

الملحق رقم 2 الجزء رقم 2

التأثيرات التشغيلية: تقييم تأثير جودة الهواء

1. المقدمة

نموذج تشتت تلوث الهواء

يعتبر نموذج تشتت تلوث الهواء محاكاة رياضية حول كيفية قيام الملوثات الهوائية بالتشتت في الجو المحيط. تم القيام بأداء المهمة باستخدام برامج الحاسب الآلي التي تقوم بحل المعادلات الرياضية واللوغاريتمات التي تحاكي تشتت التلوث. تستخدم نماذج التشتت للتنبؤ بمدى تركيز اتجاه الرياح للملوثات الهوائية المنبعثة من مصادر مثل المنشآت الصناعية ومن الحركة المرورية للسيارات. تعتبر مثل تلك النماذج هامة لدى الهيئات الحكومية المسؤولة عن حماية وإدارة جودة الهواء المحيط. تم توظيف النماذج بصورة نموذجية لتحديد ما إذا كانت المرافق الصناعية القائمة أو الجديدة المقترحة متوافقة أو ستوافق مع مقاييس جودة الهواء القومي المحيط (NAAQS).

أثبت نموذج تشتت التلوث الهوائي أنه أداة فعالة في اتخاذ القرارات المتعلقة بالإدارة البيئية والتخطيط على المقياس الإقليمي. و المحاولة النموذجية التي تم تقديمها في هذا التقرير تدريب لمحاكاة التشتت الهوائي الذي وضع تركيزه على حدود مطار القاهرة باستخدام بيانات ميدانية حقيقية عن أحمال الانبعاث.

تتطلب نماذج التشتت بيانات المدخلات والتي تشمل على:

1. الظروف الجوية، مثل سرعة الرياح واتجاهها ومقدار الاضطرابات الجوية (كما وصفت بما يسمى "طبقة الاستقرار")، و درجة الحرارة المحيطة وارتفاع قاع أي انعكاس عالي من الممكن ظهوره.
2. أبعاد وحدود الانبعاث، مثل حجم المرور وتكوين السيارات ونوع الوقود المستخدم وخصائص شبكة الطرق.
3. الارتفاعات الأرضية عند موقع المصدر وعند موقع المستقبل.
4. موقع وارتفاع واتساع أي معوقات مثل المباني أو أي هياكل إنشائية أخرى تكون في مسار تدفق الانبعاثات الغازية الصادرة.

تشمل كثير من البرامج المتقدمة وضع النماذج المخصصة لتشتت التلوث جهازاً منظماً في المرحلة ما قبل المعالج وذلك لمدخلات البيانات الجوية وليبيانات أخرى. كما تشمل كثير من البرامج أيضاً جهازاً منظماً لمرحلة ما بعد مرحلة المعالج لتصوير البيانات الناتجة و/أو لترسيم المنطقة المتأثرة بالملوثات الجوية على الخرائط.

لا توجد مقاييس موحدة معينة لجودة الهواء للمناطق المتطرفة على جانبي الطرق لكن هناك قيم للحدود المتعلقة بالهواء المحيط، وهي التي يتم إعطاؤها في اللوائح التنفيذية الخاصة بالقانون البيئي رقم 4 الخاص بمصر. يجب تحقيق تلك القيم المتعلقة بحدود جودة الهواء وذلك لتجنب المخاطر الصحية الناتجة بسبب درجات التركيز العالية للملوثات التي تحتل الأولوية الأولى.

تم تقديم تلك الملوثات وقيم حدودها في الجدول التالي:

جدول رقم (1): قيم حدود جودة الهواء المحيط كما هي مذكورة في القانون رقم 4 لمصر (1994) مقارنة بقيم منظمة الصحة العالمية (WHO) المتعلقة بإرشادات جودة الهواء

أقصى حد للقيمة		متوسط الوقت	الملوث
مصر	منظمة الصحة العالمية WHO		
350	500 (10 دقائق)	ساعة واحدة	ثاني أكسيد الكبريت (SO ₂)
150	125	24 ساعة	
60	50	سنة واحدة	
400	200	ساعة واحدة	ثاني أكسيد النيتروجين (NO ₂)
150	-	24 ساعة	
	50-40	سنة واحدة	
200	200-150	ساعة واحدة	الأوزون (O ₃)
120	120	8 ساعات	
30000	30000	ساعة واحدة	أول أكسيد الكربون (CO)
10000	10000	8 ساعات	
150	*50	24 ساعة	سلفات البورون (BS)
60	-	سنة واحدة	
230	-	24 ساعة	(TSP)
90	-	سنة واحدة	
150	**70	24 ساعة	(PM ₁₀)
70		سنة واحدة	
1	1.0-0.5	سنة واحدة	الرصاص (Pb)

* متحد مع ثاني أكسيد الكبريت
** القيمة النرويجية لحد جودة الهواء

2. الهدف

الهدف من وضع نموذج لمحاكي تشتت الهواء هو وضع نموذج سيناريو أسوأ الحالات استناداً إلى السيناريو الأساسي الذي تم إجراء الدراسة الميدانية عليه حتى يمكن إجراء اختبار وتقديم نموذج لتشتت الهواء كأداة فعالة في إدارة التخطيط البيئي بمنطقة مطار القاهرة.

3. المنهجية

تكمّن منهجية وأسلوب التطوير للمحاكاة كالتالي:

1. اختيار أدوات وضع النماذج لنموذج الأرصاد الجوية والقيام بإعداد النموذج المصغر لمدة عام واحد.
2. بناء سطح بيئي بين نموذج الأرصاد الجوية وبين نموذج التشتت.
3. إعداد البيانات المدخلة في الهيئة المتوافقة للمدخلات في النموذج.
4. إجراء العديد من الاختبارات الميدانية لضبط النموذج.
5. إدارة السيناريوهات المحاكية.
6. تقديم النتائج إلى أخصائيين نظم المعلومات الجغرافية GIS بقصد التوضيح البصري للنتائج وللمناقشة.
7. مناقشة النتائج من خلال مناقشات جماعية وتدوين الملاحظات والدروس المستفادة للمحاولات المستقبلية.



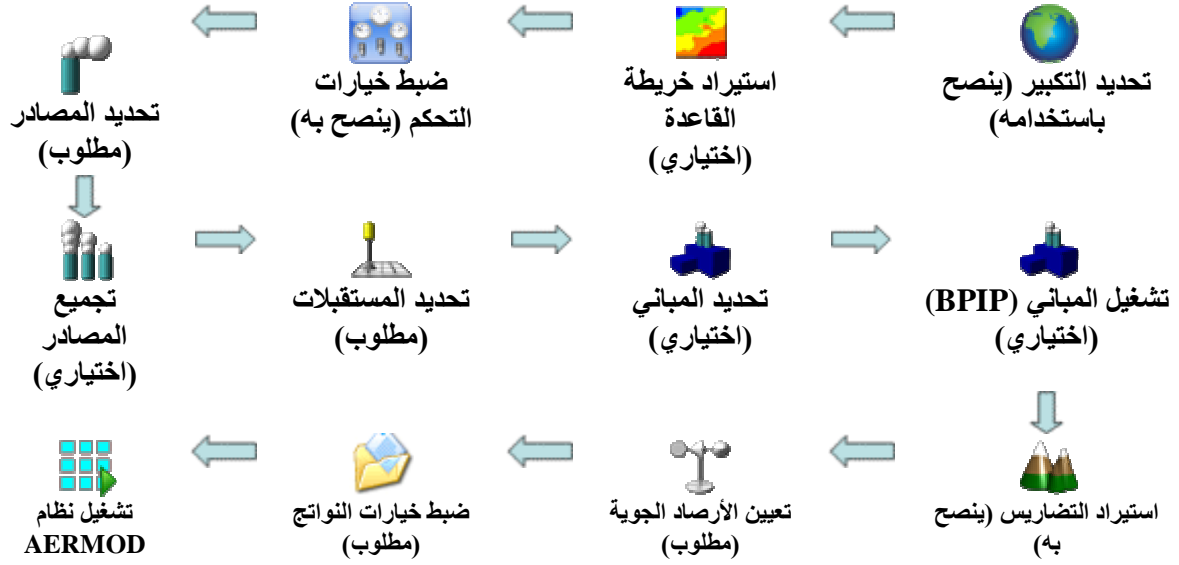
تم استخدام مجموعة برمجيات وضع النماذج المعروفة باسم **SCREEN3** في دراستنا لتحديد نتائج تأثير جودة الهواء الأولية، ثم تم تأييدها والتحقق منها باستخدام مجموعة برمجيات المخصصة لوضع نماذج التشتت الجوي **AERMOD** للوصول إلى التأثيرات النهائية لجودة الهواء المتوقعة من الدراسة.

ومجموعة برمجيات وضع النماذج **SCREEN3** هي "إجراءات تصفية وغرلة تتم لتقدير تأثير جودة الهواء على المصادر الساكنة" (EPA, 1988) والذي تمت مراجعته مؤخراً ونشره كوثيقة منفصلة (EPA, 1995a). تشمل مجموعة برمجيات **SCREEN3** لوضع النماذج العديد من التعديلات والتحسينات التي تم وضعها على نموذج **SCREEN** الأصلي، وتشمل الاستحداثيات التي تمت للشفرة وذلك لضمان الاتساق والتناغم مع لوغاريتمات التشتت في نموذج مصدر المجمع الصناعي (ISC3) (EPA, 1995b). كذلك، هناك ثلاثة اختيارات جديدة غير منظمة تمت إضافتها للشفرة.

لقد وصفت وكالة حماية البيئة EPA نظام وضع نماذج التشتت الجوي **AERMOD** بأنه نموذج متطور للتشتت يقوم بالاندماج مع كل من أعلى المستويات المتطورة لتحديد وتقرير الخصائص الطبقة الحدود، و التشتت الحلمي (منقول بتيارات الحمل الحرارية للهواء)، وصور صعود الأعمدة الدوامية، و التفاعلات المتداخلة المعقدة بين الأعمدة المتصاعدة والأرض. في الأونة الحديثة تم تنفيذ التطبيق اللوغاريتمي **PRIME** وهو عبارة عن نظام قياس تأثير تدفق الهواء الناتج من محركات الطائرات على المنازل والأبنية، قام بتطويره معهد أبحاث الطاقة الكهربائية (EPRI)، وتم تنفيذه على نظام **AERMOD** بقصد الاستفادة من ملامح الأرصاد الجوية لنظام **AERMOD** (شكل رقم 1).

لكن يبقى الغرض الرئيسي لهذا النظام يحسب للمواقع النسبية للطائرات والمباني المسببة لتدفق الهواء الناتج بسبب محركات الطائرات، الذي لم يتم وضعه في حسابان نظام **ISC** أو النسخة القديمة من نظام **AERMOD**.

يتكون نظام **AERMOD** من 3 مكونات وهي: **AERMOD** نموذج تشتت الهواء؛ و **AERMET** - معالج بيانات الأرصاد الجوية، و نظام **AERMAP** - معالج البيانات الأرضية.



شكل رقم 1: تدفق مدخلات البيانات لنظام AERMOD. هناك طرق بديلة لإدخال البيانات

4. مجال العمل

يقدم هذا الجزء يقدم لنا هذا القسم وصفاً موجزاً لنموذج النطاق، و الوقت المطلوب لتطبيق التدريبات على النماذج ومصادر المعلومات المستخدمة.

