٥٠% من إجمالي عدد المنشآت الصناعية على مستوى الجمهورية وتتركز معظم الصناعات بمنطقتي حلوان وشبرا الخيمة ويقدر عددهم ١٣٦٠٨منشأة صناعية منها

١٣٠٨٤منشأة صغيرة ومتوسطة ٥٢٤ منشأة كبيرة، تضم المنطقة الصناعية بحلوان ٢٧ مصنع مثل الحديد والصلب، شركة النصر للكوك والكيماويات، القومية للأسمنت، الشركة، مصنع السماد العضوي)، منطقة شبرا الخيمة الصناعية وتشمل ١٢٠٦مصنع منهم (شركة الدلتا للحديد والصلب، معامل تكرير البترول)، منطقة أبو رواش الصناعية بعدد ٢٠٠ مصنع، منطقة ٦ أكتوبر ٤٥٠ مصنع منطقة العبور تضم ٥٠ مصنع ومنطقة العاشر من رمضان وتشمل ٦٠٠ مصنع، بينما منطقة ١٥مايو ٢٠ مصنع.

– مكامير الفحم: بلغ عدد مكامير الفحم ٥٠٠ مكمورة ٢٣٠ مكمورة بالقليوبية منها ١٥٦مكمورة في قرية اجهور الكبرى التابعة لمركز طوخ وتتخلل المناطق السكنية، بالاضافة الى تأثير ٢٧٠ مكمورة فحم بالشرقية يتركز معظمها على طريق بلبيس ابو زعبل.

– مصانع الغراء: بلغ عدد مصانع الغراء في منطقة الدراسة حوالى ٨ مصانع.

– المقالب العمومية والعشوائية: يتم الحرق المكشوف للمخلفات البلدية في مقالب القمامة العمومية المنتشرة حول القاهرة الكبرى والتي تستقبل مايقرب من ٩ الآف طن يومياً. بالاضافة الى حرق قش الارز حيث تتركز زراعة الارز في ثمان محافظات بالدلتا حول اقليم القاهرة الكبر ينتجوا مايقرب من ٣ملايين طن من قش الارز، ومنذ دخول الكهرباء الى الريف وعزوف المزارع عن إستخدام الحطب ومخلفات نباتات القطن والأرز كوقود لتلبية إحتياجاتهم المنزلية إستبدالها بالكيروسين والغاز بإعتبارهما أكثر كفاءة وأقل تكلفة مما ساعد على تزايد حجم المخلفات النباتية وفي ضوء عدم توفير طرق لجمع تلك المخلفات في إعادة تصنيعها والإستفادة منها لجأ المزارعين للتخلص منها عن طريق الحرق المكشوف وتلعب الرياح دوراً رئيسياً في نقل الملوثات من مصادرها.

– المركبات: موقع إقليم القاهرة الكبرى الوسطي جعل منه مركز تجميع للأنواع المختلفة من وسائل النقل المختلفة، ويعد منطقة مفصلية في شبكة الطرق بشكل عام، فتزداد مصادر تلوث الهواء المختلفة من عام لآخر حيث بلغ عدد المصادر المتحركة (المركبات) التي يتجاوز عددها ٣,٥ مليون سيارة عام ٢٠٠٥، ويقدر هذا بزيادة سنوية ١٠% حيث أن نسبة كبيرة من المركبات بمصر لايتم تخريدها إلا بعد مرور ما يزيد عن ثلاثة أضعاف عمرها الإفتراضي، وتمثل بأنواعها المصدر الرئيسي لتلوث الهواء ويرجع ذلك لحرق الوقود بها، وتعتبر وسائل النقل السيارات الصغيرة والأتوبيسات هي وسيلة النقل الأساسية وتنبعث منها ملوثات أول اكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين والدخان الأسود وتزايد أعداد المركبات المتاحه أكثر من ١,٥مليون مركبة وتشمل ٤٥٠ الف موتوسيكل، ٤٠٠٠ أتوبيس نقل عام تعمل بالسولار ميكروباصات تعمل بالسولار والمركبات الخاصة.

تتمثل في لوافظ المصانع المنتشرة بمنطقة الدراسة مثل الحديد والصلب والمعدات الثقيلة والأسمنت وتتركز معظمها في حلوان وصناعة الحديد والسكر والغزل والنسيج بالمناطق الصناعية بالحوامدية بالجيزة ومنطقة شبرا الخيمة وأبو زعبل بالقليوبية كما تتوزع الصناعات الحرفية الصغيرة في مناطق عين شمس والسلام والبساتين والوايلي بالقاهرة والخانكة وقليوب بالقليوبية وإمبابه وبولاق الدكرور والأهرام بالإضافة

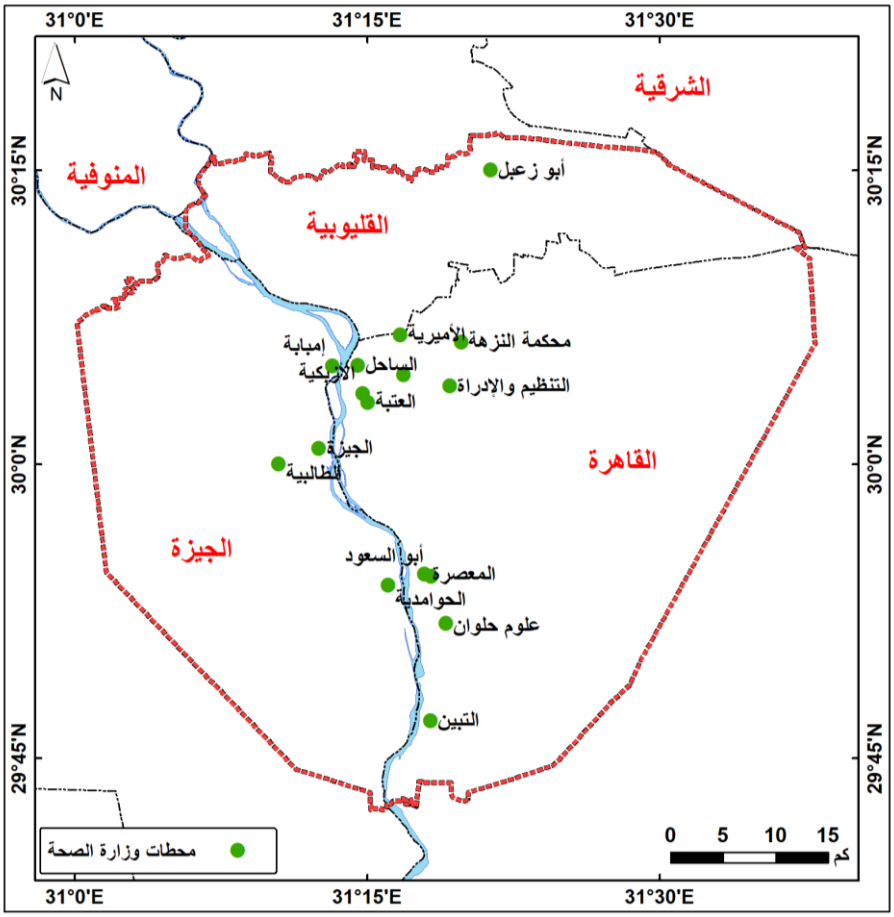
الى صناعة الجلود والمشغولات المعدنية بجانب صناعة السجاد والكليم بالجيزة. بالإضافة الى المناطق الصناعية الجديدة في القطاع الشرقي في العبور وبدر والأمل وعلى طريق القطامية الدائري والجنوب في حلوان والتبين والصف.

صورة رقم (١) لوافظ المصانع الملوثة والمسببة لتكون السحابة السوداء بمنطقة الدراسة

١- **الملوثات الناتجة عن الأنشطة البشرية:**

ولدراسة مصادر تكون السحابة السوداء تم الاعتماد على بيان الملوثات للفترة من (١٩٩٨-٢٠١٠م) من مركز الرصد البيئي بإمبابه- التابع لوزارة الصحة والسكان- والتي تتراوح بين بيانات ساعية ويومية، وعلى الرغم من أن اقليم القاهرة يتغطى بنحو١٧ محطة لقياس الملوثات ويوضح الشكل رقم () توزيع المحطات داخل منطقة الدراسة إلا أن المحطات تختلف في أنواع الملوثات ومواعيد الرصد، كما أن بعضها لا يعمل بإستمرار ولا يغطي التوزيع الحالي للمحطات سوى قياسات رصد محلية فقط يصعب وقد إقتصرت الدراسة على بيانات نحو ١٣ محطة فقط تتناول الجسيمات العالقة والمتساقطة، الدخان، ثاني أكسيد الكبريت والرصاص بإعتبارهم أبرز أنواع الملوثات في إقليم القاهرة الكبرى.

شكل رقم (٤) مواقع محطات الرصد البيئي التابعة لوزراة الصحة والسكان




وتنقسم الملوثات الى نوعين ملوثات أساسية (أولية) تظهر نتيجة لعمليات الإنتاج الصناعي أو الكثافة المرورية مثل أكاسيد الكبريت، أكاسيد النتروجين، الجسيمات الصدرية العالقة، أول أكاسيد الكربون وملوثات ثانوية نتيجة لتفاعل الملوثات الأولية مع بعضها البعض، وهذه الملوثات هي نتاج الأنشطة البشرية لتكون ظاهرة السحابة السوداء وسوف ندرس كلاً منها بالتفصيل:

**١- ثاني أكسيد الكبريت: $SO_2$ (Suifur Dioxide)**

ينطلق ثاني أكسيد الكبريت من مصادر حرق الوقود التي تحتوي على كبريت مثل البنزين منخفض الاوكتان حيث يمثل ٧٥% من مصادر الكبريت في العالم، وتشكل أكاسيد الكبريت المنبعثة من محطات توليد الطاقة الكهربائية اكثر من ٨٥% من اكاسيد الكبريت المنبعثة نتيجة احتراق الوقود الأحفوري بينما تمثل كمية أكاسيد الكبريت المنبعثة من وسائل النقل ٢% وذلك لأن الوقود المستخدم في السيارات والديزل يحتوي على نسبة ضئيلة من الكبريت حوالى (٠.٠٣%) وينتج أيضاً من احتراق الخشب وهناك مايسمى بالسحابة الكبريتية، وعندما يختلط هذا الغاز بهواء المدن بنسبة عالية يؤدي للوفاة ومما يزيد من التأثيرات المهيجة لثاني أكسيد الكبريت تنفس الهواء البارد حيث تحتوي كل أنواع الوقود على مركبات الكبريت الملوثة للجو بأكاسيد الكبريت عند إحتراقها وهذا أحد الأسباب الرئيسية في أن سكان المدن أكثر تعرضاً للنزلات الشعبية التي تتلف أغشية الرئتين.[١] كما أن إستخدام المازوت في صناعة الفواخير بمصر القديمة ينتج عنه إنبعاثات عالية من غاز $SO_2$ وتأثرت بهذه الزيادة المناطق الصناعية والمرورية أكثر من المناطق السكنية.

يزداد التلوث بثاني اكسيد الكبريت في شبرا الخيمة وذلك بسبب الانبعاثات الصناعية الناتجة عن بعض المصانع المنتشرة في المنطقة وويرتفع في المناطق ذات الكثافة المرورية العالية والشوارع الضيقة مثل محطة الجيزة والقللي ويتكون من عمليات اكسدة البقايا الكبريتية الموجودة في بعض انواع الوقود اثناء عملية الاحتراق وبعض المناطق الصناعية التي تعمل بالمازوت كوقود لانتاج الطاقة، وتحتل القاهرة المركز العاشر عالمياً والثالث إفريقياً في تلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت بمعدل٤٠ ميكروجرام/م$^3$.[٢] ويتضح من الأشكال رقم (٥)، (٦) الآتي:

**-المتوسطات السنوية:**

- بلغ أعلى قيمة للمتوسط السنوي بالكبريت في محطة الأميرية (٣١,١٦ ميكروجرام/م$^3$) بينما سجلت محطة الحوامدية أدنى قيمة للمتوسط السنوي (١١.٨١ ميكروجرام/م$^3$) بمدى (٢٠٣٥ ميكروجرام/م$^3$).

**- المتوسطات الفصلية:**

- سجلت محطة الأميرية المركز الأول للتلوث بـ $SO_2$ في الربيع بلغ (٣٢,٨٠ميكروجرام/م$^3$).
- جاءت محطة العتبة كأدنى قيمة خلال فصل الخريف بلغت (٣٠,٩٩ ميكروجرام/م$^3$) يليها الأميرية (٣١,٠٦ ميكروجرام/م$^3$).

---

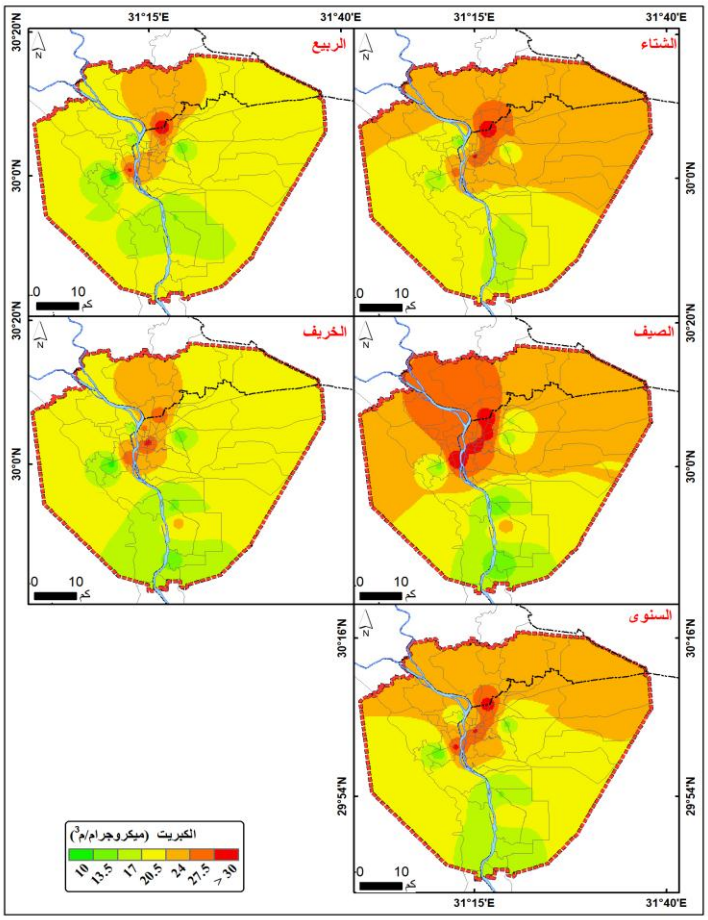
[١] أحمد عبد الحميد الفقي، مناخ القاهرة الكبرى، رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة عين شمس، ٢٠٠٧، ص ٣٠٢.

[٢] خالد محمد مدكور، نمذجة نوعية الهواء وغازات الصوبة الحرارية في مصر، دراسة في الجغرافيا المناخية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس، القاهرة، ٢٠١٨، ص ١٥٤-١٥٥

– إحتلت الجيزة أعلى متوسط صيفي بلغ (٣٢,٥٤ ميكروجرام/م$^{٣}$) ويرجع ذلك لارتفاع التلوث بـ $SO_2$ بمحطة الأميرية لكونها منطقة سكنية صناعية مرورية تقع تحت الريح بالنسبة لمنطقة شبرا الخيمة الصناعية، والعتبة منطقة تجارية فضلاً عن كونها منطقة سكنية مرورية، حيث ترتفع نسبة التلوث بثاني أكسيد الكبريت في المناطق الصناعية وشبه الحضرية، فالمحطات الصناعية المحيطة بمناطق سكانية سجلت أعلى المتوسطات السنوية نتيجة لتراكم الملوثات الصناعية بالاضافة الى الملوثات الناتجة عن الانشطة اليومية للسكان، وهو يطلق بصورة رئيسية نتيجة احتراق الوقود الاحفوري.

شكل رقم (٥) المتوسطات الفصلية والسنوية للتلوث بثاني أكسيد الكبريت $SO_2$

للفترة من عام (١٩٩٨–٢٠١٠م)



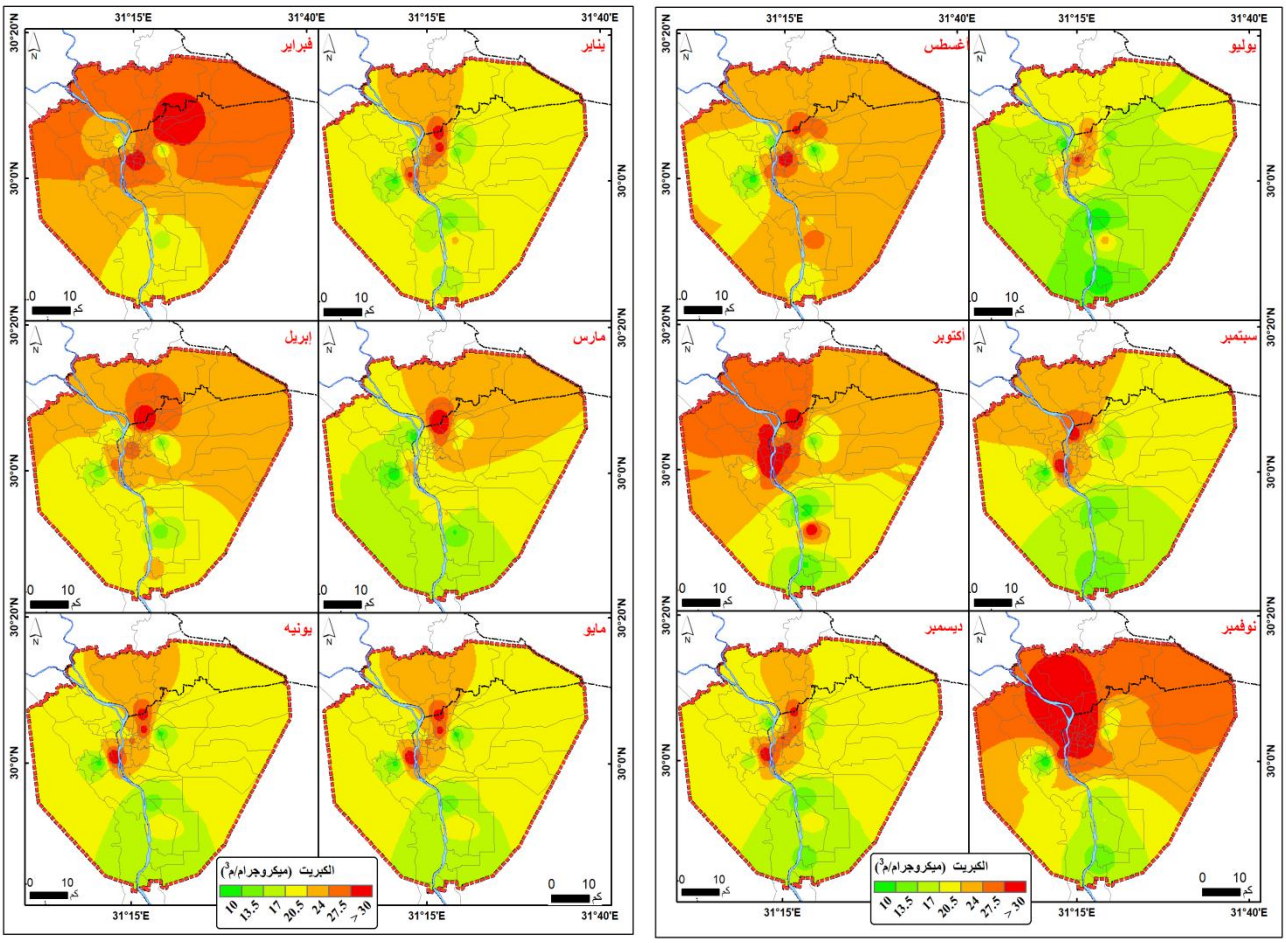

- **المتوسطات الشهرية:**

– سجلت محطتي النزهة والأميرية أعلى متوسط شهري لتركيز ثاني أكسيد الكبريت $SO_2$ بلغت على التوالي (٤١,٧٧، ٤١,٢٩ميكروجرام/م$^{٣}$) يليها منطقة العتبة (٤١,١٤ميكروجرام/م$^{٣}$) في شهر فبراير وكان هذا التركيز أقل من الحدود المسموح به للتعرض السنوي وهو ٦٠ ميكروجرام/م٣، أما شهر نوفمبر سجل أعلى قيم لعدد المحطات حيث إحتل ٦محطات أعلى متوسط شهري لتركيز بـ $SO_2$ حيث جاءت محطة طـب عـين شـمس، الطالبيـة، إمبابـة فـي الترتيـب الأول علـى التـوالي (٣٤,٨٩، ٣٣,٦٣، ٣٣,١٨ ميكروجرام/م$^{٣}$).

– سجل أقل متوسط شهري لتركيز $SO_2$ في شهر مايو بمحطة الحوامدية (٥,١٧ ميكروجرام/م$^3$) وشهر أكتوبر في محطة أبو السعود (٥,٥٧ ميكروجرام/م$^3$)، وجاء شهر يوليو كحد أدنى لمتوسط التلوث ب $SO_2$ سجلتها محطة التبين والمعصرة على التوالي (٧,٨٣، ٨,٠٧ ميكروجرام/م$^3$)، فالرياح تكون في ادنى سرعتها خلال فصل الصيف فيتراكم غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء ويصل لأعلى مستوياته بينما تعمل زيادة سرعة الرياح خلال فصلي الشتاء والربيع على انخفاض بـ $SO_2$ وخاصة مع تزايد فرص سقوط الأمطار.

شكل رقم (٦) المتوسطات الشهرية للتلوث بثاني أكسيد الكبريت $SO_2$

للفترة من عام (١٩٩٨–٢٠١٠م)




المصدر: من عمل الطالبة إعتماداً على بيانات غير منشورة، مركز الرصد البيئي للفترة من (١٩٩٨–٢٠١٠م)

**٢– الجسيمات الكلية العالقة: T.S.P (Total Suspended Particles)**

تشمل الأتربة والمعادن والغازات المختلفة العالقة في الهواء وتؤدي هذه الجسيمات لتقليل كمية أشعة الشمس الواصلة للأرض مما يؤثر على نمو النباتات بسبب تقليل كفاءة عملية التمثيل الضوئي فضلاً عن أنها تسبب حدوث مشاكل بالجهاز التنفسي الجسيمات التي يقل قطرها عن (٢.٥ميكروجرام/م$^3$)، حيث تقدر في حلوان نحو ٣٠٠ طن/كم٢/شهر حول مصانع الأسمنت بحلوان في حين يبلغ الحد المسموح به

عالمياً ٩ طن/كم٢/شهر.[١] بينما فاقد الأسمنت المتطاير في الهواء من مصنع بورتلاند حلوان بلغ ٢٠٠ طن يومياً بمعدل يصل لـ ٥,٥% من الطاقة الإنتاجية لأفران المصنع.

تعد الجسيمات العالقة المشكلة الرئيسية لتلوث الهواء في مصر حيث سجلت بعض المناطق أعلى من المسموح بها٩٠ ميكروجرام/م$^{٣}$ طبقاً لقانون البيئة ١٩٩٤/٤ حيث تتراوح مابين مايقرب من ٦ أضعاف الحدود المسموح به في الجيزة ٦٠٠ ميكروجرام/م$^{٣}$ والقاهرة ٥٠٠ ميكروجرام/م$^{٣}$ وسبب ذلك الإختناقات المرورية وعلى المحاور الرئيسية تصاعد الأدخنة من الورش والمسابك والجيارات والأتربة المتساقطة من الصحراء (المقطم) وكذلك المثارة من الشوارع عند الحركة المرورية عليها، على سبيل المثال العاصفة الترابية التي هبت على القاهرة في شهر مايو١٩٩٧ واستمرت لمدة ٢٠ دقيقة، ويتضح الأشكال رقم (٧) و(٨) الحقائق التالية:

- **المتوسطات السنوية:**

– ارتفع المتوسط السنوي للجسيمات الكلية العالقة أعلى من الحد المسموح به (٩٠ ميكروجرام/م$^{٣}$) بجميع محطات منطقة الدراسة، حيث سجلت محطة الأميرية (الأكثر تلوثاً على الإطلاق) أكبر متوسط سنوي للتلوث بـ T.S.P بلغ (١٢٠٧,٠٣ ميكروجرام/م$^{٣}$) أكبر من الحد المسموح به حوالي (١٣ مرة) تليها محطة الطالبية (٩٢١,٠٣ ميكروجرام/م$^{٣}$)، ويرجع ذلك لوقوع محطة الأميرية الى الجنوب من شبرا الخيمة الصناعية في منصرف الرياح حيث يرتبط حجم الترسيب السنوي للعوالق الكلية بالمناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة والمناطق الصناعية الكبرى في كل من شمال القاهرة ومصر القديمة خاصة مرتفعات جبل المقطم المصدر الرئيسي للاتربة المتساقطة ودور الرياح الجنوبية في نقل الملوثات الصناعية من منطقتي التبين وحلوان.

- **المتوسطات الفصلية:**

– تتباين تركيزات العوالق الكلية بين فصول السنة ويعد فصل الربيع هو الأعلى ويرجع ذلك لنشاط المنخفضات الخماسينية وما تحمله الرياح من إثارة للغبار والرمال والأتربة حيث جاءت محطة الأميرية أعلى متوسط لفصول السنة للتلوث بـ T.S.P بلغ (٣٥٩٥,٣٠ ميكروجرام/م$^{٣}$) على مستوى فصول السنة يليها محطة الطالبية لأعلى متوسطات لباقي فصول السنة الخريف، الصيف والشتاء على التوالي (١٠١١,٧٠، ٨٥٩,٣٣، ٨٥٦,٢٥ ميكروجرام/م$^{٣}$)، ترتفع التركيزات خلال فترات السنة وخاصة خلال فصل الخريف التي تتزامن هذه الفترة مع حدوث السحابة السوداء فوق إقليم القاهرة الكبرى.