4-1 مجال النماذج

قام تدريب النموذج بالتركيز على منطقة مطار القاهرة. يغطي نموذج المجال المنطقة الواقعة ما بين خطوط الطول $30^{\circ} 06'N$ إلى $30^{\circ} 08'N$ وخطوط عرض ما بين $31^{\circ} 23'E$ إلى $31^{\circ} 25'E$.

4-2 الفترة الزمنية وفقاً للنموذج

سيقوم نموذج التدريب بتغطية 1 سنة (عام واحد) من الزمن المطلوب وذلك بدءاً من الأول من شهر يناير 2010 وحتى نهاية اليوم الواحد والثلاثون من شهر ديسمبر 2010. سيتم إعداد المدخلات الخاصة بالأرصاد الجوية لهذا الإطار الزمني باستخدام نموذج MM5 الخاص بالأرصاد الجوية. تم اختيار هذا الإطار الزمني لتغطية فصول مختلفة من السنة وليكون قادراً على إجراء مقارنات مع البيانات التي تم رصدها.

4-3 ملوثات الهواء تحت الدراسة

تأتي ملوثات الهواء في مطار القاهرة من مصادر عديدة التنوع. أهمها هي:

- هبوط الطائرات وإقلاعها وسيرها على أرض المطار وتشغيل المحركات في وضع الثبات.
- حرارة المطار/ متطلبات الطاقة المطلوبة.
- تشغيل السيارات في المطار.
- السيارات الخاصة التي تأتي بالركاب من وإلى المطار.
- السيارات وعمليات التشغيل القريبة من المطار.



في المدن الموجودة في جميع أنحاء العالم، تعتبر السيارة الشخصية أكبر ملوث فردي، لأن الإنبعاثات التي تصدر من بليون سيارة تسير على الطرق تزيد من مشاكل الكوكب الكبيرة. فقيادة سيارة خاصة يعتبر أهم نشاط نموذجي للتلوث يقوم به المواطن. تتعاطم التأثيرات السلبية للإنبعاثات التي تصدر من السيارات عندما تجلس في المرور محاطاً بالسيارات ومحركاتها تعمل دون نقل للطاقة. فكل شخص يجلس أثناء التعطل المروري يصبح مسموماً.

عملية الاحتراق

تعتبر عملية احتراق البنزين والديزل أمزجة من المواد الهيدروكربونية (المكونة من ذرات الهيدروجين والأكسجين والكربون) يتم حرق المواد الهيدروكربونية بالاتحاد مع الأكسجين. وتظهر أيضاً ذرات النيتروجين والكبريت وتتحد مع الأكسجين تم يتم احتراقها لتنتج الغازات. تقوم محركات السيارات بإصدار أنواع عديدة من الملوثات.

الوقود + الهواء = مواد هيدروكربونية + أكاسيد النيتروجين + ثاني أكسيد الكربون + أول أكسيد الكربون + الماء.

تتفاعل المواد الهيدروكربونية في وجود أكاسيد النيتروجين وضوء الشمس لتكون طبقة أرضية من الأوزون ومكون بقدر كبير من الضباب والدخان. فالأوزون يثير العين ويتلف الرئتين ويؤثر بصورة متفاقمة على المشاكل التنفسية. هناك أيضاً عدداً من المواد الهيدروكربونية الناجمة من العوادم سامة وبعضها قد يسبب في الإصابة بالسرطان.

أكاسيد النيتروجين: تتفاعل ذرات النيتروجين والأكسجين تحت الضغط العالي ودرجة الحرارة في المحرك، لتكون أكاسيد النيتروجين. وأكاسيد النيتروجين مثلها مثل المواد الهيدروكربونية مواد تساهم في تكوين الأوزون كما تساهم في ظهور الأمطار الحمضية. كما تقوم المواد الحافزية المحولة الموجودة في عوادم السيارات بتحليل الغازات النيتروجينية الأثقل وتكون أكسيد النيتروز NO_2 بصورة أكثر فعالية تقدر بنحو 300 مرة من ثاني أكسيد الكربون كغاز ناتج في الصوب الزراعية. يقوم أكسيد النيتروز بتكوين حوالي 7.2 في المائة من الغازات التي تتسبب في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري العالمية.

أول أكسيد الكربون: من صفات أول أكسيد الكربون أنه غاز عديم اللون والرائحة وسام وهو ناتج لعملية الاحتراق غير الكاملة لأنواع الوقود المشتملة على الهيدروكربونات. يتكون أول أكسيد الكربون من ذرة كربون أحادية وذرة أكسجين أحادية يرتبطان سوياً ليكونا أول أكسيد الكربون (CO) الناتج من عملية الاحتراق غير الكاملة للوقود. تنتج معظم غازات أول أكسيد الكربون عندما تكون نسب الوقود إلى الهواء منخفضة جداً في المحرك أثناء بدء تشغيل السيارة، وعندما لا يتم ضبط محركات السيارات بصورة مناسبة وفي المرتفعات العالية حيث يقوم الهواء الرقيق بتقليل كمية الأكسجين المتاحة للاحتراق. تأتي ثلثي الإنبعاثات التي تصدر من غاز أول أكسيد الكربون من مصادر وسائل النقل، وتساهم السيارات بأكثر إسهام في ذلك. ففي المناطق المدنية تزيد مساهمة سيارة الركاب في إنتاج التلوث الصادر بسبب أول أكسيد الكربون عن 90 في المائة.

بشكل عام، تعتبر الإنبعاثات الصادرة كل ساعة من ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، وأول أكسيد الكربون (CO)، والهيدروكربونات (HC) المصادر الرئيسية الهامة للإنبعاثات الناجمة عن زيادة المعدلات المرورية لمركبات المطار المتزايدة.



يقوم نموذج التدريب بالتركيز على نموذج ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، وعلى أول أكسيد الكربون (CO) والمواد الهيدروكربونية (HC). فتلك الملوثات هي التي تم اختيارها حيث أنه من المعروف جيداً أن عملية تطوير مجمع صالة الركاب رقم 2 ستزيد من حمل حركة مرور المركبات الانبعاثات الغازية التي تصدرها الطائرات أثناء الفترة ما بين شهر سبتمبر إلى شهر ديسمبر من كل عام.

4-4 مصادر الانبعاثات

للحصول على جرد بقوائم الانبعاثات للمصادر الرئيسية، كالسيارات والطائرات، يقوم نموذج التدريب بالتركيز على وضع نموذج لدرجات التركيز لكل من ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وأول أكسيد الكربون (CO) الناتجة من تلك المصادر.

5-4 مصدر بيانات الأرصاد الجوية مصادر بيانات الأرصاد الجوية

وفقاً للمعلومات الصادرة من منظمة الأرصاد الجوية العالمية، هناك العديد من المراكز الإقليمية التي تقوم بتغطية العالم (والقاهرة واحدة منهم). فكل واحدة تقوم بجمع البيانات بيانات الأرصاد الجوية المرصودة من الدول المحيطة وتعيد تقديم تلك البيانات التي تم جمعها إلى المراكز العالمية التي تقوم بجمع كل البيانات من جميع أنحاء العالم وتعيد تقديمها إلى المناطق الإقليمية. تستخدم هذه العملية المشهورة والموثوق بها ترددات لاسلكية وهي مفتوحة لكل دولة.

يوجد بمصر 104 محطة مختلفة للأرصاد الجوية من مختلف الأنواع. تقوم محطة الرصد بالمراقبة كل 12، 6، 3 ساعات أو كل ساعة ويجب أن تتم كل عالية رصد ضمن آخر عشرة دقائق من الساعة السابقة. إضافة إلى أعمال المراقبة الأرضية، هناك سفن لمراقبة الأرصاد الجوية وصواريخ وطائرات أجهزة رادار وأقمار صناعية للمراقبة. يتم جمع كل البيانات المتاحة وتشغيلها من أجل ضمان الجودة في المراكز العالمية. يقوم المركز العالمي بمدينة واشنطن العاصمة وهو ما يطلق عليه المركز القومي للتنبؤات البيئية (NCEP) بالاستمرار في تشغيل عمليات المراقبة العالمية ويقدم نشرات التنبؤ العالمية التي تغطي عشرة أيام. يقومون في هذا المركز بإجراء أول خمسة أيام من البيانات المتاحة على الانترنت والتي ستقوم المراكز الإقليمية والمحلية باستخدامها من أجل الحصول على مزيد من الدقة في عمليات التشغيل والتنبؤات.

يقوم المركز القومي للتنبؤات البيئية NCEP بإذاعة النتائج النموذجية العالمية على شكل بيانات مطوقة لتقوم باستخدامها مراكز تنبؤات المناطق العالمية WAFS لأجل الظروف الأولية والحدودية. تكون درجة الوضوح الأفقية لمراكز تنبؤات المناطق العالمية WAFS 1.25° في خطي الطول والعرض (عند خط الاستواء) فوق 12 مستوى رأسي قياسي للضغط. إضافة إلى ملفات معلومات الرصد المعطاة ضمن مجموعة برمجيات AERMOD.

استندت عملية تقييم جودة الهواء إلى البيانات المقدمة والمجمعة من محطات مراقبة جودة الهواء القائمة التي تم تركيبها بالفعل في الصالة رقم 4 في صالة الركاب رقم 2 إضافة إلى نموذج الانبعاث والتشتت المعروف باسم (AERMOD PLUS, Version 7.01). كان الهدف من الدراسة هو جمع بيانات المدخلات الضرورية والقيام بعمل نموذج وتقديم بيانات جودة الهواء المستقبلية كنتيجة لعملية التطوير المقترحة لمجمع صالة الركاب رقم 2 بمطار القاهرة.

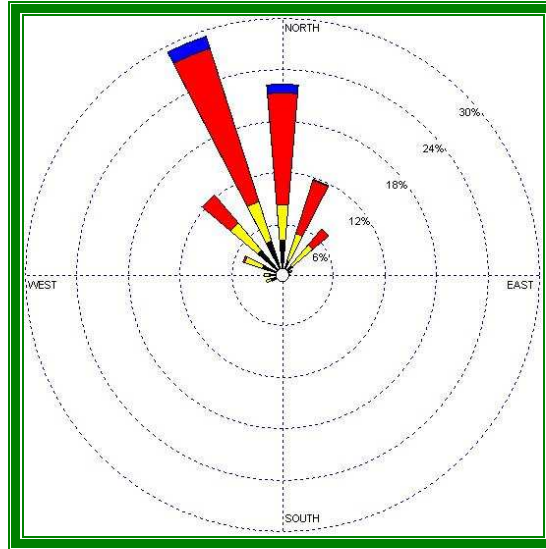


تم تصنيف محطات مراقبة جودة الهواء المقامة حالياً بالفعل في الصالة رقم 4 وصالة الركاب رقم 2 لأن الصالة رقم 4 تمثل محطة اتجاه مصدر الرياح لمنطقة مطار القاهرة وتمثل محطة صالة الركاب رقم 2 محطة الرياح الجانبية لمنطقة مطار القاهرة (شكل رقم 2).