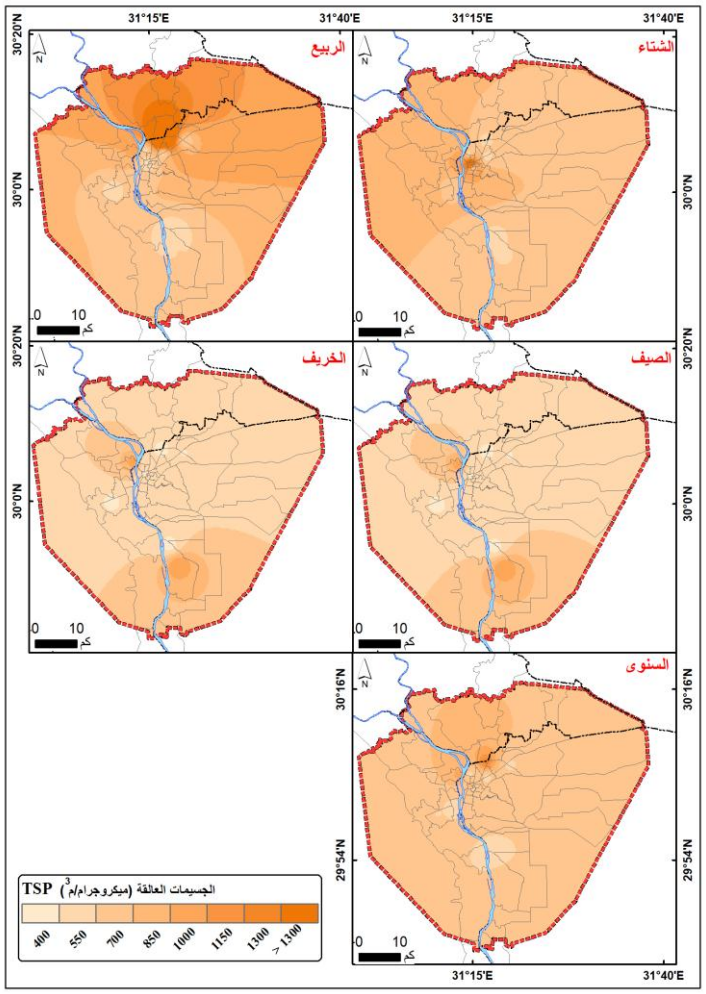
– كما وصلت تركيزات الجسيمات العالقة في هواء القاهرة عام ٢٠١٣ بتقرير مركز الرصد البيئي الى (٤٨٥ ميكروجرام/م$^{٣}$) بزيادة تصل الى (٥٨.٣%) عن الحد المسموح به والمقدر بـ٩٠ ميكروجرام/م$^{٣}$ ومن

[١] أحمد عبد الحميد الفقي، مرجع سبق ذكره، ص ٢٩١.

أهم مسبباتها الغبار وأتربة الأسمنت و يعمل الهدوء النسبي لحركة الرياح على تراكم الملوثات وعدم تشتتها بالقرب من سطح الارض وتصل التركيزات لأعلى مستوياتها في هذا الفصل.

شكل رقم (٧) المتوسطات الفصلية والسنوية للتلوث بالجسيمات المستنشقة **T.S.P**

للفترة من عام (١٩٩-٢٠١٠)



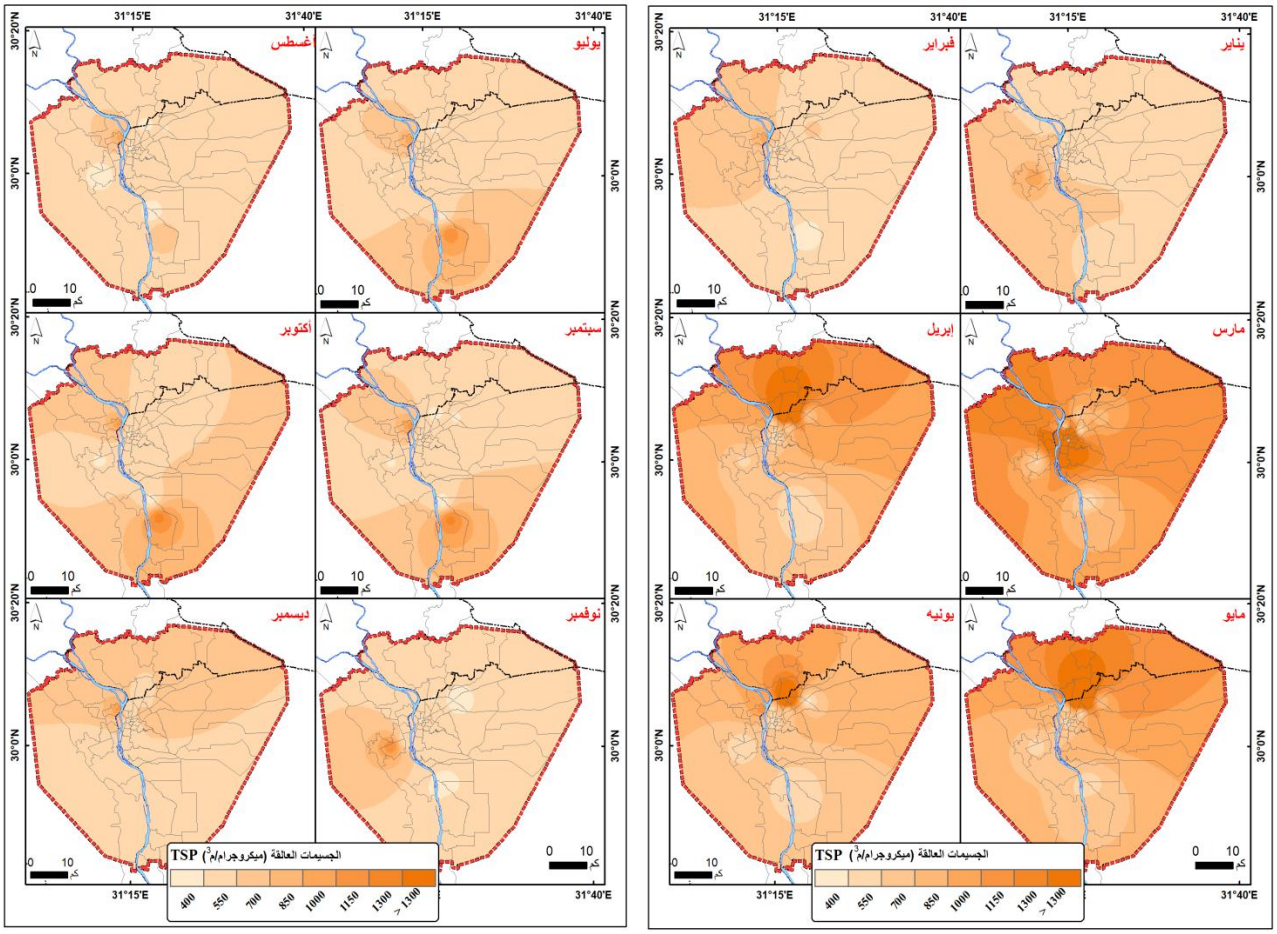

- **المتوسطات الشهرية:**

– سجل أعلى متوسط شهري للتلوث بـ T.S.P بمحطة الأميرية لشهري أبريل ومايو على التوالي بقيم بلغت (٤٠٠٥,٠٣، ٤١٠٦,٧٠ ميكروجرام/م٣)، وتعتبر منطقة الأميرية نواة القلب القديم لأقليم القاهرة الكبرى وجاءت محطة حلوان بأعلى القيم في شهري سبتمبر وأكتوبر على التوالي (١٢٠٤,١٦، ١٢٠٨,٨٨ميكروجرام/م٣) ويرجع ذلك لوجود مصانع الأسمنت بها بالإضافة الى الأنشطة الحضرية والتجارية وسط المدينة وسجلت محطة الطالبية أعلى متوسطات شهرية تجاوزت(١٠٠٠ميكروجرام/م٣) في شهري يونيو ويوليو على التوالي (١١٥٢,٢٤، ١٠٠٩,٥٢ميكروجرام/م٣) يليه سبتمبر وأكتوبر (١٠٧٩,٥٨، ١٠٤٥,٨٠ ميكروجرام/م٣) وشهر ديسمبر(١٠٤٠,٨٧ميكروجرام/م٣)، وجاءت محطة الحوامدية بمتوسط (١١٤٢,٣٨ميكروجرام/م٣) وبنها (٥٨٢,٤٧ ميكروجرام/م٣) ومن خلال قيم المتوسط

الشهري نلاحظ تجاوزت جميع المحطات النسبة المسموح بها سنوياً للتلوث بالجسيمات الكلية العالقة وهى (٩٠ ميكروجرام/م٣). ويتعدى تأثير هذه المواد العالقة المشكلات الصحية لتشمل تدني الرؤية على الطرق، وتحتل القاهرة المرتبة الثانية عالمياً والأولى إفريقياً في تلوث الهواء بـ $PM_{10}$ في المعدل السنوي ويرجع ذلك لسرعة واتجاه الرياح ومدى الاستقرار والاضطراب بالغلاف الجوي.

شكل رقم (٨) المتوسطات الشهرية للتلوث بالجسيمات المستنشقة T.S.P

للفترة من (١٩٩٨-٢٠١٠م)




المصدر: من عمل الطالبة إعتماداً على بيانات غير منشورة، مركز الرصد البيئي للفترة من (١٩٩٨-٢٠١٠م)

- ادى الى ذلك موقع اقليم القاهرة بين تلال ابو رواش والمقطم فمصر القديمة اول منطقة تصل اليها الجزيئات من مرتفعات المقطم التي تعد المصدر الرئيسي للأتربة المتساقطة شمال القاهرة بالاضافة للتلوث الصناعي بحلوان عند انتقال هذه الاتربة بمرور الرياح الجنوبية.

**٣- الجسيمات الصدرية المستنشقة: $PM_{10}$ ( Particalates Matter )**

تعتبر الجسيمات هي المؤشر الرئيسي لتلوث الهواء بإقليم القاهرة الكبرى وتأتي من مصدرين؛ من المقطم والأهرام وخاصة في ظل العواصف الترابية والثاني؛ من عوادم السيارات التي تجوب شوارع منطقة الدراسة، وتمركز العديد من الأنشطة البشرية والصناعية به كما أن هذه الجسيمات لها تأثيراتها الصحية

الأكثر ضرراً حيث أنها تستطيع الوصول الى الرئتين نتيجة لصغر حجمها وكذلك تكوينها حيث أنها في الغالب مواد عضوية ناتجة عن الإحتراق لأنواع الوقود المختلفة.

اصبحت تركيزات الجسيمات العالقة $PM_{10}$ التي يتم جمعها من المناطق السكنية والصناعية، وزادت تركيزاتها ووصلت إلى ٨.٥ و ٧ مرات وهذا يعزى ارتفاع تركيز الجسيمات العالقة خلال فصل الشتاء إلى زيادة المصادر الطبيعية المختلفة والانبعاثات المرتبطة بها، ولكن أيضا إلى سرعة الرياح المنخفضة التي تقلل من تشتت $PM_{10}$.[1] وسجلت محطة التبين نسب عالية للتلوث بالجسيمات العالقة حوالي ٥٢٦ ميكروجرام/م$^3$ ونلاحظ ان هذه التركيزات العالية يتم رصدها بالمحطة عند هبوب الرياح من الاتجاه الشرقي والجنوب الشرقي حيث يوجد مصنع القومية بحلوان والحراريات كما ترتفع عند هبوب الرياح من الاتجاه الجنوبي الغربي لوجود الحديد والصلب ومصانع الطوب الطفلي، ومن الشكلين (٩) و(١٠) تضح لنا الحقائق التالية:

**-المتوسطات السنوية:**

– ترتفع تركيزات الجسيمات المستنشقة عن الحد المسموح به عالمياً ومحلياً للمتوسط السنوي لمحطة الأميرية (٤١٣,٩٨ ميكروجرام/م$^3$) وهو مايعادل خمسة أمثال الحد المسموح به محلياً وفقاً لقانون البيئة رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ وهو ٧٠ميكروجرام/م$^3$ وما يعادل ٢٠ مثل الحد المسموح به لمنظمة الصحة العالمية وهو ٢٠ ميكروجرام/م$^3$ حيث تحتل مصر المرتبة السادسة عالمياً في تلوث الهواء بالعوالق الدقيقة $PM_{10}$ وفقاً لتقرير المنظمة عام ٢٠١١، تليها محطة المعصرة (٤٠٣,٦٢ ميكروجرام/م$^3$) وسبب ذلك وجود مصانع الأسمنت بطره وتقع المعصرة جنوب طره وقربها من أكبر منطقة صناعية لصناعة الرخام على مستوى العالم وتقع جنوب حي المعادي على طريق الاوتوستيراد.

**– المتوسطات الفصلية:**

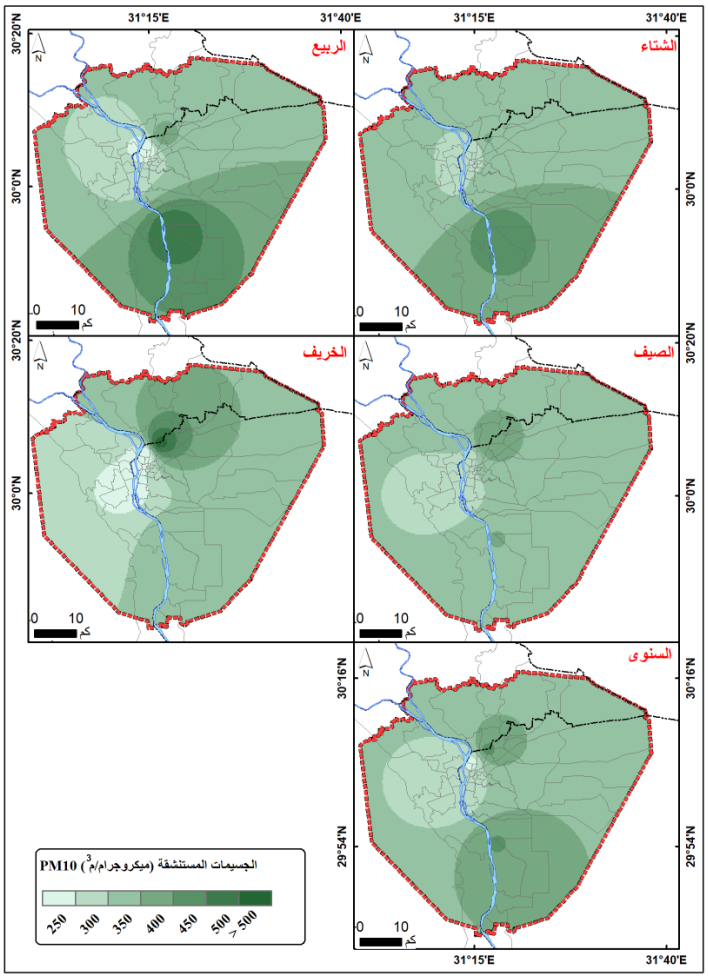
– بلغت أعلى نسبة للمتوسط الفصلي للتلوث بالجسيمات المستنشقة $PM_{10}$ في فصل الخريف سجلتها محطة الأميرية (٥٢٤,١٣ ميكروجرام/م$^3$) وهذا يتوافق مع نوبات تلوث الهواء الحادة خلال هذا الفصل يليه فصل الربيع في محطة المعصرة بلغت (٤٩٩,٥٣ ميكروجرام/م$^3$) وجاءت محطة الساحل بأعلى قيمة لها خلال فصل الشتاء(٢٩٣,٧٦ ميكروجرام/م$^3$) وذلك يرجع الى سرعة الرياح وإختلاف إتجاهاتها في هذا الفصل، أما فصل الصيف سجلت محطة إمبابة أعلى قيمة بلغت (٢٨٤,٤٩ ميكروجرام/م$^3$).