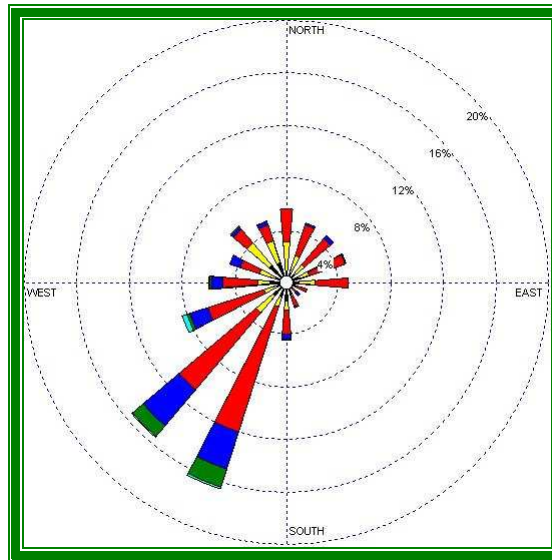


شكل رقم 2: خريطة موقع محطات مراقبة جودة الهواء بمطار القاهرة

يأتي اتجاه الرياح السائد فوق منطقة القاهرة الكبرى من الشمال. في منطقة مطار القاهرة الدولي تصبح الرياح الشمالية-الشمالية غربية هي السائدة في أشهر الصيف، في حين أن الرياح الجنوبية والغربية تسود أيضاً في أشهر الشتاء، وتقوم بتوجيه الرياح من المطار وبعيداً عن المدينة (أشكال أرقام 3 و4 و5 و6).

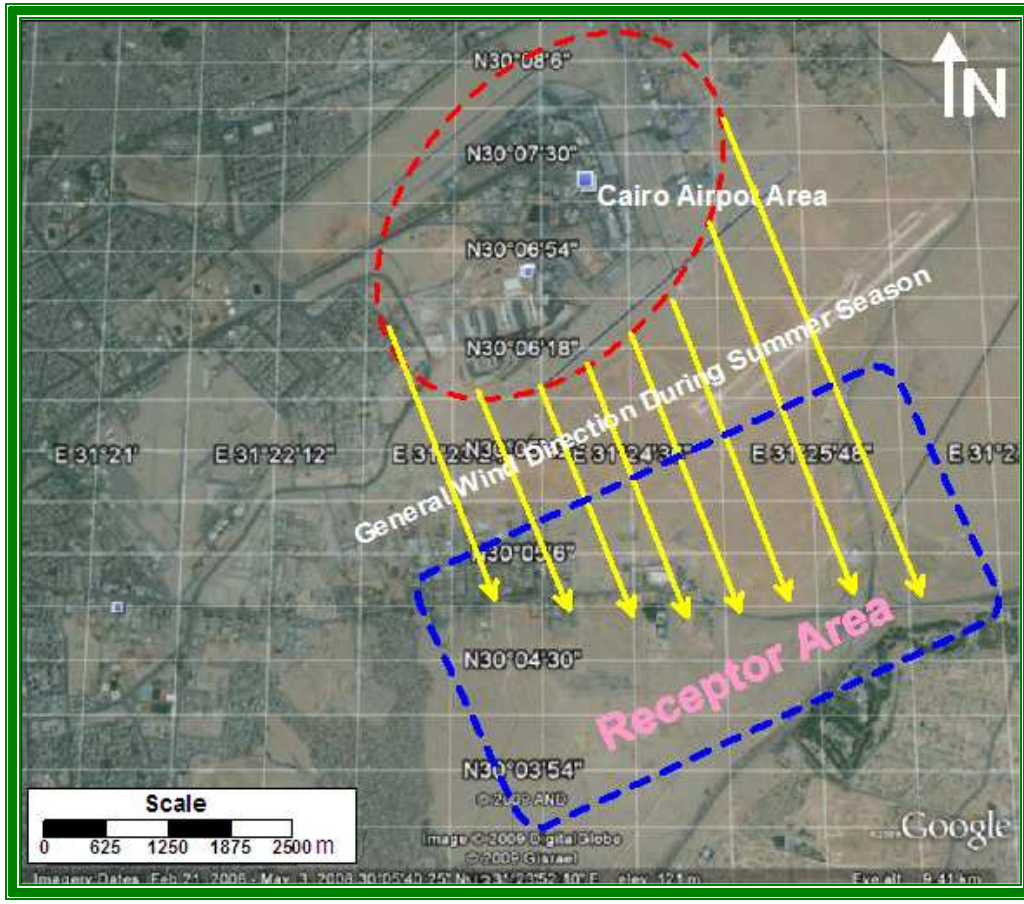


شكل رقم 3: رسم زهرة الريح لاتجاه الرياح أثناء فصل الصيف

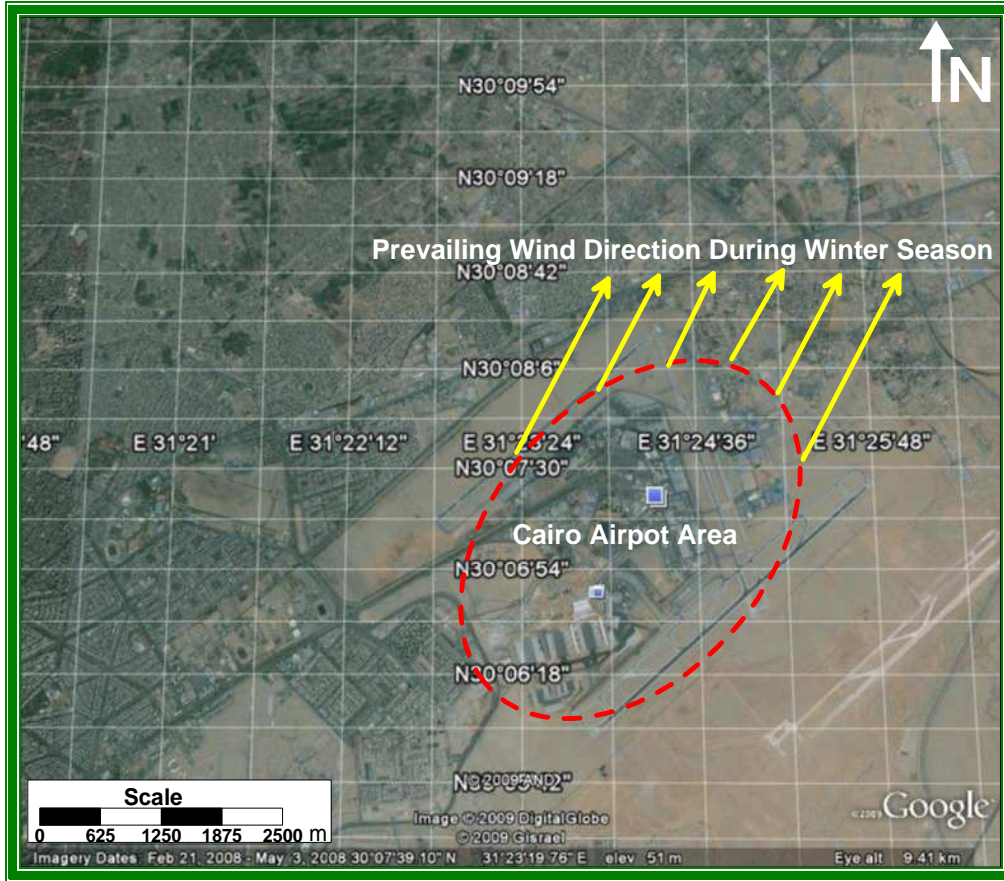


شكل رقم 4: رسم زهرة الريح لاتجاه الرياح أثناء فصل الشتاء

كما هو مبين، فالمطار تهب عليه الرياح من مصادر تلوث الهواء الرئيسية في القاهرة، وبالتالي تكون جودة الهواء في هذه المنطقة نظيفة معتدلة مقارنة بمستويات التركيز العالية الموجودة في الملوثات الهوائية في أجزاء أخرى من المدينة. وبسبب موقعه الجغرافي، يصبح للمطار أقل تأثير ملموس على المناطق السكنية المحيطة.



شكل رقم 5: خريطة توضح اتجاه الرياح السائدة أثناء فصل الصيف



شكل رقم 6: خريطة توضح اتجاه الرياح السائد أثناء فصل الشتاء

تم الحصول على بيانات مخلص الطقس التالية من هيئة الأرصاد الجوية المصرية استناداً إلى 30 سنة من المراقبة بمحطة مطار القاهرة لموجودة في بداية الجزء رقم E3-1

درجة الحرارة:

تعتبر أدفئ أشهر السنة هي شهر يونيو ويوليو وأغسطس حيث يتراوح متوسط درجات الحرارة العظمى اليومي فيهم ما بين 34.0° مئوية، و 35.5° مئوية و 35.4° مئوية على التوالي ويكون متوسط درجات الحرارة الصغرى اليومي فيهم ما بين 20.5° مئوية، و 22.3° مئوية، و 22.6° مئوية على التوالي. وكون أشهر ديسمبر ويناير وفبراير -م أكثر شهور السنة برودة وتكون فيهم متوسط درجات الحرارة العظمى اليومي 22.1° مئوية، و 20.2° مئوية، و 21.6° مئوية على التوالي ومتوسط درجات الحرارة الصغرى اليومي هو 10.8° مئوية، و 9.7° مئوية، و 9.8° مئوية.

نسبة الرطوبة:

تصل درجات الرطوبة النسبية إلى أقصى معدلاتها في شهر نوفمبر وتقل كلما اقتربت أشهر الصيف. تكون قراءات نسبة الرطوبة النسبية عند الساعة 12 ظهراً أقل من القراءات التي تؤخذ عند الساعة 06 صباحاً في كل السنة. بينما يكون متوسط قراءة نسبة الرطوبة النسبية الذي يؤخذ عند الساعة 9 صباحاً له معدل متوسط سنوي يصل تقريباً إلى 68% ويصل إلى أقل معدل له بمقدار 59% في شهر مايو بينما يصل إلى أقصى معدلاته التي تصل إلى 80% في شهر نوفمبر. بالمثل، نجد أن قراءة نسبة الرطوبة النسبية التي تؤخذ عند الساعة 12 ظهراً إلى نسبة 30% في شهر مايو وتكون أقصى معدلات نسبة الرطوبة النسبية 48% في شهر ديسمبر.



هطول الأمطار:

يعتبر شهري ديسمبر ويناير هما أكثر شهور السنة في الأمطار ويكون متوسط الأمطار الشهري فيهما 6.0 ملليمتر و 5.9 ملليمتر على التوالي. تكون أشهر الصيف جافة وتتعدم فيهما هطول الأمطار.

5-متطلبات المدخلات

1-5 بيانات الانبعاثات

يتم أخذ البيانات الجوية المطلوبة كل ساعة بأبعاد ثلاثيه لكل من الرياح الأفقيه ودرجات الحراره والضغط ولمعاملات التغير الراسي للاضطرابات
كما يتم أخذ مدخلات إضافية أخرى ذات بعدين كل ساعة لمعدل هطول الأمطار (اختياري) والأرض المستخدمة لتغطية الكسور، ولإجمالي عمود الأوزون، ووضوح درجة الابيضاض، ودرجة التعكير المطلوبة أيضاً.

3-5 الظروف الأولية والحدودية

تشمل بيانات جودة الهواء المطلوبة درجة التركيز لجميع الأصناف في بداية المحاكاة لكل خلية في الشبكة (درجات التركيز الأولية) ودرجات التركيز المأخوذة كل ساعة لكل ملوث عند كل مستوى على طول الحدود الجانبية وفي الحدود العليا لمنطقة النموذج (الظروف الحدية).