ويمكن تفسير إرتفاع مستوى التلوث محطة العتبة إلى الإنبعاث من المصادر البشرية خاصة وسائل النقل لكونها تمثل المركز التجاري والسكنى لمدينة القاهرة، هذا فضلاً عن كون مدينة القاهرة تضم ٥٥% من عدد الوحدات الصناعية، ويوجد بها مصانع الأسمنت المسئولة عن ٨٠% من إجمالي إنتاج الأسمنت في

[1] Shaltout, A. A., Hassan, S. K., Karydas, A. G., Harfouche, M., Abd-Elkader, O. H., Kregsamer, P., ... &Streli, C. (2018). EDXRF analysis of suspended particulate matter (SPM) from residential and industrial areas in Cairo, Egypt. X-Ray Spectrometry, 47(3), 223-230.

مصر، فضلاً عن مصانع الفخار والخزف الصيني والحراريات وقمائن الطوب الأحمر، وكذلك إرتفاع كثافة عمليات البناء والتشييد المستمرة.

شكل رقم (٩) المتوسطات الفصلية والسنوية للتلوث بالجسيمات الكلية العالقة $PM_{10}$ للفترة من عام (١٩٩٨-٢٠١٠م)




**-المتوسطات الشهرية:**

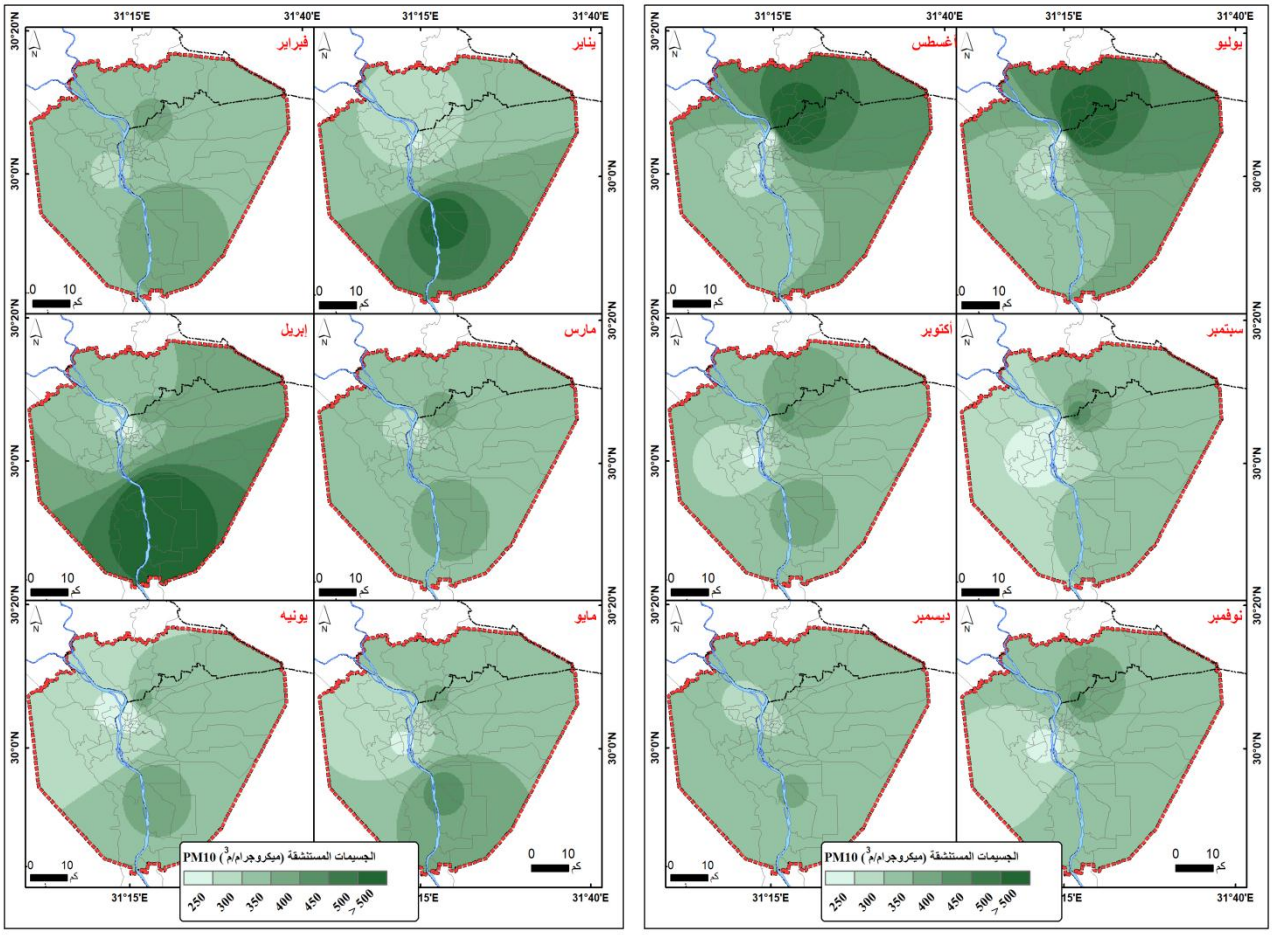
سجلت محطة الأميرية أعلى نسبة للتلوث بالجسيمات الصدرية المستنشقة $PM_{10}$ على مستوى شهور السنة إحتلها شهر يوليو بقيمة بلغت (٧٤٧ ميكروجرام/م$^3$) يليها محطة المعصرة حيث سجل شهر أبريل (٦٧٧,٥٨ ميكروجرام/م$^3$) وجاء شهر أبريل بأعلى قيمة لمحطة الساحل بلغت (٣٢٩,٤ ميكروجرام/م$^3$) تليها محطة إمبابة حيث سجلت أعلى قيمة بشهر فبراير (٣١٦,٤ ميكروجرام/م$^3$).

وتعد العوالق بنوعها الكلية والدقيقة ظاهرة سائدة في منطقة الدراسة وذلك للعديد من الأسباب التي تسهم في ذلك وأهمها الغطاء الصحراوي العريض المحيط بالمدينة من الشرق والغرب بالإضافة الى ندرة الأمطار والتي تعد من أهم عوامل تنظيف الهواء وتنقيته ذل الى جانب الصناعات التي تقع الى الشمال

والجنوب من المدينة وآلاف المصانع الصغيرة داخل المدينة بالإضافة الى حركة مايقرب من ٤ مليون سيارة في شوارعها مما يعمل على تراكم العوالق في الهواء وزيادة معدلاته بصورة مبالغة.[١]

شكل رقم (١٠) المتوسطات الشهرية للتلوث بالجسيمات الكلية العالقة **T.S.P**

للفترة من عام (١٩٩٨-٢٠١٠)




المصدر: من عمل الطالبة إعتماداً على بيانات غير منشورة، مركز الرصد البيئي للفترة من (١٩٩٨-٢٠١٠م)

**٤- الرصاص: Pb**

تعتبر مشكلة التلوث بالرصاص من اهم المشكلات التي تواجه الصحة العامة وقد ساهمت مبادرة البنزين الخالي من الرصاص بانخفاض نسب تركيزاته في الهواء المحيط بالعديد من المناطق المرورية المزدحمة ويتواجد في الهواء المحيط بالمناطق الصناعية وتعد المسابك العامل الاول من اهم مصادر الرصاص. ويؤثر على الكتل السكنية القريبة منها وتتواجد المسابك بانواعها المختلفة في شبرا الخيمة، أبو زعبل، البساتين وحلوان. وترتفع نسبة تركز الرصاص في المواقع القريبة من الطرق الرئيسية وحركة السير الكثيف وتم تحليل عينات من ورق نخيل الحدائق القريبة نتيجة لحركة المرور الكثيفة ويرجع مصدر هذا

[١] خالد محمد مدكور، مرجع سبق ذكره، ص ١٥٣.

التلوث يرجع لكثافة حركة النقل والصناعة ومصادر توليد الطاقة.[1] وينتج بصفة أكبر في المناطق الصناعية ثم المرورية يليها المناطق السكنية، ومن صناعة البطاريات الكهربائية وصناعة بعض أنواع الكريستال والوقود ويسبب ضراراً بالغاً على صحة الانسان.

تعتبر منطقة القللي وشارع الجمهورية من المناطق الأكثر تلوثاً نتيجة للكثافة المرورية الشديدة فيجب تسهيل الحركة المرورية بمنطقة وسط منطقة الدراسة لتقليل نسب الانبعاثات، وأيضاً يجب تشديد الرقابة على انبعاث العادم من المركبات بالمناطق ذات الكثافة المرورية العالية، نلاحظ ان التركيزات تزداد بصورة واضحة خلال فترات الخريف التي تتزامن مع حدوث نوبات الهواء الحادة، ويعد الرصاص من اخطر واشد انواع الملوثات على الصحة العامة حيث يؤثر على خلايا المخ الجذعية مسببا تدمير لهذه الخلايا بصورة كبيرة، ويتضح من الشكلين (١١) و(١٢) الحقائق التالية:

- **المتوسطات السنوية:**

– سجلت محطة الأميرية أعلى متوسط سنوي بلغ (٨٣,٣٢٦ ميكروجرام/م$^{٣}$) يليها محطة إمبابة بمتوسط سنوي بلغ (١٧,٣٣٧ ميكروجرام/م$^{٣}$) ويرجع ذلك الى منطقة صهر المعادن والمسبوكات في المنطقة الصناعية شمال إمبابة وكذلك الكثافة المرورية ونظراً لوجود بعض أنشطة مسابك الرصاص في شمال الأميرية بالمنطقة الصناعية بشبرا الخيمة.

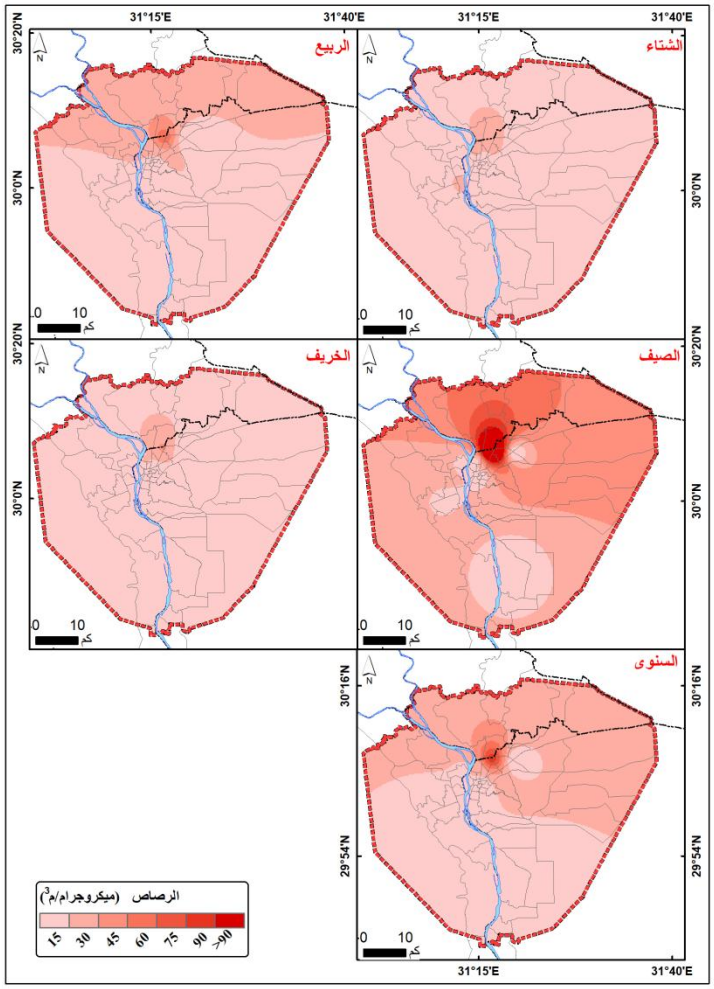
- **المتوسطات الفصلية:**

– سجل فصل الصيف أعلى متوسط فصلي في الأميرية بلغ (٢١٦,٤٢٣ ميكروجرام/م$^{٣}$) بينما في فصل الشتاء سجلت محطتي الأميرية والجيزة أعلى القيم بلغت على التوالي (٢٩,٦٧٥، ١٩,٣٥٤ ميكروجرام/$^{٣}$) ويليه فصل الربيع في الأميرية وإمبابة على التوالي (٥٥,٠٢٢، ٢٧,٠٦٣ ميكروجرام/$^{٣}$) والخريف محطة الأميرية (٣٢,١٨٥ ميكروجرام/م$^{٣}$)، ويمثل إحتراق البنزين المصدر للرصاص في المجال الجوي حيث يمثل هذا المصدر بمفرده حوالي ٩٤% من نسبة الرصاص المنبعثه للهواء الجوي.