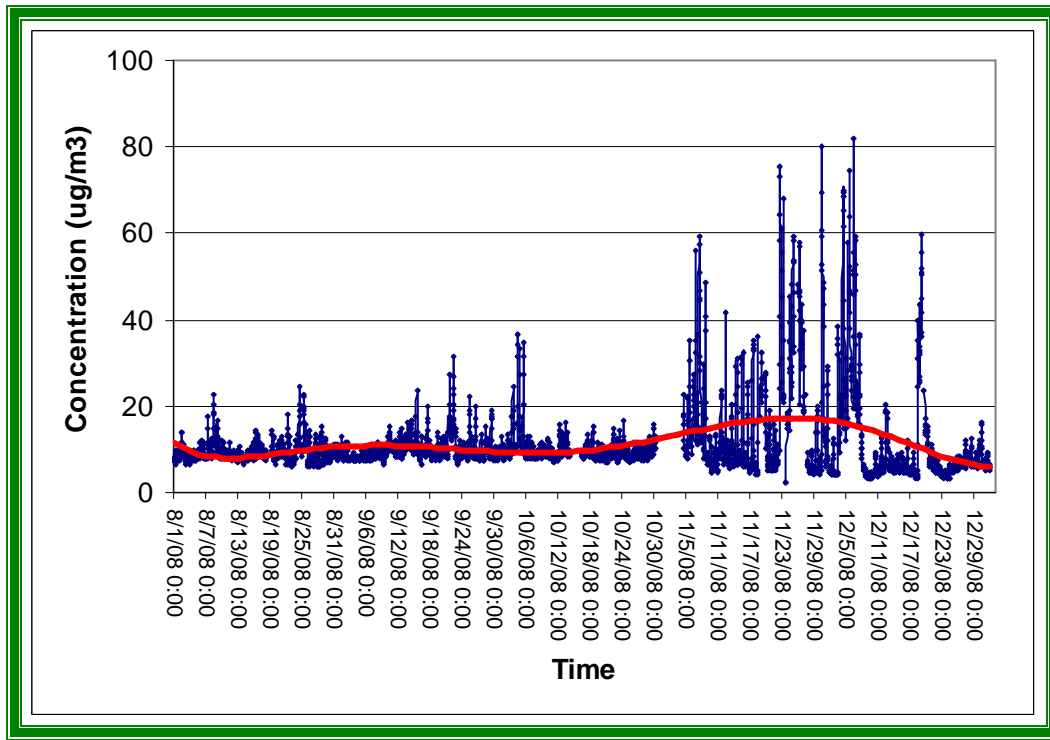
4-5 شبكة النموذج

يغطي مجال النموذج المنطقة الواقعة بين خطوط الطول $30^{\circ}06' N$ و $30^{\circ}08' N$ وخطوط العرض $31^{\circ}23' E$ و $31^{\circ}25' E$. تصل درجة الوضوح الأفقيه والرأسية للشبكة إلى $70m \times 70m$ تقريباً.

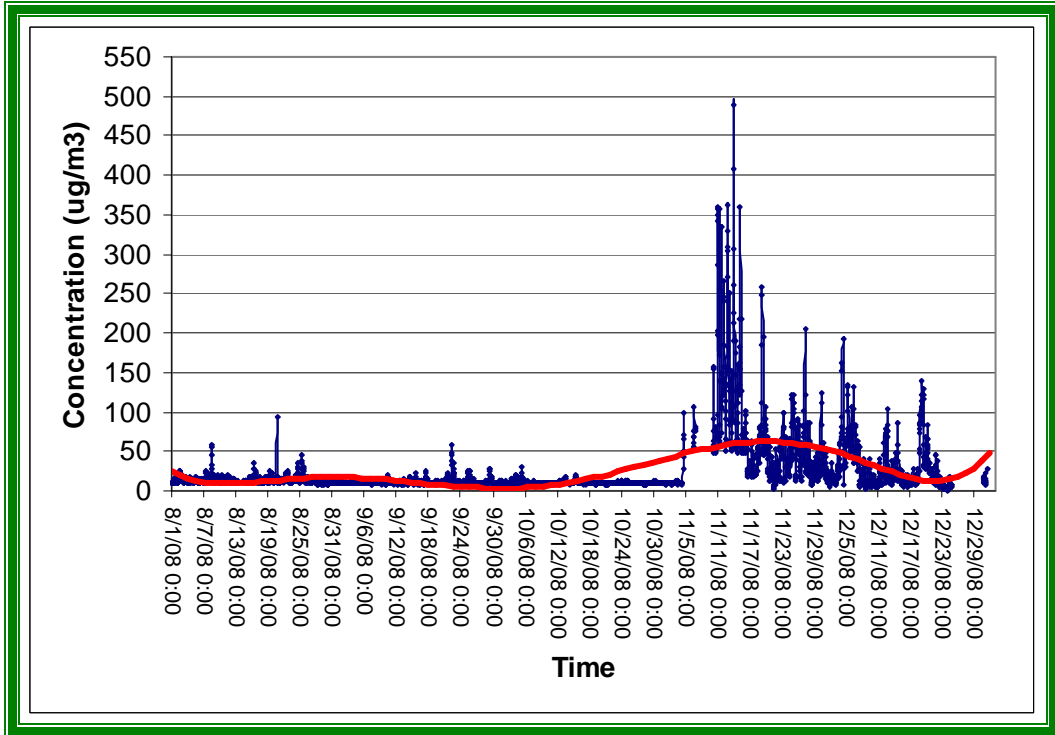


جميع البيانات التي تم جمعها فيما يتعلق أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والمواد الهيدروكربونية من محطات مراقبة جودة الهواء المقامة حالياً في الصالة رقم 4 وصالة الركاب رقم 2 خضعت لمراقبة الجودة وضمان الجودة وتم إثبات صحتها يدوياً كما تمت مقارنتها بالقيم الدولية ووضعها ضمن قائمة في الجدول التالي (أشكال 7 و 8 و 9 و 10 و 11 و 12) لأن القيم الوسطية لذلك التلوث تمثل أكثر الملوثات إجهاداً من زيادات في الأنشطة المتعلقة بالسيارات والطائرات.

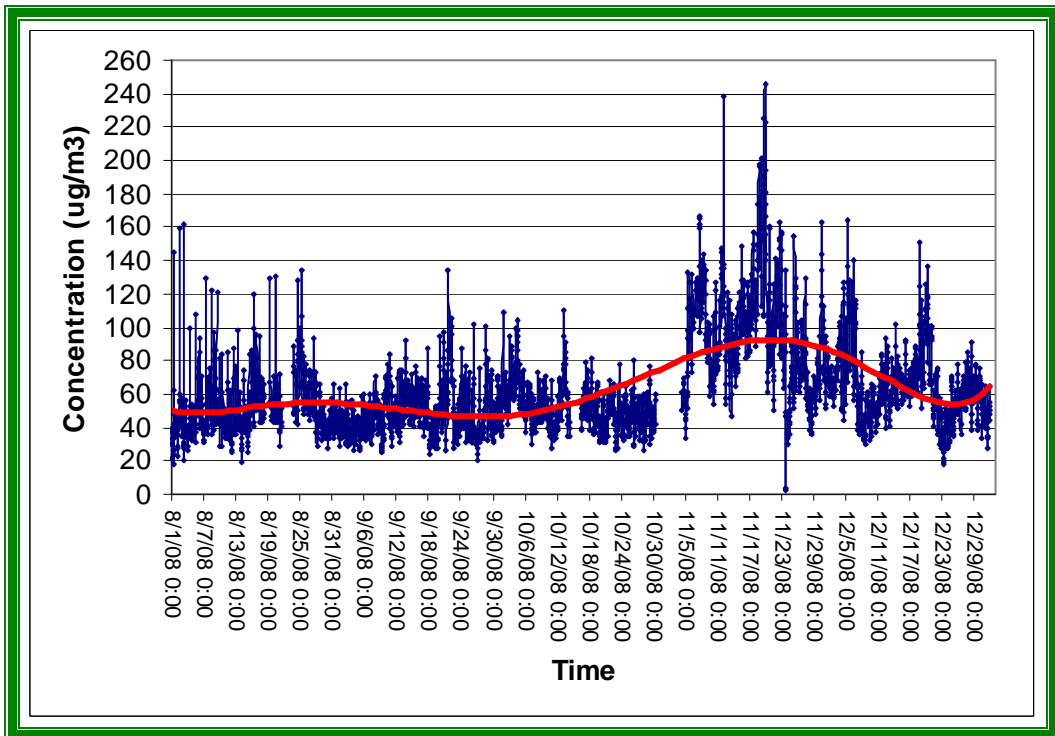
محطة صالة الركاب رقم 2	محطة صالة رقم 4	القيمة الوسطية
10.12	22.53	متوسط ساعة واحدة لتركيزات ثاني أكسيد الكبريت $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ SO ₂
69.44	32.77	متوسط ساعة واحدة لتركيزات ثاني أكسيد النيتروجين $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ NO ₂
5.85	2.65	متوسط ساعة واحدة لتركيزات أول أكسيد الكربون $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ CO
---	143.8	متوسط ساعة واحدة لتركيزات $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ PM ₁₀
42.97	74.67	متوسط ساعة واحدة لتركيزات الأوزون $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ O ₃



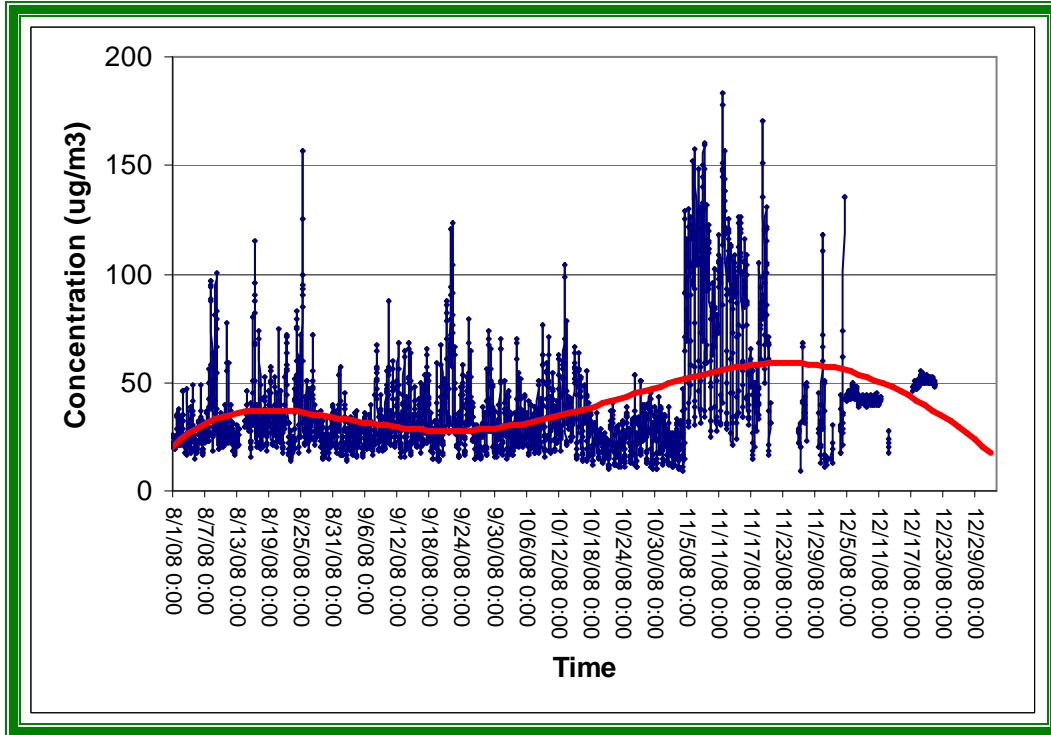
شكل رقم 7: متوسط ساعة واحدة لتركيزات ثاني أكسيد الكبريت المقاسة في محطة مراقبة جودة الهواء لصالة الركاب رقم 2 من 1 أغسطس 2008 وحتى 31 ديسمبر 2008



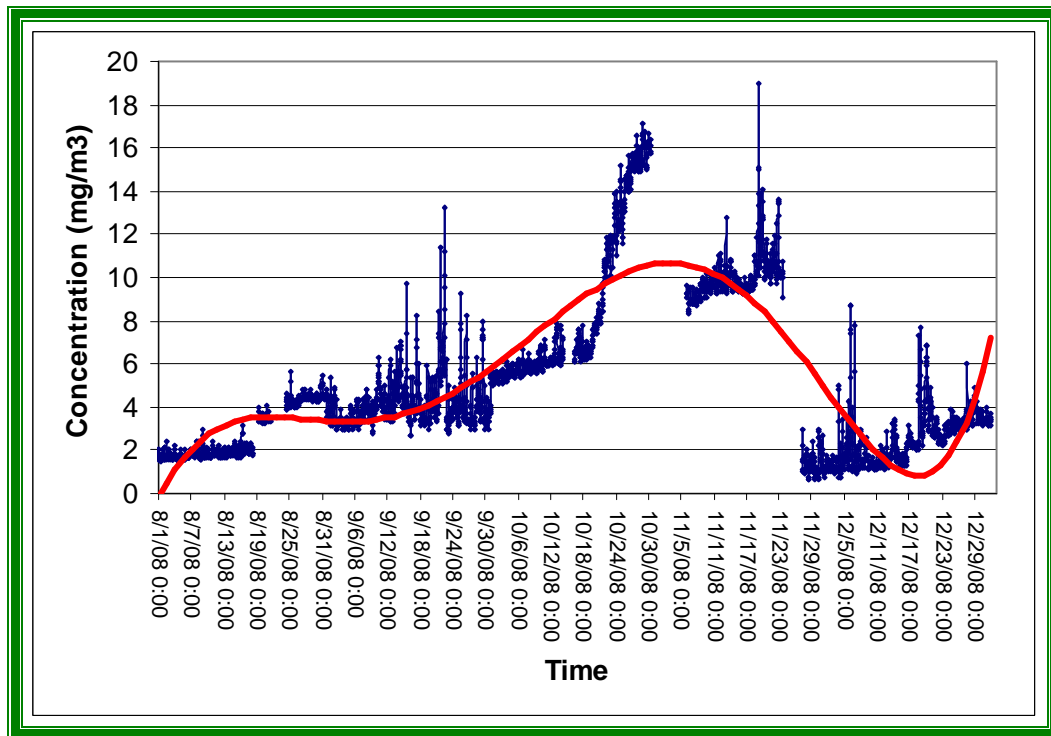
شكل رقم 8: متوسط ساعة واحدة لتركيزات ثاني أكسيد الكبريت المقاسة في محطة مراقبة جودة الهواء للصالة رقم 4 من 1 أغسطس 2008 وحتى 31 ديسمبر 2008



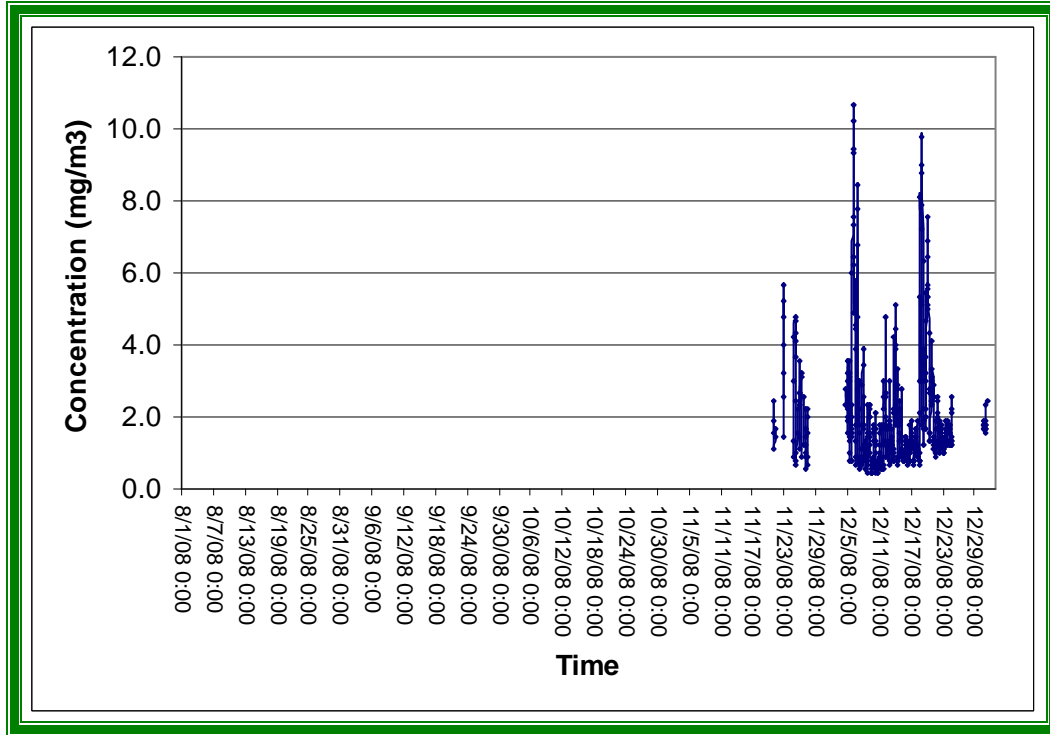
شكل رقم 9: متوسط ساعة واحدة لتركيزات ثاني أكسيد النيتروجين المقاسة في محطة مراقبة جودة الهواء للصالة الركاب رقم 2 من 1 أغسطس 2008 وحتى 31 ديسمبر 2008



شكل رقم 10: متوسط ساعة واحدة لتركيزات ثاني أكسيد النيتروجين المقاسة في محطة مراقبة جودة الهواء للصالة رقم 4 من 1 أغسطس 2008 وحتى 31 ديسمبر 2008



شكل رقم 11: متوسط ساعة واحدة لتركيزات أول أكسيد الكربون المقاسة في محطة مراقبة جودة الهواء لصالة الركاب رقم 2 من 1 أغسطس 2008 وحتى 31 ديسمبر 2008

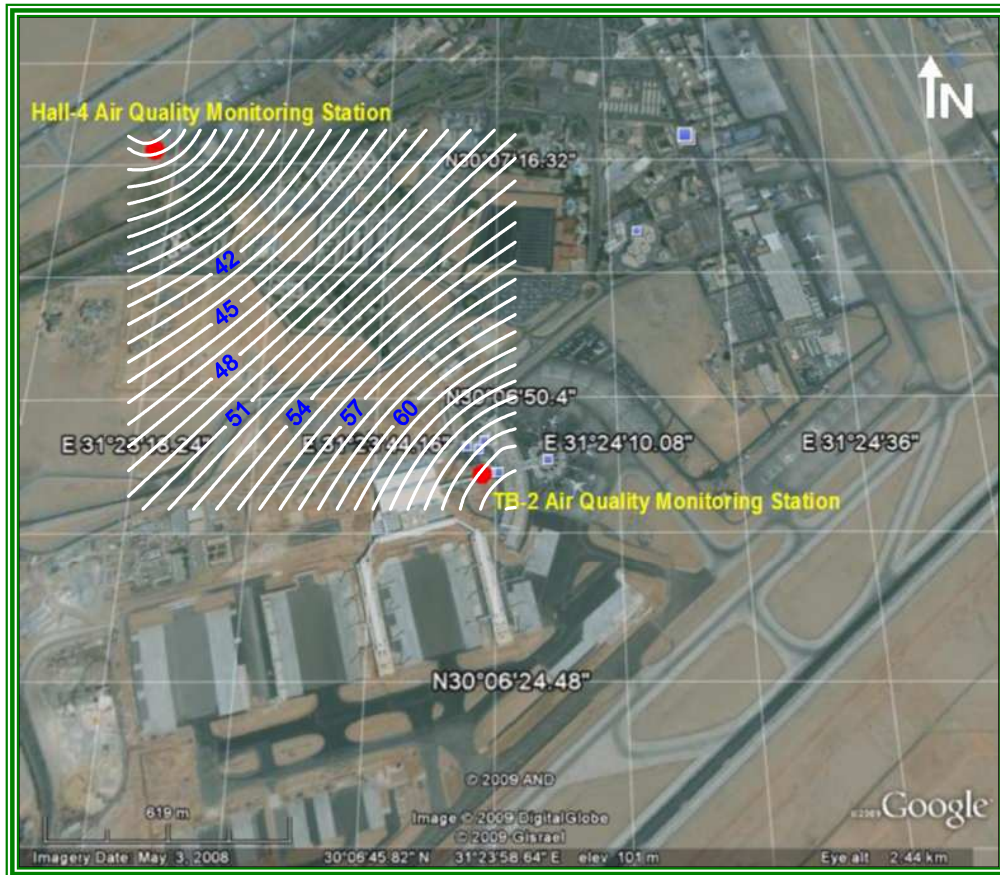


شكل رقم 12: متوسط ساعة واحدة لتركيزات أول أكسيد الكربون المقاسة في محطة مراقبة جودة الهواء للصالة رقم 4 من 1 أغسطس 2008 وحتى 31 ديسمبر 2008

تعكس الخرائط الهضابية التالية الموقف الحالي لتوزيع ومستويات الملوثات الغازية المذكورة سلفاً والتي يمكن أن تتأثر بزيادة التدفق المروري للسيارات وللطائرات (ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 ، و أول أكسيد الكربون CO ، و الغازات الهيدروكربونية HC) (أشكال أرقام 13، 14، 15).



شكل رقم 13: خريطة هضابية توضح مستويات أقصى معدل لمدة ساعة واحدة لغاز أول أكسيد الكربون (CO) في جميع أنحاء منطقة مطار القاهرة



شكل رقم 14: خريطة هضابية توضح مستويات أقصى معدل لمدة ساعة واحدة لغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) في جميع أنحاء منطقة مطار القاهرة



شكل رقم 15: خريطة هضابية توضح مستويات أقصى معدل لمدة ساعة واحدة للمواد الهيدروكربونية (HC) في جميع أنحاء منطقة مطار القاهرة

6. درجات التركيز المقدرة

تم تمثيل توزيعات درجات التركيز المقدرة لكل من ثاني أكسيد النيتروجين NO_x ، أول أكسيد الكربون CO والمواد الهيدروكربونية HC فيما يلي، مع تركيزات ممثلة للمعدل الموسمي وأقصى قراءات ساعة الذروة في منطقة مطار القاهرة.