[1] Adnan Othman.1982.Development of –x- Rays flour scene (x-R-r) spectors copy element analysis of particular matter in the atmosphere ,Master of sciences , university of Jordon ,Amman .

شكل رقم (١١) المتوسطات الفصلية والسنوية للتلوث بالرصاص Pb

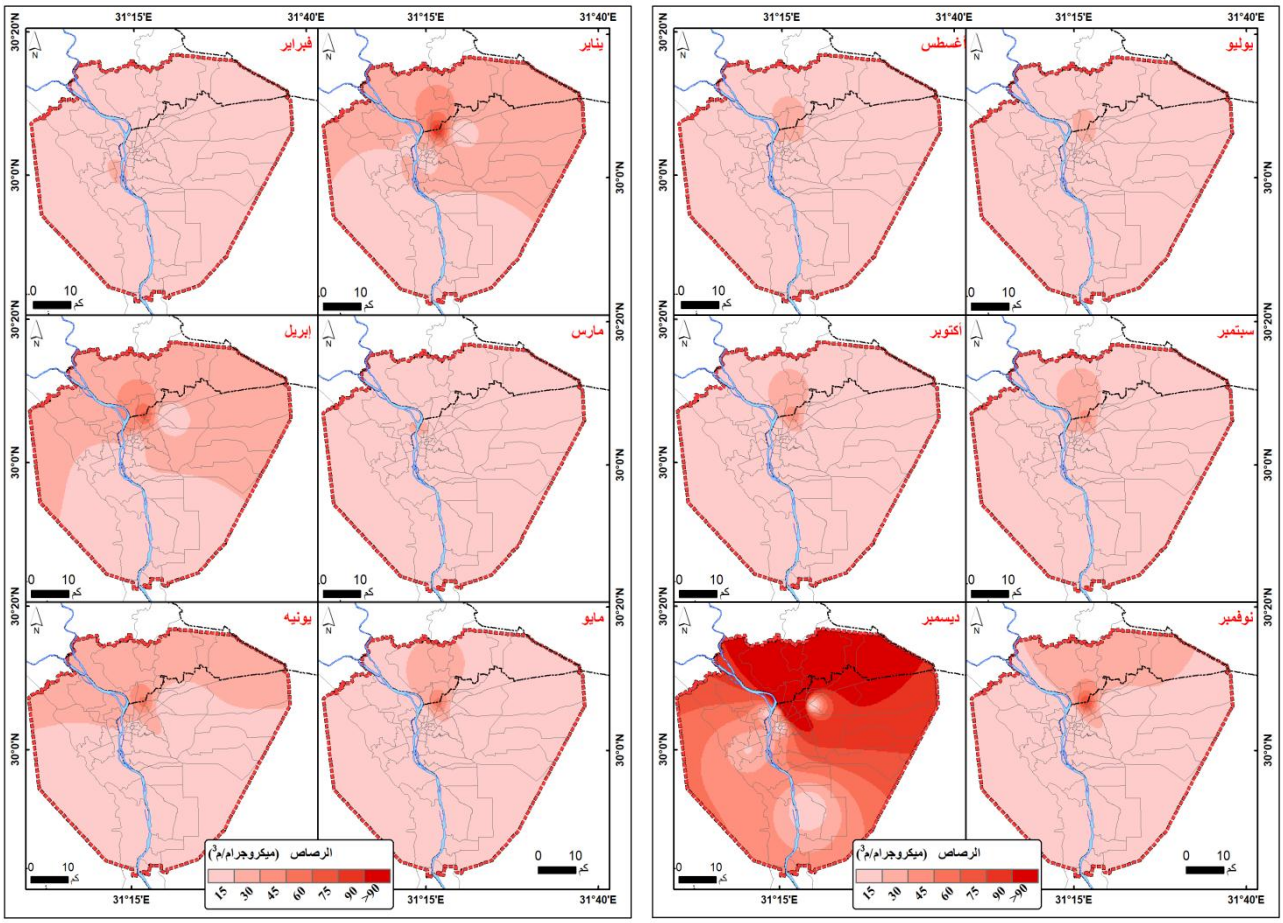
للفترة من عام (١٩٩٨-٢٠١٠)




**-المتوسطات الشهرية:**

سجل شهر ديسمبر أعلى شهور السنة للتلوث بالرصاص وإحتلت محطة الأميرية أكبر قيمة للمتوسط الشهري بلغت (٥٣١,٢٦٥ ميكروجرام/م٣) أعلى من النسبة المسموح بها أضعاف مضاعفة كما جاءت محطة الأميرية بأعلى القيم لشهور السنة وسبب ذلك وجود المسابك في الأميرية والتي تقع تحت الرياح الواردة من المنطقة الصناعية بشبرا الخيمة وإستخدام البنزين المحتوي على الرصاص أيضاً، ويليها شهر يناير لمحطة الأميرية بمتوسط شهري بلغ (٨٧,٩٢٠ ميكروجرام/م٣).

شكل رقم (١٢) المتوسطات الشهرية للتلوث بالرصاص Pb لفترة من عام (١٩٩٨-٢٠١٠)




المصدر: من عمل الطالبة إعتماداً على بيانات غير منشورة، مركز الرصد البيئي للفترة من (١٩٩٨-٢٠١٠م)

### ٥- ثاني أكسيد النتروجين: "$NO_2$" Nitrogen Dioxed

غاز النتروجين هو غاز عديم اللون والطعم والرائحة ويتكون كنتيجة لعمليات الإحتراق التي تتم في درجات الحرارة العالية وتعتبر الإنبعاثات من محركات المركبات ومحطات إنتاج الكهرباء والإنبعاثات الصناعية هي المصادر الأساسية لأكاسيد النتروجين، ويرتفع التلوث بـ $NO_2$ في المناطق ذات الحركة الكثيفة للمركبات والتكدس الهائل على الطرق والحد المسموح به للمناطق الصناعية (٨٠ميكروجرام /م$^3$) وللمناطق الحضرية (٦٠ميكروجرام/م$^3$)، ويؤدي ارتفاع تركيز أكسيد النيتروجين في الهواء إلى تهيُّج والتهاب أنسجة الرئتين والجهاز التنفسي وتسهيل إصابتهم بالعدوى. وبشكل غير مباشر يساهم أكسيد النيتروجين في تكوين الأوزون والجسيمات الدقيقة ($PM_{2.5}$) ، ويساهم كذلك في تكوين الأمطار الحمضية التي تضر بالنباتات والأحياء المائية. ويتضح من الشكلين (١٣) و(١٤) الحقائق التالية:

- **المتوسطات السنوية:**

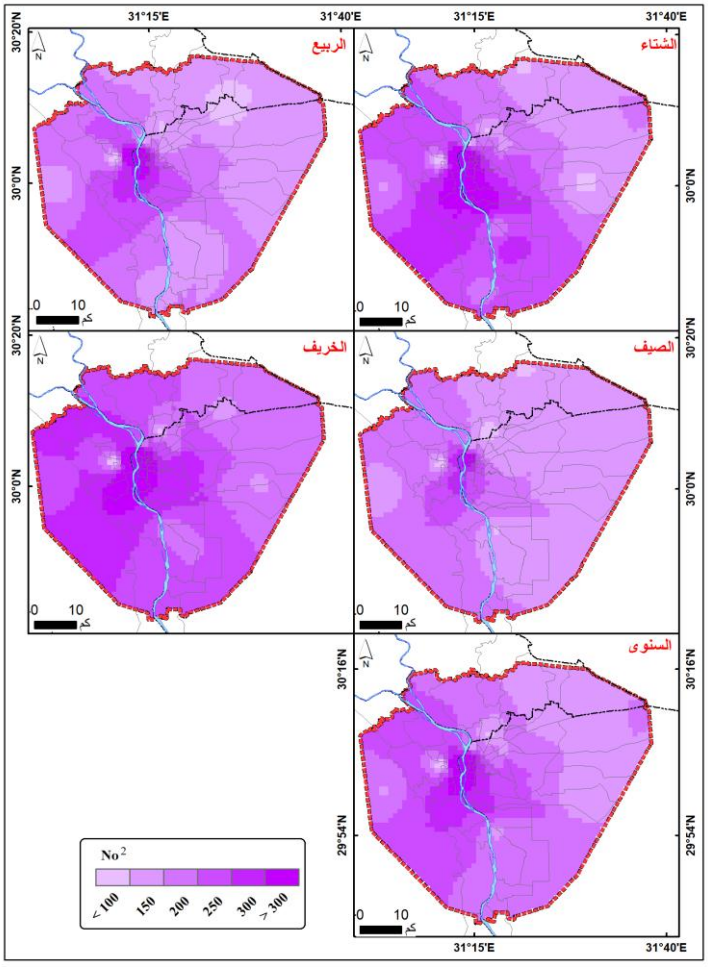
– سجلت أعلى التركيزات في محطة القللي بأعلى متوسط سنوي بلغ (٥٠٥.٣ ميكروجرام/م$^{٣}$) وبذلك تعدى الحد المسموح به (٨٠ ميكروجرام/م$^{٣}$) بحوالي ست مرات، وربما ذلك يعزي الى كثافة الحركة المرورية بينما سجلت محطة المعتمدية أدنى قيمة للمتوسط السنوي للتلوث بثاني أكسيد النتروجين بلغت (٢٩٧ ميكروجرام/م$^{٣}$).

- **المتوسطات الفصلية:**

سجل فصل الخريف أعلى متوسط فصلي لتركيز ثاني أكسيد النتروجين في محطة القللي بقيمة بلغت (٦١٣ ميكروجرام/م$^{٣}$) وطبقاً للحد المسموح به (٨٠ ميكروجرام/م$^{٣}$) فقد تعدى الحد المسموح به حوالى سبع مرات يليها ميدان الجيزة بقيمة بلغت (٤٥٠ ميكروجرام/$^{٣}$) ويليه فصل الشتاء والصيف وبلغ أعلى تركيز لـ $NO_2$ في محطة القللي أيضاً على الترتيب (٥٤٧.٢–٤٤٨.٤ميكروجرام/$^{٣}$) ثم جاءت محطة المهندسين بأعلى قيمة في فصل الربيع بلغت (٤٢٨.٥ميكروجرام/$^{٣}$).

شكل رقم (١٣) المتوسط الفصلي والسنوي للتلوث بثاني اكسيد النتروجين NO2

للفترة من عام (٢٠٠٦–٢٠١١م)

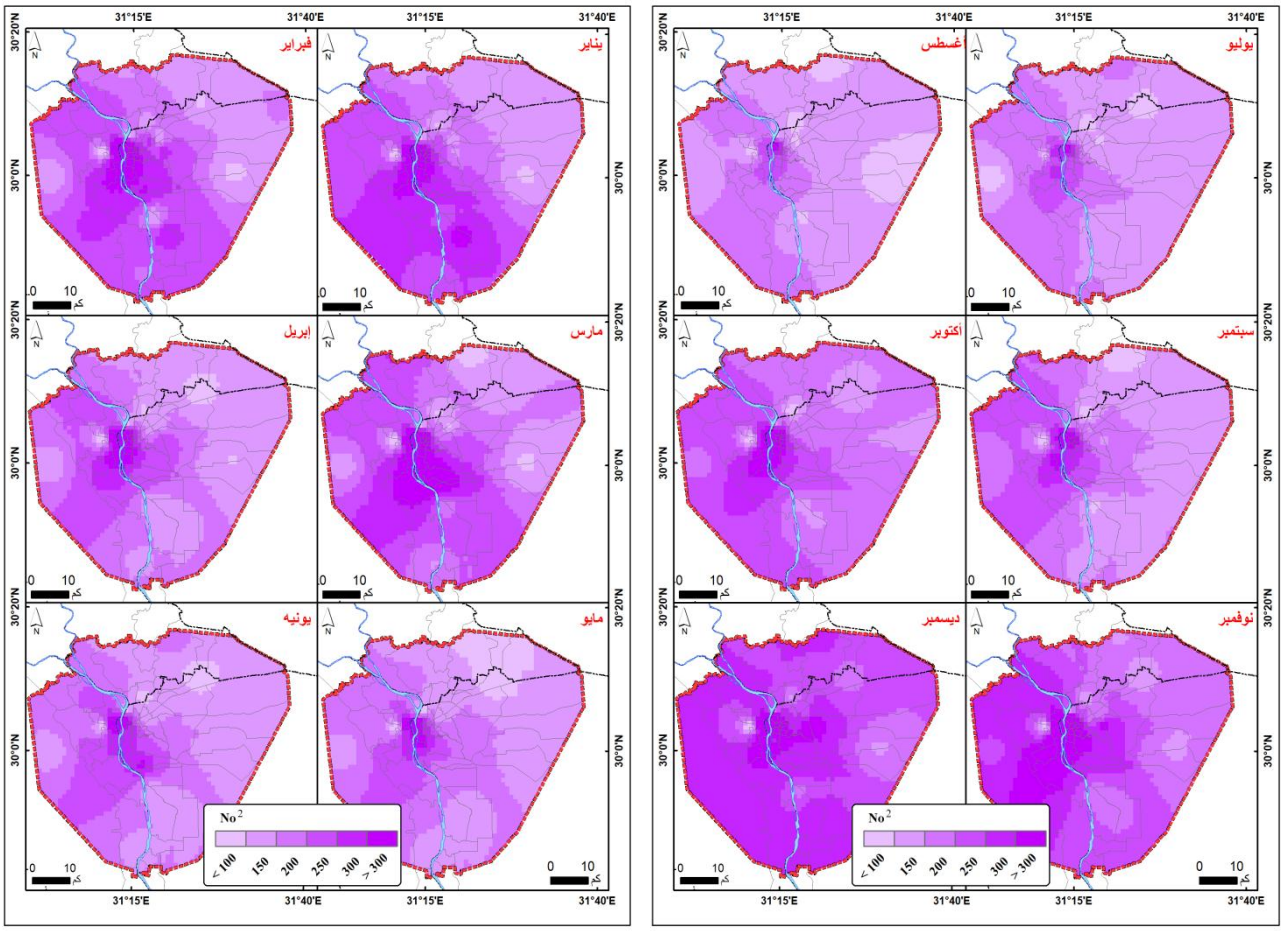


**-المتوسطات الشهرية:**

سجل شهر نوفمبر أعلى التركيزات بين شهور السنة للتلوث بثاني أكسيد النتروجين $NO_2$ وإحتلت محطة القللي أكبر قيمة للمتوسط الشهري بلغت (٦٨٤.٦ ميكروجرام/م$^3$) أعلى من النسبة المسموح بها أضعاف مضاعفة حوالى ثمان مرات ونصف يليها ميدان الجيزة (٥٣٥.٢ ميكروجرام/م$^3$) وذلك بسبب تكدس وكثافة الحركة المرورية في ميدان القللي، بينما أعلى القيم لتركيزات الـ $NO_2$ سجلها شهر ديسمبر وأدنى تركيز سجلته محطة المعتمدية (١٣.٦ ميكروجرام/م$^3$).