1-6 تأثير المرور على جودة الهواء

شملت الدراسة ملاحظات حول طرق الوصول الرئيسية للمطار وهي من خلال طريق العروبة، وطريق الأوتوستراد، وطريق النصر، وطريق الهايكستب. يقوم طريق العروبة حالياً بخدمة الغالبية العظمى من الحركة المرورية للمطار (تقريباً 70 في المائة) وتم تحسينه مؤخراً بشبكة طرق فاصلة لمعظم نقاط الاتصال الموجودة ضمن نطاق المطار. ويرجع السبب في الزحام بصورة جزئية بسبب الحركة المرورية (التي تمثل ما بين 20-30 في المائة من إجمالي الحركة المرورية) وبصورة رئيسية بسبب المرور الخلفي (الذي يمثل ما بين 70-80 في المائة من إجمالي الحركة المرورية).



ستقوم عملية استحداث وتطوير صالة الركاب رقم 2 بزيادة سعة المطار. سينتج عن ذلك نمو لاحق في الحركة المرورية للمطار وتتمثل في زيادة في حركة السيارات بالمطار، وبالتالي ستؤثر على أداء كلا من المطار نفسه (فيما يتعلق بأماكن الانتظار المتاحة وسعات بوابة المدخل/ الخروج) وطرق الوصول الرئيسية.

تظهر تقديرات الاستشاريين حول الطلب على مرافق الانتظار وبوابات الدخول والخروج للسيارات أن تكون ضمن السعة المقترحة للمشروع الجديد. تبين تقديرات التدفق من بوابات الدخول والخروج أن التصميم الجديد لمواقف انتظار السيارات وبوابات الدخول والخروج سيكون كافياً ليستوعب الحركة المرورية المستقبلية المتوقعة بحلول عام 2025.

6-1-1-1- معدل النمو المروري والأحجام المستقبلية

يقع مطار القاهرة الدولي ضمن منطقة سكانية عالية النشاط السكاني والتجاري. تستخدم الأرض المهيمنة أنواع سكنية في الغالب مع وجود بعض الأنشطة الاقتصادية، وبخاصة الخدمات والتجارة. يتمثل التكتل الرئيسي حول المطار في منطقة هليوبوليس، ومدينة نصر، والنزهة الجديدة ومساكن الشيراتون، ومدينة السلام. تتصف تلك المقاطعات بكثافة تعداد سكانها التي تتراوح ما بين 11.000 و 24.000 نسمة في الكيلومتر المربع.

الطرق الرئيسية المؤدية إلى المطار هي:

- طريق العروبة – صلاح سالم (المسار رقم 1)
- طريق النصر/ الأوتوستراد (المسار رقم 2)
- الطريق الدائري/ الأوتوستراد (المسار رقم 3)
- الطريق الدائري/ الهايكستب (المسار رقم 4)
- طريق جديدة تصل صالة الركاب رقم 1، وصالة الركاب رقم 2، وصالة الركاب رقم 3 بالطريق الدائري للقاهرة الكبرى (المسار رقم 5).

يعتبر الطريق الدائري شريان رئيسي شرق-غرب في منطقة القاهرة الكبرى المدنية. ويبدأ من كورنيش النيل (من محافظة الجيزة) ويمتد حتى يصل إلى منطقة العباسية، وينتهي في مطار القاهرة. يصل إجمالي طول هذا الطريق حوالي 23 كيلومتر.

تم إجراء عمليات إنشاء كبرى على الطريق الجديد الموصل صالة الركاب رقم 1، وصالة الركاب رقم 2، وصالة الركاب رقم 3 بالطريق الدائري للقاهرة، الذي نعتقد بأن سيكون له تأثير كبير على شبكة الطرق حول مطار القاهرة كما هو مبين في الشكل التالي.

يمكن استخلاص النتائج التالية:

- متوسط حركة المرور اليومية على طريق العروبة وطريق الأوتوستراد هي 140000 و 105000 سيارة/ يوم، على التوالي.
- لوحظ وجود ثلاث فترات للذروة على طريق العروبة: ذروة الصباح (خلال الساعة 11:00)، وذروة بعد الظهر (خلال الساعة 16:00)، وذروة المساء (خلال الساعة 19:00).
- هناك ذروتان تمت ملاحظتهما على طريق النصر: ذروة الصباح (خلال الساعة 10:00)، وذروة بعد الظهر (خلال الساعة 17:00).

2-1-6 توزيع الرحلة

شملت صحيفة دراسة الطرق الجانبية الميدانية أسئلة حول المسار الذي يستخدمه السائق للوصول إلى المطار، كذلك المسار المستخدم عندما يغادر المطار. تم وضع أربعة مسارات محتمة سلفاً في نموذج الدراسة الميدانية وهم:

- طريق العروبة – صلاح سالم (المسار رقم 1)
- طريق النصر/ الأوتوستراد (المسار رقم 2)
- الطريق الدائري/ الأوتوستراد (المسار رقم 3)
- الطريق الدائري/ الهايكستب (المسار رقم 4)

وسائل المواصلات العامة

تشمل وسائل المواصلات العامة من وإلى مطار القاهرة سيارات أجرة غير منتظمة المواعيد، وسيارات ليموزين، وميكروباصات وأتوبيسات منتظمة المواعيد مختلفة، بعضها مملوك لسائقيها و البعض الآخر مملوك للهيئات العامة. تم تقديم ملخص لوسائل المواصلات العامة في الجدول التالي. تقع محطة الأتوبيسات المركزية بالقرب من موقف انتظار السيارات الموجود بالقرب من صالة الركاب رقم 1، بينما جزء من موقف انتظار السيارات الموجودة بالقرب من صالة الركاب رقم 2 مخصص لوسائل النقل العامة وسيارات الأجرة.

ملخص لخدمات وسائل المواصلات العامة التي تعمل حالياً

الوصف	المسار	عدد السيارات	التكرار
أتوبيسات غرب الدلتا	المطار – الإسكندرية	12	كل ساعة
سوبر جيت	المطار – الإسكندرية	12	كل نصف ساعة
أتوبيسات مكيفة	المطار – المنيب	11	كل ساعة
أتوبيسات مكيفة	المطار – القلبي	9	كل ساعة
أتوبيسات مكيفة	المطار – الجيزة	10	كل ساعة
أتوبيسات مكيفة	المطار – بيجام	9	كل ساعة
أتوبيسات مكيفة	المطار – شبرا	9	كل ساعة
أتوبيسات مكيفة	المطار – العتبة	5	كل ساعة
أتوبيسات مكيفة	المطار – الجيزة	10	كل ساعة
أتوبيسات مكيفة	المطار – الساحل	14	كل ساعة
أتوبيسات مكيفة	المطار – التحرير	3	كل ساعة
أتوبيسات عامة	المطار – شبرا	11	كل ساعة
ميكروباص	المطار – تحرير	18	كل ساعة
أتوبيسات المواصلات العامة	المطار – تحرير	4	كل ساعة

المصدر: هيئة مطار القاهرة



تقدير إجمالي التدفق المروري المتوقع

وفقاً للزيادة المخطط لها في سعة صالة الركاب رقم 2 من 3.5 مليون راكب إلى 7.5 مليون راكب على أساس سنوي، فإن معدل الزيادة سيكون حوالي 4.0 مليون راكب. يمكن أن ينعكس معدل الزيادة السنوية للركاب في صورة العمليات المرورية للسيارات والطائرات كأسوأ سيناريو للحالة، والعدد المتوقع من السيارات في اليوم هو 5000 (60.000 سنوياً) و36 طائرة يومياً.

إذن فالعدد المتوقع من الركاب الذين سيدخلون منطقة مطار القاهرة سيكون حوالي 11.000 راكب/ اليوم. سيتم توزيع هذا العدد الإجمالي من الركاب على وسائل المواصلات العامة (الأوتوبيسات المكوكية) والسيارات الخاصة. بالنسبة لأسوأ سيناريو للحالة، فمن المفترض أن يصبح إجمالي الزيادة في التدفق المروري حوالي 5000 سيارة/ اليوم و36 طائرة يومياً.

تم تأكيد الافتراضات السابقة عن طريق التدفق المروري اليومي الحالي لمنطقة مطار القاهرة بكونه 18.000. أصبح إجمالي السعة الحالية لكل صالات الركاب 15 مليون راكب في العام. إذا تمت زيادة السعة لتصل إلى 19 مليون راكب في العام، فإن الزيادة المتوقعة للتدفق المروري اليومي بالنسبة لمنطقة مطار القاهرة هو 4800 سيارة/ اليوم.

1-6 درجات تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂)

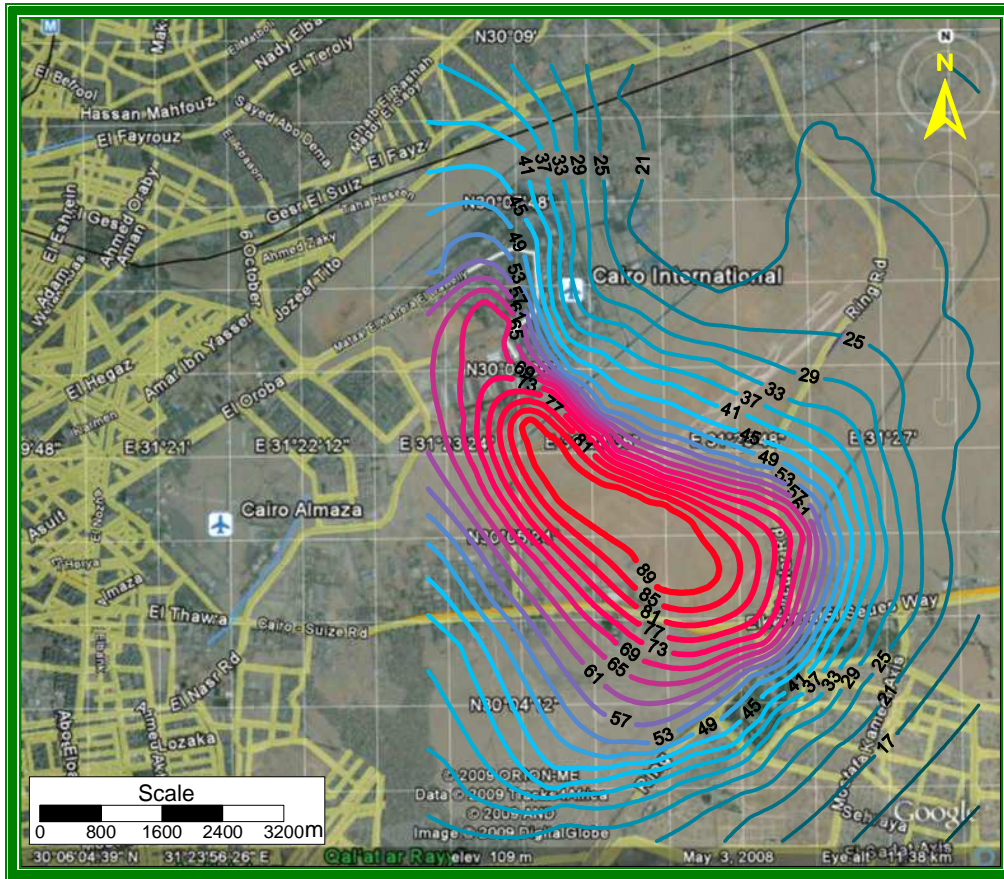
فيما يتعلق بدرجات التركيز لغاز ثاني أكسيد النيتروجين NO₂ الناتجة من الإنبعاثات الصادرة من الحركة المرورية للطرق وطرق تشغيل الطائرات بسبب زيادة وتوسعة سعة الحركات المرورية لصالة الركاب رقم 2، فقد تم التحقق من صحة محطات مراقبة جودة الهواء القائمة بأن درجات تركيز الأوزون التي تحدث في المنطقة عالية بقدر كاف (متوسط معدل ساعة واحدة هو 150 µg/m³) لتحويل كل أكاسيد النيتروجين NO_x إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO₂ المعادلة الكيميائية.

لذلك، فإن درجات التركيز المتوقعة والمتنبأ بها لثاني أكسيد النيتروجين NO₂ الناتجة من الإنبعاثات الناجمة من الحركة المرورية للطرق وطرق تشغيل الطائرات بسبب الزيادة وتوسعة سعة الحركات المرورية نتيجة للحركة المرورية الإضافية للمطار ستكون محدودة بأقصى معدل وهو 7 في المائة من إجمالي التدفق المروري من السيارات والطائرات.

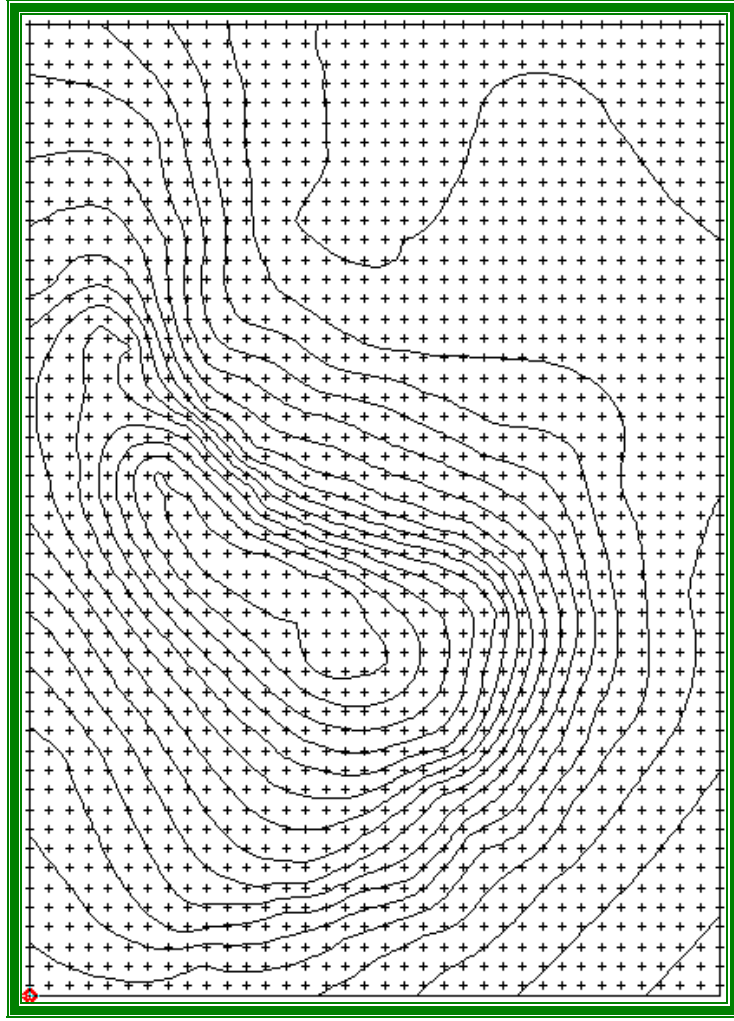
ستصبح درجات التركيز في منطقة أقصى تأثير الناتجة عن جميع المصادر المرتبطة بسيناريو التطور المستقبلي والتحديث لصالة الركاب رقم 2 بمطار القاهرة مقدرة بنحو 88-90 µg/m³ كمعدل ساعة واحدة. ستحدث أعلى معدلات التركيز على طول نظام الطرق وبالقرب من مباني الصالة. في نهاية المدرجات سيصل متوسط درجات التركيز لغاز ثاني أكسيد النيتروجين NO₂ إلى 33-35 µg/m³ لكن هذه التركيزات ستقل بسرعة مع المسافة، أي عند عدد قليل من مئات الأمتار بعيداً عن المدرجات ومن مبنى الصالة.

تكون المقاييس الدولية، مثل قيم AQL المعطاة في القانون رقم 4 هي 400 µg/m³ كمعدل ساعة واحدة. لن تتعدى أيًا من قيم AQL المعدل بسبب الإنبعاثات الناتجة من أنشطة المطار، وبخاصة على مسافة حوالي 3 كيلومتر من مرافق المطار (المدرجات والصالة).

يبين شكل رقم 16 المعدل المتوقع لأقصى معدل التركيز في الساعة الواحدة من نموذج التركيز لغاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 بمطار القاهرة بمجرد اكتمال مشروع التطوير تماماً.



(i)



(ب)

شكل رقم 16: (أ) أقصى معدل لمدة التركيز في الساعة الواحدة لتوزيعات درجات تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO₂ المقدر في المطار نتيجة للإنبعاثات الصادرة من أنشطة المطار – الطائرات والسيارات (ب) فترة الشبكة المستفاد منها للرسم الهضابي ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

2-6 درجات تركيز غاز أول أكسيد الكربون (CO)

يبدو أن أعلى درجات تركيز غاز أول أكسيد الكربون CO تحدث في مرحلة التحميل/التفريغ، وفي منطقة توقف السيارة خارج مباني صالة الركاب رقم 2 وصالة الركاب رقم 3 بسبب الإنبعاثات الناتجة عندما تترك السيارات التي تحرق البنزين في حالة تبطل عن نقل الطاقة الحركية. تم وضع افتراض أن متوسط زمن التعطل عن الطاقة الحركية باستخدام بيانات التدفق المرورية يكون دقيقة واحدة تقريباً.

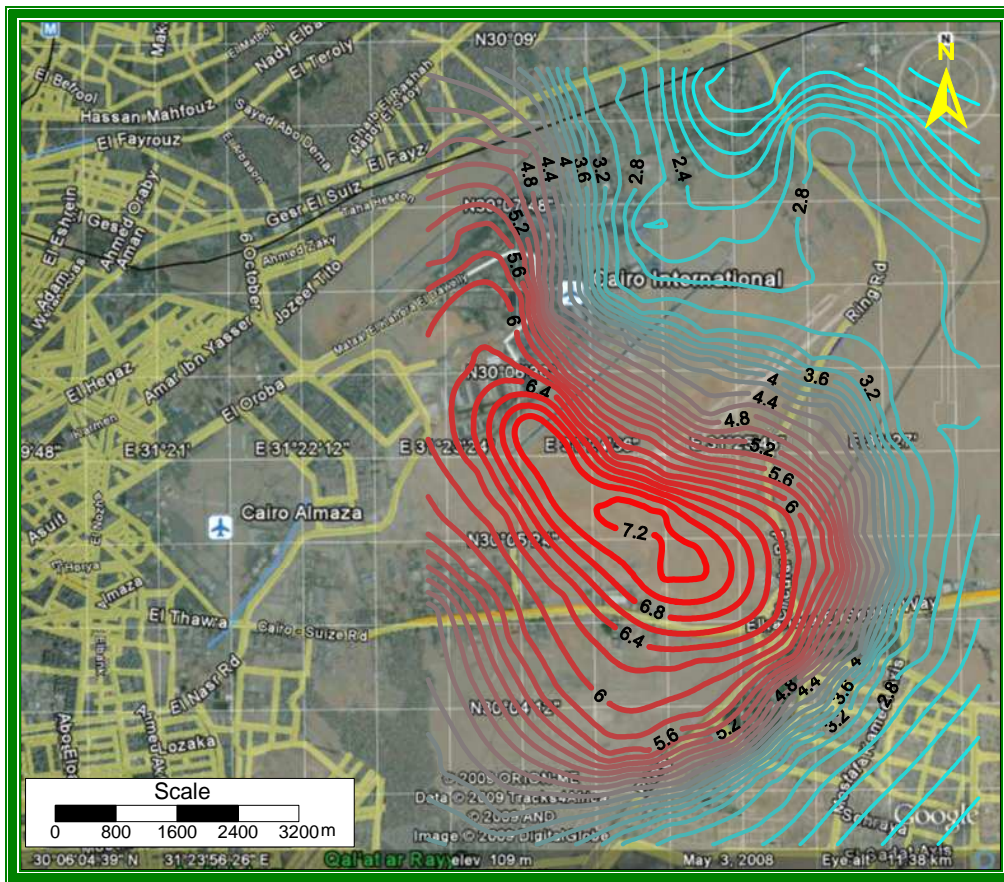
يشير شكل رقم 17 أقصى متوسط لمدة ساعة واحدة من درجات تركيز غاز أول أكسيد الكربون CO عند حوالي 7.2 ملليجرام/م³. ففي المناطق التي تقوم فيها الطائرات بالسير على أرض المطار، كذلك على طول الطرق المؤدية إلى مطار القاهرة، نجد أن متوسط تركيز غاز أول أكسيد الكربون CO ستكون أقل من 1.8 ملليجرام/م³.



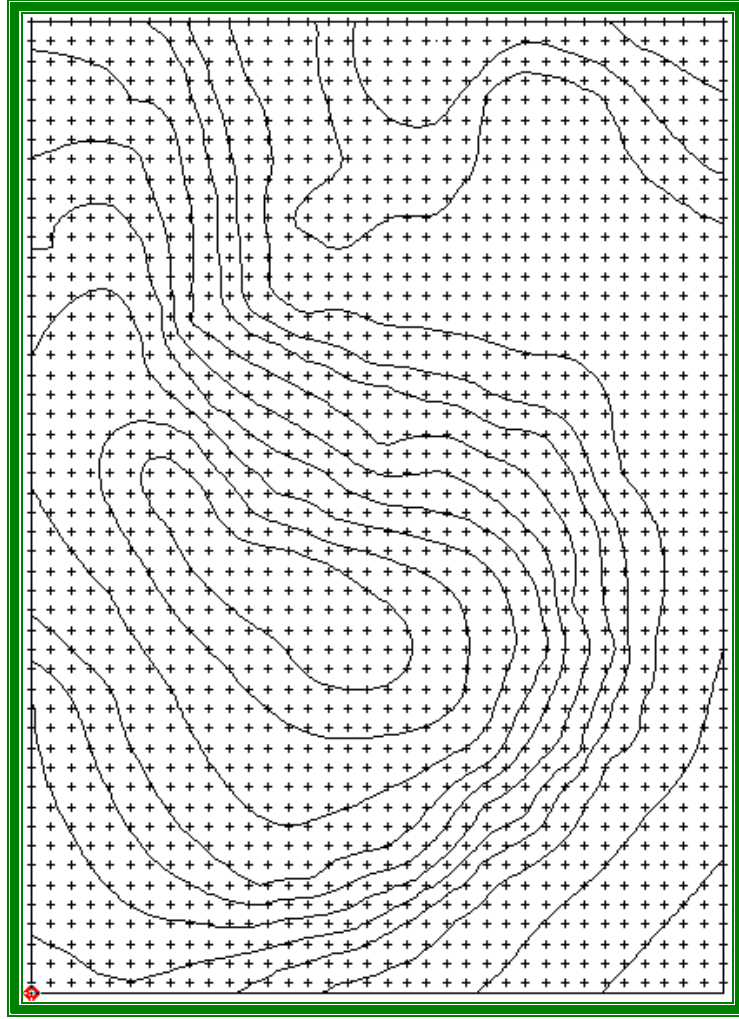
في ساعة الذروة، واستناداً للوقت الذي تكون فيه أنشطة الرحلات الدولية في أعلى قيمة له وتكون الحركة المرورية في قمتها، تكون تركيزات غاز أول أكسيد الكربون CO داخل منطقة التحميل كذلك بين مباني الصالات ومناطق سير الطائرات على أرض المطار ستصل إلى مستويات قريبة من أو أعلى من قيم الحد الدولي وهو 30 ملليجرام/م³.