شكل رقم (١٤) المتوسطات الشهرية للتلوث بثاني اكسيد النتروجين NO2

للفترة من عام (٢٠٠٦-٢٠١١)




المصدر: من عمل الطالبة إعتماداً على بيانات غير منشورة، مركز الرصد البيئي للفترة من (١٩٩٨-٢٠١٠م)

**٦- أول أكسيد الكربون: CO**

يعتبر غاز أول أكسيد الكربون من الغازات الضارة والتي قد تؤدي الى الوفاة بشكل مباشر عند التعرض لها بتركيزات عالية وينبعث أول أكسيد الكربون من عمليات الإحتراق غير الكامل للوقود في الصناعات المختلفة وفي المركبات أو من حرق المخلفات ويبلغ الحد الأقصى والمسموح للتعرض له طبقاً لقانون البيئة رقم ٤ لسنة ٢٠٠٤ والمعدل بالقانون ٩ لسنة ٢٠٠٩ هو (٣٠ميكروجرام/م$^3$) كمتوسط تركيزه في الساعة، وينبعث غاز أول أكسيد الكربون من عوادم السيارات ومن إحتراق الفحم أو الحطب في الأنشطة

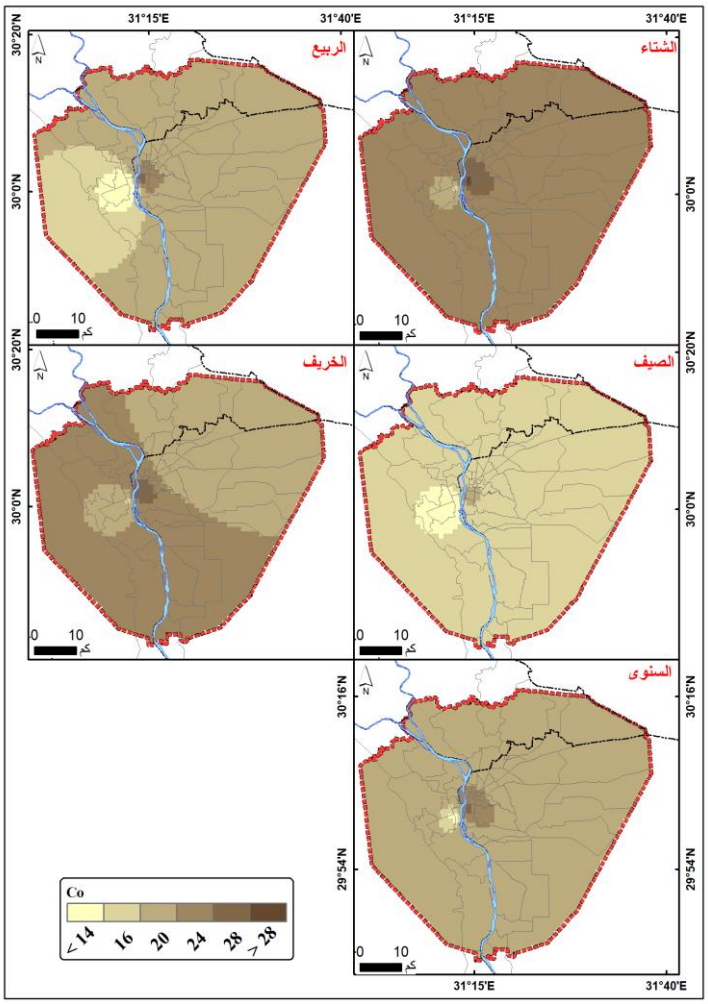
المختلفة حيث يعتبر أخطر أنواع ملوثات الهواء وأشدها سمية على الإنسان والكائنات الحية إذ يتحد غاز أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين مكوناً كربوكسي هيموجلوبين وبذلك يمنع الأكسجين من الإتحاد مع الهيموجلوبين وفي هذه الحالة يحرم الجسم الحصول على الأكسجين ويحدث الإختناق ويرتفع أول اكسيد الكربون في ميدان الجيزة بسبب زيادة كثافة المركبات في المنطقة ووجود (موقف أتوبيسات النقل العام)، ويتضح من الشكلين (١٥) و(١٦) الحقائق التالية:

- **المتوسطات السنوية:**

سجلت محطة القصر العيني أعلى متوسط سنوي لتركيز أول أكسيد الكربون بلغ(٢٥.٣ ميكروجرام/م$^{٣}$) وبذلك لم يتعدى الحد المسموح به (٣٠ ميكروجرام/م$^{٣}$) بينما سجلت محطة ميدان الجيزة أدنى قيمة للمتوسط السنوي للتلوث بأول أكسيد الكربون بلغت (١٢.٢ميكروجرام/م$^{٣}$).

شكل رقم (١٥) المتوسطات الفصلية والسنوية للتلوث بأول أكسيد الكربون CO

للفترة من عام (٢٠٠٦-٢٠١٥)



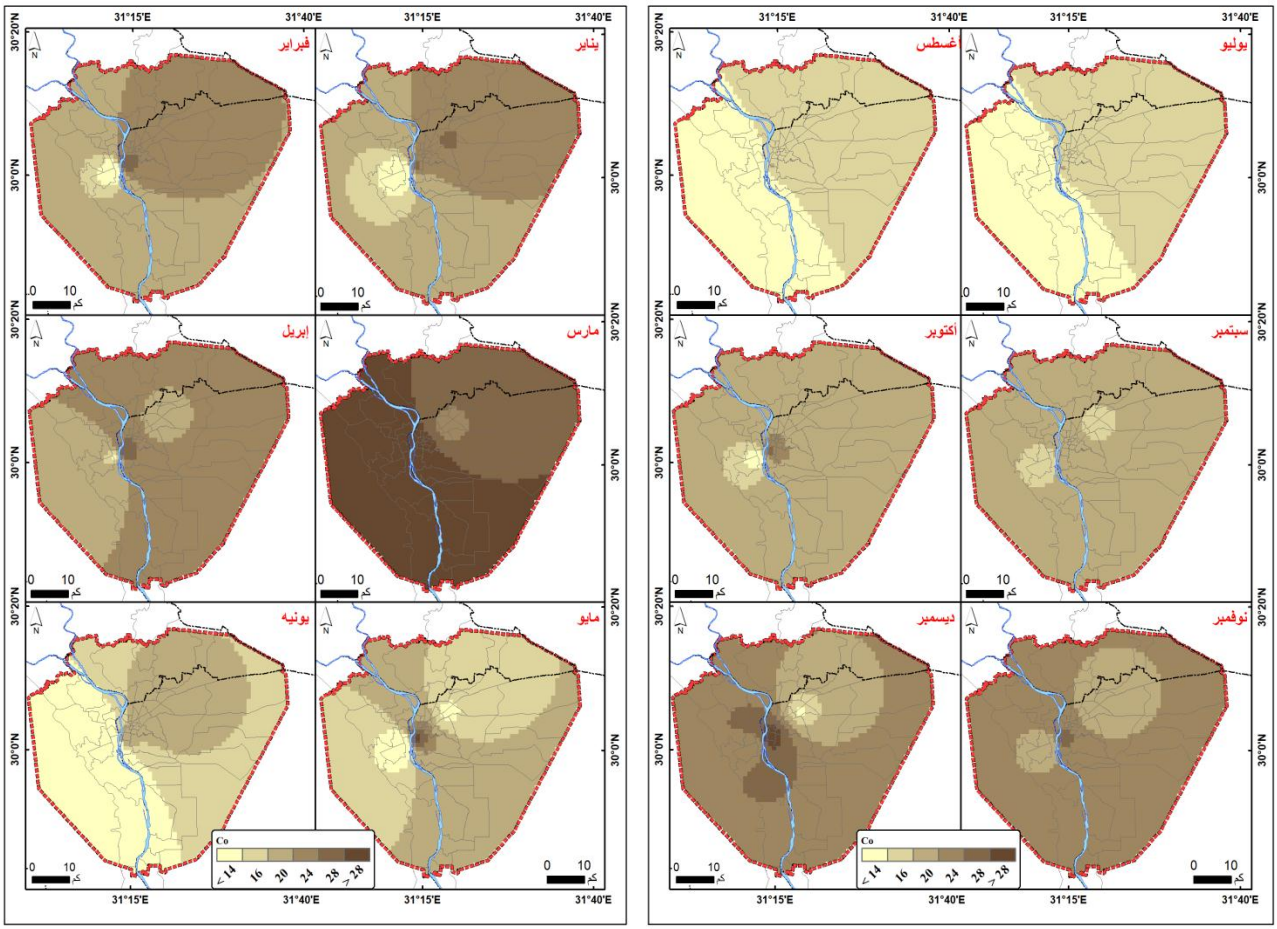
**-المتوسطات الفصلية:**

– سجل فصل الشتاء أعلى متوسط فصلي لتركيز أول أكسيد الكربون في محطة القصر العيني بقيمة بلغت (٢٨.٨ميكروجرام/م$^{٣}$) يليها ميدان الجيزة في شهر مارس بقيمة بلغت (٣٢.٤ميكروجرام/$^{٣}$) ويليه فصل الخريف لتركيز الـ CO في محطة القصر العيني (٢٨ميكروجرام/$^{٣}$) وأدنى قيمة لتركيز الـ CO في محطة ميدان الجيزة بقيمة بلغت (٧.٣ ميكروجرام/م$^{٣}$).

**-المتوسطات الشهرية:**

سجل شهر مارس وديسمبر أعلى التركيزات بين شهور السنة للتلوث بأول أكسيد الكربون CO وإحتلت محطة القصر العيني أكبر قيمة للمتوسط الشهري بلغت (٣٢.٨– ٣٢.٧ميكروجرام/م$^{٣}$) أعلى من النسبة المسموح بها (٣٠ميكروجرام/م$^{٣}$) يليها ميدان الجيزة (٣٢.٤ميكروجرام/م$^{٣}$) وأدنى تركيز للتلوث بـ CO سجلته محطة ميدان الجيزة (٣.٢ ميكروجرام/م$^{٣}$).

شكل رقم (١٦) المتوسطات الشهرية للتلوث بأول أكسيد الكربون CO
للفترة من عام (٢٠٠٦–٢٠١٥)




المصدر: من عمل الطالبة إعتماداً على بيانات غير منشورة، مركز الرصد البيئي للفترة من (١٩٩٨–٢٠١٠م)

٧- الأوزون: $O_3$

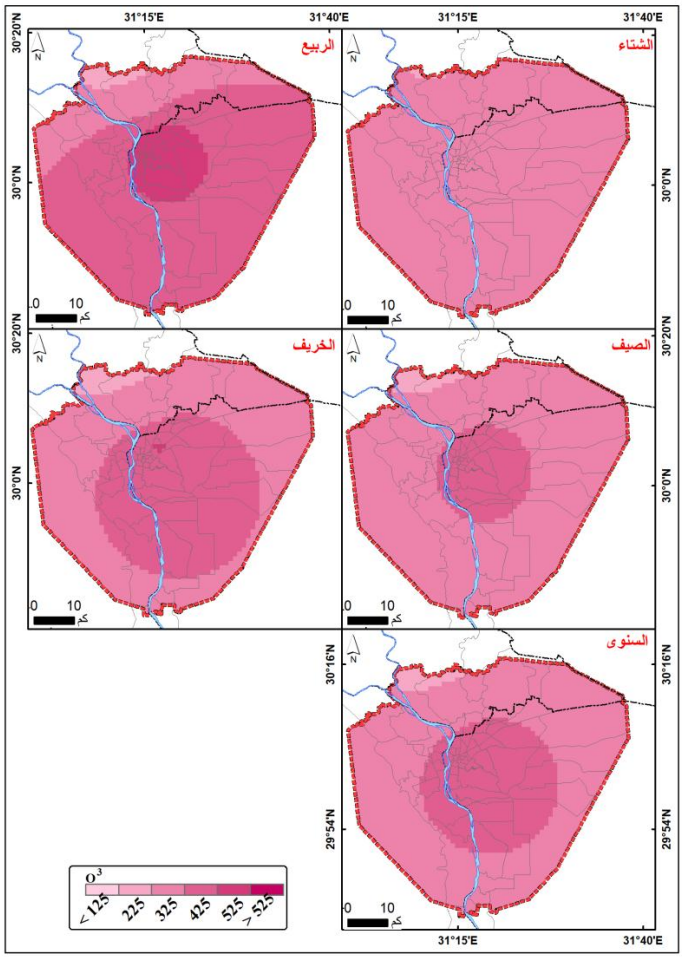
يتكون الأوزون في طبقات الجو القريبة من سطح الأرض ويسمى بالأوزون الأرضي نتيجة للتفاعلات الكيميائية الضوئية بين الملوثات العضوية وأكاسيد النتروجين في وجود أشعة الشمس لذا ترتفع تركيزات الأوزون الأرضي خلال شهور الصيف عنها في فصل الشتاء وذلك نتيجة زيادة عدد ساعات سطوع الشمس ويعتبر الأوزون من الغازات الخطرة على صحة الإنسان والحيوان والنبات كما يساهم بدور كبير في حدوث ظاهرة الضباب الدخاني عند إرتفاع تركيزاته بنسب كبيرة، وتحدد اللائحة التنفيذية لقانون البيئة التركيزات القصوى لغاز الأوزون بما لا يزيد عن (٢٠٠ميكروجرام/م$^3$) خلال ساعة واحدة وهو الحد المنصوص عليه قانوناً، ويتضح من الشكلين رقم (١٧)، (١٨) الحقائق التالية:

- **المتوسطات السنوية:**

- سجلت أعلى تركيزات المتوسط السنوي للأوزون في محطة العباسية بقيمة بلغت (٤٠٠.٥ميكروجرام/م$^3$) وبذلك تعدى الحد المسموح به (٢٠٠ ميكروجرام/م$^3$) بينما سجلت محطة قها أدنى قيمة للمتوسط السنوي للتلوث بـ الأوزون بلغت (١٤٤ميكروجرام/م$^3$).

شكل رقم (١٧) المتوسطات الفصلية والسنوية للتلوث بـ الأوزون $O_3$

للفترة من عام (٢٠٠٦-٢٠١١)



**-المتوسطات الفصلية:**

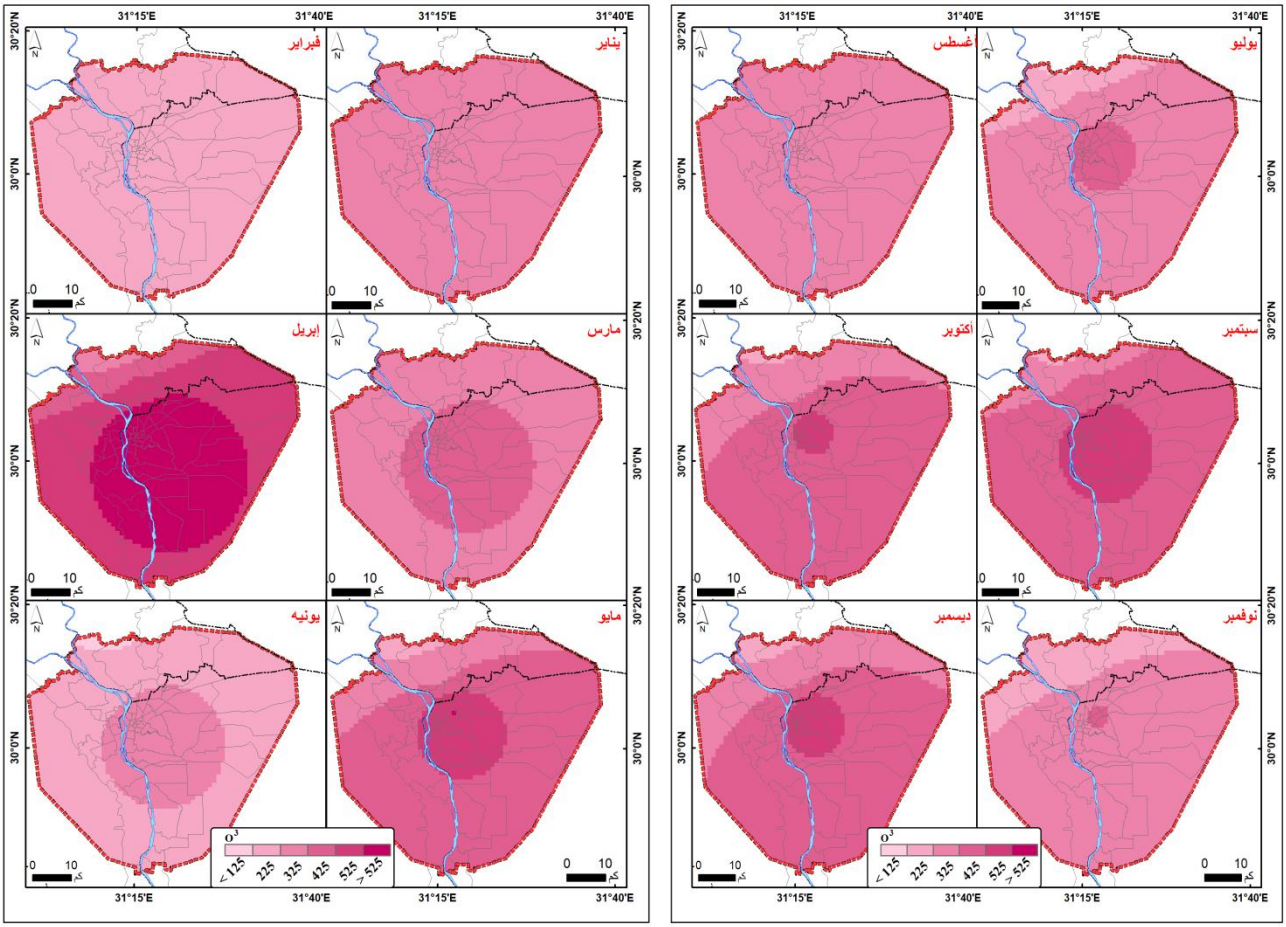
سجل فصل الربيع أعلى متوسط فصلي لتركيز الأوزون في محطة العباسية بقيمة بلغت (٥٠٤.٩ميكروجرام/م$^{٣}$) يليها فصل الخريف بقيمة بلغت (٤٢٧.٥ميكروجرام/$^{٣}$) وأدنى قيمة لتركيز الـ $O_3$ في محطة قها بقيمة بلغت (١٠٢.٧ ميكروجرام/م$^{٣}$).

**-المتوسطات الشهرية:**

سجل شهر أبريل أعلى التركيزات بين شهور السنة للتلوث بـ الأوزون وإحتلت محطة العباسية أكبر قيمة للمتوسط الشهري بلغت (٧٠٢.٩ميكروجرام/م$^{٣}$) أعلى من النسبة المسموح بها (٢٠٠ميكروجرام/م$^{٣}$) ثلاث مرات ونصف وأدنى تركيز للتلوث بـ $O_3$ سجلته محطة قها (٧١.٣ ميكروجرام/م$^{٣}$).

شكل رقم (١٨) المتوسطات الشهرية للتلوث بالأوزون $O_3$

للفترة من عام (٢٠٠٦-٢٠١١م)



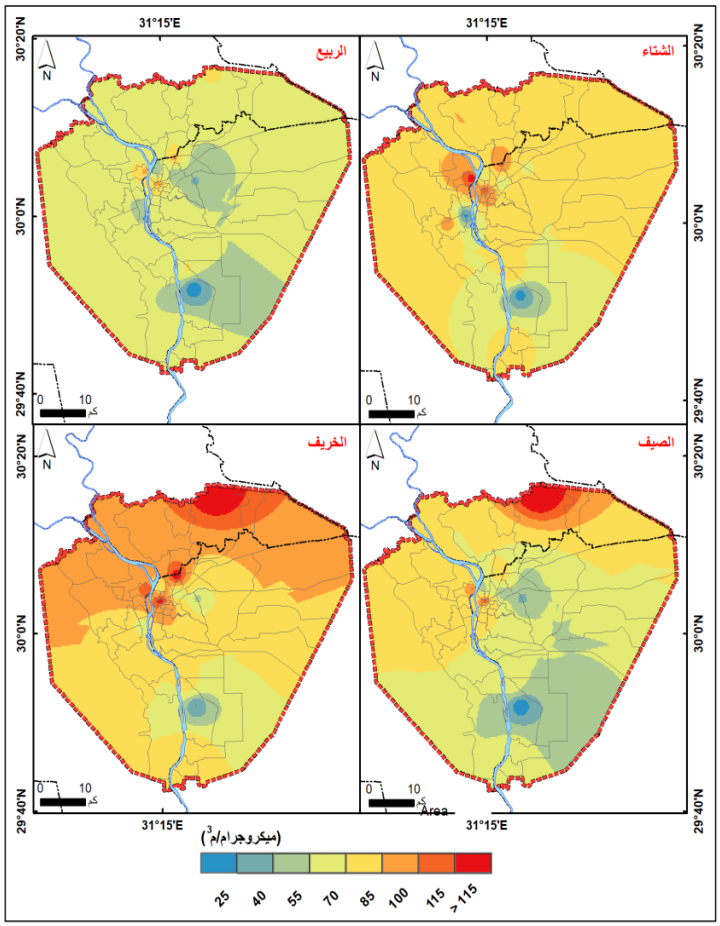

المصدر: من عمل الطالبة إعتماداً على بيانات غير منشورة، مركز الرصد البيئي للفترة من (١٩٩٨-٢٠١٠م)

**٨- الدخان Smoke:**

**- توزيع المتوسطات الفصلية والسنوية:**

- يمثل فصل الشتاء والخريف أعلى المعدلات لتركيزات الدخان وتسجل محطة الأميرية اعلى معدلات للتباين السنوي خلال الفترة من (١٩٩٨-٢٠١٠) بأعلى قيمة سجلتها عام ١٩٩٩ بلغت (١٧٩.٥٢ ميكروجرام/م$^{٣}$)، ويلاحظ ان فصل الخريف يمثل اعلى متوسط سنوي الدخان على مستوى الجمهورية يليه الشتاء ويرجع ذلك الى زيادة حدوث ظاهرة الضباب خلال هذه الفترة من العام وماينتج عنها من اختلاط الدخان smoke بالضباب fog مكوناً ضباباً دخانياً وهو مايساعد على زيادة التركيزات بصفة خاصة في المناطق الصناعية والمدن الكبرى، وعن اسباب تعكر الهواء او عدم وضوح الرؤية من خلال قياس طيف شعاع الشمس المباشر وتم تحليل الفترة من ١٩٧٥الى ١٩٩١، وقد أظهرت الدراسة انخفاض القيم البارمترية خلال فترة الشتاء للعكار بينما جاءت القيم عالية خلال الصيف والربيع وانخفاض الرؤية وزيادة الهباء الجوي بمعدل ٦٣% زيادة عن المعدل الطبيعي.[(١)] ومن الاشكال (١٩،٢٠، ٢١) يتضح الاتي:

شكل رقم (١٩) التوزيع الفصلي للدخان (ميكروجرام/م$^{٣}$) خلال فصول السنة



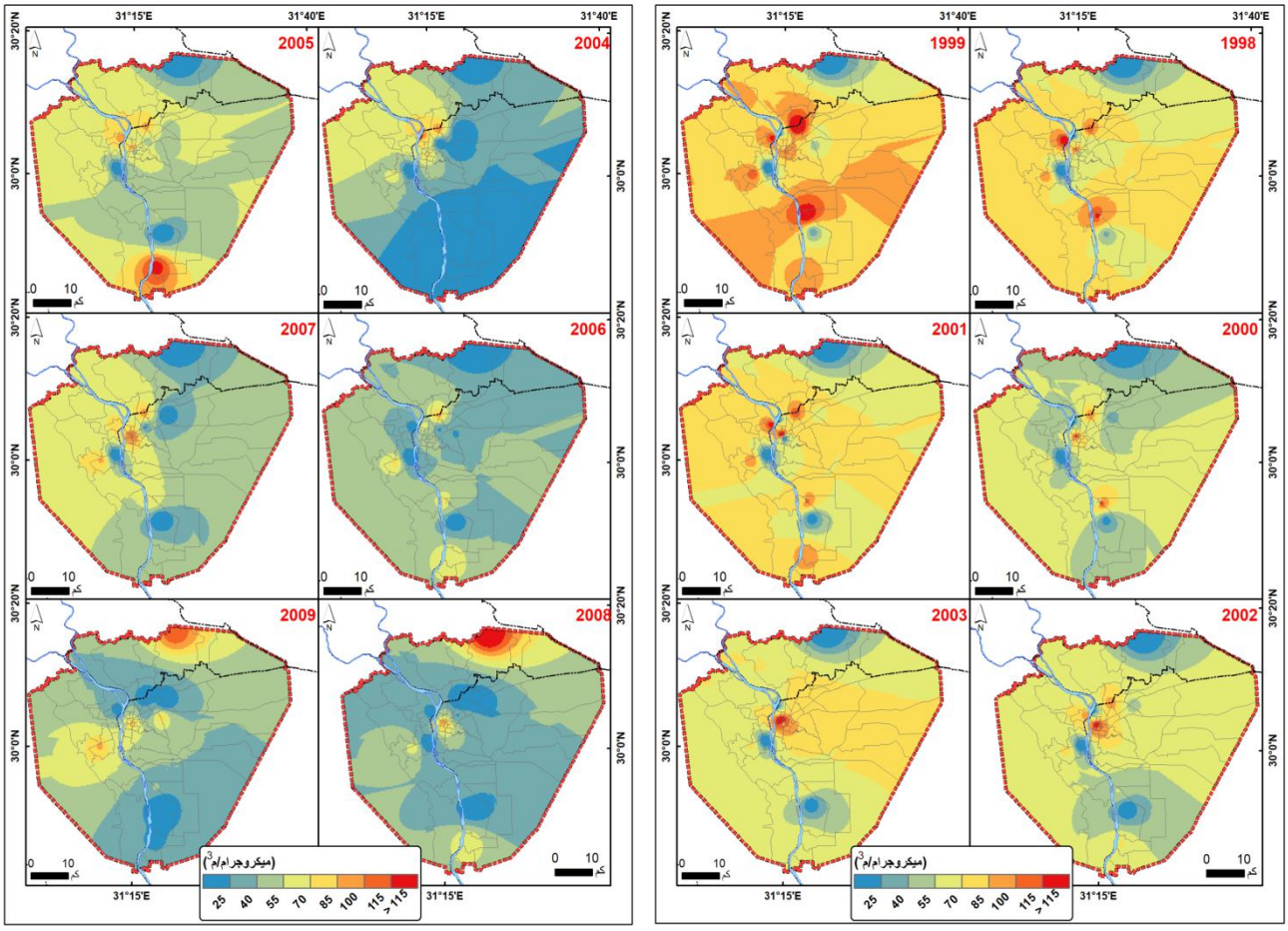

(1) El-Hussainy, F. M., &Omran, M. A. (1998).Analysis and trends of atmospheric turbidity parameters over Cairo. Meteorology and atmospheric physics, 66(1-2), 113-121.

– جاءت محطة الأميرية في الترتيب الأول كأعلى متوسط سنوي للدخان على مستوى محطات منطقة الدراسة بلغ (١٧٩.٥٢ميكروجرام/م$^{٣}$) لعام ١٩٩٩ وهو أعلى من المعدل المسموح به ثلاث أضعاف (٦٠ميكروجرام/م$^{٣}$) ويرجع ذلك لوجود مطابع الأميرية ووقوع منطقة الأميرية أسفل الرياح الواردة من شبرا الخيمة الصناعية، وسجلت محطة الأميرية أيضاً أعلى معدل سنوي خلال عام ٢٠٠٦ بلغ (٨٩.٧٧ ميكروجرام/م$^{٣}$) وهو أعلى من المسموح به أيضاً.

– جاءت محطة الأزبكية في الترتيب الثاني كأعلى معدل سنوي للدخان بلغ (١٧٥.٢٨ميكروجرام/م$^{٣}$) خلال عام ٢٠٠٣ وسجلت أيضاً محطة الأزبكية أعلى معدلات سنوية خلال الأعوام التالية (٢٠٠١، ٢٠٠٣، ٢٠٠٧) بقيم بلغت على التوالي (١٦٢.٠٨، ١٤٠.٥٩، ١٠٣.٩٦ميكروجرام/م$^{٣}$).

– وجاءت في الترتيب الثالث محطة الطالبية كأعلى معدل سنوي للدخان بقيمة بلغت (١٥٩.٥٧ميكروجرام/$^{٣}$) لعام ١٩٩٨.

شكل رقم (٢٠) التوزيع السنوي للتلوث بالدخان smoke في منطقة الدراسة للفترة من (١٩٩٨–٢٠١٠م)




المصدر: من عمل الطالبة إعتماداً على بيانات غير منشورة، مركز الرصد البيئي للفترة من (١٩٩٨–٢٠١٠م)

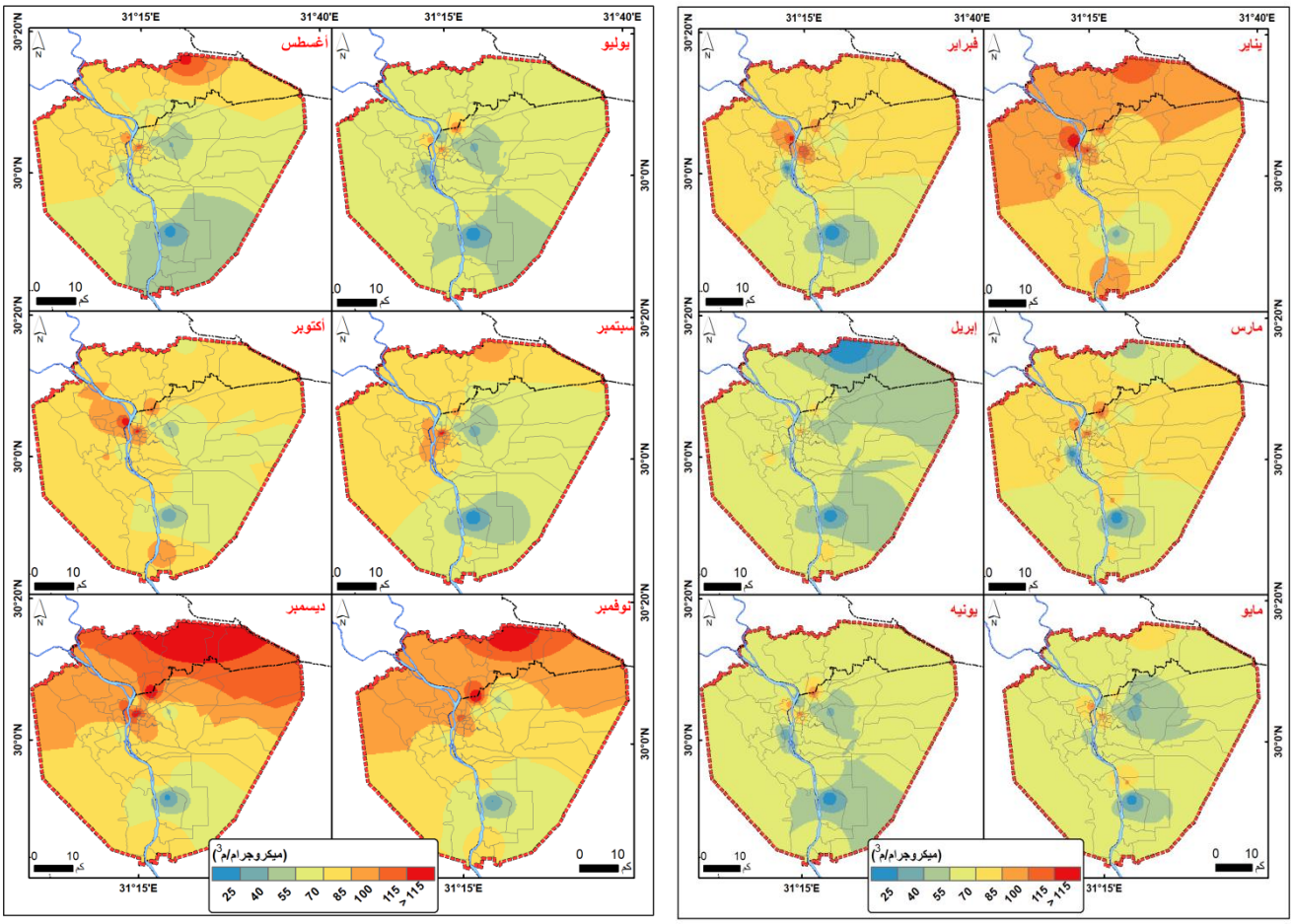
– وجاءت محطة أبو زعبل في الترتيب الرابع كأعلى معدل سنوي للدخان لعام (٢٠٠٨) بلغ (١٤٢.٣٦ميكروجرام/$^{٣}$) وعام ٢٠٠٩ بلغ أعلى معدل سنوي في محطة أبو زعبل أيضاً (١١٤.٥١ميكروجرام/م$^{٣}$).

**- المتوسطات الشهرية:**

- بلغ اعلى متوط شهري للدخان في يناير حيث سجلت محطة الطالبية اعلى متوسط على الاطلاق بين شهور السنة لمحطة الطالبية (٦٨٥١٤ميكروجرام/م$^{٣}$) اكثر من الحد المسموح به لقانون البيئة ١٩٩٤/٤(٦٠ميكروجرام/م$^{٣}$) ويرجع لاستخدام البنزين الخالى من الرصاص وكثافة الحركة المرورية، وسجلت الاميرية اعلى المحطات للمتوسط الفصلي والسنوي على التوالي (١٧٩٥٢ ميكروجرام/م$^{٣}$) ويرجع ذلك لوجود مطابع الاميرية ووقوعها اسفل الرياح الواردة من المنطقة الصناعية بشبرا الخيمة.

شكل رقم (٢١) المتوسطات الشهرية للتلوث بالدخان Smoke

للفترة من عام (١٩٩٨-٢٠١٠م)




المصدر: من عمل الطالبة إعتماداً على بيانات غير منشورة، مركز الرصد البيئي للفترة من (١٩٩٨-٢٠١٠م)

**الخلاصة...**

١- ساعد الشكل الحوضي لاقليم القاهرة الكبرى لتركز الملوثات دون تشتتها، وادى سوء التخطيط العمراني لاختلاط النشاط الصناعي بالسكني وارتفاع المباني وسوء تخطيط العمران، وضيق الشوارع وقلة المساحات الخضراء، ومحطات توليد الطاقة ووسائل النقل والمواصلات المختلفة كلهاعوامل تضافرت في تكون السحابة السوداء في منطقة الدراسة.

٢- تكمن أسباب السحابة السوداء في زيادة معدلات التلوث في هواء اقليم القاهرة الكبرى الناتجة عن الأنشطة البشرية بشكل يفوق الطاقة الاستيعابية لمنطقة الدراسة بالاضافة الى توافر ظروف جوية كهدوء حركة الرياح ووجود ظاهرة الانقلاب الحراري، وتناقص سمك طبقة الخلط فمن الصعب التحكم بالظروف الجوية لمنع تكرار الظاهرة او الحد منها فلا بد من اتخاذ الاجراءات الوقائية لتقليل انبعاثات الملوثات.

٣- اجتمعت الملوثات الناتجة عن الأنشطة البشرية في تكون السحابة السوداء وتبين من خلال الدراسة ان أكثر المناطق تأثراً بالظاهرة هي منطقة التبين، المناطق الواقعة جنوبها خاصة منطقة عرب ابو ساعد وكذلك شمال الاقليم وتحديداً منطقة شبرا الخيمة ومواقع مكامير الفحم يليهم المنطقة المركزية بقلب العاصمة ومنطقة امبابة.

٤- يقترح خفض الانبعاثات أثناء فترات حدوث السحابة السوداء خلال شهري أكتوبر ونوفمبر والتقليل من مصادر التلوث ومنع الحرق المكشوف ومدى أهمية الوعي البيئي بخطورة الظاهرة حيث تؤدي لمشاكل صحية خطيرة مثل الانسداد الرئوي، سرطان الرئة، ضيق التنفس ... وغيرها .

**المراجع العربية:**


١- أحمد عبد الحميد الفقي، مناخ القاهرة الكبرى، رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة عين شمس، ٢٠٠٧.

٢- خالد محمد مدكور، نمذجة نوعية الهواء وغازات الصوبة الحرارية في مصر، دراسة في الجغرافيا المناخية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس، القاهرة، ٢٠١٨.

٣- محمد إبراهيم محمد شرف، المشكلات البيئة المعاصرة، "الاسباب، الاثار، الحلول" دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، ٢٠٠٧.

٤- محمد إبراهيم محمد شرف، ظاهرة الضبخان smog، الضباب fog، الدخان smoke، محاضرة علمية، بدون تاريخ.

٥- مؤيد حسن قاسم، تحليل جغرافي لمشكلة تلوث الهواء في مدينة الزبير وتأثيراتها الصحية، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة البصرة، ٢٠١١.

٦- نهى الخطيب، إستخدامات نظم المعلومات في إدارة الكوارث البيئية بالتطبيق على تلوث هواء القاهرة الكبرى (السحابة السوداء)، مجلة البحوث الإدارية، بحوث محكمة، ٢٠٠٧.

**المراجع الأجنبية:**

1- Redia, Bryson and John Kutzach (1988). Air pollution, University of Wisconsin, mades on association of American geographers, Washington.
2- Storm.G, (1979) .Transport and diffusion of stack effluents, in Air pollution, Vol .1 Stem A.C Academic press Inc,New York.
3- H. El- Askary Air Pollution Impact on Aerosol Variability Over Mega Cities Using Remote Sensing Technology, volume 9, 2006, Case Study, Cairo, Egypt .
4- Shaltout, A. A., Hassan, S. K., Karydas, A. G., Harfouche, M., Abd-Elkader, O. H., Kregsamer, P., ... &Streli, C. (2018). EDXRF analysis of suspended particulate matter (SPM) from residential and industrial areas in Cairo, Egypt. X-Ray Spectrometry, 47(3).
5- Adnan Othman.1982.Development of –x- Rays flour scene (x-R-r) spectors copy element analysis of particular matter in the atmosphere ,Master of sciences , university of Jordon ,Amman .
6- El-Hussainy, F. M., &Omran, M. A. (1998).Analysis and trends of atmospheric turbidity parameters over Cairo. Meteorology and atmospheric physics, 66(1-2).