كانت أعلى درجات تركيز غاز أول أكسيد الكربون CO كمتوسط الساعة الواحدة هي 8 ملليجرام/م³ تقريباً. بينما القياسات الدولية كذلك قيم AQL المعطاة في القانون رقم 4 هي 30 ملليجرام/م³ كمتوسط الساعة الواحدة. بالنسبة لتركيزات متوسط 8 ساعات لقيمة AQL هي 10 ملليجرام/م³.

لن تتعدى أيًا من قيم AQL المعدل بسبب الانبعاثات الناتجة من أنشطة المطار وحدها ويجب ملاحظة أنه عند مسافة حوالي 3 كيلومتر من مرافق المطار (المدرجات والصالحة) سنقل درجات تركيز غاز أول أكسيد الكربون CO عن 2.7 ملليجرام/م³ أثناء تركيز في ساعة الذروة.



(أ)



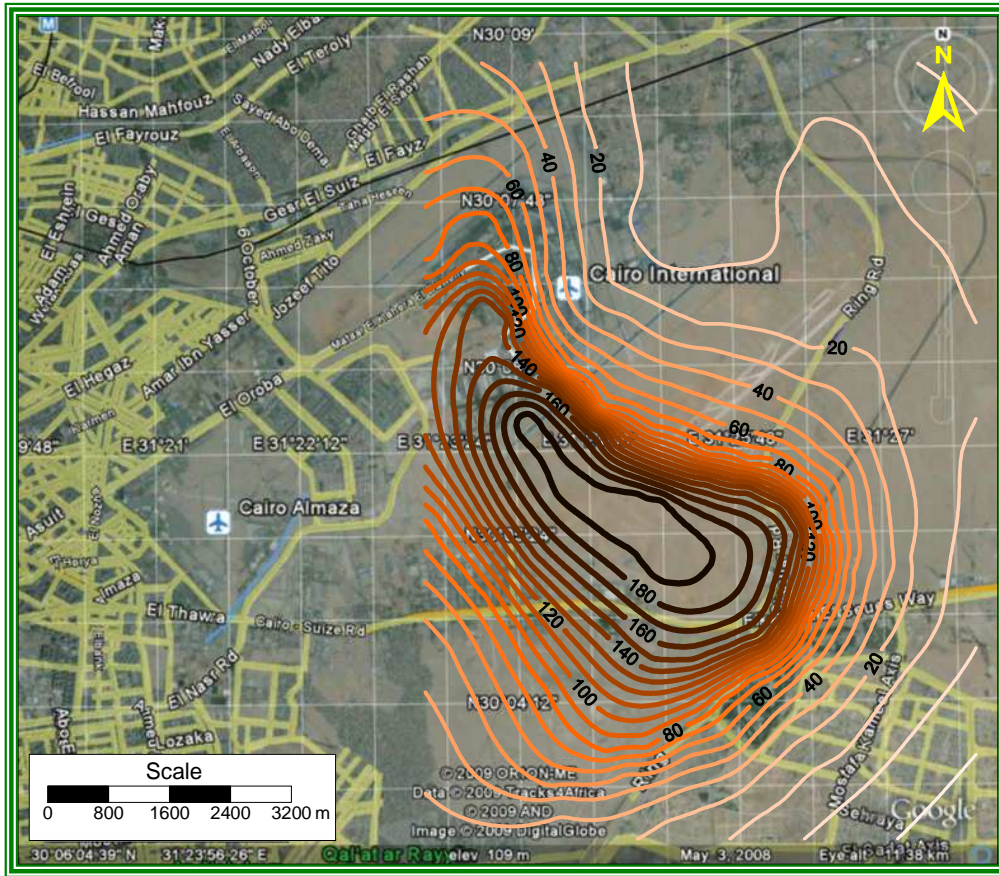
(ب)

شكل رقم 17: (أ) متوسط أقصى تركيز في الساعة الواحدة المتوقع من توزيعات التركيز لغاز أول أكسيد الكربون CO المقدرة في المطار نتيجة للإنبعاثات الصادرة من أنشطة المطار - الطائرات والسيارات (مليجرام/م³) و (ب) فترة الشبكة المستفاد منها للترسيم الهضابي.

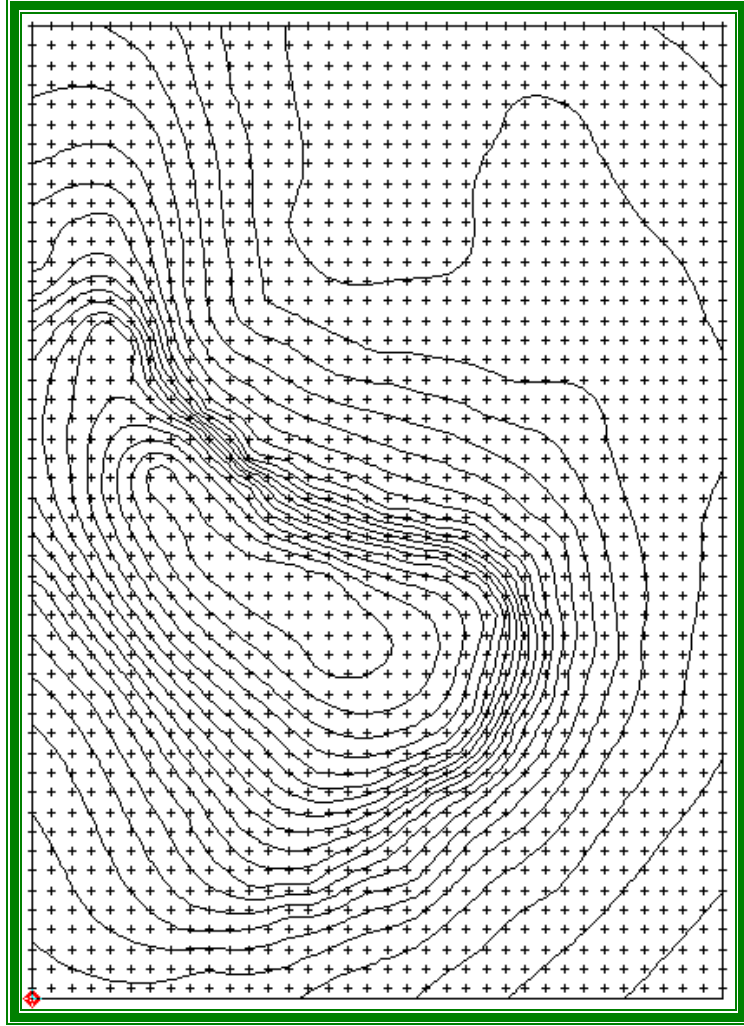
3-6 درجات تركيز المواد الهيدروكربونية

ستحدث أعلى معدلات التركيز للمواد الهيدروكربونية أثناء فصل الشتاء. فقد شملت الإنبعثات المستخدمة لتقديرات النموذج الحركة المرورية وعمليات تشغيل الطائرات. لم يتم شمل عمليات التسريب المنتشرة للمواد الهيدروكربونية من مناطق خزانات الوقود ومرافق التخزين بسبب نقص في البيانات المتاحة. مع ذلك، فقد تم افتراض أن الأنظمة المغلقة الحديثة لن تضيف شيئاً بصورة ملموسة إلى معدلات التركيز.

وجدت أعلى معدلات التركيز للمواد الهيدروكربونية **HC** كمتوسط موسمي بالقرب من منطقة التعبئة وفي حالة خامدة. وصل أقصى معدل لمستويات التركيز في الساعة الواحدة إلى $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تقريباً، وترجع في ذلك إلى السيارات الموجودة في منطقة انتظار السيارات ومحركاتها في حالة خاملة (لا تنقل الطاقة الحركية) مع بعض الإسهامات المحتملة من الطائرات. تم تقدير أعلى مستويات التركيز للمواد الهيدروكربونية **HC** على المدى القصير بحوالي 4 ملليجرام/م³ بالقرب من منطقة الصالة.



(1)



(ب)

شكل رقم 18: (أ) متوسط أقصى تركيز في الساعة الواحدة المتوقع من توزيعات للمواد الهيدروكربونية HC المقدر في المطار نتيجة للإنبعاثات الصادرة من أنشطة المطار - الطائرات والسيارات (ملليجرام/م³) و (ب) فترة الشبكة المستفاد منها للترسيم الهضابي



8. ملخص جودة الهواء والاستنتاجات

تتلخص المشكلة الرئيسية للتلوث في المنطقة في الجزيئات المعلقة الصادرة من المرور، ومن عمليات الحرق في الهواء الطلق والرياح الطبيعية التي تهب الغبار. قد تزيد مستويات تركيز الأوزون أيضاً عن القيم الخاصة بقيم AQL المعطاة في القانون رقم 4 أثناء فترات زمنية معينة في فصل الصيف. قد تزيد الإنبعاثات الصادرة من المواد الهيدروكربونية وأكاسيد النيتروجين الصادرة من أنشطة المطار من تكون طبقة الأوزون على النطاق الإقليمي. مع ذلك، ليس الأمر بمستحيل إكمال هذا التقييم في هذا التقرير.

تم القيام بعمل الحسابات المتعلقة بالإنبعاثات ومستويات التركيز لكل من أكاسيد النيتروجين NO_x ، وأول أكسيد الكربون CO ، والمواد الهيدروكربونية HC المواد العضوية الطيارة (VOC) حول المطار للوضع الحالي وللتطورات المستقبلية.

أشارت النتائج إلى أن مساهمة مطار القاهرة في جودة الهواء المحلية والإقليمية صغيرة جداً وغير هامة.

مع ذلك، فالتأثيرات التراكمية الصادرة من الإسهامات التي تأتي من مصادر أخرى في منطقة شمال شرقي القاهرة قد تؤدي إلى وجود تأثيرات ستؤثر على تعرض السكان والمصالح العامة، وتحدث آثار غير مستحبة. لا توجد عمليات تخفيف بسيطة لهذه الأنواع من التأثيرات. لكن أفضل صورة من ناحية مصلحة مطار القاهرة ستكون في إعطاء صور بديلة لوسائل المواصلات من وإلى المطار وذلك لتقليل درجة الاعتمادية على استعمال السيارات الخاصة، ولتدعيم وتقوية مناطق انتظار السيارات الزمنية على المدى القصير خارج نطاق مباني الصالة لتقليل الوقت المتعطل إلى أقل مستوى له.